

Biblioteka Główna i OINT  
Politechniki Wrocławskiej



100100212808

ARTUR FÜRST

---

DAS  
WELTREICH  
DER  
TECHNIK

---



B278  
m

Archivum











Das  
Weltreich der Technik







# Das Weltreich der Technik

Entwicklung und Gegenwart

Von

Artur Fürst

Zweiter Band



1 · 9 · 2 · 4

---

Im Verlag Ullstein / Berlin

1925. 2007.



348909L | V





Titelblatt zu Domenico Fontana:  
„Della Trasportazione dell’Obelisco Vaticano e delle Fabbricche di Sisto V”, Roma MDXC



# Inhalt

(Ein Stichwörter-Verzeichnis befindet sich am Ende des Bandes.)

\*

## Der Verkehr auf dem Land

8. Die Straße . . . . . 3 - 38
- Am Rande der Großstadt. Vom Pfad zur Straße. Ursprung des Wortes Straße. Die Straßenbauten der Alten: Ägypten, China, Indien, Phönizien, Griechenland, Persien, Römisches Reich. Via Appia. Verfall der Straßen im Mittelalter. — Der neuzeitliche Straßenbau. Straßendichte in Amerika und Europa. Linienführung. Höhenlinie. Krümmungen. — Unterbau. Damm der Heerstraße Berlin-Döberitz. Stützmauern. Lawinenschuß. Straßenbrücken: Teufelsbrücke bei Göschenen, Towerbrücke in London, Hudsonbrücke in New York. Schwebefähren. Straßentunnel: Urner Loch, Themsetunnel in London, Elbtunnel in Hamburg. — Oberbau. Knüppelweg. Kiesbahn. Steinschlag. Mac Adam. Packlage. Fuhrwerksschienen. Querschnitt der Landstraße. Randbäume. Pferdewalze und Dampfwalze. Aufreißer, Entwässerung der Landstraße. Straßengräben. Staubbeseitigung. Ausbesserung. Kilometer- und Nummernsteine. Wegweiser. Warntafeln für Kraftwagen. Automobilverkehrs- und Übungsstraße (Aous) bei Berlin. — Stadtstraßen. Einteilung in Verkehrs- und Wohnstraßen. Ausbildung der Plätze. Schöne und häßliche Stadtstraßen. Pflasterung: Steinpflaster, Holzpflaster, Asphaltpflaster. Entwässerung und Reinigung der Stadtstraßen. Rehr- und Sprengwagen. Schneeabseitung. Straßenreinigung in Berlin.
9. Der Wagen . . . . . 41 - 52
- Fortbewegungswerkzeuge des Menschen. Entstehung und Eigenschaften des Rades. Sänfte. Schleife und Schlitten. Walze. Beförderung der Säulen zum Bau des Diana-Tempels in Ephesus. — Von der Walze zum Rad. Scheibenräder. Speichenräder. Kriegswagen. Erfindung des Lenkhebels durch die Römer. Wagen der Römer. Einführung des Pferdes als Zugtier. Wagen im Mittelalter. — Aufhängung der Wagenkasten an Riemen. Die ersten Droschen. Fiaker. Berlinen. Stählerne Tragsfedern. Landauer. Eine Winterreise im Jahre 1814. — Bau des Lastwagens. Personenwagen. „Hafermotor“.
10. Das Fahrrad . . . . . 55 - 66
- Der laufende Mensch. Nutzen des Fahrrads. Durch Menschenkräfte angetriebene Wagen von Haußsch, Bevers und Farßler. Die Laufmaschine. Karl Friedrich Christian Ludwig Drais von Sauerbrunn. — Das erste Fahrrad mit Kurbeltrieb. Der eiserne Rahmen. „Knochenschüttler“. Hochrad. Känguruhrad. Übersetzung. Niederrad mit Kettenübertragung zur Hinterachse. Alte Rahmenformen. Humber-Rahmen. — Neuzeitliche Bauart des Fahrrads. Radiale und tangential Speichen. Kugellager. Kette. — Übersetzungswechsel. Hinterachse mit Freilauf und Rücktrittbremse. Torpedo-Nabe und Astoria-Nabe. Leistungen auf dem Fahrrad.
11. Die Kraftfahrzeuge . . . . . 69 - 140
- Stevens Segelwagen. Newtons Rückstoßwagen. Cugnots Dampfwagen. Watts Beschäftigung mit dem Kraftwagen. Murdoch's Dampfwagen-Modell. Trevithick's Dampfmaschine. Dampfwagenverkehr in England und Frankreich. — Kraftwagen mit Verpuffungsmotoren von Ravel, Lenoir und Marcus. Otto-Motor. Daimler-Motor. Die ersten Kraftfahrzeuge von Daimler und Benz.
- Bau des Kraftwagenmotors. Die Treibstoffe: Benzin, Benzol und Spiritus. Viertakt. Zylinder. Kurbelgehäuse. Kolben. Kurbelwelle. Steuerventile. Nockenwelle. — Vergaser. Regelung der Lufteinströmung. Spritzdüse. Bremsdüse. Auspuffstopf. — Zündvorrichtung. Glührohrzündung. Abreißzündung. Hochspannungszündung. Zündmaschine, Bauart Bosch. Zündkerze. Einstellung des Zündzeitpunkts. — Kühlvorrichtung. Luftkühler. Verdampfungskühler. Umlaufkühler. Röhrenkühler. Lamellenkühler. Schleuderpumpe. Selbstlaufkühlung. Ventilator. — Schmierung. Fahrradölspumpe. Staufferbüchse. — Nocken. Federung. Kupplung. Wechselgetriebe. Folgeschaltung und Kulissenschaltung. — Kardanwagen und Kettenwagen. Kardangelenk. Differential- oder Ausgleichgetriebe. — Räder. Erfindung der Luftreifen. Thomson und Dunlop. Bau der Luftreifen. — Getriebebremse. Hinterachsbremse. Vierradbremse. Das Bremsen. Bergstöße. Sperrklinke. — Vorderachse. Schwenkbare Achsfenster. Steuerung. Mutterlenkung. Segmentlenkung. Anwerfkrabel. Anfahrmotor. — Numpler-Tropfen-Auto.



Entwicklung und Bau des Wagenkastens. Baustoffe für die Maschinenanlage. Genauigkeit der Herstellung. Widerstandsfähigkeit der Baustoffe. Doppelte Leistungsbezeichnung. — Elektrische Kraftwagen. Federnd aufgehängte Motoren. Radnaben-Motoren. — Kraftrad. Fahrrad mit Hilfsmotor. Motorboot.

Erstes internationales Kraftwagen-Rennen 1894. Rennen Bordeaux-Paris 1895. Paris-Berlin 1901. Paris-Bordeaux 1903. Gordon Bennett-Rennen 1903 in Irland. Rennen im Taunus 1904. Die ersten Rennen um den Grand Prix. Herkomer-Fahrten. Prinz Heinrich-Fahrten. Alpen-Fahrten. Grand Prix 1914. Höchstleistung des Blitzen-Benz: 229 Kilometer in der Stunde. Vorbereitung zum Rennen und Verhalten des Fahrers in diesem. — Die erste Durchquerung Afrikas mit dem Kraftwagen durch Oberleutnant Graeb. Fahrt des Fürsten Vorghese von Peking nach Paris. Kraftwagenfahrt um die Erde 1908. Abenteuer und Sieg des Oberleutnants Koeppen. Statistik der Kraftwagen in den wichtigsten Ländern.

## 12. Die Fern Eisenbahn . . . . . 143-325

Das Schienengleis als Träger des Weltverkehrs. Bedeutung der Eisenbahn. Einige Zahlen aus dem Bereich der Eisenbahn. — Erfindung der Lokomotive durch Trevithick. Blenkinsops Zahnrad-Lokomotive für ebene Strecken. Bruntons „fußbewegende“ Lokomotive. Die erste in Deutschland erbaute Lokomotive. „Puffing Billy“. — Georg Stephenson. Seine Jugend. Lokomotive „Mylord“. Eisenbahnlinie Stockton-Darlington. Der erste Eisenbahn-Personenwagen. — Vorbereitungen für die Eisenbahn Manchester-Liverpool. Verhör Stephensons im englischen Parlament. Schwierigkeiten der Bauausführung. Erfindung des Rauchröhrenkessels für Lokomotiven. Lokomotiv-Rennen bei Rainhill. Die vier Teilnehmer: „Die Neuheit“, „Die Unvergleichliche“, „Die Ausdauer“, „Die Rakete“. Sieg von Stephensons „Rakete“. Eröffnung der Strecke Manchester-Liverpool. Entwicklung des Bahnnetzes in England. Stephensons Tod. — Entfaltung der Eisenbahn in Deutschland. Friedrich Hartorts vergebliche Bemühungen. Die erste deutsche Eisenbahnlinie: Nürnberg-Fürth. Lokomotive „Der Adler“. Der Märtyrer Friedrich List. Leipzig-Dresden. Berlin-Potsdam. Weitere Linien in Deutschland. Verstaatlichung der preussischen Eisenbahnen.

Bau einer neuen Bahnstrecke. Linienführung. Unterbau. „Umgrenzung des lichten Raums“. Mundstreifen. Schneeschuß. — Eisenbahnbrücken. Steinbauten. Eiserne Brücken. Einsturz der Brücke über den Tay. Bewegliche Brücken. — Künstliche Längsentwicklung. Spitzkehren. Schleifen und Kehren. Gotthard-Bahn. Brenner-Bahn. Die großen Alpendurchstiche. Tunnelbau. Kanaltunnel. — Geschichte des Gleises. Schwellen. Schienenstoß. Spurweite. — Neuzeitlicher Oberbau. Wärmelücken. Kleineisenzeug. Stoßrüstung. Spurerweiterung und Überhöhung des Gleises in Krümmungen. Auslegung der Schienen. Stopfen. Schiebebühnen. Drehscheiben. Weichen.

Lokomotive. Im Führerstand. Anfahren. Auf der Strecke. Hauptteile der Lokomotive. Kessel. Rauchkammer. Feuerbüchse. Rahmen. Zylinder. Triebgestänge. Steuerung. Laufwerk. Nahtloser Radreifen. Feste und verschiebbliche Achsen. Tender. — Verbundwirkung. Mallet-Lokomotiven. Dampfüberhitzung. Vorwärmer. Rauchverbrennung. Lokomotivführer und -heizer. Wasserstandanzeiger. Sicherheitsventil. Sandstreuer. Druckmesser. Bezeichnung der Lokomotivarten. Ausbesserung. Feuerlose Lokomotiven. Druckluft-Lokomotiven. Lokomotiven mit Verpuffungsmotoren. — Personenwagen. Einstellbare Achsen. Drehgestelle. Räder. Abteilwagen und Durchgangswagen. Schlafwagen. Postwagen. Aufbau der Personenwagen. Sicherheit in den D-Wagen. Heizung. Beleuchtung. — Güterwagen. Ladegewicht. Bedeckte Wagen. Sonderwagen. Offene Wagen. Übergang zur russischen Spurweite. Rollböcke für Schmalspur. — Eisenbahnfahren. — Puffer. Kupplungen. — Bremsen. Bremsklötze. Handbremsen. Durchgehende Bremsen. Carpenter-Bremse. Westinghouse-Bremse. Knorr-Bremse. Luftsauger-Bremse von Hardy. Kunze-Knorr-Bremse.

Bildung der Personenzüge. Fahrdienstvorschriften. Zugstämmen. Kurswagen. Zugbildungspläne. Regelung der Umläufe von Güterwagen. Hauptwagenamt. Arten der Güterzüge. Verschiebebahnhöfe. Ablaufberg. Gleisbremse. Selbsttätige Ablaufanlage. Güterbahnhöfe. Wassertürme. — Personenbahnhöfe. Höhenungleiche Kreuzungen. Einteilung der Bahnhöfe. Lage der Empfangsgebäude. Bahnhofstunnel. Überhöhte Bahnsteige. Hallen und Schuttdächer. Hauptbahnhof Leipzig.

Signale. Blockeinrichtung. „Feindliche“ Signale. Weichenverriegelung. Schutzweichen. Flügel der Hauptsignale. Vorsignale. Ausfahrt aus einem Bahnhof. Fahrstraßenfestlegung. Schienenstromschließer. Blockstellen. Hafenweichenschloß. Drahtzüge. Spannwerke. Prüfung der Weichenlagen. Weichenlaternen. Gleisperren. Stellwerkhäuser. Elektrische Signal- und Weichenstellung. Wärter-signale. Signale am Zug. Wärterglocken. — Fahrdienst. Zugführer. Fahrdienstleiter. Bahnhofsfahrordnung. Besondere Vorformnisse. — Bewachung und Unterhaltung der Strecke. Bahnmeister. Bahnwärter. Schranken. Streckenläufer. Schneeabfuhr. Beaufsichtigung der Brücken und Tunnel. Untersuchung der Wagen. — Bildung der Fahrpläne. Bildliche (graphische) Fahrpläne. Dienstliche Fahrplanbücher. Fahrge-schwindigkeit und Reisegeschwindigkeit.

Vergbahnen. Erbauung der Wignau-Nigi-Bahn durch Niggenbach. Leiter-Zahnstange. Stufen-Zahnstange von Abt. Strubbs Keilkopf-Zahnstange für die Jungfrau-Bahn. Lochers Fischgräten-Zahnstange für die Pilatus-Bahn. Gemischter Betrieb. Zahnbahn-Lokomotive. Kupplung. Bremse. — Seilbahnen. Betrieb mit Wasserballast. Ausweiche. Schwebebahn Dresden-Voschwitz. Seil-Schwebebahnen. Jungfrau-Bahn.

Elektrischer Betrieb. Vorzüge gegenüber dem Dampfbetrieb. Elektrische Strecken in Deutschland. Wahl der Stromart. Speiseführung. Fahrdracht. Überwegschuß. Elektrische Lokomotiven der Reichsbahn. Anordnung der Motoren. Schnellfahrversuche auf der Strecke Marienfelde-Bossen. 200 Kilometer in der Stunde. Einschienenbahn.



Einfluß der Stadtschnellbahnen auf das Wachstum der Weltstädte. Reisegeschwindigkeiten. Dampf- betrieb und elektrischer Betrieb. Dampfuntergrundbahnen in London. Ungünstige Form der Stadtkerne. Fernbahn und Stadtschnellbahn. Spitzenverkehr.

London. Liverpool. — New York. Boston. Chicago. Philadelphia. Buenos Aires. — Paris. Hamburg. Elberfelder Schwebbahn. Glasgow. Madrid. Budapest.

Berlin. Werner Siemens' Vorschlag für Hochbahnlinien durch die Friedrich- und Leipziger Straße. Schwierigkeiten bei der Anlage von Tunneln im Berliner Schwimmsandboden. Probebau unter der Spree. Hochbahnstrecke Ost-West mit unterirdischem Anschluß zum Potsdamer Platz. Gleisdreieck. Verlängerungstrecken Zoologischer Garten-Wilhelmsplatz und Reichskanzlerplatz, Potsdamer Platz-Spittelmarkt. Umbau des Gleisdreiecks vom Verkettungsbahnhof zum Kreuzungsbahnhof. Schöneberger Schnellbahn. Spittelmarkt-Alexanderplatz-Schönhauser Allee. Bauformen für die Hochbahnstrecken. Wittenbergplatz-Kurfürstendamm. Wittenbergplatz-Wilmersdorf-Dahlem. Einschnittbahn in Dahlem. Nord-Süd-Bahn. UEG-Bahn. Verstärkungsstrecke Nollendorfplatz-Gleisdreieck. Geplante Linien.

Untergrundbahnbau in Berlin. Grundwasser-Senkung. Dichtung der Tunnelröhre. Absteifung der Baugrube. Überbrückung von Kolken. Bau von Tunnelböden, Tunnelwänden und Tunneldecke aus Eisenbeton. Ausziehen der Doppel-T-Träger. Dükerung von Kanalisationsröhren. — Unterfahrungen der Spree. Tunnel Stralau-Treptow für Straßenbahnbetrieb. Tunnel an der Wallstraße. Tunnel der UEG-Bahn an der Jannowitz-Brücke. Arbeit des Tauchers mit dem Schneidebrenner. Unterfahrung der Seine an der Cité-Insel in Paris. Tunnel der Nord-Süd-Bahn unter der Weidendammer Brücke. — Unterfahrungen von Häusern. Hotel Fürstenhof. Warenhaus Wertheim. Laurentien-Palast. Deutsches Opernhaus. Durchbrechungen von Häusern für Hochbahnstrecken. Rampe Kurfürstenstraße-Gleisdreieck. — Umsteigebahnhöfe. Verzweigungsbahnhof Klosterstraße. Kreuzungsbahnhof Alexanderplatz. Verknüpfungsbahnhof Wittenbergplatz. Zweistöckiger Untergrundbahnhof Nollendorfplatz. Linienbetrieb und Richtungs- betrieb. Gieses Plan für den Ausbau des Berliner Schnellbahnnetzes.

Schnellbahnwagen. Anordnung der Türen. — Selbsttätige Signalanlage. Fahrsperr. Schutz- strecken. Tunnellichtsignale. Stellwerkanlagen an Verzweigungsstellen. Gleispläne in den Stellwerk- häuschen. Nachrücksignale. Gefahrsignal. Zugabstanduhren in London. Zugrichtungsschilder. — Betriebs- strom. Dritte Schiene oder dritte und vierte Schiene. Stromabnehmerseile. Kurzschließer. Triebwagen und Beiwagen. Kabelführungen im Zug. Ausrüstung des Fahrerstands. Führerlose Schnellbahnzüge.

Geschichte und Linienführung der Berliner Stadtbahn. Umbau des Bahnhofes Friedrichstraße. Vorbereitungen für den elektrischen Betrieb auf den Berliner Stadt-, Ring- und Vorortbahnen. Wiener Stadtbahn.

Pferdebahn. Straßenbahn mit Seilzug. — Die erste elektrische Straßenbahn, erbaut von Werner Siemens. Schliker-Oberleitung. Erste elektrische Straßenbahn in Groß-Berlin. Erfindung des Rollen- Stromabnehmers durch Sprague.

Führung des Betriebsstroms. Speisefabel. Abteilungsisolatoren. Blisableiter in der Oberleitung. — Stromführung im Wagen. Ausschalter. Hauptsicherung. Rollen- oder Bügel-Stromabnehmer. Seil- fänger. Dickinson-Stromabnehmer. — Oberleitung. Querdrahte. Hausanker. Isolierungen in den Quer- drahten. Tragmasten. Aufhängung des Fahrdrahts. Die Drahtbruchseuche und ihre Bekämpfung. Ankerdrahte. Oberleitung auf Klappbrücken. Luftweichen und Kreuzungen. Schutzmaßnahmen für Schwachstromdrahte. Doppelpolige Oberleitung. Turmwagen. — Akkumulatoren-Wagen. Unterirdische Stromführung im geschlossenen und im Schlißkanal.

Gleisbau. Gußeiserne Schienen. Nillenschienen. Stoß. Schienenschweißung. Sparband. Verlegung der Schienen in Asphaltpflaster. — Gleislage. Schutzinseln. Eigener Bahnkörper. Gleis- verschlingung. Umlegen von Straßenbahnzügen. Gleis Schleifen. Wagen mit nur Einem Fahrerstand. Entwässerung der Schienen. Schienenreinigung. — Pferdebahnweiche. Elektrische Weichenstellung.

Ausbildung der Wagen. Zweiachser und Vierachser mit Drehgestell. Lagerung der Motoren. Gelüftete Motoren. — Fahrshalter. Umschalthebel. Blasmagnet. Abhängigkeit zwischen Fahrshalter und Umschalter. — Elektrische Bremsen. Handbremse. Druckluftbremse. Bremsung des Beiwagens. Sand- streuer. Fußlocke. Kupplung zwischen Triebwagen und Beiwagen. — Anordnung der Sitze. Plattformen. Wagen mit Oberstock.

Unfälle im Straßenbahnbetrieb. Schutz- und Fangvorrichtungen. Das Heben und Eingleisen von Wagen. — Prüfung und Ausbildung der Fahrer bei der Berliner Straßenbahn. Fahrerschule in Lichten- berg. Beobachtung der Fahrer auf der Strecke. Stromuhren. Meßwagen. — Haltestellen. Zwangs- haltestellen. Sicherung an Eisenbahnübergängen. Kreuzungslaternen. Vorfahrtrecht. — Straßenbahnhöfe. Bahnhof Lichtenberg. — Geschichte der Großen Berliner Straßenbahn. „Linden“-Tunnel. Schaubilder über den Verkehr in den verschiedenen Stadtteilen. Monatliche, wöchentliche und tägliche Verkehrsschwan- kungen. — Schnellstraßenbahnen. Überlands- oder Städtebahnen. Gleislose Straßenbahnen. Stufenbahn.





### Via Appia, die Prachtstraße der römischen Kaiserzeit

Sie führte von Rom nach Capua und war ein Teil der großen, von den Römern angelegten Verkehrswege Rom—Afrika und Rom—Asien.  
Zu beiden Seiten Trümmer der einstigen großartigen Grabdenkmäler. (Zu Seite 9)

## 8. Die Straße

---









1. Das Ende der Großstadt  
Nach einer Zeichnung von E. Sturtevant

Der Weg führt uns nach langer Wanderung durch die weitgedehnten Straßenzüge der Großstadt an eine Randstelle, wo die hoch emporgeführten hohlen Steinblöcke, die den Menschen als Wohnhäuser dienen, plötzlich aufhören. Dieser Endbezirk der Stadt sieht aus wie die Kante einer abgenutzten Säge, die bereits viele ihrer Zähne verloren hat. Einzelne Straßenstücke springen vor, um mit geteuerter Abschlußwand plötzlich ins Nichts zu tauchen. Dort blickt die Sonne neugierig in lange, streng ausgerichtete Reihen von Küchen- und Schlafzimmerfenstern hinein, hier betrachtet sie die freistehenden Mauern eines schmuckten Landhauses.

Dann folgt eine weite Ebene, auf der sich, nach dem Urteil des Großstädtlers, gar nichts befindet. Es wachsen nämlich nur Gras, Blumen und einige Bäume darauf. Alle diese armen Gewächse gewähren einen traurigen Anblick, als ahnten sie, daß unter ihren Wurzeln schon die Keime zu erwachen beginnen, aus denen in einigen Monaten noch mehr der finsternen Steinwürfel emporwachsen werden, alles Laub und jeden Halm mit den schweren Füßen ihrer Grundmauern vernichtend. Denn drüben am Rand des Horizonts stehen bereits die ersten Häuser des Vororts, die mit ihren Fensteraugen hinüberschauen zur Mutterstadt in der Hoffnung, bald mit ihr zusammenzuwachsen.

Vorläufig aber gibt es an dieser Stelle noch nicht einmal eine Straße. Die Verkehrsverbindung, die selbstverständlich vom Herzen der eigentlichen Stadt zur Vorstadt hinausführt, liegt ein paar Kilometer entfernt; die Straßenbahn, die Kraftwagen und die anderen Fahrzeuge lassen dort ihre Räder rollen. Doch die nächsten Anwohner des Randgebietes, die durch mancherlei Beziehungen miteinander ver-

knüpft sind, scheuen den Umweg. Sie haben kürzere Verbindungen zwischeneinander geschaffen. Die Grasnarbe auf der Ebene, die still der Baureife entgegenwächst, zeigt hier, da und dort gelbliche Furchen. Pfade sind da entstanden, durch wandernde Füße des Buchses entkleidet und mit festgestampftem Sand ausgelegt.

Diese Pfade stellen keineswegs immer gerade Linien dar. An manchen Stellen bezeichnen sie wirklich den kürzesten Weg zwischen den beiden Häuserrändern, oft aber geht die geradlinige Erstreckung in eine Krümmung über, dort nämlich, wo etwa ein Wassertümpel umzogen werden muß; es gibt auch jähe winklige Richtungsänderungen, wenn ein Hügel sich dem Geradeausweg entgegenwölbt oder das Gelände rasch in eine Grube abfällt. Wer nach Jahren wieder an dieselbe Stelle kommt, findet, wenn er einiges Ortsgedächtnis hat, die endgültigen Straßen oft ganz genau an denselben Stellen und in derselben Richtung liegen, die jene einfachen Pfade vordem bezeichneten.

Eng zusammengedrängt, durch die Kraft der Großstadtsiedlung gewaltig beschleunigt, haben wir hier ein Abbild der allgemeinen Entwicklungsgeschichte der Straße vor uns. Wie nach Haeckels biogenetischem Grundgesetz jedes entstehende Lebewesen die vieltausendjährige Entwicklungsgeschichte seiner Art in wenigen Wochen oder Monaten noch einmal durchmacht, so spielt uns die wachsende Stadt das Drama der Straßenwerdung in kraftvoll zusammengefaßten, kurzen Szenen vor.

Der Pfad ist die Urzelle der Straße.

Die Männer, die in den Wäldern der Urzeit zur Jagd gingen, die Hirten, deren Herden alltäglich auf die Weide getrieben werden mußten, traten ihn aus, indem sie unter



allen Zumarsch-Möglichkeiten die kürzeste oder die bequemste Richtung wählten. Auch zum Verkehr zwischen den weit auseinander liegenden Hütten der gleichen Siedlung brauchte man im Anfang nichts weiter als diese einfache Verbindung. Ihre weitere Ausbildung war nicht notwendig, solange der Mensch noch selbst der Träger seiner Lasten war. Erst als die Gegenstände, die fortbewegt werden sollten, auf die Rücken der Tiere geladen wurden, und als man gar soweit war, Wagen durch diese ziehen zu lassen, ward die Vervollkommnung des Pfades zum festeren, breiteren Weg notwendig. Schließlich war das Gemeinschaftsgefühl der Menschen, der Trieb zum Austausch der Güter, soweit gewachsen, daß auch ein Verkehr zwischen verschiedenen Orten sich auszubilden begann. Hierdurch erwuchs die Notwendigkeit, Straßen in kunstvollem Ausbau herzustellen.

Für die ersten Straßenanlagen wurde nur der Boden in genügender Breite geglättet, die Bahn möglichst bequem fahrbar gemacht, aber man umging in frommer Scheu jedes Hindernis, ohne Rücksicht darauf zu nehmen, daß die Länge der Verbindungsstraße durch die vielen Umwege wuchs. Später lernte man, flache Gruben auffüllen, niedrige Hügel durchstechen, einfache Brücken über schmale Wasserläufe schlagen. Die Kunst des Straßenbaus erstarkte, bis sie endlich in der Anlage der Schienengeleise für die Eisenbahnen ihre höchste Vollendung erreichte.

Für dieses mächtigste Verkehrswerkzeug der Menschheit sind weder die Flüsse noch die Ströme, ja nicht einmal die schweren Querriegel der Hochgebirge ein Hindernis. Auf Pfosten und Bogen geht es darüber hinweg oder in langen Tunneln gerade hindurch. Das tiefgefurchte Antlitz der Erde wird überall geglättet. An die Stelle des regellosen Hin und Her, Auf und Nieder, das die Natur geschaffen, setzte der Mensch das strenge, durch kein noch so gewaltiges Hindernis zu erschütternde Geradeaus. Mit den Waffen des Spatens, der Ramme und des Bohrers, die rücksichtslos arbeiteten, errang der Verkehr den Sieg.

Die Bedeutung und den Wert einer Straße kann nur der wirklich ermessen, der einmal über völlig wegeloses Gebiet gegangen ist. Der Europäer kennt im allgemeinen derartige Wanderungen überhaupt nicht mehr. Er dünkt sich schon recht kühn, wenn er einmal von der Landstraße abweicht und auf Feldwegen weiterzukommen sucht. Aber auch hier befindet er sich doch immer noch auf einem gebahnten Pfad. Er sieht, daß Menschen vor ihm in gleicher Richtung gewandert sind, weiß also, daß unüberwindliche Hindernisse oder plötzliche Gefahren sich ihm nicht entgegenstellen können. Wie das Licht des Scheinwerfers die Finsternis, so erhellt das Lehmgeröll des getretenen Weges ihm die Zukunft seines Marschs. Ein Schutzengel führt ihn an allen Stellen des Bodens sicher

vorbei, wo sein Fuß versinken, oder wo er eine Richtung einschlagen könnte, die zu einer unüberwindlichen Sperre führt. Auch auf dem schmalsten Ackerpfad bleibt dem Schreitenden das sichere Gefühl, daß das Ende des Weges ihn wieder zu Stätten führen wird, an denen Menschen wohnen.

Wo er keine Straße trifft, da ist der Wanderer blind. Statt zu schreiten, kann er nur noch tappen. Was in einer Entfernung von hundert Schritten in seinen Weg treten wird, bleibt ihm jetzt noch völlig verborgen. Jeden Augenblick muß er gewärtig sein, in Gefahren zu geraten. Die Ahnung vor Bösem bedrängt ihn fortwährend; jeder besonders hell grünende Graswuchs scheint ihm ein verdecktes Moor, das nur darauf wartet, ihn versinken zu lassen, das Murmeln eines fernen Bächleins kommt ihm wie das reißende Fließen eines Stromes vor, den ohne Brücke zu überschreiten nicht möglich sein wird. Die Lust, die den Wanderer durchzuckt, wenn er die gebahnte Straße wieder erreicht hat, wenn er seine Füße von neuem wieder auf geglätteten Untergrund setzen kann, lehrt ihn den wahren Wert dieses außerordentlichen Menschenwerks erkennen.

Das Straßennetz eines Landes ist ein vortrefflicher Gradmesser für den Kulturstand seiner Bewohner. Ein altes chinesisches Sprichwort sagt: „Wie die Straßen, so das Land!“ Und in der Tat ist das Wegenetz ja nichts anderes als der sichtbare Ausdruck für den engen Zusammenschluß einer Kulturgemeinschaft. Die Menschen tauschen über die Straßen stoffliche Besitztümer zwischeneinander aus. Vorausgehen muß aber ein Austausch der Gedanken, und dieser wird weiter gesteigert, wenn zu Handelszwecken in immer reicherer Zahl Mensch zum Menschen kommt.

Die Völker lernen einander über die Straßen hinweg kennen; der eine fühlt, was der andere an Erzeugnissen gern von ihm entgegennimmt, und er weiß, was er selbst empfangen möchte. Allmählich wird auch das geistliche Besitztum ausgetauscht. Die getrennten Kulturen durchdringen einander und schmelzen zu einer höheren Einheit zusammen. In unbewußter Anerkennung ihrer Leistungen pflegt der Mensch die Straße, die ihm den Fortschritt gebracht hat. Das Wegenetz wächst.

Ein treffliches Beispiel dafür, wie eng die Straße mit dem Kulturstand verknüpft ist, gibt die Geschichte des Verkehrs wesens in Europa zu den Zeiten, als Rom den orbis terrarum, den gesamten Kreis der damals bekannten Welt beherrschte, und als dann die Macht der Siebenhügelstadt in klägliche Scherzen zusammenbrach. Auf einen Höchststand des Straßenbaus und der Straßenpflege folgte ein gänzlicher Verfall, dessen Spuren erst nach einem halben Jahrtausend mühsam wieder verwischt worden sind.

Vor dem kunstvollen Ausbau der Straße liegt, wie wir gesehen haben, ihre Benutzung. Es ist daher kein



2. Chinesische Straße im Löff  
Nach E. von Nischthofen „China“



Wunder, daß der Beginn der Straßengeschichte im tiefen Dunkel vorgeschichtlicher Zeit verschwindet. Wenn die Erzählung von den Geschicken der Menschheit einsetzt, finden wir bereits feste Wege angelegt, deren Richtungen durch die Möglichkeit der Wasserversorgung für den Wanderer, durch Ernährungs- und Ernährungsbedürfnisse bedingt sind.

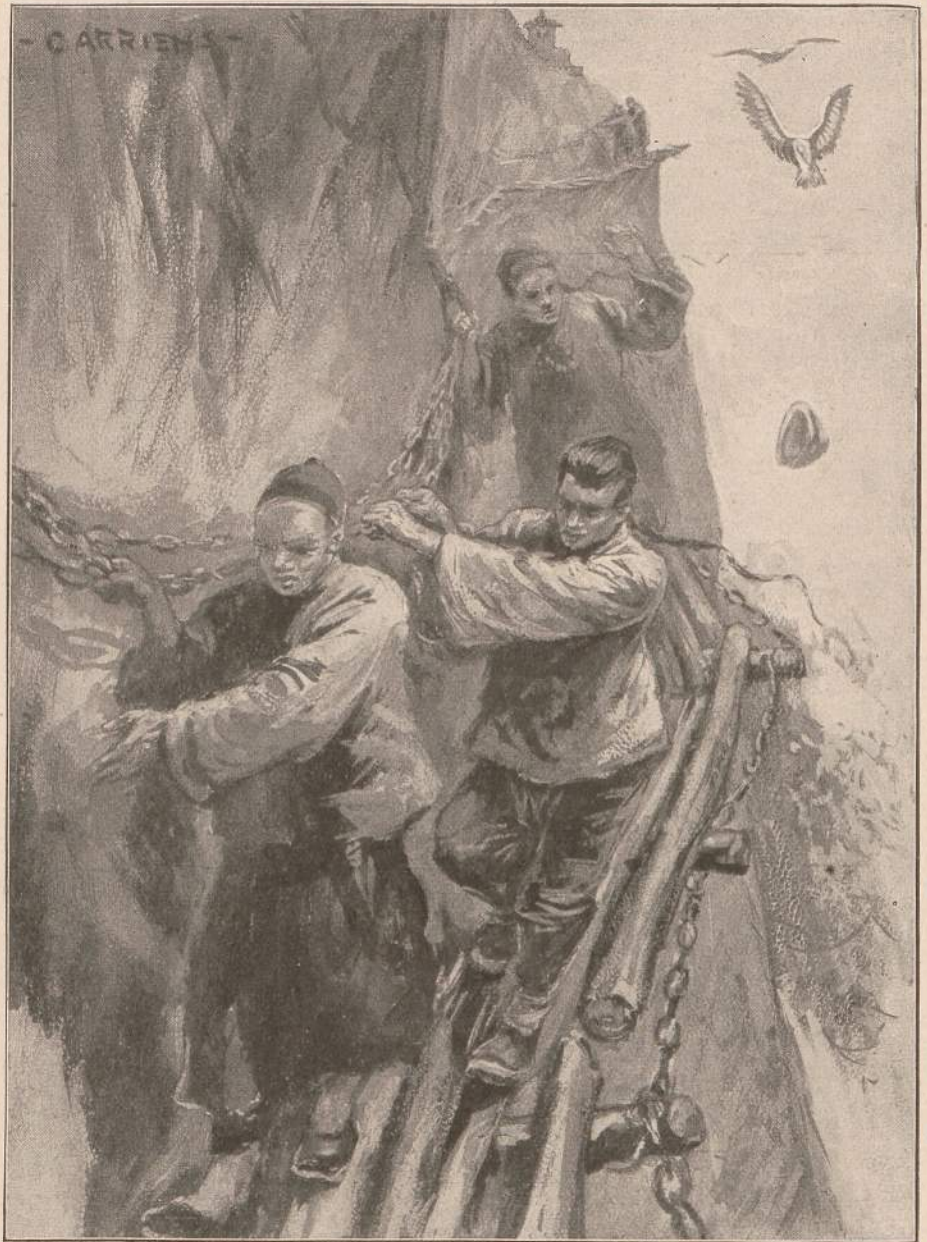
Ein mächtiger Förderer des Straßenbaus ist von jeher die Kriegslust gewesen. Schon Alexander der Große und der Perserkönig Cyrus bauten mächtige Verkehrswege, auf denen ihre Soldaten über weite Gebiete marschierten. In neuerer Zeit hat der Weltoberer Napoleon mit großer Kraft im gleichen Sinn gewirkt. Auch im Weltkrieg haben die vermarschierenden deutschen Truppen das Straßennetz gewissermaßen dicht hinter sich hergezogen.

Daß aber auch einmal kriegerische Erwägung die entgegengesetzte Wirkung haben kann, zeigt das Beispiel des alten Rußland. Dort befand sich das Straßennetz in der Nähe der deutschen Grenze in einem selbst für das Zarenreich ungewöhnlich vernachlässigten Zustand. Grund war die Absicht, den deutschen Truppen, die rascher kriegsbereit sein konnten, hierdurch den Vormarsch zu erschweren.

Das Wort Straße stammt aus der Sprache desjenigen Volkes, das Meister auf diesem Gebiet gewesen ist. Die Römer nannten den gepflasterten Verkehrsweg „stratum“, woraus sich „estra“ und das französische „estrade“, das englische „street“ und das deutsche „Straße“ bildeten. Auch die Benennung „Chaussée“ ist gleicher Herkunft. Im alten Rom hieß die Abdeckung der Straße, die unter starker Anwendung von Kalk hergestellt wurde, „calceum“, woraus „cauchée“, „chauchée“ und „chaussée“ entstanden sind.

Eine der ältesten Straßenanlagen, von denen berichtet wird, verdankt einem Kriegszug ihre Entstehung. Nach der assyrisch-babylonischen Sage eilte Memnon, der Sohn der Eos, von Äthiopien her dem bedrängten Troja zu Hilfe. Um seine Absicht durchführen zu können, ließ er von der persischen Stadt Susa aus einen Weg bis Ikonien bahnen. Der griechische Schriftsteller Pausanias, der im zweiten Jahrhundert n. Chr. die Gegend bereiste, fand, wie er in seiner „Periegesis“ mitteilt, noch Spuren dieses Weges. Selbst heute sollen Reste davon vorhanden sein.

Die eigentliche Geschichte der Straße beginnt bei den Babyloniern und Ägyptern. Denn alle Mitteilungen über die Taten der assyrischen Königin Semiramis sind Sage, wie wahrscheinlich die Person dieser Herrscherin selbst. Was an tatsächlichem Berichtstoff uns aus alten Zeiten überkommen ist, hat Curt Merckel in dem sehr verdienstvollen Werk „Die Ingenieurtechnik im Altertum“



### 3. Chinesischer Pilgerweg auf den heiligen Berg Hua-schan

An Steilabfällen sind hölzerne Stege und Ketten zum Festhalten angebracht. Der Weg wird jährlich von Tausenden überschritten. Nach einer Zeichnung von E. Arriens

zusammengestellt. Die folgenden geschichtlichen Ausführungen schließen sich in der Hauptsache seinen Darstellungen an.

Von der Bauart der Straßen, deren Knotenpunkte die gewaltigen Herrscherstädte Babylon und Ninive ohne Zweifel gewesen sind, wissen wir nichts Bestimmtes. Auch über die ägyptischen Anlagen ist wenig bekannt. An der Mündung des Flusses Nahr-el-Kelb ins Meer findet man Spuren einer Kunststraße, die in den Felsen gehauen ist, da die Berge hier dicht an das Meer herantreten, so daß die Natur keine einfache Möglichkeit zur Fortsetzung des herankommenden Weges bot. Gedenktafeln mit Hieroglyphen-Inschriften und bildlichen Darstellungen zeigen, daß der Pharao Ramses II., der in den Jahren 1348 bis 1281 v. Chr. über Ägypten herrschte, hier eine Königsstraße angelegt hat.

Eine großartige Schöpfung der Chinesen ist die Straße von Si-ngan-fu nach Han-tschung-fu über den Tsin-ling-schan. Sie wird schon in den Kämpfen der Fürsten von Han um den Kaiserthron erwähnt (205 vor Christus), doch



reichen ihre Anfänge noch viel weiter zurück. Die Breite der Straße war für vier Reiter eingerichtet. Zum Teil wurde sie aus dem Felsen herausgemeißelt, an manchen Stellen ruht der Weg auf Pfählen. Am Rand von Abhängen sind gemauerte Schutzwehren errichtet. Auch Marco Polo und der deutsche Forscher Frhr. v. Richthofen haben sie benutzt.

Besonders gut haben es die Chinesen verstanden, in zer-rissenen Gelände die beste Straßenführung auszusuchen. Sehr große Schwierigkeiten machte ihnen bei den Anlagen der Lößboden. Es ist dies ein kalkhaltiger Lehm, der sehr rasch zu Staub zerfällt und große Neigung zur Zerklüftung und Ausbildung hoher senkrechter Wände zeigt. Die Hufschläge der auf der Straße trabenden Pferde zerbröckelten den Lößboden ziemlich rasch, und die Scharte wurde geschwind vom Wind reingefegt. Aus diesem Grund schnitten sich die Straßen von selbst immer tiefer ein. Wenn solche Einbuchtungen, in die man auf steilen Abstiegen hinab mußte, um bald wieder emporzuklimmen, sich zwanzig bis dreißig Meter tief eingegraben hatten, dann wurde der Straßenzug an dieser Stelle verlassen und ein neuer angelegt.

Im allgemeinen müssen die alten chinesischen Verkehrswege sehr gut gebaut gewesen sein, da, wie berichtet wird, Jagdwagen in eilemdem Flug darüber rollen konnten. Für die Bequemlichkeit der Reisenden war durch Speisewirtschaften und größere Herbergen gesorgt, die in nicht allzu großen Abständen errichtet waren. Der moderne, auf Bild 3 dargestellte Pilgerweg, der gerade noch die Möglichkeit des Vorwärtstommens gewährt, erscheint dagegen höchst primitiv.

Das indische Gesetzbuch des Manu aus dem Jahre 400 v. Chr. enthält bereits Vorschriften für die Wegeunterhaltung. Buddha empfiehlt die Straßen und Wege der Sorgfalt der Frommen. Das alte indische Nationalepos „Ramayana“ erwähnt besondere Wegebeamte.

Im vierten Jahrhundert v. Chr. ließ der indische König Aschoka Wege anlegen und sie mit Herbergen, Bäumen und Meilenzeigern ausstatten. In Entfernungen von etwa 2000 Metern voneinander standen Säulen, auf denen abgehende Nebenwege und die Entfernungen nach den nächsten Orten angegeben waren. Auch eine Straßenpolizei zur Aufrechterhaltung der Ordnung war eingerichtet.

Die Phönizier fanden in ihrem gebirgigen Land so große Schwierigkeiten beim Straßenbau, daß sie den Weg oft zur Küste lenkten und den Verkehr bis zur nächsten günstigen Stelle auf dem Wasser fortführten. Dieses betriebsame Volk ist der Lehrmeister der Griechen im Straßenbau geworden. In den Zeiten, die vor dem Beginn der uns bekannten Geschichte der Hellenen liegen, waren die Phönizier tief in deren Land eingedrungen, um es gewerblich auszubeuten. Zum Hinausschaffen von Holz und Metall an die Küste hatten sie wahrscheinlich Wege angelegt. Sie schlugen Richtungen durch Wälder, überschritten sumpfige Niederungen auf Dämmen, die zugleich als Deiche dienten, um tiefer liegende Felder vor Überschwemmungen zu schützen.

So gab es in Hellas frühzeitig fahrbare Wege. Homer erzählt oft von Wagenrennen, die zwischen den Helden veranstaltet wurden; ohne das Vorhandensein recht guter Straßen wären solche Kämpfe nicht möglich gewesen. Als Telemach

sich von Ithaka nach dem griechischen Festland begab, um Erkundigungen über seinen verschollenen Vater einzuziehen, fuhr er von Pylos, der Stadt des Nestor, zu Menelaus nach Sparta mit dem Wagen. Dieser kann nicht einmal so ganz leicht gebaut gewesen sein, da es heißt, daß Peisistratos, der Sohn des Nestor, sich neben dem Sohn des Odysseus in den Wagensessel gesetzt habe. Dennoch liefen die Rosse eilenden Laufs davon, und den ganzen Tag begehrt sie nicht zu ruhen. Längeres, verhältnismäßig geschwindes Wagenfahren war also im alten Griechenland möglich.

Später aber verschlechterte sich dieser Zustand. Die Benutzung der Wagen kam fast gänzlich ab. Das Fahren innerhalb der Städte wurde etwas ganz Außergewöhnliches. Das Gefühl der Hellenen für Einfachheit und Gleichheit fühlte sich dadurch verletzt, daß der Reiche im Wagen an dem Armeren vorbeifuhr und ihm den Staub zu schlucken gab. Unter diesen Umständen ließ man die meisten Wege verfallen, und es würde im jüngeren Hellas vielleicht überhaupt keine gut angelegten Straßen mehr gegeben haben, wenn nicht die Ausübung des Gottesdienstes derartige Anlagen begünstigt hätte.

Bei den Festen, die in den großen Landesheiligtümern stattfanden, wurden hochgebaute, schwere Wagen verwendet. Ihnen mußte ein bequemer Weg geschaffen werden, und man ging, um ein sicheres Fahren zu erzwingen, so weit, Geleise für diese Fahrzeuge anzulegen. Wir dürfen jedoch in dieser Schöpfung der Griechen nicht den Anfang unserer heutigen Schienengeleise erblicken, da es sich um Anlagen ganz anderer Art, gewissermaßen um negative Geleise handelte. Die Führungen für die Räder wurden nämlich nicht erhoben auf den Boden gelegt, sondern man meißelte Einschnitte, Millen von ungefähr 15 Zentimetern Tiefe und 5 bis 7 Zentimetern Breite, in den Boden, deren Abstand voneinander 90 bis 160 Zentimeter betrug. So groß muß also der etwas wechselnde Radstand der Tempelwagen, der Abstand der Räder einer Achse voneinander, gewesen sein. Nachfolger dieser griechischen Anlagen sind, wenn man will, die eisernen Fuhrwerkgeleise, die man heute nicht selten auf Landstraßen findet, da sie im Gegensatz zu den Eisenbahnschienen vertieft angelegt sind (Seite 25).



4. Römischer Meilenstein

Nach vorgefundenen Trümmern wiederhergestellt

Die griechische Religions-Geschichte vertrat die Anschauung, daß die Götter auf den zu den Tempeln führenden Straßen gewandelt seien, als sie ins Land kamen. So wurden diese Wege heilig. Man pflegte sie mit besonderer Sorgfalt, errichtete an den Rändern Denkmäler, auf denen die Götterschicksale dargestellt waren, und es entstand die Sitte, sich am Straßenrand beerdigen zu lassen, da die Grabstätten auf diese Weise noch der besonderen Heiligkeit des Ortes teilhaftig wurden. Da der feine Geschmack der Griechen die Gräber bildnerisch und gärtnerisch besonders anmutig ausstattete, so hatte von diesem Brauch die Straße rückwirkenden Nutzen, indem prächtige Anlagen neben ihr sich hingen. Die Sitte der Bestattung an den Straßenrändern ist von den Römern übernommen worden. Noch heute sind die Gräberreihen der Via Appia bei Rom Zeugen jenes alten Brauchs. Die Heiligkeit der griechischen Straßen brachte es mit sich, daß die hierauf wallenden Pilger unter dem Schutz



der Götter standen und unverletzlich waren. Man konnte daher in Griechenland ohne Furcht vor Überfällen reisen. Gesah einmal eine Bluttat in dem geschützten Bezirk, dann wurde sie als Frevel gegen die Nationalehre angesehen. So erklärt sich die ungeheure Empörung, die sich der gesamten zum Kampf der Wagen und Gefänge in Korinth versammelten Volksmenge bemächtigte, als die Ermordung des Iphikus auf der Straße bekannt wurde, die sich durch den heiligen Hain des Poseidon zog.

Da die Straßen für die Griechen mehr einen ethischen Wert hatten, als daß sie praktischen Handelszwecken dienten, so ist es, wie die Menschen nun einmal sind, nicht erstaunlich, daß die Hellenen für diese Anlagen nicht allzu viel Kraft und Arbeit aufwendeten. Sie scheuten sich, natürliche Hindernisse zu überwinden, und paßten die Straßenrichtung möglichst eng dem Gelände an. Dadurch entstanden zahlreiche Windungen und unbequeme Richtungswechsel.

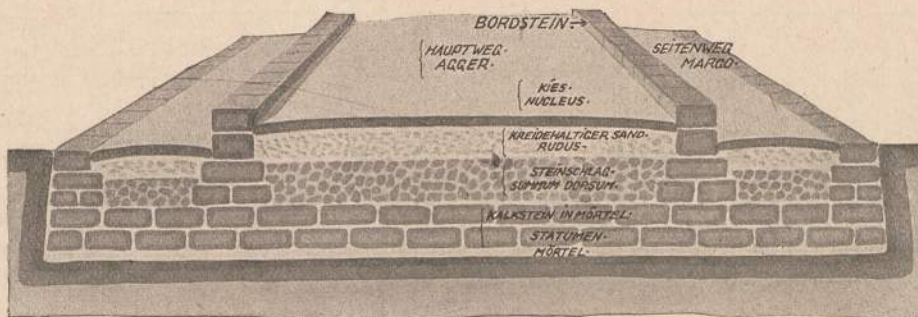
Schärfere Angriffe gegen die hindernde Natur sind dagegen bei den Persern zu finden. Diese schufen bei Anlegung ihrer Straßen manchen Kunstbau, um die Entfernung zwischen zwei Orten abzukürzen. Denn sie legten großen Wert auf die Abwicklung eines Schnellverkehrs.

Erstaunlich ist, daß die alten Perser schon manche Kunstgriffe angewandt haben, die auch heute noch den Straßenbauern nützlich erscheinen. So legten sie die Straßen nicht in die Täler, sondern ziemlich hoch auf den Bergen an, weil dort die Wanderer weniger unter der heißen Luft zu leiden hatten, weil der Straßengrund dort oben leichter trocken wird und

Ueberschwemmungen nicht stattfinden vermögen. Man konnte auch droben die Brücken, die zur Überschreitung der Wasserläufe nötig waren, kürzer halten, da man ja den Flußquellen näher war.

In dem Persien des großen Cyrus, der im 6. Jahrhundert v. Chr. regierte, war bereits ein höchst ansehnliches Straßennetz vorhanden. Von der Hauptstadt Susa erstreckten sich Verkehrswege nach Kleinasien, nach der späteren Hauptstadt Persopolis

und nach Babylon. Es wird berichtet, daß von Persopolis aus eine Straße bis nach China geführt habe. Besonders sorgfältig ausgestattet war die Königstraße von Susa nach Ephesus, deren einzelne Teile man kunstvoll in



5. Der Aufbau einer römischen Heerstraße

den Felsen gehauen hatte, und die mannigfache, recht kühne Brückenbauten zeigte. Viele Paläste und Tempel standen in ihrer Nähe.

Genaue Schilderungen der Technik des persischen Straßenbaus besitzen wir nicht. Daß aber Hervorragendes hierin geleistet worden sein muß, geht aus der Benutzungsart der Verkehrswege hervor. Es war ein Schnellpostdienst eingerichtet, der Herodot zu dem Ausspruch veranlaßte: „Es gibt nichts auf der Welt, das schneller ist als diese Boten.“ In der Tat gelangten königliche Botschaften von Susa nach Babylon, über eine Entfernung, die 360 Kilometer in der Luftlinie beträgt, in anderthalb Tagen. Die Strecke Susa-Sardes, für deren Zurücklegung ein gewöhnlicher Reisender neunzig Tage brauchte, überwandten die reitenden Postboten in zehn Tagen.

Über die vorzügliche Ausrüstung der persischen Straßen sagt Merckel: „Wir wissen durch die Beschreibung Xenophons und Herodots, daß in Entfernungen eines Tagesritts Stallungen errichtet waren, in welchen Pferde für den Bedarfsfall bereit gehalten wurden, und wo selbst durch Nachtdienst auch für eine Postablösung während der Nacht Sorge getragen war. Herodot schreibt von dieser Einrichtung: „Aller Orten sind königliche Stationen und die herrlichsten Herbergen, der ganze Weg geht durch gebahntes und sicheres

Land. Mit den Stallungen waren Unterkunftsräume für die Reisenden verbunden, die mit Baumpflanzungen zum Schutz gegen die Sonne versehen gewesen sein dürften.“

Angeblickt dieser Ausbildung des Postdienstes mit reitenden Boten ist es selbstverständlich, daß die Perser im genauen Gegensatz zu den Phöniziern den Landweg für wichtiger erachteten als die Wasserstraße. So kam es ihnen nicht darauf an, selbst durch den mächtigen Lauf des



6. Römerstraße in Pompeji

Der Fahrdamm ist mit Lavasteinen gepflastert





7. Die Via Appia mit dem Grabdenkmal der Caecilia Metella

mußte ständig eine große Heeresmacht bereithalten. Müßiggang hätte die Manneszucht gelockert, und so wurde der Wegebau ein vortreffliches Mittel, das Herumlungern zwischen den Kampfzeiten in nützliches Schaffen zu verwandeln. Ziemlich hohe Geldsummen mußten aber trotzdem aufgewendet werden; und so wurde von den Herrschenden nichts unversucht gelassen, um durch Testamente und Stiftungen Mittel hierfür zu erhalten. Spenden für Straßenbauten galten als besonders verdienstvoll. Die Stifter auffallend hoher Summen wurden sogar durch Errichtung von Triumphbogen geehrt.

Tigris einen Querdamm zu legen, der zwar die Schifffahrt unmöglich machte, aber die Straße hindernislos hinüberführte.

Doch alle die bisher geschilderten Straßenschöpfungen verblissen gegenüber dem Werk der Römer. Sie waren die ersten, die nicht nur das eigene Stammland mit vortrefflichen Straßen ausrüsteten, sondern darüber hinaus richtige Weltverkehrsanlagen schufen. Die Römerstraßen, die mit Recht zu den meist bewunderten Schöpfungen des Altertums gehören, reichten von Europa nach Afrika und Asien, sie liefen von der Nordsee bis in die Tropen über Tausende von Kilometern hinweg. Spuren von ihnen sind noch heute in Frankreich, in England und Deutschland, in Spanien, den Donauländern, Griechenland, Syrien zu finden. Vom Mittelpunkt der Welt aus, den Rom bildete, strahlten diese Verkehrswege nach allen Richtungen über den gesamten Erdkreis. Ihre zyklische Fügung haben die nagenden Zähne der Jahrhunderte nicht völlig zu vernichten vermocht. Nachdem schon längst nichts mehr gegen den Verfall getan wurde, genügten die Straßen noch nach einem Duzend Menschenaltern den Bedürfnissen des Verkehrs.

Die Etrusker hatten schon in uralter Zeit einige Straßen in Italien gebaut; die großen Verkehrsschöpfungen der Römer stützten sich wohl hierauf, aber der Antrieb für die beispiellose Ausbreitung des Verkehrsnetzes lag in der Kraft des Imperiums und dem Willen, die unterjochten Völkerschaften fest in der Hand zu halten. Hierzu war es notwendig, daß die Verwaltungsbeamten schnell von Rom aus bis in den letzten Winkel des Reiches geschickt werden, und daß im Notfall ebenso geschwind die Adler der Legionen dorthin getragen werden konnten.

Die sehr hohen Kosten des Unterbaus der Römerstraßen wurden für den Staatsfiskus nur zum Teil fühlbar, weil man es sich gestatten konnte, die Soldaten in friedlichen Zeiten als Wegebauer zu verwenden. Rom, ein Reich, das wie kein anderes durch Eroberungen entstanden war,

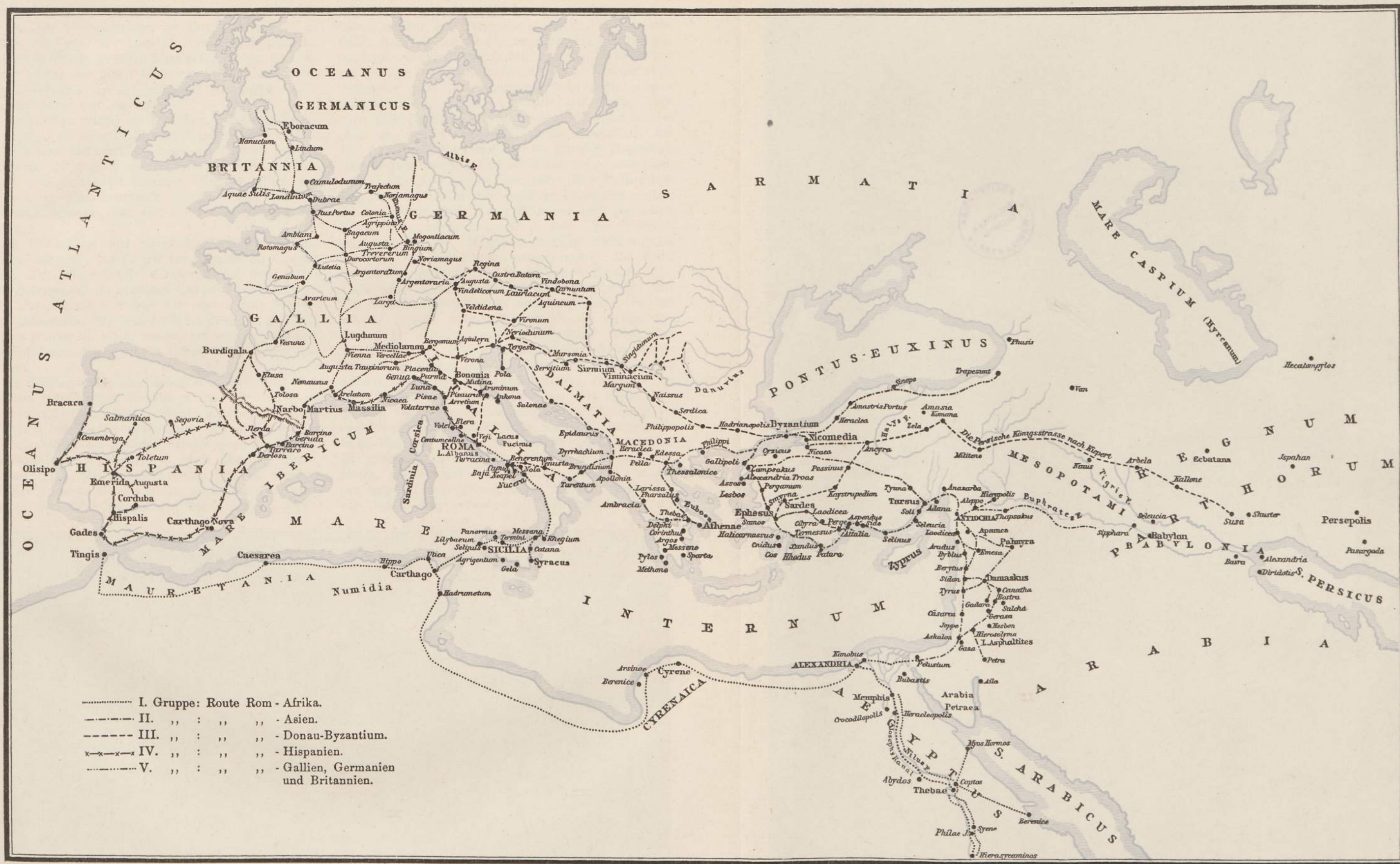
Der Kaiser Augustus ließ auf dem Forum Romanum einen Grundmeilenstein, das *militarium aureum*, errichten. Von dort aus strahlten, wie die nebenstehende Karte zeigt, die gewaltigen Straßenzüge nach allen Richtungen. Stephan teilt in seiner Schrift über das Verkehrswesen des Altertums die Römerstraßen in fünf Gruppen.

Das Rückgrat der ersten Gruppe bildete der Straßenzug Rom—Afrika. Er ging in Form der weltberühmten Via Appia, von der wir noch zu sprechen haben werden, über Capua, Herculaneum und Pompeji nach Rhegium, dem heutigen Reggio, in Kalabrien. Als im Jahre 79 der große Ausbruch des Vesuv die Städte Pompeji und Herculaneum unter Asche begraben hatte, wurde der Weg über Nola umgeleitet. Von Rhegium aus fand die Überfahrt nach Sizilien statt, das selbst reich an guten Straßen war. Die Seereise von dort nach Karthago dauerte vierundzwanzig Stunden. Bei dieser afrikanischen Großstadt fand alsdann eine Gabelung statt. Ein Zweig führte nach Westen bis zu den „Säulen des Herkules“, der heutigen Straße von Gibraltar, ein anderer lief zunächst östlich bis nach Alexandria und alsdann südlich gewendet nach Hierasycaminos, das bereits unter dem Wendekreis des Krebses liegt.

Die zweite Straßengruppe, Rom—Asien, erstreckte sich von Rom über Capua nach Brundisium, dem heutigen Brindisi, am Adriatischen Meer. Nachdem von dort nach Dyrrhachium, jetzt Durazzo in Albanien, übergesetzt war, konnte man südlich nach Griechenland, östlich nach Konstantinopel (Byzantium) gelangen. Es schlossen sich in Asien Straßenzüge nach Armenien bis zum Euphrat und durch Syrien bis zur Landenge von Suez an.

Die anderen Hauptstraßenzüge führten von Rom durch Illyrien, Pannonien und Thrazien nach Konstantinopel, von Rom über Pisa, Genua, Massilia (Marseille) und die Pyrenäen nach Spanien; endlich von Rom über Mailand und die Alpenpässe nach Gallien, Britannien und Germanien. Als Alpenübergänge dienten der Sankt Bernhard, der





### Die Straßenbauten der Römer

In Europa, Asien und Afrika sind von den Römern gewaltige Straßenzüge mit einer Länge von rund 76 000 Kilometern gebaut worden. Als Ausgangspunkt galt der vom Kaiser Augustus auf dem Forum Romanum errichtete Meilenstein, das miliarium aureum. Aus Merkel: „Die Ingenieurtechnik im Altertum“, Verlag Julius Springer in Berlin. (Zu Seite 8)



Simplon, der Brenner, der Mont-Cenis und so manche andere der auch heute benutzten Pässe, auf denen wir zum Teil noch in den Spuren der Römer wandeln. In Deutschland folgten die Hauptstraßen der durch das Rheintal gegebenen Richtung. Wie heute die Eisenbahn, so lagen damals Verkehrswege an beiden Ufern des gewaltigen Stromes. Zweige gingen weit in das damals noch wilde Land hinein. Zur Überschreitung der oft grundlosen germanischen Moore wurden Knüppelwege angelegt.

Nicht weniger wichtig als der Rhein erschien die Donau. Der Engpaß des Eisernen Tors bei Orsova wurde sowohl für die Schifffahrt verbreitert, wie durch eine kunstvoll angelegte Uferstraße, die zugleich als Leinpfad für den Schiffszug diente, dem Landverkehr angepaßt. Wo die Felsen ganz dicht an den Fluß herantreten, lag die Straße zum Teil in Felsaushöhlungen, zum Teil auf ausragenden Brückenhöhlen.

Die Gesamtlänge aller römischen Straßen betrug rund 76 000 Kilometer; das ist fast das Doppelte der Äquatorlänge. Der ausgedehnteste Straßenzug lief vom Piktener oder Hadrianwall im nördlichen England bei Newcastle bis zum Wendekreis des Krebses über eine Strecke von fast 7500 Kilometern. Wie vortrefflich die Planung der Römerstraßen gewesen ist, erhellt daraus, daß wichtige europäische Eisenbahnlinien heute ziemlich genau den gleichen Weg nehmen.

Die Straßenrichtung ging, soweit es irgend möglich war, auf dem kürzesten Weg von Ort zu Ort. Es wurden mit Aufwendung größter Mittel Sümpfe überschritten, Wälder ausgeholzt und Hügel durchschnitten. Die außerordentliche Widerstandskraft der baulichen Anlagen gegen die Angriffe der Naturkräfte wird begreiflich, wenn man ihre Fügung genauer kennt. Es ist gesagt worden, daß die römischen Straßen steinernen Mauern glichen, die auf die Seite gelegt worden sind. Ein Blick auf den Querschnitt, den Bild 5

zeigt, beweist die Richtigkeit dieses Ausspruches. Eine Straße von solcher Fügung mußte jahrhundertlang halten.

In kunstvoller Gliederung wurde auf den festgestampften Boden zunächst eine Mörtelschicht gebracht, auf die zwei Reihen flacher Steine gelegt wurden; man füllte deren Fugen wiederum mit Mörtel aus, so daß das Ganze zu einer überaus kräftigen Grundfeste verbunden wurde. Hierauf kam Steinschlag von etwa Faustgröße mit dazu gesetzten Ziegelfstücken und Schutt. Es wurde eine dreißig Zentimeter hohe Schicht aus fettem freidehaltigen Sand darüber getan und hierauf erst die eigentliche Straßendecke aus Kies geschüttet. Nicht überall war der Unterbau so angelegt, aber meistens wurden ähnliche Schichtungen ausgeführt.

Große Sorgfalt wendete man einer guten Wasserabführung zu, weshalb die Straßen meist gewölbt angelegt wurden. Die Militärstraße hatte in der Mitte eine meist gepflasterte Fahrbahn, agger genannt, und zu Seiten zwei Fußwege, margines, die wie bei unseren heutigen Straßen durch Bordsteine von dem Damm getrennt waren. Die Breite der Straßen schwankte zwischen 4 und 7 Metern.

Die gewöhnlichen Heerstraßen solcher Art wurden aber weit in den Schatten gestellt von Prachtstraßen, die hier und da angelegt waren. Als die regina viarum, die Königin der Straßen, galt die Via Appia, deren Bau im Jahre 312 v. Chr. unter dem blinden Zensor Appius Claudius begonnen wurde. Sie hatte eine Länge von 540 Kilometern und eine Breite von 8 Metern, begann bei der Porta Capena in Rom und führte zuerst bis Capua. Sie ist dann aber später über Beneventum und Tarentum bis nach Brundisium verlängert worden, dem Einschiffungsort für solche Reisende, die nach Griechenland gelangen wollten. Die Straße lag weite Strecken lang auf mächtigen Unterbauten, sie überschritt die Pontinischen Sümpfe und war mit ausgezeichnetem Pflaster belegt, das zum großen Teil aus glatten, genau aneinander gefügten Lavasteinen bestand.



8. Reisende auf einer mittelalterlichen Landstraße

Nach einer Zeichnung von C. Arriens



Die Appische Straße ist in der Blütezeit des kaiserlichen Roms sehr belebt gewesen. Sie berührte unter anderem den Badeort Bajae, wo sie als Spazier- und Korsostraße benutzt wurde. In der Nähe Roms führten zahlreiche Nebenstraßen ab, und an deren Rändern hatten die reichen römischen Patrizier ihre Landhäuser für den Sommeraufenthalt erbaut. Auf schönen Wagen, die meist mit numidischen Ponys bespannt waren, fuhr man nach Rom hinein, am Abend wieder hinaus, gerade so wie heute die Bewohner der Gartensiedlung Grunewald sich über den Kurfürstendamm zu ihren Geschäften nach dem Innern Berlins begeben. Die Ausstattung der Landhäuser soll prachtvoll, ihre Einrichtung mit Wasserleitungen und Entwässerungsanlagen ausgezeichnet gewesen sein.

Heute liegt das Schweigen des Todes über den Resten der

Via Appia, die uns erhalten sind. Auch die gewaltigen Grabdenkmäler, die zu beiden Seiten weit ins Land hinein den

Verkehrsweg einsäumten, sind verfallen; nur Trümmer verraten uns noch, mit welchem Aufgebot an Geld und Kunst die reichen Römer ihre Toten ehrten. Das berühmteste aller

Grabdenkmäler zu Seiten der Via Appia wurde über der Ruhstätte der Caecilia Metella errichtet. Man rühmt ihm eine seltsame Echokunst nach. Seine Steinwände sollen fünfzehn aufeinanderfolgende Silben, nämlich einen ganzen Vers aus Vergils Aeneide, achtmal wiederholt haben.

Welche Bedeutung der römische Staat den Straßen beimaß, geht aus der Tatsache hervor, daß die besten Männer zu Verwaltern einzelner Straßenzüge bestimmt wurden. So war Julius Caesar Kurator der Via Appia. Konsuln und Tribunen gaben den ihnen unterstellten Verkehrswegen oft ihren Namen. Caesar begann eine sorgfältige Vermessung

aller Straßen, die aber erst nach 35 Jahren unter der Herrschaft des Augustus fertiggestellt wurde. Den hierdurch gewonnenen Gesamtplan stellte man alsdann zur öffentlichen Einsicht in einer Säulenhalle am Pantheon aus. Im 2. Jahrhundert n. Chr. besaßen alle Zivil- und Militärbehörden des römischen Reiches Wegekarten, *itinerariae* geheißen. Drei von ihnen sind bis heute erhalten, so die berühmte Peutingersche Karte, benannt nach dem

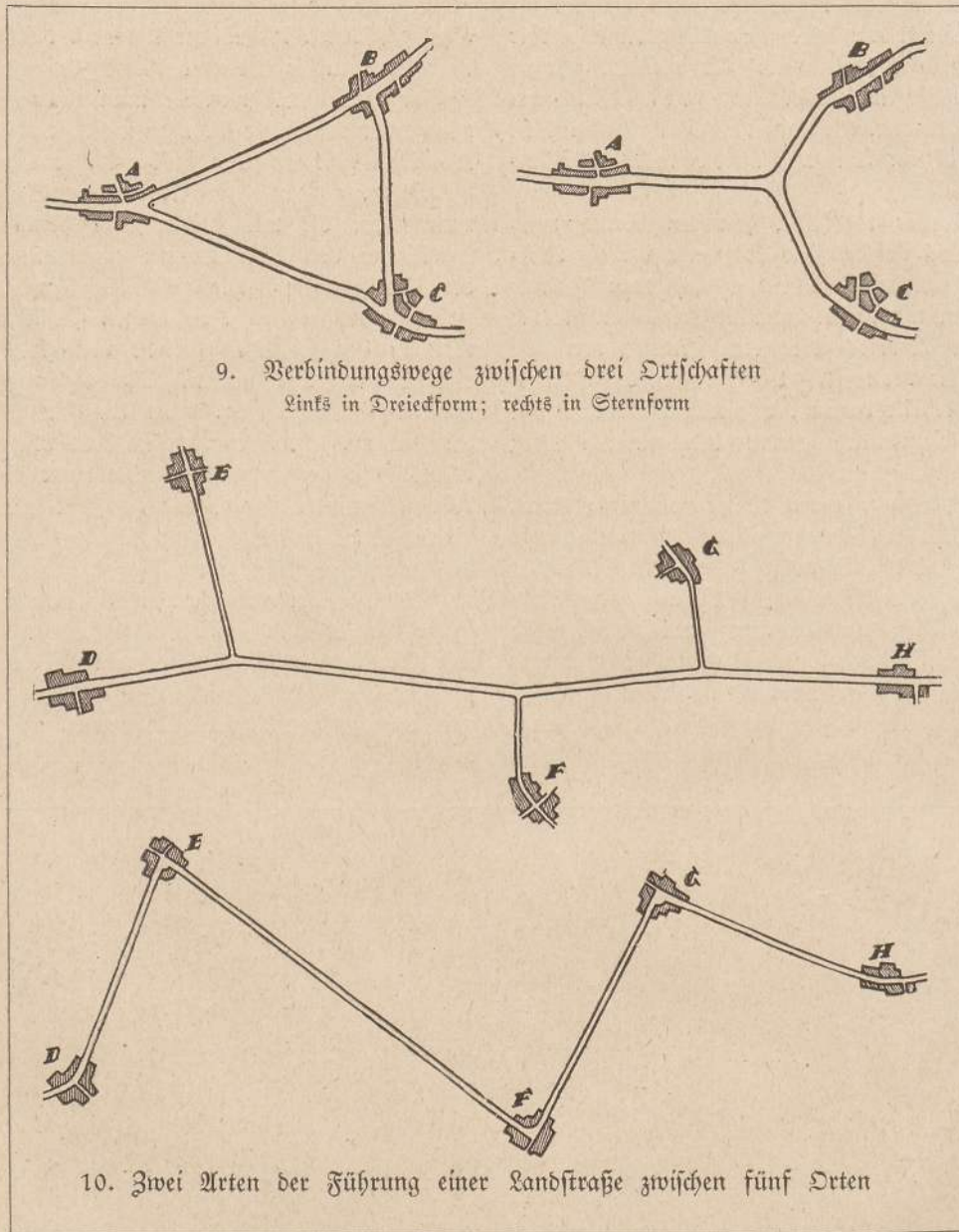
Stadtschreiber und Altertumsforscher Konrad Peutinger, der sie im 16. Jahrhundert zu Augsburg entdeckte. Es sind darauf alle Entfernungen, Pferdewechselstellen und Gelegenheiten für Nachtunterkünfte genau angegeben.

In den Bädern von Viracello am Lago di Braccione sind vier Silbergefäße in Gestalt von Meilensteinen gefunden worden, auf denen der Weg von Gades nach Rom mit allen wissenswerten Angaben verzeichnet ist.

Meilensteine und Wegweiser wurden überall sorgfältig gesetzt, auch Steine zum Besteigen der Pferde an den Straßenrand gelegt, die notwendig waren, weil der Sattel erst im 4. Jahrhundert n. Chr. erfunden wurde.

Seit Beginn des Kaiserreichs war auf den Straßen ein regelrechter Postdienst, der *cursus publicus*, eingerichtet. Er diente jedoch nur den Staatsbehörden. Die Beförderung von Privatpersonen geschah durch Unternehmer. Damit die Postboten möglichst rasch vorwärts konnten, waren nach genauem Plan längs der Straßen *mutationes*, d. h. Pferdewechselstellen, und *mansiones*, d. h. Herbergen für Übernachtung, angelegt.

Der Verkehr muß sehr lebhaft gewesen sein. Dafür sorgten schon die vielen Reisen der Verwaltungsbeamten, die aus den entferntesten Provinzen nach Rom kamen, und die Truppenumlegungen. Diese wurden ohne Rücksicht auf





Entfernungen vorgenommen. So kam die 22. Legion, die zur Zeit der Kreuzigung Christi in Jerusalem stand, später nach Mainz; bald darauf schickte man sie nach Britannien und von da nach Ems. Professoren und Studierende, Ärzte, Künstler und auch Schauspieler waren vielfach ununterbrochen auf Reisen. Sehr viele Römer begaben sich allsommerlich nach den Bädern, nicht nur nach dem wegen seiner etwas freien Sitten berühmten Bajae bei Neapel, sondern noch viel weiter, zum Beispiel nach Canopus

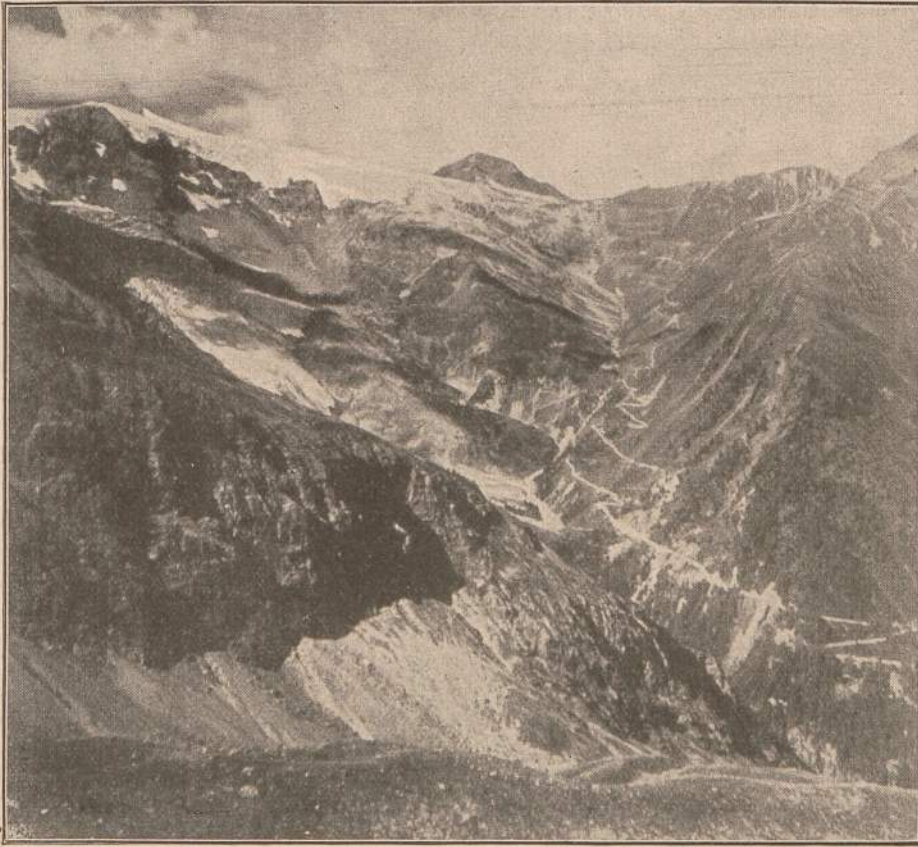
bei Alexandria, nach Teplitz, Ems und Pyrmont, deren Heilquellen sich schon in jenen Zeiten ähnlicher Beliebtheit erfreuten wie heute.

Die Unannehmlichkeiten des Reisens waren jedoch nicht gering. Räuberbanden machten vielfach die Straßen unsicher, die Gasthäuser, die meist Tiernamen trugen, z. B. „Zum Hahn“, „Zu den Schlangen“, „Zum Kamel“,

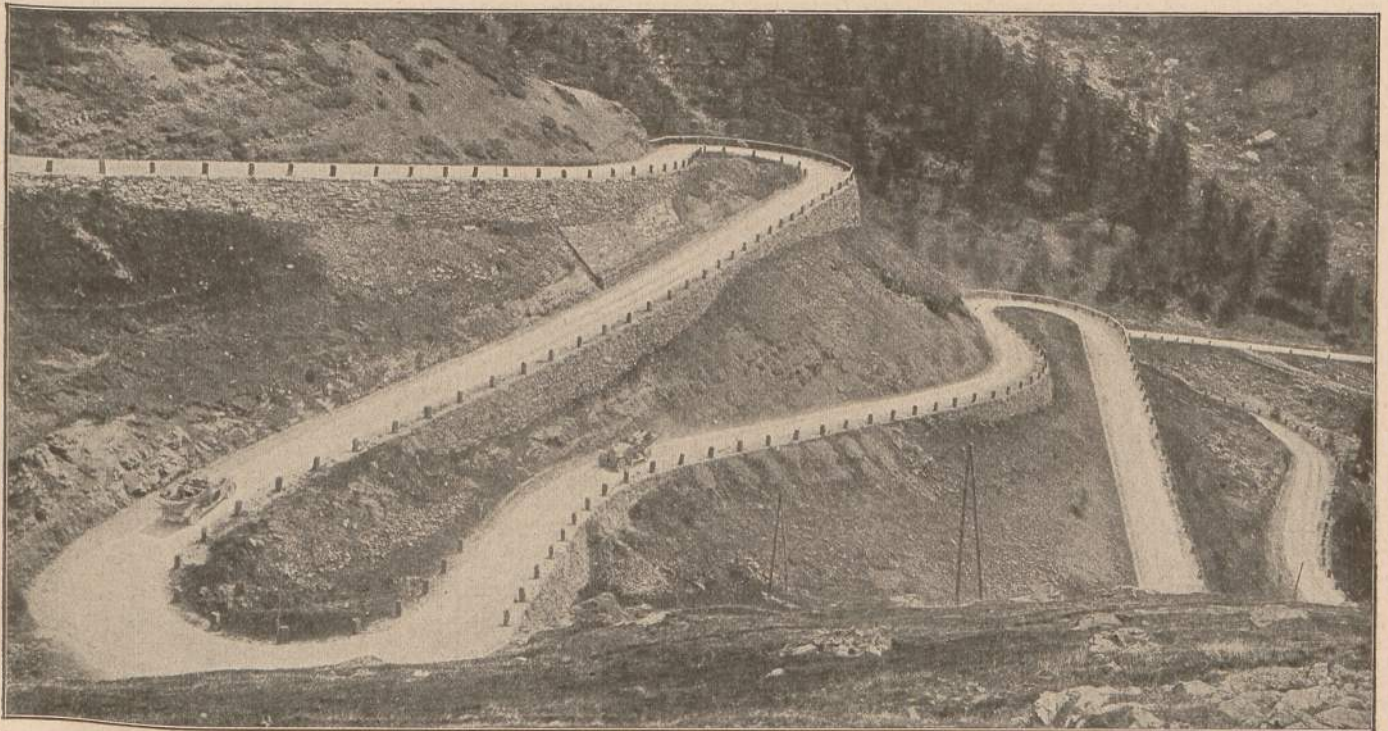
waren gleichfalls oft Räuberhöhlen, in denen man leicht Abenteuer ähnlich jenen erleben konnte, die Wilhelm Hauff von dem Wirtshaus im Speßart erzählt. Reiche Leute führten daher meist Zelte mit sich, in deren Schutz sie übernachteten. Gern schloß man sich reisenden Beamten an, die militärische Bedeckung bei sich hatten. Wer es irgend konnte, nahm einen Sklaven als Verteidiger mit sich. Während die einfachen Reisenden zu Fuß gingen oder ritten, benutzten die vornehmen

prächtigen ausgestatteten Wagen. Damen reisten fast immer in Sänften, auf deren Polstern sie ruhiger saßen als auf den Bänken der ungefederten Wagen.

Über die Reisegeschwindigkeiten, die auf den römischen Straßen möglich waren, teilt Merckel recht bemerkenswerte Zahlen mit. Tiberius Nero legte unter Benützung von drei Wagen in 24 Stunden 300 Kilometer zurück. Die Strecke



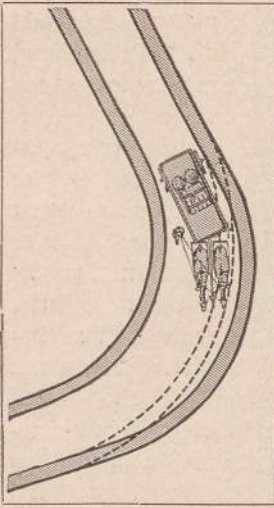
11. Die Straße über das Stülffer Joch



12. Kehren der Dolomitenstraße

Künstliche Längenentwicklung zur Verkleinerung des Anstiegswinkels. Phot. A. Menzendorf





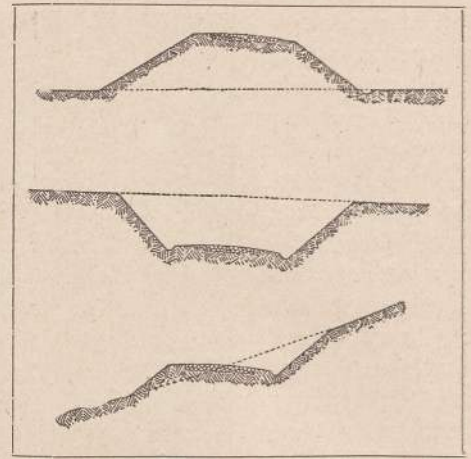
13. Wendeplatte

von Antiochia bis Konstantinopel, 1102 Kilometer, wurde in einem besonderen Fall innerhalb fünf bis sechs Tagen durchgemessen, was eine Durchschnittsgeschwindigkeit von 8,3 Kilometern in der Stunde bedeutet. Caesar war wegen seiner schnellen Reisen berühmt. Er erreichte Stundengeschwindigkeiten von 11 Kilometern bei dreizehn bis vierzehn Stunden täglicher Fahrzeit. Auch Depeschboten sollen in einem Tag 300 Kilometer zurückgelegt haben.

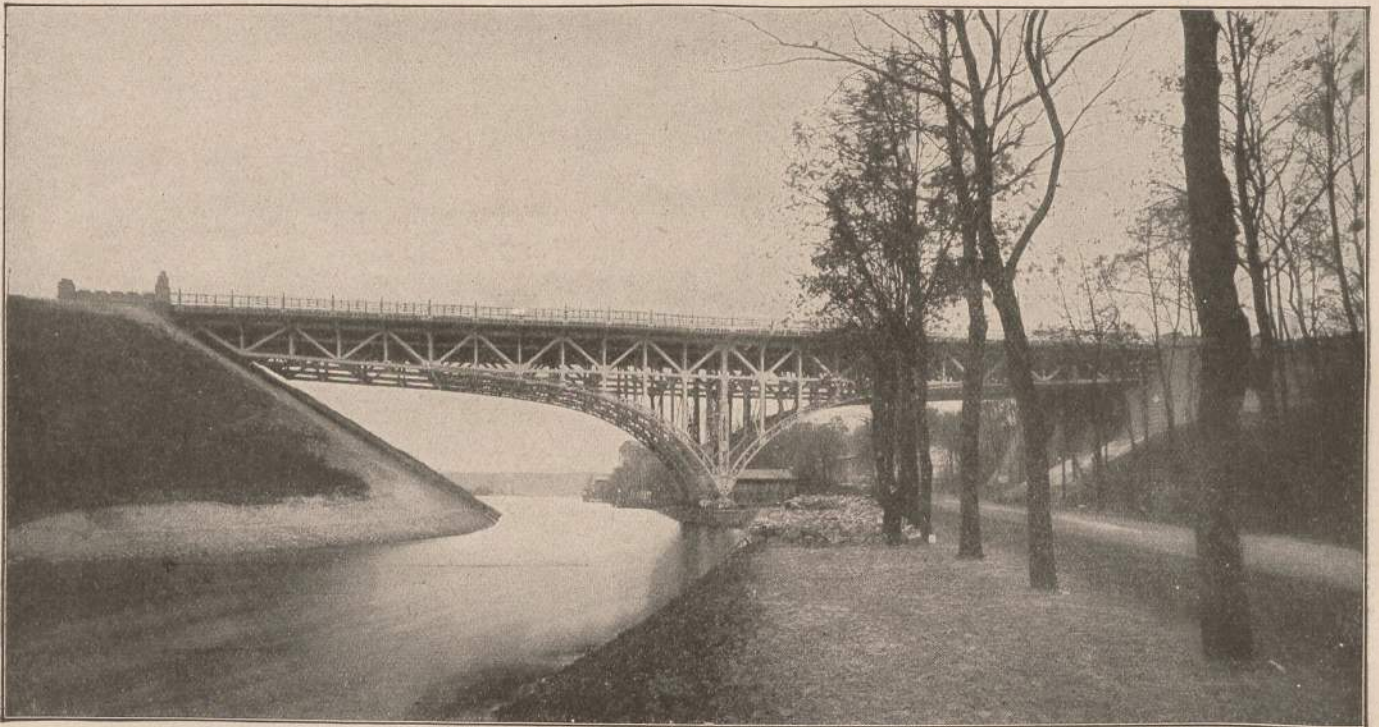
Als das Römerreich in Trümmer ging, starben auch die großartigen Verkehrsanlagen dieses kriegerischen Volkes allmählich dahin. Das Mittelalter, die Zeit des beschränkten Denkens und der eingemauerten Städte, die sich feindlich gegeneinander abschlossen, schenkte dem Verkehrswesen gar keine Aufmerksamkeit. In kläglicher Langsamkeit mahlte der Lastwagen über das unbefestigte Land, auf dem nur ausgefahrene Spuren den Weg bezeichneten. Das Reisen wurde besonders in Deutschland fast völlig unmöglich. Wer einen längeren Weg zurückzulegen hatte, wartete, bis eine größere Gesellschaft beisammen war, die Bewaffnete zur Deckung mitnehmen konnte. Eine schreckensvolle Romantik setzte ein, die oft geschildert worden ist. Der Straßenbau machte jahrhundertlang keine Fortschritte. Noch im Jahre 1775 war das Reisen etwas so Seltenes, daß ein Oberkonsistorialrat seine Fahrt von Berlin nach Neukahn, das bei Brandenburg liegt, in einem Buch beschreibt, das 332 Seiten stark ist. Die Schilderung einer Fahrt im Jahre 1814 enthält der nächste Abschnitt auf Seite 48.

Wenn wir nunmehr zur Betrachtung der neuzeitlichen Art des Straßenbaus übergehen, die sich an die Werke der Römer trotz des großen zeitlichen Abstandes beinahe unmittelbar anschließt, so müssen wir uns zunächst darüber klar werden, welche technisch-wirtschaftliche Aufgabe der Straße heute zukommt. Der Zweck

ihrer Errichtung ist klar und einfach: der gebahnte Weg soll die Reibungswiderstände beim Fortbewegen von Lasten vermindern. Es lohnt sich, hierfür hohe Summen aufzuwenden, denn die Herabsetzung der Beförderungs-Energie läßt viel mehr Geld ersparen. Das Marktgebiet der einzelnen Orte wird durch die Minderung der Transportkosten bedeutend vergrößert, manche Waren, z. B. Steine und Holz, werden erst durch die Straße marktfähig gemacht. Nach Osthoff beträgt die Ladefähigkeit eines schweren zweispännigen Fuhrwerks auf schlechtem Erdweg etwa 400 Kilogramm, während auf guter Steinbahn hiermit 3000 Kilogramm befördert werden können; die Frachtkosten sinken oft auf den achten Teil. Eigentümlich ist, daß heute auf den öffentlichen Straßen Benutzungsgebühren kaum mehr erhoben werden, während auf der Eisenbahn unter allen Umständen Frachtvergütung zu entrichten ist. Über die Einwirkung der Schienenpfade auf die älteren



14. Straßenführungen auf einem Damm, im Einschnitt und im Anschnitt



15. Kopf des Damms über den Stößensee mit anschließender Brücke (Berlin-Döberitzer Heerstraße)  
 Erbaut von der Aktiengesellschaft für Hoch- und Tiefbauten, Frankfurt am Main



Verkehrswege, die Straßen, hat man sich zu Beginn des Eisenbahnzeitalters, also im zweiten Viertel des vorigen Jahrhunderts, recht falsche Vorstellungen gemacht. Damals, nach Abschluß der napoleonischen Zeit, gab es in Europa schon wieder ein gut durchgebildetes Netz öffentlicher Verkehrswege. Man glaubte, daß diese durch die Eisenbahn entvölkert werden würden. Das Gegenteil ist eingetreten. Die Straßen haben, während die Eisenbahn mächtig heranwuchs, zu jeder Zeit willkommene und wichtige Dienste als Zubringer geleistet. Freilich ist der Verkehr auf manchen Landstraßen, die gleichgerichtet mit Schienensträngen laufen, geringer geworden, dafür aber stieg die Benutzung der seitab führenden Verkehrswege. Sie wurden zu Saugarmen für die Eisenbahn.

Nachdem unter Steigerung des Nahverkehrs der große Durchgangsverkehr jahrzehntelang von den Landstraßen verschwunden gewesen ist, hat er nun von neuem eingesetzt. Die Ursache für diese Erscheinung ist das Auftreten des Kraftwagens, der sowohl Personen wie Lasten wieder über die Chausseen führt. Die heute üblichen Bauformen der Landstraßen werden sich freilich dem neuen Verkehrsmittel erst noch anzupassen haben. Vorläufig ist die Berücksichtigung seiner Anforderungen noch sehr gering.

Das Netz der Straßen ist selbstverständlich in Europa am besten ausgebildet. Der einzige Erdteil, der in Wettbewerb treten könnte, nämlich Amerika, steht sehr weit hinter uns zurück. Genau das Gegenteil ist bei den Eisenbahnen zu beobachten. Hier zeigt Amerika oder, richtiger gesagt, das Riesengemeinwesen der Vereinigten Staaten von Nordamerika, ein sehr bedeutendes Übergewicht. Nähere Angaben hierüber werden in Abschnitt 12 „Die Ferneseisenbahn“ gemacht werden. Die stählernen Schlangen, die sich schon durch die Vereinigten Staaten zu ziehen begannen, als deren Kultur noch sehr jung war, haben ein dichtes Straßennetz nicht aufkommen lassen. Da die Bahnlinien auf weiten Strecken das neu-gerodete Land als einzige Pfade durchdrangen, so gewöhnte man sich daran, die Gleisbettung als Chaussee zu benutzen. Die Anlage besonderer Wege erschien an vielen Stellen überflüssig. Wie wir später noch hören werden, ist

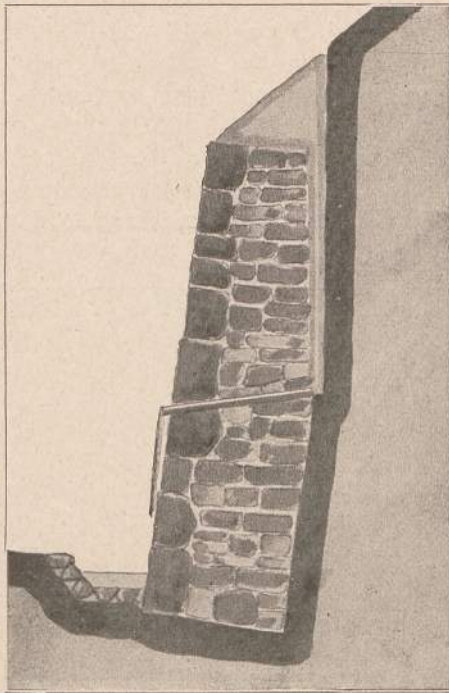
aber auch in keinem andern Land der Erde die Zahl der jährlich von der Eisenbahn Getöteten so groß wie in den Vereinigten Staaten. Welche Schwierigkeiten bei einer Fahrt im Kraftwagen vom Atlantischen zum Stillen Ozean zu überwinden sind, offenbart die Schilderung Koeppens in seinem Buch „Im Auto um die Welt“, aus der am Schluß des Abschnitts 11 ein Auszug gegeben wird.

Ist Europa den anderen Erdteilen mit dem engstmächtigsten Straßennetz voran, so übertrifft Frankreich mit der Dichtigkeit seiner Straßen alle übrigen Länder. Es kommen dort nach Liebmann auf einen Flächenraum von 1 Quadratkilometer 1,251 Kilometer ausgebauter Straßen. Selbst in Preußen findet man nur 0,277 Straßenkilometer auf die Einheitsfläche. In sehr weitem Abstand steht das alte Rußland mit nur 0,006 Kilometern. Liebmann hat auch berechnet, wieviel Straßenkilometer in den verschiedenen Ländern für je 10 000 Einwohner zur Verfügung stehen. Die Reihenfolge der Staaten ändert sich nicht gegenüber der vorigen Aufstellung, doch die Überlegenheit Frankreichs zeigt sich noch stärker. Die Zahlen lauten: Frankreich 167,8, Preußen 28,03, Rußland 2,8 Kilometer.

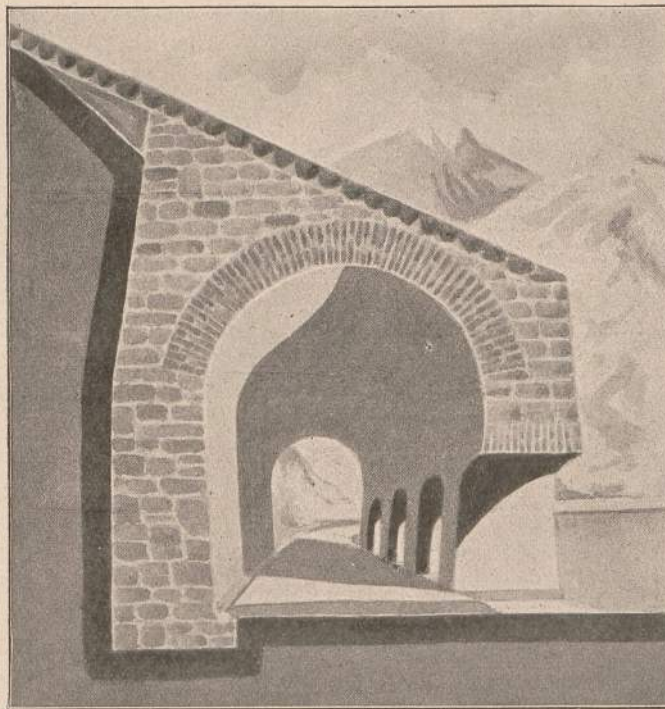
Wenn eine neue Straße gebaut werden soll, so ist zunächst ihre Linienführung zu bestimmen. Man versteht hierunter die Festlegung der Straßenachse in ihrer Richtung, also in der wagerechten Ebene, und in ihrer Höhenlage, das ist ihre Führung über Hebungen und Neigungen in der senkrechten Ebene.

Bei der Lösung dieser Frage sind zwei Forderungen zu berücksichtigen, die annähernd gleiche Wichtigkeit haben, aber allermeist schwer vereinbar sind. Die wirtschaftliche Linienführung heisst die kürzeste Verbindung zwischen den Orten, denen man die Wohlthat einer gebahnten Straße zukommen lassen will, die technische Linienführung wünscht den Weg der geringsten Widerstände zu gehen.

Das Vollkommenste in wirtschaftlicher Hinsicht ist die gerade Linie, auf der die Gesamtverkehrskosten am niedrigsten ausfallen würden. Sie ist jedoch nur in den seltensten Fällen zu verwirklichen, da die Schwierigkeiten und die Kosten des technischen Ausbaus ihre Gegenforderungen anmelden. Wirtschaftliche



16. Stützmauer an einem Abhang der bei Durchlegung der Straße gebildet worden ist, mit Entwässerung



17. Lavinenschutz-Anlage über der Albula-Straße (Schweiz)



und technische Linienführung kämpfen so lange miteinander, bis die Straßenachse in eine Richtung gebracht ist, welche die Verkehrskosten nicht zu hoch ansteigen läßt, aber auch dem Bau keine allzu großen Schwierigkeiten bereitet.

Es sind für die Straßenführung andere Grundsätze anzuwenden als bei der Anlage einer Eisenbahnlinie. Diese muß mit großer Rücksichtslosigkeit das Gelände durchschneiden; Sümpfe, Wasserläufe und Berge werden von ihr durchquert, da Schnelligkeit der Beförderung ihr Lebens-  
element ist. Die Straße hat sich dem Gelände mehr anzuschmiegen. Sie muß billiger gebaut werden, da keine Hoffnung besteht, die aufgewendeten Kosten durch Einnahmen wieder zu erhalten. Jede Beförderung auf der Eisenbahn wird bezahlt. Die Straßen stellen der Staat, die Provinz oder ein Ortsverband den Verkehrenden umsonst zur Verfügung.

Es ließe sich hieraus folgern, daß stets der billigste Bau anzustreben sei. Ein solches Vorgehen wäre aber falsch, weil es unter allen Umständen Aufgabe des öffentlichen Verkehrsweges sein muß, die Beförderungskosten gering zu halten. Der Erbauer der Straße hat mit der Abwicklung des Verkehrs darauf unmittelbar nichts zu schaffen. Im Gegensatz zum Hersteller der Eisenbahn braucht er nicht sein Hauptaugenmerk auf das Herauswirtschaften einer Rente zu richten, was ganz von selbst dazu zwingt, durch günstige Anlage die Betriebskosten so gering wie möglich zu halten. Aber der Bedacht auf den öffentlichen Nutzen, dem die Straße doch zu dienen hat, zwingt bei ihrer Anlage trotzdem zu ähnlichen Rücksichten, wenn auch in etwas verringertem Maß. Die Straße ist ein wichtiger Teil des Staatsganzen und hat diesem zu dienen. Sie muß also unter sorgfamer Berücksichtigung der Anlagekosten so geleitet werden, daß sich der Verkehr darauf unter möglichst geringem Aufwand von Zeit und Geld abspielen kann.

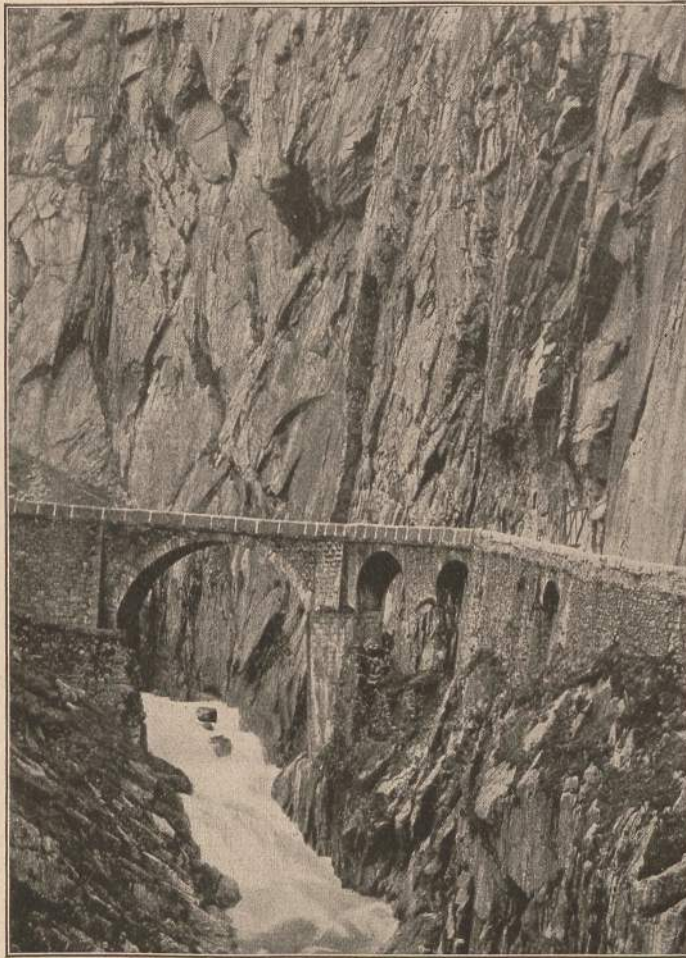
Wenn der Ingenieur mit dem Bau einer Straße beauftragt wird, so findet er die Punkte, die durch das neue Verkehrsmittel miteinander verbunden werden sollen, allermeist bereits festgelegt. Damit ist aber nicht gesagt, daß auch die allgemeine Straßenrichtung schon unverrückbar bestimmt ist. Sollen zum Beispiel die Orte A, B, C miteinander in Verbindung gebracht werden, so kann die Straße sowohl in Dreieckform angelegt werden, wie der linke Teil von Bild 9 es zeigt, es ist aber auch möglich, sternförmige Führung zu wählen. Diese beiden Bauarten stellen schon an sich verschiedene Aufgaben; hinzu kommt,

daß der Kreuzungspunkt der Sternführung verschiebbar ist, da es verschiedene Methoden zur Ermittlung seiner günstigsten Lage gibt. Eine Verbindung der Orte D, E, F, G, H auf Bild 10 kann durch einen gestreckten Weg mit Zufuhrstraßen oder durch eine Zickzackstraße erfolgen, die sie sämtlich unmittelbar berührt.

So führen schon die wirtschaftlichen Erwägungen allein zur Durcharbeitung oft recht verschiedener Linienführungen. Das Ergebnis kann zunächst aber nur ein überschlägliches sein, da erst nach der Feststellung der grundsätzlichen Richtung die technischen Anforderungen der in Aussicht genommenen Baustrecke zu übersehen sind.

Man will eine möglichst kurze Straße haben, wird sich jedoch hüten müssen, sie durch Schuttkegel oder Rutschgelände zu führen, die Gefahr bringen könnten. Die Straße soll möglichst wagrecht liegen, aber die Rücksichtnahme darauf, daß Auftrag und Abtrag, also Dammschüttungen und Einschnitte, einander zur Verbilligung der Erarbeiten möglichst ausgleichen sollen, führt zu Abweichungen.

Ein nützlicher Grundsatz ist, die Straße so zu führen, daß sie möglichst viel Sonnenstrahlung erhält und hierdurch gut austrocknet. Man wird also auf Nordhängen liegende Straßen möglichst zu vermeiden suchen. Zwingt aber der Süabhäng infolge arger Zerrissenheit zu vielen Kunstbauten, so wird doch die andere Talseite gewählt werden müssen, obgleich sich die Pferde hier beim Ziehen mehr anstrengen müssen, da die Räder schwerer über den feuchten Boden gehen. Der kühn vorwärtsdringende Eisenbahningenieur kennt derartige Rücksichten nicht.



18. Teufelsbrücke bei Göschenen  
zur Führung der Gotthardstraße über die Reuß

Die größte Wichtigkeit für den Verkehr auf einer Straße hat deren Höhenlinie, also die Wahl der Steigungen. Meist werden die zu verbindenden Orte verschiedene Höhenlage haben. Es gibt nun drei Möglichkeiten, diesen Lage-Unterschied zu überwinden. Man kann der Straße eine gleichmäßige, durchgehende Steigung geben; man kann stärkere Steigungen mit schwächeren abwechseln lassen, damit die Pferde nicht ständig die gleiche Anstrengung aufwenden müssen, sondern sich öfter erholen können; es ist aber auch möglich, zwischen steile Hellingen längere wagerechte Stücke einzuschalten, die den Zugtieren eine noch gründlichere Entlastung gewähren.

Auf den unzählbaren Straßen der Erde kann man alle drei Bauarten vorfinden. Launhardt, der vorzügliche Grundgesetze für die Straßenführung aufgestellt hat, ermittelte



jedoch durch theoretische Rechnungen, deren Richtigkeit sich im wirklichen Betrieb bestätigt hat, daß die gleichmäßig durchgeführte Steigung der Erwartung zum Trotz den geringsten Arbeitsaufwand für die Bergfahrt erfordert. Es kommt hinzu, daß der wechselnde Winkel, den eine gebrochene Höhenlinie zur Wagerechten bildet, bei der Lalfahrt sehr häufiges Arbeiten an der Bremse erfordert, was bei schwerem Fuhrwerk unangenehm ist und auch zu manchem Unfall Gelegenheit geben kann.

Die höchste Steigung, die angewendet werden darf, hat sich nach dem Verkehr zu richten, der für die neuerbaute Straße zu erwarten ist. Sollen sehr schwere Lasten darüber gehen, so muß der Winkel gering gehalten werden, was im



19. Brooklyn-Brücke in New York  
die den East River überspannt

Gebirge meist nur durch künstliche Verlängerung, durch Führung des Weges über weitausladende Krümmungen und Gegenkrümmungen zu erreichen ist. Gute Beispiele von Kunstbauten dieser Art sind die Straßen über das Stülfer Joch und durch die Dolomiten (Bilder 11 und 12). Fahren auf einem Verkehrsweg die Wagen mit Ladung nur talwärts, nach oben aber leer, was im Gebirge häufig der Fall sein wird, so darf die Steigung steiler gewählt werden.

Im Flachland sind die Fuhrleute gewöhnt, den Wagen höhere Lasten aufzuladen als in hügeligem Gebiet oder gar im Gebirge. So wird denn eine gute Straße im Flachland die Steigung 1:50 (lies 1 zu 50) nicht überschreiten dürfen,



20. Towerbrücke in London  
mit zwei Wegen für Fußgänger





21. Die neue Hudson-Brücke in New York  
mit einer Mittelspannweite von einem Kilometer

während im Hügelland Hebungen von 1:25, im Gebirge von 1:20 zulässig sind. Diese drei Angaben sind so zu verstehen, daß einmal auf einer Erstreckung von 50 Metern, die anderen Male auf Längen von 25 und 20 Metern die Straße um 1 Meter ansteigt. Die Steigung 1:50 ist also flacher als die Steigung 1:20.

Man drückt die Hebung auch öfter in Hundertteilen aus, wobei 2 v. H. soviel ist wie 1:50, 4 v. H. soviel wie 1:25 und 5 v. H. gleich 1:20. Bei sehr schwierigen Gebirgsstraßen kommen Steigungen mit 8 v. H., bei Feld- und Waldwegen, die nur zum Abwärtsführen von Lasten dienen, Hebungen mit 10 bis 12 v. H. vor.

Angeichts der geringen Geschwindigkeiten, mit denen die Straßen bis vor wenigen Jahrzehnten durchfahren wurden, spielte die Form der Krümmungen keine sonderliche Rolle. Heute, wo die Kraftwagen 70 und 90 Kilometer in der Stunde zurücklegen, sind auch diese Abmessungen wichtig

gewonnen wird. Man nennt solche Anordnungen Kehren oder Wendeplatten und gebraucht für sie den kleinsten Krümmungshalbmesser, weil zu ihrer Führung meist größere Anschüttungen notwendig sind. Betrachtung der Breite und des Achsabstandes der verkehrenden Wagen führt öfter dazu, daß auf solchen Wendeplatten die Straßenbreite vergrößert werden muß, damit die Räder der sich drehenden Fahrzeuge nicht über den Straßenrand hinaustreten (Bild 13).

Langholzfahrer sind trotzdem oft gezwungen, die Hinterachsen ihrer Wagen in vorsichtiger Weise zu lenken. Immer wieder müssen diese nach dem Innenrand der Krümmung gedrückt werden. Man nennt diesen Vorgang Schwicken. Er kann durch einfaches Drücken an den Enden der Stämme ausgeführt werden, bei sehr schweren Langholzlaster aber wendet man eine mechanische Schwickvorrichtung an. Mittels eines Handrads wird von einem festen Sitz auf dem Wagen her die Hinterachse stets richtig eingestellt.

geworden. Wie schon kurz erwähnt wurde und später ausführlicher zu erörtern sein wird, nimmt der Straßenbau bis zum heutigen Tag wenig Rücksicht auf den Kraftwagenverkehr, der immer noch als etwas Fremdes und Unerwünschtes angesehen wird. Die künftigen Straßen aber werden angesichts der steigenden Wichtigkeit der neuen Fahrzeugart gestreckter gebaut werden müssen.

Die stärkste Krümmung, die man bis jetzt für Hauptstraßen als zulässig erachtete, hat einen Halbmesser von 50 Metern. Die gekrümmte Straße stellt also den Teil eines Kreisbogens dar, der mit einer Zirkelöffnung von der angegebenen Länge geschlagen ist. Bei Nebenstraßen geht man auf Krümmungshalbmesser von 30 Metern und bei einfachsten Anlagen auch noch sehr viel weiter hinunter. Je kürzer der zugelassene Radius ist, desto leichter hat es der Erbauer, die bequemste Linienführung zu wählen, da die starken Krümmungen die Straße für den Entwurf beweglicher machen.

Dort, wo die Straße zur Minderung der Steigung schlangenartig geführt ist, also zum Beispiel auf den eben erwähnten Alpenstraßen, werden Krümmungen angewendet, die die Straße um 180 Grad drehen, d. h. sie von der einen Richtung in die entgegengesetzte überführen, damit genügende Längenerstreckung

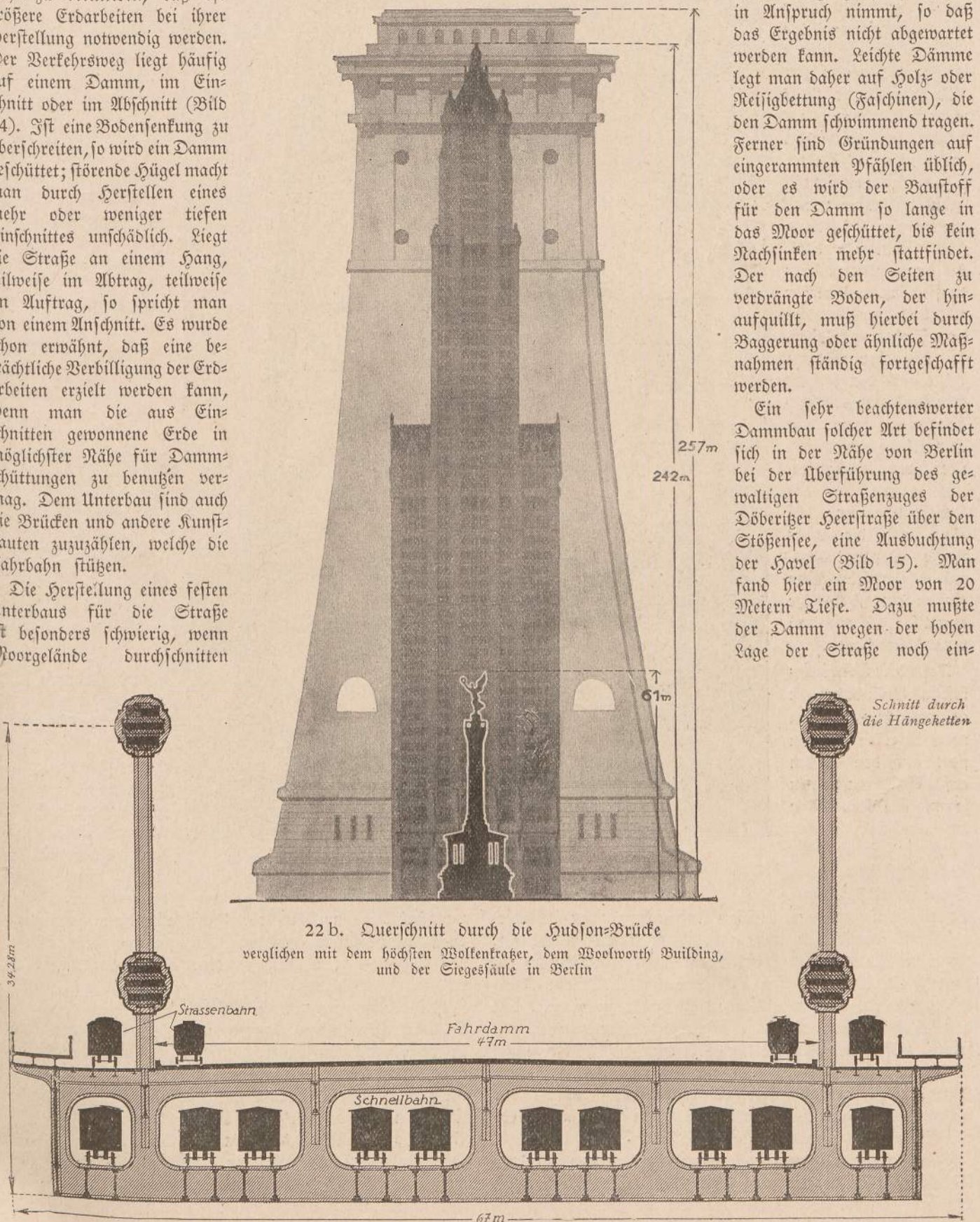


Der Träger der Straßendecke nebst ihrer Bettung ist der Unterbau, der Erdkörper, auf dem die Anlage ruht. Obgleich sich die Straße der Erdgestaltung möglichst anschließen soll, ist es doch aus den vorher erwähnten Gründen nicht zu vermeiden, daß oft größere Erdarbeiten bei ihrer Herstellung notwendig werden. Der Verkehrsweg liegt häufig auf einem Damm, im Einschnitt oder im Abschnitt (Bild 14). Ist eine Bodensenkung zu überschreiten, so wird ein Damm geschüttet; störende Hügel macht man durch Herstellen eines mehr oder weniger tiefen Einschnittes unschädlich. Liegt die Straße an einem Hang, teilweise im Abtrag, teilweise im Auftrag, so spricht man von einem Abschnitt. Es wurde schon erwähnt, daß eine beträchtliche Verbilligung der Erdarbeiten erzielt werden kann, wenn man die aus Einschnitten gewonnene Erde in möglichster Nähe für Dammschüttungen zu benutzen vermag. Dem Unterbau sind auch die Brücken und andere Kunstbauten zuzuzählen, welche die Fahrbahn stützen.

Die Herstellung eines festen Unterbaus für die Straße ist besonders schwierig, wenn Moorgelände durchschnitten

werden muß. Ist das Moor nur flach, so wird der unzuverlässige Boden ausgehoben und der Damm auf den festen Grund aufgesetzt. Bei großer Tiefe des sumpfigen Gebietes ist aber Trockenlegung meist nicht möglich, da eine solche Arbeit lange Zeit, oft Jahre, in Anspruch nimmt, so daß das Ergebnis nicht abgewartet werden kann. Leichte Dämme legt man daher auf Holz- oder Reissigbettung (Faschinen), die den Damm schwimmend tragen. Ferner sind Gründungen auf eingerammten Pfählen üblich, oder es wird der Baustoff für den Damm so lange in das Moor geschüttet, bis kein Nachsinken mehr stattfindet. Der nach den Seiten zu verdrängte Boden, der hinaufquillt, muß hierbei durch Baggerung oder ähnliche Maßnahmen ständig fortgeschafft werden.

Ein sehr beachtenswerter Dammbau solcher Art befindet sich in der Nähe von Berlin bei der Überführung des gewaltigen Straßenzuges der Döberitzer Heerstraße über den Stößensee, eine Ausbuchtung der Havel (Bild 15). Man fand hier ein Moor von 20 Metern Tiefe. Dazu mußte der Damm wegen der hohen Lage der Straße noch ein-



22 b. Querschnitt durch die Hudson-Brücke  
verglichen mit dem höchsten Wolkenkratzer, dem Woolworth Building,  
und der Siegessäule in Berlin

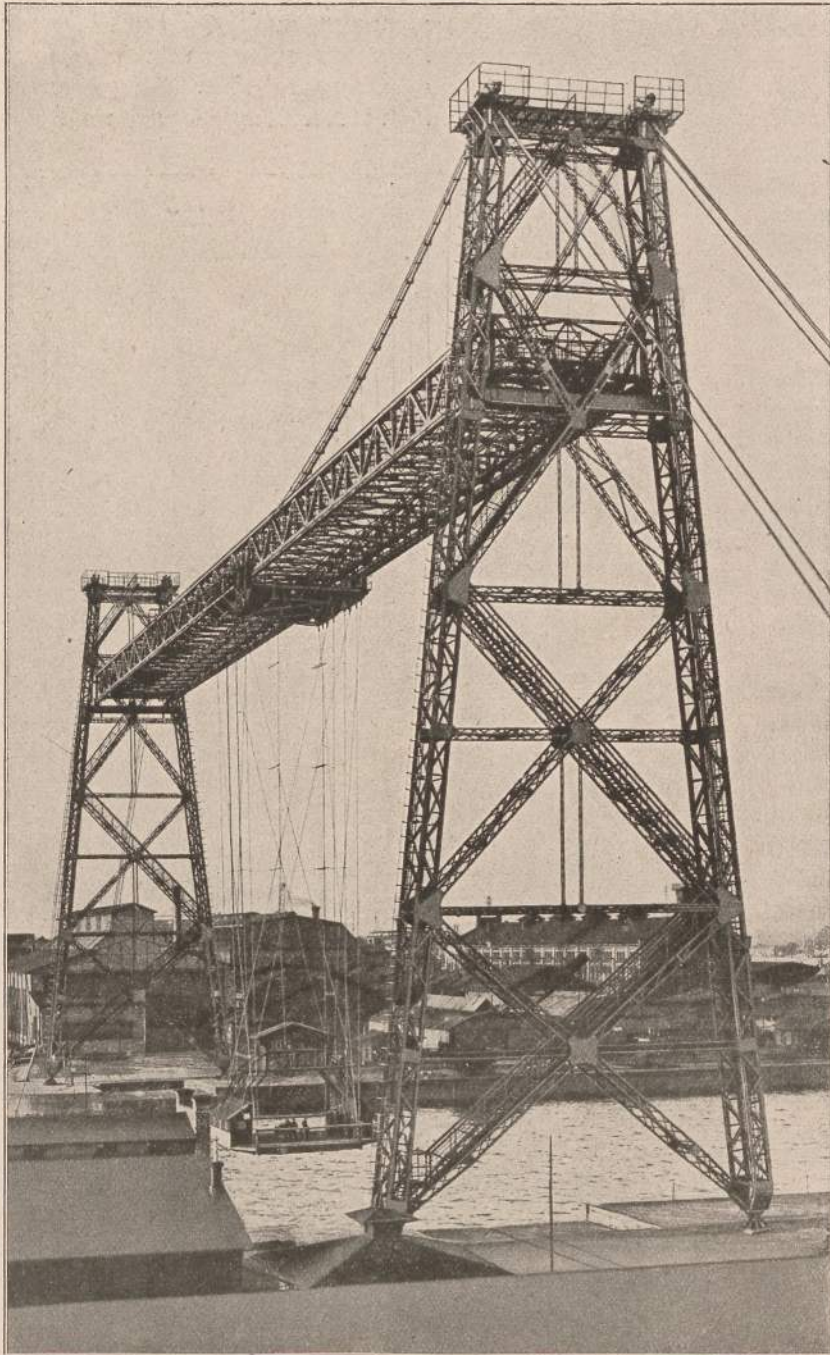
22 b. Querschnitt durch die Hudson-Brücke  
Auf der unteren Plattform Schnellbahngelände



mal ebenso hoch über dem Seespiegel angeschüttet werden, so daß sich eine Gesamthöhe von 40 Metern ergab. Angesichts dieser ganz gewaltigen Belastung des Sumpfgeländes erwiesen sich alle theoretischen Vorausberechnungen als falsch. Immer wieder, wenn man den Damm schon fest aufstehend glaubte, sank er von neuem ein. Es gelang aber schließlich doch, die angeschütteten Erdmassen von ungefähr 800 000 Kubikmetern zum Stehen zu bringen, so daß der Damm heute auch den schwersten Verkehr mit Sicherheit tragen kann. Die Herstellung einer Brücke über den Stößensee, wie man sie anschließend über den Fluß und die Uferstraße gespannt hat, würde sehr viel größere Kosten gemacht und die anmutige Gegend arg verunstaltet haben.

Besondere Schwierigkeit des Geländes macht es auch hier und da notwendig, die Straßen statt auf den Boden auf Stützmauern zu legen. So sind Teile der Wurzener Reichsstraße in Krain zum Teil vollständig, zum Teil nur einseitig auf Stützmauern gelagert. Die Aufführung von Mauerwerk ist aber auch öfter in Einschnitten notwendig, wenn der Erdstoff des Böschungsgeländes unzuverlässig ist, so daß ein Abstürzen von Schollen auf die Straße künstlich verhindert werden muß. Es ist dafür zu sorgen, daß das Wasser, welches durch eine solche Futtermauer am freien Abfließen verhindert wird, entweder hinter dieser in den Boden versickern oder durch Rohre an die Außenseite dringen kann. Hinterfüllung der Stützmauern mit wasserdurchlässigem Kies und Durchdringen des Mauerwerkes mit Rohren schaffen hier Hilfe (Bild 16).

Einen eigentümlichen Zweck haben Steinmauern über der Albulastrasse in der Schweiz (Bild 17). Sie dienen dazu, Lawinen unschädlich über die Straße fortrutschen zu lassen. Das gleiche wird öfter durch einfachere Anlagen, nämlich durch hölzerne Schutzdächer, zu erreichen gesucht. Tiefe Täler und Wasserläufe werden in den meisten



23. Schwebefähre im Hafen von Kiel  
Phot. A. Renard, Kiel

verursacht, dann kann der Fluß auf dem hochliegenden Weg überschritten werden, der durch Fahrstühle in den Pfeilern mit den unteren Zuführungswegen verbunden ist (Bild 20).

Die gewaltigsten Straßenbrücken besitzt New York. Der Stadtteil Manhattan, auf dem die Wolkenkratzer stehen, ist ja rings von Wasser umschlossen, der Verkehr aber drängt nach allen Seiten über die Uferländer hinaus. Bis vor kurzem führten Verbindungen, die unter freiem Himmel liegen, nur über den East River (Ostfluß), nämlich die Brooklyn-, die Manhattan- und die Williamsburger Brücke. Der sehr viel breitere Hudson im Westen der Insel wurde bisher ausschließlich von Tunneln gekreuzt. Nun ist auch eine Überbrückung dieses mächtigen Wasserlaufs in Angriff genommen (Bilder 21 und 22).

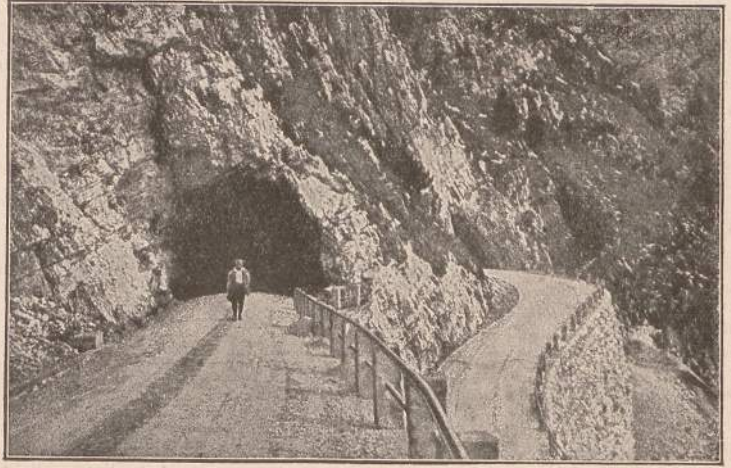
Die Abmessungen der Hudson-Brücke stellen alles in den Schatten, was bisher auf diesem Gebiet der Verkehrs-

Fällen mittels Brücken überschritten. Über deren Bau soll in Abschnitt 12 einiges gesagt werden. Hier seien nur wenige Bauten besonderer Art erwähnt.

Altberühmt ist die Teufelsbrücke, die unweit Göschenen die Gotthardstraße über die Reuß führt, dort, wo diese beim Verlassen des Urserentals niederstößt (Bild 18). Der Scheitel ihres Bogens liegt 30 Meter über dem Fluß. Ihren Namen hat die Brücke von einem im Mittelalter an gleicher Stelle errichteten Bauwerk übernommen; es schien in der damaligen Zeit den Wanderern über den Gotthardpaß so kühn, daß sie meinten, es könnte nicht ohne die Hilfe des Bösen errichtet worden sein. Eine eigenartige Ausbildung besitzt die Tower-Brücke, die beim Hafen von London über die Themse führt. Hier ist eine doppelte Bahn für Fußgänger vorgesehen. Wenn die untere Plattform aufgezogen ist, was bei dem lebhaften Schiffsverkehr sehr häufig stattfindet und oft eine lange Unterbrechung des Verkehrs



technik geschaffen worden ist. Die freie Mittelloffnung erhält eine Spannweite von nicht weniger als 1 Kilometer; das ist eine Entfernung der Pfeiler voneinander so groß wie die Gesamtlänge der Straße Unter den Linden vom Brandenburger Tor bis zum Standbild Friedrichs des Großen. Es schließen sich zwei Seitenöffnungen von je 521 Metern an, so daß die Gesamtlänge der Brücke 2042 Meter betragen wird. In Berlin aufgestellt würde sie vom Belle-Alliance-Platz im Zuge der Friedrichstraße bis zu den „Linden“ reichen. Die Gesamtbreite ist zu 67 Metern bestimmt; auf dem mittleren Fahrdamm können 16 Kraftwagen bequem nebeneinander fahren. Jedes der vier Kabel, das die Brückenbahn des Hauptteils über der Flußmitte trägt, erhält eine Dicke von mehr als 3 Metern. Die Pfeiler, an denen die ungeheure Last hängt, werden bei gewaltigem Querschnitt 257 Meter hoch, sie überragen also den höchsten Wolkenkratzer, das Woolworth Building, noch um 15 Meter. Zehn Meter unterhalb der freien Brückenbahn liegt noch eine zweite, über die Schnellbahnstrecken geführt werden. Fünf Gleispaare finden hier Platz. Diese Hudson-Brücke ist wahrlich geeignet, den Herzenswunsch der Amerikaner, stets „the biggest“, das Gewaltigste jeder Art von Menschenwerk zu besitzen, vollkommen zu befriedigen.



25. Tunnel für eine Kehre der Dolomitenstraße

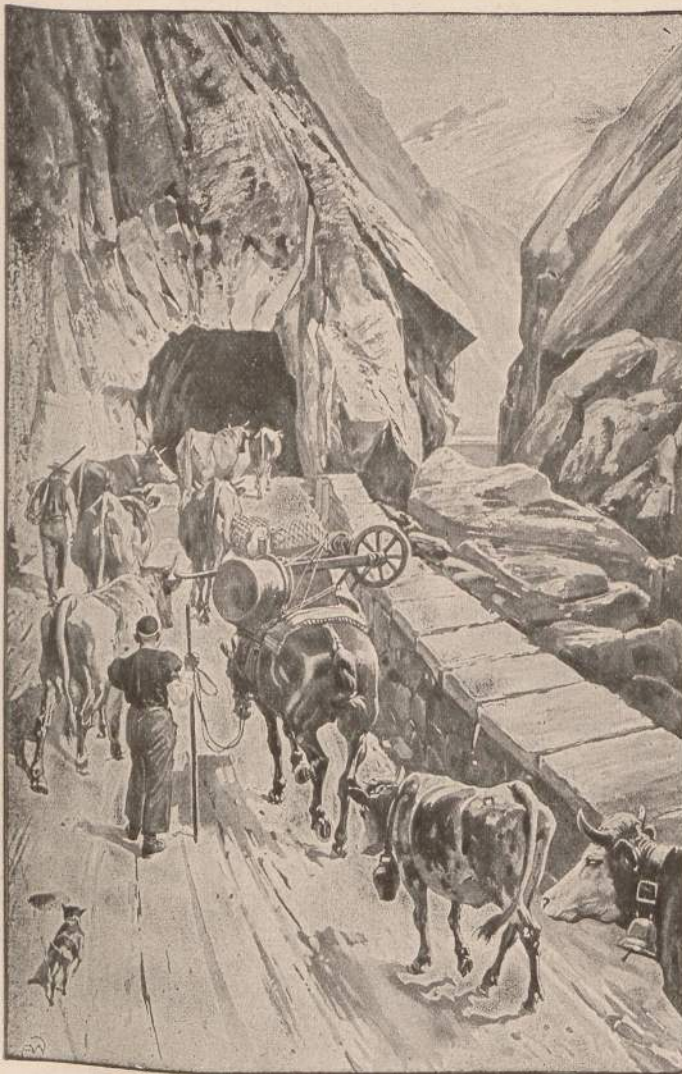
Aus A. Liebmann, „Der Landstraßenbau“, Verlag H. A. Ludwig Degener, Leipzig

Wo der Verkehr die Anlage eines Kunstbaus nicht rechtfertigt, müssen sich Wagen und Fußgänger damit begnügen, durch Fährboote übergesetzt zu werden. Eigenartige Bauwerke, welche die Mitte zwischen Brücken und Fahren halten, befinden sich im Hafen von Kiel, über der Ostsee, einem Nebenarm der Unterelbe, zu Bilbao in Spanien und an mehreren Stellen in Südamerika. Es sind dort über die von Schiffen viel befahrenen Wasserläufe in großer Höhe schmale, brückenartige Überspannungen gelegt, an denen mittels langer Drahtseile oder an Gitterträgern eine Plattform bis zur Straßenoberfläche hinunterhängt. Durch motorischen Antrieb der Räder, die droben auf festen Schienen oder starken Seilen laufen, wird die Schwebefähre hin und her befördert.

Straßentunnel werden wegen der hohen Kosten, die sie verursachen, selten ausgeführt. Der älteste Tunnel in der jetzt an Bergdurchbohrungen so reichen Schweiz aber dient der Durchführung einer Fahrstraße. Es ist das Urner Loch, das im Jahre 1707 in 66 Metern Länge ausgesprengt wurde, damit die Gotthardstraße zwischen Göschenen und Andermatt, gleich hinter der Teufelsbrücke, genügende Breite erhalten konnte. Die Arenstraße am Vierwaldstättersee ist gleichfalls durch den Fels gebrochen, aber nicht in Form eines geschlossenen Tunnelrohrs. Hier hat die eine Seitenwand weite Öffnungen zum See, die das Tageslicht frei eindringen lassen. Auf der Dolomitenstraße wurde die Ausbildung von Tunneln zur Herstellung von Kehren notwendig.

Die kostspieligsten Straßenbauten befinden sich in London, Hamburg und Glasgow, wo Themse, Elbe und Clyde von unbeschilderten Verkehrswegen unterschritten werden. An allen drei Stellen mußte man statt des zu Tage liegenden Weges drüber weg den dunklen Pfad unten durch einschlagen, weil der Schiffsverkehr in den großen Flußhäfen die Anlage von Brücken unmöglich machte.

Der erste Straßentunnel unter der Themse, der zur Verbindung der Stadtteile Rotherhithe und Wapping erbaut wurde, ist die älteste aller Flußunterschreitungen überhaupt. Schon zu Anfang des vorigen Jahrhunderts waren die Verkehrsbeziehungen zwischen diesen durch den breiten Strom getrennten Bezirken der Riesengroßstadt London so lebhaft, daß eine unmittelbare Zusammenschließung wünschenswert erschien. Aber den Fluß führte damals nur die London-Brücke, und diese liegt mehrere Kilometer weiter flussaufwärts.



24. Das Urner Loch

der älteste Tunnel in der Schweiz, durch den die Gotthardstraße läuft. Senner ziehen zu Berg. Nach einer Zeichnung von A. Wald



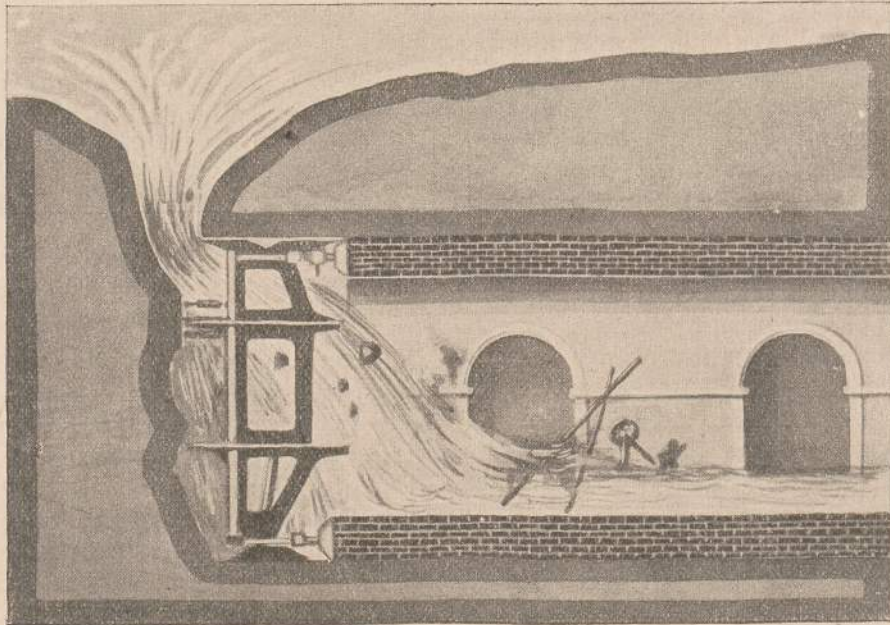
Richard Trevithick, der Schöpfer der ersten Lokomotive, dessen abenteuerliches Leben uns näher beschäftigen wird, wenn wir in Abschnitt 12 die Geschichte der Eisenbahn betrachten, machte neben vielen andern kühnen Unternehmungen auch den ersten Versuch, einen Themse-Tunnel unter dem Hafen herzustellen. Der Bau begann im Jahre 1807, mußte jedoch nach einigen Monaten wieder eingestellt werden, da die an-  
dringenden Wasser-  
mengen nicht  
bewältigt werden  
konnten.

Erst Marc Isambard Brunel, ein Mann von wahrer Genialität, der sich später als Erbauer der ersten großen Eisenbahnlinien in England Beltruf erwarb, konnte das gewaltige Werk zu Ende führen. Das ist besonders bewundernswert deshalb, weil es damals noch gar keine Tunnelbau-Technik gab, so daß Brunel sich an schwierigster Stelle mit den einfachsten, ausschließ-  
lich von ihm selbst gefundenen Mitteln durchhelfen mußte.

Er brauchte denn auch, um die 460 Meter lange Themse-Unterschreitung herzustellen, nicht weniger als 16 Jahre. Der Bau wurde 1825 in Angriff genommen, erst 1841 konnte er dem Verkehr übergeben werden. Elfmal brach das Wasser des Stromes in die Baugrube, aber Brunel, ausdauernder und erfahrener als Trevithick, konnte den Feind jedesmal wieder zurückschlagen. Die Gesamtkosten betrugen 12 Millionen Mark, so daß für das Meter Tunnel die damals ungeheure Summe von 26 200 Mark aufgewendet werden mußte. Die Arbeiten begannen mit dem Absenken eines Schachtes

am Flußufer, dessen Boden auf gleiche Tiefe mit der künftigen Tunnelsohle gelegt wurde. Alsdann ließ Brunel in der Ummauerung des Schachtes eine Öffnung ausbrechen, deren Form dem Querschnitt des künftigen Tunnelbauwerkes entsprach. Hier wurde ein eisernes Gerüst eingesetzt, das den ganzen Querschnitt deckte und allmählich vorwärts-  
geschoben werden konnte. Dieser

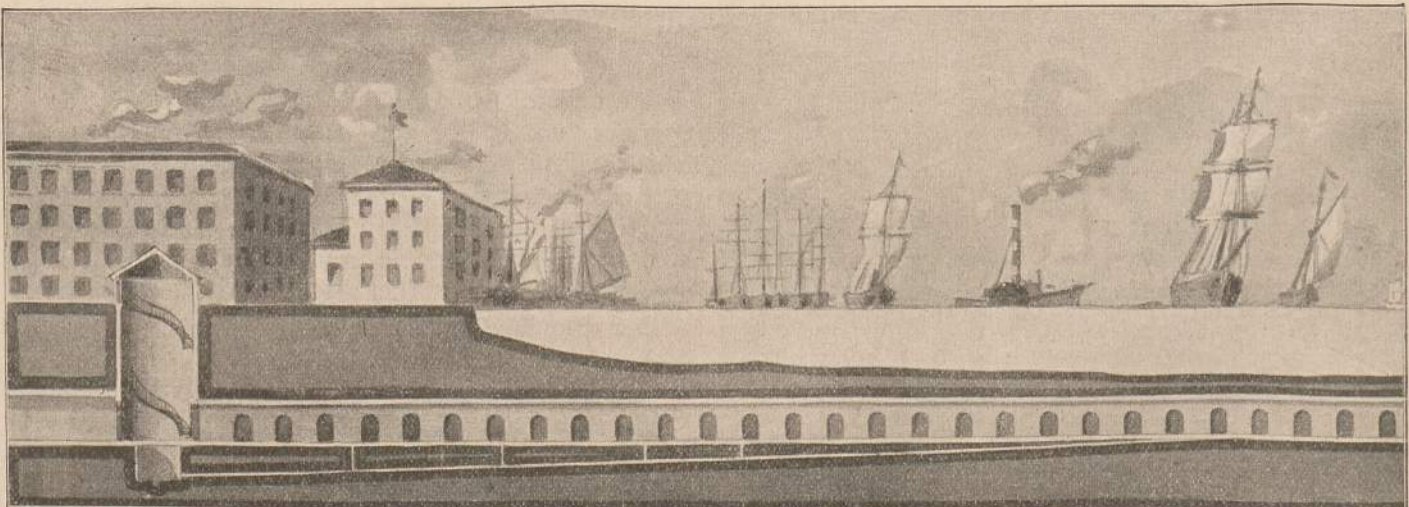
sogenannte Brustschild ist später bei der Durchfahrung wasserhaltigen Sand- und Schlammbodens immer wieder, wenn auch in verbesserten Formen, verwendet worden. Mit Hilfe dieser Vorrichtung wurde ein vier-eckiger Stollen ausgehachtet und ein Mauerfloß hineingebaut, den zwei nebeneinander  
liegende überwölbte Gänge durchdrangen. Diese wurden in regelmäßigen Abständen durch gewölbte Öffnungen miteinander verbunden. Jeder der Gänge hat eine größte Höhe von



26. Wassereintrich in Brunels Themse-Tunnel

Links der Brustschild, unter dessen Schuß der Stollen vorgetrieben wurde

4,8 Metern, eine größte Breite von 4,2 Metern. Nachdem Brunels Tunnel länger als zwei Jahrzehnte dem Fußgänger- und Wagenverkehr gedient hatte, wurde er 1865 mit Geleisen der Ost-London-Bahn belegt. Zum Ersatz schuf Barlow ein schmaleres Tunnelrohr in der Nähe des Towers, das nur von Fußgängern benutzt werden kann. Hier besteht die Umfassung aus gußeisernen Ringen. Dieser enge Durchgang ist heute bedeutungslos, da fast genau über ihm seit 1894 die Tower-Brücke mit ihrer gewaltigen, aufklappbaren Fahrbahn den Strom quert. Es ist aber in einer Entfernung von etwa einem Kilometer eine neue Fluß-



27. Längsschnitt durch den ältesten Tunnel unter der Themse

Erbaut von Marc Isambard Brunel 1825—1841



unterführung mit großer Durchlaßweite hergestellt worden: der im Jahre 1908 eröffnete Rotherhithe-Tunnel. Ein vierter Straßentunnel unter der Themse stellt die Verbindung zwischen Greenwich und dem Hafenteil Blackwall her. Er ist einschließlich der offenen Zufahrten 1893 Meter lang und enthält einen Fahrdamm nebst zwei Bürgersteigen.

Die letzte Brücke über die Elbe liegt weit oberhalb des Mittelteils von Hamburg. Gleich hinter ihr beginnen die mächtigen Hafenanlagen, über die hinweg eine oberirdische Verbindung ohne Aufwendung ungeheurer Kosten nicht geschaffen werden kann. Denn die Fahrbahn müßte, wenn auch die mächtigsten Schiffe freie Durchfahrt finden sollten, 55 Meter über dem Wasserspiegel liegen. Das rasche Anwachsen der gewerblichen Anlagen auf Steinwärdern und dem Kleinen Grasbrook am linken Ufer der Elbe forderte die Herstellung einer kürzeren Verbindung mit der eigentlichen Stadt. So entschloß sich der Staat Hamburg zu einer Unterführung der 400 Meter breiten Elbe von St. Pauli aus. Das am 7. September 1911 dem Verkehr übergebene großartige Bauwerk kürzt den Weg von hier zu den wichtigsten Abschnitten des linken Ufers um fast 12 Kilometer.

Der Entwurf für den Tunnel wurde von dem Leiter des Hafenbauwesens Wendemuth ausgearbeitet, die Bauleitung lag in den Händen des Wasserbau-Direktors Bubenhey, die Ausführung geschah durch die Firma Philipp Holz-

mann & Cie. in Frankfurt a. M., die das Werk in 4 Jahren fertigstellte. Die Kosten betrugen 11 Millionen Mark.

Es liegen unter dem Strom zwei getrennte Röhre aus

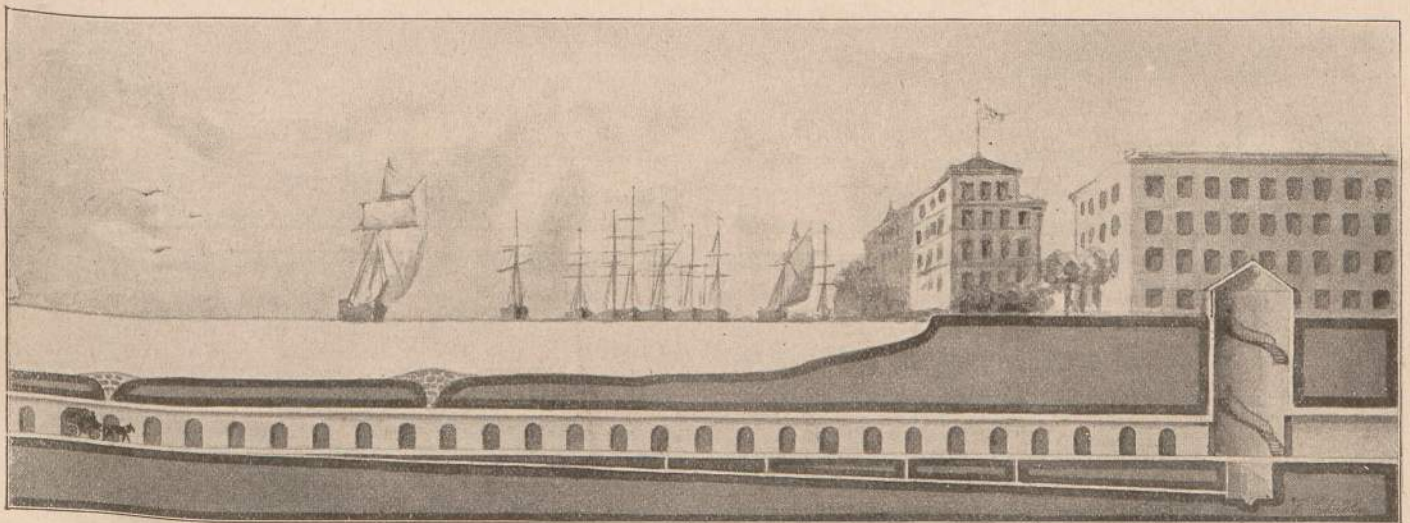
Schmiedeeisen, die außen und innen mit Beton bekleidet sind. Der Querschnitt ist ein auf drei Seiten durch geradlinige Wandführungen verengter Kreis von 5,4 Metern Durchmesser, die lichte Höhe beträgt 4,5 Meter, die lichte Breite 4,7 Meter. Die Fahrbahn, die, ebenso wie die beiden Fußgängersteige, in jedem Rohr nur in einer Richtung benutzt werden darf, befindet sich an der tiefsten Stelle 21 Meter unter dem mittleren Hochwasser der Elbe. Die beiden Mittelachsen der Röhre sind 8 Meter voneinander entfernt. In den Wandungen und der Sohle sind Stromkabel für Licht und Kraft, Fernsprech- und Telegraphenleitungen, Rohrpost- und Wasserleitungsrohre hindurchgeführt.

Die Zufahrten werden auf beiden Seiten nicht durch Rampen gebildet, sondern durch senkrechte Schächte, wie das auch in London und in Glasgow bei den neueren Straßentunneln der Fall ist. In jedem der beiden Schächte, die von Kuppelbauten überdeckt sind und einen lichten Durchmesser von 22 Metern haben, befinden sich außer den Not-

treppen 6 Aufzüge in drei verschiedenen Größen. Die beiden mittleren dienen für schweres, die danebenliegenden für leichteres Fuhrwerk, die beiden letzten ausschließlich zur Beförderung von Fußgängern ab- und aufwärts. Vor den



28. Blick in eine Röhre von Brunels Themse-Tunnel  
Nach einem zeitgenössischen Stich



Unter dem Tunnelboden Entwässerungsrohre, die zu Brunnen in den Einsteigeschächten führen. In der Flußsohle sind zwei Stellen, an denen das Wasser in die Baugrube eingebrochen ist, durch Nachschüttungen ausgefüllt



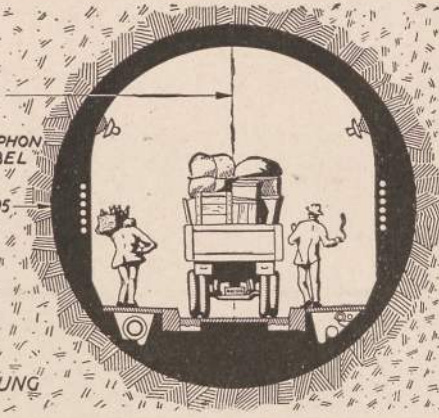
unteren Haltestellen der Aufzüge enden die beiden Tunnelrohre in einer gemeinsamen Vorhalle.

Der durchgezogene Boden besteht aus wasserführendem Sand, der mit Steinen, Kies und Pflanzenresten durchsetzt ist. Die Wasserbewegungen, welche durch Ebbe und Flut entstehen, sind hier unten ziemlich in derselben Stärke

wahrnehmbar wie im freien Strombett. Der Vortrieb des Tunnels erfolgte wiederum unter Anwendung eines Brustschildes; der Arbeitsraum mußte aber hier, um das Eindringen von Wasser und Sand zu verhüten, unter Preßluft gehalten werden. Eine ähnliche Bauweise ist bei der ersten Unterfahrung der Spree in Berlin verwendet worden; sie wird in Abschnitt 13 besprochen.

Auch der Hamburger Tunnelbau blieb von einem Wassereinbruch nicht verschont. Am 24. Juni 1909 brach die Druckluft durch die überlagernde Sandschicht und schleuderte eine etwa 8 Meter hohe Wassersäule aus dem Elbbett empor, wobei gleichzeitig etwa 600 Kubikmeter Erde in den Fluß hineingerissen wurden. Zehn Sekunden später strömte das Wasser in den Tunnel. Die Arbeiter vermochten sich jedoch sämtlich zu retten. Viele der Leute erzählten, daß sie zuerst, als sie sich irgendwo angeklammert hatten, von dem gewaltigen Druck der ausströmenden Preßluft in wagerechte Lage gebissen wurden. Die von dem Einbruch verursachte Störung war bald beseitigt, so daß der Bau planmäßig fortgeführt werden konnte.

Bemerkenswert ist, daß das Gesamtgewicht der hohlen Tunnelröhren bei Anwendung der üblichen Bauweise um etwa 3000 Kilogramm auf das laufende Meter leichter gewesen wäre als das aus dem Grund verdrängte Wasser. Deshalb würden die Rohre einen Auftrieb erfahren haben, so daß sie sich nicht mit der Sohle, sondern mit der Decke gegen das umgebende Erdreich gelegt hätten. Um diese un-



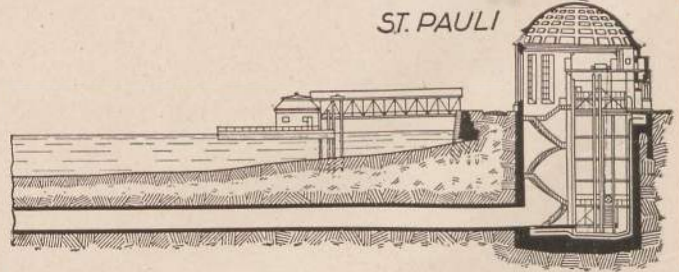
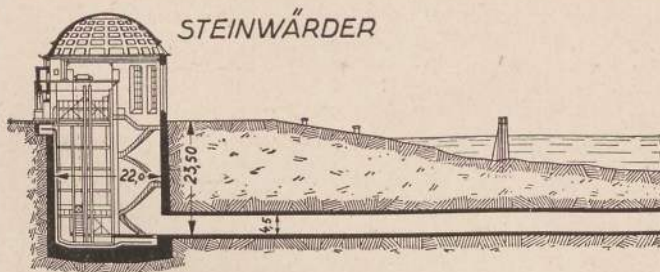
29a. Querschnitt durch die beiden Rohre des Hamburger Elbtunnels  
Erbaut von Philipp Holzmann Aktiengesellschaft, Frankfurt a. M.

Meter ein Gewicht von 2140 Kilogramm haben. Damit ist der Bau genügend beschwert, und er liegt nun nach menschlicher Voraussicht für ewige Zeiten unzerstörbar unter der Elbe, ein Zeichen für den kühnen Unternehmungsgeist und die Kraft der alten Hansestadt Hamburg.

\*

Der Querschnitt durch eine Landstraße läßt nicht immer eine scharfe Trennung zwischen dem Oberbau und dem Unterbau erkennen. Beide Teile werden aus einem Gemisch von Sand und Steinen, nur in verschiedener Zusammensetzung, bereitet und gehen daher oft unmerklich ineinander über. Eher kann man schon die Schichtungen des Oberbaues auseinanderhalten, der immer aus der Grund- oder Vorlage und der Decke besteht.

Die Grundsicht des Oberbaues ist als ein, freilich sehr massiger, Pfeiler zu betrachten, der auf dem Unterbau aufliegt. Seine Aufgabe besteht darin, die Drücke der über die Straße fahrenden Wagen auf eine möglichst große Fläche des Unterbaues zu verteilen. Die fester gefügte Vorlage kann nämlich einen stärkeren Druck auf die Flächeneinheit aushalten als der lose errichtete Erdkörper des Unterbaues. Die Decke, die allein dem Auge sich darbietet, ist nichts als ein Schutzüberzug. Nur sie unterliegt der Abnutzung durch die schlagenden Pferdehufe und die schleifende Arbeit der Räder, die darüberrollen und oftmals auch rutschen.



29 b u. c. Längsschnitt und Grundriß des Hamburger Elbtunnels



So verschiedenartig die Beanspruchungen sind, denen die Verkehrswege unterliegen, haben sich doch eigentlich nur vier Arten des Wegebauwerks ausgebildet: der Knüppelweg, die Kies-, die Steinschlag- und die Pflasterstraße. Von ihnen vermag die erste nur den allergeringsten Ansprüchen zu genügen, die zweite ist in der feuchten Jahreszeit schwer befahrbar. Für einen auch nur einigermaßen lebhaften Verkehr reichen allein die dritte und die vierte Bauart aus. Daß auch sie keineswegs unverrückbar fest auf der Erde Grund stehen und Überanstrengungen nur in geringem Maß gewachsen sind, hat der Weltkrieg gezeigt. Gute, kürzlich erst in Stand gesetzte Straßen von der vorbildlichen französischen Bauart sind durch die Fahrzeuge des deutschen Munitions-Nachschubs in einer einzigen Nacht vernichtet worden. Während des Ausbaues einer besonders gesicherten Stellung wurde durch den Verkehr der zahllosen Wagen, welche Baustoffe heranzuschleppen hatten, die sehr vortreffliche Straße von Guise nach St. Quentin zu einem Sandweg zermalmt.

Knüppelwege werden nur für ganz untergeordnete Förderungen erbaut, die über moorigen, feuchten Boden gehen müssen. Dieser würde den schweren Körper einer gewöhnlichen Straße nur nach umfangreichen Vorbereitungen tragen können. Die Fahrbahn des Knüppelweges besteht aus gerade gewachsenen Nadelrundhölzern, die einen Durchmesser von 8 bis 12 Zentimetern haben. Durch darunter gelegte Langhölzer, auf die man ihre Enden aufnagelt, werden die einzelnen Knüppel zusammengehalten. Wenn irgend möglich, wird eine dünne Kiesdecke über die Hölzer geschüttet, welche die keilförmigen Spalte zwischen den eng zusammengelegten runden Knüppeln ausfüllt (Bild 31).

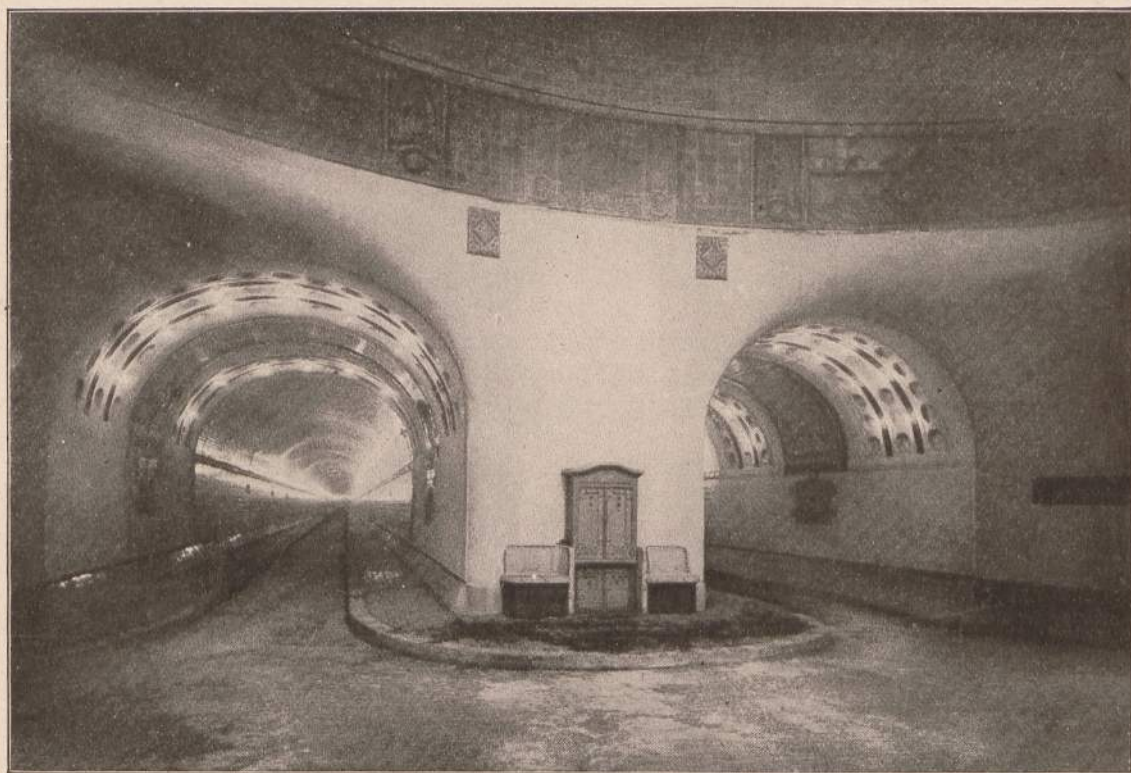
Die Kiesbahn wird, wenn sie einigermaßen haltbar sein soll, mit einer 15 bis 20 Zentimeter starken Schicht aus größeren Kieselsteinen unterlegt. Aber auch in diesem Fall ist sie nur für geringere Lasten brauchbar. Bei nassem Wetter verringert sich ihre Tragfähigkeit auf ein Drittel. Ein jeder weiß ja, wie jammervoll langsam ein Wagen auf schlechter Straße — das ist meist eine solche aus Kies — im Regen dahinnmahlt.

Herrscher auf der Landstraße ist der Steinschlagbau. Der Steinschlag oder Schotter besteht aus Gestein, das mit der Hand oder mit Maschinen zu scharfkantigen Stücken zerkleinert ist. Am haltbarsten erweisen sich die Trümmer von Urgesteinen, wie Porphyr und Basalt. Je nach der Art

der Grundlage, die man der Steinschlagstraße gibt, ist sie imstande, schweren und schwersten Verkehr in der zu gewöhnlichen Zeiten vorkommenden Stärke ohne allzu rasche Abnutzung auszuhalten.

In ausgedehntem Maß wurde diese Straßenbauart zuerst von Mac Adam, Wegebauinspektor zu Bristol, im zweiten Viertel des 18. Jahrhunderts in England angewendet. Er ist nicht der Erfinder dieser Anordnung, wie man meist glaubt, aber er hat ihr erst den gebührenden Platz in der Straßentechnik verschafft. Sein Name blieb fortan eng mit der Bauform verknüpft, so daß man noch bis in unsere Zeiten hinein ganz allgemein von Macadamstraßen spricht.

Die ersten von Stephenson erbauten Eisenbahnlinien mit ihren immerhin noch recht mangelhaften Lokomotiven hatten es sehr schwer, mit den wohlgebauten Landstraßen Mac Adams zu wetteifern. Der Engländer verwendete als Grund-



30. Vorhalle im Hamburger Elbtunnel  
zwischen den Fahrstühlen und dem Beginn der beiden Röhre

stoff Steinschlag, der in einzelnen dünnen Lagen gut abgewalzt wurde. Die Deckschicht war ebenfalls Steinschlag, aber mit Sand vermischt.

Einen scharfen Gegensatz zu dieser Bauart bildet die Steinschlagstraße für schwersten Verkehr, deren Grundschicht aus Mauern oder heute vielfach aus 15 Zentimeter starkem Beton, wenn nicht gar Eisenbeton, besteht. Für gewöhnlich aber wird als Grundschicht die Packlage verwendet (Bild 32).

Steine, die eine etwas zugespitzte Form und möglichst ebene Grundflächen haben, werden mit den Spitzen nach oben auf den Unterbau gestellt. Man fügt sie in Reihen nebeneinander, die senkrecht zur Straßenachse stehen. Streng wird darauf geachtet, daß in Straßenrichtung keine durchgehenden Fugen entstehen, daß diese vielmehr gedeckt sind. Das wird bewirkt, indem man die Stöße der einzelnen Reihen gegeneinander versetzt. An die beiden Straßenränder kommen große Steine, die den seitlichen Schub der Packlage auf den gewachsenen Boden oder den Rest der geschütteten Dammerde



übertragen. Die Spitzen der Steine werden abgeschlagen, und man benutzt diese keilförmigen Stücke wie die zunächst aufgeschüttete Schottererschicht dazu, die Lücken zwischen den einzelnen Steinen der Packlage auszufüllen. Wenn schwere Walzen darübergefahren sind, ist das Ganze zu einem Körper von hoher Haltbarkeit verkeilt und verzwickelt.

Eine Schottererschicht nach der anderen wird alsdann aufgebracht und jedesmal gut abgewalzt. Nur für das Einwalzen der oberen Schicht benutzt man Kies, der alle Hohlräume zwischen den einzelnen Steinbrocken ausfüllt und diese vor der Zersplitterung bewahrt. Durch quer übergelegte lange Hölzer, sogenannte Lehren, an deren Unterkante die genaue Form der Straße ausgeschnitten ist und die in Richtung der Straße verfahren werden können, beobachtet man, ob an allen Stellen die gewünschte Wölbung eingehalten wurde. Deren Ausbildung ist, wie wir noch hören werden, für die Entwässerung der Straße sehr wichtig.

Eine Abpflasterung der offenen Landstraße wird selten vorgenommen. Nur in der Nähe von größeren Ortschaften pflegt man eine harte Decke zu schaffen. Hierdurch wachsen die Baukosten sehr erheblich an. Es wird allermeist Kleinpflaster verwendet. In einzelnen steinarmen Gegenden bildet man die Straßendecke auch aus Klinkersteinen. Sie werden aus Ton hergestellt, den man so lange brennt, bis er verglast, worauf man ihn langsam abkühlen läßt. Die Widerstandsfähigkeit solcher Klinkersteine ist gering. Darum wird bei ihrer Verwendung nicht selten eine Sondervorrichtung in die Straße eingefügt, die den schwer beladenen Fahrzeugen eine besonders glatte und zugleich sehr haltbare Bahn lockend zur Verfügung stellt und sie davon abhält, das Pflaster allzusehr zu beschädigen. Es sind dies eiserne Geleise.

Wir sehen, wie der neuzeitliche Straßenbau hier an das Altertum anknüpft. Denn auch die Griechen haben ja, wie auf Seite 6 erzählt wurde, bereits Führungen für die Wagenräder auf ihren Tempelstraßen geschaffen. Diese bestanden zwar nicht aus Eisen, aber eine Ähnlichkeit ist doch zu erkennen, da auch die heutigen Straßengeleise nicht erhaben auf der Straße aufliegen, sondern Vertiefungen zu beiden Seiten der Straßenachse bilden. Man kann die eisernen Fuhrwerksschienen unserer Tage nur auf Pflasterstraßen anwenden, weil bei Steinschlag der seitliche Anschluß sich nicht mit genügender Festigkeit herstellen läßt. Die Anordnung ist auf deutschem Boden besonders in

Hannover, Sachsen und Ostfriesland verbreitet, und sie würde noch weit häufiger vorkommen, wenn nicht die verschiedenen Spurweiten der Wagen eine allgemeine Anwendung ausschließen. Wir werden vielleicht in nicht allzu ferner Zeit dazu gelangen, daß den Straßenwagen durch Reichsgesetz ein gleichmäßiger Radstand vorgeschrieben wird. Vorläufig findet man sich mit der verschiedenen Länge der Wagenachsen dadurch ab, daß die Schienen sehr breit gemacht werden.

Es kommen Laufflächen von 20 und mehr Zentimetern Breite vor. Viel weiter darf jedoch nicht gegangen werden, da sonst die Pferde eines Doppelgespanns in Gefahr kommen, mit ihren Hufen auf die eiserne Bahn zu treten, wodurch sie, insbesondere im Winter, leicht zu Fall kommen könnten. Man zieht es darum vor, am Außenrand jeder Schiene einen Anschlußstreifen aus besonders

genau gefügten Pflastersteinen zu verlegen, der die Räder der einen Wagenseite noch einigermaßen glatt weiterführt, während die anderen auf der jenseitigen Schiene laufen.

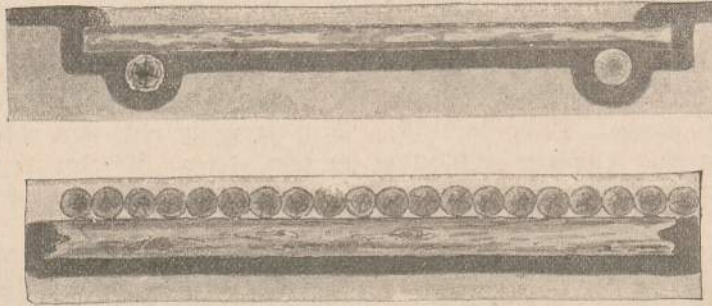
Den Querschnitt eines Straßengeleises zeigt Bild 34. Wir bemerken eine Führungsrippe, die an der inneren Schienenkante angebracht ist, also an der, welche der Gleismitte näher liegt. Die Rippe soll die Räder der Wagen im Gleis halten, sie darf aber das Verlassen der Schienen nicht allzu sehr erschweren. Der Hohlraum des U-förmigen Eisenkastens wird mit Beton oder mit Steinschlag ausgefüllt. Man bringt

die Füllmasse ein, während die Schiene auf dem Rücken liegt und kehrt sie alsdann um. Die vom Bochumer Verein für Bergbau und Gußstahlfabrikation hergestellte Kastenschienen mit ihrer Verengung der Schenkelspreizung nach unten wirkt besonders kräftig der Gefahr entgegen,

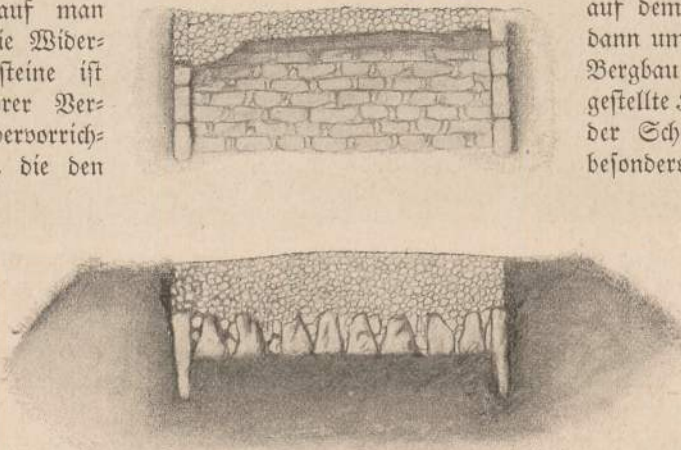
daß bei dieser Bewegung ein Teil des Füllstoffes wieder hinausfällt. Die schräge Stellung der Schenkel hält auch später die Masse gut zusammen, wenn sie durch die darüberfahrenden Wagen gelockert und zerbröckelt ist, so daß die Schienendecke immer eine genügend feste Unterlage hat. Bei senkrechten Schenkeln wird die Füllung oft vollständig nach unten aus-

geschüttelt. Als Stoßüberbrückung, als Befestigungsmittel der einzelnen Stücke einer Schiene aneinander, hat sich die verschraubte Laste bewährt, von der wir bei der Erörterung des Eisenbahnoberbaues noch ausführlich zu sprechen haben werden.

Betrachtet man einen Straßenzug von oben, so sieht man, daß er stets aus mehreren Streifen besteht, die nebeneinander herziehen. Bei der einfachsten Gliederung ist in der Mitte eine Steinbahn vorhanden, daneben läuft auf der einen Seite ein Fußweg, auf der anderen ist ein geebnetes



31. Knüppelweg  
Querschnitt und Ansicht von der Seite



32. Packlage unter einer Landstraße  
Von oben und von der Seite gesehen



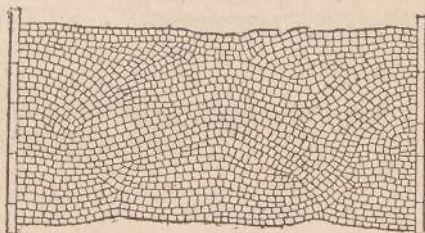
Rasensstreifen angeordnet, das Bankett. Es dient zur Lagerung von Begebaustoffen. Führt die Straße durch besonders schwieriges Gelände, so können an Stelle des durchlaufenden Banketts auch einzelne Ausbuchtungen treten. Diese einfachste Gliederung ist jedoch selten. Meist treten noch ein Sommerweg und ein zweites Bankett hinzu. Der Sommerweg ist ein Streifen, der an Stelle der Schotterung nur mit Kies oder Schlacke belegt ist und in der guten Jahreszeit von Vieh und Pferdewagen gern benutzt wird, weil die Hufe der Tiere auf dem weichen Boden weniger leiden. Häufig findet man heute ferner noch besondere Radfahrwege; hier und da ist auch ein Reitweg vorgesehen.

Die Breite des eigentlichen Fahrstreifens richtet sich nach der Größe des Verkehrs, der über die Straße geht. Damit zwei Wagen aneinander vorbeifahren können, muß die Fahrbahn mindestens 5 Meter breit sein. Wo sehr schlechter Untergrund oder andere Ursachen eine solche durchlaufende Breitenbemessung verbieten, ist man gezwungen, wenigstens Ausweichstellen anzulegen, deren Anordnung so zu treffen ist, daß von der einen Verbreiterung die nächste gesehen werden kann. Die Anlage sehr schmaler Straßen ist aber schon deshalb wenig empfehlenswert, weil auf ihnen die Wagen stets die gleichen Linien zu befahren pflegen, so daß sich rasch Spurrinnen bilden, die zu einer baldigen Zerstörung der Straßeneindeckung führen.

Bei lebhaftem Verkehr wird man die Breite stets so wählen, daß auch dann noch zwei Wagen bequem aneinander vorbeifahren können, wenn ein dritter auf der Straße steht. Damit ist zugleich auch Raum für Überholungen geschaffen. Eine noch größere Breitenausdehnung ist praktisch ziemlich zwecklos; sie begünstigt nur das Durcheinandervahren der Wagen, das verkehrshindernd wirkt. Auf Luxusstraßen sollte heute stets ein besonderer, mit harter, glatter Befestigung versehener Streifen für Kraftwagen vorgesehen werden.

Es ist allgemein üblich, die Straßen durch Bäume einzusäumen. Diese verschönern durch ihre Laubkronen das an sich öde Bild des eingeebneten Verkehrsweges und bieten dem Wanderer Schatten in der Sonnenglut. Ferner sind die Bäume aber auch sehr nützlich zum Anzeigen der Straßenrichtung während der Nacht, bei hoher Schneelage oder gar bei einer Überspülung des ganzen von der Straße durchzogenen Geländes durch Hochwasser. Für die Aufnahme der Bäume müssen die nun auf beiden Seiten zu führenden Bankette um 30 bis 50 Zentimeter verbreitert werden. Bei schmalen Straßen werden die Stämme so gesetzt, daß jeder Baum auf der einen Seite der Mitte des Raumes zwischen zwei Bäumen der anderen Seite gegenübersteht. An breiteren Straßen können sie auch einander gegenüber gepflanzt werden. Man verwendet bei uns zur Einsäumung der Landstraßen Linde, Buche, Esche, Birke und Kastanie, insbesondere aber auch Obstbäume, deren Früchte bei einiger Pflege einen willkommenen Ertrag abwerfen.

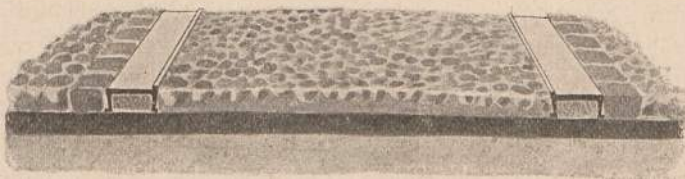
Ein unentbehrliches Gerät für die Herstellung einer jeden Straße ist die Walze. Die lose aufgebrachten Schotterstichten hätten keine Festigkeit, wenn nicht die einzelnen Stücke durch sehr kräftigen Druck eng aneinander gepreßt würden. Immer wenn eine Schicht von etwa 15 Zentimetern Höhe aufgebracht ist, läßt man eine Walze darübergehen, wodurch die einzelnen Steinchen fest aneinander gedrückt und gegenseitig verkeilt werden. Bei der Vorwärtsbewegung der Walze bildet sich vor dieser ein kleiner Schotterberg, der immer wieder niedergedrückt wird. Je dichter die Schicht geworden ist, desto niedriger wird dieser Berg; der Festigungsvorgang ist vollendet, wenn vor der Walze keine Welle mehr erscheint. Während dieser Arbeit ist die Schotterung naß zu halten.



33. Kleinpflaster  
Nach A. Liebmann, „Der Landstraßenbau“

Früher herrschte ausschließlich der Pferdebetrieb. Jetzt dringt die Dampfwalze immer mehr vor, da mit ihrer Hilfe die Straßenbauarbeit sehr viel rascher fortschreitet und das lästige Umlegen der Triebkraft am Ende des Walzenweges fortfällt. Denn die Dampfwalze kann ohne weiteres rückwärts fahren. Mehr und mehr werden auch Maschinen benutzt, die gleich den Kraftwagen durch Benzin-, Benzol- oder Petroleum-Gas angetrieben werden. Denn die Motoren dieser Art bieten den Vorteil, daß sie ohne Anheizen stets betriebsbereit sind, also täglich eine Stunde länger benutzt werden können, daß das Heranschaffen von Kohle und Wasser und ebenso das lästige Ausstoßen von Rauch fortfällt.

Die alte Pferdewalze, die vormals die einzige auf dem Land gebrauchte Maschine war, besteht aus einem gußeisernen Hohlzylinder, an dem eine umsehbare Deichsel befestigt ist. Ihr Gewicht beträgt 3000 bis 5000 Kilogramm. Durch Einsetzen von Sandkassen in den Hohlzylinder oder Füllen von eingehängten Wasserbehältern kann der Druck bis zu 8000 Kilogramm gesteigert werden. Die Walze darf nicht zu kurz sein, damit die von den Pferdehufen eingeschlagenen Spuren durch ihre glättende Arbeit sogleich gedeckt werden.

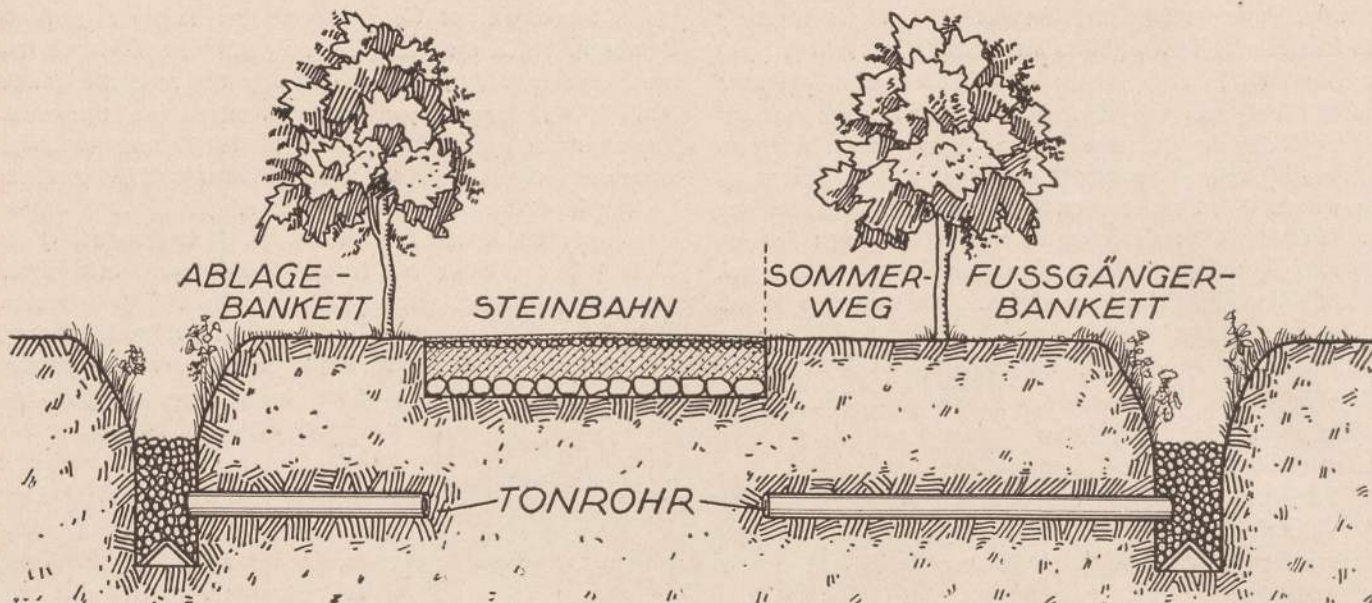


34. Landstraße mit eisernen Fahrwerkschienen

Dampfwalzen erhalten ein Gesamtgewicht von 20 bis 30 000 Kilogramm, wodurch sie befähigt werden, die Pressarbeit durch eine weit geringere Anzahl von Gängen zu erledigen. Man unterscheidet zwei Bauarten: die englische und die französische Walze. Diese hat ein geteiltes Hinterrad, das ebenso breit ist wie das vordere Lenkrad. Bei der englischen Walze sind die beiden Hinterräder so weit auseinander gezogen, daß sie über die Ranten des Vorderrades hinausgreifen und so die Walzbreite vergrößern (Bild 37).

Eine zweite beim Straßenbau viel verwendete Maschine dient genau dem entgegengesetzten Zweck, nämlich nicht der Festigung, sondern der Zerstörung der Straße. Der Aufreißer, eine schwere Egge mit kräftigen Zähnen, wird benutzt, um die Straßenschüttung zur Vorbereitung einer neuen Eindeckung aufzulockern. Der Rahmen, an dem die Reißzähne befestigt sind, kann mit Hilfe einer Kurbel gehoben





35. Querschnitt durch eine Landstraße mit Entwässerung durch Tonrohre (Drainage)

und gesenkt werden, damit die Vorrichtung verfahren werden kann, ohne daß die Meißel eingreifen.

Niemals wird eine Straße die ihr gestellte Aufgabe erfüllen können, nämlich in jeder Jahreszeit und bei jeglichem Wetter ein gut fahrbarer Verkehrsweg zu sein, wenn nicht in sorgfältiger Weise Vorkehrungen für ihre Trockenhaltung getroffen worden sind. Die Einrichtungen hierfür treten wenig hervor, die wichtigsten Entwässerungs-Anlagen, die Gräben an den Seiten der Straße, sind in den Augen des Volkes sogar ein recht verächtlich eingeschätztes Geschlecht, obwohl keine Straße ohne sie zu leben vermag. Denn die schädlichen Einwirkungen des Wassers bedrohen den Verkehrsweg von oben und von unten her. Aus den Wolken fällt das Regenwasser auf die Deckschicht, drunten versuchen Quellen und verborgene Wasserläufe die Bettung aufzuweichen. Beiden Einwirkungen muß mit Kraft und Sorgfalt entgegengetreten werden.

Soweit es irgend möglich ist, gibt man der Straße eine freie Lage, damit sie der trocknenden Wirkung der Sonnenstrahlen und auch der Winde ausgesetzt ist. Die Oberfläche muß mindestens 60 Zentimeter über dem Hochwasserstand, die Sohle des Grundbaues 30 Zentimeter über dem mittleren Wasserstand der Gräben liegen, damit deren Feuchtigkeit nicht durch die feinen Kanäle der Bettung in die Höhe gesaugt wird. Durchzieht die Verkehrsanlage einen Boden, der aus wasserdurchlässigen Schichten besteht, dann sickert die Feuchtigkeit von selbst nach unten fort. Wird aber Lehm oder eine ähnliche Bodenbildung durchschnitten, die für Feuchtigkeit undurchdringlich ist, dann müssen Vorkehrungen für künstliche Bodenentwässerung getroffen werden.

Es werden zu diesem Zweck in regelmäßigen Abständen senkrechte Schächte in den Straßenkörper eingebaut, die bis zum Grundwasser reichen und mit Schotter, Kies oder ähnlichen durchlässigen Schichtungen gefüllt sind. Häufiger noch werden Sickerschlize oder Dolen angelegt. Man hebt tief im Straßengrund zu beiden Seiten der Straßenachse und gleichgerichtet mit ihr schmale Schlize aus, in die wiederum lose Baustoffe geschüttet werden. In größeren oder kleineren Abständen laufen senkrecht hierzu angelegte Schlize zur Grabensohle, die geneigt geführt sind, so daß das angesammelte Wasser durch sie abfließen kann. An Stelle

der Dolen werden auch Leitungen aus Tonröhren (drains) verwendet, deren durchlässige Wandungen das Wasser ins Innere der Röhre gelangen lassen. Diese enden in einem gleichfalls durchlässigen Unterbau der Gräben.

Das Oberflächenwasser muß soweit wie möglich am Versickern in den Grund gehindert werden. Dies wird durch Herstellung einer möglichst undurchlässigen Straßenoberfläche, vor allem aber durch deren Wölbung erreicht. Ist eine Straße abschüssig, so kann die Seitenwölbung gering sein, wenn am Ende der Neigung Gelegenheit für seitliches Abfließen des Wassers geschaffen ist. In allen anderen Fällen aber ist sorgfältig darauf zu achten, daß das Wasser so schnell wie möglich in die Gräben gelangt. Kreisförmige Wölbung ist ungünstig; am besten wirkt parabolische Krümmung der Straßendecke. Da deren Herstellung jedoch schwer ist, macht man heute meist geradlinige Abdachungen nach beiden Seiten, deren scharfkantiges Zusammentreffen in der Mitte durch Einlegen eines Verbindungsbogens geglättet wird. Diese Querschnittsgestaltung der Fahrbahn ist auch deshalb besonders günstig, weil die in ihrer Quererstreckung gleichfalls geradlinig gebauten Walzen ihr überall aufliegen können. Je mehr die Lage der Straßenachse sich der Wagerichten nähert, desto abschüssiger muß die seitliche Abdachung ausgeführt werden.

Die Gräben haben die Aufgabe, das in sie hineingelangende Wasser möglichst rasch der Vorflut zuzuführen. Es ist dies der nächste natürliche Wasserlauf, der in einen See oder zu Tal geht. Die Gräben sollen ein Mindestgefälle von 1:100 haben, damit das Wasser in ihnen nicht stehen bleibt. Steiles Gefälle ist aber möglichst zu vermeiden, da das rasch niederstürzende Wasser die Sohle und die Wände der Gräben stark angreift. Es genügt dann nicht mehr, sie durch Rasenabdeckung zu schützen, sie müssen ausgemauert oder mit Beton bekleidet werden.

Liegt die Straße im Anschnitt, so daß sie die natürliche Entwässerung des Abhanges an ihrer Seite von der Vorflut abschneidet, dann ist der einseitige Graben geräumig genug zu machen, daß er alles vom Abhang nieder kommende Wasser auffangen kann. Hier und da werden Rohrleitungen quer durch den Straßenunterbau hindurchgeführt, durch die das hinabfließende Wasser über den Rest des Abhanges ablaufen kann.



Die trockene Straße ist also das Ziel ihres Erbauers. Hat er aber das Gewollte erreicht, so erhebt sich sogleich ein neuer Feind, der überall auf die vollständige Entwässerung folgt wie die Trän' auf die herbe Zwiebel.

Die Abnutzung der Straßenoberfläche durch die zerbröckelnde und reibende Wirkung der Wagenräder, das Schlagen der Hufe, die Verwitterung des Gesteins, alles dies erzeugt den Staub. Wie ein dichtes graues Tuch liegt er über der Straße, aber jeder Windstoß bringt ihn zum Aufplattern, und am stärksten wird er aufgerührt, wenn ein schneller Wagen darüberfährt. Da fliegen die Fegen des Tuches bis über die Wipfel der Bäume; es hüllt jeden ein, der in seinen Bereich kommt, so daß ihm oft das Atmen unmöglich wird. Millionen Keime, aus dem zerfallenen Kot der Tiere stammend, schweben in dem Staub auf. Seine Bekämpfung ist daher auch aus gesundheitlichen Rücksichten eine der wichtigsten Aufgaben des neuzeitlichen Straßenbaues.

Das Zeitalter des Kraftwagens, der ja überall frisch belebend auf die Landstraßen wirkt, hat die Frage der Staubbannung ganz besonders wichtig gemacht. Das geschwinde Fahrzeug ist niedrig gebaut; zwischen seinen Rädern bildet sich ein luftverdünnter Raum, durch dessen Saugwirkung der Staub mit großer Kraft emporgezogen wird. Daher die breite graue Schleppe, die jeder Kraftwagen zum größten Ärger aller anderen Benutzer der Landstraße hinter sich herzieht.

Um diese Plage zu beseitigen, genügt es nicht, die Straße zu besprengen. Gewöhnliches Wasser hat nur eine kurz dauernde Wirkung. Etwas länger währt sein bannender Einfluß, wenn Salze darin aufgelöst sind. Diese saugen immer noch etwas Feuchtigkeit aus der Luft nach. Als wirklich brauchbare Waffe gegen den Staub hat sich jedoch nur das Übergießen der Straße mit Ölen oder ölhaltigen Lösungen

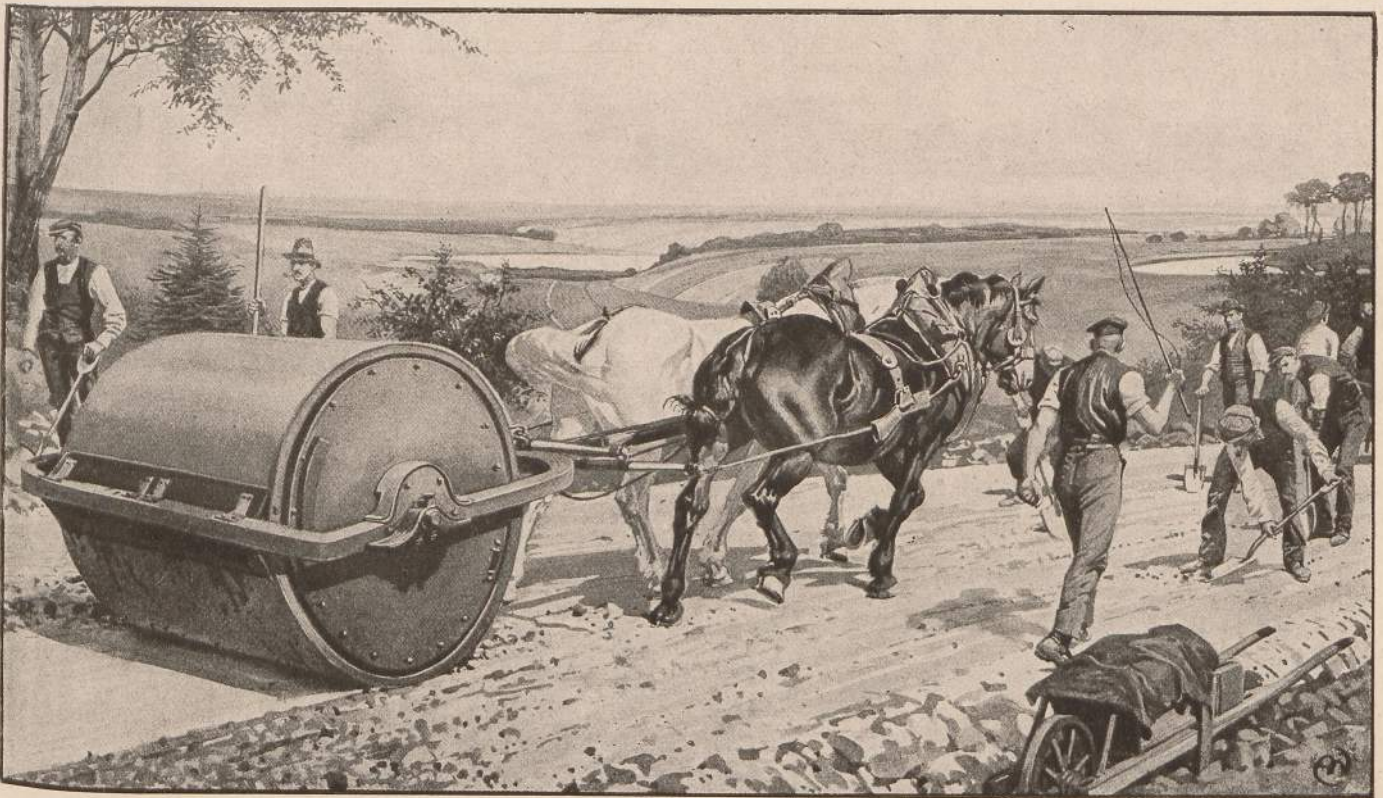
bewährt. An der Spitze steht hier das Westrumit, ein in Wasser lösliches Gemisch von Teer und Petroleum, dessen Erfinder der Ingenieur van Westrum in Berlin ist. Wegen seiner Dünnsflüssigkeit dringt es überall in den Sand und auch in die Schottererschicht ein. Das Wasser verdunstet, das Öl bleibt allein als zähflüssige Masse zurück, durch welche die lockere Straßenoberfläche zusammengeklebt wird.

Die Wirkung einer gründlichen Besprengung mit Westrumit hält etwa zwei Monate vor. Am besten ist es jedoch, wenn man nicht erst die fertige Straße in dieser Art behandelt, sondern gleich beim Bau eine Innenteerung ausführt, indem man das Öl zwischen Grundbau und Deckschicht einbringt oder als Zusatz zum Steinschlag verwendet. Bei diesem Verfahren wird jedes einzelne Steinchen vom Teer umhüllt, so daß es nicht in losen Staub zu zerfallen vermag.

Gerade wie für alle anderen Gebrauchsgegenstände, so gilt auch für die Straße der Grundsatz, daß nicht diejenige die billigste ist, welche die wenigsten Herstellungskosten erfordert. Es muß vielmehr mit Rücksicht auf die künftigen Unterhaltungsausgaben gebaut werden. Diese können bei minderwertiger Straßenanlage rasch zu großer Höhe emporsteigen. Der Körper des Verkehrsweges ist ja unter allen Umständen leicht angreifbar. Fortwährend poltern sehr schwere Lasten darüber, und so hören auch die Ausgaben für die Erhaltung der Anlage niemals auf. Ein sehr teurer Bau wird darum oft der wirtschaftlichste sein.

Die gute Fahrbarkeit der Straße kann durch zwei Unterhaltungsarten gepflegt werden: den Flickbetrieb und das Deckverfahren.

Unter Flickbetrieb versteht man das immerwährende Ausbessern der vielen kleinen Schädigungen in Form von Radspuren, Schlaglöchern oder eingefahrenen Mulden. Sie werden mit neuingebrachtem Steinschlag ausgefüllt. Durch



36. Straßenwalze

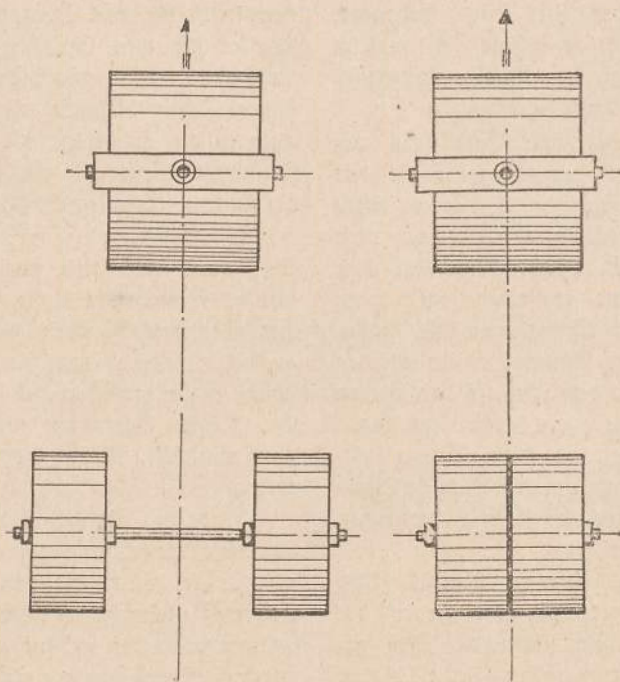
Nach einer Zeichnung von A. Wald



diese Arbeiten ist stets ein Teil der Straße dem Verkehr entzogen. Große Steine, die auf die Fahrbahn gelegt werden, weisen den Wagen einen recht unangenehmen zickzackförmigen Weg, der sie von den Arbeitsstellen fern hält. Ist das Flicker auf einer gewissen Straßenlänge vollendet, dann werden die Sperrsteine so umgelegt, daß die Wagenräder nun gerade über die ausgebesserten Stellen hinweggehen und diese festfahren. Wer einmal mit dem Kraftwagen über eine derartig mit Steinen belegte Straße gefahren ist, weiß, wie ärgerlich die erzwungene unausgesetzte Änderung der Richtung wirkt. Von dem neu eingebrachten Schotter geht zudem wieder recht viel verloren, da das Zusammenpressen der einzelnen Stücke durch den Walzdruck ja fortfällt.

So ist denn heute das Deckverfahren häufiger in Anwendung. Hierbei wird, nachdem die Straße mehr oder weniger lange Zeit dem Verkehr voll zur Verfügung gestanden hat, die schadhaft gewordene Decke vollständig entfernt und von Grund auf erneuert. Der Neubau wird erst auf der einen, dann auf der anderen Straßenhälfte hergestellt, damit der Verkehrsweg nicht gänzlich gesperrt zu werden braucht. Bei diesem Verfahren wird der gesamte Baustoff sorgfältig wieder eingewalzt, so daß von neuem eine Straßendecke von stärkster Widerstandskraft entsteht. Der internationale Straßenkongreß, der im Jahre 1908 zu Paris stattfand, hat beschlossen, das Deckverfahren zur allgemeinen Anwendung auf stärker befahrenen Straßen zugehen zu empfehlen.

Gleich den Römern pflegen auch wir die Straßen mit Abteilungszeichen auszurüsten, welche die Entfernung von



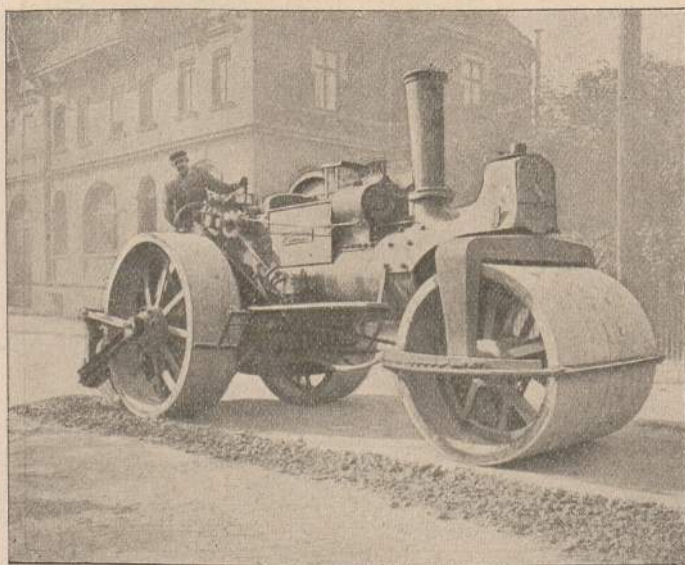
37. Grundriß einer englischen und einer französischen Dampfwalze

dem Hauptknotenpunkt angeben. Große, weithin sichtbare Steine, die meist sorgfältig behauen sind, zeigen die Kilometerzahlen an. Dazwischen stehen in Entfernungen von je hundert Metern niedrigere Nummersteine. Es werden ferner auf der Grenzlinie zwischen der Fahrbahn und dem Fußweg Randsteine errichtet, die zur Sicherung der Wanderer ein Hinübergleiten der Wagenräder verhindern sollen. Liegt die Straße an einem Abhang, so wird die Talseite durch kräftige steinerne Pfosten gesichert (Bild 12). An besonders gefährlichen Stellen sind diese durch Eisenstangen verbunden.

Begleiser stehen an allen Straßenabzweigstellen; sie sollten überall die Angabe der Entfernung zum nächsten Ort enthalten. Ortstafeln nennen an der Gemeindegrenze den

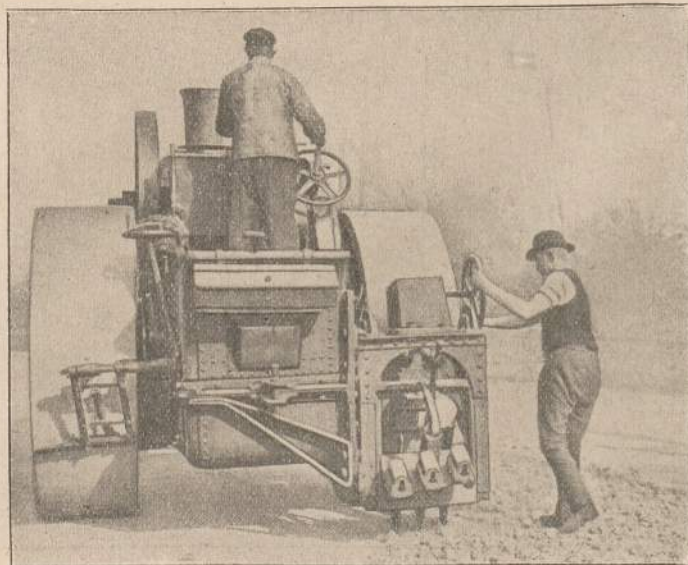
Namen der Siedlung, die von der Straße durchzogen wird. Hoheitsstöcke mit den Staatswappen bezeichnen die Überschneidung einer Landesgrenze durch die Straße.

Alle diese Kennzeichen sind in der heute noch überall gebrachten Art vollständig veraltet. Als nur langsame Wagen über die Landstraße fuhren, genügte es, wenn ihre Lenker die Inschrift eines Begleisers erst dicht an der Straßenverzweigung erblickten. Es war auch ausreichend, daß die Ortstafeln und Hoheitsstöcke seitlich zwischen den Bäumen an Stellen stehen, wo sie nicht leicht umgefahren werden können. Heute, da der Kraftwagen mit hoher Geschwindigkeit über die Landstraße zieht, müssen andere Anordnungen gefordert werden. Die Begleiser sollten in doppelter Ausföhrung, also diesseits und jenseits, dreißig bis vierzig Meter vor der Straßenverzweigung stehen. Die Beschriftung muß schon aus einiger Entfernung deutlich sichtbar sein.



38. Dampfwalze englischer Bauart

Die Lenkung erfolgt durch Drehen der Vorderwalze mittels Ketten



39. Straßenaufreißer

An einer Dampfwalze befestigt



Die kleinen, seitlich stehenden Ortstafeln können vom Kraftwagenlenker nicht gesehen werden. Große Tafeln, die in einiger Höhe quer in den Straßenzug hineinspringen, würden das Zurechtfinden sehr erleichtern. Nachdem das neue Verkehrsmittel fast überall die Schlagbäume an den alten Geldhebestellen beseitigt hat, wäre es wünschenswert, daß es auch in der eben geschilderten Weise erneuernd wirke.

Bis jetzt ist hiervon sehr wenig zu merken. Nur die Warntafeln für Kraftwagen, die hier und da an den Landstraßen stehen, sind Errungenschaften der neuen Zeit. Ihre Bedeutung ist zwischenstaatlich festgelegt. Sie haben die Aufgabe, den Führer des Kraftwagens darauf aufmerksam zu machen, daß die folgende Straßenstrecke mit besonderer Vorsicht befahren werden muß, weil entweder ein Bahnübergang, eine unübersichtliche Kreuzung, eine Doppelkrümmung mit sehr geringen Halbmessern oder irgendein anderes Hindernis ihm Gefahr androhen.

Aber auch diese Signaltafeln stehen immer noch in zu kurzen Abständen von der Stelle, vor der gewarnt werden soll. Besonders lächerlich nimmt sich meist die Tafel „Bahnübergang“ aus, die am Schrankenpfosten selbst, also in nur ganz kurzer Entfernung von den Geleisen angebracht ist. Während der Dunkelheit brennt darin ein kleines Lämpchen, und dies ist der Grund, weshalb man die Tafeln nicht, wie es dringend notwendig ist, so weit vorschiebt, daß der Fahrer bei ihrem Anblick seinen Wagen noch mit Sicherheit vor dem Gleis anzuhalten vermag. Der Bahnwärter, dem das Versehen des Lämpchens obliegt, liebt es nämlich nicht, allabendlich einen Spaziergang von 50 bis 60 Metern nach jeder Seite zu machen, um die Flämmchen zu entzünden. Auf ihn nimmt man Rücksicht, aber nicht auf den Kraftfahrer.

Das geht in Zukunft keineswegs an. Der Kraftwagen darf nicht mehr als Eindringling behandelt werden, der den alteingesessenen und allein berechtigt erscheinenden Straßenverkehr stört. Das schnelle Fahrzeug auf Gummirädern hat einen Anspruch darauf, daß die Landstraße ihm alle gebührenden Rechte zuerkennt. Jede neue Straße müßte fortan mit strengster Rücksichtnahme auf den Kraftwagenverkehr gebaut werden. Es wird freilich wegen der hohen Kosten nicht möglich sein, alle Wünsche der Kraftfahrer zu befriedigen. Wie aber eine Straße der Zukunft, die nur dem schnellen Verkehr zu dienen bestimmt ist, aussehen soll, das kann man heute schon an einem lebendigen Beispiel beobachten.

Etwa zwei Jahre vor dem Krieg beschloßen Freunde des Kraftwagens die Herstellung einer besonderen Verkehrs- und Übungsstraße zwischen Berlin und Potsdam. Der Bau wurde bald darauf mit großen Mitteln begonnen. Die veränderten Zeitverhältnisse zwangen jedoch dazu, die

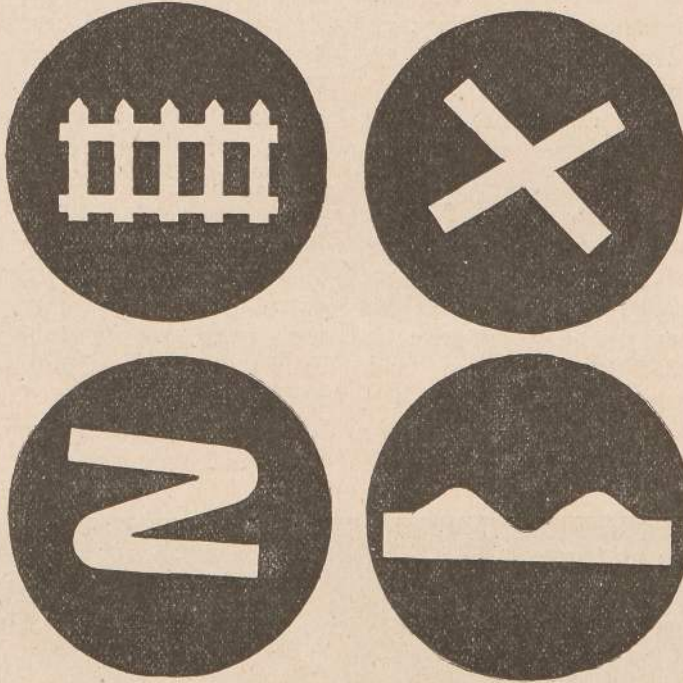
Straße nur durch den Grunewald bis Nikolassee zu führen. Sie hat eine Länge von 10 Kilometern und besteht aus zwei, voneinander gesonderten, je acht Meter breiten Streifen, für die Hin- und Rückfahrenden. Am Eingang und am Ende sind Schleifen angeordnet, durch welche die beiden Straßenteile zu einer zusammenhängenden Rundbahn geschlossen werden. Ganz neu ist, daß alle Straßenkreuzungen untergeführt sind. Es gibt also auf der Kraftwagenstraße keinen querenden Verkehr, durch den die Fahrer zu einer Minderung der Geschwindigkeit gezwungen werden könnten. Sie ist ein Paradies für Kilometerfresser, da die Länge wegen der Schleifen an beiden Seiten unendlich ist (Bild 41–43).

Neben der Verbannung jedes fremden Verkehrs von der Sonderstraße ist die Bauart der Fahrstreifen selbst sehr bemerkenswert. Die gewöhnlichen Landstraßen mit den uns bekannten Wölbungen für Wasserablauf haben ihren höchsten Punkt in der Mitte. Wer auf einer solchen Straße mit großer Geschwindigkeit sicher fahren will, muß stets die Mitte aufsuchen, weil nur in diesem Fall die Räder beider Wagenseiten die gleiche Höhenlage haben. Ist man gezwungen, bei Begegnungen zur Seite auszuweichen, dann kommt der Wagen sogleich in die Gefahr des Abgleitens nach rechts, dem durch fortwährenden Gebrauch des Steuers entgegen gewirkt werden muß.

Bei der neuen Kraftwagenstraße ist je die rechte Hälfte jeder Fahrbahn mit sanfter, nach beiden Seiten absteigender Rundung gebaut. Die linke Hälfte neigt sich mit einem Quergefälle von 1:35 nach innen. Der höchste Punkt jeder Fahr-

bahn liegt nun in der Mitte der rechten Hälfte. Höhengleiche Lage der Räder wird also hier bei strammem Rechtsfahren erreicht; und das ist für den Verkehr am günstigsten, da auf diese Weise Überholungen ohne Belästigung der vorfahrenden Wagen bequem stattfinden können. Wenn der vorfahrende Wagen ins Gleiten geraten sollte, so wird er auf dem schräg angelegten linken Fahrbahnanteil, auf dem er sich befindet, nach innen zu, nach einem mit Rasen bewachsenen Schutzstreifen abgedrängt, so daß er das zu überholende Fahrzeug nicht gefährden kann.

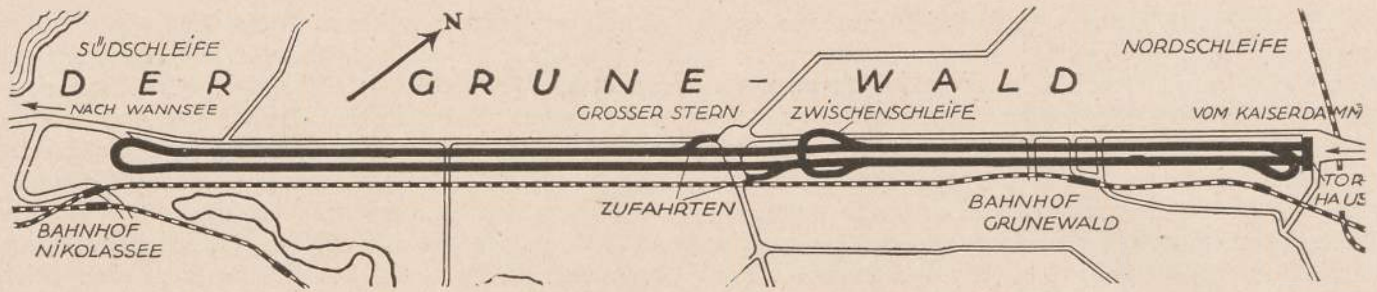
Die Straßendecke ist sehr widerstandsfähig gebaut und so hergestellt, daß Staubbildung nicht eintreten kann. Die Fahrtafel erscheint vollständig eben, ist aber doch nicht so glatt, daß das Rutschen der Räder begünstigt wird. Sie hat eine Unterlage, die aus einer 16 bis 18 Zentimeter starken ausgetrockneten Packlage besteht; darauf ist eine 7 bis 11 Zentimeter hohe Steinschlagschicht gewalzt. Die oberste Deckung ist aus geteertem Kies gebildet. Das hier gegebene Beispiel dürfte auf die Weiterentwicklung des Landstraßenbaus einen nicht geringen Einfluß ausüben, besonders in jener vielleicht nicht mehr allzu fernen Zeit, in der das Pferdefahrzeug verschwunden sein wird.



40. Warntafeln für Kraftwagen

1. Eisenbahnüberführung; 2. Unübersichtliche Straßenkreuzung; 3. Scharfe Gegenkrümmung; 4. Hindernis über den Weg (Wasserrinne oder Hücker)





41. Grundriß der Automobil-Verkehrs- und Übungsstraße (Abus) im Grunewald  
In der Nähe des Großen Sterns Zwischenschleife für Motorrad-Rennen

Die Straßen in den Städten haben von jeher eine sorgfältigere Durchbildung erfahren als die über das Land führenden Verkehrswege. Im allgemeinen wird die Stadtstraße mit weit stärkerem Verkehr belastet sein. Dabei zwingen die Häuser, welche die Umrandung bilden, dazu, auf Geräuschlosigkeit, Staubbefreiheit, Reinheit den größten Wert zu legen. Aufgabe der Stadtstraße ist es nicht nur, ein Durchgangskanal für den Verkehr zu sein, sie hat auch den Häusern, zwischen deren Fronten sie einen tiefen Spalt bildet, Licht und Luft zuzuführen.

Ferner sind die Wagen und Menschen, die sich über die Straßendecke bewegen, nicht das einzige Verkehrsgut, das hindurchgeschafft werden muß. Drunten im Boden liegen die Röhren für Gas, Wasser und die Kanalisation, die Leitungen für elektrischen Starkstrom, für die Fernsprecher, in ganz großen Gemeinwesen auch Rohrpoststränge und Telegraphenleitungen für Feuerwehr und Polizei. Ein Blick auf den Querschnitt einer Berliner Straße (Bild 44) zeigt, daß es drunten nicht weniger lebhaft

zugeht als über dem Asphalt und den Granitplatten der Bürgersteige.

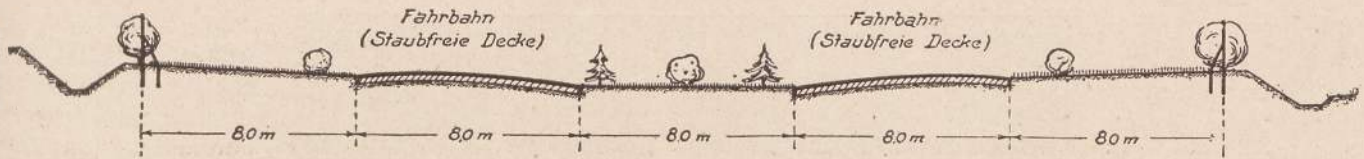
Bei der Anlage von Stadtstraßen und bei der Durchbildung des Straßennetzes in einem großen Gemeinwesen sind Forderungen besonderer Art zu erfüllen. Man kann sagen, daß die Straßen von Häuserreihen begleitet werden; ebenso berechtigt ist aber auch die Anschauung, daß die Verkehrswege in die Häusermasse geschnitten sind. Die beiden Anlagen, in die man eine Stadt geteilt sieht, wenn man sie vom Luftfahrzeug aus betrachtet, die Straßen und die Häuserblocks, haben gleiche Berechtigung. Der Verkehr verlangt bequemen Durchgang für sich, die Häuser aber sollen so gestellt sein, daß ein möglichst gesundes, ruhiges und bequemes Wohnen darin möglich ist. Beide Anforderungen streiten bei der untrennbar engen Verbindung zwischen Häuserreihen und Straßenzügen scharf miteinander. So ist der Städtebau zur Kunst geworden, zu einer sehr schwer zu betreibenden Kunst, die nur von wenigen Meistern mit Glück und wirklichem Erfolg ausgeübt werden kann.



42. Die Südschleife der Automobilstraße im Grunewald aus der Vogelschau

Phot. Deutsche Luftreederei, Berlin





43a. Querschnitt durch die Automobilstraße im Grunewald

Ein bequemes Mittel, um den beiden widerstreitenden Anforderungen möglichst weit entsprechen zu können, ist die Einteilung der Stadt in Verkehrs- und Wohnstraßen. Leider ist diese Sonderung nirgends säuberlich durchgeführt. Man kann eigentlich nur von solchen Straßen sprechen, in denen man die Rücksicht auf den Verkehr, und von anderen, in denen man die Ansprüche der Bewohner vorwiegen läßt. Die Verkehrsstraße fordert glatte Durchführung; sie braucht freilich nicht immer geradlinig zu sein, sondern kann auch in stetiger Krümmung angelegt werden. Die Wohnstraße aber verträgt Winklungen.

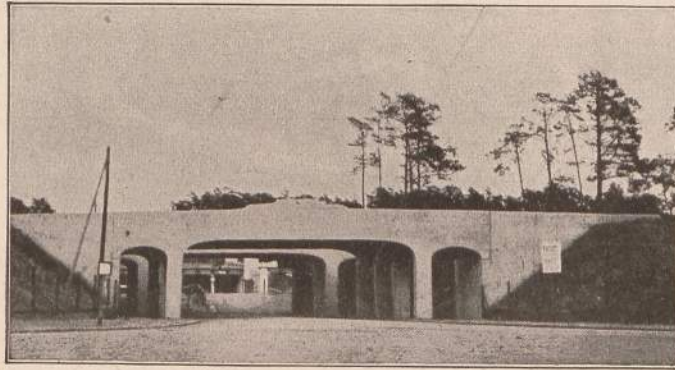
Der ausgezeichnete Städtebau-Künstler Hermann Jansen freilich fordert die scharfe Unterscheidung der einzelnen Wege nach ihrer Verkehrsleistung. Sie sollen in Straßen mit starkem Durchgangsverkehr und in solche geschieden werden, die nur Anfahrt benötigen und nur Anwohner; sie bleiben ungestörte, stille Wohnstraßen, die in sparsamster Weise hergestellt werden können.

Die moderne Verkehrsstraße ist, nach Jansen, nur dann einwandfrei angelegt, wenn sie die Höchstleistung an Schnelligkeit ermöglicht. Dazu gehört aber nicht etwa eine bis ins Übermaß gedehnte Breite der Fahrdämme, Bürgersteige und Promenaden, sondern es müssen lange, geschlossene Wandungen geschaffen werden, die auf weiten Strecken — etwa 500 bis 700 Metern — jegliche Überquerung und mit ihr die Störung und Gefährdung des längsgerichteten Verkehrs

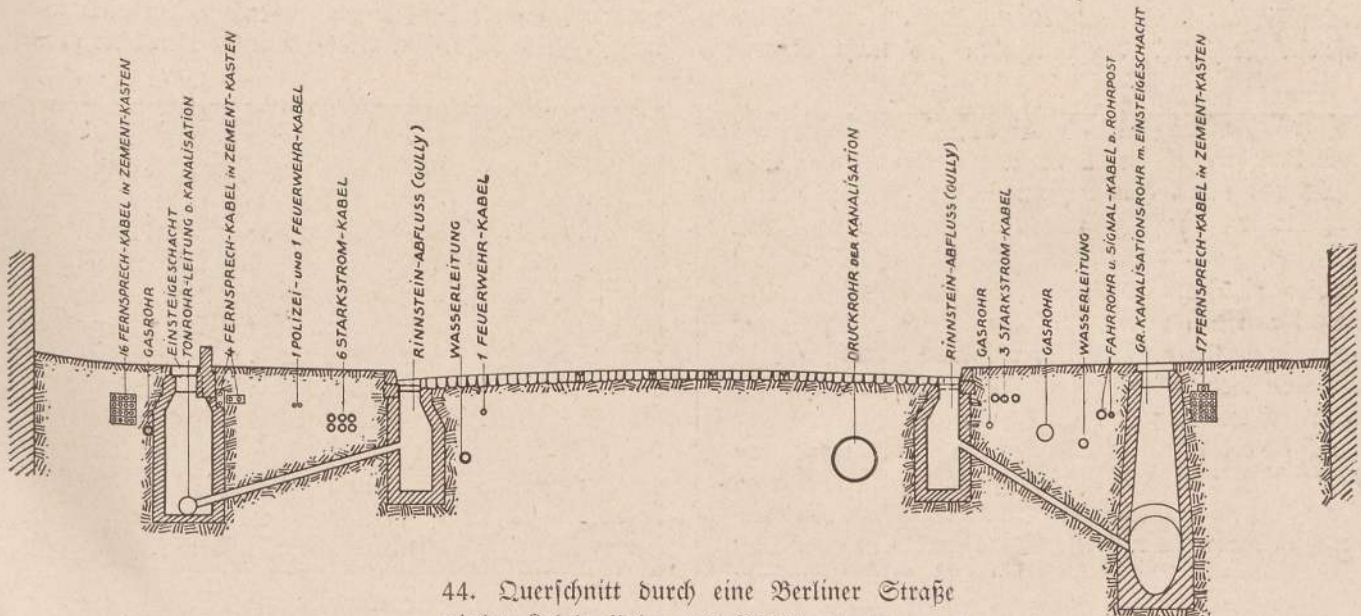
vermeiden. Ähnliches findet man ja auf stark belasteten Eisenbahnstrecken, deren Längsverkehr unter keinen Umständen durch Querverkehr in Gleishöhe gestört werden darf.

Das Gesamtnezz der Hauptverkehrsstraßen ist oft lediglich durch ein systemloses Aneinanderfügen einer Summe parallel zu einander gerichteter Straßenzüge entstanden. Die Durchquerung mit einigen Diagonalen kann hier Abwechslung bringen. Richtiger ist es, ein Straßennezz dadurch zu bilden,

daß die Hauptverkehrspunkte einer Stadt, wie Bahnhöfe, Tore, Brücken, Plätze, wichtige Gebäude, unter sich und mit der Peripherie der Stadt in Verbindung gebracht werden. Es entstehen dann große, zusammenhängende Flächen im Stadtkörper, von verschiedenster, meist schiefwinkliger Form, die je nach der Art der künftigen Besiedlung durch eine Zahl von Nebenstraßen in Wohn-, Geschäfts- oder Industrieviertel weiter zu unterteilen sind. Gerade den Häusern der Neben-

43b. Die kreuzungsfreie Automobilstraße  
Führung über eine querende Landstraße

straßen ist, da sie in der Hauptsache dem ruhigen, gesunden Wohnen dienen, für möglichst lange Zeit des Tages Sonne zuzuführen; am besten geeignet hierfür sind die Südost- und die Südwest-Richtungen. Durch mannigfache, teils gerade, teils gekrümmte Führung und Gliederung der Hauptstraßen wie der Nebenstraßen, durch geschickte Ausbildung der Straßenecken, durch Erweiterung der Straßen zu Plätzen können diese Wege außerordentlich lebendig und abwechslungsreich gestaltet werden. Die größeren Gebäude sind so ins Stadtbild zu stellen, daß sie nicht als Verkehrshindernis wirken. Die glatte

44. Querschnitt durch eine Berliner Straße  
mit den Kabeln, Rohren und Schächten im Untergrund

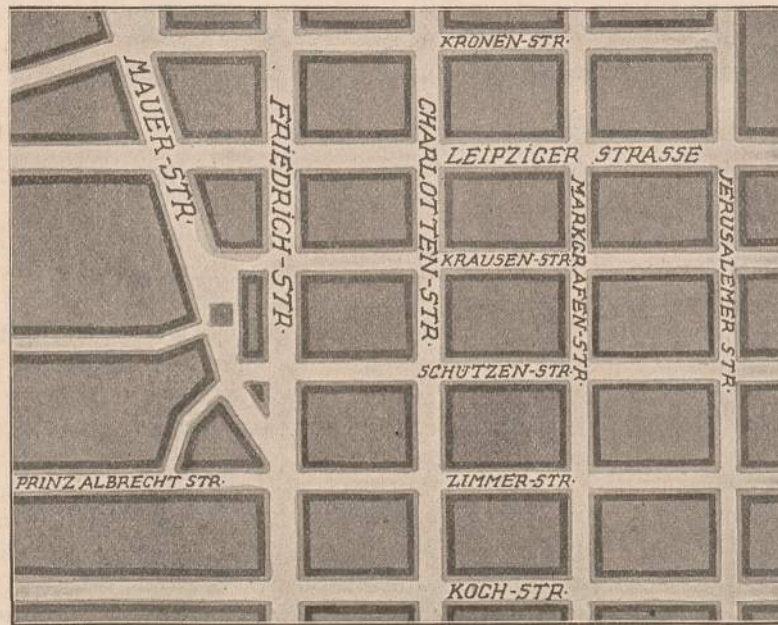


Durchführung des Verkehrs bleibt die wichtigste, unantastbare Forderung. Deshalb ist es wesentlich, dafür zu sorgen, daß den Wagenlenkern die Möglichkeit guter Übersicht über genügend weite Strecke vor ihnen, insbesondere an Straßenkreuzungen gegeben wird. Dieses ist nur dadurch zu erreichen, daß die Ecken der Verkehrsstraßen platzartig zurückgenommen werden, also die Bauflucht der Häuser so weit zurückgelegt ist, daß die Häuserkante etwa 40 bis 50 Meter von der Ecke der beiden sich kreuzenden Fahrdämme entfernt bleibt. Zu

vermeiden ist die spitzwinklige Ecke, da eine befriedigende architektonische Ausbildung für sie nur selten gelingt und ihre Bebauung unwirtschaftlich ist. Die vorteilhafteste Eckausbildung bleibt die rechtwinklige; jedoch kann auch die stumpfwinklige, die sich, zumal bei Hauptverkehrsstraßen, oft nur schwer vermeiden läßt, zu einer schönen, baulichen Gruppierung der Gebäudemassen führen.

Bei streng durchgeführtem Rechteckbau entsteht ein Stadtbild von erschreckender Ede. Von jeder Ecke aus sieht man geradlinige Häuserzeilen sich in die Ferne dehnen. Das Auge findet nirgend Abwechslung, nirgend einen angenehmen Ruhepunkt. Mit allen ihren Schrecken sind solche Anlagen in vielen amerikanischen Städten zu beobachten, die nur nach den Grundsätzen der Möglichkeit gebaut worden sind. In Deutschland ist Mannheim in solcher Weise errichtet worden. Auch die Berliner Friedrichstadt zeigt diese Bauart; glücklicherweise wird aber durch die schiefe Lage der Mauerstraße, die dem Zug der alten Ringmauer folgt, einige Abwechslung hineingebracht.

Straßenkreuzungen mit mehr als vier Zweigen werden zweckmäßig als Plätze ausgebildet. Denn beim Zusammenlaufen vieler Verkehrswege ergeben sich leicht Schwierig-



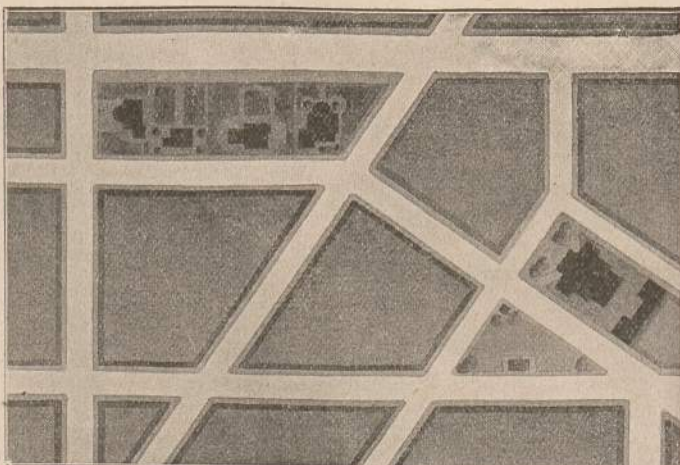
45. Rechteckig gebauter Stadtteil  
Ausschnitt der Friedrichstadt in Berlin

keiten für die Durchleitung der Wagen, so daß bequeme Ausweichmöglichkeiten geschaffen werden müssen. Aus älteren Zeiten, die noch keine Städtebaukunst kannten, haben wir die Zusammenführung sehr vieler Straßenzüge auf engen Plätzen übernehmen müssen, die eigentlich nichts weiter als Lärge, bei den Durchschneidungen von selbst sich ergebende Lücken sind. Es entstehen dann infolge des unvorhergesehenen Riesenzwachstums der Städte die größten Verkehrsschwierigkeiten. Der Potsdamer Platz in Berlin,

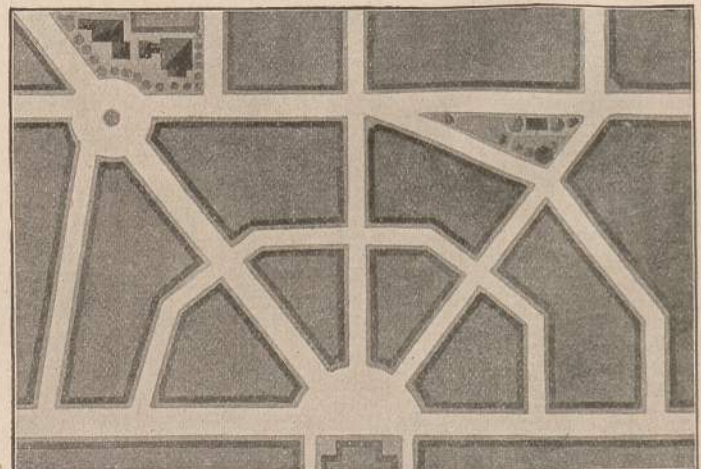
der Bank-Platz in London (siehe Abschnitt 13) sind Beispiele für solche unzureichenden Plazausbildungen.

Doch auch das Gegenteil kann störend wirken. Sehr weite Plätze, die gar nicht unterteilt sind, begünstigen das regellose Durcheinandervahren der Wagen. Der Dammbereich muß hier auf eine Mindestbreite verkleinert werden, erhöhte Schutzinseln sind als Zufluchtsstätten für die Fußgänger einzurichten. Unrichtig ist es, wenn gärtnerische Anlagen auf Plätzen so angeordnet werden, daß sie im Zuge großer, durchlaufender Verkehrsstraßen liegen. Es fehlt dann die Übersicht für die Fahrenden, die Wagen werden zu Umwegen gezwungen, die einen unnötigen Kraftverbrauch darstellen. Der große Belle-Alliance-Platz in Berlin ist ein abschreckendes Beispiel hierfür. Von der Friedrichstraße bis zum Halleischen Tor wäre über den Platz hinweg nur ein kurzer Weg. Die Wagen aber werden gezwungen, einen weiten Halbkreis zu durchfahren, wobei die Kraftwagenlenker unausgesetzt das Lenkrad drehen müssen.

Dagegen sind der Leipziger und der Pariser Platz in Berlin Muster für zweckmäßige Anlagen, weil hier die Hauptstraßenzüge glatt durchlaufen. Ebenso gelten viele unregelmäßige Plätze historischer Städte, wie die Altmärkte zu Leipzig

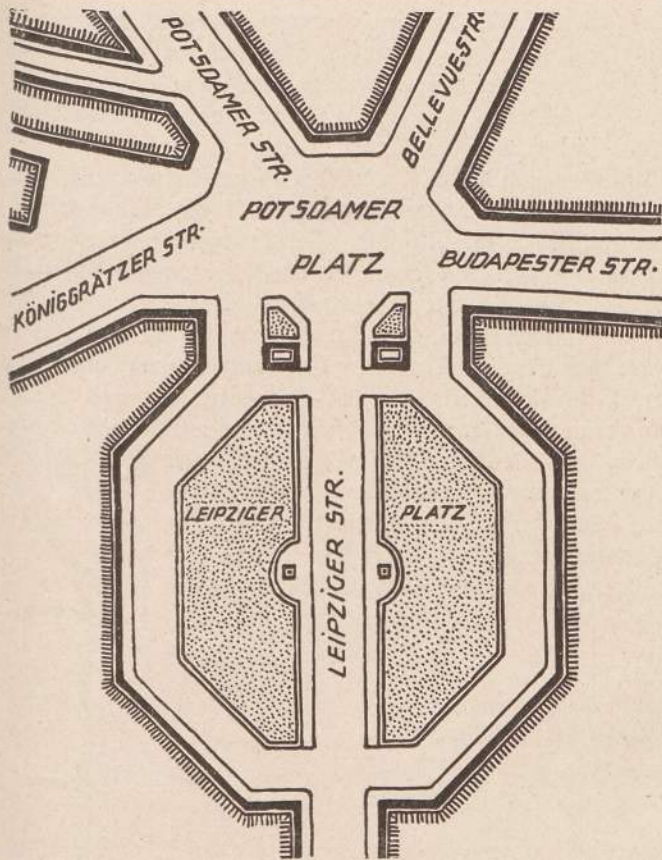


46 a. Winklige Straßenführung

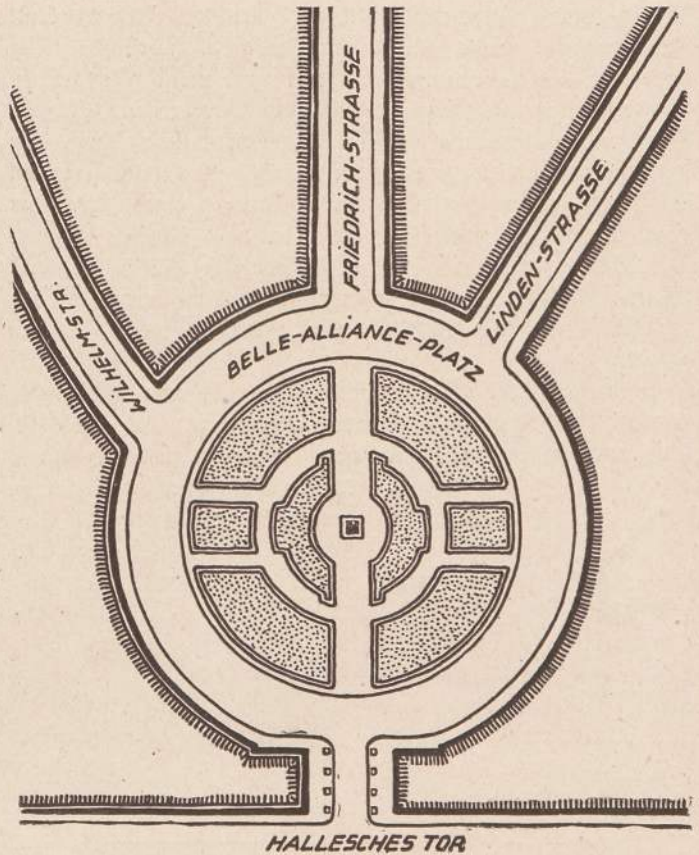


46 b. Radialstraßen mit Ringstraße





47. Potsdamer Platz und Leipziger Platz

48. Belle-Alliance-Platz in Berlin  
als Beispiel einer ungünstigen Anordnung der Schmuckanlage

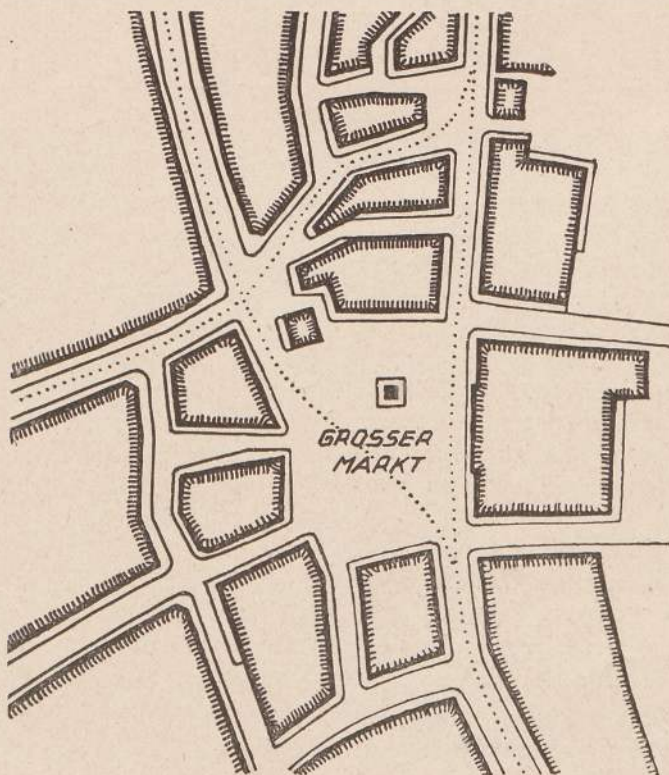
und Brücke, der Ring in Breslau, als vorbildlich, denn auf ihnen findet keine der drei Hauptverkehrsrichtungen ein wesentliches Hindernis.

Nichts in der Welt, nicht einmal die Wüste, gewährt so sehr den Eindruck trostloser Ode wie eine schnurgerade, in unendliche Weite sich dehnende Stadtstraße. Wo eine solche nach dem Lineal durchgebildete Anlage einmal besteht, sollte man versuchen, ihre starre Gleichmäßigkeit durch eingeschaltete Gartenanlagen, durch Tore oder Schmuckbauten zu unterbrechen.

Die Wirkung ist besonders eintönig, wenn die Straße wagerecht bleibt und ihre Wandungen sich im gleichen Abstände und in gleicher Höhe auf 400, 500 Meter und mehr endlos hinziehen. Der Städtebau-Künstler muß auf angenehme Abwechslung bedacht bleiben. Seine wesentliche Aufgabe ist, eine Summe von ästhetischen Eindrücken zu erzielen und diese in künstlerisch wohlthuender Weise auf einander folgen zu lassen. Mit Erfolg geschieht das durch vorsichtige Mischung von geraden und gekrümmten Straßen, durch Wechsel der

Straßenbreiten, durch Einschaltung von Vorgärten und Belebung durch Baum und Strauch, durch gelegentliche Erweiterung der Straßen zu Architektur- oder Grünplätzen, durch Errichtung von überragenden Gebäuden und Gebäudegruppen an bevorzugten Straßenecken und vor allem an Straßeneinknicungen. Diese größeren Häuser, die künstlerischen Höhepunkte der einzelnen Stadtteile, sind in der Zahl zu beschränken und so zu stellen, daß sie von möglichst vielen Seiten her im Straßen- und Platzbild zur beherrschenden Auswirkung kommen.

Ein besonders wichtiges und dankbares Mittel zur künstlerischen Belebung des Stadtbildes ist die Herstellung der Beziehung zwischen den Häusermassen und der sie umgebenden Landschaft. Sie wird dadurch geschaffen, daß Fernblicke von den Straßen und Plätzen hinaus auf Hügel, Wälder, Höhenzüge, hochragende Burgen freigehalten werden, wie das in Salzburg, Heidelberg, Innsbruck geschehen ist. Der Straßenwanderer erhält auf diese Art mit einfachsten Mitteln ständige geistige Anregung, die ihn den ermüdenden

49. Der Große Markt in Brügge  
als Beispiel einer verkehrstechnisch richtigen Anlage

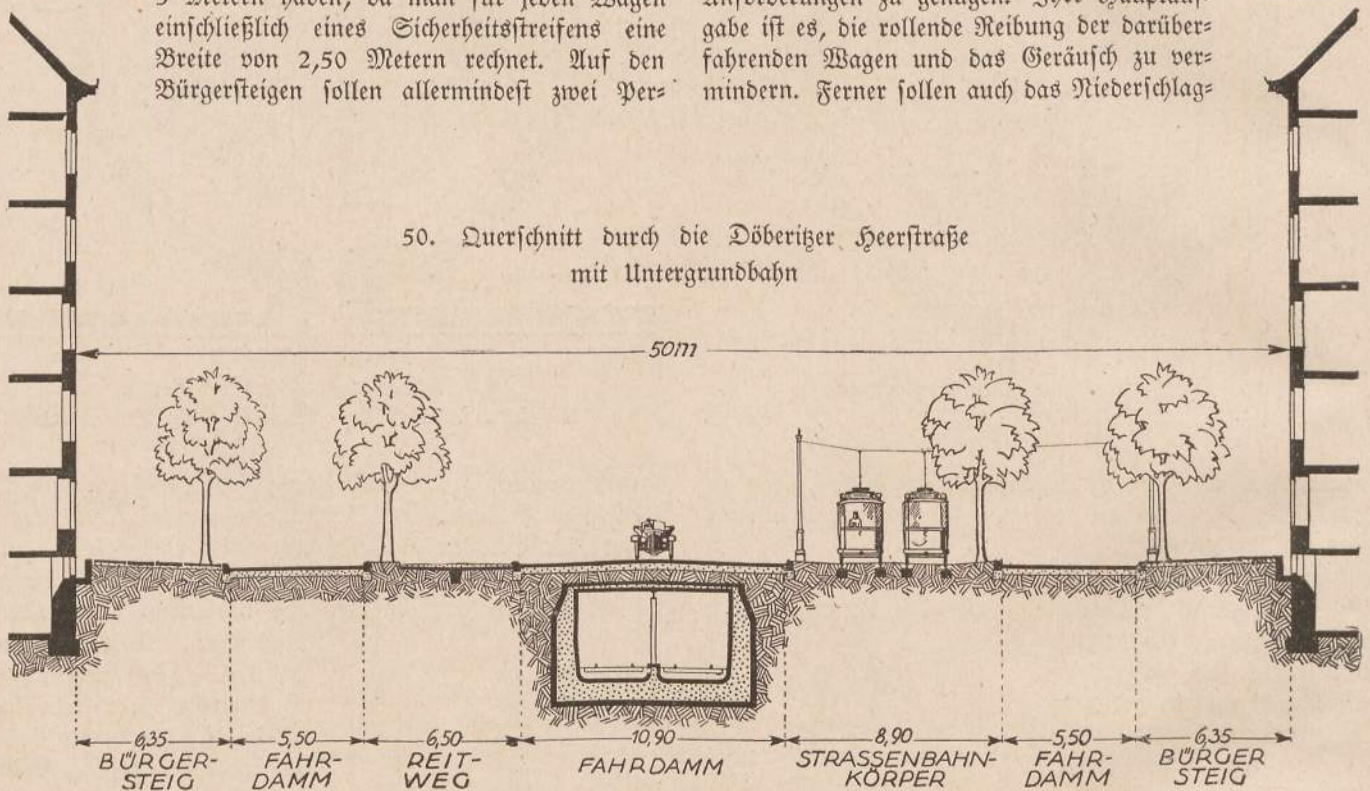


Marsch durch Lärm und Gedränge leichter ertragen läßt. Die weitaus größte Zahl der Stadtstraßen ist dreiteilig angelegt: ein Fahrdamm wird von zwei meist gleichartigen Bürgersteigen eingefasst. Nur bei sehr breiten Straßen findet man Einteilung in fünf Streifen, indem durch Anlage einer Mittelpromenade zwei Fahrdämme gebildet werden. In Prachtstraßen geht man durch Einfügen eines Reitweges oder Ausbildung zweier Promenaden noch darüber hinaus. Die Döberitzer Heerstraße, der gewaltige Ausfallweg im Westen Berlins, eine der großartigsten Straßenanlagen auf der Erde, ist, wie Bild 50 zeigt, gar in sieben Streifen geteilt.

Damit auf der Straße zwei Wagen bequem aneinander vorbeifahren können, muß der Fahrdamm, wie schon bei den Landstraßen bemerkt wurde, eine Breite von mindestens 5 Metern haben, da man für jeden Wagen einschließlich eines Sicherheitsstreifens eine Breite von 2,50 Metern rechnet. Auf den Bürgersteigen sollen allermindest zwei Per-

sohnung durch ihre leichtere Belegung bequemer aufzubrechen. Ist es doch bei ihnen nicht notwendig, Rücksicht auf große Druckbelastungen zu nehmen; es genügt, wenn ihre Belegung glatt ist, eine leichte Reinigung gestattet und das Niederschlagswasser schnell abfließen läßt.

Als Belegung der Steige werden Kleinpflaster, Gußasphalt, meist aber Platten verwendet, die aus Steinbrüchen gewonnen oder künstlich hergestellt sind. Die Promenadenwege werden mit einer Kiesschicht abgedeckt, die durch Walzen oder Stampfen gut gedichtet ist. Sie erhalten stets eine Wölbung, damit sie nach Regen rasch abtrocknen. Für die Reitwege verwendet man lockere Kies- oder Grobsandschüttung, am besten auf Kleinschlagunterlage. Zur Staubverminderung werden zähfaserige Stoffe, wie Sägemehl oder Gerberlohe, beige mischt. Die Decke der Fahrdämme hat vielen und schweren Anforderungen zu genügen. Ihre Hauptaufgabe ist es, die rollende Reibung der darüberfahrenden Wagen und das Geräusch zu vermindern. Ferner sollen auch das Niederschlags-



sonen bequem aneinander vorbeigehen können. Hierzu ist eine Breite von etwa 1,50 Metern notwendig. Es ergibt sich also für eine neuzeitliche Straße eine Mindestbreite von 8 Metern. In Wirklichkeit aber wird man dafür sorgen, daß auch dann noch zwei Wagen vorbeifahren können, wenn an jeder Bürgersteigkante ein Wagen hält.

Das preußische Fluchtlinien-Gesetz von 1875 schreibt denn auch für Nebenstraßen eine Breite von 10 bis 20 Metern, für Verkehrsstraßen mittlerer Art 20 bis 30 Meter und für Hauptverkehrsstraßen eine Breitenabmessung von mehr als 30 Metern vor.

Damit die Versorgung der Häuser mit Licht und Luft nicht zu karg ist, sollte die Straßenbreite niemals eine geringere Meterzahl haben als die Höhe der Häuser.

Die Bürgersteige werden vielfach breiter gehalten, als der Verkehr auf ihnen es notwendig macht, da sie Platz für die Unterbringung vieler Leitungen gewähren müssen. Man legt Gas- und Wasserröhren, Kabel für elektrischen Strom und andere Durchführungen nicht gern unter den Fahrdamm, damit die öfter notwendigen Aufgrabungen den Fahrzeugverkehr nicht stören. Außerdem sind die Bürgersteige wegen

und das Sprengwasser schnell abfließen können. Die Decke muß undurchlässig sein, damit die in dem Straßenschmutz enthaltenen Keime nicht in den Boden eindringen und diesen verfeuchten, sondern immer wieder mit dem Schmutz fortgeschafft werden. Hierzu ist eine möglichst ebene, geschlossene Fläche am besten geeignet, jedoch darf diese nicht zu glatt sein, damit die Pferde sicher auftreten können und die mit Gummireifen versehenen Kraftwagen nicht schleudern.

Notwendig ist ferner eine möglichst gleichmäßige Durchbildung der Straßendecke, da sonst durch verschiedene starke Abnutzung Unebenheiten entstehen. Das Pflaster soll auch lange Dauer haben, weil nichts für den Verkehr in einer Stadt lästiger ist als fortwährende Pflasterarbeiten. Es gibt keine Art der Straßenbefestigung, die all diesen Anforderungen entspricht; jede der Deckarten hat ihre Untugenden.

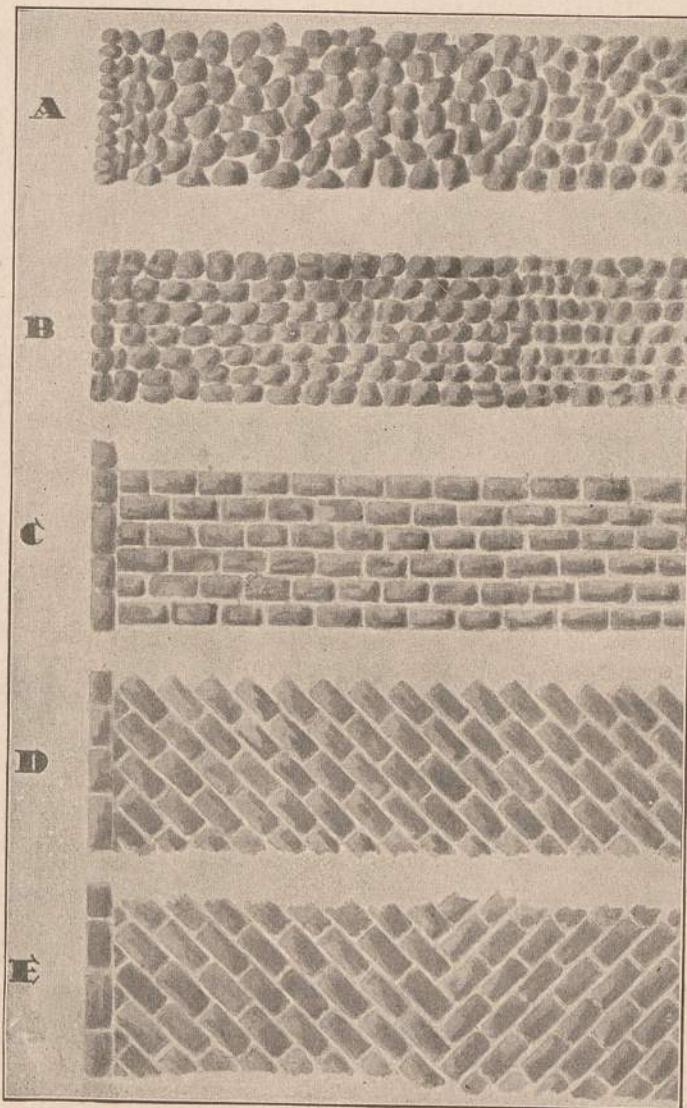
Am weitesten verbreitet ist die Steinpflasterung. Bei sorgfältiger Herstellung wird sie auf eine Unterbettung gelegt, die eine gewisse Elastizität herbeiführt. Die Güte des Steinpflasters durchläuft eine lange Stufenleiter. In kleinen Städten findet man das Schiebepflaster, unbearbeitete



Steine, die unregelmäßig in den Sand gesetzt sind. Bei dem Reihenschiebepflaster ist wenigstens für eine geordnete Zusammenstellung der Steine gesorgt, jedoch entsteht wegen der runden Köpfe auch hier noch durchaus keine ebene Fahrbahn. Nur wenn die Steine in Beschaffenheit und Größe übereinstimmen, wenn die Breiten der einzelnen Steine und der Reihen untereinander gleich sind, entsteht ein gutes Pflaster, über das die Wagen leicht hinwegrollen können. Gleichmäßig behauene, regelmäßig aneinander gesetzte Steine verhindern vor allem das Kippen des Pflasters in der Fahrtrichtung der Wagen; tritt solche Verschiebung ein, dann erhält die Straßendecke leicht eine sägeartige Form, auf der die eisenbereiften Räder ein unerträgliches Geräusch hervorbringen.

Eine gute Reihenspflasterung besteht aus Steinwürfeln, die aber diesen geometrischen Namen eigentlich nicht verdienen, da ihr Querschnitt andere Form zeigt als der Längsschnitt; sie stellen vierseitige Prismen dar, die meist eine Höhe von 15 bis 20 Zentimetern, eine Breite von 9 bis 12 und eine Länge von 12 bis 15 Zentimetern haben. Sie liegen auf einer Unterbettung aus Sand, Kies oder Stein Schlag. Bei schlechtem Untergrund ist das Unterlegen einer Packlage notwendig. Die Steine werden so angeordnet, daß ihre kürzeste Erstreckung in der Fahrtrichtung liegt, da Vergrößerung der Fugen Zahl den Pferdehufen einen sicheren Auftritt ermöglicht.

Die Fugen zwischen den einzelnen Steinen der einen



51. Arten der Steinpflasterung

A. Schiebepflaster; B. Reihenschiebepflaster; C. Reihenspflaster; D. Diagonalpflaster; E. Fischgrätenpflaster



52. Aufstampfen und Walzen des Asphalts mit angewärmten Werkzeugen

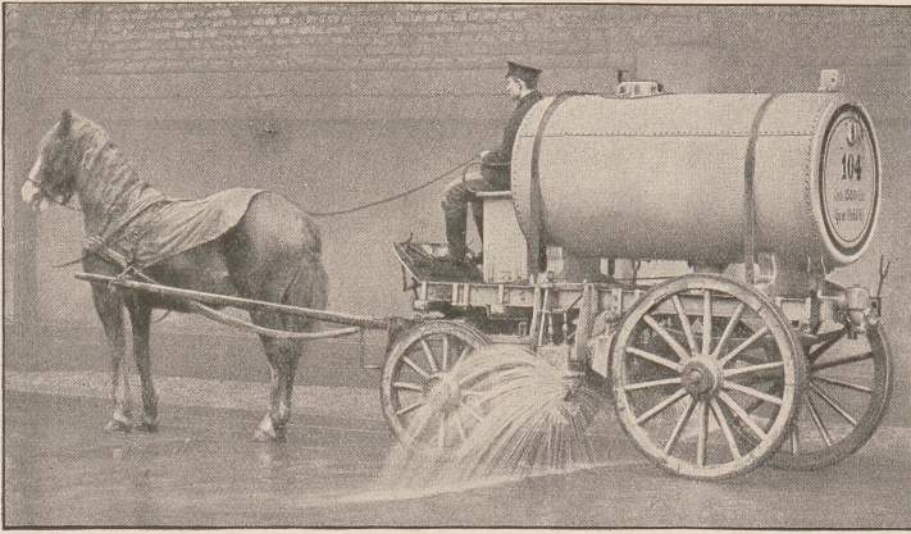
Phot. W. Tizenthaler, Berlin

Reihe müssen von den Steinen der nächsten Reihe überdeckt werden, so daß ein fester Verband wie bei Mauerwerk entsteht. Die Reihen werden größtenteils senkrecht zur Straßenachse gelegt. Diagonale Anordnung der Steinreihen, die man hier und da findet, verringert die Abnutzung nicht, wie man erwartet hat, sie verteuert nur die Pflasterung, da an den Ranten, dort wo das Pflaster an die Bordsteine stößt, Steine von besonders zugehauener Form eingesetzt werden müssen. Einen hübschen Anblick gewährt die Fischgrätenpflasterung, das sind zwei schräge Reihen, die in der Straßenmitte zusammenstoßen; die höheren Kosten dieser Anordnung werden jedoch gleichfalls nicht durch ausreichende Vorzüge vergolten.

Beim Beginn einer Neupflasterung werden zunächst einige Richtsteine so auf der fertigen Unterbettung verlegt, daß ihre Rücken die genaue Höhe des fertigen Pflasters angeben. Nun setzt man die übrigen Steine in regelmäßigem Verband ein und verspannt sie durch Hammerschläge gegeneinander. Zunächst ragt das neugesetzte Pflaster noch etwa zwei Zentimeter über die Richtsteine hinaus. Die endgültige Höhe erhält es dann durch Einstampfen mittels schwerer Handrammen.

Holzpflaster wird überall da angewendet, wo großer Wert auf Geräuschfreiheit gelegt wird, Asphalt aber wegen zu starker Neigung der Straße nicht benutzt werden kann. Sehr häufig findet man das Holzpflaster daher auf den Brücken-Anrampungen in großen Verkehrsstraßen und auf





53a. Sprengwagen der Stadt Berlin

Phot. W. Tizenthaler, Berlin

den Brücken selbst, für die es wegen seines geringen Gewichtes noch besonders geeignet ist. Es besteht aus einzelnen Klözen, welche dieselbe Form haben wie die Pflastersteine, aber kleiner gehalten sind. Das Holzpflaster wird stets auf einer Betonunterlage verlegt, die das Aufsteigen der Bodenfeuchtigkeit verhindert.

Die Klöße werden aus harzreichen, langsam wachsenden Bäumen, wie Kiefer, Fichte und Tanne, geschnitten, und zum Schutz gegen die Fäulnis mit konservierenden Flüssigkeiten getränkt. Die Verlegung erfolgt so, daß die Holzfasern senkrecht stehen, die Wagen also über das Hirnholz hinwegfahren. Beim Einsetzen pflegt man die Klöße jeder einzelnen Reihe hart aneinander zu legen. Zwischen

können, 15 Jahre lang dem Verkehr zu dienen. Ausbesserungen sind freilich häufig notwendig. Es muß eine schärfere Beaufsichtigung der Decke stattfinden als bei jeder anderen Pflasterart.

Die Königin unter den Verkehrswegen ist die Asphaltstraße. In ihr sehen wir eine hohe Zahl der Forderungen erfüllt, die an ein Pflaster gestellt werden können. Eine vollkommen fugenlose, gleichförmig sich breitere Platte deckt den Fahrdamm ab, die Räder rasseln nicht, der Schlag der Pferdehufe ertönt gedämpft auf der elastischen Schicht, der Schmutz findet keine Ritzen, in denen er sich den Reinigungsmaßnahmen entziehen kann. Das Niederschlags- und das Sprengwasser fließen raschest ab, nirgend können die Reime in den Boden gelangen.

Die Widerstandsfähigkeit dieser Art der Pflasterung ist sehr groß; selbst der schwerste Verkehr schleift während eines Jahres nicht mehr als 3 bis 4 Millimeter von der Decke ab. Hätte das Schicksal es nicht in böser Laune gefügt, daß der Asphalt, besonders wenn er naß ist, eine zu große Glätte besitzt, dann gäbe es in allen Städten, welche die etwas höheren Kosten nicht zu scheuen brauchen, nichts anderes mehr als diese im schönsten stumpfen Grau schimmernden Fahrplatten. Leider aber kann man den Asphalt auf Straßen, die eine stärkere Steigung haben als 1:60, nicht mehr anwenden. Auch bei wagerechter Straßenerstreckung gleiten die Pferde auf ihm leicht aus. Am häufigsten kommen Stürze beim Übergang vom rauen Steinpflaster auf den Asphalt vor, da die Tiere sich jedesmal erst wieder an die Glätte der Bahn gewöhnen müssen. Je mehr zusammenhängende Asphaltstraßen eine Stadt besitzt, desto geringer wird daher die Zahl der stürzenden Pferde.

Wie das Holzpflaster wird auch die Asphaltdecke auf einer Betonunterbettung verlegt. Diese nimmt die Drücke der Wagenlasten auf, der Asphalt ist nur die Schutzschicht, die

53b. Kehrmachine mit Bürstenwalze für Steinpflaster  
Im Gebrauch der Stadt Berlin. Phot. W. Tizenthaler, Berlin



allein der Abnutzung unterliegt. Der Grundstoff, aus dem die Masse bereitet wird, ist der natürliche Asphaltstein, ein von Bitumen oder Erdpech durchzogener Kalkstein, der auf deutschem Boden in Limmer bei Hannover, bei Borsowle in Braunschweig, besonders häufig aber in Sizilien und im Jura Gebirge bei Neuchâtel gefunden wird. Der Asphalt wird aus dem Stein gezogen, die so gewonnene Masse zu Pulver zermahlen, auf 150 Grad erwärmt und in einer 7 Zentimeter starken Schicht auf den vollkommen trockenen Beton aufgegeben und festgestampft.

Das Stampfen muß mit erwärmten Werkzeugen geschehen, damit das Pulver nicht daran festbackt. Die Decke wird alsdann mit eigentümlich geformten Eisen glatt gebügelt und durch Walzen weiter befestigt. In die eisernen Walzen hängt man Körbe mit brennendem Koks, um ihre Wände warm zu halten. Die Arbeiten müssen sorgfältig ausgeführt werden und können nur von erfahrenen Werkleuten vorgenommen werden. Sofort nach dem Erkalten kann die Asphaltdecke dem Verkehr übergeben werden. Sie verdichtet sich unter dem Druck der Räder immer mehr.

Neben dem Stampfasphalt, von dem wir eben gesprochen haben, ist auch der Gußasphalt in Anwendung. Er wird unmittelbar aus dem Asphaltstein durch Schmelzen hergestellt, ist aber wegen seiner Weichheit und des ungleichartigen Gefüges für Fahrdämme kaum zu verwenden. Bei uns wird er häufiger als Belag für Bürgersteige gebraucht und allenfalls zum Ausfüllen kleiner Fehlerstellen auf den Fahrbahnen.

Eine Entwässerung der Stadtstraßen durch offene Rinnsteine, die den Landstraßen-Gräben ähneln, findet man nur noch in kleinen Orten. In größeren Gemeinwesen fließt das Wasser nach kurzem Lauf an den Bordsteinen in Kanäle, die mit den Abwasserleitungen in Verbindung stehen. Bei der Anlage der Straßendecken wird sorgfältig acht darauf gegeben, daß sie sich sowohl im Längsschnitt wie im Querschnitt zu diesen Abflußöffnungen hin senken.

Für das Besprengen und Reinigen der Straßen in den Städten werden mehr und mehr Maschinen angewendet.

Zur Sprengung braucht man für das Quadratmeter Straßenfläche  $\frac{1}{2}$  bis 1 Liter Wasser, jährlich also etwa 160 Liter, da die Besprengung ja nur in der warmen Jahreszeit stattfindet. Der Sprengwagen hat, nachdem seine Form jahrzehntelang unverändert geblieben war, in der letzten Zeit eine lebhaftere Entwicklung durchgemacht. An die Stelle des Rohres, welches das Sprengwasser in müden Strahlen nach hinten austreten ließ, sind jetzt sorgfältig ausgeführte Brausen getreten, die aus einem möglichst hoch gelegten Behälter gespeist werden, so daß die Flüssigkeit kräftig ausspricht und ein weites Gebiet befeuchtet. Immer häufiger sieht man auch an Stelle der von Pferden gezogenen Sprengwagen solche mit elektrischem Antrieb, die sich vortrefflich bewähren haben.

Beim Abkehren der Straße mit Handbesen bewältigt ein Mann in der Stunde 400 bis 600 Quadratmeter, eine Kehrmaschine aber kann in der gleichen Zeit



54a. Elektrische Straßen-Spreng- und Kehrmaschine  
Phot. W. Tizenthaler, Berlin

8000 Quadratmeter reinigen. Für Steinpflaster werden Fegemaschinen mit Bürstenwalzen verwendet, die schräg gestellt sind, so daß sie den Kehricht zur Seite schieben. In breiten Straßen fahren mehrere solcher Kehrmaschinen in schräger Reihe hintereinander, so daß jede folgende den Schmutz, den die vorauffahrende zur Seite gefegt hat, noch näher an die Straßenkante befördert. Das endgültige Zusammenkehren erfolgt von Hand. Die Drehrichtung der Bürstenwalzen ist der Fahrtrichtung entgegengesetzt.

Während den Bürstenkehrmaschinen Sprengwagen vorauffahren müssen, damit kein Staub entwickelt wird, sind zum Reinigen von Asphaltstraßen Waschmaschinen im Gebrauch, die das Sprengen und Reinigen gleichzeitig vornehmen. Aus einem geräumigen Wasserbehälter wird stets genügend Feuchtigkeit vor die Walzen befördert, die aus schräggestellten Gummilatten bestehen und den Asphalt spiegelblank schaben.



54b. Kehrtrupp in einer Berliner Asphaltstraße

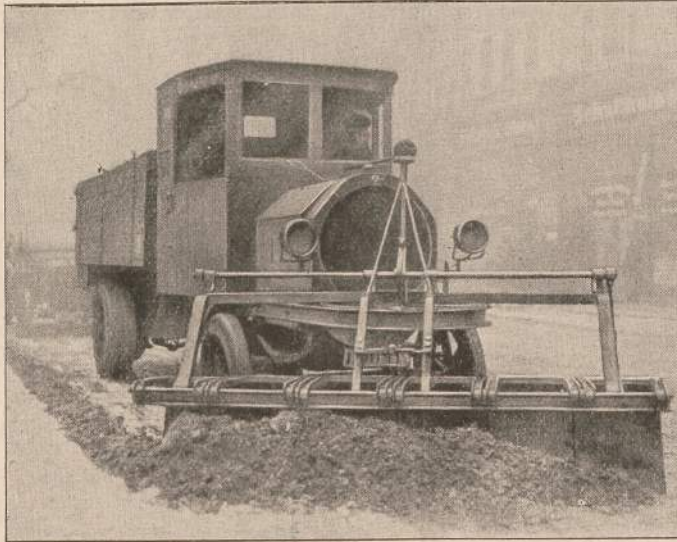
Phot. W. Tizenthaler, Berlin



Eine große Sorge für die Stadtverwaltungen bildet die Beseitigung des Schnees. Hat doch Berlin in manchem Jahr hierfür annähernd 300 000 Mark ausgeben müssen. In verkehrsarmen Straßen begnügt man sich auch in Städten damit, den Schnee wie auf den Landstraßen mittelst Schneepflugs zur Seite zu schieben. Wo aber starker Verkehr herrscht, muß die ganze Straßenbreite freigemacht werden. Vielfach geschieht dies dadurch, daß der Schnee in die Schächte der Kanalisation geworfen wird. Deren Rohre führen meist warmes Wasser, so daß der Schnee darin rasch zerschmilzt. Es kommen jedoch durch den eingeschlossenen Schmutz so starke Verunreinigungen in die Kanäle, daß diese verstopft werden können. Die Schneeabfuhr ist daher keineswegs ganz zu entbehren. Ein vorzügliches Beispiel für die Straßenreinigung einer Weltstadt bieten die Einrichtungen der Stadt Berlin. Hier sind die Lasten der Straßenreinigung den Anliegern von der Gemeinde abgenommen. Nur die Schneeabfuhr auf den Bürgersteigen liegt noch den Hausbesitzern ob. Das Gebiet der alten Stadt Berlin, die jetzige Innenstadt also ohne die eingemeindeten Vororte, ist in 33 Reinigungs-Abteilungen zerlegt. Jeder Bezirk besitzt eine Sammelstelle mit Fahrzeugschuppen, Schmiede- und Stellmacherwerkstatt für kleinere Ausbesserungen an den Arbeitswagen

und Geräten, Bekleidungskammer und Gerätelager. Von den Sammelstellen wird die Reinigung der Straßen vorgenommen, die in Berlin wegen des vortrefflichen Pflasters ziemlich leicht ist. Das gesamte Straßengebiet, das bearbeitet wird, umfaßt ungefähr  $11\frac{1}{2}$  Millionen

Quadratmeter. Die verkehrsreichsten Straßen werden wöchentlich sechsmal, die minder verkehrsreichen dreimal und die besonders verkehrsarmen, neu angelegten Straßen zweimal wöchentlich gefäubert. Die täglich zu reinigende Fläche beträgt ungefähr  $7\frac{1}{2}$  Millionen Quadratmeter, umfaßt also etwa  $\frac{2}{3}$  des Straßengebiets. Außerdem werden sämtliche Straßen durch fliegende Reinigungsmannschaften in Ordnung gehalten, die Asphalt- und Holzpflasterstraßen erhalten durch Straßenwaschmaschinen und Arbeitsburschen eine besondere Pflege. Der Kehricht, der in



55. Schneepflug in einer Stadtstraße  
Phot. W. Tisenthaler, Berlin

gedeckten Wagen abgefahren wird, besteht hauptsächlich aus Verkehrsabfällen, d. h. aus tierischen Ausscheidungen, Stoffen, die von undichten Fahrzeugen hinabgefallen sind, aus fortgeworfenem Papier, ferner aus zerfahrenem Streufes und aus Wasser. Die Beseitigung des Straßenkehrichts, wovon in Berlin jährlich rund 170 000 Kubikmeter anfallen, ist eine Aufgabe von großer wirtschaftlicher und gesundheitlicher Bedeutung. Die Jahreskosten für die Abfuhr betragen bis 1914 rund  $11\frac{1}{2}$  Millionen Mark.





Sänfte und Wagen aus dem elften Jahrhundert

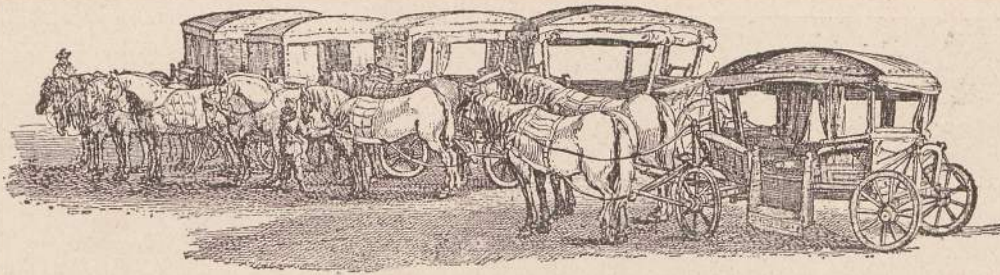
Ausschnitt aus dem Wandteppich von Bayeux, der im Jahre 1066 zur Erinnerung an die Eroberung Englands durch den Normannenerzog Wilhelm, genannt der Eroberer, hergestellt wurde. (Zu den Seiten 43 und 45.)



## 9. Der Wagen

---





### 56. Die ersten Droschken

in Paris, Fiaker genannt. Sie waren am Ende des siebzehnten Jahrhunderts in Gebrauch.  
Nach einem Stich von Jan van de Velde

Der Mensch hat die Straße gebaut, um sich bequemer über die zerklüftete Oberfläche seines Heimatsterns bewegen zu können. Schnell vorwärts zu kommen, geschwind zu seinem Ziel zu gelangen, ist sein Bestreben. Zur raschen Überwindung des Raums genügt aber die Schaffung der ebenen Bahn allein nicht, denn die Fortbewegungswerkzeuge, welche die Natur dem Menschen an den Körper geheftet hat, stehen in einem trübseligen Gegensatz zu den stürmischen Flügeln, die dem Denken verliehen wurden. Der Geist ist willig, aber das Bein ist schwach. Mit Blitzesschnelle, wie das Volk sagt, schweifen die Gedanken über die Erde; der Körper des Fußwanderers folgt in unendlichem Abstand mühselig nach.

Auch diese Betrachtung zeigt, wie zahlreiche andere, daß die Natur keineswegs die gütige Allmutter ist, als welche sie oft bezeichnet wird. Wir beugen uns ehrfurchtsvoll vor ihren ewigen ehernen Gesetzen, deren Zweck wir nicht kennen, deren Bann aber unentrinnbar ist. Doch dürfen wir es wagen, Einzelfälle ihres Gesamtwerks zu verbessern, und deshalb steht uns auch ein Recht der Kritik diesen gegenüber zu.

So finden wir denn, daß die Natur die Fortbewegungs-Einrichtungen am Körper der Tiere einschließlich des Menschen recht stümperhaft gefügt hat. Das Gehen (Bild 57) ist eigentlich nichts anderes als ein ständig verhindertes Fallen. Bei jedem Schritt wird das gesamte Körpergewicht um ein Stück angehoben, um sogleich wieder hinabzusinken. Diese Hebearbeit und die immer wieder notwendige Abbremsung des niederfallenden Gewichts sind umsonst geleistet. Der Körper des gehenden Menschen ist als ein stehendes Pendel aufzufassen, dessen Drehpunkt die Sohlenmitte des jeweils aufgesetzten Fußes ist. Immer wieder kippt dieses Pendel, und der Mensch würde fallen, wenn nicht der andere Fuß, dessen Mitte nun alsbald zum Pendeldrehpunkt wird, inzwischen vorgelegt worden wäre. Auch die Arbeit, die wir bei jedem Schritt durch das Vorschwingen des

Beins zu leisten haben, ist verloren. So kann sich der wandernde Mensch nur in einem höchst unwirtschaftlichen Laumelgang über die Straße bewegen. Die bisher erreichte Höchstgeschwindigkeit im sportlichen Laufen, also bei höchster, nur kurze Zeit durchzuhaltender Anstrengung, beträgt kaum 17 Kilometer in der Stunde.

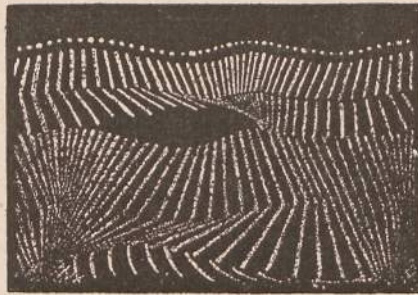
Dabei gibt es eine einfache Fortbewegungsvorrichtung, die frei von unausgeglichenen Gewichtshebungen und jedem toten Gang ist. Der Mensch hat sie erfunden, als seine Gattung noch recht jung war und auf einer sehr niedrigen Stufe der Kultur stand; der Natur ist sie bei ihrer unabsehbar langen Entwicklungsarbeit niemals eingefallen.

Diese Vorrichtung ist das Rad.

Seine Schaffung bedeutet den ersten Sieg des Menschen über den Raum, den er bezwingen möchte. Das Rad mit seiner in sich selbst zurückkehrenden Kranzlinie ist das Symbol der Unendlichkeit; es hat keinen Anfang und kein Ende.

Als Stütze auf den Boden gesetzt, frißt es bei der Fortbewegung in ewiger Gleichmäßigkeit den Raum und die Zeit in sich hinein. Wie das Weltall kennt es kein Oben und kein Unten. Es trägt die Lasten und den Körper des Menschen auf gekrümmtem Rücken und scheint doch immer gerade gestreckt den vorgeschriebenen Weg zu verfolgen. Die Zusammenfassung einer Vielzahl von Rädern ergibt den Wagen; dieses Gerät erst ermöglicht eine sinnvolle Benutzung der Straße, die für seine Fortbewegung errichtet ist.

Die Zeit, in welcher der Mensch das Rad erdacht hat, liegt in unkenntlicher Finsternis, weit vor dem Beginn der Geschichte. Wenn diese anhebt, sind unsere Vorfahren längst im Besitz dieses in seiner Wichtigkeit nicht zu überschätzenden Werkzeugs. Mangels jeglichen Berichts darüber können wir über die Art der Entstehung des Rads nicht sagen: „So ist es gewesen!“, sondern nur: „So könnte es gewesen sein!“ Wie die Vorstellungskraft eines Dichters das fernabliegende Geschehnis sieht, zeigen uns Abschnitte aus dem Buch



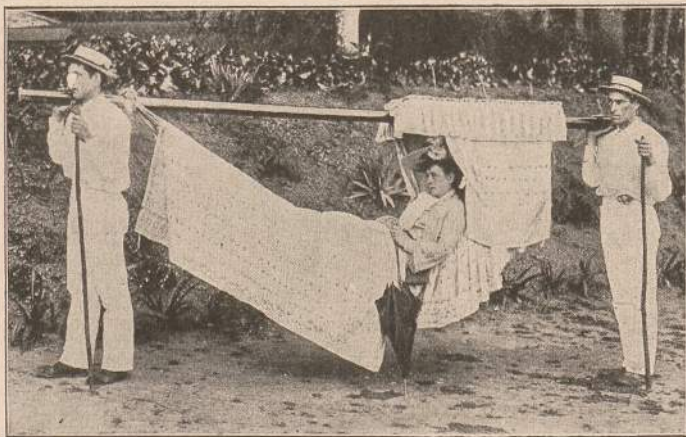
57. Wie der Mensch geht  
Reihenbild der Bewegungen der rechten Körperhälfte während eines Schritts. Aus Boruttau „Die Arbeitsleistungen des Menschen“



### 58. Römische Sänfte

Die gegabelten Stöcke dienen zum Aufstützen der Last, wenn die Träger ermüdet sind. Aus Ginzrot „Die Wagen und Fuhrwerke der Griechen und Römer“





59a. Sänfte mit Sonnendach von der Insel Madeira

Johannes B. Jønsens „Der Gletscher“, das von den Kämpfen der Menschheit während und nach der letzten großen Eiszeit handelt.

Hvidbjørn ist ein Urenkel Drengs, des ersten Erfinders. Sein trachtender Sinn hat ihm als erstem den Gedanken eingegeben, das Pferd vor das einfachste aller Fahrzeuge zu spannen, das als Vorläufer des Wagens anzusehen ist.



59b. Schlittenfahrt unter heißer Sonne  
Weg vom Monte nach Funchal auf Madeira, der mit glatten  
Basaltsteinen gepflastert ist

„Hvidbjørn fängt die Pferde ein, zählt sie, und der Schlitten von den alten Tagen auf dem Gletscher wird wieder hervorgeholt! Und tausend geht im Winter die Fahrt über die endlosen Schneefelder.“

„Aber im Sommer weiß Hvidbjørn mit dem Schlitten gar nichts anzufangen. Er sinnt.“

„Er sinnt immer wieder. Also — diese Rollen, auf denen er seine Boote immer ins Meer laufen läßt! Wenn man nun unter dem Schlitten ein rundes Holz befestigte, das mitliefe und sich unter den Rufen drehte? Hvidbjørn bringt die Rolle gar nicht mehr aus dem Kopf. Er probiert — er legt um die Enden einer dicken Holzrolle Riemen und hängt sie unter den Schlitten. Aber die Riemen halten fest und wollen die Rolle nicht sich drehen lassen. Schließlich braucht sie ja auch gar nicht der ganzen Länge nach die Erde zu berühren. Hvidbjørn zimmert sie ganz dünn, bis auf die beiden Enden, und sie hängt nun wirklich fest; aber die Sache hat doch keine Art, bis er an Stelle der Riemen in die Rufen Löcher bohrt und den dünnen Teil der Rolle hineinsteckt. Jetzt konnte der Schlitten tatsächlich auf der nackten Erde fahren. Aber die runden Holzscheiben am Ende müssen größer gemacht, von einem dickeren Baumstamm genommen werden, und es war ein langwieriges Stück Arbeit, sie in der Mitte dünn zu hauen. Weshalb nicht lieber eine Stange am Schlitten befestigen und die Löcher in die Holzscheiben machen?“

„Bei diesem Gedanken fahren Funken aus Hvidbjørns Haar. Er macht sich an die Arbeit und sieht sich, nach sommerlangen, mühseligen Versuchen und unendlichem Gehacke mit der Steinart im Besitz des ersten Karrens.“

„Jetzt Pferde vor! Hvidbjørn holt sich ein Paar; vermutlich drehen die zwei sich fast das Weiße aus den Augen beim Anblick dieses Gestells mit den beiden wahrscheinlich höchst schickelschwangeren Rädern. Sie schnauben und zittern leise, machen sich fertig zu einem Galopp für die Freiheit — und sei's bis ans Ende der Welt.“

„Und Hvidbjørn hat gar nichts dagegen. Bloß stillstehen müssen sie, bis er ihnen die Lederriemen aufgelegt hat. Ein kleiner Klaps mit diesen gegen die Flanken macht die Tiere willig, sich den Riemen zu fügen, und gleichzeitig noch freiheitslüsterner, was Hvidbjørns Vorhaben zustatten kommt. Ein Gebiß von Hirschgeweih in den Mund, über dem sie schäumen können; jetzt aus dem Weg, Jüngens! Und Hvidbjørn fährt voller Freuden davon.“

„Keine Minute später hatte er Feuer! So wahr die Sonne am Himmel steht!“

„Hvidbjørn fuhr rasch davon, und fast im selben Augenblick, als der Wagen sich fortbewegte, rauchten auch schon die Räder, in deren Naben sich Holz an Holz rieb. Und die Pferde, die glaubten, ein Steppenbrand steige ihnen in die Rüsten, rasten wie im Sturm dahin. Von beiden Naben strahlte der Rauch aus und begannen Funken zu sprühen, und plötzlich brachen die Räder in Flammen aus, und das ganze Fahrzeug stand in hellem Brand.“

„Er fing sogleich einen neuen Wagen an und verhinderte, daß dieser in Brand geriet, indem er Wasser auf die Räder goß. Einer seiner Söhne saß neben ihm mit einem Topf und hielt die Achsen naß; und das half auch, bis er die Sache besser ausprobiert und gelernt hatte, den Wagen mit Fett und Talg einzuschmieren. Er verbesserte die Räder. Eine Querscheibe von einem Baumstamm hielt nicht, und es war außerdem eine unmenschliche Arbeit, sie auszuheilen; er legte zwei starke Stücke Holz übers Kreuz



und machte in der Mitte eine Nabe; außenherum bog er einen starken Eschenzweig, so dick wie sein Handgelenk und band ihn mit Riemen aus Schweinsleder fest. Die Bänder wiederum schützte er vor dem Zerschleifenwerden durch eine zweite Lage von Eschenholz; und jetzt war fast nichts mehr zu verbessern an dem Rad. Er verlängerte die Nabe, damit das Rad nicht wackeln konnte. Auch den Wagen selbst verbesserte er, brachte eine Stange an zum Anspannen der Pferde und Hölzer für die Stränge.“

In dieser dichterischen Darstellung liegt sehr viel Wahrheit. Der nüchterne Rückblick des technischen Geschichtsschreibers lehrt uns kaum etwas anderes. Nur daß die Entwicklung nicht in einem Menschenalter durchlaufen wurde, sondern Jahrtausende gebrauchte.

Der Mensch hat zunächst die Lasten sich selbst aufgepackt. Primitive Völker kennen noch heute keine andere Art der Güterbeförderung. Auch Personen wurden und werden noch heute auf Schultern getragen. Das alte Rom kannte, wie viele der gleichzeitigen Völker, die Sänfte. Der Reisende, der nach Madeira kommt, hat auch jetzt Gelegenheit, sich auf diese seltsame Art befördern zu lassen, ja selbst in einer deutschen Großstadt, in Dresden, ließ man sich noch bis vor kurzem mit einer Sänfte oder Portehaise ins Theater tragen.

Sehr schwere Lasten, die seine geringe Muskelkraft nicht zu tragen vermochte, pflegte der Mensch schon in Urzeiten über den Boden zu ziehen oder zu schleifen. Wenn die rauen Unterflächen eines gewichtigen Klotzes oder Steins das Rutschen erschwerten, so legte der Urmensch wohl Zweige darunter, wie es jetzt noch die Gebirgsbewohner tun, wenn sie Lasten glatter zu Tal bringen wollen. So entstand die Schleife, die bis zum heutigen Tag als Schlitten fortlebt.

Wir gebrauchen diesen immer noch für Fahrten über glatten Schnee und Eis, obgleich wir doch den Wagen besitzen. Denn die Räder finden auf solchen Flächen nicht den Widerstand, der für ihre Drehung erforderlich ist. Auf der herrlich prangenden Insel Madeira, die den Schnee nicht kennt, sind trotzdem Schlitten in Gebrauch. Man fährt auf leichten, niedrigen Fahrzeugen solcher Art von dem hochgelegenen Monte über eine mit glatten Basaltsteinen belegte Straße in rauschender Fahrt und unter dem wilden Geschrei der Lenker hinab nach Funchal, macht also eine Schlittenpartie unter glühender Sonne. Bei Indianerstämmen hat man die sicherlich uralte, äußerst einfache, aber sehr praktisch gebaute Schleife gefunden, die Bild 60 zeigt.

Nun hatte der Urmensch aber für seinen Gebrauch nicht nur kantige Gegenstände fortzubewegen, sondern auch Körper, denen die Natur in künstlerischer Laune runde Form gegeben hat. Die Baumstämme gingen



60. Indianerschleife

Nach einer Zeichnung von E. Arriens

bei der Ortsveränderung ganz von selbst von der gleitenden in die rollende Bewegung über und siehe da, jetzt gestaltete sich die Fortschaffung sehr viel bequemer. Selbst den einfachsten Sinnen mußte sich die Erkenntnis aufdrängen, daß die rollende Reibung günstiger sei als die gleitende Reibung. Die Widerstände ließen sich offenbar auf diese Art leichter überwinden.

Jahrtausende hindurch mögen nur die Stämme selbst gerollt worden sein. Eines Tages aber kam tatsächlich ein erfinderischer Hvidbjörn auf den Gedanken, daß man vielleicht auch unrunde Gegenstände rollen könne, wenn man sie auf einen runden Stamm aufsetzte. Damit war dann ein Vorläufer des Rads, die Walze, erfunden. Auch sie wird noch heute von uns gebraucht, wenn sehr schwere Lasten, wie Geldschränke oder große Steinblöcke, über eine kurze Entfernung hinübergebracht werden sollen.

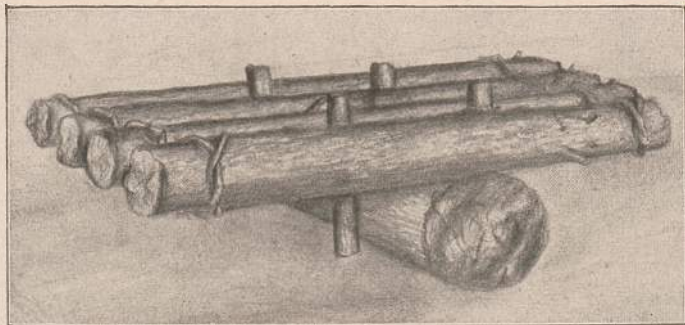
Es ist möglich, daß die Walze die allererste Maschine gewesen ist. Holzer führt sogar das Wort „Maschine“ auf sie zurück. Er behauptet, daß die ältesten Völker der Geschichte diese Bezeichnung bereits vorgefunden haben. Sie stamme aus der asiatischen Heimat, von der die Indoeuropäer in unseren Erdteil eingewandert sind. Man =



61. Beförderung einer schweren Last in der Urzeit

Die Walzen müssen immer von neuem untergelegt werden. Nach einer Zeichnung von A. Wald





62. Das älteste Walzenfahrzeug

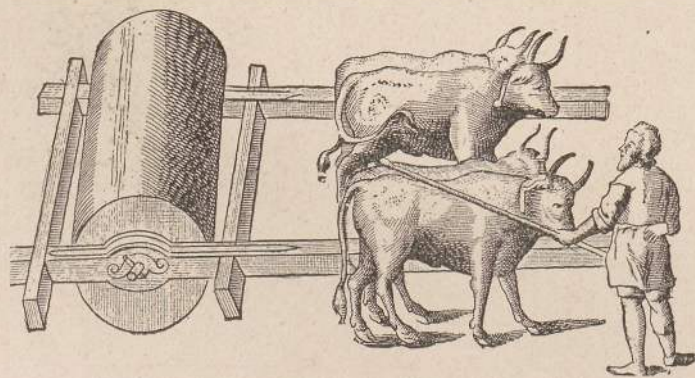
Die Walze wird von der Plattform mittels Pflöcken mitgenommen

wirken, arbeiten, drehen, und kana, das gerades Rundholz bedeutet, seien die Teile, aus denen das Wort zusammengesetzt ist.

Der Nutzen, den man durch die Rundholzwalze erzielen konnte, wurde größer, wenn man die Rinde vom Baumstamm entfernte und ihn sorgfältig glättete. Es war auch unbequem, daß der fortzurollende Gegenstand immer wieder nach kurzem Weg von der Walze abglitt. Das konnte aber verhindert werden durch eine Vorrichtung, die man zwischen Walze und Last brachte. Eine hölzerne Platte erhielt vorn und hinten je zwei senkrecht eingesetzte Pflöcke, die gerade einen so großen Abstand voneinander hatten, daß die Walze dazwischen liegen konnte (Bild 62). Nun mochte diese sich lustig zwischen den Pflöcken drehen; die Last blieb immer schwebend über dem Stamm. So kann man sich wohl das Urbild des zweirädrigen Karrens vorstellen.

In sehr viel späterer Zeit, als sie für uns im Augenblick in Betracht kommt, nämlich im 6. Jahrhundert v. Chr., hat der Baumeister Chersifron oder Ktesiphon, als er den gewaltigen Tempel der Diana zu Ephesus errichtete, merkwürdige Walzenfahrzeuge benutzt. Hier war die Walze nicht Beförderungsmittel, sondern selbst Gegenstand der Förderung. Der Architekt brachte nämlich auf die Art, die in Bild 63 dargestellt ist, die großen Tempelsäulen von weither nach Ephesus.

Jacob Leupold, der vor 200 Jahren sehr inhaltreiche Bücher über die Technik seiner Zeit geschrieben hat, schildert im „Theatrum machinarum“, dem auch unser Bild entnommen ist, den Vorgang in den folgenden, für die Schreibweise der damaligen Zeit charakteristischen Sätzen: „Zu diesem Tempel der Dianae, woran ganz Griechen-

63. Beförderung einer Säule zum Diana-Tempel in Ephesus  
Aus Leupold „Theatrum machinarum generale“

land in die 220 Jahr gebauet, und unter die sieben Wunder der Welt gerechnet worden, sind sehr viel große und herrliche Säulen kommen, deren jede 60 Fuß hoch gewesen, und von vielen Königen dahin geschaffet worden, maßen die ganze Landschaft Klein Asien dazu gesteuert, unter diesen waren 36 die sehr künstlich ausgearbeitet, worunter aber doch eine, die von dem hochberühmten Künstler Scopa Syracusano verfertigt worden, den Vorzug gewonnen. Als nun Ktesiphon als der Baumeister diese große Steine zum Bau anführen wollte, besorgte er, es würde solche kein Wagen halten, oder vielmehr die Räder würden allzu tieff einschneiden und versinken, vielleicht weil es allda sumpffigter Boden gewesen; denn ich erinnere mich gelesen zu haben, daß dieser Tempel an einem sumpffigten Orthe angeleget worden, damit er vom Erdbeben desto weniger Gefahr leiden sollte. Derowegen, sagt Vitruvius: hat er sich ein Gestelle machen lassen, wie etwa Tabula VIII. figura VI. zu sehen ist, und auf beyden Seyten starcke Poltzen und Zapffen fest gemacht, die in einem Loche



64. Karren von der Insel Formosa

Das Nebenbild zeigt, daß die Achse bei diesen Fahrzeugen auch jetzt noch zwischen Pflöcken gehalten wird. Nach einer Zeichnung von E. Arriens

in Centro der Säule stacken, also, daß sich solche darinn wenden konnten, wiewohl es auch seyn kann, daß er die eisernen Poltzen in Centro derer Säulen fest gemacht, und solche in dem Balcken beweglich gewesen, welches eher aus dem Text erhellet. Die beyden Enden aber der Säule hat er mit starken Seilen umwunden, daß sie von der Last keinen Schaden gelitten, und auf solche Weise hat er diese gewaltige Stücke über Land schnell dahin führen können. Die Ochsen oder Zug-Vieh hat auf diese Weise, wie hier zu sehen, können vorgespannet werden.“

Der Übergang von der Walze zum Rad dürfte allerdings schwerer gewesen sein, als Jenseus leicht hinhüpfende Phantasie sich ihn vorstellt. Gewiß mußte es bald einleuchten, daß es nicht notwendig war, den zwischen den Pflöcken rollenden Stamm in seiner ganzen Ausdehnung den Boden berühren zu lassen; aber ihn mit der Art so zuzuhauen, daß nur eine dünne Achse zwischen den Rädern stehen blieb, war wohl kaum möglich. Bevor ein Rad erzeugt werden konnte, mußte die Säge erfunden sein, und da diese nicht zu den allerersten Werkzeugen gehört, die der Mensch erdacht hat, so muß das Rad, wenn auch von hohem Alter, doch bedeutend jünger sein als die Walze.



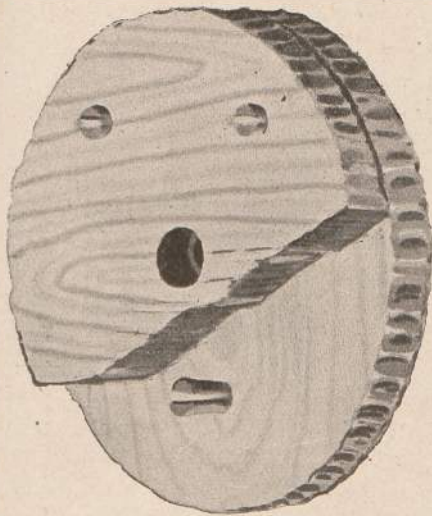
Mit der Säge konnte man bequem Scheiben von den Bäumen schneiden, deren Mittellöcher auf die Enden einer Achse geschoben wurden. Fahrzeuge solcher Art hat es sicherlich schon vor 20 000 Jahren gegeben. Funde auf dem Boden schweizerischer Seen, über deren Spiegel uralte Pfahldörfer gestanden haben, lehren uns dies.

Auf der Insel Formosa vor der chinesischen Küste sind noch heute Karren in Gebrauch, die ihre Form wahrscheinlich seit Jahrtausenden nicht verändert haben. Wie die Nebenzeichnung des Bildes 64 zeigt, wird die Achse hier immer noch, wie die Walze auf Bild 62, in einfachster Weise zwischen Pflöcken gehalten.

Die Alten dürften nicht sehr viel Freude an ihren Scheibenrädern gehabt haben. Denn Holz ist, wie jeder weiß, nur widerstandsfähig, wenn es mit der Faser, also in der Längsrichtung des Stammes, geschnitten ist. So entstehen ja alle unsere Bretter. Die Scheibe, welche man auf die gleiche Art vom Baum getrennt hatte, wie man heute eine Wurf scheibe abschneidet, mußte schon unter geringer Last brechen. Der Geist des Menschen ruhte nicht, bis

er diese Schwäche des an sich so vorzüglichen Hilfswerkzeugs beseitigt hatte.

Das Rad wurde also, sobald die Verbesserungsmöglichkeit erkannt und eine Säge von größerer Leistungsfähigkeit vorhanden war, aus einem mit der Längsfaser geschnittenen Brett gefertigt. Und jetzt hielt es, insbesondere dann, wenn zwei Platten mit gekreuzten Fasern zusammengepflocht wurden. Aussparungen, die man zur Ver-  
ringerung des Ge-



65. Scheibenrad

Aus zwei Holzplatten mit gekreuzten Fasern zusammengeflocht

wichts der Scheibe anbrachte, mögen dann zum Speichenrad geführt haben. Nur der Mittelteil und der Rand, Nabe also und Felgenkranz, blieben mit den verbindenden Stangen schließlich als Restteile übrig.

Die Kriegswagen der Ägypter zeigen bereits solche Speichenräder. Ihre Achse trägt nicht mehr nur eine einfache Plattform, sondern einen richtigen Wagenkasten, in den die Deichsel unbeweglich eingesetzt ist. Ähnliche Fahrzeuge haben die Perser, Assyrier und Babylonier besessen.

Solange keine geebneten Straßen vorhanden waren, konnte der Wagen nicht zum Verkehrswerkzeug werden. Noch die Griechen und Römer gebrauchten in ihrer ältesten Zeit Wagen nur für Kriegszwecke, zu gottesdienstlichen Handlungen und für Vorführungen im Zirkus. Als dann aber die im vorigen Abschnitt geschilderten ausgezeichneten Römerstraßen entstanden waren, wurde begonnen, mit Wagen, zweirädrigen und vierrädrigen, zu reisen. Das herrschende Volk des Altertums erfand den Lenkschemel, der die Vorderachse um einen Zapfen am Wagenkasten drehbar macht. Das Fahrzeug wurde hierdurch beweglicher und nun erst befähigt, den Anforderungen des Verkehrs wirklich zu dienen.



66. Ägyptischer Streitwagen,

der schon mit Speichenrädern ausgerüstet ist. Deutsches Museum, München

Die Römer sind es auch gewesen, die an Stelle des ältesten Zugtiers, des Ochsen, mehr und mehr das raschere Pferd setzten, das bis dahin als zu edel gegolten hatte, um Zugdienste zu leisten. In den Zeiten des Kaisertums besaßen die Römer Lastwagen, Spazierwagen und Reise-  
wagen. Unter diesen war z. B. die Rheda sogar mit einem Verdeck versehen (Bild 68 c).

Nach dem Verfall des Römerreichs konnten die Wagen in dieser hochentwickelten Form nicht mehr verwendet werden. Aber die nur eben angedeuteten Wege vermochten sich allenfalls Fahrzeuge, die ganz schwer und plump gefügt waren, in langsamster Gangart mühselig fortzubewegen. Die Wagen, auf welche die ruhelosen Geschlechter der Völkerwanderung ihre Habseligkeiten luden, waren grobschlächtig und wieder von größter Einfachheit. Das Scheibenrad war von neuem auf-  
erstanden, die Entwicklung mußte noch einmal beginnen. Auch die Wagenburgen (Bild 70), die in den Kriegen des Mittelalters eine große Rolle spielten, bestanden aus ganz roh



67. Griechischer Wagen

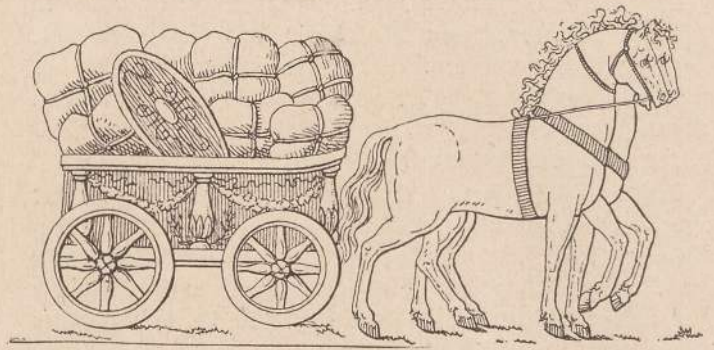
Nach einem Vasenbild





68a. Zweirädriger römischer Wagen (Plaustrum)

Aus Ginzert „Die Wagen und Fuhrwerke der Griechen und Römer“



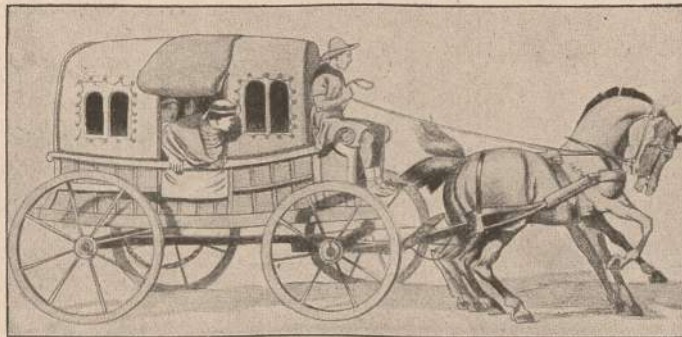
68b. Vierrädriger römischer Wagen (Clabulare)

zusammengehauenen Fuhrwerk, besaßen aber bereits wieder Räder mit Speichen.

Die Beförderung von Menschen auf diesen Wagen war nahezu unmöglich, da die Insassen in den Wagenkästen, die unmittelbar auf den Achsen ruhten, und auf den Wegen, die kaum diesen Namen verdienten, lebensgefährlichen Stößen ausgesetzt waren. Wer, um schneller fortzukommen, nicht den Rücken eines Pferdes bestieg, konnte sich, wenn ihm seine Knochen lieb waren, allenfalls auf der Roßbahre (Bild 69) weiterbringen lassen, einer Art Sänfte, die an einem davor und einem dahinter schreitenden Pferd angeschnallt war.

Die Personenbeförderung in Fahrzeugen setzte erst wieder ein, als etwa in der Mitte des 15. Jahrhunderts in Ungarn die Aufhängung der Wagenkästen an Riemen oder Seilen erfunden worden war. Die furchtbaren Radstöße wurden bei dieser Anbringung nur noch zum geringen Teil auf den Wagenkästen übertragen, aber an ihre Stelle trat ein recht unangenehmes Schaukeln. Trotzdem reisten die Vornehmen Europas bis zur Reformationszeit mit solchen in Riemen

schwingenden Wagen, die nach dem ungarischen Ort Kocs, wo sie entstanden sein sollen, in der deutschen Sprache die Bezeichnung Kutschen erhielten. Es wurde ein außerordentlicher Luxus mit diesen Fahrzeugen entfaltet (Bild Nr. 72), und noch heute gibt es Prunkwagen dieser dem Auge wohlgefälligen Form.



68c. Römischer Reisewagen: Rheda

Dieses Fahrzeug hat bereits eine drehbare Vorderachse und ein Verdeck.  
Deutsches Museum, München

Auch als erstes öffentliches Fuhrwerk wurden Wagen benutzt, deren Kästen an Riemen hingen. Am Ende des 17. Jahrhunderts ließ Sauvage in Paris eine Anzahl Kutschen bauen, die jedermann für einzelne Fahrten mieten konnte (Bild 56). Da sich an dem Haus Sauvages als Geschäftsschild ein Bild des heiligen Fiakrus, französisch St. Fiacre, befand, so erhielten diese Mietkutschen die Bezeichnung

Fiakser. Der Name ist in Österreich heute noch üblich, während in Norddeutschland das aus dem Russischen stammende Wort Droschke gebraucht wird. 1739 fuhren die ersten Mietwagen in Berlin. Sie waren den Kutschen Sauvages nachgebildet, besaßen aber bereits Glasfenster. Diese Berlinen verschwanden bereits im Jahre 1794 wieder aus dem Verkehr, da sie nur von wenigen benutzt wurden.



69. Roßbahre

Nach einem Holzschnitt im Berliner Kupferstich-Kabinett





70. Mittelalterliche Wagenburg

Nach einer Zeichnung in dem „Mittelalterlichen Hausbuch“, herausgegeben von Dr. Essenwein



Von wirklich brauchbaren Wagen kann erst die Rede sein, seit in England die Erfindung der stählernen Tragsfedern gemacht worden war. Diese sind ausgezeichnete Stoßdämpfer, und sie halten die Wagenkasten doch so fest, daß die Schwankungen auf ein erträgliches Maß beschränkt bleiben. Angewendet wurden die Tragsfedern mit zuerst bei den Landauern (Bild 75), mehrsitzigen Kutschwagen mit nach vorn und hinten rückschlagbarem Verdeck, die Kaiser Joseph I. in der Stadt Landau herstellen ließ oder zu einer Fahrt nach dieser Festung benutzte.

Weite Reisen im Wagen sind niemals ein Vergnügen gewesen, bis die Zeit kam, in der eiserne Räder auf stählernen Schienen dahinrollten. Auch die von so viel Poesie umspinnene Postkutsche war ein enges, höchst unbequemes Fahrzeug. Die Unannehmlichkeiten einer winterlichen Reise durch Thüringen, die er im Jahre 1814 machte, schildert uns der Maler Wilhelm von Kugelgen in seinem ausgezeichneten Buch „Jugenderinnerungen eines alten Mannes“.

„Der Wagen von unbeschreiblichen Proportionen“, so schreibt er, „hing altersschwach und lahm in seinen Federn, die Schläge waren mit Bindfaden befestigt und die hart eingetrockneten Fensterleder weder einzuknöpfen noch zurückzuschnallen. Die Pferde standen da mit tiefgesenkten Häuptern, dem Anschein nach halb schlafend oder tot, und niemand

konnte begreifen, wie sie nur bis hierher gelangt waren. Aber seine Pferde wären gut, sagte der Kutscher, begrüßte aber jeden Koffer, der ihm zugetragen wurde, mit schweren Seufzern.

„Endlich war alles fertig. Wir Kinder konnten die Arme nicht sehr rühren, da wir verpackt und eingewickelt waren wie Kofons. So wurde einer nach dem andern in den höchst

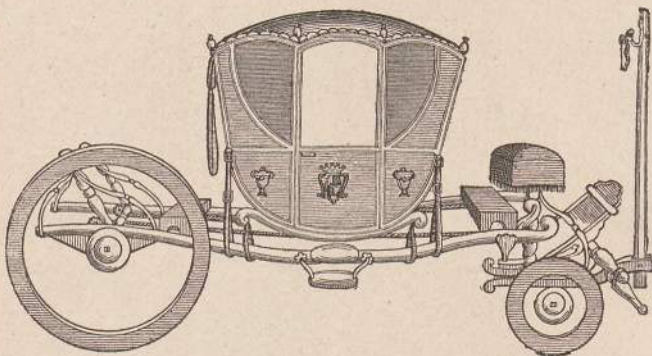
jammervollen Kasten verladen, bis sich zuletzt auch noch die getreue Rose darstellte, um gleichfalls aufzusteigen. Sie hatte, um sich vor Kälte und ihre Siebensachen vor dem Verderben des Einpackens zu schützen, alles auf den Leib gezogen, was sie an Wäsche und Kleidern besaß und sah wie das Heidelberger Faß aus. Der Kutscher hatte jeden Einsteigenden im Geist gewogen und zu schwer befunden. Als er aber dieses Ungeheuers von Mädchen ansichtig wurde, tat er einen schauderhaften Fluch und schwur, ihn solle

dieser oder jener holen, wenn er sie in den Wagen ließe.

„So möge Er sich denn hinpacken, wo Er hergekommen wäre!“ schrie ihn der Vater an, ließ wieder abladen, und dieser erste Anlauf war gescheitert!“

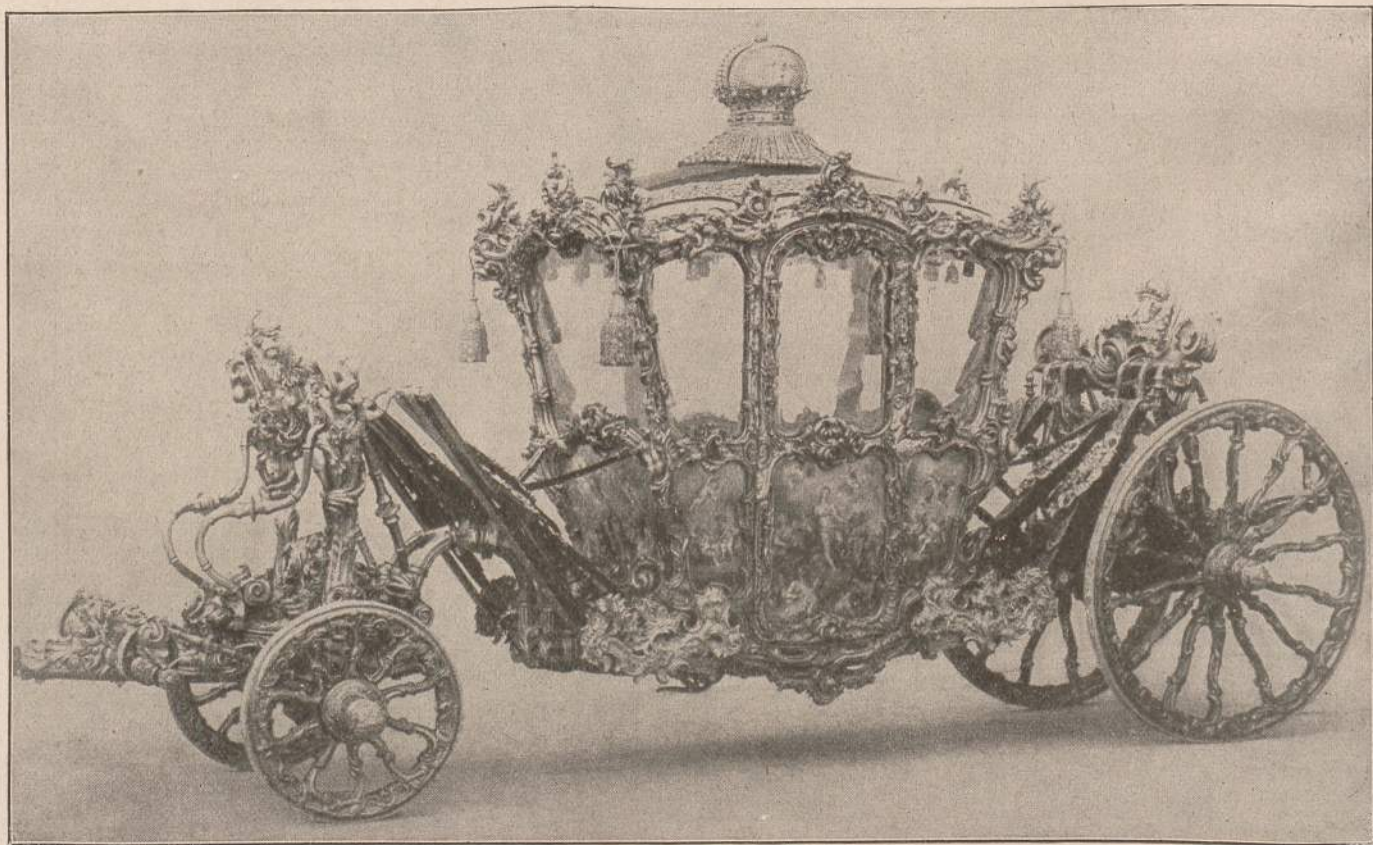
Die Gesellschaft erhielt dann einen anderen Reisewagen.

„Aber trotz bester Equipage“, so schreibt Kugelgen weiter, „war es doch immer nicht die beste Fuhre. Die Wege gingen auf, und der Wagen taumelte wie ein Trunkenbold



71. Alter Kutschwagen

Der Kasten ruht zur Federung auf zwei straff gespannten Seilen, auf die er mittels Schlaufen niedergedrückt wird. Aus „Descriptions des arts et métiers“



72. Krönungswagen der österreichischen Kaiser

An Riemen hängendes Prunkfahrzeug. Aufgestellt im Wagen-Museum des ehemaligen Hofstalls in Wien



von einer Seite auf die andere, bis er schließlich in der Naumburger Gegend in einem Schneeloch stecken blieb. Mein Vater und der Kutscher sprangen ab. Sie durchwühlten sich fast bis zum Halse, indem sie mit Geschrei und Prügeln taten, was sie konnten, auch legten sich die Pferde mit allen Kräften ins Geschirr und taten ebenfalls, was sie konnten; aber der Wagen stand wie eingenietet.

„Da schien es denn ein Glück zu sein, daß ganz in nächster Nähe ein Haufen Schneeschipper arbeitete. Mein Vater sprach sie an; sie sagten aber, sie wären angestellt, die verschneiten Gräben auszuschaufeln, daß kein Wagen hineinpolttere, und das übrige ginge sie nichts an. Der Kutscher entgegnete, die Löcher auf der Straße wären viel schlimmer als alle Gräben, und sie sahen doch, daß wir drin stecken; aber es war so wenig mit ihnen anzufangen wie mit der Armsäule am Wege, die eben auch zwei unnütze Pfoten in die Luft streckte, und weder Bitten noch Geld konnten sie bewegen, ihren Beruf verständiger aufzufassen.

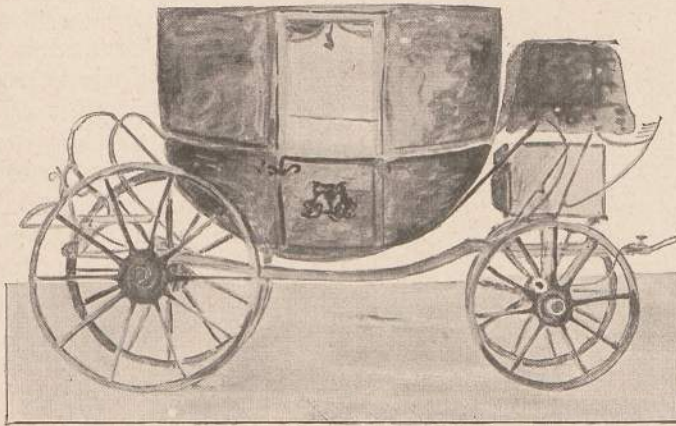
„So saßen wir denn abermals fest ... Mein Vater und der Kutscher hielten Kriegsrat, und es schien nichts anderes

übrigzubleiben, als den Wagen zu entleeren und auszupacken, eine schlimme Aussicht für die kränkelnde Mutter und uns alle. Aber siehe! Da nahte sich mit fröhlichem Gesange ein kleines auf dem Marsch begriffenes Detachement von etwa zwanzig russischen Soldaten. Als diese sahen, was hier los oder vielmehr stecken geblieben war, legten sie un-

aufgefordert und augenblicklich Hand an. Ein paar starke Kerle krochen unter den Wagen und hoben ihn mit ihren Rücken, daß er in den Fugen krachte, während andere schoben, schrien und in die Pferde hieben. Im Augenblick waren wir aus dem Pfuhl heraus, und unsere Retter zogen beschenkt und singend weiter.“

Man sieht aus dieser Schilderung, daß Wagen und Straßen damals einander wert gewesen sind.

\*



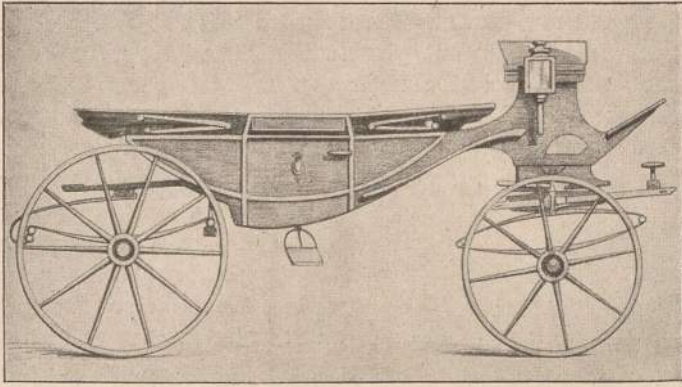
73. Kutsche, an Tragriemen hängend  
Deutsches Museum, München

Die Teile, aus denen der neuzeitliche Lastwagen grundsätzlich besteht, sind in Bild 76 schematisch dargestellt. Der Oberwagen, bald eine einfache Platte wie beim Rollwagen, bald ein geschlossener Kasten wie beim Arbeitswagen oder ein schmaler, langgestreckter, von Sprossenbäumen eingefasster Tragkörper wie beim Leiterwagen, ruht auf dem



74. Dilligence aus der Biedermeierzeit  
Nach einer Zeichnung von C. Arriens





75. Landauer  
Deutsches Museum, München

Unterrahmen. Dieser wiederum besteht aus dem Vorder- und dem Hinterrahmen, die durch den Langbaum verbunden sind.

Hauptstück jedes Gestells ist die Achse, deren Mittelteil, das Achsholz, die Grundfeste des gesamten Baus darstellt. In die Achshölzer sind die eisernen Achsschenkel eingesezt. Das Stangengerüst des Wagens ist zwischen Achsholz und die darauf gelegte Achsschale geklemmt. Die beiden schweren Hölzer werden durch kräftige Eisenbänder zusammengehalten. Auf den Achsschalen wiederum ruht der Kasten, der mit dem Hinterrahmen fest verbunden ist, über der vorderen Achsschale aber auf dem Lenkschemel liegt, unter dem die Vorderachse sich drehen kann. Die Flächen, zwischen denen die drehende Verschiebung stattfindet, sind mit Flacheisen beschlagen.

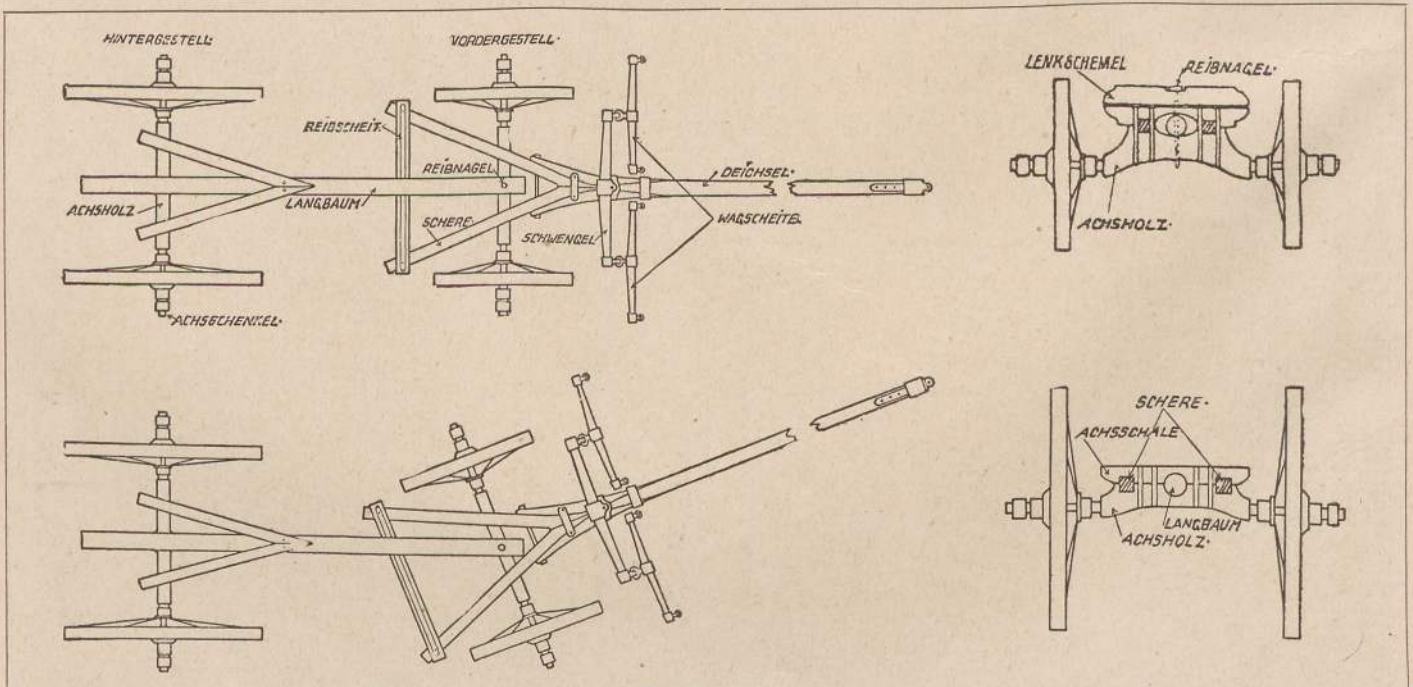
Die Schere, in der die Deichsel steckt und durch einen Bolzen festgehalten wird, besitzt zwei Arme, die zwischen Achsholz und Achsschale des Vordergestells hindurchgesteckt sind. Das Reib- oder Lenkscheit verbindet diese Arme an der Stelle der weitesten Spreizung. An der Deichselachse ist ferner drehbar der Schwengel befestigt, an dem die Wag- oder Zugscheite angebracht werden. Die Stränge des Pferdegeschirrs werden an deren Enden befestigt.

Der Langbaum, der zwischen Achsholz und Achsschale der Hinterachse fest eingesezt und durch Armspreizen dort verstärkt ist, wird an der Vorderachse nur durch den Span- oder Reibnagel befestigt, um den er sich drehen kann. Dadurch, daß der Kopf des Langbaums sich in einem Ausschnitt zu bewegen vermag, wird die Drehfähigkeit des Vordergestells erzielt.

Die Vorderräder erhalten meist kleineren Durchmesser als die Hinterräder, damit sie beim Wenden des Wagens unter den Kasten treten können. Bei städtischem Fuhrwerk, das imstande sein soll, möglichst auf der Stelle zu drehen, kröpft man öfter auch den Bordteil des Wagens in die Höhe, so daß ein Drehen des Vordergestells um 90 Grad und mehr möglich wird. An Pferdedroschken (Bild 77) kann man einen derartigen Vorgang oft beobachten; sie zeigen sich hierdurch den Kraftwagen überlegen, die selbst in recht breiten Straßen nur durch mehrfaches Hin- und Herfahren zu wenden vermögen. Der Grund hierfür ist, daß, wie wir später noch ausführlich hören werden, der Kraftwagen kein drehbares Vordergestell, sondern nur einzelne schwenkbare Achsschenkel besitzt, die nicht sehr tief eingeschlagen werden können.

Das Rad selbst besteht aus dem kräftigen Mittelteil, der Nabe heißt, den Speichen und dem Felgenkranz. Die Nabe, ein rundes, kräftiges, mit Eisenbändern beschlagenes Holzstück, ist mit einer Metallbuchse ausgefüttert. Diese wird auf den kegelförmig gestalteten Achsschenkel aufgeschoben und dort durch zwei Platten, die Stoßscheibe auf der Seite des Wagenkastens und die Ritzscheibe am Ende des Achsschenkels, festgehalten. Die Ritzscheibe ist vor dem Hinterrahmen durch einen vorgesteckten Splint oder eine aufgeschraubte und versplintete Mutter gesichert.

Die Achsschenkel (Bild 78a) haben eine eigentümliche Stellung zur Achse. Sie sind etwas nach vorn und ein wenig nach unten geneigt. Die Biegung nach vorn, der Vorlauf, verleiht dem Achsganzen eine größere Widerstandsfähigkeit gegen die zahlreichen Stöße, die von vornher dagegen ausgeübt werden. Die Krümmung nach unten, Unterachsung



76. Der Bau des neuzeitlichen Lastwagens

Links: Draufsicht bei gerade gerichteter und bei ausgeschwenkter Deichsel; rechts: Rückansichten des Vordergestells und des Hinterrahmens



genannt, vermindert den Druck der Räder gegen die Längsachsen, da die Räder unter dem Druck des Wagens stets versuchen, nach oben zu steigen, sich also möglichst weit auf die Achsen hin aufschieben wollen. Die kegelförmige Gestaltung der Achsen erleichtert das Abziehen und Aufstecken der Räder und ist günstiger für die gleichmäßige Verteilung des eingebrachten Schmierstoffs.

Die Speichen werden nicht senkrecht eingesetzt, sondern man gibt ihnen eine schräg nach außen geneigte Lage. Dieser Speichensturz gewährt mehrere Vorteile. Das Rad als ganzes erhält die Form eines Gewölbes, wodurch seine Tragfähigkeit verstärkt wird. Der zwischen den Rädern stehende Teil des Wagenkastens kann breiter gehalten werden, und der Straßenschmutz wird infolge der Unterachse nicht nach oben, sondern seitwärts fortgeschleudert.

Trotzdem verzichtet man bei Personenzugwerk, das auf den glatten städtischen Straßen fahren soll, auf die Unterachse und zugleich auch auf den Speichensturz, da der Wagen mit geraden Speichen einen wohlgefälligeren Anblick gewährt.

Der Felgenkranz, in dem die oberen Enden der Speichen befestigt sind, besteht aus mehreren kurzen gebogenen Holzstücken, den Felgen. Diese werden durch einen Eisenreifen zusammengehalten, der mittels Nägeln oder versenkten Schrauben am Felgenkranz befestigt ist. Für den Einfluß, den der fahrende Wagen auf die Straße ausübt, ist die Breite der Felgen von großer Wichtigkeit. Schmale Felgen lassen die Wagenlast nur auf ein schmales Straßenstück wirken, wodurch die Gefahr entsteht, daß die Decke durch Einsinken der Räder zerstört wird. Es ist in solchem Fall auch mehr Zugkraft zur Fortbewegung des Wagens erforderlich. In vielen Ländern gibt es Vorschriften, die das Verhältnis von Wagenlast und Felgenbreite regeln. Vor-

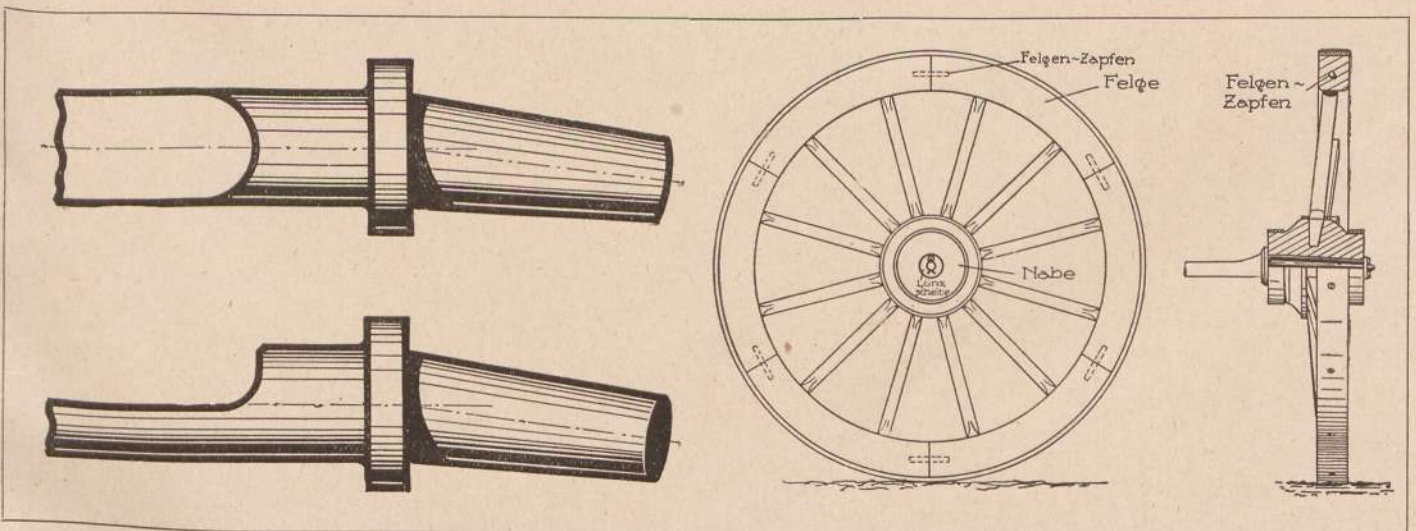


77. Wendende Droschke

Da die Räder infolge der starken Krümmung des Wagenbodens tief einschlagen können, vermag eine Droschke auch auf schmaler Straße kurz umzukehren, was dem Kraftwagen nicht möglich ist. Phot. W. Liphenthaler, Berlin

teilhaft ist ferner die Anwendung von Rädern mit großen Durchmessern, da diese, wie aus Bild 79a deutlich hervorgeht, weit weniger tief einzusinken brauchen als kleine Räder, bis bei gleicher Felgenbreite die Last von der gleich großen Fläche zusammengepreßter Straßendecke getragen wird.

Die Wagen für Personenbeförderung werden abweichend von den Lastwagen meist ohne Langbaum gebaut. Bei ihnen muß dann der Wagenkasten selbst die Übertragung der Zugkraft zum Hintergestell übernehmen. Angesichts des geringen Gewichts, das zu befördern ist, kann das ohne Bedenken geschehen. Die Kasten sind mittels elliptischer Federn oder unter Anwendung von Lang- und Quersfederung auf die Achsen gesetzt und werden in vielen verschiedenen, der Bestimmung entsprechenden Bauarten hergestellt.



78a. Stellung der Radzapfen an einer Wagenachse  
Oben Vorlauf (Neigung nach vorn); unten Unterachse (Neigung nach unten)

78b. Der Bau des Lastwagenrads  
mit Speichensturz



Es ist kein Witz, wenn man das Pferd, das heute nahezu ausschließlich als Zugtier vor die Wagen gespannt wird, als Hafermotor bezeichnet. Wie der Automobilmotor das Benzin, die Dampfmaschine die Kohle, der Dieselmotor das Öl verbrennen, so setzt das Pferd sein Futter durch organische Verbrennung in Energie um. Gegenüber den mechanischen Motoren zeigt sich aber der sehr beträchtliche Nachteil, daß das Pferd als lebendes Wesen durch Ermüdung sehr rasch an Leistungsfähigkeit einbüßt. Dagegen kann es für kurze Zeit seine Zugkraft verdoppeln, verträgt also hohe Überlastungen, wobei die unbelebten Krafsterzeuger meist versagen.

Es ist auch nicht möglich, durch Zusammenspannen beliebig vieler Pferde eine im richtigen Verhältnis zum Mehraufwand stehende Vervielfachung der Zugkraft zu bewirken. Weil nämlich die Tiere niemals gleichzeitig und in gleicher Richtung ihre Zugkraft ausüben, leisten drei Pferde nur das 2,6fache, vier Pferde das 3,2fache, sechs Pferde das 3,8fache und acht Pferde gar nur das 4fache eines einzelnen. Acht Pferde können also nur noch sehr wenig mehr Zugkraft ausüben als sechs Pferde, darüber hinaus tritt keine Leistungssteigerung mehr ein, man möge so vielspännig fahren, wie man will.

Den Begriff Pferdestärke (PS) werden wir später erörtern. Hier sei nur gesagt, daß ein Pferd allenfalls beim Anziehen, also für Sekunden, imstande ist, eine Pferdestärke zu leisten. Auf die Dauer bleibt seine Zugkraft weit darunter. Wenn der Wagen frei eine Steigung hinunterrollt, so muß er von den Pferden aufgehalten werden, damit er nicht mit

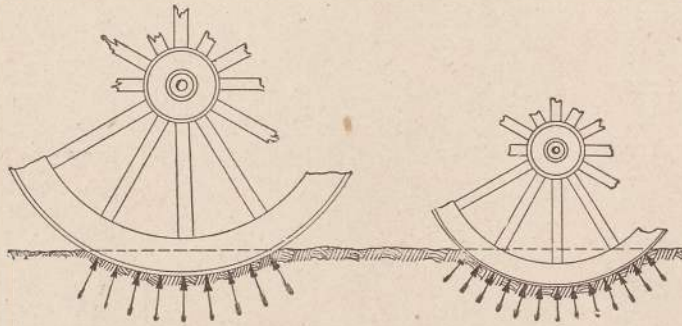
immer wachsender Geschwindigkeit abstürzt. Die Rückhaltekraft der Tiere beträgt jedoch nur ein Drittel ihrer Zugkraft. Aus diesem Grund wird jeder Wagen, der über geneigte Straßen zu fahren hat, mit einer Bremsvorrichtung ausgerüstet. Gewöhnlich benutzt man Holzflöße, die beim Drehen einer Kurbel durch Gestängeübertragung gegen die

Radreifen gepreßt werden. Diese werden hierdurch in ihrer Drehung aufgehalten. Da aber der ganze Wagen nicht sofort langsamer läuft, verwandelt sich die rollende Reibung nun zum Teil in gleitende Reibung auf dem Boden. Diese verbraucht mehr Energie, so daß eine Verlangsamung des Laufs eintritt.

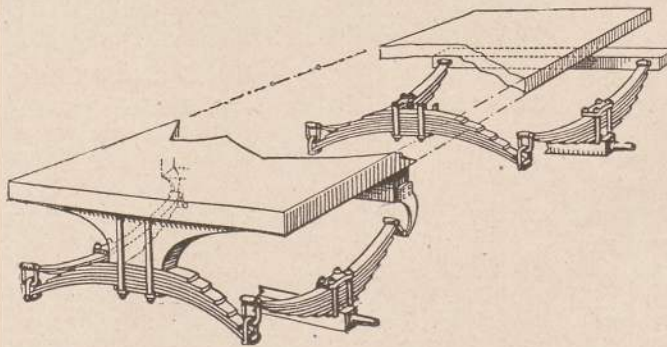
Niemals jedoch soll so gebremst werden, daß die Räder ganz still stehen; denn in diesem Augenblick vermindert sich, wie wir später bei der Erörterung der Eisenbahnbremse noch genauer hören werden, die Rückhaltekraft der Bremse ganz bedeutend. Aus diesem Grund ist auch der Hemmschuh kein sehr scharf wirkendes und verlässliches Bremswerkzeug.

Zu den Wagen gehören nicht nur die von Tieren gezogenen Fuhrwerke, sondern auch die mechanisch bewegten und ganz

entfernt auch noch Fahrzeuge besonderer Art, die durch Menschenkraft getrieben werden. Die Lokomotive, alle anderen Eisenbahnfahrzeuge, die Kraftwagen, Krafträder und das Fahrrad sollen jedoch angesichts der Eigenart, die jedes dieser Fahrzeuge besitzt, in besonderen Abschnitten behandelt werden. Wir beginnen mit dem eigentümlichen Verkehrswerkzeug, das der Mensch sich zur Bedienung mit der eigenen Kraft in dem Fahrrad geschaffen hat.



79a. Der Nutzen großer Raddurchmesser  
Ein kleineres Rad sinkt bei gleicher Last tiefer in den Boden



79b. Längs- und Querspringer eines Wagenkastens





*The Ladies Hobby.*

*London Publ May 22 1819 L. J. Fogg 111 Cl.*

**Das „Steckenpferd der Damen“**

Fahrzeuge der hier wiedergegebenen Art waren um 1820 in England für Sportzwecke im Gebrauch. Das Vorderrad wurde mittels einer Kurbel durch Bewegung der Füße und der Hände angetrieben. Das Fahrzeug kann wohl als ein Vorläufer des Fahrrads angesehen werden, es gehört jedoch zu einer anderen Gattung der durch Menschenkraft angetriebenen Fahrzeuge. Denn der Sitz wird bei ihm von zwei nebeneinander liegenden Rädern getragen. Die erste Anwendung einer Kurbel bei einem einspurigen Fahrzeug, also einem solchen, bei dem nur zwei Räder hintereinander stehen, erfolgte erst um 1853. (Zu Seite 56)



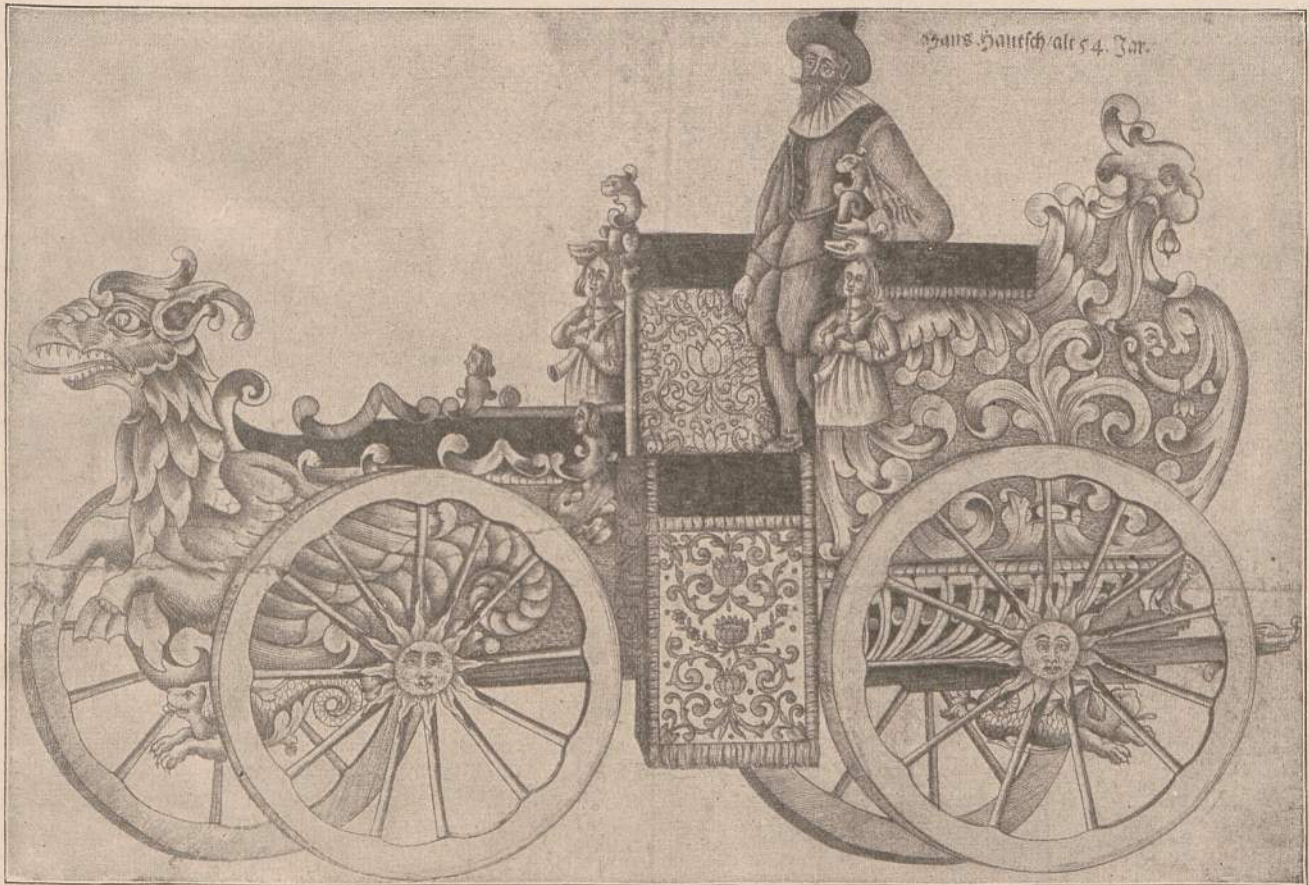
# 10. Das Fahrrad

---









80. Wagen des Johann Hausch aus dem Jahre 1649

Die Hinterräder wurden wahrscheinlich von Männern angetrieben, die im Wagenkasten verborgen waren

Die Mechanik des menschlichen Ganges ist bereits im vorigen Abschnitt im Zusammenhang mit der Entstehungsgeschichte des Rades kurz erörtert worden (Seite 41). Wenn man die Vorteile einsehen will, die der radfahrende Mensch genießt, so muß man zum Vergleich nicht den Gehenden, sondern den Laufenden heranziehen. Es zeigt sich nun, daß der Gehapparat des Menschen für geschwinde Fortbewegung noch schlechter bereitet ist als für die langsamere des gewöhnlichen Ganges.

Wenn wir laufen, wird der Körper nicht mehr dauernd von dem einen oder dem anderen Fuß unterstützt. Man schnell vielmehr den einen Fuß vom Boden ab, während der andere die Unterlage noch nicht erreicht hat. Der Körper schwebt während ganz kurzer Zeit in der Luft, um alsdann niederzufallen. Die Schwerpunktshebungen, die größer sind, und das Abbremsen des niederfallenden Gewichts, das geschwinder und aus größerer Höhe hinunterkommt, kosten hier noch weit mehr verlorene Arbeit als beim Gehen. Es kommt hinzu, daß der Antrieb des Körpers, entsprechend der Stellung der Beine am Rumpf, von der Seite her erfolgt, so daß der Schwerpunkt sich nicht nur aufwärts und abwärts bewegt, sondern auch seitliche Schwankungen macht, die beim Laufen besonders heftig sind.

Setzt sich ein Mensch, der geschwind vorwärts kommen will, auf ein Fahrrad, so kann er die gesamte Muskelarbeit seiner Gehwerkzeuge wirklich der Vorwärtsbewegung zuwenden. Das Auf und Ab, das Hin und Her des Körpers sind verschwunden. Der nahezu unverrückbare Sattelsitz bildet einen starr festgelegten Stützpunkt für die Arbeitserzeugung. Dies ist ein so bedeutender Gewinn, daß

selbst die Verlustarbeit, welche durch die neu hinzukommende Reibung der Räder in den Lagern und auf der Erde entsteht, dagegen nicht in Betracht kommt. Bei mäßiger Geschwindigkeit kann ein Radfahrer, obgleich er doch das zusätzliche Gewicht der Maschine vorwärts zu bringen hat, mit der Hälfte der für das Gehen aufzuwendenden Arbeit die doppelte Kilometerzahl zurücklegen.

Das Fahrrad ist also eine gute Waffe beim Kampf gegen den Raum. Einfach im Gebrauch, aufs äußerste schmiegsam im Verkehr, vermag es vortreffliche Dienste zu leisten. Um so seltsamer ist es darum, daß der Gebrauch dieser Vorrichtung in hohem Maße der Mode unterworfen erscheint. Verachtet und verachtet im Anfang, stieg das Fahrrad auf zur Höhe des flottesten, modischsten Verkehrsmittels, um nur allzu schnell zum unansehnlichen Gebrauchsgerät einfacher Leute zu werden. Seit dem Ende des Weltkrieges haben ihm dann wieder alle Bevölkerungsklassen ihre Liebe zugewendet.

Kennzeichnend für das Fahrrad ist heute seine Fügung aus zwei durch einen Rahmen verbundenen Rädern, die einspurig hintereinander laufen. Gerade diese Einspurigkeit verleiht dem Gerät die Schmiegsamkeit, seine Befähigung, überall leicht durchzukommen. Die Geschichte des Fahrrades aber beginnt mit einem vierrädrigen Fahrzeug. Auch die Tretkurbel, der durch die Füße in Bewegung gesetzte Antrieb, scheint uns untrennbar zum Fahrrad zu gehören. Der Rückblick über die Entwicklung wird uns jedoch Fahrzeuge kennen lehren, die gänzlich kurbellos waren oder durch die Kraft der Hände bewegt wurden; man muß sie dennoch zur Klasse der Fahrräder rechnen, da Menschenkraft es war, die für ihren Antrieb verwendet wurde.



In einer alten Nürnberger Chronik heißt es, es sei ein Kunstwagen verfertigt worden, „welcher also frey geht und bedarff keiner vorspannung weder von Pferden oder anders und geht solcher Wagen in einer Stund 2000 Schritt. Man kan still halten, wann man wil, man kan fortfahren, wann man wil, und ist doch alles von uhrwerck gemacht“.

Der Erbauer dieses eigentümlichen Fahrzeuges, das im Jahre 1649 seinen Lebensweg begann, war der Nürnberger Zirkelschmied Johann Haußsch. Nach der Aussage der Chronik sollte man meinen, daß seine Schöpfung zu den Kraftwagen gehöre, denn es steht darin, daß es mittels eines Uhrwerkes bewegt worden sei. Diese Angabe dürfte jedoch unrichtig sein. Sie diente wahrscheinlich nur dazu, das Werk des Zirkelschmiedes kunstvoller erscheinen zu lassen, als es tatsächlich war.

An Stelle des Uhrwerkes arbeiteten, im Innern des Wagens verborgen, zwei Menschen an den Kurbeln. Platz genug war für sie vorhanden, denn das Fahrzeug, das einen reich geschmückten Triumphwagen darstellte, hatte eine ansehnliche Höhe. Angetrieben wurde die Hinterachse; die vordere konnte von einem Mann, der im Wagen stand, mittels einer deichselartigen Stange gelenkt werden. Die Geschwindigkeit betrug nur 1,6 Kilometer in der Stunde.

„Wenn sich das zahlreich versammelte Volk zu sehr herandrängte, und der Wagen dadurch in Gefahr kam, aufgehalten zu werden, so spritzte der vorn angebrachte Drachenkopf durch die Wirkung eines Druckes Wasser an die Herandrängenden, und die auf beiden Seiten befindlichen Engel brachten die Posaunen an den Mund und fingen an zu blasen.“ So sagt ein späterer Bericht. Man sieht, daß Haußsch zugleich der Verfertiger der ersten Hupe gewesen ist.

Sein Werk erregte in jener Zeit, die für mechanische Künsteleien sehr viel übrig hatte, großes Aufsehen. Die Langsamkeit der Fortbewegung wurde über der Seltsamkeit der Gesamterscheinung vergessen. Im Jahre 1650 kaufte

der damals in Nürnberg weilende Prinz Karl Gustav von Schweden dem Erfinder den Wagen für 500 Taler ab, und er verwendete ihn später bei den Feierlichkeiten, die anlässlich seiner Thronbesteigung in Stockholm stattfanden. Auch der König von Dänemark bestellte einen Triumphwagen bei Haußsch.

Bereinfachte Nachkommen dieser Erfindung treffen wir ein Jahrhundert später noch in England an. Der Reisewagen des John Bevers, der in Bild 81 dargestellt ist, zeigt zwar eine gänzlich veränderte äußere Form, aber sein Antrieb erfolgte doch auf ganz ähnliche Weise wie die Bewegung des Wagens von Haußsch. Der reisende Herr sitzt unter einer Art Kutschdach und steuert mittels Stricken und einer Lenkstange die Vorderachse; der hinten aufstehende Diener hat eine Tretkurbel zu bedienen, durch welche die Hinterachse angetrieben wird.

In ganz anderer Weise hatte indessen der Uhrmacher Stephan Farfler, gleichfalls in der alten Mechanikerstadt Nürnberg, den Gedanken des Haußsch verwertet. Seine Beine waren gelähmt, und er trachtete deshalb danach, einen Wagen zu besitzen, den er mit den Händen antreiben konnte. Sein Fahrrad, das um 1685 entstand, hatte zuerst vier, später drei Räder und wurde mittels Handkurbeln bewegt. Zeitgenossen berichten, welch seltsamen Eindruck dieses Fahrzeug des gelähmten Mannes machte, „auf dem er vermöge eines von ihm künstlich angeordneten und bewegten Räderwerkes sich selbst ohne eines anderen Beyhülffe zur Kirche fuhr“.

Die Nützlichkeit von Farflers Bauart war und ist auf den Sonderfall beschränkt, daß der Fahrer nicht seine Beine zum Antrieb benutzen kann. Denn die Muskeln der Gehwerkzeuge sind die stärksten, die der Mensch besitzt, und es ist daher selbstverständlich, daß sonst stets danach gestrebt wurde, den Fußantrieb und nicht Handkurbeln zu verwenden. An Krankenstühlen trifft man diese bereits vor mehr

als zwei Jahrhunderten an, freilich mit einem sehr ungünstigen Mechanismus für die Kraftübertragung auf die Räder.

Im 18. und im Anfang des 19. Jahrhunderts tauchen fast in allen europäischen Ländern Wagen mit Vorrichtungen zur Bewegung durch Menschenkraft auf, die sämtlich als Vorläufer des Fahrrades bezeichnet werden müssen. Sie entbehren jedoch alle der Form, die sich als die beste, ja die einzig mögliche für diese technische Vorrichtung bewährt hat. Ein Fahrrad, das nicht einspurig gebaut ist, erscheint als ein Wechselbalg, das die Züge der Familie nur verzerrt im Antlitz trägt. So ist denn ein Deutscher, einer der eigentümlichsten Männer, welche die Geschichte der Erfindungen



81. John Bevers' Reisewagen  
Nach einer Zeichnung von A. Wald



Fürsorgender Herr Herr Müller

Angenommen die meinere Vorlesung zu dem  
Vertrag meiner Laufmaschin: Laufschreibung (da  
auf Herrn Hofst. H. v. Lamberger zusammen) nicht ange-  
nommen wird, so soll ich mich meine Zeit  
dies meinere auf das Land geschildert bei, und  
soll ich den Herrn Hofst. H. v. Lamberger mit beiliegende  
Laufschreibung mit zusammen

Fürsorgender Herr Herr Müller  
Hofst. H. v. Lamberger

Mannheim d. 2. April:  
1819.



kennt, als der wirkliche Erfinder des Fahrrades zu bezeichnen. Auch er freilich befand sich noch auf einem Abweg, denn sein Fahrzeug besaß keine Tretkurbeln.

Der badische Forstmeister von Drais hatte längst vor den wissenschaftlichen Arbeiten, die uns heute eine solche Einsicht leicht machen, allein durch die Anschauung erkannt, daß das beim Laufen hin- und hergeworfene Körpergewicht dem Menschen das rasche Vorwärtskommen sehr erschwert. So schuf er einen kleinen Wagen, ein mit Sattel versehenes Gestell, das von einem Rad vorn und einem Rad hinten getragen wurde. Auf diesem Sattel sitzend, sollte man sich mit den Füßen auf der Erde vorwärtsstoßen und so imstande sein, die ganze Muskelarbeit für die Vorwärtsbewegung aufzuwenden (Bild 82).

Mit dieser erstaunlich richtigen Überlegung war Drais seiner Zeit weit voraus. Es kann daher nicht Wunder nehmen, daß seine Maschine, als er sich damit im Jahre 1813 zuerst in den Straßen Mannheims zeigte, überall bespöttelt wurde. Der Erfinder, der in hartnäckiger Weise seine ganze Lebensarbeit der Einführung seiner Laufmaschine zuwendete, wurde bald eine komische Figur, und wie so viele echte Erfinder mußte er verachtet und im Elend zugrunde gehen. Selbstverständlich hat man ihm später ein Denkmal errichtet, aber das von den späteren Geschlechtern aufgestellte Bildwerk kann an dem toten Mann nicht das wieder gut machen, was die Mitwelt an dem lebenden gesündigt hat.

Karl Friedrich Christian Ludwig Drais von Sauerbronn wurde im Jahre 1785 als der Sohn eines wohlbeamteten Hof- und Regierungsrates zu Karlsruhe geboren. Der Landesherr von Baden, Markgraf Karl Friedrich, war der Laufpate des Knaben. Seine Abstammung legte ihm den Zwang auf, eine „vornehme“ Laufbahn einzuschlagen. Es blieb nur die Wahl, Offizier zu werden oder sich zum höheren Forstbeamten auszubilden. Drais zeigte jedoch von Jugend auf einen starken Hang für alles Technische. Diese Liebhaberei hat zwar seinen Namen über ein Jahrhundert hinweg lebendig erhalten, sie wurde aber auch die Ursache für die unendliche Zahl von Widrigkeiten, die ihm in seinem Leben widerfahren.

Die Erfindung der Laufmaschine hat Drais weder reich noch glücklich gemacht; sie kostete ihn vielmehr das Forstmeisteramt und die Kammerherrenwürde, zu der er glücklich aufgerückt war. Der Spott und die Verachtung, denen er überall begegnete, ließen ihn schon in jungen Jahren zu einem Sonderling werden. Ein grauer Zylinder oder eine grüne Dienstmütze, grüner Dienstfrack, grüne oder Runkelhosen, ein Jabothem und Manschetten, das war die Kleidung, mit der er sich überall auf der Laufmaschine zeigte. Dazu pflegte er ein dünnes Spazierstöckchen in der Hand zu halten. Der seltsame Mann bediente sich der von ihm erfundenen Vorrichtung auf allen seinen Wegen, zuerst in Mannheim, dann in Karlsruhe, ohne daß es ihm anfangs



82. Der gelähmte Uhrmacher Farfler in seinem Selbstfahrer  
Nach einer Zeichnung von W. Walb

gelang, bei irgend jemandem Verständnis für den Nutzen des neuen Werkzeuges zu finden.

Man kann den Zeitgenossen freilich diese mangelnde Einsicht nicht so sehr übel nehmen, da die Laufmaschine von Drais in ihren ersten Ausführungen sehr plump gebaut war. Auf einem schweren Holzgestell mit derben hölzernen Rädern ruhte ein Kissen, das den Sattel darstellte. Die Arme stützte der Lauffahrer auf ein festes Gestell und hielt die Lenkstange für das Vorderrad in den Händen. Um die Maschine vorwärts zu bringen, lief man mit weiten Schritten, ähnlich etwa wie bei der Benutzung von Schlittschuhen. Es läßt sich denken, daß das schwere Fahrzeug mit den in einfachster Weise gelagerten Rädern nicht sehr leicht in rasche Fahrt zu bringen war, und daß außerdem die geschwinde Fortbewegung mangels jeglicher Federung dem Körper nicht sehr zuträglich sein konnte.

Drais hat in seinem Eigensinn auch keine eigentliche Weiterbildung versucht, jedoch gelang es ihm, die Nützlichkeit der Vorrichtung dadurch zu beweisen, daß er eines Tages den Weg von Karlsruhe nach Straßburg, für den man sonst 16 Stunden gebraucht, in 4 Stunden zurücklegte. Diese Fahrt war so ziemlich das einzige glückliche Ereignis in seinem Leben. Es verschaffte ihm sogar eine Anerkennung durch die badische Regierung, indem diese dem Erfinder endlich ein Patent erteilte, das ihm früher angesichts der eben von uns geschilderten Vorläufer verweigert worden war. Die Patenturkunde ist für die damalige Zeit, wo alles von der Gnade des Herrschers abhing, so kennzeichnend, daß sie hier im Wortlaut wiedergegeben sein möge:

„Wir, Carl von Gottes Gnaden, Großherzog von Baden, Herzog von Zähringen, Landgraf von Nollenburg, Graf von Hanau usw. bewilligen dem Kammerjunker Freiherrn von Drais ein Erfindungspatent auf zehn Jahre für die von

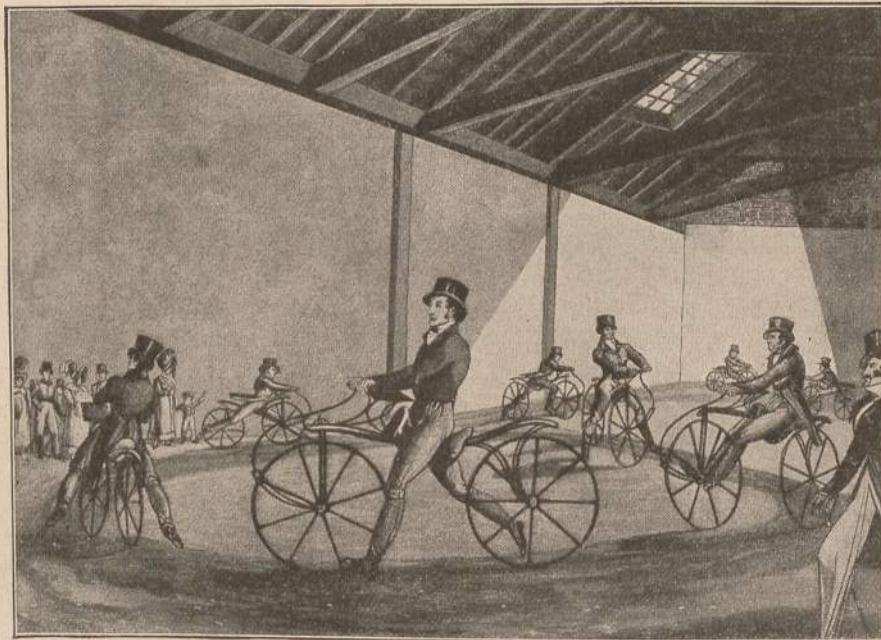




83. Freiherr von Drais auf seiner Laufmaschine  
Nach einer zeitgenössischen Darstellung im Deutschen Museum zu München

ihm erfundene Laufmaschine, in dem Maße, daß niemand dieselbe in den diesseitigen Großherzoglichen Landen nachmachen oder nachmachen lassen, oder auf öffentlichen Straßen oder Plätzen gebrauchen soll, ohne sich zuerst mit dem Erfinder darüber abgefunden, und ein Zeichen von ihm dafür gelöst zu haben. Wir beauftragen daher das Ministerium des Innern, auf seinen über diesen Gegenstand erstatteten Vortrag vom 6. Januar d. J. Nr. 66, dem von Drais ein solches Erfindungspatent in der gewöhnlichen Strafe für das Entgegenhandeln ausfertigen zu lassen. Gegeben Karlsruhe im Großherzoglichen Staatsministerium, den 12. Januar 1818.“

Irgendeinen geldlichen Nutzen hat Drais aus diesem feierlichen großherzoglichen Patent nicht ziehen können, denn es galt ja nur für den kleinen Bezirk des badischen Ländchens. Nach der großen Fernfahrt, die lebhaftes Aufsehen erregte,



84. Laufmaschinenport in Amerika  
Deutsches Museum, München

kam die Laufmaschine jedoch in Mode. In England, Frankreich und Amerika bemächtigte sich der Sport lebhaft des Rades, in Amerika baute man eigene Bahnen für die Maschinenfahrer. In London „ritt“ der Stutzer gern auf dieser Vorrichtung spazieren, so daß sie den Namen dandy-horse (Stutzerpferd) erhielt. Es wird aber nicht berichtet, daß von den Benutzern irgendwelche Gebühren an den Erfinder gezahlt worden seien; die weitaus größte Mehrzahl wird wohl von diesem überhaupt nichts gewußt haben.

Auch in Deutschland wäre er außerhalb der Kreise, die an der Geschichte der Technik Anteil nehmen, heute wahrscheinlich vollständig unbekannt, wenn nicht eine Sonderbauart seines Fahrzeuges, die, mit vier Rädern versehen, für die Fahrt auf Eisenbahnschienen eingerichtet ist, bis jetzt den Namen Draisine behalten hätte.

Als der Freiherr von Drais im Jahre 1851 starb, hinterließ er 52,98 Mark in barem Geld, das Modell zu einer neuen Ofenbauart, eine von ihm erfundene Kochmaschine, eine Schnellschreibmaschine und ein Laufrad, dessen Wert damals auf fünf Mark geschätzt wurde. Es ist später von der Geburtsstadt Karlsruhe für 500 Mark angekauft worden. Dort steht auch seit 1893 das Denkmal, das ihm der Deutsche Radfahrerbund errichtet hat. Auf dem Totenbett mögen dem unglücklichen Mann, der sein ganzes Lebensglück seiner Erfindung geopfert hatte, wohl Zweifel darüber gekommen sein, ob er wirklich etwas Brauchbares und Zukunftsreiches geschaffen habe. Denn das Schicksal ließ mit der Grausamkeit, die es ihm gegenüber stets gezeigt hatte, die fruchtbare Weiterbildung der Laufmaschine erst unmittelbar nach seinem Tod ihren Anfang nehmen.

\*

Der spätere Mechaniker Philipp Heinrich Fischer in Schweinfurt hatte, als er noch ein Knabe war, täglich mehrmals einen Schulweg von nahezu einer Stunde zurückzulegen. Er lernte Drais' Laufmaschine kennen und bediente sich ihrer zur raschen Überwindung der Entfernung.

In seinem erfinderischen Gehirn stieg der Gedanke auf, daß es möglich sein müsse, mit der Vorrichtung bequemer und rascher vorwärts zu kommen, wenn man das recht mühselige Vorwärtstreiben auf dem Erdboden durch einen richtigen Antrieb ersetzte. In den Jahren zwischen 1852 und 1855 versah er das Vorderrad mit einer Tretkurbel und legte dadurch den Grund für das eigentliche Fahrrad.

Es gehörte sehr viel Kühnheit dazu, diesen Schritt zu tun. Denn das einspurige Zweirad bleibt ja nicht von selbst im Gleichgewicht. Fischer muß wohl vorher auf dem kurbellofen Rad erfolgreiche Versuche gemacht haben, bei abgehobenen Füßen durch Balanzieren das Umkippen zu vermeiden. Sicherlich ist ihm unbekannt gewesen, daß es nicht die nach dem Gleichgewicht strebenden Körperbewegungen allein sind, die das Fahrrad aufrecht erhalten. Es bleibt in der gewünschten Lage seltsamerweise auch schon durch die Kreiselwirkung der sich drehenden Räder.



Durch die Beobachtung des Kinderspielzeuges weiß ein jeder, daß ein rasch laufender Kreisel nicht leicht umzuwerfen ist; trotz einwirkender Kräfte ist er stets mit überraschend großer Kraft bestrebt, die Richtung seiner Achse beizubehalten. Diese Tatsache wird in der Mechanik vielfach ausgenutzt. Der Schlicksche Kreisel zur Verhinderung der Schiffsschwankungen, der Kreisel, mit dem man die Einschienenbahn auf dem schmalen Gleis aufrecht erhalten will, und vor allem der Kreiselkompaß mit seiner unverrückbaren Richtkraft, Gegenstände, die in späteren Abschnitten besprochen werden, sind Beispiele hierfür.

Im Deutschen Museum zu München, das die Meisterwerke der Naturwissenschaft und Technik durch seine großartigen Sammlungen veranschaulicht, sind zur Darstellung der Kreiselwirkungen Räder aufgestellt, wie sie beim Bau des heutigen Fahrrades verwendet werden. Setzt man ein solches Rad in auch nur einigermaßen rasche Umdrehung, so wird man erstaunt sein, welch kräftigen Widerstand es jeder Verrückung seiner Drehachse entgegensetzt.

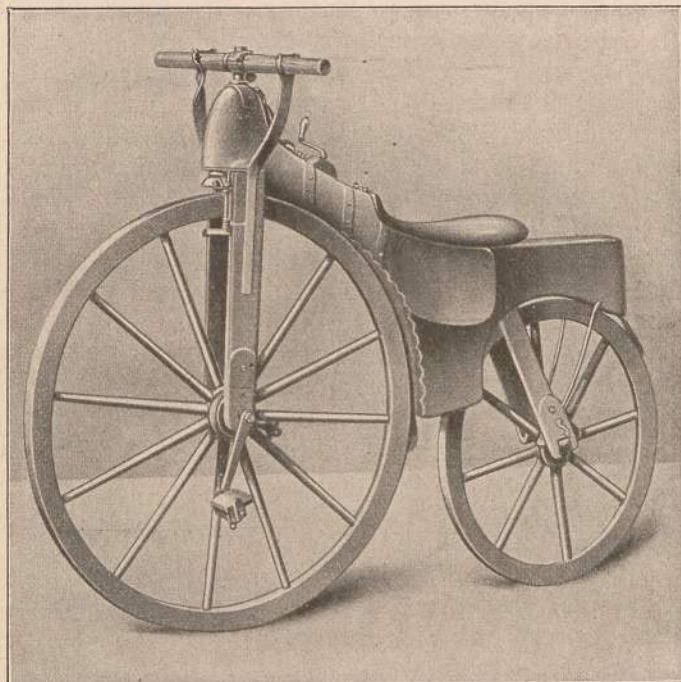
Jedes der beiden Räder an der Fahrmaschine ist ein Kreisel mit wagerecht gestellter Achse. Sobald die Vorrichtung also in rascher Bewegung ist, beharrt sie fast von selbst in der aufrechten Stellung; der Fahrer muß freilich nachhelfen, da sein eigenes Gewicht, das des Rahmens und der übrigen Zubehöerteile ein zu starkes Kippmoment schaffen. Bei langsamem Fahren verschwindet die Kreiselwirkung völlig, und nun muß man durch geschickte Seitenbewegungen des Lenkrades nachhelfen, die den Schwerpunkt der Maschine fortwährend verlegen.

Wie es so oft in der Technik geschieht, wurde dieselbe Erfindung fast zu gleicher Zeit an anderer Stelle gemacht. Der Franzose Ernest Michaux schuf ebenfalls, unabhängig von Fischer, ein Fahrrad mit Tretkurbel. Die Franzosen nehmen deshalb die Erfindung dieses technischen Werkzeuges für sich in Anspruch. Es ist jedoch kein Zweifel, daß wir Deutsche ältere und, gestützt auf die Leistung Drais', gewichtigere Ansprüche auf diesen Ruhm erheben können.

Es war aber ein Franzose, Meyer in Paris, der 1869 das Fahrrad dadurch leichter und gefälliger machte, daß er an die Stelle des hölzernen Gerüsts ein eisernes Rahmenstellte. Kennzeichnend für die damalige Bauart sind jedoch immer noch die hölzernen Räder und die Benutzung des Vorderrades als Antriebs- und Steuerrad zugleich. Eine Federung fehlte vollständig, so daß man nur auf guten Straßen fahren konnte.

Es gelang dann wenigstens, den Sattel auf eine federnde Stütze zu setzen. Trotzdem aber war es immer noch keine Lust, auf diesem Fahrzeug zu sitzen, was jedoch seine weite Verbreitung nicht mehr hinderte. In Amerika gab man der Maschine den kennzeichnenden Namen Knochenschüttler. Um das Steuern zu erleichtern, wurde versucht, das Hinterrad als Lenkrad auszubilden. Einen eigentümlichen Bau solcher Art zeigt Bild 87, bei dem das Hinterrad mit Hilfe einer Gleitvorrichtung innerhalb eines Rahmenringes vollständig herumgedreht werden kann.

Die Radler merkten bald, daß der Mensch imstande war, viel mehr Kraft aus seinen Beinmuskeln abzugeben, als das Fischer- oder Michaux-Rad aufnehmen wollte. Um die ganze Leistungsfähigkeit auszunutzen, wäre es notwendig gewesen, äußerst schnell zu treten, und das vertragen die schlechten Kurbellager nicht. Man strebte daher danach, den geringen Weg, der durch eine einzige Kurbeldrehung zurückgelegt werden konnte, zu verlängern, und so entstand



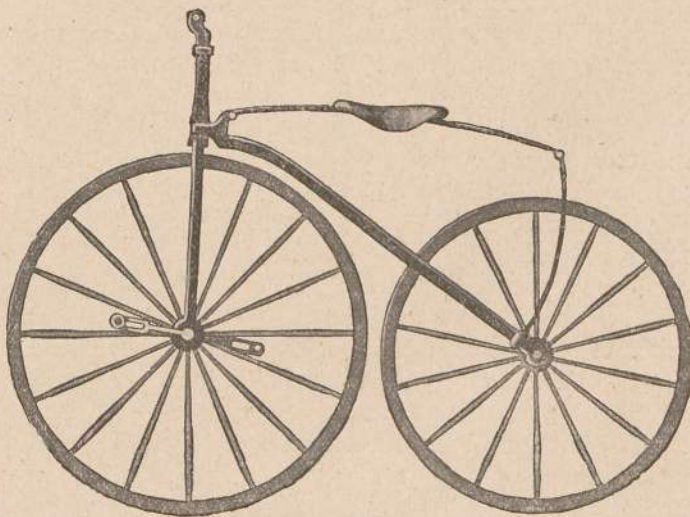
85. Das älteste Fahrrad mit Tretkurbel

Im Besitz der Firma Kugelfabrik vorm. Friedrich Fischer in Schweinfurt

das Hochrad, dessen eigentümlicher Gestalt sich die älteren Leser noch erinnern werden (Bild 88).

Solange das Treibrad fest mit der Kurbel verbunden war, machte es naturgemäß bei jeder Kurbeldrehung auch nur eine Umwälzung. Der zurückgelegte Weg war so groß, wie der Umfang des Felgenkranzes. Bei gleicher Trittggeschwindigkeit kam also das Hochrad sehr viel schneller vorwärts als das alte Niederrad. Seine Benutzung setzte jedoch eine nicht unbedeutende Geschicklichkeit voraus. Vor allem lag jetzt, wo der Sattel sich nahezu senkrecht über der Tretkurbel befand und das Hinterrad nur noch eine nebensächliche Stütze war, die Gefahr vor, beim Anfahren eines Hindernisses auf der Straße nach vorn zu kopfüber hinunterzustürzen. Und Unfälle solcher Art sind denn auch beim Hochrad-Fahren in nicht geringer Zahl vorgekommen.

Dazu bereitete das Aufsteigen Schwierigkeiten. Eine Vorschrift vom Ende der achtziger Jahre empfiehlt für diesen



86. „Knochenschüttler“

Die Sattelfederung vermochte nur wenig die Stöße zu dämpfen, die von den hölzernen, eisenbereiften Rädern ausgingen. Deutsches Museum, München



Vorgang, den der heutige Radfahrer im Augenblick erledigt, die folgende Vielzahl von Maßnahmen:

„Hat der Fahrer die Absicht, das hohe Zweirad zu besteigen, so stelle er es so, daß beide Räder hintereinander in grader Linie stehen. Dann nehme er, das kleine Rad zwischen den Füßen, Stellung hinter dem Zweirad, erfasse mit beiden Händen die Handgriffe (der Lenkstange), setze die linke Fußspitze auf den an der linken Seite des Rückens oberhalb des Hinterrades befestigten Auftritt, bringe das Behikel in dieser Stellung durch Abstoßen mit dem rechten Fuß in möglichst schnellen Gang und stelle sich durch einen kräftigen Abstoß vom Boden auf den Tritt. Hierauf hebt man das rechte Bein auf den Sattel vor und schiebt den ganzen Körper auf diesen nach, setzt aber die Füße nicht eher auf die Treter, als bis man bequem im Sattel sitzt. Durch ein sanftes, nicht sprunghaftes Hineingleiten in den Sattel vermeidet man ein Überkippen nach vorn.“

Für das Absteigen waren ähnliche Anweisungen nötig, so daß man sich bei der Benutzung des Hochrades eher als ein Zirkuskünstler, denn als ein ruhiger Spazierfahrer gebärden mußte.

Um das Jahr 1895 begann wegen dieser Beschwerden das Hochrad denn auch wieder zu verschwinden. In der Reihe der Ausstellungsgegenstände, die im Deutschen Museum zu München die Entwicklung des Fahrrades zeigen, sieht man die Höhenlinie hinauf und alsdann wieder hinabsteigen (Bild 91). Die Möglichkeit zur Schaffung eines niedrigeren Fahrrades ohne Geschwindigkeitsminderung wurde durch die Erfindung der sogenannten Känguruh-Bauart (Bild 89) gegeben, die in England erdacht wurde.

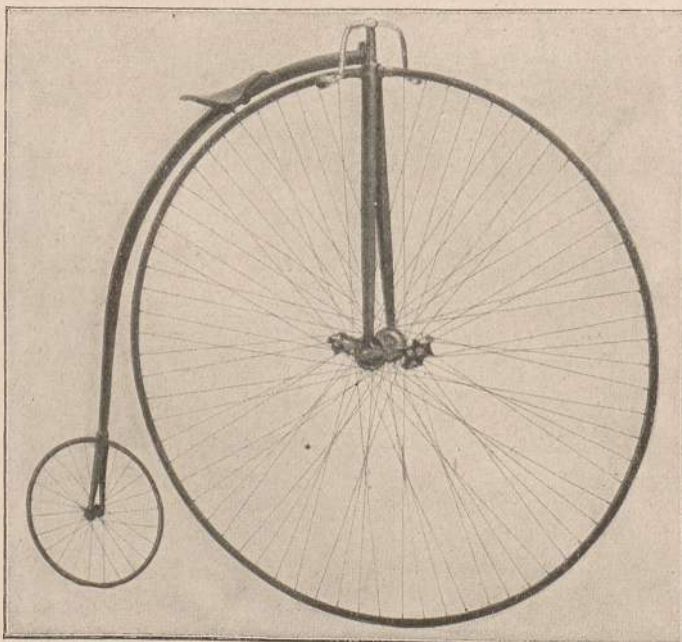
Zum ersten Male wird hier der Gedanke der „Übersezung“ in den Bau des Fahrrades eingeführt. Die Kurbel ist nicht mehr mit der Treibradachse starr verbunden, sondern sie erhält eine eigene Achse, deren Drehung mittels einer Kette auf die Radachse übertragen wird. Durch Benutzung verschieden großer Kettenräder hier und dort besteht fortan die Möglichkeit, bei einer einzigen Kurbeldrehung mehrere Treibraddrehungen zu bewirken. Da jetzt nicht nur der Durchmesser des Vorderrades selbst schrumpfen, sondern die Kurbel auch noch in eine tiefere Lage gebracht werden konnte, als die Radachse sie hatte, so durfte der Sitz ein bedeutendes Stück tiefer gelegt werden.

Die endgültige Grundform, das Niederrad, wurde aber erst erreicht, als Lawson die Kettenübertragung nicht mehr am Vorderrad, sondern am Hinterrad angreifen ließ. Jetzt ergab sich die Möglichkeit, jede beliebige Übersezung anzuwenden. Die Zurückschiebung des Sitzes in den Raum zwischen Vorderrad und Hinterrad beseitigt die Gefahr des Kopfsturzes vollständig. Die Maschine ist seitdem leicht zu besteigen, sie kann jeder Größe angepaßt werden und gewährt genügende Sicherheit beim Durchfahren von Krümmungen und bei Benutzung schmaler Wege.

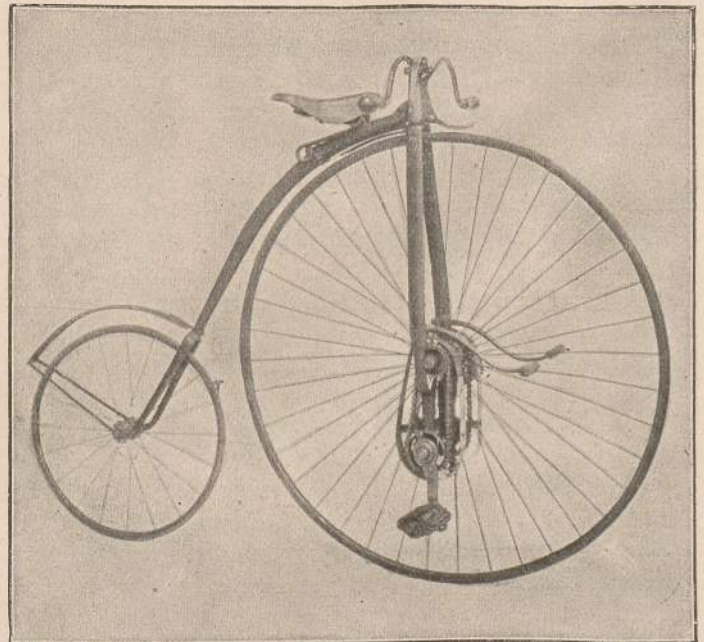
Die ersten Niederräder der neuen Art zeigten aber immer noch eine grundsätzliche Verschiedenheit von den heute gebrauchten in der Form ihres für die Festigkeit wichtigsten Teiles, nämlich des Rahmens. Dieser hatte bald die Form eines Kreuzes, bald war das Gestänge kreisförmig gebogen, so daß man schon aus dem willkürlichen Wechsel erkennen konnte, die endgültige Form sei noch nicht gefunden (Bild 92). Erst im Jahre 1885 baute die englische Firma



87. Eine merkwürdige „Verbesserung“  
Das in einem Ring drehbare Hinterrad wurde zur Lenkung benutzt. Aus Steinmann „Das Velocipede“



88. Hochrad  
Deutsches Museum, München



89. Känguruh-Rad. Vorderrad-Antrieb mit Übersezung  
Deutsches Museum, München



Humbert einen Fahrradrahmen, dessen Strebenführung allgemein als die beste und widerstandsfähigste angenommen wurde (Bild 93).

Der Humbert-Rahmen, den wir noch heute unverändert bei jedem Fahrrad sehen, hat die Gestalt eines unregelmäßigen Fünfecks. Dieses entsteht hier durch die Zusammenfügung eines Vierecks, das die eigentliche Grundfeste des Rades ist, mit einem Dreieck, das aus zwei Hilfsstreben gebildet wird. Das obere und untere Rahmenrohr, Steuerrohr und Sitzrohr bilden ziemlich genau die geometrische Form eines Trapezes. Von dem Knotenpunkt, den das obere Rohr und das Sitzrohr bei ihrem Zusammentreffen bilden, sowie vom Tretlager gehen zwei gegabelte Streben aus, die an ihrem Vereinigungspunkt die Hinterrad-Nabe aufnehmen. Beim Damenrad wird

das obere Rohr durch ein gebogenes ersetzt, das vom Steuerrohr zum Tretlager hinuntergeht.

Die Gesamtheit des Rahmens ist aus Stahlrohren zusammengesetzt, die entweder nahtlos gezogen oder aus Blechen gebogen und in der Naht aufs sorgfältigste verschweißt sind. Wegen des vorzüglichen Baustoffes, den man hierfür anwendet, dürfen die Rohre Wandstärken von nur einem Millimeter haben, so daß der Rahmen ein sehr geringes

Gewicht besitzt. Die Eckstücke, durch welche die einzelnen Rohre verbunden werden, sind heute meist innen eingelötet, wodurch das Rad eine schöne Schlantheit des Aussehens erhält.

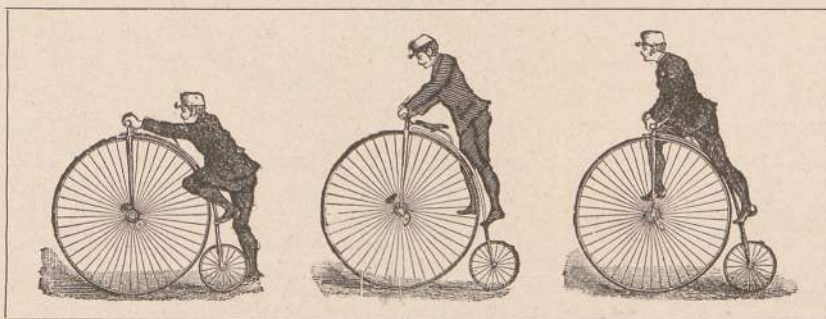
Als leicht bewegliches Stück ist in das Steuerrohr (Bild 95) die Vorderradgabel eingefügt, bestehend aus einem geraden oberen Rohrstück und zwei langen gebogenen Zinken mit ungefähr elliptischem Querschnitt, die durch ein Verbindungsstück daran befestigt sind. Bewegt wird die Vorderradgabel durch die Lenkstange, die, als das Fahrrad stark in

Mode war, einige Dutzend verschiedener Formen zeigte. Heute gibt es eigentlich nur noch die tief abwärts gebogene Lenkstange für Rennfahrer, die den Oberkörper möglichst wagerecht halten wollen, um den Luftwiderstand zu verringern, und die aufwärts gebogene Stange (Bild 96), deren Benutzung gesundheitlich

am förderlichsten ist, weil sie eine aufrechte Körperhaltung ermöglicht.

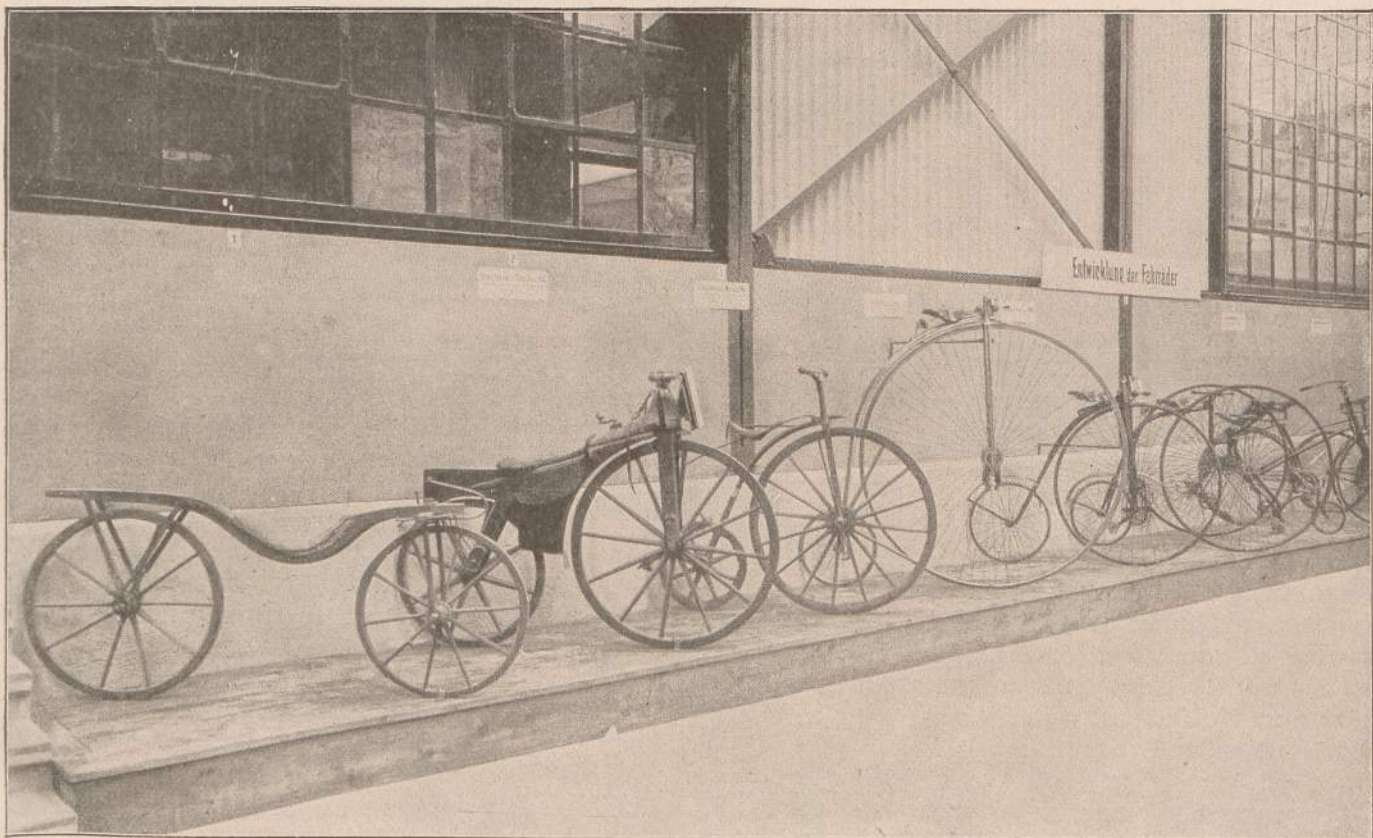
Der gut gefederte Sattel ist mit einem Winkelstück in das Sitzrohr eingefügt und in der Höhe verschieblich, so daß die Sitzstellung jeder Körpergröße angepaßt werden kann.

Wichtige Wandlungen hat auch die Bauart der Räder durchgemacht. An die Stelle der Speichen in Form von starken Streben, die man zunächst von dem hölzernen Rad



90. Wie das Hochrad bestiegen werden sollte

Aus Wolf „Fahrrad und Radfahrer“



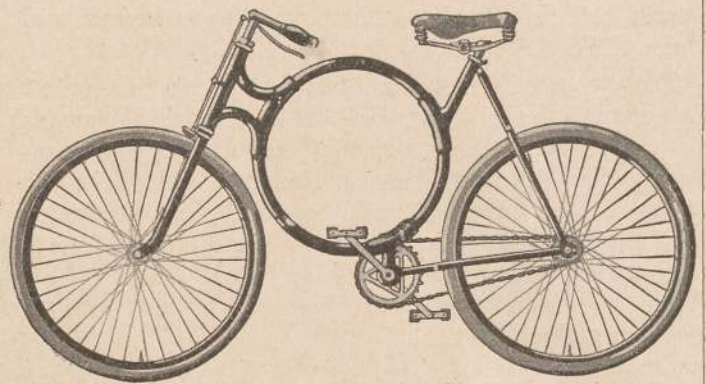
91. Die Entwicklung des Fahrrads

Geschichtliche Zusammenstellung im Deutschen Museum zu München



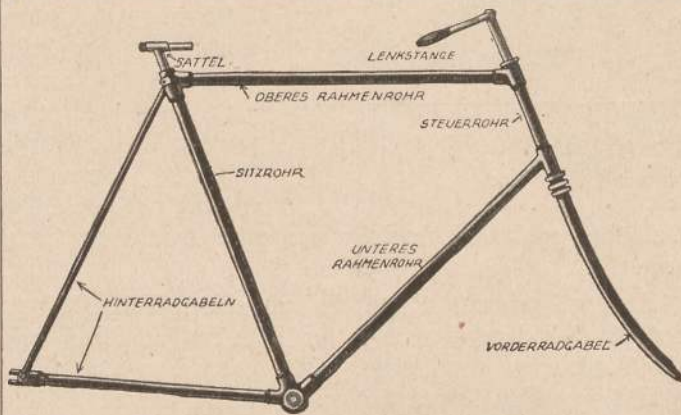


Kreuzrahmen

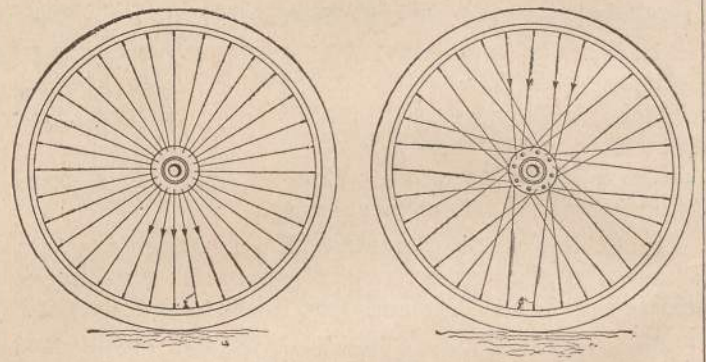


Kreisrahmen

## 92. Ältere Rahmenformen am Fahrrad mit Hinterradantrieb



93. Der neuzeitliche Fahrrad-Rahmen



94. Drahtspeichen in radialer und tangentialer Anordnung

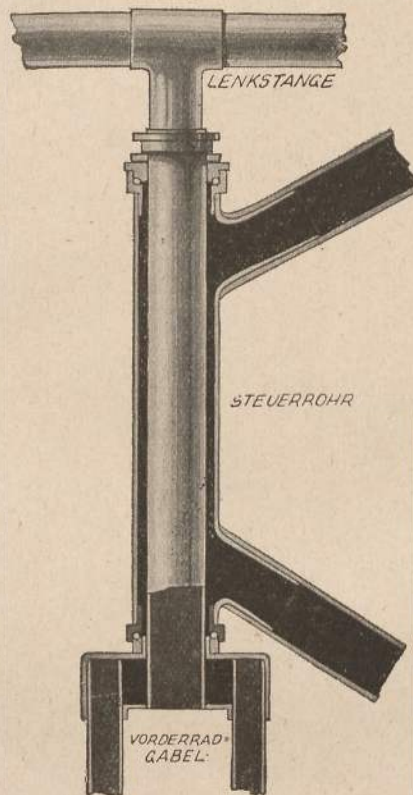
zu dem stählernen hinübergenommen hatte, traten dünne Drähte. Diese ergeben trotz ihres geringen Durchmessers und der damit verbundenen sehr erwünschten Gewichtsverminderung doch die gleiche Festigkeit, weil sie straff angespannt werden können. Die Drahtspeichen wurden zunächst so eingesetzt, daß jede von ihnen auf einer Halbmesserlinie vom Felgentreuz zur Nabe lief (Bild 94 links). Bei dieser Anordnung wurden sie beim Fahren auf Druck beansprucht, indem hauptsächlich die jedesmal unten liegenden Speichen das auf der Nabe lastende Gewicht trugen.

Der Engländer Cowper aber hatte den ausgezeichneten Gedanken, die Speichen nicht mehr radial, sondern tangential zu setzen, d. h. ihren Lauf so anzuordnen, daß jede von ihnen über eine Linie geführt ist, die den Nabenzentrum nur in einem Punkt berührt, also eine Tangente an diesen Kreis darstellt (Bild 94 rechts). Hierdurch wird erreicht, daß die Nabe an den Speichen hängt. Das Gewicht wird nun immer von den oben liegenden Speichen aufgenommen, die also auf Zug beansprucht werden, was für so dünne Stängchen mit geringer Knickungs-  
festigkeit weit günstiger ist. Der Durch-

messer der Drähte konnte nun nochmals verringert werden.

Damit jedoch das Fahrrad die Schnelligkeit erhielt, die sein Kennzeichen ist, war es nicht nur notwendig, die Bauteile immer leichter und leichter zu machen, man mußte vor allem auch die Reibungsarbeit verringern, die bei seiner Fortbewegung zu überwinden ist. Im Jahre 1869 führte der Franzose Suviray als erster die Kugellager in den Fahrradbau ein. Bis dahin lagen die Achsen unmittelbar in ihren Schalen, so daß große Reibungsflächen vorhanden waren. Fortab wurden zwischen jede Achse und ihre Lager-schalen kleine Kugeln gesetzt und dadurch die Berührung auf Punkte beschränkt (Bild 97). Außerdem verwandelt sich nun die glittende Reibung zwischen Achse und Lagern in rollende Reibung, die weit geringere Arbeitsleistung für ihre Überwindung fordert.

Die bewirkte Erleichterung des Tritts ist außerordentlich. Freilich müssen die Kugeln aus sorgfältig gehärtetem Stahl mit größter Gleichmäßigkeit des Durchmessers angefertigt werden, wenn sie wirklich einen spielend leichten Lauf herbeiführen sollen. Durch eine immer höher getriebene Ausbildung der Her-



95. Die Lenkung am heutigen Fahrrad

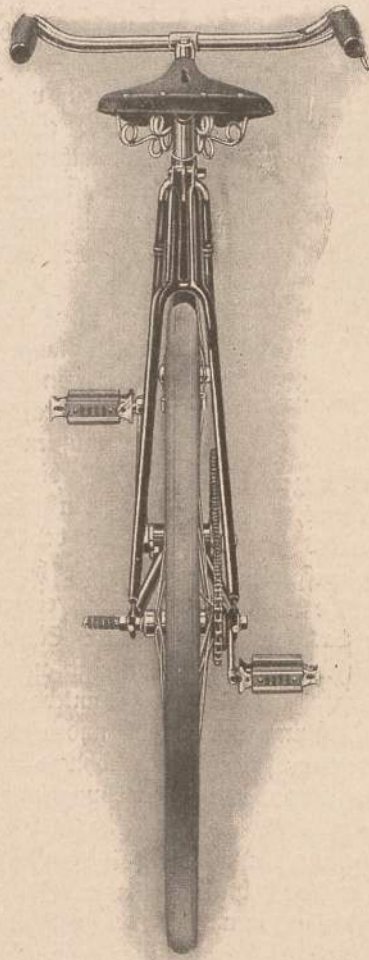


stellungsweise ist hier Untadeliges erreicht worden, und insbesondere deutsche Kugellager-Fabriken haben auf diesem Gebiet Hervorragendes geschaffen.

Jede der drei Fahrradachsen, die des Vorderrades, des Hinterrades und des Kurbellagers, liegt jetzt auf je zwei Kugelkränzen, deren Einzelkugeln durch einen Käfig, der sich mit den Achsen bewegt, so festgehalten werden, daß sie einander nicht berühren können. Auch zwischen das Steuerrohr und das darin bewegliche Lenkstangenrohr sind Kugellager gefügt, damit die Lenkstange möglichst leicht gedreht werden kann (Bild 95). Die Abdichtung der Lager gegen das Eindringen des Staubes und zur Herbeiführung einer guten Dichtung wird mit größter Sorgfalt vorgenommen.

Die Kette besteht aus Gliedern von bestem Stahl. Die mit Rollen versehenen Querstege, die allein mit den Zähnen der Kettenlager in Berührung kommen, sind gehärtet. Da die Kette sich durch den Gebrauch ständig etwas streckt, ist in der Hinterradgabel eine Nut vorgesehen, welche gestattet, die Entfernung der Hinterradachse von der Tretkurbelachse beliebig zu regeln.

Es ist vielfach versucht worden, die Kette, die infolge von Unregelmäßigkeiten im Lauf hin und wieder reißt, die, weil sie immer etwas geölt sein muß, viel Schmutz annimmt und so mancherlei Unannehmlichkeiten verursacht, durch eine Wellenübertragung zu ersetzen. Es wird dann am Tretkurbellager wie am Lager des Hinterrades je ein



96. Das einspurige Fahrzeug  
Wanderer-Werke in Schönaue bei Chemnitz

gleichfalls Regelräder trägt, dient zur Übertragung der Kraft. Das Kettenlose Rad hat sich jedoch auf die Dauer nicht zu behaupten vermocht, weil es schwerer ist, und weil beim Fahren infolge der unvermeidlichen Durchbiegung des Rahmens die Lage der beiden Achsen zueinander sich fortwährend ändert. Die schmiegsame Kette merkt von solchen Verlagerungen nichts, bei Wellenübertragung aber wird der gute Eingriff der Zähne schon durch kleine Verschiebungen arg gestört. Diese Bauart ist daher heute vollständig verschwunden. Wir werden sie aber beim Kraftwagen wiederfinden, wo die Verschiebungen durch Einfügen eines Gelenks in die Übertragungsstange unschädlich gemacht werden können.

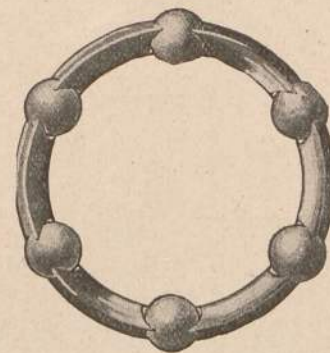
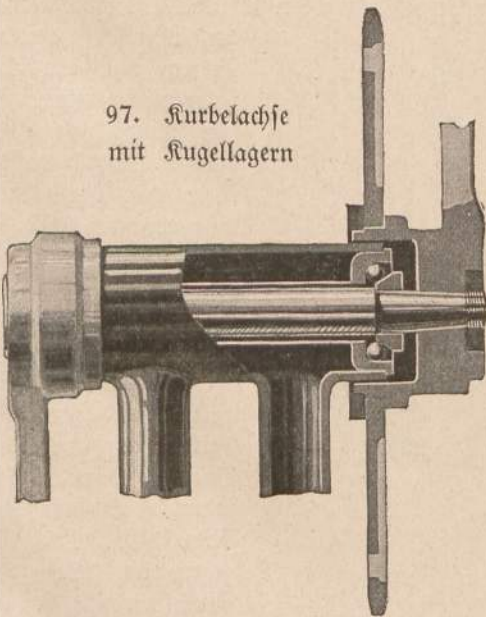
\*

In neuerer Zeit hat der Bau der Hinterachse eine geradezu erstaunliche Entwicklung durchgemacht. Es sind Teile eingefügt worden, die dem Radfahrer Bequemlichkeiten und Erleichterungen während der Fahrt gewähren, deren Möglichkeit früher nicht geahnt werden konnte. Eine Hinterradnabe mit Mehrfachübersezung, Freilaufanordnung und Rücktrittbremse stellt in ihrer Zierlichkeit ein mechanisches Kunstwerk allerersten Ranges dar.

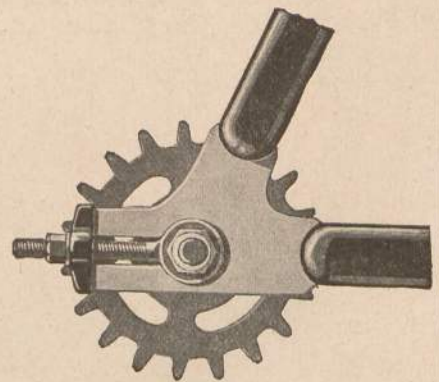
Wer mit seinem Rad für gewöhnlich in der Ebene fährt, wird eine große Übersetzung daran anbringen. Er wählt also ein großes Kettenrad am Tretkurbellager und ein entsprechendes kleines an der

Hinterachse, so daß bei jedem Tritt das hintere Rad eine recht hohe Zahl von Umdrehungen macht. Der Weg, den der

97. Kurbelachse  
mit Kugellagern



98. Lagerkugeln im Käfig

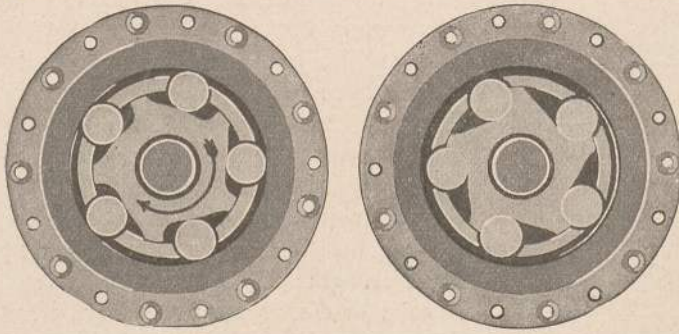


99. Nachstellvorrichtung für das  
Hinterrad



100. Fahrradkette





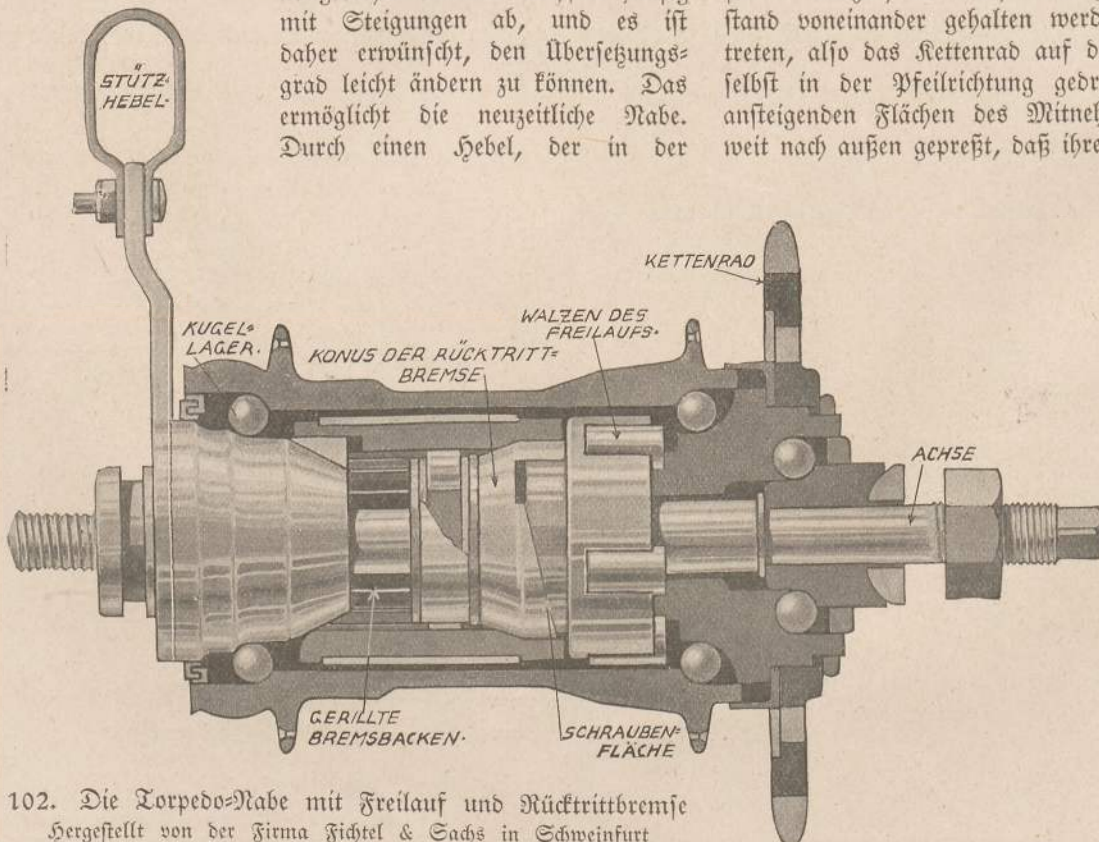
101. Der Freilauf

Querschnitt durch eine Torpedo-Nabe. Links bei vorwärtsbewegter Kurbel, rechts bei stillstehender Kurbel

Krafterzeuger, also der Fuß, jedesmal zurückzulegen hat, wenn das Fahrrad ein weites Stück vorwärtskommt, ist nun gering. Da die Natur dem Menschen aber nichts schenkt, so ist die Kraft, die bei so hoher Übersetzung aufgewendet werden muß, jedesmal desto größer. Denn welche mechanischen Hilfsmittel wir auch anwenden mögen: das Produkt  $\text{Kraft} \times \text{Weg}$  bleibt für die Erzielung der gleichen Energiemenge immer das gleiche.

Auf das Fahrrad angewendet bedeutet dies, daß man mit einer großen Übersetzung wohl in der Ebene bequem fahren kann, daß aber die Kraftanstrengung übermäßig wird, wenn man eine Steigung hinauf muß. Denn jetzt heißt es, bei jedem Tritt das Fahrrad und sich selbst nicht nur um ein bedeutendes Stück vorwärts zu bringen, sondern auch zu heben. In diesem Fall wird man gern häufiger treten wollen, wenn man nur weniger kräftig zu treten braucht. Bergfahren erfordert also, wenn es nicht zur Last werden soll, eine kleinere Übersetzung zwischen Tretkurbellager und Hinterrad.

Nun sind aber die Rücken vieler Straßen trotz aller Einebnungen doch bucklig gestaltet. Wagerechte Strecken wechseln häufig mit Steigungen ab, und es ist daher erwünscht, den Übersetzungsgrad leicht ändern zu können. Das ermöglicht die neuzeitliche Nabe. Durch einen Hebel, der in der



102. Die Torpedo-Nabe mit Freilauf und Rücktrittsbremse  
Hergestellt von der Firma Fichtel & Sachs in Schweinfurt

Nähe der Lenkstange angebracht ist, kann man zwei, drei und selbst vier verschiedene Übersetzungsgrade einschalten, ohne absteigen zu müssen, ja ohne die Vorwärtsfahrt zu unterbrechen. Angesichts des geringen Durchmessers einer Fahrradnabe wird gewiß niemand der mechanischen Geschicklichkeit seine Achtung versagen, die imstande ist, eine so verwickelte Anordnung wie ein vierfaches Umschaltgetriebe in einem so engen Gehäuse unterzubringen.

Hat der Radfahrer mehrere Male scharf zugetreten, dann befindet sich das mit Kugellagern versehene Rad in so scharfem Schwung, daß es auch in der Ebene über eine ziemlich lange Strecke von selbst weiterläuft. Beim Befahren von Neigungen ist ein Treten zur Erzeugung von Vorwärtskraft überhaupt nicht notwendig. Die älteren Fahrer aber mußten unaufhörlich die Beine bewegen, da ja die feste Verbindung zwischen dem sich drehenden Hinterrad und dem Tretkurbellager einen Stillstand der Fußtritte während der Fahrt nicht gestattete.

In die heutige Hinterradnabe aber ist die Segnung des Freilaufs eingefügt.

Diese Einrichtung gestattet, wenn man will, die Füße unbewegt auf der stillstehenden Kurbel zu halten, während das Hinterrad weiterläuft. Trotzdem ist in jedem Augenblick und ohne den geringsten Zeitverlust, selbstverständlich auch ohne die Betätigung irgendeiner Schaltvorrichtung, die Ausübung eines neuen Antriebes durch das Vorwärtstreten möglich.

Die Bauweise der Freilaufanordnung wird durch Bild 101 erläutert. In dem Hohlraum der Hinterradnabe ist, zwischen den Kugellagern, auf der Kettenradseite eine Vorrichtung, der Mitnehmer, fest auf die Achse gefeilt, der im Querschnitt eine eigentümliche Form zeigt. Der Rand des Mitnehmers ist mit mehreren Krümmungen versehen, die sämtlich in Einer Richtung ansteigen. In dem ringförmigen Spalt zwischen Mitnehmer und Innenfläche der Nabenbohrung liegen ebenso viele Walzen, die durch einen Führungsring in festem Abstand voneinander gehalten werden. Wird die Kurbel getreten, also das Kettenrad auf der Hinterradachse und diese selbst in der Pfeilrichtung gedreht, dann wird durch die ansteigenden Flächen des Mitnehmers jede der Walzen so weit nach außen gepreßt, daß ihre Oberfläche die Nabenwand

berührt. Bei weiterem Treten übt der Mitnehmer eine immer stärkere Keilwirkung auf die Walzen aus, so daß die Nabe von ihnen sicher mitgenommen wird.

Hört man jedoch mit dem Treten auf, bleiben also Kurbelachse, Hinterradachse und Mitnehmer stehen, dann treibt die weiterrollende Nabe die Walzen ein kleines Stück vorwärts, bis sie gegen die Anschläge am Mitnehmer stoßen. Jetzt liegen die Walzen in Vertiefungen, so daß sie die Nabenwand nicht mehr berühren. Das Hinterrad kann also



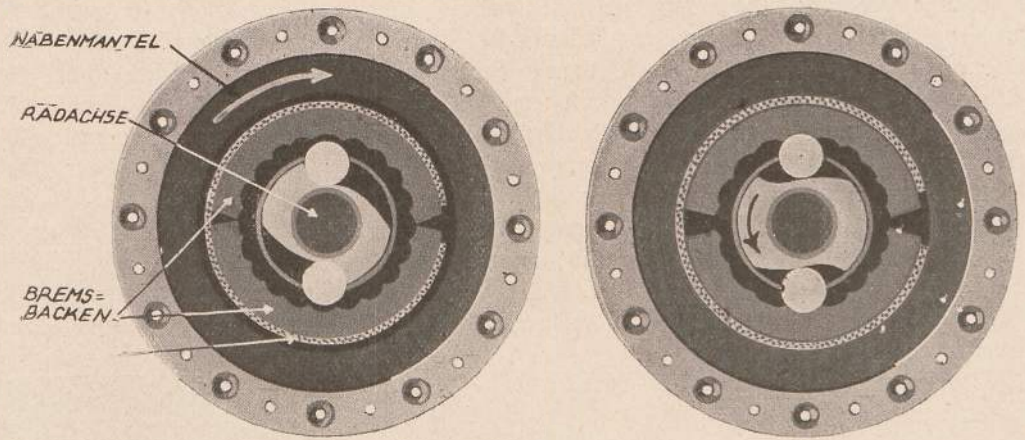
frei weiterrollen. Die geringste Bewegung der Kurbel verdreht wieder den Mitnehmer, so daß von neuem ein Anpressen der Walzen stattfindet. Der Trieb arbeitet vollkommen stoß- und geräuschlos.

Die Bremsung des laufenden Fahrrades durch Rückwärtstreten der Kurbeln erfolgt mittels eines ähnlichen Walzengeesperres, wie es für den Freilauf benutzt wurde. Es ist für diesen Zweck wiederum ein Mitnehmer auf der Achse befestigt, jedoch hat er nur zwei Rückenkrümmungen, und ihr Anstieg liegt in der entgegengesetzten Richtung. Sowie die Tretkurbel sich ein klein wenig rückwärts bewegt, steigen die beiden Walzen in Bild 103 aufwärts. Sie berühren aber, da der Mitnehmer im Durchmesser geringer gehalten ist, nicht mehr unmittelbar die Nabeninnenwand, sondern einen mit Längsrillen versehenen Bremsring, in den sie sich also unverrückbar einlegen. Der Bremsring ist nicht starr, sondern er kann, da er zwei Längsschlitze besitzt, auseinandergehen. Jetzt liegt dieser Bremsring noch so in der Bohrung der Nabe, daß diese nicht festgehalten wird, sondern nach wie vor frei um den ruhenden Ring kreisen kann.

Nächst aber der Grad des Rücktritts, so wird ein besonderer Bremssteil, ein kegelförmiges Stück oder Konus, in Achsrichtung verschoben (Bild 102). Sein kegelförmiger Kopf preßt sich in den Bremsring und treibt ihn auseinander. Nun legt sich die Wand des Ringes fest gegen eine Ausfütterung der Nabenbohrung aus Messing oder einem ähnlichen Stoff, und die Bremswirkung tritt ein. Das Verschieben des Konus wird dadurch bewirkt, daß eine schräge Fläche bei Rückwärtsbewegung der Achse auf seine geschrägte Hinterwand aufläuft, wodurch der Konus zur Seite gedrängt wird.

Durch die Zwischenschaltung des erwähnten Bremsringes wird trotz starker Endwirkung ein äußerst weiches Anziehen der Bremse bewirkt. Zur Aufnahme der beim Bremsen eintretenden Druckkräfte ist an der Hinterradnabe ein Hebel befestigt, der an einer Rahmenstrebe angreift und so die Nabe gegen den Rahmen absteift.

Einfacher als die eben geschilderte, in ihrer Wirkung ganz vorzügliche Torpedonabe der Firma Fichtel & Sachs ist die Astorianabe der Simson-Werke in Suhl gebaut.

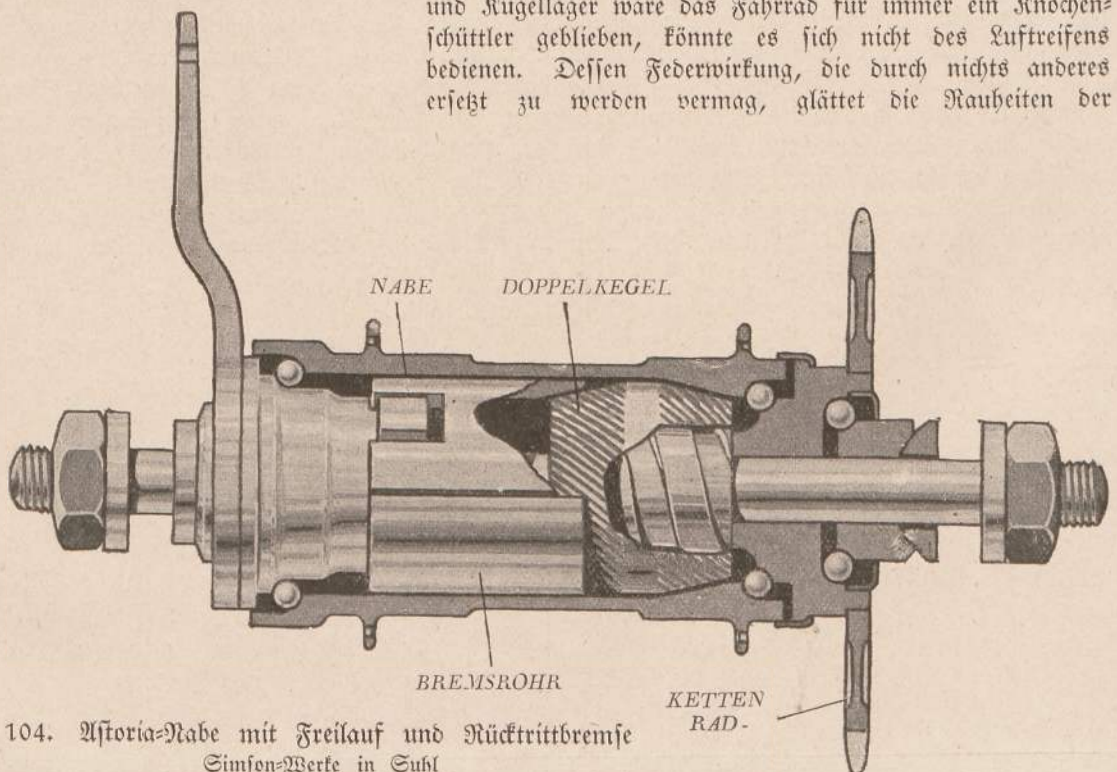


103. Rücktrittbremse

Links bei vorwärtsbewegter oder stillstehender Kurbel, rechts beim Rücktreten

Ein einziger Doppelkegel, der mittels eines Gewindes auf der Achse um wenig nach rechts und links bewegt werden kann, bewirkt den Antrieb, den Freilauf und die Bremsung beim Rücktreten. Bei vorwärtslaufender Achse rückt der Doppelkegel nach rechts (Bild 104), bis er die Wand der Nabe berührt und diese mitnimmt. Steht das Kettenrad still, so hat der Doppelkegel die gezeichnete Stellung, da die weiterlaufende Nabe ihn solange auf dem nun ruhenden Achsgewinde nach links verschiebt, bis sie von ihm frei ist. Der Rücktritt zwingt mittels desselben Gewindes den Konus weiter nach links, wobei er seinen schrägen Kopf in ein geschlitztes Rohr drückt, das durch eine Nase an der Drehung verhindert ist. Das sich weitende Rohr berührt die Nabenwand und bremst das Fahrrad.

Doch alle diese Vorrichtungen, so fein sie erdacht sind, und so groß ihre Nützlichkeit ist, hätten doch das Fahrrad nie zu einem wirklich vollstümlichen Verkehrswerkzeug machen können, wenn nicht schon lange vorher eine Erfindung in die Welt getreten wäre, die alle betrachteten an Großartigkeit weit übertrifft. Trotz der Drahtspeichenräder und Kugellager wäre das Fahrrad für immer ein Knochenschüttler geblieben, könnte es sich nicht des Lufttreifens bedienen. Dessen Federwirkung, die durch nichts anderes ersetzt zu werden vermag, glättet die Rauheiten der



104. Astoria-Nabe mit Freilauf und Rücktrittbremse  
Simson-Werke in Suhl



Landstraße vor dem Radfahrer; sie läßt ihn auf seinem Fahrzeug sich wiegen, als wären ihm Flügel gewachsen. Dadurch daß gepreßte Luft als vollkommene Feder zwischen Rad und Straße geschaltet wird, tritt eine außerordentliche Verringerung der Stoßwirkungen ein; vermöge dieser Einwirkung erst ist es möglich geworden, alle Teile des Fahrrades so leicht zu halten, wie sie sind, da die Beanspruchungen sehr viel bescheidener geworden sind.

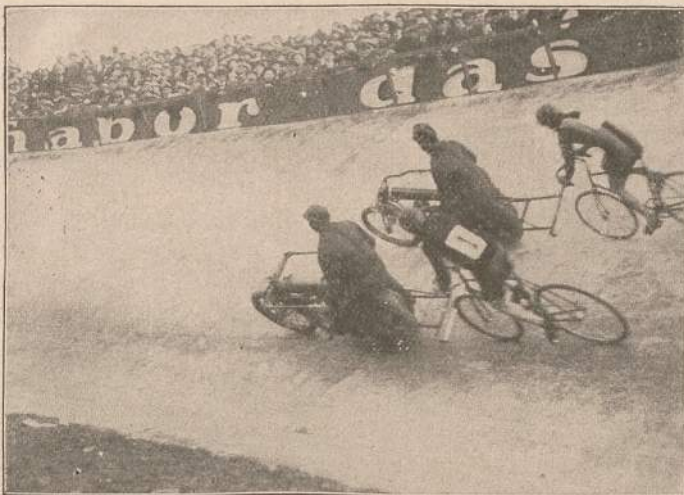
Der Luftreifen ist für das Fahrrad erfunden und bei ihm zum erstenmal benutzt worden. Heute jedoch ist sein Hauptanwendungsgebiet der Kraftwagen. Im Zusammenhang mit diesem ist sein Bau weiter entwickelt worden, und wir wollen daher die fesselnde Entstehungsgeschichte und die Einzelteile dieser so überaus nützlichen Erfindung im Zusammenhang mit dem Bau des Kraftwagens im nächsten Abschnitt besprechen.

Der Fahrradbau hat in seiner Blütezeit eine lebhaft befruchtende Wirkung auf den allgemeinen Maschinenbau ausgeübt. Das Fahrrad war der erste Gegenstand, dessen sich die veredelte Massenfabrikation bemächtigte, also jene Erzeugungsart, die mit Billigkeit hohe Genauigkeit und Sorgfalt verbindet. Bis zum Jahre 1885 beherrschte England den Weltmarkt mit den von ihm erzeugten Fahrrädern. Dann aber wendeten sich die deutschen Fabriken mit starkem Willen diesem Gegenstand zu, und es gelang ihnen, den Engländern mindestens ebenbürtig zu werden. Im Anfang der neunziger Jahre, als jeder ein Fahrrad haben mußte, und auch die Damen diesem Sport eifrig huldigten, entstanden in Deutschland sehr viele, ja zu viele Fabriken, die sich der Herstellung dieses Erzeugnisses widmeten. Der Rückschlag konnte nicht ausbleiben. Von 1897 ab brachen viele Fahrradfabriken zusammen, bis langsam wieder eine Gesundung eintrat. Der überaus starke Wettbewerb bewirkte jedoch, daß der Preis des Fahrrades in eineinhalb Jahrzehnten von 500 Mark bis auf 150 Mark hinunterging. Ja es gab sogar Fahrräder, die nur 75 Mark kosteten; diese konnten freilich

keinen Anspruch auf Vollbürtigkeit machen. Durch immer vorzüglichere Abarbeitung der Lager und Verwendung besserer Baustoffe wurde das Gewicht von 30 Kilogramm auf 30 Pfund bei Straßenrädern und auf 20 Pfund bei Rennrädern hinabgedrückt.

Ein mittelmäßiger Radfahrer ist heute imstande, 30 Kilometer in der Stunde zurückzulegen, also die gleiche Strecke wie ein Güterzug. Sehr viel mehr erreicht der Rennfahrer, wenn er hinter Führungsmaschinen fährt, welche die Luft vor ihm fortsaugen. So vermochte der Franzose Guignard auf der Rennbahn München—Milbertshofen hinter dem Schrittmacher mit der erstaunlichen Geschwindigkeit von 101,6 Kilometern in der Stunde zu fahren. Die Höchstleistung bei Fernfahrten beträgt 1000 Kilometer in 54 Stunden.

Wie die Höhenlinie auf dem geschichtlichen Ausstellungsstand der Fahrräder im Deutschen Museum zu München auf- und niedersteigt, so hat sich auch die Ruhmeslinie des Fahrrades rasch auf- und niederbewegt. Noch gar nicht lange ist es her, daß der Radfahrer und besonders die Radfahrerin als vornehme Erscheinungen angesehen wurden. Das Fahr-



105. Rennen hinter Schrittmachern  
Phot. Niebecke, Charlottenburg

rad stand nicht nur in höchstem Ansehen, man fürchtete es auch. Verordnungen gegen die gefährlichen Radfahrer, die wir heute gar nicht begreifen können, sind noch vor kaum mehr als zwei Jahrzehnten erlassen worden.

Doch es kam die Zeit, in welcher der Kraftwagen mit sieghafter Macht die Welt eroberte. Der Raum, den er in Anspruch nimmt, die Zahl der Pferdestärken, die in ihn eingesenkt sind, der gesamte Eindruck dieses ganz von Energie geschwellten Fahrzeuges, haben das Fahrrad in vielen Bezirken in den Hintergrund gedrängt. Das „Rad“ wurde zum Fahrzeug des „kleinen Manns“. Freilich ist es flug genug gewesen, in einer Sonderbauart sich der neuen Zeit anzupassen. Es gibt jetzt nicht nur Fahrräder, die durch Menschenkraft, sondern auch solche, die durch eine Maschine bewegt werden. Über Bau und Art der Motorräder ist einiges im nächsten Abschnitt gesagt.





#### Alter englischer Dampf-Kraftwagen

In England bestand zu Anfang des 19. Jahrhunderts, vor dem Entstehen der Eisenbahn, ein lebhafter Verkehr mit großen Omnibussen, die durch Dampfkraft getrieben wurden. Das hier abgebildete, von Church erbaute Kraftfahrzeug fuhr von 1814 ab zwischen London und Birmingham. (Zu Seite 74.)



## 11. Die Kraftfahrzeuge

---









106. Erste Ausfahrt des Dampfkraftwagens von Cugnot  
Nach einer Zeichnung von A. Walb

Der Kraftwagen ist, obgleich er so lebhaft benutzt wird, immer noch nicht völlig in die Kulturwelt eingebürgert. Die Allgemein-Anschauung über sein Wesen ist keineswegs gefestigt. Die einen preisen ihn, von den andern wird er verdammt. Niemand freilich bezweifelt den Nutzen, den das neue Verkehrswerkzeug als Lastwagen auf schienenlosen Wegen und als bequemes Beförderungsmittel für vielbeschäftigte Stadtmenschen, wie Ärzte und Leiter von räumlich weitverzweigten Fabrikanlagen, bringt. Höchst ungern gesehen aber ist das Kraftfahrzeug von den Anwohnern der Landstraßen, und der lyrisch veranlagte Gebirgswanderer wirft seinen ganzen Haß darauf.

Die Leute dieser Art sind gewiß keine Freunde des Krieges gewesen, aber eine seiner Wirkungen war ihnen doch hochwillkommen: sie konnten, dienstuntauglich oder beurlaubt, in der Kampfzeit die deutschen Bergländer durchstreifen, ohne fortwährend von abscheulichen Staubwolken eingehüllt zu werden.

Der Wanderer, der mit Rucksack und derben Stiefeln durch die Lande zieht, wütet gegen das maschinenbegabte Fahrzeug nicht nur deshalb, weil er selbst dadurch belästigt wird, es verdrießt ihn auch gewaltig, daß seiner Meinung nach die Insassen des Kraftwagens einen Mord an ihrem Innenleben begehen. Für ihn gibt es bloß die Hundert-Kilometer-Geschwindigkeit; er meint, man könne im Kraftwagen nur durch die Landschaft rasen, so daß all ihre Schönheiten zu einer gleichmäßigen, grünlich-grauen Fläche zusammenschmelzen.

Demgegenüber ist doch darauf hinzuweisen, daß der Kraftwagen auch langsam zu laufen vermag. Die Unabhängigkeit

von jedem Fahrplan, die Möglichkeit, rasch weite Strecken überwinden, an sehenswerten Stellen weilen zu können, so lange man es wünscht, die Ausschaltung jeglicher Ermüdung sind unbezahlbarer Gewinn. Die meisten fühlen sich doch, wenn sie ein paar Meilen zu Fuß zurückgelegt haben, derart angegriffen, daß ihre Aufnahmefähigkeit stark gemindert ist. Die freizügige Fahrmaschine aber bringt ihre Insassen überall hin, ohne daß körperliche Erschlaffung die Sinne abstumpft.

Geschwinde Fortbewegung ist an sich schon eine Lust für den Menschen; die Kinder fahren darum so gern Karussell. Und es gibt außer den Luftfahrzeugen kein Mittel, sich so deutlich als Herrn der Welt zu fühlen, wie den Kraftwagen. Wundervoll ist es, wenn er in der kühleren Abendluft nach einem heißen Sommertag mit dem vierten Gang gewaltig vorwärtstürmt, aber mit gleich angenehmem Gefühl sitzt man in seinen Polstern, wenn die Räder langsam durch eine Landschaft rollen, die des sorgfältigen Beschauens würdig ist.

Wer seinen Wagen mit Höchstgeschwindigkeit über die Straßen der Riviera oder durch die Gassen von Rothenburg knattern läßt, würde, wenn dieses Beförderungsmittel nicht erfunden worden wäre, sicherlich auch niemals die stillen Freuden einer Wanderung am Meeresgestade oder die Schönheiten alter Stadtwinkel aufgesucht haben. Solche Menschen reisen nicht in den Schwarzwald, sondern ins Schwarzwald-Hotel; sie gehen nicht an die Nordsee, sondern auf die Promenade von Westerland. Ohne den Kraftwagen würden sie mit der Eisenbahn von Ort zu Ort fahren und von der Landschaft noch weit weniger



wahrnehmen als jetzt. Man darf seine Sinne nicht gänzlich klenden lassen, wenn ein pfeilgeschwindes Fahrzeug einem die Staubschleppe über die Augen schlägt, sondern muß die Einsicht bewahren, daß ein jeder den Kraftwagen haben kann, der ihm zukommt.

Dieses Verkehrswerkzeug ist praktisch eine Schöpfung der letzten Jahrzehnte. Unmittelbare Vorläufer hat es vor der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts nicht gehabt. Wohl aber tauchen schon früh Vorahnungen und Entwürfe für den Bau selbstbeweglicher Fahrzeuge auf, die nicht ausfahrbar waren oder rasch wieder verschwanden.

Insbesondere hat der dampfgetriebene Kraftwagen eine kurze Blütezeit gehabt. Er war nicht fähig, seine Lebensberechtigung neben dem Schwesterfahrzeug auf Schienen zu erweisen. Die Eisenbahn mordete den Dampfwagen. Das heutige Kraftfahrzeug aber hat sich neben ihr als gleichberechtigtes Glied im Verkehrsleben entwickelt. Der Beweis für die Überlegenheit der neuzeitlichen Bauart ist dadurch erbracht.

Heron von Alexandria, der große Kunstmeister des Altertums, hat bereits im ersten Jahrhundert v. Chr. allerlei Maschinen beschrieben und benutzt, von denen man meist glaubt, daß erst die schrecklich klugen Menschen unserer Zeit sie erdacht haben. Dieser Heron bereits hat ausgesprochen, daß es möglich sein müsse, selbstbewegliche Wagen zu schaffen. Andeutungen solcher Art finden sich dann in vielen anderen Schriften, so auch in den „Epistolae“ des berühmten Minoritenmönches Roger Bacon, der im 13. Jahrhundert lebte und niederschrieb, „daß es möglich sei, Wagen herzustellen, die mit wunderbarer Genauigkeit (nur durch die Hilfe der Wissenschaft und der Kunst) und ohne Verwendung von Tieren in Bewegung gesetzt würden.“ Der allumfassende Geist Leonardo da Vincis hat sich gleichfalls mit Entwürfen für Kraftwagen beschäftigt.

Das erste Fahrzeug, das nicht von Tier- oder Menschenkraft vorwärts bewegt wurde, ist jedoch erst um 1600 von dem Holländer Simon Stevin gebaut worden. Wenn wir übergenu sein wollten, dürften wir sein Werk hier nicht erwähnen, denn die Kraft, die es vorwärts trieb, kam von außen. Es ist aber kennzeichnend für die Kraftfahrzeuge, daß sie das treibende Kraftmittel mit sich führen. Stevins Schöpfung war ein Segelwagen, ungefähr ein Boot auf

Rädern, das öfter ganz hervorragende Fahrleistungen vollbrachte. So soll Stevins Segelwagen die Küstenstrecke zwischen Scheveningen und Petten, die 67,8 Kilometer lang ist, in zwei Stunden zurückgelegt haben; das entspricht der sehr beträchtlichen Stundengeschwindigkeit von 33,9 Kilometern. Hierbei hatte das Fahrzeug die Last von 28 Insassen zu tragen. Fahrzeuge für Windantrieb von ähnlicher Bauart sind später in England hier und da benutzt worden. Einige Male sind sogar Flugdrachen als Vorspann benutzt worden, und sie haben tatsächlich Wagen zwischen London und Bristol gezogen.

Bevor noch die Geschichte der Dampfmaschine einsetzte, wollte der große Isaac Newton im Jahre 1663 einen Wagen mit Dampf betreiben. Nach einer uns erhaltenen Zeichnung von seiner eigenen Hand dachte er, daß der Rückstoß des Dampfes, der aus einem nach rückwärts gerichteten Rohr austritt, zum Vortrieb genügen

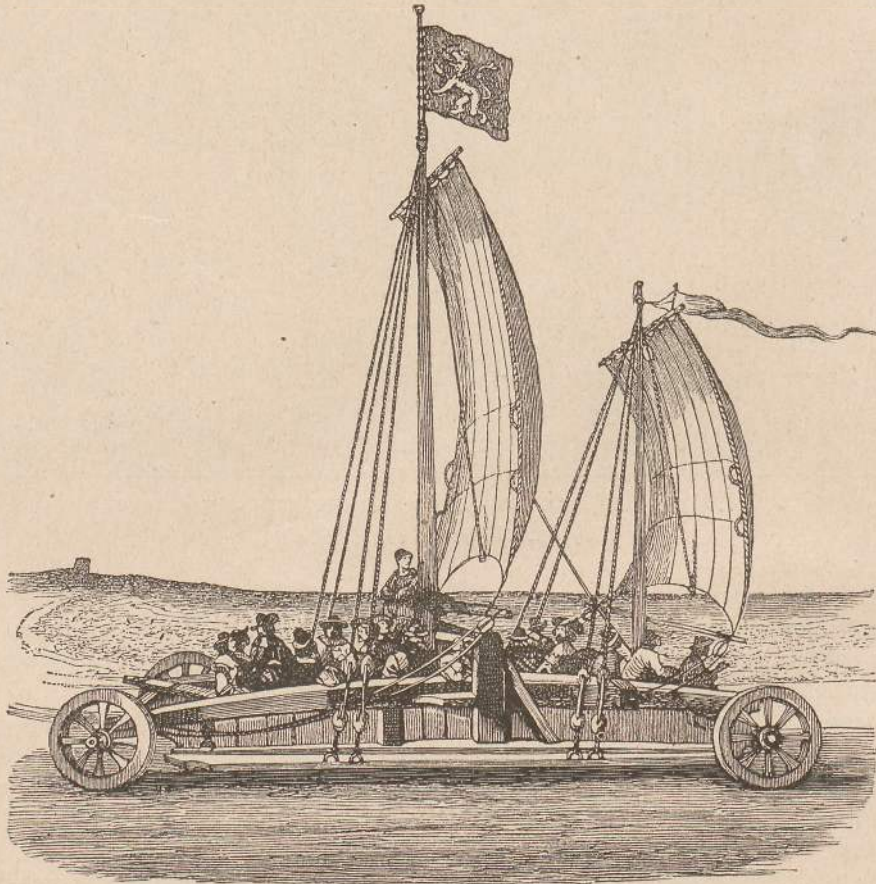
müßte. Eine Ausführung dieses Entwurfes hat Newton nie versucht, und sein Bemühen wäre auch vergeblich gewesen.

Die Väter der Dampfmaschine haben fast ausnahmslos mit dem Gedanken gespielt, daß dieser Kraftezeuger, wenn man ihn auf einen Wagen setzte, die Räder drehen müßte. Doch weder Papin noch Savery konnten den Abgrund überschreiten, der zwischen dem Plan und seiner Verwirklichung lag.

Als der Student Robison im Jahre 1759 zu Glasgow

die Gedanken des großen James Watt zuerst auf die Dampfmaschine lenkte, machte er ihn auch gleich auf die Möglichkeit aufmerksam, Wagenräder durch die Kraft des Dampfes in Bewegung zu setzen. Doch zunächst war Watt mit der Ausgestaltung der Maschine selbst zu sehr beschäftigt, als daß er auf diesem vorläufig etwas abseits führenden Weg hätte weitergehen können. Er machte wohl einen Versuch, der aber scheiterte.

Der erste, der tatsächlich einen Dampfwagen baute, war der französische Artillerieoffizier Nicolas Joseph Eugnot. 1769 hatte er bereits ein kleines Modell fertig. Im Jahre darauf fuhr er mit einem wirklichen Wagen durch die Straßen von Paris (Bild 106). Der Kriegsminister Choiseul nahm lebhaften Anteil an der Erfindung, obgleich der Wagen nur eine Viertelstunde lang ununterbrochen zu laufen vermochte. Als dann mußte der Kessel von neuem mit Wasser versorgt



107. Stevins Segelwagen

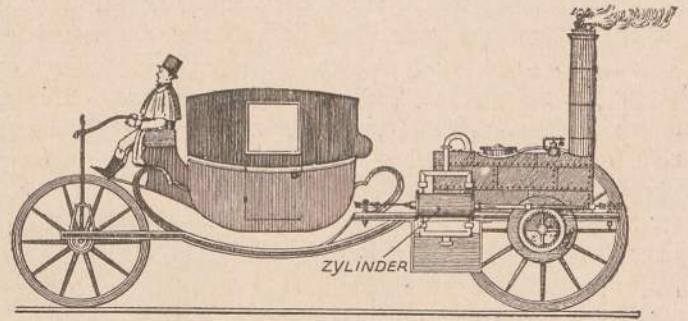
Aus Beredarius „Das Buch von der Weltpost“



werden, und man war gezwungen, zu warten, bis sich wieder eine genügende Dampfspannung entwickelt hatte. Über die schneckenartige Geschwindigkeit von vier Kilometern in der Stunde kam Cugnot nicht hinaus.

Dennoch wurde er beauftragt, einen kräftigeren Wagen zu bauen, weil der Kriegsminister hoffte, damit ein besonders brauchbares Mittel zur Beförderung von Geschützen zu erlangen.

Der erste Artillerie-Kraftwagen in der Welt, den Cugnot darauf ins Leben rief, ist bis auf den heutigen Tag erhalten geblieben. Er befindet sich als eine der größten Sehenswürdigkeiten in dem Conservatoire des arts et métiers in Paris. Das dreirädrige Fahrzeug besitzt einen kräftigen Rahmen aus schweren Eichenbalken. Der kochtopfförmige Kessel ist ganz vorn in einer schwenkbaren Gabel aufgehängt, damit die Verbindung mit der Maschine durch ein festes Rohr erfolgen kann. Der Schornstein der Kessel-Feuerung geht durch den Wasserraum hindurch. Die beiden Zylinder sind senkrecht aufgestellt, und das Vorderrad



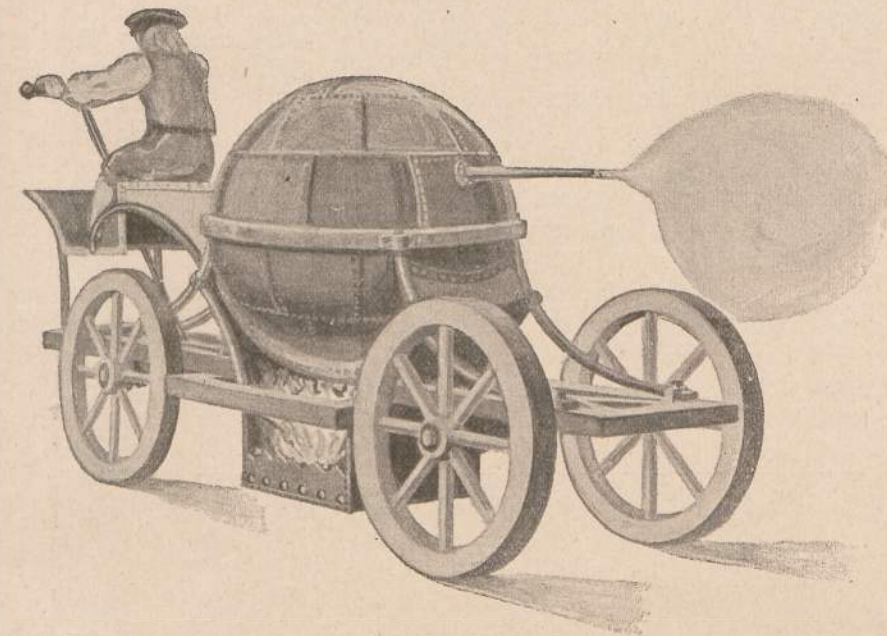
109. Symingtons Dampfkutsche  
Deutsches Museum, München

einer großen Menge durch Philadelphia, aber er scheiterte schließlich ebenso wie Read und Symington in England. Dieser letzte hatte eine zweirädrige, recht ungefüge Lokomotive mit wagerechtem Zylinder hinter einen Kutschwagen gesetzt.

Als Watt im Jahre 1784 ein Patent auf „gewisse Verbesserungen an der Feuer- oder Dampfmaschine und auf Maschinen, die hiermit betätigt oder bewegt werden sollen“ nahm, sprach er darin sehr deutlich von der Möglichkeit, die Dampfmaschine zum Antrieb von Wagen zu verwenden. Einer der hierauf bezüglichen Sätze heißt: „Meine siebente neue Erfindung bezieht sich auf Dampfmaschinen, die zur Beförderung von Personen, Waren oder anderen Gegenständen von Platz zu Platz verwendet werden sollen; für solche Fälle muß die Maschine selbst beweglich sein.“ An eine Ausführung des Gedankens ging Watt aber auch jetzt nicht. War doch damals seine wichtigste Aufgabe, den englischen Bergwerken, die infolge des immer tiefer eindringenden Abbaus im Wasser zu ertrinken begannen, endlich eine geeignete Antriebmaschine für ihre Pumpen zur Verfügung zu stellen. Der große Erfinder wollte aber trotzdem jene andere

Möglichkeit für die Verwendung der Dampfmaschine fest in seiner Hand behalten und ließ sie sich darum gesetzlich schützen. Das sollte für den zweiten Dampfswagen-Erbauer ein schweres Hindernis werden.

In der großen Fabrik von Boulton & Watt zu Soho war als einer der tüchtigsten Betriebsingenieure William



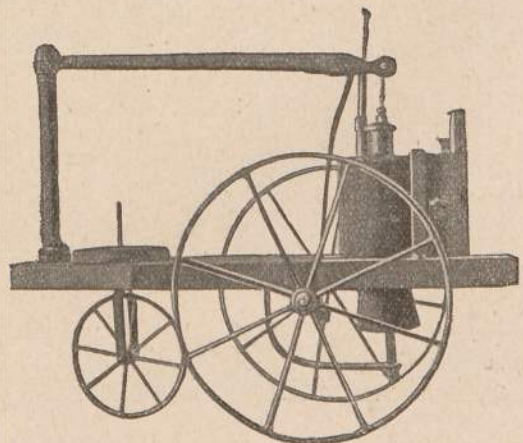
108. Rückstoßwagen nach Newton

wird mit Hilfe eines Sperradgetriebes gedreht, so daß die auf- und niedergehenden gezähnten Kolbenstangen nur in Einer Richtung antreibend wirken können.

Die Lenkung des Wagens erfolgte durch Drehen der Vorderachse, wobei also der Kessel und die ganze Maschine mitgewendet wurden. Nur sehr muskelkräftige Arme vermochten den Wagen zu steuern, und es ist kein Wunder, daß er infolge dieser ungefügen Lenkeinrichtung schon bei seiner ersten Ausfahrt verunglückte. Mit einer Last von 5000 Kilogramm, einschließlich vier Personen, rannte er in der Nähe des Places, auf dem heute die Madeleine-Kirche steht, gegen eine Mauer. Hierbei bewies das Fahrzeug eine den heutigen Kraftwagen zweifellos überlegene Dauerhaftigkeit; es warf die Mauer um, ohne selbst wesentlichen Schaden zu erleiden. Doch dem Erbauer war durch diesen Vorgang sein Werk verleidet, und er hat weitere Versuche zur Ausbildung des Dampfswagens nicht gemacht.

Der Gedanke aber war nun einmal in die Welt gesetzt und sollte nicht mehr zur Ruhe kommen, bis ihm ungeahnte Erfolge beschieden waren.

Zunächst freilich blieb es bei erfolglosen Bemühungen. Evans fuhr mit einem Dampfswagen unter dem Jubel



110. Dampfswägelchen von Murdoch



Murdoch beschäftigt. Ihn, der ein ungewöhnlich kräftig gebauter Mann von großer Entschlossenheit war, pflegten die Fabrikherren gern nach solchen Gegenden zu schicken, in denen die aufgestellten Maschinen nicht ganz nach Wunsch laufen wollten. Die Dampfmaschinen hatten ja damals noch viele Kinderkrankheiten zu überwinden und erregten jedesmal den höchsten Grimm der Bergarbeiter, wenn sie infolge Versagens die Grube erschaffen ließen. Der Abgesandte der Fabrik wurde von den Bergleuten meistens mit Hohn und Spott empfangen, und nur dem „eisernen Murdoch“, wie man ihn gern nannte, gelang es, sie sich rasch vom Hals zu schaffen, indem er den stärksten zum Vorkampf forderte und meist bald niederwarf.

Längere Zeit war Murdoch, der später Leiter der Fabrik zu Soho wurde, als Aufsichtsbeamter in dem Bezirk von Cornwall tätig. Es ist dies jene Halbinsel, die im äußersten Südwesten von England weit in den Atlantischen Ozean vorspringt. In diesem eigenartigen Land sollte die Entwicklung des Dampfswagens ihre nächsten wichtigen Abschnitte durchmachen.

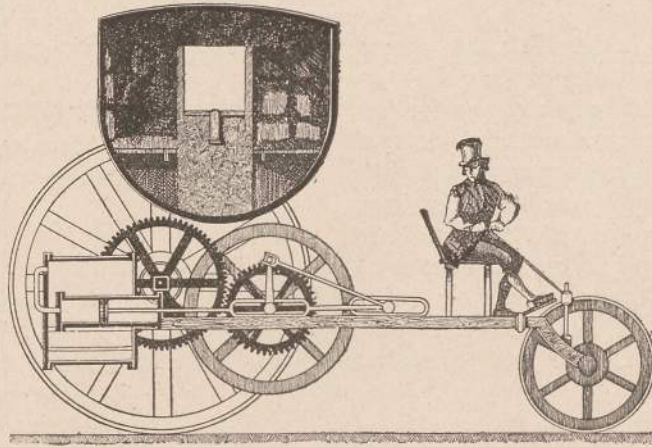
In der freien Zeit, die Murdoch während seiner Tätigkeit an den Bergwerkspumpen fand, worüber in dem Abschnitt „Die Kolben-Dampfmaschine“ noch einiges zu erzählen sein wird, beschäftigte er sich damit, kleine Modelle von Dampf-

wagen zu bauen. Er hatte den Mut, hierbei die Dampfspeisung im Kessel beträchtlich höher zu nehmen, als das bisher üblich gewesen war. Die ersten von ihm gebauten Hochdruckdampfswagen führten denn auch wegen der größeren Energie, die für den Antrieb der Räder zur Verfügung stand, rasch zu einem recht befriedigenden Erfolg.

Das erste von Murdoch 1786 in Redruth gebaute Wägelchen war etwa einen Fuß hoch. Als der Mitbesitzer der Fabrik in Soho, Boulton, einmal in Cornwall weilte, sah er das Maschinchen und war ganz entzückt von seinem Arbeiten. In einem Brief teilte er Watt mit, daß das kleine Ding ganz vortrefflich im Zimmer herumlaufe und Kohlschaufel, Feuerzange sowie Schüreisen mit sich herumtrage.

Bald reizte es Murdoch auch, seine Maschine auf der Straße zu erproben. Hierbei ereignete sich ein heiterer

Zwischenfall. Nachdem die Spirituslampe unter dem Kessel entzündet war, setzte sich der Wagen in Bewegung und lief so schnell davon, daß der Erfinder ihn nicht mehr einholen konnte. Plötzlich drangen laute Hilferufe an sein Ohr. Als Murdoch hinzueilte, sah er den Ortsgeistlichen vor Schrecken gelähmt am Wegrand stehen. Er hatte das feurige, zischende Ungeheuer von nie gesehener Art, das ihm auf seinem Weg nach der Stadt entgegengekommen war, für den leibhaftigen Teufel gehalten und war vor Ent-



111. Trevithicks Dampfswagen



112. Gurneys Dampfomnibus

der von 1822 ab zwischen London und den Vororten verkehrte



setzen fast gestorben. Murdock's Tüchtigkeit und Tatkraft hätten ihn gewiß dazu befähigt, den Bau praktisch brauchbarer Dampfwagen bedeutend zu fördern. Aber gerade als er an die Ausführung eines größeren Fahrzeuges gehen wollte, teilte man ihm aus der Fabrik zu Soho, gestützt auf die Patentrechte, mit, daß dort eine solche Beschäftigung des für andere Zwecke angestellten Beamten nicht gern gesehen würde. Murdock gehorchte und nahm von weiteren Versuchen Abstand.

Doch das Samen Korn, das er ausgestreut hatte, war nicht auf steinigem Boden gefallen. In Cornwall lebte einer, der gleichfalls Murdock's Versuche mit angesehen hatte, aber mit ganz anderen Augen als der Geistliche von Redruth. Es war Richard Trevithick, mit dessen Leben und Schaffen wir uns bei der Darstellung des Verdens

der Eisenbahn noch ausführlich zu beschäftigen haben werden, da er der Erbauer der ersten Lokomotive gewesen ist. Er war im Jahre 1791 Ingenieur bei der Grube geworden, in der auch Murdock beschäftigt war. Trevithick hatte gleichfalls die Wichtigkeit des hochgepressten Dampfes erkannt und baute bald selbstständig Pumpmaschinen, deren Dampfkessel weit höhere Spannungen aufwiesen, als Watt sie jemals zu verwenden gewagt hatte. Das war wichtig für den künftigen Bau von fahrenden Dampfmaschinen; denn diese, deren Kessel klein sein müssen, hätten mit Niederdruck niemals genügend Energie hergeben können.

Als die Hochdruck-Pumpanlagen sich bewährt hatten, dachte Trevithick bald daran, die Versuche Murdock's fortzusetzen. Auch er stellte zunächst ein kleines Wagenmodell her, dessen Kesselwasser durch Einlegen von glühenden Bolzen, also durch eine Art rauchloser Feuerung, zum Sieden gebracht wurde. Mit großer Freude sah er, wie sein Maschinchen Spazierfahrten im Zimmer machte. Aber unabhängiger als Murdock beschloß er, einen Versuch im großen mit dem neuen Fahrzeug zu machen.

Es schien ihm seltsamerweise jedoch zweifelhaft, ob die Reibung von glatten Rädern auf der Straße stark genug sein würde, um einen Dampfwagen zu befähigen, auch Steigungen zu überwinden. Als gescheiter Mann machte er eine Probe an Ort und Stelle. Er ließ sich eine Postkutsche spannen vor einem Hügel die Pferde aus und drehte zusammen mit seinem Freund Gilbert die Räder, indem beide

in die Speichen griffen. Der Wagen rollte vorwärts, und damit war die genügende Stärke der Adhäsion oder Anhaftung erwiesen.

Nun ging Trevithick an die Erbauung einer Dampf-kutsche. Da es eigentliche Maschinenbau-Anstalten damals in jener Gegend noch nicht gab, entstand das Fahrzeug mühselig

in einer Schmiede. Lustig fuhr der Erfinder am Tage vor Weihnachten des Jahres 1801 mit dem neuen Wagen durch die Straßen von Camborne und lud jeden Vorübergehenden ein, aufzusteigen. Bald saßen zehn bis zwölf Personen in dem fauchenden Wagen und fuhren mit diesem hügelan. Einem vermögenden Better Richard Trevithicks, Andreas Vivian, gefielen die Versuche so gut, daß er sich mit dem Erbauer verband. Der Abschluß des Teilnehmervertrages fand

gleich beim Christmahl statt. Beide Männer beantragten und erhielten nun ein Patent auf den Bau von Hochdruckdampfmaschinen und deren Anwendung für Wagen. Doch rasch machte ein unglücklicher Zufall, der so oft im Leben Trevithicks eine Rolle gespielt hat, dem Dasein der Dampf-kutsche ein Ende. Sie verbrannte eines Tages, als der Erfinder gerade beim Mittagessen saß.

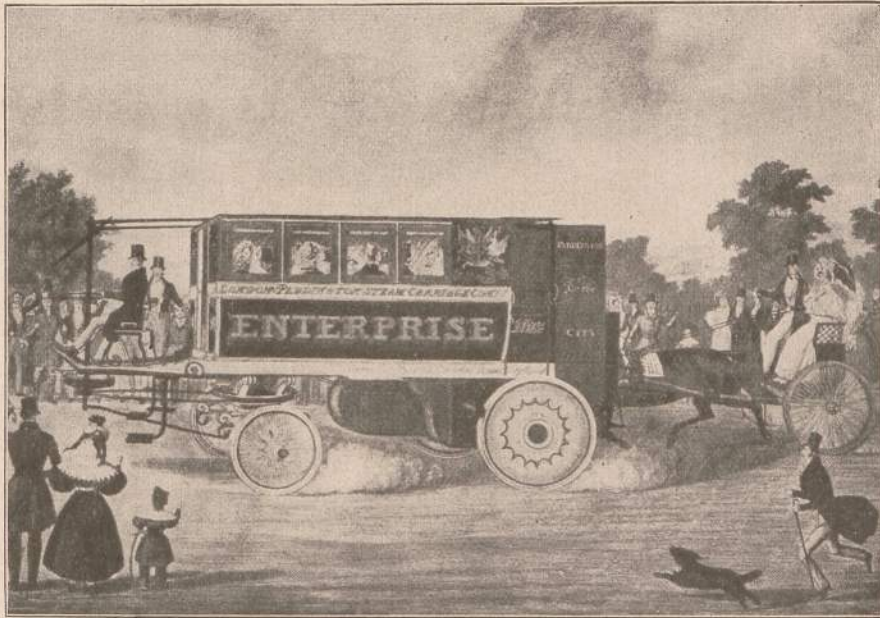
Rasch entstand nach dem ersten ein zweiter Dampfwagen. Er wurde glücklich auf den eigenen Rädern bis nach London gesteuert und erreichte, als er durch die Straßen der Hauptstadt fuhr, ungeheures Aufsehen.

Der Kessel mit dem wackerrecht hineingebauten Zylinder lag zwischen zwei Rädern, die fast  $2\frac{1}{2}$  Meter hoch waren und sich infolge ihrer Größe zum Fahren auf den schlechten Straßen besonders gut eigneten. Die Achse der hinteren

Dreibräder wurde von der Kolbenstange durch eine Kurbel und zwei Zahnräder angetrieben. Der Wagen konnte zehn Personen fassen und soll zu Zeiten eine Geschwindigkeit von 16 Kilometern in der Stunde erreicht haben.

Die bedeutendsten Männer Londons bewunderten den Dampfwagen, welchen der große Physiker Humphrey Davy „Kapitän Trevithicks Drachen“ nannte. Doch all das Staunen brachte dem Erfinder keinen Gewinn. Er verkaufte schließlich die Antriebsmaschine des Fahrzeuges an ein Walzwerk und wandte sich von nun ab dem Lokomotivbau zu.

Während aber das Eisenbahnzeitalter nur langsam heraufdämmerte, entwickelte sich bald ein lebhafter Dampfwagen-



113. Hancock's Dampfomnibus  
Jahr 1833 in Betrieb. Deutsches Museum, München



114. Spottbild auf den Dampfwagenverkehr  
Aus „Revue Britannique“ 1853



verkehr auf den englischen Landstraßen. Es ist dies eine Lastschleife, von der die meisten unserer Zeitgenossen nichts wissen. Große Wagen mit mächtigen Maschinen wurden gebaut, die selbst mit zwanzig Trossen imstande waren, Steigungen zu überwinden. Die äußere Form war den Pferdekutschen nachgebildet, so daß diese Fahrzeuge gleich den ersten neuzeitlichen Kraftwagen das häßliche Aussehen von Pferdewagen hatten, denen die Zugtiere fortgenommen sind.

Besonders erfolgreich war als Kraftwagenbauer Goldsworthy Gurney, der vom Herzog von Wellington unterstützt wurde und vom Jahre 1822 ab mit einer größeren Wagenzahl einen Personenverkehr vom Herzen Londons nach den Vororten einrichtete. Nicht lange darauf gab Hancock den Fahrzeugen eine passendere Eigenform. Er ist der Schöpfer der ersten Kraftomnibusse. 1833 gründete Hancock eine besondere Betriebsgesellschaft hierfür, die London and Paddington Steam Carriage Company, die bald verschiedene Nachfolger fand. Einige Jahre hindurch wurden derartige leistungsfähige Dampffahrzeuge, wie z. B. der Wagen von Church, die eine für die damalige Zeit ausreichende Geschwindigkeit besaßen, in lebhaftester Weise benutzt. Dann schnitt man ihnen durch ein unverständliches Gesetz plötzlich den Lebensfaden ab.

Die Besitzer der eben erst entstandenen ersten Eisenbahnlinien ärgerten sich nämlich, daß die Straßenwagen ihnen die Fahrgäste fortnahmen. Es gelang ihnen, durch Umtriebe beim Parlament die Anschauung durchzusetzen, daß der Verkehr der Dampfwagen auf den öffentlichen Straßen eine Gefahr für alle anderen Benutzer der Verkehrswege bedeute. Unglücklicherweise geschah gerade damals einige Unfälle, und die Folge war eine gesetzliche Vorschrift, die gebot, daß vor jedem nicht von Pferden gezogenen Wagen ein Mann mit einer roten Fahne hergehen müsse, der auf die Gefahr aufmerksam zu machen habe. Die Höchstgeschwindigkeit wurde auf vier Kilometer in der Stunde herabgesetzt.

Unter diesen Umständen konnte natürlich kein Dampfwagen mehr mit Nutzen verkehren, und dieses englische Verkehrsfesselungsgesetz von 1836 hat der Entwicklung der schnellfahrenden Wagen auf den Straßen viele Jahrzehnte lang den größten Schaden gebracht. Es wurde erst gegen Ende des vorigen Jahrhunderts aufgehoben, als der neuerstandene Kraftwagen seine Forderungen unwiderstehlich anmeldete. In anderen

Ländern aber kannte man solche Hemmungen nicht, und besonders in Frankreich sind denn auch die Dampfwagen weiter verbessert worden. Sie blieben bis nach dem deutsch-französischen Krieg in Betrieb. Bollée baute im Jahre 1873 die damals sehr berühmt gewordene „Obéissante“ („Die Gehorsame“), einen Dampfwagen, der selbst weite Strecken mit Sicherheit und nicht unbeträchtlicher Geschwindigkeit zu durchmessen vermochte.

\*

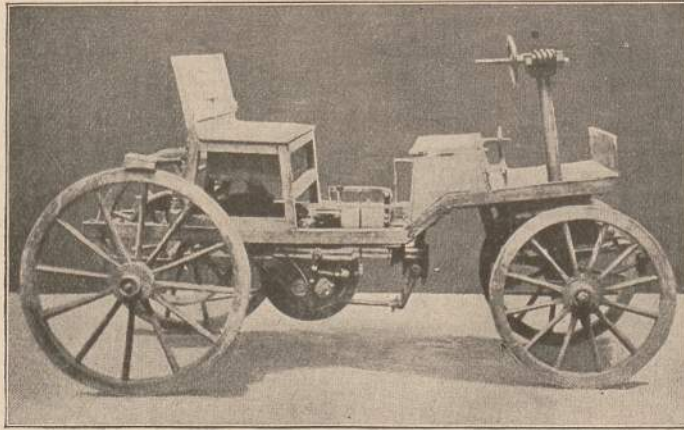
Es lag in der Natur des dampfgetriebenen Wagens, daß er wohl auf den Schienen in Form der Lokomotive einen Siegeszug über die ganze Erde antreten, auf der rauhen Straßendecke aber sich für die Dauer nicht halten konnte. Die Antriebsmaschine war hierfür zu schwer, ihre

Bedienung zu umständlich. Von der Einfachheit und Übersichtlichkeit, durch die der Bau des heutigen Kraftwagens ausgezeichnet ist, war jenes Dampffahrzeug weit entfernt. Das offen brennende Feuer und der gesonderte Dampfkessel zur Erzeugung des Betriebsstoffes bildeten lästige Beigaben. Ein wirklich leistungsfähiger Selbstfahrer, den der Besitzer allein, mit hellgelben Lederhandschuhen angetan, zu lenken und zu bedienen vermag, hätte auf solche Weise niemals entwickelt

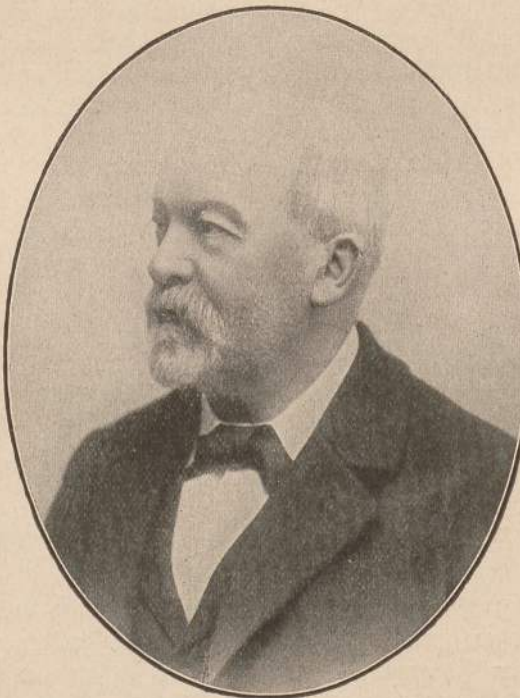
werden können. Dennoch ist manche Überlegenheit des mit Dampf betriebenen Kraftwagens gegenüber seinem jüngeren Bruder, der uns heute dient, nicht zu verkennen. Die moderne Verpuffungsmaschine lebt sozusagen von der Hand in den Mund; sie hat immer nur soviel Betriebsstoff bereit, wie sie gerade braucht. Im Dampfkessel aber sind stets überschüssige Vorräte vorhanden, so daß man den Wagenantrieb für einige Zeit stark überlasten kann. Die Dampfmaschine läuft vorwärts und rückwärts, wobei sie jede gewünschte Umdrehungszahl leistet, und sie geht auch unter Last von selbst an. Diese Tugenden besitzt der Verpuffungsmotor teils gar nicht, teils nur in sehr geringem Maße. Und dennoch ist er Sieger geblieben. Durch die nähere Betrachtung seines Baus werden wir uns darüber klar werden, wie es möglich geworden ist, diese äußerst verwickelte Maschine zum bequemsten und brauchbarsten

Antriebswerkzeug für Wagen auszugestalten.

Auch der mittels des Verpuffungsmotors getriebene Kraftwagen ist nicht, wie die Göttin Athene dem Haupt des Zeus, mit voller Rüstung dem Gehirn eines Erfinders entsprungen. Wie alle großen technischen Gegenstände hat er eine schwierige Entwicklungszeit durchmachen müssen.



115. Kraftwagen von Siegfried Marcus  
Wurde 1875 in Wien erbaut



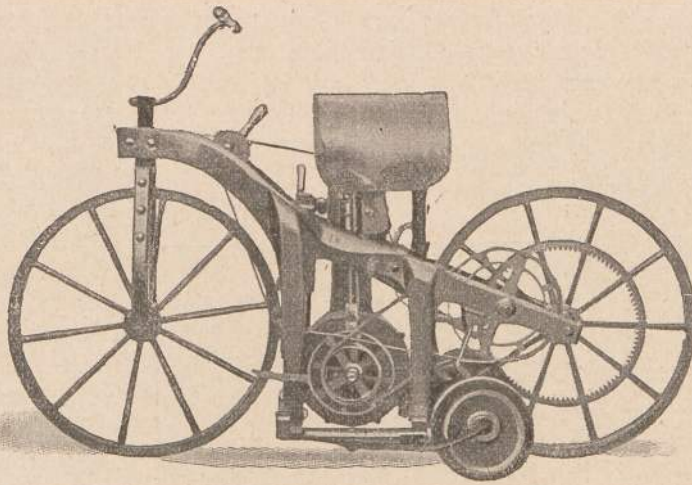
116. Gottlieb Daimler



Unter den allerersten, die den Bau eines solchen Wagens versuchten, ist der Franzose *Navel* zu nennen, der im Jahre 1868 ein Patent darauf erhielt. Doch während er noch mit dem praktischen Ausbau seines Fahrzeuges im Pariser Vorort *Saint-Duen* beschäftigt war, brach der deutsch-französische Krieg aus, und Verstärkungen der Festungswälle mußten gerade an der Stelle aufgeschüttet werden, wo sich sein Schuppen befand. Das noch nicht fähige gewordene *Navel'sche* Kraftfahrzeug wurde, da es nicht rasch genug fortgeschleppt werden konnte, unter einem Sandberg begraben und ruht noch heute in den Wällen von Paris.

Sehr viel weiter gekommen ist *Etienne Lenoir*, der im September des Jahres 1863 mit einem durch Verpuffungsmotor getriebenen Kraftwagen eine Fahrt von Paris nach dem Vorort *Joinville-le-Pont* und zurück ausführen konnte. Die durchfahrene Strecke betrug 18 Kilometer, die Leistung ist also sehr beachtenswert. Der Motor entwickelte  $1\frac{1}{2}$  Pferdestärken. Doch der Wagen war so schwer und plump gebaut, seine Geschwindigkeit so gering, daß er in allem hinter den damaligen Dampfwagen zurückstehen mußte. Dies konnte auch nicht anders sein, da *Lenoir's* Motor noch nicht nach den Grundsätzen gebaut war, welche die Verpuffungsmaschine zum Sieg führen sollte. Und aus dem gleichen Grund scheiterte auch der zu *Malchin* in Mecklenburg geborene *Siegfried Marcus*, der 1875 in Wien mehrere Kraftwagen baute. Einer davon wird vom Österreichischen Automobil-Klub noch heute aufbewahrt.

Es war dem genialen Blick des Deutschen *Otto* vorbehalten, den Viertaktmotor mit Verdichtung des Brennstoff-Luft-Gemisches zu schaffen. Mit dieser Erfindung, die im Jahre 1876 gemacht wurde, beginnt der Siegeszug der



117. Ältestes Kraftfahrzeug mit neuzeitlichem Antriebmotor  
Zweirad, erbaut von Daimler im Jahre 1886

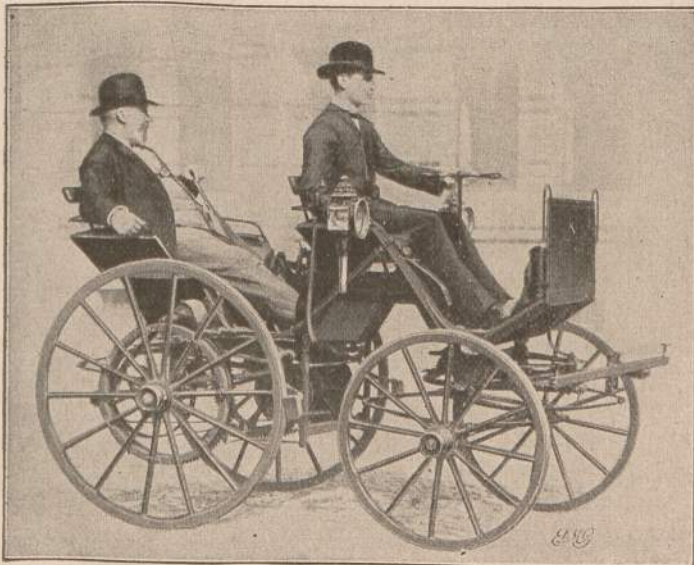
Verpuffungsmaschine in der Form des ruhenden Krafterzeugers. Ihr Werdegang wird uns noch genauer in dem Abschnitt „Die Gas- und Dampfmachine“ beschäftigen, wo auch *Lenoir's* Motor beschrieben ist. Hier wollen wir nur ein wenig äußerlich alles das besprechen, was zum Verständnis der für den Kraftwagen-Motor angewendeten Bauart nötig ist.

In diesem Zusammenhang haben wir festzuhalten, daß die Erfindung *Otto's* einen feststehenden Motor betraf, der mit fertigem Gas betrieben wurde, also solchem,

das ihm von einer Gasanstalt her zugeführt wurde. Die *Otto-Maschine* war also abhängig von äußerer Gaszufuhr. Dazu hatte sie einen schweren Bau, der durch die geringe Umdrehungszahl der Hauptwelle bedingt war. Durch sie war also nur erst die Grundlage für den Kraftwagen-Motor gegeben.

Die wirklich hierfür brauchbare Maschine ist wieder von einem Deutschen, dem Württemberger *Gottlieb Daimler*, geschaffen worden. Zehn Jahre lang war er technischer Leiter der von *Otto* in Gemeinschaft mit *Langen* gegründeten Gasmotoren-Fabrik *Deutz* gewesen, so daß er vortreffliche Erfahrungen auf diesem technischen Gebiet besaß. Im Jahre 1882 gründete er zusammen mit *Wilhelm Maybach* zu Cannstatt eine Versuchswerkstatt mit der Absicht, einen leichten, von äußerer Brennstoffzufuhr unabhängigen Gasmotor zu entwickeln, der zum Antrieb von Fahrzeugen geeignet sein sollte. Schon am 16. Dezember 1883 wurde *Daimler* das grundlegende Patent erteilt. Es ist das Geburtszeugnis für den neuzeitlichen Kraftwagen, dessen Herz und Kopf zugleich durch den Motor gebildet werden.

Daß eine Maschine, die ein Fahrzeug treiben soll, leicht an Gewicht sein muß, leuchtet ohne weiteres ein. Hat sie



118. Daimlers Break  
Ein Pferdefahrzeug mit hinten eingebautem Motor



119. Daimler-Kraftwagen für den Sultan von Marokko  
aus dem Jahre 1889



doch stets ihre eigene Last mit sich fortzuschleppen; und dieses Gewicht stellt keine Nutzlast, sondern totes Gewicht dar. Während der Otto-Motor für jede geleistete Pferdestärke 500 Kilogramm wog, sind wir in der Fortentwicklung der Gedanken Daimlers heute so weit gekommen, daß wir nur noch etwa 10 Kilogramm für die Pferdestärke aufzuwenden brauchen. Dadurch ist der Verpuffungsmotor mittelbar auch zum Schöpfer des Luftverkehrs geworden. Lenkbare Luftfahrzeuge ohne leichten Motor sind undenkbar.

Der Weg zur Gewichtsverminderung lag von Beginn an klar vor Augen. Es war nur nötig, die Umdrehungszahl des zuerst sehr langsam laufenden Verpuffungsmotors zu steigern. Wenn nämlich ein Kraftbehälter, der sich immer wieder von selbst neu aufladet, 1000 mal in der Minute zur Abgabe seiner Kraftleistung genötigt wird, dann stellt er in dieser Zeit selbstverständlich zehnmal soviel Energie zur Verfügung, als wenn man ihn 100 mal in der Minute sich entladen läßt. Der Zylinder des Verpuffungsmotors ist solch ein Kraftbehälter. Beim Otto-Motor wird sein Energie-Inhalt in der Minute nur verhältnismäßig wenige Male, beim Daimler-Motor sehr häufig umgesetzt. Es kann also das ganze Getriebe sehr viel kleiner und damit leichter sein.

Aber wenn vorhin gesagt wurde, daß es „nur“ nötig war, die Umdrehungszahl des Verpuffungsmotors zu erhöhen, so ist das eine allzu bescheidene Kennzeichnung der zu leistenden Arbeit. Daimlers Werk ist nicht die kurze Weiterführung von etwas Vorhandenem, sondern eine vollkommene Neuschöpfung gewesen. Er mußte Grundlage und Formen des Otto-Motors gänzlich umgestalten, um sein Ziel zu erreichen.

Schon seine erste Maschine zeigte neben dem geringen Gewicht und der hohen Umdrehungszahl einen überraschend leichten Gang, Einfachheit und Übersichtlichkeit des Baus, wie sie für den Kraftwagenmotor unentbehrlich sind. Alle Versuche des Auslandes, die grundlegende Leistung dieses Deutschen für die Schaffung des Kraftwagens zu verkleinern, müssen an den Tatsachen scheitern.

Im Jahre 1886 baute Daimler einen Motor der neuen Art, der eine halbe Pferdestärke leistete, in ein Zweirad ein. Um das Umkippen zu verhüten, waren rechts und links noch je ein kleines Nebenrad beigelegt, wie das neuerdings wiederum geschieht. Das erste Kraftfahrzeug mit dem modernen, bis heute unübertroffenen Antrieb war damit geschaffen. Noch im gleichen Jahre wurde auch ein Break, das eigentlich für Pferdebespannung bestimmt war, mit

dem neuen Motor versehen. Daimler war damals der Meinung, der Antrieb müsse so eingerichtet werden, daß er in jeden Pferdewagen eingebaut werden könne. Erst sehr viel später ist die Eigenform für den Kraftwagen entwickelt worden.

Der Motor von 1½ Pferdestärken lag unter der hinteren Sitzbank des Breaks. Und diese Lage, die zu Beginn als die beste erschien, weil ja die Hinterachse angetrieben wird, ist lange beibehalten worden. Jenes Break erreichte eine Stundengeschwindigkeit von 18 Kilometern, obgleich die Räder nur mit gewöhnlichen Eisenreifen versehen waren.

Das nächste Daimler-Fahrzeug, aus dem Jahre 1889, ein vierrädriger Wagen, mit einem Gerüst aus stählernen Röhren, besaß bereits einige Einrichtungen, die im Kraftwagenbau bis auf unsere Tage wichtig geblieben sind, so ein Ausgleich und ein Wechselgetriebe für vier Geschwindigkeiten; deren Bedeutung wird später zu besprechen sein.

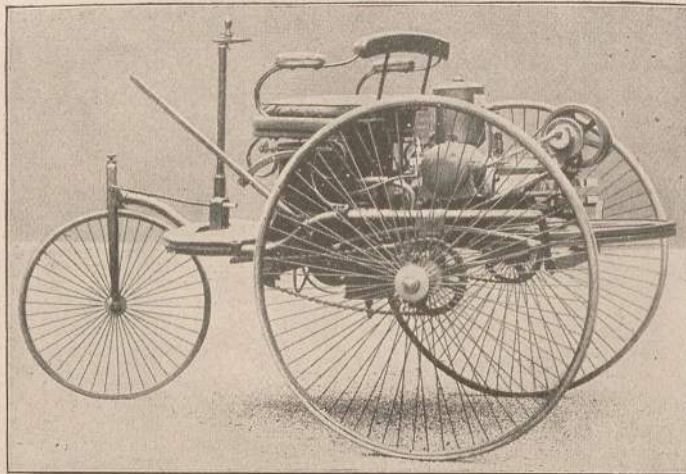
In Deutschland fanden sich keine Käufer für die neuen Motowagen. Wohl aber erwarb der Franzose Levavasseur im Jahre 1889 Nutzungsrechte von Daimler, und er gründete hierauf die Firma Panhard & Levavasseur in Paris. So geschah es, daß die geschäftliche Ausbeutung von Daimlers Erfindung in Frankreich begann. Die guten deutschen Wagen wurden zuerst von französischen Gesellschaften vertrieben und von Franzosen gekauft, die genügend Sinn und Geld dafür hatten. Immerhin konnte der Erfinder im Jahre 1890 in Cannstatt bei Stuttgart die deutsche Daimler-Motoren-Gesellschaft gründen, deren Erzeugnisse sich Geltung auf der ganzen Erde errungen haben.

Indessen hatte sich auch ein anderer Deutscher mit dem gleichen Gegenstand beschäftigt. Carl Benz, im Jahre 1844 zu Karlsruhe geboren, war Besitzer eines Gasmotorenwerkes in Mannheim. In dem gleichen Jahre, das die Geburt des Daimler-Zweirades sah, fuhr der erste von ihm gebaute Kraftwagen, ein Dreirad, durch die Straßen der badischen Großstadt. Es war daselbe Pflaster, über das der Freiherr von Drais einst seine Laufmaschine geschoben hatte, und selbstverständlich wurde das unvollkommen dahinrumpelnde Kraftfahrzeug ebenso höhnisch ausgespottet

wie jener Ahne des Fahrrades. Benz hat sich um die Schaffung des neuzeitlichen Kraftwagens gleichfalls sehr bedeutende und unbestreitbare Verdienste erworben, so daß es müßig ist, festzustellen, ob man sein Dreirad oder Daimlers Zweirad als den ersten wirklichen Kraftwagen gelten lassen will. Die Erfindung ist deutsch, gleichgültig, ob man ihren Ursprung nach Mannheim oder nach Cannstatt verlegt.



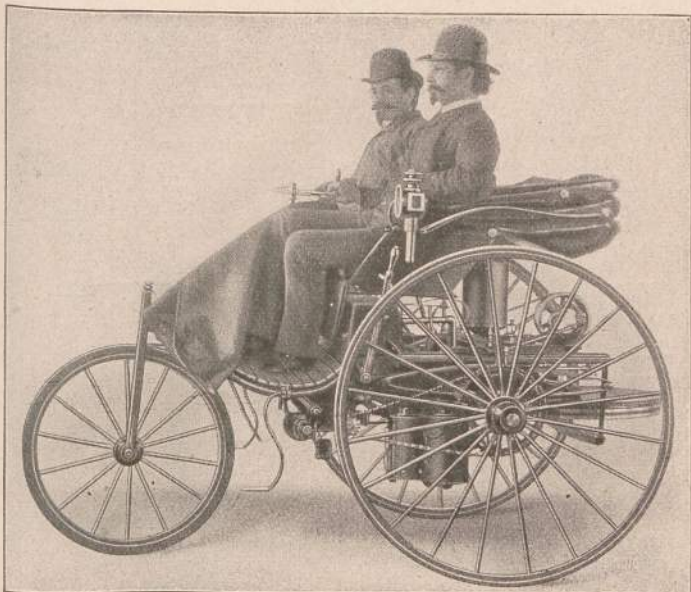
120. Carl Benz



121. Der älteste Benz-Kraftwagen \*

Ein Dreirad mit wagerecht liegendem Schwungrad. Erbaut 1886





122. Der dritte Benz-Kraftwagen

Benz hatte seinen Motor von  $\frac{3}{4}$  Pferdestärken in ein Gestell eingebaut, das leicht aus Gasrohren zurecht gebogen war. Die Maschine lag selbstverständlich hinten. Die Zylinder standen jedoch nicht senkrecht, wie es jetzt allgemein üblich ist, sondern waren wagerecht gelegt, und die Kurbelwelle hatte senkrechte Stellung. Benz erhielt hierdurch die Möglichkeit, das Schwungrad liegend einzubauen; er wollte dies, da er fürchtete, daß ein senkrecht stehendes Schwungrad durch seine Kreiselwirkung (Seite 59) die Lenkbarkeit des leichten Fahrzeuges beeinträchtigen würde.

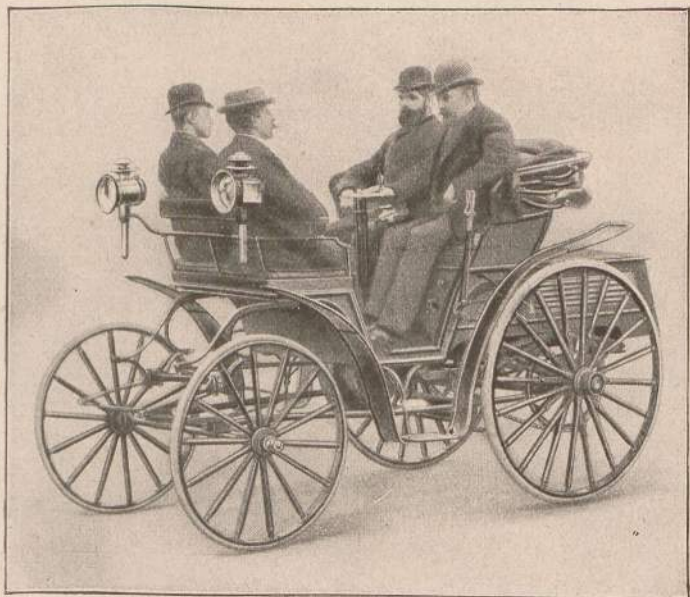
Mit nimmer ermüdender Tatkraft sind dann die Formen des Kraftwagens in dem Mannheimer Werk weiter ausgestaltet worden. Der dritte dort geschaffene Wagen (Bild 122) bietet bereits mehr Bequemlichkeit für Lenker und Fahrgast. Selbstverständlich ging Benz bald zur vierrädrigen Bauart über. Die Viktoria auf Bild 123 zeigt über der Hinterachse einen Kasten mit Lüftungsschlitzen, durch den der Motor verkleidet war. Diese Bauart blieb ein Jahrzehnt lang herrschend, bis man ungefähr von 1896 ab

123. Erster vierrädriger Benzwagen  
Carl Benz am Steuer

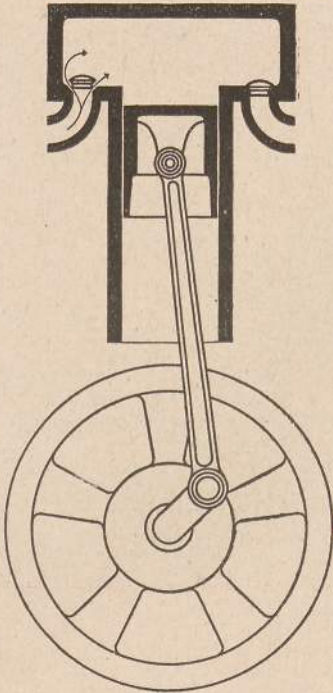
dazu kam, dem Motor seine endgültige Lage ganz vorn am Wagen zu geben.

Kennzeichnend für die Fahrzeuge der damaligen Bauart ist die Vis-à-vis-Kutsche auf Bild 124; jeder muß sie für einen Wagen halten, dem man eben die Pferde fortgenommen hat. Ein Vergleich mit den heutigen in prachtvoller Gleichmäßigkeit durchgebildeten Pfeilformen zeigt deutlich den Fortschritt, den auch das Äußere des Kraftwagens in kurzer Zeit durchlaufen hat.

Benz konnte gleich Daimler seine ersten Wagen nur nach Frankreich verkaufen. Die Franzosen, die von den deutschen Vorkämpfern aufmerksam gelernt hatten, warfen sich, unterstützt durch das Luxusbedürfnis und die Finanzkraft des reichen Landes, mit lebhaftem Eifer und gutem Gelingen auf die Fabrikation, in der sie bald allen anderen voraus waren. Bis dann die deutschen Fabriken so weit aufholten, daß vor dem Weltkrieg ihre Überlegenheit durch die Ergebnisse der großen Rennen sehr deutlich zutage trat, von denen am Ende dieses Abschnitts gesprochen wird.

124. Kraftwagen mit Vis-à-vis-Kutsche  
aus der Fabrik von Benz125. Der älteste Klein-Kraftwagen  
aus der Fabrik von Benz. Der Motor leistete  $1\frac{1}{2}$  Pferdestärken





126. Einseitig wirkende Kolbenmaschine

Ventile oder die Darstellung eines Verpuffungsmotors ist. Erst wenn das Betriebsmittel mit in Betracht gezogen wird, wenn seine Bereitung, seine Einführung in den Zylinder und die Art seiner Kraftäußerung bekannt sind, tritt der große grundsätzliche Unterschied im Bereich der beiden Maschinengattungen zutage.

Lassen wir die Maschine auf Bild 126 durch Dampf in Bewegung setzen, dann vollziehen sich sehr einfache Vorgänge. Aus dem Kessel, in dem er stets in großen Mengen vorhanden ist, strömt der Dampf, sobald das Einlassventil links auf irgendeine Weise geöffnet worden ist, infolge der ihm innewohnenden hohen Spannung in den Teil des Zylinders, der oben durch einen festen Boden, nach unten zu durch den zwar beweglichen, aber völlig dicht eingesetzten Kolben abgeschlossen ist. Das Einlassventil klappt sogleich wieder zu, und der sich ausdehnende Dampf treibt den Kolben nach unten. Die an einem Bolzen im Kolben schwenkbar befestigte Pleuel- oder Schubstange, die mit ihrem anderen Ende an der Pleuellagerung angreift, setzt die Pleuellagerung und das darauf gefeilte Schwungrad in drehende Bewegung. Sobald der Kolben den tiefsten Punkt erreicht hat, öffnet sich das Auspuffventil, der gespannte Dampf wird von dem Kolben, den die lebendige Kraft des Schwungrads nun wieder aufwärts treibt, hinausgedrängt. Bei

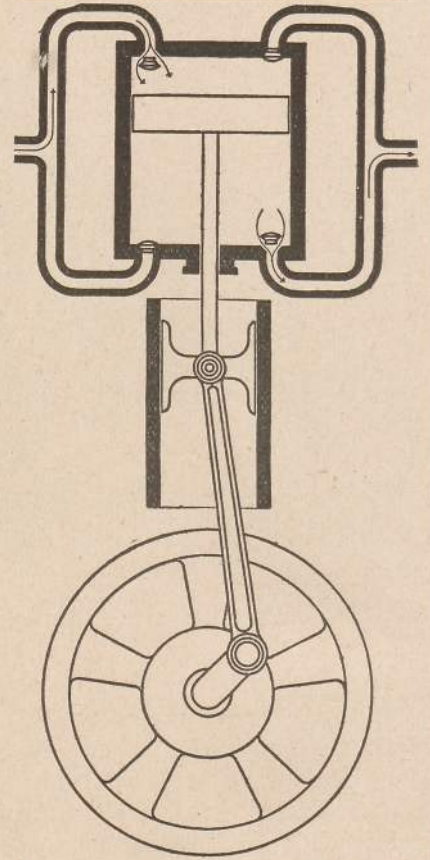
Der Motor, durch den der heutige Kraftwagen in den allermeisten Fällen angetrieben wird, ist eine der seltsamsten Maschinen, die im Bereich der Technik zu finden sind. Dem Ur- und Vorbild aller Wärme-Kraftzeuger, der Dampfmaschine, gleicht der Verpuffungsmotor in dem grundsätzlichen Aufbau seiner Hauptteile fast aufs Haar. Er ist wie jene eine Kolbenmaschine. Das Kraftmittel erzeugt also im Zylinder zunächst hin- und hergehende Bewegung, die erst durch ein Getriebe in Drehbewegung umgewandelt werden muß. Wer Bild 126 beschaute, kann ohne weiteres nicht wissen, ob es die Systemzeichnung für eine Dampfmaschine mit Dampf-Zulaß und -Auslaß durch

höchster Kolbenlage schließt das Auspuffventil ab, das Einlassventil öffnet sich; das Spiel beginnt von neuem.

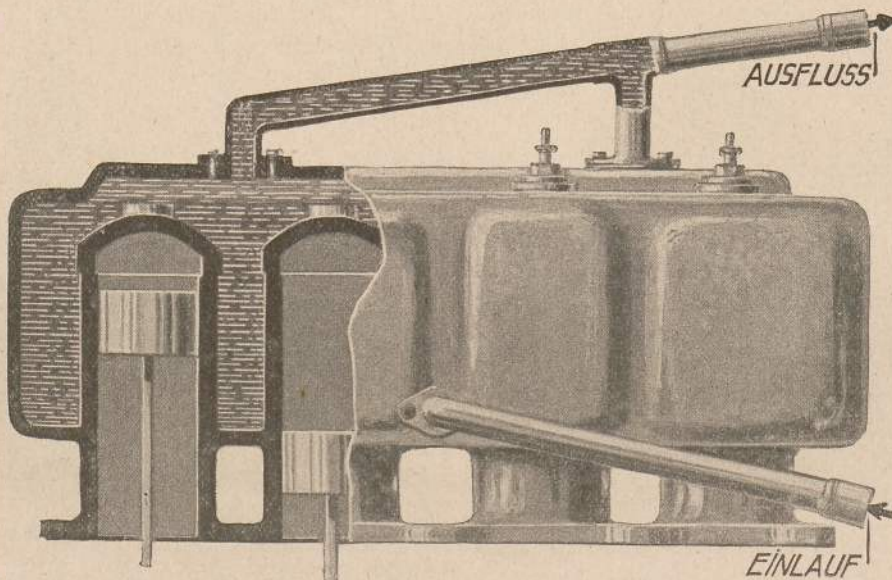
Unter diesen Umständen findet bei jeder zweiten Kolbenbewegung ein Krafthub statt. Da es aber bezeichnenderweise erwünscht ist, möglichst jeden einzelnen Kolbenhub Kraftspendend zu machen, so baut man in Wirklichkeit keine einseitigen Dampfmaschinen nach der Art der hier gezeichneten, sondern es wird auch das untere Zylindrende abgeschlossen, zwischen Schubstange und Kolben die geradlinig laufende Pleuellager mit dem Pleuellagerbolzen an ihrem Ende gesetzt (Bild 127), und nun kann der Dampf abwechselnd ober- und unterhalb des Kolbens eintreten, so daß dieser sowohl beim Hinauf- wie beim Niedergang von dem Kraftmittel angetrieben wird.

Doppelseitig wirkende Verpuffungsmotoren für den Kraftwagenbetrieb herzustellen, ist nicht möglich, denn es treten, wie wir aus der Schilderung seiner Arbeit bald erkennen werden, in dem Zylinder so hohe Wärmegrade auf, daß der doppelseitig davon betroffene Kolben alsbald festbrennen würde, wenn man nicht besondere Kühleinrichtungen für ihn vorsieht. Diese können jedoch auf dem Wagen wegen der notwendigen Einfachheit der Maschine nicht untergebracht werden. So sind alle Kraftwagen-Motoren einseitig wirkende Maschinen, bei denen der Pleuellagerbolzen, das heißt der obere Drehpunkt der Pleuellagerung, im Pleuellager selbst liegt; dessen Unterfläche steht stets mit der kühlen Außenluft in Berührung.

Das Kraftmittel, das den Motor treibt, ist nirgendwo am Wagen fest aufgespeichert. Es muß von der Maschine fortwährend neu



127. Doppelt wirkende Kolbenmaschine



128. Vier-Zylinder-Motor mit Wassermantel



aus seinen Bestandteilen bereitet werden und ist nie in größeren Mengen vorhanden, als im Augenblick gerade benötigt werden. Doch auch nach seiner Fertigstellung ist der Betriebsstoff zunächst nur ein toter Körper; Umformung und äußere Beeinflussung erst verwandeln ihn zum Kraftgeber. Diese verwickelten Hergänge nun bringen es mit sich, daß beim Verpuffungsmotor nicht einmal jeder zweite Kolbenhub kraftspendend ist, wie bei der einseitig wirkenden Dampfmaschine, sondern daß immer erst auf vier Hübe eine Kraftäußerung kommt.

Diese muß in einem sehr schweren, auf der Kurbelwelle sitzenden Schwungrad gespeichert werden, damit dessen lebendige Kraft die Maschine über die drei kraftlosen Hübe hinwegbringen kann. Das gilt jedoch nur für den Fall, daß ein einziger Arbeitszylinder vorhanden ist. Wir werden sehen, wie durch eine Vermehrung der Zylinder die toten Läufe unschädlich gemacht werden, so daß man mit einem verhältnismäßig leichten Schwungrad auszukommen vermag.

Als Treibmittel werden in unseren Kraftwagen fast ausschließlich Benzin, Benzol oder Spiritus benutzt. Keineswegs ist die weitverbreitete Meinung richtig, daß man nur mit Benzin gut fahren könne. Freilich ist diese Flüssigkeit wegen der Leichtigkeit ihrer Verdunstung besonders geeignet. Sie hat aber für uns Deutsche den sehr beträchtlichen Nachteil, daß sie fast restlos aus dem Ausland eingeführt werden muß, während Benzol und Spiritus aus deutschen Grundstoffen hergestellt werden können. Die Vorrichtungen, die den heutigen Kraftwagenmotoren den Brennstoff zuführen, sind ohne Schwierigkeit so einzustellen, daß jede der drei genannten Flüssigkeiten zu verwenden ist.

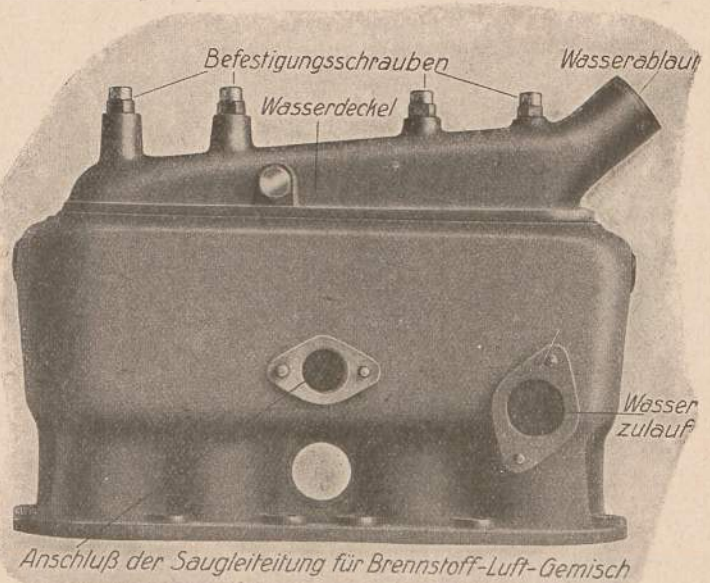
Benzin wird aus Roh- oder Erdöl gewonnen. Es ist ein Bestandteil dieses Öls, der bei einer Erwärmung von ungefähr 120 Grad verdampft und dann durch Niederschlagen von den übrigen Bestandteilen getrennt werden kann. Wir haben in Deutschland fast gar keine Erdöl-lager und waren daher vor dem Krieg gezwungen, für Benzineinfuhr sehr große Summen an das Ausland zu zahlen.

Der Krieg zeigte, daß ein Öl, welches dem Benzin nicht nur im Namen nahesteht, dem Kraftwagenbetrieb sehr gut dienen kann. Das Benzol entstammt letzten Endes der Steinkohle. Sein Urstoff ist also in genügender Menge im deutschen Boden vorhanden. Bei der Verkokung der Steinkohle fällt das Teeröl ab, aus dem die chemische Technik eine unabsehbare Zahl neuer Stoffe bereitet. Unter ihnen befindet sich auch das Benzol, das ein etwas größeres Grundgewicht hat als das Benzin.

Der Spiritus endlich wird aus Kartoffeln oder Getreide schon seit langem in Fabriken hergestellt, die unseren großen landwirtschaftlichen Betrieben angegliedert sind.

Zimmerhin ist der Kraftwagenmotor unter der Annahme aufgebaut worden, daß Benzin für seinen Betrieb benutzt wird. Wir wollen daher bei den folgenden Betrachtungen stets annehmen, daß dieses Öl in Anwendung ist.

Das Benzin gelangt in den Zylinder des Motors in feinsten Verteilung und vermischt mit Luft, wodurch ein sehr leicht entzündliches Gemisch gebildet wird. Damit dies, wie es nötig ist, sehr geschwind verbrennt, wird es, sobald es in den Zylinder gesaugt ist, durch den Kolben verdichtet. Alsdann läßt man einen elektrischen Funken hindurchschlagen, der die Entzündung hervorruft. Die nun mit höchster Kraft sich ausdehnenden Gase stoßen den Kolben vor sich her, wie



129. Einheitsgußblock für einen vier-Zylinder-Motor mit aufgeschraubtem Wassermantel. Nationale Automobil-Gesellschaft (NAG) in Berlin-Oberschöneweide

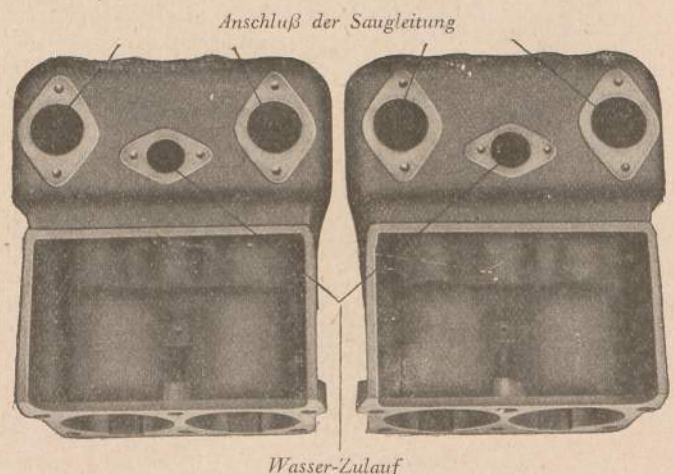
die Pulvergase in der Kanone das Geschöß austreiben. Es ist jedoch falsch, zu sagen, daß im Motor-Zylinder eine wirkliche Explosion stattfindet. Das Gasgemisch verbrennt sehr geschwind, aber seine gesamte Masse wird nicht im gleichen Augenblick entzündet. Beträchtlich langsamer als zum Beispiel beim Dynamit wird das Ganze von der Stoßwelle durchdrungen. Man spricht daher richtiger von Verpuffungs-Motoren als von Explosions-Motoren.

Die Gase, welche durch ihre Ausbreitung oder Expansion den Krafthub veranlaßt haben, werden alsdann aus dem Zylinder hinausgetrieben, so daß von neuem entzündliches Gemisch eintreten kann.

Wir vermögen nun bereits zu erkennen, daß im Kraftwagen-Motor vier Vorgänge sich ständig wiederholen:

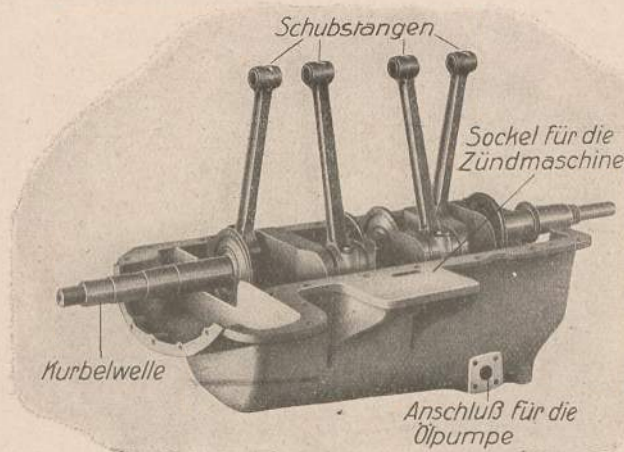
1. Ansaugen des Gemisches,
2. Zusammenpressen des Gemisches,
3. Zündung und Verpuffung,
4. Ausstoßen des Gemisches.

Jeder dieser Vorgänge erfordert einen Kolbenhub, so daß nur immer der vierte ein Krafthub sein kann. Die Maschine arbeitet, wie man sagt, im Viertakt. Dreimal muß der



130. Geteilt gegossene Zylinder für einen Lastwagenmotor





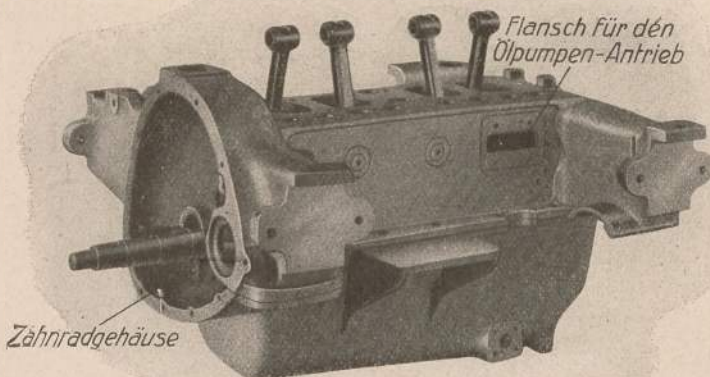
131. Unterteil des Kurbelgehäuses mit Kurbelwelle und Schubstangen

Kolben von selbst auf- und niederlaufen, bis er wieder gestoßen wird. Trotz dieses für eine Kraftmaschine gewiß höchst seltsamen Verhaltens ist der Verpuffungs-Motor doch die einzige Maschine, die leicht und einfach genug sein kann, um den Kraftwagen über beliebig viele Kilometer mit vollster Unabhängigkeit zu befördern.

Wir sehen auf Bild 133 die vier Takte nacheinander dargestellt. Das Öffnen und Verschließen des Zylinder-Innern, seine Steuerung, wie man sagt, erfolgt mittels zweier Ventile, die durch Vermittlung des Triebwerks von Nocken auf der Steuerwelle angehoben und durch Federkraft wieder geschlossen werden. Jeder Zylinder hat zwei Ventile: links auf unserer Zeichnung das Einlaß-, rechts das Auspuff-Ventil. Durch den Zylinderdeckel ragt die elektrische Vorrichtung hinein, von welcher der Zündungsfunkel ausgeht.

Auf dem ersten Teilbild bewegt sich der Kolben gerade abwärts. Das Einlaßventil ist geöffnet, Benzingas und Luft werden, in bestimmtem Verhältnis gemischt, durch das Zufuhrrohr in das Zylinderinnere gesaugt. Kurz nachdem der Kolben das Ende seines Laufes, den unteren Totpunkt, erreicht hat, schließt das Einlaßventil ab, und während der nächsten beiden Hübe bleiben beide Zylinderpforten verschlossen.

Geht der Kolben also nun wieder aufwärts (Teilbild 2), dann wird das eingeschlossene Gemisch zusammengepreßt, da es ja nicht entweichen kann und sein Aufenthaltsraum sich durch das Eindringen des Kolbens immer mehr verkleinert.



132. Kurbelgehäuse mit aufgesetztem Deckel. NAG

Sobald der Kolben den oberen Totpunkt erreicht hat — oder schon ein wenig vorher — wird bewirkt, daß ein Funke an der Zündvorrichtung auftritt. Das zusammengepreßte Gemisch verpufft, die Gase dehnen sich mit großer Kraft aus und treiben durch ihren Druck den Kolben bis zum unteren Totpunkt nieder.

Kurz bevor dieser erreicht ist, öffnet sich das Auspuffventil, der aufsteigende Kolben schiebt die verbrannten Gase, die den größten Teil der ihnen innewohnenden Energie abgegeben haben, hinaus. Darauf schließt sich das Auspuffventil wieder, die Einlaßöffnung wird freigegeben, und beim nächsten Abwärtsgang vollzieht sich von neuem der erste Takt.

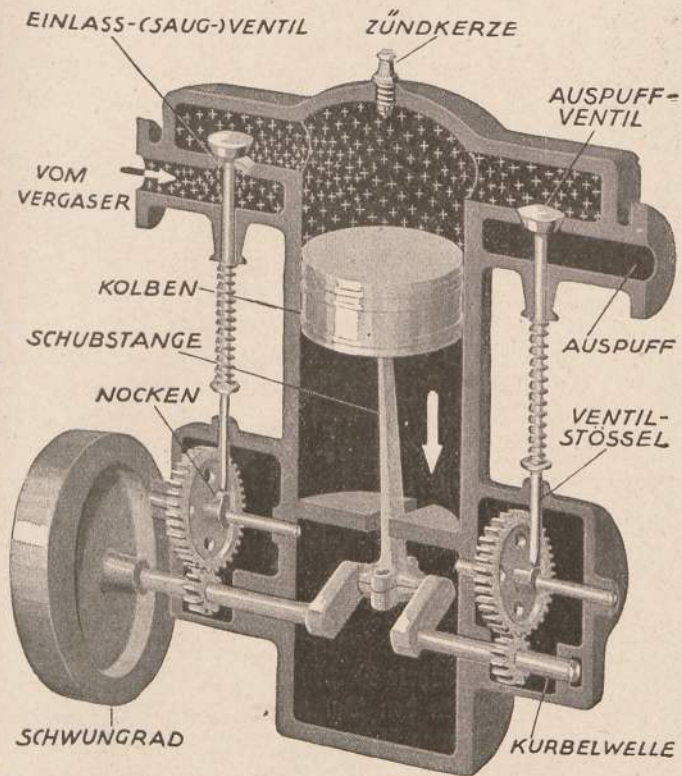
Diese Betriebsart der Verpuffungsmaschine bringt es mit sich, daß sie einen rüttelnden Gang haben muß. Denn wenn auch das Getriebe einschließlich des Schwungrades den Kolben immer wieder glatt über die drei Vorbereitungs-takte hinwegbringt, so wird er doch während des Kraft-hubes stets etwas geschwinder laufen als vorher. Ließe man einen großen Kraftwagen durch eine kräftige Einzylinder-Maschine betreiben, so würde man darin kaum ohne See-krankheitsgefühle fahren können. Ein sehr viel ruhigerer Lauf kann jedoch dadurch erzielt werden, daß man die Antriebsarbeit auf vier Zylinder verteilt; diese müssen so eingestellt sein, daß die vier Krafthübe sich in ihnen nacheinander abspielen. Auf jede halbe Umdrehung des Triebwerkes kommt alsdann ein Arbeitshub. Die auftretenden Kräfte sind gut abgeglichen, so daß das Rütteln auf ein durchaus erträgliches Maß absinkt. Weitere Ausgleichmaßnahmen lassen die Schwankungen sogar völlig un-fühlbar werden.

Der Vier-Zylinder-Motor ist daher die Hauptgattung der Kraftfahrzeugmaschinen geworden. Die Ein- und Zwei-Zylinder-Motoren sind durch ihn vollständig verdrängt worden. Nur beim Krafttrad, bei dem Raum und zulässige Belastung aufs äußerste beschränkt sind, kommen sie noch vor. Für besonders schwere Wagen werden ab und zu auch Sechszylinder-Motoren gebaut, ohne daß diese besondere Vorzüge ergäben. Wir werden uns daher im folgenden nur mit dem Bau des Vier-Zylinder-Motors beschäftigen.

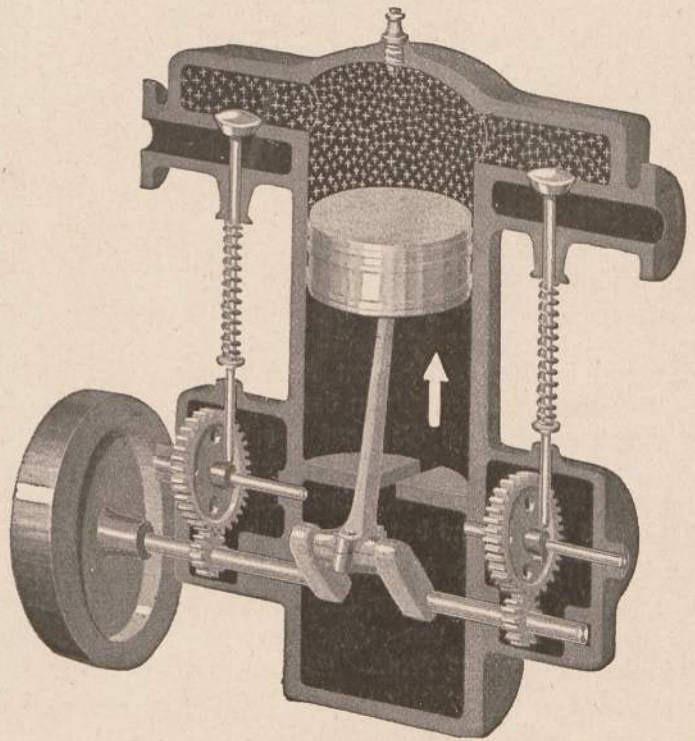
Es verlohnt sich, bevor wir unsere Aufmerksamkeit den Einzelgliedern des Motorkörpers zuwenden, noch einen Blick auf die Bewegungsverhältnisse des Kolbens und die Beanspruchungen der Zylinder zu werfen.

2000 minutliche Umdrehungen des Getriebes sind eine bei den heutigen Kraftwagen übliche Zahl. Sie bedeutet, daß der Kolben in der Minute 4000 mal hin- und hergeht. Da er an jedem Totpunkt seine Bewegung umkehrt, so muß er notwendigerweise in dieser Zeit 4000 mal stehen bleiben, ebenso oft in seinem Lauf beschleunigt und wieder aufgehalten werden. Die Durchschnittsgeschwindigkeit beträgt bei der meist üblichen Hubhöhe von 14 Zentimetern 10 Meter in der Sekunde. Infolge der Verlangsamung an den Hubenden wächst die Geschwindigkeit in dem mittleren Hubteil bis auf 15 Meter in der Sekunde an. In einem Rennen sind aber auch schon einmal Wagen gefahren, deren Getriebe 3600 Umdrehungen in der Minute machten. Da betrug die mittlere Kolbengeschwindigkeit 19,68 Meter in der Sekunde. 30 Zündungen fanden in jeder Sekunde statt, 30 mal spielte sich in der gleichen Zeit der Viertakt ab, und die Maschine war imstande, unter solchen Umständen volle sieben Stunden lang ununterbrochen zu arbeiten.

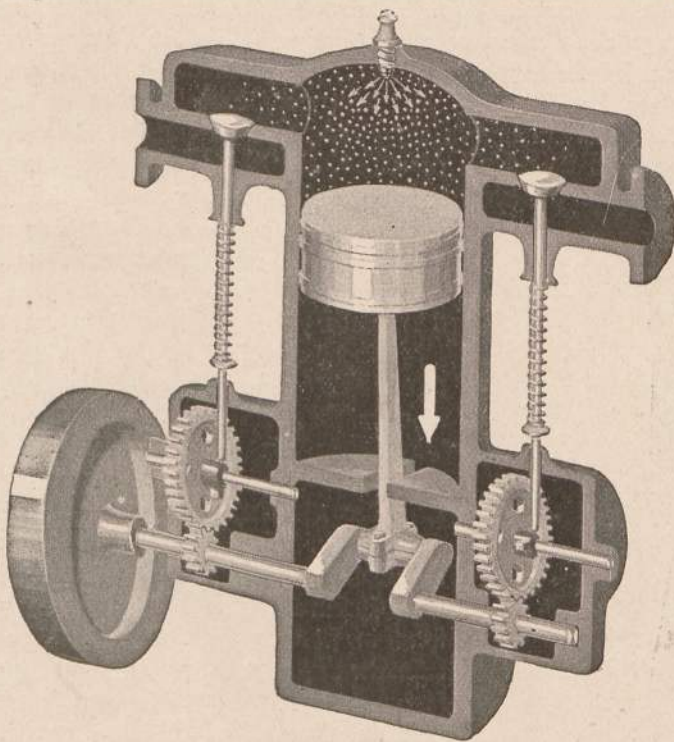




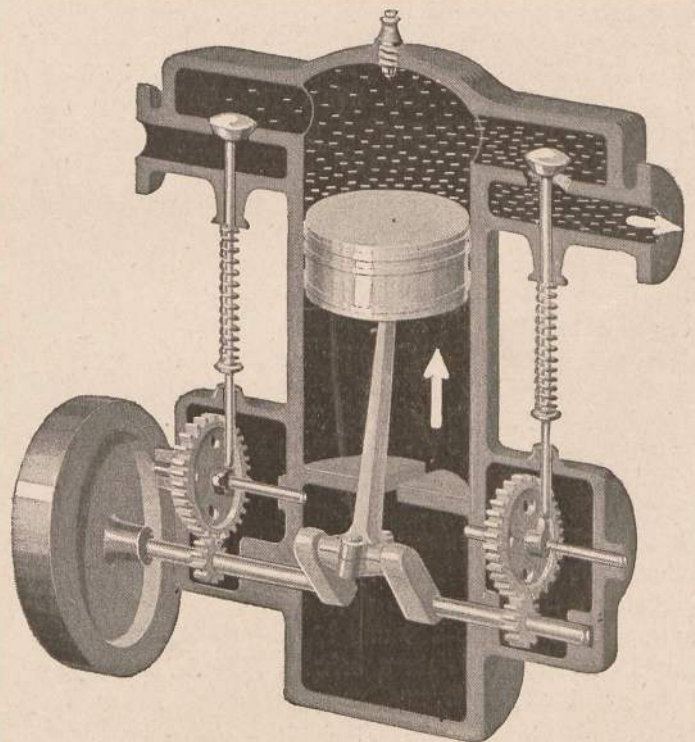
Erster Takt: Ansaugen



Zweiter Takt: Verdichtung



Dritter Takt: Zündung und Verpuffung



Vierter Takt: Auspuff

133. Die vier Takte der Verpuffungsmaschine  
 + = frisches Gemisch, - = Abgase



Dies ist um so erstaunlicher, als im Zylinder ebenso häufig eine Verpuffungshitze von 2000 Grad auftritt. Das eingesaugte Gasgemisch wird so stark zusammengepreßt, daß es einen Druck von mehr als 5 Atmosphären auf die Wandung ausübt. Eine Atmosphäre nennen wir eine Druckkraft, die mit dem Gewicht von einem Kilogramm auf ein Quadratcentimeter Fläche drückt, wie es die freie Luft gegenüber dem Erdboden ungefähr tut. Während der Verpuffung aber tritt ein Druck von 25 Atmosphären auf, so daß also in dieser Zeit höchster Erhitzung jedes Quadratcentimeter der Zylinderwandung mit 25 Kilogramm belastet ist. Durch das Vorwärtsschieben des Kolbens entspannen sich die Gase auf 4 bis 3 Atmosphären. Der Restdruck geht verloren; sein Vorhandensein wird durch das Geräusch des Auspuffens den Ohren kund.

Der Stoff, aus dem Zylinder und Kolben bereitet sind, muß imstande sein, diese wahre Hölle von Hitze und Druck dauernd auszuhalten. Es hat sich gezeigt, daß das bescheidene Gußeisen hierzu am besten geeignet ist. Die Zylinder werden meist aus einer besonderen Art des Gußeisens, dem Grauguß, bereitet, der trefflich gasdicht ist. Freilich ist ein Dauerbetrieb nur möglich, wenn durch besondere Vorrichtungen dafür gesorgt wird, daß eine äußere Kühlung der Zylinderwände die vom Innenraum in sie hineingelangende Erhitzung ständig abführt. Wäre das nicht der Fall, so würden sie bald zu glühen beginnen, und der Kolben fräße sich in der Bohrung fest. Als Kühlmittel wird Wasser verwendet, das ständig die Außenseiten der Zylinder bespült. Diese erhalten eine doppelte Wandung; durch den Hohlraum zwischen den Wänden fließt das Kühlwasser (Bild 128). Die äußere Umhüllung des Wassermantels wird auf drei Seiten fest an den eigentlichen Zylinderkörper angegossen, nur der Deckel wird als gesondertes Stück aufgeschraubt. Feste Angüsse sind ferner die Stutzen zur Anbringung der Ventile, die Anschlüsse für die Zuleitung von Gemisch und Kühlwasser sowie für die Fortführung der Auspuffgase.

Bei Maschinen für kleinere Leistungen gießt man alle vier Zylinder als einen zusammenhängenden Block. Bei größeren Motoren werden nur je zwei zusammengegossen (Bilder 129 und 130).

Im Deckel jedes Zylinders befindet sich außer der Zündkerzen-Durchführung eine kleine Bohrung, die durch einen Hahn zu verschließen ist (Bild 163, Seite 95). Durch diese Vorrichtung kann man bei unregelmäßiger Arbeit eines Zylinders feststellen, ob etwa die Zusammenpressung des Gemisches nicht mehr in vorschrittmäßiger Weise vor sich geht. Man öffnet, nach-



134. Kolben und Schubstange

dem die Zündung abgestellt ist, den Hahn, und ein geübtes Ohr hört dem Zischen des austretenden Gases mancherlei ab. Die Zischhähne gestatten ferner, etwas Benzin unmittelbar in den Zylinderinnenraum zu füllen, wodurch der Vorgang des Anlassens in Notfällen erleichtert wird.

Die Fußenden der Zylinder ruhen auf dem Kurbelgehäuse, einem geräumigen muldenförmigen Kasten aus Aluminium-Legierung. Er besteht aus zwei Teilen, die durch eine umlaufende wagerechte Fuge voneinander getrennt sind. Im Innern des Gehäuses befindet sich die Kurbelwelle nebst manchen anderen Triebwerkteilen. Alles ist so gelagert, daß die untere Hälfte des Gehäuses abgenommen werden kann, ohne daß ein Stück des Triebwerkes hinausfällt. Das Nachsehen der wichtigsten Wagentheile wird hierdurch erleichtert.

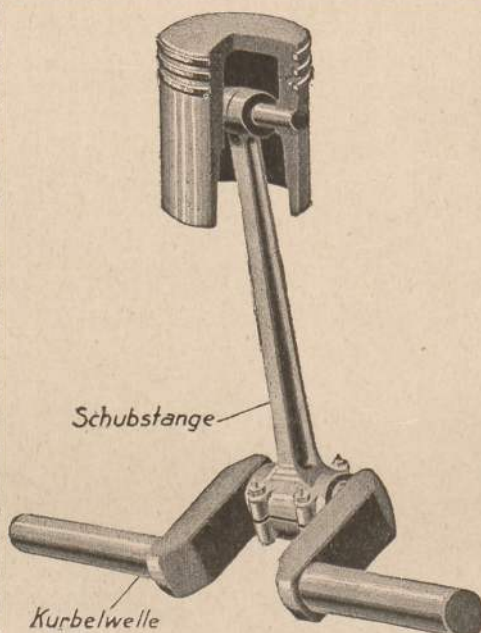
Der im Zylinder spielende Kolben hat die Form eines Hohlzylinders, der durch einen kräftigen Deckel verschlossen ist. Angebohrte Verdickungen in den Wänden nehmen den Bolzen auf, um den die Schubstange schwingt. Die Gleitbahn des Kreuzkopfs an der doppelt wirkenden Dampf-

maschine auf Bild 127 ist durch die Zylinderbohrung ersetzt.

Die Abdichtung zwischen Kolben und Zylinderwand wird durch drei gußeiserne Ringe bewirkt, die in ebenso viele kreisförmige Nuten des Kolbens eingesetzt sind. Die Ringe haben das Bestreben, nach außen zu federn. Es wird dies dadurch bewirkt, daß sie mit einem äußeren Durchmesser hergestellt werden, der etwas größer ist als der Durchmesser der Zylinderbohrung. Dann schneidet man ein Stück aus jedem Ring heraus, biegt ihn nach dem Einsetzen in die Kolbennut zusammen und schiebt ihn so in den Zylinder ein. Es ist darauf zu achten, daß die offenen Ringnuten nicht in einer geraden Linie untereinander liegen. In diesem Fall würden sie nämlich den hochgespannten Gasen im Zylinderinnen einen bequemen Weg nach außen freigeben. Sind aber die schmalen Ringnuten gegeneinander versetzt, so ist dieser Weg den Gasen so gut wie vollständig verschlossen.

Der von den sehr heftig stoßenden Motor Kräften am schärfsten beanspruchte Teil der Kraftwagenmaschine ist die Kurbelwelle. Sie wird deshalb aus dem bestmöglichen Stoff, aus Nickelstahl oder Chrom-Nickelstahl, bereitet. Trotz ihrer in scharfen Winkeln vielfach gekrümmten Form darf sie nicht zusammengesetzt werden, sondern muß stets aus einem einzigen Stück bereitet sein. Nur auf diese Weise erhält sie eine genügende Widerstandsfähigkeit.

Zu ihrer Herstellung wird ein Stahlblock in rohen Umrissen vorgeschmiedet und alsdann die genaue Form auf Werkzeugmaschinen herausgearbeitet. Der Abfall von dem sehr teuren Bau-



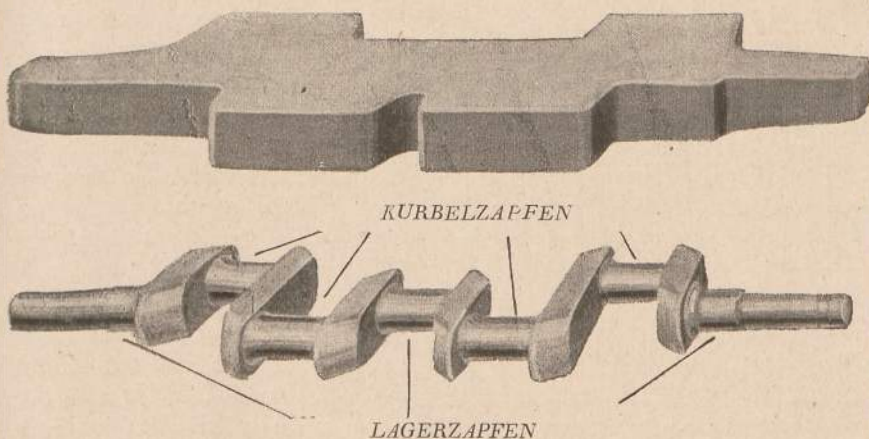
135. Befestigung der Schubstange an Kolben und Kurbelzapfen



Stoff ist groß. Das muß aber in Kauf genommen werden, damit die Kurbelwelle nur ja von Brüchen verschont bleibt. Sie ist mindestens dreimal gelagert. An ihrem vorderen, aus dem Kurbelgehäuse hinausragenden Ende greift die Andrehkurbel an, hinten ist das Schwungrad aufgesetzt.

Es wurde bereits gesagt, daß die vier Zylinder des Motors so eingestellt sind, daß auf jede halbe Umdrehung der Kurbelwelle ein Krafthub kommt. Der Lauf der Maschine ist schon allein durch diese Tatsache ausreichend gleichmäßig. Der rüttelnde Gang des Motors wird aber durch eine sorgfältige Abgleichung der umlaufenden Massen noch weiter gemildert. Man sorgt dafür, daß die mathematische Achse der Kurbelwelle niemals eine einseitige Belastung durch unausgeglichene Fliehkräfte erfährt, daß diese stets in gleicher Weise auf der rechten und linken Seite der Welle angreifen. Das zwingt dazu, die Reihenfolge der Zündungen und der hierdurch verursachten Verpuffungen des Gemisches in den Zylindern in eigentümlicher Weise anzuordnen.

Die Kurbelwelle hat grundsätzlich die in Bild 136 gezeichnete Gestalt. Die beiden äußeren Kröpfungen sind nach



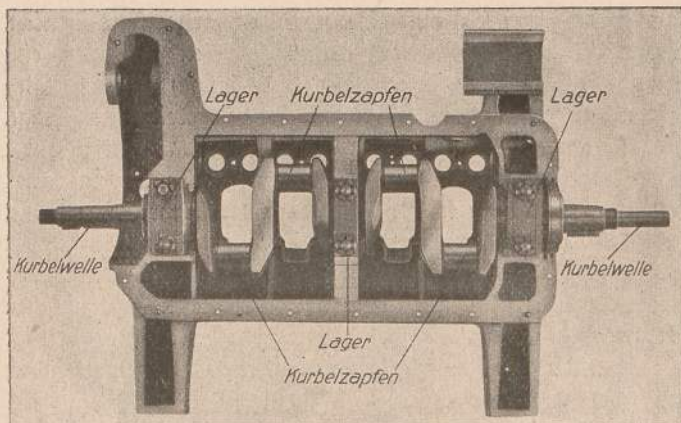
136. Entstehung der Kurbelwelle

Vorgeschnittenen Stahlblock und fertige Kurbelwelle, die aus einem Stück besteht

der einen, die inneren nach der anderen Seite gerichtet. Die Hälften der Wellen zu beiden Seiten des mittleren Lagers sind also spiegelbildlich gleich geformt. Das ist die günstigste Massenordnung, die zugleich auch eine günstige Stellung der übrigen Triebwerkteile erlaubt. Die Folge ist nun, daß auf den Krafthub in Zylinder 2 nicht Verpuffung in Zylinder 3, sondern der kraftgebende Vorgang in Zylinder 4 folgen muß.

Bei der in Bild 138 gezeichneten Stellung der Welle hat Zylinder 1 gerade den Auspuff beendet, in Zylinder 2 hat die Verpuffung stattgefunden. Es kann jetzt nicht der Krafthub in Zylinder 3 folgen, weil dessen Kolben sich entsprechend der Stellung der zugehörigen Kurbelkröpfung im unteren Totpunkt befindet. Die Kurbel 4 jedoch steht oben, und hier kann also jetzt ein Krafthub eintreten. Die Verpuffungen gehen also stets in der Folge 1, 2, 4, 3, vor sich, und die vier Takte spielen sich fortwährend in der Reihenfolge ab, wie sie in der Liste unter Bild 139 angegeben ist.

Die Ventile, welche die Steuerung des Motors bewirken, d. h. den Eintritt des frischen Gemisches und das Ausströmen der nach der Verpuffung zurückbleibenden Abgase regeln, sitzen bei stehender Anordnung in einer Kammer, die eine Erweiterung des Zylinderinnenraums dar-

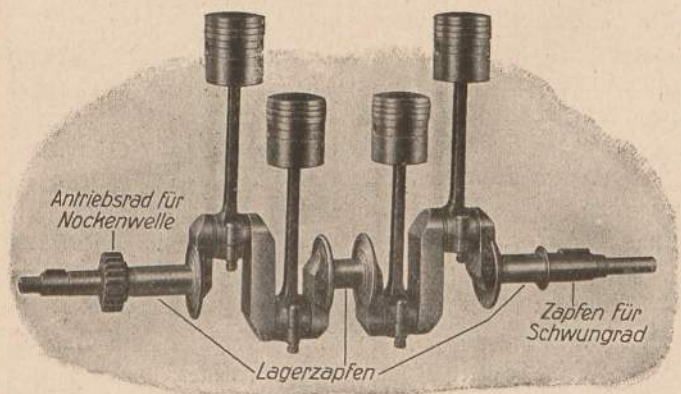


137. Lagerung der Kurbelwelle

Kurbelgehäuse von unten gesehen. MAS

stellt (Bild 140). Ihre wirkenden Teile haben die Form runder Scheiben; man nennt sie Ventil-Zeller. Die Unterseite jedes Zellers ist aufs genaueste in einen kegelförmigen Ring des Gehäuses eingeschliffen. Sowohl das Saug- wie das Auspuff-Ventil öffnen sich nach innen, so daß der Verpuffungsdruck der Gase sie nur noch fester auf den Sitz preßt. Eine starke Feder, die am Ventilschaft angreift, hat das Bestreben, den Zeller auf dem Sitz niederzuhalten. Auch eine jede der Ventilkammern besitzt einen Wassermantel, der vom Kühlwasser durchströmt wird; er steht in unmittelbarem Zusammenhang mit dem Wassermantel der Zylinder.

Das Öffnen der Steuer-Ventile erfolgt genau im gegebenen Augenblick durch die Steuer- oder Nockenwelle (Bild 142), die neben der Kurbelwelle und gleichgerichtet mit dieser im Kurbelgehäuse liegt. Sie trägt acht unrunde Ansätze, deren Oberflächen glashart gemacht sind. Auf Bild 133 sahen wir zwei Nockenwellen gezeichnet. Diese sind da notwendig, wo die Saugventile auf der einen, die Auspuffventile auf der anderen Zylinderseite liegen. Eine solche Anordnung ist zwar sehr übersichtlich für eine schematische Darstellung, sie wird aber heute kaum mehr angewendet. Man legt vielmehr die Ventile sämtlich auf eine Zylinderseite, damit man sie durch eine gemeinschaftliche Welle bedienen lassen kann. Für die folgenden Betrachtungen über die Arbeit der Ventile ist es gleichgültig, ob



138. Das Motorgetriebe

Kurbelwelle, Schubstangen und Kolben



wir uns eine oder zwei Steuerwellen angeordnet denken. Jeder der Nocken hebt in seiner höchsten Stellung eine Stange empor, den Ventilstößel, der nach kurzem Weg gegen den Ventilschaft stößt und so den Zeller aufschlägt. Sobald der Nocken weitergedreht ist, fällt das Ventil durch den Federzug wieder zu. Die Ventilstange ist in einen festen Schaft und einen lose darunter stehenden Stößel geteilt, damit der Ventilteller unter allen Umständen Bewegungsfreiheit hat, sich also immer fest auf die Ringfläche des Gehäuses aufsetzen kann. Der Spielraum zwischen Schaft und Stößel ist jedoch nur sehr gering; er beträgt  $\frac{1}{2}$ , ja manchmal nur  $\frac{1}{4}$  Millimeter. Das genügt aber, um dem Schaft freien Raum für Wärmeausdehnung zu geben.

Neuerdings wird es immer häufiger üblich, die Ventile nicht stehend, sondern hängend, wie Bild 141 es zeigt, anzuordnen. Die Ventilsitze können sich dann im Zylinderdeckel befinden, es fällt die besondere Kammer fort. Der Verpuffungsraum wird hierdurch kleiner, es sind weniger tote, vom Kolben nicht bestrichene Räume vorhanden, in denen Abgase nach dem Auspuff zurückbleiben. Die Arbeitskraft des Motors wächst hierdurch bei gleicher Füllung an. Die Steuerung von Hängerventilen erfolgt entweder durch eine unten liegende Nockenwelle, wie sie auf dem eben genannten Bild gezeichnet ist, häufig aber auch durch eine in Höhe der Zylinderdeckel liegende Steuerwelle, deren Nocken von oben her unmittelbar auf die Ventilstößel drücken, so daß dann der lange Schaft und die Schwinge nicht mehr notwendig sind.

Die Nockenwelle wird von einem auf die Kurbelwelle gefeilten Zahnrad entweder durch unmittelbaren Eingriff in ein eigenes Zahnrad (Bild 142) oder durch Kettenübertragung (Bild 143) angetrieben. Hierbei muß dafür gesorgt sein, daß die Steuerwelle nur halb so viel Umdrehungen macht wie die Kurbelwelle. Denn jedes der Ventile darf ja nur einmal während des Viertaktes im zugehörigen Zylinder geöffnet werden, in dessen Ablaufzeit die Kurbelwelle zweimal umläuft. Die Übersetzung zwischen Steuerwelle und Kurbelwelle muß sich also verhalten wie 1:2.

Von der Kurbelwelle wird auch gleichzeitig der Antrieb für die kleine elektrische Maschine abgeleitet, die zur Erzeugung des Zündfunken dient und in der Kraftwagen-technik Magnetapparat genannt wird. Hierzu benutzt man wiederum entweder Zahnradeingriff oder Kettenübertragung;

im letzten Fall können zwei besondere Ketten, je eine für die Steuerwelle und eine für den Magnetapparat, über die Kurbelwelle gelegt werden, oder man bewirkt den Doppelantrieb durch eine gemeinschaftliche dreieckig geführte Kette.

Es werden auch ventillosen Motoren gebaut; bei ihnen erfolgt die Steuerung durch Bewegung von zwei ineinander gesteckten hohlzylinderförmigen Schiebern, die sich in jedem Zylinder befinden. Sie werden so bewegt, daß Ausschnitte in ihren Wandungen zur rechten Zeit den Einlaß und den Auspuff freigeben. Die Vorzüge dieser Anordnung haben sich als nicht stark genug erwiesen, um die Ventilsteuerung zu verdrängen. Der Gebrauch der Schiebersteuerung hat aber den Vorteil gebracht, daß man nun auch bei Anwendung der Ventile mit erhöhter Sorgfalt darauf achtet, ihr Arbeiten möglichst geräuschlos zu machen.

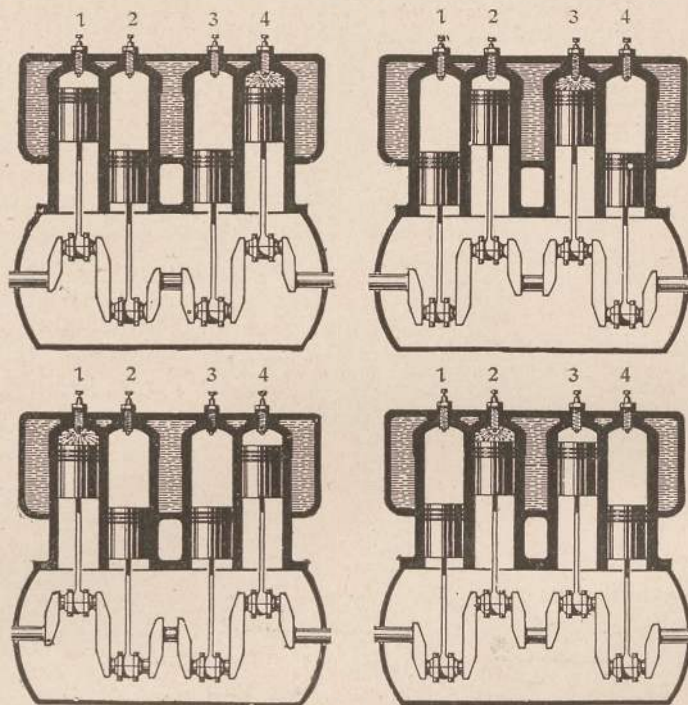
\*

Der Brennstoff, durch dessen Verpuffungskraft die eben geschilderte wundervolle Maschinen-Anordnung angetrieben wird, entsteht bei jedem Saughub immer neu im Vergaser. Wie wir schon wissen, ist der Brennstoff ein Gemisch von Benzingas und Luft, und zwar wird der beste Wirkungsgrad erzielt, wenn man fünfzehn Raumteile Luft mit einem Raumteil Benzingas sich mengen läßt. Um den Vergaser genügend zu versorgen, braucht man glücklicherweise nur das Benzin in einem Behälter mitzuführen. Luft, die in viel größerer Menge gebraucht wird, ist überall vorhanden.

Der Brennstoffbehälter ist heute fast stets am hinteren Wagenende aufgehängt. Nur bei ganz kleinen Kraftwagen findet man ihn noch unter dem Fahrersitz

angeordnet. Alsdann ist die Lage des Behälters so hoch, daß das Benzin allein durch die Schwerkraft zum tief angeordneten Vergaser hinfließen kann. Der hinten hängende Behälter aber muß zu diesem Zweck unter Druck gesetzt werden.

Als Mittel zur Förderung des Benzins vom Behälter zum Vergaser bieten sich fast von selbst die nach der Verpuffung aus den Zylindern tretenden Auspuffgase an. Sie haben ja noch eine recht erhebliche Spannung, die sie ohne weiteres dazu befähigt, das Benzin aus dem allseitig geschlossenen Behälter durch eine Rohrleitung in den Vergaser zu drücken, er möge so hoch angebracht sein wie er will. Es wird also von der im Querschnitt ziemlich umfangreichen Auspuffleitung ein dünnes Rohr abgezweigt, das unter



139. Reihenfolge der Takte in den 4 Zylindern eines Motors

Die in der folgenden Liste angegebenen Vorgänge in jedem einzelnen Zylinder (senkrechte Reihen) sind durch Verfolgung der Kolbenstellungen in dem betreffenden Zylinder auf den vier Teilbildern zu beobachten. Es ist der Beginn jedes Takts dargestellt

Zylinder 1	Zylinder 2	Zylinder 3	Zylinder 4
Ansaugen	Auspuff	Verdichtung	<b>Verpuffung</b>
Verdichtung	Ansaugen	<b>Auspuff</b>	Auspuff
<b>Verpuffung</b>	Verdichtung	Ansaugen	Ansaugen
Auspuff	<b>Verpuffung</b>	Verdichtung	Verdichtung
Ansaugen	Auspuff	Ansaugen	<b>Verpuffung</b>
Verdichtung	Ansaugen	<b>Verpuffung</b>	Auspuff
<b>Verpuffung</b>	Verdichtung	Ansaugen	Ansaugen
Auspuff	<b>Verpuffung</b>	Ansaugen	Verdichtung



Zwischenschaltung eines druckregelnden Ventils in die Decke des Behälters eingeführt ist. Die Auspuffgase füllen den Raum zwischen Behälterdecke und Benzinspiegel an (Bild 145).

Ein zweites Rohr steigt aus der Flüssigkeit auf und führt zum Vergaser. Durch diese Leitung wird ständig so viel Benzin gepreßt, wie der Vergaser entsprechend dem Lauf der Maschine aufnehmen will. Wenn der Motor nach längerer Betriebspause neu in Bewegung gesetzt werden soll, sind freilich Auspuffgase nicht vorhanden. Man bringt daher am Fahrersitz eine kleine, mit der Hand zu betätigende Luftpumpe an, mit deren Hilfe ein geringer Überdruck im Behälter erzeugt werden kann. Dieser genügt, um den Vergaser so lange zu versorgen, bis der Motor läuft und von neuem über Abgase verfügt.

Der Vergaser selbst gehört ebenso wie die Zündvorrichtung zu den Teilen des Wagens, die maßgebendsten Einfluß auf den sicheren und gleichmäßigen Lauf des Motors ausüben. Er hat dafür zu sorgen, daß der Brennstoff, der ihm in flüssiger Form vom Behälter her zufließt, in Gas verwandelt und mit Luft in richtigem Verhältnis gemischt wird. Der Vergaser darf niemals mehr Gemisch herstellen, als der Motor in dem kurzen Augenblick des Saughubs gebraucht, aber die Speise für die Maschine muß bei Anforderung stets bereit sein.

Da bei jedem Hub durchschnittlich fünfzehnmal mehr Luft als Benzin angesaugt wird, so ist der Benzinverbrauch erstaunlich gering. Für die jedesmalige Füllung eines Zylinders von 90 Millimetern Bohrung und 110 Millimetern Hubhöhe, dessen Inhalt auf Bild 144 dargestellt ist, braucht man nur ein Benzintropfen, das, wenn es Würfelform hätte, keine größere Kantenlänge als 3,68 Millimeter besitzen würde. Welch geringen Bruchteil eines Liters dieses Tröpfchen darstellt, zeigt mit größter Deutlichkeit die Zeichnung. Hierdurch wird auch veranschaulicht, wie genau die Arbeit des Vergasers sein muß.

Es kommt hinzu, daß der Motor bei wachsender Umdrehungszahl dazu neigt, aus den Vergasern heutiger Bau-

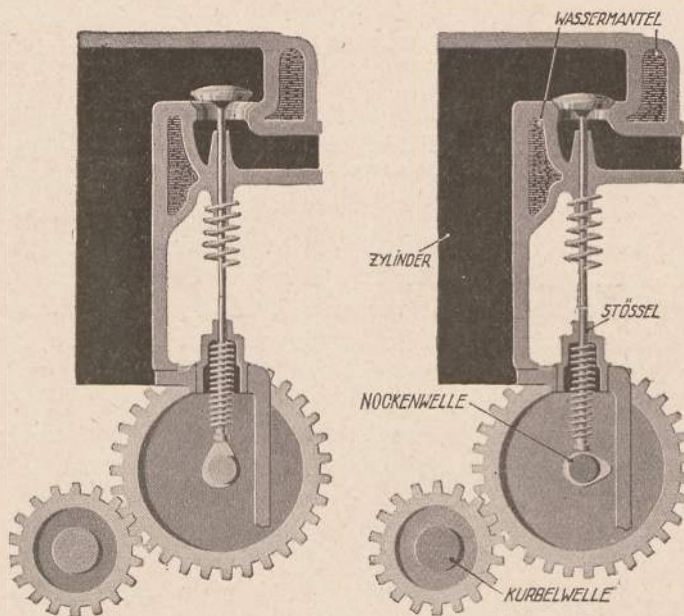
art mehr Benzin herauszuziehen, als zur Herstellung des richtigen Mischungsverhältnisses gut ist. Dem muß entgegengewirkt werden. Von einem guten Vergaser unserer Tage verlangt man, daß er unter allen Umständen das richtige Mischverhältnis selbsttätig herstellt. Der Fahrer will sich um dessen Bereitung nicht kümmern, möge der Motor langsam oder schnell laufen.

Gern aber regelt der Fahrer die Menge des fertigen Gemisches, die dem Motor zufließt. Denn dadurch kann er die Umdrehungszahl der Motorwelle und damit die Geschwindigkeit des Wagens in gewissen Grenzen bestimmen. Zur Vornahme dieser Regelung findet er einen Griff auf seinem Lenkrad, einen drehbaren Hebel (Bild 154); dieser bewegt eine Drosselklappe oder einen Drehschieber in der Leitung, die vom Vergaser zum Motor führt. Das gleiche bewirkt oft auch ein Fußtritt im Fahrerstand; beim Nieder treten gibt er den ganzen Leitungsquerschnitt frei, so daß die Höchstmenge des Gemisches in die Zylinder gesaugt werden kann. Der Fußhebel heißt darum Beschleuniger (Akzelerator, Bild 202).

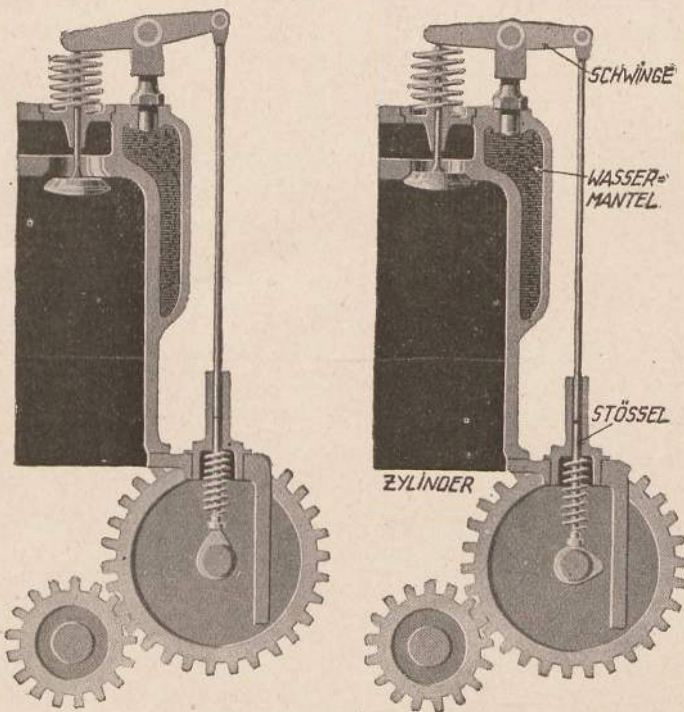
Die Benzinflüssigkeit hat von Natur die Neigung, in Gasform überzugehen. Das selbe Bestreben zeigen die anderen für den Kraftwagen zu verwendenden Brennstoffe gleichfalls, wenn auch in geringerem Maß. Stellt man ein offenes Gefäß mit Benzin auf, so wird man nach einiger Zeit finden, daß es leer geworden ist. Die Flüssigkeit ist verdunstet, hat sich in Gas verwandelt. Bei den ersten Bauarten des Kraftwagens wurden daher einfache Oberflächen-Vergaser verwendet (Bild 1 auf Tafel VI). In ihnen strich die von dem Motor kolben angesaugte Luft über einen freien Benzinspiegel, von dem sie Teilchen

mitriß. Das mit Hilfe solcher Apparate erzeugte Gemisch zeigte sich jedoch so unregelmäßig zusammengesetzt, daß man zu anderen Bauarten übergehen mußte.

Der Gemisch-Vereiter ist jetzt ein recht verwickelt gestaltetes Gerät. Überall angewendet wird heute die Spritzdüsen-Bauart. Sie ist in ihrer einfachsten Form und in schematischer Darstellung durch Bild 2 auf Tafel VI veranschaulicht.

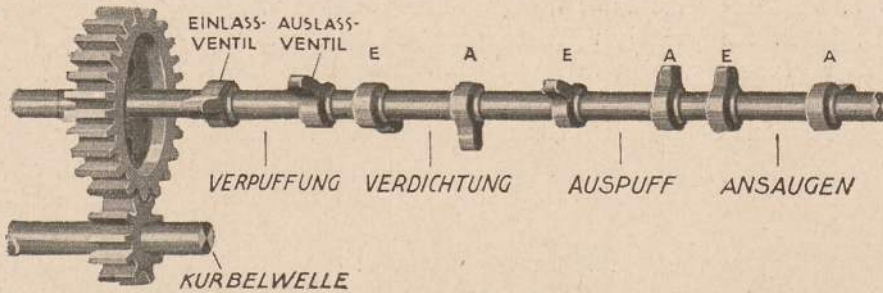


140. Stehendes Ventil  
Links offen, rechts geschlossen



141. Hängendes Ventil  
Links offen, rechts geschlossen



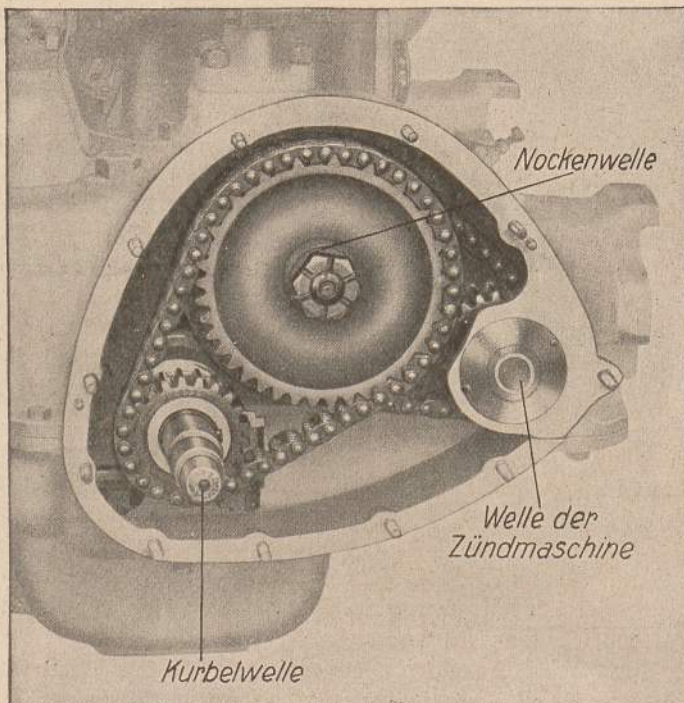


142. Nockenwelle mit Antrieb

Die Nocken sind so gestellt, daß die Vorgänge in den Zylindern sich in der Reihenfolge abspielen, wie sie in der Liste zu Bild 139 angegeben ist

Der Brennstoff tritt aus der Leitung, die vom Behälter herkommt, von unten in eine Vorratskammer ein. Dieser Raum läuft aber nicht voll, sondern das Benzin ist nur in Stande, ihn bis zu einer ganz bestimmten Höhe zu füllen. Es befindet sich nämlich in der Kammer ein Schwimmer, ein runder, hohler, aus Blech gefertigter Körper, dessen Mitte von einem senkrechten Röhrchen durchdrungen wird. Durch dieses Röhrchen führt ein dünner, unten zugespitzter Stab, die Nadel, die, in der Senkrechten frei beweglich, durch eine passende Bohrung im Kammerdeckel in ihrer Lage gehalten wird. Zwei doppelarmige, mit kleinen Gewichten belastete Hebelchen sind drehbar an der Nadel befestigt. Wenn die durch eine dünne Bohrung im Boden eintretende Flüssigkeit die Kammer bis zur gewünschten Höhe gefüllt hat, dann ist der Schwimmer so hoch emporgehoben, daß die Nadelspitze mittels der Hebelchen in die Zuflußbohrung gedrückt ist und diese verschließt. Sinkender Benzinstand läßt auch den Schwimmer sinken, so daß die Nadel die Zuflußöffnung wieder freigibt und das ja unter dem Druck der Auspuffgase stehende Benzin von neuem eintreten kann.

Durch eine wagerechte Bohrung steht mit dieser Kammer ein senkrechtcs Düsenrohr mit enger Austrittsöffnung in



143. Antrieb von Nockenwelle und Zündmaschine  
von der Kurbelwelle her durch zwei Ketten. MAG

Verbindung. Wenn der Kolben im Zylinder den Saughub beginnt, entsteht wegen der Vergrößerung des Rauminhalts ein Unterdruck in dem Zylinder und dem Rohr, das von der Kammer des jetzt geöffneten Saugventils zum Düsenraum des Vergasers führt. Hierdurch wird bewirkt, daß Luft von außen durch eine geräumige Öffnung in den Düsenraum hinein und an der Düsen Spitze vorbeiströmt. Der Luftstrom reißt aus dieser mit großer Gewalt Benzin heraus, das in feinste Tröpfchen zerstäubt und durch Verdunstung sogleich in Gas verwandelt wird.

Der weiter nach unten gehende Kolben saugt das Gemisch von Benzingas und Luft, den gewünschten Betriebsstoff, in den Zylinderraum hinein. Nachdem dann das Saugventil abgeschlossen hat, wird, wie wir ja wissen, das Gemisch durch den umkehrenden Kolben verdichtet und äußert nach der Entzündung seine Verpuffungskraft. Die Menge des Gemischs, die bei jedem Saughub des Kolbens in die Zylinder treten soll, den für die Geschwindigkeit der Maschine maßgebenden Füllungsgrad also, regelt der Fahrer durch Einstellung der Drosselklappe, an deren Drehachse sowohl der Gashebel über dem Lenkrad wie der Beschleuniger-Fußtritt angreifen.

Bei mittlerer Umdrehungszahl des Motors wird stets die gleiche Benzinmenge aus der Düse herausgerissen, da die Flüssigkeit in dieser immer gleich hoch steht. Das Düsenrohr bildet ja mit der Vorratskammer ein System verbundener (kommunizierender) Röhren. Die Schwerkraft bewirkt in solchen Röhren einen stetigen Gleichstand des Inhalts. Da der Schwimmer nun das Benzin in der Kammer immer in gleicher Höhe hält, so übt er dieselbe Wirkung auch auf den Flüssigkeitsstand in der Düse.

Läuft der Motor jedoch sehr rasch, dann peitscht die Luft so heftig am Düsenmund vorbei, daß sie mehr Benzin herausreißt als gut ist. Das Gemisch wird zu gasreich, und es brennt nicht mehr ordentlich ab, da auf jeden einzelnen Raumteil zu wenig Sauerstoff aus der Luft kommt. Es wird deshalb noch ein zweiter Zugang von außen angeordnet, der einen Teil des Luftstroms nicht an der Düse vorbei, sondern unmittelbar zur Saugventilkammer streichen läßt. Diese Zusatzluft reißt also kein Benzin mit und ihr Vorhandensein mindert dazu noch die Geschwindigkeit des Hauptluftstroms.

Die Zusatzluft soll erst eintreten können, wenn der Unterdruck in der Leitung durch das sehr rasche Niedergleiten der Kolben eine gewisse Grenze überschritten hat. Das Nächstliegende war, den Nebeneingang durch ein federbelastetes Ventil geschlossen zu halten, das sich erst bei einer bestimmten Saugkraft des Motors öffnete (Bild 3 auf Tafel VI). Es hat sich jedoch gezeigt, daß solche Federventile zu unregelmäßig arbeiten, um eine ausreichend genaue Regelung der zusätzlichen Luftmenge herbeizuführen. Man mußte zu feineren Mitteln greifen. Durch eine große Zahl verschiedener Bauarten kann heute die Aufrechterhaltung einer stets gleichmäßigen Mischung erreicht werden.

Beim Cudell-Vergaser (Bild 4 auf Tafel VI) befindet sich an dem zum Motor führenden Rohr ein ringförmiger Ansatz, dessen Boden von zahlreichen Löchern durchbohrt ist. Auf diesen Löchern liegen Kugeln von verschiedenen Durchmessern, die, mit ganz



leichtem Druck darauf niedergepreßt, die Öffnungen für gewöhnlich geschlossen halten. Solange die Umdrehungszahl des Motors eine gewisse Größe nicht überschreitet, strömt Luft nur von unten ein. Vergrößert sich aber bei wachsender Umdrehungszahl der Unterdruck im Zuführungsrohr zur Maschine, dann werden zunächst die kleinsten, also leichtesten, Kugeln emporgehoben, und etwas Zusatzluft strömt ein. Bei weiterwachsendem Unterdruck heben sich auch die schwereren Kugeln, so daß immer mehr Zusatzluft Eingang findet.

Die Feinheit der Gemischregelung reicht jedoch bei allen Vergaser-Bauarten, bei denen die Beeinflussung der zusätzlichen Luftmenge durch bewegliche Verschlüsse stattfindet, nicht aus. Präzisions-Wirkung ist erst durch die Erfindung der Bremsdüsen-Vergaser erreicht worden. An ihnen sind gar keine Teile mehr vorhanden, die ihre Lage verändern.

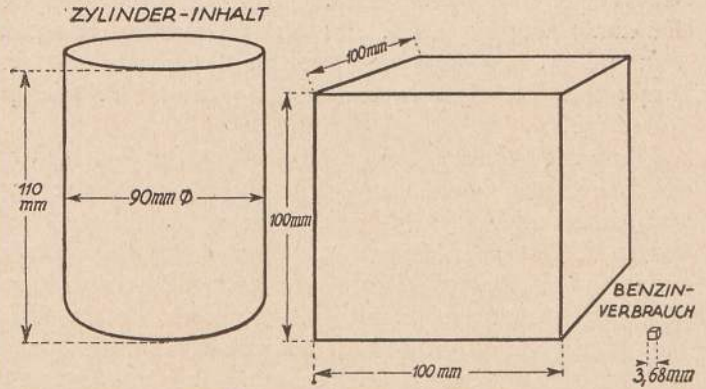
Auf Bild 5, Tafel VI, sehen wir den Apparat mit zwei Düsen ausgerüstet. Rechts steht die Hauptdüse, die genau so arbeitet wie die gleiche Vorrichtung auf Bild 2. Auch die zweite Düse ist bei mittlerer Laufgeschwindigkeit des Motors nichts anderes als eine Benzinspritze. Aus jedem der beiden Mündungen saugt die eintretende Luft eine bestimmte Menge Benzin ab. Der Vergaser ist folglich so einzustellen, daß der aus beiden Düsen zusammen austretende Brennstoff bei mittlerer Motorgeschwindigkeit richtig zusammengesetztes Gemisch entstehen läßt.

Nun aber beginnt die Maschine sehr rasch zu laufen. Die eingesaugte Luft peitscht äußerst geschwind an den beiden Düsen-Endungen vorbei, und der Luftstrom würde sich allzu stark mit Benzin anreichern, wenn nun die Düse links nicht ihre Bremskraft äußerte.

Während die Hauptdüse nach wie vor Brennstoff in einer Menge ausgibt, die der Saugkraft der vorbeistreichenden Luft entspricht, beginnt die Bremsdüse sehr rasch mit ihrer Lieferung zu kargen. Sie ist nämlich mit der Schwimmkammer des Vergasers nicht durch ein weites Rohr verbunden wie ihre Schwester, sondern steht mit dem Benzingeräß nur durch eine schmale Bohrung in Zusammenhang. Durch diese kann in der Sekunde nicht mehr als eine bestimmte geringe Benzinmenge hindurchtreten. Wenn also der Luftstrom sehr heftig an der Düsen Spitze saugt, so ist die Folge, daß der Benzinspiegel in der Düse selbst und sehr rasch auch in der Bremsdüsenkammer sinkt. Bald ist diese völlig entleert, weil die Nachfüllung nicht rasch genug geht, und die Bremsdüse gibt nur äußerst wenig Brennstoff her, wenn die Saugwirkung an ihrer Spitze auch noch so heftig ist. Die oben offene Bremsdüsenkammer läßt sogar, wenn sie völlig entleert ist, noch Zusatzluft eintreten.

Das Gemisch bleibt mit Hilfe dieser Einrichtung bei jeder Motorgeschwindigkeit gleichartig zusammengesetzt, weil die Steigerung des Ausflusses aus der Hauptdüse durch die Verringerung der Lieferung von der Bremsdüse her stets im richtigen Verhältnis ausgeglichen wird.

Bei dem Zenith-Vergaser, dessen Bauart soeben grundsätzlich beschrieben worden ist, stehen tatsächlich die beiden Düsen nicht nebeneinander, sondern die Bremsdüse ist ringförmig um die Hauptdüse herumgelegt, so wie Bild 6 auf Tafel VI es zeigt. An der Wirkung der Konstruktion wird hierdurch nichts geändert. Wir sehen aber weiter, daß



#### 144. Der sparsame Motor

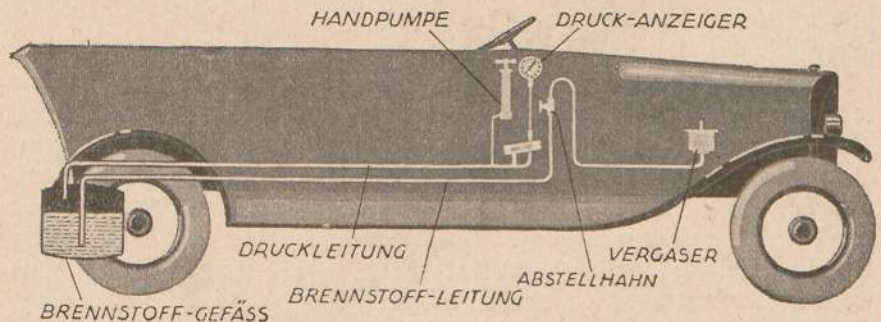
Beim Füllen des links gezeichneten Zylinders mit Gemisch während eines einzelnen Saughubs wird nicht mehr Benzin aus dem Vergaser entnommen, als das rechts gezeichnete Würfelchen zeigt. In der Mitte zum Vergleich die Größe eines Liters in demselben Maßstab

bei Bild 6 die Bremsdüsenkammer nicht mehr ein einfaches Rohr ist, daß sie vielmehr eine dritte Düse nebst einem anschließenden, hoch aufsteigenden Röhrchen enthält. Diese Zusaheinrichtung hat mit der Bremswirkung gar nichts zu tun. Sie dient einem besondern Zweck.

Wenn der Motor angelassen wird, insbesondere falls dies durch eine Handkurbel geschieht, laufen die Kolben in den Zylindern sehr langsam, und die über den Mund der Sprizdüsen streichende Luft hat eine nur ganz geringe Geschwindigkeit. Diese schwache Strömung kann nicht genügend Benzin saugen, es bildet sich sehr schwer ein zündfähiges Gemisch in den Zylindern. Maschinen ohne besondere Anlaßdüse pflegen daher erst nach recht lang andauernder Kurbelarbeit anzuspriegen.

Beim Zenith-Vergaser braucht der Anlassende nur die Drosselklappe mit Hilfe des Gasdrehhebels auf dem Lenzrad so einzustellen, daß sie gerade noch eine ganz schmale Durchtrittsöffnung frei läßt. Als dann erhält die Luft in dem Schlitz, der ihren Durchtrittsquerschnitt plötzlich sehr stark verengt, eine erhebliche Geschwindigkeit. Sie saugt mit Hilfe des rechtwinklig gebogenen Röhrchens, das unmittelbar an dem Schlitz liegt, mit ausreichender Heftigkeit Brennstoff aus der Anlaß- oder Leerlauf-Düse. Es bildet sich ein gutes Gemisch, der Motor springt geschwind an.

Bild 146 gibt die Außenansicht eines Zenith-Vergasers. Vor der Eintrittsöffnung für den Hauptluftstrom liegt ein sehr dichtes Filter aus Drahtgaze, damit größere Staubkörner ferngehalten werden. Die Nadel ragt ein wenig aus der Schwimmkammer heraus. Im Notfall, wenn der Motor durchaus nicht anlaufen will, was bei großer Kälte hier und da vorkommt, kann die Nadel und damit der



#### 145. Benzinförderung durch die Auspuffgase

Der Brennstoff wird vom Behälter hinten zum Vergaser vorn gedrückt



Schwimmer angehoben werden. Es entsteht dann, weil die Düsenmündung überläuft, eine kleine Überschwemmung in dem großen, zur Maschine führenden Rohr, und die Luft bringt mit Sicherheit ausreichende Gasmengen in die Zylinder mit.

Wenn die Zündung erfolgt ist und das im Zylinder befindliche Gasgemisch sich ausgedehnt hat, dann bleiben nur noch unverbrennliche Rückstände. Sie werden während des vierten Taktes vom Kolben durch das geöffnete Auslassventil in die Auspuffleitung geschoben. Doch auch schon von selbst haben die Abgase das Bestreben, in die freie Luft hinauszugehen, da ihnen ja immer noch eine Spannung von 3 bis 4 Atmosphären innewohnt. Weil dies der Fall ist, hören wir die Gase mit mehr oder weniger starkem Geräusch dem Auspuff entströmen.

Wenn die Leitung von der Kammer des Auspuffventils unmittelbar ins Freie führte, würde das Knallen unerträglich sein. Um seiner Mitmenschen willen muß der Kraftwagenführer deshalb darauf achten, daß sich stets ein Schalldämpfer an seinem Fahrzeug befindet.

Die Fabriken, denen natürlich in höchstem Maß daran gelegen ist, daß ihre Erzeugnisse niemandem lästiger fallen, als es unvermeidlich ist, bauen schalldämpfende Auspufftöpfe verschiedenster Art in die Abgasleitung ein. Diese haben die Aufgabe, den Auspuffgasen den Weg nach draußen zu erschweren, indem sie ihnen Hindernisse in den Weg legen, die zu Umwegen zwingen. Stärkere Dämpfungen dürfen nicht angewendet werden, da man sich vor der Erzeugung eines allzu hohen Gegen drucks in der Auspuffleitung hüten muß. Dieser würde die Leistungsfähigkeit des Motors hinabsenken, da der Kolben ja in solchem Fall beim vierten Takt stets einen harten Widerstand zu überwinden hätte.

Bild 147 zeigt einen Auspufftopf, bei dem die Gase durch Löcher im Ableitungsrohr in einen Hohlzylinder mit größerem Durchmesser eintreten. Aus diesem führt sie der Weg wieder in das Auspuffrohr zurück, und sie müssen sich noch mehrmals auf solche Art hindurchwinden, bis sie den Ausgang erreichen. Andere Bauarten teilen den Raum des Auspufftopfes durch Querwände ab, die in solcher Weise gestellt sind, daß den Gasen der Weg möglichst erschwert wird.

Eine geringe Erhöhung des Gegen drucks entsteht immerhin auch schon durch diese Maßnahmen. Der Fahrer beseitigt diese Hemmung gern, wenn er durch Gegenden fährt, in denen die Knaller nicht allzu lästig werden. Das Auspuffrohr besitzt daher vor dem Topf eine Öffnung, die durch eine bewegliche Klappe für gewöhnlich verschlossen ist. Durch Ziehen an einem Drahtseil kann der Fahrer die Klappe öffnen, und alsdann entweichen die Gase ungehemmt und mit starkem Geräusch ins Freie, wodurch der Motor seine Umdrehungszahl etwas erhöht. Das Knatternde fahren der Wagen, das man besonders auf freien Landstraßen öfter hört, hat hierin seine Ursache.

Leider ist es nicht nur das Ohr, das durch den fahrenden Wagen belästigt wird; die Nase wird öfter noch viel böser in Mitleidschaft gezogen. Die Abgase minderwertiger Brennstoffe, wie sie in der Kriegszeit benutzt werden mußten, haben einen üblen Geruch. Doch kann dieser auch bei Anwendung besten Benzins entstehen, wenn die Schmierung nicht in richtiger Weise arbeitet. Hierauf kommen wir an geeigneter Stelle noch zurück.

\*

Jetzt liegt es uns, nachdem wir den Weg des Betriebsstoffes vom Behälter bis zum Ende des Auspuffrohres besprochen haben, ob, die Vorrichtung zu erörtern, durch die seine Kraftwirkung hervorgerufen wird.

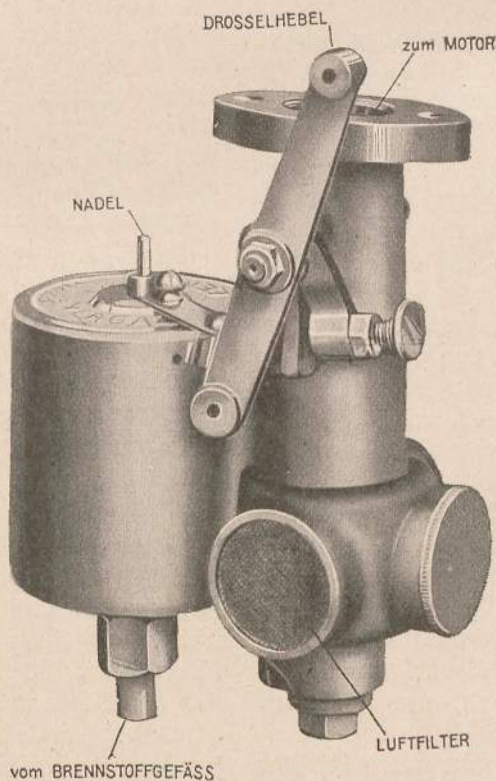
Als man Gasmotoren zu bauen begann, gebrauchte man zur Entzündung des Gemisches im Zylinder das nächstliegende, eine offene Flamme, die in einer Nebenkammer ständig brannte. Ein Schieber übertrug ungefähr im geeigneten Augenblick die Flamme zum Zylinderinnern. Die Einrichtung war sehr verwickelt und nur für ganz langsam laufende Maschinen zu verwenden, wie in dem Abschnitt „Die Gas- und Olmaschine“ näher ausgeführt werden wird.

Einen sehr großen Fortschritt bedeutete da bereits die etwas später erfundene Glührohrzündung, bei der Gemisch und Flamme nicht mehr in Berührung miteinander zu treten brauchten. Einer neuartigen, von ihm ersonnenen Anwendung des Glührohrs hat Daimler es mit zu verdanken, daß ihm der Bau des schnelllaufenden Motors gelang. Es wurde nun ein an den Zylinderraum gesetztes, oben geschlossenes Rohr von außen her durch eine Flamme erhitzt und durch dieses die Zündung bewirkt. In den ersten Jahren des Kraftwagenalters fuhr man mit solchen Glührohrzündungen, die besser arbeiteten, als der Rückschauende es heute glauben möchte.

Denn jetzt wird das Gebiet der Zündungen ganz vom elektrischen Funken beherrscht. Dieser ist ja durch die Bequemlichkeit, mit der man ihn erzeugen kann, die Leichtigkeit, mit der sein Auftreten zu beherrschen ist, und die ungemeine Kürze seines Daseins ein durch nichts zu übertreffendes Mittel für die Herbeiführung genauer und sicherer Zündungen im Verpuffungsmotor. Aber auch die elektrische Zündung hat einen Ent-

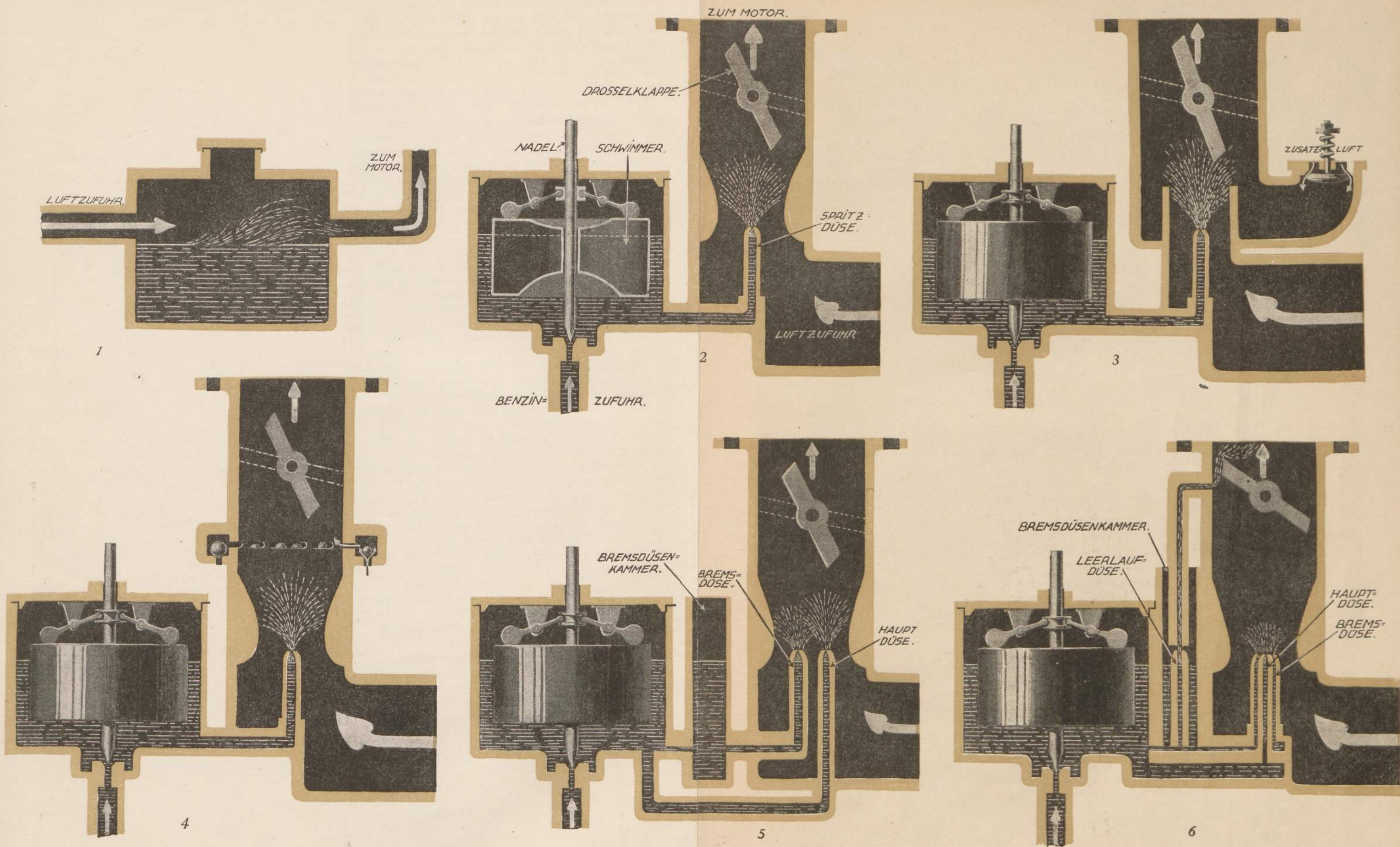
wicklungsgang durchmachen müssen, bis sie zu der heutigen Vollkommenheit gelangte.

Wenn man die Pole irgendeiner Stromquelle durch zwei Drähte verbindet, deren Enden aneinandergesetzt sind, dann entsteht immer ein Funke, wenn man die Enden wieder trennt. Ein solcher Abreißfunke wurde als erster zur elektrischen Zündung im Kraftwagenzylinder benutzt. Man stellte im Wagen eine Batterie von vielen Elementen oder von Akkumulatoren auf, deren Poldrähte isoliert in den Zylinder eingeführt wurden und einander dort für gewöhnlich



146. Zenith-Vergaser

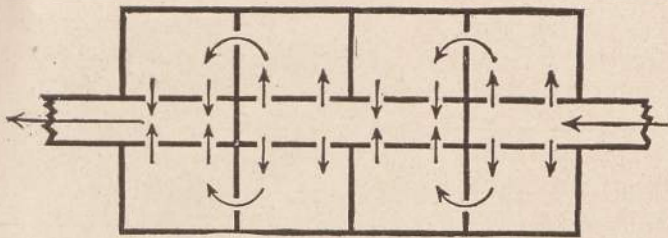




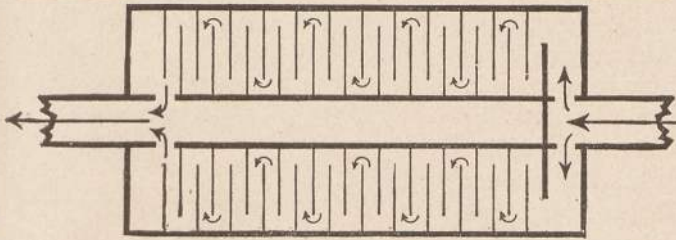
Vorrichtungen zur Bereitung des Brennstoffs (Gemischs) für die Maschine des Kraftwagens: Vergaser.

1. Oberflächen-Vergaser; diese ursprüngliche Bauart wird nicht mehr angewendet. 2. Spritzdüsen-Vergaser einfachster Bauart. 3. Spritzdüsen-Vergaser mit Einführung der Zusatzluft durch ein Ventil. 4. Eudell-Vergaser mit Einführung der Zusatzluft durch Löcher mit Kugelschluß. 5. Bremsdüsen-Vergaser mit gesondert angeordneter Bremsdüse. 6. Bremsdüsen-Vergaser mit ringförmiger Bremsdüse und Leerlauf-Düse; Zenith-Vergaser. (Zu Seite 85)





147. Auspufftopf mit durchlochttem Innenrohr



148. Auspufftopf mit Querswänden

berührten. Näherliegend wäre es gewesen, den Funken über einen Spalt zwischen den beiden Elektroden springen zu lassen, aber solche Batterien erzeugen ja nur ganz geringe Spannungen, etwa 4 Volt, und schon zum Durchschlagen eines Abstandes von nur einem Millimeter braucht man in gewöhnlicher Luft eine Spannung von 10 000 Volt. Damit innerhalb des zusammengepressten Gasgemisches ein Millimeter Zwischenraum überwunden werden kann, sind gar 15 000 Volt Spannung erforderlich. Man mußte also damals auf den zwischen zwei entfernten Elektroden überspringenden Funken verzichten und war auf die Bildung eines Lichtbogens durch Abreißen angewiesen.

Eine mechanisch sehr hübsche Lösung der Aufgabe bot die in Bild 149 dargestellte Bauart. Der Kolben stößt hier, wenn er in die Nähe des oberen Totpunktes gelangt, gegen ein Winkelstück aus Metall, das einen Teil der Zündleitung bildet und sich nun unter Erzeugung eines Lichtbogens von einem Kontakt entfernt. Auf sichere Arbeit einer solchen Anordnung ist jedoch nicht zu rechnen, da die Hitze im Zylinder und das herumspritzende Schmieröl sie leicht zerstören. Es fehlt außerdem die Möglichkeit für die Zündzeitverstellung, die wir bald als wichtig erkennen werden.

Andere Abreißzündungen sind gebaut worden, bei denen bewegte Teile durch die Zylinderwand hindurchgeführt waren. Ein genügendes Dichthalten gegenüber dem Druck des gepressten Gemisches war hier auf die Dauer nicht zu erreichen. Die Abreißzündungen sind heute vollständig verlassen. An ihre Stelle trat zunächst die Hochspannungszündung mit Stromerzeugung durch eine Batterie.

Wie schon der Name sagt, arbeitet diese Zündungsart mit hochgespannten Strömen. Nun kann man sich im Zylinder mit zwei unbewegten Leitungsstücken begnügen, die geeignet geformt sind und einander in kurzem Abstand so gegenüberstehen, daß beim Auftreten des Hochspannungsstromes in dem zugehörigen Leitungskreis ein Funke zwischen ihnen überspringt. Um die hohe Voltzahl aus dem niedriggespannten Batteriestrom zu bereiten, ist die Hinzufügung eines besonderen Gerätes, des Spannungswandlers oder Transformators, notwendig, der in der kleinen, beim Kraftwagen-Motor angewendeten Form auch Induktions- oder Zündspule genannt wird. Wir haben das Gerät bereits im Abschnitt 5 (Band I) auf Seite 168 kennengelernt, seine Wirkungsweise sei aber hier noch einmal kurz dargelegt.

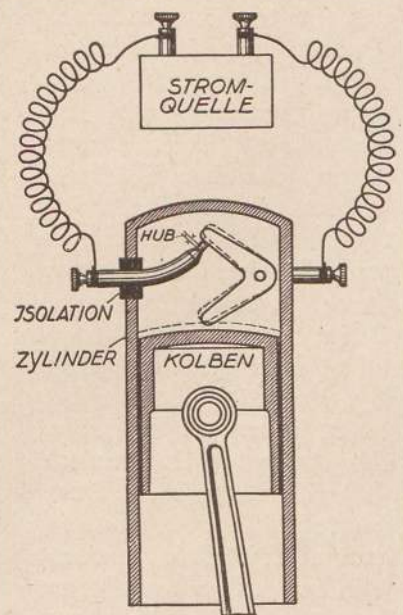
Die Zündspule besteht aus zwei über einen Eisenkern gelegten Wicklungen aus isoliertem Draht. Um den Kern sind zunächst wenige Windungen aus dickem Draht herumgeführt, deren Enden mit den beiden Polen der Batterie in Verbindung stehen. Darüber sind aber sehr viele Windungen dünnen Drahts gelegt, deren freie Enden zu den beiden Teilen der Zündkerzen im Zylinder führen.

Der durch die dickdrähtige oder Primär-Wicklung fließende Batteriestrom bringt zunächst keinerlei Wirkung auf die Sekundärwicklung hervor. Wenn man ihn aber mit kurzem Schlag unterbricht, dann entsteht jedesmal in der Sekundärwicklung ein hochgespannter Strom, der einen Funken zwischen den Zündkerzenteilen im Zylinder überspringen läßt. Die Unterbrechungen können durch verschiedenartige Vorkehrungen hervorgerufen werden, die man in den Primärstromkreis einschaltet.

Durch geeignete Einstellung des Unterbrechers kann man die Zündung im günstigsten Augenblick auftreten lassen. Bei vier Zylindern muß dafür gesorgt werden, daß jeder von ihnen in der richtigen Reihenfolge und im passenden Augenblick den Zündfunken erhält. Man erreicht das durch Anwendung eines sich drehenden Verteilerarmes, der die Sekundärwicklung nacheinander an vier Kontakte legt.

Elemente sind nach einer gewissen Gebrauchszeit erschöpft und müssen aufgefüllt oder durch neue ersetzt werden; die Akkumulatoren bedürfen in nicht allzulangen Zeiträumen der Aufladung durch fremde Stromquellen, die keineswegs immer zur Hand sind. Bei Anwendung der Batteriezündung ist der Kraftwagen daher seiner vollständigen Freizügigkeit beraubt. So entstand der Gedanke, die elektrische Energie für die Zündung durch eine kleine Maschine auf dem Wagen selbst erzeugen zu lassen, die vom Motor in Bewegung gesetzt wird und immerdar in gleicher Weise zur Stromabgabe bereit ist. Diese Anordnung ist durch viele sehr geistreich ausgedachte Einzelheiten so vortrefflich durchgebildet worden, daß bei den heutigen Kraftwagen Fehler in der Zündung nur noch äußerst selten vorkommen, obgleich die von der Vorrichtung zu leistende Arbeit allerfeinster Art ist. Bosch in Stuttgart ist es hauptsächlich gewesen, der die Einrichtung in trefflichster Weise ausgebildet hat.

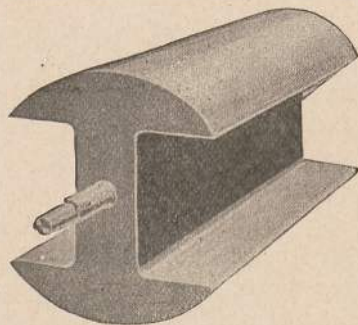
Elektrizitätserzeuger pflegen ebensowenig wie eine Batterie so gleich hochgespannten Strom hervorzubringen; bei dem kleinen Kraftwagengerät wird dies aber doch durch einen Kunstgriff erreicht. Was hier zur Stromerzeugung verwendet wird, ist keine Dynamomaschine, sondern ein magnet-elektrischer Apparat, der dem Induktor des Fernsprechers gleicht. Er unterscheidet sich von der Dynamo da-



149. Abreißzündung

Der hochgehende Kolben öffnet einen Stromkreis, indem er ein Kontaktstück vom anderen entfernt





150. Doppel-T-Anker

Der sich drehende Teil einer Zündmaschine ohne die Drahtwicklung

nen oberen und unteren Balken (Bild 150). Um den Steg ist eine Primärwicklung aus wenigen starken Drähten und darüber eine Sekundärwicklung aus vielen dünnen Drähten gelegt. Die laufende Kurbelwelle des Wagenmotors treibt durch Zahn- oder Kettenantrieb (Bild 143) den Anker der Maschine, die der Kraftfahrer in abgekürzter Rede wohl oft nur den Magnet nennt. Aus Gründen, über die wir uns in einem späteren Abschnitt ausführlich unterhalten werden, wird durch das Drehen des Ankers innerhalb des Feldes der Stahlmagnete ein Strom in den Ankerwicklungen erzeugt. Praktisch kommt nur der hierdurch in der Primärwicklung hervorgerufene Strom in Betracht. Eine auf der Ankerwelle sitzende und also mitbewegte Vorrichtung bewirkt, daß in Abständen, die von der Umdrehungszahl des Motors abhängig sind, eine Unterbrechung der Primärwicklung geschieht. Jedesmal tritt dann in der Sekundärwicklung ein Hochspannungsstrom auf, und in dem Zylinder, den der Verteiler gerade eingeschaltet hat, springt der Zündfunke über. Die Gesamtanordnung nach Bosch wird durch Tafel VII erläutert.

Wir sehen das aus drei Stahlmagneten gebildete Gewölbe, in dem sich der Doppel-T-Anker mit seinen beiden Wicklungen, der gelb gezeichneten primären und der durch rote Linien dargestellten sekundären Wicklung, befindet. Wenn der Anker sich dreht, entsteht ein Strom in der Primärwicklung, deren Enden am Unterbrecher liegen. Dessen Innenteil, ein beweglicher Winkelhebel und ein festgeschraubtes Kontaktstück, drehen sich mit der Ankerachse. Der Kranz des Unterbrechers steht fest. An diesem befinden sich zwei Wülste, die, sobald sie an dem Winkelhebel vorbeischießen, ihn von dem Gegenkontakt abheben. Bei jeder Umdrehung der Ankerwelle und — da die Übersetzung 1:1 beträgt — auch der Motorwelle, wird die Primärwicklung zwei-

durch, daß das Hervorrufen des Stroms in dem sich drehenden Anker nicht durch Elektromagnete geschieht, die von Ankerströmen gespeist werden, sondern durch stählerne Dauermagnete.

Aus mehreren hufeisenförmigen Stahlmagneten wird ein Gewölbe gebildet, in dessen Fußende der Anker eingesetzt ist. Er hat im Querschnitt ungefähr die Form eines doppelten T mit geboge-

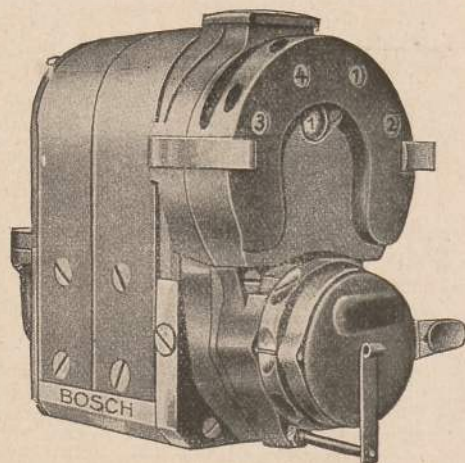
mal unterbrochen. Zweimal bei jeder Umdrehung also wird die Sekundärwicklung in- folge Induktionswirkung von einem Hochspannungs-

strom durchpulst, und wir müssen nun zusehen, wie dieser den Zündeinrichtungen in den einzelnen Zylindern zugeführt wird. Auf unserer Tafel beginnt ge-

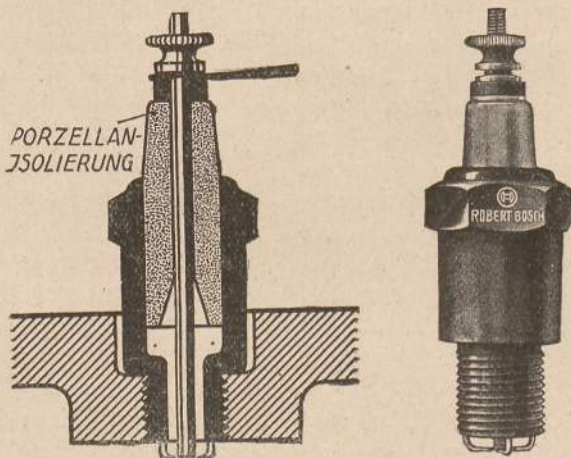
rade in Zylinder 2 der Krafthub. Das eine Ende der Sekundärwicklung auf dem Anker der Zündmaschine ist mit einem Ring verbunden, der auf der Ankerachse isoliert dicht hinter dem Unterbrecher sitzt. Von hier wird der Hochspannungsstrom durch eine Schleifbürste abgenommen, die über die Körperschlußleitung mit dem Eisen des Motorkörpers verbunden ist. In leitender Verbindung mit diesem steht gleichfalls der äußere Teil der Zündkerze in Zylinder 2, wie selbstverständlich auch in allen anderen Zylindern, während der zweite Zündkerzenteil, der im Innern des Zylinders einen kleinen Abstand innehält, isoliert durch den Deckel geführt ist. Von hier aus führt ein Verbindungsdraht zu einer neuen Sondervorrichtung, dem Verteiler.

Dieser hat die Aufgabe, den Zündfunken jedem einzelnen der Zylinder zuzuteilen. Wie wir auf der Tafel sehen, läuft von jeder Zündkerze ein Draht zu je einem der metallenen Kontaktstreifen, die in den ruhenden, also an der Drehbewegung der durchgeführten Achse nicht teilnehmenden, aus Isolierstoff bestehenden Kranz des Verteilers eingesetzt sind. Die zugehörige Achse dreht sich mit der Ankerachse, sie läuft jedoch infolge der Zahnradübersetzung nur halb so schnell um wie diese. Während also die Ankerachse und mit ihr die Motorachse eine Umdrehung ausführt, dreht sich der Verteiler nur um einen Halbkreis.

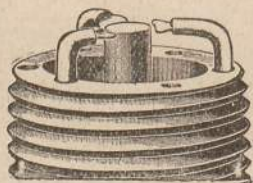
An ihr befindet sich ein Leitungsarm, der an der Innenseite des Verteilerkranzes und damit über die vier Kontaktstreifen gleitet. Der Leitungsarm steht auf unserm Bild gerade so, daß er den Kontaktstreifen, der zu Zylinder 2 gehört, leitend mit der Verteilerachse verbindet. Von deren ganz rechts liegendem Ende wird der Strom wieder durch eine Schleifbürste



151. Zündmaschine von Robert Bosch in Stuttgart



152. Bosch-Zündkerze, Schnitt und Ansicht

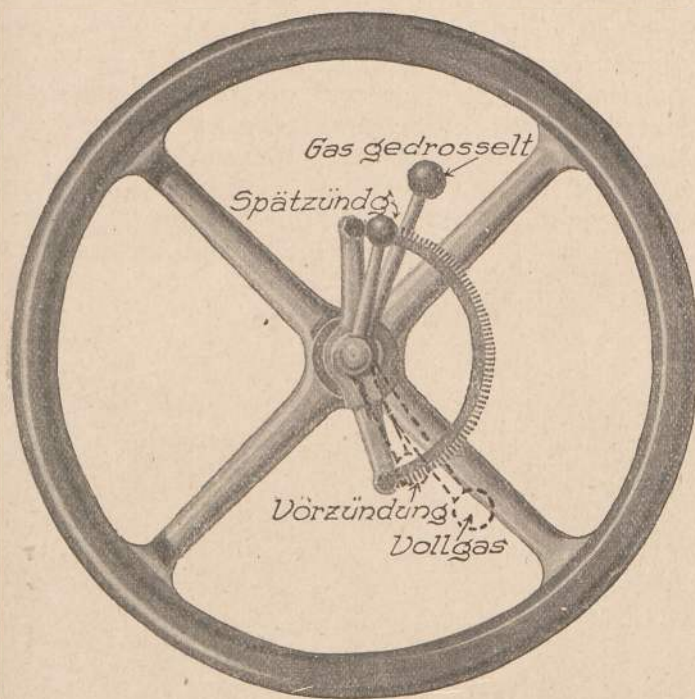


153. Elektroden der Bosch-Zündkerze von der Seite und von unten gesehen



abgenommen und zu einem Ring auf der Ankerachse weitergeführt, der dort wiederum isoliert aufgesetzt ist. Mit diesem Ring ist das zweite Ende der Sekundärwicklung verbunden.

Wir haben also, um noch einmal zusammenzufassen, für den hochgespannten Sekundärstrom im Augenblick die folgende Führung. Vom linken Ende der Sekundärwicklung fließt er über einen isolierten Ring und die darauf liegende Schleifbürste zur Körperschlußleitung; von hier aus über das Eisen des Motors zum äußeren Teil der Zündkerze von Zylinder 2 und mittels des überspringenden Funkens zum inneren Zündkerzteile, der leitend mit dem Kontaktstreifen für Zylinder 2 am Verteiler verbunden ist. Der Strom wird nun unter Benutzung des Leitungsarms in die metallene Ver-

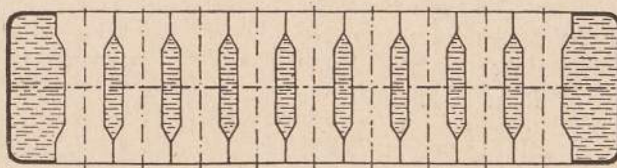


154. Die Stellhebel auf dem Steuerrad

Unter dem Halbkranz, der eine Flachverzahnung (Nastien) zum Festhalten der Griffe in jeder Stellung trägt, der Hebel zum Einstellen der Gasdrossel (Tafel 5, Bilder 2–6), darüber der Hebel zum Einstellen des Zündzeitpunkts (Tafel 6)

teilerachse geleitet und geht durch die doppelendige Schleifbürste rechts zu dem Isolerring auf der Ankerachse über. Von hier aus hat der Strom Gelegenheit, durch die erzeugende Sekundärwicklung selbst zu unserer Ausgangsstelle, dem linken Isolerring auf der Ankerachse zurückzugelangen.

Es ist klar, daß der Zündstrom durch Zylinder 4 gehen wird, wenn der Abnehmer bei Drehung der Verteilerachse im Uhrzeigersinn in Berührung mit dem nächsten Kontaktstreifen gekommen ist. Wir sehen, daß der Verteiler die richtige Zündfolge: erster, zweiter, vierter, dritter Zylinder, bewirkt. Es sind nach Bild 139 für jede volle Umdrehung der Motorachse zwei Zündungen notwendig, und sie werden von der Maschine auch tatsächlich geliefert, da bei jedem vollen Umgang zwei Unterbrechungen der Primärwicklung stattfinden und zwei Übertragungen der gleichzeitig aus der Sekundärwicklung quellenden Hochspannungsflöße sich vollziehen, weil infolge der Übersetzung von 1:2 die Verteilerachse in der gleichen Zeit nur eine halbe Umdrehung macht, der Leitungsarm an ihr also mit nur zwei Kontaktstreifen an dem Verteilerkranz in leitende Berührung kommt.



155. Die Kühlung des Kühlwassers

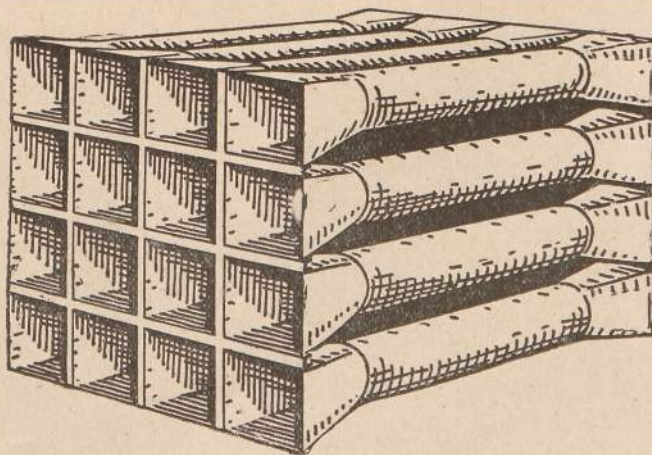
Wagerechter Schnitt durch ein Kühlgefäß. Durch die Röhren mit erweiterten Enden, die zwischen Vorder- und Hinterwand eingesetzt sind, streicht der kühlende Luftstrom

Es ist Bosch auch gelungen, alle Schwierigkeiten zu überwinden, die durch die Führung von Hochspannungsleitungen innerhalb des Wagentriebwerks entstehen. Der Zündvorrichtung selbst gab er die heute so weit verbreitete Form der Boschkerze (Bilder 152 und 153).

Sie wird mittels eines Messing-Gewindes gasdicht in den Zylinderkörper eingesetzt. Ein metallener Mittelstift ist durch eine Porzellanisolierung von dem anderen Teil des Zündkerze-Körpers abgetrennt. An ihn ist die eine der Hochspannungsleitungen gelegt, die andere führt, wie wir wissen, zum Eisen des Motors, also auch zu dem unmittelbar eingeschraubten Teil der Kerze. An diesem sind die drei in eigentümlicher Weise messerartig gebildeten Außenelektroden angebracht. Ihre Form bringt es mit sich, daß der Funke nicht mehr an einem einzelnen Punkt überspringt, sondern sich in Form eines Bandes zwischen den Elektroden ausbreitet. Hierdurch wird die Berührungsfläche zwischen dem Funken und dem Gasgemisch wesentlich vergrößert, die Entzündung erleichtert.

Die Boschkerze verhindert zugleich fast vollständig die Gefahr des Verölsens. Der rasch bewegte Kolben schleudert ja stets Schmieröl, mit dem die Zylinderwandungen ununterbrochen versorgt werden, vor sich her. Ein Öltropfen, der sich in den schmalen Spalt zwischen den Elektroden festsetzt, würde das Auftreten eines zündfähigen Funkens verhindern. Hier sind aber die Elektroden während des Betriebs stets so stark erhitzt, daß angeschleudertes Öl sofort verdampft.

Trotzdem wird die Kerze immer so in den Zylinder eingesetzt, daß sie dem Strom des abgeschleuderten Öls möglichst wenig ausgesetzt ist. Ihr bester Platz ist in der Nähe des Saugventils, damit die Elektroden sicher mit frischem Gemisch in Verbindung kommen und nicht von Resten



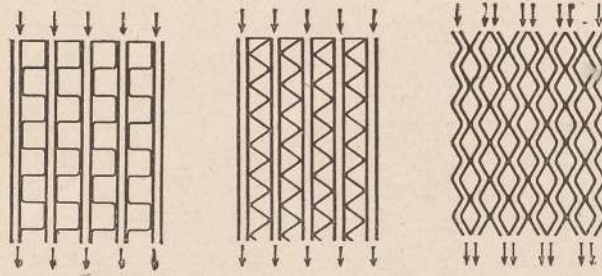
156. Röhrenkühler

in körperlicher Darstellung. Die schwarz gezeichneten Räume zwischen den Röhrenteilchen der Röhren sind von Wasser erfüllt



verbrannter Gase eingehüllt werden können, die von der vorhergehenden Verpuffung übriggeblieben sind.

Die Auswahl des Augenblicks, der für das Überspringen des Zündfunken am günstigsten ist, muß in genauer Rücksicht auf die Kolbenstellung getroffen werden. Aufgabe des Funkens ist es, möglichst die ganze Verpuffungskraft des entzündeten Gemisches für den Vortrieb des Kolbens nutzbar zu machen. Auf den ersten Blick scheint es, daß Zündung im Augenblick der oberen Totlage, wenn der Kolben also gerade den Arbeitshub beginnen will, am günstigsten ist. Bei dieser Annahme zieht man jedoch nicht in Betracht, daß die Entflammung des ganzen Gemisches eine gewisse Zeit in Anspruch nimmt. Selbstverständlich handelt es sich hier nur um den sehr kleinen Bruchteil einer Sekunde. Da aber auch die Kolbenbewegung äußerst rasch vor sich geht, so wird ein Gemisch, das bei Totpunktlage des Kolbens entzündet wird, seine volle Kraft erst äußern, wenn der Kolben



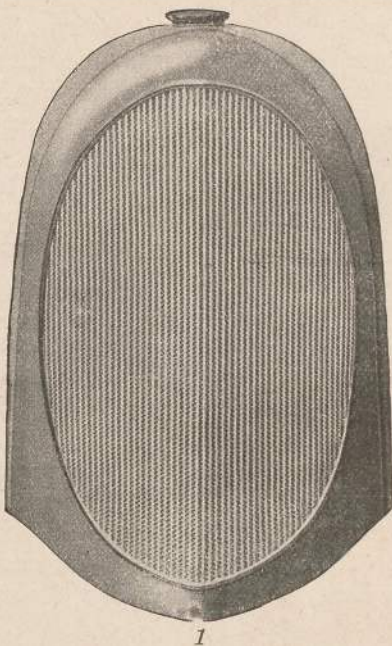
157. Lamellen-Kühler

Durch die senkrechten, glatt oder gezackt (rechts) ausgebildeten Schmalräume fließt das Wasser. In den Lüftungsräumen links und in der Mitte Stützbleche

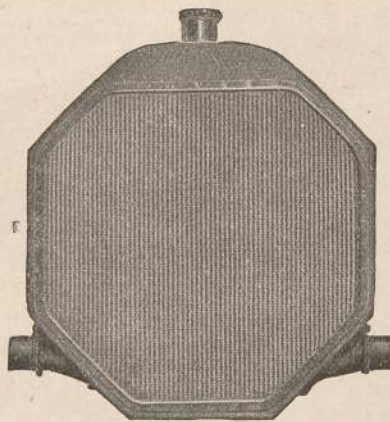
bereits einen Teil des Arbeitshubs zurückgelegt hat. Gute Ausnutzung des Brennstoffes fordert also die Anwendung der Vorzündung, d. h. Auftreten des Zündfunken vor der Totpunktlage des Kolbens während des letzten Abschnitts des Verdichtungshubs.

So wird denn die Zündung beim laufenden Wagen auch stets eingestellt. Während des Anlassens aber und bei lang-

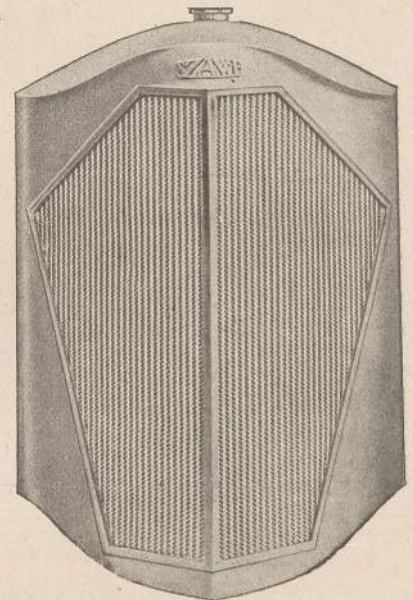
samem Leerlauf des Motors ist sie unerwünscht. Geht der Kolben nur mit geringer Schnelligkeit im Zylinder hin und her, dann muß Vorzündung, also ein Stoß während des Aufwärtsganges, bremsend wirken, denn die ganze Durchflammung des Gemisches tritt nun früher ein, als der Kolben imstande ist, die Kurbelwelle im richtigen Drehsinn weiterzutreiben. Rückschläge können die Folge sein, und diese Gefahr besteht ganz besonders während des Umdrehens durch die Kurbel. Der während dieses Vorgangs schleichend emporsteigende Kolben würde durch Zündung vor dem Totpunkt immer zurückgeschlagen wer-



1

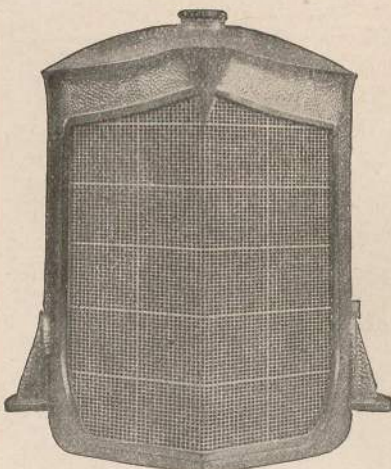


2

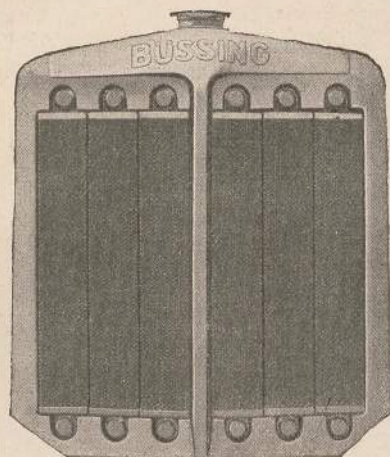


3

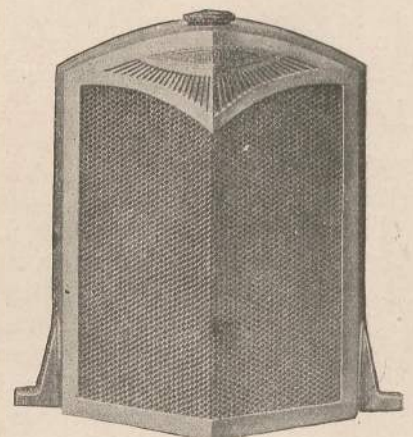
1. NAG-Kühler
2. Daimler-Flach-Kühler
3. Szwed-Kühler
4. Daimler-(Mercedes)-Kühler
5. Büffing-Lastwagen-Kühler
6. Protos-Kühler



4



5



6

158. Kühlerformen



den, wodurch der Arm des Andrehenden leicht verletzt werden könnte. So sorgt man denn dafür, daß beim Anlassen und während des Leerlaufes an Stelle der Vorzündung die Spätzündung tritt, d. h. man läßt den Funken in diesen Fällen erst wirklich bei Totpunktlage des Kolbens einsetzen.

Der Wechsel des Zündzeitpunktes erfordert mechanische Vorkehrungen für seine Einstellung. Die Verstellung wird durch Verschieben des Verteilerkranzes bewirkt, auf dem der Leitungsarm läuft, so daß dieser Arm die Zuführung des Zündstromes zu den Zylindern bald früher, bald später erwirkt. Der Fahrer hat auf seinem Lenkrad über dem Drehhebel für die Gasdrossel einen zweiten Hebel (Bild 154), durch den die Verstellung des Zündzeitpunktes bewirkt wird. Das Ende des von ihm ausgehenden Gestänges bildet der am Verteilerkranz angreifende Stellhebel, der auf Tafel 6 zu sehen ist.

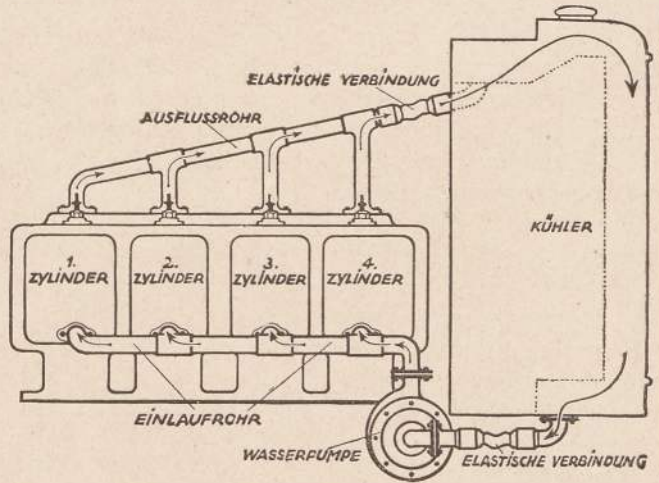
Während des Anlassens stellt der Fahrer den Zündhebel auf Spätzündung, ebenso während des Leerlaufes. Je weiter er dann beim Fahren auf Vorzündung hinübergeht, um so geschwinder wird der Wagen laufen, da das verpuffende Gemisch Gelegenheit zu immer günstigerer Kraftäußerung auf die Kolben findet. Es gibt auch Einrichtungen, die eine selbsttätige Verstellung des Zündaugenblickes entsprechend der durch die Gasdrossel geregelten Umdrehungszahl des Motors bewirken.

In der Welt der Technik geht es ebenso zu wie in der übrigen Welt: nicht alle Blütenträume reifen. Trotz ihrer vielen guten Eigenschaften hat die Magnetzündung doch auch eine recht unangenehme Schwäche. Während der Motor läuft, versagt sie kaum jemals. Sie ist jedoch nicht imstande, die Maschine aus der Ruhe in Tätigkeit zu bringen. Solange die Kurbelwelle stillsteht, bewegt sich auch der Magnetanker nicht, und es entsteht kein Zündstrom. Soll der Motor mit der Kurbel angeworfen werden, so muß man ihn erst auf eine ziemlich erhebliche Umdrehungszahl bringen, bis die Magnet-Maschine so geschwind läuft, daß kräftige Zündfunken entstehen. Wenn die Maschine lange stillgestanden hat, insbesondere während der kalten Jahreszeit, ist hierfür oft die Anwendung großer Kraft nötig. Es entstand daher für die Kraftfahrer eine große Erleichterung, als eine besondere motorische Anlaßvorrichtung erfunden wurde, die jede Kurbelarbeit unnötig macht. Sie ist heute an allen Personenkraftwagen in Privatbesitz angebracht. Wir werden über den Anlaßmotor später sprechen.

\*

Der Vergaser ist die Lunge des Motors, denn er versorgt dessen Körper mit der für sein Leben notwendigen gasförmigen Nahrung. Die Zündung ist in ihrer Wirkung mit dem Zentralnervensystem zu vergleichen, denn sie gibt immer wieder den Anstoß zur Auslösung der schlummernden Bewegungskräfte. Auch der nun zu besprechende Teil des Motors, die Kühlvorrichtung, kann in diesen anatomischen Betrachtungskreis einbezogen werden. Sie hat die gleiche Aufgabe wie der Schweißabsonderungs-Apparat im menschlichen Körper.

Die sehr wichtige und sinnreiche Nutztätigkeit des Schweißes ist bei Nichtmedizinern wenig bekannt. Wie dem Fieber sucht man auch ihr entgegenzuwirken, während doch die gesteigerte Körperwärme ein Kennzeichen dafür ist, daß die weißen Blutkörperchen den Kampf gegen die Krankheits-



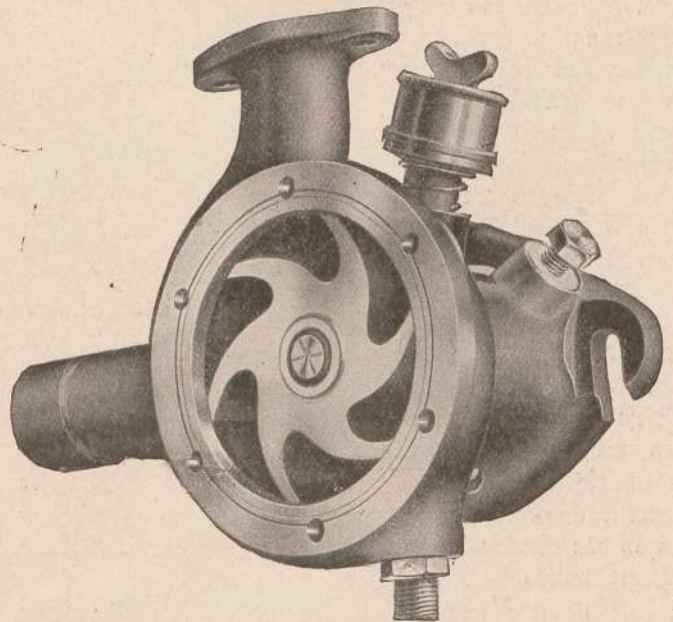
159. Die Kühlung

Umlauf des Wassers in einer Kühleinrichtung mit Pumpe

erreger aufgenommen haben und der Schweiß eine durch nichts zu ersetzende Abkühlung des Körpers verursacht. Wenn die Erhitzung einen gewissen Grad überschreitet, tritt aus Poren der Haut Feuchtigkeit aus, die den Körper in dünner Schicht bedeckt; durch die Wärme, die sie bei der Verdampfung verbraucht, entzieht sie ihm sehr viel davon. Die Körpertemperatur wird hierdurch hinabgesetzt, was die Gesunderhaltung bedeutend fördert.

Daß die Kühlvorrichtung am Motor die gleiche Aufgabe hat, sagt schon der Name. Wir wissen, daß bei der Verpuffung des Gemisches sehr hohe Wärmegrade auftreten. Sie wirken auf Kolben und Zylinderwände ein. Diese können nur dann lange Zeit hindurch glatt aufeinander reiben, wenn die Hitze des Zylinderinneren durch Hinwegführung ständig gemindert wird. Andernfalls würden die Motorteile festbrennen. Es ergibt sich also aus mechanischen Gründen die Notwendigkeit, die Außenwände der Zylinder so kühl wie möglich zu halten.

Vom Standpunkt des Wärmehaushalts am Motor betrachtet, ist das freilich ein schlimmer Zwang. Er führt zu ungeheuren Energieverlusten. Was den Motor bewegt,



160. Schleuderradpumpe

für einen Kraftwagenführer. Benz & Cie. in Mannheim



ist Wärme. Die im Gemisch schlummernde Wärmekraft wird durch den Zündfunken ausgelöst, und sie treibt die Kolben. An sich müßte man daher die Zylinder sogar mit einem Schutzmantel umgeben, der selbst den Verlust durch Wärmestrahlung möglichst gering hielte. So geschieht es bei der Dampfmaschine. Statt dessen werden die Zylinder des Kraftwagenmotors gekühlt, und die Folge ist, daß kaum ein Drittel der im verpuffenden Gemisch wirklich vorhandenen Wärmeenergie ausgenutzt werden kann. Zwei Drittel gehen verloren, ein Teil davon auch durch den Auspuff, in den die Gase ja mit ziemlich bedeutender Spannung eintreten.

Die für die Mechanik des Motors schädliche allzu hohe Hitze suchte man zuerst durch möglichst starke Bespülung der äußeren Zylinderwandungen mit Luft zu mindern. Es ergab sich die Notwendigkeit, die Kühlfläche zu vergrößern, was durch Angießen von Rippen an die Zylinder geschah. Leider aber ist Luft so dünn, daß sie doch nicht genügend Wärme abzuführen vermag. Die luftgekühlten Rippenzylinder gibt es daher heute nur noch bei ganz kleinen Maschinen, wie sie insbesondere bei den Motorrädern verwendet werden.

Die Maschine des Kraftwagens wurde bedeutend verwickelter, als man unter dem Zwang der Umstände dazu überging, die Wasserkühlung einzuführen. Wasser ist 800 mal dichter als Luft und daher zur Wärmeabführung geeigneter. Es ist jedoch bei seiner Verwendung stets notwendig, das Kühlmittel auf dem Wagen mitzuführen, während die Luft in jedem Augenblick neu aufgegriffen werden kann. Wie wir schon bei der kleinen Betrachtung über den Nutzen der Schweißabsonderung gehört haben, reißt das Wasser besonders viel Wärme an sich, wenn es aus dem flüssigen Zustand in den dampfförmigen übergeht. Die ersten Kühler waren dementsprechend Verdampfungskühler. Aus einem hoch angebrachten Gefäß lief Wasser ständig in den Hohlraum, der auch heute noch durch die Zylinderwandungen und die äußere Begrenzung des Wassermantels gebildet wird. Hier wurde es so stark erhitzt, daß es verdampfte.

Diese Anordnung hatte viele Nachteile. Man mußte immer wieder, wenn der Wagen einige Kilometer gefahren war, das Kühlwasser erneuern, und die Beimengungen schlugen sich als Kesselstein an den Wandungen nieder, so daß die Wärmeabführung erschwert wurde.

Heute ist nur noch die Umlaufkühlung im Gebrauch; bei ihr wird lange Zeit hindurch dasselbe Wasser verwendet. Es erhitzt sich an den Zylinderwänden, jedoch längst nicht

bis zur Verdampfung, da jedes einzelne Teilchen stets geschwind vorwärts und hinweggeschoben wird. Darauf fließt das Wasser dem eigentlichen Kühler zu, in dem es in außerordentlich breiter Fläche und bei langsamer Fließgeschwindigkeit mit luftbespülten dünnen Rohrwandungen in Berührung kommt, so daß es Zeit hat, einen großen Teil

seiner Wärme abzugeben. Nachdem dies geschehen ist, strömt das gekühlte Wasser wieder in den Mantelraum hinein, der sich um die Zylinder breitet. Selbstverständlich verringert sich auch bei dieser Anordnung der Wasservorrat allmählich, da Verdampfung nicht vollständig auszuschließen ist. Erneuerung ist jedoch nur in sehr großen Abständen und nicht häufiger als die Brennstoffergänzung notwendig.

Der Kühler, trotz seines Namens seltsamerweise mit der heißeste Teil am Motor, hat also die Aufgabe, das durch sein Inneres fließende Wasser möglichst gründlich mit der Außenluft in Berührung zu

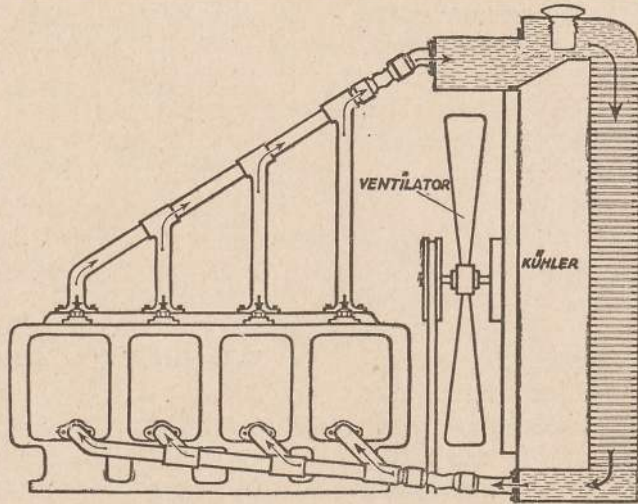
bringen, die während des Fahrens in mächtigem Strom über seine Außenwände zieht. Diese Aufgabe wird am besten durch die Vielrohrkühler erfüllt.

Eine solche Vorrichtung ist zunächst ein rundes oder eckiges plattes Gefäß, ein Wasserraum also, der vorn und hinten von einer senkrechten Wand abgeschlossen wird. In dieses Gefäß sind nun sehr zahlreiche, wagerecht liegende Röhrchen eingesetzt, die vorn und hinten offen stehen, also ebenso viele Luftdurchlässe bilden. Die Röhrchen sind in der Nähe der vorderen und der hinteren Abschlußwand erweitert, so daß die Mündungen an einander stoßen. In der Mitte aber bleiben Zwischenräume bestehen, durch die das Wasser in dünnen, leicht kühlbaren Schichten von oben nach unten rieselt (Bilder 155 und 156).

Eine einfachere Bauart ergibt sich, wenn man den Hohlraum durch senkrechte, von vorn nach hinten durchgehende Wände zerteilt, die abwechselnd einen geringen und einen größeren Abstand von einander haben (Bild 157). Durch die so entstehenden, mit Vorder- und Hinterwänden abgeschlossenen Schmalräume fließt das Wasser, die breiteren Zwischenräume, die hinten und vorn offen sind, werden von der Luft durchströmt. Damit die einzelnen Wasserkammern solcher Lamellenkühler ausreichende Befestigung erhalten, werden

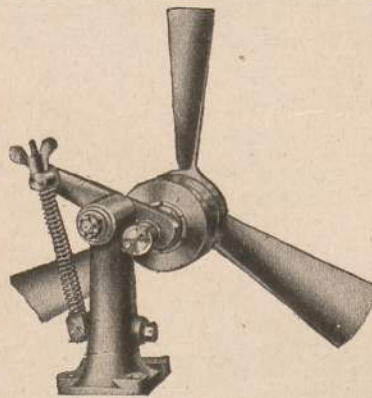
in die Lufträume dünne Stützbleche gesetzt, die, in rechtwinkligen oder schrägen Windungen hin- und hergehend, die Kammerwände gegeneinander versteifen. Macht man die Kammern selbst zickzackförmig, so stützen sie einander ohne Zwischenlagen, wie die letzte Längsdarstellung auf Bild 157 zeigt.

Die vordere Abschlußwand des Kühlers ist heute meist nicht mehr eine Platte, sondern sie wird wie ein Keil geformt, weil



161. Selbstlauf-Kühlung

Das Wasser kreist ohne Anwendung einer Pumpe durch die verschiedene Schwere der heißen und der kühleren Wassersäulen



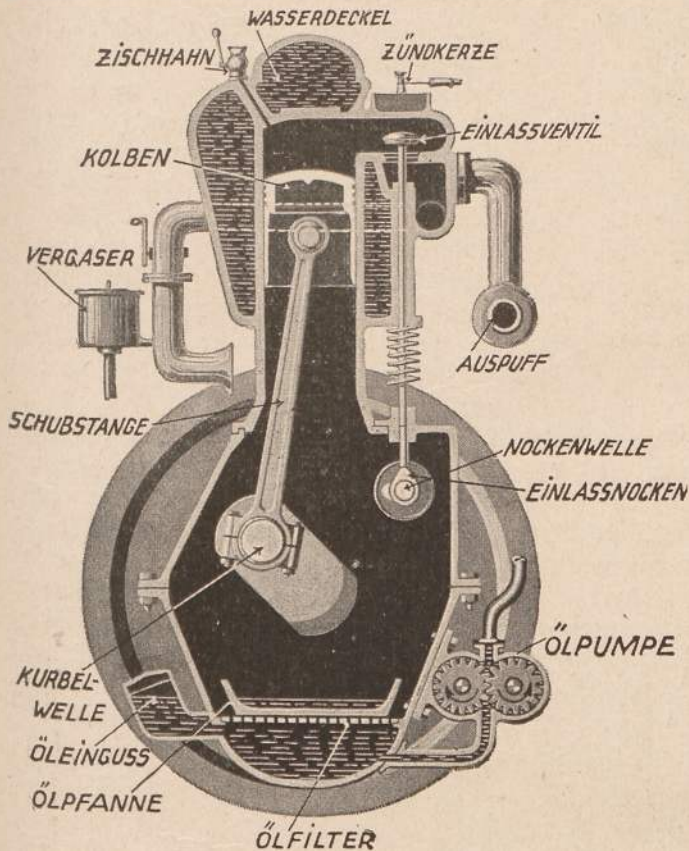
162. Ventilator an nachstellbarem Tragarm

Durch Niederdrücken der Flügelsschraube wird der Antriebsriemen gespannt.  
Benz & Cie. in Mannheim



sie so einen vorzüglichen Abschluß des pfeilförmigen Wagens bildet. Jede Fabrik wählt gern eine eigenartige Umrahmung für den Kühler, weil der vorderste Teil des Wagens besonders ins Auge fällt und seine Linienführung deshalb eine auffallende Charakteristik bildet.

Infolge der gefährdeten Lage sind Verletzungen an den Kühlern nicht selten. Der geringste Riß erfordert bei der üblichen Bauart eine Auswechslung des ganzen Geräts, weil das Wasser sofort ausrinnt. Deshalb werden neuerdings, meist bei Lastwagen, Kühler eingebaut, bei denen die Röhren in getrennten Abteilungen zusammengefaßt sind (Bild 158, 5).

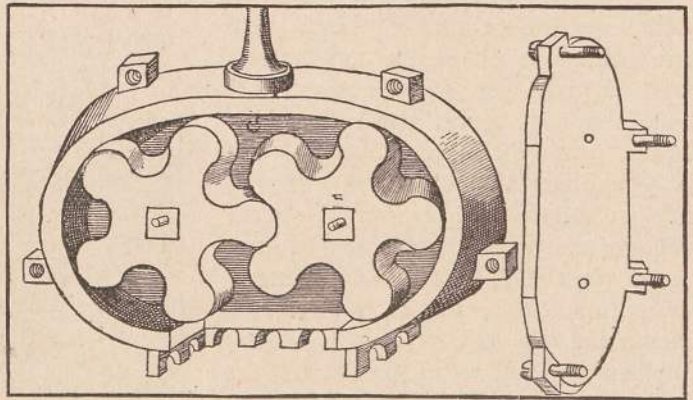


163. Querschnitt durch einen Kraftwagenmotor

Jeder einzelne dieser Teile kann abgeschraubt und durch einen andern vorrätig gehaltenen ersetzt werden, so daß der Wagen nach einer Beschädigung rasch wieder betriebsfähig wird.

Das Wasser, das im Kühler den größten Teil seiner Wärme abgegeben hat, läuft aus dessen unterem Teil durch ein Rohr in den Zylindermantel hinein. Aus diesem steigt es zu einer Rohrleitung auf, die über die Zylinder hinwegführt und an den oberen Teil des Kühlers angeschlossen ist. Wegen der Erzitterungen, die der Motor ständig erleidet, müssen die Anschlüsse an den Kühler durch biegsame Schläuche hergestellt werden. Der Umlauf wird häufig durch eine kleine Pumpe bewirkt, die in das untere Rohr eingeschaltet ist und vom Motor angetrieben wird (Bild 159).

Die Kraftwagenpumpen pflegen das Wasser nicht durch Kolben vorwärts zu schieben, sondern besitzen andere Treib- anordnungen, die einen gedrängteren Bau gestatten. Am weitesten verbreitet sind die Schleuderpumpen, in deren zylindrischem Hohlraum sich ein mit Armen versehenes Rad von der in Bild 160 dargestellten Form befindet. Das Wasser strömt vom Kühler her in Richtung der Achse ein und

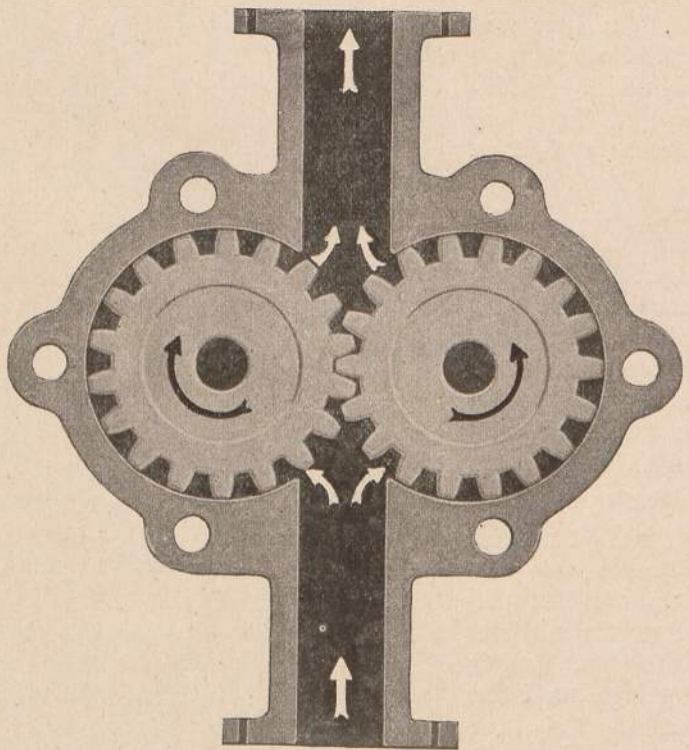


164. Eine Zahnrادpumpe aus älterer Zeit  
Aus „Cabinet de Servière“, Lyon, 1719

wird von dem sich drehenden Rad gegen die Wandung geschleudert. An einer Stelle befindet sich ein Auslaß, der zugleich den Ansaß des zum Zylindermantel führenden Rohres bildet; durch diesen Auslaß verläßt das Wasser infolge der ihm innewohnenden Fliehkraft das Pumpengehäuse.

In den Kühlbahnen des Motors ist ständig Wasser von sehr verschiedenen Wärmegraden anzutreffen. Da nun kaltes Wasser schwerer ist als warmes, so befindet sich die gesamte Flüssigkeit schon von selbst in einer unausgeglichene Lage, die einen Umlauf auch ohne Pumpeinwirkung herbeizuführen vermag. In der Tat werden heute die Maschinen immer häufiger mit Selbstlaufkühlung gebaut; in unnötiger Fremdwörterlei wird sie Thermosyphon-Einrichtung genannt (thermos = warm, syphon = Sauge- oder Heberrohr).

Notwendig für das Eintreten des Selbstlaufes ist nur, daß der Kühler nicht zu tief angebracht wird. Bild 161 zeigt die Gesamtanordnung. Aus dem Zylindermantel strömt



165. Zahnrad=Ölpumpe

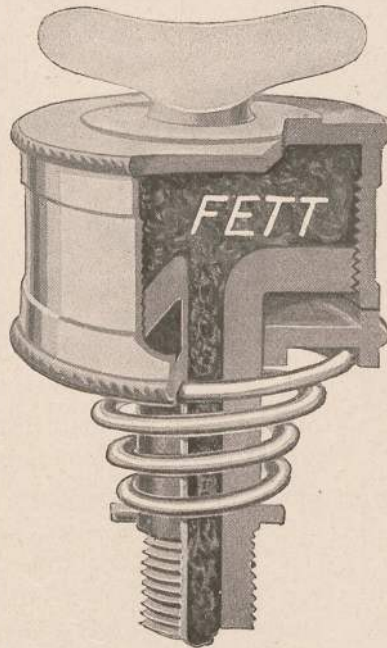
Die Zahnräder drehen sich in der Richtung der schwarzen Pfeile.  
Daß von unten eintretende Öl wird in Richtung der weißen Pfeile  
mitgenommen



heißes, also leichtes Wasser, ständig nach oben. Nachdem es in den Kühler gelangt ist, wird es schwerer und sinkt hinab, um, von neuem erwärmt, wieder Auftrieb zu erhalten. Es ergibt sich ein selbsttätiger Umlauf, da die Wassersäule im Kühler stets schwerer ist als die Wassersäule, von welcher der Zylindermantel einen Teil bildet. Die Warmwasser-Sammelheizungen in den Häusern arbeiten sämtlich auf die gleiche Art mit Selbstlauf. Es ist wahrscheinlich, daß die Wasserpumpe am Motor allmählich ganz verschwinden wird.

Um die Luftmasse, die den Kühler während des Fahrens durchströmt, noch zu vergrößern, bringt man hinter ihm einen Ventilator an, der mittels Riemens von der Kurbel- oder Nockenwelle angetrieben wird. Damit der Riemen, auch wenn er sich durch den Betrieb etwas gereckt hat, stets mit Sicherheit durchzieht, ist die Achse des Ventilators oft in einen drehbaren Arm eingelassen, so daß mittels einer Schraube der Abstand von der Treibachse bei Bedarf vergrößert werden kann (Bild 162). Der zwei- oder dreiflügelige Ventilator saugt die Luft durch den Kühler und treibt sie zu den Zylindern. Die Haube, die den Motor bedeckt, muß bei dieser Anordnung Auslässe haben, damit keine Stauung der Luft im Innern der Haube stattfindet. Eine möglichst dichtschließende Motorabdeckung dagegen ist notwendig, wenn das Schwungrad, das ja hinter den Zylindern sitzt, gleichfalls mit Ventilatorflügeln ausgerüstet ist. In diesem Fall saugt das Schwungrad Luft an, und diese tritt erst unter dem Wagenkasten aus. Bei einer solchen Anordnung kann man auch dann noch ohne allzu starke Minderung der Kühlwirkung fahren, wenn der Ventilatorriemen gerissen und verloren gegangen ist.

Im Winter ist die Kühlvorrichtung ein Motorteil, der besondere Aufmerksamkeit erheischt. Es muß unbedingt verhindert werden, daß das Wasser einfriert, weil es sich im Augenblick der Eisbildung ja bekanntlich ausdehnt, so daß die



166. Staufferbüchse

Durch Niederdrehen der Kapsel wird Fett an die Schmierstelle gedrückt

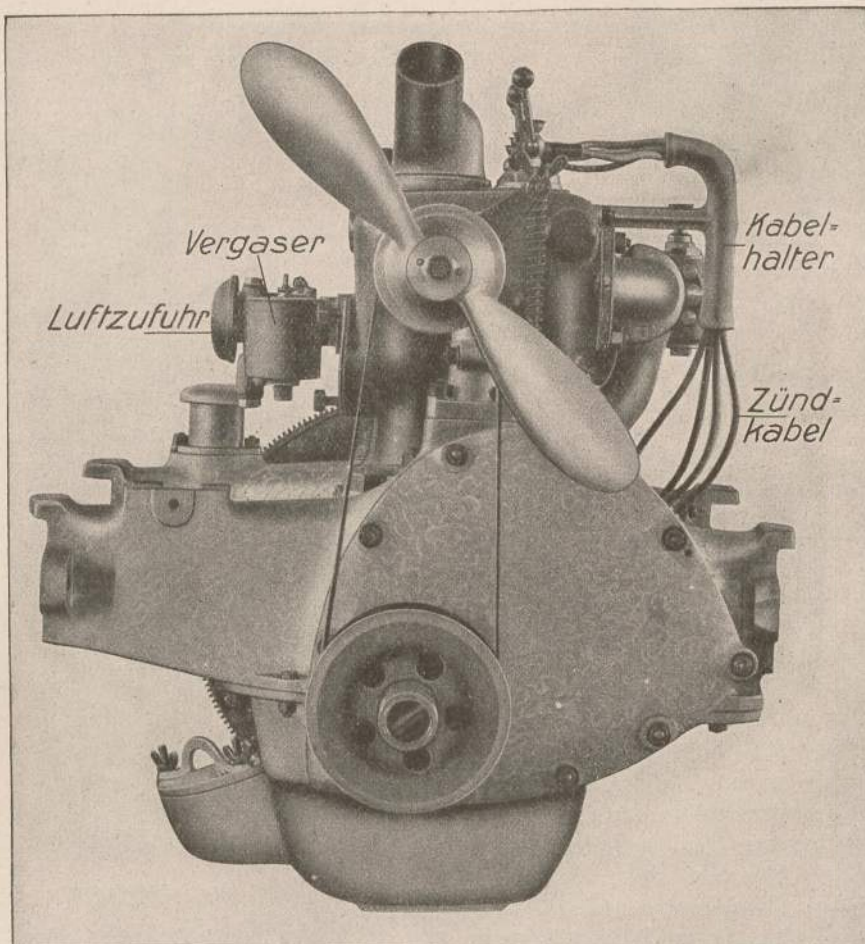
feinen Röhrchen leicht gesprengt werden können. Während der kalten Jahreszeit soll man bei Stillstand des Wagens im Freien den Motor langsam weiterlaufen lassen. Den Ventilatorriemen pflegt man abzunehmen, da ohnedies eine genügende Kühlwirkung der Luft eintritt. Oft wird der untere Teil des Kühlers ständig abgedeckt gehalten. Sorgsame Fahrer breiten während der Wartezeit eine warme Decke über den vorderen Haubenteil aus.

Das Zusetzen von Glycerin oder Kalziumchlorid zum Wasser, wodurch der Gefrierpunkt der Mischung auf  $-8$  bis  $-20$  Grad hinuntergesetzt wird, ist nicht sehr empfehlenswert, da sich dann leicht Ablagerungen in den Röhrchen bilden, die den Umlauf behindern. Muß der Wagen während einer Frostnacht in einen kalten Unterkunftsraum gestellt werden, dann tut man am besten, das Wasser durch einen hierfür vorgesehenen Hahn gänzlich abzulassen.

Eine geregelte Arbeit des Motors ist nur dann möglich, wenn alle laufenden Teile ordentlich geschmiert werden. In den Zylindern und in den Lagern bewegt sich Metall auf Metall. Würde die Berührung unmittelbar stattfinden, so entstünde an den Reibstellen rasch eine so große

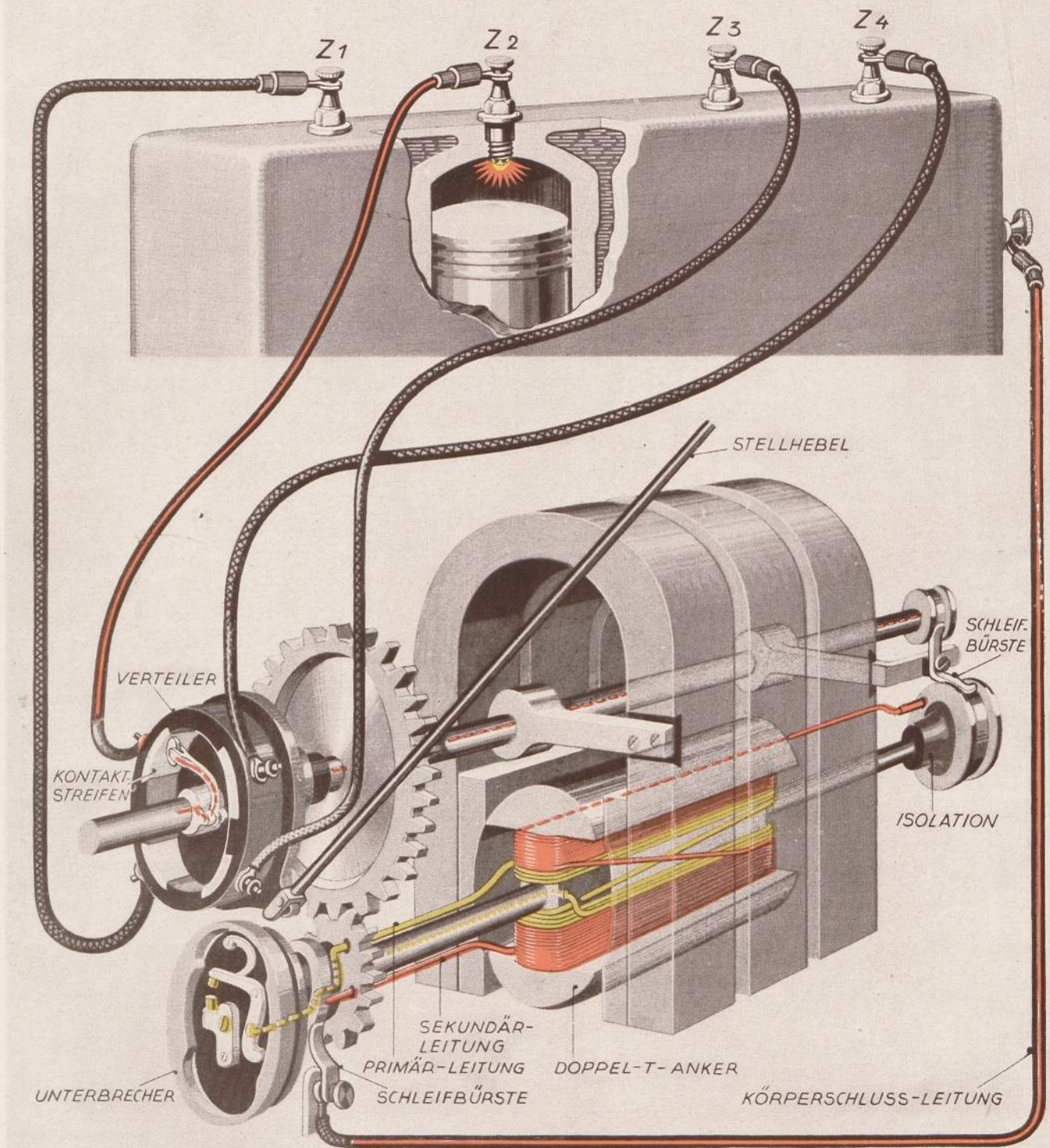
Hitze, daß wiederum die Teile aufeinander festbrennen würden. Man schiebt daher eine kühlende Trennwand in Form einer äußerst dünnen Olschicht dazwischen. Es ist jedoch keine ruhende, sondern eine unausgesetzt sich erneuernde Wand. Trotz ihrer äußerst geringen Stärke, die von einem Papierblatt um das Tausendfache übertroffen wird, muß sie sehr widerstandsfähig sein; dort, wo die Wand sich schützend zwischen Kolbenringe und Zylinderwand legt, wird sogar Feuerfestigkeit von ihr gefordert. Der Kraftwagenmotor verlangt ein Schmieröl, das sich selbst bei sehr starker Hitze nicht entzündet.

Gleich dem kühlenden Wasser läuft auch das auf seine



167. Vorderansicht eines Vier-Zylinder-Motors

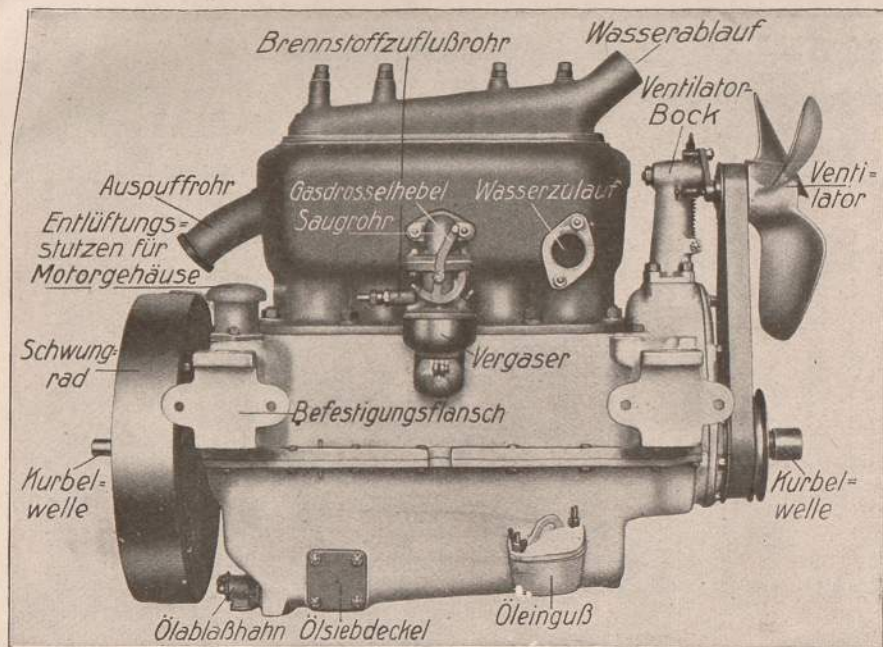




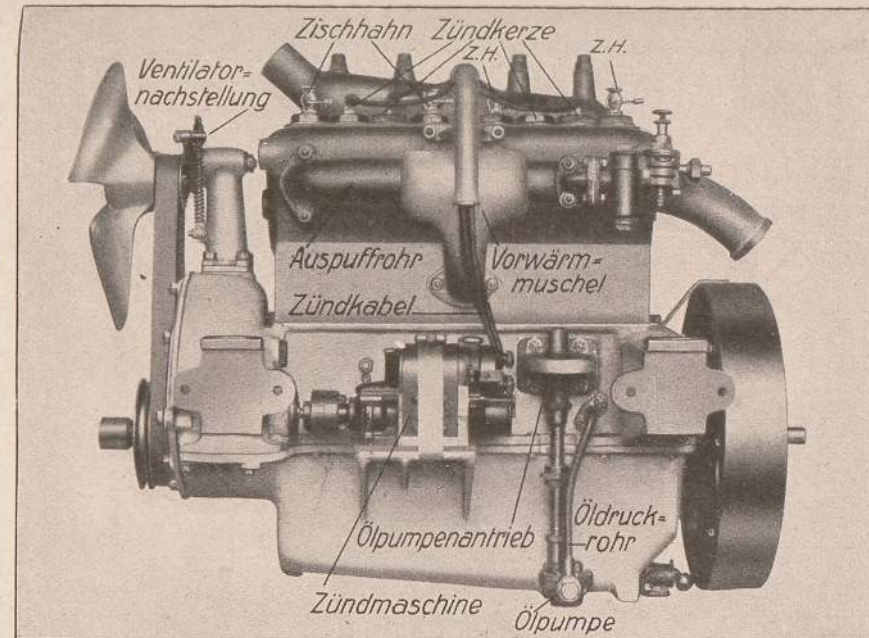
### Bosch-Zündmaschine für Kraftwagen

Die Welle des Doppel-T-Ankers wird mittels eines hier nicht gezeichneten Zahnrads von der Kurbelwelle angetrieben. Durch die Drehung des Ankers zwischen den Schenkeln dreier Stahlmagnete wird in der Primärwicklung (gelb gezeichnet) ein Strom erzeugt. Jedes Mal, wenn die Kontakte des Unterbrechers sich von einander entfernen, tritt in der Sekundärwicklung auf dem Anker (rot gezeichnet) ein Stromstoß auf, und es entsteht je nach der Stellung, die der Arm des Verteilers einnimmt, ein Zündfunke an einer der Zündkerzen  $Z_1$ — $Z_4$  in den Zylindern. Alle im dargestellten Augenblick vom Strom durchflossenen Leitungen sind rot gezeichnet. Der Stellhebel dient zur Einstellung des Zündzeitpunkts. (Zu Seite 89.)

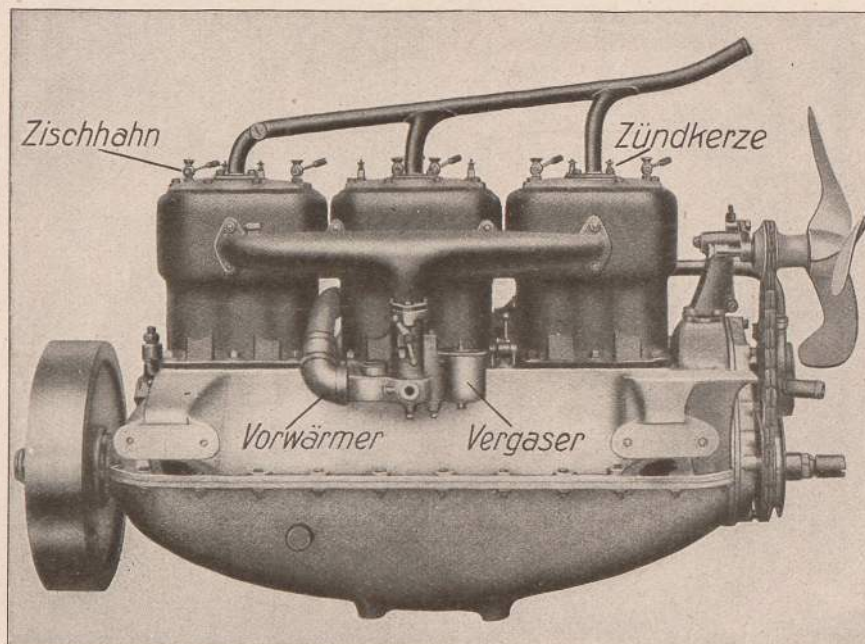




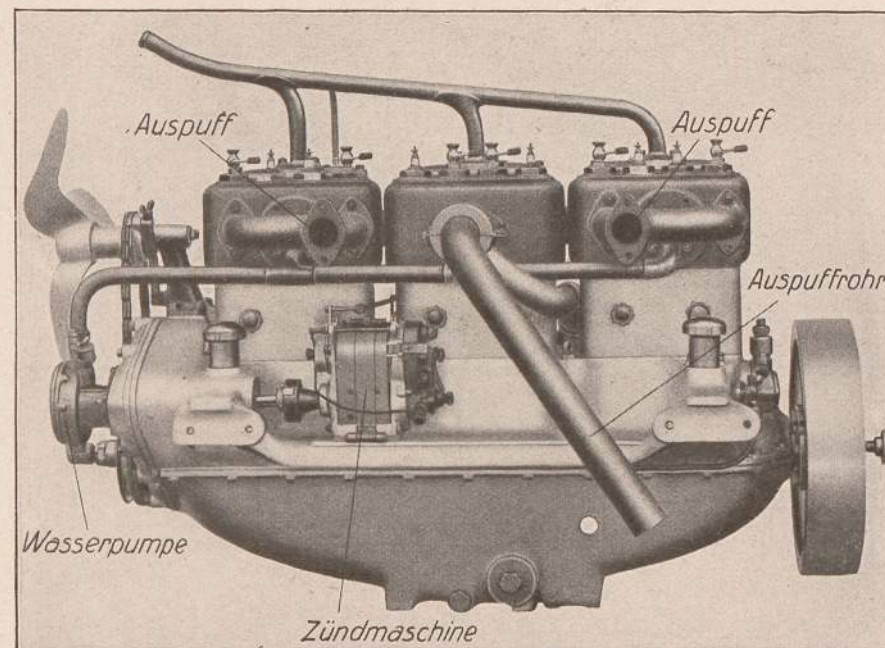
168. Seitenansicht eines Bier-Zylinder-Motors, Vergaserseite (NAG)



169. Seitenansicht eines Vier-Zylinder-Motors, Auspuffseite (NAG)



170. Seitenansicht eines Sechszylinder-Motors, Vergaserseite (Benz & Cie.)



171. Seitenansicht eines Sechszylinder-Motors, Auspuffseite (Benz & Cie.)

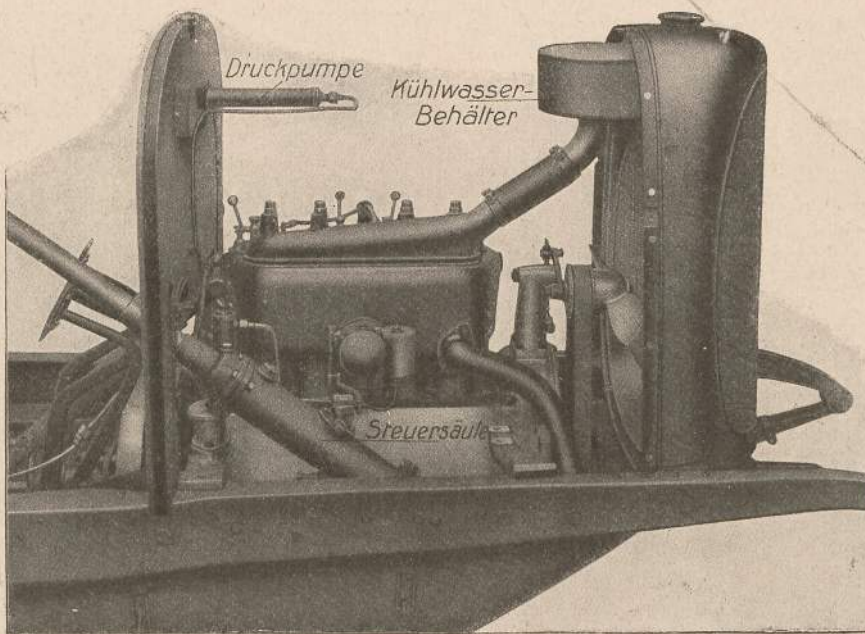


Art kühlende Öl in einem Kreislauf um. Der muldenförmig gestaltete Unterteil des Kurbelgehäuses (Bild 163) ist der große Behälter, aus dem alles hinausgeht und in den alles wieder zurückkehrt. Früher pflegte man das Öl durch eine Handpumpe oder durch die Auspuffgase unter Druck zu setzen und so seinen Umlauf zu bewirken. Hiervon ist man jedoch abgekommen, da Schmiorrichtungen solcher Art stets die gleiche Ölmenge fördern, mit welcher Geschwindigkeit der Motor auch arbeiten möge. Bei

größerer Drehzahl muß aber notwendigerweise eine ausgiebigere Schmierung stattfinden als bei langsamem Lauf. Das Zuwenig ist schädlich, aber auch das Zuviel hat unangenehme Folgen. Bei überschmierten Zylindern gelangt Öl in den Verbrennungsraum, wo es verkohlt und die äußerst übelriechenden Dunstwolken erzeugt, die leider hier und da immer noch den Auspuffrohren entströmen. Eine gute und selbsttätige Regelung des Schmiergrades findet statt bei Anwendung einer Pumpe, die vom Motor selbst getrieben wird und daher mit ihm langsamer oder geschwinder läuft. Sie drückt das Öl durch dünne Röhrchen zu den einzelnen Schmierstellen am Motor.

Sehr geistreich erfunden ist die Öl-Fördervorrichtung in Form der Zahnradpumpe. Sie vereint Zuverlässigkeit der Wirkung mit großer Einfachheit des Baus. Zwei breite Zahnräder drehen sich so miteinander, wie die schwarzen Pfeile auf Bild 165 es andeuten. Das Öl tritt von unten ein und wird von jedem der zwischen den Zähnen befindlichen Hohlräume nach rechts und links mitgenommen. Auf diese Weise bildet sich oben eine Ölanhäufung aus, so daß die Flüssigkeit in das aufsteigende Rohr hinein muß; die Stelle, an dem die Räder miteinander kämmen, nimmt nur ganz wenig Öl mit zurück.

Man sollte meinen, daß dieses hübsche Gerät eine neuzeitliche Schöpfung sein müsse. Bild 164, das einem alten französischen Werk entnommen ist, zeigt uns aber, daß es Pumpen solcher Art bereits im ersten Viertel des 18. Jahrhunderts gegeben hat.



172. Motor in den Wagen eingebaut  
NAG

Die Schmierung der Lager von Kurbelwelle und Schubstangenköpfen kann erfolgen, indem man die Kurbeln beim Durchgang durch den tiefsten Stand in eine besondere Pfanne tauchen läßt. Alsdann stäubt das Öl infolge der sehr geschwindigen Bewegung der Kurbeln im ganzen Motorgehäuse umher und schmiert auch die Zylinderwandungen, auf denen die Kolben gleiten. Man zieht es aber heute meist vor, die sehr hoch beanspruchten Reibstellen in den Lagern der Kurbelwelle durch Ölzuleitung von der

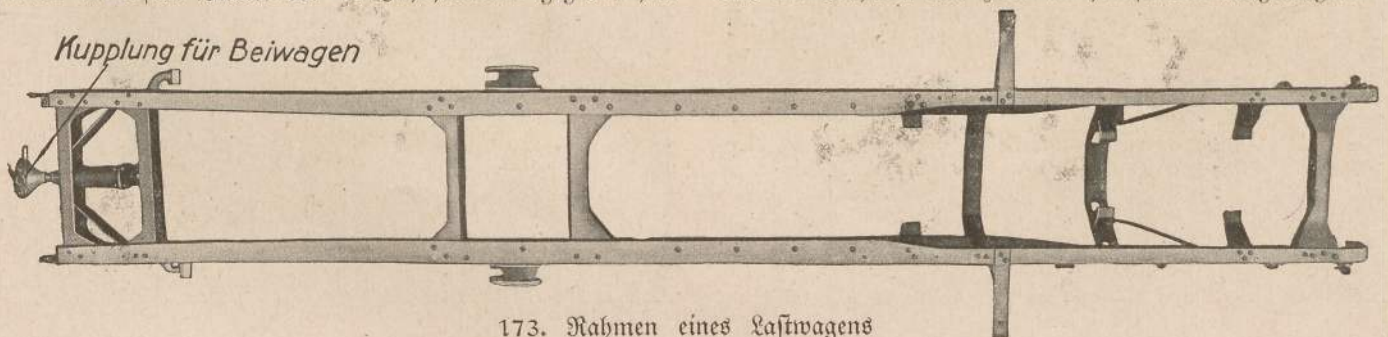
Pumpe her mittels Bohrungen in der Welle und den Kurbelteilen versorgen zu lassen.

Die aufeinander reibenden Teile des Getriebes werden aus einzelnen aufgesetzten Ölbehältern geschmiert, oder man versorgt sie mit dickflüssigem Fett, das in sogenannten Staufferbüchsen gespeichert ist. Diese sind durch Deckel verschlossen, die mittels Gewindes niedergedreht werden können. In bestimmten Zeitabständen müssen an jeder Staufferbüchse einige Drehungen gemacht werden, damit wieder neues Fett an die Schmierstelle tritt.

\*

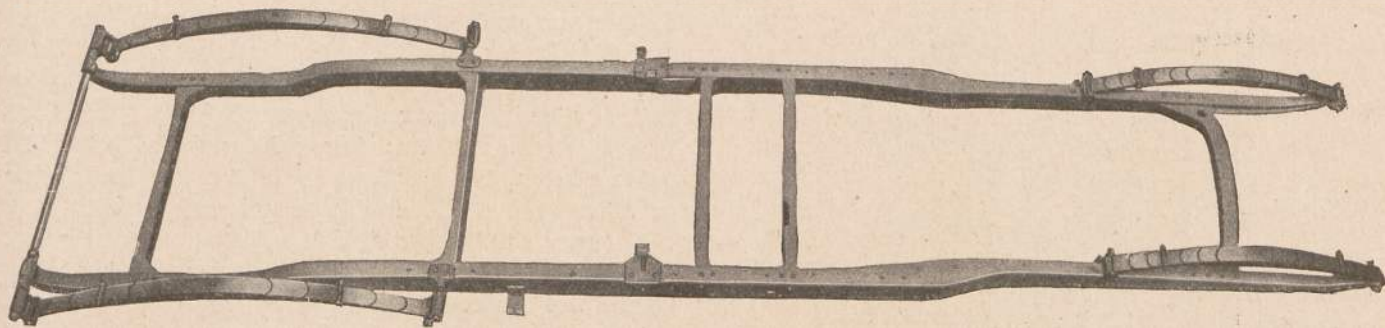
Wir haben nunmehr alle Teile der Antriebsmaschine nebst ihrem Zubehör kennengelernt und können uns jetzt zur Betrachtung der übrigen Teile des Kraftwagens wenden.

Der Gesamtbau wird zusammengehalten durch den Rahmen, der, wenn das Motorgetriebe die Muskeln vorstellt, als das feste Knochengerüst des Wagens angesehen werden kann. Aufgabe des Rahmens ist es, den Motor, den Wagenkasten und das gesamte Gestänge zu tragen, eine Brücke zwischen der Hinter- und Vorderachse zu bilden. Er hat alle Kräfte aufzunehmen, die beim Vortrieb und beim Bremsen entstehen. Seine Fügung muß so fest und sicher sein, daß auch bei der Fahrt über eine schlechte Straße keine bleibenden Verbiegungen eintreten. Zusammengesetzt wird der Rahmen aus zwei durchlaufenden Längsträgern in



173. Rahmen eines Lastwagens





U-Form und aus Quertägern, die meist Doppel-T-Querschnitt besitzen. Es sind Stücke, die aus starkwandigem Stahl gepreßt werden und gleich Brückenträgern jeder Formänderung einen sehr erheblichen Widerstand entgegensetzen. Die Längsträger werden oft, insbesondere bei Stadtwagen, die möglichst kurze Wendungen machen sollen, im Vorderteil etwas eingezogen, damit die Vorderäder weit eingeschlagen werden können.

Getragen wird der Rahmen von den Achsen, auf die er unter Zwischenschaltung von Federn gesetzt ist. Hierdurch wird verhütet, daß die harten Stöße, von denen die Achsen getroffen werden, bis zum Wagenkasten gelangen. Die durch einen Stoß emporgeschleuderte Achse biegt ihre Federn zusammen, und indem diese ihrer ursprünglichen Form zustreben, stoßen sie die Achse sogleich wieder hinunter. Bei guter Federung merkt man im Wagenkasten von dem Achsenspielen nicht allzuviel, schwere Stöße aber vermögen auch den Wagenkasten in größere Schwingungen zu versetzen.

Die Kraftwagenfedern erhalten heute stets die Form einer halben Ellipse. Sie sind zusammengesetzt aus einzelnen Stahlblättern, die durch den Federbund vereinigt werden. Je größer die Zahl dieser Einzelblätter ist, desto stärker ist die Innenreibung der Feder bei jeder Biegung, und um so rascher kommt sie infolge der Bremskraft dieser Innenreibung zur Ruhe. Lange Federn schwingen weicher als kurze, jedoch darf die Durchbiegung niemals so groß werden, daß der Rahmen auf die Achsen stößt. Bei der Durchbiegung streckt sich der Federbogen, die Enden müssen also Gelegenheit haben, sich weiter voneinander entfernen

174. Rahmen eines Personenwagens  
von unten gesehen

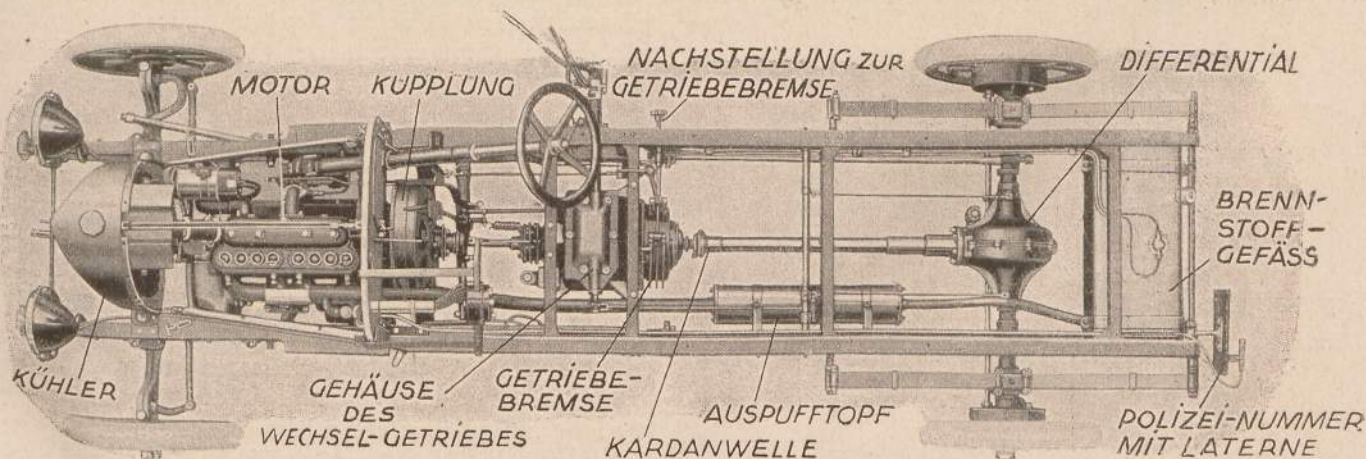


175. Tragfeder  
An Pendeln aufgehängt

zu können. Hieraus ergibt sich die Notwendigkeit der Aufhängung an drehbaren Pendeln (Bild 175). Die Blattfederung übt bei den heutigen Kraftwagen vorzügliche Wirkungen. Aber sie allein wäre bei noch so großartiger Ausgestaltung niemals imstande gewesen, einen so angenehmen Aufenthalt im Automobil zu gewähren, wie

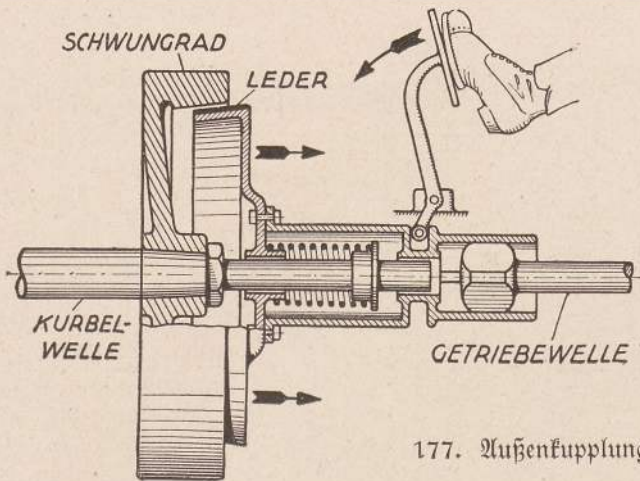
wir ihn heute selbst bei größter Fahrgeschwindigkeit gewöhnt sind. Er wird nur dadurch möglich, daß die große Masse der kurzen Stöße, noch bevor diese in die Achse gelangen, durch eine Federung an den Rädern sofort an der Entstehungsstelle aufgenommen wird. Die Luftreifen sind die Hauptfederung des Wagens. Ohne sie wären hohe Fahrgeschwindigkeiten überhaupt nicht möglich, wenn man nicht die Wagen in kurzer Zeit zerstören wollte. Wir werden über die Eigenschaften der Luftreifen noch ausführlich im Anschluß an die Erörterung des Baus von Achsen und Rädern zu sprechen haben.

Das Getriebe des Motors dreht die Kurbelwelle. Dessen Bewegungsantrieb muß auf die Hinterachse des Wagens übertragen werden. Es ist nicht möglich, diese Überführung durch ein einfaches, ungeteiltes Gestänge vornehmen zu lassen. Die Eigenschaften des Motors und die Anforderungen des Wagens erzwingen vielmehr für die Übertragung der Energie von der Kurbelwelle zur Hinterachse eine Fülle verschiebbarer, drehbarer, schwenkbarer Anordnungen, welche die Haupteigentümlichkeit des Kraftwagens ausmachen. Seine Bewährung hängt in höchstem Maß von diesen Teilen ab. Der Motor kann noch so kräftig sein, noch so vorzüglich arbeiten — wenn die mannigfachen Teile, die sein Wirken der Treibachse fühlbar machen, nicht aufs beste ineinander-



176. Maschinenanlage eines Kraftwagens  
von oben gesehen





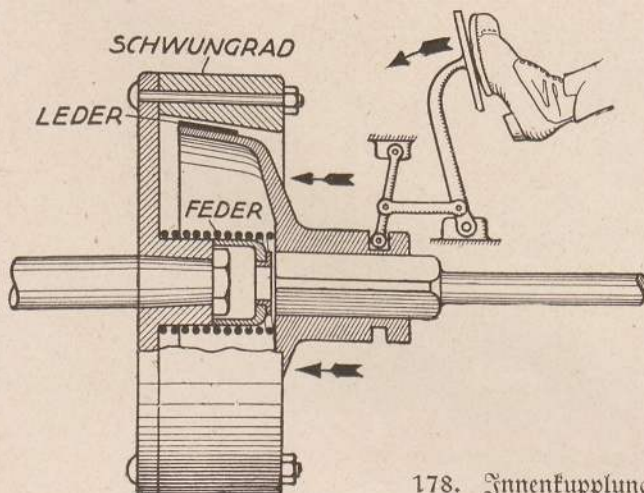
177. Außenkupplung

greifen, vermag er seine Macht nicht nutzbar zu äußern. Auf dem Weg von der Kurbelwelle zur Hinterachse begegnen wir zunächst der lösbaren Kupplung, dann dem Schalt- oder Wechselgetriebe; es folgen das Kardangelent oder die Kettenübertragung und das Ausgleichgetriebe.

Der Motor darf nicht ständig mit der Treibachse verbunden sein. Denn wir wissen bereits, daß die Viertaktmaschine unter Last nicht anzulaufen vermag. Das Anwerfen aber ist nur möglich, wenn ausschließlich die Kurbelwelle gedreht zu werden braucht. Erst wenn sich der Motor in vollem Lauf befindet, darf das Triebgestänge an ihn gehängt werden. Hieraus ergibt sich wieder die Notwendigkeit, die Kupplung allmählich wirkend, elastisch zu machen. Denn wenn sie immer nur plötzlich mit vollem Griff eingeworfen werden könnte, müßte der Wagen stets mit jähem Sprung anfahren. Das wäre keine Annehmlichkeit für die Insassen, es entstünde aber auch die Gefahr, daß der plötzlich schwer belastete Motor stehen bliebe.

Um das zu verhindern, ist dafür gesorgt, daß die Kupplung zwischen Kurbelwelle und Triebgestänge erst allmählich fester und fester wird, daß zunächst ein Gleiten der Kupplungsteile aufeinander stattfinden kann, bis sie auf gleiche Geschwindigkeit gekommen sind. Dann allerdings muß die Kupplung eine starre, unverrückbare Verbindung herstellen.

Da die Kurbelwelle an ihrem hinteren Ende ohnedies das Schwungrad zu tragen hat, das dem Motor über die toten Punkte hinweghilft, so benutzt man diesen durch seine Form hierfür sehr geeigneten Maschinenteil gleich als den Teil der Kupplung, der auf der Kurbelwelle fest sitzt. Das



178. Innenkupplung

Schwungrad wird als Hohlkegel ausgebildet. Auf dem Teil des Triebgestänges, der die Verlängerung der Kurbelwelle darstellt und eine mit ihr gleichgerichtete Mittellinie hat, befindet sich ein verschiebbarer Paßkegel. Er ist mit Leder bezogen, und eine sehr kräftige Feder hat ständig das Bestreben, den Paßkegel so in den Hohlkegel hineinzudrücken, daß die Treibachse mitgenommen wird. Durch Niedertreten eines Fußhebels ist der Fahrer aber in der Lage, den Druck oder Zug der Feder aufzuheben und durch Verschieben des Paßkegels die Kupplung zu lösen. Indem er den Druck seines Fußes langsam von dem Hebel nimmt, fällt die Kupplung erst schleifend, dann fester und fester ein, bis sie unverrückbar in dem sich drehenden Schwungrad sitzt.

Die einfachste und älteste Form der Kegelfkupplung stellt Bild 177 dar. Der Fußhebel ist zweiarmig, so daß der Kupplungskegel zurückgezogen wird, wenn der Fuß den Hebel nach vorn drückt. Bei dieser Bauart tritt jedoch ein Uebelstand auf. Die Wirkung der Einpreßfeder übt beim laufenden Wagen einen ständigen Druck auf das Lager der Kurbelwelle aus, das unmittelbar vor dem Schwungrad liegt. Diese erhöhte Lagerbelastung, die einen raschen Verschleiß herbeiführt, will man gern vermeiden, und das führte dazu, die Außenkupplung zu einer Innenkupplung umzubilden.

Auf Bild 178 sehen wir einen einarmigen Fußhebel, der mittels eines Gestänges angreift. Lösung der Kupplung erfolgt, indem der verschiebbare Kegel nach vorwärts gedrückt wird, denn er befindet sich im Innern des Hohlkegels. Der Kupplungsdruck der Feder geht jetzt nicht mehr nach außen; sie ist zwischen die beiden Kupplungsteile gelegt und wirkt nicht darüber hinaus. Wohl aber ergibt sich ein Lagerdruck bei gelöster Kupplung. Dieser tritt jedoch nur in langen Zwischenräumen und für kurze Zeiten auf, so daß er leichter in Kauf genommen werden kann.

Die Kegelfkupplungen sind wohl auch heute noch an den meisten Wagen zu finden. Immerhin haben sie sämtlich den Nachteil, daß das Leder, mit dem der Paßkegel bezogen ist, durch die Erhitzung beim Schleifen der noch nicht fest eingelegten Kupplung spröde wird und öfter erneuert werden muß. Es werden daher auch häufig reine Metallkupplungen, Lamellenkupplungen, angewendet, bei denen Stahlscheiben in Berührung miteinander gebracht werden.

Bei diesen Vorrichtungen wird das Schwungrad nicht von einer Welle durchdrungen. An seine Innenseite ist jetzt eine Hülse von ziemlich großem Durchmesser gesetzt. Durch deren Mitte läuft die anzukuppelnde Welle, deren Ende, selbstverständlich völlig frei drehbar, in einer Buchse am Schwungrad gelagert ist. Die Hülse hat vier Einschnitte, in die mit Abständen Stahlscheiben von der Form geschoben sind, die Bild 179 unten links zeigt. Die anzukuppelnde Welle ist vierkantig ausgebildet und dreht Stahlscheiben von der auf Bild 179 unten rechts dargestellten Form. Diese liegen in den Zwischenräumen der anderen. Jede Gruppe dieser Stahlscheiben oder Lamellen muß sich mit dem zugehörigen Maschinenteil drehen, die eine Gattung mit der Schwungradhülse, weil ihre Zinken in den Aussparungen dieser liegen, die andere mit der Welle, weil diese vierkantig geformt ist. Soll gekuppelt werden, dann nimmt der Fahrer wiederum den Fuß von dem niedergetretenen Hebel, worauf durch den Druck einer starken Feder das gesamte Stahlscheibensystem zusammengepreßt wird. Denn alle Scheiben können sich in Achsrichtung verschieben. Es entsteht nun eine sehr starke Reibung zwischen den beiden Stahlscheibengruppen, wodurch die zum Getriebe führende Welle von



der Motorwelle mitgenommen wird. Der Lamellenkupplung wird neben dem geringen Verschleiß der kuppelnden Teile besonders sanfte Wirkung nachgerühmt, weil bei der Betätigung eine Scheibe nach der andern aufeinander zu reiben beginnt, so daß der Angriff sich langsam und mit großer Weichheit steigert.

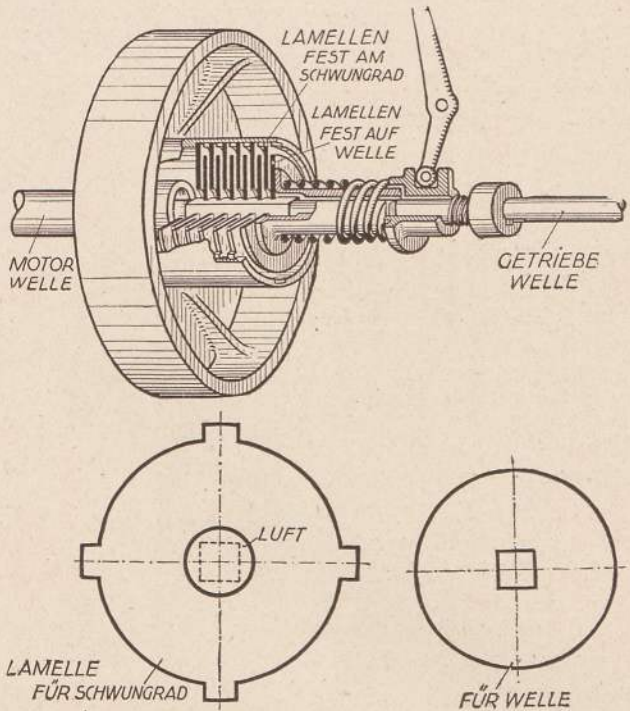
Durch Verschieben des Zündzeitpunktes und durch die Regelung der dem Motor zuströmenden Gemischmenge mittels der Gasdrossel ist es möglich, die Umlaufzahl der Maschine innerhalb weiter Grenzen zu regeln. Der eigentümliche Bau der Verbrennungsmaschine aber bringt es mit sich, daß sie nur bei einer ganz bestimmten hohen Umdrehungszahl günstig arbeitet. Der langsam laufende Motor ist geschwächt, man kann aus ihm längst nicht so viel Energie herausholen, wie es möglich ist, wenn er mit der ihm eigentümlichen mittleren Drehzahl umläuft.

Wenn der Wagen, der lange Zeit über eine ebene Straße gegangen ist, plötzlich einen Berghang emporklettern muß, dann wächst die an den Motor gehängte Last jäh an. Wäre keine Sondereinrichtung getroffen, so müßte die Maschine den Wagen stets mit verminderter Umdrehungszahl emporziehen. Gerade also wenn von ihr die stärkste Leistung verlangt wird, wäre ihre Energie vermindert. Um diesen sehr ungünstigen Zustand zu beseitigen, ist in das Gestänge, das von der Kupplung zur Hinterachse führt, das Wechselgetriebe eingeschaltet. Es besteht aus einer größeren Zahl von Zahnrädern, von denen ein Teil in der Achsrichtung verschiebbar ist.

Die Energie oder Arbeit der Kurbelwelle des Motors wird von dem Triebgestänge aufgenommen. Energie ist immer das Produkt von Kraft und Weg ( $\text{Kraft} \times \text{Weg}$ ). Soll der Wagen den Bergabhang hinauffahren, so will man möglichst viel Kraft haben. Deren Erhöhung kann bewirkt werden, indem man den in der Zeiteinheit zurückgelegten Weg des Triebgestänges vermindert. Da die Umdrehungszahl des Motors nicht hinabgesetzt werden darf, so muß also, damit beim Bergauffahren eine möglichst hohe Kraft zur Verfügung ist, allein die Geschwindigkeit des Triebgestänges vermindert werden. Das wird durch Wechseln der Zahnräder erreicht, welche die Drehung der Kurbelwelle auf den Trieb übertragen.

Bei der Fahrt in der Ebene bewegt ein großes, auf der Kurbelwelle sitzendes Zahnrad ein kleineres, das auf der Triebwelle sitzt. Diese macht also eine höhere Zahl von Umdrehungen in der Minute als die Kurbelwelle. Bei der Bergfahrt werden die Übertragungswerkzeuge so umgewechselt, daß nunmehr ein kleines, auf der Kurbelwelle sitzendes Zahnrad in ein größeres auf der Triebwelle eingreift. Die Folge ist, daß die Geschwindigkeit der Triebwelle jetzt sehr viel geringer ist, daß sie nur langsam umläuft. Die Drehkraft, das Drehmoment der Kurbelwelle hat sich vergrößert — unter Opferung eines Teiles der Fahrgeschwindigkeit.

Man begnügt sich nun im wirklichen Betrieb nicht damit, nur einen einfachen Wechsel vornehmen zu können, sondern sieht vier verschiedene Übertragungsgeschwindigkeiten, vier Gänge, vor, durch die hohe Schmiegsamkeit des Wagens erreicht wird. Beim Anfahren, wenn also die Beschleunigung der Wagenmasse sehr viel Kraft erfordert, sowie beim Befahren steiler Hänge, wird der niedrigste Gang eingeschaltet, wobei also das kleinste Zahnrad auf der Kurbelwelle in das größte Zahnrad auf der Triebwelle eingreift. Zum Nehmen eines größeren Hügels benutzt man den zweiten Gang;

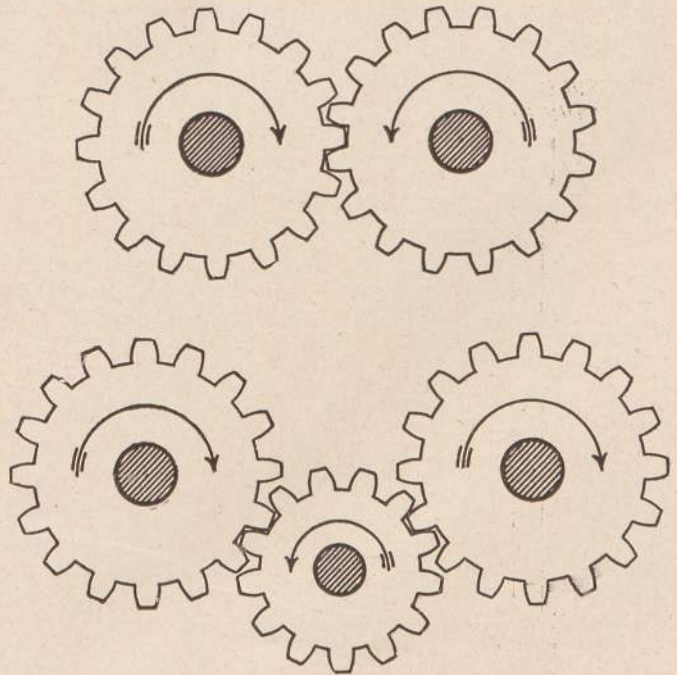


179. Lamellenkupplung

Oben: Gesamtanlage. Unten: Formen der in die Hülse am Schwungrad eingesetzten (links) und der mit der Getriebe-Welle sich drehenden Lamellen (rechts)

wenn die Straße einen sanften Aufstieg zeigt, ist der dritte Gang vorzüglich brauchbar. Dort wo der Fahrweg wagenrecht liegt, fährt man mit dem berühmten vierten Gang, der die größte Geschwindigkeit verleiht.

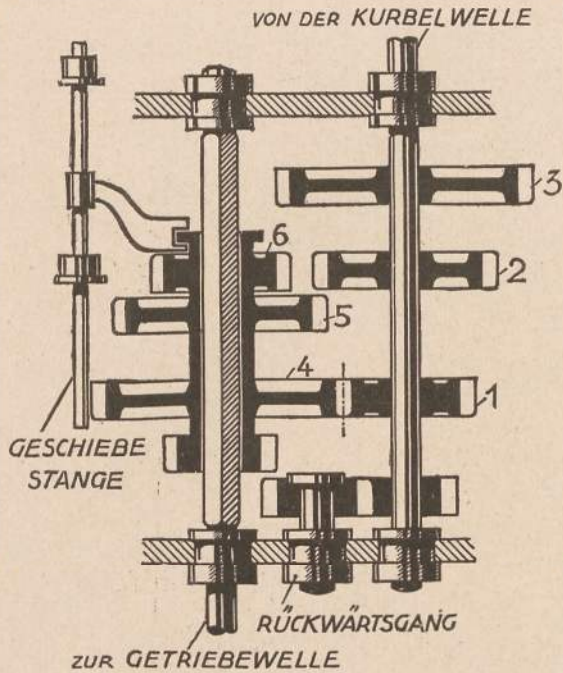
Es kommt hinzu, daß der Wagen auch imstande sein muß, rückwärts zu fahren. Die Drehrichtung des Motors ist aber nicht veränderlich. Darum ist hierfür ein fünfter Gang vorgesehen, bei dem Kurbelwellen-Zahnrad und Triebwellen-Zahnrad nicht mehr unmittelbar ineinandergreifen,



180. Zusammenarbeit von Zahnrädern

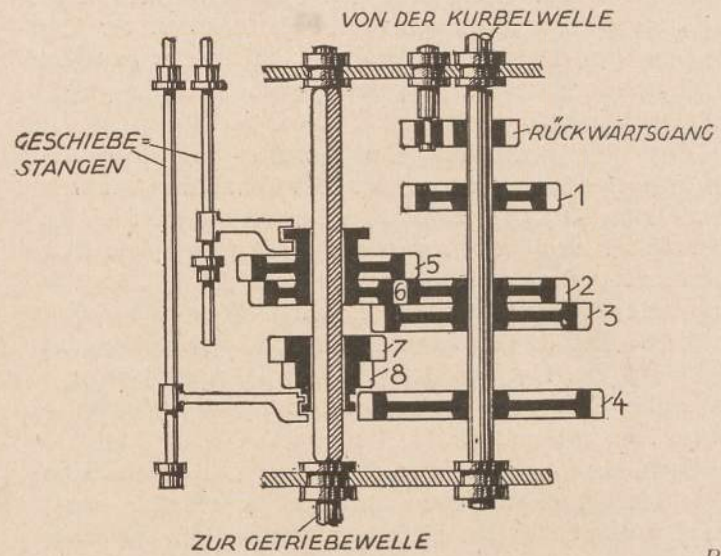
Zwei in unmittelbarem Eingriff stehende Zahnräder laufen in entgegengesetzten Richtungen. Wird ein drittes dazwischen gesetzt, so laufen die äußeren Räder in gleicher Richtung



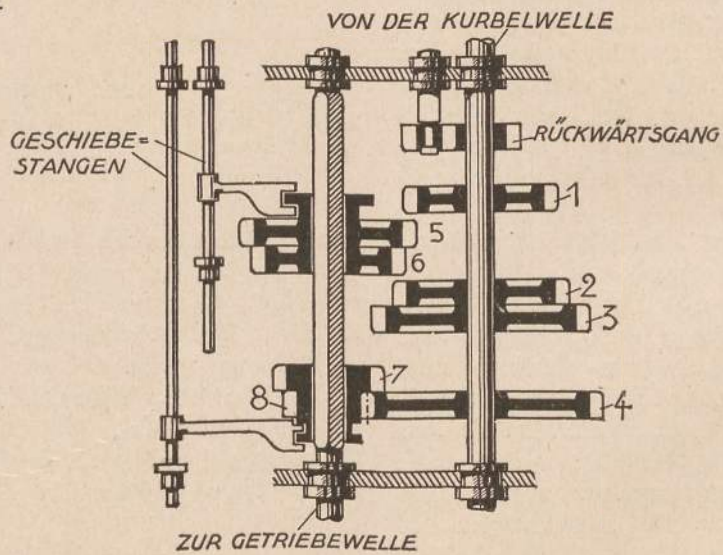


A

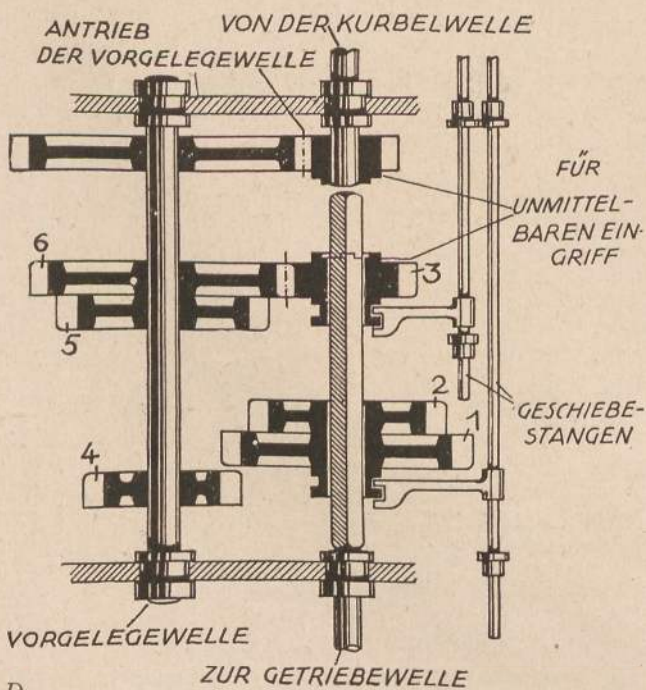
A. Dreistufig mit Einem Geschiebe. B. Vierstufig mit zwei Geschieben; zweiter Gang eingeschaltet. C. Vierstufig mit zwei Geschieben; vierter (schnellster) Gang eingeschaltet. D. Vierstufig



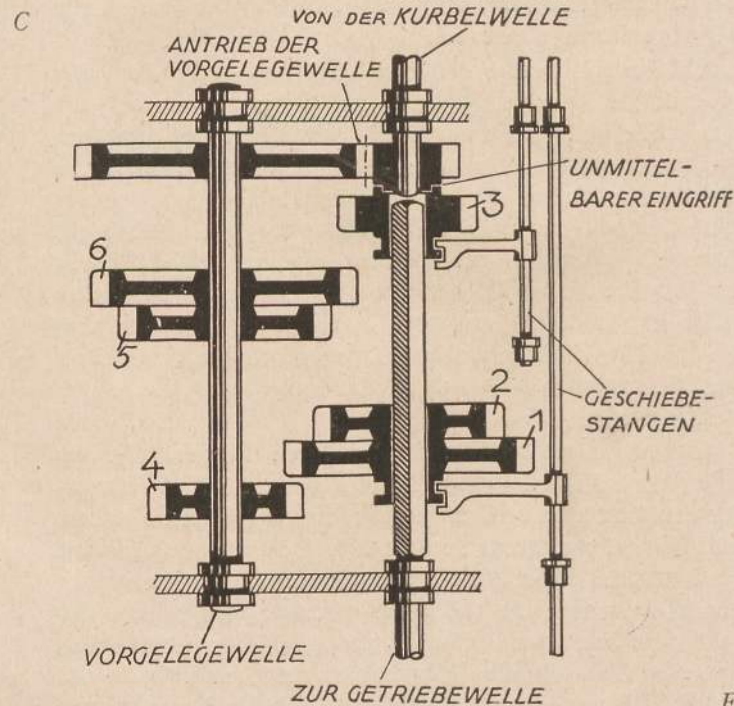
B



mit unmittelbarem Eingriff für den vierten Gang; dritter Gang eingeschaltet. Der Rückwärtsgang ist nicht gezeichnet. E. Vierstufig; der vierte Gang ist durch unmittelbaren Eingriff eingeschaltet.

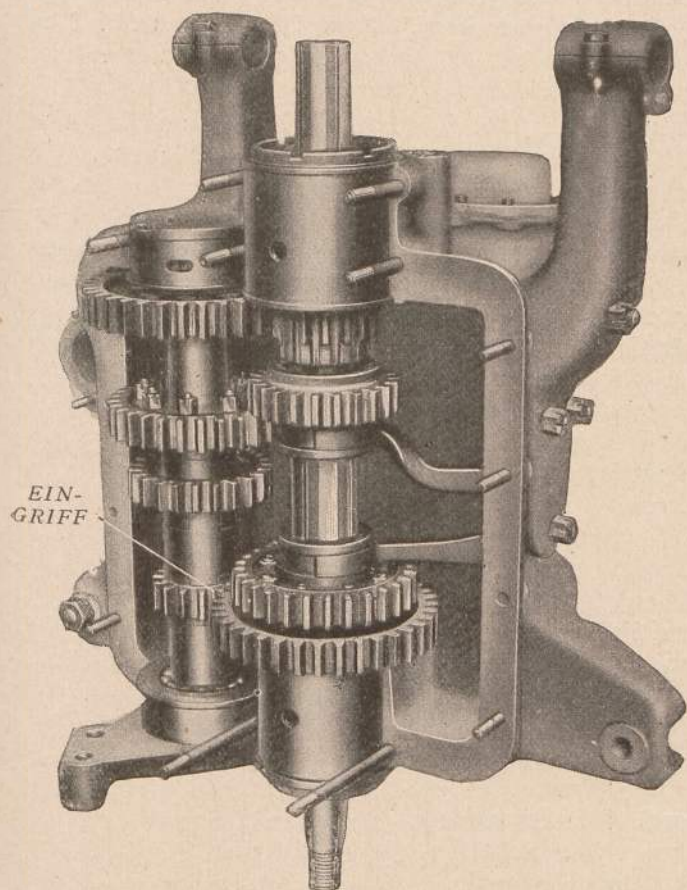


D

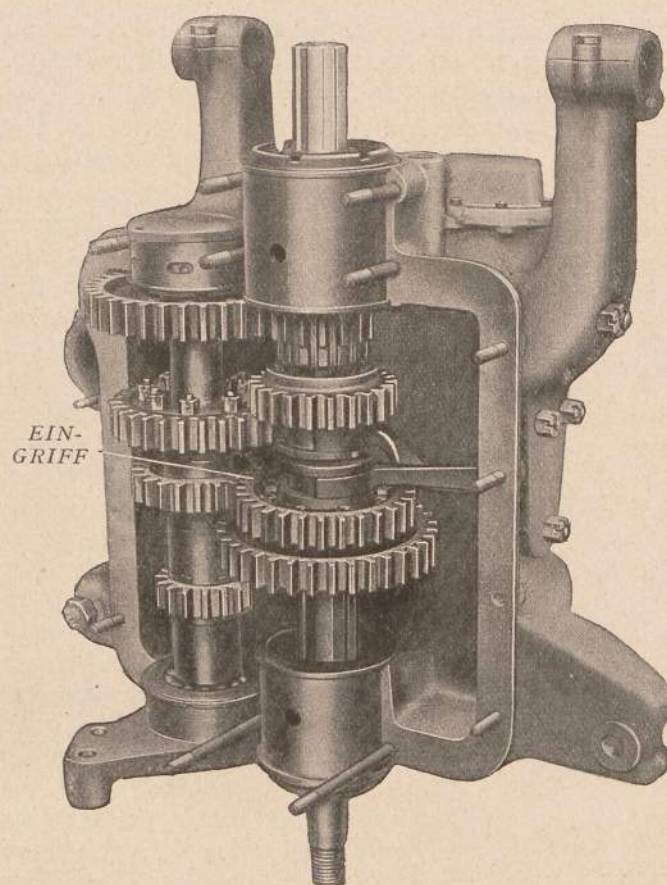


E

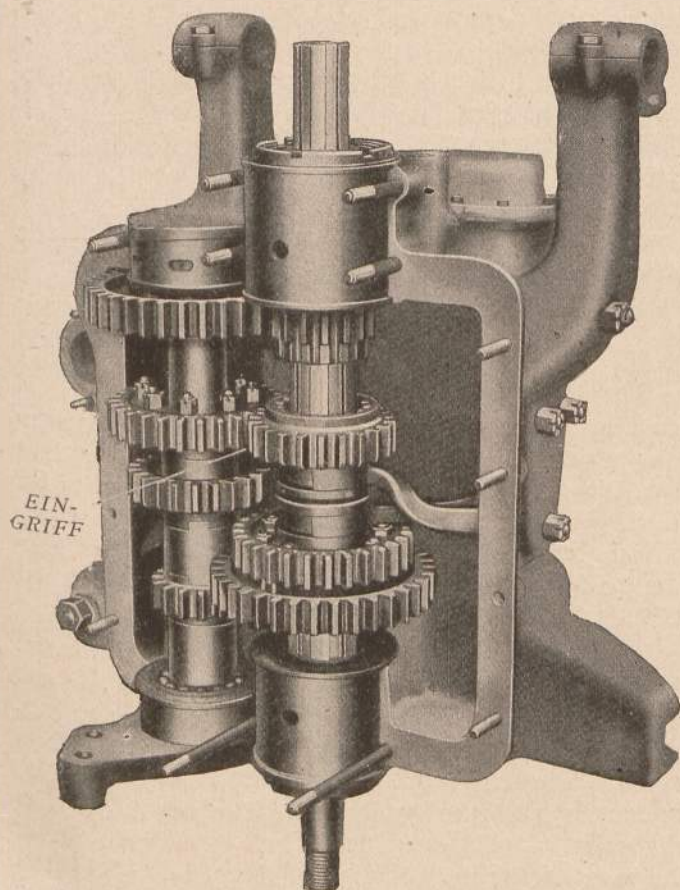




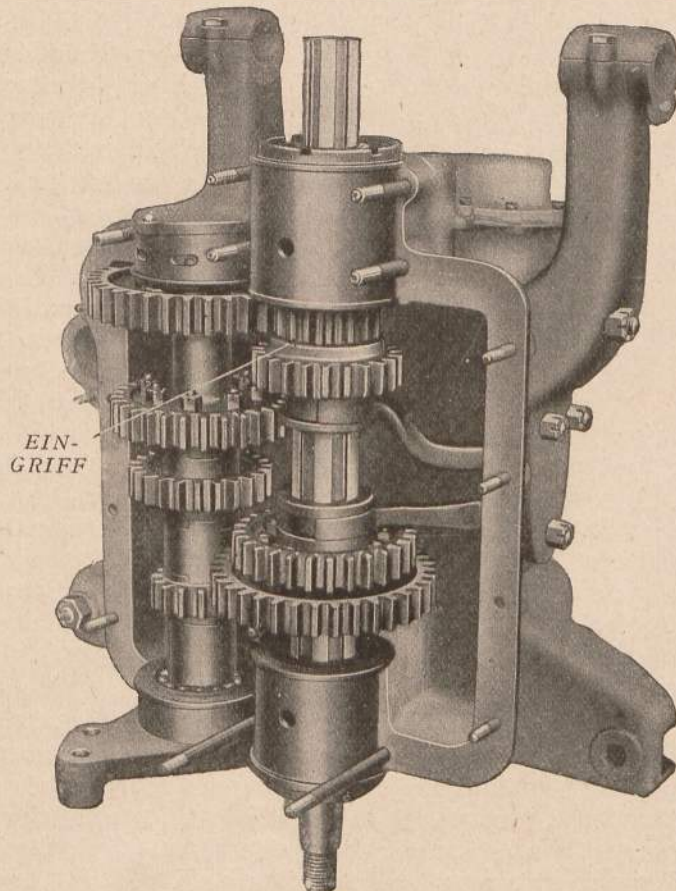
1



2



3



4

182. Ansicht des Wechselgetriebes

Vierstufig mit unmittelbarem Eingriff für den vierten Gang. Es sind nacheinander der erste, zweite, dritte und vierte Gang eingeschaltet.



sondern erst durch ein drittes Zahnrad verbunden werden. Ein Blick auf Bild 180 zeigt, daß alsdann die Drehrichtung der Triebwelle sich umkehren muß. Bei kleineren Wagen begnügt man sich oft mit drei Vorwärtsgängen.

Ein dreistufiges Wechselgetriebe mit Rückwärtsgang zeigt Bild 181, A. Die Welle rechts kommt von der Kupplung her, bildet also die Verlängerung der Kurbelwelle. Sie endet in dem Lager, das sich in der Hinterwand des Getriebekastens befindet. In der Vorderwand desselben Kastens, also oben auf unserem Bild, nimmt die Welle ihren Anfang, durch welche die Hinterachse angetrieben wird. Die Verbindung zwischen den beiden Wellen, die im Getriebekasten gleichgerichtet nebeneinander liegen, erfolgt durch Zahnräder. Diese sind auf die verlängerte Kurbelwelle rechts fest aufgekittet. Die Zahnräder auf der Triebwelle aber, die einen gemeinschaftlichen Block bilden, sind verschiebbar. Die Welle, auf der sie in der Achsrichtung gleiten können, ist nicht rund, sondern vierkantig ausgebildet, so daß sie trotz der Verschiebbarkeit der Zahnräder an deren Drehung teilnehmen muß.

In der Stellung, die gezeichnet ist, wird der Wagen mit der geringsten Geschwindigkeit angetrieben, denn ein kleines Zahnrad auf der Kurbelwelle (1) greift in

ein großes Zahnrad auf der Triebwelle (4) ein. Die größte Geschwindigkeit wird durch Eingreifen von Zahnrad 3 in Zahnrad 6 bewirkt. Dazwischen liegt ein mittlerer Gang, wenn Rad 2 in 5 eingreift. Schiebt man den Zahnradblock der Triebwelle soweit wie möglich nach hinten, also nach unten auf unserm Bild, dann ist der Rückwärtsgang eingeschaltet. Die Verschiebung erfolgt mittels einer am Zahnradblock angreifenden Gabel, die durch einen Handhebel zur Rechten des Führersitzes bewegt wird.

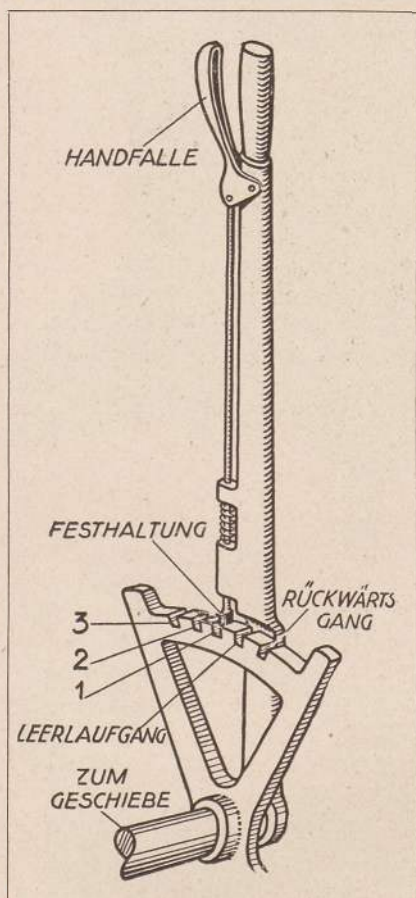
Die Anordnung in Bild 181, A birgt einen Nachteil, der die Geschwindigkeits-Regelung unbequem macht. Ist man z. B. vor dem Stillsetzen des Wagens mit der höchsten Geschwindigkeit gefahren, so daß also Zahnrad 3 und Zahnrad 6 in Eingriff waren, und will nun mit der kleinsten Geschwindigkeit wieder anfahren, dann muß man durch den mittleren Gang hindurchschalten, wodurch Zeit verloren geht, und wozu unnütze Arbeit aufgewendet werden muß. Bei einem vierstufigen Wechselgetriebe würde solches Durch-

schalten noch häufiger notwendig sein. Es wird in vollendeter Weise dadurch vermieden, daß man den Zahnradblock auf der Triebwelle teilt und für das Verschieben zwei voneinander unabhängige Gestänge anwendet.

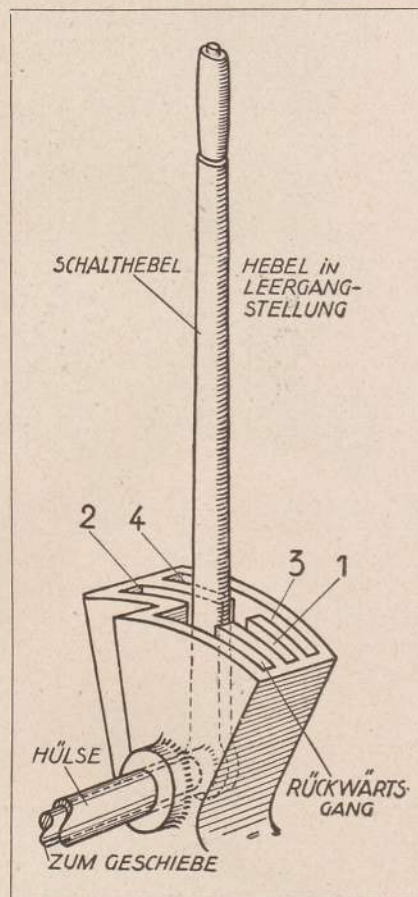
Die Bilder 181, B und 181, C zeigen ein vierstufiges Wechselgetriebe mit zwei Geschieben. Auf Bild 181, B ist der zweite, auf Bild 181, C der vierte Gang eingeschaltet. Es ist leicht zu erkennen, daß jede der vier Geschwindigkeiten unmittelbar zu erreichen ist. Nur um zum Rückwärtsgang zu gelangen, muß man durch den kleinsten Vorwärtsgang hindurch. Das Rückwärtsfahren aber ist eine Ausnahmebehandlung, bei der es auf höchste Bequemlichkeit nicht so sehr ankommt.

Es ist selbstverständlich, daß die Räder des Zahngetriebes wie alle anderen bewegten Teile des Kraftwagens aufs genaueste gearbeitet sind und vorzüglich passen. Dennoch bedeutet jede Verwindung einer Räderübertragung Kraftverlust. Aus diesem Grund ist das Wechselgetriebe durch eine Neueinrichtung vervollkommen worden, die es gestattet, bei der am häufigsten gebrauchten Geschwindigkeit, nämlich dem vierten und schnellsten Gang, ohne jede Räderübersezung zu fahren. Die Anordnung des unmittelbaren Eingriffs hat zugleich den Vorteil, daß Kurbelwellenachse und Triebwellenachse nicht mehr gegeneinander versetzt zu sein brauchen, sondern in gleicher Linie liegen können, so daß der gesamte Antrieb sich dann in der Mittellinie des Wagens befindet. Das Wechseln der Geschwindigkeiten geschieht jetzt unter Anwendung einer Vorlegevelle, die sich nur von der vorderen Wand des Getriebekastens zu dessen Hinterwand erstreckt.

Eine Anordnung mit vier Gängen und unmittelbarem Eingriff beim vierten Gang ist in den Bildern 181, D und 181, E dargestellt. Der Rückwärtsgang ist nicht gezeichnet. Die verlängerte Kurbelwelle tritt oben rechts auf dem Bild in den Wechselgetriebe-Kasten ein. Sie endet in diesem sehr bald vor dem Beginn der weiterführenden Getriebewelle. Die Vorlegevelle wird dauernd durch das obenliegende Zahnradpaar angetrieben. Sie läuft etwa halb so schnell wie die Kurbelwelle. Durch Verschieben der Zahnräder 1, 2 und 3 auf der Getriebewelle kann der erste, zweite oder dritte Gang eingeschaltet werden. Beim

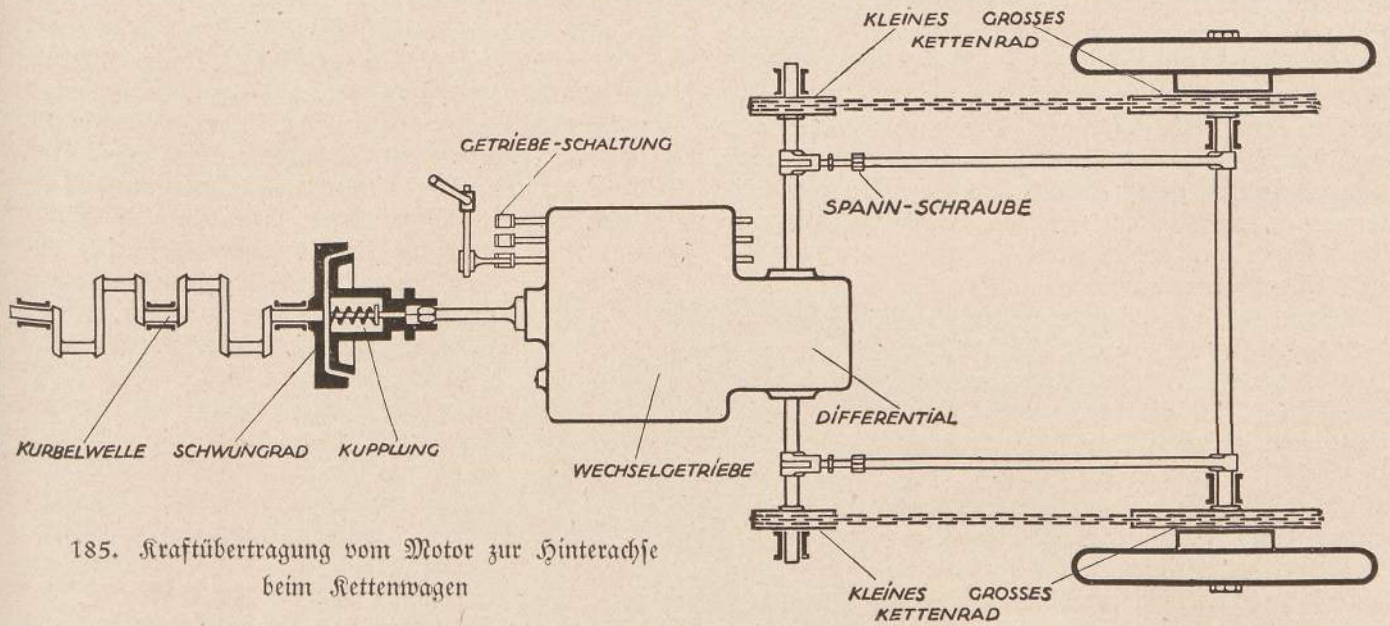


183. Folgeschaltung  
zur Bedienung eines Wechselgetriebes  
mit Einem Geschiebe



184. Kulissenschaltung  
für ein Wechselgetriebe mit drei  
Geschieben. Das dritte dient zur Herbei-  
führung des Rückwärtsgangs





185. Kraftübertragung vom Motor zur Hinterachse beim Kettenwagen

Schalten des vierten Gangs rückt das Zahnrad 3 ganz dicht an das Übertragungsrad auf der Kurbelwelle, und vorspringende Klauen greifen ein. Kurbelwelle und Getriebewelle sind damit zu einem durchgehenden Maschinenteil vereinigt. Die Vorlegewelle läuft nun unbelastet mit, wodurch ein irgendwie beträchtlicher Kraftverlust nicht entsteht.

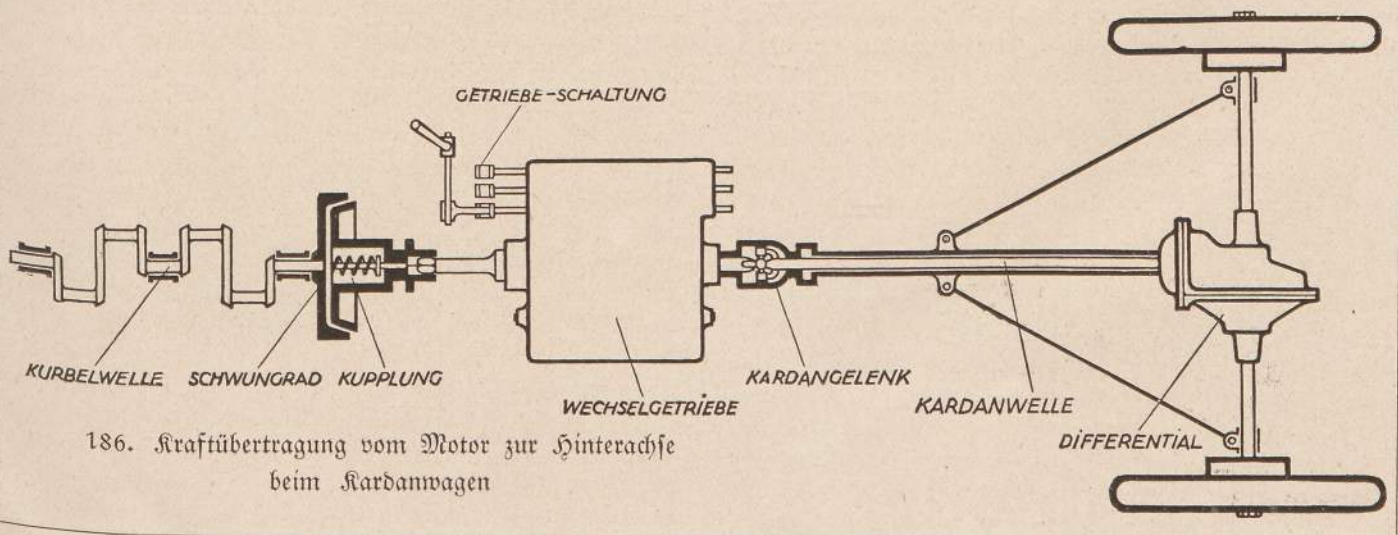
Der Kasten, welcher das Wechselgetriebe enthält, ist aus Aluminiumguß hergestellt und staubdicht verschließbar. Er ist ständig bis zu etwa drei Vierteln seiner Höhe mit dickflüssigem Öl gefüllt, so daß alle Zahnräder eine gründliche Schmierung erhalten. Sämtliche Zahnflanken sind an den Enden stark abgerundet, wodurch es möglich wird, jedes Zahnrad bei jeder Stellung leicht in das zugehörige hinein-zuzwängen. Es rutschen eben in solchem Fall zwei Regelflächen aufeinander, bis die Zähne ganz eingeschoben sind.

Wenn für das Schalten nur Ein Geschiebe vorhanden ist, dann braucht der zugehörige Schalthebel, den die Hand des Fahrers bedient, nur vorwärts oder rückwärts gestellt zu werden. Ein Rand der Rinne, innerhalb deren er sich bewegt, enthält bei dreistufigem Getriebe fünf Einschnitte: je einen für die drei Vorwärtstufen, einen für den Leerlauf, bei dem kein Zahnrad des Wechselgetriebes in das

andere greift, und einen für die Rückwärtsfahrt. Am Schalthebel ist ein Verschuß angebracht, der durch Federkraft in den Einschnitt fällt, welcher der Stellung des Hebels entspricht. Der Verschuß kann durch Anziehen eines Griffes, der Handfalle, ausgehoben werden, die sich am oberen Ende des Hebels befindet. Der Verschuß sichert die gewünschte Schaltstellung.

Die eben geschilderte Anordnung, Folgeschaltung genannt, hat den schon erwähnten Nachteil, daß man öfter durch nicht gewünschte Stufen hindurchschalten muß. Bei Anwendung von mehreren Geschieben wird dies vermieden. An der rechten Seitenwand des Wagens, neben dem Fahrersitz, befindet sich trotzdem nur Ein Schalthebel. Dieser aber kann nun nicht bloß vorwärts und rückwärts, sondern auch nach rechts und links bewegt werden. Durch diese letzte Bewegung ist er imstande, bald das eine, bald das andere Geschiebe und auch das dritte für den Rückwärtsgang mitzunehmen. Es sind jetzt drei Gleitrinnen, drei Kulissen, für ihn vorhanden.

Bei Leergangstellung, die durch die Mittellage gekennzeichnet ist (Bild 184), kann der Hebel in jede der Kulissen hineingebracht werden. Je nachdem, ob man ihn in der



186. Kraftübertragung vom Motor zur Hinterachse beim Kardanwagen



ersten Kulisse nach vorwärts oder rückwärts, in der zweiten Kulisse nach vorwärts oder rückwärts drückt, wird einer der vier Vorwärtsgänge geschaltet. Die dritte Kulisse ist nur halb ausgebildet; in ihr schaltet der Hebel beim Zurückziehen den Rückwärtsgang. Damit der Fahrer nicht gegen seinen Willen mit dem Schalthebel in diese dritte Bahn hineingerät, ist ein Anschlag vorgelegt, der nur dann überwunden werden kann, wenn ein Knopf oben auf dem Schalthebel niedergedrückt wird.

Diese zuerst von den Daimlerwerken für ihre Mercedes-Wagen angewendete Kulissenschaltung hat sich aufs vorzüglichste bewährt. Sie wird heute fast überall verwendet. Bei ihr ist es z. B. ohne weiteres möglich, vom vierten Gang in den Rückwärtsgang überzugehen. Vor der Folgeschaltung hat sie den weiteren Vorzug, daß jede Getriebe-stellung durch einen festen Anschlag des Handhebels gekennzeichnet ist, während der Fahrer bei nicht seitlich verrückbarem Hebel die Einschnappstelle für die Handfalle stets suchen muß.

Nachdem wir das Arbeiten der Kupplung und des Wechselgetriebes kennen gelernt haben, sind wir in der Lage, die Handlungen des Fahrers beim Anfahren zu verstehen.

Solange der Wagen stillsteht, ist das Wechselgetriebe stets in die Leerstellung geschaltet. Die Kupplung ist unter dem Druck ihrer Feder eingerückt. Wenn der Fahrer durch Betätigung der Anwerfkurbel oder der Anlaßvorrichtung den Motor in Tätigkeit gesetzt hat, dreht sich die Kurbelwelle und, über die Kupplung hinweg, auch die Verlängerung der Kurbelwelle. Die Hinterachse aber wird nicht angetrieben, da ja kein Zahnradpaar des Wechselgetriebes in Eingriff ist.

Nun löst der Fahrer durch Niederdrücken des Fußhebels die Kupplung. Jetzt erst darf er den niedrigsten Gang des Wechselgetriebes einrücken; denn sonst käme jähe Belastung auf den Motor, dieser würde abgebremst, oder der Wagen spränge mit plötzlichem Ruck an. Nachdem der Gang geschaltet ist, legt der Fahrer durch langsames Zurücknehmen des Fußhebels die Kupplung sanft ein, so daß der Wagen ohne Ruck anfahren kann.

Ist eine größere Geschwindigkeit erreicht, so darf zu einem höheren Gang übergegangen werden. Zunächst bringt dann der Fahrer durch Öffnen der Gemischdrosselklappe den Motor zu besonders hoher Umdrehungszahl und damit den Wagen

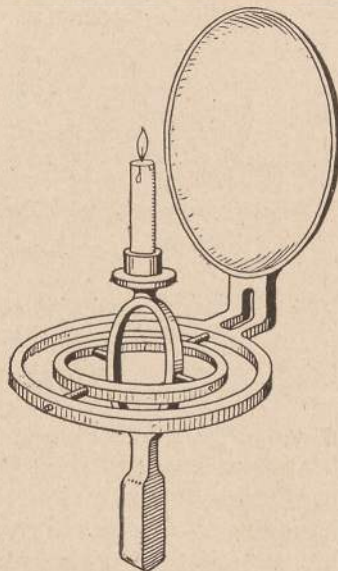
in noch etwas schnellere Fahrt. Alsdann wird die Kupplung gelöst und gleichzeitig durch Drosseln des Gemisches der Motor wieder auf seine gewöhnliche Drehzahl gebracht. Beim Einrücken des nächsthöheren Ganges haben nun bereits sämtliche Teile die gewünschte höhere Geschwindigkeit, so daß kein Übergangstoß stattfindet. Durch neues sanftes Einlegen der Kupplung ist der Umschaltvorgang vollendet.

Beim Übergang auf niedrigere Geschwindigkeit wird der Lauf des Motors vor dem Lösen der Kupplung durch Drosseln des Gemisches verlangsamt. Auch hiermit wird bewirkt, daß beim Schalten nicht plötzlich größere Massen beschleunigt werden müssen. Dieses stoßlose Schalten ist um so notwendiger, als ja die Zähne während des Einrückens zunächst nur in geringer Breite miteinander in Berührung sind. Haben sie in solchen Augenblicken schwere Beschleunigungs- oder Verlangsamungsarbeit zu leisten, so können sie abbrechen. Erst wenn voller Eingriff durch Beendigung des Schaltens stattgefunden hat, dürfen die Zahnräder stärker belastet werden. Eine Betätigung des Wechselgetriebes ohne Ausrücken der Kupplung darf daher niemals vorgenommen werden.

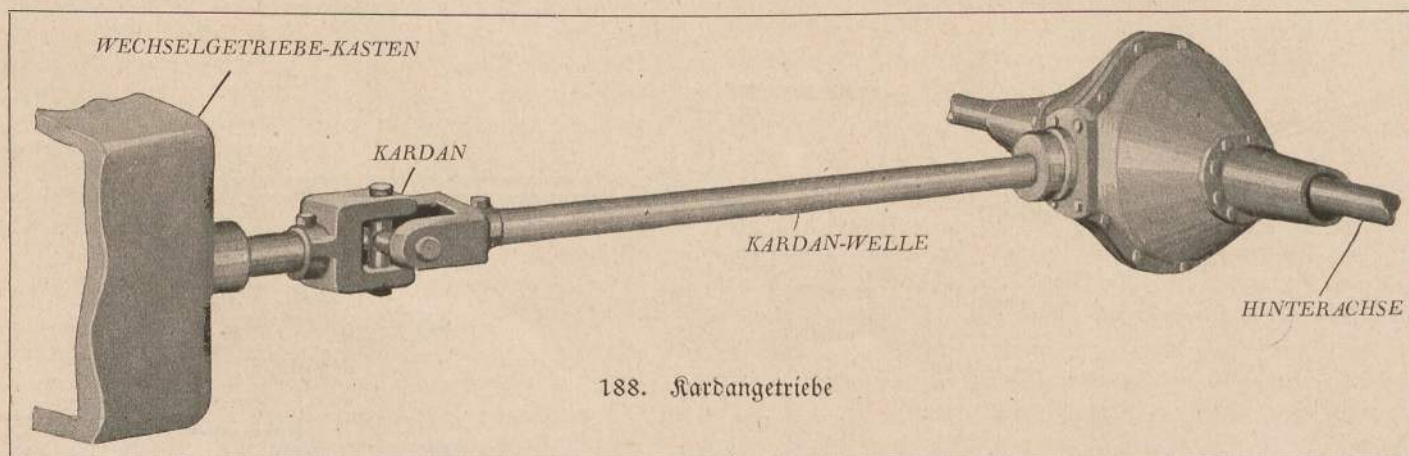
Es ist nicht zu leugnen, daß die Schaltanordnung der Kraftwagen trotz ihrer mechanisch vorzüglichen Durchbildung recht roh und unvollkommen ist. Es war jedoch bisher nicht möglich, etwas Besseres an ihre Stelle zu setzen. Der Hauptvorwurf, den man dem Wechselgetriebe machen muß, ist der, daß es keine stetige, also keine allmählich verlaufende Veränderung der Geschwindigkeits-Übersetzung gestattet, sondern nur stufenweise Umschaltung ermöglicht. Die Kraftwagenbauer sind bemüht, durch Versuche mit elektrischen Apparaten eine stetig veränderliche Schaltanordnung zu schaffen.

\*

Wir haben das Gestänge, das die Motorarbeit zur Hinterachse überträgt, bereits zweimal geteilt gesehen: zuerst vor der Kupplung, dann im Wechselgetriebe-Kasten. Doch auch von dessen Hinterwand führt durchaus noch kein durchgehender Wellenstrang zu der angetriebenen Achse. Mehrere weitere Teilungen sind notwendig, deren Zweck wir zunächst im Zusammenhang betrachten müssen. Die Hinterachse wird entweder durch Welle und Zahnräder



187. Kardanische Aufhängung einer Schiffslaterne  
Der äußere Ring ist eine feststehende Stütze



188. Kardangetriebe



oder durch Ketten angetrieben. Beim Antrieb der ersten Art liegt in der Welle ein Gelenk, das Kardan heißt, und so teilt man die Kraftfahrzeuge in Kettenwagen und Kardanwagen ein. Diese Gruppenbenennungen schon zeigen, welche Wichtigkeit der Kraftübertragungsart im Automobilbau bemessen wird. Beiden Wagenarten gemeinsam ist noch ein weiterer recht verwickelter Bauteil, das Ausgleichgetriebe oder Differential, das entweder in der treibenden Kettenwelle oder, bei Kardananordnung, in der Hinterachse selbst liegt.

Der Ketten-Wagen hat dicht hinter dem Kasten für das Wechselgetriebe eine Welle, die quer im Rahmen befestigt ist und an ihren beiden Enden Kettenräder trägt. Sie wird durch ein Regelrad angetrieben, das am Ende derjenigen Wechselgetriebe-Welle oder ihrer Fortsetzung liegt, auf der die verschiebbaren Zahnräder angeordnet sind. Die Hinterachse, die mit dem Rahmen erst durch die Tragfedern in Verbindung steht, ist in diesem Fall eine wirkliche Achse, d. h. ein Träger sich drehender Teile, der selbst still steht. Überall dort, wo sie sich mitdreht, müßte man eigentlich von einer Hinterrad-Welle sprechen, doch wollen wir uns dem allgemeinen Sprachgebrauch fügen und den Ausdruck Hinterachse für beide Fälle beibehalten.

Die Hinterachse des Kettenwagens steht also still; die Räder sind drehbar draufgesteckt.

Jede der beiden Naben trägt ein Kettenrad, das mit dem entsprechenden auf der Kettenachse durch eine Kette verbunden ist. Diese Anordnung ist älter als der Kardan. Sie schien von vornherein gegeben, da eine starre Verbindung zwischen Wechselgetriebe und Hinterachse nicht möglich ist. Macht doch diese Achse infolge des Federspiels recht bedeutende Bewegungen in der senkrechten Ebene, denen die am Rahmen befestigten Teile nicht unterworfen sind. Die Ketten schwingen mit auf und nieder, ohne daß dadurch Zwangungen entstehen.

Dennoch ist heute der Kettenantrieb bei den Personenzugwagen völlig verschwunden, und auch bei den Lastwagen wird er seltener. Seine Stelle nimmt immer mehr der Gelenkwellenantrieb ein. Die Verlängerung der aus dem Wechselgetriebe-Kasten austretenden Welle endet bei ihm in

einem Gelenk, dem Kardan. Von dort läuft ein neues Wellenstück zur Hinterachse, die es mittels eines Regelrades antreibt. Nunmehr sind die Räder fest auf die Achse gesetzt, die also tatsächlich als Welle umläuft.

Die Einschaltung des Kardan- oder Kreuzgelenks in die Welle ist wegen des vorhin bereits erwähnten Spiels der Hinterachse gegen den Rahmen notwendig, das eine starre Verbindung nicht gestattet.

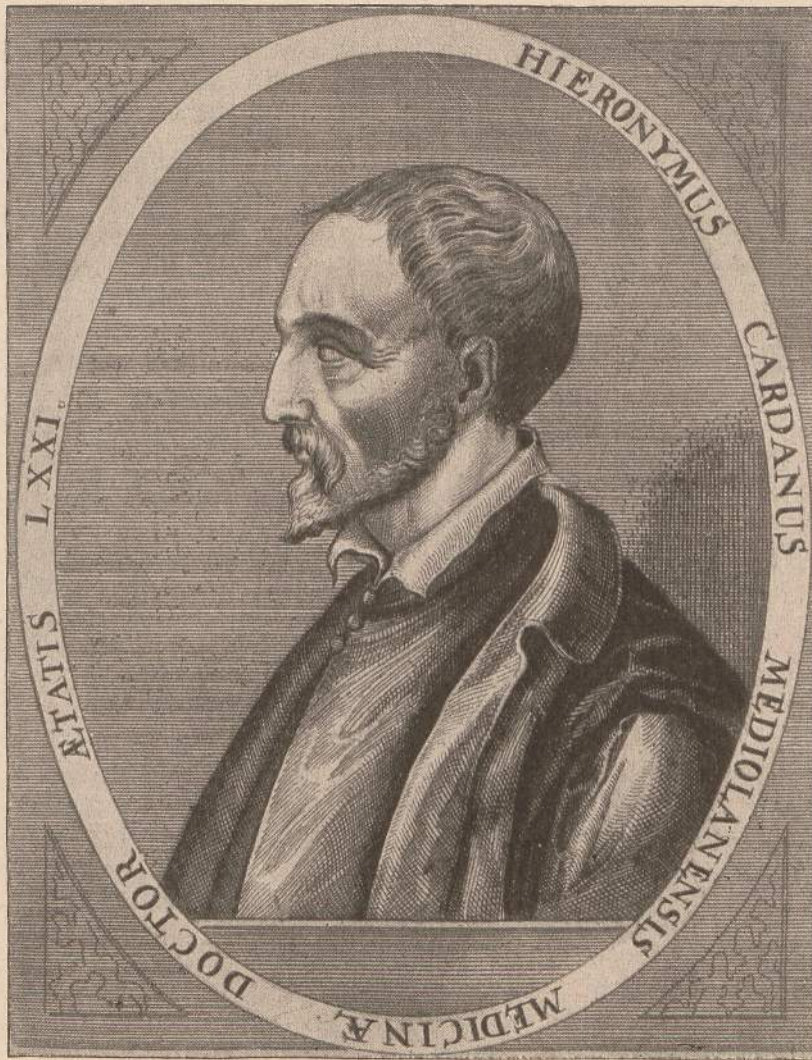
Der grundsätzliche Bau des Gelenkes ist in Bild 188

dargestellt. Jedes der beiden zusammenzufügenden Wellen-Enden trägt einen Bügel. Die beiden Bolzen, welche die Bügel abschließen, sind ineinandergesteckt, sie bilden ein Kreuz, um dessen Arme die Bügel sich drehen können. Auf diese Weise nimmt die eine Welle die andere bei der Drehung stets ohne Zwängung mit, auch wenn die beiden Achslinien in schroffem Winkel zueinander stehen. Freilich ist die Umlaufgeschwindigkeit der beiden Wellenteile nicht immer gleich. Je winkliger die Stellung der beiden Wellen zueinander ist, desto ungleichförmiger läuft die angetriebene Welle. Beim Kraftwagen kommen jedoch nur sehr kleine Winkel in Betracht, so daß der unregelmäßige Umlauf der Kardanwelle im Betrieb für die Fahrenden nicht merkbar wird.

Die Vorrichtung hat ihren Namen von dem großen Arzt und Mathematiker Hieronymus

Cardanus erhalten, der im 16. Jahrhundert lebte. Sie ist jedoch nicht von ihm erfunden worden, sondern war schon dem Byzantiner Philo 200 Jahre vor Christi Geburt bekannt. Cardanus aber verwendete sie an sehr auffälliger Stelle, nämlich für den Einbau eines Sitzes auf dem Wagen des Kaisers. Die Person der Majestät sollte durch die Doppelaufhängung des Sitzes nicht mehr genötigt sein, die höchst unangenehmen Schwankungen der damaligen Wagen mitzumachen.

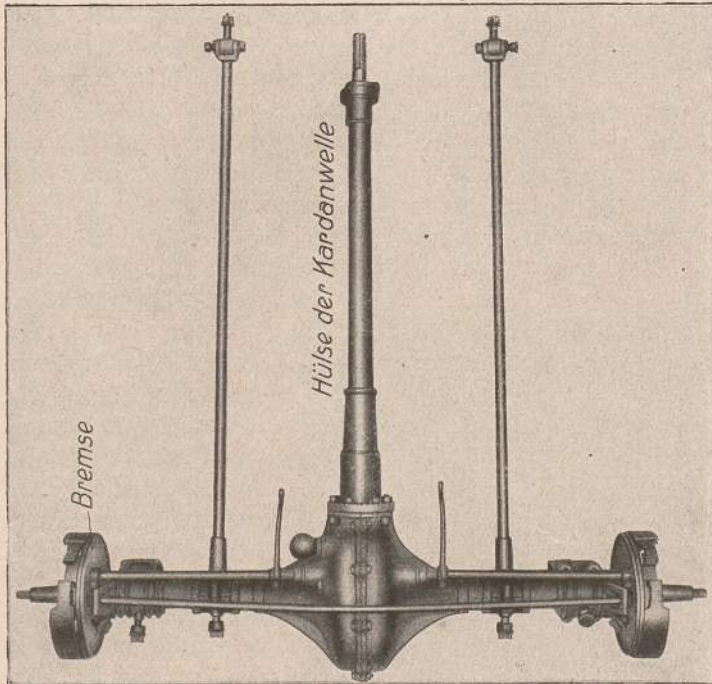
Die ursprüngliche „cardanische Aufhängung“ besteht aus zwei vollen Ringen, von denen der eine, der größere, mit zwei Zapfen drehbar in festen Lagern hängt, während der innere Ring mit zwei Zapfen in den äußeren eingesetzt ist und zwar so, daß die Verbindungslinien der zusammengehörigen Zapfenlager aufeinander senkrecht stehen. Der



189. Hieronymus Cardanus

1501–1576





190. Einhülzung der Hinterachse  
mit Streben zur Kraftübertragung auf den Rahmen

innere Ring wird hierdurch befähigt, ständig in seiner Lage zu verharren, welche Bewegungen die feste Lagerung auch ausführen mag. Die Anordnung wird heute noch sehr viel für die Aufhängung von Uhren, Kompassen und Laternen auf Schiffen verwendet.

Beim Kraftwagen sind die Ringe zu Bügeln geworden und dafür die getrennten Lagerzapfen zu zusammenhängenden Bolzen. Das ganze Gelenk ist eingehüllt und durch seine Kapsel, die mit Öl gefüllt wird, fest an einem Rahmenquerträger angebracht. Die zur Hinterachse abgehende Welle soll nur die Drehung übermitteln, aber nicht den Schub, den die angetriebene Achse auf den gesamten Wagen ausüben muß. Deshalb zieht sich von der Kardan kapsel zu der Hülse, welche die Hinterachse umgibt, ein Rohr, durch das die Kardanwelle von dem Schub entlastet wird (Bild 190). Dem gleichen Zweck dienen zwei Streben, die vom Rahmenquerträger zur Achshülse gehen. Diese sind um so mehr notwendig, als ja die Hinterachse ursprünglich nur durch die Federn mit dem Rahmen in

Verbindung steht. Wäre die Absteifung nicht vorhanden, dann würde die Achse bei ihrer Vortriebsarbeit die Federn sehr stark nach vorn ziehen, so daß die hinteren Pendel leicht umkippen könnten.

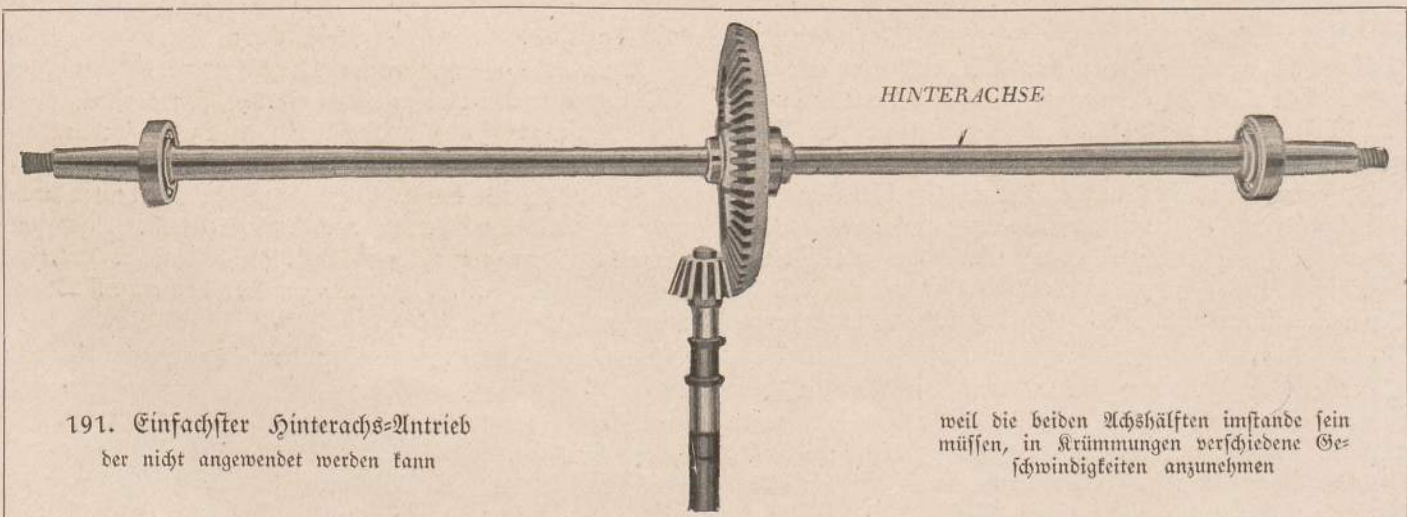
Jede der beiden Antriebsarten hat nun ihre Vorteile und Nachteile. Doch sind die Vorzüge der Kardan-Anordnung so groß, daß die Gelenkwagen in kurzem alleinherrschend sein werden.

Beim Kettenantrieb ist der ungefederte Teil leicht. Er besteht eben nur aus der Hinterachsstange und den Rädern. Das schwere Ausgleichgetriebe liegt in der Kettenachse, die am gefederten Rahmen befestigt ist. Aber man ist gezwungen, den Trieb, der auf jeder Seite aus den beiden Kettenrädern und der Kette besteht, ohne Ölbad frei in der Luft laufen zu lassen, so daß er der Verstaubung in höchstem Maß ausgesetzt ist. Einkapselung der Treibketten würde zur Anbringung großer, allzu schwerer Ölbehälter zwingen, und deren Vorhandensein wäre, abgesehen von der Steigerung des Wagengewichtes, noch deshalb besonders unangenehm, weil jede Kette in nicht sehr langen Zwischenräumen abgenommen werden muß, um verkürzt zu werden. Es ist nicht zu vermeiden, daß ihre Glieder sich im Betrieb ziemlich stark strecken, wodurch Gefahr entsteht, daß eine Kette bei rascher Fahrt abgeschleudert wird. Die durch Staub und Schmutz verunreinigten Ketten rufen ein starkes Geräusch hervor.

Beim Kardan fallen Geräusche und Nachstellung fort; alle Teile sind vortrefflich eingekapselt und mit Öl versorgt. Deshalb nimmt man in Kauf, daß der ungefederte Teil sehr schwer ist. Denn die Hinterachse muß nunmehr aus mehreren Teilen zusammengesetzt sein; sie hat die eigene Einhülzung, das Ausgleichgetriebe sowie die Kapselung der Kardanwelle und die Ansätze für die Versteifung des Gelenks zu tragen.

Die Teilung der Hinterachse bei Kardanwagen und die Zusammenschließung der beiden Hälften durch das Ausgleichgetriebe haben einen eigentümlichen Grund. Es muß nämlich dafür gesorgt sein, daß die beiden festgekeilten Hinterräder bald mit genau gleicher Schnelligkeit sich drehen, bald mit ganz verschiedenen Geschwindigkeiten umlaufen können.

Beim Pferdewagen ist jedes der vier Räder sozusagen eine Persönlichkeit für sich. Sie stecken einzeln auf den Achshälften und können sich nach Belieben drehen. Die



191. Einfachster Hinterachs-Antrieb  
der nicht angewendet werden kann

weil die beiden Achshälften in Stande sein müssen, in Krümmungen verschiedene Geschwindigkeiten anzunehmen

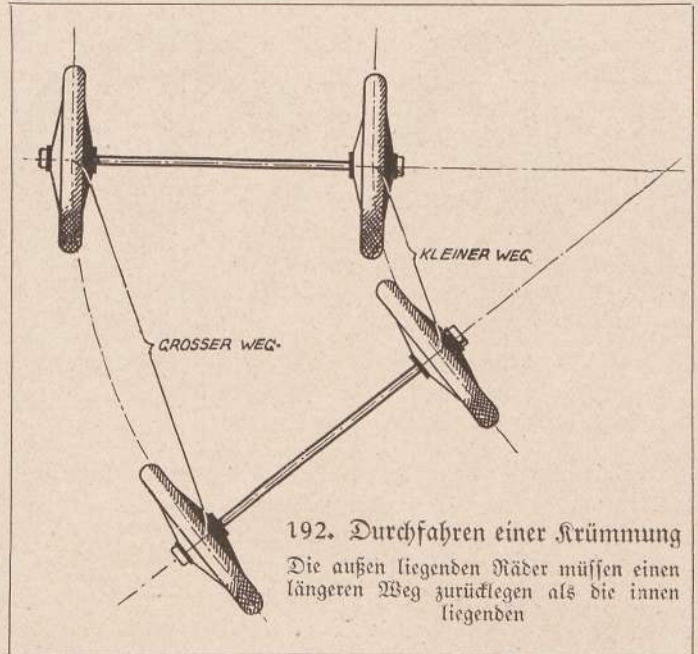


Geschwindigkeit des einen ist von der jedes andern unabhängig. Das ist bei dem von Pferden gezogenen Fahrzeug möglich, weil hierbei die Räder ja nichts mehr sind als bloße Stützen des Wagengestells. Beim Kraftwagen gilt das gleiche für die Vorderräder, und diese sitzen denn auch hier lose und mit vollster Drehfreiheit auf Achsschenkeln. Die Hinterachse beim Kardanwagen aber ist nicht nur stützend, sondern auch treibender Teil. Ihre Räder gehören zur Maschine.

Die Kardanwelle endet in einem Kegelrad, und wenn nichts weiter zu bedenken wäre, könnte man dieses einfach in ein senkrecht hierzu stehendes zweites Kegelrad eingreifen lassen, das auf die Hinterachse gekeilt wäre (Bild 191). Hätte der Kraftwagen immer nur auf völlig gleichmäßiger Bahn geradeaus zu fahren, so würde dieser einfachste Antrieb der beste sein, da er die gleichmäßige Drehung der beiden Hinterräder unbedingt sicherstellt. Das muß für diesen Fall auch erzwungen werden, denn der Wagen würde auf gerader, glatter Bahn die tollsten Schlingenfahrten machen, wenn die beiden Räder hier verschieden rasch liefen.

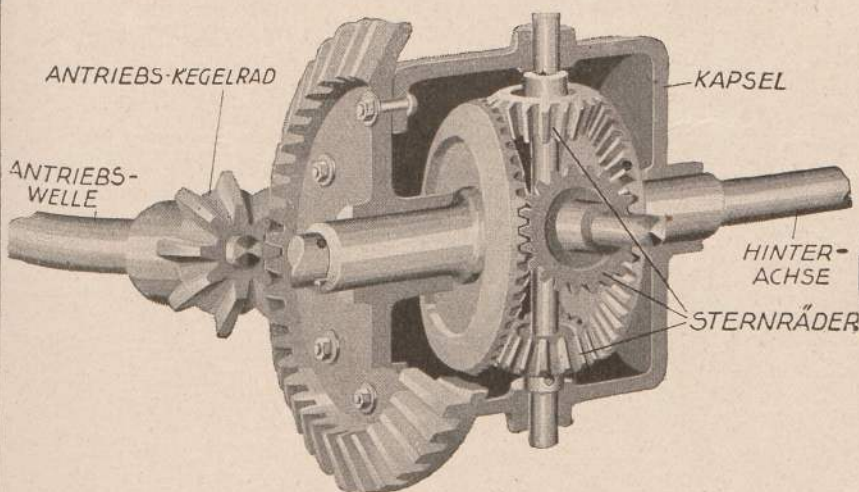
Nun biegt der Wagen aber in eine Krümmung ein. Da werden plötzlich die Weglängen für die beiden auf die Achse gekeilten Hinterräder verschieden. Das Rad, das dem Krümmungsmittelpunkt näher liegt (Bild 192), hat vom Beginn des Krümmungsbogens bis zu seinem Ende einen kürzeren Weg zu durchmessen als das äußere Rad. Selbstverständlich aber müssen beide zu gleicher Zeit am Krümmungsende ankommen. Daraus folgt, daß das äußere Rad rascher laufen muß als das innere.

Wäre die Hinterachse aber immer ein starres Stück, so wie sie es für den Geradeaus-Lauf sein soll, dann könnten diese verschiedenen Geschwindigkeiten nicht auftreten. Eines der Räder müßte in jeder Krümmung auf dem Boden schleifen, da es an genügend geschwinde Drehung behindert wäre. Das ergäbe nicht nur das Auftreten sehr starker Verdrehungskräfte in der Hinterachse, es würde nicht nur ein überstarker Verschleiß der Gummireifen herbeigeführt, auch das sichere Lenken des Wagens durch Straßenbogen wäre schwer möglich. Das Gleiche gilt für jede Fahrt über eine Straße, auf der die eine Wagen Seite andere Unregelmäßigkeiten der Decke vorfindet als die andere. Genau be-

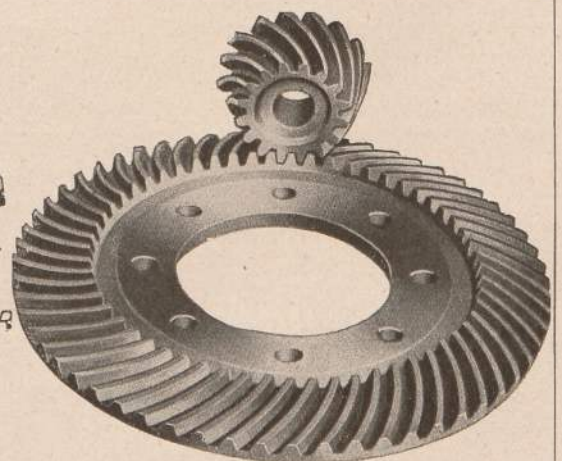


trachtet ist dies aber bei jeder ungeglätteten Straße der Fall. Es werden also an die Hinterachse zwei Forderungen gestellt, die einander aufs stärkste widersprechen: sie soll auf gerader, glatter Bahn eine starre Verbindung der beiden Hinterräder sein, bei Fahrten in Krümmungen und über unregelmäßig gebildete Straßendecken aber verschiedene Geschwindigkeiten der beiden Räder zulassen. Da man natürlich die Achse nicht fortgesetzt auswechseln kann, so mußte ein Bauteil erdacht werden, dessen Einfügung in ungewöhnlicher Weise die Achse bald starr, bald nachgiebig macht. Das ist eben das Ausgleichgetriebe oder Differential.

Bevor wir seinen Bau erörtern, sei darauf hingewiesen, daß alle Betrachtungen, die wir eben über die Hinterachse beim Kardanwagen gemacht haben, für die Kettenachse beim Kettenwagen gelten. Dessen Hinterräder sitzen einzeln auf ruhenden Achsschenkeln. Der Antrieb greift bei der Kettenachse an, und deren kleine gezähnte Räder müssen in derselben Weise bald gleich rasch, bald mit verschiedener

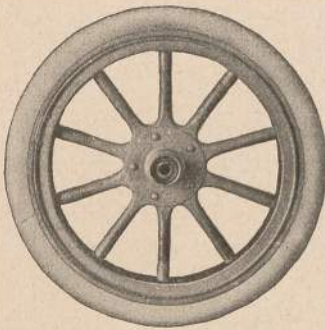


193. Ausgleich- oder Differential-Getriebe

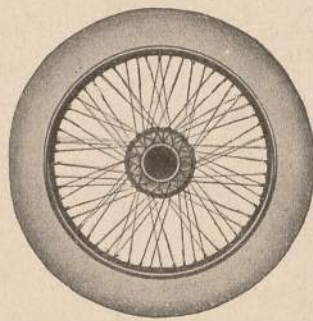


194. Verzahnung des Ausgleich-Getriebes mit geschweiften Zähnen, wodurch ein fast völlig geräuschloser Gang des Wagens entsteht.  
Böttcher & Geßner in Altona

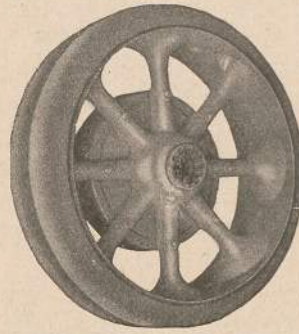




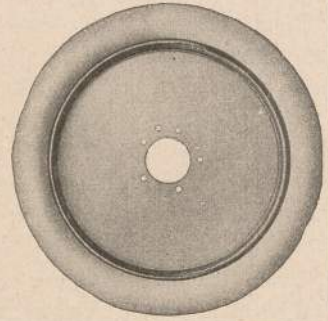
1. Mit Holzspeichen



2. Mit Drahtspeichen



3. Aus Stahlguß mit Bremscheibe



4. Scheibenrad. MG

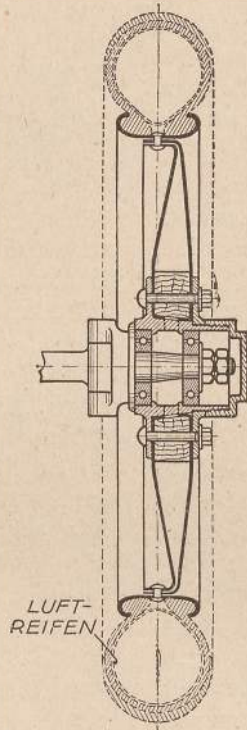
## 195. Kraftwagenräder

Geschwindigkeit laufen können, wie es eben geschildert wurde, weil sie ja durch Ketten mit den losen Rädern verbunden sind. Und deren Lauf ist dem der festgekeilten Räder selbstverständlich gleich.

Die Achse, in welche ein Ausgleichgetriebe geschaltet ist, besteht aus zwei Stücken, deren jedes von einer Radnabe bis in das Ausgleichgetriebe hineinfließt. Dessen Aufgabe ist es, bei gleichlanger Bahn für die Räder die beiden Achsteile zu einem starren Stück zusammenzuschließen, bei ungleichlangen Bahnen aber das Verdrehen des einen Achsteiles gegen den anderen zu gestatten. Es gelingt das mit Hilfe einer sturwandigen Kapsel, deren eine Wand selbst als Regel-Zahnrad ausgebildet ist und in deren Innerem sich sechs Regelräder befinden (Bild 193).

Zwei von diesen sitzen fest auf den Enden der beiden Achsteile, welche die Kapselwände frei drehbar in Lagern durchdringen. Jedes der vier anderen, kleineren Regelräder wird von einer ganz kurzen Stummelwelle getragen, die wiederum drehbar in der Kapsel steckt. Die mathematischen Achsen der vier kleinen Sternräder bilden miteinander ein Kreuz.

Die vom Kardangelenk herkommende Triebwelle endet in dem Antriebskegelrad, das in das Kapsel-Regelrad eingreift. Wenn der Wagen fährt, wird also die Kapsel des Ausgleichgetriebes um eine Mittellinie gedreht, die mit der Mittellinie der Hinterachse zusammenfällt. Die vier mit Wellenstümpfen in die Kapsel eingesetzten Sternräder werden



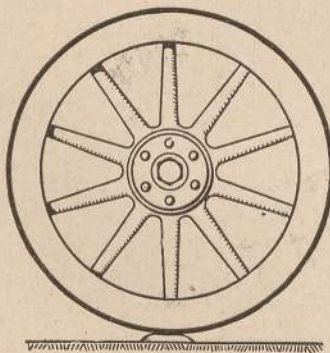
196. Schnitt durch ein Scheibenrad mit Bereifung

mitgenommen, und sie zwingen durch die ineinandergreifende Verzahnung auch die Hinterachsteile zur Drehung. Solange die beiden Räder auf der Straße gleichen Widerstand finden, läuft das Ganze als ein starres Gebilde gerade so, als wenn die Achse aus Einem Stück bestünde. Die Sternräder machen nur die Kapseldrehung mit, laufen aber nicht um die eigenen Achsen.

Sobald der Wagen jedoch durch eine Linkskrümmung fährt oder die Straßendecke unter dem rechten Rad stärkere Wellungen besitzt als unter dem linken, muß das rechte Rad schneller laufen als das andere und mit ihm die rechte Achshälfte. Sie ist hierzu imstande, indem sie die kleinen Sternräder in Drehung um ihre eigenen Wellenachsen versetzt. Die Rädchen drehen sich gerade so rasch, daß die Verschiedenartigkeit in den Geschwindigkeiten der beiden Achsteile ausgeglichen wird. Sie machen also jetzt eine doppelte Bewegung: einmal drehen sie sich gemeinschaftlich um die Achsmittellinie und weiter jedes um die Mittellinie seiner eigenen Stummelwelle. Aus diesem Grund nennt man sie auch Planeten- oder Sternräder, weil ja die Planeten gleichfalls zwei Bewegungen, um die Sonne und um die eigene Achse, vollführen. Die Sternräder bilden also eine je nach der äußeren Einwirkung bald starre, bald verschieb-

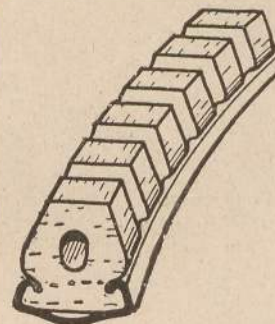
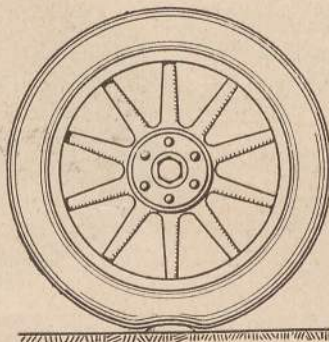
liche Verbindung zwischen den Achshälften.

Was da im Innern der Kapsel des Ausgleichgetriebes bei Fahrten durch Krümmungen geschieht, werden wir



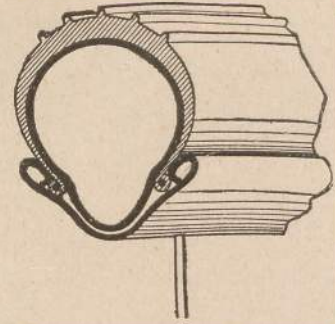
197. Der Nutzen des Luftreifens

Das eisenbereifte Rad klettert auf das Hindernis hinauf, während der Luftreifen es stoßlos in sich aufnimmt



198. Ein Vorfahr des Luftreifens

Befleidung des Felgenkranzes mit einem zerschlitzten Vollgummireifen



199. Luftreifen-Befestigung nach Welch

Die Enden des Reifens werden durch einen durchgesteckten Draht im Felgenkranz gehalten

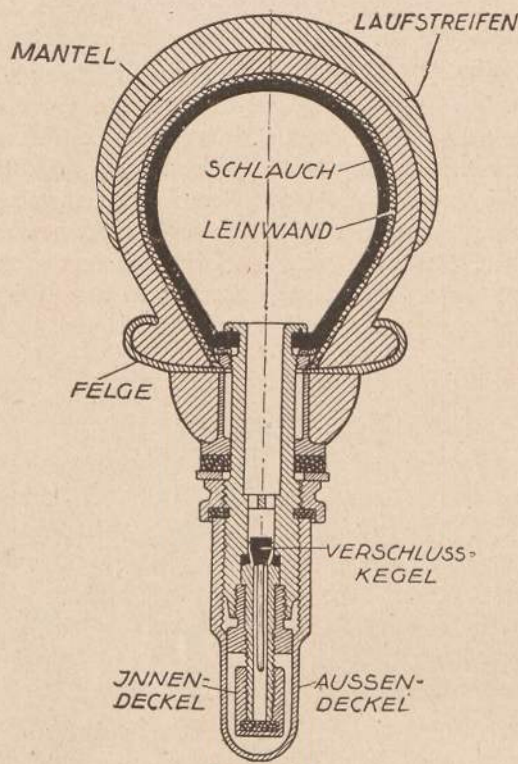


vielleicht noch besser verstehen, wenn wir uns vorstellen, daß nach Abhebung der Hinterräder vom Boden die Kardanwelle in Umdrehung versetzt, der linke Teil der Hinterachse aber festgehalten wird. Dann läuft der rechte Achsteil nebst dem daran befestigten Rad doppelt so rasch wie die Kardanwelle. Denn einmal unterliegt er durch Vermittlung der Sternräder dem Antrieb durch die sich drehende Kapsel und zweitens wickeln sich die Sternräder auf dem feststehenden Regelrad des linken Achsteiles ab, wodurch noch einmal ein ebenso geschwinder Antrieb des rechten Achsteiles hervorgerufen wird.

Die Anordnung gibt in ihrer Gesamtheit jedem der beiden Achsteile volle Drehfreiheit. Nur wenn der Straßenwiderstand unter den beiden Rädern genau gleich ist, stehen die Sternräder still. Das ist aber selten der Fall, da auch bei der Fahrt über eine gerade Strecke fast stets verschiedene Geschwindigkeiten der Räder durch die Zerklüftung der Straßendecke erzwungen werden. Das Ausgleichgetriebe arbeitet daher am fahrenden Wagen fast ununterbrochen.

Seine wohlthätige Wirkung ist groß, und ein sicheres Fahren ohne seine Anwendung kaum möglich. Das Getriebe kann jedoch in besonderen Fällen auch einmal schädigenden Einfluß üben. Steht der Wagen z. B. so, daß das linke Rad ein trockenes Straßenstück unter sich hat, das rechte aber sich in schlüpfrigem Schlamm befindet, dann wird infolge des hohen Widerstandes am linken Rad nur das rechte durch den Antrieb gedreht, so daß es mit doppelter Geschwindigkeit umläuft. Der Wagen kommt dann natürlich nicht vom Fleck. Um solche Zufälligkeiten auch bei schweren Lastwagen, insbesondere auf Steigungen, ausschalten zu können, wird an solchen Fahrzeugen eine Vorrichtung angebracht, die eine vorübergehende Sperrung des Ausgleichgetriebes gestattet. Man muß mit dieser Maßnahme jedoch sehr vorsichtig sein, denn wenn man hinterher vergißt, die Sperrung des Ausgleichgetriebes zu beseitigen, dann wird der Wagen beim Einlenken in die nächste Krümmung recht unerwartete und gefährliche Bewegungen machen.

Die Erbauer hochwertiger Personenwagen streben heute mit allen Mitteln danach,



200. Schnitt durch einen neuzeitlichen Luftreifen mit Ventil

einen möglichst geräuschlosen Antrieb einzurichten. Da bei geradliniger Ausbildung der Zähne am Kardanwellen- und Kapselrad das Klammern der Räder stets hörbar ist, so wurde eine Verzahnung mit geschweiften Zahnflanken ausgebildet (Bild 194), deren Arbeiten infolge allgeringsten Eingriffs ganz still vor sich geht. Die Herstellung solcher Räder kann nur auf besonders hierfür gebauten Spezialmaschinen erfolgen; sie ist schwierig und teuer, aber das Ergebnis liefert einen Differential-Antrieb von ausgezeichneter Güte.

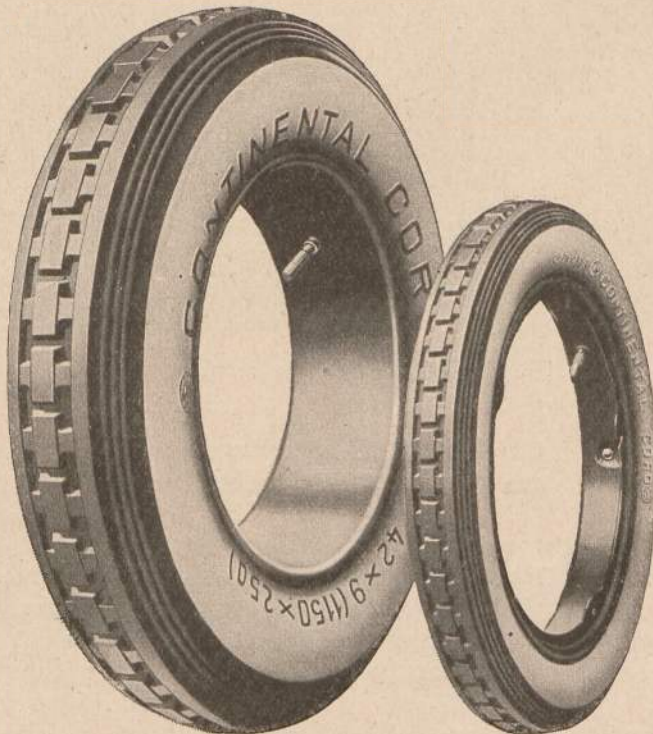
Die Vorderräder am Kraftwagen wurden früher nach dem Vorbild der Pferdewagen kleiner gehalten als die Hinterräder. Heute macht man alle vier Räder gleich, insbesondere deshalb, weil man in der Lage sein will, dieselben Luftreifen zu verwenden.

Bei den Personenwagen herrscht das Holzrad vor; es ist mit einer Nabe aus Stahlguß oder geschmiedetem Stahl versehen. Nicht allzufelten sind aber auch die Drahtspeichenräder, die eine Verminderung

des Gewichtes bringen, jedoch einen weniger hübschen Anblick gewähren. Die Räder der Lastwagen, die mit Bollgummi bezogen sind oder ganz ohne federnden Schutzmantel laufen, werden meist in Einem Stück mit der Bremshülse aus Stahl gegossen. Aus Amerika zu uns gekommen sind die Scheibenräder, deren glatte Flächen so gut zu schweren, geschwindigen Wagen passen. Aber ihre Fügung gibt der Schnitt auf Bild 196 Auskunft.

Das Rad des Personenwagens ist der Träger des Luftreifens, dieses höchst eigenartigen Gebildes, dessen Bedeutung für die Kraftwagenteknik gar nicht überschätzt werden kann.

Es wurde bereits gesagt, daß ein rasches Fahren mit dem Kraftwagen ohne federnde Bereifung nicht möglich ist. Während des Krieges sind infolge des Mangels an Gummi sehr viele Versuche gemacht worden, einen Ersatz für die Luftreifen zu schaffen. Stahlbrähte jeglichen Durchmessers wurden zu Federn gewickelt und in den erdenklichsten Zusammenstellungen auf den Felgen befestigt. Alle derartig ausgerüsteten Räder sind restlos wieder verschwunden. Denn keines von ihnen vermochte die kleinen Fahrthindernisse, die überall auftreten, zu überbrücken. Mehr oder weniger



201. Riesenluftreifen für Omnibusse und Normalreifen Continental = Caoutchouc u. Guttapercha = Compagnie, Hannover



hoben sie alle, gerade wie die gewöhnlichen eisenbereiften Räder, den Wagen auf das Hindernis hinauf, um ihn so gleich wieder hinunterfallen zu lassen. Und derartigen Erschütterungen ist kein Rahmen auf die Dauer gewachsen.

Die in den Gummireifen eingeschlossene Luft allein kann, soweit wir bis jetzt sehen, geschwind genug nachgeben, um das Hinaufheben auf die Fahrthindernisse auch bei größter Geschwindigkeit zu vermeiden. Diese werden von dem elastischen Luftreifen gewissermaßen verschlungen. Die große französische Luftreifenfabrik Michelin führt daher auf ihren Reklameplakaten mit Recht den Satz: „Le pneu boit l'obstacle!“ („Der Luft-Reifen schlürft das Hindernis ein!“) Ohne daß eine merkbare Zeit vergeht, wird der Stoß aufgenommen, und sofort beteiligt sich die Gesamtheit des Reifens an der Federung. Dauernde Formänderungen können an ihm nicht auftreten. Kein fester Körper vermag in so vollendeter Weise zu arbeiten. Nur ein reizungsarmes Gas ist dazu fähig. Wir sind deshalb nach wie vor auf den Luftreifen angewiesen, obgleich er aus einem so teuren Stoff wie Gummi besteht und eine überaus hohe Empfindlichkeit hat.

Wenn ein wirklicher Fortschritt auf diesem Gebiet erzielt werden soll, müssen die Gedanken nicht darauf gerichtet werden, die Luftfeder durch eine andere zu ersetzen, sondern einen Stoff zu finden, der ebenso elastisch und luftundurchlässig ist wie Gummi und dennoch schadlos Nägel schlucken kann wie ein Zirkuskünstler. Die Aussichten darauf, daß ein solcher Stoff wirklich gefunden wird, sind allerdings äußerst gering.

Die Geschichte des Gummireifens bietet viele fesselnde Einzelheiten. Er ist zu einer Zeit erfunden worden, die ihn noch gar nicht verwerten konnte. Und als seine Eigenschaften sehr erwünscht waren, mußte er neu erdacht werden, da sein Vorhandensein gänzlich vergessen worden war.

Im Jahre 1845 versah der englische Fabrikant Robert W. Thomson die Räder von Pferdefahrzeugen mit luftgefüllten Reifen, um das Geräusch auf dem Pflaster zu

dämpfen und die Vorwärtsbewegung zu erleichtern. In seiner Patentschrift heißt es:

„Die Erfindung kennzeichnet sich durch das Anbringen elastischer Bandagen auf den Felgen von Wagenrädern, die bezwecken, die zu deren Fortbewegung notwendige Kraft zu verringern, ihre Bewegung sanfter zu machen und ihr Geräusch zu vermindern. Um diesen Erfolg zu erreichen, wird ein hohler Ring aus einer Substanz verwendet, die für Wasser und Luft undurchdringlich ist, z. B. aus geschwefeltem Kautschuk oder Guttapercha. Diese Ringe werden mit Luft aufgeblasen, so daß die Räder auf ihrer ganzen Lauf-

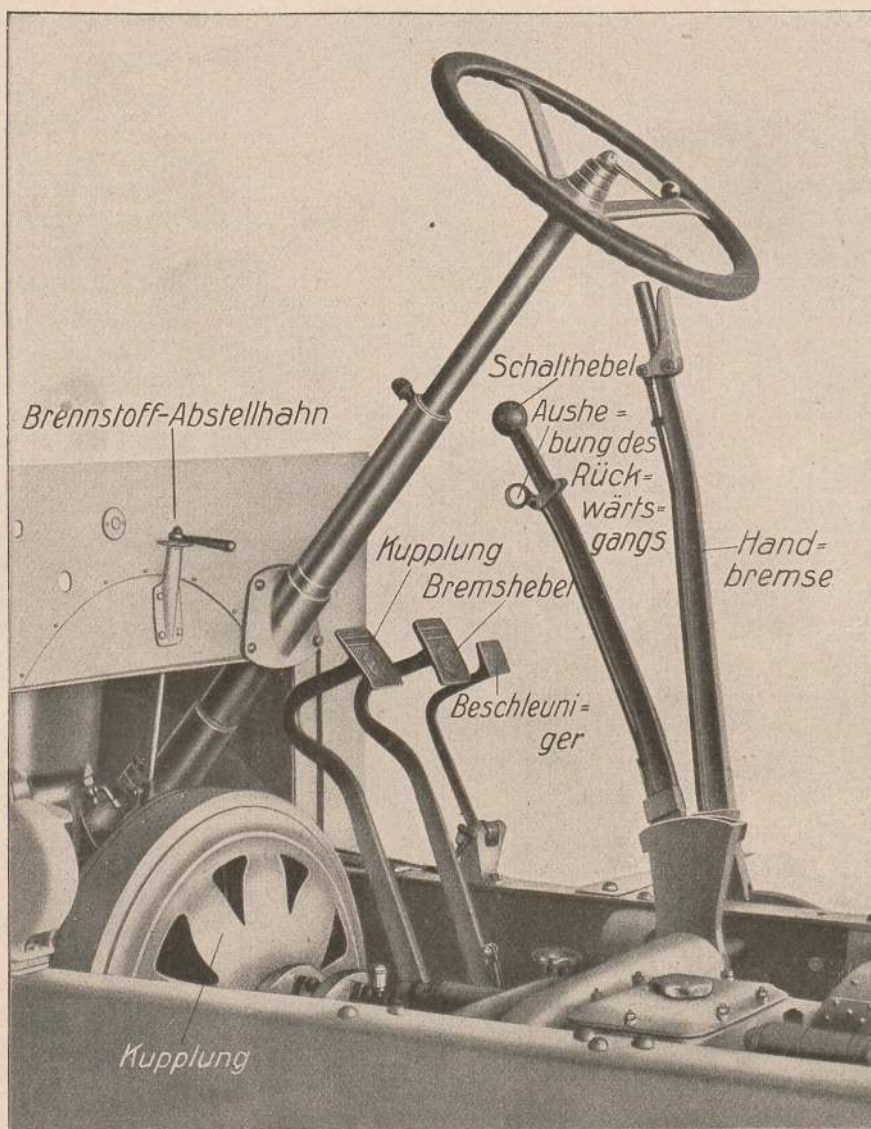
fläche mit einem Luftkissen versehen sind, gleichgültig ob sie auf gewachsenem Boden, auf Schienen oder auf anderen Körpern laufen sollen.“

Man sieht, daß Bau und Zweck der Thomson-Reifen genau die gleichen waren, wie sie noch heute für die Kraftwagen-Ausrüstung maßgeblich sind. Ein Unterschied besteht nur darin, daß die Leitung in Schlauch und Mantel nicht vorhanden war; zu dieser ist man erst weit später gekommen.

In England wurde so mancher elegante Wagen mit solchen Dämpfern versehen. Da aber die Reifen eine unförmige Größe hatten, so blieben sie Merkwürdigkeiten; die Masse lachte über die dicken Schlangen, die einzelne Sonderlinge um die Räder ihrer Wagen legten. Als bald verschwanden die Reifen denn auch wieder vollständig.

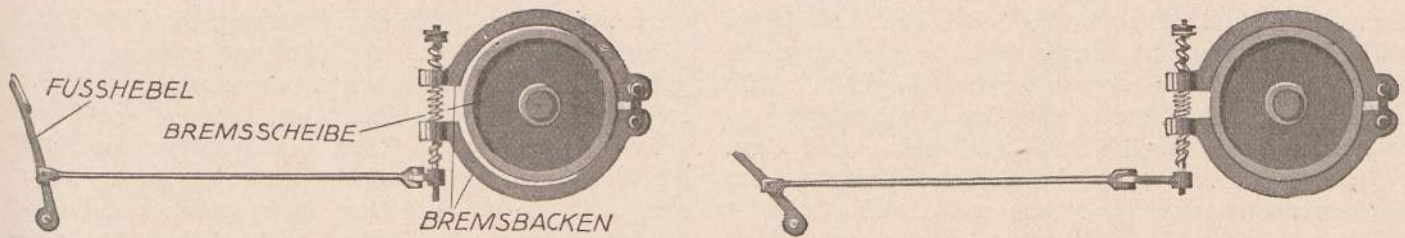
Zahrzehnte später wurde das Fahrrad

zu einem immer lebhafter gebrauchten Verkehrswerkzeug. Mit Eifer suchte man an vielen Orten nach einem Mittel zur Dämpfung der Stöße auf schlechtem Pflaster. Es wurden geteerte Schiffstaupe, später Ledergürtel um die Felgen gelegt. Im Jahre 1875 machte Thévenon in Lyon den ersten Versuch, Vollgummi zur Federung von Fahrrädern zu verwenden. Es zeigte sich, daß der Stoff in dieser Form trotz seiner Elastizität die Stöße nur wenig mildert. Darauf schlugte man die Räder durch leicht zusammendrückbaren Moosgummi, wie wir ihn heute für Schwämme verwenden, oder zerlegte den Reifen durch Einschnitte in einzelne nachgiebige Lappen. Durch alle diese



202. Die Ausrüstung des Fahrerplatzes (MAG)





203. Getriebebremse

Links gelöst, rechts angezogen

Maßnahmen wurde herzlich wenig gewonnen. In den achtziger Jahren des vorigen Jahrhunderts schenkte der Tierarzt John Boyd Dunlop, der in der irischen Stadt Belfast wohnte, seinem zehnjährigen Söhnchen ein Dreirad. Der Knabe fuhr damit über die holprigen Straßen, aber die heftigen Stöße, die er aushalten mußte, minderten sein Vergnügen. Der Vater sah das, und ihm kam ein Gedanke, dem Übel leicht und gründlich abzuweichen.

Dunlop hatte in seinem Besitz einen prächtigen Gummischlauch, den er zum Besprengen seiner Gartenbeete benutzte. Von diesem schnitt er drei genügend lange Stücke ab, flebte jedes zu einem Ring zusammen, legte die Reifen um die Räder des Dreirads und pumpte Luft hinein. Damit die Schläuche nicht hinunterfielen, wurden sie durch umgewickelte Segeltuchstreifen an den Felgen befestigt. Als der Knabe nun von neuem mit seinem Spielzeug über die Straßen fuhr, war er sehr zufrieden über die Stoßlosigkeit, mit der er sich fortbewegen konnte. Die gesamte Familie Dunlop freute sich über den netten Einfall des Vaters, und dabei blieb es.

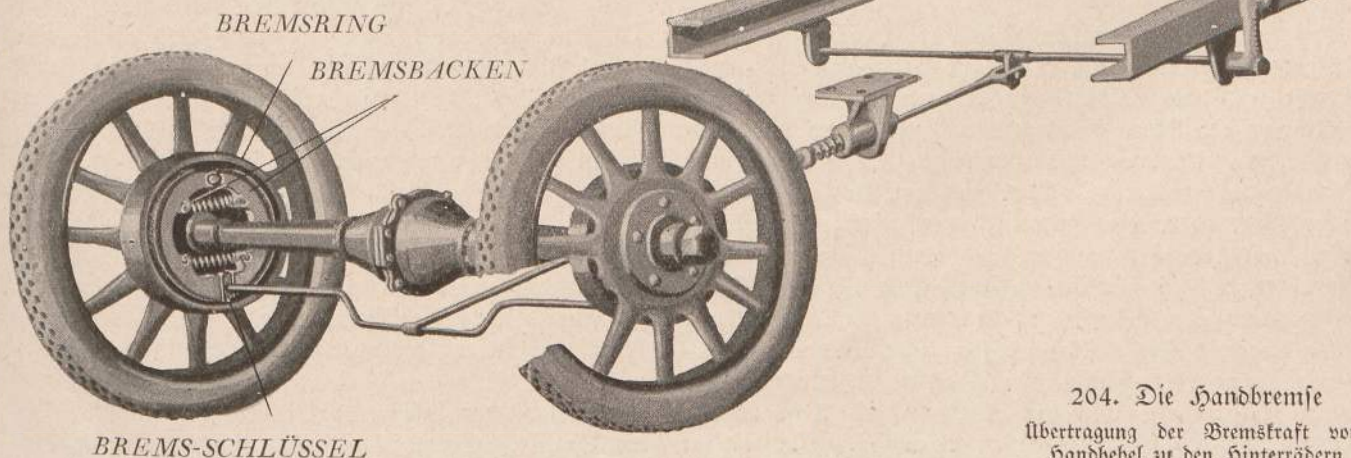
Erst beträchtliche Zeit später wollte es der Zufall, daß ein englischer Rennfahrer den kleinen Dunlop auf seinem Dreirad beobachtete. Er war im höchsten Grad überrascht über die stoßdämpfende Wirkung der Luftreifen, suchte den Vater auf und machte diesen darauf aufmerksam, daß er etwas geradezu Geniales erdacht habe. Nun erst dämmerte dem Tierarzt auf, daß ihm eine bedeutende Erfindung gelungen war. Er ging hin und ließ sich schleunigst ein englisches Patent erteilen. Es blieb das einzige, das Dunlop jemals erhalten hat. Denn alle übrigen Staaten lehnten die Schutzerteilung ab, weil sie der sehr berechtigten Meinung waren, daß in Thomsons Patent aus dem Jahre 1845 schon der ganze Gedanke Dunlops enthalten gewesen sei.

Zur Überraschung aller tauchte dieser Schutzbrief plötzlich aus der Versenkung auf. Die im Jahre 1888 ge-

gründete Dunlop-Gesellschaft hatte die schwierigsten Rechtsstreitigkeiten dagegen zu führen. Ihr Gedeihen wurde dennoch nicht beeinträchtigt, da sie technische Fortbildungen des gemeinsamen Gedankens von Thomson und Dunlop schuf, die ihr für lange Zeit einen unbestrittenen Vorrang auf dem Weltmarkt sicherten.

So erwarb die Dunlop-Gesellschaft im Jahre 1890 ein Patent von Welch, das den überaus förderlichen Gedanken enthielt, die Vereifung in einen luftführenden Schlauch und einen schützenden Mantel zu teilen. Welch gab der Schutzdecke zugleich verstärkte Endkanten, durch die ein Draht hindurchlief. Beim Aufpumpen des Reifens wurde dieser Draht in Aussparungen des eigentümlich geformten Felgenkranzes hineingedrückt (Bild 199). Er lag nun nicht mehr frei auf der platten Felge, wie es bei der bis dahin unverändert beibehaltenen Anordnung nach Thomson der Fall gewesen war, bei der oft schädliche Verschiebungen nach den Seiten vorkamen. Die endgültige Befestigungsart aber stammt von Bartlett, der an seinem Klammerreifen den Draht fortließ und ihn durch einen verdickten Gummiring ersetzte. Dieser kann sich in unübertrefflicher Weise in die ausgerundete Felge klemmen. In einer von Michelin in Frankreich und der Continental-Caoutchouc- und Guttapercha-Compagnie in Hannover weitergebildeten Form benutzen wir den Klammerreifen noch heute.

Der luftführende Schlauch wird aus reinem besten Paragummi hergestellt. Einziger Zusatz ist der Schwefel, der für das Vulkanisieren notwendig ist. Gummi ist nämlich im Naturzustand für Gebrauchsgegenstände nicht zu verwenden. Er muß mit Schwefel vermengt und dann auf 120–150 Grad erhitzt werden. Hierbei gehen Gummi und Schwefel eine chemische Verbindung ein: es entsteht der vul-



204. Die Handbremse

Übertragung der Bremskraft vom Handhebel zu den Hinterrädern



kanisierte Gummi. Der Kautschuk hat nun die Klebrigkeit seines Rohzustandes verloren und ist sehr viel widerstandsfähiger gegen Wärmeunterschiede geworden. Die Schwefelbeimengung bewirkt ferner eine Steigerung der Zugfestigkeit und der Elastizität. Damit man den Schlauch aufpumpen kann, wird ein Ventil, das luftdicht in eine Gummiplatte eingesezt ist, sogleich mit einvulkanisiert. Es besteht aus einem Rohr, das mit einem kleinen Regelverschluß versehen ist. Dieser öffnet sich bei Druck von außen, läßt aber nichts von innen hinaus (Bild 200).

Der Mantel entsteht durch Wickeln von Streifen über geeignete Formen. Vorher wird festes Segeltuch zwischen schweren, dampfgeheizten Walzen mit Gummi belegt, der auch in die Maschen hineingepreßt wird. Man schneidet alsdann das Gewebe in schmale Streifen und wickelt viele davon übereinander, bis die gewünschte Dicke des Mantels erreicht ist. Ein Lauffstreifen aus reinem Gummi, der verschiedene Formen haben kann, kommt darüber. Das Ganze wird in einen Kessel getan und durchvulkanisiert. Das Segeltuch gibt dem Mantel die Widerstandsfähigkeit, der Gummi verleiht ihm seine Elastizität.

Die Reifen werden, nachdem sie auf das Rad gebracht sind, je nach der Schwere des Wagens mit Druckluft von 3 bis 6 Atmosphären aufgepumpt. Die Borderräder erhalten meist einen um etwa eine halbe Atmosphäre geringeren Druck, da sie weniger beansprucht werden. Um die sehr lästige Arbeit des Aufpumpens mit der Hand unnötig zu machen, werden jetzt vielfach Stahlflaschen mit gepreßter Luft mitgeführt, die nur mittels eines Schlauches an das Ventil geschraubt zu werden brauchen, um nach Öffnen eines Hahns den Reifen in kürzester Zeit zu füllen. Ein am Auslaß der Flasche angebrachter Druckmesser läßt beobachten, welche Pressung die in den Reifen eingelassene Luft hat.

Auf gewöhnlicher Landstraße liegt der Gummimantel des Reifens so auf der Straßendecke, daß genügende Reibung entsteht, um den Vortrieb zu ermöglichen und seitliches Schleudern der Räder zu vermeiden. Auf besprengten Stadtstraßen, auf lehmigen und schmierigen Wegen aber wird die Anhaftung zu gering. Man gibt dem Mantel, um diese zu erhöhen, daher eine gestreifte oder gezackte Oberfläche, ja man muß dazu übergehen, noch einen besonderen Gleitschutz hinzuzufügen. Zu diesem Zweck wird mit dem Mantel ein Gummi- oder Lederstreifen verbunden, in den stählerne Nieten eingesezt sind. Diese erfüllen ihre Aufgabe im allgemeinen auch vortrefflich; auf Asphaltstraßen jedoch erhöhen sie die Gleitgefahr, weil die Nietköpfe sich nicht in den harten Straßenbelag einzudrücken vermögen. Aus diesem

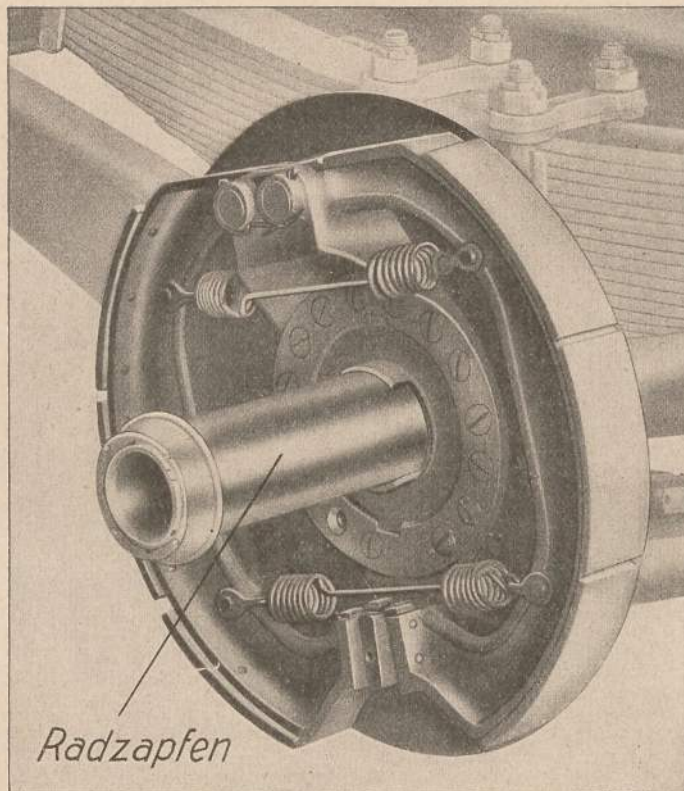
Grund werden an Wagen, die oft in einer Großstadt fahren müssen, nicht alle Räder mit Gleitschutz versehen, sondern nur zwei, meistens ein Hinterrad auf der einen, ein Borderrad auf der anderen Seite.

Die Durchmesser der Räder wurden früher nach Willkür bestimmt, so daß die Reifenfabriken gezwungen waren, vierzig bis fünfzig verschiedene Reifengattungen auf Lager zu halten. Jetzt aber besteht in Deutschland eine gesetzliche Bestimmung, die nur sieben verschiedene Raddurchmesser gestattet, so daß die Reifenlager nicht mehr unnötig groß zu sein brauchen.

Die Eigenschaften des Luftreifens, wie wir ihn heute besitzen, bringen es mit sich, daß er allzu starke Überlastungen nicht zu ertragen vermag. Die schweren Lastwagen fahren daher, soweit sie nicht einfache Eisenreifen haben, mit Vollgummi. Auch die Kraftomnibusse müssen diese mindere Bereifungsart anwenden, wodurch das Fahren in ihnen viel von seiner Annehmlichkeit verliert. Sie werden hierdurch stark bei ihrem Wettbewerb mit den auf Schienen rollenden Straßenfahrzeugen beeinträchtigt. Erst seit kurzem hat man begonnen, an Omnibussen Versuche mit sehr großen Luftreifen zu machen, deren Mäntel ein besonders kräftiges Gewebe enthalten.

\*

Nach den in Deutschland geltenden gesetzlichen Bestimmungen muß jedes Kraftfahrzeug mit zwei voneinander unabhängigen Bremsvorrichtungen versehen sein, „von denen mindestens die eine unmittelbar auf die Treibräder oder auf Bestandteile, die mit den Rädern fest ver-



205. Innenbremse am Hinterrad  
Oben Drehgelenke, unten der Bremschlüssel

bunden sind, wirkt, und von denen jede für sich geeignet sein muß, den Lauf des Fahrzeugs sofort zu hemmen und es auf die kürzeste Entfernung zum Stehen zu bringen“.

Dieser Vorschrift wird an den heutigen Kraftwagen dadurch entsprochen, daß mittels Fußhebels eine Bremse in Tätigkeit zu setzen ist, die auf eine Getriebewelle einwirkt, und daß man mit der Hand eine zweite Bremsvorrichtung betätigen kann, durch die der Umlauf der Hinterräder bis zum vollständigen Stillstand gehemmt wird.

Am häufigsten verwendet wird die Fußbremse. Der Betätigungshebel hierfür befindet sich rechts von der Steuer säule; an deren linker Seite liegt der Fußhebel, mit dem die Kupplung gelöst werden kann. Auf die Welle, die nach hinten aus dem Kasten des Wechselgetriebes austritt, ist eine glatte Stahlscheibe gefeilt. Ein elastisches, mit Leder oder kleinen Holzklötzchen gefüttertes Stahlband, das mit einem Ende am Rahmen, mit dem andern an dem Fußhebelgestänge befestigt ist, liegt für gewöhnlich lose um die Scheibe. Sobald der Hebel niedergetreten wird, preßt



sich das Stahlband mehr oder weniger fest an die umlaufende Scheibe und bringt so die Bremswirkung hervor.

Bei einer anderen Bauart dreht der Fußhebel eine Schraube, die hierbei zwei halbringsförmige Backen aus Gußeisen zusammenzieht und auf die Scheibe preßt (Bild 203).

Diese Getriebebremse wirkt sehr viel stärker als die Hemmung der Räder, da ja die Getriebeteile bedeutend rascher umlaufen. Daher stammt auch die Vorliebe der Fahrer für die Benutzung der Fußbremse, die noch dadurch erhöht wird, daß man für ihre Betätigung nicht die rechte Hand vom Steuerrad zu nehmen braucht.

Die zweite Bremse kann der Fahrer dadurch in Tätigkeit setzen, daß er einen Hebel, der sich rechts neben seinem Sitz befindet, nach hinten zieht. Der Hebel bewegt sich über einem Bogenstück, das mit Sperrzähnen versehen ist. In diese greift eine Sperrklinke am Bremshebel ein, die den Hebel in jeder gewählten Bremslage festhält, für das Lösen aber durch Andrücken einer Handfalle am oberen Hebelende ausgehoben werden kann.

Durch ein Gestänge wird die Hebelbewegung übertragen. Selbstverständlich muß dafür gesorgt sein, daß auf beide Hinterräder stets genau die gleiche Bremskraft ausgeübt wird. Wäre das nicht der Fall, dann würde beim Hemmen sofort das Ausgleichgetriebe in Tätigkeit treten und der Wagen eine Seitenschwenkung machen.

Die Wirkung wird auf die Naben der Hinterräder ausgeübt. Sie sind auf der Rückseite der Räder als Bremscheiben ausgebildet. Bei älteren Wagen findet man hier und da noch Außenbremsen, die genau so gebaut sind, wie die vorher geschilderten Getriebebremsen. Da aber die Außenflächen der Naben der Verstaubung und der Verschmutzung ausgesetzt sind, so ist man jetzt allgemein zu Innenbremsen übergegangen. Es gibt hier-

für verschiedene Bauarten. Eine von ihnen benutzt zwei nahezu halbkreisförmige Bremsbacken, die im Innern der Nabe liegen und nahe benachbarte Drehpunkte haben. Der angezogene Handhebel drückt die Backen auseinander, indem er einen kurzen Vierkant, den Bremschlüssel, zwischen ihren durch Federkraft zusammengehaltenen Enden ver-

dreht (Bild 205). Da alle Brems Teile einem raschen Verschleiß unterworfen sind, so ist dafür zu sorgen, daß sie leicht nachgestellt werden können.

In neuester Zeit geht man dazu über, auch die Vorderräder zu bremsen. Es entsteht dann die Bierradbremse. Die

Konstruktion ist schwierig, da ja die Vorderräder für die Lenkung schwenkbar sein müssen.

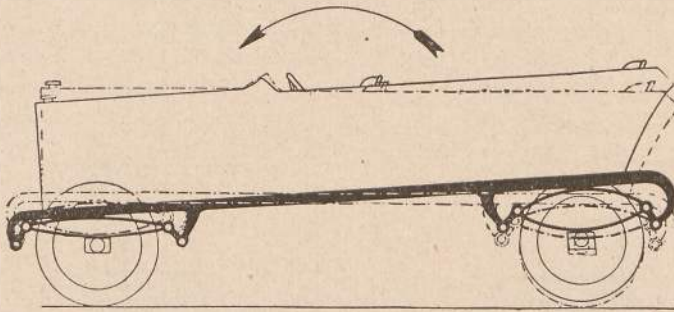
Ein guter Fahrer wird dadurch besonders gekennzeichnet, daß er die Bremsen geschickt zu bedienen versteht. Mit roher Kraft ist hierbei nichts Gutes zu erwirken. Scharfes Bremsen ist vielmehr schon oft Anlaß zu Unglücksfällen gewesen. Dem lernenden Fahrer wird immer von neuem eingeschärft, daß er die Bremsvorrichtungen möglichst wenig zur Vernichtung hoher Geschwindigkeiten benutzen soll, vielmehr sich zu bemühen hat, den Wagen nach rechtzeitiger Abschaltung der Zündung durch sanfte Betätigung der Bremse stillzusetzen.

Trotzdem kann man auf der Straße leider nicht allzu selten ein höchst überraschendes Schauspiel beobachten. Ein Kraftwagen, der eben noch flott dahinfuhr, macht plötz-

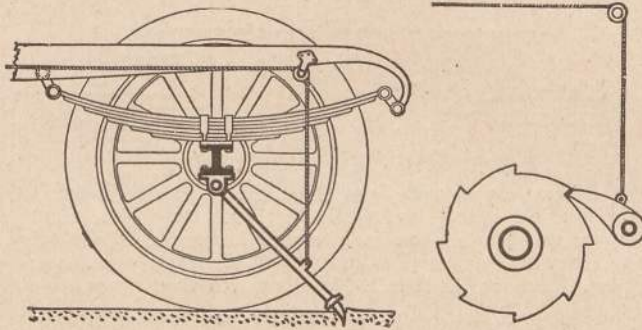
lich eine jähe Wendung, er wird hin- und hergeschleudert, manchmal so lange, bis er sich vollständig umgedreht hat. Die Ursache ist allzu schroffes Anziehen einer der beiden auf die Hinterräder wirkenden Bremsen. In dem Augenblick nämlich, in dem diese Hemmung eintritt, wird der Rahmen des Wagens auf die Federn der Vorderachse niedergepreßt; es entsteht, wie Bild 206 zeigt, eine Kraft, die das Wagengestell um die ungehemmte Vorderachse zu drehen versucht.

Infolge des hohen Gewichts des Hinterteils kann jedoch nicht mehr bewirkt werden als ein ganz kurzes Abheben der Hinterräder vom Boden. Dies genügt jedoch, um den Wagen ins Schleudern zu bringen. Denn das von der Reibung am Boden plötzlich befreite Hinterteil macht Pendelbewegungen nach rechts und links. Nun

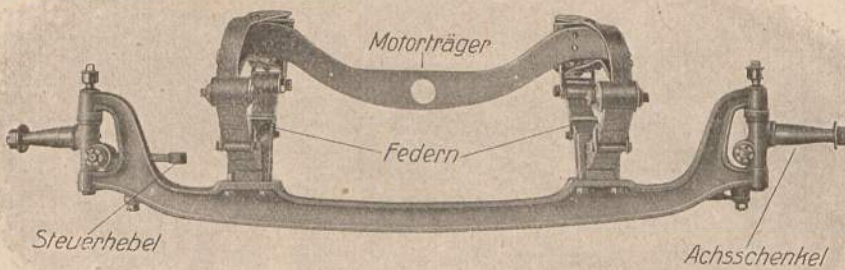
setzen die Hinterräder wieder auf, wodurch die Drehbewegung für einen Augenblick gehemmt wird. Zugleich aber findet ein noch stärkeres Niederpressen der Vorderfedern statt, was ein noch längeres Abheben der Hinterräder zur Folge hat. Das Schleudern, das den Wagen zuerst zu Schlangenbewegungen veranlaßt,



206. Der Wagen schleudert!  
Entlastung der Hinterräder bei starkem Bremsen



207. Bergstütze und Sperrklinke



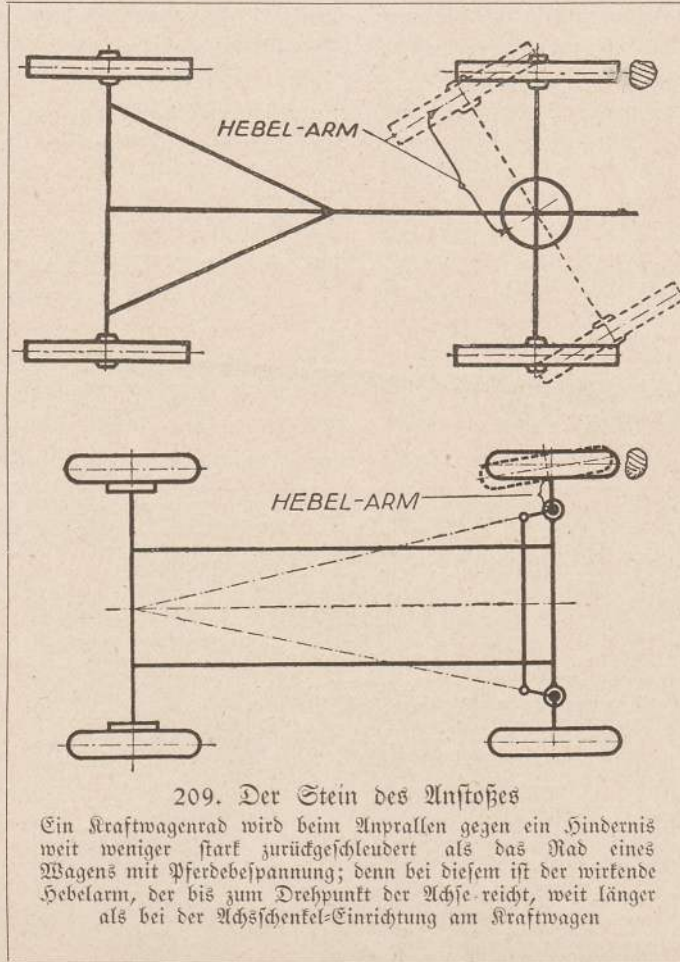
208. Die Vorderachse



kann schließlich so stark werden, daß vollständiges Umdrehen eintritt.

Beginnt also der Wagen zu schleudern, dann müssen sofort die Bremsen gelöst werden. Ist man dazu nicht imstande, weil sich ein Hindernis dicht vor dem Wagen befindet, so entsteht dringendste Gefahr. Ein guter Fahrer wird aber stets den richtigen Mittelweg zwischen Freifahrt und Festbremsung finden. Die Vorderradbremse mindert das Schleudern erheblich.

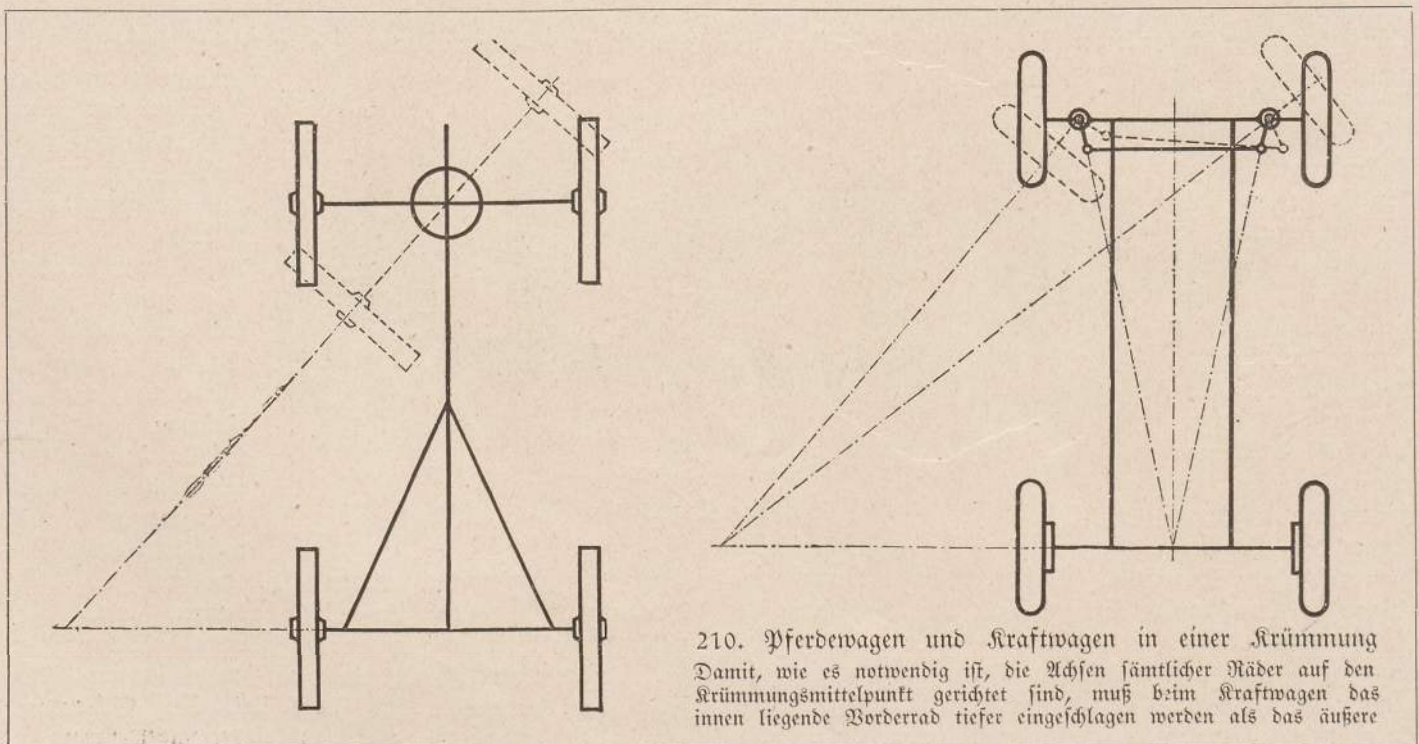
Zu den Hemmvorrichtungen gehört ein Ausrüstungsteil des Wagens, der für Fahrten auf steilen Steigungen vorgesehen ist. Muß hierbei der Wagen aus irgendeinem Grund stillgesetzt werden, so wäre das Anfahren nicht möglich, wenn man ihn nicht in besonderer Weise gegen das Hinunterrollen zu sichern vermöchte. Denn vor dem Einsetzen der Kupplung müssen ja die Bremsen gelöst werden, da der Motor sonst zu plötzlich eine schwere Belastung erhielte. Die Zwischenzeit genügt aber, um dem Wagen eine Rückwärtsbewegung zu verleihen. Dem wirkt die Bergstütze (Bild 207) entgegen, ein unten zugespitzter Hebel, der für gewöhnlich dicht an den Rahmen gelegt ist, im Bedarfsfall aber mittels eines vom Fahrerstand aus zu bedienenden Draht-



seiles so hinabgelassen werden kann, daß sein scharfes Ende sich in die Erde bohrt. Wenn die Bergstütze in trockenen Boden gut eingegriffen hat, hält sie den Wagen tatsächlich fest. Fällt sie jedoch auf Steinpflaster mit allzu engen Fugen oder in feuchten, losen Boden, so wird sie nicht fassen und von dem zurückrollenden Wagen entweder überklettert oder geknickt werden. Deshalb ersetzt man an schweren Lastwagen die Bergstütze oft durch eine Sperrklinke, die in ein Sperrrad auf einer Hinterradnabe einfallen kann. Hierdurch ist ein Festhalten der Hinterachse unter allen Umständen gewährleistet. Auch die Sperrklinke kann durch ein Seil vom Fahrerstand aus auf- und niederbewegt werden.

Die Vorderachse und die daran befestigten Räder werden weder zum Antrieb des Wagens, noch in den häufigsten Fällen zu seiner Bremsung benutzt. Sie stehen meist allein für die Lenkung zur Verfügung.

Die Räder sitzen hier frei drehbar auf der ruhenden Achse, und jedes von ihnen kann unabhängig von dem anderen geschwenkt werden. Die Vorderachse selbst, die am Rahmen festgenietet ist, besteht aus einem geschmiedeten Stahlstück, das gewöhnlich Doppel-T-Querschnitt hat. Damit kräftige Tragfedern für den Rahmen Platz finden, ist sie in ihrem Mittelteil





nach unten durchgebogen. An den beiden Enden mündet sie in Gabeln, deren Zinken senkrecht durchbohrt sind, um die drehbaren Achsschenkel aufnehmen zu können. Diese kurzen Stummel allein sind beweglich. In der Ruhelage zeigen sie etwas Vorausschlag (Bild 78, Seite 51). Ihre Enden sind ein wenig nach vorn gerichtet, so daß die Räder vorn etwas enger zusammenstehen als hinten. Der Widerstand, der beim Fahren auftritt, preßt nämlich die Räder ständig auseinander, so daß sie beim Fahren tatsächlich gleichgerichtet sind, da der Fahrwiderstand die Vorausschlag aufhebt.

Beim Pferdewagen ist die ganze Vorderachse um einen Mittelnagel drehbar. Trifft eines der Räder gegen einen Widerstand, etwa einen Stein, so wirkt der Stoß mit einem großen Hebelarm, der sich von der Radmitte bis zum Drehpunkt erstreckt, auf die Achse ein, und sie wird mit großer Kraft gedreht. Dem Pferdewagen schadet dies nichts, da der Rückstoß durch das Gespann aufgefangen und von den elastischen Körpern der Tiere abgebremst wird. Der Kraftwagen besitzt keinen derartigen Stoßfänger. Deshalb ist dafür gesorgt, daß die Entfernung zwischen der Mitte jedes Lenkrades und seinem Schwenkpunkt gering ist, so daß der Stoß nur über einen sehr kurzen Hebelarm zu wirken und daher keinen sehr kräftigen Einfluß zu üben vermag (Bild 209).

Die Anordnung der festen Achse mit schwenkbaren Schenkeln bietet aber noch einen sehr wichtigen weiteren Vorteil. Damit ein Wagen glatt und stoßlos durch eine Krümmung fahren kann, müssen sämtliche Räder so gerichtet sein, daß sie alle vier um den Mittelpunkt der Straßenkrümmung rollen. Die Mittellinien aller vier Räder müssen in diesem Punkt schneiden. Um das zu erwirken, ist es notwendig, eine durchlaufende

Vorderachse sehr stark zu drehen (Bild 210). Hierfür ist am Kraftwagen wegen der unter dem Rahmen hängenden Maschinenteile kein Platz. Der Schwenkraum für die außenliegenden Schenkel aber ist genügend groß. Doch nun haben die beiden Vorderräder keinen gemeinschaftlichen Drehpunkt

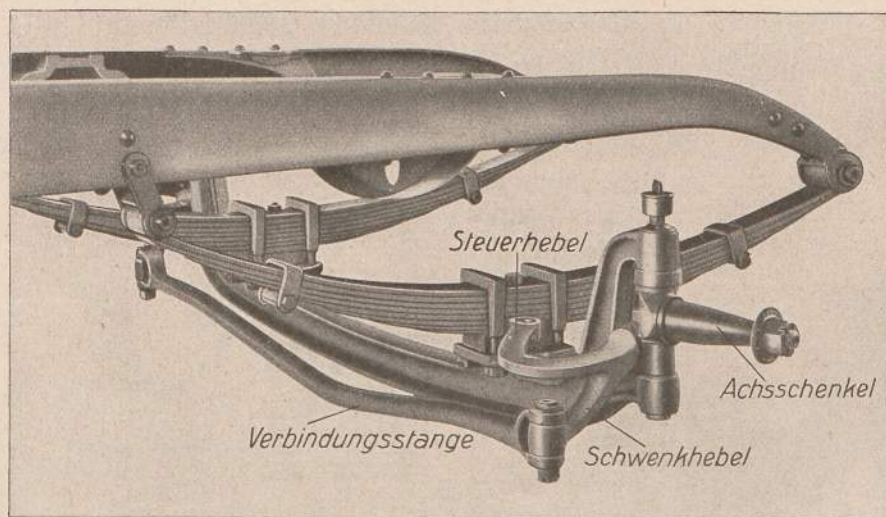
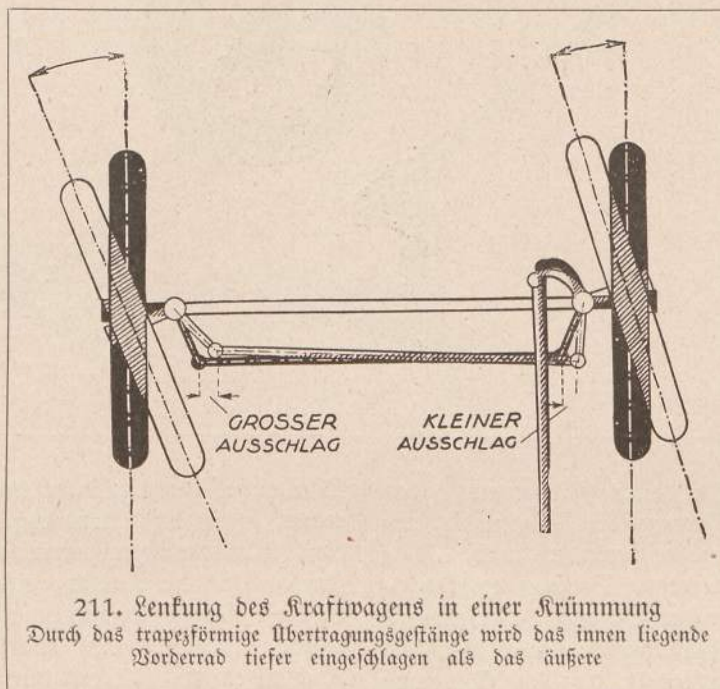
mehr. Die Linien, welche die beiden Schwenkpunkte mit dem Krümmungsmittelpunkt verbinden, besitzen verschiedene Richtungen. Daraus folgt, daß die Räder bei Bogenfahrten nicht mehr gleichgerichtet stehen dürfen, sondern daß das innere Rad weiter eingeschlagen sein muß als das äußere, damit die beiden Vorderachsen die verlängerte Hinterachse dennoch im gleichen Punkt treffen.

Zum Lenken ist jedoch nur eine einzige Vorrichtung vorhanden. Ihre Bewegung muß also in verschiedener Weise auf die beiden Lenkräder wirken, und zwar sind, da man ja bald um eine Rechts-, bald um eine Linkskrümmung zu fahren hat, abwechselnd das rechte und das linke Rad schärfer einzuschlagen. Diese Aufgabe, die auf den ersten Blick Unmögliches zu verlangen scheint, wird in Wirklichkeit durch die Benutzung einer sehr einfachen Vorrichtung gelöst.

An jedem der Achsschenkel ist ein Schwenkhebel befestigt, und die Enden dieser Hebel sind durch eine Stange miteinander verbunden (Bild 211). Am rechten Schwenkhebel greift die Lenkkraft an; sie kann die Verbindungsstange der Schwenkhebel nach rechts oder nach links verschieben. Würden die Schwenkhebel senkrecht zu dieser Stange stehen, so blieben die Räder bei jeder Stellung gleichgerichtet. Gibt man den Schwenkhebeln aber eine gespreizte Stellung, so daß von der Vorderachse, der Verbindungsstange

und den beiden Schwenkhebeln die geometrische Figur eines Trapezes gebildet wird, dann erhält man ohne weiteres die gewünschte Wirkung. Beim Verschieben der Verbindungsstange bewegt sich diese nun nicht mehr bloß seitwärts, sie nähert sich vielmehr auch an der Seite, die im Bogeninnern liegt, der Vorderachse. Es tritt ein Einknicken der Lenkung ein, wodurch das innere Rad

stärker geschwenkt wird als das äußere. Auf Bild 211 ist die Radstellung für Fahrt durch eine Linkskrümmung gezeichnet. Mit Leichtigkeit wird man aber aus der Abbildung auch erkennen, daß beim Fahren durch eine Rechtskrümmung das rechte Rad tiefer einschlagen wird als das linke.





Der Fahrer lenkt den Wagen durch die Steuer säule, an deren oberem Ende sich das Steuerrad befindet. Die Drehung der Säule wird zu dem Schwenkhebel am rechten Achsenkel übertragen.

Am Ende der Säule befindet sich ein flachgängiges Gewinde, in das eine Mutter oder ein Zahnradsegment eingreift. Die Bewegung der Steuer säule verursacht ein Heben und Senken der Mutter oder

Schwenken des Segments. In beiden Fällen macht das Gestänge eine Bewegung in Richtung der Wagenachse, wodurch die Stellung der Vorderräder verändert wird.

Die Anordnung wirkt selbstsperrend. Drehung der Steuer säule verschiebt die Mutter oder das Segment, aber niemals kann ein Stoß, der von außen kommt, die Steuer säule verdrehen. Hierdurch wird verhindert, daß die Steuerung dem Fahrer aus der Hand geschlagen werden kann, wenn eines der Vorderräder gegen ein Fahrthindernis stößt. Damit jedoch die hierbei auftretenden Kräfte schadlos aufgenommen werden können, sind Federn in das Gestänge geschaltet, die einen der Hebel mittels Backen fest umfassen. Sie müssen stark genug sein, um beim Übertragen der Steuerkraft sich

nicht zusammenzudrücken; nur bei schwerer Beanspruchung dürfen sie nachgeben. Andernfalls würde ein Flattern der Vorderräder eintreten, das unbedingt vermieden werden muß, wenn die Lenkung nicht völlig unsicher sein soll.

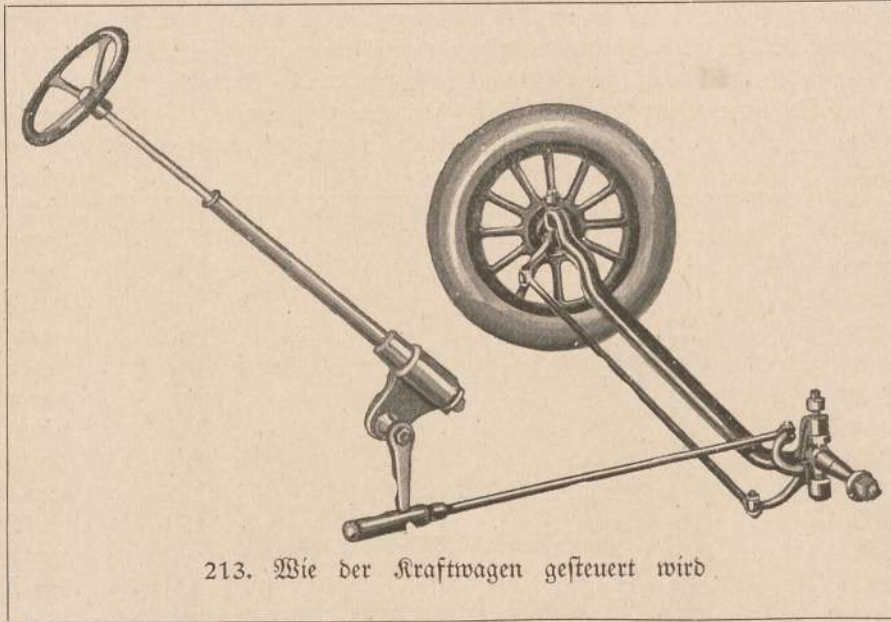
In fast allen Ländern sitzt der Fahrer rechts im Wagen. Nur Amerika kennt vorläufig Linksanordnung des Fahrersitzes. Diese wäre aber für sämtliche Länder vorteilhafter, in denen Rechts-

fahren vorgeschrieben ist. Ein solches Gesetz besteht aber für Straßenfahrzeuge überall mit Ausnahme Englands, Schwedens, Portugals und Österreichs. Ein rechtsfahrender Wagen muß das langsamere Fahrzeug vor ihm links überholen. Es ist selbstverständlich, daß ein linksitzender Fahrer einen entgegenkommenden Wagen beim Überholen bedeutend früher sehen kann, als ein rechtsitzender.

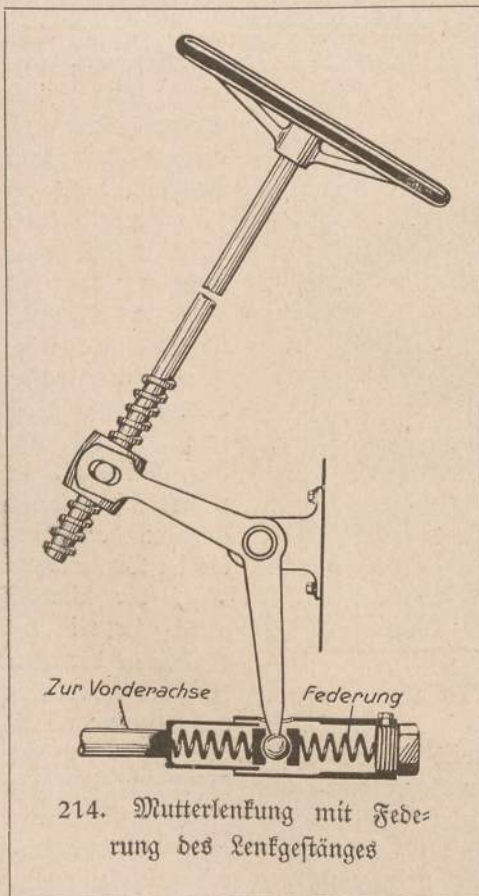
Darum hat der Engländer wohl recht, wenn er den Fahrer rechts sitzen läßt, keineswegs aber der Deutsche. Weil diese Sitte aber nun einmal von Beginn an bestanden hat, sträuben sich die Kraftwagenfabriken gegen eine Verlegung, da diese manche Umänderung im Kraftwagenbau erzwingen würde. Sie tun dies mit doppeltem Unrecht, weil das Rechtsitzen des Fahrers den Nebensitz zu einem recht unbequemen Aufenthalt macht.

Für die sichere Bedienung des Wagens ist es notwendig, daß die Hebel für Gangumschaltung und für die Handbremse rechts vom Fahrer liegen, so daß sie mit der geübteren Hand betätigt werden können. Beim jetzigen Zustand sind die beiden Vordersitze daher nur durch den linken Einstieg zu erreichen.

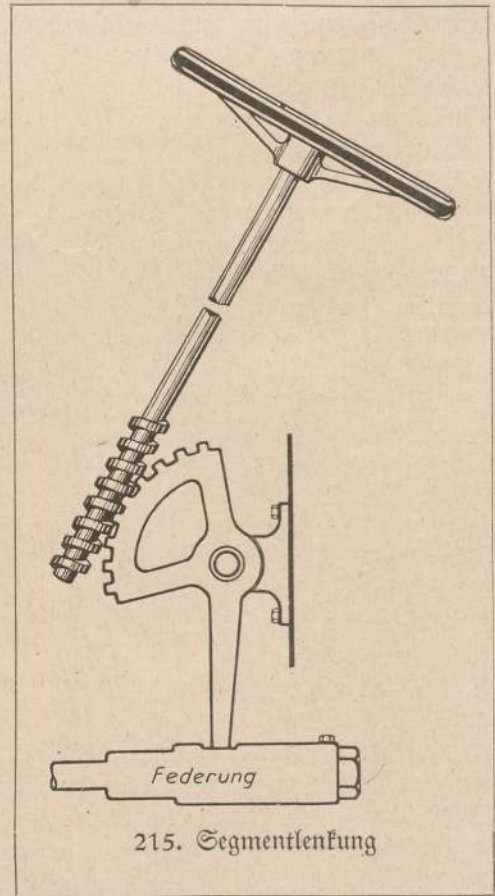
Der rechte ist geschlossen, weil die dort angebrachten Hebel nicht genügend Raum zum Durchschlüpfen übrig lassen. Wenn der Fahrer seinen Sitz verlassen will, muß die neben ihm sitzende Person meist ebenfalls aussteigen. Läge der Fahrersitz aber links, und wären die beiden Hebel zwischen den Vordersitzen angebracht, so gegen nicht das geringste einzuwenden ist, dann stünden beide Eingänge offen, und der



213. Wie der Kraftwagen gesteuert wird



214. Mutterlenkung mit Federung des Lenkgestänges



215. Segmentlenkung



Fahrer könnte sich ohne Inanspruchnahme des Daneben-sitzenden bewegen. Es ist aus diesem Grund und wegen der Verminderung der Überholungsgefahr anzunehmen, daß allmählich ein Umbau in diesem Sinn bei uns stattfinden wird.

Während der Fahrt hat der Wagenlenker im nächsten Bereich seiner Hände das Steuerrad und die beiden darauf befindlichen Drehhebel, von denen der untere die Gasdrossel, der obere die Zündverstellung bedient. Wenn diese selbsttätig arbeitet, ist der Gasregelungsgriff allein da (Bild 202). Die beiden Füße beherrschen den Brems- und den Kupplungsfußtritt, sowie manchmal noch den schmalen dritten Tritt, Beschleuniger genannt, durch dessen Niederdrücken die Gasdrossel rasch weit geöffnet werden kann. Es kommen der Brems- und der Gangwechselhebel zur Rechten hinzu. Mit diesen wenigen Werkzeugen wird das ungemein verwickelte Getriebe des Kraftwagens vollkommen beherrscht. Alles übrige regelt sich von selbst in besserer Weise, als es unter dem Einfluß des Menschen möglich wäre.

Angeichts dieser vortrefflichen Ausbildung der Kraftwagenmaschine sieht es doppelt häßlich aus, wenn immer noch die Fahrer vor die haltenden Wagen treten und mit Anstrengung den Motor ankurbeln. Es ist uns ja bekannt, daß es dem Verpuffungsmotor seiner ganzen Art nach und insbesondere, weil er das brennbare Gemisch stets erst selbst bereiten muß, unmöglich ist, von selbst anzugehen. Deshalb muß beim Fehlen anderer Hilfsvorrichtungen die Andrehkurbel benutzt werden.

Diese Kurbel greift an einer Kupplung an, die das vordere Ende der Kurbelwelle bildet. Sie tritt jedoch nur dann mit der Welle in Verbindung, wenn sie eingedrückt ist. Zu allen anderen Zeiten sorgt eine Feder dafür, daß der

Drehenschaft der Kurbel in einiger Entfernung von der Kupplung gehalten wird, so daß die Kurbel trotz Arbeitens des Motors in Ruhe bleibt.

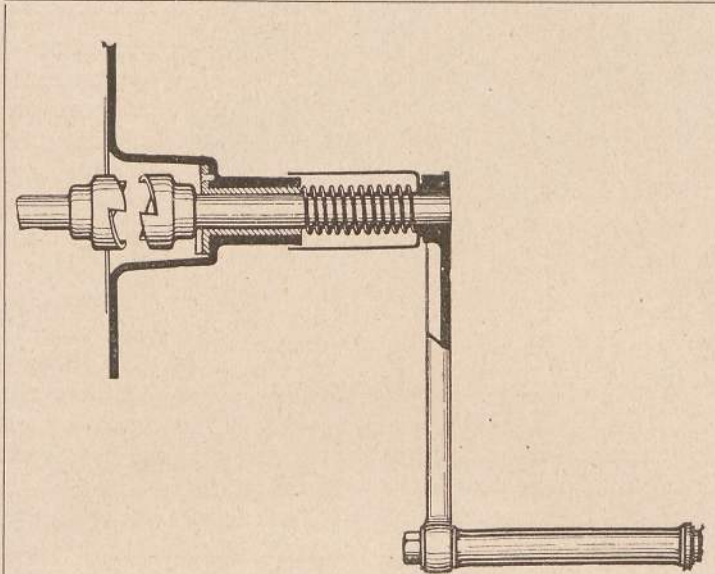
Das Anwerfen der Maschine von Hand ist nie ganz ohne Gefahr. Zwar stellt der Fahrer, bevor er sich an die Kurbel begibt, den Drehhebel über der Steuer säule stets so weit wie möglich auf Spätzündung, dennoch aber kann es vorkommen, daß Zündung schon eintritt, während der Kolben sich noch im Verdichtungs- hub aufwärts bewegt. Er wird dann zurückgeschleudert, und die Maschine läuft ein kurzes Stück rückwärts. Deshalb darf der Fahrer den Motor nur durch Emporziehen der Kurbel, niemals durch Drücken anwerfen. Tritt während des Hinaufziehens ein Rückschlag ein, dann entschlüpft die Kurbel den sich von selbst öffnenden Fingern. Beim Drücken aber kann die Hand nicht schnell genug ausweichen, und die Gefahr eines Knochenbruchs rückt nahe.

Springt der Motor an, dann nimmt er die Kurbel bei seiner schnellen Drehung nicht mit, auch wenn sie fest eingesezt ist. Denn in-

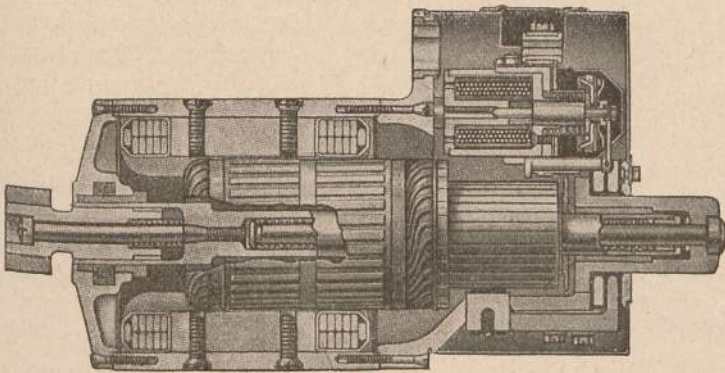
folge der Form der Kupplungsklaue kann die Motorwelle vorlaufen, indem sie die Kurbel nach vorn drückt. Aber immer bleibt doch das Anwerfen des Motors durch die Hand ein nicht ungefährliches und zugleich ein recht mühseliges Geschäft.

Mehr und mehr geht man daher dazu über, Hilfsanlasser auf dem Wagen anzubringen, die es gestatten, den Motor vom Fahrersitz aus in Tätigkeit zu setzen. Eine Zeitlang waren Druckluft-Anlagen in Anwendung. Heute, wo die elektrische Beleuchtung der Wagen immer häufiger wird, ist der Anlafsmotor ein vorzügliches Hilfsmittel.

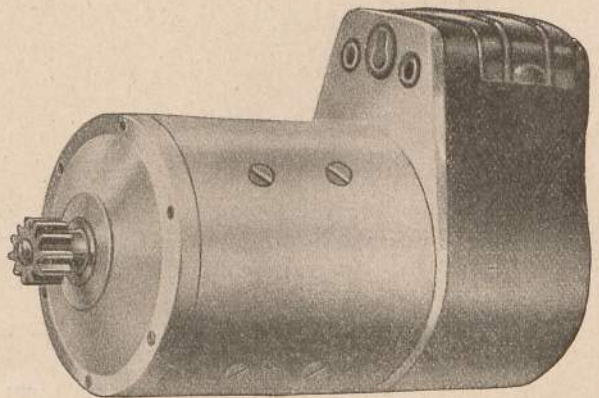
Die guten Personenwagen bergen zur Erzeugung des elektrischen Stromes für die großen Scheinwerfer, die man



216. Anwerfkurbel mit Sicherheitskupplung

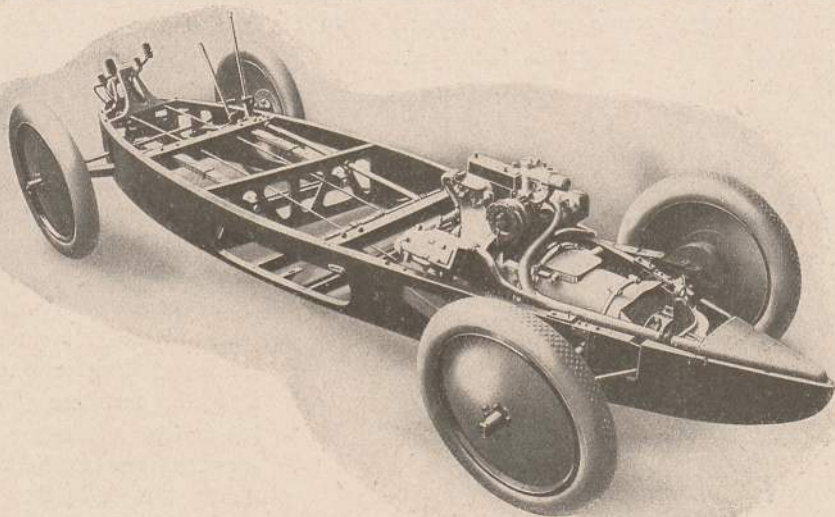


217. Schnitt durch den Bosch-Anlafsmotor



218. Bosch-Anlafsmotor





219. Unterbau des Rumpler-Tropfen-Autos mit hinten liegendem Motor

bei der Fahrt über die Landstraße gebraucht, für die kleineren Laternen, die in der Stadt zur Kennzeichnung des heran-  
nahenden Wagens genügen, für die Schlußlampe, die das  
gesetzlich vorgeschriebene hintere Nummerschild beleuchten  
muß, und für die Innenbeleuchtung eine kleine Dynamo,  
die mittels Kette oder Zahnrad von der Kurbelwelle ange-  
trieben wird. Selbstverständlich kann diese Maschine nur  
Strom abgeben, solange der Motor in Bewegung ist, und  
die Spannung wechselt mit der Umlaufgeschwindigkeit der  
Maschine. Um nun doch ein ständig gleich helles und auch  
bei stillgesetztem Motor nicht versagendes Licht zu haben,  
muß eine kleine Speicher-Batterie mitgeführt werden, die  
ständig von der Maschine aufgeladen wird. Besondere Schalt-  
vorrichtungen sorgen dafür, daß keine Überladung der Akku-  
mulatoren stattfindet, und daß diese nicht rückwirkend Strom  
in die Dynamo abgeben können, wenn deren Spannung  
bei langsamem Wagenlauf geringer wird als die Batterie-  
spannung.

Die Energie der Speicher-Batterie steht gleichzeitig für die  
Betätigung des Anlaßmotors zur Verfügung, der auf dem  
Motorgehäuse in unmittelbarer Nachbarschaft des Schwun-  
grades aufgestellt wird. Dieses ist mit Zähnen versehen,

in Bewegung, und in kürzester Zeit springt er mit eigener  
Kraft an.

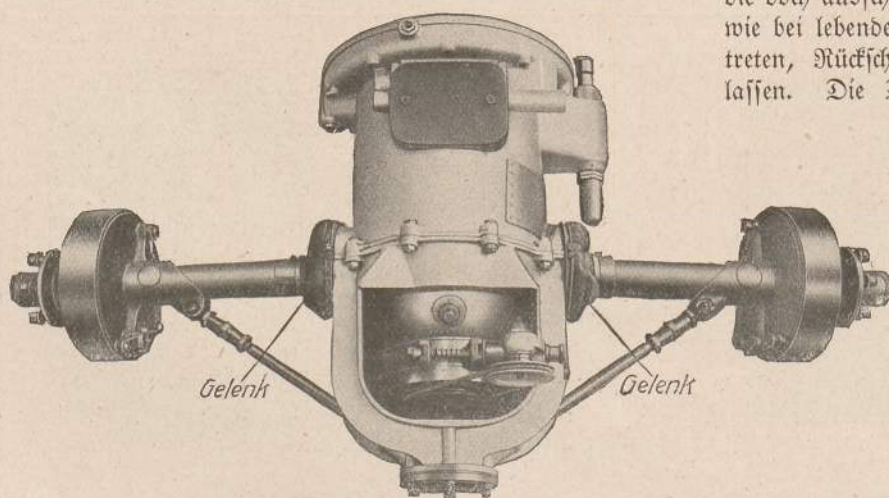
Das Anlassen wird durch Niederdrücken eines Kontakts  
bewirkt. Sobald der Verpuffungsmotor von selbst läuft,  
wird der Kontakt losgelassen, worauf der Anker der Dy-  
namo sogleich wieder so weit zurückschnellt, daß er außer  
Eingriff ist. Das Maschinchen bleibt nun stehen.

Es ist immerhin stark genug, um in Notfällen den ganzen  
Wagen auch allein über ein kleines Wegstück zu bringen.  
Wenn z. B. der Hauptmotor durch irgendeinen Zufall stehen  
bleibt, während sich der Wagen gerade auf einem Eisenbahn-  
gleis befindet, und wenn die Maschine wegen einer Störung  
nicht gleich wieder anspringen will, dann kann der festlie-  
gende Wagen leicht in Gefahr kommen. Um jede Zögerung  
zu vermeiden, legt der Fahrer in solchem Fall, während der  
Anlaßmotor läuft, die Kupplung ein, und der Wagen vermag  
nun, wenn auch ganz langsam, so weit vorwärts zu fahren,  
daß er nicht mehr von einer Lokomotive erfaßt werden  
kann.

\*

Es ist reizvoll zu beobachten, daß auch in der Technik,  
die doch ausschließlich mit dem Unorganischen arbeitet, gerade  
wie bei lebenden Geschlechtern atavistische Erscheinungen auf-  
treten, Rückschläge, die Veraltetes plötzlich wiedererscheinen  
lassen. Die Dampfturbine bedeutet die Auferstehung der  
Neolipile des Heron von Alexandria, die  
moderne Metalldraht-Glühlampe knüpft an  
Edisons allerersten Versuch mit Platinfäden  
an, die Funktelegraphie bedient sich heute  
wieder des Morse-Farbschreibers als Emp-  
fängers, den die Telegraphie in ihren Kinder-  
tagen benutzte, der aber inzwischen sogar aus  
den großen Linien der Drahttelegraphie  
als nicht mehr zeitgemäß verschwand.

Es ist selbstverständlich, daß die Tech-  
nik nicht einfach zu diesen überwundenen  
Gegenständen zurückgekehrt ist, sondern sie  
bei ihrem streng und kühn vorwärts ge-  
richteten Lauf in verbesserter, vortrefflich



220. Maschine und Hinterachse des Rumpler-Tropfen-Autos



nuzbarer Neugestalt vorgefunden hat. Auch im Automobilbau ist jetzt eine Bauart neu entstanden, die sachlich einen bedeutenden Fortschritt, geschichtlich aber einen Rückgriff bedeutet.

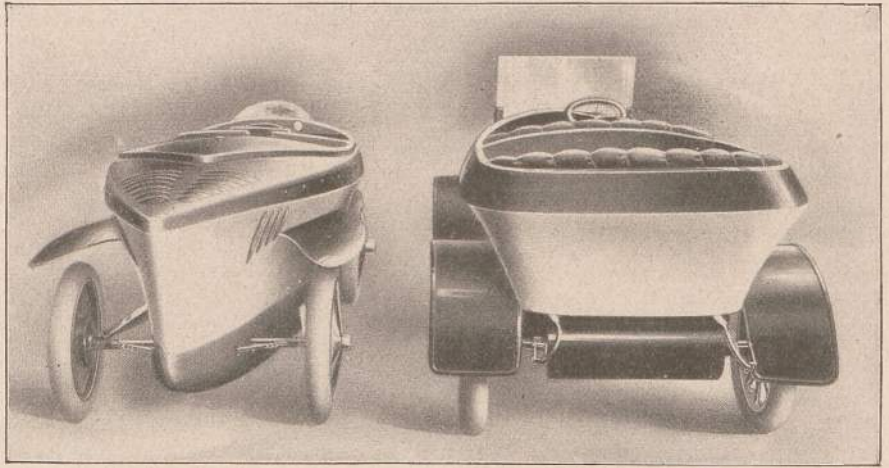
Das Rumpeler-Auto, das zuerst auf der Deutschen Automobil-Ausstellung zu Berlin im Jahre 1921 zu sehen war, trägt den Motor nicht mehr vorn, wo er seit Jahrzehnten auf allen Wagen untergebracht ist, sondern hat die Maschine am Hinterende.

Wir wissen, daß im Anfang alle Kraftwagen mit hinten liegendem Motor gebaut wurden. Diese Anordnung war zunächst das Gegebene, da ja der angetriebene Teil des Wagens die Hinterachse ist und kein Maschinenbauer gern den treibenden vom getriebenen Teil räumlich trennt. Schwere Unzulänglichkeiten zwangen aber doch zu der Scheidung. Die Maschine mit ihrem hohen Gewicht befand sich in jener Frühzeit zusammen mit der Hinterachse im ungefederten Teil des Wagens, so daß die Sprünge auf schlechtem Pflaster für die Insassen unerträglich wurden. Die nicht gefederten Massen mußten verkleinert werden, und man fand keine andere Möglichkeit hierzu, als den Motor auf den Rahmen zu stellen und den Kraftschluß zwischen seiner Kurbelwelle und der Hinterachse gelenkig auszubilden. Zur Unterbringung der nachgiebigen Übertragung der Ketten oder des Kardans, sowie der anderen sich zugesellenden Stücke mußte irgendwie Platz gewonnen werden, und so wanderte der Motor an die Spitze des Wagens.

Wenn Rumpeler ihn jetzt wieder nach hinten bringt, so will er damit neue Vorzüge schaffen. Der Entschluß zur Rückführung der Maschine konnte nur gefaßt werden, nachdem ein neuer Gedanke es möglich gemacht hatte, sie trotzdem fest im Rahmen, also im gefederten Teil, zu lassen. Ja dieser Gedanke bringt es sogar mit sich, daß die ungefedert schwingenden Massen geringer sind als bei der allgemein üblich gewordenen Bauart für Kraftwagen.

Die Hauptneuerung am Rumpeler-Auto ist die Art, in der die Hinterachshälften an das Differential angeschlossen werden. Während sie sonst bis auf die Möglichkeit verschiedener Drehgeschwindigkeit in Krümmungen mit diesem starr verbunden sind, können sie hier auch Bewegungen in der senkrechten Ebene gegenüber dem Ausgleichgetriebe ausführen. Die Achsteile enden in Zahnrädern, die auf entsprechenden Rädern im Differential in senkrechter Richtung hin und her rollen können, ohne daß Zwangungen eintreten. Es sind nun Gelenke zwischen den Hinterachsteilen und dem Ausgleichgetriebe vorhanden, so daß auch dieses jetzt im gefederten Teil liegen kann.

Als ungefedert bleiben ausschließlich die Achshälften mit den Rädern übrig. Einer Kardan-Verbindung zwischen der Kurbelwelle des Motors und dem Differential bedarf es nicht mehr, denn die beiden haben kein Spiel

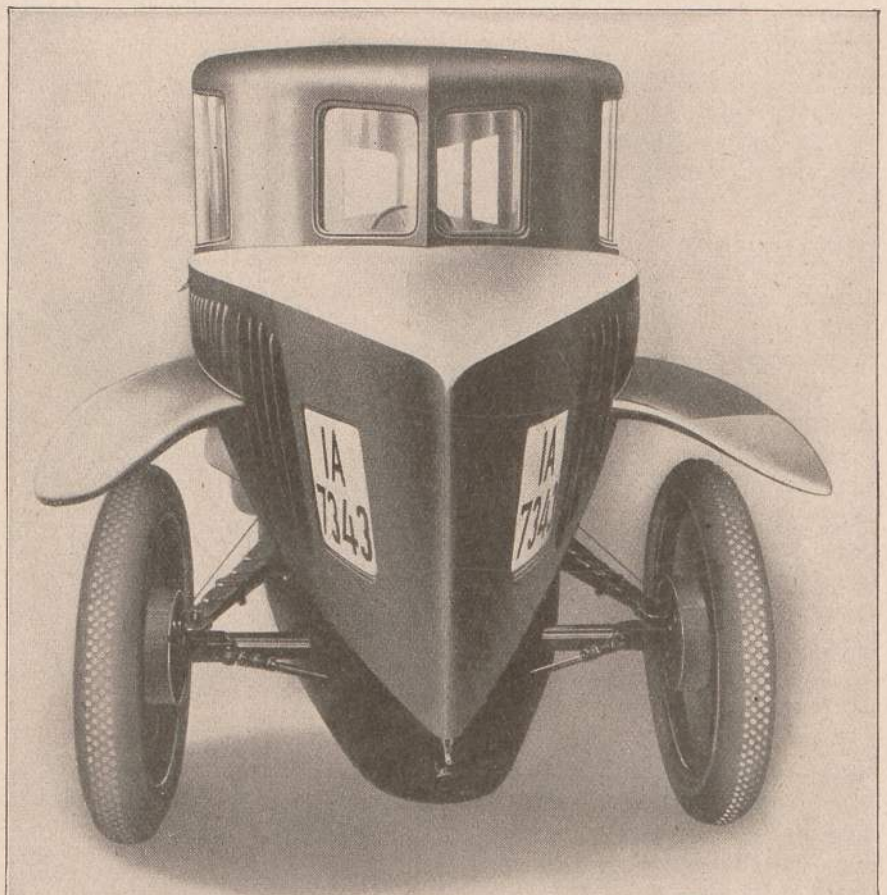


221. Hinteransicht eines Rumpeler-Tropfen-Autos und eines gewöhnlichen Kraftwagens

Durch die Zuspitzung des Hinterteils wird ein leichteres Durchschneiden der Luft und Verringerung der Staubaufwirbelung erzielt

gegeneinander, sondern liegen in gemeinschaftlichem starren Gehäuse. In diesem sind auch die Kupplung und das Wechselgetriebe untergebracht, so daß ein einziger allseitig geschlossener Block die gesamte Maschinenanlage birgt.

Unter dem Wagenkasten liegen keine Getriebeteile, nur die Verbindungszüge, die von den Hand- und Fußhebeln am Fahrersitz nach hinten führen, sind in diesem unzugänglichen Bereich untergebracht. Auch der Kühler befindet sich hinten. Ihm wird durch einen reichlich bemessenen Ventilator genügend Luft zugeführt, die durch Schlitze in der Außenhaut des Wagens einströmt (Bild 222). Der Auspufftopf bildet



222. Rumpeler-Tropfen-Auto  
Rückansicht des geschlossenen Wagens



den letzten Teil des Kastens, das Auspuffrohr ist nicht viel mehr als eine bloße Bohrung.

Die Vorteile dieser neuen Anordnung ergeben sich fast von selbst. Bei langsamer, wie besonders bei schneller Fahrt geht der Wagen außerordentlich ruhig. Man kann selbst auf schlechtem Pflaster kleinen Druck lesen. Denn die Sprünge des ungefederten Teils sind wegen seines geringen Gewichts stark gemindert. Hieraus folgt auch gleich eine Verringerung des Verschleißes an den Luftreifen. Sobald die Räder, von Unebenheiten emporgestoßen, verhältnismäßig lange in der Luft bleiben, nehmen sie, da in solchen Augenblicken infolge Wegfalls der Bodenreibung keine Vortriebsarbeit zu leisten ist, eine höhere Geschwindigkeit an. Beim Aufsetzen schleifen sie alsdann auf der Straßenfläche, da der Wagen nicht genügend rasch beschleunigt werden kann. Der Gummi wird hierdurch stark abgenutzt. Bei dem neuen Wagen, an dem die Freilaufzeit der Räder wegen Minderung der Sprunghöhe sehr stark verkleinert ist, tritt das Schleifen nur noch in geringem Maß auf.

Mit der veränderten Maschinenanlage ist bei dem Wagen zugleich eine Neubildung der Außenform verbunden. Der Konstrukteur Edmund Rumpler ist, nachdem er in der Frühzeit seiner Ingenieur-Tätigkeit sich dem Automobilbau gewidmet hatte, seit Jahrzehnten im Flugzeugbau tätig. Er empfand daher als erster, daß die heute übliche Wagenform nicht den Forderungen entspricht, die man in bezug auf höchste Verringerung des Luftwiderstands stellen muß. Im Flugzeugbau ist es längst üblich, allen Teilen, die gegen die Luft anzuprallen haben, Tropfenform zu geben. Es hat sich gezeigt, daß eine sanfte Rundung vorn, größter Querschnitt in der Mitte und ein spitzes Ende beste Durchschneidung und Abführung der Luft ergeben. Die hintere Spitze insbesondere spielt eine sehr große Rolle, da sie die Ausbildung von Wirbeln verhütet, die in erheblichem Maß saugend wirken. Hierauf hatte bisher keine Kraftwagenfabrik Rücksicht genommen. Die vorn zugespitzte Pfeilform ist aus rein ästhetischen Gründen entstanden. Den Abschluß der heute allgemein üblichen Wagenform aber bildet eine mehrere Quadratmeter große Rückwand. Sie erzwingt wegen der sehr schlechten Luftabführung die Aufwendung einer höheren Ma-

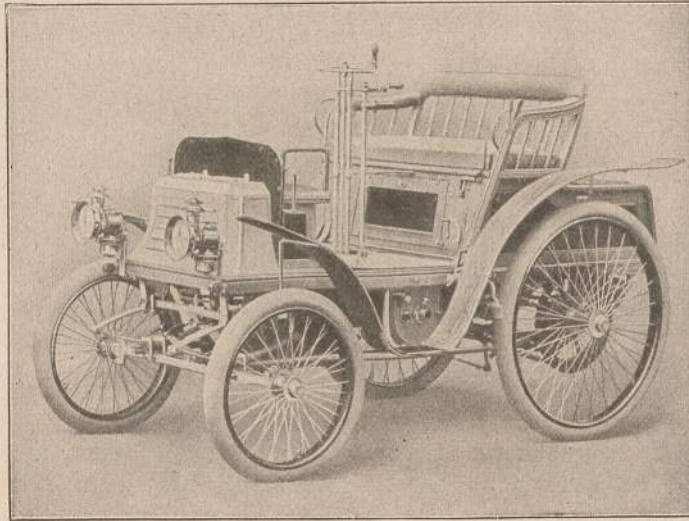
schinenkraft für geschwinde Fahrt, als sie sonst notwendig wäre. Auch die Schutzbleche über den Rädern sind bei den heutigen Fahrzeugen als richtige Luftfänger gebaut, die stauend wirken. Das Rumpler-Auto hat sowohl in der offenen wie in der geschlossenen Form vollkommene Tropfengestalt. Die hintere Spitze ist also schärfer als die vordere. Alle Teile, welche die glatte Luftabführung stören könnten, sind neu ausgebildet oder ins Innere hineingezogen. So gibt es an dem Wagen keine hervorspringenden Laternenhalter mehr, die Schutzbleche sind kleine Tragflächen, in welche die Laternen organisch eingegliedert sind. Die Achsen ragen nur noch mit ihren Enden aus dem Traggestell heraus, die Tragfedern sind im Gegensatz zur bisher üblichen Bauart in den Rahmen eingebaut. Auch für die Reserveäder ist im Innern des Wagens Platz geschaffen. Der Mittelteil des Maschinengestells ist ja frei, und dort können zwei

Räder durch seitliche Öffnungen (Bild 219) eingeschoben werden. Ganz besonders wichtig ist es, daß nicht nur der Kasten, sondern auch der Rahmen tropfenförmig gebildet ist. Dies bedeutet einen Bruch mit allen Traditionen. Es ist durch Verwendung der bei Flugzeugen üblichen Rippenbauart möglich geworden, den Rahmen nicht aus schweren Trägern, sondern aus dünnen Blechen herzurichten. Er ist unten vollkommen geschlossen, so daß er den Eindruck eines wohlgeformten Bootes macht.

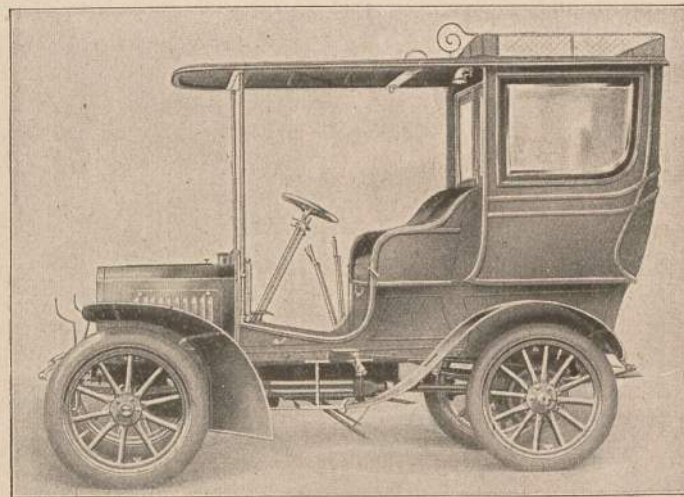
Schließlich hat die Verschiebung des Motors noch die Möglichkeit zu der einzig richtigen Anordnung der Sitze gegeben. Es ist ja auch nur selbstverständlich, daß man dahin zu streben hat, wie die Fahrgäste am vorteilhaftesten im Wagen untergebracht werden. In den üblichen Automobilen sitzt aber der Fahrer am günstigsten, nämlich zwischen den Achsen, während die Hauptplätze sich gerade über der Hinterachse befinden. Hier treten aber die Stöße am heftigsten auf. Rumpler schiebt den Fahrersitz ganz nach vorn, da die Maschine ja von hier fortge-

schaft ist, und nun liegen die Hauptsitze zwischen den Achsen. Die Sanftheit des Fahrens wird dadurch weiter gesteigert.

Das Rumpler-Tropfen-Auto unterbricht die starre Linie, in der sich der Automobilbau während der letzten Jahrzehnte zweifellos bewegt hat. Die hier auseinandergesetzten neuen Gedanken, welche die Bauart in sich schließt, können nicht ohne Einfluß auf die weitere Entwicklung des Automobils bleiben.



223. Alter Benzwagen mit vorn liegendem Kühler  
Der Motor liegt noch über der Hinterachse



224. Kraftwagen mit Hintereinstieg  
Benz & Cie.



Der Wert eines Kraftwagens wird ausschließlich durch die Güte seiner Maschinenanlage bestimmt. Der Nichtfachmann aber beurteilt die Fahrzeuge nur nach dem äußeren Eindruck, nach den mehr oder weniger schönen Linien des Wagenkastens und der Leuchtkraft seiner Anstrichfarben. Die Dame geht in den Laden des Händlers und fordert ein grünes oder ein rotes Auto.

Man kann darüber nicht böse sein, da der Unterbau ja fast gar nicht zutage tritt, das Bild des Wagens tatsächlich durch den Kasten beherrscht wird. Es läßt sich jedoch nicht leugnen, daß die schlechtesten Wagen die schönsten Polster und die herrlichste Lackierung haben können, daß eine gute Maschine aber auch dann nicht schlechter ist, wenn man einen ruppigen Sitzkasten darauf geschraubt hat. Großartige, schwere Aufbauten können sogar dazu beitragen, die Arbeitsfähigkeit der Maschine zu mindern, indem sie ihr eine zu große Last zumuten. Ein Wagen, der mit einem einfachen, offenen Aufbau leicht über alle Steigungen läuft, muß versagen, wenn man ihm im Winter das Tragen eines riesigen geschlossenen Aufsatzes zumutet. Es darf sich nur Gleiches zu Gleichem gesellen; schwere Wagenkasten dürfen nur auf Rahmen mit starken Maschinen gesetzt werden.

Es gibt kaum einen schöneren technischen Gegenstand, als einen wohl zusammengefügt, in allen Linien von Künstlerhand durchgearbeiteten Kraftwagen. Als Daimler und Benz ihre ersten Fahrzeuge laufen ließen, konnte man freilich nicht ahnen, daß man je zu so prächtigen Bildungen gelangen würde, wie wir sie heute vor freudigen Augen sehen.

Wir haben anfangs gehört, daß Daimler seine ersten Kraftwagenmaschinen für den nachträglichen Einbau in Pferdewagen herstellte. Viele Jahre mußten vergehen, bis man zur Eigenform gelangte. Zunächst wurde der Kühler allein nach vorn verlegt, aber erst als der ganze Motor dorthin nachfolgte, begann die Durchbildung der Eigengestaltung für den Kraftwagen.

Die ältesten Automobile mit vorn liegender Maschine waren mit so kurzem Achsstand gebaut, daß hinter dem Fahrer sich kein Platz mehr für die Anbringung einer Seitentür blieb. Man mußte von hinten in die Fahrzeuge einsteigen,

wodurch die Anordnung der Sitze sehr unbequem wurde. Als dann die Achsen weiter auseinandergerückt, so daß an die Stelle des Hintereinstiegs der Seiteneinstieg treten konnte, fehlten noch lange die edel durchgeführten Grundlinien. Die Wände waren niedrig gehalten, die Sitzlehnen ragten darüber hinaus, wodurch jeder ästhetische Eindruck zerstört wurde.

Nun aber besitzen wir die köstlichen, pfeilförmig gebildeten Fahrzeuge von einheitlicher, streng durchgeführter Form, die fast durch die Luft zu fliegen scheinen. Zuletzt ist dadurch, daß an die Stelle des plattenförmigen Kühlers der keilförmige Vorderabschluß getreten ist, die Pfeilform bis aufs letzte durchgebildet worden.

Der Wagenkasten, dem keinerlei Übertragung von Kräften zugemutet wird, ist aus Holz gearbeitet, das mehrfach lackiert wird, bis es eine hochglänzende Außenhaut erhält. Die schön geschwungenen Wände können nur durch Kunst-

volles Zusammenleimen zahlloser kleiner Holzstücke geformt werden. Der Unterbau aber besteht ausschließlich aus Metall. Alle zur Kraftausübung und Kraftübertragung in Anspruch genommenen Teile sind edelster Art.

Der heutige Kraftwagen mit seiner eleganten Leichtigkeit ist nur möglich durch Verwendung höchstwertiger Baustoffe. Könnten wir die scharf beanspruchten Einzelteile nicht aus dem hochwertigen Chromnickelstahl herstellen, der kunstreich

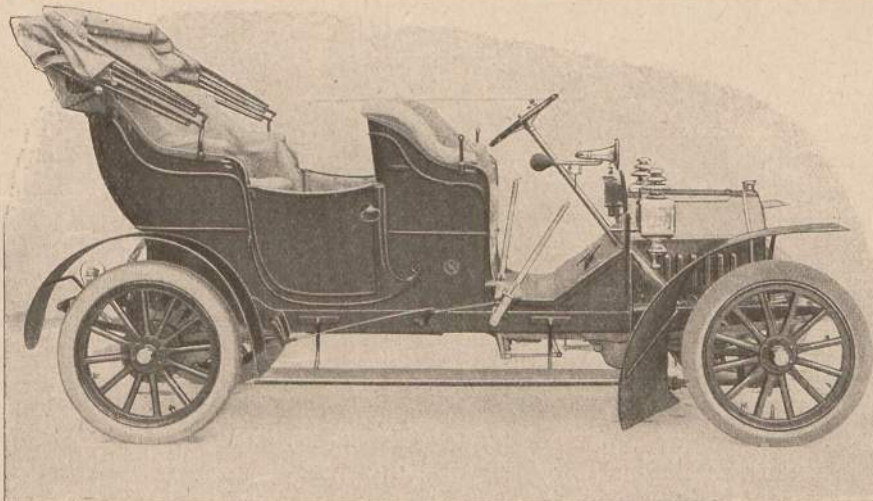
gezüchtet worden ist wie eine Tierrasse, dann wäre es unmöglich, mit verhältnismäßig geringen Motor Kräften derartige Leistungen an Geschwindigkeit und Widerstandskraft zu vollbringen, wie wir sie heute gewöhnt sind. Nur dadurch, daß geringe Massen sehr hohe Beanspruchungen auszuhalten vermögen, sind die großen Fortschritte im Kraftwagenbau erzielt worden.

Die Schaffung des ausgezeichneten Baustoffes und das

zuverlässige Arbeiten der doch in all ihren Teilen so arg verwickelten Verpuffungsmaschine verdanken wir der eindringlichen Arbeit wissenschaftlich geschulter Männer. Solange man mit roher Hand probierend herumtappede, konnte nichts Rechtes geleistet werden. Erst als an die Stelle des Wagenbauers der Ingenieur trat, erst nachdem die Kraftwagenfabriken ihren Werkstätten Laboratorien angegliedert hatten, bildete sich das plumpe Fahrzeug zum pfeilgeschwinden Läufer um.



225. Älteste Kraftdroschke in Berlin  
Darstellung auf einem Notgeldschein



226. Älterer Kraftwagen  
dessen Linienführung noch völlig der künstlerischen Durcharbeitung entbehrt



Der heutige Kraftwagenbau verbindet die Vorzüge der Massenherstellung mit höchster Genauigkeit der Arbeit. Jede Fabrik baut nur einige ganz wenige Wagenarten, diese aber in großer Zahl. Sie ist daher imstande, die besten Arbeitsmaschinen anzuschaffen, da diese, lange Zeit hindurch immer mit dem gleichen Gegenstand beschäftigt, vortrefflich ausgenutzt werden können. Jedes wichtigere Ausrüstungsstück des Wagens wird so genau hergestellt, daß es keinesfalls mehr als ein hundertstel Millimeter zu groß oder zu klein ist. Im Prüfraum, den jedes einzelne Stück durchlaufen muß, gestatten die Toleranzlehren in einfachster Weise eine Nachprüfung, ob diese Vorschrift auch innegehalten worden ist.

Bohrungen werden mit dem Kaliberdorn geprüft. Es ist dies ein Werkzeug aus bestem, an der Oberfläche glashart gemachtem Stahl mit zwei runden Köpfen. Der Durchmesser des einen von diesen ist um Bruchteile eines hundertstel Millimeters größer, der andere um ebensoviel kleiner als die zu prüfende Bohrung sein soll. Der große Kopf darf nicht in die Bohrung hineingehen, der kleinere muß sich spielend einführen lassen. Sobald das der Fall ist, weiß man, daß der Durchmesser der Bohrung weder um ein hundertstel Millimeter zu groß, noch um ein hundertstel Millimeter zu klein ist. Zum Nachmessen voller Stücke dient die Nachenlehre, deren größeres Maul sich leicht hinüberschieben lassen muß, während das kleinere Maul nicht überschiebbar sein darf. Jedes Arbeitsstück, das diese äußerst genaue Prüfung nicht besteht, wird zurückgewiesen. Hierdurch ermöglicht man den Zusammenbau der einzelnen Teile ohne jede Nacharbeit; Ergänzungen abgenutzter Teile sind ohne weiteres möglich. Die Austauschbarkeit der Bestandteile eines Wagens mit denen eines anderen von der gleichen Art ist gesichert. An der für die Energie-Erzeugung wichtigsten Stelle wahrt man eine Genauigkeit, die bis auf ein tausendstel Millimeter ansteigt. Die Zylinderbohrungen können durch Schleifen mit solcher Feinheit hergestellt werden.

Eine zweite, nicht weniger harte Prüfung gilt der Widerstandsfähigkeit der Baustoffe. Immer wieder werden Probestücke entnommen, die unter Pressen, Hämmern oder in Zerreiß-Werken zeigen müssen, was sie auszuhalten vermögen. Man gibt dem Stahl an jeder Stelle die Fügung, die für die Benutzungsart gerade die beste ist. Zahnräder z. B. erhalten glasharte Oberflächen, indem man sie nach der Fertigstellung rotglühend in Kohlepulver einpackt, so daß

feine Kohleteilchen in die Haut eindringen. Eine Abnutzung kann daher erst nach sehr langer Arbeitszeit eintreten. Im Innern aber erhalten die Zähne eine gewisse weiche Zähigkeit, so daß sie sich etwas zu biegen vermögen, ohne zu brechen.

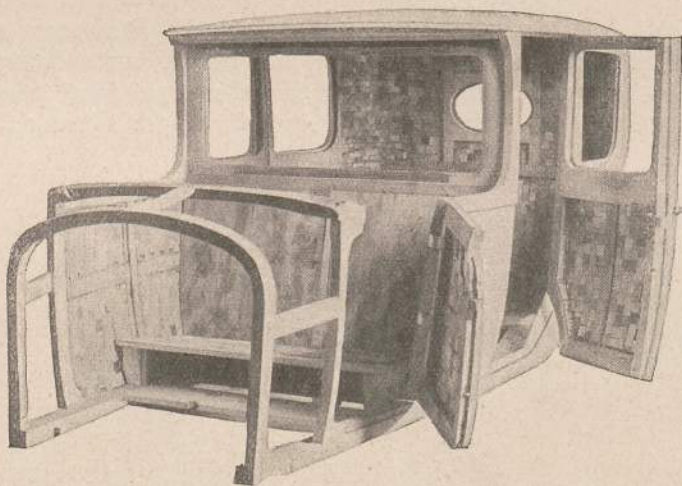
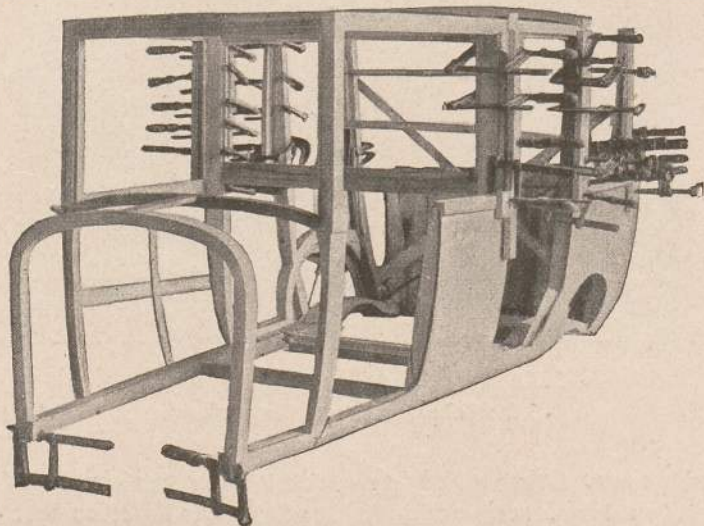
Der schlimmsten Prüfung wird jeder fertiggestellte Motor unterworfen. Ehe man ihn in den Rahmen einbaut, kommt er auf den Prüfstand, wo die verschmißtest erdachten Bremswerkzeuge ihn bis aufs Blut quälen und Beobachtungsgeräte die Art seiner Arbeit in jedem Augenblick aufs genaueste erkennen lassen. Die Maschine befindet sich hier auf einer richtigen Folterbank. Stundenlang muß sie mit höchster Umdrehungszahl unter wechselnder Belastung laufen, ohne daß ein Schmerzenslaut sich ihr entringen darf. Wenn diese grausame Quälerei zu Ende ist, wird der Motor noch einmal vollständig auseinandergenommen, und nur wenn kein Stück den geringsten Verschleiß zeigt, erscheint er brauchbar.

Nun wird die Maschine in den Wagen eingesetzt, worauf die Gesamtanordnung, also Motor und Kraftübertragungs-Organ zusammen, auf den Prüfstand wandern. Der Wagen muß stundenlang laufen — aber nicht in die Ferne, sondern auf der Stelle. Vorder- und Hinterachse werden mit schweren Ketten befestigt, die Hinterräder auf kräftige Rollen gestellt. Diese drehen sich, wenn der Motor die Hinterachse antreibt. So ist das Arbeiten aller Teile bei langsamstem und schnellstem Lauf zu beobachten, die verschiedensten Messungen über das Verhalten des Wagens bei der Bewegung können ausgeführt werden, während er doch stillsteht.

Die Erwähnung des Bremsens auf dem Prüfstand gibt

Gelegenheit, ein aufklärendes Wort über die seltsame, doppelte Leistungsbezeichnung zu sagen, die heute den Kraftwagen gegeben wird. Man spricht etwa von einem 10/30 pferdigen oder einem 18/50 pferdigen Wagen. Die kleinere Zahl bedeutet die sogenannte Steuerpferdestärke, die andere bezeichnet die tatsächliche Höchstleistung.

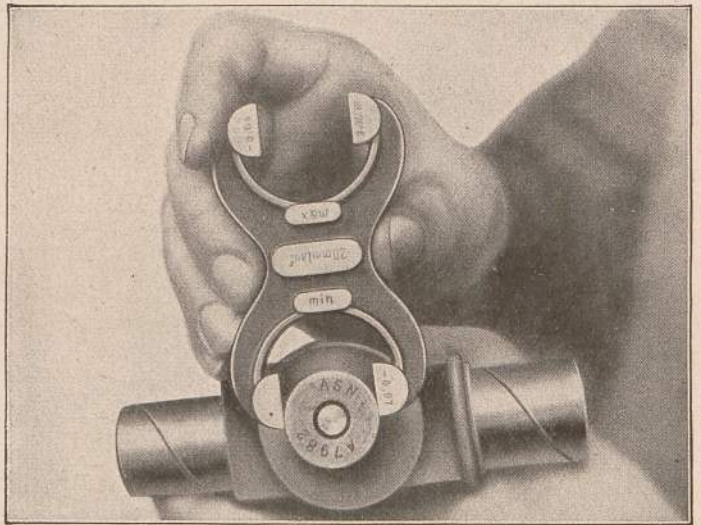
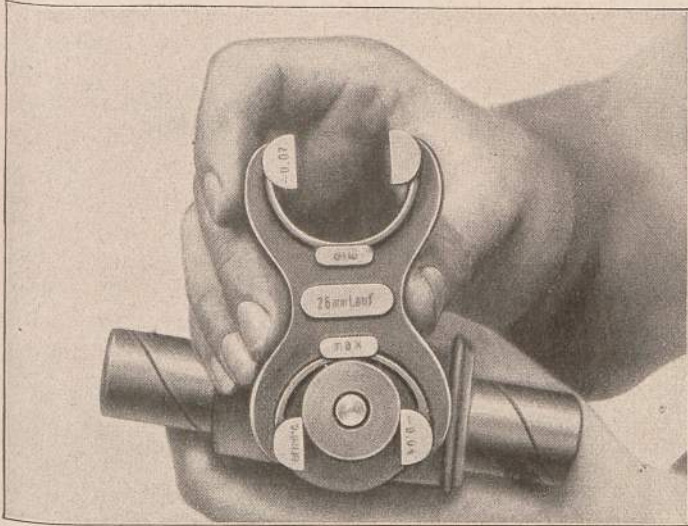
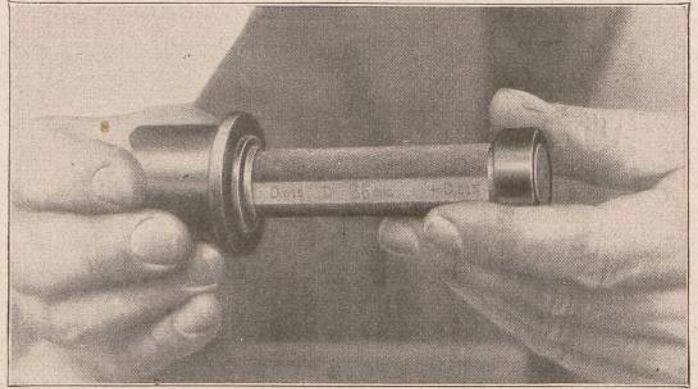
Die wenig schöne Doppelangabe ist nach dem Erlaß eines Gesetzes über die Besteuerung von Kraftwagen entstanden, das die Höhe der Abgaben nach der Motorstärke abstuft. Da die Steuersätze schon damals eine recht bedeutende Höhe hatten, suchte man einen Ausweg, sie auf unanfechtbarem Weg zu mildern. Man fand einen Durchschluß, weil im Gesetz nicht gesagt worden war, auf welche Weise die Pferdestärke jedes Wagens zu bestimmen sei.



227. Entstehung des Wagenkastens

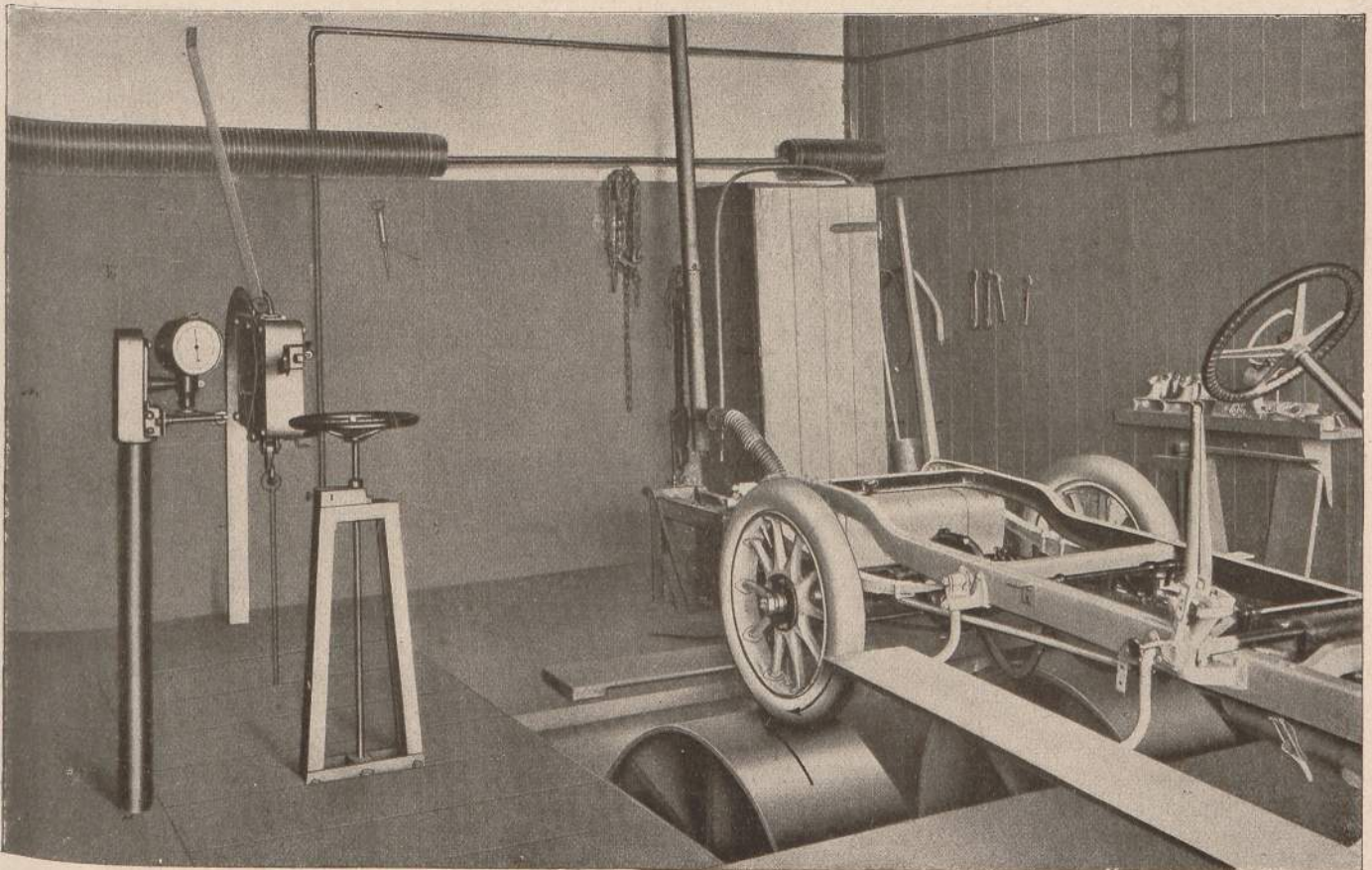
Aufnahmen aus der Fabrik von Alexis Kellner in Berlin





228. Präzisionsarbeit beim Kraftwagenbau

Oben Prüfung einer Bohrung mittels des Kaliberdorns, unten Prüfung eines Zapfendurchmessers mittels der Nachenlehre. Protos Automobile G. m. b. H. in Berlin



229. Prüfstand für Kraftwagen

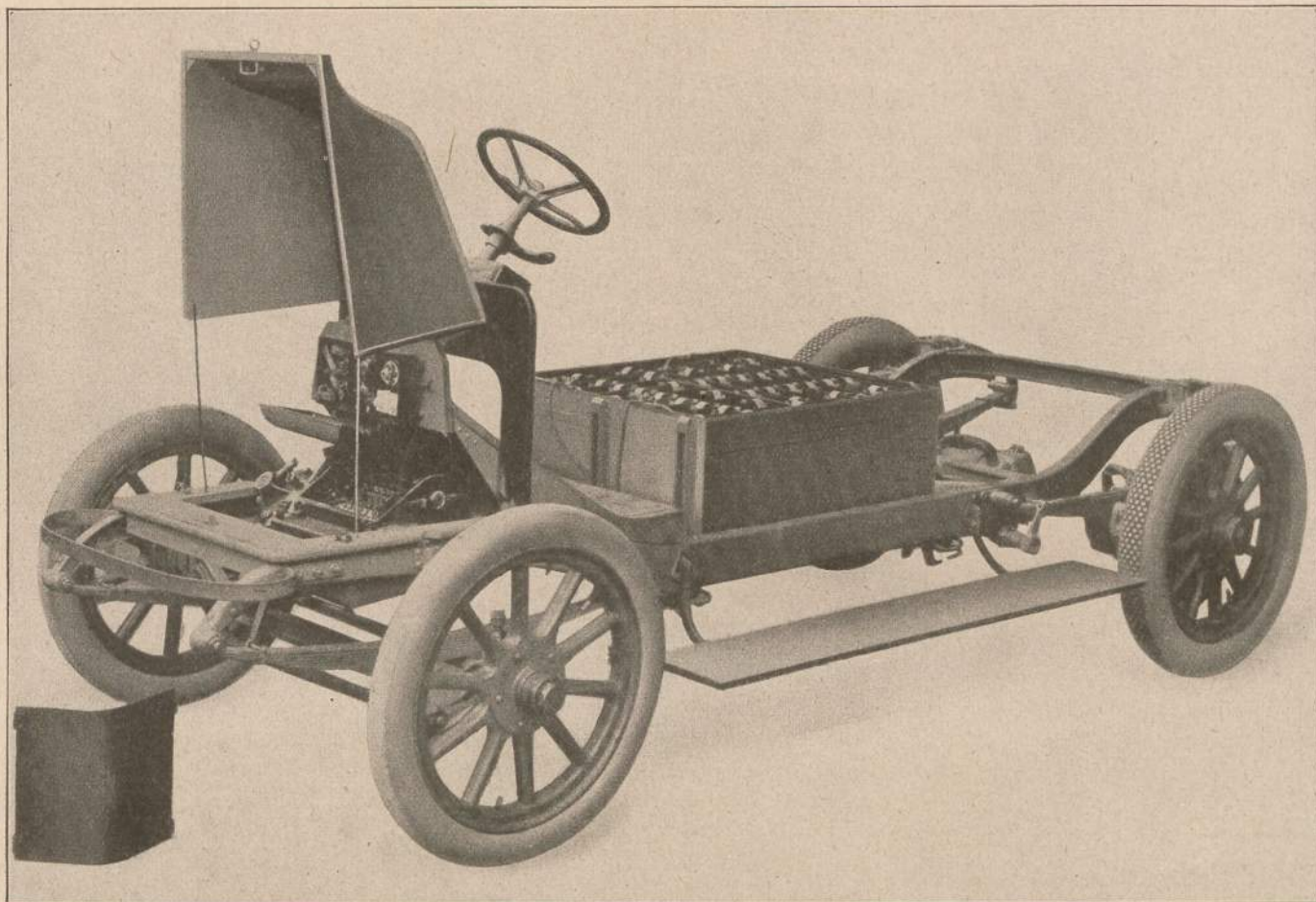
Die Maschine kann an Ort und Stelle mit jeder beliebigen Geschwindigkeit laufen, da die Hinterräder auf drehbare Rollen gestellt sind. NAG



Es wurde Einigkeit darüber erzielt, daß für die Steuer nicht die tatsächliche Höchstleistung des Motors, sondern die Arbeit der Hinterräder in Betracht komme. Indem nun nach den damaligen Verhältnissen angenommen wurde, daß durch den Verlust im Getriebe nur die Hälfte bis ein Drittel der Motorstärke an den Hinterrädern zum Ausdruck gelange, konnte und kann man die Steuerpferdezahl gering errechnen. Trotzdem aber will keine Fabrik davon Abstand nehmen, auch die Höchstleistung jeder ihrer Maschinen zu kennzeichnen, jene nämlich, die dadurch offenbar wird, daß man den Motor auf dem Prüfstand stärker und stärker abbremst, bis er zum Stillstand kommt. Diese Leistung ist

ihn als Wagenantrieb dem Gasmotor überlegen machen. Er geht von selbst und unter Last an, er vermag rückwärts zu laufen, sein Betrieb ist vollkommen geruchlos. Aber das alles wird leider mehr als wett gemacht dadurch, daß die elektrischen Wagen sehr schwer sind und nur einen geringen Leistungsbereich haben.

Als Kraftwagen im Gebrauchssinn kann selbstverständlich nur ein Fahrzeug angesprochen werden, das nicht gezwungen ist, die Energie für seine Fortbewegung einer festverlegten Leitung zu entnehmen. Also muß der Kraftwagen-Elektromotor aus einer Akkumulatoren-Batterie gespeist werden, die er ständig mit sich führt. Solange wir aber die Speicher-



230. Gestell eines Kraftwagens mit elektrischem Antrieb

In der Mitte des Wagens die Akkumulatoren-Batterie; unter dem Steuerrad der Schalter für die Geschwindigkeiten; unter der auf-  
geklappten Haube die Schalteinrichtungen. NAG

einzig abhängig von dem Zylinderinhalt, d. h. von Bohrungsdurchmesser und Hubhöhe, und der Umlaufgeschwindigkeit der Kurbelwelle, durch welche die Zahl der Zylinderladungen in der Zeiteinheit bestimmt wird.

\*

Wir hatten vor der Erörterung des Kraftwagens mit Verpuffungsmaschine eine andere Art selbstbeweglicher Fahrzeuge besprochen, nämlich solche, die durch Dampf getrieben wurden. Diese Dampfmaschinen sind vollständig untergegangen. Die vortrefflichen Eigenschaften des durch Verpuffungskräfte getriebenen Wagens haben mit Einer Ausnahme jeden Wettbewerber verdrängt. Nur der elektrische Antrieb hat sich in bescheidenem Bezirk daneben behaupten können. Der Elektromotor besitzt an sich viele Eigenschaften, die

zellen aus Platten des sehr schweren Bleis bauen müssen, stellt ihr Gewicht eine überaus hohe Belastung dar. Trotzdem vermögen sie nach jeder Ladung nicht mehr Energie zu fassen, als für eine Fahrt über höchstens 70 Kilometer ausreicht. Der elektrische Wagen darf sich also niemals weiter als 35 Kilometer von seiner Ladestelle entfernen, wenn er noch imstande sein will, mit eigener Kraft zu dieser zurückzugelangen. Die Hoffnung, an fremdem Ort eine geeignete Ladestelle zu finden, ist sehr gering. Das Aufladen selbst nimmt etwa drei Stunden in Anspruch, so daß man nur die Wahl hat, den Wagen so lange stillstehen zu lassen oder zwei auswechselbare Speicherbatterien vorrätig zu halten.

Wegen aller dieser Schwierigkeiten ist das Elektromobil nur für Stadtfahrten geeignet und dies um so mehr, als die starken Erschütterungen auf rauhem Pflaster die Bleiplatten der Zellen frühzeitig zerstören. Es ist sehr bedauerlich, daß



die Elektrotechnik unserer Tage auf diesem Gebiet noch nicht weitergekommen ist, denn die Ausrüstung des elektrischen Fahrzeuges ist gegenüber der des Wagens mit Verpuffungsmotor von bestechender Einfachheit.

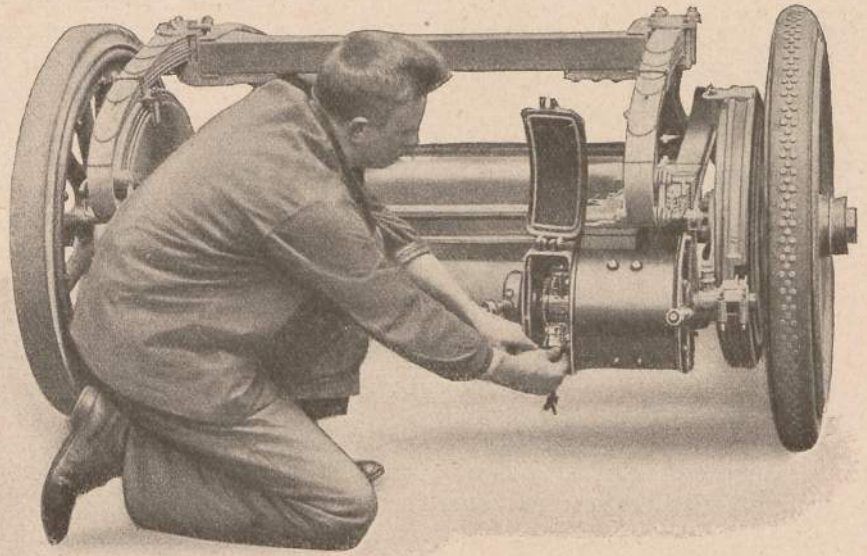
Inmitten des Rahmens steht, wie Bild 230 zeigt, die kraftspendende Akkumulatoren-Batterie. Ein Drehschalter unter dem Steuerrad beeinflusst eine Reihe von Stromschließen, die vorn unter einer Haube liegen, derart, daß sie den zu den Motoren fließenden Strom in seiner Stärke abtufen. Die Maschinen können unter allen Umständen ganz nahe der Hinterachse angebracht werden. Diese selbst steht still, jedes der Hinterräder dreht sich, wie beim Pferdewagen, um einen ruhenden Zapfen und ist in seiner Bewegung von dem andern völlig unabhängig. Dieerspaltung der Maschine in zwei gleiche Teile macht das Differential unnötig.

Es ist günstig für die gegen harte Stöße ziemlich empfindlichen Elektromotoren, wenn sie federnd aufgehängt sind. Das ist bei dem auf Bild 231 gezeigten Hintergestell eines Wagens der Fall. Die Motoren umfassen hier, wie bei den Straßenbahnwagen, mit Lagen die Hinterachse, um die sie schwingen können, ohne daß der Eingriff darunter leidet. Auf der Ankerwelle jedes Motors befindet sich ein kleines Zahnrad, auf der Radnabe ein großes, und diese Übersetzung gestattet, die Maschinen mit der ihnen am besten befömmlichen hohen Umdrehungszahl laufen zu lassen.

Eine in ihrer Einfachheit unübertreffliche Bauart aber entsteht, wenn man Radnaben-Motoren anwendet. Die Enden der Hinterachse werden hierbei als Träger feststehender Spulen ausgebildet, die Radnaben enthalten den sich drehenden Teil des Elektromotors. Jegliches Zwischengetriebe fällt nun fort.

Freilich liegen die Motoren ganz im ungefederten Teil des Wagens, so daß sie schwere Stöße auszuhalten haben, und sie müssen mit geringer Umdrehungszahl laufen, was eine Erhöhung des Stromverbrauchs mit sich bringt. Trotzdem würde diese Bauart sicherlich längst den gesamten Kraftwagenbezirk erobert haben, wenn es möglich wäre, leichte Speicherbatterien mit sehr großem Fassungsvermögen für elektrische Energie zu bauen.

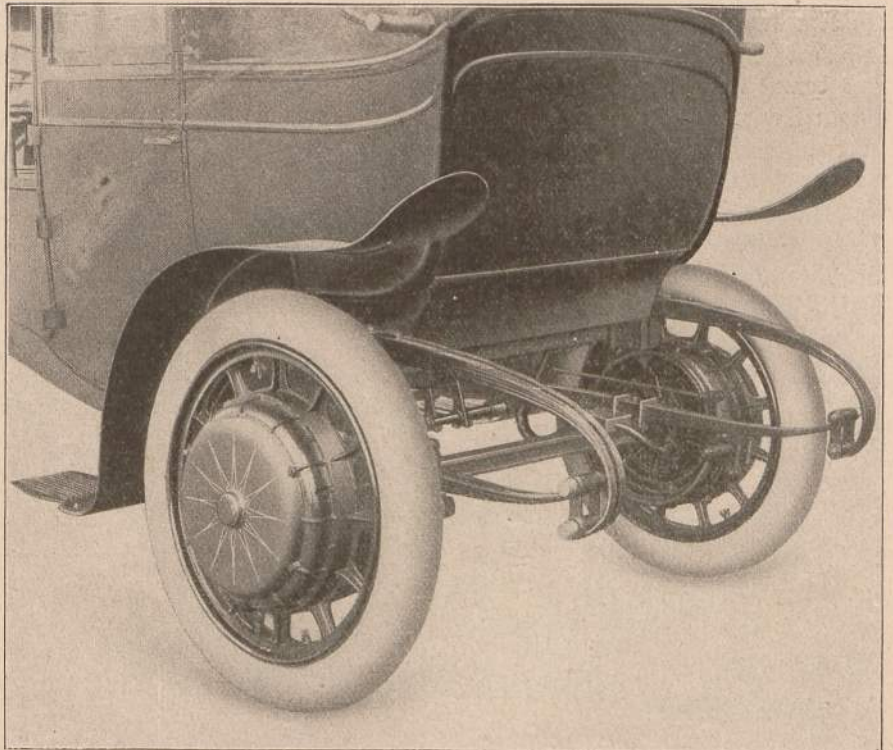
Vorläufig aber ist der elektrische Wagen nur für wenige ganz bestimmte Zwecke brauchbar, während sein fauchender Kamerad alle Länder der Erde durchschweift. Als leichter Stadtwagen für Ärzte und Gewerbetreibende, als Droschke, Krankenwagen und besonders als Feuerwehrfahrzeug, hat das Elektromobil seinen festen Platz im neuzeitlichen Verkehrsleben. Die elektrisch angetriebenen Fahrzeuge der Feuerwehr sind, was ja hier besonders wichtig ist, stets sofort fahr-



231. Elektrowagen

mit zwei Motoren, die an der ruhenden Hinterachse aufgehängt sind

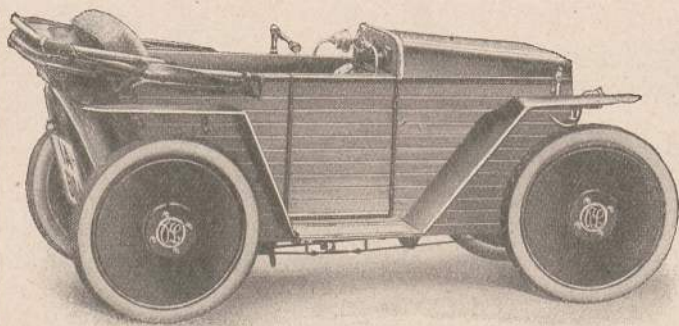
bereit. Kurzdauernde Überlastungen bei sehr schneller Zufahrt zu einer Brandstätte werden leicht ertragen. Der beschränkte Leistungsbereich spielt keine Rolle, da die Wagen ja stets nach Zurücklegung geringer Wege an eine Stätte heimkehren, wo sofort Neuaufladung stattfinden kann. Auch Kleinfahrzeuge für kurze Fahrt, dreirädrige sowohl wie vierrädrige, werden häufig elektrisch angetrieben. Es entsteht hier eine höchst einfache maschinelle Ausstattung, wenn der Motor auf die Vorderachse arbeitet und in deren unmittelbarer Nähe angebracht ist (Bild 234). Häufiges, regelmäßiges Rückkehren solcher Kleinfahrzeuge zu ihrer Ladestätte gestattet auch den Einbau sehr kleiner und damit leichter Batterien.



232. Elektrowagen mit Nabenmotoren

226





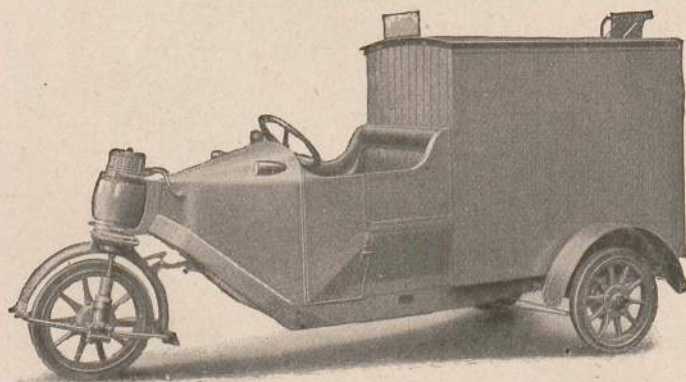
233. Kleinauto

Einsitzer mit elektrischem Antrieb. Batterie von der Akkumulatorenfabrik A.-G., Hagen und Berlin

Es ist nun noch ein Kraftfahrzeug zu besprechen, das in engstem Zusammenhang mit dem im vorigen Abschnitt erörterten Verkehrsmittel steht. Recht betrachtet, ist das Krafttrad der unmittelbare Vorfahr des großen Kraftwagens, denn Daimlers erstes Fahrzeug war ein Zweirad, und die erste Schöpfung von Benz hatte die Gestalt eines Dreirades. Dennoch durften wir von den Erstlingserschöpfungen der Daimler und Benz sogleich zu den großen Kraftfahrzeugen übergehen. Denn diese wurden in engem Anschluß daran geschaffen; das Krafttrad trat erst später in die auf das schnelle Fahren erpichte Welt.

Das erste Fahrzeug dieser Art wurde im Jahre 1893 von den Inhabern der deutschen Firma Hildebrand & Wolfmüller erbaut. Wie Daimler einen fertigen Pferdewagen, so nahmen sie ein gewöhnliches Zweirad, dessen Rahmen nur etwas umgeändert und verstärkt wurde, und stellten einen kleinen Motor darauf. Aber ungleich Daimler hatten sie keinen Erfolg. Erst den Franzosen de Dion und Bouton gelang es, das erste brauchbare Krafttrad zu schaffen. Doch auch dieses war in Bau und Wirkung noch sehr weit von den flinken Dingen unserer Tage entfernt.

Man wollte mit dem mechanisch angetriebenen Rad zunächst den Kraftwagen des kleinen Mannes schaffen und legte deshalb größten Wert auf möglichste Billigkeit des Baus. Das konnte hier so wenig wie in irgendeinem anderen technischen Bezirk zu etwas Gutem führen. Erst als man sich zu dem Grundsatz durchgerungen hatte, gediegen zu bauen und nur so billig, wie sich hiermit vereinbaren ließ, gelangte man zu dem Verkehrswerkzeug, das vor dem Fahrrad die Geschwindigkeit, vor dem großen Wagen die schmale Spur und damit die weit größere Schmiegsamkeit voraus hat. Der Rahmen des Krafttrades ist anders und fester durch-



234. Dreirad mit elektrischem Antrieb

Der Motor liegt über dem Vorderrad. Batterie von der Akkumulatorenfabrik A.-G., Hagen und Berlin

gebildet als der Stützbau des von Menschenkraft bewegten Fahrrades, weil er ja außer der Last des Fahrers noch das Gewicht der Maschine nebst Zubehör aufzunehmen hat. Der Motor lag zuerst über dem Vorderrad, dicht unter der Lenkstange, und es gibt auch heute noch, wie wir auf Bild 234 sehen, dreirädrige Kraftfahrzeuge, die diese Bauart zeigen. Alle neueren Zweiräder werden aber mit Motoren gebaut, die über dem Tretlager angebracht sind.

Man findet den leichten Einzylindermotor, kräftigere zwei- oder dreizylindrige Maschinen und hier und da sogar auch Vierzylindermotoren, mit denen besonders nervenstarke Menschen durch die Welt zu rasen vermögen. Das  $1\frac{1}{2}$  fache der Schnellzugsgeschwindigkeit ist hiermit leicht zu erreichen. Doch auch mit Einzylindermotoren von nur zwei Pferdestärken Leistung sind schon sechzig Stundenkilometer und mehr „gemacht“ worden.

Da auf Gewichtserleichterung hier weit mehr geachtet werden muß als bei irgendeinem anderen Fahrzeug, erhalten die Zylinder nur Luftkühlung, und ihre Oberflächen sind deshalb durch rippenförmige Ansätze möglichst vergrößert. Da sie dem anstürmenden Luftstrom vollständig ausgesetzt sind, genügt diese Art der Wärmeabführung. Man pflegt sie hier und da durch Hinzufügen eines Ventilators zu verstärken.

Die Drehung des Motors wird auf das Hinterrad übertragen und zwar durch einen elastischen Riemen, der die während des Fahrens entstehenden recht bedeutenden Verschiebungen zwischen Motorachse und Hinterachse vorzüglich ausgleicht.

Ein Behälter, der unter dem oberen wagerechten Rahmenrohr liegt, enthält den Brenn- und den Schmierstoff. Es fehlt der kleinen Maschine kein Ausrüstungsteil, den der große Bruder hat. Spritzvergaser und Magnetzündung, selbst Leerlaufschaltung und ein Wechselgetriebe für mehrere Geschwindigkeiten sind vorhanden. Alle Hebel zur Bedienung liegen bequem vor dem Fahrer.

Schlecht bestellt ist es allein um den Auspuffstopf. Bei den geringen Leistungen der hier benutzten Motoren spielt ein Energieverlust durch den Gegendruck in gut dämpfenden Auspuffstöpfchen schon eine Rolle. Wir haben auf Seite 88 ja gehört, daß die Verminderung des Geräusches der austretenden Gase nur dadurch erreicht werden kann, daß man sie durch schwierige Wege zwingt. Der Kolben muß also beim vierten Takt, während dessen er die verbrannten Gase aus dem Zylinder drängt, einen stärkeren Widerstand überwinden, als wenn diese frei austräten. Der große Kraftwagen merkt das kaum, beim Motorrad aber hütet man sich vor der Schaffung allzu starken Gegendrucks, und daher kommt das knatternde Geräusch, das die Aufmerksamkeit der Straßengänger weit mehr auf diese Kleinfahrzeuge lenkt als auf den mächtigsten Sechssitzer.

Die Zeit der gewaltigen Marktentwertung hat den Motorradspport sehr stark gefördert. Da es nur noch wenige gibt, die aus ihrer Privatkasse einen Kraftwagen erwerben können, aber viel mehr junge Leute als früher, die mit einem völlig unabhängigen Fahrzeug rasch in die Lande hinausfahren wollen, so werden jetzt Kraftträder in erheblicher Zahl gekauft; denn sie sind allenfalls noch erschwinglich.

Auch der Motorfahrer denkt häufig an den Satz: „Es ist nicht gut, daß der Mensch allein sei!“, und er nimmt daher gern einen Begleiter — manchmal auch eine Begleiterin — auf seinem Fahrzeug mit. Während man früher den Rahmen, der bereits durch das Motorgewicht belastet

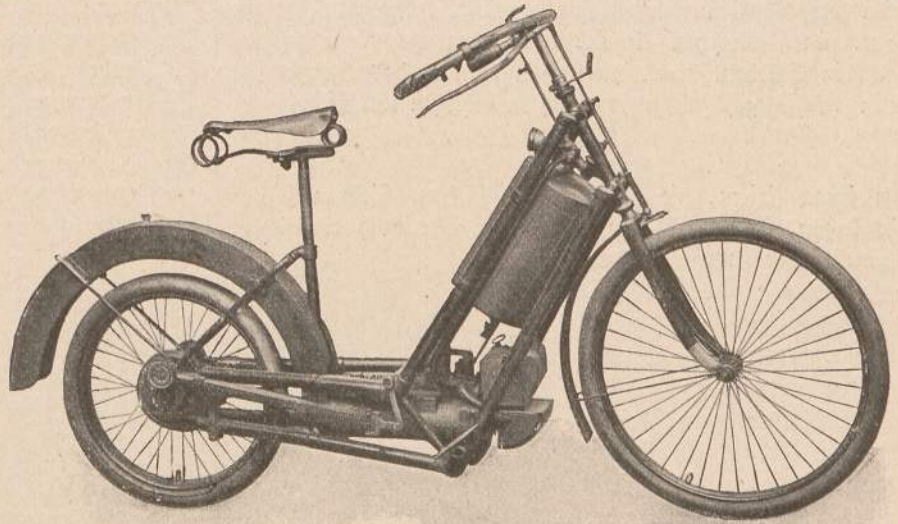


ist, nicht für fähig hielt, noch eine zweite Person zu tragen, ist nun die Anbringung eines „Sozius-Sitzes“ hinter dem Hauptsattel allgemein üblich geworden. Ein wenig Lächerlichkeit haftet dieser Doppelbeförderung auf einem kleinen, schmalen Fahrzeug zwar stets an, aber die Not hat in Deutschland noch sehr viel seltsamere Dinge verursacht, so daß das überladene Kraftrad kaum noch auffällt.

Vom ästhetischen Standpunkt verwerflich aber bleibt es, wenn das Motorrad mit ein paar lackierten Blechstreifen so verkleidet wird, daß es dem vierräderigen Wagen möglichst ähnlich sieht. Es sollte immer sein bescheidenes Aussehen bewahren, das allein zu dem einspurigen Fahrzeug paßt. Die Industrie hat sich entschlossen, für Leute, die solche überladenen Fahrzeuge lieben und meist keine hohen Sportfähigkeiten besitzen, Maschinen bereitzustellen, die seitliche Stützräder haben (Bild 240). Geht es einmal schief, im wahren Sinn des Worts, so fällt das Fahrzeug nicht um, sondern läuft auf einem der Hilfsräder weiter. Diese können auch bei normaler Stellung des Rahmens niedergeklappt werden, so daß man ständig mit vier Rädern fahren kann. Sportmäßig ist das freilich nicht mehr.

Ein aus der Not geborenes Verkehrswerkzeug ist im besonderen das gewöhnliche Fahrrad mit Hilfsmotor, das man immer häufiger durch die Straßen knattern hört. Die kleinen, leichten Maschinen, die hier zum Antrieb benutzt werden, sind so gut durchgearbeitet, daß sie bei sehr geringem Gewicht auf glatten Stadtstraßen recht Leichtiges leisten. Zweifelhaft aber muß es bleiben, ob das einfachste aller Kraftfahrzeuge, der Motorläufer (Bild 241), jemals ein ernsthaftes Verkehrsmittel werden wird. Er ist aus einem Spielzeug heraus entwickelt worden, aus dem Läufer, auf dessen Tragbrett die Kinder einen Fuß stellen, während sie sich mit dem anderen auf dem Boden vorwärtstößen. Auch dieser Läufer hat bereits eine richtige Steuerung für das Borderrad. Nun ist ein Motor von  $1\frac{1}{2}$  bis 2 Pferdestärken über diesem angebracht, und ein Sitz einfachster Art auf einer Stange zugefügt. Der geringe Durchmesser der Räder verbietet die Entfaltung einer irgendwie beträchtlichen Geschwindigkeit. Auch der Motorläufer ist wohl, wie sein Vorfahr, kaum mehr als ein Spielzeug.

Eine ausführliche Schilderung des Motorboots erscheint in diesem Werk nicht notwendig. Der Körper dieses Wasserfahrzeugs ist grundsätzlich ebenso gebaut wie der Rumpf

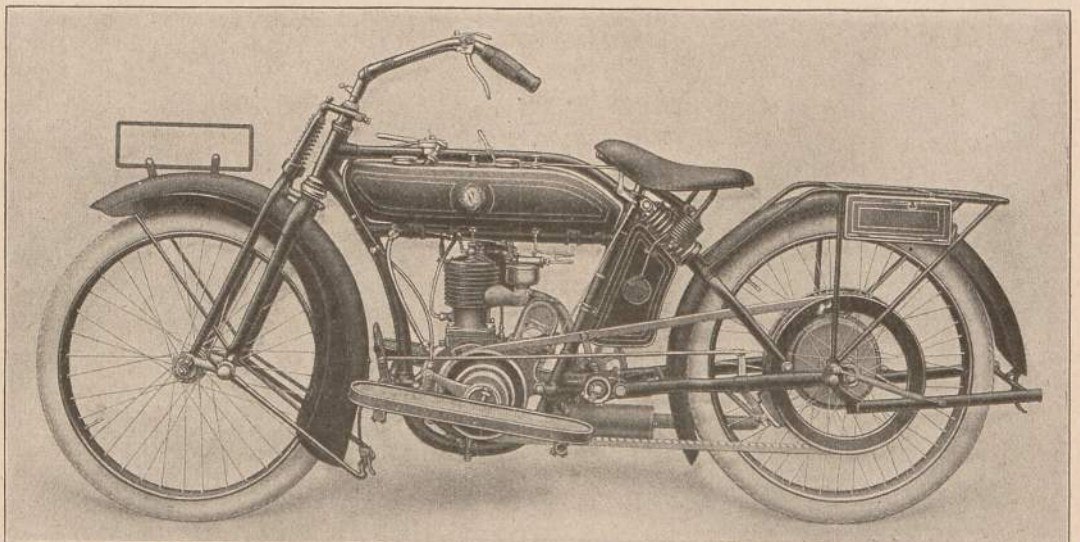


235. Das älteste Kraftrad

Erbaut von Hildebrand und Wolsmüller im Jahre 1893

aller anderen Schiffe, deren Konstruktion ausführlich im dritten Band dieses Werks behandelt wird. Die Maschine wurde, kaum verändert, vom Kraftwagen hinübergenommen. Ein Unterschied besteht nur darin, daß sie nicht eine querliegende Hinterachse, sondern die in der Verlängerung der Motorwelle sich erstreckende Schraubenwelle anzutreiben hat. Kardan und Differential können als unnötig fortfallen. Damit man bequem auch rückwärts fahren kann, ist entweder ein Wendegeräte zwischen Kurbelwelle und Schraubenwelle vorgesehen, oder man richtet die Schraube selbst so ein, daß sie umsteuerbar ist. Alsdann können die Flügel derart um ihre eigene Längsachse gewendet werden, daß die Schraube bei unveränderter Drehrichtung der Welle das Motorboot nach rückwärts zieht. In dem Abschnitt „Das Schiff“ sind bei der Besprechung der durch Gas- oder Dieselmotoren angetriebenen Fahrzeuge Wendeschrauben dargestellt.

Das erste Motorboot wurde 1886 von Daimler erbaut und auf dem Neckar erprobt. Es ist ergötlich zu hören, daß der Konstrukteur gezwungen war, um den Bootsrand



236. Kraftrad mit Ein-Zylinder-Motor

Neckarsulmer Fahrzeugwerke A.G. in Neckarsulm



dicke, auf Porzellan-Knöpfen befestigte Leitungsdrähte zu legen, um elektrischen Antrieb des Fahrzeugs vorzutauschen. Denn in Süddeutschland hielt man damals das Benzin für einen höchst gefährlichen, explosionsgierigen Stoff.

\*

In jenen Zeiten, die gleich einem schönen Traum hinter uns liegen, in den Jahren, als die Völker noch einträchtig nebeneinander wohnten und nur friedliche Kämpfe ausfochten, gaben die großen Kraftwagenprüfungen Gelegenheit zu internationalen Zusammenkünften von höchstem Glanz. Mehr als ein Duzend Mal seit Beginn dieses Jahrhunderts und kurz vorher waren Vertreter aller Staaten zusammengekommen, um festzustellen, welche Höchstleistungen aus dem neuen Verkehrsmittel zu gewinnen seien. Preise wurden ausgeschrieben, die für alle Erdbewohner offen waren, die Staatenlenker vereinigten sich in der Stiftung von Ehrengaben, und während die ungeheuren Staubwolken unter den gummibewehrten Rädern aufwirbelten, schien die Sonne hinab aus einem wolkenlosen politischen Himmelsgewölbe.

Der Krieg hat dann Anforderungen an die Kraftwagen gestellt, wie sie bis dahin in Härte und Dauer unerhört waren, aber alles Festliche blieb verschwunden, wie ja auch das Leben in seiner Gesamtheit seitdem unfestlich geworden ist. Der Juli 1914, dessen Name aus der Weltgeschichte nie verschwinden wird, brachte das glänzendste aller völkervereinenden Sportfeste. Es sollte das letzte für lange, lange Zeit sein.

Zwischen dem ersten Kraftwagenrennen und diesem letzten liegt nur eine Spanne von zwei Jahrzehnten. Die Leistungs-

steigerung, die in dieser Zeit erzielt wurde, ist in hohem Maß bewundernswert.

„Früher Morgen bei der Porte Maillot nahe Paris. Die Straße wimmelt von Menschen. Man ruft und lacht, das 'Petit Journal' wird mit heiserem Gebrüll ausgeschrien. Wie Schwärme weißer Tauben flattern da und dort Taschentücher, von winkenden Händen lebhaft bewegt. Paris, wie es sich auf dem Rennplatz von Auteuil und im Parterre der Großen Oper zusammenfindet, und das andere Paris, das auf dem Montmartre lebt, hatte sich hier getroffen, auf der Straße, die nach Rouen führt... Vorn bei den Fahrzeugen, im Trubel der Funktionäre, die typische Gestalt des fast 60 jährigen Gottlieb Daimler.“

So schildert die Denkschrift der Daimler-Motoren-Gesellschaft, die zur Feier des 25 jährigen Bestehens der Firma herausgegeben wurde, den Beginn des ersten internationalen Kraftwagenrennens, das im Juli 1894 stattfand. Am Start war eine überaus gemischte Gesellschaft erschienen. 102 Wagen hatten sich eingefunden, von denen eine große Anzahl durch Verpuffungsmaschinen betrieben wurde, viele aber auch durch Dampf, durch Elektrizität, durch Preßluft, Wasserdruck und eine sogar durch eine Zusammensetzung von lebendem und mechanischem Motor. Das Ergebnis des Rennens war recht kläglich. Obgleich die Strecke nur eine Länge von 126 Kilometern hatte, gelang es doch bloß fünfzehn Wettbewerbern, das Ziel zu erreichen. Erster wurde ein Daimlerwagen im Besitz der französischen Firma Panhard & Levassor, der die damals sehr auffallende Durchschnittsgeschwindigkeit von 20,7 Kilometern in der Stunde entwickelt hatte.

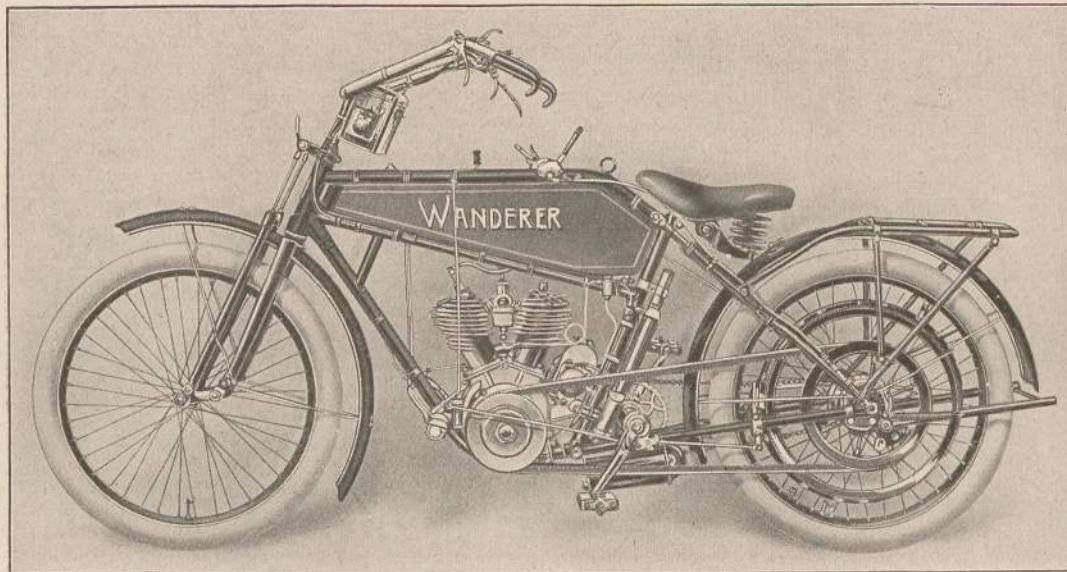
Die Veranstaltung wirkte wie ein reinigendes Gewitter.

Denn schon im nächsten Jahr, als das Rennen Bordeaux—Paris abgehalten wurde, fanden sich fast nur noch solche Wagen als Wettbewerber ein, die durch Verpuffungsmotoren getrieben wurden. Jetzt hatte die Strecke eine Länge von 1175 Kilometern, und sie wurde wieder von einem Daimler am raschesten durchheilt.

Im Jahre 1901 vereinigten sich der Automobile-Club de France und der Deutsche, später Kaiserliche, Automobilklub zur Veranstaltung einer Geschwindigkeitsfahrt von Paris nach Berlin, die als erste durch Deutschland führende von



237. Ein Ausflug auf dem Krafttrad  
Die in der Nachkriegszeit üblich gewordene Doppelbesetzung des Kleinfahrzeugs. Wanderer-Werke in Schönaue bei Chemnitz



238. Krafttrad mit Zwei-Zylinder-Motor  
Wanderer-Werke in Schönaue bei Chemnitz



allem Glanz sportlicher und höfischer Anteilnahme überstrahlt war. Der Deutsche Kaiser, der Präsident der französischen Republik, der König der Belgier, der Großherzog von Luxemburg hatten Ehrenpreise ausgesetzt. In feierlichen Worten wurde darauf hingewiesen, daß die innigen Beziehungen der Länder zueinander nun von neuem und fester als je geknüpft seien.

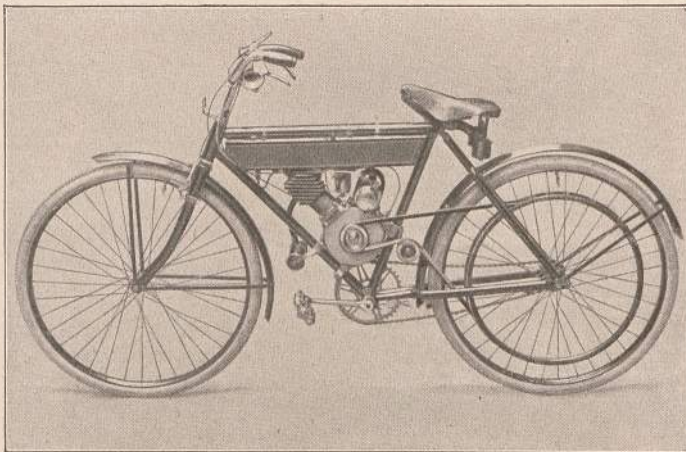
Die Fahrt ging in drei Abschnitten vor sich. Am 24. Juni fuhr man von Paris nach Aachen, am 28. Juni von Aachen nach Hannover und am 29. Juni von Hannover nach Berlin. Die gesamte Streckenlänge betrug 1196 Kilometer. Sie wurde von dem Sieger Journier auf einem Mors-Wagen in einer reinen Fahrzeit von 16 Stunden und 5 Minuten zurückgelegt. Von 110 Wettbewerbern erreichten 48 das Ziel.

Doch nicht immer geschah es, daß freundliche Götter den um einen lockenden Preis startenden Kraftfahrern vorseilten. Hier und da breiteten sich auch die schwarzen Schatten des Verhängnisses über ihren Weg. Niemals aber hat eine Wettfahrt so jammervoll geendet, wie die Schnelligkeitsprüfung im Jahre 1903, die von Paris über Bordeaux nach Madrid führen sollte. Eine geradezu groteske Häufung von Unglücksfällen zwang dazu, die Veranstaltung vor dem Ziel abzuberechen. Dem Starter in Paris stellte sich eine so große Anzahl von Fahrzeugen, wie

sie weder vorher noch nachher jemals beim Beginn eines Rennens versammelt gewesen sind. 227 Fahrzeuge mußten abgelassen werden, wozu nicht weniger als vier Stunden erforderlich waren. Als der letzte Teilnehmer seinen Wagen in Bewegung setzte, hatte der erste schon etwa 400 Kilometer zurückgelegt. Von deutschen Kraftfahrzeugen beteiligten sich ein Benz- und zwölf Daimler-Wagen. Bald hinter Versailles begann die Kette der Unglücksfälle, die bei dieser großen Wettfahrt in kürzesten Abständen aufeinander folgten. In Braunbecks „Sport-Lexikon“ ist darüber zu lesen:

„Beim Bahnübergang von Arvergres in der Nähe von Libonne rannte der bekannte de Dietrich-Fahrer Lorraine-Barrow, als er einem Hund ausweichen wollte, gegen einen Baum. Barrow wurde schwer verletzt und sein Mechaniker Pierre Rodiz getötet. Barrow erlag am 12. Juni seinen Verletzungen. Stead, ebenfalls auf de Dietrich-Wagen, fiel bei La Combe du Loup mit seinem Wagen nach einer Kollision

mit einem Konkurrenten in den Graben, wobei der Mechaniker getötet wurde. Auch der berühmte französische Konstrukteur Marcel Renault büßte auf der ersten Etappe sein Leben ein. In der gefährlichen Doppelkurve von Couhé-Berac kam sein Wagen stark ins Schleudern, da er trotz warnenden Signals die Schnelligkeit nicht vermindert hatte. Marcel Renault wurde gegen einen Baum geschleudert und



239. Fahrrad mit Hilfsmotor  
Richard Gruhn in Berlin

mit einem Konkurrenten in den Graben, wobei der Mechaniker getötet wurde. Auch der berühmte französische Konstrukteur Marcel Renault büßte auf der ersten Etappe sein Leben ein. In der gefährlichen Doppelkurve von Couhé-Berac kam sein Wagen stark ins Schleudern, da er trotz warnenden Signals die Schnelligkeit nicht vermindert hatte. Marcel Renault wurde gegen einen Baum geschleudert und



240. Krafttrad mit Stützrädern



241. Motorläufer



starb nach drei Tagen, am 27. Mai, in dem Meierhof Bourdevais. Der Soldat Dupuy, der einen Knaben retten wollte, wurde dabei von dem Brouhot-Wagen Tourands erfaßt, wobei ein Zuschauer namens Caillon, der Mechaniker des Wagens, Normand, getötet und der Soldat sowie Tourand schwer verletzt wurden. Der Wolseley-Wagen von Porter fing bei Chartres Feuer, wobei der Mechaniker Nixon verbrannte. Bei Ablis wurde eine Frau überfahren und getötet. Eine weitere Reihe von Unfällen vermehrte die Liste der Schwerverletzten. Das Rennen wurde, nachdem im ganzen zehn Personen getötet und viele schwer verletzt worden waren, in Bordeaux abgebrochen.“

Im Jahre 1899 hatte der Besitzer des „New York Herald“, James Gordon-Bennett, einen Wanderpreis für Kraftwagen-Wettbewerbe gestiftet, die auf der Straße über eine Länge von 550 bis 650 Kilometer ausgefahren werden sollten. Die Veranstaltungen sollten für Angehörige aller Staaten offen sein, und das nächste Rennen hatte immer in demjenigen Land stattzufinden, dessen Vertreter im vorhergehenden Jahr Sieger gewesen war.

Sechsmal ist um den Gordon-Bennett-Preis, einen in Silber hergestellten, mit Figuren reich geschmückten Tafelaufsatz in Form eines Kraftwagens, gestartet worden. Die ersten drei Rennen, die in den Jahren 1900 bis 1902

stattfanden, waren jedoch recht bedeutungslos. Sie gingen in Verbindung mit anderen Veranstaltungen vor sich und stellten keineswegs aufregende sportliche Ereignisse dar. Erst als ein Engländer den Sieg errungen hatte und im Jahre 1903 eine irische Strecke Schauplatz des Rennens wurde, sah man den silbernen Wagen als einen höchst begehrenswerten Besitz an. Die Kraftwagen-Industrien Frankreichs und Englands machten die größten Anstrengungen, um ihren Ländern den Gewinn zu sichern. Zum ersten Mal traten auch die Amerikaner als Wettbewerber auf. Das war nun Anlaß genug, daß auch die Deutschen ihre ganze Kraft zusammenfaßten, um die anderen zu übertreffen.

Die Daimlerwerke zu Cannstatt insbesondere hatten sich sehr gründlich für das Rennen in Irland vorbereitet. Die Strecke war äußerst schwierig, so daß in Frankreich gesagt wurde, man hätte die Fahrt ebenso gut in eine Zirkusmanege verlegen können. Mehrere Wagen mit Maschinen von je 90 Pferdestärken befanden sich bei Daimler für den besonderen Zweck in Arbeit. Da geschah es, daß am 10. Juni, etwa drei Wochen vor dem Renntag, die Cannstatter Werke abbrannten. Sämtliche Rennwagen gingen hierbei zugrunde. Damit schien zunächst eine Teilnahme der Firma unmöglich. Doch man verlor nicht den Mut und sann auf Rettung. Da Neuankfertigung in der kurzen Zeit unmöglich war, wurden schließlich aus privatem Besitz drei gewöhnliche 60 pferdige Mercedeswagen hergeliehen und von der Firma nach Irland gesandt.

Das Ergebnis war ein überlegener Sieg der Daimler-Wagen. Jenahy, der am Steuer des von dem Amerikaner Gray Dinsmore geliehenen Wagens saß, legte die 592,72 Kilo-

meter lange Strecke in 6 Stunden 39 Minuten zurück, wobei er eine Durchschnittsgeschwindigkeit von mehr als 89 Kilometern in der Stunde erreichte. Der Franzose de Knyff, der den zweiten Platz belegte, blieb um fast zwölf Minuten hinter dem Sieger zurück.

Nach Gordon-Bennetts Vorschrift mußte nun das nächste Rennen in Deutschland stattfinden. Am 17. Juni 1904 ging es auf einer Rundstrecke im Taunus vor sich und stellte eine der glanzvollsten Veranstaltungen dar, die unser Vaterland in seiner Blütezeit gesehen hat. Start und Ziel be-

fanden sich an klassischer Stätte, nämlich vor der Saalburg. Doch der Sieg blieb nicht bei Deutschland. Diesmal war der Franzose Théry mit seinem Brasier-Wagen der schnellste. Jenahy wurde zweiter, und Baron de Caters, gleichfalls auf einem Mercedes-Wagen, errang den dritten Platz. Das sechste Gordon-Bennett-Rennen fand darum in Frankreich, in der Auvergne, statt und sah wiederum Théry als Sieger durchs Ziel gehen.

Trotz dieser günstigen Ergebnisse für Frankreich erschienen die Bedingungen der Gordon-Bennett-Rennen der Industrie dieses Landes doch nicht vorteilhaft. Sie erreichte es, daß der Wanderpreis in die Hände des Sponsors zurückgegeben wurde und an seine Stelle ein Grand Prix (Großer Preis) trat, um den ausschließlich auf französischem Boden

gekämpft werden sollte. Mit großem Geschick haben es die Franzosen verstanden, einige der Grand Prix-Veranstaltungen als wahre Völkerfeste vor sich gehen zu lassen, deren Ergebnisse auf der ganzen Erde mit Spannung erwartet wurden. Obgleich die Bedingungen naturgemäß mit besonderer Sorgfalt für französische Verhältnisse zugeschnitten waren, sollte der erwartete Triumph dennoch ausbleiben. Mehrere Male gelang es gerade der Industrie, der Abbruch zu tun man am stürmischsten begehrte, nämlich der deutschen, über alle anderen in glänzender Weise zu siegen.

Im Jahre 1906 fiel der erste Grand Prix an Frankreich. Siziz auf einem Renault-Wagen war der Gewinner. Im nächsten Jahr schon ging der Preis nach Italien, da Nazzaro auf einem Fiat-Fahrzeug der schnellste war. 1908 aber belegte Deutschland die drei ersten Plätze. Vierter wurde ein Franzose, aber auch der fünfte, sechste und siebente Platz wurden von Deutschland erobert. Der berühmte Rennfahrer Lautenschlager hatte auf einem 120 pferdigen Mercedes, mit einer Geschwindigkeit von 111,276 Kilometern in der Stunde, alle geschlagen. Ihm folgten Hémery und Hanriot auf Benz-Fahrzeugen. Dann kam ein Bayard-Element-Wagen, und diesem schlossen sich ein Mercedes, ein Opel und ein Benz an.

Die Folge dieser ausgezeichneten Leistung der Deutschen war ein sehr bedeutender Aufschwung der Kraftwagen-Industrie in unserem Vaterland. Aus den fernsten Ländern, ja selbst aus England, Frankreich und Amerika kamen Bestellungen. Das paßte den Franzosen natürlich recht wenig, und sie ließen mehrere Jahre lang den Grand Prix schlummern. Man hatte inzwischen, insbesondere in Deutschland, die



242. James Gordon-Bennett



Überzeugung gewonnen, daß die reinen Geschwindigkeitsfahrten doch nicht die geeignetsten Veranstaltungen seien, um die wirklichen Leistungen von Kraftwagen festzustellen. Es ist keineswegs zu bestreiten, daß die großen Rennen sehr förderlich auf die Entwicklung des Kraftwagenbaus eingewirkt haben. Baustoffe wie Bauarten wurden hierbei den denkbar schwersten Belastungen unterworfen. Die Teilnahme der Öffentlichkeit blieb in stärkstem Maß auf die Veranstaltungen hingelenkt, und die Marken, deren Fahrer den Sieg errangen, gelangten dadurch in den Besitz des großartigsten Werbemittels.

Die ausschließliche Wertung der Geschwindigkeit aber hatte die üble Folge, daß die Käufer nun natürlich sehr schnelle Wagen haben wollten. Das hatte recht wenig Sinn, weil auf den Landstraßen doch niemals Gelegenheit ist, längere Zeit mit Schnellzugsgeschwindigkeit dahinzufahren. Da die führenden Firmen ihren Sinn hauptsächlich auf die Erringung von Rennerfolgen legten, trat ferner die Wirtschaftlichkeit des Kraftwagenbetriebs zu stark in den Hintergrund. Die Gesamtheit aber kann einen Vorteil aus dem Verkehrsmittel nur ziehen, wenn es auch für langdauernde Fahrten geeignet, sparsam und sicher ist. So war denn die Zeit reif geworden, an die Stelle der Rennfahrten die Dauerfahrten als wichtigste Prüfung zu setzen. Es ist das Verdienst des berühmten Malers Hubert von Herkomer, Deutschland Gelegenheit gegeben zu haben, höchst ergebnisreiche Wettbewerbe dieser Art zuerst zu veranstalten.

Professor von Herkomer war in dem Dorf Waal bei Landsberg am Lech geboren. Seine Eltern wanderten schon in seiner frühesten Jugend nach Amerika aus und siedelten später nach England über. Dort errang der Sohn hohen Ruhm als Maler. Niemals aber hat er sein deutsches Vaterland vergessen. Hier war es auch, wo in einer Unterredung mit führenden Männern des deutschen Kraftwagensports der Gedanke zur Stiftung eines Preises für Dauerfahrten entstand. Das Ziel sollte die Schaffung eines dauerhaften Wagens für Gebrauchszwecke sein.

Die erste Herkomer-Fahrt fand 1905 statt. Der Schauplatz war Süddeutschland. Die Strecke führte von München über Augsburg, Ulm, Freudenstadt, Baden-Baden, Stuttgart, Nürnberg und Landslut, an Herkomers Haus vorbei, nach München zurück. Die Dauerfahrt wurde durch zwei kurze Rennen belebt, von denen das eine über die nur wenig gekrümmte Hauptstraße durch den Forstrieder Park bei München, die andere aber über den Kessel-

berg mit seinen zahlreichen scharfen Krümmungen führte. Sieger war der Mercedes-Wagen Edgar Ladenburgs.

Die zweite Herkomerfahrt im nächsten Jahr wurde von Dr. Rudolf Stöß auf einem Horch-Wagen gewonnen. Sie führte von Frankfurt über Nürnberg und München nach Österreich hinein, wo Innsbruck, Klagenfurt, Bruck, Wien, Linz und Salzburg berührt wurden. Das Ziel war wiederum München.

Im Jahre 1907 wurde zum dritten Mal um den Preis gestartet. Diesmal ging es von Dresden über Eisenach, Würzburg, Mannheim, Lindau, München und Augsburg nach Frankfurt am Main. Wiederum fanden im Forstrieder Park und auf dem Kesselberg Schnelligkeitswettbewerbe statt. Edgar Ladenburgs Wagen vollbrachte von neuem die beste Leistung, so daß der Herkomer-Preis endgültig in das Eigentum Ladenburgs überging.

Da die Wirkungen der von Herkomer ins Leben gerufenen Dauerfahrten die darein gesetzten Erwartungen voll erfüllt hatten, wurde alsbald ein zweiter Preis für derartige Veranstaltungen durch den Prinzen Heinrich von Preußen gestiftet. Die drei Prinz Heinrich-Fahrten in den Jahren 1908, 1909 und 1910 wurden von Fritz Erle auf Benz-Wagen, von Wilhelm Opel auf Opel-Wagen und von Porsche auf einem österreichischen Daimler gewonnen.

Als besonders wichtig für die Züchtung widerstandsfähiger Wagen sind dann noch die Alpenfahrten des Österreichischen Automobilklubs während der letzten Jahre vor dem Krieg zu nennen. Mit Recht nennt von Löw die Veranstaltungen „die bedeutendsten Wettbewerbe von Tourenwagen, die je veranstaltet worden sind“, weil unter strengster

Aufsichtsforderungen an die Fahrzeuge gestellt wurden, wie sie in früheren Wettstreiten nicht vorgekommen sind.

„Es wurden an ungefähr acht Fahrzeugen annähernd zusammen 3000 Kilometer zurückgelegt. Der Motor durfte vom Morgen bis zum Abend nicht abgestellt werden, auch nicht bei Bereifungsschäden oder Felgenwechsel. Die Wagen mußten im Freien übernachten und sich morgens innerhalb einer Minute andrehen lassen. Die Straßen waren die steilsten und die Pässe die höchsten, die sich in den

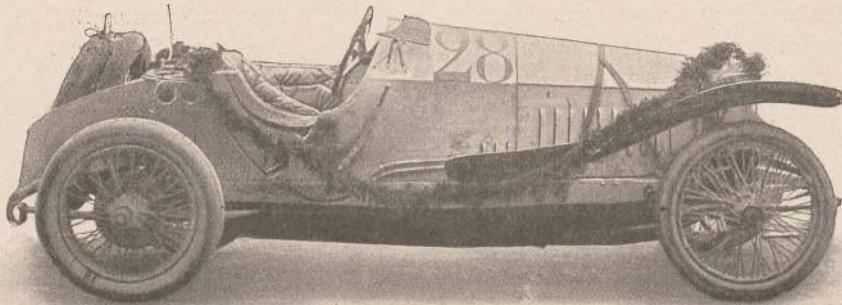


243. Christian Lautenschlager

der Sieger in den Grands Prix 1908 und 1914, am Steuer des Daimlerwagens von 1908

sammenstellen ließen: Ratschberg, Kreuzberg, Zurracher Höhe, Loibelpaß, Wurzenpaß, Pordoljoch, Rollepäß, Broconnepaß, Falzaregopaß, Mendelpaß, Taufsenpaß u. a. Oft waren besonders schlechte Wege mit Hunderten von tiefen Querrasten gewählt, die bei den erheblichen Fahr-





244. Der schnellste Wagen im Rennen um den Grand Prix 1914  
Erbaut von der Daimler-Motoren-Gesellschaft in Cannstatt bei Stuttgart

geschwindigkeiten (es waren an jedem Tage ungefähr 400 Kilometer zurückzulegen) ungeheuere Beanspruchungen an Federn und Hinterachs Antrieb erzeugten.“

Unmittelbar bevor die Kriegswagen über Europa zusammenzuschlugen, entboten die Franzosen noch einmal die Kraftwagen aller Länder zur Ausföhrung des Grand Prix nach Lyon. Von allen Seiten kamen die besten Wagen, wahre Schnelligkeitssteufler, zusammen. 12 französische Fahrzeuge und 29 aus anderen Ländern rangen um den heißbegehrten Siegespreis. Es war das „Rennen aller Rennen“, das in Glanz und Fröhlichkeit, ohne Ahnung des so nahe bevorstehenden furchtbaren Ereignisses ausgefahren wurde. Zum letzten Male für lange Zeit strahlte Deutschlands Gestirn in Form des dreigezackten Mercedes-Sterns in friedlich-sieghaftem Leuchten über die Erde, denn deutsche Wagen waren es, welche die drei ersten Plätze besetzten und damit alle anderen weit zurückdrängten.

Die Daimler-Werke hatten sich nicht nur durch beste Herstellung der nach Lyon gesandten Wagen, sondern auch taktisch aufs beste für den Wettbewerb vorbereitet. Sein wahrhaft dramatischer Verlauf wird in der bereits erwähnten Denkschrift folgendermaßen geschildert:

„Der Grand Prix 1914! Wie ein heißer Tag voll erschöpfender Kämpfe, voll herrlicher Siege liegt er hinter uns. Eine unübersehbare Menschenmenge war nach Lyon gekommen, um Zeuge dieses beispiellosen Treffens zu sein. Die ganze Nacht über, die dem Rennen vorausging, trafen Extrazüge ein, die Tausende über Tausende ausspion. Karawanen von Autos hasteten der Stadt zu. Die Gasthöfe waren bis in die letzte Mansarde vermietet. Viele Fremde, die keine Unterkunft gefunden hatten, erwarteten den Morgen

in den Kaffeehäusern. Den Gesprächsstoff bildeten das Rennen und die Aussichten der einzelnen Bewerber. Dabei galten der Marke Mercedes nur wenige Stimmen. Die meisten hatten wohl Peugeot und Delage oder, wie es der Konstrukteur Delage ausdrückte: „Ich habe 48 Prozent Gewinnchancen, Peugeot auch 48, für Mercedes bleiben die restlichen 4!“

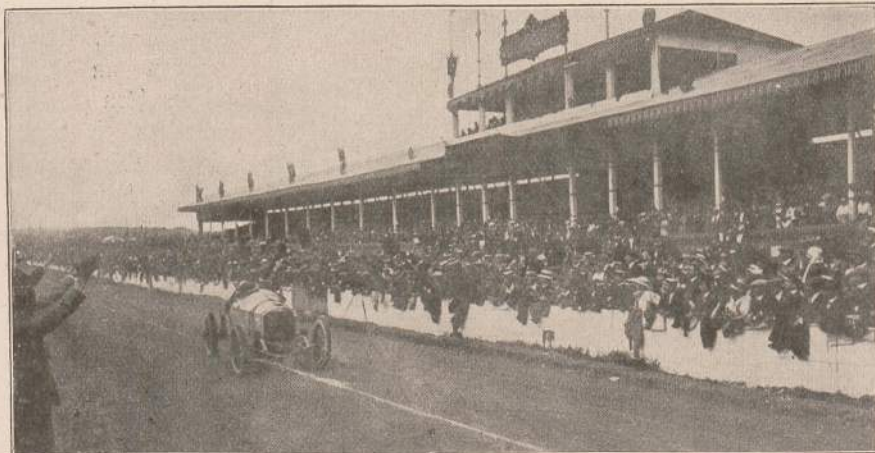
„Am Morgen stellten sich dem Starter 41 Fahrer: das Beste vom Besten! Die Daimler-Motoren-Gesellschaft hatte ihre Wagen mit dem Grand-Prix-Sieger von 1908, Lautenschlager, dann mit Wagner, Salzer, Sailer und Pilette be-

mannt. Unter den übrigen fanden sich alle anderen Grand-Prix-Sieger, und was die automobilistische Welt sonst an Helden des Lenkrades hatte. Der Sieg war in der Tat schwer gemacht. Ein Kampf der Titanen hob an ...

„Die Mercedes-Reute fuhr nach einem wohl durchdachten Plan. Ingenieur Sailer hatte die nicht sehr dankbare, aber um so wichtigere Rolle übernommen, die Konkurrenz zu Lode zu heizen. Und so legte er gleich ein Tempo vor, dem das Feld kaum zu folgen vermochte. Er fuhr die schnellste aller Runden (20 Minuten 6 Sekunden). Die anderen mußten, ob sie wollten oder nicht, mittun, auch auf die Gefahr hin, ausgepumpt zu werden. Das augenblicklich einsetzende Prestissimo, das Sailer anschlug, kam wohl für Fahrer und Zuschauer überraschend, und es ist begreiflich, daß sich die Spannung von Runde zu Runde steigerte, als Sailer immer mehr Vorsprung gewann. Indessen befolgten Lautenschlager und die übrigen Mercedes-Fahrer eine andere Taktik. Sie fuhrten schnell, aber sie vermieden es, alles daranzusetzen. Dennoch sind nach der dritten Runde Mercedes-Fahrer unter den ersten sieben. Lautenschlager hat sich um zwei Plätze vorgeschoben, Sailer ist noch immer mit 1 Minute 12 Sekunden im Vorsprung. Am Ende der vierten Runde vergrößert er ihn auf 2 Minuten 28 Sekunden, Lautenschlager hat sich auf den vierten Platz hinaufgearbeitet.

„Nach der fünften Runde ein Aufatmen durch die Menge, denn Sailer ist schachtmatt. Der Benzinbehälter ist gebrochen, und damit scheidet der gefürchtete Scharfmacher aus. Aber das Tempo bleibt dasselbe, denn man hat erkannt, daß Mercedes mehr Gewinnchancen beansprucht als vier Prozent. Man beginnt zu ahnen, wie gefährlich die deutsche Marke ist, Sailer hatte eine allzu deutliche Probe vorgelegt. Vorläufig aber ist Frankreich noch nicht verloren. Nach der zehnten Runde ist die Hälfte der Strecke, der 376. Kilometer, erledigt — und Boillot führt. Wie lange noch? In der dreizehnten Runde ist Boillot noch immer an der Spitze, aber mit atembeklemmender Eile ist ihm Lautenschlager näher gekommen, und nun folgt er dicht hinter ihm — und hinter Lautenschlager Wagner ...

„Ein Fieber hatte sich aller bemächtigt. Das Rennen tobte weiter. Mehr als die Hälfte aller Fahrer war schon ausgeschieden, teils infolge von Defekten, teils weil sie aussichtslos weit ins Hintertreffen



245. Der Sieger im Grand Prix 1914 am Ziel  
Christian Lautenschlager auf Mercedes



geraten waren. Nach Beendigung der fünfzehnten Runde ist der Franzose immer noch Erster. Hinter ihm drein jagen Lautenschlager, Wagner, Gour und Salzer. Das Tempo scheint sich noch zu steigern. Die Erregung wirkt wie eine erdrosselnde Hand. Die Mercedes rücken immer bedrohlicher vor. In der achtzehnten Runde führt schon Lautenschlager, und in der vorletzten Runde hat er seinen Abstand vor Boillot auf 1 Minute 7 Sekunden vergrößert. In der zwanzigsten und letzten Runde wird Boillot von seinem Schicksal erreicht: in der Nähe von Givors muß er aufgeben und das Feld den anderen überlassen, den Deutschen, den Feinden. Im Sturm jagen sie durchs Ziel, mit nervenmarternder Schnelligkeit — Lautenschlager, Wagner, Salzer, drei Deutsche, drei Mercedes, und tragen die Farben Deutschlands zum Siege.

„Lautenschlager hatte das über 752 Kilometer führende Rennen in 7 Stunden 8 Minuten 18 Sekunden gefahren und damit eine durchschnittliche Geschwindigkeit von 105,55 Kilometer erreicht gegen 111,27 Kilometer im Grand Prix 1908. Der Erfolg dreier Wagen der Marke Mercedes bewies aber auch, daß es sich dabei um keinen Zufallssieg, sondern um einen auf der Qualität der Wagen und Fahrer beruhenden Sieg handelte, der gleichzeitig Zeugnis ablegte von dem gewaltigen Fortschritt im Automobilbau.“

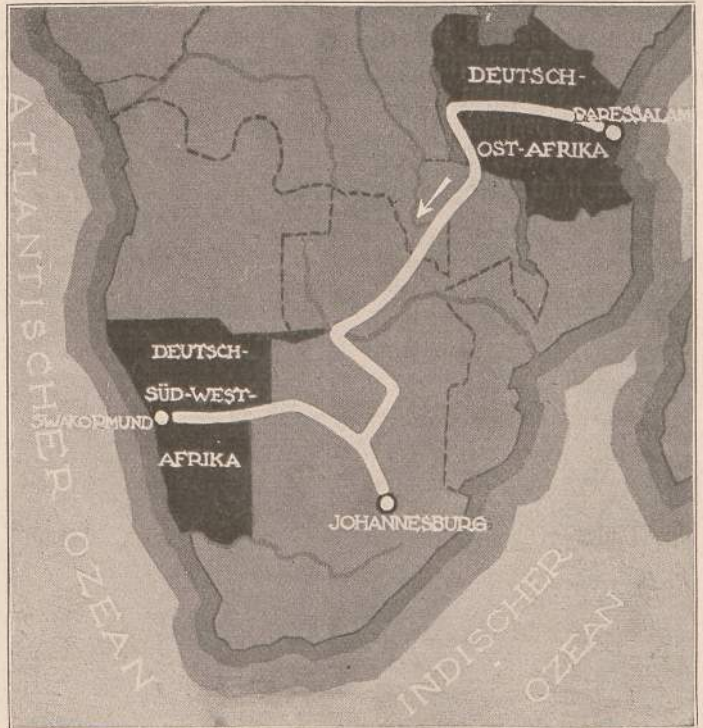
Da man ja seit dem Ausbruch des Krieges in allen Ländern der Erde sich bemüht, die Bedeutung der deutschen Leistungen hinunterzusetzen, so ist es immer von neuem Pflicht, hervorragende deutsche Taten zu betonen. Und so muß denn hier auch erwähnt werden, daß es gleichfalls ein deutscher Wagen gewesen ist, der die geschwindeste aller Fahrten auf festem Boden gemacht hat. Im April des Jahres 1911 fand ein Rennen zu Daytona auf der amerikanischen Halbinsel Florida statt. Burmann auf Blitzen-Benz fuhr hierbei eine Zeitlang mit der unerhörten Geschwindigkeit von fast 229 Kilometern in der Stunde. Selbst auf glatter Schienenbahn ist diese Schnelligkeit bisher nicht erreicht worden. Nur das Flugzeug, das ja keine Bodenreibung zu überwinden hat, vermochte sie zu übertreffen.

Auf der Automobilverkehrs- und Übungsstraße im Grunewald bei Berlin, abgekürzt Avus genannt, deren Führung und Bau bereits in Abschnitt 8 auf Seite 29 dargelegt wurde, sind in den Jahren nach dem Krieg mehrere bedeutende Kraftwagen-Wettbewerbe ausgetragen worden. Hierbei hat sich als Meister am Steuer besonders Christian Riecken bewährt, der Lenker von Wagen der Nationalen Automobil-Gesellschaft (NAG), die durch ihn mehrfach zu überlegenen Siegen geführt worden sind. Dieser ausgezeichnete Fahrer hat in der Zeitschrift „Sport im Bild“ sehr fesselnde Mitteilungen über die Vorbereitungen zum Rennen und über das Verhalten während des Wettbewerbs gemacht:

„Das eigentliche Training des Rennfahrers beginnt“ so schreibt Riecken, „nicht erst in dem Augenblick, wo er sich an das Steuer setzt, um die Rennstrecke zu befahren. Die wenigen Übungstage auf der Avus reichen bei weitem nicht aus, Wagen und Fahrer so rennfähig zu machen, daß sie den Anstrengungen der großen Prüfung am Renntage gewachsen sind. Das Befahren der Straße mit der höchst erreichbaren Geschwindigkeit ist nur eine Probe aufs Exempel, die nochmalige Nachprüfung einer in allen Teilen bereits sorgfältig stimmend gemachten Aufgabe und ihrer Ergebnisse. Der entscheidend wichtige Teil des Trainings liegt lange vorher. Er gilt in der Hauptsache einer Durcharbeitung des

Motors und aller Trieborgane des Fahrzeugs und der an Mühen und Entbehrungen reichen Stählung und Zübereinstimmung des ganzen Körpers. . . .

„Die Vorbereitung des Fahrers ist in gewisser Hinsicht noch wichtiger als die Vorbereitungen und Versuche am Rennfahrzeug. Die geistige Energie muß frisch gehalten werden. Sinne und Nerven werden in einem geschwächten Körper weniger impulsiv und kräftig arbeiten. Alles Können und Wissen in fahrtechnischer Hinsicht wird nicht wettbewerbsfähig sein, wenn das Herz nicht stark und der Kopf nicht klar bleibt. Der Körper muß systematisch und dauernd trainiert werden, damit der Fahrer auch die unbedingt erforderliche gute Funktion seiner stark beanspruchten Organe



246. Kraftwagenfahrt quer durch Afrika

Ausgeführt von Oberleutnant Graef in den Jahren 1907—1909

mit ins Rennen bringt. Ein Rennfahrer ohne die entscheidenden Eigenschaften bildet eine Gefahr für seine Mitbewerber. Da genügt nicht das Bewußtsein, der größte Fahrkünstler am Platze zu sein.

„Wenn im Rennen die Nerven schwach werden, geht es mit der Willenskraft bergab. Das impulsive Handeln, die eigentliche Größe des hochveranlagten Fahrers, kann durch körperliche Schwäche verloren gehen. Die Fähigkeit, in Bruchteilen von Sekunden so zu handeln, wie es das Auftauchen einer plötzlichen Gefahr erfordert, ist unbedingte Voraussetzung für den Rennfahrer. Können und Wagemut müssen stets dem Geist untergeordnet sein, denn ein geringer Fehler kann zur Katastrophe führen.“

„Als alter Fahrer, der schon viele Rennen bestritten hat, lege ich mir eine gewisse Vorsicht auf, ganz gleich ob im Rennen oder nicht. Meine Sinne sind so geschärft und ausgebildet, daß sie immer mit Gefahren rechnen. Das Bestehen in Tausenden von Gefahren, oft nur um Haarsbreite, mancher Dreher und mancher Sturz gehören in das Training eines Rennfahrers. Neben dem festen Bewußtsein des Fahrers von seinem großen Können entsteht durch die tausendfache Überwindung der Gefahr der



unbeugsame Glaube an seinen guten Stern. Wenn einmal das Gefühl der Furcht aufkommen sollte, ist es mit dem Rennfahrer aus. Ein Fahrer mit Hemmungsvorstellungen gehört nicht mehr in ein Rennen. Ungeheures Art oder Tollkühnheit führen niemals zum dauernden Erfolg. Temperament und Draufgängertum müssen fein gezügelt sein und dürfen nicht restlos angesetzt werden. Das richtige Gefühl für den Einsatz der höchsten Qualitäten muß dauernd geprüft und trainiert werden; die meisterhafte Hand soll mit dem Geist lenken."

Wenn wir an die Beschreibung des Kraftwagenmotors zurückdenken, die notgedrungen viele Seiten dieses Werkes umfaßt, so sollte es scheinen, als wenn dieser feine Mechanismus nur geschaffen sei, auf guten Wegen und bei fortwährender Gelegenheit zu Ausbesserungen in Sonderwerkstätten seinen Dienst zu vollbringen. Hoch empfindliche, feinste Teile müssen unausgesetzt aufs sorgfältigste miteinander arbeiten, wenn die Maschine nicht versagen soll. Ungeheure Hitze, gewaltige Drücke üben fortwährend ihre zerstörenden Einflüsse aus. In toller Geschwindigkeit rast die Kurbelwelle um und um und reißt das Getriebe mit seinen zarten Gelenken und Zahnrädern mit sich.

Erstaunen über die Schaffenskraft menschlichen Geistes und handwerklicher Geschicklichkeit muß daher jeden erfassen, wenn er von den abenteuerlichen Kraftwagenfahrten durch unzivilisierte Länder hört, die bereits oft ausgeführt worden sind. Monate lang befanden sich die Fahrzeuge in Gegenden, die keine Gelegenheit zu irgendeiner Ergänzung oder Ausbesserung gaben. Wege waren nicht mehr vorhanden. Flüsse mußten ohne Brücken überschritten werden, es galt, Gebirge zu übersteigen und Sümpfe pfadlos zu queren. Dennoch gelang es den entschlossenen, kühnen Fahrern immer wieder, ihre Wagen ans Ziel zu bringen.

Drei solcher Fahrten durch teilweise noch ganz wilde Länder mögen hier erwähnt sein, deren erste freilich nur mit großen Unterbrechungen und unter Benutzung europäischer Hilfe zu Ende geführt werden konnte. Oberleutnant Graetz ist der erste gewesen, der auf einem Benz-Wagen Afrika durchquert hat. In Braunbecks „Sport-Lexikon“ wird darüber berichtet: „Am 10. August 1907 hatte Graetz die Fahrt vom Hotel „Kaiserhof“ in Dar-es-Salam (Deutsch-Ostafrika) angetreten. Er mußte die Reiseroute einige Male ändern infolge der starken Regenfälle, die das zu durchquerende Gebiet teilweise unpassierbar machten. Mitte Dezember traf er in Tabora ein, von wo er mit Leutnant a. D. Th. Roeder aus Hamburg die Reise fortsetzte.

„Als nächstes Ziel wurden Udsiji und Abercron gewählt. Auf dieser Teilstrecke erlitten die Fahrer die erste größere

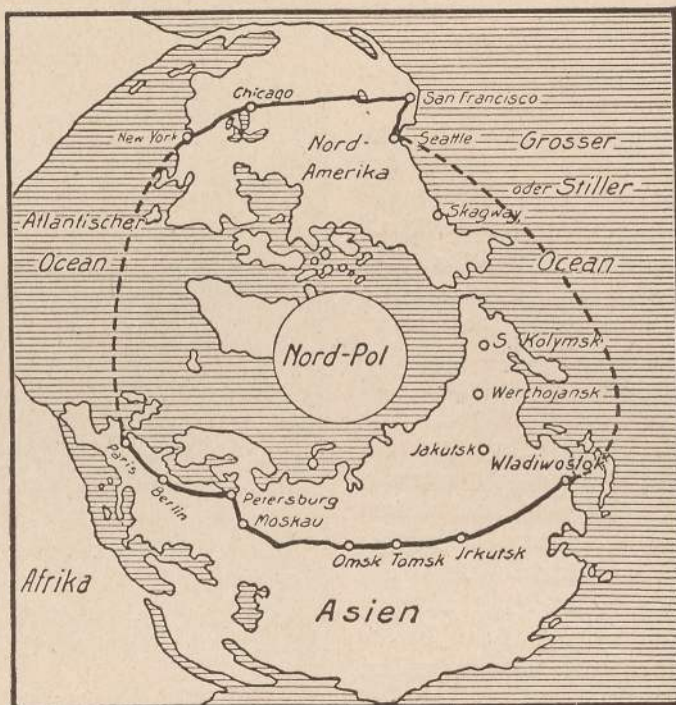
Panne. Beim Ueberfahren eines Flusses gerieten die Zylinder des Motors unter Wasser und explodierten infolge des krassen Temperatur-Gegensatzes. Dieser Zwischenfall war so entmutigend, daß sich der Chauffeur erschießen wollte. Graetz schickte ihn aber nach Deutschland, um Ersatz zu beschaffen. Ein deutscher Farmer half mit einer großen Schar Eingeborener das auseinandergenommene Automobil nach Abercron schaffen.

„Zweieinhalb Monate später, nachdem der Wagen wieder zusammengesetzt war, ging die Fahrt über Mpika, Serenje nach Brokenhill. Die Reise wurde ungeheuer schwierig. Der zweite aus Europa nachgeschickte Chauffeur verließ Graetz ebenfalls. Das Terrain war sehr schlecht. Die vorhandenen Brücken über die 28 Flußläufe, die zu passieren waren, erwiesen sich als zu schmal, so daß sie erweitert werden mußten. Sie befanden sich meist in einem so schlechten Zustand, daß neue Brücken angelegt werden mußten. Der 150 Meter breite Quellfluß des Kongo wurde nach mühseliger Arbeit mit Hilfe eines von den Eingeborenen gezimmerten Floßes überschritten. Da das Benzin auf der Strecke verdunstet war, mußten die Reisenden fünf Wochen unter Entbehrungen auf Ersatz warten. Halb verhungert — sie nährten sich schließlich von Froschkeulen und Heuschrecken — traf sie der Ersatz an. Endlich am 6. Juli 1908 wurde Brokenhill erreicht. Ein Monat verging mit der Reparatur des Wagens, der unter den ungünstigen Terrainverhältnissen gelitten hatte.

„Über Livingstone ging es dann nach Bulawayo, wo die Reisenden das Grab Cecil Rhodes' besuchten. Am 11. Dezember, 4 Uhr nachmittags, erreichte man Johannesburg.

Am ersten Feiertag erfolgte die Weiterfahrt nach Palapye Road. Nun begann am 10. Januar der beschwerlichste Teil der Reise durch die Kalahari (Pottlettle-River, Ugami-see). 800 Liter Benzin und nur die notwendigsten Lebensmittel bürdete man dem Automobil auf. Niefontain und Gobabis wurden passiert, und am 24. April erreichte man Windhuk. Noch eine schlimme Panne traf die Reisenden. Die Hinterachse des Autos brach; man requirierte aus Windhuk Ersatz, der aus einer Geschützachse hergestellt worden war. Am 30. April 1909 erreichte Graetz Swakopmund: Afrika war durchquert."

Auf ein Preisausschreiben, das die französische Zeitung „Le Matin“ veranstaltet hatte, fuhren am 10. Juni 1907 ein Itala-Wagen von fünfzig Pferdestärken mit dem Fürsten Borghese am Steuer, ein de Dion-Bouton, ein Spyker-Wagen und ein Dreirad von Peking ab, um durch Asien und Europa nach Paris zu gelangen. Die Strecke führte über Kalgan, Urga, Irkutsk, Atschinsk, Tomsk, Kainsk,



247. Im Kraftwagen um die Erde

Die von Leutnant Roepen im Jahre 1908 im Auftrag der „B. Z. am Mittag“ auf einem Protowagen zurückgelegte Strecke New York—Paris



Dmsk, Zekaterinburg, Perm, Kasan, Moskau, Petersburg, Eydtkuhnen, Küstrin, Berlin, Hannover, Köln nach Paris und hatte eine Gesamtlänge von 13 000 Kilometern. Nach zwei Monaten erreichte Fürst Borghese das Ziel, so daß ihm der Preis zufiel. Auch die beiden anderen vierräderigen Fahrzeuge kamen glücklich bis nach Paris, nur das Dreirad erlag den Schwierigkeiten des Weges.

Schon ein Jahr später setzte der „Matin“ von neuem einen Preis für eine Dauerfahrt aus; sie sollte diesmal eine Reise um die Erde darstellen. Nach dem ursprünglichen Plan hatten die Wettbewerber von New York über Alaska, die zugefrorene Behringstraße, Sibirien, Rußland und Deutschland nach Paris zu fahren. Das Stichwort hieß „New York—Paris en automobile sans prendre le paquebot“ (Von New York nach Paris ohne Benutzung des Dzeandampfers). Da es sich aber als unmöglich erwies, Alaska und die Behringstraße in den Frühlingsmonaten zu durchfahren, wurde die Strecke später so geändert, daß die Teilnehmer von dem Hafenort Seattle am Stillen Ozean mit dem Schiff nach Wladiwostok fahren und von dort den zweiten Teil der Landreise unternehmen sollten, die bereits quer durch Nordamerika geführt hatte.

Am 12. Februar 1908 fuhren sechs Wagen zur Eringung des Preises von New York ab. Die drei französischen Fahrzeuge gaben schon in Amerika den Wettbewerbs auf. Der amerikanische Thomas-Wagen, der italienische Züst-Wagen und ein deutscher legten jedoch die gewaltige Strecke bis Paris heil zurück. Allen anderen voraus traf das deutsche Protos-Fahrzeug am 26. Juli in der französischen Hauptstadt ein. Sein Führer war Oberleutnant Koeppen. Er hatte die Fahrt im Auftrag der Zeitung „B. Z. am Mittag“ allen Widrigkeiten zum Trotz am schnellsten zurückgelegt. Seine Erlebnisse hat Koeppen in einem fesselnden Buch dargestellt, das unter dem Titel „Im Auto um die Welt“ erschienen ist. Als ganz besonders schwierig beschreibt Koeppen die Fahr-Verhältnisse im westlichen Nordamerika. Obgleich es sich doch



248. Von Koeppens Fahrt um die Erde  
Die Hinterräder stecken bis zur Nabe im Sumpf

überschritten hatten, und der hier von seiner Quelle in den Coloradobergen kommt, um zu einem großen nördlichen Bogen auszuholen und dann aus den Rocky Mountains zur Prärie hinabzusteigen.

„Der sehr reißende Bergfluß hatte im Frühjahr die über ihn führende Brücke weggeschwemmt, und da es unmöglich war, sein ungefähr 120 Meter breites und sehr tiefes Bett direkt zu passieren, waren wir auf die Eisenbahnbrücke angewiesen, die nicht allzu weit von unserer Ankunftsstelle den Fluß in mächtigen Bogen überschritt. Wir konnten sie erst nach längerem Warten auf vorüberkommende Züge benutzen, und nachdem wir über die gut 30 Zentimeter auseinanderstehenden Schwellen des Brückenbodens, die unsere Räder eingeklemmt hätten, in zeitraubender Arbeit einen Belag von Brettern hergestellt hatten. In weiterem Anstieg querfeldein erreichten wir schließlich Rawlins bei einbrechender Nacht.

„Je höher wir in das Gebirge drangen, desto ärmlicher wurde die Vegetation, desto spärlicher die Besiedlung. Nur wo Kupferminen oder Kohlenbergwerke sich befanden, trafen wir außerhalb der Bahnstationen überhaupt noch Menschen. Um das Barackengebäude, die Seele solcher Ortschaften, stehen einige fruppelhaftige Häuser, in



249. Koeppens Kraftwagen

mit dem er als erster die Strecke New York—Paris zurücklegte. Die Maschine leistete 30 Pferdestärken.



denen die Minenarbeiter, ein aus allen möglichen Nationen, aus schwarzen, gelben und weißen Rassen zusammengewürfeltes Volk, wenn sie nicht in den düsteren Gruben stecken, ihr klägliches Dasein fristen.

„Nach einer solchen Bar-Ortschaft namens Thayar Junction, in deren Nähe mich das Fieber besonders stark schüttelte, und nachdem wir wohl drei Duzend Mal tief eingeschnittene

sah ich zu meinem Schrecken die Lichter eines Zuges herankommen. Er mußte das Gleis passieren, auf dem wir festgerannt waren.

„Die Böschung bestand nur aus losem Kies, und bei dem plötzlichen Einsinken der Vorderachse war das Schwungrad gegen die letzte, hoch hervorstehende Schiene geprellt, so daß der Wagen wie eingeklemmt festsaß. Snyder war im Moment an der Kurbel, um den Motor aufs neue anzudrehen, aber er ließ sich nicht in Bewegung setzen.

„Der Train, der sich als ein Güterzug herausstellte, hatte es gar nicht so eilig, immerhin mußten wir schnell zugreifen, um unsere kleine vor der großen Maschine zu retten.

„Der erste Versuch mißglückte; dann schafften wir mit verzweifelter Kräfte wenigstens ein paar Zentimeter, so daß das Schwungrad von der Schiene frei kam. Nun sprangen wir schnell an die Vorderräder, griffen mit äußerster Anstrengung in die Speichen und brachten den Wagen erst strichweise und endlich vollends auf der abfallenden Straße zum Rollen . . .

„Es war die höchste Zeit gewesen, denn als wir uns schweißtriefend hochrichteten, brauste der Zug an uns vorüber. Weder Lokomotiv noch Zugführer nahmen von uns Notiz. Ohne unser Glück im Unglück hätten wir zweifellos mit einer zertrümmerten Maschine unsere Weltfahrt hier mitten in den amerikanischen Bergen beendet . . .

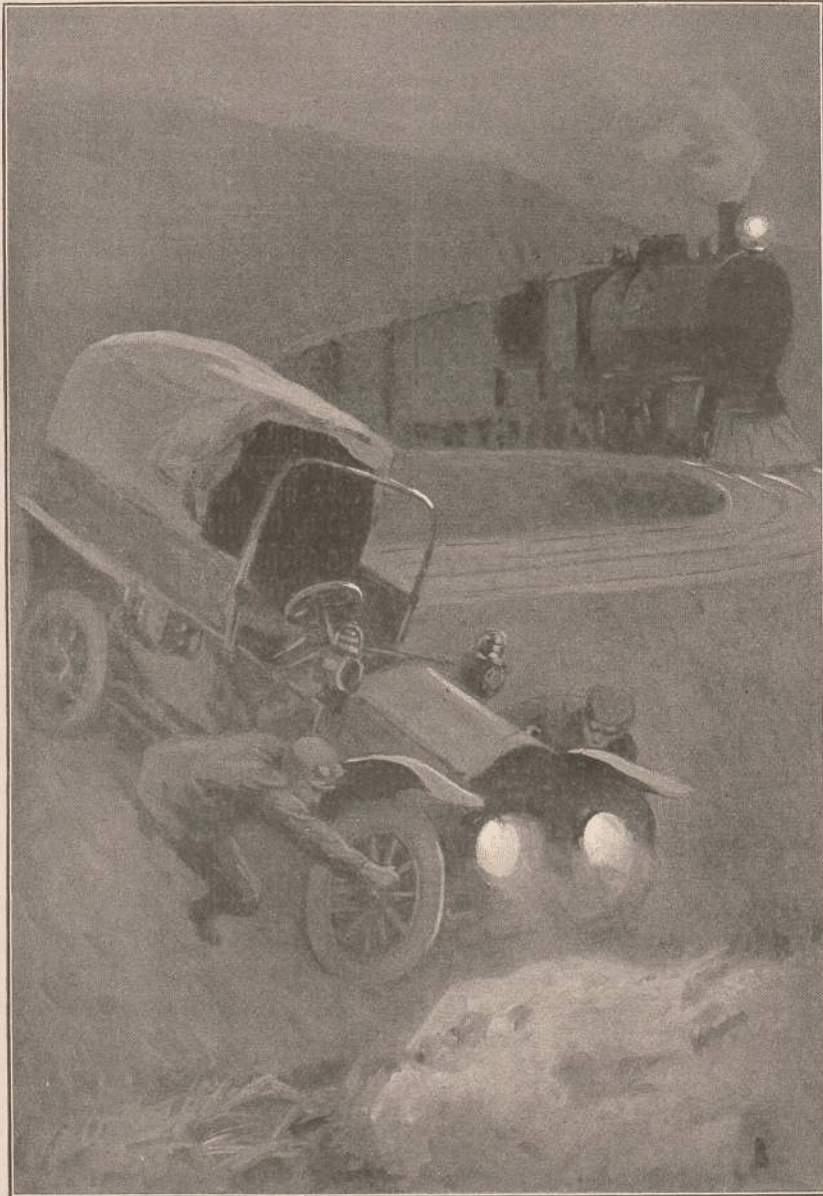
„Aber auch so war der Unfall schlimm genug.

„Was wir geahnt hatten, als der Motor sich nicht ankurbeln ließ, fanden wir bestätigt. Durch den Anprall der Schwungradscheibe an die Schiene war die Welle zwischen Kupplung und Wechselgetriebe total verbogen, und auch die Motorwelle wie schließlich alle Betriebsteile bis zum Differential hinten hatten einen tüchtigen Ruck abbekommen. Die Unvernunft einer ganz losen Riesaufschüttung am Wegübergang konnten wir weder vorher wissen, noch in der Dämmerung sehen, und so hatten wir es hier mit einer der schweren Pannen zu tun, die überall auf einer solchen Fahrt durch fremde Erdteile infolge unberechenbarer Zufälle und Zustände eintreten können.

„Aber unseren Untersuchungen war es 10 Uhr abends geworden. Es war der 25. März. Stockfinstere Nacht herrschte außerhalb des Bereichs unserer Scheinwerfer. Der Sturm

heulte, und die Kälte kroch uns in die Glieder. Jemand jetzt irgendwo herauszuklopfen, hätte Stunden des Suchens gekostet. Wir wußten nicht einmal, wo sich die nächste Bahnstation befand. Und was hätte uns die schönste Hilfe jetzt auch viel nützen können?

„Wir entschlossen uns daher, unter dem Mlandach in unseren Schlaffäcken zum erstenmal im freien Felde zu nächtigen. Und es war da bald so mollig, als ruhten wir in den wundervollsten Daunenbetten. Der Bergsturm sang uns das Wiegenlied, und zwischen Wachen und Träumen war es mir, als hörte ich im Pfeifen der Windstöße ein schadenfrohes Richern, das leise Hohnlachen des mächtigen Berggeistes, der endlich obgesiegt zu haben glaubte.



250. Ein gefährvoller Augenblick

Koeppens Protoswagen wird im letzten Augenblick vor einem heranbrausenden Zug der Pacific-Bahn gerettet

Gräben und Spalten zu durchqueren gehabt hatten, was uns manchen Aufenthalt verursachte, hatten wir in der Richtung auf unser Ziel Rock Springs die Pacific-Bahn zu kreuzen. Da hier ein ziemlich leidlicher Weg vorhanden war und die Dämmerung bereits herabsank, fuhren wir mit angesteckten Scheinwerfern etwas schneller als gewöhnlich. In dem Augenblick, da unser Wagen das zweite Schienengleise passierte, versanken jedoch plötzlich die Vorderräder in der jenseitigen Abstiegböschung, und der Wagen kam mit einem heftigen Ruck zum Stehen. Snyder, der am Steuer saß, hielt sich daran fest, während ich in hohem Bogen über die Motorhaube auf den Weg plumpste.

„Rasch wieder auf den Beinen, glücklicherweise unverletzt,

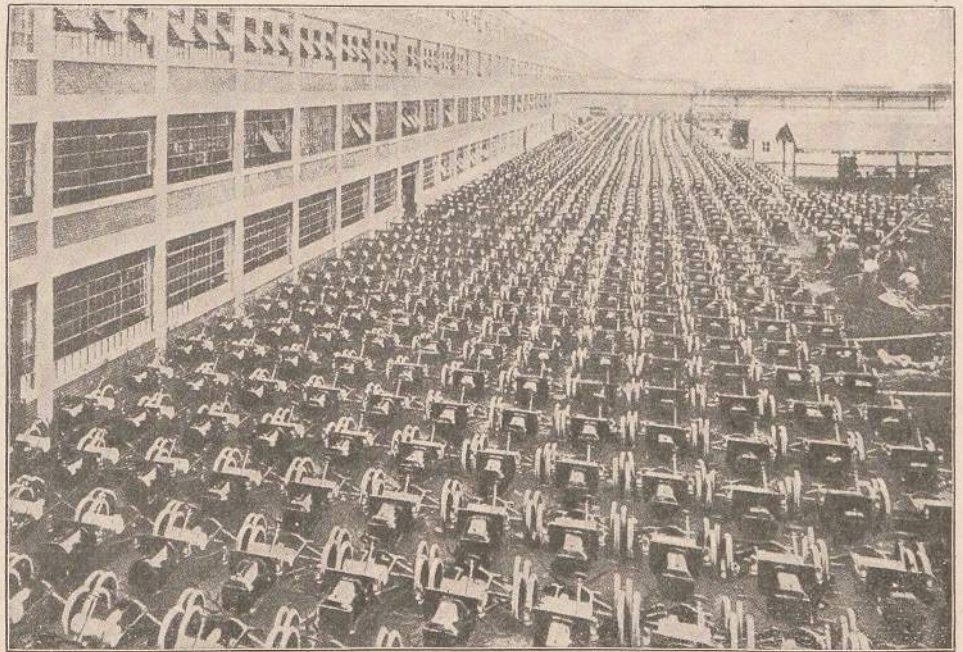


„Der gute Geist sollte sich geirrt haben, denn noch waren wir durchaus nicht klein, und unsere Hilfsmittel noch lange nicht erschöpft.“

„Sobald der Morgen graute, machte ich mich längs des Bahnstranges auf die Suche nach der nächsten Station und fand eine solche nach ein paar Kilometern. Von da telegraphierte ich nach Rock Springs, Pferde zu schicken, und fuhr dann selbst dahin mit der Bahn voraus, um eine geeignete Reparaturwerkstatt für den Wagen ausfindig zu machen.“

„Am selben Nachmittag kam das von Pferden geschleppte Auto an. Es zeigte sich, daß sich durch die große Wucht des eisenharten Stoßes der ganze Wagen etwas verzogen hatte, so daß sich eine wirklich tadellose Ausbesserung, die das ganze Getriebe wieder in eine gerade Linie gebracht hätte, mit den vorhandenen Mitteln und in kurzer Zeit nicht erzielen ließ. Durch viele kleine Hilfsmittel erreichten wir es jedoch in dreieinhalb Tagen, daß der Motor wieder lief, wenn auch die Welle bei der Kupplung etwas verkantet blieb und die Schwungscheibe nicht genau in der Senkrechten stand.“

Im Vergleich mit den Verkehrswegen im westlichen Amerika ist das Straßennetz in Mittel-Europa vorzüglich ausgebildet. Glatte Chaussees gestatten, jeglichen Ort größerer Bedeutung mit dem Kraftwagen bequem zu erreichen. Abenteuer, wie sie Koeppen drüben erlebte, sind bei uns nicht möglich. Dennoch sind die Straßen, wie bereits in Abschnitt 8 erwähnt wurde, bisher noch in keinem europäischen Land den Anforderungen des Automobilverkehrs ausreichend angepaßt worden. In dieser Hinsicht sind sie sämtlich veraltet. Krüm-



251. Der Kraftwagen-Sprudel

Eine Tagesproduktion der Fabrik von Ford zu Detroit in den Vereinigten Staaten

mungen, Kreuzungen und Verzweigungen zeigen durchaus Formen, die für die Durchfahrt schneller Fahrzeuge ungeeignet sind. Wegweiser und Ortstafeln stehen an ungünstigen Punkten. Die auf Seite 29 abgebildeten Warnungszeichen sind bisher die einzigen Sondervorkehrungen für den Kraftwagenbetrieb. Selbstverständlich kann die Linienführung der Straßen erst in vielen Jahrzehnten langsam verbessert werden, aber Einrichtungen, die Gefahren vorbeugen, könnte man doch rascher einführen.

Die Zahl der Kraftwagen hat sich nach Beendigung des Kriegs in allen Ländern außerordentlich stark vermehrt. Im Anfang des Jahres 1923 waren auf der ganzen Erde rund 11 Millionen Automobile im Verkehr. Die weitaus größte Zahl besaß Amerika, nämlich  $\frac{5}{6}$  der Gesamtmenge. In



252. „Amerika, du hast es besser!“

Der Staat Kalifornien besitzt den größten Reichtum an Automobilen. Das Bild zeigt die gewaltige Zahl der Privatkraftwagen, die während eines Rennens auf ihre Besitzer warten



den Vereinigten Staaten kam auf je 10 Einwohner ein Kraftwagen. In Kalifornien, dem glücklichen Land ewigen Frühlings, besaß bereits jeder fünfte Einwohner ein mehrsitziges Motorfahrzeug. Es war also in jedem Augenblick möglich, alle Kalifornier in Kraftwagen zu befördern. Bild 252 zeigt die überraschende Fülle von Fahrzeugen, die auf dem Vorplatz einer Rennbahn bei Los Angeles auf ihre Besitzer warten.

Auch in New York sind die Straßen mit Kraftfahrzeugen ständig so stark überfüllt, daß unausgesetzt Verstopfungen eintreten. Es wird berichtet, daß die Leiter großer Geschäftsbetriebe, für welche Zeit in ganz besonderem Maß Geld bedeutet, die Fahrt mit der Untergrundbahn vorziehen, weil sie mit dem öffentlichen Verkehrsmittel rascher vorwärts kommen können. Die Hälfte aller in den Vereinigten Staaten laufenden Automobile entstammt der Fabrik von Ford in Detroit. Europäische Augen sehen gewiß mit Staunen die ungeheure Größe der Erzeugung eines einzigen Tages, die auf Bild 251 wiedergegeben ist.

Im Vergleich zu den Vereinigten Staaten sind alle anderen Länder verhältnismäßig arm an Kraftwagen. England besaß Anfang 1923 420 000 Automobile, eins auf je 110

Einwohner. In Frankreich liefen 205 500 Kraftwagen, und es kam einer auf je 205 Einwohner. Für Deutschland waren die Zahlen: 75 000 Wagen und einer auf je 733 Einwohner; für Italien: 35 000 Wagen und je einer auf 1125 Einwohner; für die Schweiz: 26 500 Wagen und je einer auf 151 Einwohner.

Die Zahl der Personenwagen hat sich in Deutschland seit 1914 um 13 v. H. vermehrt, dagegen ging die Anzahl der Lastwagen bei uns in der gleichen Zeit von 9039 auf 30 424, was eine Vermehrung von 237 v. H. bedeutet. Die gewaltige Zunahme der Lastwagen läßt erkennen, daß das Pferd als Zugtier zu verschwinden beginnt. Der mechanische Motor stellt heute die Pferdestärke billiger und bequemer her als das lebende Geschöpf, von dem ihr Name kommt, und so kann es nicht ausbleiben, daß der stählerne Renner den längst nicht so schnellfüßigen und weit weniger ausdauernden Wettbewerber aus Fleisch und Bein schließlich vollkommen verdrängt. Es dürfte nicht mehr sehr viele Jahrzehnte dauern, bis der Reiter ob des seltsamen Tiers unter seinem Körper angestaunt wird und die Kinder ihre Schaukelpferde für die Nachbildungen vorweltlicher Geschöpfe ansehen.



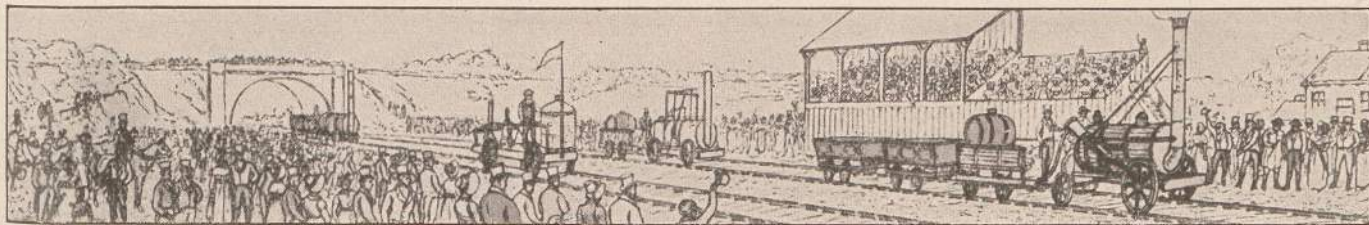
## 12. Die Ferneisenbahn

---









### 253. Das Lokomotiv-Rennen zu Rainhill

in dem Stephensons „Rakete“ Sieger wurde. Nach einer Tafel im Deutschen Museum zu München

Ein mit Baumstämmen schwer beladener Wagen fährt über den Sommerweg der Landstraße. Langsam mahlen die Räder durch den Kies. Mehr schlafend als wachend hockt der Kutscher auf dem Futterack, der ihm als Sitz dient. Da zuckt er plötzlich empor und packt die Zügel fester. Ein scharfer heulender Ton hat ihn geweckt. Der Kraftwagen, dessen Hupe immer noch warnend gellt, kommt von hinten rasch heran, fährt im Bruchteil einer Sekunde an dem Langholzswagen vorbei und verschwindet, gleich einem Gott in eine Wolke gehüllt, in der Ferne. Das geschwinde Fahrzeug hat den schwerfällig dahinrollenden Wagen überholt.

Ein paar Kilometer weiter läßt der Kraftfahrer von neuem sein Signal ertönen, denn in der Mitte der Straße fahren mit wiederum sehr geringer Geschwindigkeit zwei ländliche Fahrzeuge. Die Kutscher wenden sich um, und sobald sie den Heransausenden wahrnehmen, lenken sie seitwärts zum Sommerweg hinüber. Die Mittelbahn wird frei, und der Kraftwagen kann auch an diesen Wegschnecken sieghaft vorbeiziehen.

Zweimal hat sich ein höchst einfacher Vorgang abgespielt, wie man ihn allerorten auf den Straßen sehen kann. Das schnellere Fahrzeug hat die langsameren überholt. Da die Verkehrswelt nun einmal gleich der großen Welt in Kästen eingeteilt ist, da es in ihr die hohen, geschwindigkeitsbegabten Herren mit den Luftreifenrädern und die kleinen, federlosen Schleicher gibt, so sollte man meinen, daß die breite Bahn der gewöhnlichen Straße, auf der einer am anderen bequem vorüberfahren kann, allein einen Geschwindverkehr ermögliche. Um so seltsamer muß daher die Beobachtung berühren, daß tatsächlich der große Eilverkehr unserer Tage sich auf einer Straße abspielt, die äußerste Schmalheit besitzt. Auf ihr gibt es keine Möglichkeit des Ausweichens, die Fahrzeuge sind, wie die Perlen auf einer Schnur, hintereinander aufgereiht, und wo nicht ganz besonders umfangreiche Sondereinrichtungen getroffen sind, bestimmt der langsamste die Geschwindigkeit aller.

Das Schienengleis, das den Lauf der Wagen aufs strengste in eine scharf begrenzte Spurrinne bannet, ist bis jetzt der einzige Träger des Weltverkehrs. Allein den Rädern, die auf ihm dahinrollen, gefellen wir im Bild und in unseren Anschauungen das Symbol des Flügels zu. Erst das Rad auf der Schiene hat der Menschheit die Erde erobert.

Auf dem Pfad, über den die Eisenbahn zieht, ist an die Stelle der Freiheit der Zwang getreten. Eine meisterliche Beschränkung hat dem Verkehr seinen gewaltigen Fortschritt und seine Unbeschränktheit gebracht. Es galt, für den schnellen Lauf schwerbelasteter Räder eine möglichst glatte und feste Fahrbahn zu schaffen. Diese ist mit den Mitteln, die uns bis heute zu Gebot stehen, nur durch die Belegung der Straßenoberfläche mit Eisen oder Stahl zu erzielen. Hätte man, als die unersetzbare Nützlichkeit dieses

Baustoffs erkannt war, an der alten Form der Fahrbahn, der gleichmäßigen, breiten Tafel, festgehalten, dann wäre die Menschheit, solange Fahrzeuge auf einer Unterstüßungsfläche laufen müssen, niemals zur Hundert-Kilometer-Geschwindigkeit gelangt. Denn man hätte ja die Straße mit Tafeln aus Stahl belegen müssen, wodurch Kosten von unsinniger Höhe und gänzlich unüberwindliche Befestigungsschwierigkeiten entstanden wären. Glücklicherweise wurde erkannt, daß jeder Radlauf ja immer nur einen schmalen Streifen für seine Fortbewegung beansprucht, und man begnügte sich damit, diesen allein glatt und fest zu machen. So entstand die Schiene, die, wenn man von den Stoßstellen der einzelnen Walzstücke abieht, eine vollkommene Glätte und Festigkeit besitzt. Sie brachte mit der Zwangsläufigkeit des Verkehrs diesem die Möglichkeit, die ganze Erde zu umschweifen.

Erst nachdem das Rad sich mit der Schiene vermählt hatte und in diese Ehe die Triebkraft des Dampfs adoptiert worden war, konnte es der Menschheit lohnend erscheinen, wirkliche Weltverkehrswege zu schaffen. Für die langsamer dahinziehenden Wagen gewöhnlicher Art genügten die gepflasterten oder nur geschotterten Straßen, die zwar die ganz groben Unebenheiten beseitigten, aber sich in ihrer weitaus größten Zahl den Wellenbewegungen des Geländes eng anschmiegen. Niemand konnte auf den Gedanken kommen, für die behutsam sich dahinschleppenden Wagen, die bis zum Anfang des neunzehnten Jahrhunderts ausschließlich vorhanden waren, unter Aufwendung ungeheurer Kosten ebene Wege zu schaffen. Sobald jedoch der unendliche Nutzen des Laufs von Dampfwagen auf der glatten Schienenbahn erkannt war, ging man bald daran, Talmulden aufzuheben, Hügel abzutragen, Flüsse zu überbrücken, Felsen zu durchqueren. Das zerfurchte Antlitz der Erde wurde eingeebnet.

Heinrich Heine schrieb am 5. Mai 1843 in einem der unter dem Titel „Lutezia“ gesammelten Berichte aus Paris: „Die Eröffnung der beiden neuen Eisenbahnen, wovon die eine nach Orleans, die andere nach Rouen führt, verursacht hier eine Erschütterung, die jeder mitempfindet, wenn er nicht etwa auf einem sozialen Isolierschemel steht. Die ganze Bevölkerung von Paris bildet in diesem Augenblick gleichsam eine Kette, wo einer dem anderen den elektrischen Schlag mitteilt. Während aber die große Menge verdutzt und betäubt die äußere Erscheinung der großen Bewegungsmächte anstarrt, erfaßt den Denker ein unheimliches Grauen, wie wir es immer empfinden, wenn das Unerhörteste geschieht, dessen Folgen unabsehbar und unberechenbar sind. Wir merken bloß, wie unsere ganze Existenz in neue Geleise fortgerissen, fortgeschleudert wird, daß neue Verhältnisse, Freuden und Drangsale uns erwarten, und das Unbekannte übt seinen schauerlichen Reiz, verlockend und zugleich beängstigend. So muß unseren Vätern zumut gewesen



sein, als Amerika entdeckt wurde, als die Erfindung des Pulvers sich durch die ersten Schüsse ankündigte, als die Buchdruckerei die ersten Aushängebogen des göttlichen Wortes in die Welt schickte. Die Eisenbahnen sind wieder ein solches bestimmendes Ereignis, das der Menschheit einen neuen Umschwung gibt, das die Farbe und Gestalt des Lebens verändert; es beginnt ein neuer Abschnitt in der Weltgeschichte, und unsere Generation darf sich rühmen, daß sie dabei gewesen. Welche Veränderungen müssen jetzt eintreten in unserer Anschauungsweise und in unseren Vorstellungen.

Sogar die Elementarbegriffe von Zeit und Raum sind schwankend geworden. Durch die Eisenbahn wird der Raum getötet, und es bleibt uns nur noch die Zeit übrig. In viertelhalb Stunden reist man jetzt nach Orleans, in ebensoviel Stunden nach Rouen. Was wird das erst geben, wenn die Linien nach Belgien und Deutschland ausgeführt und mit den dortigen Bahnen verbunden sein werden? Mir ist, als kämen die Berge und Wälder aller Länder auf Paris angerückt. Ich rieche schon den Duft der deutschen Linden; vor meiner Tür brandet die Nordsee."

Der englische Philosoph Buckle sagt: „Die Lokomotive hat mehr getan, um die Menschen zu vereinigen, als alle Philosophen, Dichter und Propheten vor ihr seit Beginn der Welt.“ Und das ist keineswegs eine Übertreibung. Seitdem die Urahn aller wirklich brauchbaren Lokomotiven, Stephensons „Rakete“, zum erstenmal einen Zug in Bewegung gesetzt hat, ist noch nicht ein Jahrhundert verflossen, und wie durchgreifend haben sich in dieser verhältnismäßig so kurzen Zeitspanne alle Verkehrsverhältnisse auf der Erde durch die Einwirkung der Eisenbahn verändert!

Wenn der Reisende früher in Deutschland mit der Schnellpost 15 Kilometer in der Stunde zurücklegte, so war er glücklich über diese geschwinde Beförderung. Unsere heutigen Schnellzüge durchfahren 100 Kilometer in der Stunde und mehr. Doch dieses Verhältnis der reinen Fahrgeschwindigkeiten von 15 zu 100 wird weit in den Schatten gestellt durch den Vergleich der Reise-Geschwindigkeiten, das heißt derjenigen Zeiten, innerhalb deren die Fahrgäste wirklich von einem Ort zum anderen gebracht werden. Während die Lokomotive mehrere 100 Kilometer durchfahren kann, ohne auch nur einen Augenblick zu verschnaufen, mußten auf den Poststrecken fortwährend die Pferde gewechselt werden. So brauchte man, nach Launhardt, noch im Jahre 1840 „für eine Reise von Hannover nach Leipzig, also zur Zurücklegung von 272 Kilometern, mit der Post 40 Stunden, während diese Reise jetzt auf der Eisenbahn weniger als fünf Stunden erfordert. Dabei fuhr die Post im Jahre 1840 zwischen jenen beiden Städten wöchentlich nur fünfmal in jeder Richtung, ja eigentlich nur dreimal, da bei zwei dieser Fahrten eine Unterbrechung durch eine Übernachtung vorkam, wodurch die Dauer der Reise von 40 auf 48–50 Stunden erhöht wurde. Heute (1913) verkehren zwischen Hannover und Leipzig täglich in jeder Richtung 14 Personen- und Schnellzüge, so daß eine regelmäßige Reisegelegenheit heute zwanzigmal häufiger als früher mit der Post geboten wird."

Von Berlin nach München fuhr man im Jahre 1835 mit der Schnellpost noch mehr als 3½ Tage; heute wird die Strecke in zehn Stunden zurückgelegt. Dabei bietet die Reise unvergleichlich viel größere Bequemlichkeit, indem die Unbilden der Witterung gänzlich ferngehalten werden, die Erschütterungen fast vollständig verschwunden sind, und der Aufenthalt in den geräumigen, bei Bedarf geheizten und beleuchteten Wagen so sehr viel angenehmer ist als in den schmalen, dumpfen Postkutschen, dem Sinnbild der Rumpeligkeit und der drückenden Enge.



254. Richard Trevithick  
Nach R. H. Thurston „Die Dampfmaschine“

Trotz der gesteigerten Geschwindigkeit ist die Sicherheit des Reisens bedeutend gewachsen. Während beim Postverkehr schon auf je 400 000 Reisende ein Getöteter kam, raubt die Eisenbahn in Deutschland heute nur etwa einem von 18 Millionen Reisenden das Leben.

Die Zuverlässigkeit des Verkehrs ist durch die fast vollständige Unterbrechungslosigkeit und Störungsfreiheit des Eisenbahnbetriebs außerordentlich gestiegen. Auf den preussischen Staatsbahnen z. B. sind, nach van der Borcht, im Jahre 1910 nur 41 Unterbrechungen bis zur Dauer von zwei Tagen und acht Unterbrechungen von längerer Dauer, verursacht durch ungewöhnlich starke Regengüsse und Hochwasser, eingetreten. Dazu kamen im gleichen Jahr noch 37 Störungen von kurzer Dauer, die durch Schneeverwehungen veranlaßt wurden. Die

Zahl von 78 Unterbrechungen überhaupt ist gegenüber der riesenhaften Ausdehnung des Eisenbahnverkehrs von ganz verschwindender Bedeutung. Hiergegen bedenke man, daß schon jeder stärkere Schneefall die Fahrpost zu gänzlicher Ruhe verurteilte, und daß die Wasserstraßen im Winter durch Frost, im Sommer durch anhaltende Trockenheit oft monatelang unterbrochen sind.

In der Eisenbahn hat sich die Menschheit ferner ein unvergleichliches Mittel zur Ausbreitung der Bildung geschaffen. Erst durch die Schienenwege ist die Kenntnis von der Beschaffenheit der Erdoberfläche Allgemeingut geworden; die Kunstbesitztümer aller Völker liegen seither offen vor jedermanns Auge. Jedes Volk kennt heute die Eigenheiten aller anderen.

Stärker noch als zur Beförderung von Personen wird die Eisenbahn zur Vermittlung des Güterverkehrs benutzt. Die Beförderung von Gütern kostete in Deutschland, bevor das große Kriegsgewitter losbrach, nur den sechsten Teil des Preises, der früher für den Weg über die Landstraße entrichtet werden mußte. Dabei ist mit der Beförderung im geschlossenen Eisenbahnwagen eine weit größere Schonung der Güter verbunden; es geht bei der Fahrt weit weniger von ihnen verloren als einst in den allermeist offenen Straßen-Frachtwagen. Viele Gütergruppen sind überhaupt erst durch die Eisenbahn weltmarktfähig geworden, da ihre Versendung früher wegen der hohen Frachtkosten nicht lohnend war, und weil durch die lange Beförderungszeit die in ihnen festgelegten Geldmittel der Nutzung zu lange entzogen blieben.

Noch sehr viel großartiger erscheint der Einfluß der Eisenbahn, wenn man erkennt, daß sie nicht nur auf den



Austausch der Güter, sondern in stärkster Weise auch auf ihre Erzeugung einwirkt. Solange das Hervorbringen von Gütern nur den örtlichen Bedürfnissen dient, bleibt es beschränkt. Ein Bezirk, der durch eine besondere Günst der Natur eine bestimmte Ware in großen Mengen zu erzeugen vermag, wird aber zur höchsten Ausnutzung seiner Möglichkeiten angetrieben, wenn er weiß, daß ein ganzer Erdteil sein Käufer ist. Das ist heute der Fall, wo die Eisenbahn tatsächlich jedes der zwischen den Ufern der Weltmeere liegenden gewaltigen Ländergebiete zu einer einzigen Stadt gemacht hat. Jeder Ort in Europa oder Amerika läuft heute, wenn er etwas braucht, was er nicht selbst hervorbringen kann, sozusagen mit offenem Markttorb rasch einmal um die Ecke zu dem anderen, auch wenn dieser viele hundert Kilometer entfernt liegt.

Eine lebhaft Gütererzeugung an dazu besonders befähigten Stellen ist für die Allgemeinheit zwecklos, wenn nicht ein rasches und bequemes Beförderungsmittel zur Verfügung steht. Der Weltkrieg hat durch die in Rußland zutage getretenen Verhältnisse deutlich genug gezeigt, daß, sobald die Eisenbahn versagt, in manchen Abschnitten eines Landes die schwerste Hungersnot auftreten kann, während in anderen Bezirken derselben politischen Gemeinschaft die gehäuften Lebensmittel verfaulen. Wenn in gut entwickelten Ländern zu Friedenszeiten das Gespenst des Hungers nur noch höchst selten auftritt, so ist dies in der Hauptsache das Verdienst der Eisenbahn.

Aus der Hand des Menschen ist keine Schöpfung hervorgegangen, die an Großartigkeit mit der Anlage dieses Verkehrsmittels zu vergleichen wäre. Damit die Eisenbahnen hergestellt werden konnten, haben zahlreiche Wissensgebiete ein enges Bündnis miteinander schließen müssen: die Erdkunde in ihren beiden Formen, die man wissenschaftlich als Geologie und Geographie bezeichnet, sodann die Naturwissenschaft, die Technik und die Baukunde, außerdem Staatsrecht, Völkerrecht und Volkswirtschaftslehre. Niemals ist auf Erden ein solcher Aufwand von Kraft und Geld an eine einzige Sache gesetzt worden, niemals aber auch war der Erfolg menschlicher Bemühung größer.

Die im folgenden genannten Zahlen beziehen sich, soweit nichts anderes angegeben ist, sämtlich auf das Jahr 1913. Denn dies war die letzte Kalenderspanne, in welcher sich der Betrieb noch regelmäßig, als ungebrochene Folge der vorausgegangenen Entwicklung abspielte. Der Hinweis auf die Verhältnisse im Jahre 1913 gibt daher letzte Gelegenheit, die vorläufige Höchstentwicklung der Eisenbahnen zu kennzeichnen. Jüngere Zahlen sind infolge der Beeinflussung durch die Kriegsverhältnisse und die nachfolgenden ungünstigen Veränderungen im Wirtschaftsleben aller Völker nur in seltenen Fällen charakteristisch. Die große, grund-

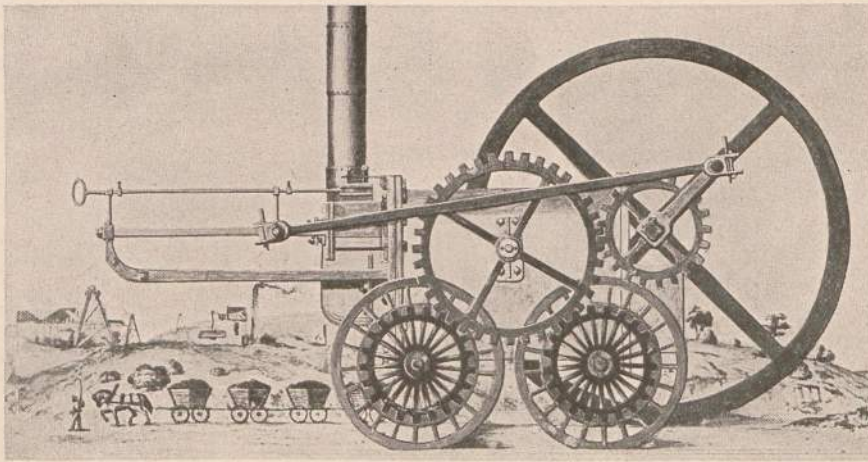
legende „Statistik der im Betrieb befindlichen Eisenbahnen Deutschlands“, der wir im besonderen Maß unsere Aufmerksamkeit zuzuwenden haben, weist seitdem auch sehr erhebliche Lücken auf, da viele Aufzeichnungen unterlassen worden sind. Eine Statistik über die Reichsbahn in der Vollständigkeit, wie sie früher über die Bahnen der Einzelstaaten geführt wurde, gibt es noch nicht. Darum muß bei vielen Angaben auch heute noch Bezug auf das vereinigte preussisch-hessische Netz genommen werden, die größte Eisenbahngemeinschaft, die es vor Schaffung der Reichsbahn gab.

Diese ist am 1. April 1920 durch die Zusammenfassung von sieben Staatsbahn-Betrieben entstanden. Es waren dies:

Preussisch-hessische Staatseisenbahnen mit 35 600 Kilometern		
Bayerische Staatseisenbahnen	= 8 350	=
Sächsische Staatseisenbahnen	= 2 850	=
Württembergische Staatseisenbahnen	= 2 035	=
Badische Staatseisenbahnen	= 1 850	=
Mecklenbg. Friedrich-Franz-Eisenbahn	= 1 160	=
Oldenburgische Staatseisenbahnen	= 671	=

Die Länge aller Eisenbahnen der Erde betrug im Jahre 1913 rund 1 Million 100 000 Kilometer. Da der Erdäquator 40 000 Kilometer lang ist, so kann man mit der Schienenlänge dieser Bahnen — wenn man nur 25 vom Hundert als zweigeleisig ansieht, wonach sich eine Gesamtschienenlänge von 1 Million 375 000 Kilometern ergibt — den Äquator 35 mal umwickeln. Von der Erde zum Mond könnte man hiermit eine dreigeleisige Bahn bauen und würde noch 223 000 Kilometer zur Herstellung von Zubringerlinien für diese Weltraum-Strecke übrigbehalten.

Um das Gewicht des ungeheuren Schienenstrangs von 1 Million 375 000 Kilometern Länge — ohne das zur Verbindung der einzelnen Abschnitte erforderliche Kleineisenzeug — zu berechnen, gehen wir von der Tatsache aus, daß bei recht leichten Geleisen der deutschen Bahnen das laufende Schienenmeter 30 Kilogramm wiegt. Wir erhalten dann als Gesamtgewicht aller regelmäßig befahrenen Schienenstränge auf der Erde 82 Milliarden 500

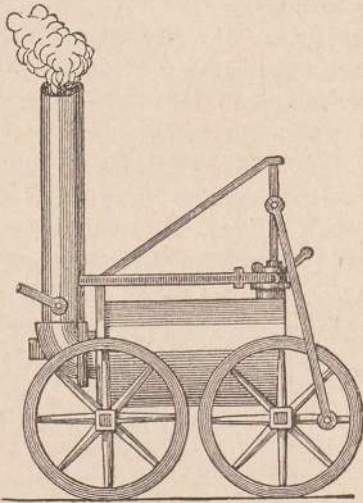


255. Die erste Lokomotive

Erbaut von Richard Trevithick 1803. Nach einer Tafel im Deutschen Museum zu München

Millionen Kilogramm. Dies ist das 9000 fache Gewicht des höchsten und vermutlich auch schwersten Eisenbauwerks der Erde, des Eiffelturms. Göße man aus Schienenstahl eine volle quadratische Säule, deren Querschnittsfläche gerade so groß wäre wie das durch die äußersten Fußpunkte des Eiffelturms gebildete Quadrat, und deren Höhe wie die des Turms 300 Meter betrüge, sie würde kaum halb so viel wiegen wie die Schienen aller Eisenbahnen. Eine zylindrische Säule aus demselben Baustoff von der Höhe des ragendsten Bergs auf der Erde, des Mount Everest, der seine Spitze rund 9000 Meter hoch über den Meeresspiegel emporreckt, würde immer noch einen Durchmesser von annähernd 40 Metern haben.





256. Trevithicks Lokomotive  
„Fang mich wer kann“  
die 1808 in London als Schaustück  
vorgeführt wurde. Aus Steiner,  
„Geschichte des Verkehrs“

Im Jahre 1890 betrug die Länge aller Bahnen 617 285 Kilometer; sie hat sich also seitdem nahezu verdoppelt.

Unter den Erdteilen besitzt bei weitem die größte Bahnlänge Amerika, nämlich 570 000 Kilometer. Das ist mehr als die Hälfte der Bahnlänge auf der ganzen Erde. In Europa dagegen liegt noch nicht ein Drittel aller Gleislängen; es sind 346 000 Kilometer. Trotzdem ist selbstverständlich das Netz in dem alten Erdteil sehr viel engmaschiger. In Europa kommen auf je 100 Quadratkilometer 3,5 Kilometer Eisenbahn, in Amerika dagegen nur ungefähr 0,8 Kilometer.

Das bei weitem dichteste Eisenbahnnetz aller Länder der Erde hat Belgien. Hier liegen auf je 100 Quadratkilometern Bodenfläche durchschnittlich 29,9 Kilometer Eisenbahn. Wenn man von dem kleinen Luxemburg absieht, hat das in der Engmaschigkeit der Geleise nächstfolgende Reich, Großbritannien und Irland, noch lange nicht die Hälfte der Eisenbahndichte Belgiens, nämlich nur 12 Kilometer auf dem gleichen Flächenraum. Deutschland steht mit 11,8 Kilometern unmittelbar dahinter an der dritten Stelle. Die Vereinigten Staaten von Nordamerika haben dagegen nur 4,4 Kilometer Bahn auf je 100 Quadratkilometer.

Die deutschen vollspurigen Eisenbahnen hatten im Jahre 1913 zusammen eine Betriebslänge von rund 61 000 Kilometern. Das ist immer noch rund das  $1\frac{1}{2}$  fache des Erdäquators. Die Reichsbahn besaß bei ihrer Gründung nur noch 52 000 Kilometer. Eigenartig ist in diesem Zusammenhang die Feststellung, daß die Landstraßen in Deutschland, die ja gerade im Eisenbahnzeitalter als Zubringer für die Schienenwege außerordentlich lebhaft ausgebildet wurden, ein Mehrfaches, nämlich 150 000 Kilometer lang sind. Von der Gesamtlänge der Reichsbahnstrecken fallen auf die vorhin genannten ehemaligen Staatsbahnbetriebe rund 47 000, auf einstige Privatbahnen 5000 Kilometer.

Einige der aufgeführten Zahlen sind bereits recht eindrucksvoll. Doch alles bisher Dargelegte wird zum blassen Nichts, wenn wir nun statt der unbeweglich daliegenden Schienenstränge das tausende Leben, die dröhnende Bewegung betrachten, die sich unausgesetzt auf ihnen abspielen.

Auf der ganzen Erde mögen jetzt etwa 175 000 Lokomotiven vorhanden sein. Allein die Lokomotiven der vollspurigen deutschen Bahnen, deren es einschließlich der Triebwagen rund 30 000 gab, haben im Jahre 1913 zusammen 1 Milliarde 280 Millionen Kilometer durchfahren. Diese Länge nähert sich der Entfernung des Saturns von der Erde, die rund  $11\frac{1}{2}$  Milliarden Kilometer beträgt. Ganz besonders erstaunlich aber ist die Tatsache, daß die durchschnittliche jährliche Fahrleistung jeder einzelnen deutschen Lokomotive 43 500 Kilometer betragen hat, daß also jede von

ihnen, wenn sie, statt fortwährend in ihrem kurzen Bereich hin und her zu eilen, ständig vorwärts gefahren wäre, die ganze Erde an ihrem Gürtel hätte umkreisen und noch dazu Abstecher von mehr als 3000 Kilometern hätte machen können. Bei der Reichsbahn war die Zahl der durchschnittlichen jährlichen Fahrtlänge einer Lokomotive im Jahre 1920 auf 27 500 Kilometer gesunken.

Im Jahre 1913 besaßen sämtliche deutsche Eisenbahnen zusammen rund  $\frac{3}{4}$  Millionen Wagen, wovon 66 200, also noch nicht der zehnte Teil, Personenzüge, die übrigen Güter- und Gepäckwagen waren. Die sämtlichen Achsen dieser Fahrzeuge haben im gleichen Jahr eine Weglänge von nicht weniger als 32 Milliarden 791 Millionen Kilometern durchlaufen. Legen wir diese Wagenachs-Kilometer-Strecke geradlinig von der Erde in den Weltraum aus, so trifft der Endpunkt ins Leere. Er ragt weit über die Grenzen unseres Sonnensystems hinaus, erreicht aber doch noch nicht den nächsten Fixstern. Um daher eine passende Vergleichslänge aus der Sternkunde zu finden, müssen wir eine Teilstrecke betrachten. Wir denken uns, daß ein gewöhnlicher D-Zugwagen mit Drehgestellen, also mit vier Achsen, die genannte Achsenkilometerzahl geleistet hätte; hiernach kommt auf jede Achse ein Viertel des ganzen Wegs. Ein solcher Wagen würde dann eine Fahrt bis in die Nähe des äußersten Planeten unseres Sonnensystems, des Neptuns, gemacht haben und auch von dort wieder zurückgekehrt sein können. Freilich würde ihm diese Hin- und Rückfahrt während eines Jahres tatsächlich nicht möglich gewesen sein, auch wenn er ständig mit der höchsten jetzt üblichen Schnellzug-Geschwindigkeit gefahren wäre. Er würde hierzu vielmehr — 9000 Jahre gebraucht haben.

Allein im Jahre 1913 sind in Deutschland 18 Millionen 357 000 Züge gefahren worden. Die Anzahl der beförderten Personen betrug rund 1 Milliarde 800 Millionen. Danach wäre, wenn man von der verhältnismäßig geringen Zahl der Fremden absieht, jeder der 67 Millionen Einwohner, die Deutschland in dem genannten Jahr hatte, einschließlich aller Kinder durchschnittlich 27 mal gereist. Die Strecke, über die jeder einzelne Fahrgast im Durchschnitt befördert wurde, war allerdings sehr kurz; sie betrug nicht mehr als rund 23 Kilometer, was ungefähr der Strecke Berlin—Bernau entspricht.

Besonders verblüffend ist das Gewicht der Güter, das in dem einen Jahr auf den deutschen Bahnen befördert worden ist. Es war nämlich höher als 676 Milliarden 626 Millionen Kilogramm.

Denkt man sich den Äquator und sämtliche Meridiane mit Schienen belegt, so würde das Gesamtgewicht all dieser Stränge noch nicht einmal ein Drittel jener Güter-Kilogrammzahl betragen. Wenn man aus Wagen von je 20 000 Kilogramm Tragfähigkeit einen Güterzug zusammenstellen wollte, der imstande wäre, das gesamte Gütergewicht auf einmal zu befördern, so würde dieser Zug 236 800 Kilometer lang sein müssen.

Das in den deutschen Eisenbahnen festgelegte Anlagekapital, also die Summe, welche seit dem Beginn der einzelnen Unternehmen für feste Bauten, Fahrzeuge usw. aufgewendet worden ist, betrug zu Beginn des Weltkriegs 19 Milliarden 245 Millionen Mark. Dagegen besaßen zur gleichen Zeit sämtliche deutschen Aktiengesellschaften nur ein Aktienkapital von 15 Milliarden 500 Millionen Mark. Der Wert aller deutschen Eisenbahnanlagen wurde von Kirchhoff auf nicht weniger als rund 30 Milliarden Mark geschätzt.



Die deutschen Eisenbahnen haben im Jahre 1913 aus dem gesamten Verkehr 3 Milliarden 563 Millionen Mark eingenommen. Hiergegen betrugen die Einnahmen des Deutschen Reichs nach dem ordentlichen und außerordentlichen Haushaltsplan damals nur 3 Milliarden 385 Millionen Mark. Dieser Vergleich zeigt wohl am besten die Riesenhaftigkeit der Summen, die ständig den Eisenbahnkassen zufließen und auch heute noch, wenn auch leider nur in Papiermark, zufließen.

Der Personenverkehr, dessen Bedeutung für die gesamte Eisenbahnwirtschaft von Fernerstehenden leicht überschätzt wird, lieferte hierzu einschließlich der Einnahmen aus der Beförderung des Reisegepäckes nur 1 Milliarde 17 Millionen. Das sind 28,55 vom Hundert der Gesamtsumme. Dagegen brachte der Güterverkehr 2 Milliarden 286 Millionen, gleich 64,16 vom Hundert. Der Rest entfiel auf kleinere Einnahmequellen.

Aus den Rieseneinnahmen ergaben sich zum Glück für die deutsche Geldwirtschaft auch sehr bedeutende Gewinne. Der Betriebsüberschuß aller deutschen Bahnen betrug 1913 die auch in der jetzigen Zeit nicht gering erscheinende Summe von 1 Milliarde 66 Millionen. Er stammte nur aus dem Güterverkehr, da der Personenverkehr schon damals nicht die Ausgaben deckte. Die Größe der genannten Zahl wird noch deutlicher, wenn man zum Vergleich die Gesamtsumme der Jahresgewinne sämtlicher deutschen Aktiengesellschaften betrachtet; diese betrug 1 Milliarde 736 Millionen. Man kann verstehen, weshalb eine Erschütterung des gesamten Staatswesens allein dadurch eintreten mußte, daß die bis dahin so ertragreichen Eisenbahnen unter dem Einfluß der Niederlage notleidend wurden.

Kein zweites Unternehmen auf der ganzen Erde konnte im entferntesten einen so bedeutenden Jahresüberschuß ausweisen, wie die preußisch-hessischen Staatseisenbahnen. Hat dieser doch im Jahre 1913 die außerordentliche Höhe von mehr als 787 Millionen Mark erreicht. Die preußische Staatskasse erhielt von der Eisenbahnverwaltung nicht weniger als 654 Millionen 267 800 Mark überwiesen. Dagegen betrugen die Einnahmen des preußischen Staats aus sämtlichen unmittelbaren Steuern nur 525 Millionen 490 000 Mark. Die Anlagensumme der preußisch-hessischen Staatsbahnen hat sich dabei mit 6,41 vom Hundert verzinst, was auch für ein privatwirtschaftliches Unternehmen ein recht befriedigendes Ergebnis wäre.

Wer heute eine Reise antreten will, hat nichts weiter zu tun, als seine Fahrkarte zu lösen. Dann ist der Beförderungsvertrag mit der Eisenbahnverwaltung geschlossen, und diese hat nun die Aufgabe, den Fahrgast an den bestimmten Ort zu bringen. Hierdurch wird es für den Reisenden, abgesehen von der Zeitdauer der Beförderung, ganz gleichgültig, ob er etwa von München nach Starnberg oder von derselben Hauptstadt aus nach Stettin fahren will. Er setzt sich auf seine Bank im Wagenabteil, schaut müßig zum Fenster hinaus, und für alles übrige sorgt die Eisenbahn.

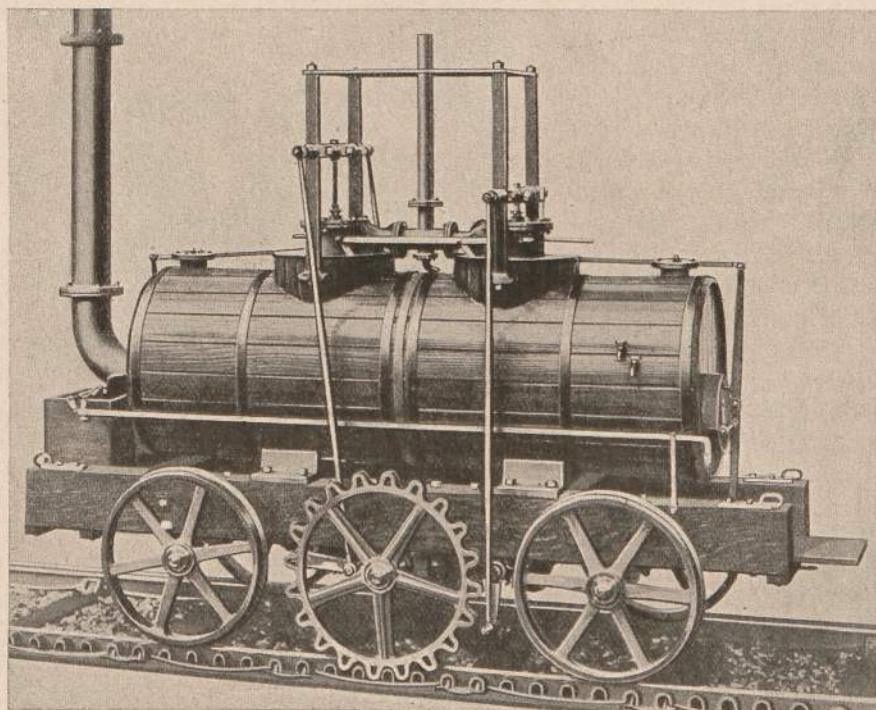
Aber welche in ihrer Vielsältigkeit geradezu ungeheuerliche Anzahl von Veranstaltungen ist notwendig gewesen, damit alle

Reisenden so glatt ihre verschiedenen Ziele erreichen können! Von den feststehenden Bauten und den rollenden Vorrichtungen der deutschen Eisenbahnen mit ihren Milliardenwerten haben wir schon gesprochen. Um jedoch die Gesamtheit dieses toten Stoffs zu beseelen, um ihm zielstrebiges Leben einzuhauchen, ihn zu einem wirklich brauchbaren Werkzeug des Verkehrs und Handels zu machen, sind auch fachkundige Menschen notwendig, ist ein Riesenheer von Angestellten erforderlich.

Im Jahre 1913 waren bei den deutschen Eisenbahnen rund 800 000 Beamte und Arbeiter tätig. Ein volles Drittel der gesamten Beamtenschaft aller deutschen Staaten war bei der Eisenbahn beschäftigt. Jeder 84. Bewohner des Deutschen Reichs diente dieser Verkehrseinrichtung. Zum Vergleich sei die Angabe gemacht, daß das größte Fabrikunternehmen Deutschlands, die Kruppschen Werke in Essen, im Jahre 1913 etwa 80 000 Angestellte beschäftigte. Der preußische Eisenbahnminister allein aber gebot über 560 000 Beamte und Arbeiter.

Die Kraft des deutschen Eisenbahnkörpers zeigte sich während des Kriegs sehr deutlich dadurch, daß es Deutschland möglich war, Bahnstrecken von 25 000 Kilometern Länge in fremden Ländern zu betreiben. Auf Grund des Waffenstillstands-Vertrags wurden 9500 Lokomotiven, 18 500 Personenwagen und 253 000 Güterwagen, ein Drittel des Gesamtbestands, an den Feindbund ausgeliefert. Trotzdem kam der Eisenbahnbetrieb in Deutschland nicht zum Stillstand. Strecken und rollendes Material befanden sich freilich in einem Zustand schwerster Zerrüttung, als am 1. April 1920 die Reichsbahn ins Leben trat.

Nur die Tatsache, daß der Eisenbahnbesitz der Einzelstaaten für diese eine schwere Belastung bedeutete und die Regierungen voraussehen, daß Überschüsse aus den Bahnen in absehbarer Zeit nicht zu erwarten sein würden, war Ursache, daß die Vereinigung gelang. Bismarck hat, obgleich er nach Entstehung des Reichs seine ganze Kraft diesem Gegenstand zuwandte, den Zusammenschluß nicht erreichen können. Die Einzelstaaten wollten ihren Besitz an Eisen-



257. Eine Verirrung des Lokomotivbaus  
Blenkinsops Zahnrad-Lokomotive für ebene Strecken. Nach einem Modell im Deutschen Museum zu München



bahnen durchaus nicht aufgeben, weil sie darin eine Macht-einbuße sahen. Die Not allein konnte die partikularistischen Widerstände brechen.

Die Reichsbahn ist Besitzerin nahezu sämtlicher dem Fernverkehr dienender Schienenstränge in Deutschland. Die Länge der vollspurigen Eisenbahnen in Privatbesitz beträgt heute nur noch 3500 Kilometer. Sie befinden sich im Eigentum von 76 Gesellschaften. Dazu kommen 1100 Kilometer Schmalspurbahnen. Der Staatsbetrieb ist also bei uns durchaus vorherrschend.

\*

Die Bahn aus Eisen ist weit älter als die Eisenbahn. Schienengeleise hat es schon vor Jahrhunderten gegeben, sie wurden jedoch zuerst nur aus Holz zusammengefügt. Aber schon 70 Jahre vor dem Bau der ersten für den öffentlichen Verkehr bestimmten Eisenbahnstrecke ist, wie wir später noch ausführlich hören werden, das erste eiserne Gleis verlegt worden. Es wäre jedoch falsch, den Beginn des Eisenbahnzeitalters deshalb in die Mitte des achtzehnten Jahrhunderts zurückzuverlegen. Die eiserne Bahn allein stellt noch keine Eisenbahn dar. Damit diese wirklich entstand, mußte erst an die Stelle der Tiere, die bis dahin die Wagen gezogen hatten, die Lokomotivkraft treten. Die Geschichte der Eisenbahn beginnt mit der Schaffung der ersten Lokomotive.

Der Kraftwagen und die Zugmaschine für die Bahnwagen haben die gleichen Ahnen. Aus den Schilderungen auf Seite 74 des vorigen Abschnitts haben wir bereits erfahren, daß sich durch das Wirken vieler Dampfmaschinenbauer im Anfang des vorigen Jahrhunderts ein Dampfswagenverkehr auf den englischen Landstraßen entwickelt hatte. Wir haben an jener Stelle die Arbeiten Richard Trevithicks bis zu dem Augenblick kennen gelernt, in dem er sich dem Lokomotivbau zuwandte. Von hier ab gehört seine Person zur Geschichte der Eisenbahn.

Dieser ausgezeichnete, aber heute selbst in technischen Kreisen wenig bekannte Mann wurde am 13. April 1771 in einem Dorf des Kirchspiels Illogan inmitten des Bergwerkbezirks von Cornwall geboren. Sein Vater war Zahlmeister bei einer Zinn- und Kupfermine. Wie manche Männer, die später Bedeutendes geleistet haben, war der junge Trevithick in der Schule nicht sehr erfolgreich. Der Lehrer in dem benachbarten Camborne bestätigte ihm, daß er ein ungehorsamer, schmutziger und unaufmerksamer Bube sei. Doch seine Fähigkeit im Rechnen blieb schon damals nicht unbemerkt.

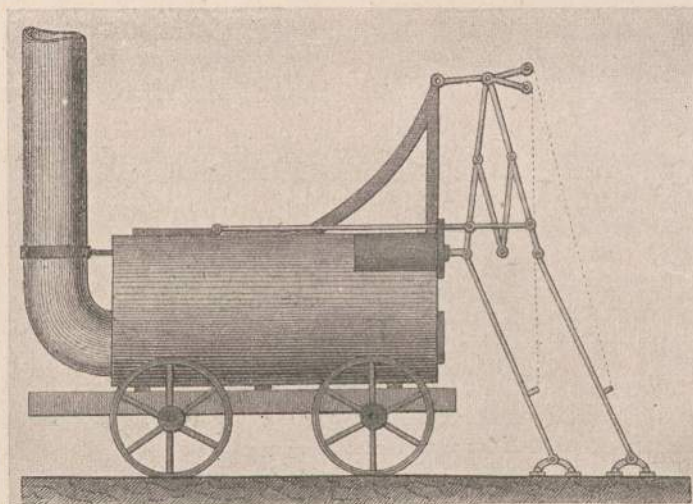
Lieber als in die Schule ging der Knabe hinauf zu dem Hügel von Castle Carn Brea, wo zwei riesige Dampfpumpen aus der Fabrik von Boulton & Watt aufgestellt

waren. Die hin und her schwingenden mächtigen Balanciers, die tausenden Schwungräder übten auf ihn eine unwiderstehliche Anziehungskraft aus. Er trieb schon seine ersten Jugendspiele im Schatten der Maschinen, deren Poltern und Zischen ihn sein ganzes Leben hindurch begleiten sollten. Wir wissen, daß der alte Murdoch den jungen Trevithick mit der Technik der Dampfmaschine bekannt machte, und daß der Schüler die Leistungen seines Lehrers im Bau von Dampfswagen, die auf der gewöhnlichen Straße fahren konnten, rasch übertraf. Gerade als der geldliche Mißerfolg seiner Bemühungen ihn von diesem Gegenstand abziehen drohte, wurde Trevithick durch eine Wette veranlaßt, einen Dampfswagen zum Befahren von Schienengeleisen herzustellen.

Bei seinen vielen Reisen, die er zur Einführung der von ihm durchgebildeten Hochdruck-Dampfmaschine machte, kam Trevithick im Jahre 1803 auch nach Penryn in Süd-Wales. In dieser Gegend bestand damals schon ein ziemlich bedeutender Schienenweg, der von dem Eisenwerk Merthyr Tydvil nach Cardiff führte und von Wagen mit Pferdezug befahren wurde. Bei einer Unterhaltung mit dem Grubenbesitzer Hill stellte Trevithick die Behauptung auf, daß ein auf die Schienen gestellter Dampfswagen eine Last von 10 000 Kilogramm würde befördern können. Das schien Hill, der wohl in der Hauptsache nur das Arbeiten von Niederdruckmaschinen gesehen hatte, ganz unglaublich. Er wettete gegen Trevithick um 500 Pfund Sterling. Der mit Glücksgütern nicht allzu reich gesegnete Erfinder fand durch diese Summe Anregung genug, sofort einen Dampfswagen für die Schiene zu bauen. Seiner großen Erfahrung gelang die Ausführung vortrefflich. Wie er selbst in einem Brief schreibt, rannte die Maschine „mit großer Geschwindigkeit hügelan, hügelab und war leicht zu führen“.

Dieser Brief Trevithicks vom 15. Februar 1804 ist die erste Mitteilung über eine Lokomotivfahrt, die wir besitzen. Er spricht freilich von einem „tram waggon“, denn das Wort Lokomotive selbst ist erst sehr viel später eingeführt worden.

Bei diesem tram waggon finden wir, so ungefüge und seltsam er unseren Augen auch erscheinen mag (Bild 255), schon einen bis heute wichtig gebliebenen Bauteil der Lokomotive verwendet. Es wird nämlich von der Maschine, die mit Hilfe von langen Geradföhrungsstangen eine Kurbel mit daran befestigtem Zahnrad antreibt, nicht mehr



258. Die „fußbewegende“ Lokomotive  
Bruntons Maschine mit Stemmhebeln zur Unterstützung der vermeintlich zu geringen Anhaftung auf den Schienen. Aus Steiner, „Geschichte des Verkehrs“

nur Eine Achse gedreht, sondern beide Achsen haben zwangsläufigen Antrieb. Dies ist der Ursprung der gekuppelten Lokomotivachsen, die das nutzbare Reibungsgewicht auf den Schienen und damit die Zugkraft so bedeutend erhöhen. Freilich haben sich Zahnräder für diese Zwecke nicht bewährt. Die Achsenkupplung ist denn auch bald wieder verlassen worden, bis Stephenson, wie wir später hören werden, hier für wie für so vieles andere die richtige Anordnung fand.



Bei seiner ersten Lokomotive glaubte Trevithick noch ein Schwungrad zur Erzielung gleichmäßiger Bewegung notwendig zu haben. Feuerung und Schornstein lagen beide nebeneinander an der Vorderseite des Kessels, in den der Zylinder, wie damals allgemein üblich, zur besseren Warmhaltung der Wände wagerecht hineingebaut war.

Die Maschine leistete weit mehr, als zum Gewinn der Wette notwendig war. Sie zog einen Zug von fünf Wagen, der mit 10 000 Kilogramm Eisen und siebzig Menschen beladen war, über die sechzehn Kilometer lange Bahn. Die Gesamtlast, die an der Lokomotive hing, betrug 25 400 Kilogramm. Mit dieser legte die Maschine die Strecke in vier Stunden fünf Minuten zurück. Der unglaubliche Hill machte die Fahrt mit und mußte seine Wette verloren geben. Er versuchte zwar noch verschiedene Einwendungen, um Trevithick das Geld vorzuhalten, dieser scheint es aber schließlich doch erhalten zu haben.

Er war mit dem Erfolg seiner Lokomotive sehr zufrieden und beschloß, ganz nach Penydarran überzusiedeln, um sich hier der weiteren Durchbildung des Dampfwagens für Schienengeleise zu widmen. Hätte er nun nicht wiederum Unglück gehabt, so wäre es ihm wahrscheinlich zwei Jahrzehnte vor Stephenson gelungen, den Grundstein für die Lokomotive-Eisenbahn zu legen. Aber es war nun einmal dieses Mannes Schicksal, daß dem Sonnenschein stets sogleich finsternes Gewölk folgen mußte.

Trevithicks Lokomotive war gut, aber das Gleis war ihr nicht ebenbürtig. Nachdem die Maschine einige Zeit auf den gußeisernen Schienen gefahren war, begannen diese unter dem Gewicht des Fahrzeugs zu brechen. Nach fünf Monaten mußte der Dampfbetrieb in Penydarran eingestellt werden. Die Lokomotive wurde zu einer ortsfesten Betriebsmaschine umgewandelt, als welche sie noch jahrzehntelang der Grube gedient hat.

Schienen wichtig gewesen sind, Blenkinsop und Hedley, haben hier zweifellos Anregung erfahren.

Noch einmal versuchte Trevithick, seine Erfindung durchzusetzen. Er wollte durch eine besondere Veranstaltung zeigen, wie vortrefflich der Dampfwagen zu fahren vermöge, wenn er auf eiserne Schienen gesetzt ist. Darum ging er 1808 nach London, und zwar mit einer neuen, wiederum verbesserten Lokomotive, der seine Schwester den stolzen Namen „Catch me who can“ („Fang mich, wer kann“) beigelegt hatte. In der Tat soll diese Lokomotive eine für die damalige Zeit ganz außerordentliche Geschwindigkeit erreicht haben, nämlich 30 Kilometer in der Stunde.

Die Maschine sollte in London keinem wirklichen Betrieb dienen, sondern sie war als ein Schaustück gedacht. Trevithick mietete in der Nähe des Eastern Square einen weiten, unbebauten Platz, auf dem seltsamerweise später der Endbahnhof einer der bedeutendsten Eisenbahnstrecken Englands, der Nordwestbahn, errichtet worden ist. Dort wurde eine

kreisförmige Gleisbahn von 60 Metern Durchmesser angelegt und der ganze Platz mit einem hohen Zaun umgeben. Der Eintritt kostete einen Schilling, wofür man zugleich das Recht erwarb, in dem einen Wagen, den die Lokomotive hinter sich zog, mitzufahren. Aber hierzu hatten nur wenige den Mut. Überhaupt zog die Vorführung nicht so viel Zuschauer an, wie Trevithick erhofft hatte, und eines Tags, als die Lokomotive wieder einmal die Schienen zerbrochen hatte und ganz aus dem Gleis geraten war, sperrte er den Eingang zu, verkaufte die Maschine an einen Messerschmied und schloß damit auch seine Wirksamkeit für die Entwicklung der Lokomotive auf immer ab.

Nicht ohne Schmerz sieht man einen eifrig Strebenden hier in der Blüte seines Schaffens gebrochen. Aber Trevithick besaß eben nicht nur Kraft, sondern gleichzeitig einen allzu lebhaft umherschweifenden Geist. Er beschäftigte sich



259. Gußeisernes Bild der ersten deutschen Lokomotive  
Neujahrskarte der Königlichen Eisengießerei in Berlin mit der Darstellung der ersten, 1815 in Deutschland erbauten Lokomotive



auch die Wirkung seiner Arbeit auf die Zeitgenossen so sehr, daß sie bald gar nicht mehr beachtet wurden. Schon wenige Jahre, nachdem Trevithick in London den Eingang zu seiner Rundbahn verschlossen hatte, glaubte man allgemein, daß die Anhaftung der Räder auf den Schienen allein nicht genüge, um eine Lokomotive zum Ziehen schwerer Lasten zu befähigen.

Im Jahre 1811 baute Blenkinsop eine Bahn zwischen Leeds und Middleton, bei der er neben den Fahrstienen eine Zahnstange verlegte. Von den Kolbenstangen der beiden in den Kessel eingebauten Zylinder aus wurde durch zwei Schubstangen eine unter dem Kessel liegende Kurbelwelle gedreht, auf die ein großes Zahnrad gesetzt war. Dieses griff in die seitlich angebrachte Zahnstange ein und zog so die Maschine vorwärts, während die anderen Räder nur zum Tragen dienten. Die Maschine ist lange Zeit auf Grubengeleisen in Betrieb gewesen.

Ganz besonders seltsam war der Behelf, auf den Thomas Brunton verfiel. Seine Lokomotive besaß zwei lange, hinter dem Kessel angebrachte Hebelstangen mit Platten, die bis auf den Boden reichten. Durch mehrere Gelenke konnten diese Hebelstangen gerade so wie Beine bewegt werden, und sie hatten tatsächlich die Aufgabe, auf dem Boden zu schreiten und die Maschine auf diese Weise vorwärts zu drücken. Als „fußbewegende Maschine“ erlangte dieses seltsame Gebilde seinerzeit eine große Berühmtheit. Selbstverständlich konnte diese „Rückkehr zur Natur“ nicht von dauernder Wirkung sein.

Auch nach Deutschland griff die eigenartige Verirrung des Zahnradantriebs hinüber.

Man glaubt meist, daß die erste Lokomotive, die in Deutschland gefahren ist, jene

„Der Adler“ genannte Maschine gewesen sei, die im Jahre 1835 den ersten Eisenbahnzug von Nürnberg nach Fürth zog. Aber das ist ein Irrtum. Denn schon 1816 ist eine Lokomotive in Deutschland gelaufen. Sie war kein englisches, sondern ein deutsches Erzeugnis, ein Berliner Kind. Von ihrer englischen Kameradin, die 22 Jahre lang in Betrieb war, unterschied sie sich freilich in beträchtlichem Maß dadurch, daß sie niemals einen Zug in Bewegung gesetzt hat.

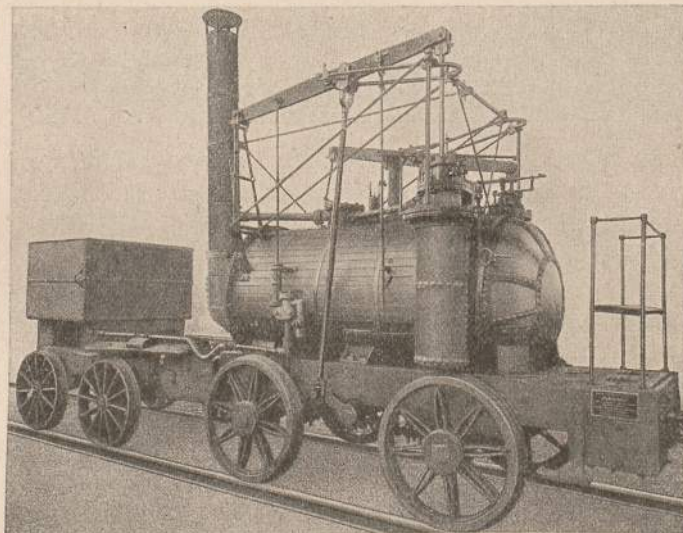
Bald nach den ersten Versuchen mit Dampflokomotiven auf Eisenbahngeleisen, die sehr lebhaftes Aufsehen erregten, sandte die preußische Bergbauverwaltung zwei Beamte, Eckardt und den Inspektor der Berliner Eisengießerei Friedrich Krigar, nach England, wo sie die Anwendung der Dampfkraft für den Verkehr sich ansehen sollten. Die beiden Herren führten ihren Auftrag so gründlich aus, daß Krigar nach seiner Rückkehr mit dem Bau einer Lokomotive beauftragt werden konnte, die auf der Königshütte in Oberschlesien zum Kohlschleppen verwendet werden sollte.

Anfang Juni 1816 war das technische Wundertier fertig und begann in Berlin Probe- und Schaufahrten. Nach

Angabe von Feldhaus meldeten die „Berliner Nachrichten“ vom 16. Juni, daß der „Dampfwagen“ täglich vormittags von 9 bis 12 Uhr und nachmittags von 3 bis 8 Uhr gegen Eintrittsgeld von vier Groschen vorgeführt würde. Am 9. Juli berichtete die „Vossische Zeitung“: „In der Eisengießerei ist auch seit einiger Zeit der neu erfundene Dampfwagen zu sehen, der sich in eigenem Geleise ohne Pferde und mit eigener Kraft dergestalt fortbewegt, daß er eine angehängte Last von 50 Zentnern zu ziehen imstande ist.“ Die Fahrten geschahen hier auf einer Rundbahn, und man kann sich wohl denken, welche ein Erstaunen das fauchende und feuerspeiende Gebilde bei den Berlinern hervorgerufen hat.

Es waren die einzigen glorreichen Tage dieser ersten deutschen Lokomotive. Denn als sie in Schlesien anlangte, stellte sich heraus, daß die Spurweite der Räder nicht zu den Geleisen in der Königshütte paßte. Man konnte die Maschine also nicht in Betrieb nehmen. Als bald ist sie verschollen. Niemals konnte festgestellt werden, ob sie vielleicht irgendwo in einem Winkel als ortsfeste Maschine ein trübseliges Dasein gefristet hat.

Infolge des eigenen Unsterns, der über dieser Lokomotive schwebte, wäre uns auch beinahe jede Kunde über ihre äußere Gestalt verloren gegangen. Denn in dem politisch so unruhigen Jahr 1848 machten die Arbeiter einen Angriff auf die königliche Eisengießerei. Ein Teil der Gebäude ging in Flammen auf, und dabei verbrannten fast alle Zeichnungen zu der denkwürdigen Lokomotive. Was erhalten blieb, würde ganz ungenügend sein, um uns ein Bild von der Maschine zu geben, wenn nicht die Eisengießerei die schöne Sitte gepflegt hätte, am Neu-



260. Lokomotive „Puffing Billy“  
Erbaut 1813 von Hedley zu Wylam in England

jahrstag sehr haltbare Glückwunschkarten auszugeben. Diese waren aus Eisen sauber gegossen und zeigten in erhabener Arbeit die Bilder der wichtigsten Erzeugnisse aus dem abgelaufenen Jahr. Auf der Gußkarte von 1816 hat ganz links unten unsere kurzlebige Lokomotive eine dauerhafte Wiedergabe gefunden. Man sieht deutlich das zwischen den Laufträdern angebrachte Zahnrad. Die Ähnlichkeit mit Blenkinsops Maschine ist unverkennbar.

In England aber begann man schon im Jahre 1813 zur glatten Schiene zurückzukehren. Hedley hatte sich durch eigene Versuche von neuem von der genügenden Kraft der Anhaftung überzeugt. Seine Lokomotive „Puffing Billy“, die im gleichen Jahr in Betrieb kam, ist wieder frei von allem ziehenden oder schiebenden Beiwerk. Trotz der verwickelten Antriebseinrichtung, die sie in ihren Balanciers und Zahnradvorgelegen besitzt, bedeutet die Maschine doch einen wichtigen Fortschritt in der Entwicklung der Eisenbahn. Auch sie besaß ein im Kessel hin und zurück gehendes Flammrohr; es liegen also auch bei ihr Schornstein und Feuerung auf derselben Seite. Die Lokomotive ist bis zum Jahre 1862 in Betrieb gewesen und wurde



dann im Kensington-Museum in London aufgestellt, wo sie heute noch zu sehen ist. Eine genaue Nachbildung befindet sich im Deutschen Museum zu München.

\*

Als alle diese bald fördernden, bald zurückhaltenden Ergebnisse sich zutrugen, war schon längst der Mann am Leben, der mit gewaltiger Hand das Schaffen so vieler Geister zusammenfassen, das mit so vieler Mühe errichtete Gebäude endlich unter Dach bringen sollte.

Viele kleine und größere Sterne hatten bereits am Himmel der Schienenwelt geleuchtet, aber erst mit Georg Stephenson geht die Sonne im Eisenbahnland auf.

Als die Großtat Stephenson's wird zwar im allgemeinen der Bau einer bestimmten, hervorragend wirkungskräftigen Lokomotive bezeichnet, aber diese Leistung, so grundlegend wichtig sie war, umfaßt doch bei weitem nicht seine gesamte Wirksamkeit. Georg Stephenson war viel mehr als ein tüchtiger Lokomotivbauer — er ist der erste wirkliche Eisenbahningenieur gewesen.

Vor seinem geistigen Auge erstand zum erstenmal das Bild des Eisenbahnverkehrs in seiner Gesamtheit. Er sah zu einer Zeit, als alle anderen nur ein Herumstümpfern auf den Schienen wahrnahmen, die Millionen rollender Räder auf dem Eisenpfad, die Rauchfahnen der Lokomotiven durch alle Länder ziehen, die rumpelnden Kutschen und Frachtwagen von einem neuen Verkehrsmittel endgültig abgelöst. Es ist das keine bloße Annahme; Stephenson selbst hat dieses treffende Voraussehen selbst in einer Rede bestätigt, die er zu einer Zeit hielt, als noch nicht einmal der erste Fahrgast von einem Lokomotivzug über ein Gleis gezogen worden war.

Dieser große, umfassende Geist begnügte sich längst nicht mit dem Bau der Lokomotiven. Er beschäftigte sich auch mit der Ausbildung der Geleise; er erkannte die Notwendigkeit der ebenen Bahnstrecke und bemühte sich, die physikalischen Gesetze, die im Bereich der Eisenbahn zur Anwendung kommen, nach allen Richtungen hin zu durchforschen. Er ist so zum Begründer auch der Wissenschaft von der Eisenbahn geworden; durch ihn ist die Eisenbahnkunde für immer aus dem einstigen Urzustand herausgehoben worden, in dem sie nur von der rohen Erfahrung lernte.

Georg Stephenson wurde am 9. Juni 1781 in dem Dorf Wylam bei Newcastle am Tyne in dem englischen Landesteil Northumberland geboren. Er wuchs inmitten dieser Kohlenkammer Nordenglands auf. Der Vater Robert, genannt „der alte Bob“, war Heizer an der Pumpeinrichtung des Bergwerks zu Wylam. Er ist sein Leben lang über diese Stellung nicht hinausgekommen. Der kleine Georg hatte noch fünf Geschwister, und es fiel dem Vater äußerst schwer, nur den nackten Unterhalt für die vielköpfige Familie zu verdienen. Daher konnte er nicht daran denken, seine Kinder in die Schule zu schicken, und so kam es, daß der weltberühmte Erfinder noch als Jüngling weder lesen noch schreiben konnte.

Mit dem Verkehr kam der junge Stephenson schon früh in Berührung. Sein Geburtshaus, genannt das „Haus an der Landstraße“, lag an dem alten Postweg zwischen Newcastle und Herham, der von Kutschen und Reitern lebhaft benutzt wurde. Auch die schon erwähnte Kohlenbahn, für die Trevithick eine Lokomotive gebaut hatte, führte in nächster Nähe vorüber. Als Georg mit acht Jahren als erste Aufgabe seines Lebens die Pflicht übernahm, die Herde einer Witwe zu hüten, war es seine Haupttätigkeit, die Ruhe von dem Betreten der Geleise abzuhalten. Man zahlte ihm für diese Tätigkeit 18 Pfennig täglich.

Später verrichtete der Knabe als Kohlenausleser die niedersten Dienste auf der Wylamer Grube. Der Vater gesellte ihn sich dann als Hilfsheizer bei.

Mit 17 Jahren rückte der junge Stephenson von dem niedrigen Kesseldienst zum Maschinenburschen auf. Als solcher hatte er die Pflicht, die Pumpwerke zu beaufsichtigen und rasch einen Ingenieur herbeizurufen, wenn

etwas daran nicht in Ordnung war. Der junge Bursche nahm jede Gelegenheit wahr, die Maschinen genau kennenzulernen, und bald konnte er selbst beispringen, wenn irgend etwas auszubessern war, so daß man ihm schließlich erlaubte, selbst solche Arbeiten auszuführen.

Er wurde dann damit beauftragt, am Schacht zu Water-Now den Hauptaufzug zu bewachen und zu bedienen. Da die Kohlengefäße nur in größeren Zeitabständen hinauf- und hinabgingen, so hatte Stephenson hier viele längere Ruhepausen. Er benutzte sie, um den Arbeitern die Schuhe auszuflicken, und fertigte fleißig auch mancherlei Näharbeit an. Das Geld, das er auf diese Weise verdiente, setzte ihn in den Stand, eine Abendsschule zu besuchen, wo



261. Georg Stephenson



er sich nun notdürftig die ersten Kenntnisse im Lesen und Schreiben verschaffte. Wie stolz war er, als er mit 19 Jahren seinen Namen schreiben konnte! Er kaufte jetzt ein paar Bücher und begann, sich ein wenig Bildung anzueignen.

1802 heiratete Stephenson und im folgenden Jahr wurde dem Paar ein Sohn geboren, der einer der größten Ingenieure Englands werden sollte. Robert Stephenson hat an dem großen Eisenbahnwerk seines Vaters mitgeschafft, es fortgesetzt, und er hat neben vielen anderen sehr bedeutenden Leistungen die für die damalige Zeit großartigsten und kühnsten Brückenbauten geschaffen.

Als dem Vater nach zweijähriger Ehe die Gattin starb, zog er nach Killingworth, wo er als einfacher Maschinenwärter Dienste nahm. Hier sollte endlich ein wenig Helligkeit in sein trübes Dasein kommen.

Auf der Grube war eine sehr große Pumpmaschine aufgestellt worden, die aber, als sie zu arbeiten begann, die in sie gesetzten Erwartungen nicht erfüllte. Es war unmöglich, sie in regelmäßigen Gang zu bringen. Zahlreiche Ingenieure hatten sich vergeblich darum bemüht. Da erbot sich der einfache Maschinenwärter Stephenson dazu, die Pumpe herzurichten. Man vertraute ihm das Werk an, weil man der Meinung war, daß an der Maschine doch nichts mehr zu verderben sei. Aber siehe da! Schon nach vier Tagen lief die Pumpe wirklich, und da sie dauernd in Betrieb blieb, war den Grubenbesitzern eine große, bereits verloren gegebene Summe erhalten geblieben. Kein Wunder, daß sie den Retter in der Not bezahlten und ihn zum Maschinenmeister aufsteigen ließen.

Stephenson erhielt nun häufig Aufträge zur Instandsetzung von Pumpwerken, und so war er bald in der Lage, seinen Sohn Robert auf eine höhere Schule zu schicken. Rasch hatte dieser den Bezirk erreicht, bis zu dem das Wissen seines Vaters reichte. Es ist rührend, sich vorzustellen, wie nun Vater und Sohn allabendlich zusammen saßen, um gemeinschaftlich zu lernen und in gleicher Weise sich fortzubilden. Robert hat später die Universität in Edinburgh besucht, während der Vater immer sein eigener Lehrer geblieben ist.

Jene Rettungsarbeit an der widerspenstigen Pumpe ist als ein Wendepunkt im Leben des späteren großen Eisenbahnbauers zu bezeichnen. Bei der Grube von Killingworth stieg Stephenson bald zur Stellung eines Ingenieurs auf. Seiner ganzen Veranlagung nach begnügte er sich, sobald er auf die Verhältnisse Einfluß zu nehmen vermochte, nicht mit dem Vorhandenen. Er erkannte, daß es vor allem notwendig sei, die Verkehrsverhältnisse in dem Grubenbezirk zu verbessern. Hierfür schien ihm das beste Mittel, die Pferde, welche die Kohlenzüge mühsam schlepten, durch Lokomotiven zu ersetzen. Nun lagen damals die Zeitverhältnisse noch nicht so, daß man irgendwo Lokomotiven bestellen konnte. Überall wurden erst Versuche gemacht, und niemand genoß ein so großes Vertrauen, daß man ihm ein

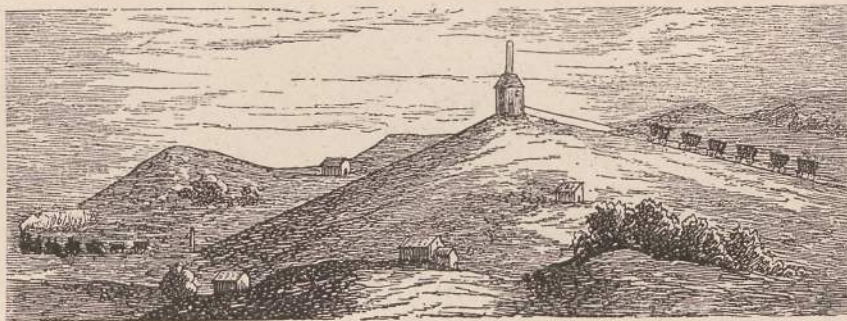
solches Erzeugnis gern in Auftrag gegeben hätte. So war Stephenson gezwungen, für die Kohlenbeförderung auf der Grube von Killingworth selbst eine Lokomotive herzustellen, die erste, die er geschaffen hat.

Der künftige Schöpfer des Eisenbahnwesens war 33 Jahre alt, als er jetzt zum erstenmal mit dem Gegenstand in Berührung kam, dem seine Lebensarbeit gehören sollte. Das zum Bau nötige Geld gab ihm Lord Ravensworth, der Hauptbesitzer der Grube.

Zu gleicher Zeit mit Hedley kehrte Stephenson in weiser Erkenntnis der Tatsachen zur glatten Schiene zurück, die nun zum Glück für die Entwicklung des Eisenbahnwesens nicht mehr verlassen wurde. Am 25. Juli 1814 machte die Lokomotive „Mylord“ ihre erste Fahrt. Sie war kein Meisterwerk und darum auch nicht geeignet, die grundsätzliche Feindschaft gegen die Lokomotive zu besiegen. Die Wirksamkeit der Maschine war weiter durch die Minderwertigkeit der gußeisernen Geleise beschränkt. Stephenson blieb dieser Zusammenhang nicht verborgen; er erklärte schon damals, Schiene und Rad gehörten zusammen „wie Mann und Weib“. Deshalb beschäftigte er sich lebhaft mit der Verbesserung der Geleise, schuf günstigere Schienenformen und erfand kräftigere Verbindungen der Schienen-

stücke miteinander. Die gußeisernen Räder seiner Lokomotive ersetzte er durch schmiedeiserne und machte die Räder dadurch leichter und dauerhafter.

Sein gedanklich immer tieferes Eindringen in das Wesen des Dampfeisenbahnbetriebs veranlaßte Stephenson im Jahre 1818, gemeinschaftlich mit Wood Unter-



262. Schiefe Ebene der Bahn Stockton—Darlington  
Zugförderung durch ortsfeste Dampfmaschine mit Seilzug. Aus Steiner, „Geschichte des Verkehrs“

suchungen über den Zusammenhang von Reibung und Schwere vorzunehmen, der ja für den Lokomotivbau auf glatten Schienen von höchster Wichtigkeit ist. Er bestimmte die Größe des Widerstands, den Wagen auf Schienen erfahren, erkannte hierbei den Wert der ebenen Gleisführung und die ungünstige Einwirkung, die jede stärkere Steigung sofort auf die Zugkraft der Lokomotive ausübt. Diese Untersuchungen sind grundlegend für den gesamten Eisenbahnbau geblieben. Fortab verfocht Stephenson mit zäher Beharrlichkeit den Grundsatz, daß für Eisenbahnbauten aufgewendetes Geld niemals besser angelegt werden könne, als wenn man es zur Herstellung ebener Geleise verwendete.

Der Ausbau der zu Killingworth in immer größerer Zahl arbeitenden Lokomotiven erforderte viel Mühe und Geduld. Es hieß, allen möglichen Schwierigkeiten gegenüber das neue Zugmittel durchzusetzen, aber Stephenson war doch allmählich so weit gekommen, daß in seinem Tätigkeitsbereich an einen Ersatz der Dampfwagen durch Pferde nicht mehr gedacht wurde. Die Lokomotiven hatten sich hier bewährt, seit Jahren zogen sie in regelmäßiger Arbeit die schwersten Lasten, und ihr Betrieb war auch schon billiger geworden als der mit lebenden Zugkräften.

Im Jahre 1821 genehmigte die englische Volksvertretung die Anlage eines Schienengleises in dem bedeutenden Kohlenbezirk



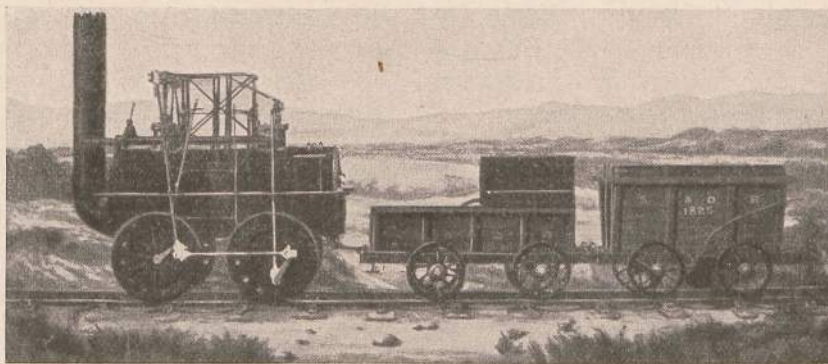
des nördlichen Eng-  
land, dessen Mittel-  
punkt die Stadt Dar-  
lington ist. Auf dem  
Eisenpfad sollten die  
großen in dem Bishop-  
Auckland-Tal oberhalb  
Darlington geförder-  
ten Kohlenmengen dem  
Verladeplatz Stockton  
in der Nähe der Mün-  
dung des Teesflusses  
in die Nordsee zuge-  
führt werden. Dies  
war die erste Bahn,  
die wirklich fern von-  
einander liegende Orte

verband. Zur Beförderung der Züge waren auch hier Pferde  
in Aussicht genommen. Bevor jedoch der Bahnbau begann,  
erschien vor dem Leiter der Gesellschaft, Pease, ein be-  
scheidener Mann, der sich erbot, Lokomotiven zur Herbei-  
führung eines weit vorteilhafteren Betriebs herzustellen. Es  
war Stephenson, der zum großen Erstaunen des Bahn-  
leiters behauptete, daß eine Lokomotive ebensoviel zu leisten  
vermöge wie 50 Pferde.

Pease folgte einer Einladung nach Killingworth, sah dort  
Stephensons Schaffen und berief ihn alsbald zum Leiter  
des Baus der Linie zwischen Stockton und Darlington.  
Stephenson schlug sofort eine bessere, kürzere Führung der  
Strecke vor. Zur Anlegung einer durchgehenden Ebene  
entschloß man sich aber auch hier noch nicht. Es blieb  
vielmehr eine sehr erhebliche Steigung unmittelbar vor  
Stockton bestehen, die von Lokomotiven nicht befahren  
werden konnte. Hier mußten die Züge mit Seilen hinauf-  
geschafft werden.

Da geeignete Werkstätten nicht vorhanden waren, wurde  
Pease von Stephenson bewogen, mit ihm zusammen eine  
Lokomotivfabrik zu gründen. Der Leiter der Stockton-Dar-  
lington-Bahn ging hierauf ein und gab zu der Gründung  
einiges Geld her. So entstand die erste Lokomotivfabrik  
auf der Erde. Sie wurde bei Newcastle am Tyne angesiedelt  
und entwickelte sich zu einem gewaltigen Unternehmen, das  
für die Lokomotiv-Erzeugung schließlich dasselbe bedeutete  
wie die Fabrik von Boulton & Watt in Soho für die Her-  
stellung der ortsfesten Dampfmaschinen. Auch die Loko-  
motiven für die ersten deutschen Bahnen sind aus Newcastle  
bezogen worden.

Zunächst wurden drei Lokomotiven gebaut. Eine von diesen  
war die berühmt gewordene und bis heute erhaltene „Loco-  
motion“, eine immer noch recht schwerfällige Maschine mit  
stehenden, in den Kessel hineingebauten Zylindern und  
schwieriger Übertragungseinrichtung durch lange Schub-



263. Stephensons Lokomotive „Locomotion“

Erbaut 1825 für die Bahn Stockton—Darlington. Erste Anwendung der Kuppel-  
stange zur Verbindung der Treibräder. Nach einem Bild im Deutschen Museum  
zu München

stangen. Aber hier  
wendete Stephenson  
zum erstenmal einen  
neuen Bauteil an,  
der bis heute unver-  
ändert im Eisenbahn-  
betrieb gebraucht wird.  
Es waren nämlich an  
der „Locomotion“ die  
beiden Räder auf  
jeder Seite durch je  
eine Kuppelstange mit-  
einander verbunden.  
Damit war Trevi-  
thicks erste Achskupp-  
lung mittels Zahn-  
rädern durch eine

wirklich brauchbare Anordnung ersetzt. Ohne Kuppelstange  
ist die heutige Lokomotive nicht denkbar.

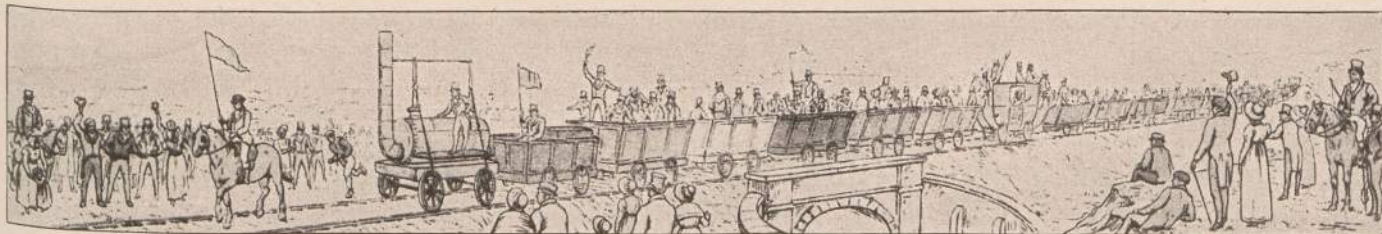
Am 27. September 1825 beförderte die Lokomotive  
„Active“ den ersten Zug über die Strecke. Die Linie  
Stockton-Darlington ist die erste, wenn auch noch recht un-  
bedeutende Eisenbahnlinie, die für den öffentlichen Verkehr  
freigegeben war und auch Personen befördern durfte.

Der erste Zug bestand aus einem Wagen für den Vor-  
stand der Eisenbahngesellschaft, 21 mit Sitzen ausgestatteten  
Fahrzeugen für die Gäste und 12 mit Kohle und Mehl be-  
ladenen Güterwagen. Die Personenwagen sahen seltsam genug  
aus. Denn man hatte, soweit nicht die Kohlenkarren  
unverändert auch zur Menschenbeförderung benutzt wurden,  
einfach die Kutschaufbauten von Postwagen herunterge-  
nommen und sie auf Untergerüste gesetzt, die für die Eisen-  
bahn einigermaßen geeignet waren. Im ganzen waren an  
die Lokomotive 34 Wagen gehängt, in denen sich 450  
Personen befanden.

Eine ungeheure Menschenmenge hatte sich eingefunden,  
um die erste Fahrt mit anzusehen. „Groß war das Auf-  
sehen und das Staunen, das die Ankunft des Zugs in  
Stockton erregte“, berichtete eine Zeitung.

Der Erfolg der Bahn war sehr zufriedenstellend. Zwar  
hob sich der Personenverkehr nur recht langsam, weil die  
meisten Leute Angst hatten, sich dem gefährlichen Beförde-  
rungsmittel anzuvertrauen, aber an Gütern waren schon nach  
einigen Jahren statt der angenommenen 10 000 Tonnen  
500 000 Tonnen zu befördern.

Allerdings wich der Betrieb dieser ersten öffentlichen  
Eisenbahn von dem heutigen lebhaft ab. Denn nicht alle  
Züge wurden durch Lokomotiven befördert; zahlreiche von  
Pferden gezogene Wagen liefen dazwischen. Der Schienenweg  
galt, was heute ganz unglaublich klingt, als öffentliche  
Straße; sie war daher für jeden Unternehmer zugänglich,  
der die wenigen ihm von der Gesellschaft hierfür auferlegten



264. Eröffnungszug der Eisenbahn Stockton—Darlington

die als erste einen regelmäßigen Personenverkehr aufnahm. Nach einer Tafel im Deutschen Museum



Bedingungen erfüllte. Die Züge mit Lokomotiven hatten nur insoweit ein Vorrecht vor den mit Pferden bespannten, als sie nicht in das Ausweichgleis hineinzufahren brauchten. Das mußten vielmehr die anderen tun.

Der Personenverkehr bevorzugte unverkennbar den Pferdebetrieb, und der im Auftrag der Bahngesellschaft von Stephenson gebaute erste eigentliche Eisenbahnpersonenwagen fuhr stets mit Pferdeworspann. Der Wagen hatte auf jeder Längsseite eine Bank, ein langer Tisch aus Tannenholz stand in der Mitte. Der Kutscher Dickson, der den Wagen häufig zwischen Darlington und Shildon fuhr, empfand es als Mangel, daß an finsternen Winterabenden die Fahrgäste im Dunkeln sitzen mußten. Er kaufte deshalb öfter eine Kerze und klebte sie auf die Tischplatte. Aus diesem einfachen Licht hat sich unsere heutige Zugbeleuchtung entwickelt.

Die Bahn Stockton—Darlington offenbarte bald, welche günstige Einwirkung ein rasches Beförderungsmittel auf die Erzeugnisse eines Landstrichs zu üben vermag. Der Kohle aus dem Bezirk von Darlington wurden plötzlich ganz neue Märkte erschlossen. Die Förderung in den Gruben konnte bald stark erhöht werden. Sogar eine neue Stadt ließ diese erste Eisenbahn am Teesfluß entstehen. Wo jetzt Middlesborough liegt, stand im Jahre 1825 nur ein einzelnes Bauernhaus. Hier entwickelte sich im Anschluß an die Eisenbahn ein lebhafter Hafenverkehr, und nach zehn Jahren wohnten bereits 6000 Menschen in Middlesborough, das heute eine blühende Mittelstadt ist.

Ermutigt durch diese Erfolge ging Stephenson mit höchstem Eifer an die Arbeit, als ihm nun Gelegenheit geboten wurde, einen bedeutend größeren und wichtigeren Eisenbahnbau auszuführen.

\*

Durch die Erfindung des mechanischen Webstuhls war die Erzeugung von Baumwollstoffen insbesondere in Manchester und in der Umgebung dieser Stadt zu einem Gewerbebetrieb von ungeahnter Größe emporgewachsen. Die Rohbaumwolle, die hierzu in großen Massen gebraucht wurde, kam über See in der Hafenstadt Liverpool an, war von dort nach Manchester zu bringen, und die fertigen Waren mußten in ähnlicher Fülle über den umgekehrten Weg befördert werden. So war zwischen den beiden Städten, die, nach Weber, einander wie Mund und Magen bedingten, ein Verkehr von bis dahin noch nicht bekannter Lebhaftigkeit entstanden.

In der Hauptsache vollzog er sich auf den Wasserstraßen, dem Mersey, dem Irwellfluß und dem anschließenden Bridgewaterkanal. Aber diese Wege waren schließlich nicht im entferntesten mehr imstande, das zu leisten, was man von ihnen forderte. Nur langsam konnten die Schiffe hin und wider fahren, der Winter brachte lang dauernde Einstellungen der Schifffahrt, und außerdem sorgte die auf

ihre Alleinherrschaft pochende Kanalverwaltung längst nicht genügend dafür, daß der Verkehr sich glatt abspielen konnte. Waren, die in 21 Tagen von Amerika über den Ozean nach Liverpool gelangten, brauchten oft einen Monat, um von dort aus Manchester zu erreichen.

Die Zustände wurden allmählich so arg, daß unbedingt Abhilfe geschaffen werden mußte. Man beschloß die Anlage eines Schienengleises zwischen den beiden Städten.

Bereits im Jahre 1821 wurde mit den Vermessungen begonnen. Das war für die Leute, die in jener Gegend wohnten, das Zeichen zu heftigstem Widerstand. Merkwürdigerweise fürchteten sie, daß ihr Wohlstand durch die Führung der Bahn über ihre Äcker schweren Schaden erleiden könnte. Es entstand ein richtiger Kampf mit den Landmessern. Diese waren oft gezwungen, die Nacht für ihre Arbeit zu Hilfe zu nehmen, und es wird erzählt, daß sie zur Ausführung ihrer Arbeiten in Dörfern gern die Zeit be-

nutzten, in der die Bewohner in der Kirche weilten, wo der Geistliche in heftigsten Ausdrücken gegen ihr Vorgehen predigte. Unter solchen Umständen konnten die Vermessungen nur recht unvollkommen vorgenommen werden, was sich später bitter rächen sollte.

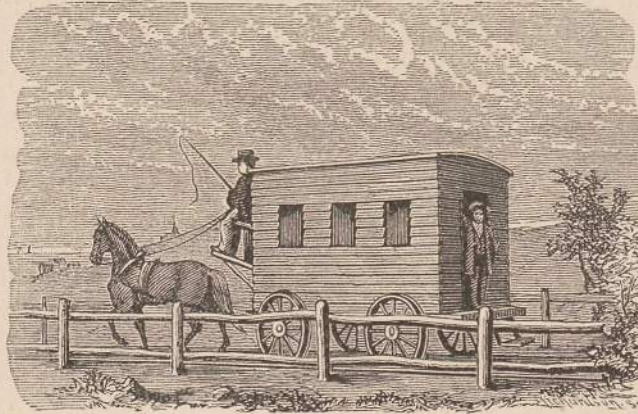
Der Linienführung selbst stellten sich große technische Schwierigkeiten entgegen. Es waren tiefe Einschnitte und viele kleine Höhen zu überwinden; die Einführung der Linie ins Innere der beiden Endstädte erweckte schwerste Bedenken, obgleich vorläufig noch niemand an einen Lokomotivbetrieb dachte. Das schlimmste Stück der ganzen Strecke aber war das große zwischen Liverpool und Manchester liegende Chat-Moor, ein tiefer Sumpf mit so weichem, nachgiebigem Boden, daß eine hineingesteckte Eisenstange darin vollkommen versank.

Diese Umstände ließen es den Leitern der Bahngesellschaft erwünscht erscheinen, einen besonders tüchtigen Mann als Leiter des Baus zu gewinnen. Stephenson's Name hatte damals schon einen solchen Klang, daß man ihn einstimmig zum Ingenieur des großen Bahnbaus zwischen Manchester und Liverpool berief.

Es eröffnete sich nun für Georg Stephenson ein großes Wirkungsfeld, auf dem er denn auch unvergängliche Taten vollbringen sollte.

Sofort setzte er sich aufs stärkste dafür ein, daß die neue Bahnstrecke so eben wie möglich angelegt werde. Andere Vermessungen wurden notwendig, und der alte Kampf mit den Anwohnern begann von neuem. Am heftigsten widersetzen sich den Vermessungen jetzt die Lords Derby und Sefton, über deren Landgüter die Strecke geführt werden sollte, und die Verwaltung des Bridgewaterkanals wollte auf keinen Fall die Überbrückung dieses Wasserlaufs gestatten, weil sie sehr mit Recht einen erfolgreichen Wettbewerb fürchtete.

Im Jahre 1825 war trotzdem eine vorläufige Vermessung beendet, und man beschloß, das Parlament um Genehmigung der Linie zu ersuchen. Raum war dies bekannt geworden, da



265. Der erste Eisenbahn-Personenwagen  
Aus R. H. Thurston „Die Dampfmaschine“



rüsteten sich die an den Wasserwegen beteiligten Gesellschaften zu heftigstem Widerstand.

Zunächst machten sie die Anwohner weiter aufrührerisch, indem sie erzählten, daß die Bahn vermutlich mit Lokomotiven betrieben werden würde, was ein schreckliches Unglück bedeuten würde. Die aus dem Schornstein der Maschine herausfliegenden Funken müßten jedes in der Nähe stehende Haus anzünden, die Luft würde durch die Rauchwolken verpestet werden. Die Pferdezahl werde eingehen, und als Folge davon müßte auch die Landwirtschaft aufhören, weil kein Tier mehr da sein würde, welches das Heu fräße. Die Dampfkessel der „Reisemaschinen“ würden häufig plagen, so daß kein Mensch in der Nähe der Bahn mehr seines Lebens sicher wäre; der bloße Anblick des vorüberfahrenden Eisenbahnzugs müßte die Tiere zu Tode erschrecken, Menschen wahnsinnig machen.

Man trug dafür Sorge, daß in den Parlamentsauschuß, der über den Antrag der Eisenbahngesellschaft auf Genehmigung des Baus zu verhandeln hatte, die tüchtigsten und reddegewandtesten Mitglieder des Unterhauses abgeordnet wurden, damit sie den Antrag geschickt zu Fall brächten. Aber auch die Bahngesellschaft traf beste Vorsorge zur Durchführung ihres Plans, indem sie eine Reihe ausgezeichnete Rechtsanwälte mit ihrer Vertretung beauftragte. Es entspann sich dementsprechend vor dem Ausschuß ein Kampf, der lächerlich zu nennen wäre, wenn es sich dabei nicht um einen so bedeuten- den Gegenstand gehandelt hätte.

Stephenson mußte als Bauleiter der Bahn ebenfalls vor dem Ausschuß erscheinen. Dem wenig reddegewandten Mann, der noch dazu die breite Mundart von Northumberland sprach, war dies durchaus nicht angenehm.

Er wirkte von Beginn an für den Lokomotiv- antrieb auf der Eisenbahn. Den wichtigsten Beweggrund hierfür, daß nämlich mit der Lokomotive eine Geschwindigkeit von 30 Kilometern in der Stunde erreicht werden könnte, durfte er jedoch nicht vorbringen. Seine besten Freunde lachten ihn aus, wenn er diese Behauptung aufstellte. Alle erklärten, eine so unerhörte Schnelligkeit sei überhaupt nicht möglich.

Der bedauernswerte Mann hatte es in dem Kreuzverhör vor den wortgewandten Abgeordneten wirklich nicht leicht. Es wurden obendrein die albernsten Einwände vorgebracht.

„Nehmen wir an,“ sagte ein Ausschußmitglied, „es komme bei einer Geschwindigkeit von 14 oder 16 Kilometern eine Kuh der Maschine in den Weg. Glauben Sie nicht, daß das recht peinlich sein würde?“ — „In der Tat,“ war die Antwort, „recht peinlich.... für die Kuh!“

Der Abgeordnete Harrison meinte, er habe gehört, daß jeder Regen das Feuer in der Lokomotive auslöschten würde. Man könnte die Maschine ja zwar, um dies zu verhüten, in Decken einpacken, aber dann würde der Wind kommen und die Hüllen wieder fortreißen. Jeder Sturm müßte überhaupt die Lokomotivfahrt verhindern, weil er das Feuer in der Lokomotive so heftig anblasen würde, daß der Druck im Kessel immer höher ansteigen und die Maschine schließlich zum Plagen bringen müßte.

Gegenüber solchen Einwänden war Stephenson ziemlich machtlos. Er konnte in seiner Unbehilflichkeit nicht recht etwas darauf entgegnen und wiederholte schließlich nur immer wieder den ihn sehr kennzeichnenden Ausspruch: „Ich kann's nicht sagen, aber ich werde es machen!“

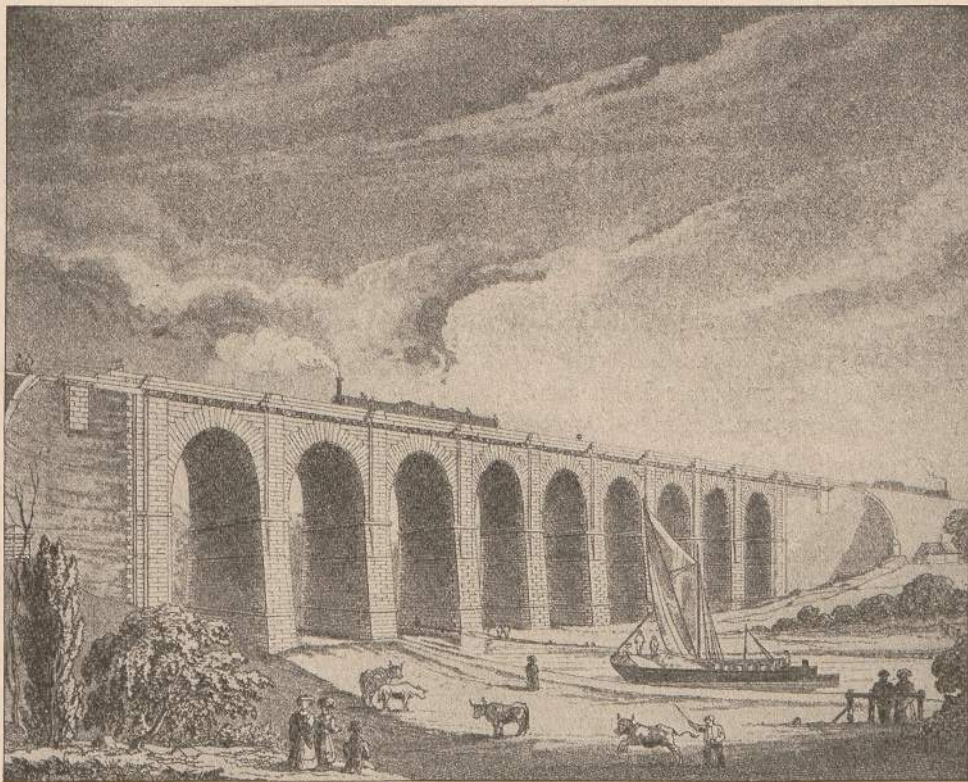
Gegen Schluß des Verhörs nahm der gelehrte Alderson das Wort zu einer zweitägigen Vernichtungsrede, in der er hauptsächlich auf die Schwierigkeiten des Bahnbaus einging. „Ich denke, es ist erwiesen,“ sagte er, „daß der Stephenson'sche Plan der abgeschmackteste ist, der je in einem Menschenkopf ausgeheckt wurde. Wer vermag daran zu zweifeln, der Gelegenheit hatte, den Mann bei seinen

Aussagen zu beobachten? Ich behaupte, daß er nie einen Plan gehabt hat, und glaube, daß er gar nicht fähig ist, einen zu entwerfen... Ich erhebe feierlichen Einwand gegen eine Maßregel, die sich auf nichts Besseres zu stützen vermag als auf die Aussagen solcher Gewährsmänner und auf solche Berechnungen.“

Mit diesen letzten Worten waren die unsicheren Ergebnisse der Vermessung gemeint, die mit Recht vielfach angefochten wurden. Bei der Abstimmung wurde der An-

trag der Bahngesellschaft mit 19 gegen 13 Stimmen abgelehnt. Zwei Monate lang hatte der Kampf gewährt. Man beschloß, ihn für jetzt aufzugeben und das nächste Mal besser gerüstet vor das Unterhaus zu treten.

Es ist recht schmachvoll, daß die Durchbringung des Genehmigungsgesetzes beim zweiten Antrag schließlich nicht sachlichen Gründen zu verdanken war, sondern vorher aus-



266. Brücke über das Sankey-Tal  
zwischen Manchester und Liverpool





267. Bahnhof Liverpool  
der ersten großen Eisenbahnlinie Manchester—Liverpool

geführten geschickten Maßnahmen und allerhand Schlichen und Kniffen. Es gelang vor allem, den Marquis von Stafford, den Hauptbeteiligten am Bridgewaterkanal, dem Plan dadurch günstig zu machen, daß ihm ein ziemlich beträchtlicher Teil der Aktien zugebilligt wurde. Man veränderte außerdem die Streckenführung so, daß Lord Sestons Güter ganz vermieden und das Schloß Lord Derbys in bedeutender Entfernung umgangen wurden. Alle Wildgehege vornehmer Herren ließ man mit größter Sorgfalt unberührt. Und siehe da! Auf einmal war fast der ganze Widerstand gegen die neue Eisenbahn verschwunden.

Zwar gab es immer noch Leute, denen die Angelegenheit nicht paßte, und Sir Isaac Coffin unternahm es vor dem zweiten Ausschuß noch einmal, alle die schädigen Einwände der Leute, die vor dem Neuen zurückbebt, in anderer Form zu wiederholen.

„Für jeden muß es höchst unangenehm sein,“ führte er aus, „eine Eisenbahn unter seinem Fenster zu haben. Und was soll, so frage ich, aus allen jenen werden, die zur Herstellung und Verbesserung der Landstraßen ihr Geld hergegeben haben? Was aus denen, die auch ferner wie ihre Vorfahren zu reisen wünschen, das heißt in ihren eigenen oder gemieteten Wagen, die es bald nicht mehr geben wird? Was aus Sattlern und Herstellern von Kutschen, aus Wagenbesitzern und Kutschern, Gastwirten, Pferdezüchtern, Pferdehändlern? Weiß das Haus auch, welchen Rauch, welches Geräusch, Gejuch und Gerassel die rasch vorübereilenden Lokomotiven verursachen werden? Weder das auf dem Feld pflügende, noch das auf den Triften weidende Vieh wird diese Ungeheuer ohne Entsetzen wahrnehmen. Die Eisenpreise werden sich mindestens verdoppeln, wenn die Vorräte an diesem Metall, was wahrscheinlich ist, nicht ganz und gar erschöpft werden. Die Eisenbahn wird der größte Unfug sein, sie wird die vollständige Störung der Ruhe und des körperlichen sowohl wie des geistigen Wohlbefindens

der Menschen bringen, die jemals der Scharfsinn zu erfinden vermochte.“

Doch nun half alles nichts mehr. Huskisson und andere bedeutende Männer unterstützten den Antrag, und er wurde mit einer Mehrheit von 88 gegen 41 Stimmen angenommen.

Sofort nahm man den Bau in Angriff, dessen Oberleiter selbstverständlich Georg Stephenson wurde, der jetzt ganz nach Liverpool übersiedelte.

So große und kostspielige Anlagen, wie sie nun errichtet wurden, hatte die Welt noch nie gesehen. Zum erstenmal wurde eine an allen Stellen wirklich ebene Bahnstrecke hergestellt. Das Sankey-Tal mit dem darin liegenden Kanal mußte durch eine gewaltige Steinbrücke überschritten werden. Der Irwell war in gleicher Weise zu kreuzen. Im ganzen wurde für die Bahnlinie die Errichtung von nicht weniger als 63 Brücken notwendig. Man höhnte Senkungen auf und durchstach Felsen. Die Einführung

der Strecke in die Stadt Liverpool konnte nur mit Hilfe von zwei Tunneln erfolgen. Es entstanden so die ersten größeren Bauwerke dieser Art auf der Erde.

Das Allerschwierigste aber war die Gründung der Strecke auf dem Chat-Moor. Alle Schüttungen, für die gewaltige Erdmassen aufgewendet wurden, sanken immer wieder in eine unergründliche Tiefe. Oft wollte die Gesellschaft den Bau an dieser Stelle ganz aufgeben, da sie kein Gelingen mehr erhoffte. Aber der Bauleiter wußte genau, was er tat, und schließlich war das Moor mit einem Kostenaufwand von 28 000 Pfund Sterling haltbar überquert, während im Parlament die Höhe der Kosten auf 270 000 Pfund geschätzt worden war.

Stephenson hatte während der Entstehungszeit der Bahn wegen der Neuheit des ganzen Gegenstands für alles Erdenkliche zu sorgen. Er mußte die Schienenbefestigungen, die Weichen, die Drehscheiben, die Signale erdenken, ja sogar die Wagen entwerfen.

Und als all dieses schließlich überwunden war, trat noch eine grundsätzliche Schwierigkeit auf. Trotz der harten Kämpfe, die um die Lokomotive schon geführt worden waren, hatten sich die Leiter der Bahn doch noch durchaus nicht für dieses Zugmittel entschlossen. Immerhin war man sich allmählich darüber klar geworden, daß Pferde nicht in Betracht kämen.

Aber auch damit kam man noch nicht unmittelbar zur Lokomotive. Viele Ingenieure traten dafür ein, daß man auch auf dieser ebenen Strecke ortsfeste Maschinen aufstelle, die durch Aufwickeln von Seilen die Züge bewegen sollten. Es berührt uns heute höchst eigenartig, daß längere Zeit tatsächlich der Plan erwogen wurde, die Strecke in neunzehn Abschnitte zu teilen und jedem von diesen eine feststehende Dampfmaschine zuzuordnen, die den Zug am Seil schleppen sollte. Es wäre dann also notwendig gewesen, bei jeder Fahrt von Manchester bis Liverpool oder umgekehrt neunzehnmal Seile abzukuppeln und wieder am Zug zu be-



festigen. Welch eine Reisegeschwindigkeit man mit einer solchen Betriebsart hätte erreichen können, vermag sich jeder leicht vorzustellen.

Die leitenden Männer der Bahngesellschaft wußten gegenüber allen diesen Vorschlägen bald nicht mehr aus noch ein. Nichts war erprobt, und Großes stand durch ihre Entscheidung auf dem Spiel. Es schien ihnen schließlich am zweckmäßigsten, durch ein Preisaus Schreiben die Leistungsfähigkeit von Lokomotiven mit einfachen Reibungsradern festzustellen.

Der Wettbewerb wurde angekündigt, und er führte zu dem weltberühmt gewordenen Wettkampf bei Rainhill.

Die wichtigsten Forderungen in dem Preisaus Schreiben lauteten:

Die Maschine muß ihren Rauch selbst verbrennen. Sie muß imstande sein, einen Zug von 20 000 Kilogramm Gewicht mit einer Geschwindigkeit von 16 Kilometern in der Stunde zu ziehen. Der Dampfdruck im Kessel darf  $3\frac{1}{2}$  Atmosphären nicht übersteigen; der Kessel muß zwei Sicherheitsventile haben, von denen eins der Einwirkung des Maschinenwärters gänzlich entzogen sein muß. Maschine und Kessel müssen durch Federn getragen werden. Die Maschine darf mit gefülltem Kessel nicht mehr als 6000 Kilogramm wiegen. Sie muß am 1. Oktober 1829 vollständig fertig und in einem zur Erprobung geeigneten Zustand am Liverpooler Ende der Eisenbahn aufgestellt sein. Die Lokomotive darf nicht mehr als 550 Pfund Sterling kosten.

Georg Stephenson beschloß, in seiner Fabrik zu Newcastle eine Preislokomotive herzustellen. Er unterschätzte keinen Augenblick die Bedeutung der Angelegenheit und die Schwierigkeiten, die zur Erledigung der Aufgabe zu überwinden waren. Darum rief er seinen Sohn Robert, der zur Ausführung von Bauten in Südamerika weilte, zur Teilnahme an den Arbeiten zurück.

In der Hauptsache lag ihm daran, die Lokomotive zu besonders starker Dampfzerzeugung zu befähigen. Die immer noch geringen Geschwindigkeiten führte er mit Recht auf den zu kleinen Dampfvorrat zurück, den der Kessel in jedem Augenblick barg. Mancherlei Mittel waren von Stephenson schon versucht worden, um durch stärkere Anfachung des Feuers hier Besserung zu schaffen. Aber er mußte erkennen, daß nur durch eine Vergrößerung der Heizfläche ein wirklicher Erfolg erreicht werden konnte.

Es ist nun sehr merkwürdig, daß der Hauptgedanke, der Stephensons Lokomotive zum endlichen Sieg führte und dem Lokomotivkessel die bis zum heutigen Tag auf der Erde übliche Form gab, dem Gehirn eines Nichtfachmanns entsprang. Der Geschäftsführer der Bahn Manchester—Liverpool, Henry Booth, mit dem Stephenson schon früher manches Jahr zusammengearbeitet hatte, war es, der ihm empfahl, von der hinteren Kesselwand zur vorderen eine große

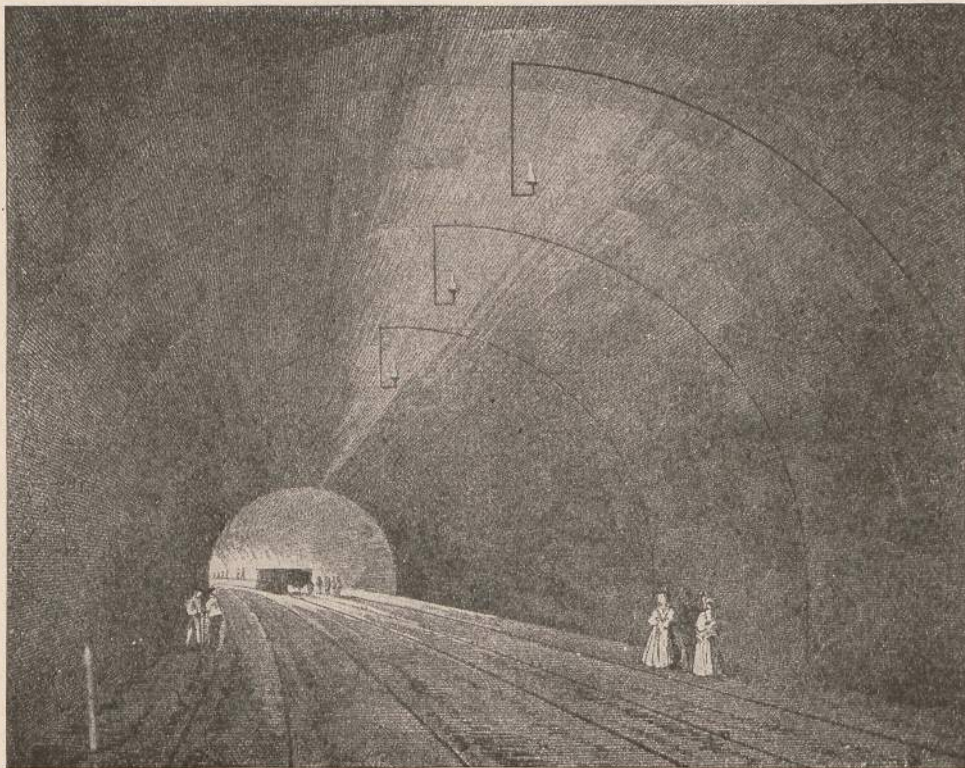
Anzahl dünner Röhren zu führen, durch welche die heißen Gase bei ihrem Weg von der Feuerung zum Schornstein hindurchstreichen mußten. Die Fläche, auf der die Heizgase mit dem Wasser in Berührung kamen, mußte hierdurch außerordentlich vergrößert werden.

Unabhängig von Booth erfand Séguin in Frankreich gleichzeitig dieselbe Bauform.

Stephenson erkannte klar die Vorzüge des Boothschen Gedankens und nahm ihn für den Bau seiner Preislokomotive auf. Die Tatsache, daß er hier dem Vorschlag eines anderen folgte, mindert Stephensons Verdienst in keiner Weise. Denn nur er vermochte durch die großartigen Einrichtungen seiner Fabrik und die Erfahrungen, die er im Lokomotivbau hatte, den Gedanken zur Ausführung zu bringen. Hätte Booth seinen Vorschlag einem weniger tüchtigen Mann gemacht, so würde sich wieder einmal das Schauspiel begeben haben, daß der Weise dem Stein der Weisen gemangelt hätte.

Ganz aus eigener Erwägung fügte Stephenson der Lokomotive noch manche Neuerung an. Neben der Schrägstellung der Zylinder war die wichtigste Maßnahme die Anbringung eines Blasrohrs im Schornstein der Maschine.

Dieser Bauteil, der heute noch größte Wichtigkeit besitzt, ist eigentlich eine Erfindung Trevithicks, der sie zuerst bei einem seiner Dampfwagen für Landstraßen anwendete, ohne daß es sicher ist, ob er die Wirkung klar erkannt hat. Der Dampf, der, nachdem er gearbeitet hat, den Zylindern entströmt, hat noch eine bedeutende Spannung und deshalb eine hohe Geschwindigkeit. Wenn man ihn nicht unmittelbar ins Freie treten läßt, sondern durch ein Rohr führt, das senkrecht in der Mittellinie des Schornsteins steht, dann reißt der Auspuff eine Luftsäule im Schlot mit sich. Dadurch entsteht ein Unterdruck, und die äußere Luft muß nachströmen. Sie findet keinen anderen Zugang als



268. Der erste Eisenbahntunnel  
Unterirdische Einfahrt in Liverpool



nur durch den Kof und die Feuerung hindurch, die sie lebhaft anfacht. Durch das Blasrohr kann die Lokomotivfeuerung mittels Frischdampfs auch dann Zug bekommen, wenn die Maschine stillsteht und demzufolge kein Wind durch den Aschkasten eintritt. Je kräftiger die Maschine arbeitet, desto lebhafter wird das Feuer angefaßt. So entsteht eine immer der Leistung angepasste Anfachung des Kesselfeuers.

Als Stephensons Lokomotive ihre erste Probefahrt machte, war der Erbauer selbst aufs höchste über ihre Leistungsfähigkeit erstaunt, die alles bis dahin Vorhandene weit in den Schatten stellte. Die Maschine erhielt wegen der großen Geschwindigkeit, die sie zu entwickeln vermochte, den Namen „Rakete“.

Der für den Austrag des Wettbewerbs festgesetzte Tag rückte indessen heran. Das Ergebnis wurde in ganz England mit höchster Spannung erwartet. Eine große Menschenmenge strömte herbei, um das eigenartige Schauspiel mit anzusehen. Als „Schlachtfeld“ war eine 35 Kilometer lange, völlig ebene Strecke auf der Bahnlinie Manchester—Liverpool in der Nähe von Rainhill ausersehen (Bild 253).

Folgende Lokomotiven wurden zum Wettbewerb angemeldet:

1. „The Novelty“ („Die Neuheit“) von Braithwaite und Ericsson;
2. „Le Sans Pareil“ („Die Unvergleichliche“) von Hackworth;
3. „The Perseverance“ („Die Ausdauer“) von Burstall;
4. „The Rocket“ („Die Rakete“) von Stephenson.

Noch eine fünfte Maschine wollte mitfahren: der „Zyklopenfuß“ von Brandreth. Sie wurde durch ein im Innern ihres Gehäuses aufgestelltes — Pferd fortbewegt. Da dies dem Sinn des Preisausschreibens nicht entsprach, das nur Dampflokomotiven in Betracht zog, so mußte sie abgewiesen werden. Bei der „Ausdauer“ zeigte es sich alsbald, daß sie die vorgeschriebene Geschwindigkeit nicht würde erreichen können, und sie trat daher gleichfalls von dem eigentlichen Wettbewerb zurück. An diesem nahmen also tatsächlich nur drei Maschinen teil.

Am 8. Oktober 1829 begann der Wettbewerb. Die „Rakete“ machte ihre Fahrten. Zwanzigmal durcheilte sie, wie es vorgeschrieben war, die Bahn, ohne daß sich irgend ein Fehler an der Maschine zeigte. Die höchste erreichte Geschwindigkeit betrug an diesem Tag 46 Kilometer in der Stunde, was bei den Zuschauern ein geradezu ungläubiges Staunen erregte.

Die „Neuheit“ hatte vor Beginn der Veranstaltung einen Unfall erlitten, und die Ausbesserungsarbeiten konnten nicht rechtzeitig beendet werden. Erst am 10. Oktober vermochte sie zu fahren. Doch gleich als sie das erstemal über die Bahn ging, brach ein Rohr an der Druckpumpe, so daß die Maschine fortgebracht werden mußte. „Die Unvergleichliche“ war gar erst am 13. Oktober bereit, aber auch an ihr barst alsbald ein Pumpenrohr.

Die „Rakete“ fuhr am folgenden Tag noch einmal ohne jede Schwierigkeit, und nun war man bereit, ihr den Preis zuzuerkennen. Doch die Besitzer der „Neuheit“ wollten noch einmal Gelegenheit haben, ihre Maschine zu zeigen. Kaum war diese jedoch auf der Bahn, als wiederum ein Bruch an einem wichtigen Teil eintrat. Dem Verlangen der „Unvergleichlichen“, gleichfalls noch einmal zugelassen zu werden, wurde nicht mehr Folge gegeben, da die Preisrichter nun genug mißlungene Fahrten gesehen hatten. Es

war völlig klar geworden, daß Stephensons Mitbewerber keine Maschine von ausreichender Leistungsfähigkeit hatten schaffen können.

So erhielt die „Rakete“ den Preis von 500 Pfund Sterling. Freudig bewegt ließ Stephenson die Lokomotive nun nochmals vorfahren und allein, ohne angehängte Wagen, die Bahn durchreiten. Jetzt wurde die von niemand erwartete und für die damalige Zeit ganz unerhörte Geschwindigkeit von 56 Kilometern in der Stunde erreicht. Damit war der Sieg der Lokomotive für immer entschieden. Niemand sprach mehr von Pferden, Seilbahnen und ähnlichen Dingen. Sie waren fortan überlebt. Die Aktien der Bahngesellschaft stiegen sofort lebhaft im Kurs.

Wie die „Rakete“ an den Tagen von Rainhill wirklich ausgesehen hat, wissen wir leider heute nicht mehr mit Sicherheit. Sie hat sehr lange auf der Manchester—Liverpool-Bahn Dienste getan und dann noch in einem Bergwerk Kohlen geschleppt. Während dieser Zeit ist sie oft umgebaut worden. Die heute im Kensington-Museum zu London stehende „Rakete“, die Bild 270 zeigt, dürfte nur noch wenige Bauteile der ursprünglichen Maschine enthalten.

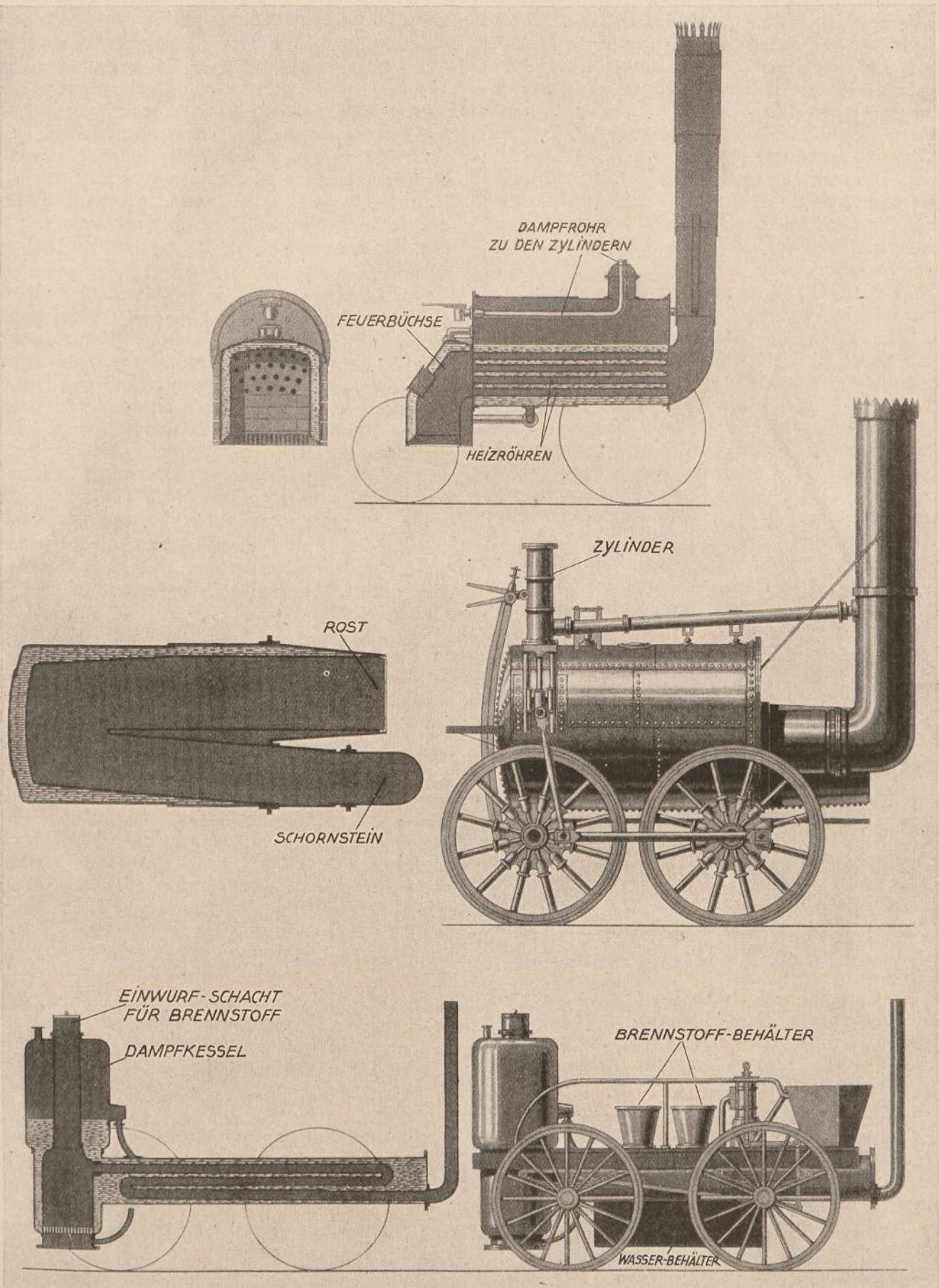
Die Eröffnung der Bahnstrecke Manchester—Liverpool fand am 15. September 1830 statt. Dieser Tag bedeutet den Anbruch des Verkehrszeitalters. Die erste Eisenbahnlinie, die auch heutigen Anforderungen gegenüber einigermaßen bestehen könnte, begann ihren Betrieb. Auch das damalige England fühlte die Bedeutung dieses Ereignisses. Es wurde als eine Art vaterländischen Festes begangen.

Für die erste Fahrt, die von Liverpool aus stattfand, standen acht von Stephenson in Newcastle gebaute Lokomotiven zur Verfügung. Acht Züge wurden fertig gemacht, in denen sich etwa 600 Personen befanden. Viele bedeutende Persönlichkeiten hatten sich zur ersten Fahrt eingefunden. So der Nationalheld Herzog Wellington, der damals Ministerpräsident war, der Staatssekretär Robert Peel und der von den Bewohnern Liverpools in das Unterhaus gewählte Abgeordnete Huskisson, der von Beginn an ein lebhafter Verteidiger der Bahn im Unterhaus gewesen war. Zum tiefsten Schmerz aller sollte er das erste Opfer der Eisenbahn werden. Während der Eröffnungsfahrt wurde er auf dem Bahnhof Parkside von der „Rakete“ überfahren.

Der Erfolg der Bahnlinie überstieg rasch alle Erwartungen. Wenn auch der Güterverkehr nicht sofort mit voller Stärke einsetzte, so machte sich doch alsbald ein Sinken der Steinkohlenpreise in jener Gegend bemerkbar. Eine Hebung der gesamten Gewerbetätigkeit schloß sich daran. Der Gewinn, den die Bahn selbst abwarf, ging über die gehagten, nicht geringen Erwartungen schon bald um 20 000 Pfund Sterling jährlich hinaus.

Für Ländereien, die in der Nähe der Bahn lagen, wurden sogleich weit höhere Preise gezahlt als bisher, was ja einer später in allen Teilen der Erde bemerkbaren Einwirkung der Eisenbahnen entspricht. Die stolzen Lords, die sich so feindselig gegenüber dem neuen Verkehrsmittel verhalten und es mit allen Mitteln bekämpft hatten, bedauerten nun lebhaft, daß der Schienenweg fern ab von ihren Besitztümern lag. Lord Derby und Lord Sefton bemühten sich nicht viel später lebhaft darum, eine zweite Eisenbahnverbindung zwischen Manchester und Liverpool zustande zu bringen, aber nur unter der Bedingung, daß die Geleise diesmal durch ihre Güter geführt würden. Eisenbahnvermessungsbeamte sind fortan nirgend mehr mit Steinen beworfen worden.





269. Die Teilnehmer am Lokomotiv-Wettkampf zu Rainhill 1829

Oben: Stephensons „Rakete“; Querschnitt und Längsschnitt durch den Kessel mit zahlreichen Flammrohren. In der Mitte: Hackworths „Unvergleichliche“; wagerechter Schnitt durch den Kessel, der das einfach rückkehrende Flammrohr zeigt. Unten: Braithwaites und Ericssons „Neuheit“; Längsschnitt durch den zum Teil stehenden, zum Teil liegenden Kessel mit schlangenförmigem Flammrohr



Ganz besonders lebhaft aber war der Zustrom von Fahrgästen zu der Eisenbahn. Jedermann wunderte sich, wo denn plötzlich die zahllosen Fahrlustigen herkamen. Die Erklärung ist recht einfach: das großartige, bequeme Verkehrsmittel hatte den Verkehr hervorgerufen. Zwar gab es immer noch genug Menschen, die sich vor den rassenden und feuerspeienden Ungeheuern auf den Schienen fürchteten, doch ihre Zahl wurde rasch geringer.

Der außerordentliche Erfolg der „Makete“ genügte Stephenson noch nicht. Sein lebhaft strebender Geist dachte an kein Ausruhen. Kraftvoll und rastlos widmete er sich der weiteren Ausbildung der Lokomotive in seiner immer mehr aufblühenden Fabrik zu Newcastle. Jede Maschine, die das Werk verließ, trug eine neue Verbesserung, so daß der Lokomotivbetrieb immer sicherer und zuverlässiger wurde.

Dieses und der geldliche Erfolg der Manchester—Liverpool-Bahn bewirkten, daß sich nun in England allenthalben Aktiengesellschaften zur Errichtung und zum Betrieb von Eisenbahnlinien bildeten. Jede von ihnen suchte Stephenson als Mitarbeiter zu gewinnen. Es brach ein wahres Eisenbahnfieber in dem Inselreich aus. Jede größere Stadt wollte sich die Wohltaten des Schienenwegs zunutze machen. Manchester, das ja allen um einen wichtigen Schritt voraus war, wurde in nicht langer Zeit der Mittelpunkt eines ausgetretenen Schienennetzes.

Bald ging auch die Hauptstadt London daran, ihre erste Bahn zu bauen; sie lief nach Birmingham. Georg und Robert Stephenson wurden auch hierhin als leitende Ingenieure berufen.

Als die Herstellung neuer Strecken immer lebhafter betrieben wurde, gründete Stephenson in London eine Niederlassung, in der Rat erteilt und Pläne angefertigt wurden. Sehr viele große Eisenbahnbauten sind von hier aus entworfen und ausgeführt worden. Bis zum Jahre 1836 war in England die Bauerlaubnis für Eisenbahnen im Wert von 80 Millionen Pfund Sterling erteilt. 1856 waren 14 000 Kilometer in Betrieb.

Im Jahre 1835 berief König Leopold I. von Belgien den großen Eisenbahningenieur in sein Land, um ihn für die Erbauung von Bahnen in dem Königreich zu Rate zu ziehen. Zehn Jahre darauf reiste Stephenson nach Spanien, das ebenfalls mit dem Bau von Bahnen beginnen wollte. Von dorther kam er leidend zurück und hat sich nie wieder ganz erholt.

In den letzten Jahren seines Lebens zog sich der große Ingenieur daher von allen Geschäften zurück und lebte ruhig auf seinem Besitzum Laptonhouse. Neben der Leitung seiner Kohlengruben und Kalkbrennereien widmete er sich hier mit Leidenschaft dem Gartenbau.

Georg Stephenson starb, 67 Jahre alt, am 12. August 1848. Er wurde in der Dreifaltigkeitskirche zu Chesterfield beigesetzt. Das Donnern der Eisenbahnzüge durch viele Länder, dieses Tönen, das der Menschheit so viel Heil gebracht hat, war seine Grabmusik.

\*

Deutschland hatte in seiner Gestaltung nach den Freiheitskriegen keine Befähigung, eine so neue und großartige Einrichtung, wie Stephenson sie geschaffen hatte, rasch aufzunehmen und bei sich zu entwickeln. Eine Großindustrie gab es damals in deutschen Landen überhaupt noch nicht;

der Ackerbau war vorherrschend. Niemals hatte die Kleinstaaterei in üppigerer Blüte gestanden.

Zu dieser Mißgestalt des wirtschaftlichen Lebens gesellten sich die kümmerlichen politischen Zustände. Es war die Zeit des schärfsten Rückschritts in Deutschland. Der Geist Metternichs und der Heiligen Allianz erdrückte jede freiheitliche Regung. Die Regierungen waren ängstlich darum besorgt, das Selbstherrschertum gegen das immer dringendere Begehren des Volks nach Mitwirkung bei der Lenkung des Staats zu schützen, und sie wandten sich voller Scheu von jeder frischen Neuerung ab, weil der damals herrschende Geist nur in dumpfen Stuben zu gedeihen vermochte.

Der Eisenbahngedanke aber bedarf, um sich entwickeln zu können, eines weiten Wirkungsfelds, einer großen, geschlossenen Wirtschaftsgemeinschaft und zukunftsfreudiger Seelen. So ist es denn kein Wunder, daß die Anlage der ersten Schienenwege in Deutschland ohne rechten Plan erfolgte, und daß die einzelnen Glieder vorerst gar keinen Zusammenhang miteinander hatten. Völlig ließ sich trotz der redlichen Bemühungen aller rückschrittlich Gesinnten die große neue Erfindung nicht fernhalten. Denn auch in dem damaligen Deutschland lebten Männer, die im Innersten ihres Herzens fühlten, daß die Einführung des neuen Verkehrsmittels eine große, vaterländische Aufgabe war.

Zwei Gestalten insbesondere sind es, die aus der damaligen Zeit bis heute hinüberleuchten: Friedrich Harkort und Friedrich List. Sie sind die Begründer des deutschen Eisenbahnwesens.

Mit tiefer Achtung, ja ehrfurchtsvoll werden die Namen der beiden Männer heute bei uns ausgesprochen. Aber zu der Zeit, als sie gegen unerhörte Widerwärtigkeiten und rücksichtsloseste Angriffe wirkten, ward ihnen nur wenig Vertrauen entgegengebracht. Beider Lebensschicksale sind erschütternd. Der eine, Harkort, sah wohl, als er im hohen Alter starb, Deutschland schon von Eisenbahnlinien erfüllt, aber keine einzige der Strecken ist schließlich durch seine unmittelbare Einwirkung entstanden. List gar schied als ein Verkannter, Verdammter durch eigene Entschließung aus dem Leben. Der endlich hervorbrechende volle Strom des deutschen Eisenbahnverkehrs ging über die beiden Männer hinweg, deren Lebensarbeit es gewesen war, die hindernden Felsblöcke aus seinem Bett hinwegzuräumen.

Im Eröffnungsjahr der Stockton—Darlington-Bahn, im März 1825, erschien in der westfälischen Zeitung „Hermann“ ein Aufsatz, der zum erstenmal die deutsche Öffentlichkeit auf die Bedeutung der Eisenbahnen aufmerksam machte. Diese Darlegungen erregten großes Aufsehen, aber die Schwerfälligkeit des deutschen öffentlichen Lebens sorgte dafür, daß sie nicht sogleich greifbare Folgen nach sich zogen.

Der Mann, der hier als Vorkämpfer des neuen Verkehrsmittels auftrat, Friedrich Wilhelm Harkort, war am 22. Februar 1793 auf dem väterlichen Hof Harkorten in der Grafschaft Mark, unweit Hagen, geboren. Er entstammte einem alten Geschlecht, das schon viele Menschenalter hindurch auf eigenem Boden gesessen hatte und in ganz Westfalen großes Ansehen genoß.

Die Erfolge der Engländer auf dem Gebiet der Eisenindustrie, die ihnen insbesondere durch die Ausnutzung der neuen Wattschen Dampfmaschine möglich geworden waren, ließen seiner Latkraft keine Ruhe. Er war überzeugt, daß die Deutschen bei genügendem Eifer es den Engländern auf den verschiedensten Gebieten der Technik gleichtun könnten.

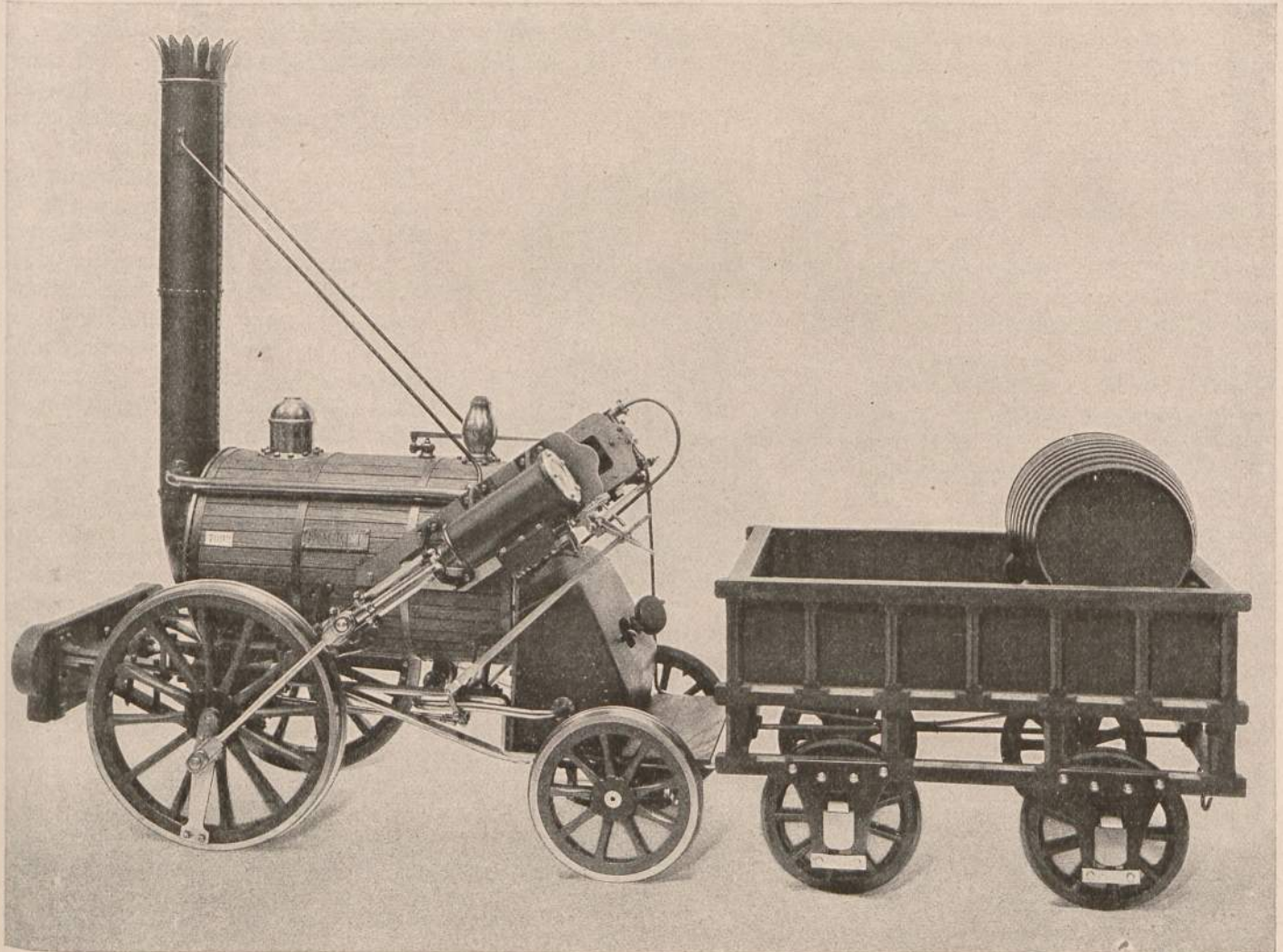


So gründete er auf der alten Burg Wetter an der Ruhr im Jahre 1818 eine Maschinenfabrik. Sie ist die Lehrstätte der deutschen Maschinenbauer geworden. Schon zwei Jahre später war die erste in Wetter gebaute Schacht-Fördermaschine in Tätigkeit.

Es ist ganz selbstverständlich, daß ein Mann solcher Art die in seiner Umgebung bestehenden Verkehrsübelstände scharf empfinden mußte. Harkort sah, wie die Holländer, die sich seit dem Wiener Kongreß im Besitz der Rheinmündungen befanden, den deutschen Überseehandel gewaltsam niederhielten, indem sie unmäßig hohe Ausgangszölle

zwischen Minden an der Weser und Lippstadt an der Lippe, einem Nebenfluß des Rheins, durch die ein Güteraustausch zwischen den beiden großen voneinander getrennten Flüssen möglich werden sollte.

Obgleich das Nützliche dieses Gedankens jedem einleuchten mußte, und obwohl, wie schon angedeutet, der Aufsatz Harkorts im „Hermann“ viel beachtet wurde, fand er doch keinen Widerklang in den Kreisen, die dem Werk wirklich hätten förderlich sein können. Indessen mehrte sich der Unwille gegen die Willkürherrschaft der Holländer an den Rheinmündungen. Immer weitere Kreise erkannten die Wich-



270. Georg Stephenson's Preislokomotive „Rakete“

die in dem Wettkampf zu Rainhill, 1829, den Sieg davontrug. Nach einem Modell im Deutschen Museum zu München

erhoben. In seinem Aufsatz im „Hermann“ betonte er darum, daß eine Verbindung der Rheinnebenflüsse mit der Ems oder der Weser durch eine Eisenbahn die Möglichkeit schaffen würde, beim Ausgang der Handelsschiffe ins Meer Holland ganz zu vermeiden und Bremen oder Emden an die Stelle von Rotterdam zu setzen.

Bei dem schlechten Zustand der damaligen Landstraßen waren ja die Flüsse die einzigen verhältnismäßig bequemen Verkehrswege, die zur Verfügung standen. Vorläufig konnte noch nicht weiter gedacht werden, als die Eisenbahn nur zur Überbrückung solcher Gebiete zu benutzen, die nicht von einem schiffbaren Wasserlauf durchzogen wurden. Harkort erhoffte insbesondere viel von der Errichtung einer Eisenbahn

tigkeit einer Eisenbahnverbindung zwischen Weser und Lippe, das heißt mit dem Rhein. Man lenkte die Aufmerksamkeit des weitblickenden preussischen Finanzministers von Moß darauf, und dieser griff den Gedanken mit Lebhaftigkeit auf. Im Jahre 1828 schrieb er in dem Hauptverwaltungsbericht, den er dem König erstattete:

„Noch wichtiger (nämlich als der Ausbau der großen schlesischen Landstraßen) ist es — womöglich mit einer Eisenbahn von Minden bis Lippstadt und damit zugleich einer Verbindung auf der schiffbaren Lippe mit dem Rhein — eine ganz neue gewisse Richtung für den Verkehr von Bremen nach dem westlichen und südlichen Deutschland innerhalb der eigenen Grenze Ew. Kgl. Majestät Staaten hervorzurufen.“



Mit den letzten Worten deutete Moß darauf hin, daß die Eisenbahn nicht nur die Umgehung Hollands bringen, sondern auch einen ganz in Preußen verlaufenden Verkehrsweg von der See nach Süddeutschland erschließen würde, auf dem man Hannover und Kurhessen, also das „Ausland“, vermeiden könnte, was bei Benutzung der Flußläufe nicht möglich war.

Trotzdem geschah auch jetzt vom Staat nichts zur Förderung der Angelegenheit. Da der allgewaltige Finanzminister sich für die Förderung des Eisenbahngedankens ausgesprochen hatte, so standen diesem nun allerdings die Beamten in Westfalen nicht mehr so feindlich gegenüber wie vorher. Auch die Holländer bekamen einen heilsamen Schreck und ermäßigten ihre Zölle. So hat hier die Eisenbahn schon allein in gedanklicher Form lebhaft verkehrsfördernd gewirkt.

Zimmerhin wurden in den nächsten Jahren bereits ein paar kleine Schienenwege für Pferdebetrieb in Westfalen gebaut, von denen der wichtigste die Prinz Wilhelm-Eisenbahn von Steele nach Bohwinkel war. Zu ihrer Errichtung war auf Harkorts Veranlassung ein Aktienverein gebildet worden, die erste Eisenbahngesellschaft in Deutschland.

Die Kunde von dem Lokomotivwettkampf zu Rainhill erregte bald darauf alle fortschrittlichen Geister in Deutschland. Immer klarer traten der Nutzen und die große Bedeutung der Eisenbahnen hervor. Harkort bewirkte, daß der westfälische Provinziallandtag die Ausführung der Bahnstrecke Minden—Lippstadt zur Versorgung des Wuppertals mit Ruhrkohle beschloß, und zwar als eine Anlage, die von den Provinziallandständen mit staatlicher Beihilfe gebaut werden sollte. Es ist bemerkenswert, daß in diesem Beschluß ausgedrückt wurde, die Bahn solle „einer Chaussee gleichen, welche ein jeder unter Wahrnehmung allgemeiner Polizeivorschriften gegen Erlegung des Begegeldes befahren könne“. Man war also auch hier der Meinung, daß auf einer Bahnstrecke mehrere Unternehmer den Betrieb führen könnten. Das erwies sich aber infolge der Enge des Schienenwegs bald als ganz unmöglich.

Eine Eingabe des westfälischen Landtags, in der die Bauerlaubnis nachgesucht wurde, blieb jedoch lange unbeantwortet. Dann erging im Juli 1832 der Bescheid, daß die Regierung „einer zu gründenden Aktiengesellschaft möglichstes Entgegenkommen bezeigen wolle, daß sie sich auch zur Übernahme von Aktien verstehen werde, aber weiter zu gehen, sei nicht angemessen, weil das jetzige Kommunikationsbedürfnis durch die Chaussee gesichert sei und die künftige kommerzielle Wichtigkeit der Anlage auf unsicheren Voraussetzungen beruhe“. Da die Regierung hiermit ausgedrückt hatte, daß sie Eisenbahnen für überflüssig und nicht entwicklungsfähig halte, so wurde trotz der in dem Bescheid gewährten Zugeständnisse die Entwicklung durch diese Antwort weiter verzögert.

Noch einmal machte Friedrich Harkort einen Vorstoß, indem er in einer im Jahre 1833 veröffentlichten Schrift „Die Eisenbahn von Minden nach Köln“ die militärische Bedeutung einer solchen Strecke für einen Krieg im Westen ausführlich hervorhob und in den Einzelheiten nachwies.

Der westfälische Provinziallandtag entschloß sich von neuem zu einem Genehmigungsgesuch bei der Regierung. Aber im rheinischen Landtag und auch im preußischen Ministerium dachte man anders darüber. Dieses erklärte, die gewünschte Zinsicherung für die Bahn nicht gewähren zu können, da es die Gelder vorschriftsmäßig nur „zum allgemeinen Besten“ verwenden dürfe, hier aber — bei einer so bedeutenden Eisenbahnstrecke! — kein öffentliches, sondern nur ein örtliches Interesse vorliege.

Damit enden die Bemühungen, Westfalen zum Ursprungsbezirk des deutschen Eisenbahnnetzes zu machen. Harkort hörte, durch eigene Sorgen, durch die Tätigkeit für seine Maschinenfabrik und anderes in Anspruch genommen, fortan auf, weiter für seinen Lieblingsgedanken zu kämpfen.

Vor dem ersten „Anreger“ Harkort hat es in Deutschland bereits noch einen allerersten gegeben. Es war dies der bayerische Oberbergat Ritter Joseph von Baader, der schon im Jahre 1814 darauf hingewiesen hatte, daß die benachbarte Lage der Städte Nürnberg und Fürth sowie der rege Personenverkehr zwischen den beiden Orten die Anlage eines Schienengleises als notwendig erscheinen lasse. Obgleich nun Baader, im Gegensatz zu Harkort, nicht in einen Kampf für seinen Gedanken eintrat, sollte er doch dessen Verwirklichung sehen. An der Stelle, auf die Baader aufmerksam gemacht hatte, wurde die erste Lokomotiv-Eisenbahnstrecke in Deutschland eröffnet. Allerdings war die Linie nicht sehr bedeutend, denn sie hatte nur eine Länge von sechs Kilometern.

Der unmittelbare Urheber des Eisenbahnbaus war der Nürnberger Johannes Scharrer, der neunzehn Jahre nach dem Vorschlag Baaders mit großer Tat-

kraft daranging, eine Schienenverbindung zwischen den Nachbarorten zu schaffen. Vom 20. Januar 1833 ab wurde, um die nötigen Anhaltspunkte zu schaffen, vierzig Tage lang eine Zählung der Fußgänger, Wagen und Reiter veranstaltet, die sich auf der Landstraße zwischen Nürnberg und Fürth bewegten. Es stellte sich heraus, daß durchschnittlich 1720 Personen täglich den Weg zwischen den beiden Städten zurücklegten. Das schien genügend, um ein Bahnunternehmen mit der Hoffnung auf guten Erfolg zu begründen. An eine Güterbeförderung wurde überhaupt nicht gedacht, und sie ist auch erst in späterer Zeit aufgenommen worden.

Am 14. Mai 1833 erschien die Aufforderung zur Zeichnung des Aktienkapitals von 132 000 Florin = 224 000 Mark. Es wurde in Aussicht gestellt, daß jeder Aktienbesitzer zwölf vom Hundert an Zinsen erhalten sollte. Trotzdem nahm man die Aufforderung keineswegs mit Begeisterung auf. Es dauerte ein paar Monate, bis die erforderliche Summe beisammen war. Die bayerische Staatsregierung stellte sich dem Unternehmen zwar nicht entgegen, aber sie tat auch herzlich wenig zu seiner Förderung. Der Staat übernahm nur zwei Aktien zu je 100 Florin; es kostete die leitenden Männer sogar noch einige Mühe, diese kleine Summe wirklich aus der Staatskasse zu erhalten.

Am 18. November 1833 wurde die Gesellschaft der nach dem bayerischen König benannten Ludwigs-Eisenbahn



271. Friedrich Harkort  
Aus dem Archiv der „Demag“,  
Duisburg

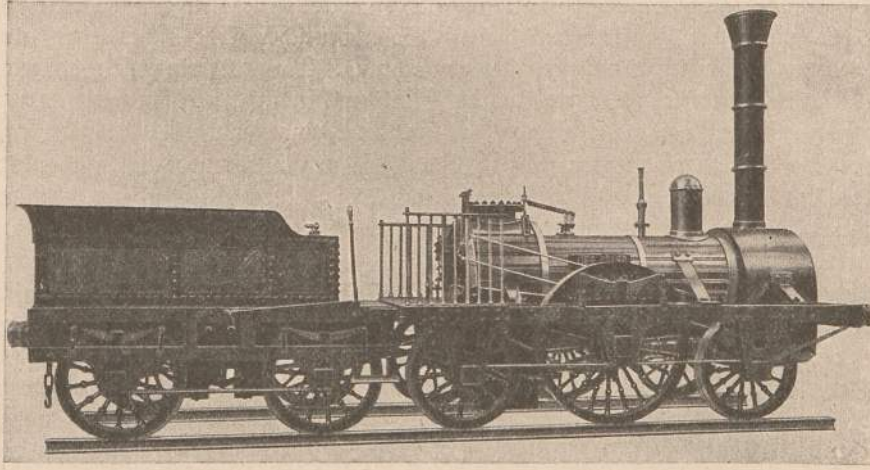


im Rathausaal zu Nürnberg gegründet. 207 Aktien-Besitzer waren zugegen. Man nahm sogleich in Aussicht, einen oder zwei „Dampfwagen“ zu bestellen, aber in der Hauptsache sollte der Betrieb durch Pferde vollzogen werden.

„Nebst der Kostenersparnis“, so hieß es in dem erstatteten Bericht, „würde hieraus noch der Vorteil hervorgehen, daß die Fahrt auch zur Nachtzeit im Winter stattfinden könnte (warum?), und daß auch diejenigen Personen für die Bahn gewonnen werden, welche aus Besorgnis oder Furcht bei der Dampffahrt zurückblieben, jedenfalls würde dadurch unsere Unternehmung an Sicherheit und an Rente bedeutend gewinnen.“

Nachdem alle Vorbedingungen glücklich erfüllt waren, hieß es nun, den Baumeister für die Strecke zu bestellen. Man wandte sich an Herrn von Baader, aber dieser hatte vierlei Bedenken und erklärte endlich, „er getraue sich's nicht“. Zu jener Zeit wurde Scharrer durch Zufall mit dem bayerischen Bezirksingenieur Paul Denis bekannt. Dieser hatte auf seinen Reisen in England und Amerika den Eisenbahnbau gründlich kennen gelernt und erklärte sich sofort bereit, die Ausführung zu übernehmen.

Mit der Wahl dieses ersten Eisenbahningenieurs in Deutschland tat die Verwaltung der Ludwigs-Eisenbahn einen vorzüglichen Griff. Nach kurzer Zeit hatte Denis bereits alle Pläne aufgestellt, und nach einer Bauzeit



272. „Der Adler“, Lokomotive der ersten deutschen Eisenbahn erbaut in Stephensons Lokomotiv-Fabrik zu Newcastle. Deutsches Museum in München

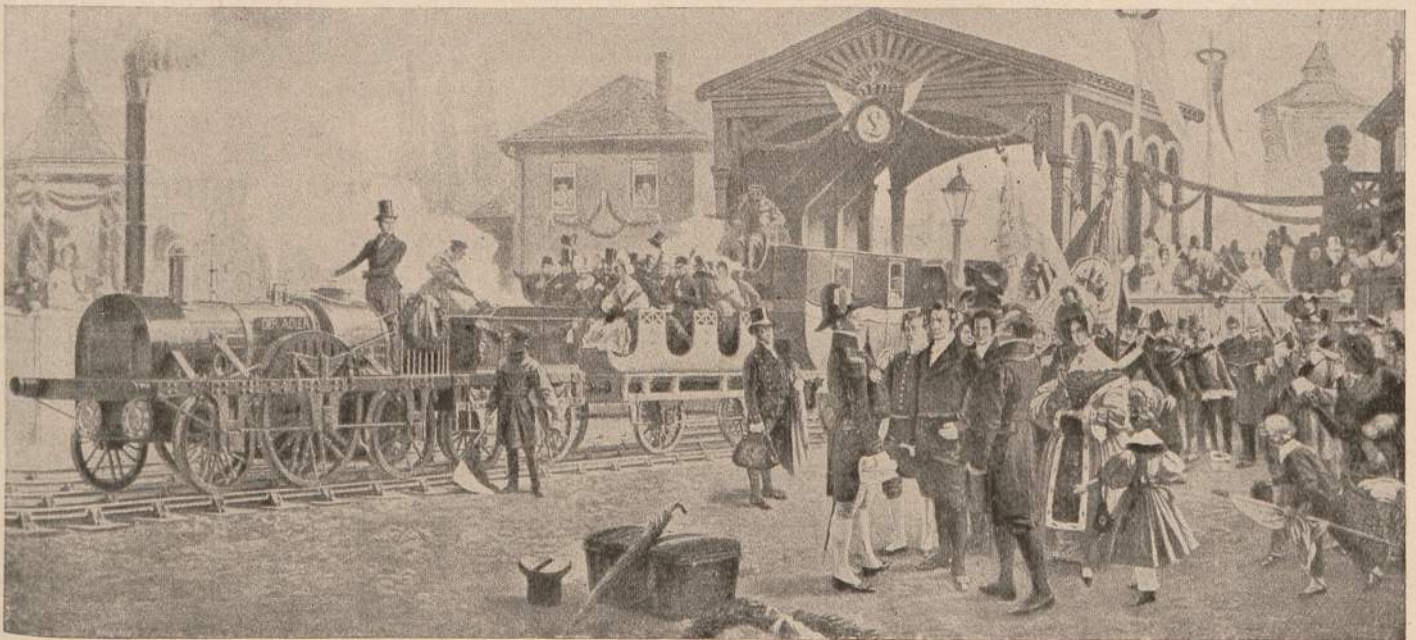
von nur neun Monaten lag die Bahn fertig da.

Sämtliche Teile des Oberbaus stammten aus deutschen Fabriken. Aber das war nur deshalb der Fall, weil die bayerische Regierung durchaus nicht den Eingangs-Zoll für englische Schienen erlassen wollte, wie es die Bahngesellschaft gewünscht hatte. Man hätte gar zu gern die Schienen-Bestellung

nach England vergeben, da man zu den deutschen Fabriken gar kein Vertrauen hatte. Trotzdem gelang es der Firma Remy & Co. in Kassel bei Newied, die Schienen zur vollsten Zufriedenheit herzustellen.

Daß die Lokomotive aus Newcastle bezogen werden mußte, war selbstverständlich. Sie leistete etwa 15 Pferdestärken und kostete 24 000 Mark. Man taufte sie auf den stolzen Namen „Der Adler“. Zur Bedienung der Maschine war ein Mechaniker aus England mit herübergekommen, der bald sehr berühmt gewordene erste Lokomotivführer in Deutschland, Wilson. Auf allen Bildern, welche die Nürnberg-Fürther Bahn in ihrer Anfangszeit darstellen, sieht man ihn mit der steifen Haltung des Stockengländers auf der Lokomotive stehen. Er bezog 2250 Mark Jahresgehalt, während der Leiter der Bahngesellschaft selbst nur ein Einkommen von 1360 Mark hatte.

Bevor die Ludwigs-Eisenbahn eröffnet wurde, hatte der Vorstand der Gesellschaft noch Gelegenheit, der Einweihung der Strecke Brüssel—Mecheln beizuwohnen, wofür eine Ein-



273. Eröffnung der ersten deutschen Eisenbahnstrecke, Nürnberg—Fürth, am 7. Dezember 1835

Bürgermeister Binder bringt das Hoch aus, Direktor Scharrer spricht mit dem Regierungsvertreter, Regierungspräsidenten von Stiehauer (in Uniform). Hinter ihnen der Erbauer der Strecke, Denis. Auf der Lokomotive der englische Führer Wilson. Nach einem Wandgemälde von Professor Heinrich Heim im Treppenhaus des Deutschen Museums zu München



ladung der belgischen Regierung nach Nürnberg gelangt war. Am 5. Mai 1835 begannen die Fahrten auf dieser Strecke, welche die erste Lokomotivbahn auf dem europäischen Festland war. Am 7. Dezember desselben Jahres wurde dann die Linie Nürnberg—Fürth eröffnet.

Die Betriebsmittel waren zu Beginn eine Lokomotive und elf Pferde. Es herrschte auch durchaus der Pferdebetrieb vor; im ersten Jahr kamen auf je drei Lokomotivfahrten immer acht Pferdefahrten.

Das Unternehmen entwickelte sich sehr günstig. In der Generalversammlung von 1836, also nach einjährigem Betrieb, konnte Scharrer die erfreuliche Mitteilung machen, daß von der Bahn 450 000 Personen befördert worden und 102 000 Mark eingenommen worden waren. Mit besonderer Freude betonte Scharrer, daß sich kein einziger Unfall ereignet hätte. Auch das Gleis liege ausgezeichnet, und es sei fast noch keine Schienenauswechslung notwendig gewesen. Stephensons Dampfwagen aber sei ein Meisterstück; er habe während des ganzen Jahres mit Ausnahme eines einzigen Tags ununterbrochen im Betrieb gestanden.

Die Ludwigs-Eisenbahn-Gesellschaft besteht noch jetzt selbständig fort, und sie betreibt nach wie vor nichts weiter als die sechs Kilometer lange Strecke zwischen Nürnberg und Fürth. Die große Schnellzugstrecke München—Nürnberg—Berlin, die auch Fürth berührt, hat sich einen neuen besonderen Schienenweg geschaffen. Die Bedeutung, die erste Lokomotivbahn in Deutschland gewesen zu sein, bleibt der kleinen Strecke trotzdem erhalten.

Nun war die Zeit gekommen, da der deutsche Eisenbahnfrühling in die fruchtbringende Zeit übergehen konnte. Doch der freundlichere Sonnenglanz, der fortan auf die schienenreifen Gefilde unseres Landes herniederstrahlte, ward verdüstert durch den Schatten eines Menschenschicksals, dessen Träger zu leuchtenden Laten berufen war, aber im Dunkeln enden sollte.

Deutschland hatte das Glück, daß der erste Denker auf der Erde, welcher ein wahres und tiefes Verständnis für die umfassende Wirkung und weitestgreifende Bedeutung der Eisenbahn hatte, auf seinem Boden geboren wurde und wirkte. Während in allen anderen Ländern, selbst in England, immer noch planlos Linien nur örtlicher Bedeutung ins Leben gerufen wurden, hat jener Mann als erster ein Eisenbahnnetz als Ganzes deutlich vor seinem geistigen Auge gesehen.

Den Schöpfer der ersten deutschen Eisenbahnlinie von wirklicher verkehrspolitischer Bedeutung, den Gründer des Handelsvereins, aus dem dann der Deutsche Zollverein, der Vorläufer des Reichs, entstand, den großen Volkswirtschaftler Friedrich List nennen wir heute einen Vorläufer

Bismarcks. Die Zeitgenossen aber hatten für diesen großen Sohn deutscher Erde nichts übrig als Kränkungen und Verachtung. Man verfolgte ihn ob seines vorwärtsdrängenden Wirkens, man trieb ihn aus dem Vaterland und endlich in die Verzeiſlung.

Friedrich List wurde im Jahre 1789 in Neutlingen als der Sohn eines Weißgerbers geboren. Durch seinen freiheitlichen Sinn wurde er in schwere Kämpfe mit den rückschritt-

lichen süddeutschen Regierungen verstrickt und schließlich zu einer Festungsstrafe von zehn Monaten verurteilt. Um diese nicht abbüßen zu müssen, ging er nach Amerika, wo er an einer kleinen selbst gebauten Linie Gelegenheit hatte, den Nutzen der Eisenbahn für die Aufschließung eines Landstücks und für die Industrie zu erkennen.

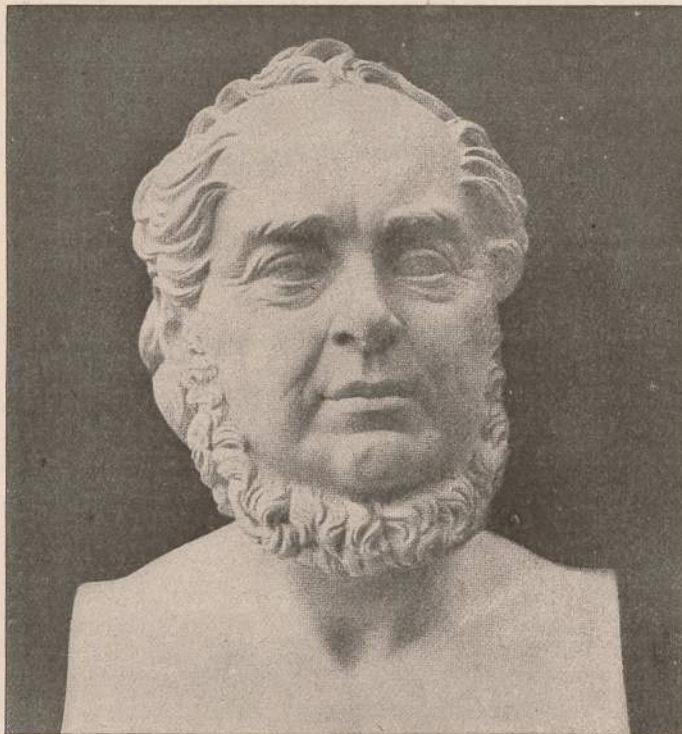
List sah darin ein Beispiel für sein geliebtes Deutschland, und es hielt ihn, obgleich er zum erstenmal in seinem Leben in gutem Wohlstand und höchst angenehm lebte, nicht mehr in Amerika. „Mir geht's“, so sagte er, „mit meinem Vaterland wie den Müttern mit ihren krüppelhaften Kindern: sie lieben sie um so stärker, je krüppelhafter sie sind. Im Hintergrund all meiner Pläne liegt Deutschland, die Rückkehr nach Deutschland; es ist wahr, ich

werde mich dort ärgern über die Kleinstädtereie und Kleinstaaterei.“ List begann einen Briefwechsel mit Joseph von Baader, den wir bereits als einen alten Anhänger des Eisenbahngedankens kennen. In einem der Briefe weist er zunächst auf die Segnungen hin, welche die in jener Zeit einzig vorhandene große Verkehrseinrichtung, die Schifffahrt, der Menschheit gebracht hat:

„New York brennt die Steinkohlen von Newcastle; die ältesten Häuser von Albany sind mit holländischen Backsteinen erbaut; der Philadelphier läßt sich zuweilen die im niedersächsischen Sande gewachsenen Kartoffeln wohlschmecken; in Savannah erheben sich Gebäude und Denkmäler von Steinen, die an der nördlichen Grenze von Neu-England gebrochen worden sind; der Müller in Pennsylvanien mahlt mit Steinen, die über 3000 Meilen weit herkommen; in England ist man Apfel aus der Jersey, und während ich dieses schreibe, lösche ich den Durst mit italienischen Limonen, die mich wahrscheinlich nicht so hoch kommen als Sie die Zhrigen, obschon Sie dem Platz, wo sie gewachsen, ungefähr 3000 Meilen näher sind als ich. Auch trinke ich wohlfeileren Bordeaux als Sie.

„Nun bedenke man, wie unermesslich die Produktionskräfte von ganz Deutschland gesteigert würden, wenn eine der Seefracht an Wohlfeilheit und Schnelligkeit gleichkommende Landfracht stattfände.

„Alle mittel- und norddeutschen Länder würden sich an einen regelmäßigen Genuß der ordinären Rhein- und Franken-



274. Friedrich List



weine gewöhnen; es würde mehr Wein in der Traube dahin geführt als jetzt im Faß oder in der Bouteille. Essen wir doch hier Trauben aus Spanien und Portugal zu billigen Preisen. Regensburger Bier käme in Hamburg nicht teurer zu stehen als gegenwärtig in Nürnberg... Hamburg und Bremen würden bayerisches Brot essen, die Feinschmecker in München frische Austern und Seekrebse. Wie würden nur allein die Fischereien jener Seeplätze sich heben, wenn aller Tran, alle gesalzenen und getrockneten Fische, die jetzt von Holland den Rhein heraufkommen, von dort bezogen würden.

„Vermittels Eisenbahnen könnte die lothringische und rheinpreußische Steinkohle und das Holz aus den Gebirgen so wohlfeil ins Rheintal geschafft werden, daß man nicht mehr nötig hätte, einen bedeutenden Teil des besten Bodens zur Holzpflanzung zu verwenden. Der Harz, das Fichtelgebirge, das Erz- und Riesengebirge würden ihre Erzeugnisse nach allen Gegenden aufs wohlfeilste versenden und die Getränke und Getreidefrüchte der fruchtbaren Gegenden entgegennehmen.“

Bald sollte sich für List eine ausgezeichnete Gelegenheit ergeben, nach Europa zurückzukehren. Der Präsident der Vereinigten Staaten, Jackson, ernannte ihn zum amerikanischen Konsul in Hamburg.

Ein Jahr lang lebte List nun in der Hafenstadt und begann schon dort seine Werbetätigkeit für die Errichtung von Eisenbahnlinsen in Deutschland. Aber man belächelte seinen Eifer und gab ihm kein Gehör. Darum schaute er sich nach jener Stelle innerhalb der deutschen Grenze um, die wohl am ehesten und besten zu einer Ausnutzung des neuen Verkehrsmittels, zur Klarstellung seiner Vorzüge geeignet wäre.

Er erkannte Leipzig als den geeignetsten Ausgangspunkt für ein großes Eisenbahnnetz. „Was leichter Transport vermag, und was schwerer und teurer nicht vermag, darüber können wir“, so schrieb er, „die Sandsteine von Pirna zu Zeugen aufrufen, die zu Wasser bis Berlin, Hamburg und Altona, ja, in noch größerer Menge nach Kopenhagen gegangen sind und noch gehen, während es ihnen nie möglich war, landwärts nur bis Leipzig vorzudringen.“

Doch er begegnete auch bei den sonst so geschäftsklugen Leipzigern nur kalter Zurückhaltung und Ablehnung. Da aber veröffentlichte er ein hochbedeutendes Werk, das in der Geschichte der Eisenbahn niemals vergessen werden wird. Es hieß: „Über ein sächsisches Eisenbahnsystem als Grundlage eines allgemeinen deutschen Eisenbahnsystems“.

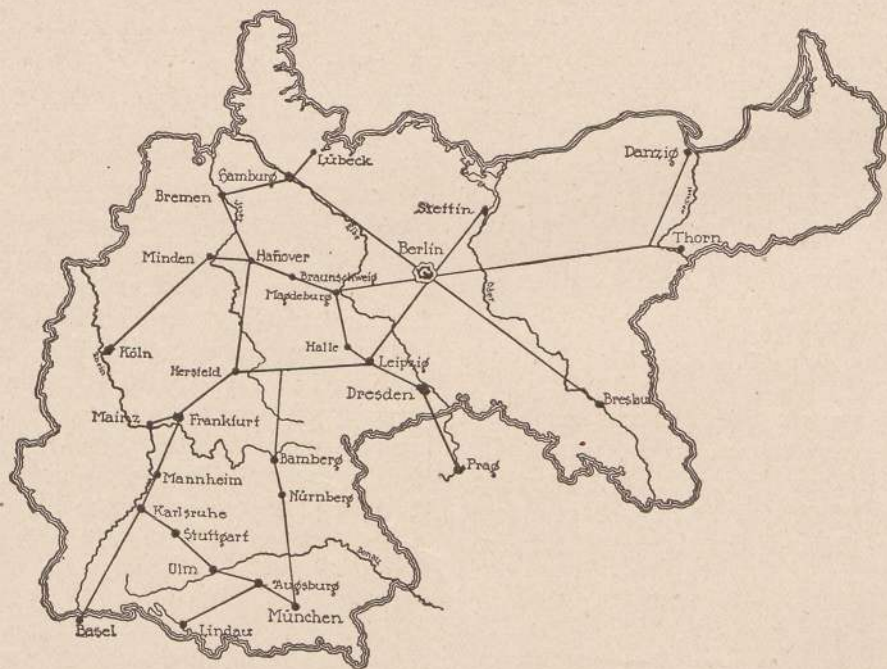
List widerlegte darin zunächst die weitverbreitete Meinung, daß Eisenbahnen wohl in England und Amerika möglich und nützlich seien, aber nicht in Deutschland. Daß hier bisher noch keine irgendwie bedeutende Strecke gebaut worden sei, habe seinen Grund nicht darin, daß die Verhältnisse dazu nicht geeignet und das nötige Geld nicht vorhanden sei, es wäre vielmehr allein der mangelnde Unternehmungsgeist, der im Gegensatz zu drüben von dem großen Werk abhielte. In Sachsen könne man sogar unter weit günstigeren Umständen Eisenbahnen bauen, da hier die Löhne niedriger seien und die weiten Ebenen von der Notwendigkeit entbänden, große Bodenschwierigkeiten zu überwinden. Es sei auch keinesfalls zu befürchten, daß durch das neue Verkehrsmittel einzelne Gewerbe und Personen bleibenden Schaden erleiden würden.

Besonders empfohlen wurde in der Schrift der Bau einer Eisenbahnlinie von Leipzig nach Dresden.

Es mutet uns heute seltsam an, war aber damals eine dringende Notwendigkeit, daß List in seiner Schrift darauf hinwies, die Eisenbahnen würden nicht nur den Verkehr erleichtern, sondern ihn auch heben. Zugleich müßten sie den Wert des Eigentums steigern und das Wohlbefinden aller Klassen verbessern. Es wurde von ihm schon darauf hingedeutet, daß der Staat wohl am ehesten dazu berufen wäre, Eisenbahnen zu bauen. Große, ertragreiche Strecken könnten zwar von nichtöffentlichen Gesellschaften ausgeführt werden, aber solche, die an sich keinen Verdienst abzuwerfen vermöchten, volkswirtschaftlich aber dennoch von großer Wichtigkeit wären, sollten auf Staatskosten angelegt werden.

Die spätere Entwicklung ist tatsächlich diesen Weg gegangen.

Wenn List auch vorsichtigerweise vorläufig nur für die Erbauung der Linie Leipzig — Dresden eintrat, so hatte er doch ein großes deutsches Eisenbahnnetz stets vor Augen. Der Schrift war eine Karte beigelegt, welche die beste Führung der großen Eisenbahnlinsen über ganz Deutschland andeutete. Nichts spricht deutlicher für die Fähigkeit dieses großen Geistes, künftige Entwicklungen vorzusehen, als



275. Friedrich Lists Entwurf für ein deutsches Eisenbahnnetz  
Gezeichnet 1833. Sämtliche Linien sind heute tatsächlich gebaut

die Tatsache, daß schon nach fünfzehn Jahren die sämtlichen von List vorgezeichneten Eisenbahnlinsen ohne seine unmittelbare Einwirkung, nur durch das tatsächliche Bedürfnis hervorgerufen, wirklich vorhanden waren.

Ein Entwurf für die Errichtung einer Aktiengesellschaft zur Erbauung der Eisenbahn Leipzig—Dresden war in der Schrift enthalten. Ganz neu für Deutschland war ein darin ausgesprochener Gedanke, für den List bereits in Frankreich



eingetreten war: daß nämlich den Bahngesellschaften das Enteignungsrecht verliehen werden müsse, ohne dessen Besitz sie zur Überwindung größter Schwierigkeiten und oft zu schädlichen Umwegen gezwungen würden.

Die Wirkung war außerordentlich. Mit der Veröffentlichung dieser Schrift List's beginnt das Verständnis für den Eisenbahngedanken sich in Deutschland zu verbreiten.

Am Tag der Ausschreibung wurde das gesamte Aktienkapital von 1½ Millionen Mark sofort voll gezeichnet. Obgleich es keinem Zweifel unterliegen konnte, daß List's Raten und Taten die ausschließliche Ursache dieses glänzenden Erfolgs war, begann man doch von jetzt ab, ihn planmäßig beiseite zu schieben, und das Ende seiner aufopfernden und fast beispiellos erfolgreichen Tätigkeit für das Zustandekommen der ersten großen Eisenbahnlinie in Deutschland war, daß er endlich vollkommen verdrängt wurde, daß man einen anderen Streckenzug wählte, als er vorgeschlagen hatte, und daß bei der Eröffnung der Bahn niemand mehr an ihn dachte.

List stand trotzdem nicht davon ab, weiter für den Ausbau von Eisenbahnen in Deutschland zu wirken, weil er sie eben als notwendig für sein Vaterland erachtete. Er ging zunächst nach Berlin, um vom König von Preußen die Genehmigung für eine Bahn von dort nach Magdeburg und nach Leipzig zu erlangen. Es kam zu keinem Ergebnis. Darauf beschäftigte ihn die Anlage einer großen Eisenbahnstrecke von Frankfurt nach Basel, wobei er jedoch auch nichts zu erreichen vermochte, da die beteiligten Staaten die Linie selbst anzulegen gedachten.

Auch in Bayern, wo man jetzt recht lebhaft an den weiteren Ausbau der Eisenbahnen ging, bot List seine Dienste an, überall stellte er seine großen Erfahrungen auf diesem Gebiet zur Verfügung. Er wurde viel befragt, leistete überall Hilfe, aber nirgend kam es zu einer Anstellung, die er nun recht gern gehabt hätte.

Die Sorge um seinen Lebensunterhalt wurde immer ärger. Es gesellten sich körperliche Leiden hinzu, die ihn befürchten ließen, daß er bald überhaupt nicht mehr imstande sein würde, geistig zu arbeiten. Immer deutlicher sah der rasch Alternde ein, daß sein Streben für Deutschlands Größe ihm nichts anderes gebracht hatte als den Verlust seines Vermögens und die Unmöglichkeit des Vorwärtsekommens.

Als List, von Kopfschmerzen und anderen Leiden gequält, eine Reise nach Meran antrat, gelangte er nur bis Ruffstein. Dort brach er körperlich vollständig zusammen, und eines Tags, am 30. November 1846, fand man seine Leiche halb verweht im Schnee. Er hatte sich erschossen.

Die Strecke Leipzig—Dresden war nach List's Fortgang aus seinem Wirkungsort weitergebaut worden. Am 24. April 1837 war das Teilstück von Leipzig bis Althen fertiggestellt. Erst am 8. April 1839, später als andere durch sie veranlaßte deutsche Linien, wurde die ganze Strecke unter lebhafter Teilnahme der Bevölkerung eröffnet. Sie hatte eine Länge von 115 Kilometern. Im Anfang fuhren täglich nur zwei Personen- und zwei Güterzüge zwischen Dresden und Leipzig hin und her.

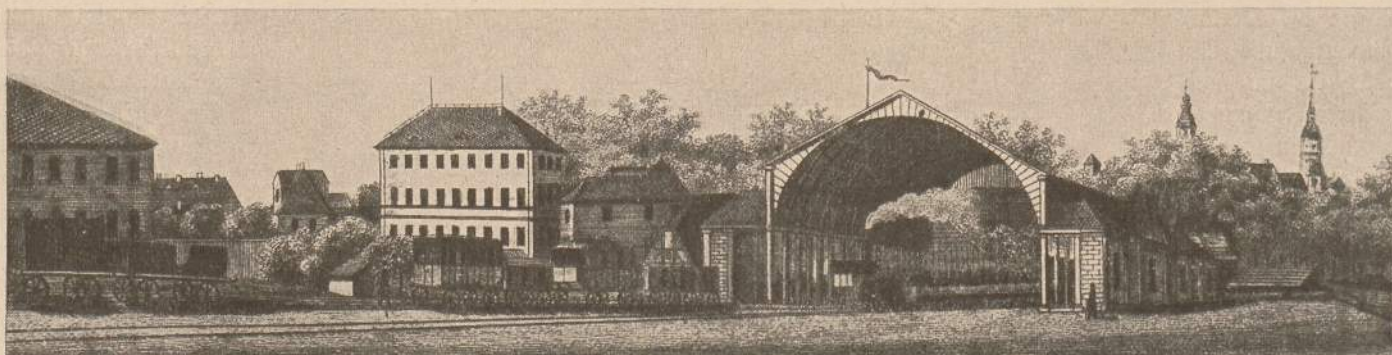
Dennoch trug die Linie zur Belebung des gesamten Verkehrs in Mitteldeutschland sehr lebhaft bei und zog die Ausführung anderer Eisenbahnstrecken unmittelbar nach sich. Die Dresdner Gasthöfe, die im Jahre 1838 nur 7000 Fremde beherbergten, hatten in dem genannten Eröffnungsjahr bereits mehr als 40 000 Gäste aufzunehmen. Auch der Güterverkehr entwickelte sich sehr lebhaft.

Die Kraft, mit der Friedrich List den Eisenbahnfunkeln in Deutschland angeblasen, hat dafür gesorgt, daß er hier niemals wieder zum Erlöschen gekommen ist. Bevor noch die Strecke Leipzig—Dresden ihren Betrieb eröffnet hatte, unter der bloßen Einwirkung des vielversprechenden Gründungsvorgangs, war die erste Eisenbahnlinie in Preußen zustande gekommen.

Dem Justizkommissar J. E. Robert und dem Bankier L. Arons wurde auf ihre Eingabe an den damaligen Handelsminister Rother die Erlaubnis zur Anlage einer Eisenbahnlinie zwischen Berlin und Potsdam erteilt. Nach dem ersten Entwurf sollte ein eingleisiger Schienenweg von der Schafbrücke, der jetzigen Potsdamer Brücke, zu Berlin in ziemlich gerader Richtung bis in die Gegend der Langen Brücke zu Potsdam führen. Später aber wurde beschlossen, den Beginn der Bahn weiter in das Innere von Berlin zu rücken und den Bahnhof in unmittelbarer Nähe des Potsdamer Tors anzulegen. Der Schafgraben, der heutige Landwehrkanal, mußte nun durch eine Drehbrücke überschritten werden.

Am 22. September 1838 wurde der Betrieb auf der Strecke Zehlendorf—Potsdam, am 29. Oktober desselben Jahrs auf der ganzen Linie eröffnet. Als Zugmittel wurden sechs aus Newcastle bezogene „Dampfwagen bester Qualität“ und 45 Pferde bereitgehalten.

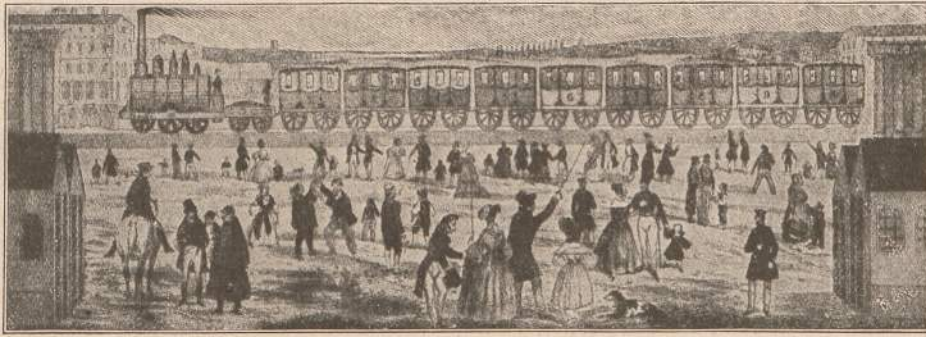
Die Begeisterung der Berliner bei diesem Anlaß war nicht gering. Der damalige Kronprinz, der spätere König Friedrich Wilhelm IV., sprach bei der Einweihung die voraussagenden Worte: „Diesen Karren, der durch die Welt rollt, hält kein Menschenarm mehr auf.“ Aber es wohnten in der preussischen Hauptstadt auch Leute, die anders dachten. „Als der erste Eisenbahnzug von Potsdam



276. Der älteste Bahnhof in Leipzig  
eröffnet 1837



her Berlins Einwohner in Raserei versetzte," so erzählte ein Zeitgenosse, „habe ich selbst in der Böhmischen Kirche einer Predigt des alten Gosner angewohnt, worin die Schäflein inständigst gewarnt wurden, sich ja von dem höllischen Drachen, dem



277. Zug der Eisenbahn Berlin—Potsdam  
der ersten Eisenbahnstrecke in Preußen; eröffnet 1838

Dampfwagen, um ihrer Seligkeit willen fernzuhalten." Andere waren mit der Geschwindigkeit der Züge nicht zufrieden. Die Kritik, die den Berlinern nun einmal im Blut liegt, wendete sich auch gegen das neue Verkehrsmittel. Ein Unbekannter soll, wie Matschoß mitteilt, die Behörde boshaft gebeten haben, man möge doch Sorge dafür tragen, daß die Fahrgäste nicht zu sehr durch das Betteln belästigt würden. Besonders sei es nicht schicklich, daß man Invaliden mit Stelzfüßen, die um eine milde Gabe hätten, neben dem Zug herlaufen ließe.

Obgleich in anderen Teilen des Reichs alsbald größere Eisenbahnstrecken gebaut wurden, erweiterte Berlin seinen Bahnanschluß vorläufig nicht. Erst im Jahre 1841 wurde das Teilstück der Anhalter Bahn von Berlin über Wittenberg nach Cöthen hergestellt, so daß man nun auf einem Umweg Magdeburg erreichen konnte, das inzwischen mit Leipzig verbunden worden war, und ebenso Dresden. Im Jahre 1842 folgten die ersten Bahnen nach dem Osten, Berlin—Angermünde in Richtung auf Stettin und Berlin—Frankfurt a. O. Das Jahr 1846 brachte die Verbindung mit Hamburg und die Verlängerung der Berlin—Potsdamer Bahn bis Magdeburg.

Am 1. Dezember 1838 war auch die erste Staatsbahn in Deutschland eröffnet worden, die Strecke von Braunschweig nach Wolfenbüttel und Harzburg. Diese Linie ist besonders bemerkenswert auch dadurch, daß sie im Jahre 1869 an eine Aktiengesellschaft verkauft wurde. Das ist der einzige Fall des Übergangs einer deutschen Staatsbahn in nicht öffentlichen Besitz.

Im Jahre 1845 waren in Deutschland bereits 2162 Eisenbahnkilometer vorhanden. Überall wurden jetzt Schienenwege gebaut. Auch die Kleinstaaten blieben vom Eisenbahnfieber nicht verschont.

Nachdem in Preußen lange die Privatbahnen allein geherrscht hatten und der Staat sich nur in loserer Form an den Unternehmungen beteiligt hatte, brachte das Jahr 1879 durch das zielbewußte Vorgehen des Eisenbahnministers von Maybach den Übergang zum Staatsbahnsystem. In den folgenden dreißig Jahren wurden in Preußen nicht weniger als 16 200 Kilometer Privatbahnen im Wert von  $4\frac{1}{2}$  Milliarden Mark verstaatlicht. Da zu gleicher Zeit auch der Staat selbst viele neue eigene Linien baute, so entstand allmählich das größte aller Erwerbsunternehmen: die preußische Staatsbahn.

Als die Verstaatlichung der hessischen Ludwigs-Bahn notwendig erschien, deren Linien zum Teil auf preußischem, zum Teil auf hessischem Gebiet lagen, kam ein Staatsvertrag zwischen den zwei Ländern über die gemeinschaftliche Ver-

waltung des beiderseitigen Eisenbahnbesitzes zustande. Seit 1896 bestand demzufolge die preussisch-hessische Eisenbahngemeinschaft.

Man glaubte damals, daß auch andere deutsche Bundesstaaten dem Beispiel Hessens folgen und sich an Preußen un-

mittelbar anschließen würden. Diese Hoffnung ist damals nicht in Erfüllung gegangen. Erst die Verfassung des neuen Deutschland brachte die Reichsbahn.

\*

Nach diesem Abriss aus der Geschichte der Eisenbahn wollen wir uns nun der Betrachtung von Bau und Betrieb in der Neuzeit zuwenden.

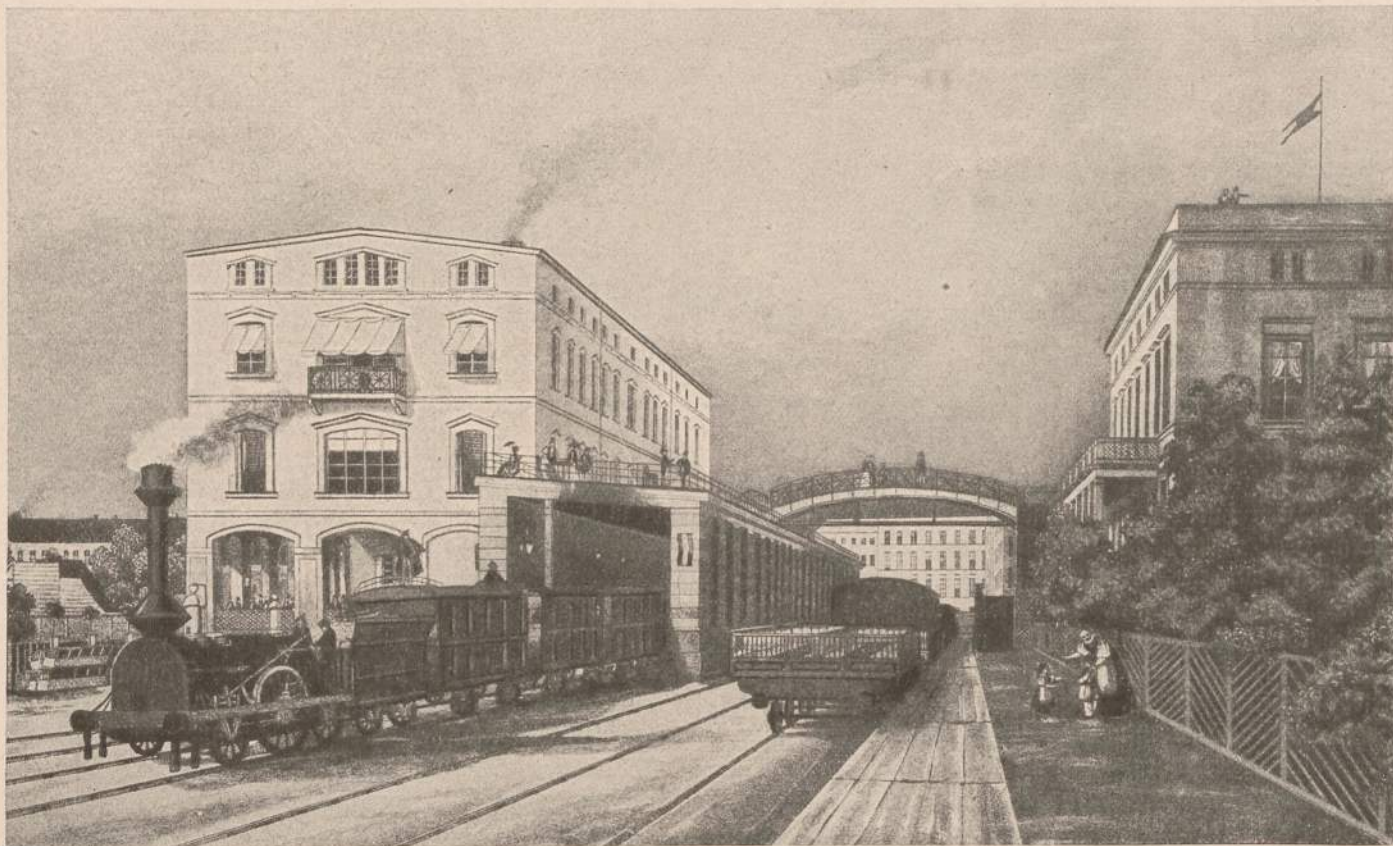
Sobald der Entschluß gefaßt ist, zwei bestimmte Punkte durch eine Eisenbahn zu verbinden, muß man sich zunächst darüber klar werden, welche Bahngattung gewählt werden soll. Man hat die Auswahl zwischen Hauptbahn, Nebenbahn und Kleinbahn. Ausschlaggebend für den Entschluß sind die Stärke des Verkehrs, der zwischen Anfangs- und Endpunkt der Bahn zu erwarten ist, die Länge der Strecke und das durchzogene Gelände.

Der Anfangspunkt einer neuen Bahnstrecke wird in Deutschland fast stets ein Bahnhof sein, der Endpunkt zum größten Teil ebenfalls. Läuft die Bahn tot aus, so kommt nur örtlicher Verkehr für sie in Betracht, und dann wird man einfache Bahngestaltung vorziehen. Wenn die neue Strecke aber von einem Eisenbahnknotenpunkt zu einem anderen führt, dann ist darauf zu achten, ob die Linie dem großen Durchgangsverkehr der Gegend einen abkürzenden Weg bietet. In solchem Fall ist es unwichtig, ob der Ortsverkehr lebhaft ist oder nicht, man wird dann stets eine voll gerüstete Hauptbahn zur Ausführung bringen, auf der die Schnellzüge mit der größten Geschwindigkeit fahren können. Hierdurch ist man verpflichtet, die Bahn mit sehr geringen Neigungen auszuführen, die Halbmesser der Krümmungen sehr groß zu nehmen und den Oberbau so kräftig zu gestalten, daß er den vorgeschriebenen größten Raddrücken zu widerstehen vermag.

Die Neigung der freien Strecken auf deutschen Hauptbahnen darf für gewöhnlich das Maß von 1:80 nicht überschreiten. Das heißt auf einer Länge von 80 Metern darf die Bahn nicht um mehr als ein Meter steigen oder fallen. Man drückt die Neigung auch in Tausendteilen aus;  $12,5\text{‰}$  bedeutet dasselbe wie 1:80,  $25\text{‰}$  dasselbe wie 1:40. Mit Erlaubnis der Landesaufsichtsbehörden darf in besonderen Fällen bis zur Anwendung eines Neigungswinkels von 1:40 gegangen werden; meist aber ist auf unseren Bahnen nicht über Neigungen von 1:150 hinausgegangen.

Der kleinste zulässige Krümmungshalbmesser für Hauptbahnen ist 300 Meter, mit besonderer Genehmigung 180 Meter, aber ein geringerer Halbmesser als 1000 Meter





278. Ältester Bahnhof der Berlin-Potsdamer Eisenbahn zu Berlin  
Der Potsdamer Platz ist im Hintergrund des Bildes zu denken

kommt in Wirklichkeit wenig in Betracht. Hierdurch und wegen der Flachheit der allgemein bei ihnen üblichen Neigungen gehören die deutschen Bahnen zu den bestgebauten auf der ganzen Erde.

Jeder Punkt des Oberbaus einer Hauptbahn muß imstande sein, eine ruhende Last von 9000 bis 10 000 Kilogramm zu tragen. Bei der Berechnung des Oberbaus ist jedoch zu bedenken, daß es sich bei seiner Beanspruchung nicht um ruhende Lasten, sondern um ständig wechselnde Belastungen handelt, die mit harten Stößen anzugreifen pflegen. Das Gleis muß also sehr kräftig durchgebildet werden.

Aus den angegebenen Gründen vermag eine Hauptbahn am wenigsten sich den Geländeverhältnissen anzuschmiegen, ihr Bau wird darum am teuersten.

Bei einer kurzen Linie spielt die Entwicklung einer bedeutenden Geschwindigkeit keine allzu große Rolle. Auf den deutschen Hauptbahnen dürfen zur Personenbeförderung bestimmte Züge, die eine durchgehende Bremse besitzen, mit einer Höchstgeschwindigkeit von 100 Kilometern in der Stunde fahren. Auf Nebenbahnen sind nur 40 bis allerhöchstens 50 Kilometer Höchstgeschwindigkeit zulässig. Dieser Unterschied hat einen großen Einfluß auf die Reisedauer, wenn lange Strecken zurückzulegen sind, bei kürzeren Entfernungen aber ist ein Zeitverlust bei geringerer Fahrgeschwindigkeit wenig bemerkbar. Man kann sich also in einem solchen Fall mit einer Nebenbahn, auch bei nicht allzu wichtigen Durchgangsstraßen, begnügen, wodurch große Summen gespart werden. Denn nun dürfen die Neigungen größer, die Krümmungen schärfer werden, man kann also mit weit stärkerer Anschmiegun an das Gelände bauen.

Wenn die Bahn nicht eine Ebene durchschneidet, sondern über stark gewellten oder gar gebirgigen Boden geführt werden muß, so bestimmt diese Bodengestaltung über alle anderen Gesichtspunkte hinaus die Wahl der Bahngattung. Bei ständiger Anwendung der höchsten zulässigen Neigung können Züge auch über eine Hauptbahn nur mit geringer Geschwindigkeit fahren, und darum macht es wenig Unterschied für den Verkehr, wenn man hier nur Nebenbahnausgestaltung anwendet. Die Schmalspur mit ihrer großen Schmiegsamkeit ist in solchen Fällen am allergünstigsten und gestattet oft die Vermeidung vieler Brücken- und Tunnelbauten.

Wenn die Bahngattung gewählt ist, wird mit den „allgemeinen Vorarbeiten“ begonnen. Sie dienen bei Privatbahnen als Unterlage bei der Einholung der staatlichen Genehmigung, bei Staatsbahnen zur Bildung eines endgültigen Urteils darüber, ob die Strecke bauwürdig ist, und zu Mitteilungen an die gesetzgebende Versammlung beim Ansuchen um die Genehmigung der notwendigen Bau summe.

Wenn einer privaten Gesellschaft die Erlaubnis zur Vornahme der „allgemeinen Vorarbeiten“ erteilt ist, so erhält sie damit zugleich das Recht, fremdes Eigentum in dem notwendigen Umfang betreten und dieses gegen Ersatz beschädigen zu dürfen. Jedoch gibt diese Vorerlaubnis noch keinen Anspruch auf wirkliche Genehmigung des Baus. Für diese ist vielmehr ein Gesetz notwendig.

Am besten wäre es natürlich, wenn man den Anfangs- und Endpunkt der neuen Bahn durch eine gerade Linie verbinden könnte. Das wird jedoch nur in den aller seltensten Fällen möglich sein. Falsch wäre es jedoch, bei den Vorarbeiten nun diejenige Streckengestaltung herauszufinden



zu wollen, welche die geringsten Baukosten erfordert, das heißt, sich bei der Linienführung nur danach zu richten, daß man möglichst wenig Einschnitte zu machen, Dammaufschüttungen herzustellen oder andere Kunstbauten auszuführen hat, wenn auch Neigungs- und Krümmungsverhältnisse dadurch arg verschlechtert werden und große Umwege zu machen sind. Es müssen vielmehr gerade wie bei der Landstraße und noch stärker als bei dieser von vornherein auch die künftigen Bahnunterhaltungs- und Betriebskosten in Betracht gezogen werden. Jede stärkere Steigung, jede schärfere Krümmung erfordern größere Zugkräfte und sind daher im Betrieb teurer. Die einmalige Ausgabe für einen Durchstich oder eine Brücke darf deshalb nicht gescheut werden, wenn man dadurch eine günstigere Bahngestaltung erreicht, welche die späteren ständigen Kosten mindert.

Die Streckengestaltung ist jedoch auch von anderen Gesichtspunkten bestimmt. Große Städte oder tiefe Einsattelungen in Gebirgszügen, die zu überschreiten sind, wie z. B. die Westfälische Pforte, sind Zwangspunkte, die unter allen Umständen angegangen werden müssen. Tiefe Seen, weite Moore, sumpfige Ufer breiter Flüsse meidet die Bahn gern.

Die Lage der Bahnhöfe ist mit besonderer Sorgfalt zu bestimmen, denn diese bilden ja die einzige Einnahmequelle der künftigen Strecke. Wenn die Linie hauptsächlich auf Ortsverkehr angewiesen ist, so wird sie keiner größeren Siedlung aus dem Weg gehen können. Kleinbahnen machen Umwege fast wegen eines jeden Dorfs. Eine ganz große,

durchgehende Schnellzugstrecke kann jedoch auch einmal einen sehr bedeutenden Ort seitlich liegen lassen, um eine allzu starke Abweichung von der geraden Linie oder rasche Höhenänderungen zu vermeiden. So geht die Strecke Frankfurt a. M.—Basel bei Dos vorbei, ohne in das benachbarte Tal einzubiegen, in dem Baden-Baden liegt.

Am besten ist es, wenn man die Bahn auf festen, tragfähigen und trockenen Boden legen kann. Auch die sonstige geologische Beschaffenheit der Umgebung ist wichtig, weil der Bahnbau sehr verbilligt wird, wenn die notwendigen Steine und der Baustoff für die Bettung in großer Nähe gewonnen werden können. Desgleichen müssen in gewissen Abständen Quellen erschließbar sein, damit das notwendige Wasser für die Speisefstellen der Lokomotiven herangeschafft werden kann.

Bevor die Genehmigung zum Bau erteilt wird, sind die Wünsche der Verwaltungen von etwa in der Nähe liegenden Bergwerken, der beteiligten Forstbehörden, der Domänenverwaltungen, der Moorkulturausschüsse, der Garnisonverwaltungen und der Festungsbaubehörden zu hören. Erst wenn die wirkliche Baugenehmigung erteilt ist, beginnen die ausführlichen Vorarbeiten, die zu einer genauesten Festlegung der Strecke auf Karten in dem ungeheuren Maßstab von 1:2500 führen, während sich die Vorarbeiten der Meßtischblätter der Generalstabskarten mit einem Maßstab von 1:25 000 bedienen. Es werden jetzt die endgültigen Vermessungen vorgenommen, und die Strecke wird durch Einschlagen von Pfählen in der Mittellinie der künftigen Bahn-



Andrang bei der Kasse



Erste Klasse



Zweite Klasse



Dritte Klasse

### 279. Sonderfahrt zum Rennen um 1850

oder: Früher war es auch nicht besser! Nach Bildern der Englischen Kunstanstalt A. H. Payne, Leipzig



Krone in Entfernungen von je hundert Metern genau festgelegt. Im Anschluß daran können die eigentlichen Bauarbeiten ihren Anfang nehmen.

Da die Erdoberfläche durch ihre Wellenform ja fortwährend von der Ebene abweicht, während die Bahn, wie wir wissen, die flache Gestaltung nach Möglichkeit anzustreben hat, findet man auf jeder Eisenbahnstrecke eine fast ununterbrochene Folge von Einschnitten und Anschüttungen; es wechseln, wie der Fachmann sagt, Abtrag und Auftrag ständig miteinander ab. Es ist die Aufgabe des Unterbaus, die Unebenheiten des Geländes auszugleichen. Beim Auffsuchen einer neuen Linie wird man auch dies in Betracht ziehen müssen, denn der Unterbau wird sich dann am billigsten stellen, wenn Auftrag und Abtrag einander ergänzen, wenn man das an einem Einschnitt gewonnene Erdreich in geringer Entfernung gleich wieder zur Errichtung eines Damms verwenden kann.

Die Breite der durch den Unterbau herzurichtenden Bahnebene wird durch die für den Oberbau notwendigen Maße bestimmt.

Man bezeichnet die Linie AC auf Bild 280, das einen Schnitt durch Oberbau und Erdkörper darstellt, mit Kronenbreite. Sie ist durch die Unterkante der Schienen bis zum Schnitt mit den verlängert gedachten Seitenkanten des Unterbaus gezogen. Der Abstand zwischen der Oberkante

des Unterbaus und der Unterkante der Schwellen, H, heißt Bettungshöhe. Die bei BD geschnittene Fläche heißt die Bahnkrone. Die Neigungen der unter B und D den Unterbau begrenzenden Flächen gegen die Wagerechte zu

ihren Füßen wird der Böschungswinkel genannt. Der Abstand der Schnittpunkte A und C von der Mitte der nächsten Geleise hat bei Hauptbahnen mindestens zwei Meter zu betragen, damit die Bettung noch wenigstens 50 Zentimeter über die Schwellenenden hinausgeführt werden kann. Für scharfe Krümmungen und hohe Dämme wird von der Bauordnung eine Verbreiterung der Bahnkrone empfohlen. Die Bettungshöhe H muß bei Hauptbahnen mindestens 20 Zentimeter betragen.

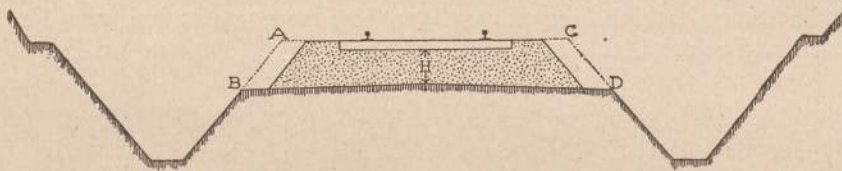
Aus diesen Zahlen läßt sich die Kronenbreite für eingleisige Bahnen ohne weiteres ermitteln. Für mehrgleisige Strecken sind noch einige weitere Angaben notwendig. Der Abstand der Mitten zweier benachbarter Geleise auf freier Strecke muß bei Hauptbahnen mindestens 3,50 Meter betragen. Dies Maß gilt jedoch nur für zwei zusammengehörige Geleise. Sobald noch ein weiteres oder mehrere hinzukommen, darf der nächste Abstand der Gleismitten nicht unter 4 Metern bemessen werden. Für Bahnhöfe und Haltestellen ist ein Gleismittenabstand von 4,50 Metern vorgeschrieben; dort wo Bahnsteige eingelegt werden, muß dieses Maß mindestens 6 Meter betragen.

Die Grundlage für diese letzten Bestimmungen bildet die festgelegte „Umgrenzung des lichten Raums“, das heißt derjenige gedachte Querschnitt durch den Luftraum über der Schienenoberkante, der unbedingt überall freigehalten werden muß. Eine Verkörperung dieses nur gedachten Querschnitts hat jeder Reisende schon einmal gesehen.

Auf allen Güterbahnhöfen steht über einem der Geleise ein rechteckiges eisernes Tor, von dessen oberster Kante Kugeln an verschiedenen langen Ketten oder ein vielfach gekrümmter Bügel hinunterhängen. Dieser leicht bewegliche Bügel oder die gebrochene Linie, durch die man sich die untersten Punkte der Kugeln verbunden denken kann, stellen die Umgrenzung des lichten Raums in seinem oberen Teil dar. Hochbepackte Güterwagen, von denen man fürchtet, daß ihre Ladung an irgendeiner Stelle über die Umgrenzungslinien hinausragen könnte, werden durch diese Tore hindurchgefahren, damit man sehen kann, ob hierbei der Bügel oder eine der Kugeln ins Schwanken gerät. Wenn das der Fall ist, muß die Form der Ladung geändert werden, damit diese bei der Fahrt nicht an Brückenträger oder Tunnelwände anstoßen kann, die oft vom Gleis nicht weiter abstehen, als eben die Umgrenzung des lichten Raums vorschreibt.

Der Abstand der Gleismitten ist so groß gewählt, damit ein verderblicher Anprall auch dann nicht stattfinden kann, wenn zwei Züge einander auf freier Strecke begegnen, während vielleicht gerade eine Tür offensteht. Bei den D-Wagen, die zur Unterbringung des Gangs breiter sind als die anderen Eisenbahnfahrzeuge, sind die Türöffnungen in der bekannten eigentümlichen Weise etwas eingezogen, weil sonst die erwähnte gefährliche Berührung doch stattfinden könnte.

Jeder Unterbau ist so hoch auszuführen, daß die Bahnkrone mindestens 60 Zentimeter über dem höchsten, erfahrungsgemäß jemals zu erwartenden Hochwasserstand liegt. Die Festigkeit der Strecke



280. Erdkörper mit Oberbau  
AC Kronenbreite, H Bettungshöhe, BD Bahnkrone

wird jedoch nicht nur durch das auf dem Boden ruhende oder über ihn fließende Wasser bedroht, sondern auch von den Niederschlägen. Damit die hölzernen oder eisernen Schwellen eine möglichst lange Lebensdauer haben, ist es notwendig, ihre Umgebung so trocken wie nur irgend möglich zu halten. Aus diesem Grund werden sie stets in eine wasserdurchlässige Schicht, in die Bettung aus kleinen Steinen oder Kies, gelegt. Das niedergehende Wasser dringt sofort durch diese hindurch und fällt auf die Oberfläche des Unterbaus. Hier muß es stets leicht abfließen können. Deshalb hat diese Fläche Neigungen nach beiden Seiten.

Dem Unterbau zuzurechnen sind auch die Anlagen zum Schutz des der Bahn naheliegenden Geländes gegen Feuer und der Bahn selbst gegen Schneebedeckungen.

Die aus dem Schornstein der Lokomotive trotz mancher Vorkehrungen doch immer wieder hinausgeschleuderten glühenden Kohleteilchen bilden eine ständige Gefahr. Die Wälder sind durch sie arg bedroht. Erfahrungsgemäß entsteht ein Waldbrand fast stets dadurch, daß die trockene Bodenbedeckung zu brennen beginnt, woraus sich dann ein geschwind vordringendes Lauffeuer entwickelt. Die Baumkronen werden fast niemals zuerst vom Feuer ergriffen. Es ist deshalb vorgeschrieben, daß überall dort, wo die Bahn durch Wald, Heide oder trockenes Moor gelegt ist, ein Streifen zu beiden Seiten der Strecke wund, das heißt von Bodenbewachung völlig frei gehalten werden muß.



Der Funkenwurf der Lokomotive ist besonders lebhaft, wenn die Feuerung neu beschickt wird. Bei der Fahrt durch Wälder und an sonstigen besonders gefährdeten Stellen ist das Nachfeuern darum möglichst zu unterlassen. An solchen Streckenabschnitten sind die Telegraphenstangen mit breiten weißen Bändern bemalt, die dem Heizer sagen, daß er hier nur mit Vorsicht Kohle aufwerfen darf.

Ein gefährlicher Feind des regelmäßigen Bahnbetriebs im Winter ist der Schnee. Nicht die niederfallenden Flocken wirken störend, denn die ganz vorn an den Lokomotiven angebrachten Bahnräumer können, wenn kleine Besen eingesetzt sind, selbst eine 15 Zentimeter hohe Schneedecke bequem von den Schienen fegen. Es müssen schon größere Massen auf den Geleisen liegen, bis die gewaltige Kraft der vorwärtstürmenden Lokomotive von ihnen so weit vernichtet wird, daß der Zug stecken bleibt.

Bei der Anlage von Eisenbahnstrecken nimmt man von vornherein auf den Schneeschutz sorgsam Bedacht. Die vom Wind aufgewühlten Schneewehen müssen aufgehalten werden, bevor sie die Bahn erreichen. Das geschieht am besten durch das Anbringen einer Schutzwehr, also von durcheinandergepflanzten hohen und niedrigen Nadelbäumen, durch Erd-Dämme oder durch Zäune. Die Schutzwehr darf jedoch niemals unmittelbar an den Rand des Einschnitts gesetzt werden. Denn gerade dicht hinter dem Schirm pflegen sich die Schneemassen am stärksten anzuhäufen.

Die Gewalt des Sturms wird nämlich an der Schutzwehr gebrochen, und dahinter entsteht ein windstiller Streifen. Dadurch hat der Schnee Gelegenheit, niederzugehen. Es muß also ein Lagerschnitt zwischen der Schutzwehr und der Einschnittkante vorgesehen sein.

\*

Die Schaffung des Eisenbahnunterbaus, die vielfach zu eintöniger Maulwurfsarbeit zwingt, gibt an einzelnen Stellen auch Anlaß zur Herstellung kunstvoller Bauten. Die Über-

führung von Strecken über tief eingeschnittene Täler hat Werke entstehen lassen, die zu den großartigsten Leistungen der Technik gehören. Die Kunst des Brückenbaus wäre niemals zu so hoher Vollendung gelangt, wenn die Eisenbahn nicht die Bewältigung größter Gewichte gefordert hätte. Die Beherrschung der Baustoffe ist hierdurch in außerordentlicher Weise gefördert worden. Und infolge der tief eindringenden wissenschaftlichen Erkenntnis über die wirklichen

Beanspruchungen von Bauteilen schwerer Brücken ist man dazu gelangt, auch an anderen Stellen, wie bei der Herstellung von großen Hallen, Leistungen von oft schwindelerregender Kühnheit zu vollbringen.

Auch Deutschland, das infolge seiner meist ebenen Gestaltung an ragen-

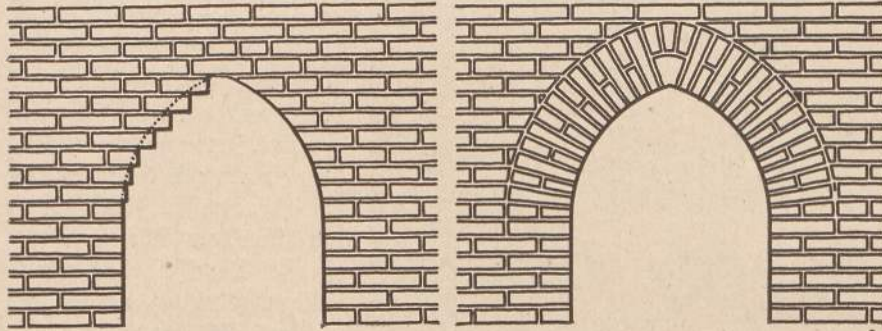
Eisenbahnbauten nicht gerade reich ist, weist eine Reihe eindrucksvoller Brücken auf. Im Jahre 1910 waren für die vollspurigen Eisenbahnen in Deutschland 534 Brücken mit einer Gesamtlänge von annähernd 74 Kilometern errichtet.

Die technische Kraft, durch welche es gelang, die großen Eisenbahnbrücken in aller Welt zu schaffen, hat ihre Wurzeln so sehr in den Anfängen der Brückenbaukunst, daß es zum besseren Verständnis der nun erreichten Leistungen notwendig ist, den Blick ein wenig rückwärts zu wenden.

In älteren Zeiten waren Holz und Stein die einzigen Baustoffe, die für Brücken verwendet werden konnten. Die erste feste Brücke, von der wir Kunde haben, wurde von Nebukadnezar im sechsten Jahrhundert v. Chr. zur Verbindung der beiden Stadtteile Babylons über den Euphrat geschlagen. Sie bestand aus Balken von Zedern- und Zypressenholz, die

auf mehr als hundert Steinpfeilern ruhten. Aus dieser Angabe geht hervor, daß die Spannweiten sehr gering gewesen sein müssen, denn der Strom ist an dieser Stelle nur 900 Meter breit.

Schmale Öffnungen sind ein Kennzeichen aller alten Brücken, so lange bei der Ausführung in Stein der Kragbau angewendet werden mußte. Hierbei wird ein Bogen dadurch gebildet, daß immer die obere Steinschicht ein wenig

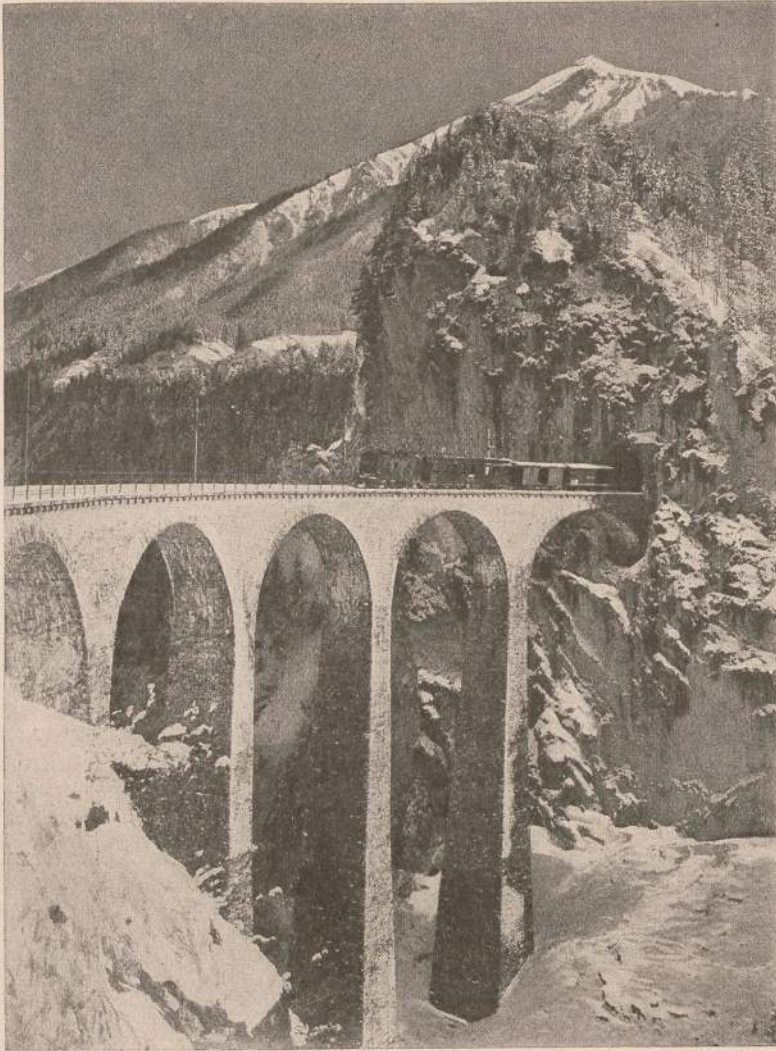


281. Gewölbe-Bauarten einst und jetzt  
„Falsches Gewölbe“ und „Richtiges Gewölbe“



282. Göltzschtal-Brücke im sächsischen Vogtland  
auf der Eisenbahnstrecke Leipzig—Hof





283. Landwasser-Brücke der Rhätischen Bahn Chur—St. Moritz  
Aus Bruchsteinen aufgeführt

über die untere vorragt, daß sie ausfragt. Dieses sogenannte falsche Gewölbe wurde erst etwa zur Zeit des Perikles durch die Erfindung des „richtigen“ Gewölbebaus ersetzt. Seine Tragfähigkeit ist durch günstigeren Verlauf der Drucklinien weit höher. Nun konnten die Spannweiten bedeutend vergrößert werden, wenn sie auch bei steinernen Brücken bis in die allerneueste Zeit hinein bescheiden geblieben sind.

Das tritt besonders deutlich hervor bei den zahlreichen in der Mitte des vorigen Jahrhunderts erbauten Brücken im Zug der Eisenbahn-Linie von Leipzig nach Hof. Die Göltzschtal-Brücke, die mit einer Gesamtlänge von 597 Metern ein 80 Meter tief eingeschnittenes Tal überschreitet, hat in den Mittelbogen nur eine Öffnung von 30,5 Metern. Die in drei und vier Stockwerken übereinander gestellten, zahlreichen kleinen Wölbungen erinnern noch an die Wasserleitungsbauten der Römer. Das Bauwerk wurde in den Jahren 1846 bis 1851 mit einem Kostenaufwand von 7 Millionen Mark hergestellt. Es hat eine schöne, aber durchaus überlebte Form.

Heute gelingt es mittels Baus in Bruchsteinen, Beton oder Eisenbeton weite, schlanke Bogen von überraschender Kühnheit herzustellen. Der Bau steinerner Brücken, der längere Zeit gänzlich überwunden schien, ist deshalb in den letzten Jahrzehnten wieder häufiger geworden, wenn auch, insbesondere bei Bahnüberführungen, der Eisenbau vorherrscht.

Holz wird heute für die Errichtung von Dauerbrücken kaum noch verwendet. Der Balkenbau spielt allenfalls noch im Krieg bei der raschen Herstellung von Übergängen und bei der geschwindigen Herrichtung zerstörter Bahnstrecken eine Rolle.

Die erste eiserne Brücke wurde in den Jahren 1776 bis 1779 von Darby auf englischem Boden in der Nähe der Grube von Coalebrookdale errichtet, wo zehn Jahre vorher die ersten Schienen gegossen worden waren. Die Brücke, die über den Severn führte, hatte eine Spannweite von nur 31 Metern und war aus Gußeisen gefertigt. Auf dem Festland wurde die erste eiserne Brücke in Deutschland gebaut, und zwar im Jahre 1796 in Schlesien, wo sie heute noch das Striegauer Wasser überspannt.

Gußeisen ist jedoch für Brückenbauten ein wenig zweckmäßiges Material. Es besitzt zwar eine sehr große Druckfestigkeit, jedoch kann es Zug- und Biegekräften nur in geringem Maß Widerstand leisten. Als man daher breitere Wasserläufe überbrücken wollte, wurde es notwendig, eine Eisensorte zu benutzen, die Beanspruchungen aller Art auszuhalten vermag.

1818 bis 1826 baute Telford die erste schmiedeiserne Brücke. Sie überschreitet den schmalen Meeresarm zwischen der Westküste von Wales und der Insel Anglesey, die Menai-Straße. Telford schuf hier mit einer für die damalige Zeit außerordentlichen Kühnheit eine 177 Meter weit gespannte Hängebrücke. Er mußte bei den Abmessungen der einzelnen Teile meist nach dem Gefühl arbeiten, da zuverlässige Zahlen über die Haltbarkeit des Eisens und Formeln zur Berechnung der Beanspruchungen noch nicht vorhanden waren.

Es wird erzählt, daß sich der Bauleiter, als das Stützgerüst unter der Brücke weggeschlagen wurde, in das Brückenhäuschen zurückzog, dessen Fensterläden geschlossen waren, um dort zu beten. Es ging jedoch alles gut, diese erste Hängebrücke der Welt bewährte sich vortrefflich, weil sie von einem hochbefähigten Mann mit sicherem Gefühl geschaffen worden war.

Über Telfords Brücke lief nur eine Landstraße. Für die verhältnismäßig geringen Belastungen, die auf solchen Wegen auftraten, waren die leichten Hängebrücken jener Zeit denn auch sehr gut geeignet. Aber es zeigte sich doch bald, daß ihre Steifigkeit nicht allzu groß war. Hier und da kam es vor, daß Brücken solcher Art bei heftigen Stürmen stark ins Schwanken gerieten und wohl auch einmal abgerissen wurden. Man konnte daher nicht daran denken, diese Bauform auch für Eisenbahnüberführungen anzuwenden. Es war der bedeutende Sohn des großen Georg Stephenson, der das von seinem Vater begonnene Eisenbahnwerk durch die Schaffung der ersten gewaltigen Eisenbahnbrücke fortsetzte. Robert Stephenson erbaute in den Jahren 1846 bis 1850 seine weltberühmte Britannia-Brücke, die gleichfalls über die Menai-Straße führt. Sie wird noch heute von der Eisenbahnlinie benutzt, die von Chester nach dem wichtigsten Hafen Holyhead auf Anglesey läuft.

Die Brücke ist 559 Meter lang. Ihre beiden Gleisträger stellen technisch nichts anderes dar als zwei gleichlaufende gewaltige eiserne Balken, deren Inneres entfernt ist. Der Querschnitt ist also kastenförmig. Der an zwei Enden aufgelagerte Balken ist die einfachste Form einer Überbrückung,



da sich die bei Belastung in einem solchen Balken auftretenden Kräfte am leichtesten übersehen lassen. Wird ein Gewicht auf den Balken aufgelegt, so sucht er sich durchzubiegen. Hierbei erleiden die untersten Fasern eine Streckung, die obersten werden zusammengedrückt. Dazwischen muß ein unbeanspruchter Bezirk liegen (Bild 286). Darum kann man auch mit gutem Erfolg Balken mit ganz schmalem Mittelteil verwenden, wie es heute bei den Schienen und bei den Doppel-T-Trägern geschieht, oder man vermag, wenn man die Ränder nur kräftig genug ausbildet, das Innere auch ganz fortzulassen. Diesem Gedanken folgend, schuf Robert Stephenson die beiden großen Kästen der Britannia-Brücke.

Das Bauwerk erscheint uns heute ungefüge und grob zusammengehauen. Den Eindruck aber, den es kurz nach seiner Errichtung auf einen sachverständigen Zeitgenossen machte, kennen wir aus einer Schilderung Max von Weber's, des ausgezeichneten Eisenbahn-Ingenieurs und hervorragenden Schriftstellers, der ein Sohn des „Freischütz“-Komponisten war.

„Schwindelhoch, turmhoch“, so schreibt Weber, „und in der Tat wie auf Türmen auf schlanken Pfeilern ruhend, liegt das zweihunderttausend Zentner schwere, gewaltige Eisenrohr über dem vierzehnhundert Fuß breiten Arm des St. Georg-Kanals, der die Insel Anglesey von der Westküste von Wales trennt. Selbst wie eine Schöpfung, die nur der Allmacht gelingen zu können scheint, steht das Bauwerk ohnegleichen, seiner ungeheuren Gliederung gemäß, mit feinem Formensinn aus Elementen ägyptischen Stils in hohem Ernst aufgebaut, an beiden Ufern von riesenmäßigen Sphinxen bewacht, in der tiefblauen Meeresflut zwischen paradiesischen Küsten. Tief drunten die tiefazurne, mit weißem Schaum um die Brückenpfeiler brandende Flut, und auf ihr von der frischen Morgenbrise hingleitende, sanftgeneigte, schwellende Segelmassen tragende Schiffe.“

„Wie die Vögel des Himmels schauen wir von der Himmelshöhe der Brückenröhre hinab auf das schlanke Spierenwerk der darunter hinrauschenden Dreimaster. Vor uns stehen die zauberisch feinen, streng geometrischen und doch so unnachahmlich graziösen Linien von des großen Telford Wunderwerk, der Menai-Kettenbrücke, die, nur eine Viertelmeile von der Britannia-Brücke entfernt, die Chaussee seit dreißig Jahren über dieselbe Meerenge führt, über welche die Britannia-Brücke die Eisenbahn trägt. Von welcher großer anregender Wirkung ist der Kontrast der Formen dieser beiden Meisterstücke der neueren Brückenbaukunst, die der Blick gleichzeitig umfaßt.“

Die von Stephenson angewendete Bauart mit paralleler, geradliniger Ober- und Untergurtung ist lange beibehalten worden. Es wurde aber eine Verbesserung dadurch geschaffen, daß an die Stelle der aus vollen Blechen hergestellten Balken die Gitterträger traten. Da die Wände nun aus Stabwerk gebildet sind, ist das Innere der Brücke nicht mehr finster wie bei dem Menai-Übergang. Schöne Beispiele der Parallel-Träger-Bauart sind die alten Brücken über den Rhein bei Köln, die Mogat bei Marienburg und die Weichsel bei Dirschau. Dieser letzte Bau wurde von Lénke in den Jahren 1851 bis 1857 mit der beträchtlichen Weite der sechs Haupt-

öffnungen von je 151 Metern ausgeführt. Er war die erste Überspannung des tief eingeschnittenen, breiten Weichseltals.

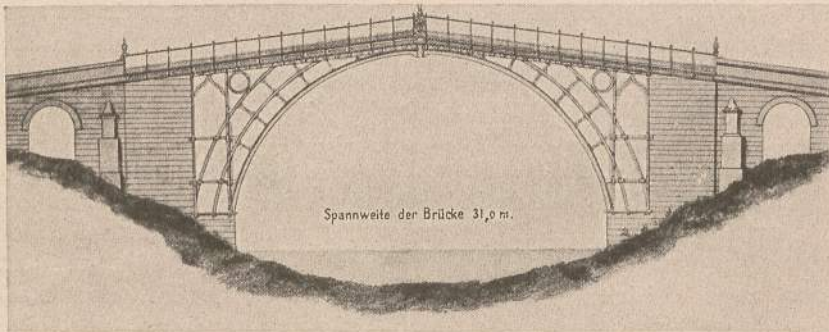
Beim Anblick dieser immer noch recht schwerfälligen Bauwerke hat man nicht das Gefühl, das jede gut gebaute, neuzeitliche Brücke im Beschauer auslöst. Es fehlt der Eindruck eines vollständigen Gleichklangs, die Empfindung, daß all die zahllosen Balken und Stangen sämtlich dort stehen, wo wirklich Kräfte auftreten, und daß sie genau die Abmessungen haben, welche der Größe dieser Kräfte an jeder Stelle entsprechen. Dieses Gefühl erwecken aber wohl die drei neuen, in kurzer Entfernung von den älteren, über den Rhein, die Mogat und die Weichsel geschlagenen Brücken mit ihren gekrümmten Trägern. Sie sind mit viel weniger Eisen errichtet und erscheinen dem Auge doch weit zuverlässiger und fester, weil die Berechnungen auf Grund genauer Kenntnisse der auftretenden Kräfte durchgeführt werden konnten.

Schon der jüngere Brunel, den wir später als den Erbauer des ersten großen Eisenschiffs näher kennen lernen werden, schuf anfangs der fünfziger Jahre eiserne Brücken, bei denen entweder die untere Gurtung oder diese und die obere gekrümmt waren, die Fischbauch- und die Linsenform. Die Beanspruchung des auf zwei Pfeilern ruhenden Brückenteils durch die Belastung ist in der Mitte am stärksten. Der gerade durchgeführte Gitterbalken entspricht darum nicht den tatsächlichen Verhältnissen. Die Unterstützung muß in



284. Eisenbahnbrücke im Chamounix-Tal  
Darunter Straßenbrücke





285. Die erste eiserne Brücke

Entworfen von Abraham Darby; in Gußeisen erbaut bei Coalbrookdale in England  
1776—1779

der Mitte am Kräftigsten sein, wie das bei gekrümmter Gur-  
tung tatsächlich der Fall ist.

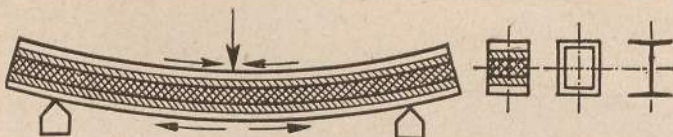
Der fischbauchförmige Träger ist in verbesserter Form von  
Pauli bei Errichtung der Brücke über die Isar zur Über-  
führung der Eisenbahnstrecke München—Holzkirchen bei  
Großhesselohe verwendet worden. Dieses Bauwerk, das schon  
sehr feine, dem Auge wohlgefällige Linien aufwies, wurde  
im Auftrag der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg aus-  
geführt. Als die Tragfähigkeit der Brücke für die stark  
gestiegenen Zuggewichte nicht mehr ausreichte, wurde sie  
im Jahre 1912 abgebrochen und durch eine neue ersetzt.

Die geschichtliche Wichtigkeit dieses hervorragenden deut-  
schen Bauwerks ist dadurch geehrt worden, daß einzelne  
Teile aus den eisernen Bogen herausgeschnitten und im  
Deutschen Museum für Meisterwerke der Naturwissenschaft  
und Technik in München aufgestellt wurden. Die Rhein-  
brücke bei Mainz, die im Jahre 1862 mit linsenförmigen  
Trägern erbaut wurde, hat bereits eine größte Spannweite  
von 105 Metern.

Für sehr weite Pfeiler-Entfernungen eignet sich insbeson-  
dere der 1866 von Gerber erfundene Träger. Die Über-  
spannungen der kleineren Öffnungen werden hierbei in  
Form von Auslegern über die Pfeiler hinausgeführt, die  
beiderseits der Hauptöffnungen stehen. Ihre Enden bilden  
feste, aber nicht unterstützte Auflager für einen einzu-  
setzenden Mittelteil. Auf den ersten Blick scheint es, als  
wenn bei diesen Auslegerbrücken gerade die am schwersten  
beanspruchte Mitte der Weitspannungen am schwächsten aus-  
geführt ist. Tatsächlich aber ist die Spannweite gering, da  
die Ausleger-Enden wie Pfeiler wirken.

In dieser Art wurde die weitest gespannte Ausleger-Brücke  
auf der Erde, der Übergang über den Firth of Forth bei  
Queensferry in Schottland, in den Jahren 1883 bis 1890  
errichtet. Die Brücke schließt die Hauptstadt Edinburg über  
die einem Meeresarm gleichende, weitgedehnte Mündung des  
Forth-Flusses hinweg an das Eisenbahnnetz Nordost-Schott-  
lands an. Ihre Entstehungs-Geschichte hängt eng mit dem  
Werden einer anderen schottischen Eisenbahnbrücke zusammen.

Über den etwas weiter nördlich liegenden, schmaleren Firth  
of Tay war schon in den siebziger Jahren eine Eisenbahn-



286. Beanspruchung eines Balkens auf zwei Stützen

Rechts zwei Konstruktionsarten: Kastenträger und Doppel-T-Träger

brücke gespannt worden. Ihr Erbauer  
Bouch, der damals ob der Kühnheit seines  
Werks viel bewundert wurde, hatte für die  
Stützpfeiler sehr viel Gußeisen verwenden  
müssen, das, wie wir wissen, kein zuver-  
lässiger Brückenbaustoff ist. Ein anderer  
englischer Ingenieur, John Fowler, warnte  
häufig davor, diesem Bauwerk zu trauen.  
Bevor die Brücke noch irgendeinem anderen  
Mißtrauen einflößte, hatte dieser kluge Mann  
ihre Schwäche so genau erkannt, daß er seinen  
Familienmitgliedern strengstens verbot, mit  
der Eisenbahn über den Tay zu fahren.

Und er sollte nur allzu sehr recht behalten.

In der Nacht zum 28. Dezember 1879 brach  
Bouchs Brücke bei einem Orkan plötzlich zusammen, als  
gerade ein Zug darüber fuhr. Die Mittelbogen stürzten mit  
dem Zug ins Wasser. Es ist dies der folgenschwerste  
Unglücksfall, der sich je auf einer Eisenbahnstrecke ereignet  
hat; 200 Menschen kamen dabei ums Leben.

Der Dichter-Ingenieur Max Eyth hat das furchtbare Be-  
gegnis in seinem schönen Buch „Hinter Pflug und Schraub-  
stock“ unter der Überschrift „Berufstragik“ ausführlich be-  
schrieben, und Theodor Fontane behandelt es in seinem  
berühmten Gedicht „Die Brück am Tay“, in dem er die  
Hexen aus „Macbeth“ ihr Spiel treiben läßt.

„Wann treffen wir drei wieder zusamm’?“  
„Um die siebente Stund’ am Brückendam.“  
„Am Mittelpfeiler.“  
„Ich lösche die Flamm.“  
„Ich mit.“  
„Ich komme von Norden her.“  
„Und ich von Süden.“  
„Und ich vom Meer.“  
„Hei, das gibt ein Ringelreihn,  
Und die Brücke muß in den Grund hincin.“  
„Und der Zug, der in die Brücke tritt  
Um die siebente Stund’?“  
„Ei, der muß mit.“  
„Muß mit.“  
„Land, Land  
Ist das Gebilde von Menschenhand!“

\*

Auf der Norderseite das Brücknhaus —  
Alle Fenster sehen nach Süden aus,  
Und die Brücknersleut’ ohne Rast und Ruh’  
Und in Bangen sehen nach Süden zu,  
Sehen und warten, ob nicht ein Licht  
Übers Wasser hin „ich komme“ spricht,  
„Ich komme, trotz Nacht und Sturmesflug,  
Ich, der Edinburger Zug.“

Und der Brückner jetzt: „Ich seh’ einen Schein  
Am andern Ufer. Das muß er sein.  
Nun, Mutter, weg mit dem bangen Traum,  
Unser Johnie kommt und will seinen Baum,  
Und was noch am Baume von Lichtern ist,  
Zünd’ alles an wie zum heiligen Christ,  
Der will heuer zweimal mit uns sein,  
Und in elf Minuten ist er herein.“

\*



Und es war der Zug. Am Süder turm  
Reucht er vorbei jetzt gegen den Sturm,  
Und Johnie spricht: „Die Brücke noch!  
Aber was tut es, wir zwingen es doch.  
Ein fester Kessel, ein doppelter Dampf,  
Die bleiben Sieger in solchem Kampf,  
Und wie's auch rast und ringt und rennt,  
Wir kriegen es unter: das Element.

Und unser Stolz ist unsre Brück';  
Ich lache, denk' ich an früher zurück,  
An all den Jammer und all die Not  
Mit dem elenden alten Schifferboot;  
Wie manche liebe Christfestnacht  
Hab' ich im Fährhaus zugebracht  
Und sah unsrer Fenster lichten Schein  
Und zählte und konnte nicht drüber sein.“

Auf der Nordseite das Brückenhaus —  
Alle Fenster sehen nach Süden aus,  
Und die Brücknersleut' ohne Raft und Ruh'  
Und in Bangen sehen nach Süden zu;  
Denn wütender wurde der Winde Spiel,  
Und jetzt, als ob Feuer vom Himmel fiel,  
Erglüht es in niederschießender Pracht  
Überm Wasser unten.... Und wieder ist Nacht.

\*

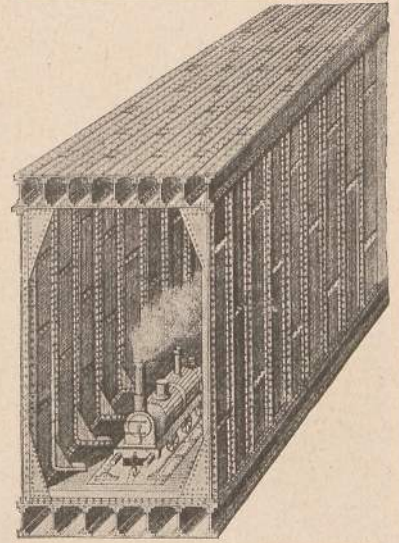
„Wann treffen wir drei wieder zusamm'?“  
„Um Mitternacht am Bergeskamm.“  
„Auf dem hohen Moor am Erlenstamm.“  
„Ich komme.“  
„Ich mit.“  
„Ich nenn' euch die Zahl.“  
„Und ich die Namen.“  
„Und ich die Qual.“  
„Hei! Wie Splitter brach das Gebälk entzwei.“  
„Land, Land  
Ist das Gebilde von Menschenhand!“

Derselbe Bouch, dessen Werk unter so erschütternden Umständen vernichtet wurde, hatte auch einen Entwurf für die Forth-Brücke gemacht, der glücklicherweise nicht zur Ausführung kam. Fowler konnte nachweisen, daß auch dieser Plan schwere Fehler enthielt. Ihm wurde dann zusammen mit Benjamin Baker das große Werk der Überquerung des Forth-Busens übertragen.

Die ganze Forth-Brücke ist 2470 Meter lang. Die Spannweiten der beiden Mittelloffnungen betragen je 541 Meter. Die Schienen liegen 50 Meter über dem Wasserspiegel, die Pfeiler erreichen eine Höhe von 100 Metern. Die Gesamtkosten, einschließlich der Anschlüsse an die vorhandenen Bahnstrecken, haben 3 367 625 Pfund Sterling betragen. 50 Millionen Kilogramm Eisen sind für das Bauwerk verbraucht worden.

Bei der in den Jahren 1890 bis 1895 erbauten, im Weltkrieg zerstörten und inzwischen wieder ausgebesserten Brücke, welche die Bahnstrecke Bukarest—Constanza bei Cernavoda über die Donau führt, sind die Mittelloffnungen gleichfalls in Ausleger-Form gebaut.

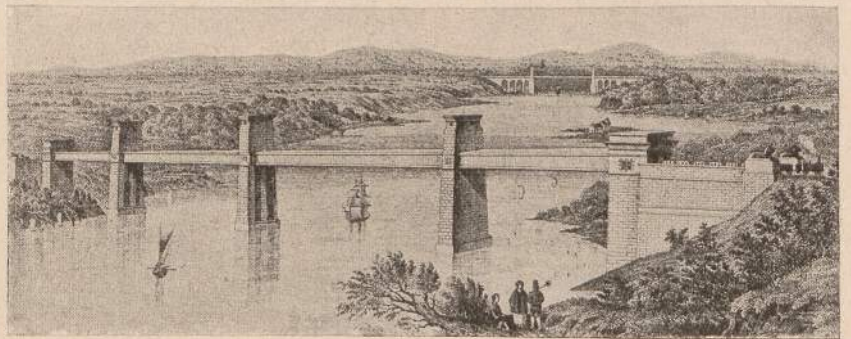
Diese Bauart gibt die Möglichkeit, weite Öffnungen ohne Stützgerüste herzustellen. Die Träger werden von den Seiten frei vorgestreckt, und sie schweben während dieser Zeit, bis die beiden Teilstücke einander getroffen haben und verbunden sind, in geradezu beängstigender Weise frei in der Luft. Nur eine ganz genaue Beherrschung des Baustoffs und eindringliche Kenntnisse der auftretenden Beanspruchungen ermöglichen diese kühne Bauweise. Sie wird auch bei der Errichtung von Brücken gewöhnlicher Form gar nicht selten angewendet.



287. Blick in die Britannia-Röhrenbrücke

Das mächtigste deutsche Brückenbauwerk ist die Kaiser-Wilhelm-Brücke über das Wuppertal bei Müngsten, die 1897 im Zug der Strecke Solingen—Remscheid von Kieppel erbaut wurde. Der Mittelbogen hat hier eine Spannweite von 170 Metern, der Scheitel des Bogens liegt 107 Meter über dem tief eingeschnittenen Flußtal. Dieses Bauwerk stellte zur Zeit seiner Errichtung die weitest gespannte Bogenbrücke auf dem europäischen Festland dar. Die Maschinenfabrik Augsburg-Mürnberg hatte durch ihre Herstellung der deutschen Eisenbaukunst ein besonders glänzendes Zeugnis ausgestellt. Heute führt über den Biaurfluß in Frankreich eine Brücke, deren Mittelbogen 220 Meter weit gespannt ist.

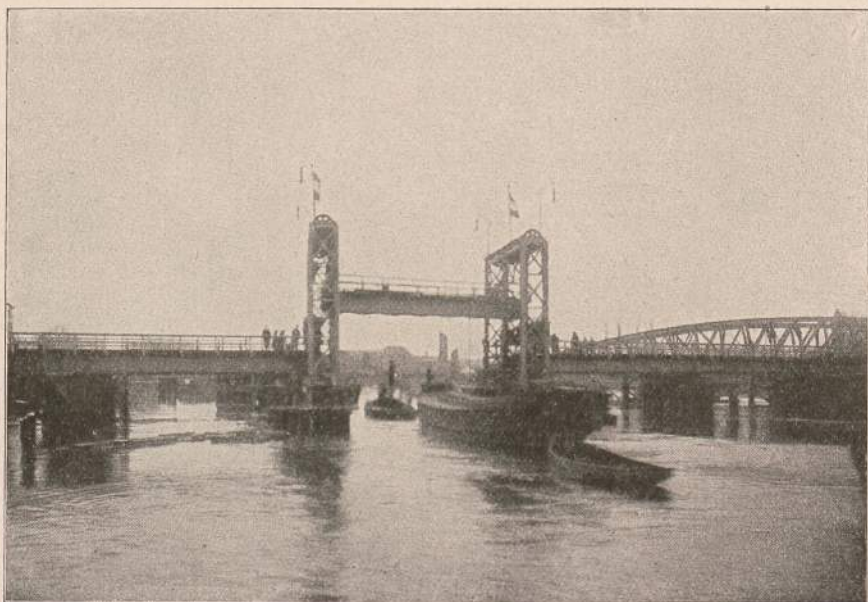
Wenn eine Brücke so tief über das Wasser gelegt werden muß, daß der Schiffsverkehr darunter nicht unbehindert stattfinden kann, so ist es notwendig, das Bauwerk beweglich zu machen. Man muß imstande sein, den Schiffen jederzeit eine Durchfahrt von ausreichender Breite freizugeben. Das kann durch drei verschiedene Verfahren geschehen. Die Brücke wird entweder in ihrer ganzen Erstreckung wagerecht emporgehoben, also gleich einer Hebebühne bewegt; sie wird aufgeklappt, indem die Fahrbahn um eines der Endlager schwingt, oder sie wird endlich auf einem Mittelpfeiler gedreht, so daß zu dessen beiden Seiten Durchfahrten von ausreichender Breite frei werden.



288. Die erste Eisenbahnbrücke: Britannia-Röhrenbrücke

Erbaut von Robert Stephenson 1846—1850 über die Menai-Meeresstraße. Im Hintergrund die Kettenbrücke von Telford, die erste schmiedeeiserne, erbaut 1818—1826





289. Hubbrücke über die Schelde bei Termonde in Belgien  
Erbaut von der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg

Hubbrücken werden nur für kleinere Durchlaßöffnungen gebaut. Eine Klappbrücke mit ungewöhnlich großen Abmessungen ist von der Deutschen Maschinenfabrik (Demag) in Duisburg über den Hafen von Husum zur Überführung der Strecke von Elmshorn nach Londern gebaut worden. Für jedes der beiden Geleise ist eine von der anderen unabhängige Klappe vorgesehen. Bei derartig großen, frei in die Luft ragenden Bauwerken muß der Winddruck sehr aufmerksam als Belastung in Rechnung gezogen werden. Denn es ist ohne weiteres klar, daß ein Sturm, der gegen so riesige Platten bläst, auf diese eine starke Kraftäußerung übt.

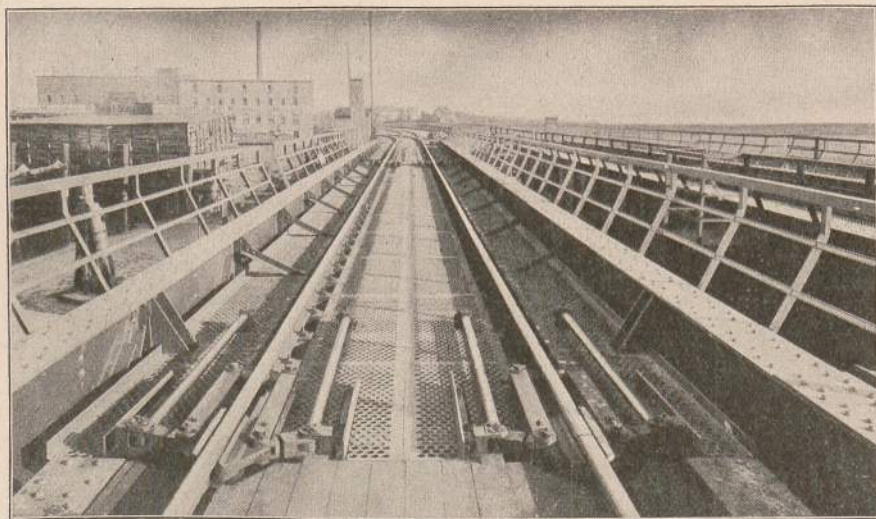
Bei der Klappbrücke von Husum hat man, abgesehen von den sehr kräftigen Versteifungen in dem Bau selbst, den Winddruck auch bei der Anordnung des Hubwerks berücksichtigt. Das Aufklappen kann bei Sturm mit geringerer Geschwindigkeit vorgenommen werden als bei Windstille. Im ersten Fall dauert das Öffnen der Brücke zwei Minuten, sonst nur eine Minute, was bei der Größe der

wohl Wasserlauf wie Eisenbahn lebhaften Verkehr haben. Es ist darum am Ende der Klappe ein Gegengewicht angebracht, das der Brücke die Form einer Wippe gibt. Das Gegengewicht bildet mit dem Brückenbalken ein verschiebliches Parallelogramm. Die Gewichte sind so ausgeglichen, daß bei jeder Bewegung immer nur der Reibungswiderstand in den Gelenken zu überwinden ist. Dadurch wird bei dem hier notwendigen, sehr häufigen Öffnen der schweren Brücke sehr viel an Betriebskosten gespart, und die Bewegung vollzieht sich rasch. Diese Wippbrücke hat eine Länge von 42 Metern. Die Firma Gollnow & Sohn in Stettin hat sie in den Jahren 1914—1916 trotz aller Schwierigkeiten, die der Krieg verursachte, rechtzeitig fertiggestellt.

Ein ganz besonders eindrucksvolles Werk deutscher Brückenbaukunst im Ausland ist die Eisenbahnbrücke auf der Strecke Amsterdam—Zaandam, die über den vom Amsterdamer Hafen zur Nordsee laufenden großen Seekanal führt. Die Unterkante der Brücke liegt 12 Meter über dem Wasserspiegel, so daß kleine Dampfer ohne weiteres hindurchfahren können. Das Öffnen erfolgt durch Drehen des 128 Meter langen Mittelteils. Er ist 150 000 Kilogramm schwer, kann aber trotzdem in einer Minute um 90 Grad geschwenkt werden.

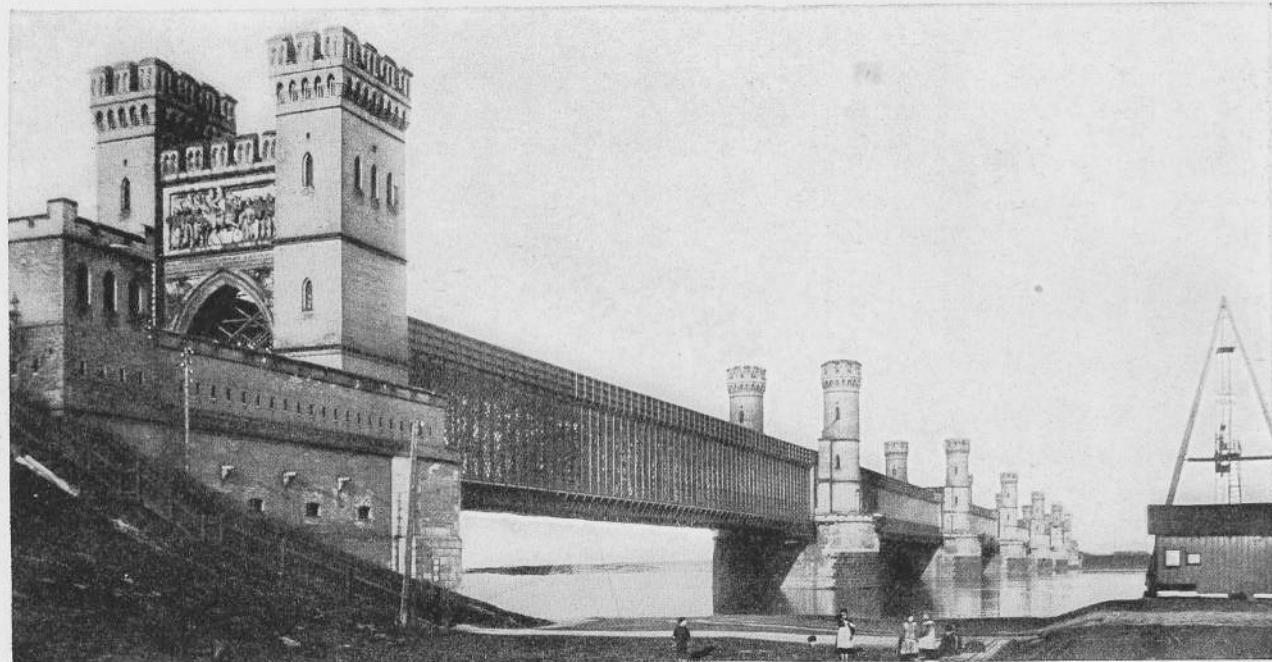
Den Antrieb besorgen Elektromotoren, die sich über dem gewaltigen, einem Turm gleichenden Mittelpfeiler befinden. Ein Zahngetriebe greift zum Hervorrufen der Bewegung in einen Zahnkranz ein. Die Drehbrücke ruht nicht auf einem Spurlager, sondern sie steht auf 48 Stahlrollen, die in einem kreisförmigen Rahmen gelagert sind. Diese größte Drehbrücke auf dem europäischen Festland ist von der Firma August Klönne in Dortmund hergestellt worden.

Wer Amsterdam besucht, wird von seinen Freunden stets auch zu dieser Sehenswürdigkeit geführt, obgleich sie recht weit

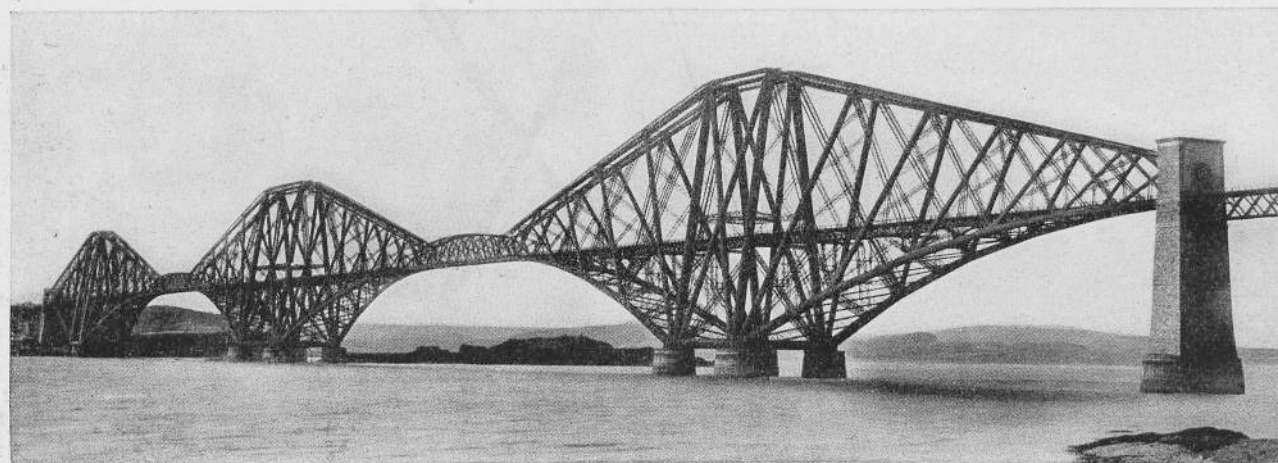


290. Die Riesenkippbrücke über den Hafen von Husum geschlossen  
Im Vordergrund der in der Bildmitte liegenden Klappe die Verriegelungsvorrichtungen für das Gleis





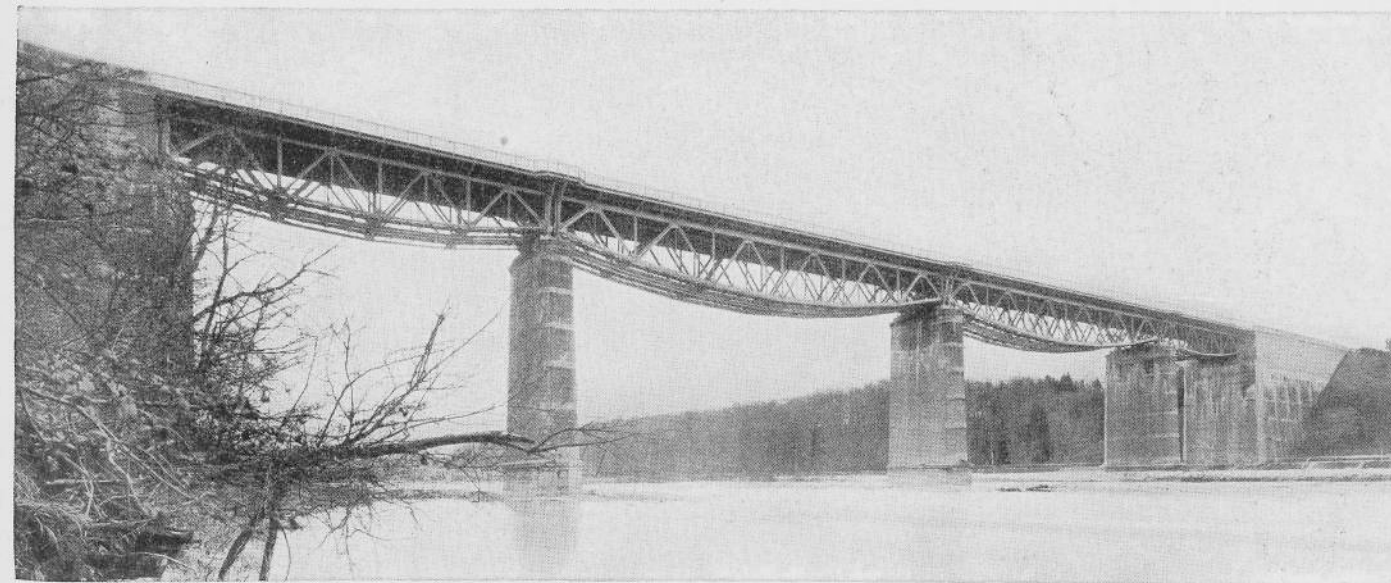
Gitterbalken-Brücke über die Weichsel bei Dirschau, erbaut von Lenze 1850—1857



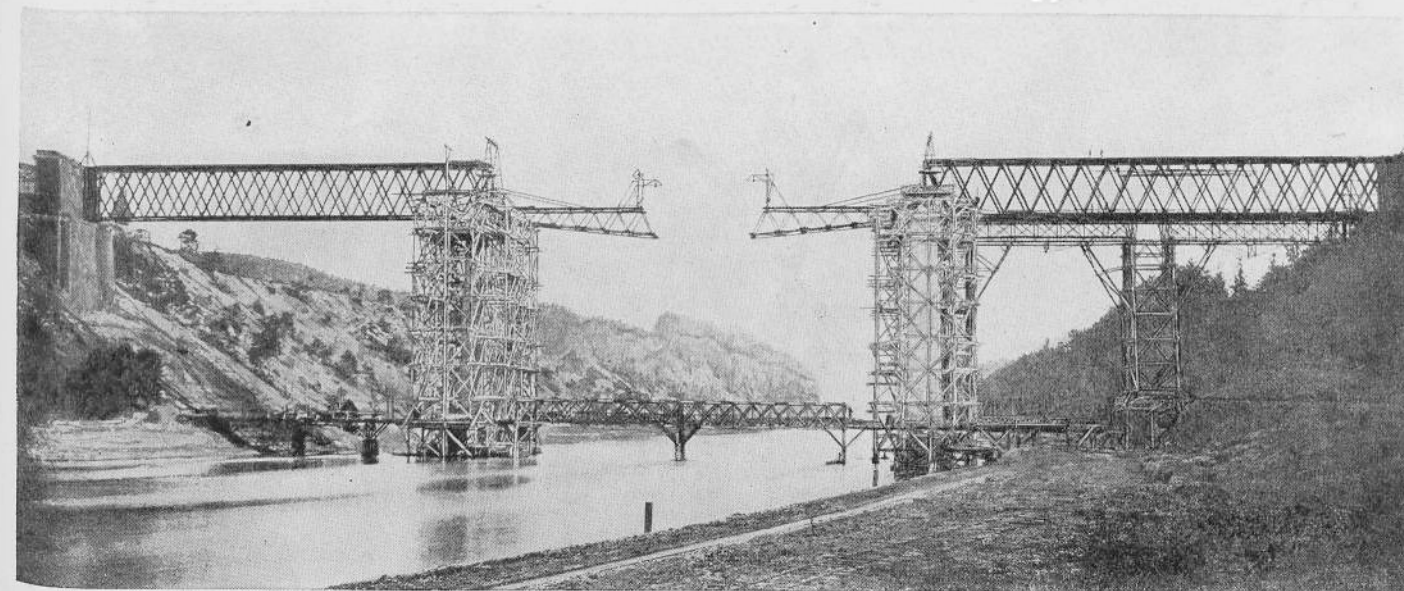
Ausleger-Brücke über den Firth of Forth in Schottland, erbaut 1883—1890 von John Fowler



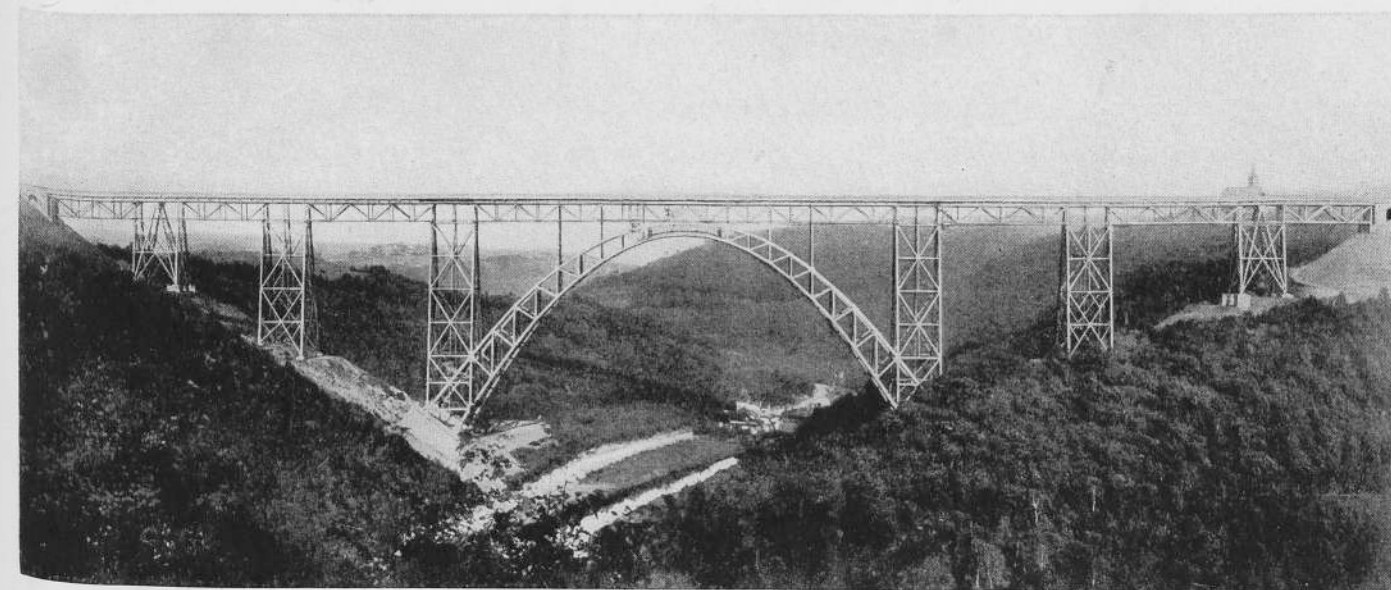
Neue Rhein-Brücke bei Köln; im Betrieb seit 1911



Alte Brücke über die Isar bei Großheffelohe. Erbaut von der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg



Gerüstfreie Herstellung des Mittelbogens an der Eisenbahnbrücke über den Inn bei Königswarth. Ausgeführt von der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg



Brücke über das Wuppertal bei Müngst, die weitest gespannte Bogenbrücke in Deutschland. Erbaut von der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg



von der Stadt abliegt. Es gibt in der Tat wenige Brücken in Europa, die einen so mächtigen Eindruck machen wie diese ungeheure, um den Kopf eines Turms sich drehende eiserne Fahrbahn.

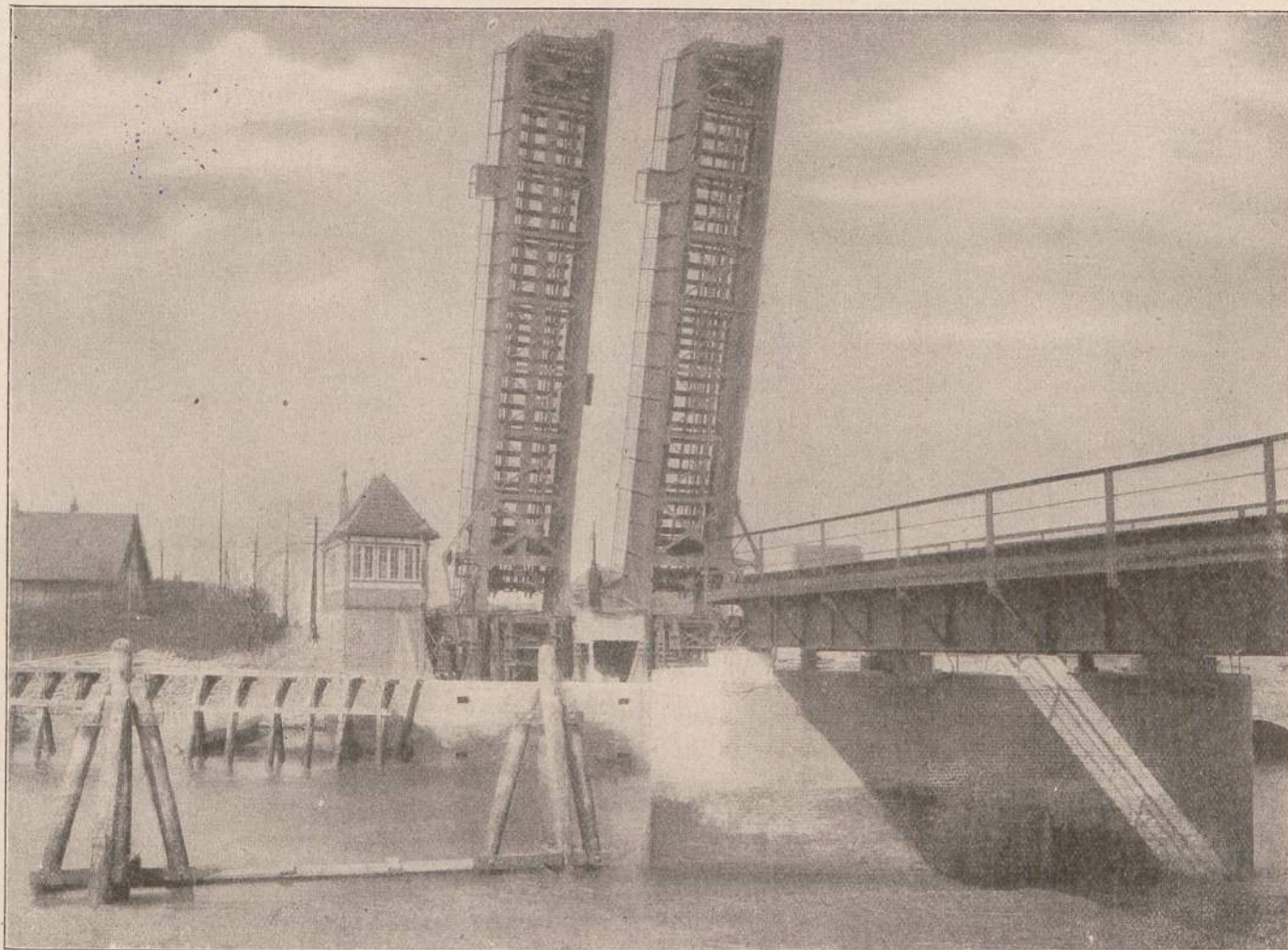
Die vollspurigen Eisenbahnen Deutschlands besaßen zwar schon im Jahre 1910 639 Tunnel, aber es befindet sich kein einziges Bauwerk darunter, das im Vergleich zu den großen Alpendurchstichen irgendwie bemerkenswert genannt werden könnte.

Der längste deutsche Tunnel liegt bei Cochem, dort wo die Moselbahn das Randgebirge des Flusses durchstößt. Das Bauwerk ist 4200 Meter lang und hat die Aufgabe, einen

Oberhof liegt der drittgrößte Tunnel Deutschlands; er ist 3030 Meter lang. Alle übrigen sind weit kürzer.

Die Anlagen aber, mit denen die Eisenbahn die größten vorgelagerten Gebirge wie spielend zur Seite schiebt, gehören zu den gewaltigsten Schöpfungen der Menschenhand.

Noch weniger als im flachen Land kann die Eisenbahn im Gebirge den kürzesten Weg wählen. Hat sie doch hier fortwährend große Höhenunterschiede zu überwinden, wobei eine gewisse Weglänge niemals unterschritten werden darf, damit die Steigungen in zulässigen Grenzen bleiben. Geht es allzu steil aufwärts, so versagt die einfache Reibungsbahn, und man muß zur Anwendung des Zahnrad- über-



291. Eine Riesenklappbrücke

Eisenbahnüberführung über den Hafen von Hufum. Erbaut von der Deutschen Maschinenfabrik-Aktiengesellschaft (Demag) in Duisburg

Bogen von 22 Kilometern, den die Mosel an dieser Stelle bildet, geradlinig abzuschneiden. Vom Eingang bis zum Ausgang des Cochemer Tunnels fährt die Eisenbahn 6 Minuten; das Dampfschiff braucht für die gleiche Strecke Stromab  $1\frac{1}{2}$ , Stromauf  $2\frac{1}{2}$  Stunden. Da die Rauchgase aus diesem Tunnel sehr schlecht abziehen, befindet sich an seinem Eingang eine große, durch Maschinen betriebene Lüftungsanlage.

Der zweitgrößte Felsdurchstich in Deutschland ist der 3575 Meter lange neue Tunnel unter dem Diestelrasen, der seit wenigen Jahren die Spitzkehre von Elm abschneidet. Der Begriff der Spitzkehre wird alsbald näher erörtert werden. Unter der Brandeite bei dem bekannten Thüringer Badeort

gehen. Bei Benutzung dieser Vorrichtung aber können die Strecken nur mit so geringer Geschwindigkeit befahren werden, daß ein großer, durchgehender Verkehr darauf nicht mehr zu bewältigen ist. Zur Herbeiführung schneller Beförderung zieht man daher vor, den Gebirgsbahnen künstliche Längenentwicklungen zu geben. Wenn diese auch große Umwege verursachen, so kommt man doch immer noch schneller von Punkt zu Punkt als auf der kürzeren Strecke mit Zahnausrüstung.

Die einfachste Form der künstlichen Längenentwicklung, zugleich aber die am wenigsten vorteilhafteste, ist die Spitzkehre (Bild 296). Jeder kennt sie von den Gebirgsstraßen her, wo sie in der Form der sogenannten Schlangenwege



auftritt. Damit der Wanderer nicht allzu scharf emporzusteigen braucht, wird die Straße nicht geradlinig an der Berglehne hinaufgeführt, sondern sie zieht im Zickzack dahin.

Auf ähnliche Weise vermag auch die Eisenbahn an einem steilen Hang hinaufzuklettern. Freilich kann der Zug an dem spitzen Ende des Umwegs nicht ohne weiteres umkehren, wie das der Fußgänger vermag. Beim Befahren von Spitzkehren muß der Zug vielmehr bald vorwärts, bald rückwärts laufen, indem er jedesmal auf dem Weg zwischen zwei Spitzen etwas in die Höhe steigt. Es ist also notwendig, bei jeder Spitze anzuhalten und die Lokomotive an das andere Ende des Zugs zu bringen. Hierdurch wird ein absatzweises, also sehr langsames Fahren bedingt.

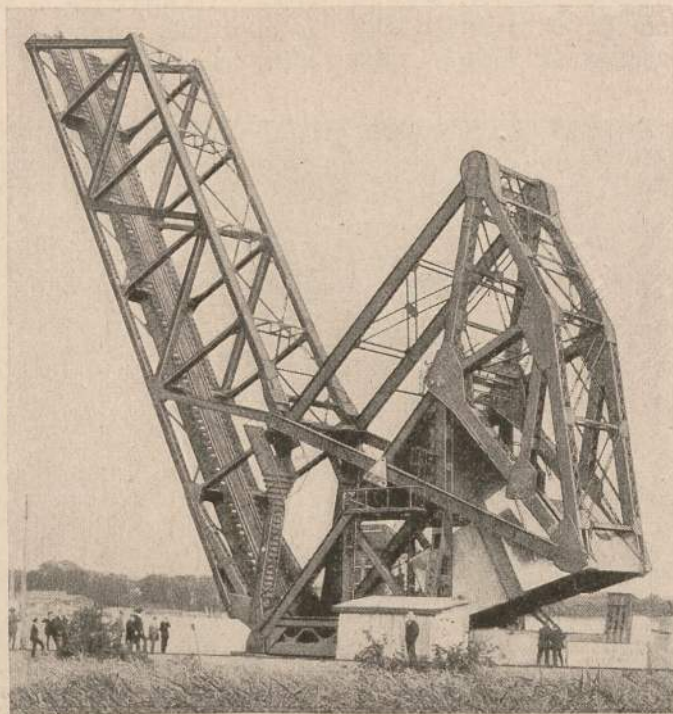
Auch in Deutschland sind in einige Bahnstrecken Spitzkehren eingebaut. Die Harzbahn Blankenburg—Tanne besitzt eine solche auf ihrem Bahnhof Bast-Michaelstein, und ferner waren zwei Spitzkehren bis kurz vor dem Krieg auch in die große Schnellzugstrecke Berlin—Frankfurt am Main bei Bebra und in der Nähe des bereits erwähnten Bahnhofs Elm eingeschaltet. Sie liegen heute beide in Nebenstrecken.

Die Bahn hat bei Elm die Wasserscheide zwischen dem Main und der Weser zu übersteigen. Um die Kosten möglichst gering zu halten, suchte man bei der Anlage der Strecke über die Höhe von 318 Metern dadurch hinwegzukommen, daß man die Bahn vom Bahnhof Schlüchtern aus gleichlaufend mit dem Höhenrücken in einem langen Umweg nach Elm führte, dort die Zugrichtung umkehrte und wieder an dem Höhenrücken, aber auf dessen anderer Seite, entlang zurückfuhr, bis bei Flieden die eigentliche Fahrtrichtung von neuem erreicht war. Die Entwicklung der Strecke Berlin—Bebra—Frankfurt a. M. zu einer der wichtigsten Durchgangslinien, auch für den Fall der Mobilmachung, ließ jedoch diese zeitraubende Höhenüberwindung so lästig er-

scheinen, daß man sich entschloß, statt der weit ausbiegenden Spitzkehre einen Tunnel zwischen Schlüchtern und Flieden durch den Diestelrasen-Berg anzulegen. Infolge dieser Neuanlage ist der Weg jetzt um 6,8 Kilometer abgekürzt und die Steigung um 36 Meter vermindert. Jeder Schnellzug erspart dadurch 15 Minuten Fahrzeit.

Bei den Alpenüberquerungen läßt sich auch auf den ganz großen, durchgehenden Strecken die Anlage von Kehren nicht vermeiden. Man verbessert sie aber dadurch, daß man an der Stelle, wo die Fahrtrichtung umkehrt, nicht eine Spitze anordnet, sondern einen sanften Bogen, den der Zug durchfährt, ohne anzuhalten und ohne daß die Maschine umgeseht zu werden braucht. Man legt, wenn es irgend möglich ist, solche Rundkehren oder Schleifen in Seitentälern, weil bei solcher Anordnung die geringste Zahl von Kunstbauten notwendig ist.

Bild 298 stellt eine solche Seitentalschleife dar. Beim geradlinigen Durchfahren der Strecke zwischen den Höhenlagen + 100 und + 170 Meter würde die Bahn eine unzulässige Steigung zu überwinden haben; daher läßt man sie einen Umweg durch das Seitental machen, das gerade günstig liegt. Hier klettert sie an der Berglehne der einen Talseite langsam empor, kehrt, immer steigend, am Ende des Tals in einem Bogen um und steigt langsam weiter, bis die Höhenlage + 170 Meter erreicht ist. Unter anderen besitzt die Strecke über den Brennerpaß eine Anlage dieser Art. Hier zeigt die Eisenbahn einmal, daß sie schwerfälliger ist als die Landstraße. Zu Fuß gelangt man



292. Wippbrücke über den Trollhätta-Kanal in Schweden. Das Öffnen der Klappe ist durch Anbringen eines Gegengewichts erleichtert. Erbaut von J. Gollnow & Sohn in Stettin

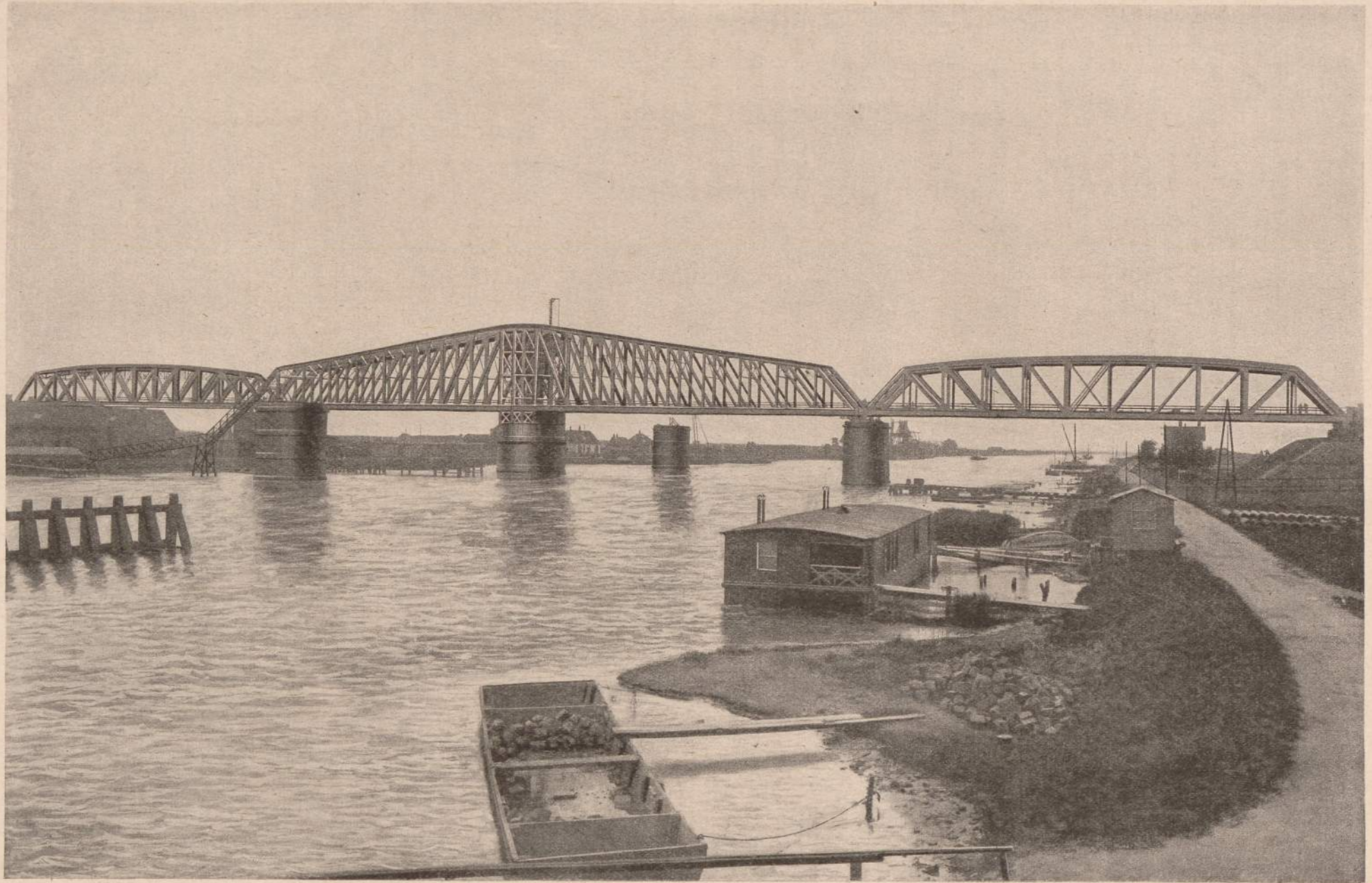


293. Die Wippbrücke über den Trollhätta-Kanal geschlossen. Das Gegengewicht ist emporgehoben

von Schellenberg nach Gossensaß weit schneller als im Abteil des D-Wagens.

Seitentäler sind jedoch nicht immer zur Verfügung. Als dann muß die künstliche Längenentwicklung in dem von der Bahn benutzten Haupttal selbst stattfinden. Dies gibt Anlaß zu den großartigsten und überraschendsten Bauten, insbesondere dann, wenn doch eine Seitenentwicklung durch





294. Drehbrücke über den Nordsee-Kanal bei Amsterdam

Der Mittelteil kann um 90 Grad gedreht werden; das eine Ende ruht alsdann auf dem Pfeiler im Hintergrund. Erbaut von August Klönne in Dortmund



die höchst merkwürdige Anlage von Kehrtunneln gewaltsam ermöglicht wird. Werke solcher Art sind für die Bahn über den St. Gotthard zum erstenmal in besonders großartiger Weise ausgeführt worden.

In der Nähe des Pfaffensprungs steigt das hier sehr schmale, beiderseits von ragenden Felsen eingeschlossene Tal der Reuß weit rascher auf, als daß die Bahn der Talhebung ohne weiteres zu folgen vermöchte. Es ist hier auch keine Gelegenheit, irgendwohin ohne weiteres auszubiegen, und so mußte eine Seitenausladung dadurch erzwungen werden, daß man in den Berg selbst einen eigenartig geformten Tunnel hineintrieb, der nun also die ansteigende Seitentalschleife zu ersetzen hat. In dem rückkehrenden Tunnel muß daher eine allmähliche Hebung der Bahn stattfinden, so daß dieser die Form einer Schraubenlinie mit Einer Windung erhalten hat. Bei der Einfahrt in den Pfaffensprung-Berg liegt die Bahn 774 Meter hoch, bei der Ausfahrt hat sie 809 Meter erreicht, sie ist also im Berg um 35 Meter gestiegen. Solcher großen Kehrtunnel, in denen die Bahn steigend ihre Fahrtrichtung einmal umkehrt, besitzt die Gotthardbahn jenseits des großen Scheiteltunnels noch vier.

Der größte Umweg, den die Gotthardstrecke zu machen hat, befindet sich jedoch bei dem Ort Wassen, bald hinter dem Pfaffensprung. Hier sind die nicht ganz geschlossenen Kehrtunnelschlingen als Enden zweier langer Schleifen in dem breiten Haupttal ausgebildet. In drei Stockwerken liegen hier die Bahnabschnitte in kühnstem Bau übereinander. Da die Umkehr der Fahrtrichtung an den Enden der beiden Schleifen in verdeckten Kehren, nämlich im Watzinger und Leggistein-Tunnel stattfindet, so daß sie mit dem Auge nicht verfolgt werden kann, vermag der Reisende, der keine Karte zur Hand hat, sich keine Vorstellung von dem Weg der Bahn zu machen.

In der Waserer Doppelschleife, deren Anfangs- und Endpunkte in der Geraden nur drei Kilometer voneinander entfernt sind, steigt die Bahn um 256 Meter. Man fährt an der Kirche von Wassen dreimal vorbei, sieht sie einmal hoch über sich, dann dicht neben der Bahn und schließlich tief drunten.

Großartige Kehranlagen besitzt auch die Albula-Bahn, die zum Engadin emporführt. Hier sind zwei schraubenförmige Tunnel senkrecht übereinander angeordnet.

Der Zweck all dieser Kehren und Schleifen ist die Erreichung des eigentlichen Gebirgsdurchbruchs, des großen, meist ganz gerade durch die Gebirgsmasse hindurchführenden Tunnels. Man muß diese Bauten notgedrungen in eine

gewisse Höhe legen, da sie näher am Fuß des Gebirges zu lang werden würden.

Am höchsten von allen Bahnlinien klettert die südamerikanische Strecke Rio Mulato—Potosi hinauf. Der Tunnel, in dem sie die Anden durchfährt, liegt 4880 Meter über dem Meeresspiegel. Das ist mehr als die Höhe des Mont Blanc, dessen Gipfel 4810 Meter emporragt. Man vermag in jener Gegend die Geleise so hoch hinaufzuführen, weil dort, nicht allzuweit vom Äquator, die Grenze des ewigen Schnees in einer Höhe von 5000 Metern liegt, während die Alpen schon von 2800 Metern ab vereist sind. Die Durchdringung der Gletscher würde ungeheure Schwierigkeiten verursachen.

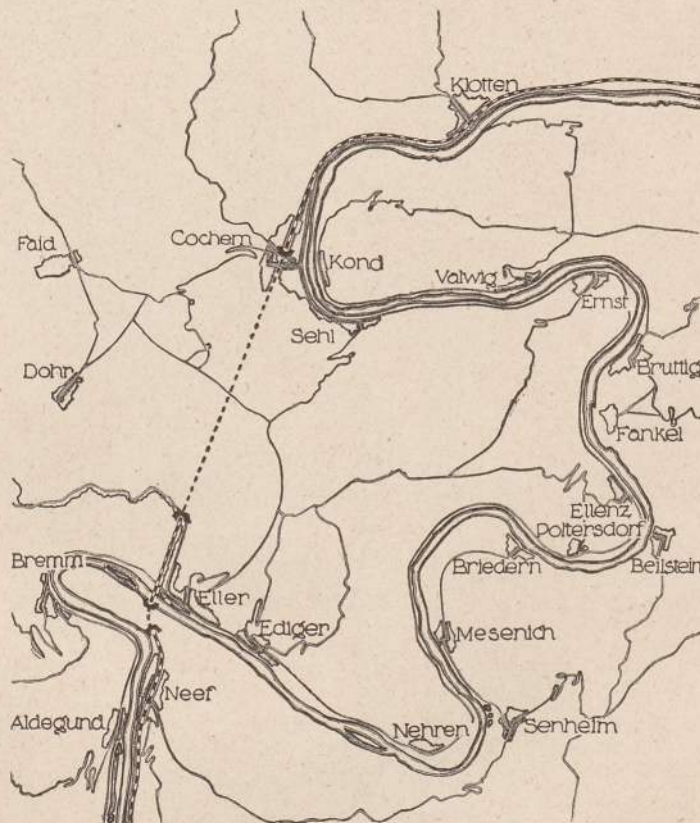
Es sei, um den Gegensatz hierzu zu geben, angemerkt, daß die tiefste von einer Bahnstrecke erreichte Stelle sich auf der Linie Haifa—Deraat befindet, die das Tal des Jordan durchzieht. Bei Dhise-el-Mudschami überschreitet die Bahn den Fluß 10 Kilometer südlich des Sees Genesareth und erreicht auf diesem Senkungsgebiet eine Stelle, die 246,5 Meter unter dem Meeresspiegel liegt.

Die größte Höhe von allen Eisenbahnen in Europa — abgesehen von den eigentlichen Bergstrecken, die später besprochen werden — erreicht die Brennerbahn mit 1367 Metern über dem Meeresspiegel. Aber den Brenner läuft der älteste Verkehrsweg zwischen Nordeuropa und Italien, weil hier die tiefste Alpeineinsattelung liegt. Der Übergang ist schon in der Römerzeit viel benutzt worden, weil er am bequemsten überstiegen werden kann. Aus demselben Grund wurde an dieser Stelle auch der erste Schienenweg über das gewaltige Gebirge gelegt. Die Brennerbahn ist die einzige von allen Alpenüberschneidungen, die keinen großen Durchbruchstunnel besitzt. Die

Paßhöhe wird vielmehr in einem offenen Einschnitt überschritten. Dies bedeutet einen großen Vorzug, sowohl was die Baukosten, als was die Annehmlichkeiten für die Reisenden betrifft. Die Vermeidung eines Tunnelbaus ist jedoch nur möglich, wenn die Schienenoberkante, wie hier, nicht tiefer als 15 Meter unter den Bergrücken gelegt werden muß. Von da ab würde die Herstellung eines Einschnitts zu teuer werden.

Die weltberühmten großen Alpendurchstiche haben folgende Höhenlagen über dem Meer:

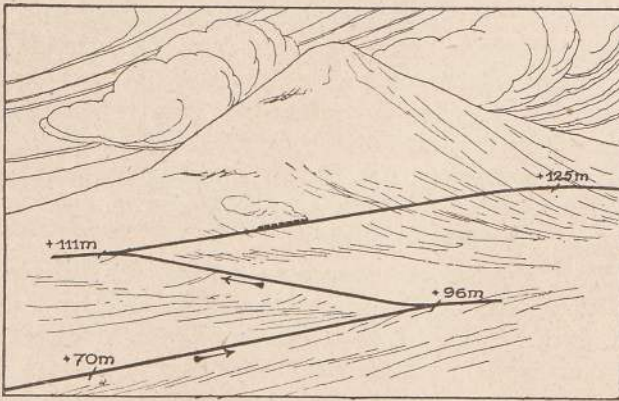
Arzlberg (Schweiz—Österreich)	1320 Meter
Mont Cenis (Schweiz—Frankreich)	1294 "
Lötschberg (Nordwest-Schweiz—Italien)	1245 "
Gotthard (Nordost-Schweiz—Italien)	1154 "
Simplon (Südwest-Schweiz—Italien)	704 "



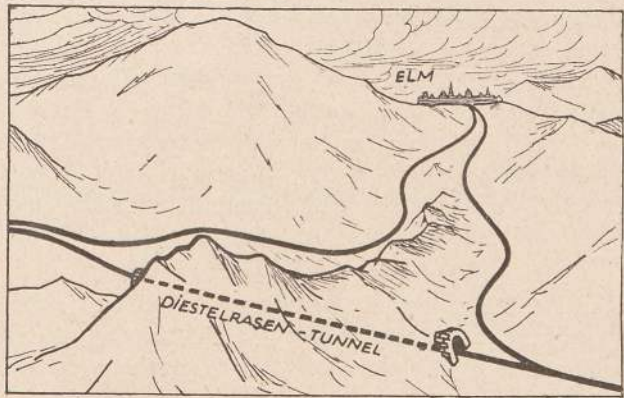
295. Strecke der Moselbahn Koblenz—Trier mit dem größten Tunnel in Deutschland

Durch die Unterfahrung des Randgebirges bei Coblenz wird eine weite Krümmung der Mosel abgeschnitten, deren Uferlinien die Bahn sonst folgt

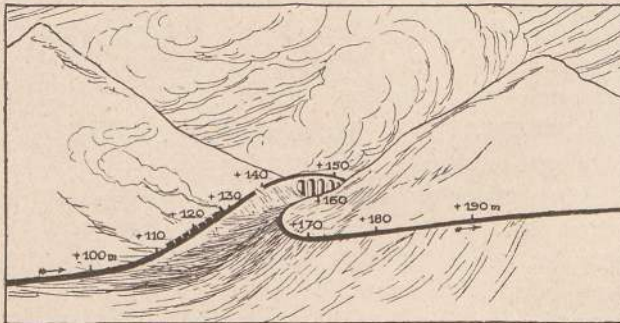




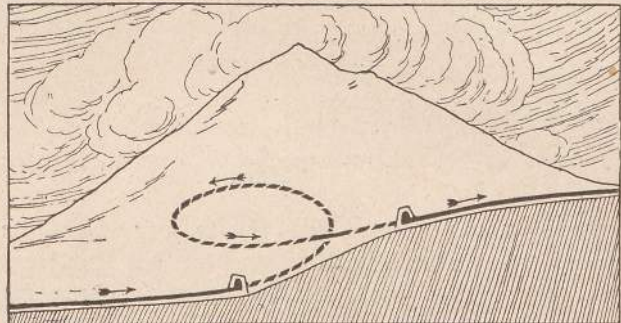
296. Wie die Eisenbahn Berghänge erklettert  
Spitzkehren im Himalaja



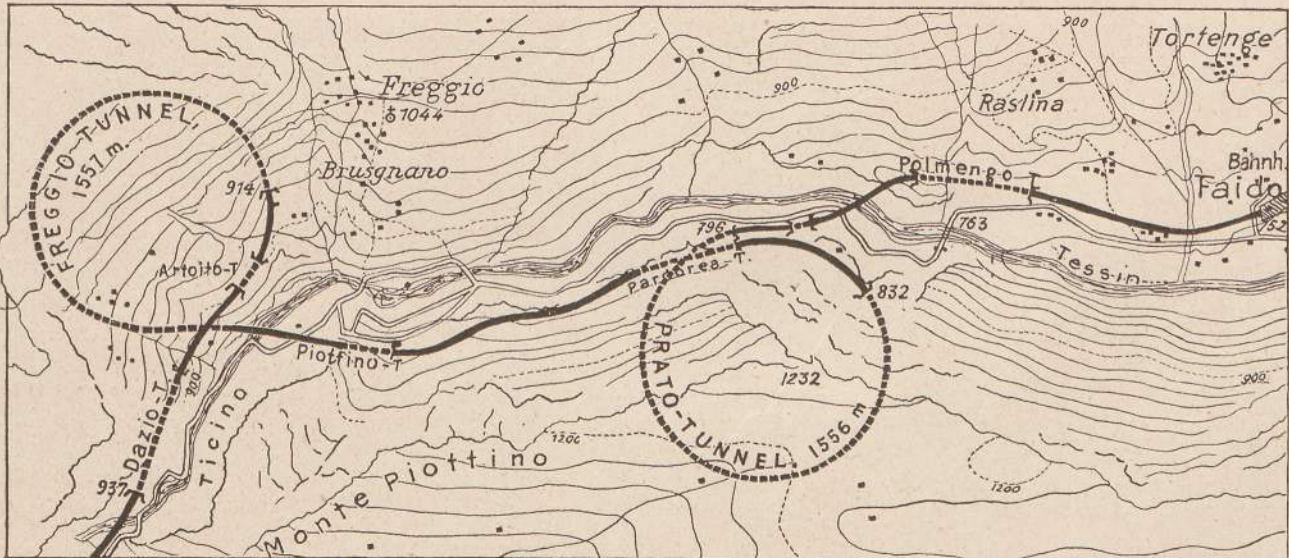
297. Spitzkehre bei Elm  
die früher in der Schnellzugstrecke Berlin—Wehra—Frankfurt a. M.  
lag und heute durch den Diestelrasen-Tunnel ersetzt ist



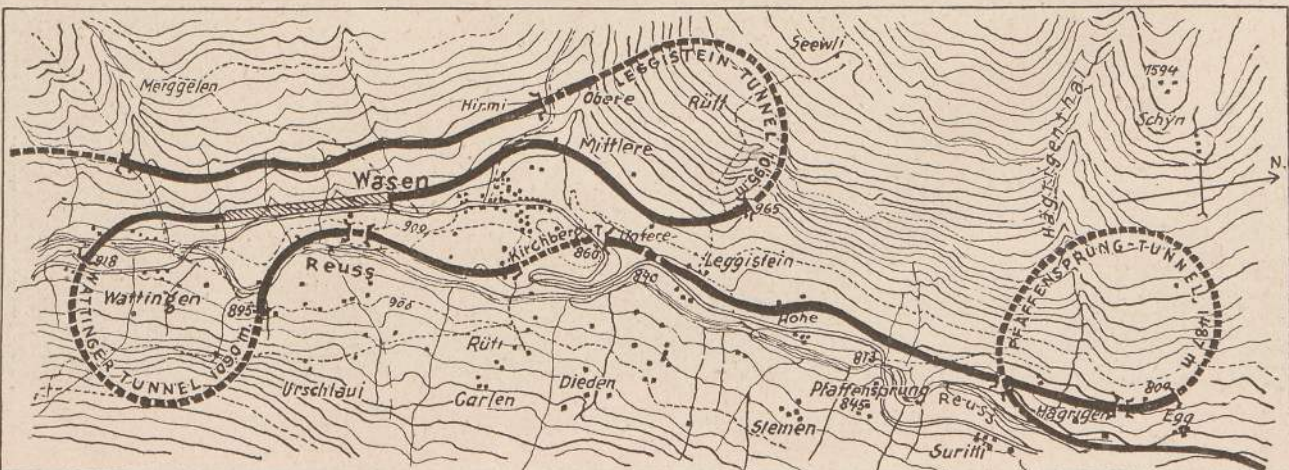
298. Rundkehre im Seitental  
zur Vermeidung zu starker Steigung im Haupttal



299. Kehrtunnel  
Bahnsteigung in einem Berg



300. Kehren der Gotthardbahn bei Faido und Dazio Grande



301. Schleifen der Gotthardbahn bei Wassen



Durch diese gewaltigen Bauten ist das Schweizerland an die großen zwischenstaatlichen Verkehrswege angeschlossen.

In diesem Zusammenhang muß noch die Bahn über den Semmering besonders erwähnt werden, da sie in den Jahren 1849—1852 als erste große Gebirgsstrecke des europäischen Festlands erbaut wurde. Sie dient der Verbindung zwischen Wien und dem großen Adriaafen Triest. Alle Gebirgsbahnbauer auf der Erde haben aus dieser Anlage gelernt; was hier geschaffen war, wurde unmittelbar zum Vorbild für die Überschienung des Schwarzwalds und der Alpen.

Infolge ihrer verschiedenen Höhenlagen haben die großen Alpentunnel auch wechselnde Längen. Die Ausdehnung wächst mit abnehmender Höhenlage. Die Längen betragen in abgerundeten Zahlen:

beim Arlberg-Tunnel	10 Kilometer
beim Mont Cenis-Tunnel	12 "
beim Lötschberg-Tunnel	14 "
beim Gotthard-Tunnel	15 "
beim Simplon-Tunnel	20 "

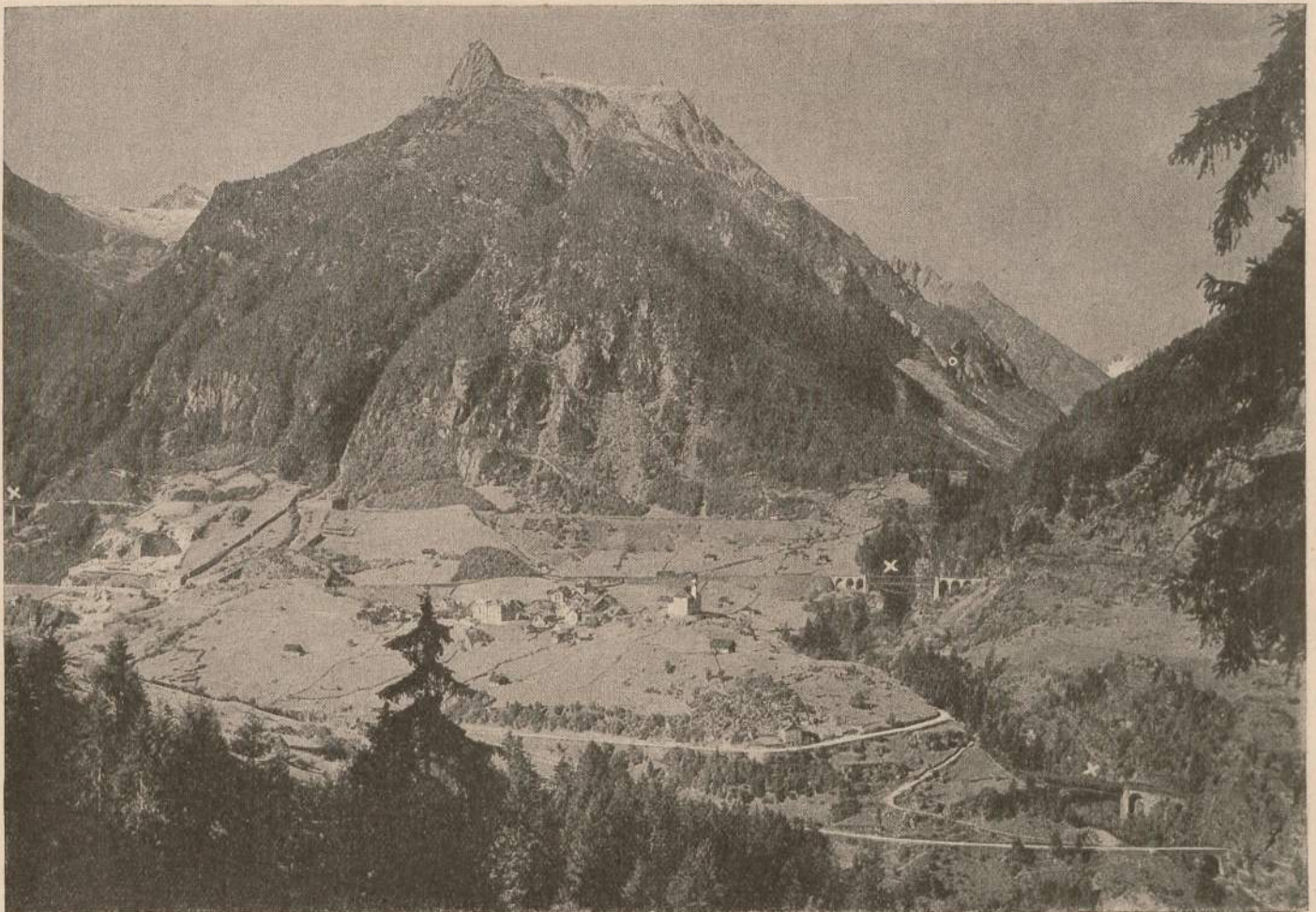
Dieser letzte ist der bei weitem längste Tunnel auf der Erde.

Die Durchstechung eines hohen Gebirgszugs ergibt betrieblich stets eine bessere Strecke, als wenn das Hindernis in seiner vollen Höhe offen überschritten wird; denn die verlorene Steigung wird sehr viel geringer, man braucht nicht weit hinauf zu fahren, nur um sich sogleich wieder

hinabzuwenden. Die Baukosten für einen Tunnel sind unter allen Umständen hoch, und dennoch kann man oft errechnen, daß die Bahnstrecke durch Ausführung einer Bergdurchbohrung billiger wird. Denn bei offener Überschreitung des Passes müßte die Linie ja auf sehr viel weiterem Weg über ungünstigsten Boden geführt werden. Die ständigen Betriebsausgaben für die Überwindung der verlorenen Steigung und für die Zurücklegung der längeren Strecke würden weit höhere Gelbdaufwendungen verursachen.

Diese Erwägungen vermögen sogar zu der Überzeugung zu führen, daß die Herstellung eines tiefer liegenden Tunnels an Stelle eines früher in größerer Höhe erbohrten und deshalb kürzeren nützlich sein und Ersparnis bringen kann. So wurde der Tunnel, der 1853—1857 mit einer Länge von 2495 Metern in 562 Metern Meereshöhe durch den Hauenstein auf der Strecke Basel—Olten hergestellt wurde, in den Jahren 1912—1915 durch einen um 110 Meter tiefer liegenden, 8148 Meter langen Durchstich ersetzt. Die Fahrzeit Basel—Olten ist hierdurch um etwa 25 Minuten verringert, die Bahnlinie um 30 Betriebskilometer gekürzt worden.

Es wird auch sehr eifrig erwogen, die älteste der großen Alpendurchbohrungen durch eine neue zu ersetzen. Der Tunnel durch den Mont Cenis wurde von Sommeiller unter der wissenschaftlichen Mitarbeit von Colladon mit einer Scheitelhöhe von 1294 Metern hergestellt. Nun soll er durch einen in 1070 Metern Höhe liegenden, freilich 10 Kilometer längeren Tiestunnel ersetzt werden. Der Weg



302. Blick auf Basen mit den drei übereinanderliegenden Eisenbahnlinien (X)



### Simplon-Tunnel erbaut von 1898-1905 für die Eisenbahn Genua - Genf. Längster Tunnel der Welt.

3000 m über d. Meer



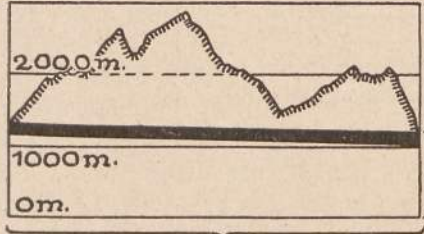
Länge d. Tunnels = 19800 m.

### St. Gotthard-Tunnel erbaut von 1872-1881 für d. Eisenbahn Mailand-Zürich. 3000 m.



Länge des Tunnels = 14900 m

### Lötschberg-Tunnel erbaut von 1906-1912 für die Eisenbahn Genua-Basel. 3000 m.



Länge d. Tunnels = 13700 m.

Höhe des Gebirges über dem Tunnel

= 1775 m.

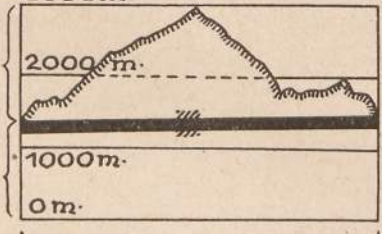
1654 m.

Höhe des Tunnels über dem Meer

= 1245 m.

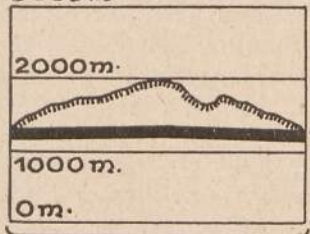
1294 m.

### Mont Cenis-Tunnel erbaut von 1857-1871 für d. Eisenbahn Turin-Lyon. 3000 m.



Länge d. Tunnels = 12200 m

### Arlberg-Tunnel erbaut von 1880-1884 für d. Eisenbahn Innsbruck-Bregenz. 3000 m.

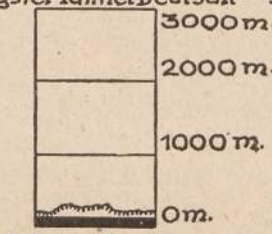


Länge d. Tunnels = 10200 m.

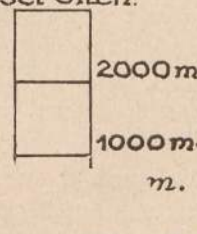
Höhe d. Gebirges  
über d. Tunnel  
= 720 m.

Höhe d. Tunnels  
über d. Meer  
= 1320 m

### Kaiser-Wilhelm-T. erbaut v. 1874-1878 für d. Eisenb. Koblenz-Trier. Längster Tunnel Deutschl.

Länge des T.  
4200 m.

### Hauenstein-T. erbaut v. 1853-1857 für d. Eisenbahn Basel-Olten.

Länge d. T.  
2500 m.

### Semmering-T. erbaut v. 1849-1852 für die Eisenbahn Wien-Triest.

Länge d. T.  
1400 m.

Höhe d. Gebirges  
über d. Tunnel  
= 120 m

Höhe d. Tunnels  
über d. Meer  
= 898 m.

303. Vergleichende Angaben über die wichtigsten Tunnelbauten  
Nach einer Tafel im Deutschen Museum zu München

von Paris nach Mailand, der jetzt 945 Kilometer lang ist, würde dann nur noch 909 Kilometer betragen.

Die ältesten aller Eisenbahn-Tunnel sind die beiden kleinen auf der Strecke Manchester-Liverpool von George Stephenson in den Jahren 1826 bis 1830 ausgeführten Durchstiche (Seite 156). In Deutschland wurde der erste Eisenbahn-Tunnel 1837 auf der Strecke Leipzig-Dresden bei Döberau hergestellt.

Der Bau eines Tunnels wird stets mit dem Vorbringen eines Richtstollens begonnen. Das ist ein schmaler, niedriger Ausbruch, der nur gerade so viel Raum bietet, daß man darin arbeiten und das geförderte Gestein hinaus schaffen kann. Der Richtstollen schließt das Gebirge auf; er läßt erkennen, welche geologischen Schichtungen durchfahren werden müssen, so daß vor Beginn der größeren Arbeiten die nötigen Maßnahmen getroffen werden können. Außerdem gibt er die Möglichkeit, die Achsrichtung genau festzustellen.

Der Bau wird, damit man nicht allzuviel Zeit aufzuwenden braucht, stets von beiden Seiten zugleich begonnen. Das setzt

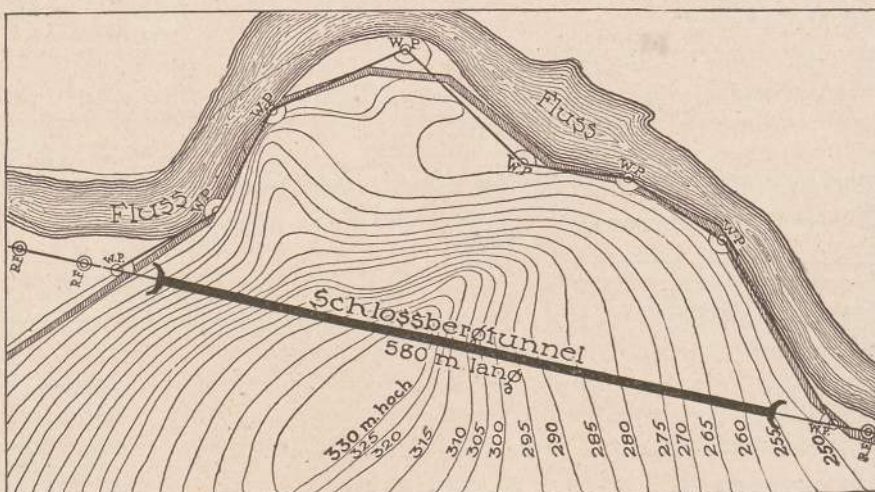
eine genaueste Feststellung der Richtung voraus, da die beiden Stollen in der Mitte zusammentreffen müssen. Mit Recht ist diese Richtungsfestlegung eine der am meisten bewunderten Leistungen menschlichen Geistes. Ihre Grundlagen seien ganz kurz angegeben.

Die beiden Tunneltore liegen bei großen Bauten stets so, daß man von dem einen aus weder das andere, noch irgendeinen Punkt von dessen Umgebung wahrzunehmen vermag. Man kann auch nicht eine Vermessungslinie über den Bergrücken legen und von dort etwa Bohrlöcher hinuntertreiben, denn deren Länge würde wegen der Höhe des überlagernden Gebirges viel zu groß werden. Außerdem würden furchtbare Abgründe sowie die Vergletscherung des Betreten des zwischenliegenden Bergrückens an vielen Stellen unmöglich machen.

Es muß daher eine mittelbare Verbindung zwischen den Tunneltoren hergestellt werden. Deren Ziel ist, auf beiden Seiten genau den Winkel festzulegen, den die gewählte Tunnelrichtung mit je einer bekannten Linie im Gelände bilden muß.



Wir wollen, um ein Beispiel zu geben, annehmen, daß aus der nächsten Umgebung des Punktes, an dem ein Tunneltor errichtet werden soll, eine Landstraße mit vielen Windungen in die Nähe des anderen Tors hinüberführt, wie das auf Bild 304 dargestellt ist. Man kann alsdann diese Landstraße genau vermessen, die Länge jeder geradlinigen Erstreckung festlegen



304. Messungen vor Beginn eines großen Tunnelbaus von beiden Seiten  
Festlegung der Tunnelrichtung durch trigonometrische Aufnahme im Gelände

und mit Hilfe der trigonometrischen Hilfsmittel auch ganz genau den Winkel bestimmen, den jede geänderte Richtung zu der vorhergehenden bildet. Nach Beendigung dieser Arbeit ist man imstande, die Landstraße mit vollkommener Genauigkeit in eine Karte einzuzichnen. Verbindet man nun die beiden Anfangspunkte des Tunnels durch eine gerade Linie und verlängert diese so weit nach beiden Seiten, bis sie die eingezeichnete Landstraße schneidet, so kann man auf der Karte den Winkel abmessen, den die Tunnelachse zu den geschnittenen Landstraßenstücken diesseits und jenseits bilden muß. Damit liegt die Richtung genau fest, und es kommt jetzt nur darauf an, sie auch im Gelände abzustechen und beim Bau aufs genaueste innezuhalten.

Zu diesem Zweck wird zunächst auf jeder Seite der von der Karte entnommene Winkel zwischen dem letzten Straßenstück und der Tunnelachse abgemessen, und es werden zwei starke Pfosten in der genauen Tunnelrichtung in die Erde gesetzt. Auf ihnen werden die Richtungs-



305. Richtlampe im Tunnel

die zur Festlegung der Achsrichtung anvisiert wird. Julius Berger Tiefbau-A.-G.

so eingestellte Fernrohr gerade im Kreuzungspunkt der beiden Fäden erscheint, dann ist damit der Anfang der Tunnelachse bestimmt. Ist der Richtstollen ein kleines Stückchen vorgetrieben, so läßt man von der Decke wiederum ein Lämpchen hinunterhängen und verschiebt es so lange, bis der durch das Fernrohr Blickende es in gerader Linie hinter den beiden

Pfostenmarken und der ersten Lampe liegen sieht. So wird allmählich Lampe hinter Lampe gehängt, neue, mit vollkommener Genauigkeit festgelegte Pfostenmarken werden auch im Tunnel in gewissen Abständen immer wieder geschaffen, und auf diese Weise ist man imstande, von beiden Seiten aus die Achsrichtung innezuhalten.

Die Genauigkeit der Richtungshaltung hängt natürlich von der Vollkommenheit der verwendeten Winkelmesswerkzeuge ab. Bei dem vorhin erwähnten, von der Firma Julius Berger-Berlin erbauten Hauenstein-Basis-Tunnel betrug beim Durchschlag die Achsabweichung der beiden Bau-seiten nicht mehr als 2 Zentimeter. Selbst bei dem 20-Kilometer langen Simplontunnel ergab sich nur ein Fehler von 20 Zentimetern. Der Meßtechnik kann kein glänzenderes Zeugnis ausgestellt werden als durch diese eindrucksvollen Tatsachen.

Durch die Erweiterung des Richtstollens wird die endgültige Tunnelform hergestellt. Der vorausgetriebene Stollen kann entweder im First oder in der Sohle des Gesamt-

profils liegen. Dementsprechend sind die von ihm ausgehenden weiteren

Ausbrucharbeiten vorzunehmen. In den Bildern 306 und 307 ist gezeigt, wie das beim Bau des Gotthard-Tunnels geschah, der nach den Plänen von Louis Favre ausgeführt wurde. Dieser hatte sich vom einfachen Zimmermann zum Großunternehmer emporgearbeitet. Er ist kurz vor dem Durchschlag des Gotthard-Tunnels in diesem plötzlich gestorben.



Die Tunnel-Baukunst im heutigen Sinn ist wenig mehr als sechs Jahrzehnte alt. Vordem mußte in mühseligster Weise das Gestein von Hand mit Meißel und Häufel abgeschlagen werden. Allenfalls konnte man das Feuer setzen anwenden, ein Verfahren, bei dem das Gestein durch Feuer erhitzt und dann mittels rasch darauf gegossenen kalten Wassers abgeschreckt wurde, so daß es zermürbte. Die Herstellung des Mont Cenis-Tunnels durch Handbohren war auf 25 Jahre berechnet worden. Eine Ersparnis von fast einem Jahrzehnt wurde dann durch die Einführung der Pulversprengung erzielt. Jetzt brauchen nur noch die Bohrlöcher von Hand hergestellt zu werden.

Im Gotthard arbeiteten bereits ausschließlich Bohrmaschinen, die heute zu trefflichen Werkzeugen ausgebildet sind. Sie können durch Druckluft, Druckwasser oder Elektrizität angetrieben werden. Die Bohrmeißel, die an Spannsäulen angebracht werden, dringen in das Gestein ein, indem sie eine rasch stoßende und zugleich drehende Bewegung ausführen. Die Sprengmittel sind indessen ebenfalls bedeutend verbessert worden, so daß man mit einer geringen Zahl von Bohrlöchern auskommt und die Tunnelbauten rascher vor sich gehen.

Beim Gotthard-Tunnel vermochte man in den günstigsten Monaten nur um je 111 Meter vorwärts zu kommen, beim Aarberg-Tunnel brachte man es schon auf 166 Meter im Monat, und der Simplon-Tunnel wurde in der gleichen Zeit um je 270 Meter vorgetrieben.

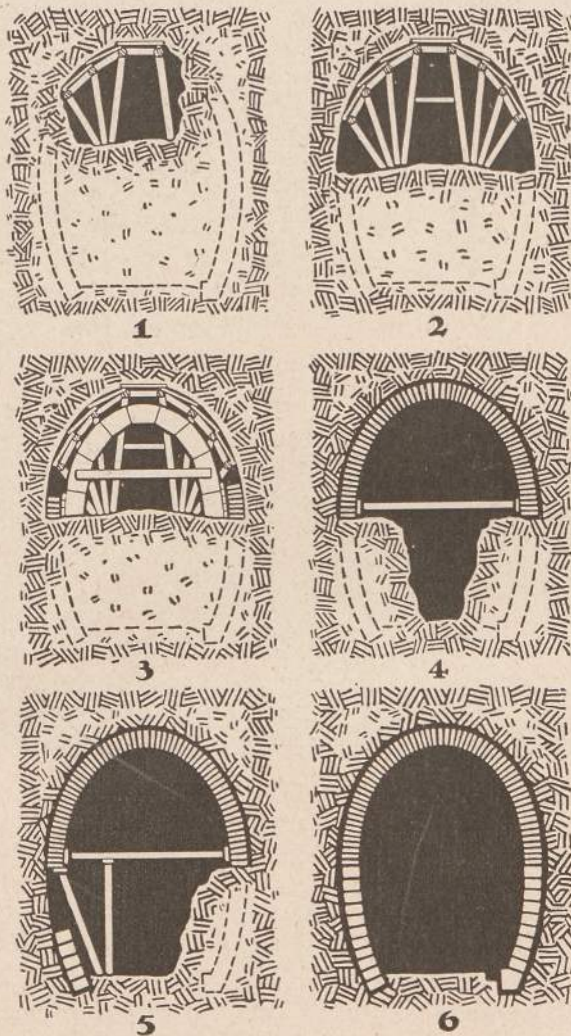
Noch deutlicher sprechen die folgenden Zahlen. Für die Herstellung des im Jahre 1880 durchgeschlagenen 15 Kilometer langen Gotthard-Tunnels brauchte man 8 Jahre, für

den 1871 vollendeten um 3 Kilometer kürzeren Mont Cenis-Tunnel sind 13 Jahre Bauzeit notwendig gewesen. Der 20 Kilometer lange Simplon-Tunnel ist von der Hamburger Firma Brandt, Brandau & Co. trotz vieler unerwarteter Hindernisse in nur 6½ Jahren hergestellt worden.

Der Tunnel-Querschnitt wird nur dann Kreisrund gemacht, wenn er durch stark druckhaftes Gebirge führt, das heißt durch eine Schichtung, die keinen festen Zusammenhang in sich hat, sondern danach strebt, sich zusammenzuschieben und die Höhlung auszufüllen. Wo dagegen das Gebirge fester ansteht, wählt man ein ungefähr hufeisenförmiges Profil wie beim Gotthard. Die Ausmauerung wird nur in loseren Schichten auch über die Sohle geführt, während an günstigeren Stellen das Sohlengewölbe fortfällt. Oft wird so fest anstehendes Gestein durchfahren, daß die Ausmauerung ganz fortbleiben kann. Doch pflegt man stets eine Verkleidung des Natursteins durch wetter- und säurebeständige künstliche Steine vorzunehmen, da Luft und Lokomotivgase sonst schädliche Verwitterungs-Erscheinungen hervorrufen könnten.

Der Tunnel muß so gebaut werden, daß seine Sohle von beiden Seiten her gegen die Mitte etwas ansteigt, damit das Wasser, das angeschlagenen Quellen ent-

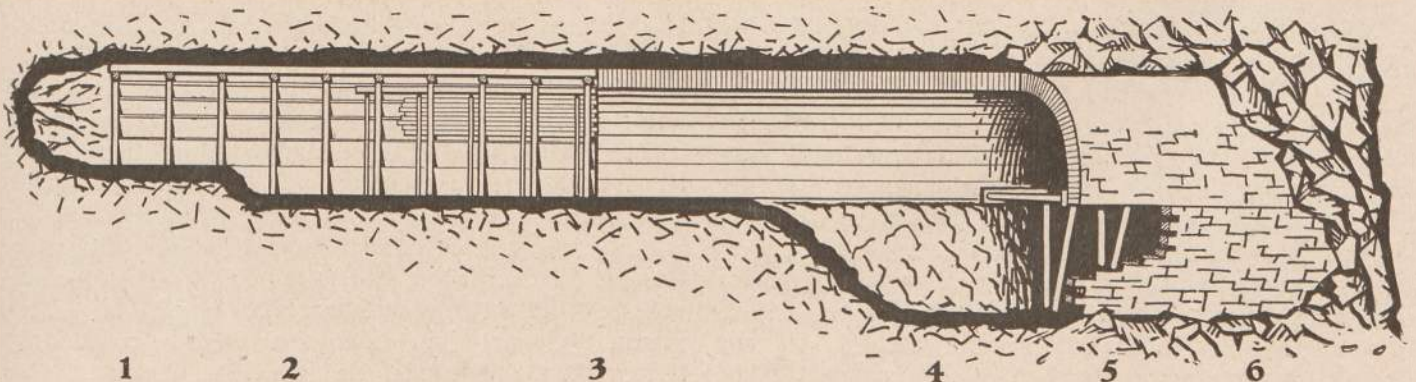
entströmt, abfließen kann. Für die Herbeiführung von Frischluft zur Lüftung und Kühlung muß während der ganzen Bauzeit gründlichste Sorge getragen werden. Sobald der Durchschlag erfolgt ist, pflegen sich die Tunnel insbesondere durch die Mithilfe der fahrenden Züge selbst zu lüften, da zwischen den beiden Toren gewöhnlich ein starker Unterschied des Luftdrucks besteht. Wenn die Selbstlüftung nicht ausreicht,



306. Vom Bau des Gotthard-Tunnels

1. Firststollen mit Ausbruch nach links; Beginn der Zimmerung.
2. Firststollen auf Vollbreite ausgebrochen.
3. Ausmauerung des Firststollens.
4. Ausbrechen des Sohlstollens unter dem fertig ausgemauerten Firststollen.
5. Erweitern des Sohlstollens.
6. Der fertige Tunnel.

An der rechten Seite der Sohle Kanal für Wasserabfluß



307. Längsschnitt durch den im Bau befindlichen Gotthard-Tunnel

Über den Ziffern die unter dem vorigen Bild angegebenen Bauzustände



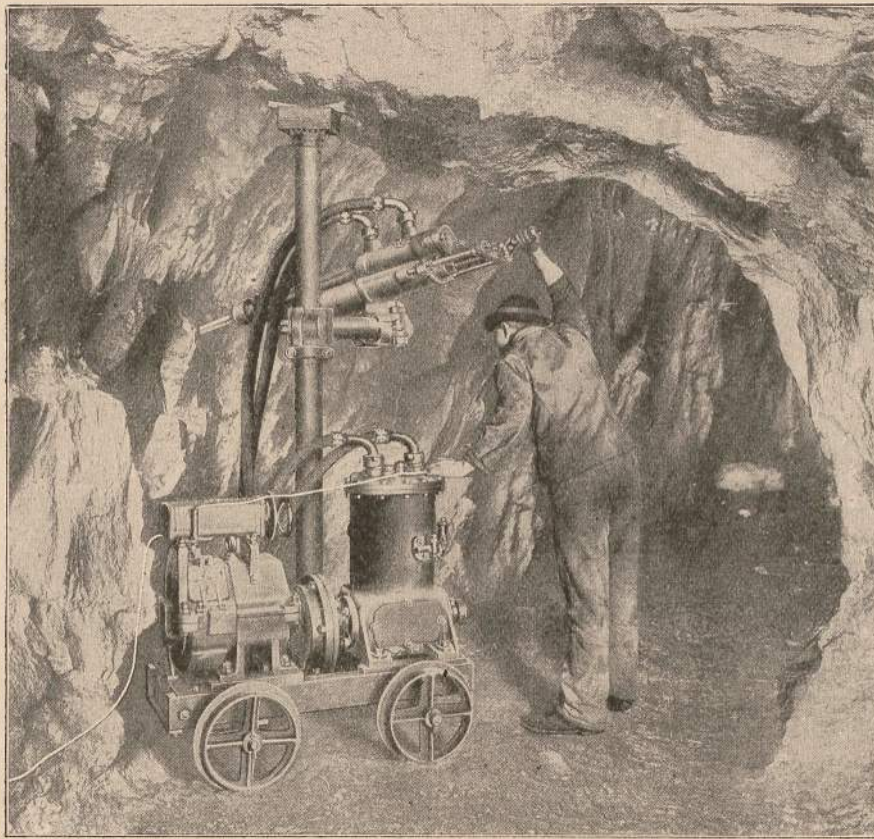
sind, wie beim Cöcherer Tunnel und auch beim Gotthard, Dauereinrichtungen für künstliche Luftzuführung zu schaffen.

Welche Schwierigkeiten bei der Führung eines Tunnels durch eine gewaltige Gebirgsmasse zu überwinden sind, welche furchtbare Kämpfe der Mensch hierbei mit den unterirdischen Gewalten auszufechten hat, die ihm immer neue Hindernisse in den Weg stellen, zeigt am besten eine Schilderung vom Bau des Simplon-Tunnels, den die Schweizerischen Bundesbahnen veröffentlicht haben:

„Bald erhöhte der Berg die Wärme im Inneren zu unerträglicher Hitze, bald schob er heimtückisch weiches, bröckelndes Gestein in die zu erbohrende Bahn, bald suchte er mit lastender Masse das Gewölbe einzudrücken, und bald ließ er wieder aus seinem Schoß mächtige kalte und warme Quellen, wahre Bergbäche in die mühsam gebauten Stollen einbrechen, Vernichtung und Untergang drohend.

„Bis zum November 1903 sollte nach der ursprünglichen Berechnung der Tunnel erbohrt sein. Nach den Fortschritten der ersten Zeit glaubte man den Durchschlag noch früher ermöglichen zu können. Als man jedoch auf der Nordseite beim sechsten Kilometer angelangt war, stieg plötzlich die Gesteinswärme in erschreckender und ganz ungeahnter Weise. Für den siebenten Kilometer hatte man auf 36–37 Grad gerechnet; statt dessen fand man aber 45–48 Grad. 500 Meter weiter waren es bereits 53 Grad, und immer noch schien die Hitze sich steigern zu wollen. Die bloße Zuführung kalter Luft genügte nicht mehr, um die weiteren Bohrarbeiten zu ermöglichen; es mußten besondere Vorrichtungen aufgestellt werden, die durch mächtige Sprühregen von eiskaltem Wasser die Luft vor Ort so weit abkühlten, daß die Arbeit wieder aufgenommen und fortgesetzt werden konnte.

„War es im Nordstollen die Hitze, so waren es im Süden das nachdrückende Gestein und die gewaltigen Wassereinträge, welche die Arbeiten fast völlig zum Stillstand brachten. Der Druck des Bergs war ungeheuer; er zersplitterte die stärksten eingebauten Holzstämmen und verbog mächtige Eisenbalken. Erst durch den Einbau gewaltiger Zementblöcke und stärkster Eisenträger gelang es, der fürchterlich lastenden Wucht dauernden Widerstand zu leisten. Die einbrechenden kalten und warmen Quellen, die den Tunnel überschwemmten, mußten mit unendlicher Mühe



308. Gesteinbohrmaschine im Tunnel

Der Bohrer, dessen Halter drehbar an einer Spannsäule befestigt ist, wird durch Druckluft angetrieben. Ein Elektromotor bereitet die Betriebsluft. Demag, Duisburg

gefaßt und abgeleitet werden. Durch die Spalten des Gesteins rinnen jetzt ungefähr 1000 Sekundenliter ins Gewölbe und durch den Parallelstollen ins Freie.

„Das Maximum des Arbeiterstands zeigte die Ziffer von 4000 Mann. Weit über eine Million Kubikmeter Ausbruchmaterial mußte aus dem Berginneren ins Freie geschafft werden. Zu den Sprengungen wurden etwa 1350 Tonnen Dynamit verwendet. Dazu kamen etwa 4 Millionen Sprengkapseln und ungefähr 5300 Kubikmeter Zündschnüre. Die Anzahl der erforderlichen Bohrlöcher betrug rund 4 Millionen.“

Der stärkste der Wassereinträge, der plötzlich einsetzte, begrub eine Anzahl von Arbeitern im nachstürzenden Gestein. An der Stelle, wo sie gestorben sind, liegen sie noch heute im steinernen Ehrenggrab, über dem sich als das mächtigste aller Denkmäler die gewaltige Masse des Simplons hoch emporwölbt.

Der Simplon-Tunnel ist im Gegensatz zu allen anderen nicht als einfache, weite Röhre gebaut, die beide Geleise aufnimmt, es wurde vielmehr für jedes Gleis ein besonderer Stollen vorgesehen und zunächst nur einer davon ausgebaut. Da der Querschnitt hierdurch bedeutend kleiner wurde, gestaltete sich die Luftzuführung, die zuletzt ja über zehn Kilometer gehen mußte, sehr viel einfacher. Die Herstellung des zweiten Stollens wurde sieben Jahre nach Vollendung des ersten, 1912, in Angriff genommen, da der gesteigerte Verkehr den eingleisigen Betrieb nicht mehr zuließ. Der Schlußstein für den Gesamtbau konnte infolge der Hinderungen, die durch den Eintritt Italiens in den Krieg entstanden, erst 1922 gelegt werden.

Nicht durch die Höhe eines Gebirgszugs, sondern unter dem Boden des Meers hindurch wird vielleicht einmal ein Tunnelbau ausgeführt werden, der sehr hohe verkehrspolitische Bedeutung gewinnen dürfte, weil er ein ganzes Reich an das europäische Schienennetz anschließen würde. Während des Kriegs ist es deutlicher als je gewesen, daß die Wasserstrecke, die immer noch in den Eisenbahnweg Paris–London eingeschaltet ist und die Fahrzeit sehr erheblich verlängert, eine kaum mehr erträgliche Aufhaltung bedeutet. Schon längst wäre der Tunnel Calais–Dover vollendet, wenn die Engländer nicht immer die Furcht hegten, daß ihre Insel-Einsamkeit dadurch beeinträchtigt werden, daß auch einmal ein feindliches Heer durch das



Tunnelrohr hindurchmarschieren könnte. Angesichts der heutigen technischen Hilfsmittel ist diese Angst unbegründet, da, wenn irgend eine politische Gefahr auftaucht, der Tunnel in jedem Augenblick durch elektrisch gezündete Sprengmittel vollständig zerstört werden kann. Auch ist es ganz undenkbar, daß ein Heer, dem es doch gelingen sollte, die Tunnelmündung auf englischer Seite zu erreichen, dort Unheil anzurichten vermöchte. Denn mit einem einzigen Geschütz ließe sich der schmale Eingang erfolgreich gegen jede andringende Macht verteidigen. Die nicht auszuschließende Gefahr, von Luftschiffen her angegriffen zu werden, ist heute für Großbritannien viel dringender.

Wenn der Bau einmal endgültig beschlossen ist, wird man keineswegs mit dem berühmten ersten Spatenstich zu beginnen brauchen. Denn sowohl bei Dover wie bei Calais sind bereits beträchtliche Tunnelstücke vorhanden. Hat doch die Kanalunterführung schon eine recht lange Geschichte. Bereits im Jahre 1802 sind Napoleon Pläne hierfür vorgelegt worden, von 1834 an hat sich dann Thomé de Gamond sehr eifrig mit der technischen Lösung beschäftigt. Aber erst 32 Jahre später konnte er einen durchgearbeiteten Entwurf vorlegen, der in seinen Grundgedanken noch heute ausführbar erscheint.

Im Jahre 1869 bildete sich ein englisch-französischer Ausschuß von sechs Mitgliedern für die Herstellung des Kanaltunnels. Anschließend an seine Arbeiten wurden in den folgenden Jahren hien und drüben Baugesellschaften gegründet, die auch wirklich mit praktischer Tätigkeit begannen. In England sind zwischen Folkestone und Dover und in Frankreich bei Sangatte unweit Calais Schächte niedergebracht und auf jeder Seite Stollen von mehreren Kilometern Länge vorgetrieben worden. Dann aber befiel die Einbruchsfurcht die englischen Gemüter, und schließlich wurde der Weiterbau infolge Einspruchs der englischen Regierung eingestellt. Die vorhandenen Stollen sind aber in Ordnung gehalten worden und jetzt noch in brauchbarem Zustand vorhanden.

Nach den heutigen Plänen zweigt die Unterseebahn südlich von Calais beim Bahnhof Marquise von der Eisenbahnstrecke Paris—Calais ab. Bei Sangatte taucht der Tunnel unter das Meer, das er nicht in gerader Linie, sondern mit einigen Krümmungen unterschreitet. Zwischen Dover und Folkestone, bei den Shakespeare-Klippen, wird

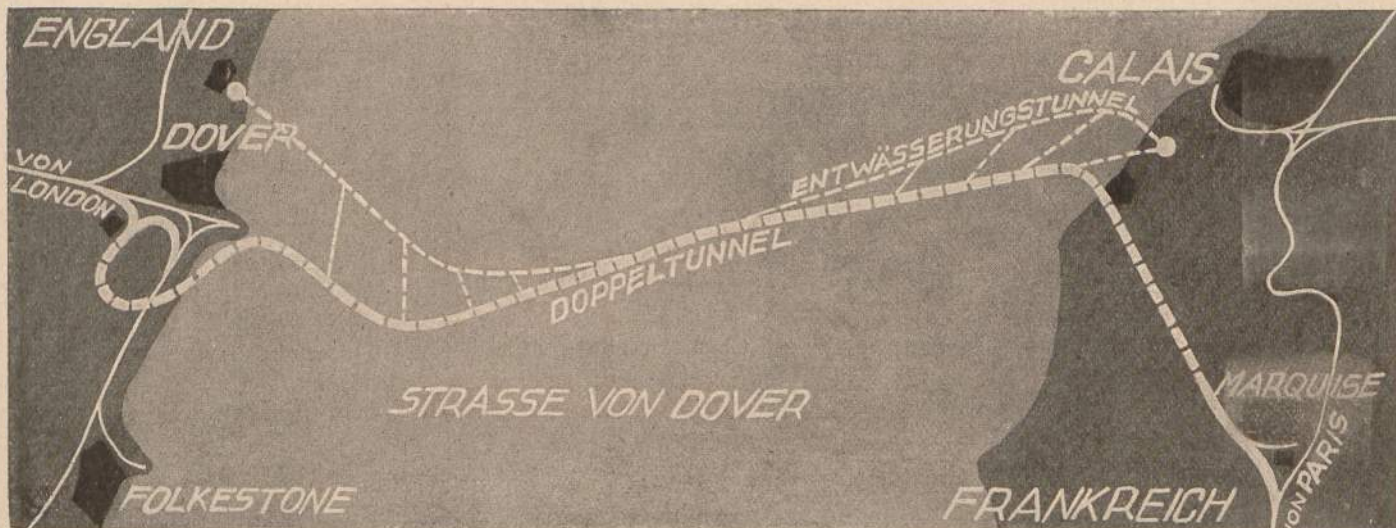
englischer Boden erreicht und in einem engen Bogen der Anschluß an die Bahnlinie nach London hergestellt. Die neue Strecke wird insgesamt eine Längenausdehnung von 60 Kilometern erhalten. Davon liegen 53 Kilometer im Tunnel.

Dieser soll aus zwei eingeleisigen, kreisrunden Röhren von 6 Metern Durchmesser bestehen, deren Achsabstand 21 Meter betragen wird. Die geologische Untersuchung hat die Möglichkeit einer Führung des Tunnels in brauchbarer Tiefe unzweifelhaft erwiesen. Unter dem Wasser des Kanals liegt eine gleichförmige Schicht tonhaltiger Kreide, die fast ganz wasserundurchlässig ist und ohne Verzimmerung frei ansteht. Fast die gesamte Tunnellänge kann durch diesen Boden hindurchgeführt werden. Die tiefste Stelle würde hundert Meter unter dem mittleren Wasserspiegel des Kanals liegen.

Zwei besondere Entwässerungstunnel, die von einem Brechpunkt in der Kanalmitte aus in beiden Richtungen abgehen und mit den Hauptrohren durch zahlreiche Querschläge verbunden sind, sollen eindringendes Sickerwasser zu je einem Schacht am französischen und am englischen Ufer führen, von wo es hinaufgepumpt werden kann. Man glaubt, in jedem Jahr den Tunnel um 6 Kilometer vorzutreiben zu können und rechnet darum bei Ausführung der Arbeit von beiden Seiten her mit einer Bauzeit von nur fünf Jahren.

Durch die Benutzung des Tunnels würde die Fahrzeit zwischen London und Paris um  $5\frac{1}{2}$  Stunden verkürzt werden. Man könnte, wenn man London um 8 Uhr früh verläßt und sich  $4\frac{1}{2}$  Stunden in Paris aufhält, doch schon gegen Mitternacht wieder in der englischen Hauptstadt eintreffen. Es wird damit gerechnet, daß der Personenverkehr über den Kanal, der im Jahre 1913 von 1 802 000 Menschen überquert wurde, ganz durch den Tunnel fließen dürfte. Vom Güterverkehr ist nur ein geringer Teil der sechs Millionen Tonnen betragenden jährlichen Kanalfracht in Betracht gezogen. Im Anfang sollen etwa fünfzehn Züge täglich in jeder Richtung durch den Tunnel fahren. Der Antrieb würde natürlich durch elektrischen Strom erfolgen, während Gamond noch Druckluftmaschinen vorgesehen hatte, deren Betrieb er durch die Flutbewegung des Meers herstellen wollte.

Gleichfalls für spätere Zeiten, wenn die Welt erst wieder in den Werken des Friedens erstarkt sein wird, sind Unter-



309. Lageplan des Kanaltunnels England—Frankreich



tunnelungen der Straße von Messina, des Sunds zwischen Kopenhagen und Malmö, des Bosporus und der Straße von Gibraltar in Aussicht genommen. Die Eisenbahnlinien Europas, Asiens und Afrikas würden nach Ausführung der beiden letzten Bauten ein zusammenhängendes, gewaltiges Netz bilden. Die Einrichtung von Linien mit durchlaufenden Wagen London—Kapstadt und London—Konstantinopel—Bagdad wird dann möglich sein.

\*

Wenn der Zug über die Schienen fliegt, scheint nichts leichter als die Ausstreckung der silberigen Stränge vor der Maschine. Und doch ist die Arbeit von vielen Geschlechtern, die angestrengte Tätigkeit unzähliger Geister notwendig gewesen, um nur den heutigen Zustand zu erreichen, der von Vollkommenheit noch weit entfernt ist.

Die neuzeitliche Gleisanordnung ist nur zu verstehen, wenn man die Geschichte des Gleises kennt.

In Abschnitt 8, der über die Straße handelt, wurden bereits die Gleisanlagen der griechischen Tempelstraßen erwähnt (Seite 96). Diese sind aber als Vorfahren des heutigen Eisenbahngleises nicht anzusehen, da sie nicht aus aufgelegten Schienen bestanden, sondern Spurrillen in den steinernen Straßendecken bildeten. Aber schon in dem zweiten Drittel des sechzehnten Jahrhunderts sind an manchen Orten richtige Geleise benutzt worden, in Zeiten also, die weit vor dem Beginn des Eisenbahnzeitalters liegen.

Es wurde schon einmal gesagt, daß die Bahn aus Eisen weit älter sei als die Eisenbahn. Längst bevor die Kraft des Dampfes erkannt war, hatte man das Bedürfnis, zur Ersparung von Transportarbeit möglichst glatte Bahnen zur Beförderung von Fahrzeugen zu schaffen. Als man noch nicht imstande war, diese aus Eisen zu bereiten, verwendete man Schienen aus Holz.

Das erste Gleis, mit aufgelegten Schienen, ist in deutschen Bergwerken benutzt worden. Georg Bauer aus Glauchau, der Begründer der neueren Mineralogie, der sich als Schriftsteller Georgius Agricola nannte, berichtet darüber in seinem Werk „Bermannus sive de re metallica“, das im Jahre 1556 erschienen ist. Es geht daraus hervor, daß der Bergbau zu jener Zeit in Deutschland am weitesten entwickelt war. Im sechsten Buch des genannten Werks schreibt Agricola (nach der Übersetzung von Th. Beck):

„Wenn die Felsstücke oder Erdschollen mit dem Schubkarren herausgefahren werden sollen, legt man Bretter, welche unter sich verbunden werden, auf die unteren Schwellen; wenn sie aber mit Hunden herausgefahren werden sollen, legt man zwei Balken von 22 Zentimetern Dicke und Breite, welche an der Seite, mit der sie aneinander liegen, ausgehöhlt (oder ausgekehlt) zu werden pflegen, damit in dieser Höhlung (oder Nut) gleichsam wie in vorgeschriebenem Weg, die eisernen Nägel (Spurnägel, ferrei clavi) der Hunde sich fortbewegen können, durch welche Nägel tatsächlich verhindert wird, daß die Hunde von dem richtigen Weg, d. h. der Höhlung (oder Nut) zur Rechten oder Linken abweichen.

„Der offene Kastenwagen (capsa patens) faßt um die Hälfte mehr als der Schubkarren; er ist ungefähr 1,20 Meter lang und 75 Zentimeter breit und hoch. Da seine Form viereckig ist, wird er auch mit drei viereckig gebogenen Eisenschienen gebunden und außerdem auf allen Seiten mit Eisenstäben beschlagen. An seinem Boden sind zwei Archen befestigt, um deren Enden sich beiderseits hölzerne, kreisrunde Scheiben (Räder) drehen, welche, damit sie nicht von den unbeweglichen Aren herabfallen, durch kleine, eiserne Nägel verwahrt werden, während durch den großen (den Spurnagel) verhütet wird, daß sie von dem vorgeschriebenen Weg, d. h. von der Höhlung (oder Nut) der Balken abweichen. Diesen Kastenwagen fährt der Fuhrmann mit Mineralien beladen heraus, indem er den hinteren Teil desselben mit den Händen faßt und fortschiebt, und leer fährt er wieder zurück. Weil er aber, wenn er bewegt wird, einen Ton hervorbringt, der von einigen dem Bellen eines Hundes für ähnlich gehalten wird, so nennt man ihn Hund!“

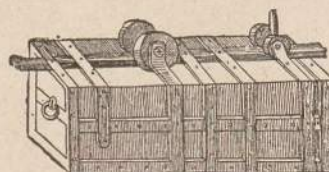
Nach dieser Schilderung waren die Räder der auf Balken laufenden Hunde ohne Spurkränze. Die Führung geschah vielmehr durch den Spurnagel in einer Nut, die sich zwischen den beiden aneinandergelegten Balken befand. Den Querschnitt des



310. Das älteste Schienengleis

Aus einem deutschen Bergwerkbuch um 1550

geschriebenen Weg, d. h. von der Höhlung (oder Nut) der Balken abweichen. Diesen Kastenwagen fährt der Fuhrmann mit Mineralien beladen heraus, indem er den hinteren Teil desselben mit den Händen faßt und fortschiebt, und leer fährt er wieder zurück. Weil er aber, wenn er bewegt wird, einen Ton hervorbringt, der von einigen



311. Das älteste Schienenfahrzeug: Förderhund und Spurnagel

Aus Leupold „Theatrum machinarum hydrotechnicarum“, 1724

alten deutschen Bergwerk-Gleises von sehr primitiver Form zeigt Bild 312.

In der zweiten Hälfte des 16. Jahrhunderts wurden die deutschen Bergleute, nachdem die Bestimmung aufgehoben worden war, daß Ausländer in den königlichen Werken nicht beschäftigt werden dürfen, nach England berufen, um dessen stark zurückgebliebenem Bergbau aufzuhelfen. Sie brachten den Gedanken der Förderung auf Spurbahnen



mit und schufen so die ersten Geleise in dem Land, das die Wiege der Eisenbahn werden sollte. Das älteste Gleis scheint in England um 1620 in der Gegend von Newcastle am Tyne verlegt worden zu sein, in dem Bezirk also, der später die erste Lokomotivfabrik auf der Erde sah. Es hatte bereits eine bedeutend verbesserte Form, die der neuzeitlichen angenähert war.

In jener Gegend hatte man die neu erschlossene Kohle zuerst auf den Rücken von Pferden zum Fluß gebracht. Als dann die Förderung in Karren aufkam, waren die schlechten Wege bald so zerfahren, daß sie kaum benutzt werden konnten. Man belegte sie daher mit zwei Bohlenstreifen, die den gleichen Abstand voneinander hatten wie die Karrenräder. Die beiden Schienen lagen also nun nicht mehr dicht nebeneinander, sondern ließen einen breiten Zwischenraum.

Die Last der schweren Karren verdrückte jedoch die Bohlen in dem weichen Boden so stark, daß sie die Spur nicht mehr einhielten. Da kam im Jahre 1630 ein Kohlengrubenbesitzer in Northumberland, namens Beaumont, auf den Gedanken, die gleichlaufenden Bohlenbahnen durch Querböhlen zu verbinden, auf denen sie mit Nägeln befestigt wurden. Die so angelegte Spurbahn sieht schon wie ein richtiges Gleis aus (Bild 312). Sie soll die Möglichkeit geschaffen haben, durch ein Pferd eine viermal größere Last zu befördern, als es bis dahin angängig gewesen war. Als die Holzbohlen sich allzu rasch abnutzten, ging man daran, sie mit eisernen Bändern zu beschlagen.

Es blieb die Unannehmlichkeit, daß die Karren sehr leicht seitlich von der Spurbahn hinunterrollten. Um dies zu verhindern, wurden an die Außenkanten erhöhte Spurränder gesetzt, so daß eine zwangsläufige Führung der Fahrzeuge entstand (Bild 314). Doch auch mit diesem schon ziemlich weit fortgeschrittenen Zustand war noch nicht endgültig Brauchbares erreicht. Der dünne Eisenbeschlag wurde von den schweren Karren verbogen, die Nägel hinausgedrückt, so daß ein glattes Fahren bald unmöglich wurde. Auch eine Verstärkung der Eisenbänder nützte nicht viel.

Da brachte der Zufall die Entwicklung um ein Stück vorwärts.

Im Jahre 1767 litten die englischen Eisenwerke stark unter einem Rückgang des Geschäfts. Das aus den Hochofen kommende Eisen konnte nicht sogleich verkauft werden. Der Mitbesitzer der Eisenwerke zu Coalebrookdale, Reynolds, beschloß daher, aus dem Eisen dicke Barren zu gießen und einen Versuch zu machen, ob ein solcher sehr kräftiger Belag der hölzernen Schienen die Karrenförderung nicht

günstig beeinflussen würde. Er wollte zunächst das Eisen nur vorübergehend für diesen Zweck zur Verfügung stellen, es nachher, sobald die Geschäfte wieder besser gingen, wieder umgießen lassen und verkaufen.

Die ersten Barren wurden in Coalebrookdale am 13. November 1767 gegossen. Kaum waren sie ausgelegt, da zeigten sich die Vorteile dieses kräftigen Belags der hölzernen Balken so deutlich, daß an ein Wiederaufnehmen des

Eisens niemals mehr gedacht worden ist. Der Grubenbesitzer ließ vielmehr seine sämtlichen Geleise in solcher Weise ausstatten, und sein Vorgehen fand alsbald Nachahmung. Auf der nun zum erstenmal erzeugten wirklich glatten Bahn rollten die Karren viel leichter, und die immer wieder in kurzen Abständen notwendig gewordenen Ausbesserungsarbeiten hörten infolge der Widerstandsfähigkeit der Anlage auf. Das ist der Ursprung des heutigen eisernen Gleises.

Die Entwicklung geht nun rasch weiter.

Reynolds' Eisenbarren waren, um die Fahrzeuge in der Spur zu halten, nur mit einer schwachen Vertiefung versehen. Da hierdurch Entgleisungen nicht mit Sicherheit verhindert wurden, schuf Benjamin John Curr in dem Bergwerk des Herzogs von Norfolk bei Sheffield im Jahre 1776 eine neue gußeiserne Schienenform, die im Querschnitt einen Winkel darstellte. Der eine Schenkel dieses Winkels lag auf dem Langholz, der andere ragte senkrecht etwa fünf Zentimeter empor. Durch diesen hohen Rand war ein Abweichen von der Spur ausgeschlossen.

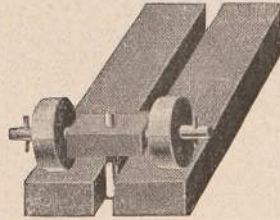
Als einige der unter den Winkelschienen liegenden Langhölzer verfault waren und man an solchen Stellen neue Auflageflächen mittels Querböhlen herstellte, die unter dem Gleis hindurchgesteckt wurden, zeigte es sich, daß die eisernen Schienen fest genug waren, um auch ohne fortlaufende Unterstützung die Last der Wagen zu tragen.

So wurde wiederum durch Zufall das freitragende, nur in gewissen Abständen aufgelagerte eiserne Querschwellengleis erfunden, das in dem ältesten Holzgleis schon einen Vorfahr hatte. Als im Jahre 1800 die Plymouth-Werke zur Merthyr-Tydvil ihre Bahn nach Aberdare-Function eröffneten, da ruhten die verstärkten Winkelschienen nur noch auf einzelnen untergesetzten Steinwürfeln.

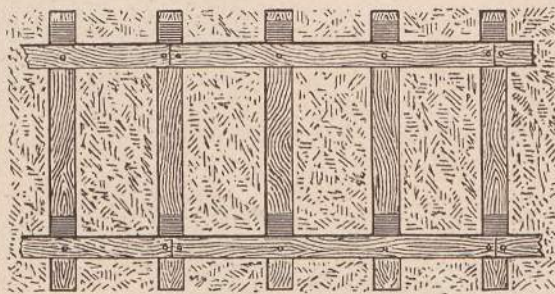
Bis jetzt waren die Schienen so gestaltet, daß jeder gewöhnliche Straßenwagen darauf fahren konnte, sobald nur sein Radabstand zur Spurweite paßte. Die fahrenden Räder übten jedoch ziemlich rasch einen zerstörenden Einfluß auf die Curr-Schiene aus. Sie fraßen tiefe Rinnen in das Gleis, so daß immer noch zu häufige Auswechslungen notwendig waren. Da erkannte Jessop, daß die Dauerhaftigkeit und zugleich die Tragfähigkeit der gußeisernen Schiene sehr verbessert würde, wenn man ihr eine im Querschnitt pilzförmige Gestalt gäbe. Seine Schiene hatte einen schmalen senkrechten Steg und darauf einen stark verbreiterten Kopf. Bei dieser Form konnte die gleiche Tragfähigkeit mit weniger Eisenmasse erreicht werden. Ein Einschleifen der

Räder war hier nicht mehr möglich. Die Jessop-Schiene wurde zuerst aus Gußeisen, dann aber bald aus dem widerstandsfähigeren Schmiedeeisen hergestellt.

Um jedoch ein Entgleisen der Wagen auf solchen Schienen zu verhindern, mußten die Räder der Fahrzeuge mit vorstehenden Rändern versehen werden. Es entstand damals der Spurrand, der bis heute jedem Eisenbahnfahrzeug eigentümlich ist. Von nun an ist die Ausgestaltung der für



312. Das älteste Gleis Führung für den Spurnagel



313. Altes englisches Holzgleis in einem Bergwerk bei Newcastle



Schienenwege bestimmten Wagen von denen getrennt, die gebaut werden, um auf der Landstraße zu fahren. Das ist für die Entwicklung der Eisenbahnfahrzeuge, die notwendig ihren eigenen Verlauf nehmen mußte, sehr nützlich gewesen.

Die Befestigung der bis dahin gebräuchlichen Schienen an den Aufstellstellen machte große Schwierigkeiten, da stets besondere Einrichtungen zum Festhalten notwendig waren. Diese Not brachte den Amerikaner Stevens auf den Gedanken, eine Schienenform zu schaffen, die eine Befestigung ohne zwischengeschaltete Hilfsmittel ermöglichen sollte. Er erfand die Breitfußschiene, die, wenn auch in etwas abgeänderter Form, in Deutschland und den meisten anderen Ländern der Erde noch heute in allgemeinsten Anwendung ist.

Der verstärkte Fuß zusammen mit dem pilzförmig verdickten Kopf hat zugleich der Schiene die beste Tragform gegeben. Stellt sie doch im Querschnitt nichts anderes dar als einen Doppel-T-Träger, wie man ihn zur Aufnahme schwerer Lasten überall verwendet. Wird ein solcher Träger, der an seinen Endpunkten unterstützt ist, in der Mitte belastet, so tritt eine Beanspruchung auf Durchbiegung ein (Bild 286, Seite 174). Denkt man sich nun, um dies hier noch einmal zu wiederholen, daß der Träger dieser Bean-

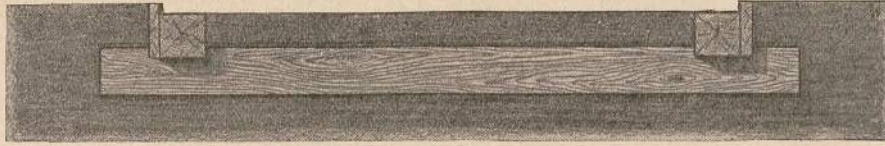
spruchung nachgibt, so werden die Fasern an seinem Kopf etwas zusammengedrückt, während die Fasern am Fuß gereckt werden. Zwischen der Stauchung und der Streckung muß notwendig ein Abschnitt liegen, in dem die Fasern weder gestreckt noch gestaucht werden, also unbeteiligt bleiben. Diese Erkenntnis hat dazu geführt, das Eisen am Kopf und Fuß der Träger in breiten Flanschen anzuhäufen und für die Mitte nur einen dünnen Steg auszubilden.

Die Schiene wird, wenn ein Rad in der Mitte eines auf zwei Schwellen aufliegenden Schienenstücks wirkt, ebenso beansprucht, und darum ist auch für sie die Trägerform die zweckmäßigste.

Nicht weniger wichtig als die Schiene ist für die Standfestigkeit eines Gleises die Form und Art der Unterlage, auf der die Radträger ruhen.

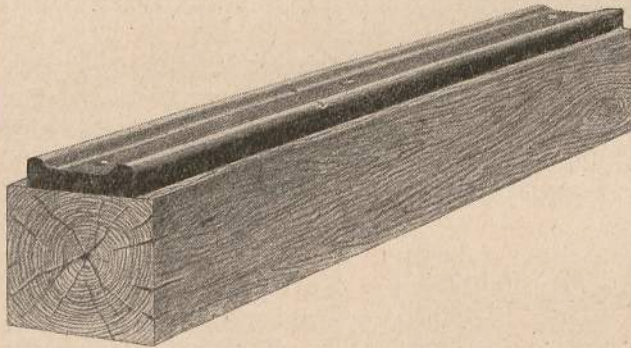
Die Schwelle war, recht betrachtet, früher vorhanden als das Gleis, denn bei den ersten Spurbahnen fuhren die Wagenräder, wie wir gesehen haben, auf Langschwellen. Daraus folgte, daß auch die ersten richtigen Schienen, die nur zur Erhöhung der Dauerhaftigkeit über die Holzspur gelegt wurden, auf Langschwellen ruhten. Die Schienen hatten also eine fortlaufende, ununterbrochene Unterlage.

Den schärfsten Gegensatz zu den Langschwellen bilden die Einzelunterlagen aus Stein oder Holz. Auf Stein-

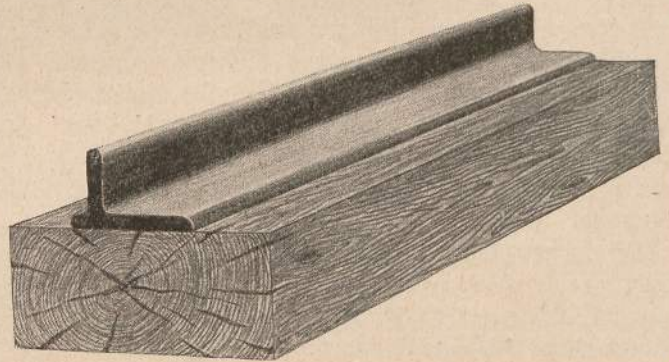


314. Holzgleis mit Spurrändern

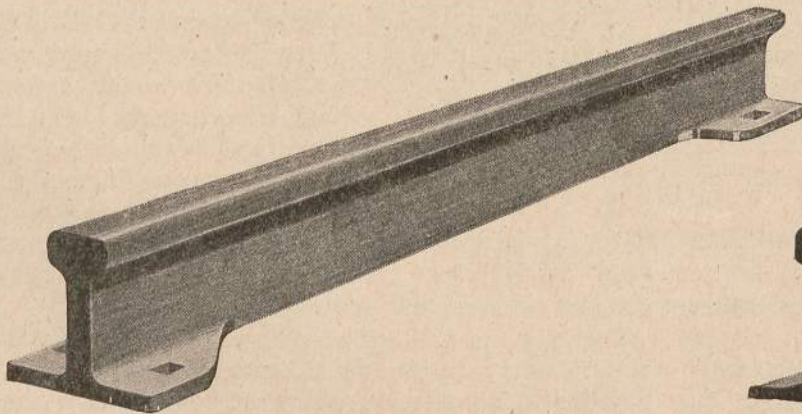
die das Hinunterrollen der Wagen von den Schienen verhindern sollten



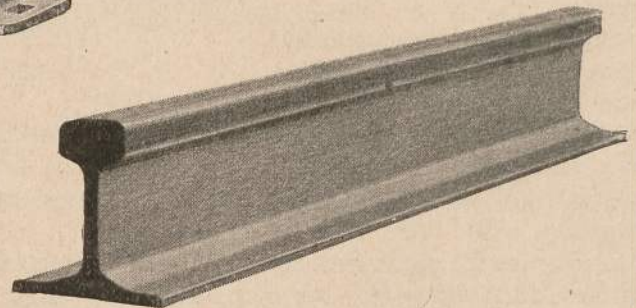
a) Die erste Eisenschiene, gegossen von Reynolds in Coalebrookdale am 13. November 1767



b) Currs Winkelschiene, auf der gewöhnliche Wagen ohne Spurräder sicher fahren konnten



c) Jessops Pilzschiene. Diese Schienenform machte zum ersten Mal die Anwendung von Spurrädern notwendig



d) Neuzeitliche deutsche Reichsbahn-Schiene

### 315. Die Entwicklung der eisernen Schiene



würfeln ruhten die Schienen der Bahn Manchester—Liverpool und der ersten deutschen Eisenbahn von Nürnberg nach Fürth. Auch Holz ist einst in Form von eingerammten Pfählen als Einzelunterlage verwendet worden.

Doch beide Arten der Unterlage für die Schienen zeigten große Mängel. Die einzelnen Steinwürfel oder Holzpfähle veränderten leicht ihre Lage gegeneinander, so daß die Spurweite sich änderte. Bei den Langschwellen zeigten sich bald große Schwierigkeiten für die Entwässerung des Bettungsstücks, das zwischen den Schwellen lag. Die Bahnbettung muß ja möglichst trocken gehalten werden, aber die zusammenhängenden Langschwellen verhinderten, daß das auf die Bettung fallende Oberflächenwasser seitlich abfließen konnte. Der Boden zwischen ihnen blieb sehr lange feucht, und das Holz verfaulte rasch. Deshalb wurde von dem Langschwellen zum Querschwellenbau übergegangen, der heute überall verbreitet ist. Seit dem Jahre 1876 ist diese Bauform für die deutschen Strecken vorgeschrieben.

Als die Bahnen sich immer weiter ausbreiteten, kam der Augenblick, in dem man mit Schrecken überdachte, ob nicht der außerordentlich starke Verbrauch von Holz für die vielen Schwellen allmählich den Bestand der Wälder gefährden würde. Nach Haarmann heißt es in einer Besprechung dieser volkswirtschaftlichen Frage vom Jahre 1876:

„Den wundesten Punkt bildet der immer riesiger werdende Bedarf an Eisenbahnschwellen. Hier kann man mit Recht fragen: Wo will das hinaus? Auf der ganzen Erde wächst nur ein Bruchteil von dem Eichenholz hinzu, das alljährlich unter unsere Schienen gebettet wird, um dort trotz aller Präparierung in wenigen Jahrzehnten zu verfaulen. Es ist nur zu gewiß, daß die zweite, höchstens die dritte Generation, von uns an gerechnet, vor der Unmöglichkeit stehen wird, Bahnen mit Eischwellen zu bauen, und wenn man sie mit Gold aufwiegen wollte! Auch die Schwellen aus anderen Holzarten werden bei ihrer kürzeren Dauer immer teurer und seltener werden und zuletzt nicht mehr zu beschaffen sein.“

Diese schwarzzeherische Voraussage ist nicht in Erfüllung gegangen, da der in der Tat sehr starke Holzbedarf der Eisenbahnen ziemlich in allen Ländern durch sorgsame Forstwirtschaft wieder ausgeglichen wird. Dennoch blieb der Wunsch rege, Schwellen aus einem anderen Stoff benutzen zu können, und auch hierzu bot sich als selbstverständlich das Eisen an. Die Befürchtung, die man im Anfang hegte, daß man auf Geleisen mit Eisenschwellen härter fahren würde als auf solchen mit hölzernen Querschwellen und daß der Rost die eisernen Unterlagen zu schnell zerstören würde, haben sich als grundlos erwiesen. Gußeiserne Schwellen freilich bewährten sich wegen ihrer

leichten Zerbrechlichkeit ebenso wenig wie das gußeiserne Gleis, und auch mit den ersten Formen der aus Schmiedeeisen gewalzten Schwellen erhielt man nicht sogleich gute Ergebnisse. Man dachte zuerst, daß es richtig sei, den Schwellen die Form der Doppel-T-Träger zu geben. Das war jedoch verfehlt, da die Hauptaufgabe der Schwelle nicht ist, die Schienen zu tragen, sondern vor allem die Beanspruchung der Fahrbahn durch die Wagen möglichst vollständig

auf die Bettung zu übertragen und sie dort zu verteilen. Diese Wirkung trat erst ein, als man die Schwellen trogförmig walzte und sie mit Endverschlüssen versah, so daß ein bedeutender Teil der Bettung vollkommen umschlossen werden konnte. Heute besteht die Eisenschwelle vollberechtigt neben der Holzwelle; beide haben Vorteile und Nachteile, aber keine der beiden Schwellenarten vermag die andere ganz zu verdrängen.

Die Befestigung der Schienen auf den Schwellen

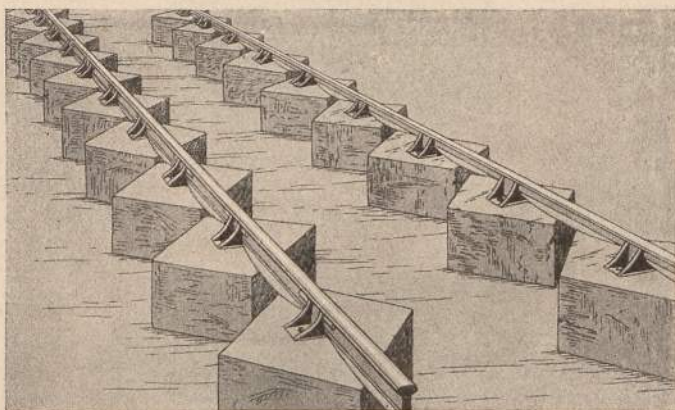
erfolgte zu Beginn nur an den Enden der kurzen Schienenstücke. Erst als die schmiedeeiserne Schiene die Herstellung größerer Längen gestattete, wurden auch dazwischliegende Verbindungen mit den Schwellen hergestellt.

Dem Eisenbahnbau ist es im Lauf der Jahrzehnte gelungen, unerhörte Schwierigkeiten zu überwinden. Die viele tausend Kilogramm schweren Fahrzeuge rollen über unergründliche Moore hinweg, sie fliegen auf Brücken über grauenhafte Abgründe und haben sich einen Weg durch die mächtigsten Gebirgstöcke gebahnt. Die Wüste und das Meer sind überwunden worden, aber ein Hindernis, das ganz bescheiden aussieht, hat bis zum heutigen Tag allen Bemühungen widerstanden, mit denen man versuchte, es unschädlich zu machen.

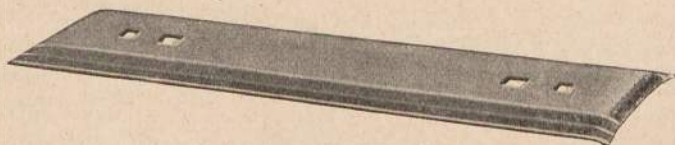
Wenn man noch jetzt auf der Eisenbahn im fahrenden Wagen durch lebhaftes Geräusche gestört wird und hier und da unter Erschütterungen leiden muß, so sind daran weder der Unterbau noch der Oberbau schuld, nicht die Schwellen und nicht die Schienen an sich verursachen diese Unannehmlichkeit, sondern ein Bauteil, im einzelnen von geringer Größe, aber durch seine Vielsältigkeit von größter Bedeutung, ist der Unheilstifter. Wie ein Ba-

zillus haust er im Bahnkörper und hat sich bis jetzt allen Austreibungsversuchen zu entziehen vermocht.

Die Schiene läßt sich auch auf der Walze nicht als endloses Band herstellen, und wenn dies möglich wäre, so müßte man sie trotzdem in verhältnismäßig kurzen Stücken anfertigen, da jedes Gleis stark wechselnden Wärmegraden ausgesetzt ist. Hierbei verändert das Eisen fortwährend seine Länge, indem es sich bei Kälte zusammenzieht und bei Erwärmung wieder ausdehnt. Es ist notwendig, in gewissen nicht allzu langen Abständen in die Geleise Lücken



316. Gleis der Bahn Manchester—Liverpool  
Verlegung auf Steinwürfeln. Die Bettung ist der besseren Übersicht wegen fortgelassen



317. Eisenschwelle neuzeitlicher Form



einzuschalten, die einen Ausgleich dieser Längenveränderungen gestatten. Der Stoß ist also unentbehrlich und wird es dort immer bleiben, wo Schienen ohne vollständige Einbettung daliegen.

Während die Räder über die Rücken der Schienen glatt hinweglaufen, erhalten sie jedesmal einen schweren Schlag, wenn sie am Stoß von einem Schienenstück auf das andere übergehen. Es ist wohl gelungen, hier einige Verbesserungen gegen die Anfangszeit zu schaffen, aber im Grund wirkt der Stoß, wenn man die gesteigerte Geschwindigkeit in Betracht zieht, heute noch gerade so schädlich wie zur Zeit, als Stephenson seine Strecken baute.

Aber die Vorgänge, die sich am neuzeitlichen Schienenstoß vollziehen, wird später Näheres mitgeteilt werden. Jetzt wollen wir vorerst von der Entwicklung der Enden-Verbindung bis in die Nähe ihrer heutigen Form sprechen.

Die Reynoldsschen Gußbarren wurden mit je drei Nägeln auf die Längsbohlen genagelt. Eine besondere Berücksichtigung des Stoßes fand nicht statt. Jessops Pilzschienen hatten an den Enden Verbreiterungen zur Aufnahme der Befestigungsnägel, eine Verbindung der Schienenstücke untereinander wurde auch hier nicht vorgenommen. Um 1820 trifft man die ersten Stoßstühle an. Sie waren notwendig geworden, weil die Jessopschen Verbreiterungen sehr leicht abbrechen. Es schien darum besser, das Befestigungsmittel von der Schiene selbst zu trennen.

Man hielt die Schienen im Stuhl dadurch fest, daß durch jedes der beiden Schienenenden ein Bolzen gesteckt wurde.

Es stellte sich bald heraus, daß diese Befestigungsart sehr schädlich auf die Fahrzeuge einwirkte, welche über die Schienen rollten. Jedesmal wenn ein Rad von einem Schienenstück auf das andere übergang, erhielt es einen schweren Schlag. Zusammen mit William Losh erfand Georg Stephenson 1816 den ersten Überblattungsstoß. Hierbei wurden die Schienen nicht mehr aneinander gelegt, die Enden waren in Z-Form zusammengefügt und im Stuhl durch einen gemeinsamen Bolzen befestigt. Hierdurch sollte ein gleichmäßigeres Senken der beiden Schienenenden unter dem Radruck herbeigeführt werden, was in der Tat auch bis zu einem gewissen Grad gelang. Für die Bahn Stockton-Darlington sind die Schienen mit diesem Stoß verlegt worden.

Alle bis jetzt erwähnten Schienen-Endbefestigungen sind feste Stöße. Durch ihre unmittelbare Auflagerung auf

den Schwellen wirkten sie hart und unnachgiebig auf die Räder, hammerartig auf die Schwellen. Es wurde darum als eine sehr bedeutende Verbesserung empfunden, als Bridges Adams im Jahre 1847 auf die Vorzüge des schwebenden Stoßes aufmerksam machte, der seitdem überall eingeführt worden ist.

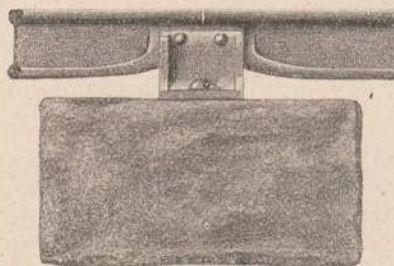
Der schwebende Stoß liegt zwischen den Schwellen. Die Schienenenden sind durch Laschen miteinander verbunden. Adams legt diese noch ohne besondere Befestigung in die Stühle ein. Aber schon 1850 verwendete Ashcroft Laschen, die durch je zwei Schraubenbolzen an den zusammenstoßenden Schienenstücken befestigt waren. Insbesondere nachdem die Schienen eine solche Form erhalten hatten, daß die Lasche als feste Stütze zwischen den scharf unterschnittenen Kopf und den ebenso ausgebildeten Fuß geklemmt werden konnte, bürgerte sich der verlaschte Schienenstoß überall ein, und er ist auch als die Grundform für die Bauart unseres heutigen Schienenstoßes anzusehen.

Wichtig ist noch die Lage der Stöße in den Schienen eines Gleises zueinander. Man kann die Stöße einander gegenüber legen, oder man kann sie gegeneinander versetzen. Im ersten Fall spricht man vom Gleichstoß, die zweite Anordnung wird Wechselstoß genannt.

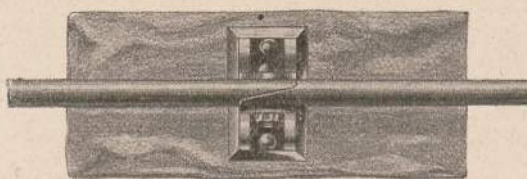
Beim Wechselstoß schlagen die beiden Räder einer Achse nicht zu gleicher Zeit gegen die Schienenköpfe; aber dieser Vorzug ist doch sehr rasch

als gering erkannt worden gegenüber dem Nachteil, daß für das Gefühl der Fahrgäste in den Wagen die Zahl der Stöße sich verdoppelt. So hat der Wechselstoß auf der geraden Strecke nur wenig Anwendung gefunden. In Deutschland ist er niemals üblich gewesen. In Krümmungen hat man ihn früher öfters eingebaut, da bei solcher Schienenlage der vollkommene Gleichstoß nicht ohne weiteres zu erzielen ist. Im Bogen ist ja die äußere Schiene länger als die innen liegende. Heute ist bei uns auch im gekrümmten Gleis der Gleichstoß überall vorgeschrieben; die Unterschiede in den Schienenlängen werden vor jedem Stoß durch

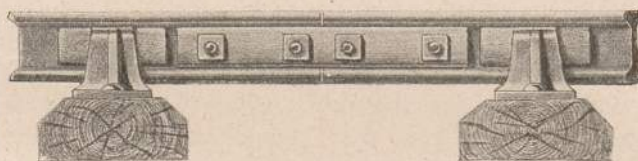
Ausgleichschienen, kurze eingelegte Zwischenstücke, behoben. Das Bahnmaß, das den größten Einfluß auf die Gestaltung der feststehenden Eisenbahnbauten und auf die Fahrzeuge ausübt, ist die Spurweite, d. h. der Abstand der Schienen eines Gleises, gemessen von Innenkante zu Innenkante des Kopfs. Von ihr sind die Ausmaße des Unterbaus und die zulässigen Krümmungen ebenso abhängig wie die Breiten der Wagen und Lokomotiven. Um so eigen-



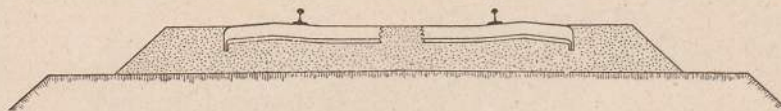
318. Älteste Stoßverbindung  
Stoßstuhl mit besonderen Bolzen für jedes Schienenende



319. Überblattungsstoß  
Die Schienenenden werden durch einen gemeinsamen Bolzen zusammengehalten



320. Schwebender Stoß nach Ashcroft  
mit verschraubten Laschen



321. Lage einer Eisenschwelle in der Bettung



artiger ist es, daß die heute vorherrschende sogenannte Regelspur ohne rechte Überlegung, mehr zufällig, entstanden ist.

Man kann dem blinden Schicksal, das hier obwaltete, kein Loblied singen. Wenn es denkbar wäre, die Spurweite der Bahnen heute noch zu ändern, so würde man sicherlich einen breiteren Schienenabstand wählen. Insbesondere die Lokomotivbauer werden durch den geringen Raum, der ihnen in der Breite zur Verfügung steht, fortwährend in ihren Entwürfen behindert. Es fällt ihnen immer schwerer, neue Bauteile auf der Lokomotive unterzubringen, da diese aus mancherlei Gründen nicht beliebig lang gemacht werden kann.

Nachdem im achtzehnten Jahrhundert bei den mit Pferden betriebenen Kohlenbahnen Spurweiten von einem halben Meter und weniger üblich gewesen, wurde für die im Jahre 1800 eröffnete Merthyr-Tydvil-Bahn in England eine Spur von 5 Fuß = 1,524 Meter gewählt. Dieses Maß bedeutet hier den Abstand der Innenflächen der an den Currschen Winkelschienen außen angeordneten Spurränder. Es wurde mit Rücksicht auf die Radabstände der in Nord-England damals gebräuchlichen Straßenfuhrwerke gewählt, denen die Möglichkeit gegeben werden sollte, die Bahn zu benutzen. Der Betrieb auf der Strecke mit dieser Spur muß sich wohl als recht günstig erwiesen haben, denn der gleiche Schienenabstand wurde beibehalten, als durch die Einführung der Jessopschen Pilzschiene Wagen mit Spurkranzrädern notwendig wurden, so daß ein Befahren der Geleise durch Straßenfuhrwerk nicht mehr möglich war.

Stephenson wendete bei seinen ersten mit Lokomotiven befahrenen Bahnen die gleiche Spurweite an, deren Maß, das jetzt nicht mehr zwischen außen angeordneten Spurrändern, sondern zwischen den Schieneninnenkanten anzulegen ist, 4 Fuß 6 Zoll = 1,372 Meter betrug. Als der Meister sich dann aber später beim Bau seiner Lokomotiven in der Fabrik zu Newcastle in dem Raum zur Unterbringung der Dampfzylinder sehr beengt sah, erweiterte er, nach Haarmann, die Spur der von ihm zu erbauenden Bahnen, so auch bereits bei der Strecke Stockton-Darlington, um 2½ Zoll. Auf diese Weise entstand die heutige Regelspur von 4 Fuß 8½ Zoll = 1,435 Meter. Ihre Ausbreitung von England über viele andere Länder, zu denen auch Deutschland gehörte, geschah dadurch, daß in der Anfangszeit des Eisenbahnbaus fast sämtliche Lokomotiven aus Newcastle bezogen wurden.

Ganz ohne Kampf konnte sich die Regelspur aber nicht durchsetzen. Der berühmte Erbauer des ersten Tunnels

unter der Themse, Isambard Kingdom Brunel, befürwortete im Jahre 1833 bei der Anlegung der Großen Westbahn dringend eine größere Spurweite, weil er hoffte, daß man auf dem breiteren Gleis mit den hierauf möglichen geräumigeren Lokomotivkesseln eine höhere Geschwindigkeit würde erreichen können. Stephenson sprach sich in einem Gutachten dagegen aus. Dennoch wurde die Große Westbahn mit einer Spur von 7 Fuß = 2,135 Metern angelegt.

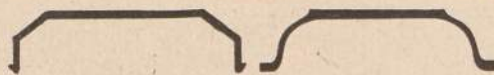
Diesem Beispiel folgten drei andere Bahnen in England und Irland. Und bald griff das böse Beispiel so weit um sich, daß, nach Kaunhardt, schließlich in Großbritannien 70 verschiedene Spurweiten vorhanden waren. Die Abmessungen bewegten sich zwischen der 59 Zentimeter breiten Spur der Bahn von Festiniog nach Port Madoc und der Spur von 2,135 Meter auf der Großen Westbahn. Es wurde schließlich notwendig, dem immer fühlbarer werdenden Übel durch die Gesetzgebung ein Ende zu machen. Der Spur-Ausschuß des Parlaments setzte fest, daß in England und Schottland keine Bahn mehr mit einer anderen als der Regelspur gebaut werden dürfe. Jede Gesellschaft, die eine andere Spurweite anwende, habe eine Strafe von 6 Pfund Sterling für jedes Kilometer und für jeden Tag ihres Bestehens zu bezahlen. Ja der Staat erhielt das Recht, solche Eisenbahnen einfach beseitigen zu lassen. Für die Insel Irland wurde die Spur von 1,6 Metern vorgeschrieben, wie sie dort noch heute besteht.

Seltamerweise durfte aber die Große Westbahn ihre breitere Spur noch beibehalten. Sie sah sich zwar schließlich genötigt, eine dritte Schiene zur Ermöglichung des Durchgangsverkehrs einzulegen, beseitigte jedoch die letzte Breitspurstrecke erst im Jahre 1862.

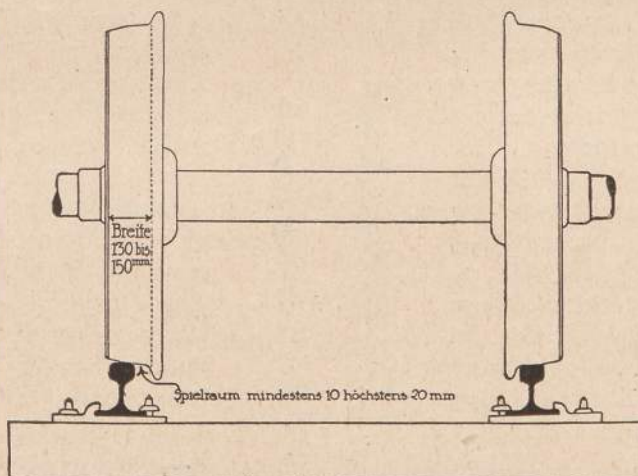
In Amerika versuchte man gleichfalls hier und da die Breitspur. Sie hatte dort jedoch keinen großen Erfolg. Überall wurde der breitere Schienenabstand bald wieder zur Regelspur umgebaut. Im Jahre 1871 brachte eine kanadische Bahn das echt amerikanische Kunststück fertig, ihre ganze, 547 Kilometer lange Strecke durch ein Arbeiterheer von 2720 Mann an einem einzigen Tag auf die Regelspur umlegen zu lassen.

Deutschland blieb von dem Kampf der Spurweiten glücklicherweise fast völlig verschont. Die badischen Bahnen, die Anfang der dreißiger Jahre ein Spurmaß von 1,8 Meter hatten, fügten sich bald dem üblichen ein.

Breitspur haben heute in Europa nur noch die Bahnen in Rußland (1,524 Meter) sowie in Spanien und Portugal, wo sie 1,676 Meter beträgt.

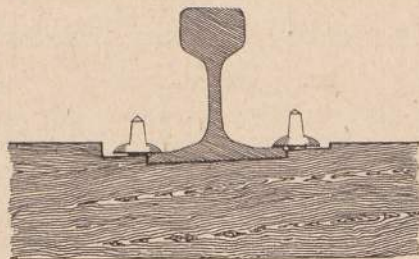


322. Querschnitte von Eisenschwellen



323. Radstand im Gleis

Den Spurkränzen wird ein Spielraum gelassen



324. Ausgearbeitete (gedeckelte) Schwelle in einem Gleis ohne Unterlagplatten



Die Unterlage für die jetzt übliche Fahrbahn haben wir bereits besprochen. Es bleibt nun übrig, Bettung, Schwellen, Schienen und das zugehörige vielgestaltige Kleineisenzeug in den Arten und Formen, wie sie heutzutage angewendet werden, erst im einzelnen, dann aber auch in ihrem Zusammenhang, d. h. also den neuzeitlichen Oberbau zu betrachten.

Wir wissen, daß es die Aufgabe der Bettung ist, für die Schwellen einen Lagerbezirk zu schaffen, in dem diese fest und möglichst trocken liegen. Der Bettungsstoff muß daher Wasser sehr leicht durchlassen und doch fest genug sein, um die sehr großen Kräfte, die von oben und von den Seiten her gegen die Schienen und Schwellen wirken, aufnehmen und über eine weite Fläche verteilen zu können. Außerdem muß die Form der einzelnen Bettungsstücke so beschaffen sein, daß man sie leicht unter die Schwellen schlagen kann, um deren Senkung auszugleichen, die der Betrieb immer wieder bewirkt.

Die deutschen Bahngleise sind entweder in Kies oder in Steinschlag verlegt. Die tiefste Lage der Bettung auf dem Unterbau, die nur zu tragen, aber keine seitlichen Kräfte aufzunehmen hat, wird auch öfters aus Packlage gebildet, größeren, fest zusammengesetzten und miteinander verzwickten Steinen (Bild 32, Seite 24). Der Steinschlag besteht bei uns zumeist aus Basalt, Porphyr, Quarzit oder Grauwacke, und zwar in Form von scharfkantigen kleinen Stücken mit einer Seitenlänge von sechs bis acht Zentimetern. Die Längsschwellen, mit denen der Eisenbahnoberbau einst begann, sind heute überlebt. Das nahezu ausnahmslos verwendete Querschwellengleis hat den großen Vorteil, daß es die Spur ohne besondere Vorkehrungen festhält, das Erneuern einzelner Stücke ermöglicht und in einfacher Weise die Tragfähigkeit des Gleises zu verstärken gestattet, da man in solchem Fall nur nötig hat, die Zahl der Schwellen für die Längeneinheit zu erhöhen.

Auf den deutschen Bahnen ist der Querschnitt der Schwellen stets ein Rechteck, meist mit abgechrägten Kanten an der oberen Fläche. Die üblichen Abmessungen für die Schwellen sind: Breite 26 Zentimeter, Höhe 16 Zentimeter, Länge 2,70 Meter. Bei uns werden hauptsächlich Eiche, Buche, Fichte, Tanne und Kiefer, die letzte in größter Zahl, zu Schwellen verarbeitet.

Die Holzschwellen verderben im natürlichen Zustand leicht, weil der Saft Eiweiß und andere Stoffe enthält, die sich im toten Holz bald zersetzen und das Gefüge locker machen. Ferner ist die Schwelle der Gefahr des Faulens so stark wie kaum ein anderer Baustoff gleicher Art ausgesetzt, da Trockenheit und Feuchtigkeit im Bahnbett unaufhörlich miteinander abwechseln. Man macht die Schwellen standhaft gegen diese schweren Angriffe, indem man sie mit fremden Stoffen vollkommen durchtränkt.

Durch besondere Verfahren wird der Holzsaft ausgesaugt, und an seine Stelle werden unter sehr kräftigem Druck Kreosot, Chlorzink oder kreosothaltiges Teeröl zwischen die Fasern gepreßt. Die Lebensdauer der Schwellen steigt dadurch sehr bedeutend. Eichenholz hält roh 14 bis 16 Jahre, getränkt 20 Jahre; bei Buchenholz ist der Unterschied sehr viel größer, nämlich 3 Jahre gegen 12 bis 18. Die Zahlen für Kiefernholz lauten 7 bis 8 Jahre gegen 14 bis 18.

Die eisernen

Schwellen wurden, wie erwähnt, erst brauchbar, nachdem man ihnen eine vollkommen geschlossene, trogformige Gestalt gegeben hatte. Sie umgreifen einen großen Teil der Bettung vollkommen und sichern sich so gegen jede Verschiebung. Die Eisenschwellen werden heute sämtlich aus Flußeisen oder Flußstahl gewalzt. Die am meisten gebräuchlichen Querschnittformen zeigt Bild 322. Damit man die Befestigungsmittel für die Schienen durch die Eisenschwellen hindurchstecken kann, müssen diese an der Decke durchlocht sein (siehe auch Bild 317).

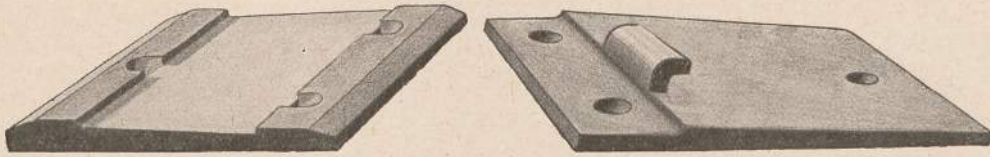
Ausschlaggebend für die Stärke des Oberbaus ist die Schwellenteilung, das heißt der im allgemeinen stets gleichmäßige Abstand der einen Schwellenmitte von der anderen. Bei stark befahrenen Hauptbahnen pflegen in Deutschland auf einem Kilometer 1675 Schwellen zu liegen. Am Stoß werden die Unterstüzungen näher zusammengelegt, als der gewöhnliche Abstand beträgt, und auch die drei nächsten Schwellen rückt man beiderseits noch etwas zusammen. Bei Eisenschwellen wird am Stoß eine zusammenhängende Doppelschwelle ausgebildet.

Die Ansprüche, welche eine Schiene für Eisenbahnen zu erfüllen hat, sind nicht gering. Der Kopf soll, da er fortwährend den gewaltigen Schlägen der Räder ausgesetzt ist, eine möglichst große Härte besitzen; der Fuß aber, der auf Biegung beansprucht wird, muß möglichst zäh sein. Beide einander fast entgegengesetzte Eigenschaften lassen

sich in einem einheitlichen Stahlstück natürlich nicht erwirken, und darum muß man den Schienenstoff so wählen, daß seine Eigenschaften die Mitte zwischen den beiden begehren halten. Es gelingt heute, einen Schienenstahl herzustellen, der Härte und Zähigkeit zugleich besitzt.

Die Form des Kopfes der heutigen Schiene ist in engem Zusammenhang mit der Form des

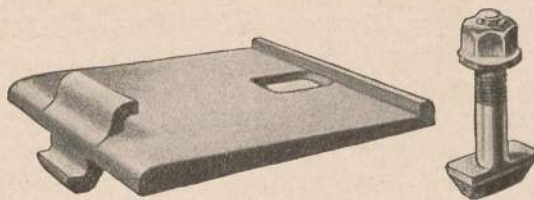
Radreifens durchgebildet worden. Die Lauffläche ist eben, um dem Reifen als Auflager zu dienen. Der Übergang zur Seite wird, entsprechend der Hohlkehle am Rad, abgerundet; die Seitenfläche selbst hat die Aufgabe, den Spurkranz zu führen. Nicht selten, insbesondere in Krümmungen, kommt es vor, daß das Rad sich vollständig gegen die Schiene preßt. Alsdann muß eine überall passende Anlagefläche vorhanden sein, damit keine Stöße entstehen. Die Übergänge



325. Unterlagplatten, links ohne Haken, rechts mit Haken



326. Hakennagel und Schwellenschraube



327. Hakenplatte für eiserne Schwellen mit Bolzen



vom Kopf zum Steg und von dort zum Fuß müssen scharf unterbrochen sein, damit die Lasche am Stoß fest zwischen Kopf und Fuß gepreßt werden kann.

An sich scheint es begehrenswert, im Gleis so lange Schienen zu verlegen, wie sie durch das Balzverfahren nur irgend herzustellen sind. Denn die Zahl der Stöße wird ja dadurch hinabgesetzt. Leider aber ist es nicht möglich, in der Schienenlänge über ein gewisses Maß hinauszugehen. Der Hinderungsgrund sind die Witterungsverhältnisse und die bereits erwähnten, aus den Wärmeschwankungen folgenden Längenveränderungen jeder Schiene.

Die Wärme unter freiem Himmel schwankt in unseren Breiten zwischen etwa  $-25$  Grad im kältesten Winter und  $+60$  Grad bei stärkstem Sonnenbrand, also um nicht weniger als  $85$  Grad. Damit die hierdurch verursachten starken Längenänderungen in den Schienenstücken Spielraum erhalten, müssen ihre Enden bei starker Kälte Abstand voneinander haben. Bei  $9$  Metern Länge genügen  $8$  Millimeter Spielraum. Bei einer Schienenlänge von  $18$  Metern müßte die Wärmelücke bereits  $19$  Millimeter groß sein, und da man für Ungenauigkeiten in der Bearbeitung der Schienenenden und für Schief lagen bei Krümmungen stets noch  $2$  Millimeter zugeben muß, sogar  $21$  Millimeter.

Eine so große Lücke im Gleis ist jedoch bereits nicht mehr zulässig. Um ein Einsinken der Räder in die Wärmelücke zu verhüten, darf diese  $15$  bis  $18$  Millimeter keinesfalls überschreiten. Demzufolge können bei uns Schienen von  $18$  Metern Länge nur in Tunneln oder unter Bahnhofshallen verwendet werden, wo die Wärmeschwankungen geringer sind. Auf freier Strecke sind  $9$  oder  $12$ , höchstens  $15$  Meter zulässig.

Würde man nicht eine genügende Wärmelücke offen lassen, so daß im Sommer die Schienenenden fest aneinander stießen, bevor die ganze Dehnung ausgeführt ist, dann wären die Züge größten Gefahren ausgesetzt. Denn durch Werfen der Schienen würden Spurerweiterungen oder Spurerengungen eintreten, die beide gleich bedrohlich sind.

Die Kraft der Wärmespannung in einem Körper ist außerordentlich groß. Wir haben kein Mittel, ihre Wirkung in einem offen daliegenden Gleis anders unschädlich zu machen, als daß wir ihr durch Einlegung von Fugen freies Spiel lassen. Anders liegen die Verhältnisse bei ganz eingebetteten Geleisen, wie z. B. denen der Straßenbahnen. Diese sind dem Sonnenbrand zum größten Teil entzogen, da nur der Kopf frei liegt, und außerdem verhindert die allseitig fest anliegende Straßenbettung auch die Verwerfung. Straßenbahnschienen können darum ohne Gefährdung des darüber rollenden Verkehrs unbedenklich zu einem einheitlichen Strang zusammengeschweißt werden.

Die Verbindung der Schienen mit den Schwellen durch Befestigungsmittel, auch Kleineisenzeug genannt, erfolgt heute bei jeder einzelnen Schwelle. Ist diese aus Holz, dann wird bei uns stets eine eiserne Unterlagplatte zwischen Schiene und Schwelle gesetzt. Sie verhindert, daß sich der Schienenfuß in das Holz einarbeitet. Durch Abschrägung der Plattenoberfläche wird ferner in bequemster Weise eine Neigung der Schiene nach innen mit einem Abfall der Kopfplatte von  $1:20$  erreicht, die der kegelförmigen Abdrückung des Radkranzes entspricht. Dieser ist nicht zylindrisch, damit den Achsen das seitliche Schwanken im Gleis erschwert wird. Denn damit ist stets ein Heben der Achslast verbunden.

In Frankreich, wo man Unterlagplatten weniger gern verwendet, müssen die Schwellen unter dem Schienenfuß ausgearbeitet, gedehelt, werden (Bild 324), was erfahrungsgemäß ihre Lebensdauer durch Begünstigung der Fäulnis verkürzt.

Auf Stoßschwellen verwendet man bei der Reichsbahn heute

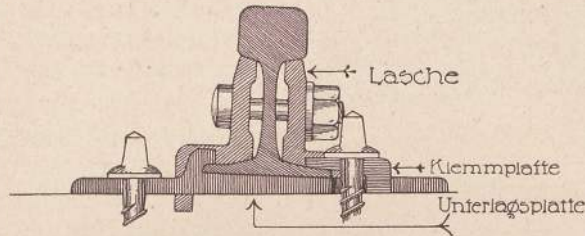
stets Hakenplatten, bei denen der außen um den Schienenstoß greifende Haken die sonst notwendigen anderen Befestigungsmittel ersetzt. Bei Mittelschwellen kommen noch häufig offene Unterlagplatten zur Verwendung.

Die eigentliche Verbindung zwischen Schienen und Schwellen geschieht durch eingetriebene Hakennägel oder durch Schrauben. In durchgehenden Geleisen werden jetzt ausschließlich Schrauben verwendet, bei leichterem Oberbau in Nebengeleisen überwiegen die Nägel. Man gibt diesen am Kopf seitliche, über den Schaft hinausragende Verbreiterungen, damit sie mit einfachen Klauen bequem ausgezogen werden können. Der heutige Schienen nagel hat keine Spitze, sondern besitzt eine Schneide, die gleichgerichtet mit der Schienen erstreckung eingetrieben wird. Sie durchschneidet beim Einschlagen allerdings die Holzfasern, verhindert dadurch jedoch das Spalten der Schwelle.

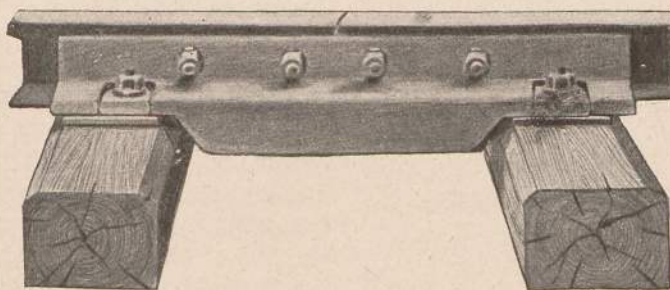
Die Schrauben haben am Kopf einen quadratischen oder rechteckigen Ansatz, auf den der Schlüssel für das Eindrehen gesteckt werden kann. Damit die Schrauben nicht nur einseitig auf dem Schienenfuß aufsitzen, damit also die Unterfläche des Kopfs ein vollständiges Auflager findet, werden häufig noch Klemmplatten auf die Unterlagsscheibe gelegt. Auf diese Weise wird ein Ver-

biegen des Schraubenschafts verhindert.

Die Zahl der Verbindungsmittel bei eisernen Schwellen ist durch eine Erfindung von Haarmann stark verringert worden. Er schuf eine Unterlagplatte mit einem Haken an der Unterfläche, der unter die Decke der eisernen Schwelle greift und jede weitere Befestigung der Schiene an der Außenseite unnötig macht. Innen wird die Schiene durch einen Bolzen mit Mutter festgemacht, dessen rechteckiges Schaftende durch eine gleichfalls rechteckige Öffnung in der Schwellendecke hindurchgesteckt und

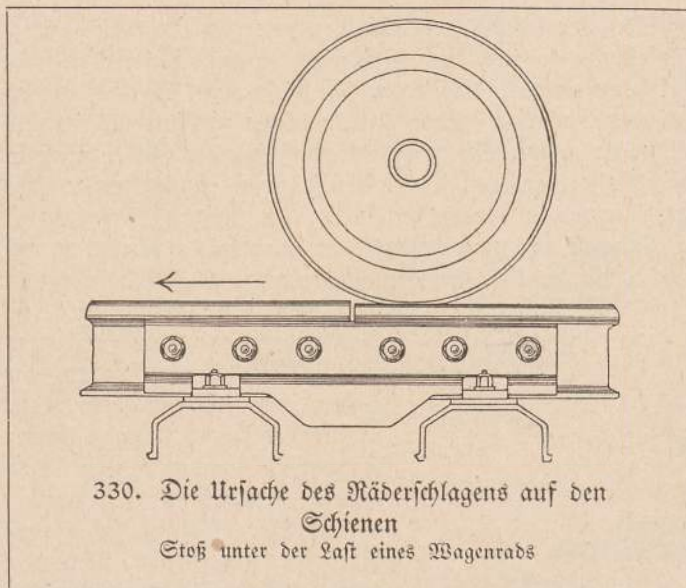


328. Querschnitt durch einen Schienenstoß-  
Verbindung der deutschen Reichsbahn



329. Schienenstoß  
von der Seite gesehen

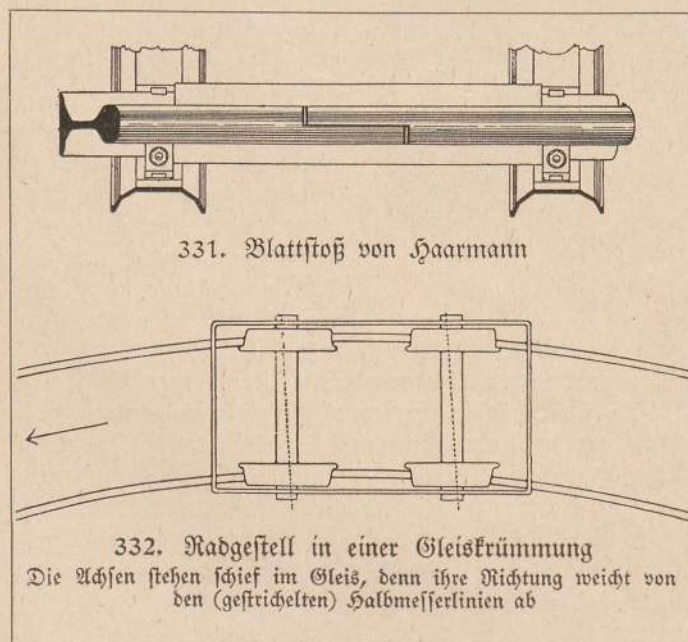




dann um 90 Grad gedreht wird, so daß die breite Ausladung des Schafts nunmehr beiderseits über die schmale Erstreckung der Öffnung hinübergreift und sich gegen die Unterseite der Schwellendecke legt. Die Muttern müssen gegen das Losrütteln durch besondere Mittel gesichert werden.

Die Ausrüstung des Stoßes selbst beruht heute auf dem Gedanken, die an dieser Stelle unterbrochene Schiene durch einen anderen Träger zu ersetzen. Nach vielerlei Versuchen hat sich als die am wenigsten schlechte Bauart das kräftige Einklemmen von Laschen zwischen Kopf und Fuß, ohne Berührung des Stegs auf beiden Seiten der Schiene erwiesen. Eine wirkliche Lösung dieser so wichtigen Aufgabe wird, wie wir ja alle an unserem eigenen Körper oft genug erfahren haben, auch hierdurch nicht erreicht.

Es ist nun einmal nicht zu verhindern, daß die Schiene, von der das Rad beim Fahren abläuft, etwas nach unten sinkt. Der Kopf der Auflauffschiene ragt dadurch etwas höher empor, und ein geradezu furchtbarer Schlag eines jeden Rads gegen den Kopf der Auflauffschiene ist, insbesondere bei schnell fahrenden Zügen, unvermeidlich. Hierbei wird die Auflauffschiene nicht nur wie durch einen Hammer jählings nach unten geschlagen, sondern sie erhält



auch einen Stoß in wagerechter Richtung, der sie vorwärts treiben will. Dadurch entsteht das so gefürchtete Wandern der Schienen in der Fahrtrichtung, das aber auch durch die Bewegung der Räder auf der glatten Lauffläche verursacht wird, insbesondere an Stellen, wo häufig gebremst werden muß.

Die Stoßausrüstung hat also eine doppelte Aufgabe: sie muß den Übergang von einem Schienenstück zum andern möglichst glatt gestalten und das Wandern der Schienen verhindern, das leicht zu Spurveränderungen und zu einer gefährlichen Aufhebung der Wärmelücken führen kann. In den Laschen selbst sind die Löcher zur Aufnahme der Bolzen länglich geformt, damit die Wärmeausdehnung der Schienen ohne Verbiegung der Bolzen stattfinden kann.

Um die sehr unangenehmen Wirkungen des Stoßes zu verringern, hat man auch versucht, der Fuge selbst eine andere Form zu geben als die, welche bisher ausschließlich erwähnt worden ist. So hat die preussische Staatsbahn eine Zeitlang den Versuch gemacht, den stumpfen Stoß durch den Blattstoß zu ersetzen. Hierbei ist jedes Schienenende rechteckig ausgeklinkt, und die eine Schiene überblattet die andere um ein mehr oder weniger langes Stück. Dieser von Haarmann erfundene Blattstoß hat sich jedoch, wie alle ähnlichen Bauarten, im Betrieb nicht bewährt.

Der untere Teil der auf Bild 329 dargestellten Lasche ist das wirksamste Mittel zur Verhinderung des Schienenwanderns. Die Bewegung der Schienen wird dadurch, daß die Lasche die Klemmplatten umfaßt, auf die Unterlagplatten und Schwellen übertragen und durch diese unter Zuhilfenahme der Bettung aufgehalten. Damit möglichst viele Schwellen bei der Verhinderung des Wanderns mitwirken, stellt man hier und da Längsverbindungen zwischen mehreren Schwellen durch darüber genagelte Hölzer oder eiserne Bänder her.

Die Regelspurweite beträgt bei uns 1,435 Meter, gemessen zwischen den Innenkanten der Schienenköpfe. Damit ein Klemmen der Räder zwischen den Schienen unbedingt vermieden wird, macht man den Abstand zwischen den Spurkränzen der Räder auf einer Achse kleiner als die Spurweite. Der Radstand, wie wir dieses Maß, abweichend von der amtlichen Gewohnheit, nennen wollen, darf, ein Zentimeter unter der Lauffläche gemessen, nicht mehr als 1,425, aber auch nicht weniger als 1,415 Meter betragen. Es entsteht hierdurch ein Spielraum im Gleis, der infolge des Schwankens der Fahrzeuge selbst auf glatter Strecke notwendig ist (Bild 323, Seite 193).

Aber dieser Spielraum genügt nicht mehr, wenn Krümmungen mit einem geringeren Halbmesser als 1000 Meter durchfahren werden. Bei mehrachsigen Fahrzeugen müssen sich die Räder in den Krümmungen notwendigerweise schief zur Gleisrichtung einstellen. Die Achsen liegen nicht in der Richtung des Gleishalbmessers, sondern um einen Winkel hiergegen verschoben. Damit auch jetzt kein Klemmen der Spurkränze zwischen den Schienenkanten eintritt, muß an solchen Stellen die Spur erweitert werden. Da die Lauffläche der Radkränze ja eine ziemliche Breite besitzt, 13 bis 15 Zentimeter, so braucht man mit dieser Spurerweiterung, die außerordentlich viel zum ruhigen Fahren beiträgt, nicht allzu ängstlich zu sein. Sie kann bei uns auf Hauptbahnen bis zu drei Zentimetern betragen. Bei einem Krümmungshalbmesser von 400 Metern ist die Spurerweiterung auf 1,5 Zentimeter festgesetzt, bei einem Halbmesser von 200 Metern auf 2,4 Zentimeter. In Betracht



zu ziehen ist bei der Bemessung der Spurerweiterung auch der Achsstand der Fahrzeuge, von denen die Strecke befahren wird. Je weiter solche Achsen voneinander abstehen, die unverrückbar am Fahrzeug befestigt sind, desto stärker wird die Schiefstellung im Gleis.

Es sei hier bemerkt, daß der Abstand der Achsen eines Fahrzeugs voneinander amtlich Radstand genannt wird. Diese Bezeichnung ist jedoch wenig glücklich, und im Anschluß an die in vielen Fachwerken heute bereits bestehende Übllichkeit wollen wir stets das deutlichere Wort Achsstand hierfür anwenden.

Um bei den sehr langen Achsständen, die heute an Lokomotiven und Wagen vorkommen, die Spurerweiterung nicht allzu weit treiben zu müssen, sind statt der steifen Achsen solche eingeführt worden, die eine Beweglichkeit im Gleis haben, so daß sie sich in Richtung des Krümmungshalbmessers einstellen können. Näheres darüber wird bei der Behandlung der Lokomotiven und Wagen gesagt werden.

Die Spurerweiterung wird stets durch Verschieben der in der Krümmung innen liegenden Schiene herbeigeführt. Die äußere Schiene läßt man unverändert durchlaufen, weil sie ja infolge der Abdrängung der bewegten Masse vom Krümmungsmittelpunkt, die durch die Fliehkraft verursacht wird, die Fahrzeuge zu führen hat. Die Erweiterung wächst gewöhnlich von 10 zu 10 Schwellen um je drei Millimeter an. Wenn zwei Krümmungen entgegengesetzter Richtung aufeinander folgen, darf die eine nicht ohne weiteres in die andere übergehen, weil der plötzliche Richtungswechsel die Fahrzeuge allzu sehr erschüttern würde. Es ist dann stets eine Zwischengerade ins Gleis einzulegen.

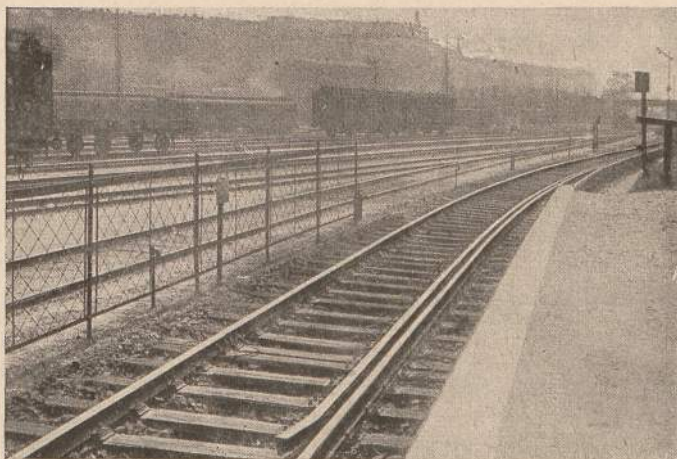
In Krümmungen zeigen die Spurkränze der Räder leicht eine Neigung, auf die Außenschiene hinaufzuklettern. Dadurch entsteht eine starke Entgleisungsgefahr. Um sie zu beseitigen, setzt man neben die Innenschiene, gleichgerichtet mit dieser und in kurzem Abstand, eine dritte, die das auf der Innenschiene laufende Rad seitlich führt. Diese Zwangsschiene dient zugleich auch zur Entlastung der Außenschiene, die ja sehr starken seitlichen Pressungen ausgesetzt ist.

Ein sehr viel wirksameres Mittel gegen Entgleisungsgefahr und Fliehkraftdruck ist jedoch die für schärfere Krümmungen überall vorgeschriebene Überhöhung des Gleises.

Um die Fahrzeuge möglichst kräftig nach dem Mittelpunkt der Krümmung zu drängen, hebt man die Außenschiene an. Die Berechnung der günstigsten Überhöhung ist deshalb besonders schwierig, weil sie von zwei Umständen abhängt: einmal von dem Halbmesser der Krümmung, dann von der Geschwindigkeit, mit der die Züge hindurchfahren. Diese ist dazu noch bei den Zügen verschiedener Gattung nicht gleich. Es ist leicht einzusehen, daß eine Überhöhung, die einen Schnellzug sehr glatt durch die Krümmung hindurchbringt, für den langsameren Güterzug zu hoch sein muß. Dieser wird infolge der geringeren Fliehkraft bei allzu hoher Rampe stark gegen die Innenschiene absinken, so daß die Spurkränze seiner Räder kräftig an dieser schleifen. Man muß also bei der Anlegung der Überhöhungen einen Mittelweg einschlagen.

Im allgemeinen beträgt die Überhöhung bei einem Krümmungshalbmesser von 1000 Metern und einer höchsten Fahrgeschwindigkeit der Züge von 60 Kilometern in der Stunde 3 Zentimeter, bei 100 Kilometern Stundengeschwindigkeit 5 Zentimeter.

Die Zwischengerade bei Gegenkrümmungen soll nach Möglichkeit so lang gemacht werden, daß sie die Anläufe für



333. Zwangsschiene

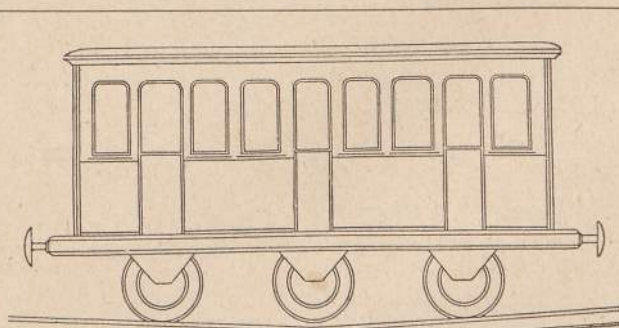
Dient zur Entlastung der äußeren Schiene in der Krümmung, gegen welche die Radkränze infolge der Fliehkraft drücken

die beiden Überhöhungsrampen aufnehmen kann, die ja in solchem Fall zuerst unter der einen, dann unter der anderen Schiene liegen müssen.

Allmähliche Übergänge müssen auch bei Neigungswechseln vorgesehen werden. Würde man eine Steigung unmittelbar an ein fallendes Gleis anschließen, so müßten die Mittelachsen langer Fahrzeuge sich am Brechpunkt vom Gleis abheben (Bild 334). Daher sind für solche Stellen Ausrundungen vorgeschrieben.

Damit bei Gleisumbauten alle vom Gewöhnlichen abweichenden Gleislagen aufs genaueste wiederhergestellt werden können, ohne daß man erst in den Plänen nachzusehen braucht, sind die Abweichungen durch dauerhafte Angaben auf der Strecke angezeichnet. Am Beginn und am Ende einer jeden Krümmung steht ein Täfelchen, auf dem der Halbmesser, die Bogenlänge, die Überhöhung und die Spurerweiterung angegeben sind. Bei jedem Neigungswechsel ist ein Pfahl mit zwei Armen aufgestellt, die nach rechts und links deuten. Wenn eine Steigung folgt, ist der betreffende Arm nach oben gerichtet, bei beginnender Senkung zeigt er abwärts. Jeder Arm gibt das Neigungsverhältnis und die Länge der Neigung an. Also z. B.: auf 180 Meter 1:190. Bei wagerechter Strecke liegt auch der Neigungszeiger wagerecht und trägt die Aufschrift: 1:∞ (unendlich).

Die Herstellung des Gleises geht so vor sich, daß zuerst der Unterbau fertig aufgeführt und eingeebnet wird, worauf man die Bettung bis fünf Zentimeter unter die Schwellenunterkanten aufträgt. Nun erfolgt durch Meß-



334. Die Gefahren der Neigungswechsel

Wagen beim Überfahren eines Neigungswechsels ohne Ausrundung



beamte das genaue Abstecken der Gleisrichtung und der wechselnden Höhenlagen der Schienenoberkanten. Richtung und Höhen werden durch Einschlagen von Pfählen festgelegt, bleibende Markpfosten aus Stein errichtet. Bei zweigleisigen Bahnen steckt man so die Bahnmittellinie ab, bei eingleisiger Strecke eine Linie, die sich seitlich in einem Abstand von zwei Metern von der Mittellinie des Gleises befindet. In den Geraden werden die Pfähle in einem Abstand von 100 Metern eingeschlagen, bei den Krümmungen beträgt die Entfernung der Pfähle nur 25 Meter, und außerdem wird an jedem Anfangs- und Endpunkt eines Bogens sowie bei jedem Neigungswechsel ein Pfahl eingeschlagen. Die Oberflächen der Pfosten liegen genau in der Höhe der künftigen Schienenoberkanten. Ein Sägechnitt, der künftigen Gleiserstreckung gleichgerichtet, bezeichnet die Stelle, von der aus in der Wagerechten gemessen werden soll.

Die Baustoffe waren bereits vorher an geeigneter Stelle der Strecke sorgfältig und luftig gelagert, so daß die Schwellen nicht faulen, die Schienen nicht rosten konnten. Die Zufuhr der Baustoffe zur Arbeitsstelle erfolgt durch einen Arbeitszug.

Zuerst werden die Schwellen abgeladen und auf der Bettung so ausgelegt, daß die Schwellenmitten genau in der Mittellinie des Gleises liegen. Mit Hilfe eines Bandmaßes, das mit Löchern entsprechend der beabsichtigten Schwellenteilung versehen ist, werden die Abstände genau geregelt.

Sobald die hölzernen oder eisernen Unterlagen in dieser Weise ausgerichtet sind, wird eine Schiene vor den Kopf der letzten bereits liegenden gebracht, ein Stoßlückenblech eingelegt und die Laste mit vorläufig nur zwei Bolzen angeschlossen. Die Dicke der Lückenbleche muß entsprechend der Tageswärme ausgewählt werden. Im Winter also werden starke, im Sommer dünne Bleche verwendet.

Bei dem Anstoßen ruht die Schiene nicht auf den ausgelegten Schwellen, sondern auf drei Holzklößen, die in Zwischenräume gestellt sind und die Schwellendecken etwas überragen. So können die Unterlagen leichter gerückt werden.

Durch Kreidestriche wird die Schwellenteilung genau auf die Schiene gezeichnet. Bei Regenwetter geschieht dies in dem geschützten Bezirk der Stegfläche. Alsdann läßt man die Schwellen hochheben, fest an die Schienen pressen und bringt die Nägel oder Schrauben ein, so daß eine innige Verbindung entsteht. Darauf wird die zweite Schiene herbeigeschafft, in gleicher Weise

angestoßen und befestigt. Die Überwachung auf genaueste Einhaltung des Spurbabstands geschieht durch das Einlegen von Spurmaßen.

Während die Schwellen auf der einen Seite stets bereits vor dem Auslegen vorgebohrt sind, werden die Löcher auf der anderen Seite größtenteils erst während des Auslegens mittels Schnellbohrmaschinen hergestellt, damit vorgeschriebene Spurerweiterungen leicht anzubringen sind. Zur Herstellung von Krümmungen mit einem Halbmesser von mehr als 700 Metern können gerade Schienen verwendet werden. Für engere Krümmungen müssen die Schienen vorher gebogen werden, was durch einfache Schraubvorrichtungen geschieht.

Wenn auf diese Weise eine längere Gleisstrecke fertiggestellt ist, werden die fehlenden Lastebolzen eingezogen, die untergestellten Klöße entfernt. Das Gleis liegt jetzt auf der Bettung, ohne jedoch schon die genaue Höhe zu haben.

Nun wird Bettungsstoff herangebracht und zwischen die Schwellen geschüttet. Nachdem die Gleisrichtung nach den Weisungspfählen ganz genau eingestellt ist, werden die Schwellen gestopft. Dies geschieht, indem man mit besonders geformten Arten, den Stopfhacken, Bettungsstoff darunter schlägt.

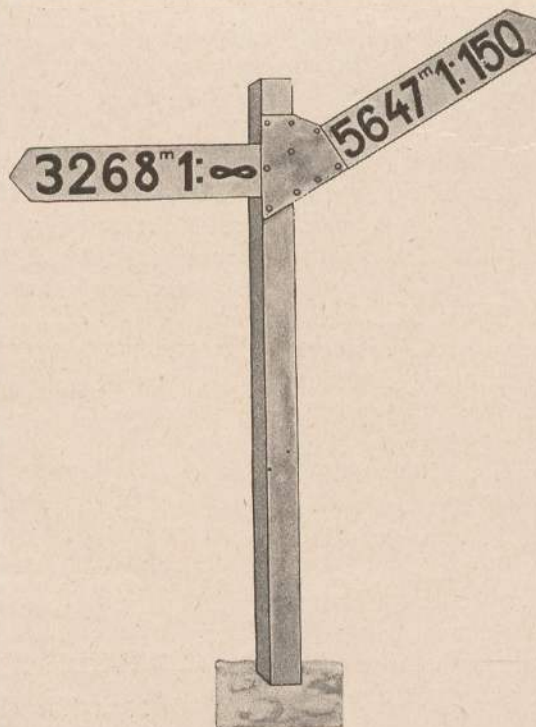
Die festgelegte Höhe der Schienenoberkante, auch in den Überhöhungen, läßt sich durch das Stopfen ganz scharf einstellen, es wird also durch diese doch recht grobe Arbeit eine fast feinmechanische Genauigkeit erreicht. Zuerst werden die Stoßschwellen in die endgültige Lage gebracht, darauf eine Schwelle in der Mitte und dann erst die dazwischenliegenden.

Nach Abschluß des Stopfens werden sämtliche Befestigungsmittel noch einmal genau nachgesehen und darauf die Stoßlückenbleche entfernt. Jetzt erst darf das Gleis von einer Lokomotive befahren werden, weil vorher ein Verbiegen der Schienen durch die schwere Auflast hätte stattfinden können. Wenn die Lokomotive mehrmals über den neu verlegten Streckenabschnitt gefahren ist, wird durch Vergleich mit den Höhen der Weisungspfähle festgestellt, ob die angestopfte Höhenlage auch erhalten geblieben ist. Wo durch Zusammenpressen der Bettung Senkungen stattgefunden haben, muß nachgestopft werden. Nach Beendigung auch dieser Arbeit wird das noch fehlende Bettungsmaterial bis zu der Höhe der Schwellenoberkanten aufgeschüttet, und der Bau der Strecke ist dann vollendet.

Der stählerne Pfad erstreckt sich zwar heute ohne Unterbrechung und in stets gleicher Art von der Ostseeküste bis zum Mittelmeer, vom



335. Krümmungs-Täfelchen  
Gibt Halbmesser, Bogenlänge, Überhöhung und Spurerweiterung für die Krümmung an



336. Neigungszeiger  
Nach links wagerechtes, nach rechts ansteigendes Gleis



Atlantischen bis zum Stillen Ozean, aber die blinkenden Linien der Geleise sind nicht überall gleichmäßig und glatt. Sie laufen nicht kalt und abweisend nebeneinander her, sondern treten häufig in Verbindung miteinander. Insbesondere vor und in Bahnhöfen ist hierdurch die Glätte der Schienenfläche zerissen und zerschnitten. Freilich nicht in einer Weise, welche die Durchfahrt der Züge verhindert, sondern vielmehr durch Anordnungen, die eine Erhöhung der Fahrmöglichkeiten bringen.

Damit ein wirklicher Eisenbahnbetrieb aufrechterhalten werden kann, ist es notwendig, die einzelnen Geleise so zusammenzuschließen, daß Fahrzeuge und ganze Züge von einem auf das andere übergeführt werden können. Hierfür gibt es drei Mittel: die Schiebebühnen, die Drehscheiben und die Weichen.

Schiebebühnen, die in der zur Gleiserstreckung senkrechten Richtung beweglich sind und Fahrzeugen, die von einem Gleis auf die davorstehende Bühne gefahren sind, die Möglichkeit geben, auf ein anderes Gleis zu gelangen, sind fast ausschließlich in Eisenbahnwerkstätten in Gebrauch. Drehscheiben hingegen werden auf Bahnhöfen in großer

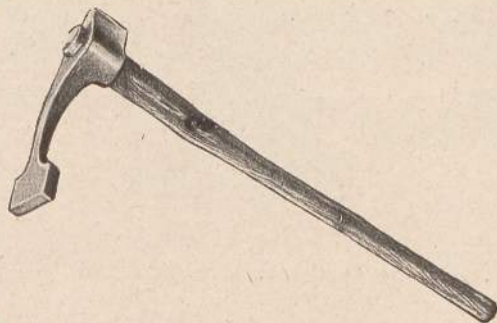
Zahl verwendet. Nur in sehr seltenen Fällen benutzt man sie, um mit ihnen Wagenverschiebungen auszuführen; in der Hauptsache dienen sie dem Wenden von Lokomotiven und dem Übersetzen der Maschinen auf andere Geleise. Insbesondere an Stellen, wo von einem

Stammgleis her sehr viele Abzweigungen erreichbar sein müssen, wie vor Lokomotivschuppen, sind die Drehscheiben sehr brauchbare Hilfsmittel. Sie werden von Hand oder durch mechanischen Antrieb bewegt, indem ein Ritzel sich auf einem großen feststehenden Zahnkranz abwickelt, und sie sind trotz ihrer schweren Bauart ziemlich leicht zu drehen, da die Hauptlast nur auf einem Mittelzapfen, dem sogenannten Königstuhl, ruht.

In durchgehende Geleise, wie das früher oft vorkam, dürfen Drehscheiben bei uns heute nicht mehr

eingeschaltet sein. Die Festigkeit ihres Mittellagers und der seitlichen Auflager, die auf einem Rundgleis laufen, ist nicht so groß, daß man mit erheblicher Geschwindigkeit über sie hinwegfahren könnte.

Zur Überführung geschlossener Züge von einem Gleis zum anderen und mit recht erheblicher Geschwindigkeit sind

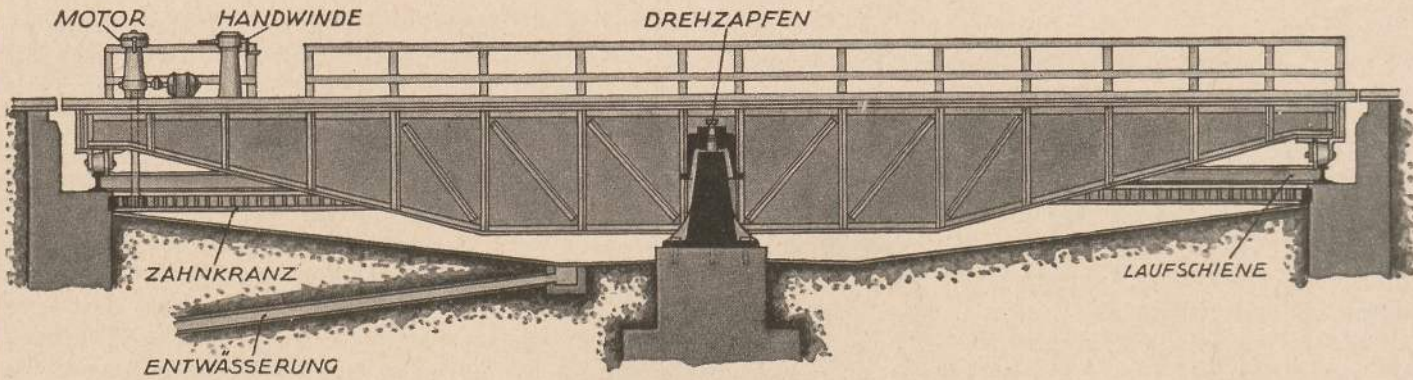


337. Stopfhacke  
zum Unterschlagen von Bettungsstoff unter die Schwellen



338. Lokomotivschuppen mit Drehscheibe





339. Der Königstuhl

Lagerung der Drehscheibe auf Mittelzapfen und Rundgleis; Querschnitt durch die Versenkgrube mit Entwässerungskanal

nur Weichen verwendbar. Sie gestatten Ablenkungen und das Zusammenführen getrennter Fahrwege in die gemeinsame Fortsetzung.

Wegen der sehr starken Beanspruchungen, denen die gekrümmten Weichenstränge ausgesetzt sind, muß der Grund unter ihnen besonders fest und unerschütterlich gestaltet werden. In Deutschland werden jetzt unter Weichen fast stets eiserne Schwellen eingebaut.

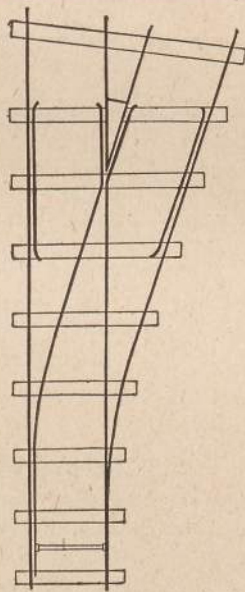
Die am häufigsten vorkommende Form der Ablenkung ist die einfache Weiche. Sie stellt sich, je nach der Richtung des abzweigenden Gleises, als Rechts- oder Linksweiche dar (gegen die Spitze gesehen). Wegen Platzmangels ist es in Bahnhöfen oft nicht möglich, zwei aufeinanderfolgende Weichen, die also vom Stammgleis in zwei Abzweigungen geleiten, hintereinander anzuordnen; man muß sie dann so zusammenschieben, daß die Spitzen in ganz kurzem Abstand aufeinander folgen. Als dann entsteht die ver- schränkte Doppelweiche. Wenn das Stammgleis nicht gerade, sondern an der Abzweigungsstelle gleichfalls gekrümmt ist, ergibt sich eine Anordnung, die man Zweibogenweiche nennt.

An den Stellen, wo zwei Gleise einander in gleicher Höhe kreuzen, sieht man gern die Möglichkeit des Übergangs von einem zum andern vor. Die Anbringung

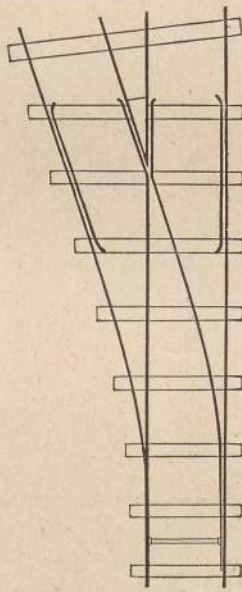
von Weichen an solchen Stellen ist ohne weiteres nur möglich, wenn der Kreuzungswinkel ein gewisses Maß nicht überschreitet. So kann z. B. eine rechtwinklige Kreuzung nicht ohne Anlage von längeren Überführungsgeleisen mit Weichen ausgerüstet werden. Wohl aber ist dieses bei schiefwinkligen Kreuzungen angängig. Hier kann man, je nach Bedarf, eine einfache oder eine doppelte Kreuzungsweiche einbauen.

Die auf Bild 346 wiedergegebene Kreuzung gestattet selbst nur Fahrten von A nach B und von A' nach B', sowie in umgekehrter Richtung. Die einfache Kreuzungsweiche aber erschließt auch die Möglichkeit, von A' nach B zu fahren. Will man nun ferner den vierten Weg, nämlich den von A nach B' eröffnen, dann muß eine doppelte Kreuzungsweiche (Bild 347) eingebaut werden.

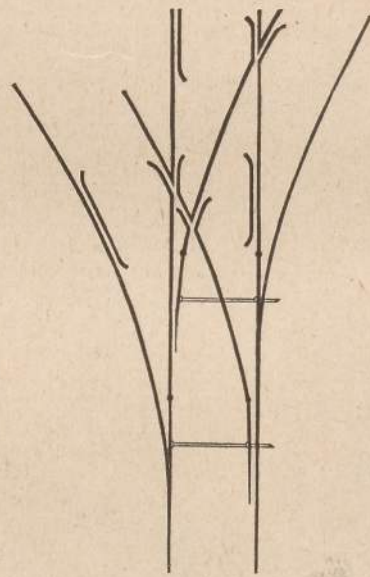
Die Ablenkungs- vorrichtung selbst besteht an den heutigen Weichen immer aus zwei beweglichen, gleich langen Zungen, die meist an ihren Wurzeln drehbar im Zungenstuhl gelagert sind und ihre seitliche Bewegung auf untergelegten Gleitplatten ausführen können. Statt der Weichen mit Drehstühlen, die häufiger Nacharbeit bedürfen, kommen immer mehr Federweichen zur Anwendung; nach dem der Schienenfuß an der Drehstelle weggeschnitten worden ist, federt die in Zungenform gehobelte Schiene nunmehr selbst genügend durch, um die



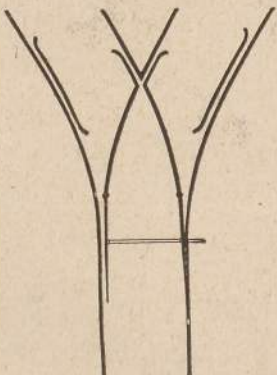
340. Rechtsweiche



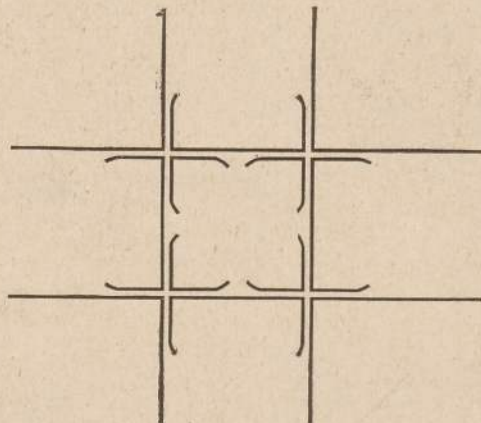
341. Linksweiche



342. Doppelweiche

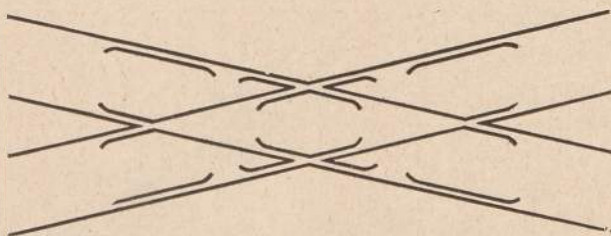


343. Zweibogenweiche

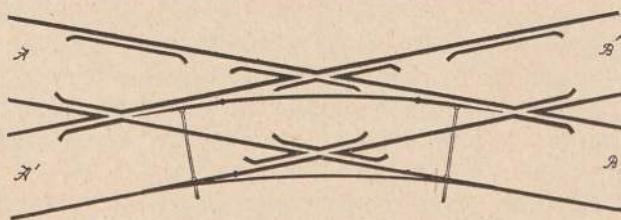


344. Rechtwinklige Kreuzung





345. Schiefwinklige Kreuzung



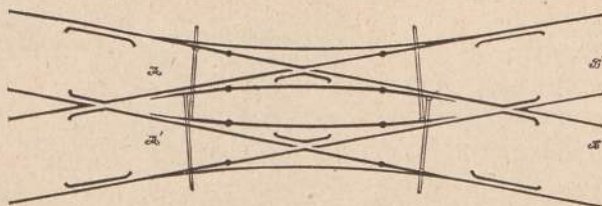
346. Einfache Kreuzungsweiche

notwendige kleine Bewegung zu gestatten.

Die Zungen sind an den Spitzen durch eine Stange miteinander verbunden und können mittels einer Stellvorrichtung bewegt werden. Wenn die eine Zunge an ihrer Backenschiene anliegt, muß die andere von der zugehörigen Backenschiene genügend weit abstehen, damit die Spurkränze der Räder durch die Lücke hindurchlaufen können.

Diejenige Stelle des Gleises, an der die Abzweigung beginnt, die Weichenspitze, bedarf einer äußerst sorgfältigen Durcharbeitung. Nach jahrzehntelangen Versuchen läßt man bei uns zur gänzlichen Vermeidung von Stößen die Fahrkante der Backenschiene an der Ablenkungsstelle unverändert durchgehen. Die Zungen laufen, damit die Richtungsänderung der Fahrzeuge ganz allmählich eintritt, sehr schlang aus. Dadurch werden die Zungen jedoch an der Spitze stark verschwächt, so daß sie hier nicht imstande sind, eine Last zu tragen. Um nun ein Verbiegen zu vermeiden, das gerade an dieser Stelle äußerst gefährlich wäre, sorgt man dafür, daß die Zunge von dem Raddruck nicht erreicht werden kann, solange sie nicht genügend tragfähig ist. Darum schlägt die Zungenspitze nicht in der Höhe der Fahrfläche an die Backenschiene an, sondern ihre Oberkante senkt sich hier ab, so daß die Zunge unterschlägt (Bild 350). Sie erreicht die Höhe der Fahrebene erst, wenn sie eine genügende Breite besitzt, um Lasten tragen zu können. Die Verschiebung des über die unterschlagende Weichenspitze gleitenden Fahrzeugs erfolgt dadurch, daß der Spurkranz durch die sich allmählich verbreiternde Zunge seitlich abgedrängt wird.

Bei jeder Abzweigung müssen notwendigerweise die Innenschienen der beiden Geleise einander durchschneiden.



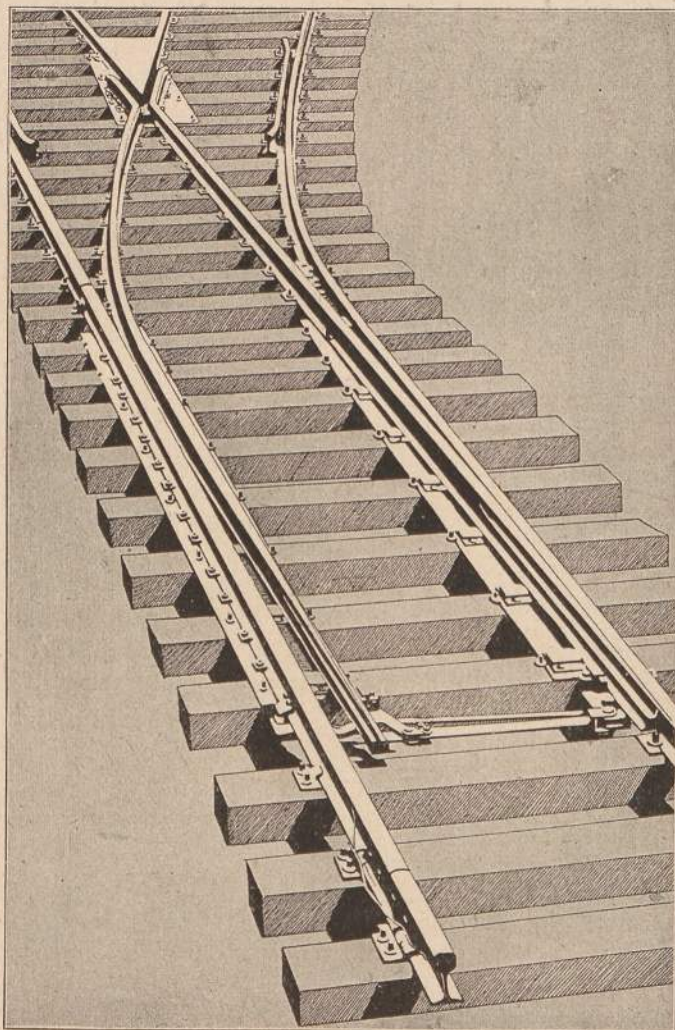
347. Doppelte Kreuzungsweiche

brechungsstellen wird als besonderer Bauteil ausgebildet. Man nennt ihn das Herzstück. Alle seine Teile müssen mit äußerster Sorgfalt hergerichtet werden, weil hier je ein Rad einer jeden Achse über eine Lücke hinweg muß, bei deren Überschreitung es die feste Führung auf der Lauffschiene verliert.

Zum leichteren Verständnis der nun folgenden Ausführungen betrachte man Bild 351. Die an der Lücke fehlende Tragfläche der gewöhnlichen Lauffschiene wird durch die abge-

bogenen Flügelschienen ersetzt, welche die Fortsetzung der Lauffschienen bilden. Infolge seiner Breite greift der Radkranz, während er über die Lücke hinweggeht, auf die Flügelschiene über und wird von ihr getragen, bis er die Herzstückspitze überschritten und eine neue Auflagefläche erreicht hat. Wären die Flügelschienen nicht vorhanden, so müßte das Rad an der Unterbrechungsstelle tief einsinken und mit furchtbarer Gewalt gegen die Herzstückspitze schlagen. Auch diese ist an ihrer schmalsten Stelle aus denselben Gründen wie die Zungenspitze etwas nach unten gesenkt.

Während die Flügelschiene also die fehlende, gewöhnliche Tragfläche für das Rad ersetzt, ist der gegenüber jeder Lücke an dem nicht unterbrochenen Strang angebrachte Radlenker (Bilder 340 und folgende) diejenige Vorkehrung, welche für die gleichfalls fehlende Führung an der Fahrkante eintritt. Der Radlenker verhindert durch seitliche Begrenzung des Spielraums für das äußere



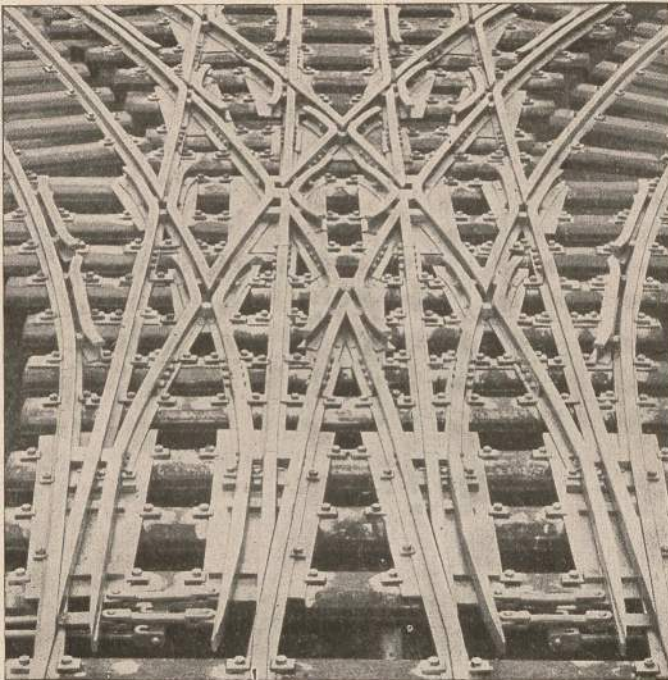
348. Weiche mit Herzstück



Rad, daß das andere führungslose Rad in unzulässiger Weise seitlich ausweicht. Es entstände ja ohne diese Vorkehrung für das über die Herzstücklücke hinweggehende Rad die Gefahr, sich so weit zu verschieben, daß der Spurkranz gegen die Spitze des Herzstücks schließe oder gar auf dessen falscher Seite anlief.

Trotz aller dieser Vorkehrungen ist es aber doch ein Wunder, daß die Herzstücke von den außerordentlich schweren Lokomotiven, die wir heute besitzen, mit einer Geschwindigkeit von hundert Kilometern in der Stunde und mehr durchfahren werden können.

Neuerdings bringt man die Herzstücklücken in durchlaufenden Schnellzuggleisen dadurch zum Verschwinden, daß man eine der Flügelschienen beweglich macht. Wir wollen annehmen, daß die oben liegende Laufschiene auf Bild 351 zu einem solchen Hauptgleis gehört. Alsdann ist die nach oben ragende Flügelschiene drehbar. Sie wird durch starke



349. Sechsfache Verzweigung

Die beiden Geleise werden in gleicher Richtung befahren. Jede der beiden Weichenanlagen gestattet die Durchfahrt nach drei Strängen

Federn gegen die Herzstückspitze gepreßt. Die Räder, welche über das durchgehende Gleis laufen, finden nun eine glatte, ununterbrochene Fahrbahn vor. Diejenigen Räder aber, die aus dem Nebenstrang durch das Herzstück fahren wollen, müssen mit ihren Spurkränzen die federnde Flügelschiene wegdrücken, damit die Spurkränze hindurchkönnen. Eine solche Vorrichtung kann daher nur an solchen Stellen angebracht werden, wo das schneidende Nebengleis stets mit geringer Geschwindigkeit durchfahren wird. Die federnde Flügelschiene steigert das ruhige Laufen schneller Züge.

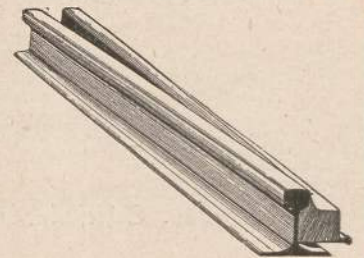
Wo Weichen vorhanden sind, besteht die Möglichkeit, daß ein Fahrzeug, wenn es auf dem einen Gleis steht, dem Nebengleis so nahe kommt, daß es von einem auf diesem laufenden Fahrzeug gestreift werden könnte. Um diese Gefahr auszuschließen, sind an allen Gleisüberschneidungen weiß und rot gestrichene Grenz- oder Merkpfeile angebracht, die anzeigen, wie weit ein Fahrzeug höchstens vorgeschoben werden darf, ohne daß es störend in die Umgrenzung des lichten Raums für das Nachbargleis hineinragt (Bild 353).

In der hochgewölbten Bahnhofshalle steht die lange Reihe der D-Wagen kraftvoll und ragend da. In den Gängen drängen sich die Reisenden, in den Abteilen werden die Gepäckstücke auf den Reizen geordnet, aus den Fenstern neigen sich die Köpfe der Abschiednehmenden. Der Schatten der Bahnhofshalle schneidet mit Messerschärfe in der Mitte des zweiten Wagens ab. Der Borderteil des langen Zuges steht schon außerhalb der Wölbung. Noch aber fehlt dem Ganzen der Kopf. Die Lokomotive ist noch nicht vorgefahren.

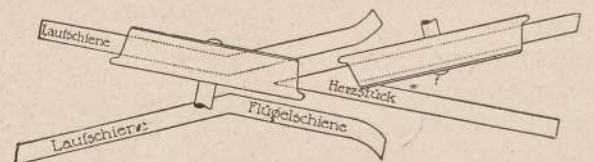
Da kommt sie langsam und majestätisch mit dem Tender voran herbeigerollt. Der Kuppler springt zwischen die Puffer des ersten Wagens, der Heizer, der sich weit aus dem Führerstand der Maschine hinausgelehnt hat, gibt dem Lokomotivführer einige Winke, bis dieser durch wiederholtes geschicktes Öffnen und Schließen des großen Reglerhebels die Lokomotive gerade so weit an den Zug herangerückt hat, daß die Puffer des ersten Wagens ein wenig eingepreßt werden. Die Insassen des Zugs haben von diesem wichtigen Vorgang, der ihnen erst die Möglichkeit des raschen Davonfliegens erschließt, gar nichts bemerkt. Rasch wirft der Kuppler die schwere stählerne Hse am Wagen über den Haken am Tender, zieht die Kupplungsschraube an, haßt noch einmal zwei Kettenteile ineinander und schließt endlich den Bremschlauch der Lokomotive mit der unter dem ganzen Zug dahinfließenden Rohrleitung zusammen.

Prächtig ist der Anblick der nun vor dem Zug liegenden Maschine. Sie ist der schönste Ausdruck des Zwecks, dem sie dient. Die breite Brust mit ihrer kühnen Wölbung bedeutet Kraft. Alle die niedrigen, aus ihrem Leib herausragenden Teile, wie Schornstein, Dampfdom und Sandkasten scheinen anzuzeigen, daß sie sich zusammengedückt hat, um möglichst wenig im Vorwärtstürmen gehindert zu sein, daß sie alle ihre Fähigkeiten zusammenfaßt auf das Vorwärtseilen, das alsbald seinen deutlichsten Ausdruck finden soll durch das verwirrend eilige Umlaufen der blanken Stangen unten am Triebwerk. Eine Persönlichkeit ist die Lokomotive, wie sie jetzt mit klopfenden Pulsen, mit dampfenden Flanken dem Augenblick entgegenharrt, in dem man ihr die Freiheit lassen wird, dahinzustürmen auf der Bahn, die von ihr allein beherrscht wird.

Welch eine andere Maschine sehen wir jetzt vor uns, als die es gewesen, welche vor noch nicht 100 Jahren beim



350. Schnitt durch eine Weichen Spitze mit unter-schlagender Zunge



351. Rad im Herzstück



Wettkampf zu Rainhill von dem Meister Stephenson zum Sieg geführt wurde. Die „Rakete“ leistete zehn Pferdestärken. Unsere Schnellzuglokomotive vermag mehr zu leisten als 1200 Pferde. Im Kessel der „Rakete“ drückte der Dampf mit einer Pressung von 3,3 Kilogramm auf jedes

Quadratcentimeter, und man fürchtete damals schon ein Zerspringen. Heute ist der Dampf im Kessel bis zu 16 Atmosphären gespannt. Das Gewicht der Maschinen ist von 8000 Kilogramm auf 120 000 Kilogramm gestiegen. Die Höchstgeschwindigkeit vor dem Zug, die damals 40 Kilometer in der Stunde betrug, ist auf 120 Kilometer angewachsen.

Wir haben uns, um die neuzeitliche Zugmaschine gründlich kennen zu lernen, die Erlaubnis erwirkt, in den Führerstand der Lokomotive hinaufsteigen zu dürfen, um eine Fahrt mitzumachen. Sobald wir nach Überwindung der steilen Stufen auf der eisernen Plattform angelangt sind, blicken wir zuerst durch das länglich runde Fenster an der rechten Seite der vorderen Abschlusswand des Führerstands hinaus auf die Strecke.

Der Eisenbahnkörper zeigt nun ein ganz anderes Bild, als wir sonst, in unserer Eigenschaft als einfache Reisende, zu sehen gewohnt sind! Alles heitere gesellschaftliche Treiben, das wir eben noch am Zug beobachtet haben, ist verschwunden. Kalt und streng recken sich die Schienen über der mit größter Sauberkeit hingebreiteten Bettung aus. Man kann zwar, wenn man zur Seite blickt, die Bahnsteige auf der Ankunftsseite des Bahnhofes sehen, aber diese haben plötzlich die hervortretende Bedeutung, welche sie für jeden Reisenden besitzen, vollständig verloren. Sie sind bescheidene Auswüchse am endlos sich ausreckenden Streckenkörper geworden.

Mit haarscharfer Deutlichkeit heben sich die Arme der hohen Signale vom leuchtenden Himmel ab. Man begreift plötzlich, welche ungeheure Bedeutung diesen Zeichengebern innewohnen kann, wenn sie sinnvoll bedient und in ihren wechseln-

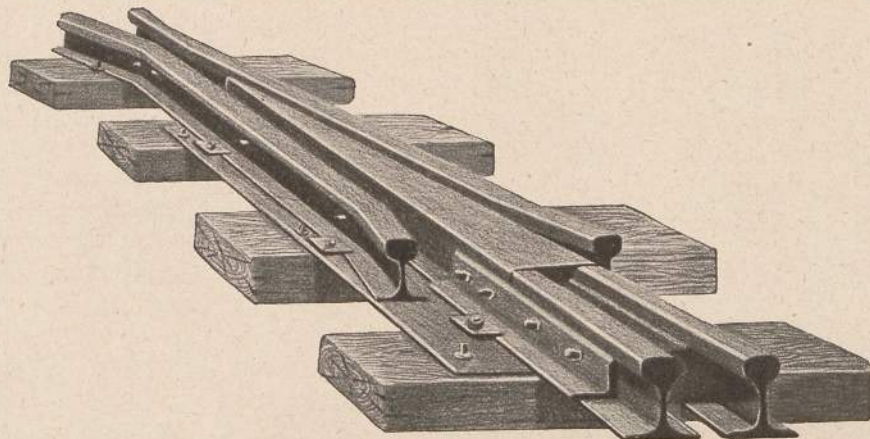
den Stellungen richtig verstanden werden. Zu den Füßen der Signalmaste wimmelt, wie das Unterholz im Hochwald, das Gestrüpp der Weichenlaternen mit ihren weißen Pfeilen, viereckigen und runden Scheiben. Die sanft geschwungenen Bogen der Weichen selbst durchschneiden die glatten Schienenstränge in einem tollen Durcheinander; sie bringen, so scheint es, Unordnung in die sauberen Gleiszeilen. Weit mehr noch werden wir verwirrt, wenn wir uns im Führerstand umschauen. Da sind massige und zierliche Hebel zu sehen, große und kleine Räder, Handgriffe, die hinauf, hinab, nach rechts oder nach links bewegt werden können, Zifferblätter, Klappen und allerhand

Kurbeln. Nur wenige dieser Vorrichtungen sind bezeichnet, so daß wir uns vorläufig über ihre Wirksamkeit nicht klar werden können.

Aber jetzt hat der Aufsichtsbeamte draußen auf dem Bahnsteig das Zeichen zur Abfahrt gegeben, und wir haben nun Gelegenheit, den Lokomotivführer beim Bedienen einer großen Zahl dieser Hilfswerkzeuge zu beobachten. Während die Maschine anfährt, gibt er uns einige Erläuterungen.

Zunächst dreht er an einer blanken, mit einem breit gezahnten Rad versehenen Kurbel, die unter seinem Fenster angebracht ist (Bild 370). Es bewegt sich draußen eine Stange, die fast bis zur Vorderwand des Kessels reicht. Sie legt die Dampfsteuerung der Maschine durch Verstellen der Schieber so um, daß der nun alsbald in die Zylinder tretende Dampf die Lokomotive zum Vorwärtsfahren bringt. Bis dahin haben die Schieber in der Mitte, in Abschlusstellung, gestanden. Ein Drehen der Kurbel nach der anderen Seite hätte Rückwärtsfahrt verursacht. Sobald die richtige Schieberstellung erreicht ist, fällt ein kräftiger Daumen in eine Vertiefung des gezahnten Rads; er hält die Kurbel und damit die Steuerungsstellung unverrückbar fest.

Durch Ziehen an einem kleinen Griff öffnet der Führer nun Ventile, die sich ganz vorn an den Zylindern befinden. Sofort tropft, was wir allerdings von unserem Stand aus nicht beobachten



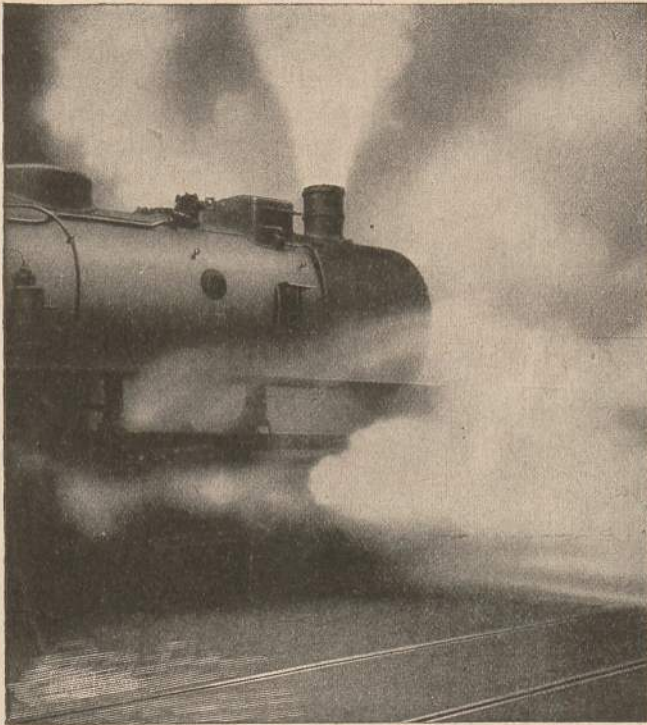
352. Herzstück



353. Merkpfähle

Zeigen bei jeder Gleiszusammenführung an, welchen Abstand vom Herzstück ein ruhendes Fahrzeug auf dem einen Gleis halten muß, damit es bei einer Durchfahrt auf dem anderen Gleis nicht gestreift wird





354. Anfahrende Schnellzug-Lokomotive

können, Wasser auf den Bahnkörper hinunter. Es ist der Niederschlag, der sich in den Zylindern beim Stillstand der Maschine aus dem erkalteten Dampf gebildet hat; dieser muß bei den ersten Kolbenhüben einen freien Ausweg finden, damit keine schädlichen Wasserschläge gegen die Zylinderdeckel entstehen.

Dann ist der große Augenblick gekommen, in dem der mächtigste, auch für das Auge stark hervortretende, blanke Hebel in der Mitte des Führerstands bewegt wird: der Regler (Bild 394). Er gibt dem im Kessel schon ungeduldig brausenden, hochgespannten Dampf den Weg zu den Zylindern frei. Erst zischt es aus den immer noch offenen Zylinderhähnen hinaus, dann läuft die Maschine, deren ungeheures Gewicht bisher wuchtig und anscheinend unverrückbar auf den Schienen geruht hat, langsam an, die Last der Wagen unwiderstehlich hinter sich her ziehend.

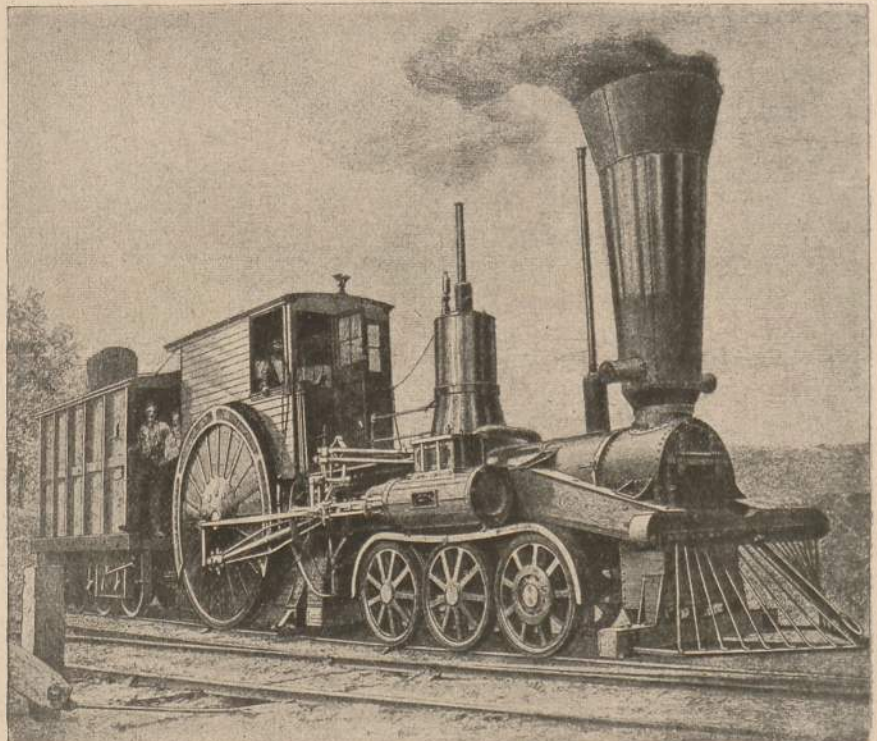
Der Führer hält den Reglerhebel fest gepackt und öffnet, indem er ihn auf einer kleinen kreisförmigen Gleitbahn verschiebt, das Dampfventil immer weiter. Dann schließt er die Zylinderhähne, das Zischen dort vorn hört auf, so daß man nun allein das Ausstoßen des von seiner Arbeit in den Zylindern kommenden Dampfs aus dem Blasrohr unter dem Schornstein hört. Noch einmal wird an dem Steuerungshebel gedreht, bis der daran angebrachte Zeiger auf einer Zahleneinteilung eine bestimmte Ziffer anzeigt. Jetzt ist die Steuerung in jene Stellung gebracht, die erfahrungsgemäß den geringsten Dampfverbrauch sicherstellt. Die Maschine befindet sich in voller Fahrt, ihrem fernen Ziel entgegen. Mit der Tabakspfeife im Mund steht der

Führer hinter seinem Fenster. Der Blick, der sich ihm von dort auf die Strecke öffnet, ist nicht völlig frei. Er kann das Gleis erst in einer Entfernung von mehreren Metern erblicken, denn zunächst streckt sich vor dem Fenster der mächtige Leib des Kessels aus, der alles unter ihm Liegende zudeckt. Die Maschine wiegt sich bei dem Laufen über die Schienenstöße auf ihren Federn, und der Beschauer bemerkt auf einmal, wie richtig doch das abgegriffene Bildwort „Dampfroß“ den Eindruck der laufenden Maschine wiedergibt. Sie hüpfet und springt wirklich wie ein Pferd, die Kesselwölbung gleicht dem Rücken eines Rosses, und die Mähne wird durch die wehenden, flatternden Wölkchen gebildet, die aus dem Schornstein dringen.

Jetzt sind es einzig die Signale, nach denen der Führer emsig späht. Sie allein können ihm durch ihre Stellung anzeigen, ob die Strecke für ihn frei ist, oder ob er anhalten soll. Hier und da nur wirft er einen Blick auf die Zifferblätter der zahlreichen Druckmesser, die vor seinen Augen angebracht sind und den Dampfdruck im Kessel, im Schieberkasten, die Luftpressung in dem großen Bremsbehälter sowie in der Bremsleitung anzeigen.

Für die Aufrechterhaltung des richtigen Kesseldrucks und der sonstigen für die Maschine vorgeschriebenen Ordnung hat sein Gefährte, der Heizer, zu sorgen. Dessen Hauptaugenmerk ist der richtigen Unterhaltung der Feuerung zugewendet. In kurzen Abständen öffnet er die Tür, und der Blick vermag nun in die lodernde Hölle dort drinnen zu spähen.

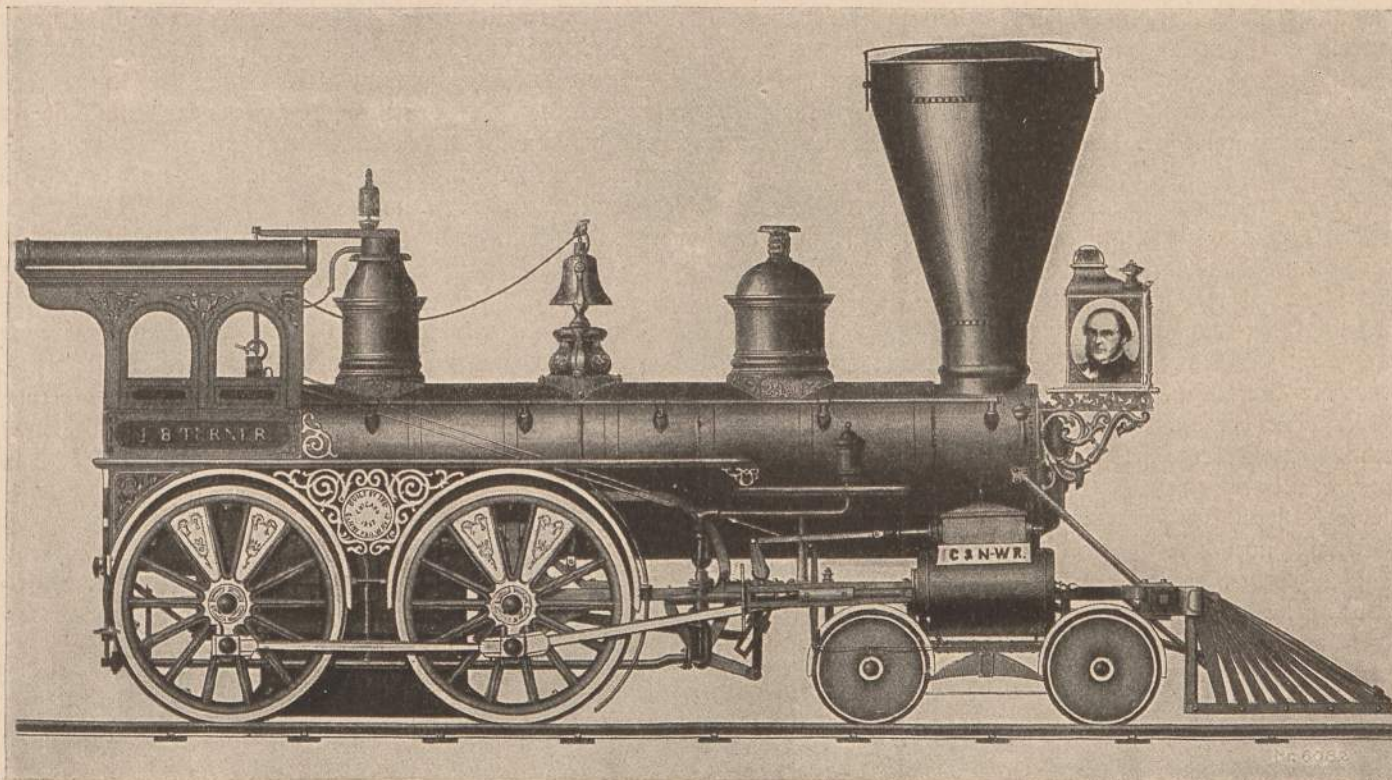
Blendende Helligkeit bricht aus der schwarz umrahmten Öffnung heraus. Ein roter Vorhang ist aufgezo- gen, der alle Bauformen verdeckt. Schmale, schwarze Streifen, gebildet von den aus dem Brennstoff dringenden Gasen, ziehen sich hindurch. Knatternd und prasselnd pfeift die durch den Blasrohrzug von unten her angesaugte Luft durch die auf dem Rost ausgebreiteten glühenden Kohlen.



355. Schnellzug-Lokomotive aus dem Jahre 1848

Die Maschine fuhr auf der Camden- und Amboy-Bahn in Amerika und war für Holzfeuerung eingerichtet. Der Heizer hatte seinen Platz unter dem Führerhaus vor der tiefliegenden Feuerkiste. Nach „Scientific American“





356. Lokomotive der Chicago—North-Western-Bahn aus dem Jahre 1867

Das Bild zeigt die künstlerische Ausstattung der Lokomotiven, die damals üblich war

In den Pausen aber zwischen den häufigen Versorgungen der Feuerung läßt der Heizer nicht ab, den Stand des Wassers in dem an den Kessel geschraubten Glasrohr zu beobachten. Sobald eine bestimmte Höhe unterschritten ist, setzt er geschwind die Pumpe in Bewegung, die nun neues Wasser aus dem Vorratsbehälter auf dem Tender in den Kessel wirft. Ununterbrochen bedient er die verschiedenen Griffe, deren Bedeutung wir aber erst nach genauerer Kenntnis des Lokomotivkörpers recht werden verstehen können.

Keinen Augenblick läßt die Aufmerksamkeit der beiden Männer nach, welche die Verantwortung für das Leben der vielen Reisenden dort drinnen in den Wagen tragen; unablässig ist der eine bemüht, sich von dem Zustand der Strecke, der andere von dem Wohlbefinden der ihm anvertrauten Maschine zu überzeugen.

Endlich kommen die gewölbten Kuppeln des nächsten großen Bahnhofs in Sicht, in dem unsere Fahrt endet. Der Führer faßt einen Griff, an den er bisher noch nicht gerührt hat: das Führerbremsventil. Mit wohl abgewogenen Bewegungen des schwachen kleinen Hebels hemmt er langsam die Riesenwucht des mit einer Geschwindigkeit von achtzig Kilometern dahinsausenden Zugs. Noch ein Zischen der gepreßten Luft, und die Wagenburg ist an der richtigen Stelle zum Halten gebracht.

Wir steigen ab, um die Maschine nun auch von außen her einer genauen Besichtigung zu unterziehen.

Fünf Hauptbauteile sind es, die das Auge eines sorgsamen Beobachters an der Lokomotive ohne große Mühe unterscheiden kann. Recht deutlich heben sich voneinander ab: der Kessel, der Rahmen, das Triebwerk, das Laufwerk und der Tender.

Wie eine große Kuppel einen mächtigen Hallenbau krönt und ihm seinen Ausdruck verleiht, so beherrscht der langgestreckte Rundkessel den Körper der Lokomotive. Den

hinteren Abschluß des Rundkessels bildet ein kleinerer, oben gleichfalls gerundeter, aber an seinem Fußende eckiger Kessel, in dem sich die Feuerliste befindet. Vorn erblickt man eine Erweiterung der Rundung. Es ist die Rauchkammer, aus deren Wölbung der Schornstein nur noch zu einem kargen Teil heraussteht.

Auf dem Rücken des Rundkessels sehen wir den Dampfdom, in welchem die Dampfzuführungsrohre für die Zylinder ihren Anfang nehmen, und eine zweite Erhebung: den Sandkasten.

Kantig springt unter dem Rundkessel die Grundfeste hervor, die ihn trägt und unterstützt. Es ist dies der breit und wuchtig gefügte Lokomotivrahmen. Er verleiht dem Ganzen Festigkeit und hartes Widerstandsvermögen.

An ihn gehängt ist das Triebwerk, bestehend aus den Zylindern und einem Gewimmel blanker Stangen. Die Zahl der Zylinder können wir von außen nicht mit Sicherheit erkennen. Nur zwei von ihnen werden ganz vorn als wohlgerundete, seitliche Schwellungen sichtbar. Andere sind vielleicht unter dem Rahmen verborgen. Die Zylinder sind die Erzeuger der Antriebskraft für die ganze Maschine. Von hier geht der Antrieb für das Laufwerk aus, der durch die Triebstangen dorthin übermittelt wird.

In jedem der sorgfältig ausgebohrten Zylinder steckt ein genau abschließender, scheibenförmiger Kolben. Durch die beim Laufen der Maschine selbsttätig eintretende Bewegung der Steuerungsteile wird bewirkt, daß der Dampf bald vor, bald hinter die Kolbenscheibe tritt, so daß diese hin und her gestoßen wird. Die gleiche Bewegung macht die Kolbenstange. Von ihrem in einer Geradföhrung gelagerten Ende geht die auch in der senkrechten Ebene bewegliche Pleuel- oder Schubstange aus, die mittels einer Kurbel an einer der Nockenachsen angreift. Auf diese Weise wird die hin und her gehende Bewegung jedes Kolbens in eine drehende verwandelt.



Die Hauptkurbel ist durch weitere Stangen mit kleineren Kurbeln an jenen Achsen verbunden, die ferner noch angetrieben werden sollen. Dieses Gestänge zusammen mit dem vielfach gegliederten Antrieb der Steuerung bildet auf jeder Seite der Maschine die blanke Mannigfaltigkeit des Triebwerks.

Gleich den Zylindern sind auch die Achsen der Lokomotive in den Rahmen eingesetzt. Ihre Zahl wechselt bei den verschiedenen Maschinen-Gattungen sehr lebhaft. Auch die Größe der auf die Achsen gesteckten Räder ist sehr mannigfaltig. Neben den angetriebenen Achsen findet man noch solche, an die keine Kuppelstangen angelenkt sind. Man nennt sie Laufachsen.

Der letzte der Hauptbauteile gehört nicht eigentlich mehr zum Lokomotivkörper selbst. Es ist ein selbständiges Fahrzeug, das durch eine schwere, sehr kurze Kupplung mit dem Maschinenwagen verbunden ist. Der Tender trägt den Mundvorrat für den immer gefüllten Kessel: das Wasser in einem geschlossenen Behälter, die Kohle hoch aufgetürmt darüber. Der Kohlenvorrat ist durch eine zwischen

Führerhaus und Tenderplattform gelegte Brücke für den Heizer ohne weiteres zugänglich, das Wasser wird durch bewegliche Rohre oder biegsame Schläuche hinübergesaugt.

Damit haben wir das Äußere der Lokomotive aufmerkamen Auges überblickt. Von ihrer Fügung aber haben wir jetzt noch nicht mehr erfahren als etwa von der des menschlichen Körpers, wenn wir nur die auf der Straße vorübergehenden, wohl angekleideten Bürger betrachten. Selbst viele wichtige Einzelheiten, die auch nach außen hervortreten, sind uns entgangen, und gar nichts wissen wir von den inneren Teilen.

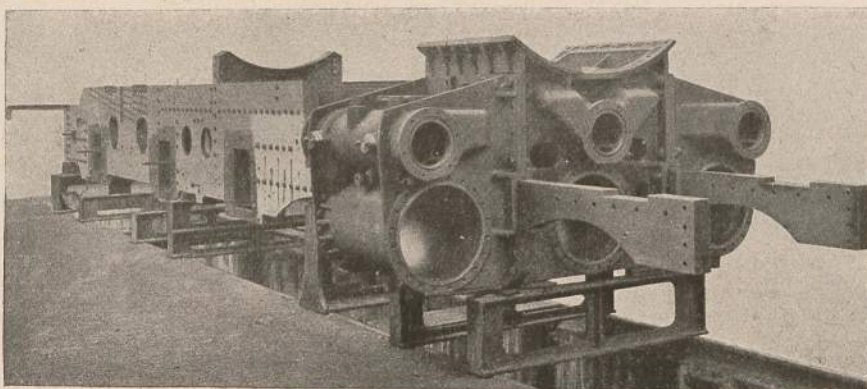
Der Stoff, welcher in der Lokomotiv-Maschine Arbeit leistet, wird in dem Dampfkessel erzeugt. Es sind für diesen Zweck der hintere Stehkessel mit der darin liegenden eigentlichen Feuerkiste und der daran sich schließende Rundkessel zur Verfügung, durch den die heißen Feuergase ziehen. Die Gesamtheit der von diesen bestrichenen Flächen nennt man die Heizfläche; von ihrer Größe ist die Menge des in jeder Minute erzeugten Dampfs abhängig.

Die Ausgangsstelle für die Wärme, die notwendig ist, um das in den Kessel gefüllte Wasser in Dampf zu verwandeln, ist die Feuerung. Durch eine Öffnung in der hinteren Wand der Feuerkiste, die Feuertür, wird Kohle auf einen in den Boden der Feuerkiste eingesetzten Rost geworfen. Das Glühen der Kohlschicht wird durch immer neue, zwischen den Roststäben eintretende Luft unterhalten. Die Feuerung entwickelt eine Hitze von 1400 bis 1600 Grad.

Über die eigentliche Feuerkiste ist mit einem schmalen Abstand aller Wandungen eine zweite, an den Seiten gleichfalls ebene, oben jedoch gewölbte Schale gestülpt (Bild 362). Sie bildet die äußeren Wandungen des Stehkessels. Unten sind innerer Kistenkörper und Außenschale durch einen wagerechten

Bodenring vereinigt. An diesem hängt der Aschkasten, in dem auch die durch den Rost fallenden glühenden Kohlestückchen aufgefangen werden, damit sie nicht auf die Strecke gelangen und die hölzernen Schwellen in Brand setzen. Der Aschkasten ist an den Seiten geschlossen, nach vorn und hinten dagegen offen. Durch Klappen, die vom Führerstand her zu bedienen sind, kann er nach Belieben auch hier abgeschlossen werden.

In dem Raum zwischen den inneren und äußeren Wänden des Stehkessels, der die Feuerung umschließt, befindet sich Wasser, damit auch schon hier die Hitze der entwickelten Feuergase ausgenutzt werden kann. Doch die Wassermenge, die man an dieser Stelle unterzubringen vermag, ist gering. Sie spielt im Gesamthaushalt des Kessels nur eine bescheidene Rolle, die Dampfmassen werden an anderer Stelle erzeugt.



357. Rahmen mit Zylindern einer Schnellzug-Drilling-Lokomotive  
Bauart Vulcan, Hamburg und Stettin

Die geradwandige Kiste ist ziemlich die ungünstigste Form, um so hohen Kessel drücken zu widerstehen, wie sie heute angewendet werden. Gehen wir doch bis zu Dampfpressungen von 16 Atmosphären hinauf, das heißt jedes Quadratcentimeter der Wände wird so stark gedrückt, als wenn es mit einem Gewicht von 16 Kilogramm belastet

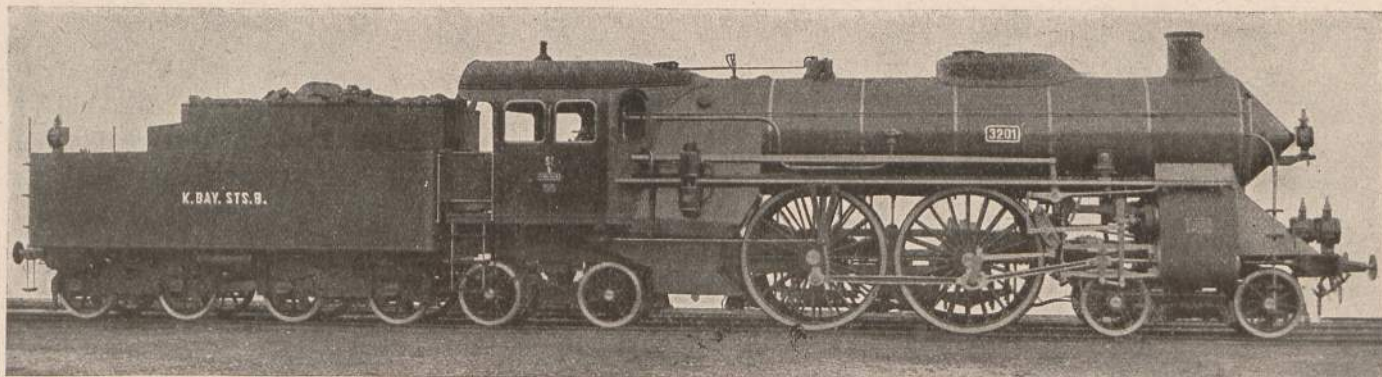
wäre. Aber man hat bis jetzt für diesen Kesselteil keine bessere Form finden können, die Raum für den tiefliegenden Rost gewährt und zugleich den Übergang zu dem anstoßenden Rundkessel gestattet. Seit den Zeiten der „Rakete“ ist hier kaum ein Fortschritt zu beobachten.

Damit die geraden Wände des Stehkessels dem Druck genügenden Widerstand leisten können, ist die Einführung sehr schwieriger Versteifungen zwischen ihnen notwendig gewesen. Man sorgt dafür, daß beide Wandungen, die vom pressenden Dampf in entgegengesetzten Richtungen beansprucht werden, einander unterstützen. Diese Hilfsbehandlung wird erreicht durch das Einziehen kupferner Stehbolzen an den Seiten sowie von Decken- und Querankern unter der Wölbung des Stehkessels (Bild 363).

In geringen Abständen sind die beiden Stehkesselwandungen durchbohrt und die Löcher mit tiefgängigen Gewinden versehen. Kräftige Kupferstangen, die an ihren Enden je ein entsprechendes Außengewinde tragen, werden hindurchgeschraubt und dann außen vernietet, so daß die beiden Wandungen unverrückbar gegeneinander versteift sind. Die Decken- und Queranker, die zum Teil noch durch aufgeschraubte Muttern gesichert sind, haben die gleiche Aufgabe zu erfüllen. Der Grund für die Wahl von Kupfer als Baustoff für die Bolzen und Anker ist die geringe Empfindlichkeit dieses Metalls gegen wechselnde Spannungen seines Gefüges, wie sie durch die erheblichen Gradunterschiede in der Feuerung beim Entfachen und Dämpfen der Flamme hervorgerufen werden. Aus der gleichen Ursache wird auch die ganze Feuerkiste aus Kupfer gebildet, obgleich hierdurch sehr erhebliche Kosten entstehen.

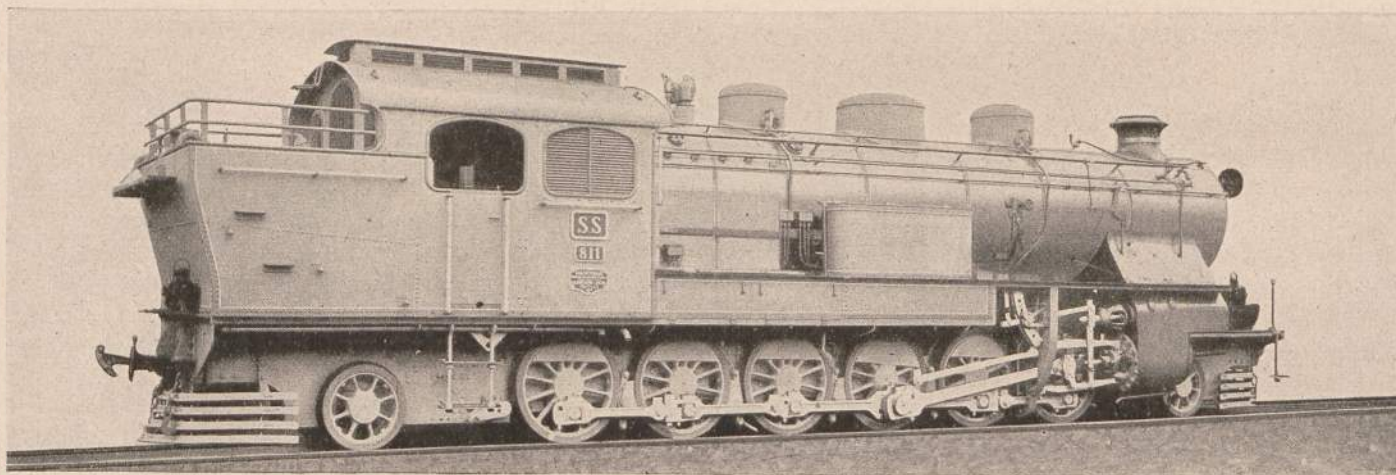
Jeder einzelne Stehbolzen hat eine wichtige Sicherungsaufgabe zu erfüllen. Die Stangen sind gerade in einer Zahl



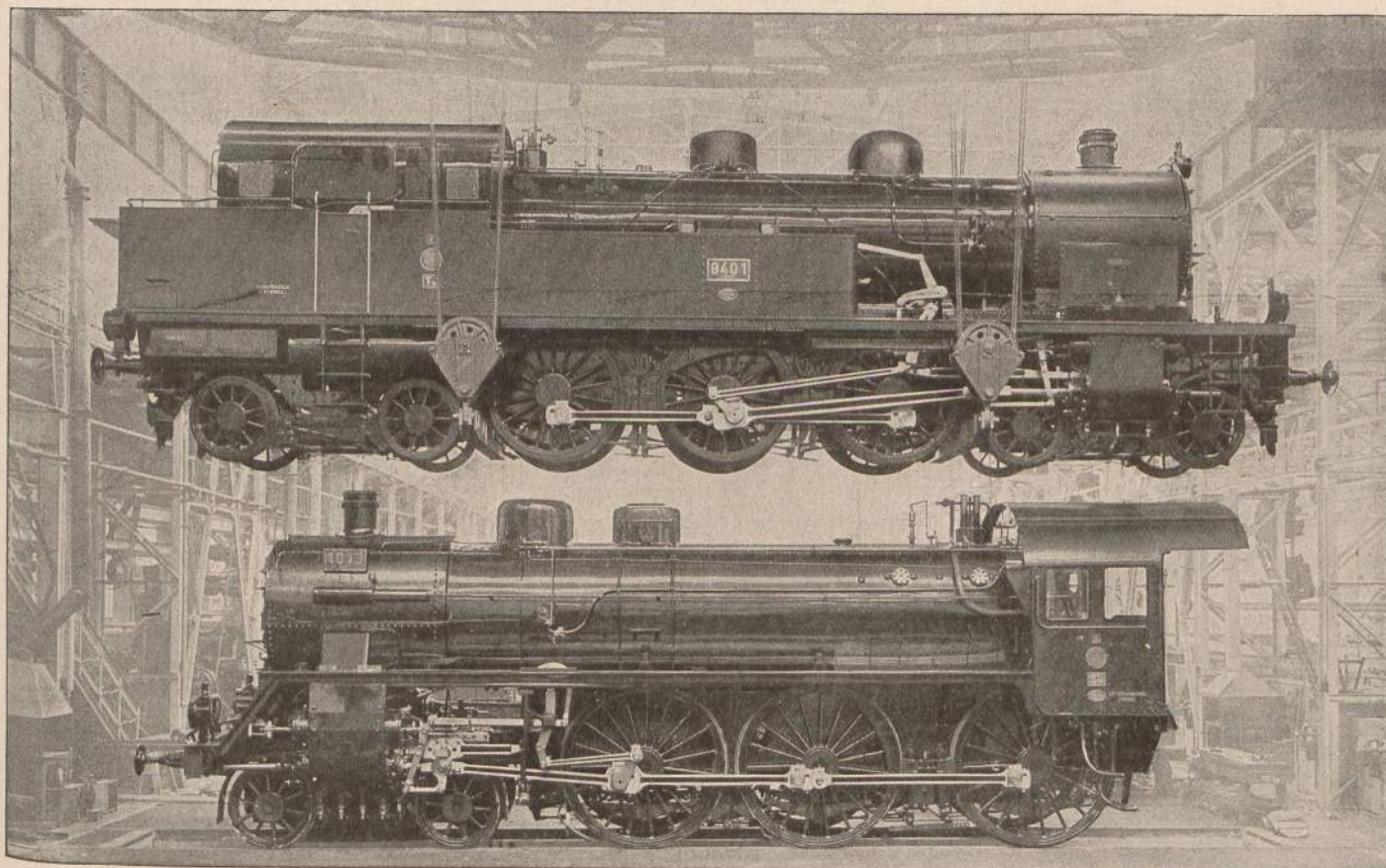


### 358. Die schnellste Lokomotive

Diese für die bayerische Staatsbahn erbaute Vierzylinder-Verbund-Lokomotive erreichte auf ebener Strecke mit einem daranhängenden Zug eine Stundengeschwindigkeit von 155 Kilometern. Dienst-Gewicht 84 000 Kilogramm, Achsanordnung 2 B 2 (Erklärung dieser Bezeichnung auf Seite 228). Erbaut von J. A. Maffei in München

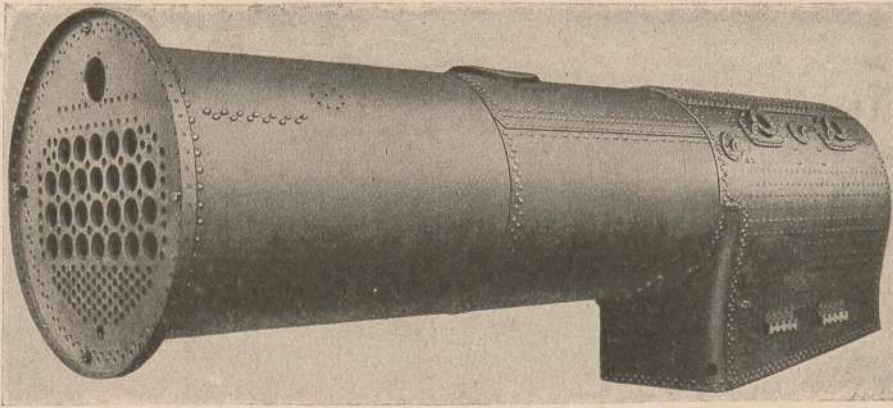


### 359. Schwere Güterzug-Lender-Lokomotive der javanischen Staatsbahn Achsanordnung 1 F 1. Erbaut von der Hannoverschen Maschinenbau-A.G. (Hanomag)



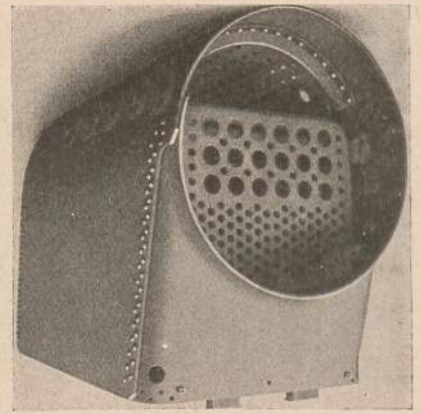
### 360. Lokomotive am Kran in der Zusammenbauhalle des Vulcan-Stettin





361. Lokomotiv-Kessel

Rechts, an der Führerstandsseite, der Stehkessel mit Stehbolzenköpfen, daran anschließend Rundkessel mit Öffnungen für die Heizrohre an der Rauchkammerseite. Die oberste große Öffnung ist zum Durchlaß für das Dampfzuführungsrohr zu den Zylindern vorgesehen. Die oberen Heizrohre sind zur Unterbringung der Überhitzer-Einrichtung weiter gehalten. Erbaut von der Hanomag



362. Stehkessel mit innerer Feuerkiste

beim Zusammenbau. Die Stehbolzenlöcher in den Wänden sind noch nicht gebohrt

eingezogen, die für die genügende Befestigung der Feuerkistenwände notwendig ist. Die fortwährenden Zerrungen bewirken jedoch ein verhältnismäßig nicht allzu seltenes Brechen der Stehbolzen. Es ist notwendig, daß dieses sofort kenntlich wird, damit keine gefährliche Verschwächung der Feuerkiste eintritt. Aus diesem Grund ist jeder Stehbolzen in seiner Mittelachse von vorn und von hinten angebohrt. Tritt ein Bruch ein, der niemals in der Mitte des Bolzens, sondern stets am Ende der fest eingespannten Gewindestücke erfolgt, so dringt entweder aus der äußeren oder der inneren Bohrung sofort ein feiner Wasser- oder Dampfstrahl hervor.

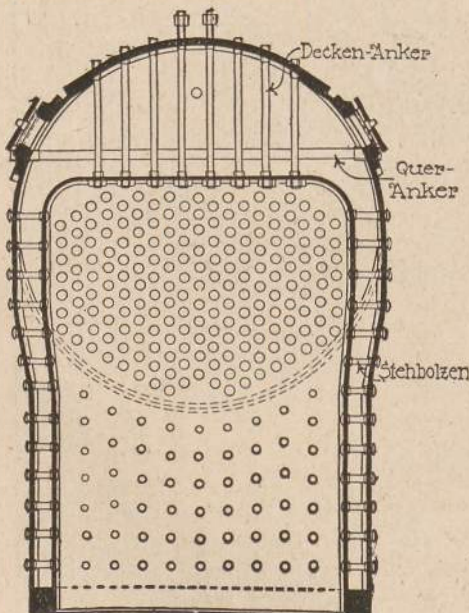
Der bei weitem größte Teil der von der Feuerung entwickelten Hitze wird aber erst in dem Rundkessel verwendet. An seine Wandungen geben die heißen Gase den größten Teil ihrer Wärme ab. Damit die Berührungsflächen so ausgedehnt wie möglich sind, damit also eine möglichst große Wasserfläche durch die metallenen Wandungen hindurch von den Heizgasen erwärmt wird, ist der Wasserraum des Rundkessels von vielen wagerechten Rohren durchzogen. Jedes von ihnen bildet ein gasdurchströmtes Heiz- oder Flammrohr. So sah schon der Kessel der „Nakete“ aus, die der großen Heizfläche fast allein ihren Erfolg zu verdanken hatte.

Auf dem Rücken hat der Rundkessel noch eine hohe Ausbuchtung, den Dom. An dessen höchster Stelle liegt die Dampfentnahmestelle, die durch den Reglerhebel geöffnet und

geschlossen werden kann. Diese Stellung für die Ausströmungsöffnung ist gewählt, weil man möglichst trockenen Dampf in die Zylinder leiten will. Die im ganzen Wasserraum des Kessels an den Wänden der Heizrohre sich entwickelnden Dampfblasen reißen ja stets etwas Wasser in feinsten Tröpfchen mit. Der Wasserreichtum des Dampfs wird immer geringer, je höher dieser aufsteigt. Außerdem sorgt auch eine in besonderer Weise durchbrochene Platte, welche die Domausbuchtung nach unten abschließt, für reichliche Abscheidung des Wassers.

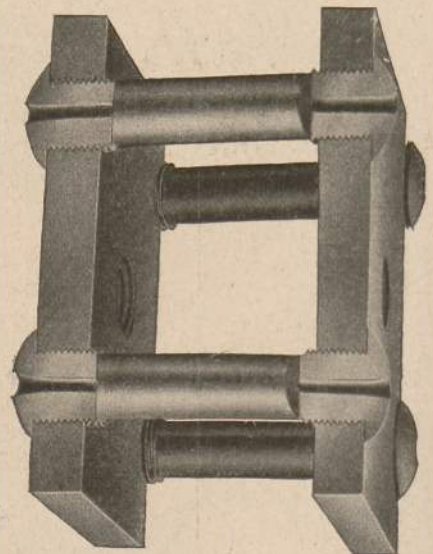
Dieses muß von den Zylindern möglichst ferngehalten werden, da ja nur der Dampf Arbeit leisten kann, Wasser jedoch toter Ballast ist. Damit sehr viel Dampf in geeigneter Form zur Verfügung steht, werden manche Lokomotiven auch mit zwei Domen ausgerüstet, die dann durch ein Rohr miteinander verbunden sind.

Die großen Rohre, die den Dampf vom Dom zu den Zylindern leiten und ihn von dort nach geleisteter Arbeit wieder abfließen lassen, führen durch die Rauchkammer. Diese wird heute breit ausladend und sehr tief gebaut, damit die glühenden Kohlestückchen, die von den Heizgasen durch die Flammrohre mit hindurchgerissen werden, sich an der Vorderwand ablagern können. Der Schornstein ist aus dem gleichen Grund etwas nach hinten zurückgesetzt. Er steckt zum großen Teil im Innenraum der Rauchkammer, nur ein Stumpf seines kegelförmigen, nach oben breiter werdenden Baus schaut noch heraus, damit die Umgrenzung des lichten Raums nicht überschritten wird. Hierdurch bekommen die neueren Maschinen mit den großen Kesseln ihr geducktes Aussehen.



363. Schnitt durch Stehkessel und Feuerkiste

Der Raum zwischen den kräftig gezeichneten Wänden wird mit Wasser gefüllt



364. Stehbolzen Verschraubungsstellen in den Kesselwandungen geschnitten



Feuerkiste und Rauchkammer stehen durch die Heiz- oder Flammrohre in engstem Zusammenhang miteinander. Auf dem Weg zwischen ihnen findet die Ausnutzung der heißen Gase für die Erwärmung des Wassers statt. Nur diejenige Wärme ist nutzbar angewendet, welche die Gase vor ihrem Eintritt in die Rauchkammer abgegeben haben. Bei ordnungsgemäßen Zusammenarbeiten aller Vorrichtungen dürfen die Gase, die in der Feuerkiste bis zu 1600 Grad erhöht waren, in der Rauchkammer nur noch 300 bis 500 Grad haben. Diese Wärme ist ein Rest, der notwendigerweise verloren gehen muß. Die Lokomotive ist eben auch eine Dampfmaschine und hat darum letzten Endes ein ebenso geringes Nutzergebnis wie alle anderen Vorrichtungen dieser Art.

Das Hineinsaugen der Heizgase in die Rauchkammer geschieht durch die Wirkung des Blasrohrs, dessen Öffnung genau unter der Mitte des Schornsteins sitzt. Der in gewaltigen Stößen rasch ausströmende Dampf erzeugt in der Rauchkammer eine Luftverdünnung. Es muß darum Luft nachströmen, und das kann nur dadurch geschehen, daß sie vom Aschkasten her durch den Rost und die Feuerung hindurch eintritt, indem sie diese ansacht.

Vor die untere Schornsteinmündung ist stets Metallgaze als

Funkenfänger gesetzt. Ein ganz besonders wirksames Mittel gegen allzu

reichlichen Funkenwurf befindet sich aber im Feuerraum selbst (Bild 366). Unter dem Ansatz des Rundkessels ist, von der hinteren Wand der Feuerkiste vorspringend, ein Schirm aus feuerfesten Steinen aufgemauert. Ein großer Teil der vom Luftstrom hochgerissenen glühenden Kohlestückchen wird bereits von dessen Unterfläche zurückgehalten. Der Feuerschirm hat dazu die noch weit wichtigere Aufgabe, ein allzu rasches Abströmen der Heizgase in den Rundkessel zu verhüten. Er sorgt dafür, daß ihre Hitze auch für den Wasserraum im Stehkessel nutzbar wird, indem er die Gase zwingt, um seine weit vorspringende Vorderkante herumzustreifen, also etwas länger in der Feuerkiste zu ver-

weilen. Außerdem schützt er auch die Enden der Heizrohre vor allzu scharfem Angriff durch das Feuer.

Um die im Kessel erzeugte Hitze möglichst wenig nach außen abströmen zu lassen, ist dieser in seiner ganzen Ausdehnung mit Einschluß des Doms und der Zylinder, die ja auch noch zum Dampfraum gehören, mit einer Verkleidung bedeckt. Sie besteht aus dünnen Blechen, die in einem Abstand von mehreren Zentimetern um die gesamten Außenflächen herumgeführt sind. Es wird hierdurch um den Dampfraum eine ruhende Luftschicht gebildet, die bekanntlich ein sehr gutes Wärmeschutzmittel ist. Die Zylinder werden noch besonders

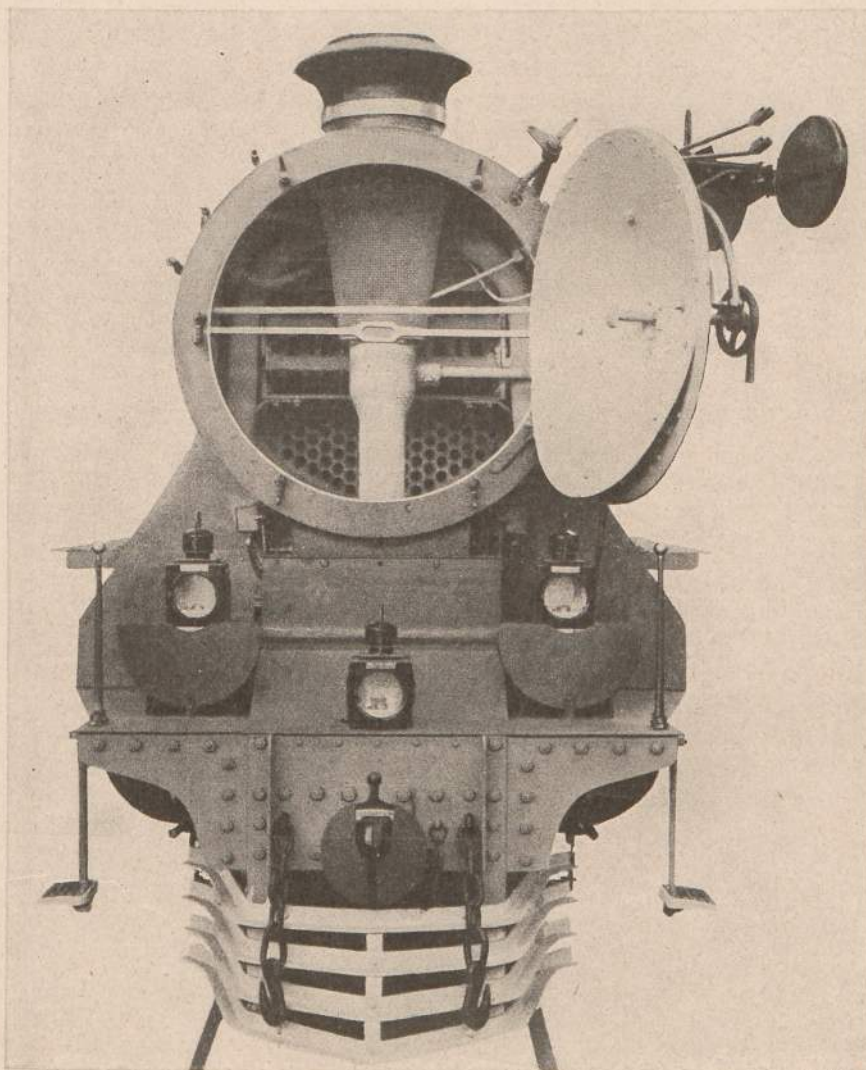
durch zwischengelegte Lächer aus Asbest oder Glasgespinnst geschützt, und das gleiche geschieht an den Kesselwandungen, die dem Innern des Führerhauses zugekehrt sind, um die Mannschaft nach Möglichkeit vor der Wärmestrahlung zu schützen.

Infolge des Wärmeschutzzugs, den jeder Kessel trägt, kann man von außen her weder die Stehbolzenköpfe am hinteren Kessel, noch die Nietnähte am Dom und Rundkessel wahrnehmen.

Der Rahmen, der die Aufgabe hat, Kessel, Treib- und Laufwerk zu einem einheitlichen Kraftkörper zusammenzufassen, besteht entweder aus starken Blechen oder schmalen Eisenträgern, die zusammengelenket oder geschweißt sind. Im ersten Fall spricht man von einem

Plattens-, im anderen von einem Barrenrahmen. Der Rundkessel, der in Querstücken auf dem Rahmen liegt, ist an ihm nur in der Nähe der Rauchkammer festgeschraubt. Sonst liegt er frei gleitend auf den Trägern und ist auch hinten in die Feuerkistenhalter so eingelegt, daß er sich um ein gewisses Stück nach vorwärts und rückwärts verschieben kann. Das ist notwendig, um dem langen Kesselbau die Zusammenziehung und Ausdehnung nach den wechselnden Graden seiner Erwärmung zu ermöglichen.

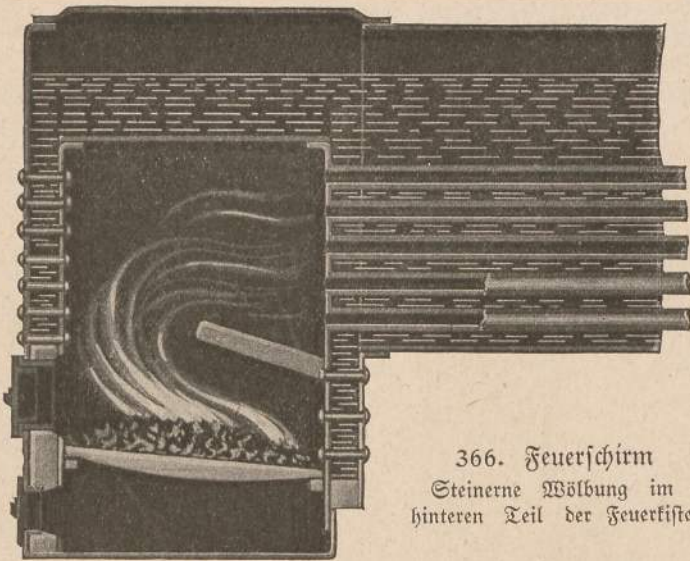
Damit der immerhin zarte Bau des Röhrenkessels und der gleichfalls auf dem Rahmen erbaute Führerstand vor den argen Stößen geschützt werden, die durch das Über-



365. Blick in die Rauchkammer

In der Mitte, hinter dem wagerechten Verschlussbalken für die Rauchkammertür, das Blasrohr, darüber der Funkenfänger. An den Seiten Dampf-Einströmröhre für die Zylinder. Lokomotive für Java. Erbaut von der Hanomag



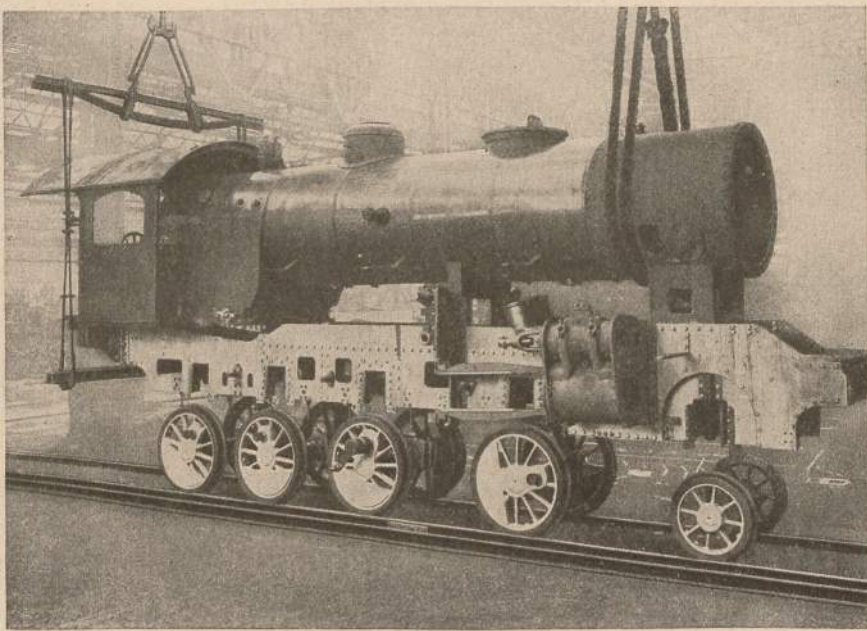


366. Feuerschirm  
Steinerne Wölbung im  
hinteren Teil der Feuerkiste

fahren der Schienenstöße entstehen, ist der Rahmen nicht fest und unmittelbar mit den Laufachsen verbunden, sondern federnd auf diese gesetzt. Als Stoßdämpfer dienen lange Blattfedern, die wie beim Kraftwagen in Pendeln hängen.

Die Zylinder sind unter gewöhnlichen Umständen heute stets vorn am Rahmen aufgehängt. Aber ihrer Wölbung liegt der Schieberkasten, in dem sich die Vorrichtung für die Steuerung des Dampfs hin und her bewegen kann. Die Schieber sind entweder flache Teller oder runde Kolben, die den aus den Zuströmungsrohren kommenden Dampf bald vor die eine, bald vor die andere Seite des Kolbens treten lassen. Auch Steuerung durch Ventile wird heute bisweilen bei großen Lokomotiven angewendet.

Die Zylinderkörper selbst bestehen aus Gußeisen, sie stellen oft recht gewaltige Gußstücke dar. Der scheibenförmige Kolben gleitet in dem mit äußerster Sorgfalt ausgebohrten Gehäuse und ist durch eingesetzte federnde Ringe aus Gußeisen abgedichtet. Sie haben dieselbe Form und wirken ebenso wie beim Kolben des Kraftwagenmotors (Seite 82).



367. Zusammensetzung der Lokomotiv-Hauptteile  
Kessel mit Führerstand, Dampfdom, Sandlasten und Rauchkammer; Rahmen mit Zylindern;  
Laufwerk. Hanomag

Um den Lokomotiven für das Antreiben der sehr schnell fahrenden Züge, die der Personenbeförderung dienen, und für das Schleppen der immer schwerer werdenden Güterzüge genügend Kräfte zu verleihen, ist es notwendig, möglichst große Kolbenflächen zu schaffen, auf die der Dampf wirken kann. Das erheischt zugleich eine Vergrößerung der Zylinder. Aber wegen der schmalen Begrenzung des lichten Raums ist man mit den Durchmessern der einzelnen Zylinder in ziemlich enge Grenzen gebannt. Wenn man trotzdem große Kolbenflächen zur Verfügung haben will, bleibt nichts übrig, als die Zahl der Zylinder zu vermehren. Alle größeren Lokomotiven haben daher mindestens drei, die meisten vier Zylinder nebeneinander.

Aus besonderen Gründen, von denen wir noch sprechen werden, ist es öfters notwendig, die vier Zylinder so anzuordnen, daß zwei Paare hintereinander liegen. Ja, es sind in Amerika bereits Maschinen mit drei längs gereihten Zylinderpaaren gebaut worden.

Die Übertragung der durch den Dampfdruck hervorgerufenen Kolbenbewegung auf das Laufwerk geschieht durch das Triebgestänge (Bild 371). Dieses, einschließlich des Kolbens, trägt die Hauptschuld an dem trotz aller Bemühungen immer noch stark nickenden und zuckenden Gang der Lokomotiven. Denn das Triebwerk ist nicht in gleichförmiger Bewegung. Seine schweren Gewichte wechseln unaufhörlich ihre Geschwindigkeit, ja sogar die Richtung ihrer Bewegung. Trotz vieler Maßnahmen gelingt es bis heute niemals ganz, diese hin und her gehenden Massen abzugleichen. Am ehesten gelangt man noch zu einem ausreichend ruhigen Gang bei Vierzylinder-Lokomotiven, weil hier die Bewegungen der Triebwerke so gegeneinander verschoben werden können, daß die hergehenden Massen stets den hingehenden entgegenarbeiten.

An dem Kolben ist die Kolbenstange befestigt, die durch eine Stopfbüchse aus dem hinteren Deckel des Zylinders ins Freie tritt. Diese Stopfbüchse sowohl wie alle anderen Abschlüsse an Stellen, wo bewegte Teile aus dem Dampfraum der Lokomotive hervortreten, sind hohe technische Kunstwerke. Müssen sie doch gleichzeitig eine spielend leichte Bewegung der Stangen gestatten und dem hochgespannten Dampf den Weg nach außen versperren. Durch die Packung in den Stopfbüchsen wird tatsächlich eine fast vollkommene Abdichtung erreicht. Die Kolbenstange selbst ist so fein geschliffen, daß ihr Durchmesser nicht um mehr als den hundertsten Teil eines Millimeters von der vorgeschriebenen Größe nach oben oder unten abweicht.

Das dem Zylinder abgekehrte Ende der Kolbenstange ruht in einer Geradföhrung, die nach einem aus dem Englischen stammenden Wort der Kreuzkopf heißt. Dieser bewegt sich auf einer feinst vorgerichteten Gleitbahn. Vom Kreuzkopf zu der mächtigen Hauptkurbel führt die Schubstange. Von der Hauptkurbel wiederum wird durch eine Kuppelstange der Antrieb für das nächste Kuppelrad abgeleitet, und von dessen Kurbel geht es, falls dies notwendig ist, auf die gleiche Weise weiter zu den anderen Kuppelrädern. Neben der Hauptkurbel ist dann noch eine kleinere Kurbel angebracht, mit deren Hilfe die Bewegung



eines besonderen Teils des Steuerungsgerätes, der Schwinde, hervorgerufen wird; ein zweiter Antrieb der Steuerung erfolgt gewöhnlich vom Kreuzkopf aus.

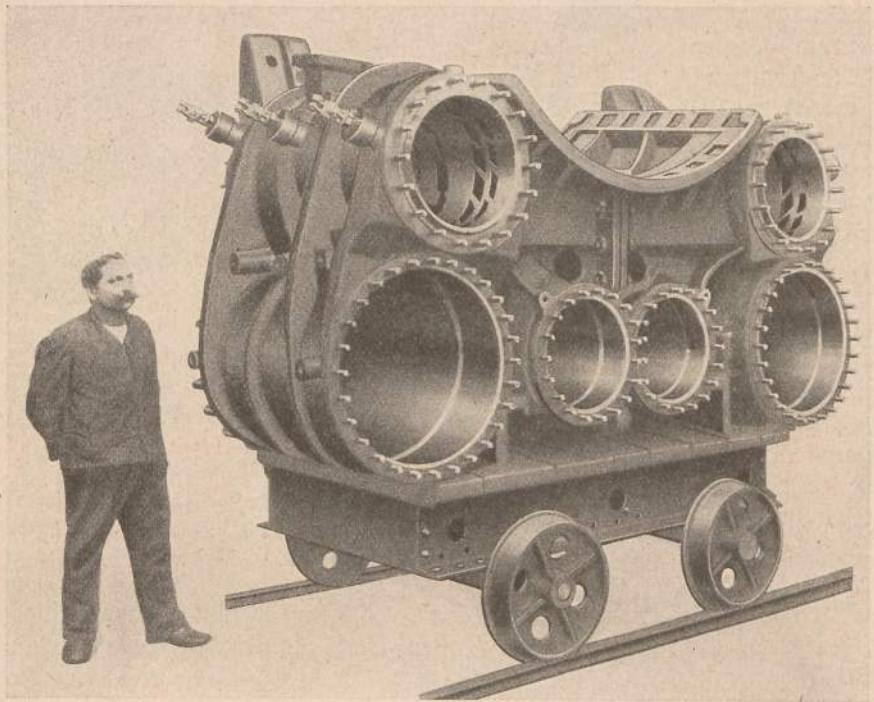
Diese doppelte Anlenkung der Steuerung läßt schon erkennen, daß dieser Triebwerksteil recht verwickelte Bewegungen auszuführen hat. Sie sind notwendig, weil von der Anordnung und den Verschiebungen der Steuerungswerkzeuge die Güte der ganzen Maschine in hohem Grad abhängig ist. Eine gute Steuerung ist in der Lage, viel Kohle zu ersparen, denn dieses Maschinenglied hauptsächlich bestimmt den Dampfverbrauch.

Die alten Lokomotiven waren richtige Kohlenfresser, weil ihre Steuerungen nichts weiter taten, als den Dampf im ungefähren richtigen Augenblick bald vor die eine, bald vor die andere Kolbenseite zu führen. Die Zylinderräume blieben während des ganzen Hubs mit dem Kessel in Verbindung, so daß stets der in diesem herrschende volle Druck auf sie wirkte. Sie arbeiteten, wie man sagt, mit ganzer Füllung.

Heute wird, durch die Steuerung ein Abschluß vor Beendigung jedes Kolbenhubs bewirkt, weil sonst die Dehnungsfähigkeit des Dampfes nicht ausgenutzt würde. Ist nämlich der Zylinderraum zum Teil mit Dampf gefüllt, so hat dieser das Bestreben, sich mit großer Kraft auszudehnen. Es genügt also, wenn man den Zylinder nur während eines Teils des Kolbenhubs mit dem Kessel in Verbindung läßt. Über den Rest seines Wegs wird der Kolben dann von der sich dehnenen Dampfmenge geschoben. Es ist klar, daß man durch eine solche Einstellung des Schiebers, die Voreilung genannt wird, weniger Dampf und damit auch weniger Kohle verbraucht.

Den günstigsten Augenblick des Zylinderabschlusses für jede Maschine zu ermitteln, ist Sache eingehender Berechnungen. Aber der Füllungsgrad hat sich auch nach den wechselnden Anstrengungen der Lokomotive zu richten. Auf Steigungen ist der beste Füllungsgrad ein anderer als bei Fahrten in der Ebene, bei höchster Geschwindigkeit ein anderer als bei langsamer Fahrt. Aus diesem Grund ist das Schiebergestänge so eingerichtet, daß die Füllung jederzeit geändert werden kann, und zwar vom Führer aus durch die uns bereits bekannte Steuerungskurbel.

Die Verstellung wird dadurch ermöglicht, daß das Ende der Antriebsstange für den Schieber nicht fest, sondern verschiebbar gelagert ist. Es kann in der Vorrichtung, von welcher die Bewegung der Stange abgeleitet wird, der Schwinde, nach oben und unten verschoben werden, wodurch bewirkt wird, daß die Stange bald längere, bald kürzere Bewegungen vollführt. Hierdurch wird nicht nur die Füllung verändert, sondern es kann auch durch vollständige Umstellung der Steuerung Vorwärtsfahrt in Rückwärtsfahrt umgewandelt werden. An dem verschiebbaren Teil, dem Schwingen- oder Kulissenstein, der trotz seiner Benennung natürlich aus Stahl gefertigt ist, greift die lange, vom Führerstand herkommende Steuerungsstange an. Der Bau der Dampfmaschinensteuerungen, dessen Darstellung ein genaueres Eingehen auf die Theorie erfordert, wird in dem Abschnitt „Die Kolben-Dampfmaschine“ in Band IV ausführlich erörtert.



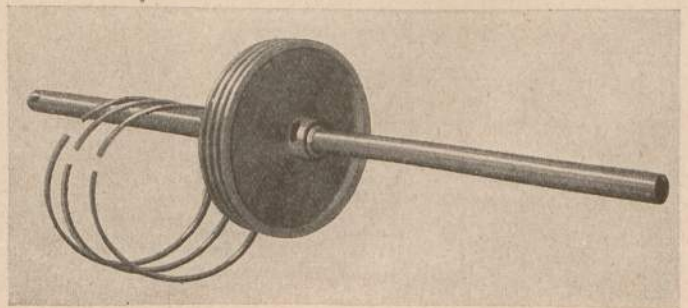
368. Kraftkörper einer Vierzylinder-Maschine

Oben Schiebergehäuse, unten die beiden kleinen Hochdruck- und die zwei größeren Niederdruck-Zylinder; zwei große Gußstücke. Hanomag

Wie jede andere Kolben-Dampfmaschine ist auch die Lokomotive eine Maschine mit totem Punkt. Wenn die Kurbel eines ihrer Triebwerke genau wagerecht liegt, wenn also Kolbenstange und Schubstange eine gerade Linie bilden, so ist hier eine Drehwirkung nicht möglich. Bei ortsfesten Maschinen überwindet man diese bei jedem Kolbenhub zweimal eintretenden toten Punkte durch das Beharrungsvermögen des Schwungrads.

Bei der Lokomotive, an welcher eine solche Vorrichtung schon aus Raumgründen nicht anzubringen ist, werden die Totlagen dadurch überwunden, daß man bei doppeltem Triebwerk die Kurbeln um 90 Grad gegeneinander versetzt. Liegt also z. B. die rechte Kurbel wagerecht, wobei sie keine Drehung hervorzurufen vermag, so befindet sich die andere gerade in der senkrechten Mittelstellung, welche fast die größte Angriffsleistung ermöglicht.

Kessel, Rahmen und Maschine werden vom Laufwerk, den Achsen und Rädern, getragen. Die Räder dienen gleichzeitig dazu, die Bewegung der Kolben in Fortbewegung der Lokomotive auf dem Gleis zu verwandeln, indem sie die Maschine bei ihrer Drehung durch die Reibung der stählernen Kränze mit den Schienen auf diesen vorwärtstreiben.

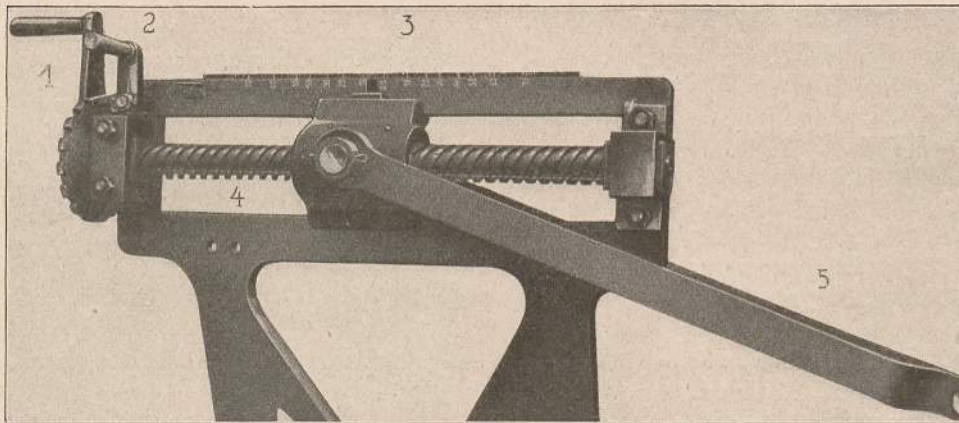


369. Dampfkolben

Die gußeisernen Dichtungsringe, welche in die ausgedrehten Nuten eingesetzt werden, sind der Deutlichkeit wegen an die Kolbenstange gehängt. Hanomag



Die Achsen sind die am höchsten beanspruchten Teile an der Lokomotive. Jede von ihnen muß eine sehr hohe Belastung aushalten und gleichzeitig die schweren Stöße an den Schienenenden ohne nachgiebiges Zwischenwerk aufnehmen. Dazu kommt noch die sehr starke Beanspruchung durch die Kolben-



370. Steuerkurbel

zum Verstellen der Steuerung vom Führerstand aus: 1. Kurbelgriff. 2. Festhalteleiste. 3. Zahlen-einteilung zum Ablesen der Steuerungseinstellung. 4. Steuerspindel. 5. Steuerstange. A. Vorsig, Berlin-Regel

zu 40 000 Kilogramm betragen kann. Achsen werden daher stets aus dem besten, zähesten Stahl in einem Stück geschmiedet. Der zuverlässigste Baustoff, der überhaupt erlangt werden kann, ist für sie gerade gut genug.

Bei Zwei-Zylinder-Maschinen sind die Achsen stets gerade, bei Anwendung einer größeren Zahl von nebeneinanderliegenden Zylindern müssen sie dagegen gebogen, gekröpft, werden. Eine Kropfachse ist, insbesondere weil die Genauigkeit der Herstellung sehr groß sein muß, stets ein äußerst schwieriges Arbeitsstück.

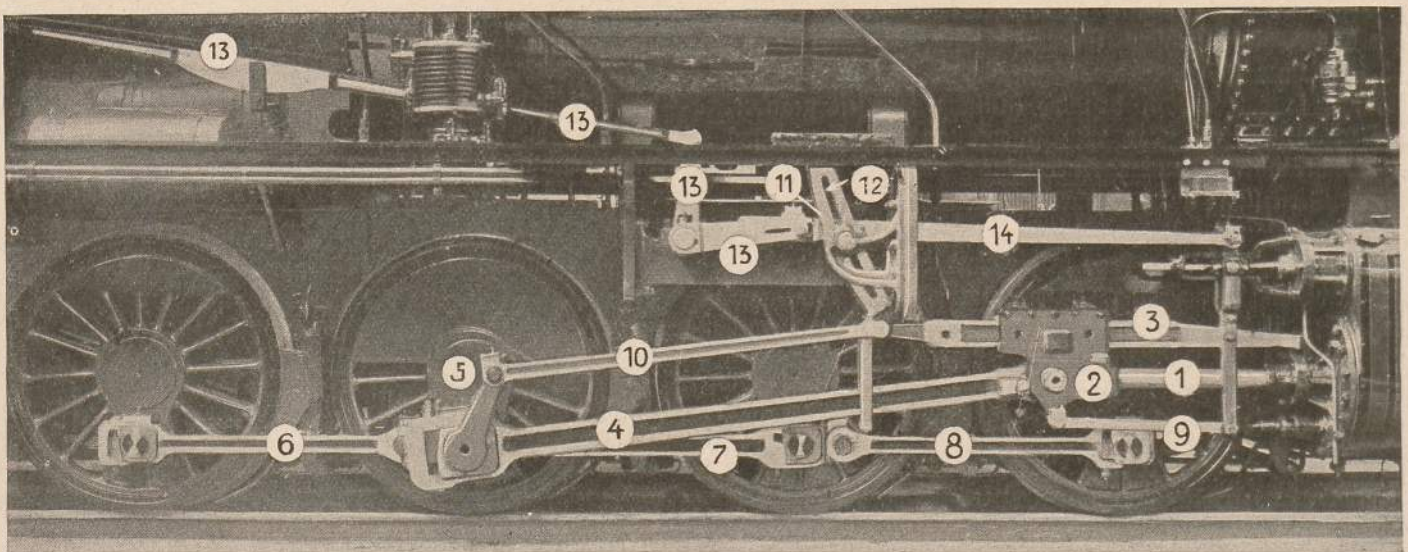
Die Räder bestehen heute immer aus zwei Teilen: dem inneren Stern und dem diesen umfassenden Laufkranz. Der Stern, ein schmaler Ring mit den zur Nabe laufenden Speichen, wird meist aus Stahlformguß hergestellt. Er muß gegenüber den Stößen eine gewisse federnde Nachgiebigkeit haben. Der Laufkranz oder Reifen dagegen soll hart sein, damit er auf den Schienen so wenig wie möglich abgenutzt wird. Von der genauen Erhaltung seiner runden Form ist der ruhige Gang der Maschine in hohem Grad abhängig.

In früheren Zeiten, als auf der Eisenbahn noch geringe Geschwindigkeiten und bescheidene Gewichte der Lokomotiven üblich waren, stellte man den Radreifen her, indem man einen stählernen Stab rund bog und die beiden Enden zusammen-schweißte. Eine solche Schweißstelle aber be-deutet immer eine

Schwächung. Auch bei sorgfältigster Arbeit ist ein vollkommenes Zusammenfügen der beiden Stabenden nicht möglich. Die Haltbarkeit ist an der Schweißnaht stets geringer als in dem übrigen, gleichförmig gefügten Teil. Ein Reifenbruch aber gehört zu den gefährlichsten Erscheinungen im Eisenbahnbetrieb. Bei den heutigen hohen Geschwindigkeiten und riesigen Achslasten können daher nur noch Reifen verwendet werden, die ohne jede Schweißnaht aus einem völlig gleichförmigen Gußstahlstück bestehen.

Der nahtlose Reifen für Eisenbahnräder ist eine Erfindung Alfred Krupps. Man kann sagen, daß er hierdurch das Eisenbahnwesen geradezu gerettet hat. Die Entwicklung hätte ohne den vollkommen zuverlässigen Reifen nicht weiterkommen können.

Die Herstellung der Kränze geschieht nach dem Kruppschen Verfahren auf folgende Weise. Einer der kantigen Stahlblöcke, wie sie aus der Gießgrube kommen, wird zylindrisch vorgeschmiedet und darauf von ihm ein Stück von genügender Dicke abgeschlagen. Die volle stählerne Scheibe kommt darauf unter eine Wasserpresse. Der mit furchtbarer Gewalt



371. Triebwerk

1. Pleuellstange. 2. Pleuellkopf. 3. Pleuellbahn. 4. Pleuellstange. 5. Pleuellstange. 6., 7., 8. Pleuellstangen. 9. Pleuellhebel der Steuerung. 10. Pleuell für die Pleuell (zur Steuerung gehörig). 11. Pleuell. 12. Pleuellbahn für den Pleuellstein. 13. Pleuell und Pleuellhebel zum Verstellen des Pleuellsteins. 14. Pleuellstange. Handomag



niedergehende Stempel der Presse drückt aus der Scheibe einen Pfropfen heraus, so daß diese in ihrer Mitte nunmehr eine runde Öffnung hat (Bild 376).

Die gelochte Stahlscheibe wandert nun zum Reifenwalzwerk. Sie wird zwischen zwei Walzen hindurchgedreht, von denen die eine in der Mittelloffnung steckt, die andere von außen gegen den Reifen gepreßt wird. Beim Durchgang zwischen den Walzen, die allmählich enger gestellt werden, wird die Dicke des Reifens immer geringer, während der Durchmesser wächst. Eine Ausdrehung in der äußeren Walze bewirkt, daß der Reifen zugleich in roher Form den richtigen Querschnitt mit Spurkranz erhält. Nach dem Walzen wird der Reifen auf der Drehbank weiterbearbeitet, bis er die genaue Form und vollkommene Glätte besitzt.

Da die Lauffläche des Kranzes ganz glatt und unbeschädigt bleiben muß, so kann dieser nun nicht etwa mittels hindurchgesteckter Schrauben mit dem Stern verbunden werden. Solche Schraubenverbindungen, ja selbst Vernietungen, würden auch bei den starken Erschütterungen, denen jedes Rad ausgesetzt ist, nicht halten. Die Verbindung von Kranz und Stern wird darum auf eine andere Weise hergestellt, die das Naturgesetz der Wärmedehnung in schönster Weise ausnützt.

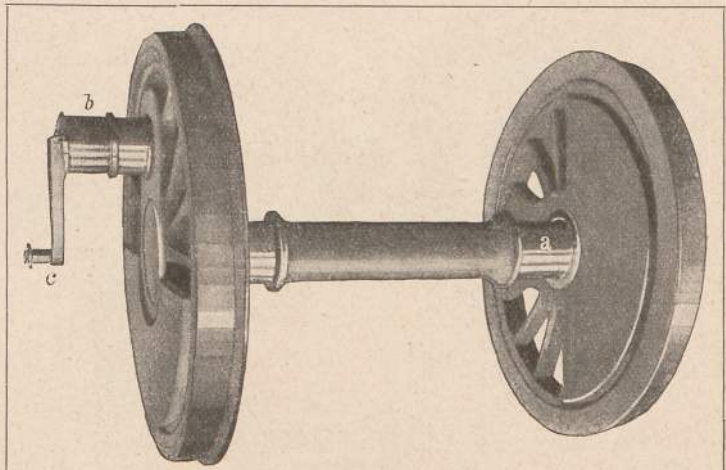
Der innere Durchmesser des Radreifens wird um ein Tausendstel seiner Länge kleiner gehalten als der äußere Durchmesser des Sterns. Der Reifen ist also nicht ohne weiteres darüber zu schieben. Damit dies aber doch möglich wird, bringt man ihn in ein Rundfeuer, das den Laufkranz von allen Seiten her gleichmäßig erwärmt. Er dehnt sich aus und kann nun leicht über den Stern gelegt werden. Vorläufig ist die Verbindung noch äußerst locker. Sobald der Reifen aber erkaltet, zieht er sich mit außerordentlicher Kraft zusammen und preßt sich derartig um den Stern, daß er mit diesem geradezu ein einheitliches Ganzes bildet. Eine Trennung kann nur noch erfolgen, wenn der Reifen an einer Stelle springt. Um in einem solchen Fall, falls er einmal während des Rollens des Rads auf den Schienen eintreten sollte, ein vollständiges Loslösen des Reifens zu verhindern, wird an der Stelle, wo der Kranz auf dem Stern aufliegt, seitlich ein sogenannter Sprengring eingefügt, der wie eine Klammer Kranz und Stern am ganzen Umfang umfaßt und zusammenhält.

Auch der lichte Durchmesser der Radnabe wird etwas geringer gehalten als der Durchmesser des Achszapfens, auf den das Rad aufgesetzt werden soll. Die Vereinigung erfolgt hier durch kaltes Aufpressen mit einem Druck von 70 000 bis 100 000 Kilogramm.

Damit die Radnabe diese gewaltsame Einwirkung gut übersteht, muß sie sehr starkwandig sein. Das Rad sitzt dann aber auch ohne Keil oder sonstige Verbindung unverrückbar auf der Achse.

An die Radsterne werden in der Nähe des Kranzes Gegengewichte angegossen. Sie haben die Aufgabe, dem Zug der Kurbelmasse entgegenzuwirken, den diese sonst bei schneller Drehung infolge der Fliehkraft einseitig auf die Achse ausüben würde.

Man unterscheidet an der Lokomotive drei Arten von Achsen: Treib-, Kuppel- und Laufachsen. Diejenige Achse, an der die Maschinenkraft angreift, an deren Kurbel also die von Kolbenstange und Kreuzkopf herkommende Schubstange angelenkt ist, heißt die Treibachse. Alle mit der Hauptkurbel durch Stangen verbun-

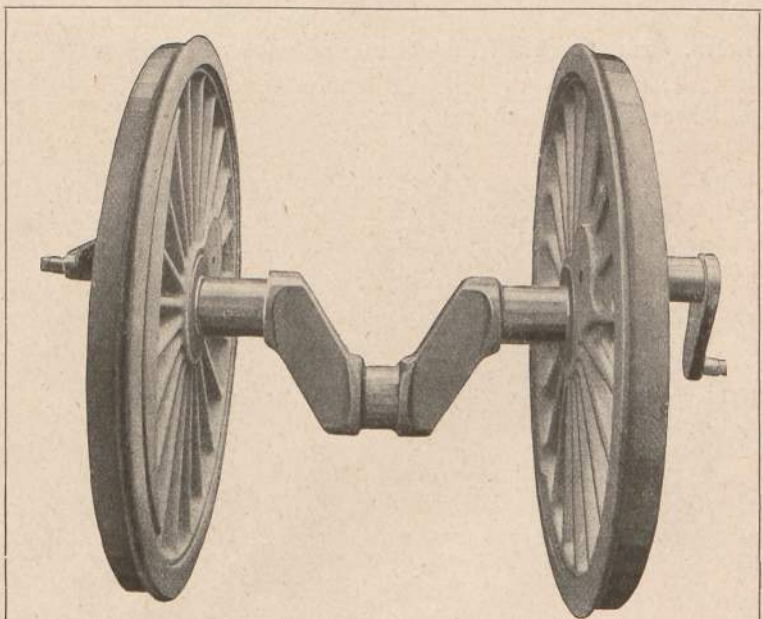


372. Treibachse einer Zweizylinder-Maschine mit Hauptkurbel und Antriebskurbel für die Steuerung. a) Lagerzapfen, b) Kurbelzapfen, c) Zapfen zum Anlenken der Steuerung

denen Achsen nennt man Kuppelachsen. Die Summe von Treibachse und Kuppelachsen ergibt die Zahl der angetriebenen Achsen. Der Rest sind vom Antrieb freie Laufachsen.

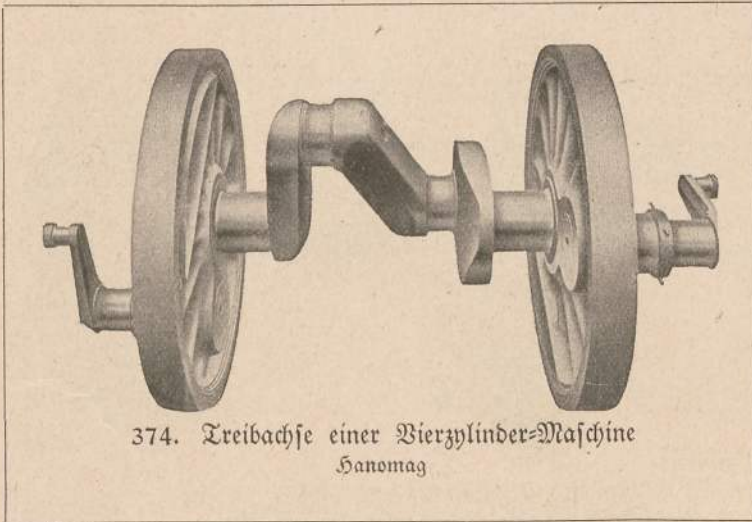
Der Durchmesser der auf den angetriebenen Achsen sitzenden Räder ist entsprechend der Geschwindigkeit zu bemessen, die man mit der Maschine erzielen will. Bei jedem vollen Gang des Kolbens, also bei jeder Vor- und Rückwärtsbewegung, drehen sich die an den angetriebenen Achsen befestigten Räder einmal herum. Ist ihr Durchmesser groß, so wird hierbei ein langer Weg zurückgelegt, bei kleinem Durchmesser ein entsprechend kürzerer. Schnellzug-Lokomotiven haben daher stets große Räder, Güterzug-Lokomotiven kleine.

Bei diesen Maschinen steht damit zugleich größere Zugkraft zur Verfügung. Denn die vom Dampfdruck durch Bewegen des Kolbens erzeugte Arbeit läßt sich, wie jede andere, in die beiden Bestandteile Kraft und Weg auflösen. Das physikalische Gesetz lautet:  $\text{Arbeit} = \text{Kraft} \times \text{Weg}$ . Wird bei einem Kolbenhub nur ein kurzer Weg zurückgelegt, so



373. Treibachse einer Dreizylinder-Maschine Hanomag



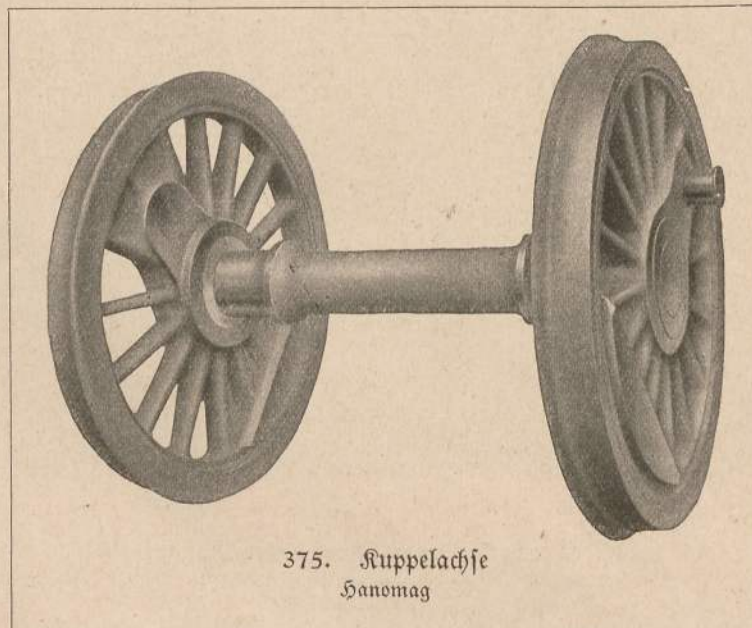


ist die zur Verfügung stehende Zugkraft um so größer. Für die ja stets sehr schweren Güterzüge wird diese notwendigst gebraucht und wirkt vermindern auf die Geschwindigkeit ein.

Die Durchmesser aller angetriebenen Räder einer Lokomotive müssen stets gleich sein. Die Laufräder dagegen können verschiedene Größen haben.

Die Gesamt-Achszahl der Lokomotive ist abhängig von ihrem Gewicht. Der Druck eines Rads auf die Schiene darf bei Hauptbahnen, wie wir wissen, 10 000 Kilogramm nicht überschreiten, der Achsdruck darf also keinesfalls größer sein als 20 000 Kilogramm. Eine Maschine, die 85 000 Kilogramm wiegt, muß also mindestens fünf Achsen haben.

Die Zahl der gekuppelten Achsen wird bestimmt durch die Zugkraft, welche die Maschine entfalten soll. Damit die Lokomotive überhaupt eine Last ziehen kann, müssen die Räder, an denen die Maschinenkraft angreift, mit einem gewissen Druck gegen die Schienen gepreßt werden. Wir wissen, daß man früher ein Gleiten der Räder auf den glatten Schienen befürchtete, wenn an den Zughaken der Lokomotive eine Last gehängt würde. Darum bauten ja Blenkinsop, Brunton und andere ihre eigenartigen Dampfwagen. Die Furcht vor dem Drehen der Räder auf der Stelle war jedoch weit übertrieben. Ein Gleiten tritt unter gewöhnlichen Umständen



nur ein, wenn man von der Maschine mehr als  $\frac{1}{6}$  der Kilogramm an Zugkraft verlangt, die das Reibungsgewicht beträgt.

Hat man eine mit dem höchsten zulässigen Gewicht von 20 000 Kilogramm belastete Achse, so kann man also durch diese, eine genügende Leistung der Antriebsmaschine vorausgesetzt, getrost 3300 Kilogramm ziehen lassen. Will man 12 000 Kilogramm Zugkraft haben, so muß man mindestens vier angetriebene Achsen nehmen usw. Güterzug-Lokomotiven, die sehr schwere Züge zu befördern haben, müssen also mehr gekuppelte Achsen erhalten als Schnellzug-Maschinen.

Um aber eine genügend leistungsfähige Maschine zur Verfügung zu haben, ist es notwendig, den Kessel, insbesondere bei den Schnellzug-Maschinen mit ihren wenigen Kuppelachsen, so schwer zu machen, daß diese allein das Gewicht des hoch belasteten Rahmens nicht zu tragen vermögen. Dann muß man

eben noch eine entsprechende Zahl von Laufachsen hinzufügen.

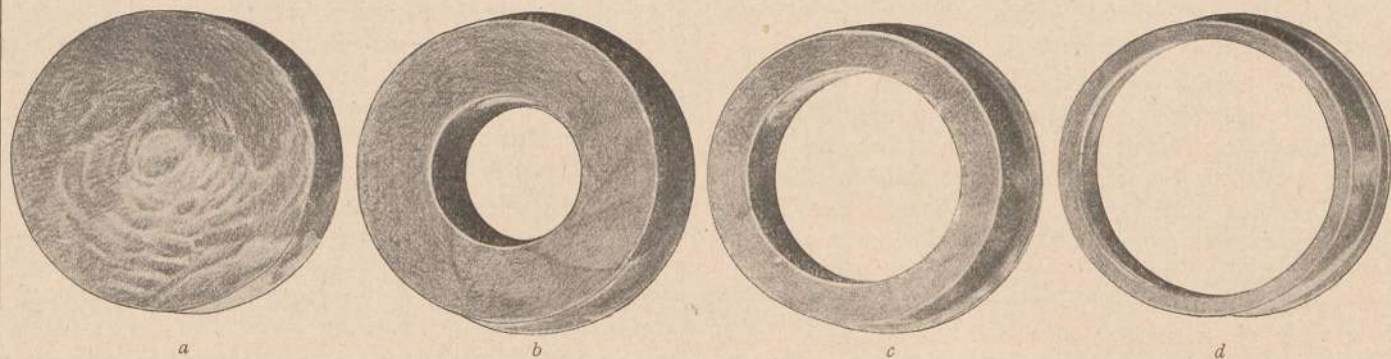
Die hohen Gewichte der heutigen Lokomotiven bringen es mit sich, daß ihr Gesamtachsstand, das heißt die Entfernung der Mitte der ersten Achse von der Mitte der letzten, 10 und mehr Meter beträgt. Solche langen Achsstände erschweren aber den Lokomotiven außerordentlich das Durchfahren von Gleisbogen. Es würde selbst in den sanften, auf den deutschen Hauptbahnen üblichen Krümmungen ein Klemmen eintreten, wenn nicht an dem Laufwerk besondere Vorkehrungen für die Fahrt durch Gleisbogen getroffen wären.

Der Rahmen der Lokomotive ist ein starres, gerades Stück. Die Räder der an ihm fest angebrachten Achsen stehen also immer in einer vollkommen geraden Linie hintereinander. Das Gleis aber bildet in der Krümmung eine Bogenlinie, und die Räder müssen deshalb befähigt werden, sich dieser anzuschmiegen, wenn sie nicht entgleisen sollen. Es muß also, mit anderen Worten, dafür gesorgt werden, daß bei Lokomotiven mit langen Achsständen die Verbindungslinie der Achsmitten aus einer geraden Linie sich so weit wie irgend möglich in eine Bogenlinie verwandeln kann.

Man vermag dies annähernd zu erreichen, indem man einzelne Achsen seitlich verschiebbar macht, ihnen ein Seitenspiel gibt (Bild 379). Solche verschiebbaren Achsen vermögen, je nach der Lage der Gleiskrümmung, etwas nach rechts oder links auszuweichen, so daß sie sanft und ohne Stöße durch die Krümmung rollen. Besondere Vorkehrungen sind notwendig, um, trotz der Verschieblichkeit, eine feste Lagerung der Achsen zu erzielen. Damit ein Hin- und Herschieben in den Lagern während der Fahrt durch gerade Strecken vermieden wird, werden die verschiebbaren Achsen meist durch kräftige Federn in der Mittellage festgehalten. Erst beim Anlaufen des Spurfrenzes am äußeren Rad gegen den Kopf der gekrümmten Schiene tritt die Seitenverschiebung ein. Die Verschiebbarkeit darf natürlich wenige Zentimeter nicht überschreiten.

Durch den Einbau von Achsen mit Seitenspiel wird für die Ruhe und Sicherheit des Lokomotiv-Ganges schon recht viel erreicht. Die hiermit ausgestatteten Maschinen durchfahren Krümmungen um so leichter, als ja der Radstand, der etwas schmaler ist als die Spurweite (Bild 323, Seite 193), den Achsen ohnedies ein gewisses Spiel zwischen den Schienen läßt. Aber die Stellung der verschiebbaren Achsen im gekrümmten Gleis ist doch nicht derart, wie man sie wünschen muß.





376. Entstehung eines nahtlosen Radreifens

a) Abgehauener Stahlblock, rund geschmiedet. b) Stahlblock, gelocht. c) Aufgewalzter Reifen. d) Fertig gedrehter Radreifen

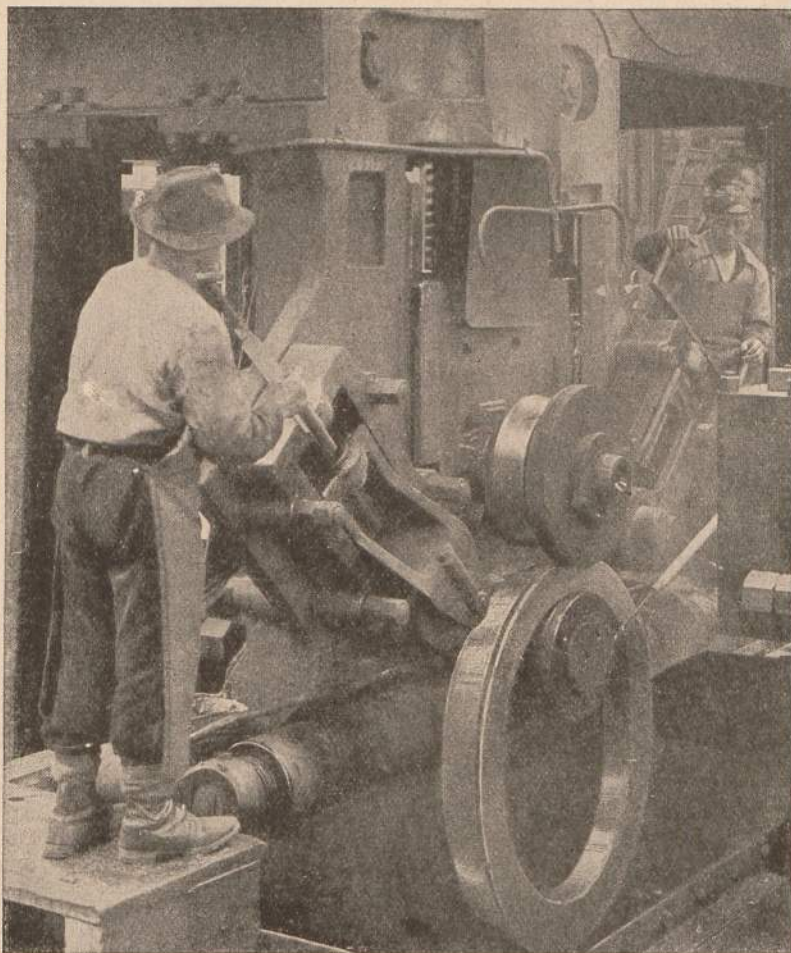
In den Geraden stehen die Achsen immer senkrecht zur Schienenerstreckung. Nur bei dieser Stellung liegt die Lauffläche richtig auf dem Schienenkopf, und der Spurfranz hat keine Neigung, hinaufzulaufen. In den Krümmungen aber stehen steife Achsen wie verschiebbare Achsen stets schief im Gleis (Bild 332, Seite 196). Am leichtesten würde man durch Krümmungen fahren, wenn jede Achse sich stets in der Richtung der vom gedachten Mittelpunkt des Krümmungsbogens zum Gleis gezogenen Linie, also gleichgerichtet mit dem Halbmesser, einstellte. Derartige Verschiebungen gegen die Lokomotivlängsachse sind nun bei gekuppelten Achsen nicht möglich, da die Zapfenmitten der aufgesteckten Kurbeln stets den gleichen, durch das Triebgestänge festgelegten Abstand voneinander und von der Kreuzkopfmitte haben müssen. Wohl aber ist Einstellbarkeit bei freien Laufachsen möglich und auch ausgeführt.

Es war um so wünschenswerter, gerade den Laufachsen große Beweglichkeit im Gleis zu geben, als diese ja an den äußersten Enden des Achsstands zu liegen pflegen, also am meisten der Schmiegsamkeit bedürfen. Im großen unterscheidet man zwei verschiedene Anordnungen zur Herbeiführung der Einstellbarkeit von Achsen: solche für Laufachsenpaare und für Einzelachsen.

Ein Laufachsenpaar kann man in einem Drehgestell zusammenfassen, wie das bei der Lokomotive auf Bild 358, Seite 207, vorn und hinten geschehen ist. Es

wird ein selbständiger kleiner Wagen aus einem Rahmen und den hieran befestigten beiden Achsen gebildet. Der kleine Rahmen ist durch nur einen senkrechten, runden Zapfen, der am Haupttrahmen befestigt ist und in ein entsprechendes senkrecht Lager im kleinen Rahmen eingreift, mit dem Gesamtbau der Lokomotive verbunden; das Gestell kann sich also bequem in der wagerechten Ebene drehen. Die Achsen solcher Drehgestelle, die man in mannigfacher Weise baut, werden sich stets in Richtung des Halbmessers einstellen. Sie führen ein besonders weiches, stoßloses Durchfahren der Krümmungen herbei.

Eine Anordnung, die besonders häufig angewendet wird, um Einzelachsen einstellbar zu machen, ist die Adamsachse. Hierbei sind die Achslager nicht mehr mit geraden Führungen in den Rahmen gelegt, sondern mit solchen, deren Wangen nach einem Kreisbogen gekrümmt sind (Bild 379 unten). Die Achse selbst geht selbstverständlich nach wie vor in vollkommenster Geradheit durch; nur die Außenflächen der Lagerbüchsen sind gekrümmt. Sobald durch Anlaufen eines Spurfranzes gegen eine gekrümmte Außenschiene Seitenverschiebung eintritt, weicht die Adamsachse nicht geradlinig zur Seite aus, sondern macht eine Drehung, als wäre sie mit einer Deichsel in dem Mittelpunkt des Kreises befestigt, nach dem die Lagerachsen gekrümmt sind; sie stellt sich also schräg ein. Hierbei sucht die Achse die ihr bequemste Stellung zu erreichen, und



377. Walzen eines Radreifens

Fried. Krupp in Essen



das ist die in Richtung des Halbmessers vom durchfahrenen Gleisbogen. Die Rückstellung erfolgt auch hier durch Federn. Eine Lenkdeichsel ist in Wirklichkeit nicht erforderlich.

Es wurde bereits gesagt, daß Einstellbarkeit bei Kuppelachsen nicht möglich ist. Doch auch mit der seitlichen Verschiebbarkeit allein kommt man unter Mitwirkung des Spielraums, der durch den Längenunterschied zwischen Radstand und Spurweite entsteht, beim Durchfahren von Krümmungen noch aus, wenn die Maschine nicht mehr als fünf gekuppelte Achsen hat. Bei schwersten Güterzug-Maschinen, insbesondere wenn sie über Steigungen zu fahren haben, ist es aber oft notwendig, über diese Kuppelachszahl noch hinauszugehen. Acht, zehn, ja zwölf Kuppelachsen sind hier manchmal notwendig. Da kann nun der bloß durch seitliche Verschiebbarkeit geminderte feste Achsstand nicht mehr beibehalten werden. Um überhaupt den Bau von Lokomotiven mit so hohem Reibungsgewicht und entsprechender Zugkraft zu ermöglichen, hat man sich zu ganz besonders kunstvollen Bauarten und zu einer tief eingreifenden Änderung in der Anlage des Lauf- und Triebwerks entschließen müssen.

Um eine Lokomotive mit sehr vielen Kuppelachsen, wie sie z. B. Bild 381 zeigt, in Krümmungen genügend beweglich zu machen, ist man davon abgegangen, sämtliche Achsen von einer einzigen Maschine antreiben zu lassen. Man legt vielmehr unter den Kessel zwei Dampfmaschinen, von denen jede eine gleiche Zahl Kuppelachsen antreibt. Die vier Zylinder liegen jetzt nicht mehr nebeneinander, sondern sind paarweise hintereinander angebracht. Hierdurch gewinnt man die Möglichkeit, eine kleine Zahl von Kuppelachsen in einen den Drehgestellen ähnlichen Sonderwagen zu legen, in dem sie sich, obgleich starr gegeneinander, zu den übrigen in verschiedenen Winkeln einstellen können (Bild 380). Die beiden vorderen Zylinder drehen sich hierbei mit. Um dies zu ermöglichen, muß die Dampfzuführung zu diesen Zylindern durch eine bewegliche Leitung erfolgen. Die Lösung dieser Aufgabe hat große, grundsätzliche Schwierigkeiten bereitet. Mallet war der erste, der eine hierfür geeignete Bauart angab, von der noch zu sprechen sein wird.

Bei uns ist man über acht gekuppelte Achsen nicht hinausgegangen. In Amerika aber sind bereits Maschinen mit zwölf Kuppelachsen gebaut worden. Diese finden nicht mehr sämtlich unter der eigentlichen Lokomotive Platz, die letzten liegen vielmehr bereits unter dem Tender, was den Vorteil bringt, daß auch dessen Reibungsgewicht für die Zugkraft mit ausgenutzt werden kann. Die Riesen-Lokomotive der Erie-Bahn, die Bild 382 zeigt, wird von drei getrennten Dampfmaschinen angetrieben, von denen die vorderste mit ihren Achsen in einem beweglichen Gestell liegt, die hintere ihre Einstellbarkeit durch die Tender-Kupplung gewinnt.

Ein anders gearteter Versuch, um Lokomotiven mit sehr langen Achsständen durch Krümmungen zu bringen, ist von

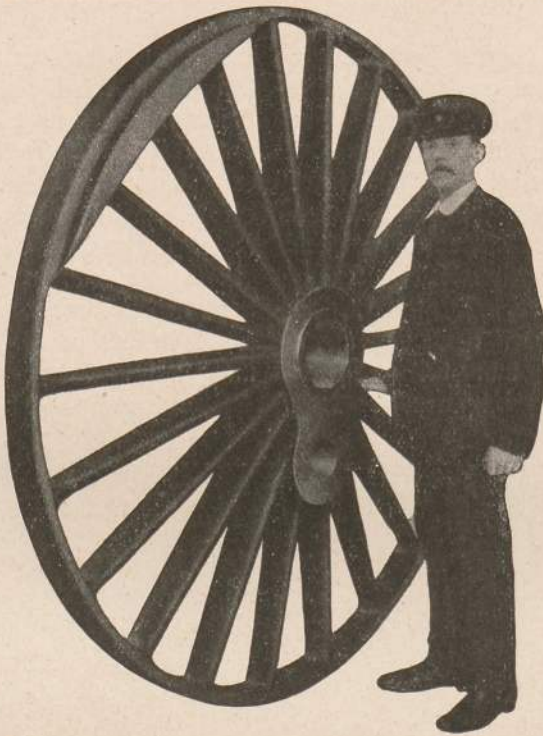
der Atchison-, Topeca- und Santa-Fé-Eisenbahn gemacht worden. Sämtliche unter dem sehr langen Kessel verteilte Kuppelachsen liegen hier fest im Rahmen. Dieser selbst aber und auch der Kessel sind mit einem Gelenk ausgestattet, das also eine Anschmiegung an die Gleiskrümmung gestattet. In Europa hat man sich zu einer solchen Bauart noch nicht entschließen können (Bild 384).

Die gewaltigsten aller Lokomotiven laufen auf der Virginschen Eisenbahn, die über ihre nur eingleisige Strecke sehr schwere Güterzüge eilig zu befördern hat. Jede dieser Maschinen hat eine Länge von 35 Metern und ein Gewicht von 382 000 Kilogramm.

Lokomotiven, die nur für Vorspann- oder Verschiebedienst bestimmt sind, ferner Stadt- und Vorortbahn-Lokomotiven besitzen meistens keinen besonderen Tenderwagen. Sie können den verhältnismäßig geringen Wasser- und Kohlevorrat, den sie brauchen, auf den eigenen Achsen mitnehmen. Der technische Sprachgebrauch will, daß man solche Maschinen ohne selbständigen Behälter Tender-Lokomotiven nennt. Alle Maschinen für große Fahrt aber haben Schleppender. Denn die bedeutenden Mengen an Wasser und an Kohle, die sie mit auf die Reise nehmen müssen, sind so schwer, daß die ohnedies stark belasteten Lokomotivachsen sie nicht mehr zu tragen vermögen. Außerdem ist hierfür auch infolge der scharfen Raumaussnutzung bei solchen Maschinen kein Platz aufzutreiben. Der Vorrat muß also auf einen besonderen Wagen geladen werden.

Auch die Tenderachsen werden sehr schwer belastet. Für Güterzug-Lokomotiven haben die Tender etwa 16 000 Kilo Wasser und 7000 Kilo Kohle mitzunehmen. Bei Schnellzügen mit ihren langen Lokomotivwagen wächst die Last auf 30 000 Kilo Wasser und etwa 10 000 Kilo Kohle an.

Das Wasser wird im Innern des Tenderkastens untergebracht. Der für seine Aufnahme bestimmte Behälter ist oben durch ein Deckblech abgeschlossen; dessen Lage zwischen den senkrechten Wänden des Tenders ist auch von außen her, beim Blick von der Seite, deutlich durch die gebrochene Linie zu erkennen, die von den sehr kräftigen Nieten gebildet wird. Das Deckblech läuft, von hinten angefangen, zuerst waagrecht, alsdann ein Stück schräg nach unten, um dann noch einmal in eine kurze Waagrechte überzugehen. Diese Lage gibt man ihm, weil es zugleich die Aufgabe hat, die Kohlen zu tragen, die nun über die Schräge hinweg stets selbsttätig nach vorn rutschen, so daß sie von der Schaufel des Heizers stets bequem erreicht werden können. Um ein Überstürzen des Kohlebergs in den Führerstand zu verhüten, wird ganz vorn von oben her stets noch eine Bohle eingeschoben. Der Wasserbehälter hat kräftige Versteifungen und Querswände, die verhindern, daß durch die Erschütterungen die ganze Wassermenge in gleichmäßige Bewegung gerät und mit großer Gewalt gegen die Außenwände schlägt, die hierdurch in ihren Verbänden schwer erschüttert werden könnten.



378. Treibradstern einer Schnellzug-Lokomotive  
Verkehrs- und Bau-Museum in Berlin



Der Kohlekasten reicht auf dem Tenderwagen nicht bis ganz nach hinten, weil dort noch Platz für eine Öffnung zum Einfüllen des Wassers bleiben muß. Diese Füllöffnung wird stets so geräumig gemacht, daß ein Mann hindurchsteigen und den Innenzustand des entleerten Wasserkastens feststellen, nötigenfalls kleine Nacharbeiten oder eine gründliche Reinigung ausführen kann. Die Füllöffnung darf nicht höher als 2,75 Meter über der Schienenoberkante liegen, damit die Ausleger der Wasserfrane noch eingeschwenkt werden können. Mit den Speisevorrichtungen am Lokomotivkessel ist der Wasserbehälter auf dem Tender durch bewegliche Rohre oder durch Schläuche verbunden.

Damit man die Menge des im Tenderkasten noch vorhandenen Wassers stets leicht erkennen kann, ist an der vorderen Querwand ein Zeiger angebracht, der durch einen auf der Wasseroberfläche ruhenden Schwimmer bewegt wird.

Aber die Kurzkupplung zwischen Lokomotive und Tender hinweg wird eine Brücke aus geriffeltem Blech gelegt, die an der Lokomotive mit waghrechten Drehangeln befestigt ist.

\*

Die letzten Jahrzehnte haben im Bau der Lokomotive hauptsächlich zwei Neuerungen gebracht, deren Ziel die Herbeiführung bedeutender Kohleersparnis ist: die Verbund-Einrichtung und die Dampfüberhitzung.

Die heutigen Lokomotiven arbeiten, wie wir schon gehört haben, längst nicht mehr mit ganzer Füllung. Der Zylinderraum wird schon vor Beendigung jedes Kolbenhubs vom Kessel abgesperrt, so daß der Dampf sich ausdehnen kann. Aber auch hierbei wird er noch nicht völlig entspannt. Er entweicht vielmehr bei Maschinen, welche die neuere Bauart nicht anwenden, mit sehr kräftigem Stoß durch das Blasrohr.

Die Möglichkeit, die Arbeitsfähigkeit des Dampfes, die er immer noch besitzt, nachdem er seinen Kolben bereits bis zum Hubende gebracht hat, weiter auszunutzen, wurde zuerst bei der ortsfesten Maschine angewendet. Man läßt bei der Zwei-Zylinder-Maschine schon seit langem den vom Kessel kommenden Frischdampf nicht gleichzeitig in beide Zylinder eintreten, sondern gibt nur dem einen von ihnen eine unmittelbare Verbindung mit dem Kessel, während der zweite Zylinder von dem Auspuffrohr des ersten her gespeist wird. So kann der Dampf

also nun zum zweitenmal Arbeit leisten. Da auf diese Weise eine Verbindung zwischen den beiden Zylindern geschaffen wird, nennt man Maschinen mit solcher Einrichtung Verbund-Maschinen.

Der Gedanke, die Verbund-Anordnung für Lokomotiven anzuwenden, wurde zum erstenmal von einem Deutschen ausgesprochen. In einem Patent, das der deutsche Ingenieur Gerhard Moritz Roentgen im Jahre 1834 in Frankreich

auf eine Verbund-Einrichtung für ortsfeste Dampfmaschinen nahm, heißt es: „Dieselben Vorteile werden sich auch bei Übertragung dieser Verbund-Anordnung auf die Eisenbahn-Maschinen ergeben.“ Roentgen hat dieser Anregung jedoch keine Tat folgen lassen, während er bei der Einführung der Verbund-Maschine auf Schiffen sehr erfolgreich gewesen ist.

Die erste Verbund-Lokomotive ist erst im Jahre 1876 von dem schweizerischen Ingenieur Anatole Mallet gebaut worden. Seit 1880 sind Maschinen solcher Art im Bereich der preussischen Bahnverwaltung in immer größerer Zahl zur Verwendung gelangt.

Die heutige Verbund-Maschine gewährt eine Kohleersparnis von 20 vom Hundert. Um die Anordnung wirklich nutzbar verwerten zu können, war der Einbau einer

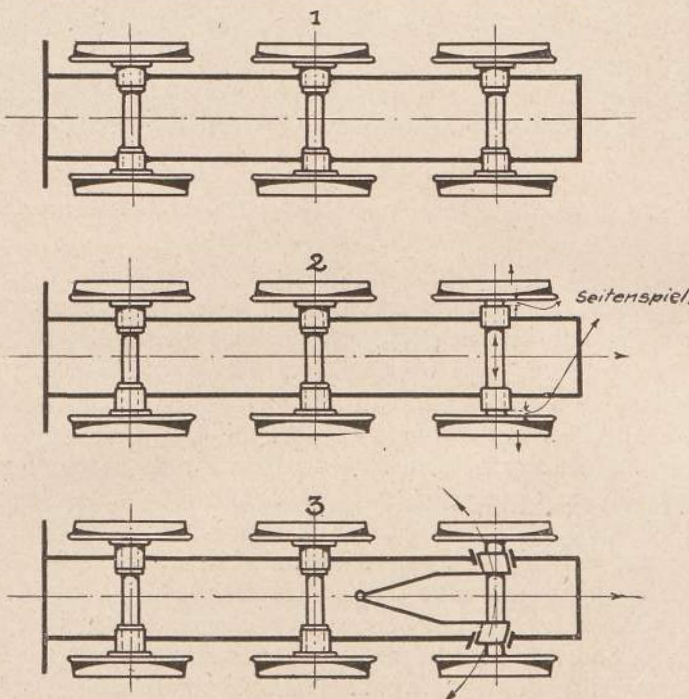
großen Anzahl besonderer Vorrichtungen auf der Lokomotive notwendig.

Die Spannung des Dampfes ist, wenn dieser durch den ersten Zylinder hindurchgegangen, natürlich hinabgesetzt, der Druck, den er auf jedes Quadratcentimeter Kolbenfläche nun noch auszuüben vermag, also geringer. Da man jedoch auf beiden Seiten der Lokomotive die gleiche Arbeitsleistung haben will, so muß diese Druckminderung ausgeglichen werden.

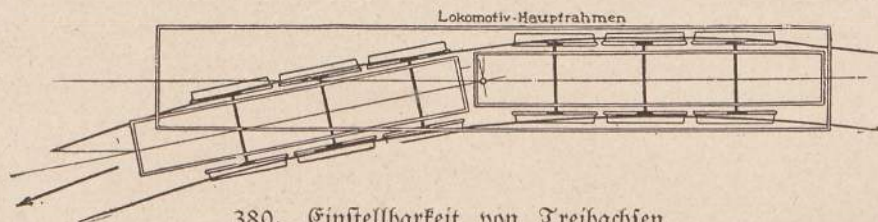
Dies geschieht durch eine Vergrößerung des Kolbens und damit des Zylinders auf derjenigen Lokomotivseite, die den Dampf aus zweiter Hand empfängt. Das Ergebnis der Rechnung Dampfdruck  $\times$  Kolbenfläche,

woraus die Kraftwirkung hervorgeht, muß auf der Hochdruck- wie auf der Niederdruckseite das gleiche sein.

Es ist ferner nicht möglich, die beiden Zylinder nur durch ein einfaches Rohr miteinander zu verbinden. Denn der Hochdruck-Zylinder sendet dem Niederdruck-Zylinder den Dampf durchaus nicht immer in dem Augenblick zu, in welchem dieser ihn am meisten benötigt. Wenn der Hochdruck-Kolben am Ende eines Hubs angelangt ist, steht der

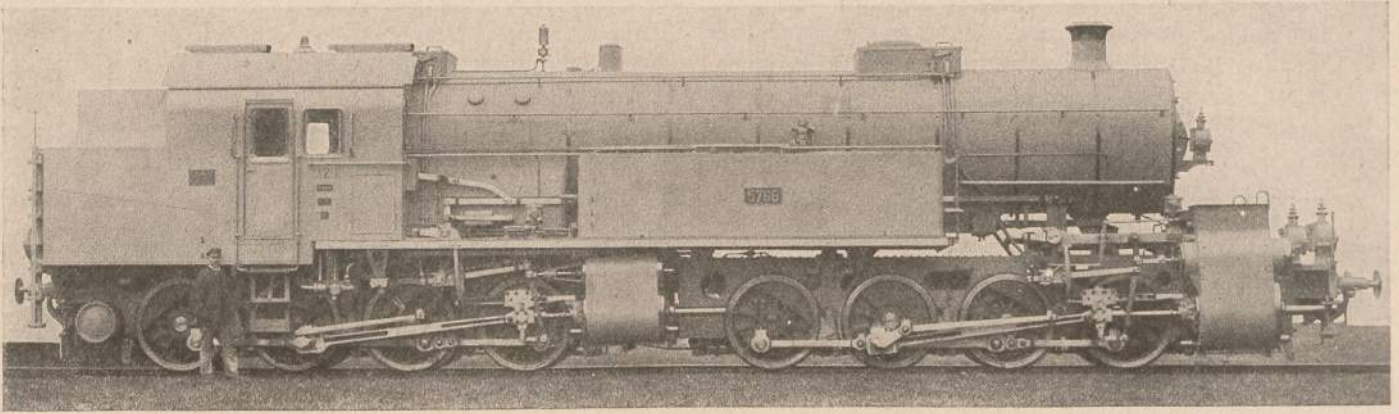


379. Beweglichkeit der Lokomotivachsen im Gleis  
1. Steife Achsen. 2. Vorderachse verschiebbar. 3. Vorderachse einstellbar (in der Richtung des Krümmungshalbmessers)



380. Einstellbarkeit von Treibachsen  
Laufwerk einer C+C-Mallet-Lokomotive. Der hintere Laufwerktrahmen ist mit dem Haupttrahmen starr verbunden, der vordere Laufwerktrahmen ist beweglich





381. Die schwerste Lokomotive in Europa

Güterzug-Tender-Lokomotive der ehemaligen bayerischen Staatsbahn; Bauart Mallet; Achsanordnung D + D. Erbaut von J. A. Maffei in München

Niederdruckkolben wegen der Versetzung der Kurbeln um 90 Grad gerade in der Mitte. Dies ist der Augenblick höchsten Dampfbedarfs bei ihm; der Hochdruck-Zylinder kann aber gerade jetzt fast nichts abgeben. Aus diesem Grund schaltet man zwischen die beiden Zylinder einen ziemlich geräumigen Behälter ein, aus dem die Niederdruckseite sich unabhängig von der Kolbenstellung drüben versorgen kann.

Die größte Kraftleistung hat die Lokomotive stets beim Anfahren zu vollbringen. Jeder Körper ist ja leichter in Bewegung zu erhalten als zu dieser zu bringen. Wie eine Beharrung der Bewegung gibt es auch eine Beharrung der Ruhe. Niemals empfindet die Lokomotive die Last des angehängten Zugs so stark, wie wenn sie, nach gegebenem Abfahrtszeichen, anfahren muß. In diesem schwierigsten Augenblick versagt aber die Verbund-Maschine manchmal. Da der Dampf ja erst den Hochdruck-Zylinder durchlaufen muß, um zur Niederdruckseite zu gelangen, so können beim Anfahren nicht beide Maschinen wirken. Aus dem Zwischenbehälter kann der Niederdruck-Zylinder in diesem Augenblick gleichfalls nicht schöpfen, weil sich darin bei Beginn des Anfahrens überhaupt kein Dampf befindet. Man hat aus diesem Grund dazu schreiten müssen, ein besonderes Ventil anzubringen, das dem Führer gestattet, die Verbundwirkung während des Anfahrens aufzuheben. Nach Öffnung dieses Ventils erhalten beide Zylinder Frischdampf, so daß die Maschine nicht mit Verbund-, sondern mit Zwillingswirkung arbeitet.

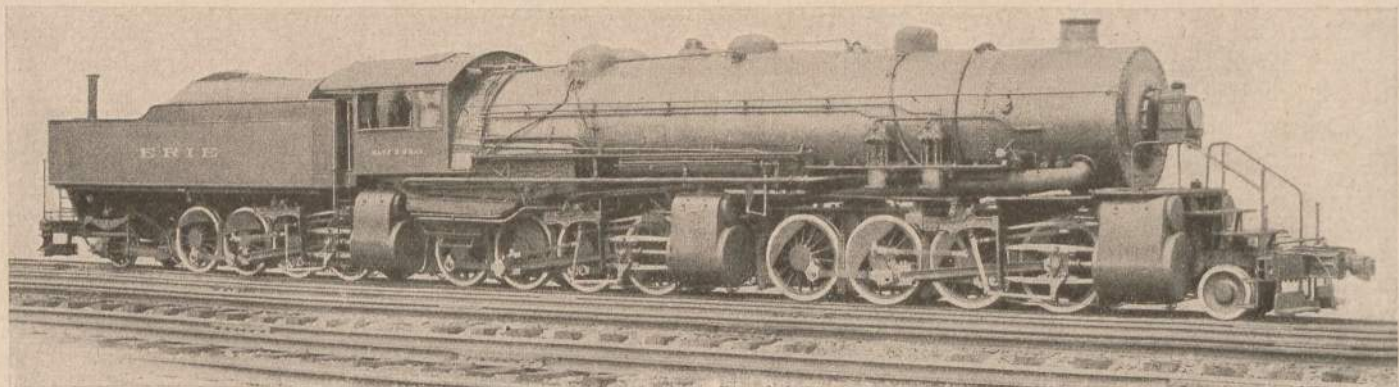
Die Vorzüge der Verbund-Maschine verschwinden also bei solchen Lokomotiven, die häufig anfahren müssen, wie Perschiebe-, Güterzug- und Stadtbahn-Lokomotiven. Die

preussische Eisenbahn-Verwaltung baute darum Maschinen dieser Art stets mit Zwillingswirkung, während Lokomotiven für Schnellzüge und Eil-Güterzüge heute fast ausnahmslos mit Verbundwirkung versehen sind.

Bei Maschinen mit vier Zylindern werden zwei für Hoch- und zwei für Niederdruck verwendet. Jedem Hochdruck- wird ein Niederdruck-Zylinder zugeordnet. Hierbei ergibt sich nun ein besonderer Vorteil für solche Maschinen, die zum bequemen Durchfahren von Krümmungen ein frei bewegliches Triebwerk haben. Mallet und Rimrott kamen auf den Gedanken, hierbei die beiden Niederdruck-Zylinder an dem beweglichen Triebwerk-Rahmen anzubringen. Die biegsamen Dampfleitungen brauchten nun also nicht mehr den Hochdruck des Kessels aufzunehmen, sondern nur noch gegen den weit geringeren Niederdruck abgedichtet zu werden. Auf diese Weise gelang es zum erstenmal, wirklich brauchbare Maschinen mit einstellbaren Kuppelachsen auszurüsten. In Deutschland ist die erste Mallet-Rimrott-Maschine bei J. A. Maffei in München hergestellt worden.

Noch weit wichtiger als die Ausnutzung der Verbundwirkung ist für den Lokomotivbau die Einführung des überhitzten oder Heißdampfs geworden.

Der aus dem Wasser des Kessels erzeugte Dampf enthält stets noch Wasser in Form mitgerissener, feinsten Tröpfchen. Diese sind für die Wirkung der Maschine sehr schädlich, wenn sie in die Zylinder gelangen, weil sie dort keinerlei Wirkung auszuüben vermögen, jedoch dem arbeitsfreudigen Dampf den Platz wegnehmen. Schon in früheren Jahrzehnten hat man sich deshalb damit beschäftigt, den



382. Riesen-Lokomotive der Erie-Bahn in Amerika

mit sechs Zylindern und drei gesonderten Triebwerken, das hinterste unter dem Tender. Diese 1 D + D + D 1 = Lokomotive hat 28 Räder

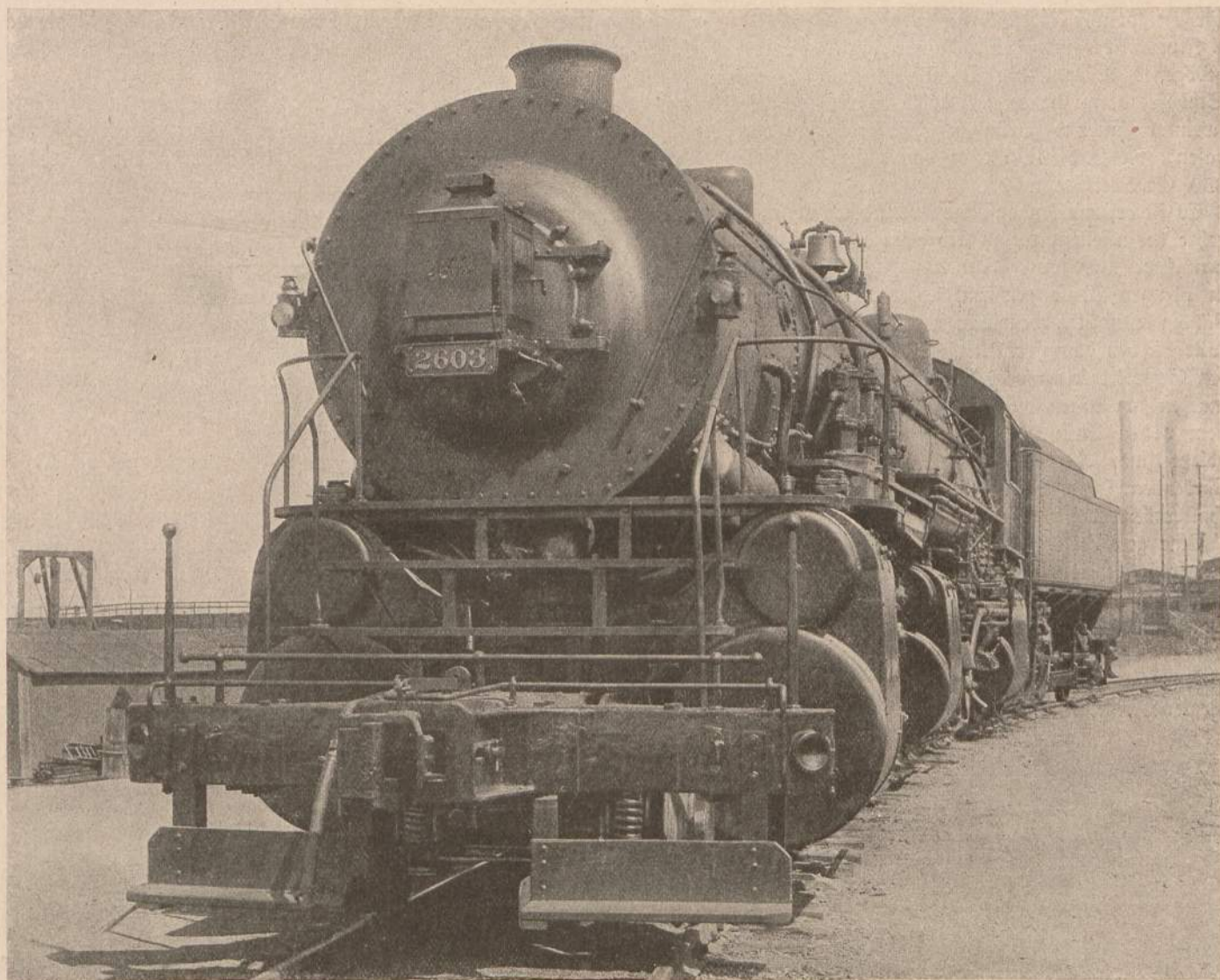


Dampf vor seinem Eintritt in die Zylinder zu trocknen, indem man ihn so lange im Bereich der Heizung ließ, bis das mitgerissene Wasser gleichfalls verdampft war.

Große Vorteile ergaben sich aber erst, als man mit der Erhitzung des Dampfs weit über den Wärmegrad hinausging, der zur Trocknung notwendig ist. Wenn nämlich auch völlig trockener Dampf in den Zylinder eintritt, so schlägt sich ein Teil davon stets sofort zu Wasser nieder, weil seine Wärme durch Berührung mit den verhältnismäßig kalten Zylinderwänden, aber auch durch die Ausdehnung beim Vorschieben des Kolbens sogleich hinabgesetzt wird.

dampf-Lokomotiven war lange Zeit hindurch nicht möglich. Mußten doch alle Vorkehrungen, die notwendig sind, um den Naßdampf von 100 Grad auf 350 Grad zu bringen, so beschaffen sein, daß sie sich am Lokomotivkessel anbringen ließen, ohne daß dessen bewährter Bau grundsätzlich verändert zu werden brauchte. Eine äußerste Anpassung an räumlich beschränkte Verhältnisse war hierbei erforderlich.

Es mußte auch darauf geachtet werden, daß die Heißdampfausrüstung das Gewicht der Lokomotive nicht allzu sehr steigerte. Die einzelnen Vorrichtungen mußten leicht einzubauen sein, und endlich war es noch erforderlich, alle



383. Das Antlitz des Riesen

Große Lokomotive der Erie-Bahn in einer Krümmung

Wieder erhält man so im Zylinder totes, schädliches Wasser. Überhitzter Dampf jedoch, das heißt solcher, der bis zu einer Wärme von etwa 350 Grad gebracht ist, kann eine Abkühlung wohl vertragen, ohne sich niederzuschlagen. Er behält noch lange die Eigenschaft eines ausdehnungsfähigen Gases. Durch die Überhitzung kann man also eine weit bessere Ausnutzung des Dampfs erzielen, indem alle seine Teile zum Arbeiten gelangen, anstatt als Wasser ungenutzt verloren zu gehen.

Die Erkenntnis von der Nützlichkeit des überhitzten Dampfs ist nicht neu, aber eine verwendbare Ausführung von Heiß-

Maschinenteile, wie Kolbenringe, Schieber, Stopfbüchsen, Dichtungen und insbesondere das Schmieröl so herzurichten, daß sie imstande waren, den außerordentlichen Hitzeegraden zu widerstehen, denen sie fortan ausgesetzt werden mußten.

Die wirklich brauchbare Ausführung der Heißdampf-Lokomotive, die alsbald einen fast beispiellosen Siegeszug durch alle Länder der Erde angetreten hat, gelang als erstem dem deutschen Ingenieur Wilhelm Schmidt in Kassel zu Anfang dieses Jahrhunderts.

Nachdem Schmidt zuerst einige andere Bauarten versucht hatte, so z. B. den Rauchkammer-Überhitzer, ist heute allgemein



der Heiz- oder Rauchröhren-Überhitzer in Gebrauch. Die Überhitzung des Dampfs geschieht hier dadurch, daß dieser nach Durchströmen des geöffneten Reglerventils im Dom auf einem langen Weg mit den heißen Feuerungsgasen in engste Berührung gebracht und dann erst den Zylindern zugeführt wird (Bild 386).

Zur Aufnahme der Überhitzer-Einrichtung sind die Heiz- oder Rauchröhren in den Reihen, die im oberen Teil des Kessels liegen, weiter gehalten als die anderen. In jede Röhre taucht ein Überhitzer-Teilstück ein, ein Rohrstrang, der von einem vor der vorderen Querwand des Kessels, also in der Rauchkammer, liegenden Sammelgefäß für den Heißdampf herkommt und mit seinem Ende an das Sammelgefäß für Heißdampf angeschlossen ist.

Jedes Überhitzer-Teilstück ist ein zweifaches, U-förmig gebogenes Rohr. Der Dampf durchläuft erst die eine Schleife, dann die andere, wird also in jedem Flammrohr zweimal hin und zurück geführt, wobei er von den Heizgasen, welche die U-Röhre von außen umspülen, bis auf 350 Grad erhitzt wird.

Es ist erstaunlich, daß man vermocht hat, gezogene Stahlrohre herzustellen, die in der außerordentlichen sie umgebenden Hitze nicht durchbrennen. Die Heizrohre werden zwar in gleicher Weise erwärmt, aber das Wasser, welches sie ständig umspült, verursacht eine gründliche Kühlung. Diese fällt bei den dampferfüllten Überhitzerrohren fort. Die größten Schwierigkeiten verursachte es, die Endstellen haltbar zu machen, an denen die U-Röhre umgebogen sind, weil diese dem vollen Ansturm der heißen Gase ganz besonders ausgesetzt sind. Heute ist durch das Aufschweißen einer verstärkenden Kappe auf die Rohrenden auch hier eine genügende Haltbarkeit erreicht.

Eine gewisse Kühlung erhalten die Überhitzerrohre immerhin so lange, wie sie vom Dampf durchströmt werden. Sobald das Regler-Ventil geschlossen wird, hört jedoch die Dampfzufuhr auf, und die Wandungen sind nicht mehr imstande, Wärme abzugeben und fortzuleiten zu lassen. Aus diesem Grund wird dafür gesorgt, daß bei geschlossenem Regler-Ventil die Erhitzung der U-Röhre vermindert wird.

versorgt sind und die Maschine arbeitet. Sobald Abschluß erfolgt, kehrt der Kolben in seine Ruhelage zurück. Er stellt hierbei mit Hilfe einer Hebelübersetzung eine breite Klappe in der Rauchkammer. Diese geht aus ihrer wagerechten Lage in die senkrechte über und verschließt die Ausgangsöffnungen derjenigen Heizrohre, in denen die Überhitzerrohre liegen. Der Durchgang der heißen Gase durch diese Rohre wird dadurch stark vermindert, die Erhitzung sinkt.

Im Führerstand ist ein Handrad angebracht, mit dessen Hilfe auch bei geöffnetem Regler-Ventil die Überhitzer-Klappe nach Belieben verstellt werden kann. Hierdurch vermag die Lokomotivmannschaft den Grad der Überhitzung nach Vorschrift einzustellen. Eine elektrische Meßvorrichtung, ein Pyrometer (Band I, Seite 141), ermöglicht ständig das Ablesen des Hitzegrads auf einem Zifferblatt im Führerstand.

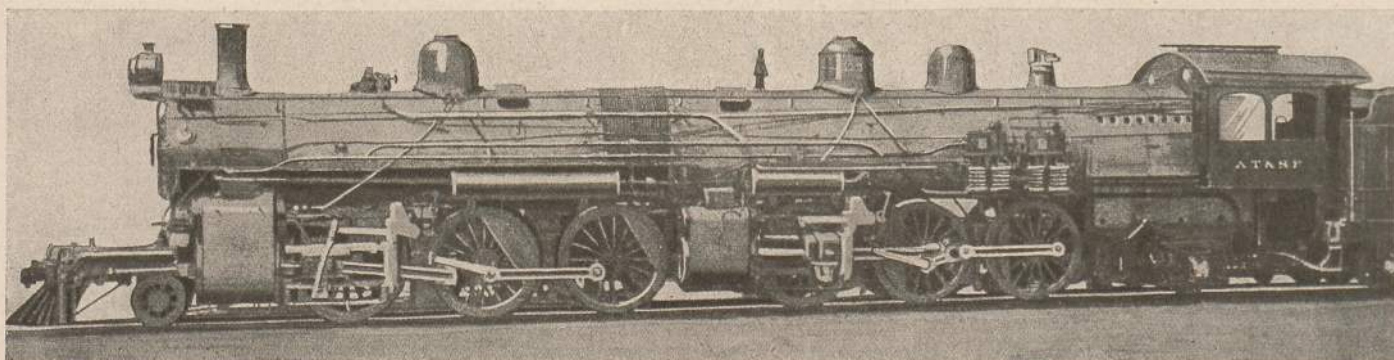
Die Ersparnisse, die sich aus der Benutzung des überhitzten Dampfs ergeben, sind nicht gering. Man rechnet, daß man hierdurch an Wasser bei Verbund-Maschinen bis zu 26 vom Hundert, bei Zwillings-Maschinen bis zu 33 vom Hundert erspart, an Kohle bei Verbund-Lokomotiven 12 bis 18 vom Hundert, bei Zwillings-Lokomotiven 20 bis 25 vom Hundert.

Verbundwirkung und Heißdampferzeugung sind grundsätzlich in dem Abschnitt „Die Kolben-Dampfmaschine“ in Band IV dargestellt.

Angesichts des außerordentlich großen Kohlenbedarfs der Eisenbahnen muß jede Möglichkeit, die eine Ersparnis erhoffen läßt, ausgenutzt werden. Das geschieht weiter durch die Vorwärmung des Speisewassers.

Die Lokomotive besitzt zwei Vorrichtungen für die Kesselspeisung: den Strahlapparat und die Kolbenpumpe. Beim Strahlapparat tritt eine gewisse Vorwärmung von selbst ein, da das Wasser beim Hineinwerfen in den Kessel mit Dampf vermischt wird. Die Kolbenpumpe aber liefert, wenn nicht zwischen sie und den Kessel ein Speisewasser-Vorwärmer geschaltet ist, kaltes Wasser, das beim Eindringen die Dampfspannung im Kessel mindert.

Der Vorwärmer besteht aus einem runden oder platten eisernen Gefäß, in dem ein Rohrbündel untergebracht ist.



384. Amerikanische Lokomotive mit Gelenkkessel

Die Gelenke im Kessel und im Rahmen ermöglichen der langen Lokomotive das Durchfahren von Gleiskrümmungen

Wenn man eine Heißdampf-Lokomotive von vorn her anschaut, bemerkt man gleich hinter der Rauchkammer an der rechten Seite des Rundkessels einen kleinen wagerecht liegenden Zylinder. Er ist an der auf dem Boden stehenden Lokomotive auf Bild 360 deutlich zu erkennen. In diesem Zylinder ist ein Kolben untergebracht, der durch hinten eintretenden Dampf aus seiner Ruhelage verschoben wird, solange das Regler-Ventil offen ist, die Heizrohre also mit Dampf

ungefähr den siebenten Teil des Abdampfs, der aus den Zylindern kommt, leitet man statt zum Blasrohr in den Vorwärmer, wo er den Raum innerhalb der Wandungen erfüllt. Das von der Pumpe in den Kessel zu drückende Wasser durchläuft das Rohrbündel, und zwar mittels U-förmiger Verbindungen eines dieser Rohre nach dem andern, so daß eine sehr ausgedehnte Berührung mit dem heißen Dampfraum stattfindet. Der Vorteil, den diese Neu-Einrich-



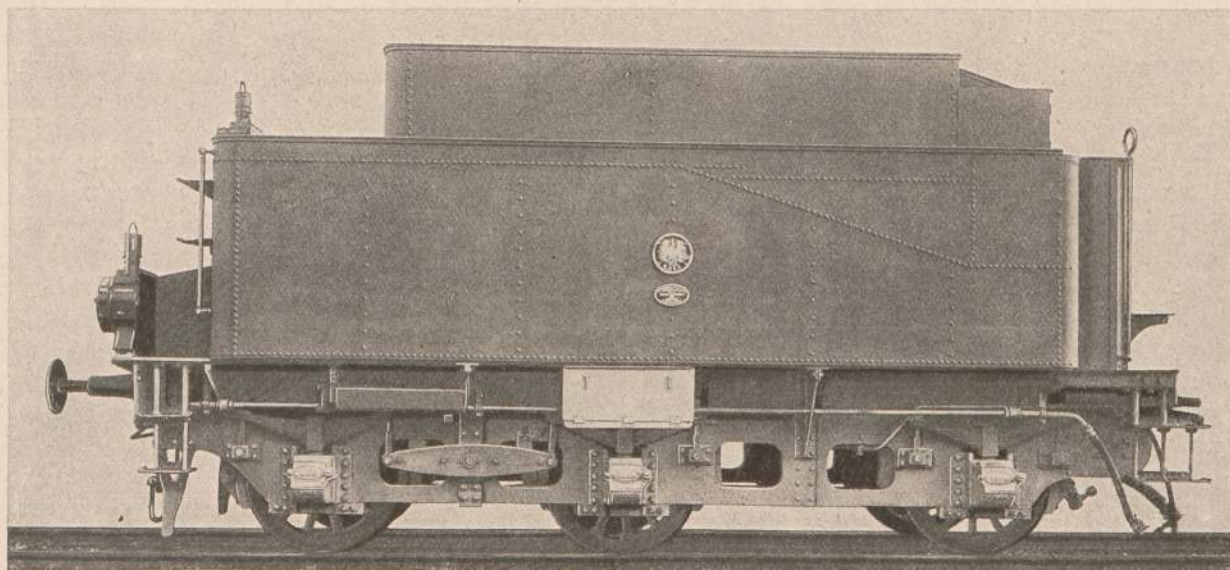
tung gebracht hat, ist so bedeutend, daß man nachträglich auch ältere Maschinen mit Vorwärmern ausgestattet hat.

Zu den besonders beachtenswerten Neuerungen, welche die letzten Jahrzehnte dem Lokomotivbau gebracht haben, gehören auch die Vorrichtungen zur Rauchverbrennung oder besser Rauchminderung.

Es ist ja kein Zweifel, daß die Freude am Eisenbahnfahren durch den aus dem Schornstein der Lokomotive

ausströmenden Gasen mengt. Die beste Vorrichtung mit diesem Ziel wird von Marcotty in Berlin gebaut. Er erreicht eine sehr starke Rauchminderung auf folgende Weise.

Durch die Wand der Feuerkiste, die dem Führerstand zugekehrt ist, sind in zwei hohle Stehbolzen zwei Düsen gesteckt, aus denen ein Dampf Schleier in Richtung zum Feuer schirm geblasen wird. Dieser Schleier überdeckt die ganze Feuerung in einiger Höhe über der obersten Kohlenschicht.



385. Tender

Erbaut von der Hanomag

dringenden Rauch und den Ruß, der aus den schwarzen Wolken herabrieselt, stark hinabgesetzt wird. Doch nicht nur der Reisende empfindet die Rauchplage als Übelstand, sie ist auch ein Feind des Betriebs. Denn die dem Schornstein entquellenden Verbrennungsrückstände enthalten schwefelsaure Gase, welche die Eigenschaft haben, alle lackierten und blanken Flächen anzugreifen. Sie sind es, welche die Außenwände der Eisenbahnfahrzeuge so rasch unansehnlich machen, die Hallendächer anfressen und dazu zwingen, eiserne Brücken häufiger anzustreichen, als es sonst für deren Erhaltung notwendig wäre.

Am unangenehmsten ist die Wirkung des Rauchs in den Tunneln, wo allzu starke Abströmung von Gasen aus den Lokomotiven sogar eine Erstickungsgefahr für Reisende und insbesondere für die im Freien stehende Lokomotivmannschaft bringen kann, wenn die Gewölbe schlecht gelüftet sind. Nicht wenige Führer und Heizer sind so ums Leben gekommen.

Die Rauchbildung erfolgt dadurch, daß beim Verbrennen des Heizstoffs auf dem Rost Kohlenwasserstoffe aus diesem ausgetrieben werden. Für gewöhnlich reicht die Hitze der Feuerung nur aus, um hiervon den leicht entzündlichen Wasserstoff zu verbrennen. Alsdann scheidet sich reiner Kohlenstoff in kleinen Stückchen ab, die wir Ruß nennen. Infolge des Blasrohrzugs gelangen die feinen Rußteilchen trotz der angebrachten Funkenfänger durch den Schornstein ins Freie, da ja die Maschen der Funken-Fangvorrichtung nicht allzu eng sein dürfen.

Es gelingt nun, den Kohlenstoff der Feuerungsgase zu einem großen Teil gleichfalls zu verbrennen, wenn man außer der Luft, die vom Aschkasten her durch den Rost in die Feuerkiste gelangt, noch über der Feuerung neue Frischluft zuführt und dafür sorgt, daß diese sich gründlich mit den

Durch besondere Öffnungen neben der eigenartig durchgebildeten Feuertür wird zugleich Oberluft zugeführt, und diese nun durch die Dampf Wirbel in dem Schleier mit den Gasen gemengt (Bilder 392 und 393). Das Qualmen der Lokomotiven kann mittels dieser Einrichtung auf ein erträgliches Maß hinabgemindert werden.

Die über den Wunderbau der Lokomotive gesetzten Wächter sind im Führerstand untergebracht.

Die Lokomotiven der ersten Eisenbahnen hatten nur Plattformen für die Mannschaft, aber keinerlei darumgebaute Schutzwände. Die Besatzung war hier allen Unbilden der Witterung ausgesetzt. Solange die schwerfälligen Lokomotiven der Anfangszeit noch langsam dahinfuhren, waren die Beschwerden nicht allzu groß. Aber man blieb bei den offenen Führerständen auch, als die Geschwindigkeiten bereits stark zugenommen hatten. Erst Max von Weber lenkte die öffentliche Aufmerksamkeit auf diesen Mißstand, und heute ist durch möglichst vollständigen Abschluß des Führerstands mittels Vorderwand und Seitenwänden ein guter Schutz der Mannschaft erreicht. Bei Geschwindigkeiten von 100 Kilometern und darüber wäre auch sonst ein Bedienen der Lokomotive nicht möglich.

Immerhin ist auch jetzt noch der Dienst im Winter nicht ganz leicht, weil ein jeder Schritt vorwärts oder rückwärts die Lokomotivmannschaft in Bezirke mit sehr verschiedenen Wärmegraden bringt. Wenn der Heizer eben bei offener Feuertür den Rost gereinigt hat und dann zum Tender hinübertreten muß, so kommt er zur Winterszeit aus einer kochenden Hölle sofort in grimmige Kälte. Im Sommer wiederum ist das Arbeiten in den ganz geschlossenen Tenderlokomotiven infolge der trotz aller Gegenmaßnahmen recht heftigen Ausstrahlungen des Kessels sehr anstrengend.



Die Öffnung, durch welche die Kohle in die Feuerkiste geworfen wird, wird auf großen Maschinen heute nicht mehr durch eine bloße Klappe verschlossen, die sich in ihren Angeln dreht. Bei derartigen Türen besteht nämlich die Gefahr, daß sie beim Bersten eines Heizrohrs, wenn Dampf mit starkem Druck in die Feuerung strömt, aufspringt, so daß nun Massen glühender Kohle in den Führerstand geblasen werden können.

Marcotty hat darum zusammen mit seiner Rauchverbrennungseinrichtung eine nach innen aufschlagende Tür eingeführt, die in solchen Gefahrenfällen durch den Druck gegen die Feuerkiste fest zugeworfen wird (Bild 393). Diese Türanordnung hat den zweiten Vorteil, daß sie in geöffnetem Zustand keinen Platz in dem engen Führerstand wegnimmt. Sie braucht auch nicht immer ganz geöffnet zu werden, sondern man kann sie in eine Zwischenstellung bringen. Diese benutzt der Heizer häufig, wenn er mit dem langen Haken den Koft bearbeitet. Das dauert oft eine ziemlich lange Zeit, und bei ganz geöffneter Tür würde allzuviel kalte Luft in den Feuerraum gelangen. Ähnliche Vorteile bieten auch die Schiebetüren, die jetzt wieder häufiger angewendet werden; auch sie springen beim Öffnen nicht in den Führerstand vor und gestatten zahlreiche Abstufungen in der Öffnungsbreite. Große Maschinen haben meist zwei Feuertüren, damit der sehr breite Koft möglichst gleichmäßig beschickt werden kann.

Beim Feuern ist vor allem das für zu sorgen, daß der Koft stets mit einer gleichmäßigen Kohleschicht bedeckt ist. Es dürfen sich nicht vorn Berge anhäufen, während am hinteren Ende des Kofts leere Flächen vorhanden sind. Die durch den Blasrohrzug eingesaugte Luft würde in solchen Fällen die Heizrohre stark abkühlen und ein wahres Geföber von Funken in die Rauchkammer und zum Teil auch in den Schornstein jagen. Der Heizer bringt also bedächtig jede Schaufel Kohle am rechten Ort unter, so daß überall in der Feuerkiste eine möglichst gleichmäßige Wärme herrscht.

Wie schwer die Arbeit vor dem Feuerloch ist, namentlich wenn schlechte Kohle verfeuert werden muß, geht sehr

deutlich aus einem lebensechten Aufsaß hervor, der 1923 im „Hannoverschen Anzeiger“ erschienen ist:

„Ich, der Schreiber dieses Artikels, bin Lokomotivheizer und habe den D-Zug von Hannover nach Hamm zu fahren. Zwei Stunden vor der Abfahrt finde ich mich zum Dienst ein. Nachdem ich mich mit meinem Fettanzug ausgerüstet habe, suche ich mein Dampfroß auf, eine Maschine der

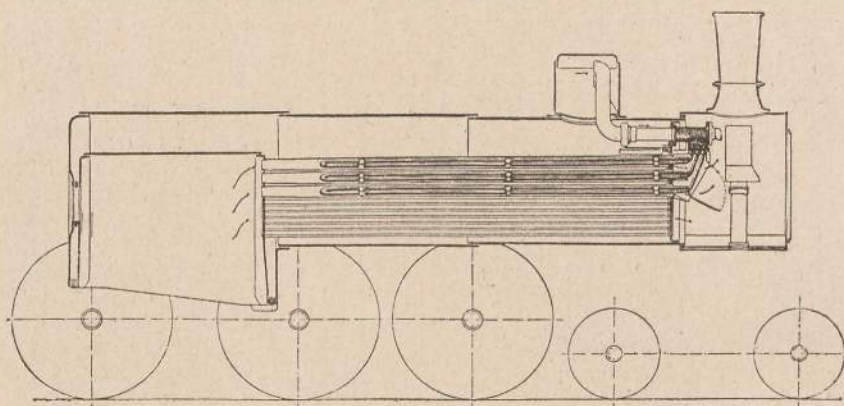
Schnellzugs-Gattung mit vier Zylindern. Sie ist eben, von Berlin kommend, in den Schuppen hineingerollt, und schon sehe ich oben auf dem Tender die Anbrennarbeiter, denen das Anheizen obliegt, in eifriger Tätigkeit. Man könnte diese Männer mit ihren rußgeschwärzten Gesichtern für Abkömmlinge der schwarzen Rasse halten, und voll Verständnis und Mitgefühl höre ich sie

auf die schlechte Kohle schelten, den „englischen Dreck“. Vergebens stockere ich mit dem drei Meter langen Haken und Schlackenspieß auf den Koftstäben der Feuerkiste hin und her, um für eine gute Fahrt ein ordentlich durchgebranntes Feuer zu erzielen. Mein Führer seufzt beim Anblick der miserablen Kohle: Na ja, auch ein Zeichen der Zeit! Prima Kohle muß unbedingt der Entente geliefert werden, und den Kohlendreck überläßt man großzügig dem deutschen Michel.

„Ich beginne nun mit dem Abölen der Maschine, eine mühevollen und schmutzigen Arbeit, die viel Kleidung und Wäsche verdirbt, in unserer Zeit der maßlosen Teuerung und des Stoffmangels doppelt schlimm. Wenn das Abölen beendet ist und mein Führer die Lokomotive revidiert hat, fahren wir aus dem Schuppen und rollen in Richtung Bahnhof ab.

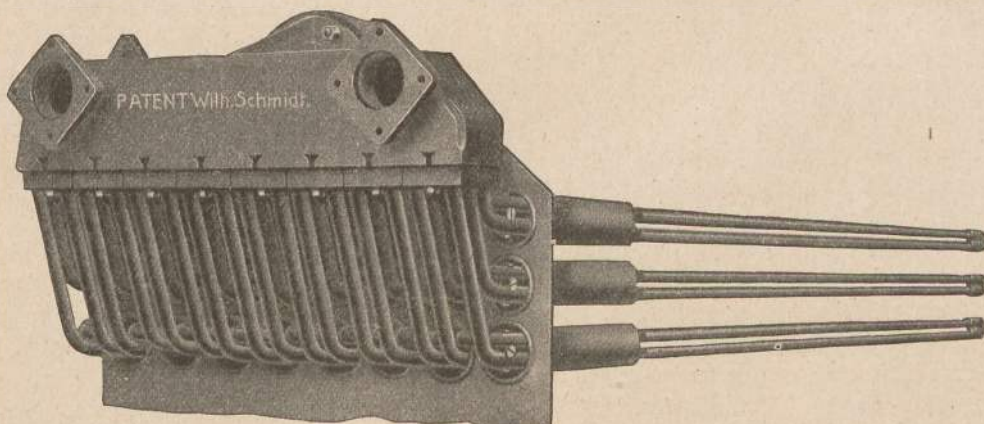
„Unser Zug ist eingelaufen, wir spannen uns da-

vor und rollen mit D-Zug 2 nach erfolgtem Winkezeichen des Fahrdienstleiters in Richtung Hamm ab. Wir vom Fach wissen, daß der genannte Zug sich schwer fahren läßt, im Gegensatz zu anderen Zügen, zu alledem haben wir noch mit einem orkanartigen Sturm zu kämpfen. Klapprige Maschine, schlechte Kohle und starker Gegenwind, das sind Dinge, die den Heizer zur Verzweiflung



386. Heißdampf-Erzeugung

Längsschnitt durch eine Lokomotive zur Veranschaulichung der Lage der Überhitzerrohre in den Heizrohren. Schmidt'sche Heißdampf-Gesellschaft in Cassel



387. Rauchröhren-Überhitzer nach Wilhelm Schmidt

Sammelgefäß in der Rauchkammer und Überhitzerrohre. Die Rohrenden sind verstärkt



bringen können. Schon beim Anfahren des Zuges geht viel Dampf durch Undichtigkeiten verloren, und weiter noch sinkt unser Kesseldruck. Nun heißt es für mich, den Kampf aufnehmen, um den nötigen Dampf zur Beförderung des Schnellzugs beibehalten zu können. Nun gilt es, abwechselnd Kohlen auf das Feuer zu werfen und mit dem Haken in der Feuerkiste das Feuer gründlich durchzustößen, und so erreichen wir nach kümmerlicher Fahrt Station Minden.

Dort erscheint, um das Maß des Arzgers vollzumachen, der Kohlenwärter und schilt über mangelhaftes Heizen des Zuges. In galliger Laune verteidige ich mich mit der Aufzählung aller Übelstände und Hindernisse.

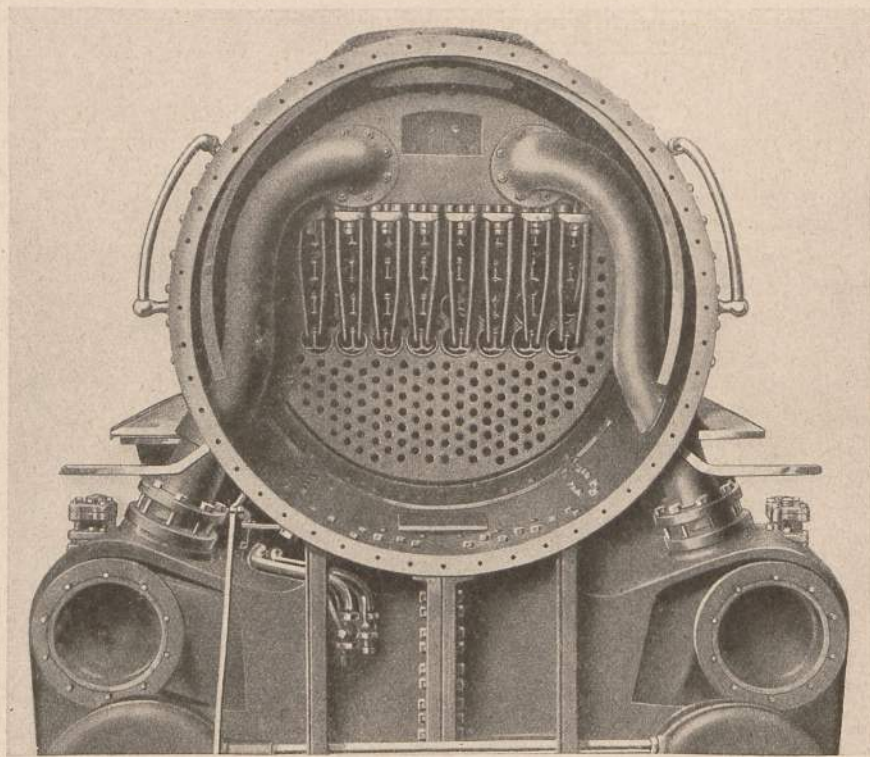
„Bei der Abfahrt von Minden geht es anfangs etwas besser mit der Dampferzeugung; aber nicht allzu lange darf ich mich dessen freuen. Mein Führer läßt mich auf seinen Platz treten, versieht eine Weile meine Arbeit und schimpft auch seinerseits über die schlechte Kohle und den mangelhaften Zustand der Lokomotive. Nachdem ich mich gesammelt habe, übernehme ich wieder das Geschäft des Stocherns im Feuer. Wir haben soeben Herford verlassen, und nun kommt noch eine starke Steigung der Strecke, die sich bis Brackwede

hinzieht. Da gibt es für den Heizer besonders heiße Arbeit; denn von Hannover bis Hamm habe ich ungefähr 80 Zentner Kohlen verpulvert, und man stelle sich vor, welche Anstrengung dazu gehört, eine solche Menge einzuschaukeln.

„Fahrplanmäßig erreichen wir Hamm. Die Hoffnung, dort prima Kohlen zu laden, erweist sich als Täuschung. Dort gibt es nach unserer Fachbezeichnung prima Blumenerde, also wiederum stückarme Kohle. Nach Revision unserer Maschine säubern wir uns Hände und Gesicht, eilen in einen für uns be-

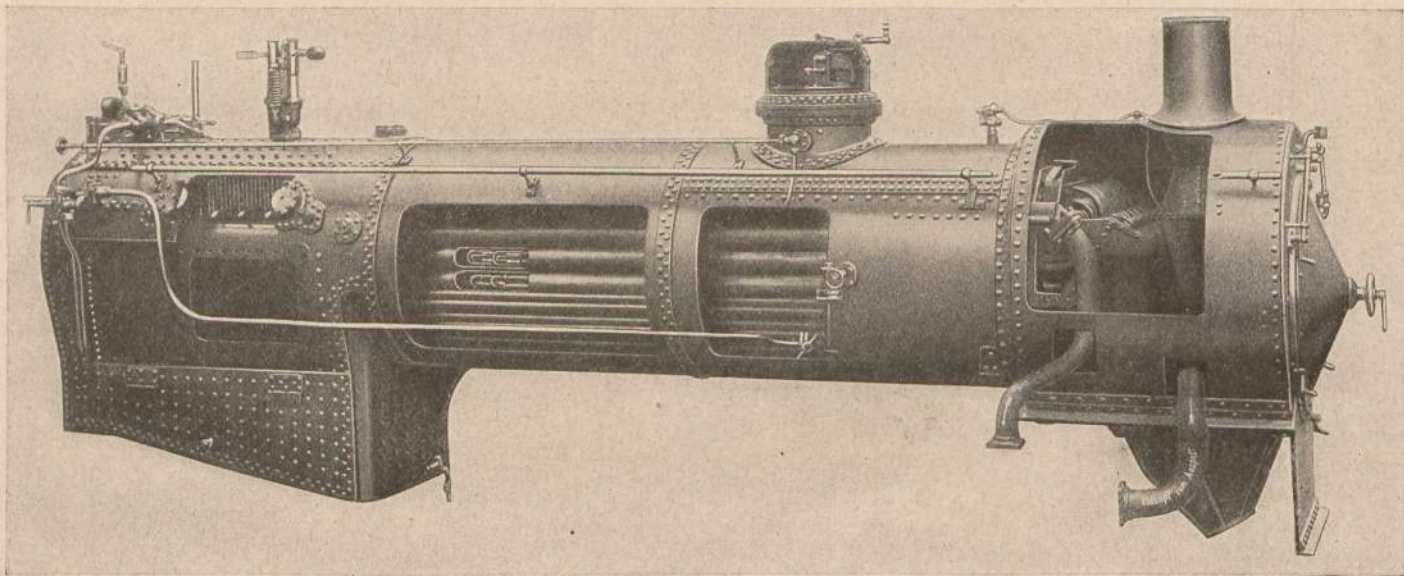
stimmten Aufenthaltsraum und stürzen uns begierig auf den Inhalt unserer Fouragekisten. Frauchen hat uns gute Margarine und ein paar Scheiben kriegsähnlicher Dauerwurst aufs Brot gelegt, und als besondere Delikatesse blinken uns ein paar rotbackige Äpfel entgegen, in die wir durstig hineinbeißen.

„Nach anderthalbstündigem Aufenthalt geht es wieder unserer Heimatstadt Hannover entgegen. Meine Rückfahrt gestaltet sich besser als die Hinreise nach Hamm. Wir haben den Wind im Rücken und außerdem einen leichteren Zug zu fahren. Damit ist freilich nicht gesagt, daß ich die Hände in den Schoß legen darf. Anspannung aller Kräfte heißt ohne Aus-



388. Überhitzer-Anordnung in der Rauchkammer

Aus dem oberen Sammelgefäß gehen die sehr weiten Dampfzuflussrohre für die Zylinder ab



389. Blick in den Kessel einer Heißdampf-Lokomotive

Vorn Überhitzer-Anordnung in der Rauchkammer. In den geschnittenen Rauchrohren doppelte Überhitzerschlangen. Nach einem Modell im Verkehrs- und Bau-Museum zu Berlin

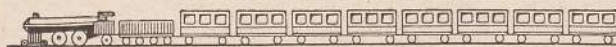


nahme die Lösung des Lokomotivheizers und -führers."

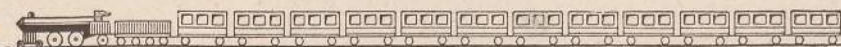
Neben dem Versehen des Feuers ist die Versorgung des Kessels mit Wasser die wichtigste Aufgabe des Heizers. Er erkennt den richtigen Augenblick zum An- und Abstellen der Speisevorrichtungen gewöhnlich am Wasserstandglas. Es ist dies ein Rohr, das zwischen zwei aus dem Kessellinneren her-

ausragende hohle Stützen gesetzt ist. In dem Rohr steht nach dem Gesetz der zusammenhängenden Röhren das Wasser stets genau so hoch wie im Kessel. Oben und unten sind am Wasserstandrohr Marken angebracht, die den höchsten und den niedrigsten zulässigen Wasserstand bezeichnen. Wird zuviel Wasser in den Kessel gedrückt, so ist für die Dampfentwicklung kein Raum mehr, das Feuer kann die große Wassermenge auch nicht mehr genügend durchwärmen. Die Dampfspannung müßte also stark sinken. Ferner kann das sprudelnde Wasser durch den Dom in die Zylinder dringen, wo es bei bewegten Kolben sehr schädlich zu wirken vermag, da Wasser bekanntlich nicht zusammendrückbar ist. Es wird schließlich durch das Blasrohr zum Schornstein hinausgeworfen; die Maschine spuckt, wie der Fachmann sagt. Bei zu niedrigem Wasserstand ist ein Teil der Heizrohre in Gefahr, durchzubrennen, weil sie nicht mehr durch verdampfendes Wasser gekühlt werden. In einem solchen Fall würde eine äußerst gefährliche Dampfentladung eintreten. Der Wasserstand darf niemals tiefer sinken als 10 Zentimeter über der Feuerkistendecke.

Es bedeutet eine sehr leistungswerte Leistung der Glastechnik, daß es gelungen ist, Glasröhren herzustellen, die imstande sind, einen Druck von 14–18 Atmosphären und dazu starke Wärmeschwankungen auszuhalten. Wenngleich man den Wasserstandgläsern heute derartige Pressungen ohne



Naßdampflokomotive



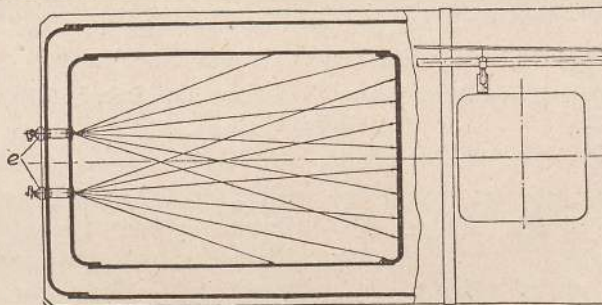
Heißdampflokomotive

### 390. Erhöhung der Zugkraft durch Dampfüberhitzung

Vergleichende Darstellung der höchsten Zugleistungen einer Naßdampf- und einer Heißdampf-Lokomotive bei gleichem Kohleverbrauch und gleichem Lokomotiv-Gewicht

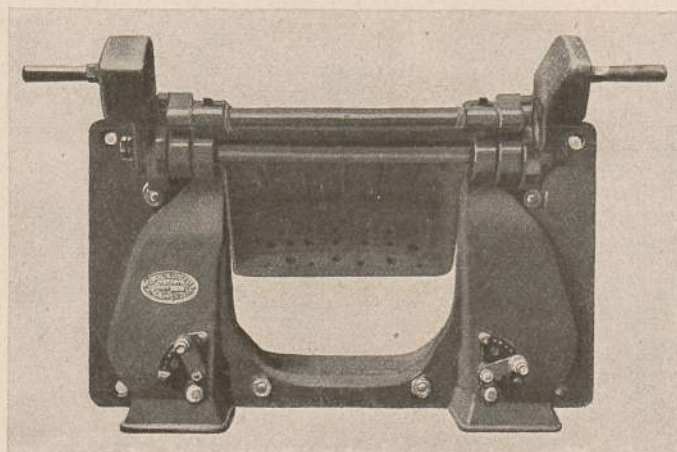


391. Speisewasser-Vorwärmer  
Bauart Vulcan



### 392. Marcottysche Rauchverbrennung

Wagerechter Schnitt durch Stehkessel und Feuerkiste. e: in zwei hohle Stehbolzen eingesezte Düsen, aus denen ein Dampf Schleier über die Feuerung geblasen wird



### 393. Kipp-Feuertür

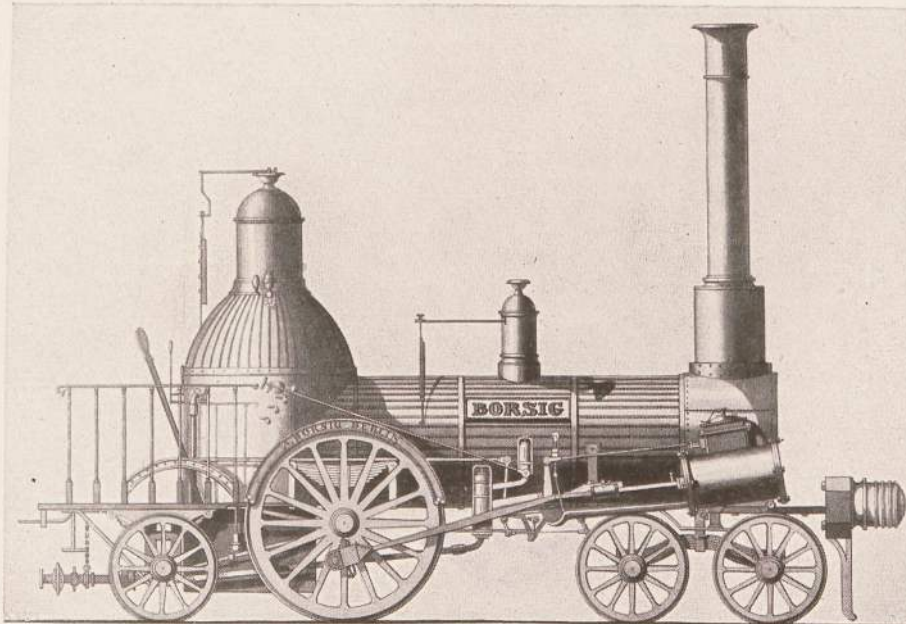
Anordnung nach Marcotty. Die Tür schlägt nach innen auf. Zu beiden Seiten Ansätze zur Einführung von Oberluft in die Feuerkiste. Die Zuströmungsquerschnitte können durch Hebel verändert werden, die an Platten angreifen. Hanomag

weiteres zutrauen darf, so kommt es doch immerhin nicht allzu selten vor, daß infolge der Sprödigkeit, die jedem Glas durch seine Natur nun einmal inneohnt, ein Springen des Schaurohrs erfolgt. Um zu vermeiden, daß in einem solchen Fall große Dampfmen gen aus den nun freigegebenen recht geräumigen Querschnitten aus-

strömen, sind die Anschlußstutzen so eingerichtet, daß sie sich in einem solchen Augenblick selbst abdichten. Der Druck in ihnen ist ja jetzt nur noch einseitig, und das wird benutzt, um eine Abschlußvorrichtung in Tätigkeit zu setzen. Damit die Mannschaft gegen die mit großer Gewalt abgeschleuderten Glassplitter geschützt ist, muß das Wasserstandglas stets mit Schutzmantel umgeben sein, der aus dicken Glascheiben oder aus einem gut durchsichtigen Drahtnetz besteht. Infolge des im Kessel stets vorhandenen Schlammes und Kesselsteins kann es vorkommen, daß die Stützen des Wasserstandrohrs verstopft werden. Die Erkennung der Höhe des Wasserspiegels im Kessel ist jedoch so wichtig, daß sie in jedem Augenblick unbedingt gesichert sein muß. Kann doch ein Irrtum hierüber ein Zerspringen des Kessels herbeiführen. Aus diesem Grund sind für die Erkennung der Wasserhöhe zwei voneinander unabhängige Vorrichtungen auf jeder Lokomotive vorhanden. Die zweite besteht aus drei Hähnen, die in schräger Linie nebeneinander am Kessel angebracht sind (Bild 394). Wenn der Verdacht besteht, daß das Wasserstandglas nicht richtig zeigt, so kann sich die Mannschaft durch Öffnen eines oder des anderen dieser drei Hähne davon überzeugen, bis zu welcher Höhe der Kessel noch mit Wasser gefüllt ist. Entquilt dem obersten Hahn beim Öffnen Wasser, so ist zuviel davon im Kessel, läßt der untere Hahn beim Aufdrehen Dampf ausströmen, so ist es höchste Zeit, wieder zu speisen. Unter den Enden der drei Hähne ist eine Tropf-

vorrichtung vorhanden. Die zweite besteht aus drei Hähnen, die in schräger Linie nebeneinander am Kessel angebracht sind (Bild 394). Wenn der Verdacht besteht, daß das Wasserstandglas nicht richtig zeigt, so kann sich die Mannschaft durch Öffnen eines oder des anderen dieser drei Hähne davon überzeugen, bis zu welcher Höhe der Kessel noch mit Wasser gefüllt ist. Entquilt dem obersten Hahn beim Öffnen Wasser, so ist zuviel davon im Kessel, läßt der untere Hahn beim Aufdrehen Dampf ausströmen, so ist es höchste Zeit, wieder zu speisen. Unter den Enden der drei Hähne ist eine Tropf-





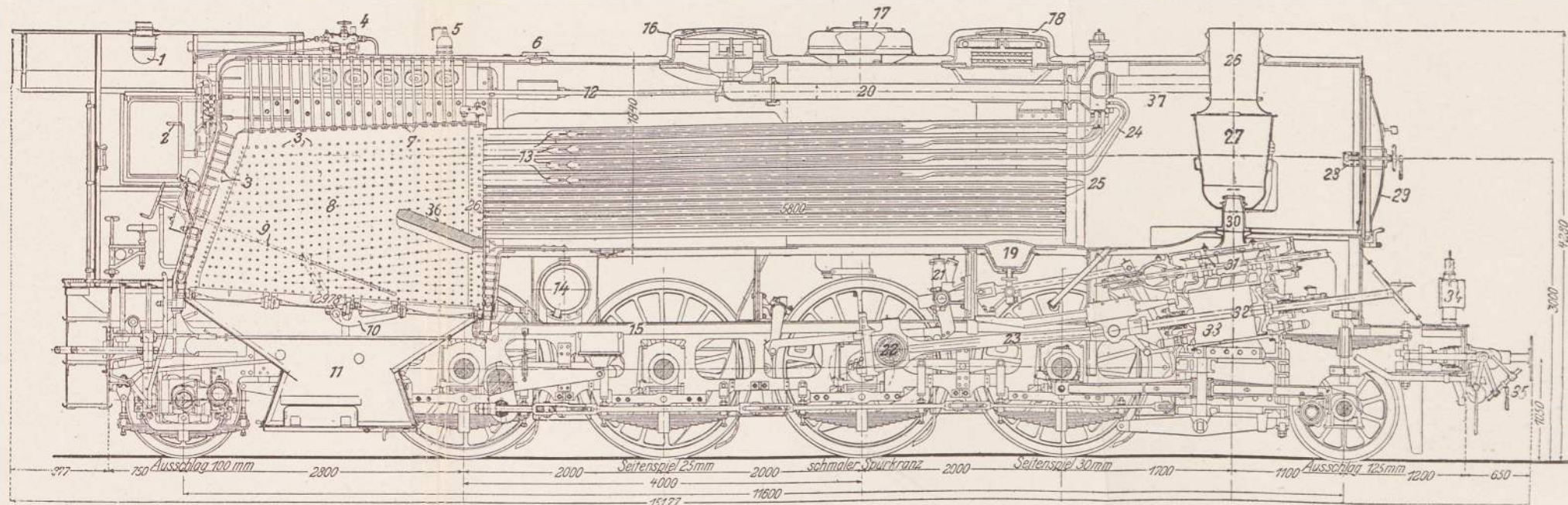
Hauptabmessungen:

Alte Lokomotive

Zylinderdurchmesser 305 mm  
 Kolbenhub 470 mm  
 Treibraddurchmesser 1400 mm  
 Dampfdruck 4,23 atm  
 Leergewicht 17 000 kg  
 Dienstgewicht 19 000 kg  
 Reibungsgewicht 9 000 kg  
 Gesamtlänge 6 m

Neue Lokomotive

Zylinderdurchmesser 520 mm  
 Kolbenhub 660 mm  
 Treibraddurchmesser 1750 mm  
 Dampfdruck 14 atm  
 Leergewicht 87 000 kg  
 Dienstgewicht 98 000 kg  
 Reibungsgewicht 68 000 kg  
 Gesamtlänge (ohne Tender) 14,2 m



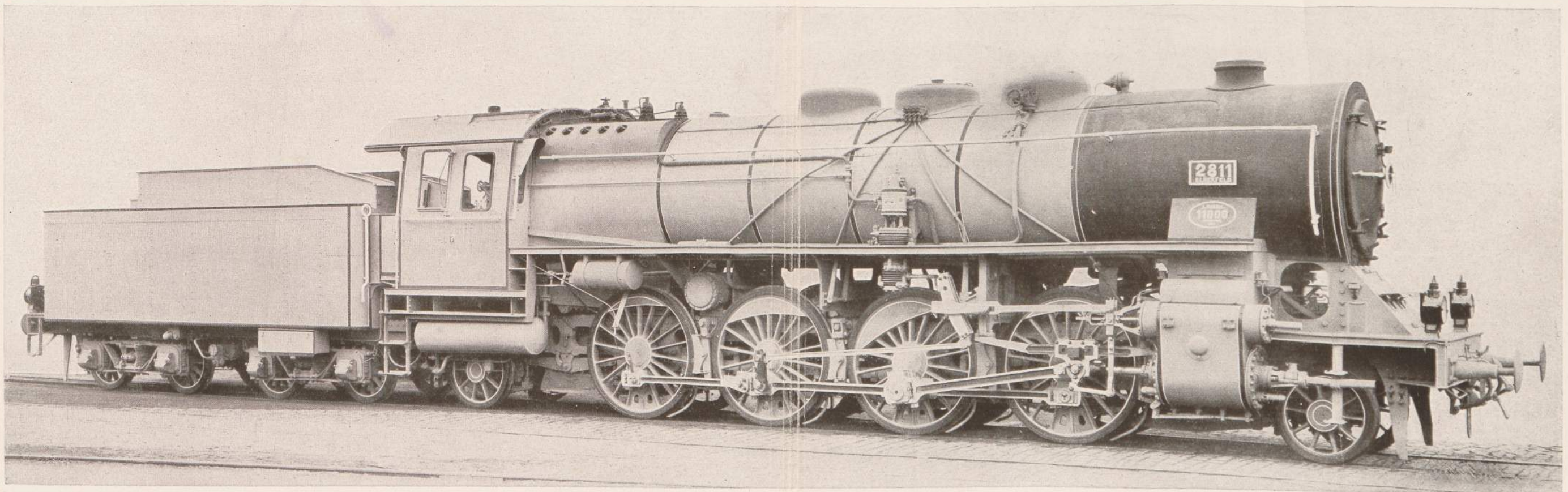
Schnitt durch die unten abgebildete Lokomotive

1. Führerhaus-Laterne
2. Reglerhebel
3. Stehbolzen
4. Dampfentnahme-Stutzen
5. Sicherheitsventil
6. Reinigungsluke
7. Deckenanker
8. Feuerbüchse
9. Zugstange zum Kipprost
10. Kipprost

11. Aschkasten
12. Reglerwelle
13. Überhitzerrohre
14. Speisewasser-Vorwärmer
15. Rahmen
16. Reglerdom
17. Sandkasten
18. Speisedom mit Speisewasser-Reiniger
19. Schlammtopf

20. Verbindungsrohr zwischen Reglerventil und Überhitzerkasten
21. Schwinde für die Steuerung des Innenzylinders
22. Kropfachse
23. Schubstange des Innenzylinders
24. Überhitzerrohrbogen in der Rauchkammer
25. Rauchrohre
26. Schornstein
27. Funkenfänger

28. Rauchkammer
29. Rauchkammertür
30. Blasrohr
31. Kolbenschieber für die Dampfverteilung
32. Kolbenstange
33. Zylinder
34. Kopf-Laterne
35. Kupplung
36. Feuerschirm aus Schamotte
37. Dampfeinströmrohr.

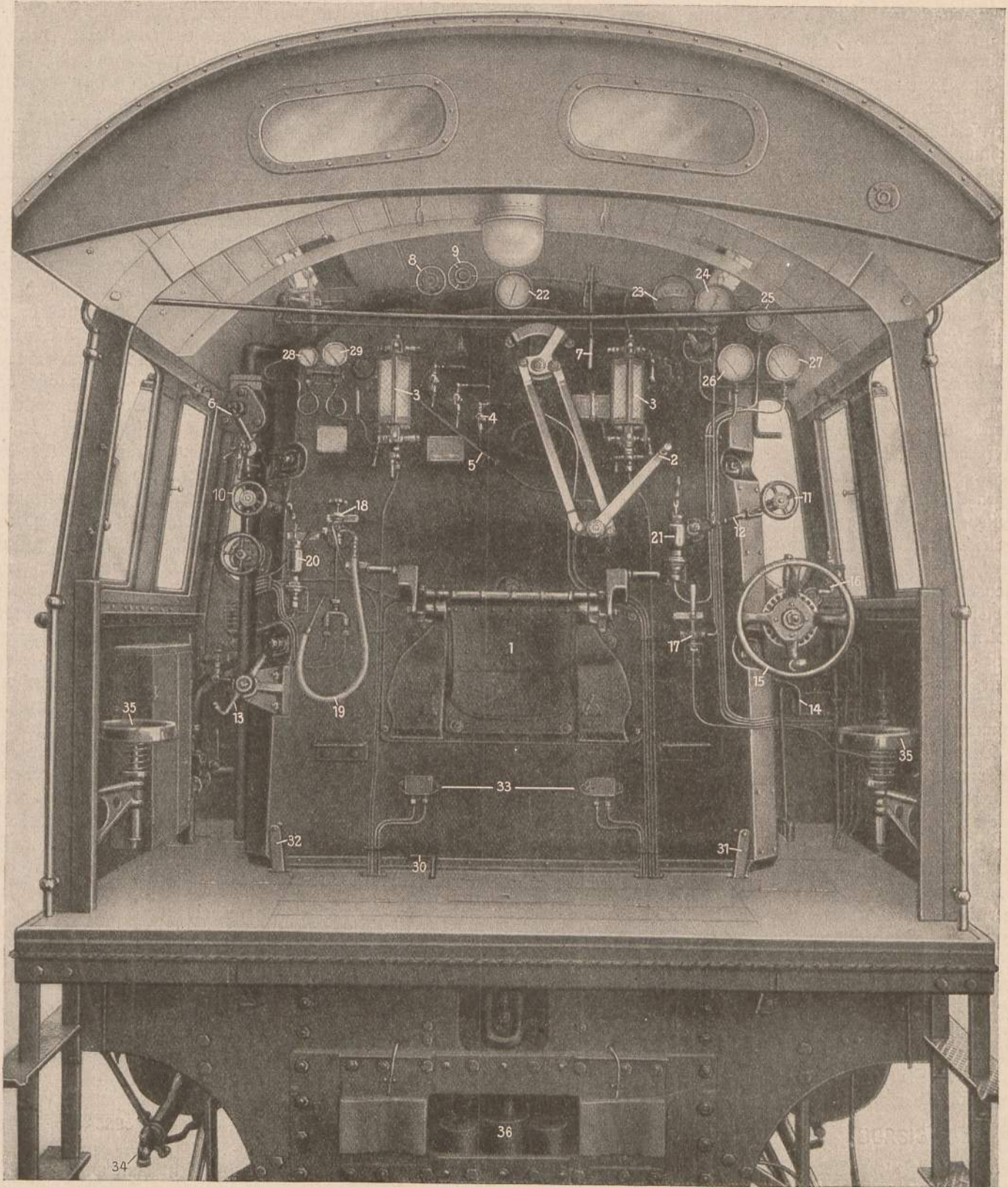


Die Lokomotiven Nr. 1 und Nr. 11 000 aus der Fabrik von A. Borsig in Berlin

Die Größenverhältnisse entsprechen der Wirklichkeit

Die alte Lokomotive (Achsanordnung 2 A 1) wurde am 24. Juli 1841 an die Berlin-Anhaltische Eisenbahn geliefert. Die neuere Lokomotive (Achsanordnung 1 D 1) gelangte im Jahre 1922 zur Ablieferung an die Reichsbahn. Sie ist zur Beförderung schwerer Personenzüge bestimmt und hat drei Zylinder. (Siehe auch Bild 394)





### 394. Führerstand einer schweren Personenzug-Lokomotive

Gesamtansicht der Maschine auf Tafel X. Erbaut von A. Borsig in Berlin-Tegel

1. Feuertür, mit den Hebeln oben rechts und links nach innen aufzuklappen. 2. Regler-Hebel; die zum Dampfdom führende Reglerwelle setzt in der Mitte der Traverse am oberen Ende der schrägen Übertragungsstangen an, darüber Gleitbogen zum Anzeigen des Öffnungsgrads. 3. Wasserstands-Anzeiger hinter Schutzglas. 4. Prüfhähne. 5. Fangrohr für das den Prüfhähnen entströmende Wasser. 6. Strahlpumpe (Injektor). 7. Zug für das Dampfventil der Strahlpumpe. 8. Handrad zum Öffnen des Dampfheizungsventils. 9. Handrad zum Öffnen des Ventils für den Hilfsbläser. 10. Handrad zum Öffnen des Speisepumpen-Dampfventils. 11. Handrad zum Öffnen des Dampfventils für die Bremsluftpumpe. 12. Pfeifenzug. 13. Kurbel zum Kippen von Noststäben (für die Entschlackung). 14. Zug zum Öffnen der Zylinder-Ventile. 15. Kurbelrad zum Einstellen der Steuerung. 16. Führerbremsventil. 17. Hahn zur Betätigung des Sandstreuers durch Preßluft. 18. Rauchkammer-Spritzhahn. 19. Spritzschlauch zum Nässen der Kohle. 20. Handölpumpe für Speisepumpe. 21. Handölpumpe für Luftpumpe. 22. Manometer für Kesseldruck. 23. Pyrometer zum Messen des Überhitzungsgrads. 24. Manometer für den Schieberkasten. 25. Druckmesser für den Hauptluftbehälter. 26. Druckmesser für den Bremszylinder an der Lokomotive. 27. Druckmesser für die Bremsleitung. 28. Druckmesser für den Vorwärmer. 29. Druckmesser für die Dampfheizung. 30., 31., 32. Hebel zum Bedienen der Klappen am Aschkasten. 33. Schmiergefäße für Stehfesselträger. 34. Anschlußrohr für die Dampfheizungs-tupplung. 35. Sitze für Führer und Heizer. 36. Öffnung für die Tendertupplung, daneben die zugehörigen Stoß-Puffer.



röhre angebracht, aus der das beim Proben abfließende Wasser oder der niedergeschlagene Dampf durch eine kleine Rohrleitung ins Freie abgeführt werden.

Eine Gefahr für den Kessel entsteht auch, wenn der Dampfdruck darin zu hoch steigt. Da dies trotz aller Aufmerksamkeit immerhin einmal eintreten kann, so ist eine Einrichtung vorgesehen, die in solchen Fällen selbsttätig den Kesseldruck am weiteren Steigen verhindert. Zwischen Dom und Führerhaus ist, gleichfalls auf dem Rundkessel, das Sicherheitsventil aufgebaut. Es ist ein recht geräumiger Rohrstutzen, der für gewöhnlich durch einen unter dem Druck sehr starker Federn stehenden Ventilkolben abgeschlossen ist. Der allzu hoch steigende Dampfdruck aber überwindet schließlich die Federkraft und schlägt das Ventil auf. Der Dampf kann nunmehr in den freien Luftraum entweichen, wodurch eine Entspannung im Kessel eintritt. Beim Versagen der Selbsttätigkeit kann das Ventil durch Hochschieben eines in den Führerstand ragenden Hebels auch durch die Mannschaft angelüftet werden. Sollte der Kesseldruck einmal so hoch gestiegen sein, daß trotz kräftigen Abblasens des Sicherheitsventils keine genügende Erleichterung im Kessel eintritt, so muß der Heizer das Feuer sofort herausreißen. Ablöschen ist durchaus verboten, weil die dann in der fast ganz geschlossenen Feuerkiste sich bildenden Dampfmassen zersprengend wirken könnten.

Der Heizer soll das Feuer so regeln, daß ein Abblasen durch das Sicherheitsventil nicht eintritt. Zugleich aber ist es auch seine Pflicht, die Dampfspannung immer so hoch zu halten, daß die Maschine in jedem Augenblick das leisten kann, was von ihr verlangt wird. Die größte Anstrengung der Lokomotive bedeutet das Anfahren. Wenn also z. B. ein Schnellzug auf dem Bahnhof hält, so wird der Heizer dafür sorgen, daß zum Losbringen des Zugs möglichst viel Lokomotivkraft zur Verfügung ist. Er facht das Feuer darum so an, daß es im vorausbestimmten Augenblick der Abfahrt gerade den höchsten zulässigen Dampfdruck herbeiführt. Nun kommt es aber manchmal vor, daß der Zug nicht zur verabredeten Zeit abgelassen werden kann. Alsdann ist es unmöglich, das Feuer sogleich wieder zu dämpfen, und in solchen Fällen wird es sich am häufigsten ereignen, daß dichte Dampf Wolken mit sehr starkem Zischen dem Sicherheitsventil entströmen. Jeder aufmerksame Fahrgast wird einen solchen Vorgang gewiß schon einmal beobachtet haben.

Aus dem Kessel müssen im Bereich des Führerstands sehr viele Dampfleitungen nach außen geführt werden. Um nun den unter so außerordentlich hohem Druck stehenden stählernen Leib nicht allzu oft durch Anbohrungen schwächen zu müssen, setzt man hoch oben auf die Wölbung ein Anschlußstück, das an eine einzige Kesselöffnung geschraubt ist, selbst aber durch mehrfache Anbohrungen viele Wege für den Dampf freigibt. Eine große Zahl von Arbeits- und Meßeinrichtungen sind an diesen Dampfstutzen angeschlossen.

Unter anderem nimmt auch hier die Leitung ihren Anfang, die jeden für Personenbeförderung bestimmten Zug während

der kalten Jahreszeit mit Heizdampf versorgt. Die Dampfmenge, die in die Heizleitung gelassen wird, kann schon im Führerstand der Außenwärme einigermaßen angepaßt werden. Die genauere Einstellung findet in jedem einzelnen Wagen statt.

Das Ziehen an einem bestimmten Hebel im Führerstand bewirkt, daß ein Wasserstrahl in die unteren Teile der Rauchkammer hineinspritzt. Von Zeit zu Zeit muß dieser Hebelzug geöffnet werden, damit die glühenden Kohleteilchen, die von der Feuerung her in die Rauchkammer hineingerissen werden, die sogenannte Löschke, berieft und die Rauchkammerwänden vor allzu großer Erhitzung behütet werden.

Eine kurze Schlauchleitung, die leicht beweglich in der Nähe des Heizerstandorts am Kessel angebracht ist, ermöglicht, durch eine Öffnung im Boden den Aschkasten auszuspritzen und auch von Zeit zu Zeit die Kohlen auf dem Tender zu nassen, falls der durch den Windzug aufwirbelnde Kohlenstaub die Mannschaft zu stark belästigt.

Zwei Griffe dicht über dem Boden des Führerstands gestatten, die vordere und hintere Öffnung des Aschkastens nach Belieben zu verschließen. Wenn die Lokomotive ihre Fahrtrichtung ändert, müssen die Klappen jedesmal verstellt werden, weil man immer diejenige Seite des Aschkastens offen hält, die beim Fahren vorn liegt, also recht viel Frischluft der Feuerung zuführen kann.

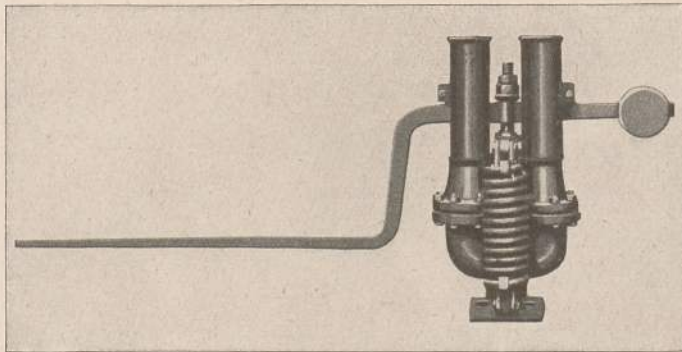
Für die Unterhaltung des regelmäßigen Gangs der Lokomotive spielt ferner eine Vorrichtung eine bedeutende Rolle,

die bei oberflächlicher Betrachtung leicht nur als äußere Zutat erscheint. Hinter dem Dampfdom wölbt sich auf dem Rücken des Rundkessels stets noch eine zweite Erhöhung empor, die zu nichts anderem als zur Unterbringung von Streusand dient. Dieser Stoff scheint so gar nicht zur Lokomotive zu passen, und doch wird er ihr ein wackerer Helfer in Nöten.

Wenn die Maschine ihre stärkste Kraft hergeben muß, beim Anfahren, tritt am leichtesten eine gefürchtete Erscheinung ein: das Schleudern der Räder. Diese drehen sich, ohne daß der Zug von der Stelle kommt. Um anfahren zu können, setzt der Führer nun den Sandstreuer in Tätigkeit. Feine scharfe Körnchen fallen vor die Räder, und mit ihrer Hilfe faßt die Maschine sofort an.

Es ist klar, daß dies nur geschehen kann, wenn der Sand wirklich unmittelbar an die Radkränze herangeworfen wird. Dies geschieht meistens durch Anwendung von Preßluft, die dem Hauptluftbehälter für die Bremse entnommen wird. Das Schleudern der Räder tritt besonders häufig ein, wenn die Schienen feucht oder mit schlüpfrigen Stoffen, z. B. Laub, bedeckt sind.

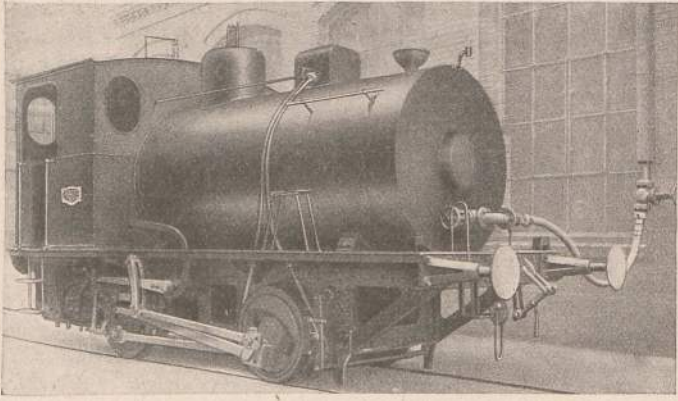
Maschine und Triebwerk sind bei weiten, aufenthaltlosen Fahrten für jeden helfenden Zugriff unzugänglich. Kolben, Schieber, Achslager, Kurbelzapfen, die Gleitbahn für die Kreuzköpfe und viele andere reibende Teile müssen aber unausgesetzt mit Schmierstoff versorgt werden. Da es nicht möglich ist, an Ort und Stelle genügende Mengen hiervon



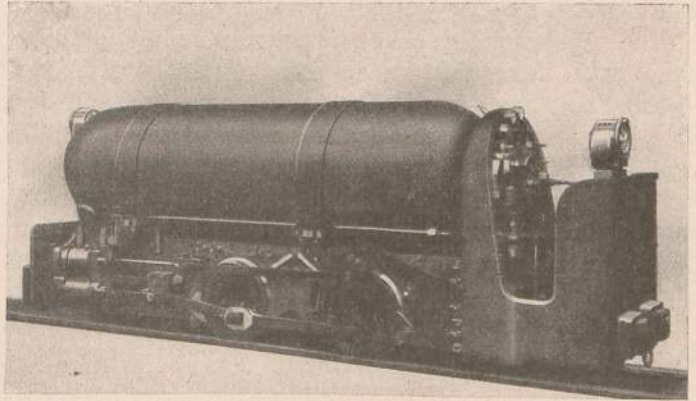
395. Sicherheits-Ventil

Mittels des langen Hebels kann das Ventil vom Führerstand aus angelüftet werden. Hanomag





396. Feuerlose Lokomotive  
Erneuerung des Dampfs am Füllstand.  
Erbaut von der Hanomag



397. Druckluft-Lokomotive  
für niedrige Bergwerkstollen. Erbaut von Thyssen & Co. in Mülheim  
(Ruhr)

anzuhäufen, so geschieht auch diese Versorgung, wie ja so unendlich viel anderes, vom Führerstand aus. In einer geeigneten Stelle des Triebwerks ist ein Antriebshebel angelenkt, der eine kleine im Führerstand aufgestellte Pumpe in Tätigkeit setzt. Mit ihrer Hilfe werden durch dünne Kupferrohre, die am Rundkessel entlang bis nach vorn geleitet sind, ständig kleine Ströme zu den Maschinenteilen gedrückt, die der Gefahr einer Erhitzung ausgesetzt sind. Der Heizer kann am Beginn jeder Leitung beobachten, in welchem Grad diese von der Pumpe versorgt wird, und er kann regelnd in die verschiedenen Abzweigungen eingreifen.

Meist werden auch die Spurkränze der Lokomotivräder geschmiert, damit ihre Reibung bei seitlichem Anlaufen gegen die Schienenköpfe gemindert wird. Das Reibungsgewicht ruht ja auf den Laufkränzen. Die Seitenreibung kann die Zugkraft nur mindern, sie aber nicht erhöhen. Die Schmierung der Spurkränze geschieht dadurch, daß gefettete Polster an einer Stelle gegen die Hohlkehle des Kranzes gepreßt werden. Man läßt auch zum gleichen Zweck das mit Öl durchsetzte Wasser, welches sich in den Abdampfleitungen niederschlägt, auf den Spurkranz tropfen.

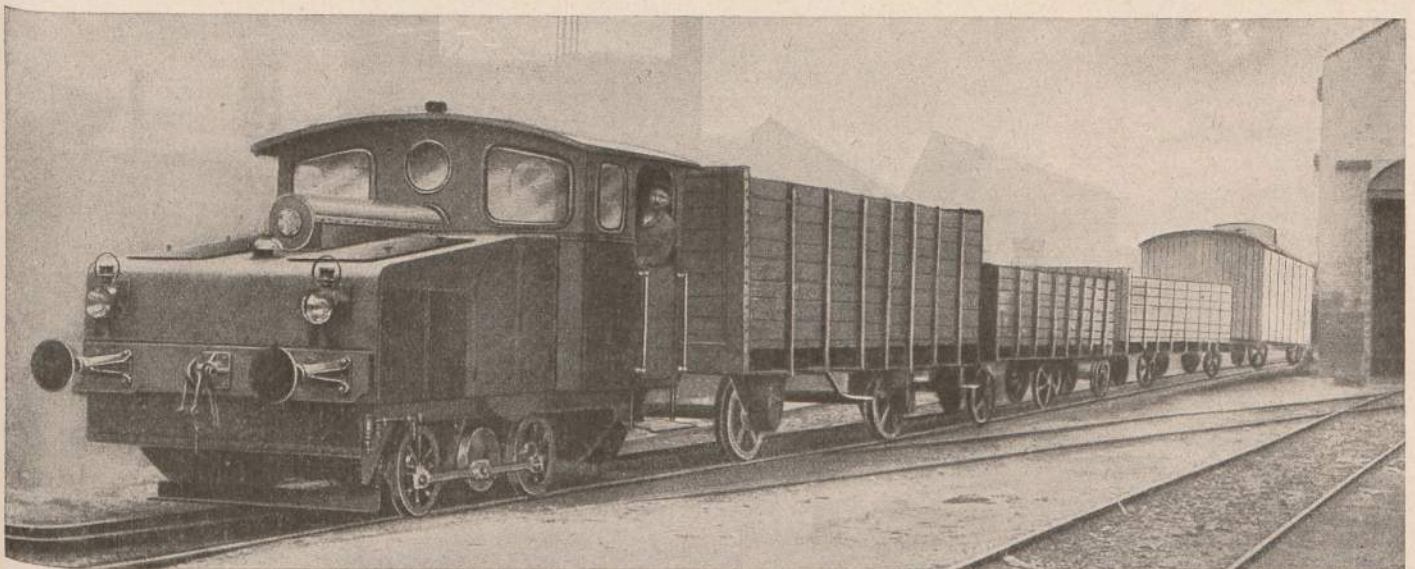
Damit der Führer stets imstande ist, die Druckverhältnisse in allen Teilen des gewaltigen Lokomotivkörpers zu beobachten und seine Maßnahmen danach einzurichten, ist in

seinem engen Haus eine Reihe von Zifferblättern angebracht, auf denen unter dem Einfluß zahlreicher Vorgänge in der Maschine Zeiger bewegt werden.

Die wichtigste Vorrichtung dieser Art ist der Druckmesser, der die Pressung im Lokomotivkessel anzeigt. Durch die Zahl, die den zulässigen Höchstdruck angibt, ist auf dem Zifferblatt des Manometers ein roter Strich gezogen. Sobald der Zeiger diesen Strich überschreitet, schlägt das Sicherheitsventil auf und verhindert weitere Drucksteigerung. Weitere Meßvorrichtungen zeigen den Dampfdruck in den Schieberkasten an, wodurch der Führer darüber aufgeklärt wird, ob nicht etwa bei dem Weg vom Kessel zu den Zylindern der Dampf eine unzulässige Drosselung an irgendeiner Stelle erfahren hat.

Weiter werden die Luftpressungen im Hauptluftbehälter für die Bremse und in der durch den Zug gehenden Bremsleitung gemessen. Desgleichen kann jederzeit auf einem Zifferblatt der Dampfdruck in der ja so wichtigen Zuleitung zur Speisepumpe festgestellt werden. In das Rohr, das den Heizdampf zu den Wagen überführt, ist ein weiteres Manometer eingeschaltet. Die elektrische Anzeige-Vorrichtung für den Grad der Überhitzung wurde bereits erwähnt.

Die Bezeichnung der sehr zahlreichen Lokomotivarten auf den deutschen Bahnen ist heute mit Hilfe von Buchstaben



398. Benzinmotor-Lokomotive  
Erbaut von der Gasmotoren-Fabrik Deutz in Köln-Deutz



und Zahlen sehr übersichtlich durchgeführt. Die Maschinen sind zunächst gegliedert in Lokomotiven mit Schlepptender und solche ohne besonderen Tender; diese heißen Tender-Lokomotiven, abgekürzt T. Die drei Hauptgruppen, Schnellzug-, Personenzug-, Güterzug-Lokomotiven, werden durch die Buchstaben S, P, G gekennzeichnet. C bedeutet, nach der früher bei uns üblichen englischen Bezeichnung compound, daß auf der Lokomotive Verbund-Wirkung angewendet wird, H, daß sie mit Heißdampf-Erzeugung versehen ist. Eine Zusammenstellung solcher Buchstaben ergibt schon eine ganz brauchbare Kennzeichnung. So bedeutet GHT, daß es sich um eine Güterzug-Tender-Lokomotive mit Dampfüberhitzung handelt.

Am allerwichtigsten ist es aber für die Betriebsleiter auf der Eisenbahn, die Achsanordnung jeder Lokomotive aus ihrer Bezeichnung entnehmen zu können. Hieraus ist ja am besten auf ihre Leistungsfähigkeit zu schließen, sowohl was die Zugkraft wie auch was die Beweglichkeit in Krümmungen betrifft. Bis vor wenigen Jahren war es üblich, die Achsanordnung durch einen Bruch anzugeben, in dessen Zähler man die Zahl der gekuppelten Achsen, in dessen Nenner man die Gesamtzahl der Achsen setzte.  $\frac{3}{5}$  bedeutete also eine Maschine mit fünf Achsen, von denen drei gekuppelt sind. Hieraus war jedoch noch nicht die Lage der Achsgruppen zueinander zu erkennen. Aus diesem Grund ist neuerdings eine Reihung von Zahlen und Buchstaben eingeführt, die Erschöpfendes über die Achsen aussagt.

Es wird jetzt jede Laufachse mit einer Ziffer, jede Kuppelachse durch einen Buchstaben bezeichnet. Mit wachsender Achszahl schreiten die Ziffern und Buchstaben in ihrer üblichen Folge fort. Ziffern und Buchstaben liegen zueinander wie die Achsgruppen unter der Lokomotive, von vorn nach hinten gesehen. So bedeutet 1 A 1 eine Lokomotive, die hinter dem Schornstein zuerst eine Laufachse, dann die Treibachse, dann wieder eine Laufachse hat. 2 B 1 ist eine Maschine mit zwei Laufachsen, zwei darauf folgenden Kuppelachsen und wieder einer Laufachse. 2 C bedeutet zwei Laufachsen, drei Kuppelachsen. E ist eine Lokomotive, die ausschließlich fünf gekuppelte Achsen besitzt, also, wie wir uns nun leicht denken können, eine schwere Güterzug-Lokomotive ist. Die Lokomotive auf Bild 358 ist also eine 2 B 2-Maschine, Bild 367 stellt eine 1 D-Maschine dar, und Bild 359 eine mächtige 1 F 1-Tender-Lokomotive.

Bei solchen Maschinen, die zwei getrennte Triebwerke besitzen, also z. B. bei der großen Mallet-Maschine auf Bild 381, werden die Achs-Bezeichnungen für jedes zu einem Triebwerk gehörige Laufwerk gesondert zusammengestellt und beide Gruppen durch ein Pluszeichen verbunden. Die schwerste Lokomotive Europas auf jenem Bild ist also eine D + D-Maschine. Die wichtigsten Ziffern, die sonst noch über Loko-

motiven angegeben zu werden pflegen, sind ihr Leergewicht, das heißt also die Zahl der Kilogramm, die eine Wägung ohne Vorräte ergibt, ferner das Dienstgewicht, also das Ergebnis der Wägung bei gefüllten Vorratbehältern, und das Reibungsgewicht, das heißt derjenige Teil des Gewichts, der auf die gekuppelten Achsen entfällt. Dies allein ist maßgeblich für die Zugkraft.

Die Reichsbahn verwendet zur Beförderung von Schnellzügen in Norddeutschland, wo die Strecken meist eben sind, 2 B oder 2 C gekuppelte Lokomotiven. Im Süden, wo häufig lange Steigungen mit erheblicher Geschwindigkeit befahren werden müssen, werden zumeist die schwereren 2 C 1-Maschinen benutzt. Auch die Personenzüge, die in der Nachkriegszeit durch die sehr stark angewachsene Benutzung der vierten Klasse mehr Wagen führen als früher, also schwerer geworden sind, werden mit 2 B- oder 2 C-Lokomotiven gefahren. Vor die Güterzüge spannt man bei uns allermeist 1 D oder E gekuppelte Lokomotiven. Auf Steigungen werden F- oder sogar 1 F-Maschinen verwendet. Die gewaltigen Mallet-Lokomotiven D + D sind von der ehemaligen bayerischen Staatsbahn hauptsächlich zum Schiebedienst auf Steilstrecken in Betrieb genommen worden. So werden sie z. B. hinter alle Züge gesetzt, welche die lange Rampe von Probstzella bis Rothenkirchen im Fränkischen Jura auf der Strecke Berlin—Halle—München hinauffahren. Diese hat die für Hauptbahnen bei uns ganz ungewöhnliche Steigung von 1:30.

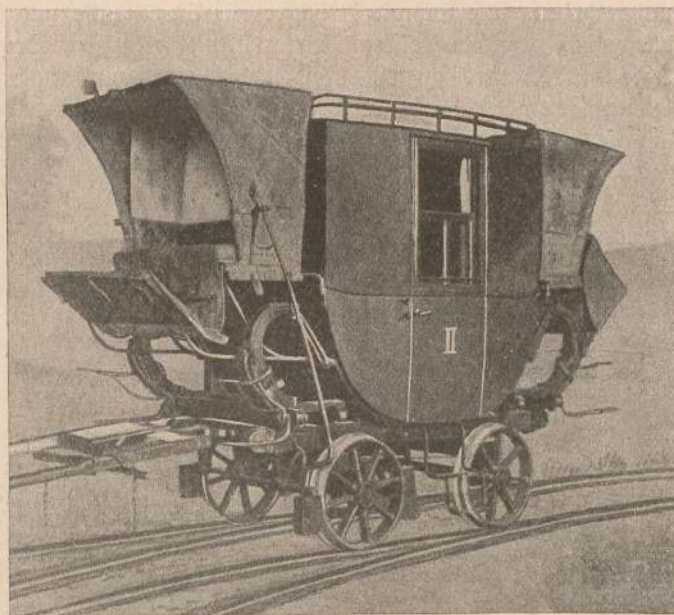
Die Überlegenheit in vielen Hinsichten, welche die Dampfturbine über die Kolbenmaschine besitzt, hat den Gedanken nahegelegt, auch Dampflokomotiven mit Turbinenantrieb zu schaffen. Versuchsausführungen sind bereits vorhanden. Die

Einrichtung einer Turbolokomotive wird in dem Abschnitt „Die Dampfturbine“ in Band IV dargestellt, weil an dieser Stelle die Vorbedingungen zum Verständnis der Einzelheiten noch fehlen.

Der vielgegliederte Körper der Lokomotive muß ständig unter sorgfältigster Aufsicht gehalten werden. Nach Beendigung jeder Fahrt sind alle Teile sorgfältig zu überprüfen und jeder entstandene Schaden sofort auszubessern, damit die Maschine wieder vollgewappnet den neuen Dienst antreten kann. Wenn größere Eingriffe am Kessel notwendig sind, muß freilich erst das Abkühlen abgewartet werden, wodurch es erforderlich wird, die Maschine für längere Zeit aus dem Betrieb zu ziehen. Das Ablassen des

Dampfes, das nur langsam geschehen darf und meist durch Öffnen des Heizleitungs-Anschlusses geschieht, dauert eine Reihe von Stunden.

Die kleinen Gebrechen pflegen sich jedoch weit häufiger als an dem auf dem Rahmen ruhenden Kesselbau an den bewegten Maschinenteilen einzustellen, wo sie ohne Zeitverlust sofort wieder ausgebessert werden können.



399. Alter Eisenbahnwagen für Pferdezug  
Nachbildung im Deutschen Museum zu München



In bestimmten Abständen findet ein Auswaschen des Kessels statt, um ihn von dem Schlamm zu befreien, der sich stets aus dem Speisewasser niederschlägt, wenn dieses auch noch so gut vorgereinigt ist. Es muß hierbei außerdem der Kesselstein entfernt werden, das ist eine stark kalkhaltige Schicht, die sich insbesondere um die Heizrohre bildet und die Dampf-Erzeugung mindert. Sie schlägt sich aus dem Wasser dadurch nieder, daß dessen chemische Beimengungen bei der Dampfbildung ausgeschieden werden. Beim Auswaschen werden zahlreiche, hierfür vorgesehene Öffnungen am Kessel freigemacht, warmes Wasser wird unter starkem Druck eingespritzt und ferner mit besonderen Krazvorrichtungen möglichst in alle Ecken hinein und über sämtliche Rohre hinweg gefahren.

Spätestens acht Jahre nach Inbetriebsetzung jeder Lokomotive findet eine Hauptuntersuchung statt. Hierbei wird die Maschine vollständig auseinandergenommen, und auch der Kessel wird im Innern untersucht. Damit man die Prüfung vornehmen kann, müssen sämtliche Heizrohre entfernt werden. Eine Wiederholung der Hauptuntersuchung hat alsdann alle sechs Jahre stattzufinden.

Es seien noch einige Lokomotiven außergewöhnlicher Bauart erwähnt.

Auf italienischen Bahnen sind Maschinen im Gebrauch, die ständig rückwärts fahren und einen völlig geschlossenen Führerstand mit verglaster Vorderwand besitzen. Die Kohlen sind, wie bei den Tender-Lokomotiven, in Taschen rings um den Stand untergebracht; der an der Schornsteinseite angehängte Tender ist nur noch Wasserrwagen und demgemäß als runder Behälter ausgebildet.

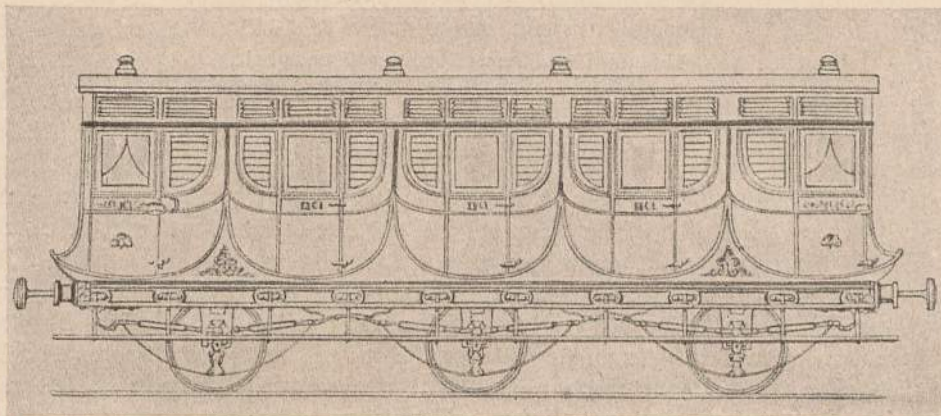
In Bezirken, für deren Bereich die Anwendung offenen Feuers unzulässig ist, bedient man sich der feuerlosen Lokomotiven. Dies sind Dampfmaschinen ohne eigene Feuerung. Ihr Dampfkessel weicht in seinem Bau von der gewöhnlichen Art ab, was auch schon äußerlich dadurch erkennbar wird, daß der Schornstein fehlt. Der zum Antrieb der Kolben erforderliche Dampf wird aus einem ortsfesten Erzeuger fertig eingefüllt. Wir haben also hier eine Dampfmaschine zweiter Art vor uns. Der Kessel ist ein Speicher, vergleichbar den elektrischen, durch Stromerzeuger gespeisten Akkumulatoren. Die Abhängigkeit von einem fremden Dampf-erzeuger bringt es mit sich, daß der Fahrbereich der feuerlosen Lokomotiven beschränkt ist.

Alle vom Dampf berührten Flächen sind bei dieser Lokomotivart besonders gründlich geschützt, weil hier die einmal verlorene Wärme vor neuer Füllung nicht mehr ersetzt werden kann. Die Zylinder sind darum häufig im Innern des Rahmens zwischen den Rädern angebracht, wo sie von der kalten Außenluft schwerer erreicht werden können. Der Kessel, der nichts anderes ist als ein einziges weites Rohr, wird, wie bei den eigentlichen Lokomotiven, mit einem Blech-

mantel zur Erzeugung einer schützenden, ruhenden Luftschicht umgeben, darauf wird aber noch eine Filzlage gepackt und ein neues Umhüllungsblech über das Ganze gelegt. Auf diese Weise hat der Kessel der feuerlosen Maschine ein warmes Kleid an, und dieses umhüllt ihn so gut, daß abends eingefüllter Dampf am nächsten Morgen häufig noch eine Spannung von mehreren Atmosphären hat.

Wo kein Dampf für die Füllung zur Verfügung steht, oder

wo leicht entflammbare Gase die Anwendung von Maschinen mit heißen Flächen verbieten, wie z. B. in Bergwerken mit Schlagwettergefahr, verwendet man kalte Lokomotiven. Der Antrieb der Kolben erfolgt hier durch Luft, die in eine große Stahlflasche oder in mehrere



400. Personenwagen aus dem Jahre 1847

solcher Gefäße gepreßt ist. Auch hier ist eine Erneuerung des Antriebsmittels nach einer gewissen Zeit notwendig, wenn gleich die großen Behälter in dem ohnehin beschränkten Gebiet einer Grube eine recht lange Nutzung gewährleisten.

Es gibt aber auch feuerungslose Lokomotiven, die über unbegrenzte Strecken zu fahren vermögen. Ihr Antrieb schöpft aus der gleichen Quelle, wie die Maschine des Kraftwagens. Es sind Lokomotiven mit Verpuffungsmotoren. Man kann sie deshalb wohl feuerungslos, nicht aber feuerlos nennen, denn es tritt bei ihnen zwar nicht äußerlich, aber fortwährend in den Zylindern eine Flamme auf. Die Motor-Lokomotive hat sich zwar nicht die Vollbahn erobert, aber in Bergwerken, auf Waldbahnen, im Verschiebedienst und auch auf Kleinbahnen mit Personenbeförderung bietet sie viele Vorteile. Die Motor-Lokomotiven sind von einer bestimmten Füllstelle unabhängig, da der im Behälter mitgeführte Betriebsstoff sehr lange ausreicht und an vielen Orten erneuert werden kann, sie stehen jederzeit betriebsfertig da, bedürfen, weil ihre Wartung sehr einfach ist, nur eines Manns zur Bedienung und brauchen nicht die Last großer Vorräte mitzuschleppen.

Das neueste Treibwerkzeug im Bereich der Eisenbahn und zugleich dasjenige, dem sich die größte Zukunft eröffnet, ist die elektrische Lokomotive. An sie knüpfen sich alle Hoffnungen für eine grundsätzliche Weiterbildung des Eisenbahnwesens. Wir werden die großartigen Eigenschaften dieser neuen Maschine am Ende dieses Abschnitts besprechen.

\*

Es ist ein prächtiges Schauspiel, zu sehen, wie ein rasch dahinfahrender Eisenbahnzug durch alle Krümmungen des Gleises geschmeidig hindurchgleitet, wie er wirklich gleich einer Kette mit Leichtigkeit sich hin und her biegen kann. Und dies geschieht, obwohl jedes der Kettenglieder ungefähr 20 Meter lang ist und etwa 35 000 Kilogramm wiegt.

Während wir beim Blick in den Führerstand der Lokomotive ernste Arbeit und angestrengte Tätigkeit beobachtet haben, sehen wir in den Personenwagen sorgloses,

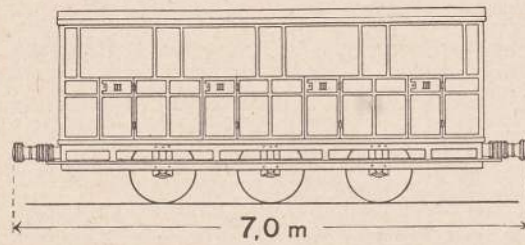


fröhliches Treiben. Nicht allein die Hoffnung, ein ersehntes Ziel zu erreichen, macht die Menschen dort drinnen heiter, es ist auch, den meisten freilich unbewußt, die Lust an der raschen Fortbewegung, die Freude an dem leichtbeflügelten Säusen durch den Raum, das die Gesichter leuchten läßt. Dabei fühlt man sich wohlgeborgen in einem Haus, in einem verzauberten freilich, denn es steht nicht auf ruhenden Pfosten, sondern fliegt mit seinen kräftigen vier Wänden und seinem stark gefügten Dach eilig dahin.

Fassen wir einen Reisenden genauer ins Auge, der in der Fensterecke eines Abteils zweiter Klasse sitzt. Sein Körper ist in einen bequemen Sessel gebettet, wie er in einem wohleingerichteten wirklichen Haus nicht besser geboten werden kann. Ein mächtiges Fenster läßt die Helligkeit des sonnigen Tags voll und klar in das hochgewölbte, freundliche und geräumige Abteil einfallen. Die Augen des Reisenden, die durch das Fenster schweifen, nehmen nur lachende Fluren wahr, freundliche Häuschen, Menschen, die von der Feldarbeit sehnüchlig dem vorübereilenden Zug nachblicken, hier und da ihm sogar freundliche Winke zusenden. Nichts wird dem beschaulich am Fenster sitzenden Fahrgast von den außerordentlichen Veranstaltungen bewußt, die getroffen werden mußten, damit er in so angenehmer Weise mit einer Geschwindigkeit von achtzig Kilometern in der Stunde seinem Reiseziel zustreben kann. Die Erd feste und der stählerne Pfad, welche die Räder tragen, sind verdeckt, die fauchende und zischende Lokomotive ist nicht zu sehen, und man hört auch nichts von ihrer Arbeit. Nur der regelmäßige Laft, den das Schlagen der Räder an den Schienenstößen erzeugt, erinnert daran, daß man nicht, von geheimnisvollen Kräften gezogen, durch die Luft fliegt.

Wieviel angenehmer ist eine Eisenbahnfahrt heutigen Tags, so denkt der Reisende, wenn er einiges aus der Geschichte des Eisenbahnwesens kennt, als in den ersten Jahrzehnten nach Stephenson. Da saß man, wenn man eine Fahrkarte zweiter oder dritter Klasse gelöst hatte, in offenen, kaum gefederten Wagen. Nur in der ersten Klasse war man durch ein Dach und Seitenwände mit Fensterscheiben geschützt. Die schlossen aber so schlecht und klapperten so fürchterlich, daß von einem Reisevergnügen keine Rede sein konnte.

Was waren das für Zeiten, als auf den Bahnhöfen noch Brillen und Gesichtsmasken zum Verkauf feilgehalten wurden!



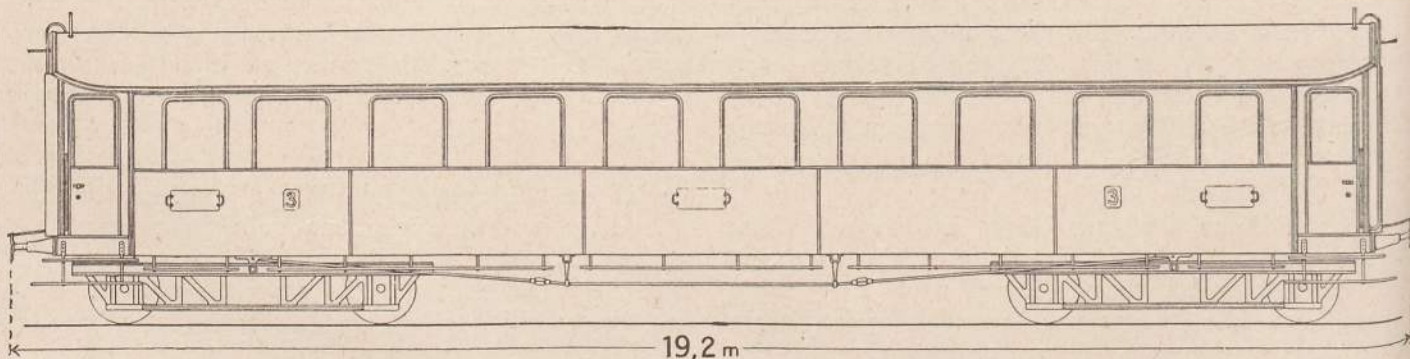
401. Personenwagen III. Klasse der bayerischen Staats-Eisenbahn aus dem Jahre 1843  
40 Personen im Wagen. 4000 kg Wagengewicht. 14 qm Bodenfläche im Wagen, demnach 0,35 qm für jeden Reisenden. Nach einer Tafel im Deutschen Museum zu München

Sie sollten den Reisenden einigen Schutz vor der durchströmten Luft gewähren, die während der Fahrt ungehindert gegen sie anströmte. Da dachte noch niemand daran, die Gleisunebenheiten den Insassen der Wagen möglichst unmerkbar zu machen, die Sitze so auszugestalten, daß man nicht schon nach einer Fahrtstunde Schmerzen im Rückgrat empfand, den Fahrgästen Bewegungsfreiheit innerhalb des ganzen Zugs zu gewähren. Die immer größer werdende Schnelligkeit der Züge erst zwang dazu, die gewaltigen, festverschlossenen

Kapseln zu schaffen, in denen die Menschen heute auf den Bahnstrecken befördert werden; die Eisenbahnwissenschaft erst, genaueste Beobachtung der am meisten störenden Erscheinungen und ihre Beseitigung durch sorgfältig abgewogene Einrichtungen, ließ die prachtvollen neuzeitlichen Fahrzeuge entstehen, die in den Saalwagen der Züge auf den großen Weltstrecken mit vieltägiger Fahrtdauer ihren vorläufigen Gipfelpunkt gefunden haben.

Der Mann in der Fensterecke schmunzelt, wenn er sich des freundlich wiegenden Laufs bewußt wird, mit dem sein rollendes Haus ihn über das Gleis trägt, anstatt ihn bei jedem Stoß rauh in die Höhe zu werfen, bei jeder Krümmung gegen die Seitenwand zu puffen. Gern möchte er wissen, wodurch dieser ruhige Gang der D-Wagen erzielt worden ist, so daß diese so angenehm gegen die alten Knochenschüttler abstechen. Wir wollen ihn aufklären: den größten Einfluß in dieser Richtung hat die Vergrößerung der Wagenlängen geübt, womit eine Erhöhung des Gewichts und der Zwang zu besonderer Ausgestaltung des Laufwerks notwendig verbunden waren.

In den frühen Zeiten des Eisenbahn-Verkehrs, als die Anzahl der zu befördernden Reisenden noch gering war, bediente man sich kleiner, leichter Wagen, die auf zwei eng gestellten Achsen ruhten. Als es aber galt, immer mehr Menschen in einem Zug aufzunehmen, wurde es wirtschaftlich notwendig, den Fassungsraum jedes einzelnen Wagens zu vergrößern. Das konnte nur durch Verlängerung geschehen, denn in den Breitenmaßen war man ja durch die Umgrenzungslinien des lichten Raums beschränkt. Zur Unterstützung der schweren Wagen mußte die Zahl der Achsen gesteigert vor allem aber der Achsstand vergrößert werden, weil es sich gezeigt hatte, daß lange, schwere Wagenkasten, deren Enden nur wenig überhängen, das heißt über die Befestigung



402. Personenwagen III. Klasse der bayerischen Staats-Eisenbahn aus dem Jahre 1910  
64 Personen im Wagen. 38 000 kg Wagengewicht. 51 qm Bodenfläche im Wagen, demnach rund 0,8 qm für jeden Reisenden. Nach einer Tafel im Deutschen Museum zu München



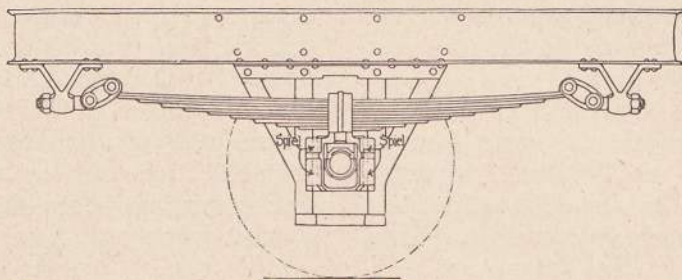
gungsstellen der äußersten Achsen hinaustragen, den angenehmsten Gang aufweisen. Entsprechend dieser Erkenntnis ist man denn auch in geradezu kühner Weise vorgegangen, hat die mächtigen Personenwagen von heute geschaffen, die sich das Schlingern, Dröhnen und Klirren gänzlich abgewöhnt haben. Auf ihren festgespannten Federn schwanken sie nur mit leiser Bewegung auf und nieder.

Doch das Verhindern des Schlingerns, der unangenehmsten Bewegung an laufenden Fahrzeugen, konnte nicht durch die Gewichtsteigerung und bessere Abfederung allein erreicht werden, sondern wurde erst durch eine besondere Einrichtung am Laufwerk erzielt, die sich mit zunehmenden Wagenlängen als unbedingt erforderlich erwies.

Je größer nämlich der Abstand der äußersten Achsen eines Wagens voneinander wurde, je mehr der Achsstand wuchs, desto größer wurden die Schwierigkeiten beim Durchfahren enger Gleisbogen. Wir sind dieser Erscheinung bereits bei der Betrachtung des Lokomotiv-Laufwerks begegnet. Schon bei Wagen mit nur drei Achsen wurde es notwendig, das Laufwerk im Gleis schmiegsam zu machen.

Es war ein harter Kampf notwendig, bis die einstellbaren Achsen unter den Wagen sich durchsetzten. Galt es doch als gefestigter Grundsatz, daß Wagen, die wirklich sicher laufen sollten, stets genau gleichgerichtete Achsen haben mußten. In Preußen aber, das ja immer in Eisenbahndingen mutig vorangegangen ist, machte man schon Anfang der achtziger Jahre Versuche mit Wagenachsen, die sich in Gleiskrümmungen so einstellen konnten, wie es für einen ruhigen, von Schlingerbewegungen freien Lauf am besten ist, nämlich in der Richtung nach dem Mittelpunkt des Gleisbogens. Doch erst im Jahre 1896 führte der Verein Deutscher Eisenbahnverwaltungen in seiner damals tagenden Techniker-Versammlung die einstellbaren Achsen bei allen in ihm zusammengeschlossenen Bahnen ein. Sie wurden Vereins-Lenkachsen genannt und brachten für den Lauf der Wagen gerade so durchgehende Verbesserungen wie ihre Genossen unter den Lokomotiven.

Die für die einstellbaren Achsen maßgeblichen Grundsätze kennen wir bereits aus dem im Vorhergehenden Gesagten (S. 214). Da die Achsen unter den Wagen jedoch bei weitem



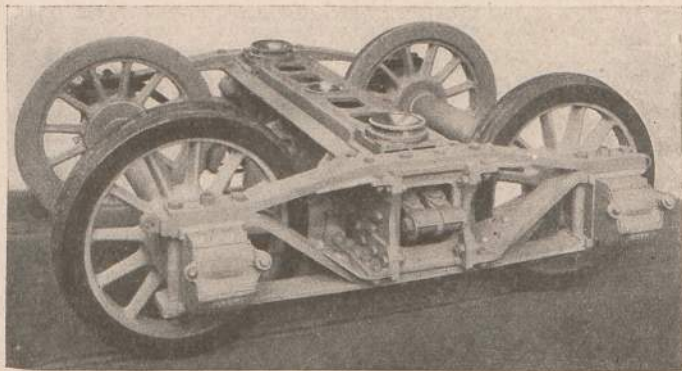
403. Vereins-Lenkachse für Personen- und Güterwagen  
Die Achse kann sich im Achshalter bewegen und darum in Richtung auf den Mittelpunkt jedes Gleisbogens einstellen

nicht so stark belastet sind wie die Lokomotiv-Achsen, so kann man hier die Einstellbarkeit durch weit einfachere Vorkehrungen erzielen. Man gibt ihnen Bewegungsmöglichkeit durch eine besondere Aufhängung der Blattfedern, mit denen die Wagenkasten auf die stützenden Achsbüchsen gestellt sind. Wenn die Achsbüchsen sich in den zu diesem

Zweck mit einem Spielraum versehenen Achshaltern seitlich verschieben, so stellen sie die Tragfedern hierdurch etwas schief ein; diese rücken nach rechts oder nach links. Ihre Enden sind nun ungleich belastet, die Winkel, in denen die Aufhängungsspendel sich einstellen, verschieden groß, und dadurch werden die Achsen sofort wieder zur ursprünglichen Stellung zurückgezwungen, wenn ein gerades Gleisstück erreicht ist.

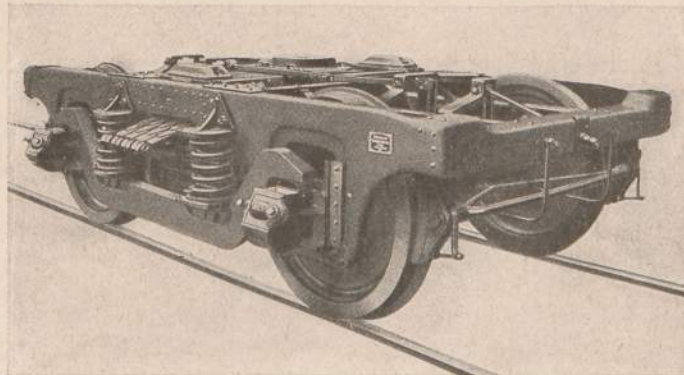
Die in solcher Weise mit freien Lenkachsen ausgerüsteten dreiachsigen Wagen haben sich bis zu Stundengeschwindigkeiten von 90 Kilometern sehr gut bewährt. In den Schnellzügen trifft man sie heute jedoch fast gar nicht mehr an. Da das Gewicht, das für den einzelnen Platz aufgewendet werden muß, in den neuzeitlichen Schnellzug-Wagen sehr groß ist, kommt man hier auch mit drei Achsen nicht mehr aus, sondern muß vier und mehr Achsen verwenden. Bei diesen Vielachsern aber läßt sich die Schmiegsamkeit im Gleis weit besser als mittels einstellbarer Achsen durch Drehgestelle erreichen. Man faßt je zwei oder drei Achsen in einem besonderen Rahmen zusammen, schafft so besondere Achswägelchen, die nur durch einen runden Zapfen mit dem Wagenkasten verbunden sind.

Der Drehgestellrahmen ist natürlich federnd auf seine Radachsen gesetzt. Aber das reicht noch nicht aus, um dem Wagen einen genügend ruhigen Lauf zu sichern. Aus diesem Grund legt man noch eine zweite sehr kräftige Abfederung zwischen den Teller, der das Zapfenlager, also die Aufstellstelle des Wagenkastens, trägt, und das Drehgestell. Drei bis vier außerordentlich große und kräftige Blattfedern tragen auf ihrem Rücken einen frei beweglichen, wagerechten Balken, in den der Drehteller eingelassen ist. Da der Balken mit dem eigentlichen Drehgestell nicht ganz fest verbunden ist, so macht er auch nicht alle seitlichen Schwankungen mit, zu denen dieses durch das Gleis gezwungen wird. Mit Recht



404. Zweiachsiges Drehgestell

In der Mitte die auf zwei Blattfedern ruhende Wiege. Erbaut von den Vulcan-Werken



405. Amerikanisches Drehgestell

mit „Schwanenhals“-Träger. Erbaut von Gebr. Gastell in Mainz-Nombach



hat man diese Anordnung „die Wiege“ genannt; sie hält alle harten Bewegungen vom eigentlichen Wagen fern, teilt ihm nur sanfte Schwankungen mit.

In Amerika ist neuerdings eine besondere Form der Drehgestelle geschaffen worden, die auch bei uns immer häufiger angewendet wird. Hierbei wird die Last des Drehgestellrahmens nicht durch Blattfedern auf die Achsbrücken übertragen, sondern durch schraubenförmige Federn. Diese nehmen sehr gut die kurzen, kleinen Stöße auf, die von den Blattfedern wegen der starken Reibung der einzelnen Stahlblätter auf einander nicht vernichtet und deshalb auf den Wagenkasten übertragen werden, so daß dieser zitternde Bewegungen macht. Die Schraubenfedern ruhen auf ziemlich tief liegenden Balken; die Enden dieser Träger sind dann in eigentümlich geschwungener Form über die Achsbüchsen hinaufgebogen, was der ganzen Trageinrichtung den sehr treffenden Namen „Schwanenhals“ verschafft hat.

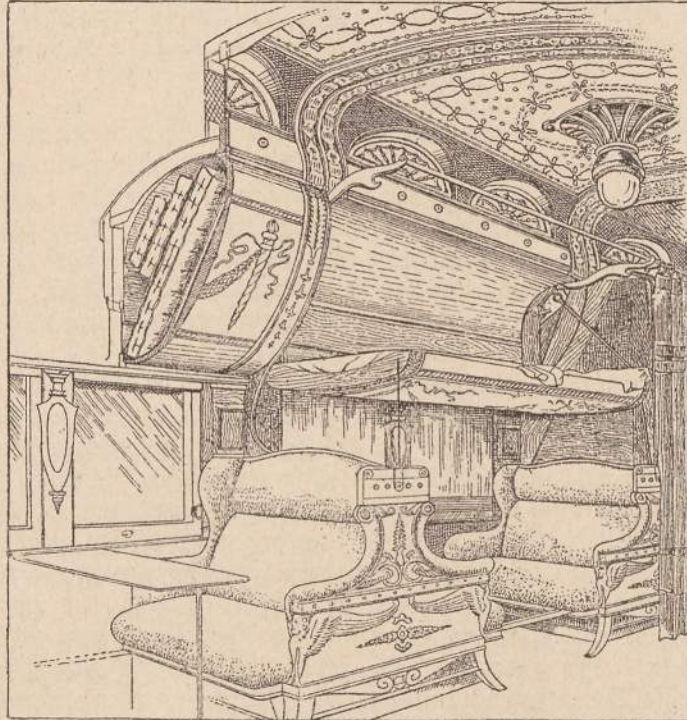
Da selbst die schwersten Wagen bei weitem nicht so hohe Gewichte haben wie die Lokomotiven, werden ihre Räder nicht immer aus dem besten, teuersten Baustoff, nämlich aus Stahl, hergestellt, obgleich das Stahlrad auch im Wagenbau vorherrscht.

Nicht allzu häufig und meist nur unter Güterwagen, trifft man gußeiserne Räder an, die keine Speichen haben, sondern in der Seitenansicht eine volle Scheibe darstellen. Für ihre Bereitung wird das Eisen nicht in gewöhnlicher Weise gegossen, sondern so behandelt, daß es sehr rasch erstarrt, wodurch der Rand, auf dem die Scheibe läuft, äußerst hart wird. Diese Hartgußräder sind die einzigen Vollräder, die in der Eisenbahn-Technik zur Anwendung kommen, das heißt solche, bei denen der Laufkranz nicht durch einen besonderen Reifen, sondern durch den Radkörper selbst gebildet wird.

Das Gefüge des Hartgusses kann jedoch seiner ganzen Natur nach nicht so gleichmäßig sein wie der durchgeschmiedete und durchgewalzte Gußstahl, aus dem die aufgesetzten Radreifen gefertigt werden, und daher zeigen die Hartgußräder eine Neigung, beim Laufen rasch unrund zu werden, indem die weniger festen Teile sich schneller abnutzen. In Deutschland dürfen sie nur bei Wagen benutzt werden, die in Zügen mit höchstens 50 Kilometern Stunden-geschwindigkeit laufen; auch dürfen sie nicht gebremst werden, da es sich gezeigt hat, daß sie durch die bei wiederholtem Bremsen auftretende Erhitzung leicht Sprünge bekommen. In Amerika, wo man ja leichtsinniger vorzugehen pflegt, sind hierdurch einige Male Unfälle hervorgerufen worden, ohne daß man sich dadurch eines Besseren belehren ließ.

Die englischen Eisenbahnwagenbauer haben eine lebhaftere Vorliebe für hölzerne Räder. Man rühmt diesen nach, daß sie durch ihre Nachgiebigkeit das rollende Geräusch verringern und das Springen der Reifen verhindern. Sie bestehen aus keilförmigen Holzstücken, die so aneinandergefügt sind wie Tortenstücke, und werden durch den umlaufenden Stahlreifen zusammengehalten. Auf den deutschen Bahnen sind sie nicht zugelassen. Ihre Dauerhaftigkeit ist nicht sehr groß, da das Holz sich zusammenzieht, und alle Schrauben und Verbindungen hierdurch bald lose werden.

Daß es auch Eisenbahnräder aus Papier gibt, kann nur dem seltsam erscheinen, der nicht weiß, daß stark zusammengepreßtes Papier eine außerordentliche Härte und Widerstandsfähigkeit erlangt. Man liebt Räder aus solchem Baustoff namentlich in Amerika. Sie werden hergestellt, indem man etwa 50 dünne Pappscheiben zusammenleimt, sehr gründlich trocknet und alsdann mit gewaltigem Druck preßt. Die Scheibe ist nun so fest, daß sie gleich dem Eisen auf der Drehbank bearbeitet werden kann. Mittels vorn und hinten aufgelegter Bleche werden die Papierscheiben zwischen den stählernen Naben und Reifen befestigt. Die Bolzenlöcher muß man unter dem Dampfhammer hindurchtreiben.



406. Pullman-Wagen

Inneres eines amerikanischen Schnellzug-Wagens für Tag- und Nachtaufenthalt. Die oberen Lager sind während des Tags an die Decke geklappt; nachts werden sie in der im Bild angedeuteten Weise wagerecht auf die Sitzlehnen gelegt. Aus „Eisenbahntechnik der Gegenwart“

Nach der Bauart ihrer Kasten werden die Personenzüge in zwei große Gruppen geschieden: in Abteil-Wagen und Durchgangswagen.

Die Abteil-Wagen sind gleich zu Beginn des Eisenbahnwesens in England entstanden. Heute strebt man bei uns danach, die vollständig gegen ihre Nachbarräume abgeschlossenen Abteile allmählich ganz zu beseitigen, weil hier und da vorgekommene Überfälle auf Reisende gezeigt haben, daß sie eine Minderung der Reiseficherheit bedeuten. Bei sehr stark besetzten Zügen verhindern die vollständig von einer Seitenwand zur anderen durchlaufenden Querrände auch einen Ausgleich der Besetzung innerhalb eines Wagens. Jeder ist gezwungen, in dem Abteil zu bleiben, in das er zufällig eingestiegen ist, und muß hier nicht selten stehen, während vielleicht im Nebenabteil noch Plätze frei sind. Die Berliner Stadtbahnwagen besitzen heute noch Abteile, bei denen die Querrände gekürzt sind, so daß an einer Seite von einem Abteil ins andere hinübergewandelt werden kann. Die Abteile in Fernzug-Wagen sind, um den Abort von mehreren Räumen aus zugänglich zu machen, oft durch Türen miteinander verbunden.

Die ersten Eisenbahnfahrzeuge, in denen an Stelle dieser stets sehr schmalen Verbindungen ein bequemer und freier Durchgang von einer Querrand zur anderen eingebaut war,



erschieden in Deutschland in den sechziger Jahren. Der Gang lag in der Mitte des Wagens, wie das noch heute bei sehr vielen Fahrzeugen in Süddeutschland und den fremden Nachbarländern sowie bei Kleinbahnen üblich ist. Es wird hierdurch bewirkt, daß das Zugpersonal seine überwachende Tätigkeit leichter ausüben kann und auch den Reisenden für Fragen und Beschwerden während der Fahrt zur Verfügung ist. Bis dahin, insbesondere vor Einführung der Bahnsteigsperrre, mußten die Schaffner, um die Karten der Reisenden nachzusehen, während der Fahrt auf den äußeren Trittbrettern an den Wagen entlangklettern. Viele Unfälle wurden dadurch hervorgerufen, bis endlich Preußen mit der Prüfung der Fahrkarten an den Bahnhofeingängen voranging und das Begehen der Trittbretter während der Fahrt verbot. Die Einrichtung des für die Fahrgäste freigegebenen Durchgangs bewirkt auch eine bequemere Unterbringung der Aborte. In Norddeutschland sind jedoch die Wagen mit Mittelgang niemals beliebt gewesen. Man kann auch in der Tat nicht leugnen, daß bei dieser Anordnung jeder Reisende, der durch den Wagen geht, die anderen stört, was namentlich nachts sehr unangenehm empfunden wird. Es wurde darum lebhaft begrüßt, als die preussische Eisenbahnverwaltung daranging, in freiem Anschluß an amerikanische Bauarten die Durchgangs-Wagen so auszubilden, daß sie die Vorteile von Abteil-Wagen in sich schließen.

In den Fahrzeugen, die wir heute als D-Wagen bezeichnen, liegt der Durchgang an der Seite. Die Vorteile, welche Einzelabteile bieten, bleiben hierdurch erhalten, und diese Fahrzeuge sind daher als ein besonders treffliches Mittel zur angenehmen Gestaltung weiter Reisen zu begrüßen. Die Übergänge von Wagen zu Wagen werden durch eiserne Brücken ermöglicht, die allseitig von Faltenbälgen umschlossen sind.

In Europa hat jeder einzelne Personenwagen stets nur eine verhältnismäßig kurze Strecke zu durchfahren. Es genügt uns hier vorläufig, wenn dafür ein gepolsterter Sitz zur Verfügung steht. Anders liegen die Dinge in Amerika, wo die riesigen Entfernungen ununterbrochene Fahrten durch mehrere Tage notwendig machen. Man begann darum drüben schon frühzeitig, besonders bequem und prächtig ausgestattete Wagen zu schaffen.

Die auch bei uns sehr berühmt, ja sprichwörtlich gewordenen Pullman-Wagen sind Fahrzeuge, die sowohl für Tag- wie für Nacht-aufenthalt eingerichtet sind. Ein geräumiger, prächtig

ausgestatteter Saal ist mit Sitzbänken versehen. Die oberen Schlaflager sind während des Tags gegen die Decke geklappt, und auf ihnen liegen auch in dieser Zeit die Matratzen, Decken und Kopfkissen. Wenn der Abend hereinbricht, werden die Klappen mittels Stützen, die auf die Seitenlehnen der Bänke aufsetzen, wagerecht gestellt, die Sitzkissen der Bänke zur Herstellung eines unteren Schlafalters ausgezogen, die Betten hergerichtet,

und jede der Doppel-Lagerstätten durch Vorhänge gegen den Gang und gegen die Nachbarn abgeschlossen. Das Entkleiden ist nur möglich, während man auf dem Bett liegt, denn zwischen den Vorhängen und diesem steht kein Raum zur Verfügung. Es ist auch selbstverständlich, daß die Vorhänge niemals ganz dicht schließen, so daß in einem solchen amerikanischen Schlafwagen keine vollständige Sonderung der Schlafenden voneinander und von denen, welche den Gang durchschreiten, erzielt wird. Darin sind die Reisenden heute nicht besser daran, als in den einfachen dreistöckig belegten Schlafwagen aus früherer Zeit.

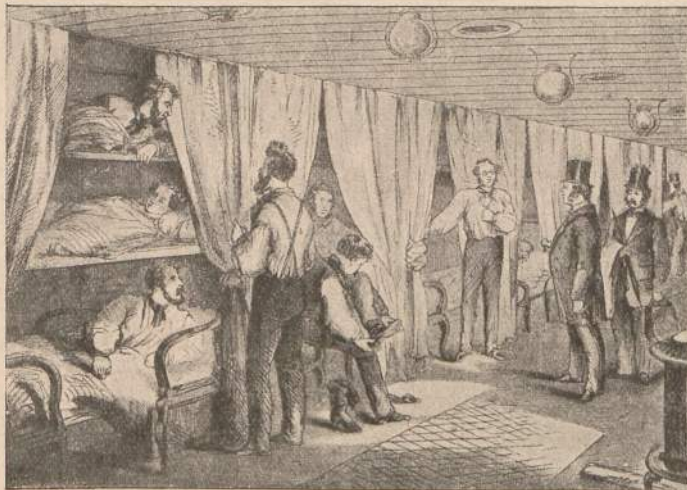
Es ist begreiflich, daß die Einführung solcher Pullman-Wagen bei uns von den wirklichen Kennern der Verhältnisse niemals für erstrebenswert gehalten wurde. Auch in Amerika pflegen besonders zahlungskräftige Fahrgäste vollkommen geschlossene Abteile zu mieten, die sich an den Wagenenden befinden. Die Entwicklung konnte in Deutschland von vorn herein einen anderen Lauf nehmen, da hier eine Doppelform der Wagen für Tag- und Nachtfahrten nicht nötig ist. Mit Ausnahme der wenigen zwischenstaatlichen Züge kommt es bei uns recht selten vor, daß man länger als zwölf Stunden in demselben Wagen sitzt. Es erwies sich daher als günstiger, eine Wagenform auszubilden, die ausschließlich Schlafalger enthält.

Die deutschen Schlafwagen sind D-Wagen mit streng geschlossenen Abteilen. Jedes von diesen enthält zwei Schlafalger. Für die wenigen Stunden, die man am Abend oder am Morgen vor oder nach Benutzung des Schlafalters in dem Abteil sich aufzuhalten hat, ist in diesem durch Herunterklappen des oberen Lagers eine sehr bequeme, gepolsterte Sitzbank zur Verfügung.

Zur Erzielung eines ganz besonders ruhigen Laufs haben sämtliche neueren Schlafwagen sechs Achsen. Desgleichen ruhen die einzigen Saalwagen, die bei uns im allgemeinen Verkehr zur Verwendung kommen, nämlich die Speisewagen, meist auf je zwei dreiaxigen Drehgestellen. Auch diese letztgenannte Wagengattung ist eine Erfindung von Pullman, der sie in den siebziger Jahren zuerst einführte.

Um auch den Reisenden dritter Klasse die Möglichkeit zu geben, die Nacht in ausgestreckter Lage zu verbringen, sind Liegewagen geschaffen worden. In ihnen befinden sich 12 Abteile — statt 10 in den Schlafwagen — und es sind drei Lager übereinander eingerichtet. Zum Besteigen der obersten Liegestätte ist eine Leiter in der Trennwand zwischen den Abteilen aufgestellt. Während jede Schlafwagenkammer einen Waschtisch mit fließendem Wasser enthält, befinden sich in den Liegewagen Wascheinrichtungen nur an den beiden Wagenenden. Betten oder Decken werden nicht geliefert. Die Lagerplatten sind jedoch gepolstert und haben am Kopfende ein hartes Reilkissen.

Die bei weitem am meisten verbreiteten Fahrzeuge von besonderer Bauart sind die Postwagen. Sie besitzen alle Ein-



407. Alter amerikanischer Schlafwagen von Pullman aus dem Jahre 1858. Er verkehrte auf der Strecke Chicago—Buffalo. Deutsches Museum in München



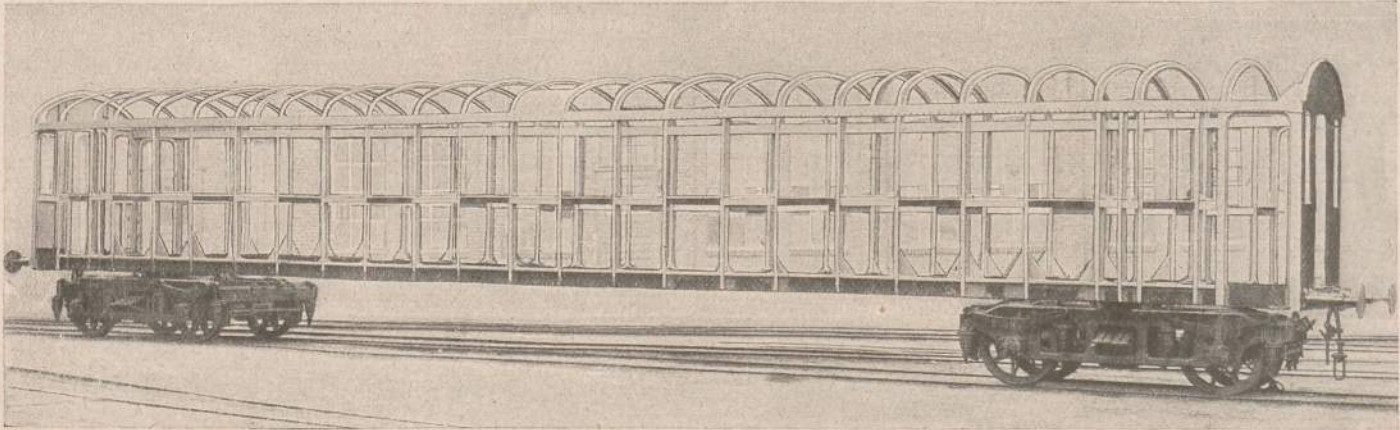
richtungen, die zur glatten Aufarbeitung der eingeladenen Postsachen notwendig sind. Große Schränke mit Fächern, Tische zum Ordnen, Behälter für Zeitungen, Vorrichtungen zum Spannen der Briefbeutel sind darin aufgestellt. Die Postwagen erhalten weit höhere Oberlicht-Aufbauten als die anderen Personenwagen, weil die Fenster häufig durch Schränke verstellt werden. Alle Fensteröffnungen pflegen mit Schutzgittern versehen zu sein, die verhindern sollen, daß Papiere durch plötzlichen Luftzug hinausgeweht werden. Die in Amerika hier und da an den Postwagen angebrachten Einrichtungen zum Aufnehmen von Briefbeuteln während der Fahrt haben sich nicht bewährt. Ebenso läßt sich das Ausladen von Postsachen aus fahrenden Zügen schlecht durchführen, da die Beutel hierbei meist zerrissen werden oder unter die Räder geraten.

Kann in einem Zug der Packwagen aus irgendeinem Grund nicht an dessen Spitze laufen, so wird der Postwagen unmittelbar hinter der Lokomotive eingestellt, um so als Schutzwagen zu dienen. Das bedeutet eine höhere Gefährdung der in dem Fahrzeug beschäftigten Beamten. Man ist daher in den letzten Jahren bei uns dazu übergegangen, die Postwagen mit besonderen Schutzabteilen auszurüsten. An beiden

Die Boden der eigentlichen Wagenkasten bestehen aus einer Reihe starker hölzerner Schwellen, die mit dem Unterbau verbunden sind. Darauf sind meist zwei sorgfältig gefügte Bretterböden gelegt, zwischen die zur Minderung des Geräusches Seegras, Kokosfaser oder Korkmasse gestopft wird. Die Wände sind im allgemeinen in Holz-Fachwerk ausgeführt, das durch kräftige Verbindungen und Benutzung harter Hölzer möglichst widerstandsfähig gemacht ist. Bei uns werden die Wände außen stets mit Blech verkleidet, manche ausländischen Bahnverwaltungen bevorzugen hölzerne Verschalung.

Die Dächer haben entweder eine durchgehende Wölbung, ein Lonnendach, oder sie tragen in der Mitte einen Aufbau mit seitlichen Fenstern. Diese letzte Bauart ist die bessere, weil die Lüftungs-Einrichtungen hier sehr bequem unterzubringen sind. Der Aufsatz macht die Wagen jedoch etwas schwerer, und das Dach wird weniger widerstandsfähig, da die Dachspriegel nicht ohne Unterbrechung durchlaufen können.

Die Längswände sind bei den Abteilwagen nicht senkrecht bis zum Untergestell hinabgeführt, sondern werden unten stark eingezogen. Hierdurch entsteht die den Abteilwagen



408. Gerippe eines D-Wagens  
mit Lonnendach im Bau. Waggon- und Maschinenfabrik Görlitz

Enden sind schmale, aber sehr fest gebaute Räume abgetrennt, die zu ständigem Aufenthalt nicht benutzt werden dürfen. Sie sind entweder ganz leer, oder man bringt allenfalls die Wäscheinrichtung darin unter. Es ist schon hier und da bei Zusammenstößen vorgekommen, daß diese Schutzabteile die beabsichtigte günstige Wirkung geübt haben.

In seinem technischen Aufbau stellt jeder Personenwagen ein eigenartiges und unter Berücksichtigung der verschiedensten Gesichtspunkte sorgfältig zusammengefügtes Gebilde dar. Die Fahrzeuge bestehen, vom Laufwerk abgesehen, aus dem Untergestell und dem eigentlichen Wagenkasten. Bei zwei- und dreiachsigen Wagen wird das Untergestell als besonderes Bauteil ausgeführt, bei den Vielachsern ist es ein untrennbarer Teil des Kastens. Der Unterbau ist stets der am kräftigsten ausgeführte Teil des Fahrzeugs, da er ja die Last des Kastens sowie der Besetzung aufzunehmen und auf die Achsen zu übertragen hat. Ferner muß er den Kräften Widerstand bieten, die von den Stoßvorrichtungen zwischen den einzelnen Wagen auf ihn ausgeübt werden. Das Untergestell ist daher stets ein aus schweren eisernen Trägern zusammengefügter Rahmen, der mit kräftigen Versteifungen in wohlberechneter Anordnung versehen ist.

eigentümliche, nach unten verjüngte Querschnittform. Der Einzug ist notwendig, damit man bequeme Eintrittsstufen anbringen kann und trotzdem mit der äußersten Kante des untersten Trittbretts noch in den Umgrenzungslinien des lichten Raums bleibt. D-Wagen haben wegen der besonderen Anordnung der Eingänge an den beiden Enden rechteckige Querschnitte.

Sie sind auch breiter als die Abteilwagen. Bei diesen müssen die zahlreichen Türen ja in gleicher Linie mit den Seitenwänden eingesetzt werden, die Türkanten dürfen aber auch dann, wenn sie sich in ungünstiger Stellung, das heißt im rechten Winkel zum Gleis, befinden, nicht so weit vorspringen, daß eine Berührung stattfinden könnte, wenn an zwei begegnenden Zügen die Türen in solcher Weise offen stehen. Bei den D-Wagen kann man die nur an den Enden befindlichen Türen stark einziehen, so daß die Wagenkasten nach den Seiten weiter vorspringen dürfen.

Auch die Länge der Wagen ist begrenzt und zwar deshalb, weil die steifen Kasten sich in den Krümmungen schief zum Gleis einstellen. Bei allzu großer Länge könnte die Schiefstellung so bedeutend werden, daß der Wagen mit seinen Endkanten über die Umgrenzungslinien hinausgerät.



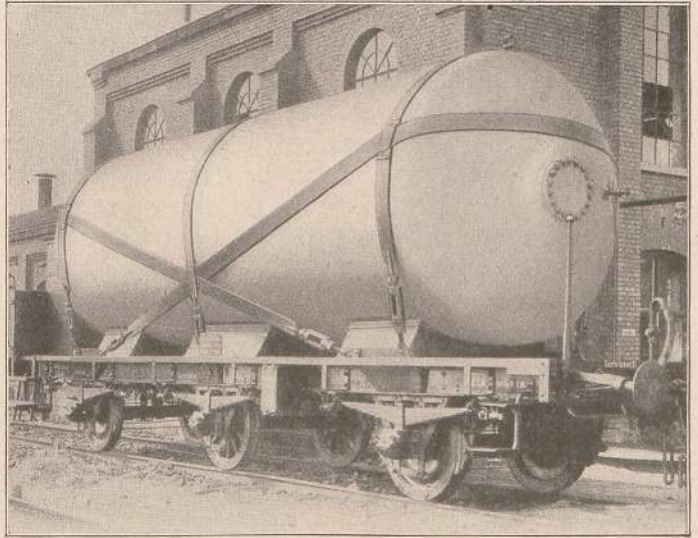
Diese Gefahr ist besonders groß, wenn die Wagenenden weit über die äußersten Achsen oder Drehzapfen hinausragen. Als dann kann die Entfernung aus der Gleismitte auch so bedeutend werden, daß die Puffer nicht mehr aufeinanderstoßen. Eine solche Verschiebung würde natürlich, wenn sie am fahrenden Zug stattfindet, eine schwere Gefahr für diesen bedeuten.

Es wurde bereits gesagt, daß die Einführung der D-Wagen durch die preußische Staatsbahn-Verwaltung das Reisen sehr viel angenehmer und bequemer gemacht hat. Diese Bauform schließt aber auch noch einen weiteren, sehr bedeutenden Vorzug in sich. Der Reisende fährt in den D-Wagen nicht nur bequemer, sondern auch sehr viel sicherer. Es ist dies eine Tatsache, die kaum einem der Insassen jemals zum Bewußtsein kommt.

Bei den D-Wagen sind ja die Längswände nicht durch Türen unterbrochen. Aus diesem Grund ist es möglich, die Wandgerippe aus durchlaufenden Balken herzustellen. Ja, man ist soweit gekommen, unter den Fenstern richtige schwere Brückenträger auszubilden. Ein derartiger Bau ist selbstverständlich geeignet, bei Unfällen einer Zusammendrückung des Wagens sehr viel stärkeren Widerstand entgegenzusetzen. Häufig genug war bei Zusammenstößen schon zu beobachten, daß ein D-Wagen seine Form noch einigermaßen bewahrte, wo ein Abteilmwagen vollkommen zermalmt worden wäre. Die Bauart der Durchgangswagen ist daher auch aus diesem Gesichtspunkt als ein großer Gewinn des Eisenbahnwesens zu betrachten, und man nimmt gern den in Fernzügen nicht allzuwichtigen Nachteil in Kauf, daß die Entleerung der Fahrzeuge weniger schnell stattfinden kann, da sie ja nur an den Enden Türen besitzen.

In der ersten Zeit nach ihrer Einführung wurde gegen die D-Wagen der Vorwurf erhoben, daß man bei Unfällen aus ihnen schwerer entkommen könne als aus vieltürigen Fahrzeugen. In der Tat war die Behauptung nicht unberechtigt, daß man in den D-Wagen der ersten Bauart ziemlich hilflos eingekerkert blieb, sobald die Wagenenden nicht mehr erreicht werden konnten oder die dort befindlichen Türen nicht mehr zu öffnen waren. Die deutschen Regierungen beschloßen darum alsbald besondere Maßnahmen zur Erhöhung der Sicherheit in Durchgangswagen, deren Einführung im Jahre 1901 allen Eisenbahnverwaltungen aufgegeben wurde. Der Einbau von Nottüren in den Gängen und Abteilen wurde verworfen, weil alsdann die Ramm-sicherheit vermindert worden wäre und die Wagenbreite hätte eingeschränkt werden müssen. Hingegen wurden die Fenster so ausgebildet, daß sie sich zum Entkommen besonders eignen.

Es wird seitdem dafür gesorgt, daß die hinablaßbaren Fensterscheiben so weit hinuntergehen können, daß sie gänzlich in der Brüstung verschwinden. Die freien Fensteröffnungen werden außerordentlich groß bemessen, so daß man sehr bequem hindurchschlüpfen kann. Die häufig an den Fenstern angebrachten Schutzstangen sind so angelegt, daß sie jederzeit leicht und ohne Anwendung von Gewalt entfernt werden können. Die unter den Fenstern dahinflaufende Heizvorrichtung wird als Trittsstufe ausgebildet;

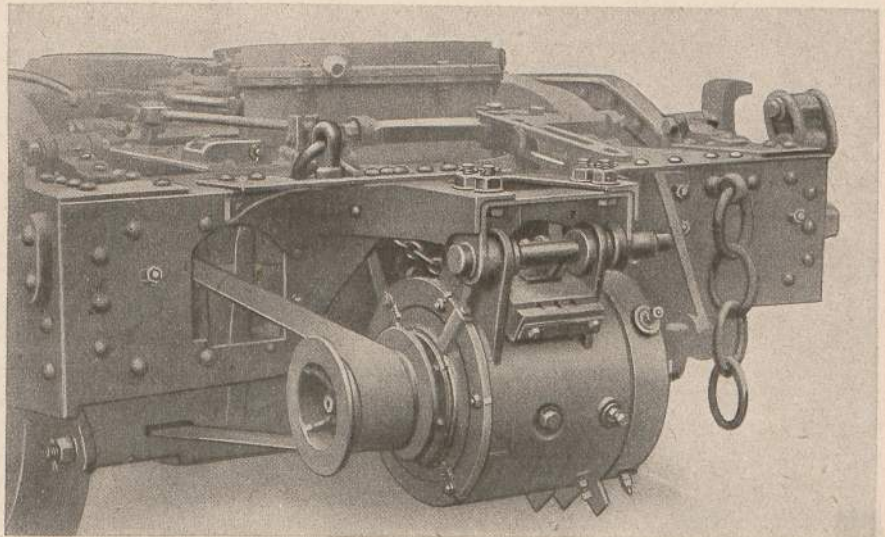


409. Gasbehälter-Wagen

Dient zur Überführung des Beleuchtungs-Gases von der Erzeugungsstelle zu den Zügen. Erbaut von Julius Pintsch A.-G. in Berlin-Fürstenwalde

die Vorhangstangen über den Fenstern sind aus kräftigem Eisen gefertigt, so daß man sich zum Hinaus-schwingen an ihnen emporziehen kann. An den Außenwänden der Wagen laufen unter den Fenstern Griffstangen. Am Kastenboden ist eine, wenn auch wegen der Nähe der Umgrenzungslinie sehr schmale Trittsstufe angebracht. Unter jedem Wagen hängen Leitern, die im Notfall gegen die Fensterbrüstungen gelehnt werden können. In jedem Seitengang ist ein kleiner Glaskasten angebracht, der ein Beil und eine Säge enthält, mit deren Hilfe man Bauteile, die sich in den Weg stellen, möglichst rasch entfernen kann.

Um die D-Wagen in noch weit höherer Weise ramm-sicher zu gestalten, wurde unter dem Vorantritt Amerikas dazu übergegangen, die Fahrzeuge ganz aus Stahl zu bauen. Es wird durch diese Bauart nicht nur die Stauchfestigkeit der Fahrzeuge erhöht, sie erlangen auch eine vollständige Feuer-sicherheit. Ferner fällt das Splintern des Holzes fort, das schon häufig schwere Verletzungen herbeigeführt hat. Das



410. Stromerzeuger für elektrische Einzelwagen-Beleuchtung

Die Maschine ist an der Stirnseite eines Drehgestells aufgehängt und wird mittels Riemens von der nächsten Achse angetrieben. Gesellschaft für elektrische Zugbeleuchtung in Berlin



Verbiegen der Eisenteile bei einem Unfall ist weit weniger gefährlich. In Deutschland laufen zahlreiche D-Züge, die mit Ausnahme der Innen-Einrichtungen keinen hölzernen Bauteil mehr besitzen.

Es hat sich die Anschauung Bahn gebrochen, daß die vielachsigen, schweren Wagen die größte Sicherheit gewähren. Bei uns findet man in Schnellzügen daher kaum noch Wagen, die weniger als vier Achsen haben. Zwei- und dreiachsige Fahrzeuge dürfen heute mit Vielachsen nicht mehr zusammenlaufen, da es vorgekommen ist, daß sie dem ganzen Zug Gefahr gebracht haben. Beim Durchfahren von Krümmungen mit zu hoher Geschwindigkeit pflegen die leichten Fahrzeuge zuerst aus dem Gleis zu springen und dadurch die anderen mit sich zu reißen, die sonst vielleicht glatt durch den Bogen hindurchgekommen wären.

Der Eindruck, den ein Personenwagen auf das Empfinden der Reisenden ausübt, wird hauptsächlich durch die Zahl und Größe seiner Fenster bestimmt. Die Scheiben waren früher sämtlich schmal und noch dadurch verengt, daß sie in breite Holzrahmen gefaßt wurden. Die weit über jedes einst denkbare Maß hinausgehenden mächtigen Scheiben in den D-Wagen haben als Rahmen nur schmale Leisten aus Metall, wodurch sie noch größer geworden sind.

In umfangreicher Weise ist dafür gesorgt, das Innere der Wagen in der kalten Jahreszeit warm zu halten. Eine wirksame Heizung für Eisenbahnfahrzeuge muß sehr kräftig sein, weil die Wagen außerordentlich große Abkühlungsflächen besitzen, die noch dazu ständig einem scharfen Luftzug ausgesetzt sind. Außerdem werden die geheizten Räume durch das Öffnen der Türen nur allzu häufig mit der kalten Außenluft in unmittelbare Verbindung gebracht.

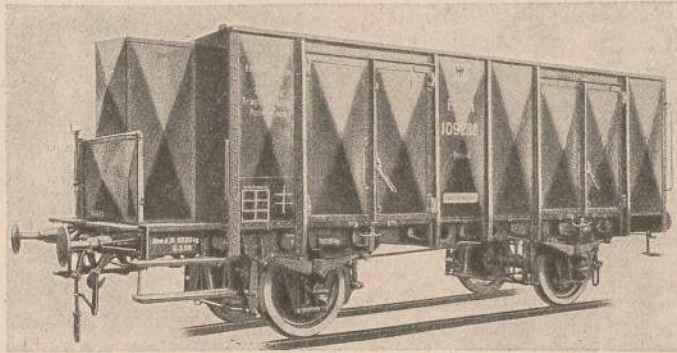
Von den Einzelheizungen — im Gegensatz zu den durchlaufenden Zugheizungen — vermag den heutigen Ansprüchen nur noch die Warmwasserheizung zu genügen, wie sie für Schlaf- und Saalwagen angewendet wird. Die Einrichtung gleicht grundsätzlich den Warmwasser-Zentral-Heizungen in den Häusern, die wir später besprechen werden. Sie kann den herrschenden Witterungsverhältnissen ausgezeichnet angepasst werden, da die Ofenfeuerung, und damit die Wasserrwärme, stets entsprechend zu regeln ist.

Im allgemeinen Zugverkehr herrscht heute die für alle Wagen gemeinschaftliche, durchlaufende Dampfheizung vor. Der Betriebsstoff wird aus dem Lokomotivkessel entnommen. Bei sehr langen Zügen und an besonders kalten Tagen werden häufig noch Heizkessel-Wagen an den Enden der Züge eingestellt, damit die Lokomotive nicht allzuviel Dampf abzugeben braucht. Die Heizwagen enthalten nichts weiter als einen Kessel mit Feuerung und den notwendigsten Regel-Einrichtungen. Eine besondere Bedienung ist freilich notwendig, was diese Zusatzheizung, abgesehen von der Vermehrung der Zugachsen, recht teuer macht.

Die Dampfheizung erfordert eine Rohrleitung, die von der Lokomotive aus unter allen Wagen hindurchgeht. Die Rohrstücke werden an den Wagenenden durch Schläuche mit-

einander verbunden. Für die Zugbildung ist dies recht lästig, da ja in der kalten Jahreszeit stets eine besondere Heizverbindung zwischen den einzelnen Wagen hergestellt werden muß. Die Schlauchkupplungen, die zugleich die tiefsten Stellen der Heizleitung darstellen, enthalten kleine Öffnungen, aus denen das Niederschlagwasser abtropfen kann.

Die Anschauung, daß in den Personenwagen während der Dunkelheit Lampen brennen müssen, hat nicht immer geherrscht. In dem ersten Jahrzehnt ihres Bestehens sträubten sich die deutschen Eisenbahngesellschaften überhaupt dagegen, Nachtzüge fahren zu lassen, da ihnen dies infolge der mangelhaften Sicherheits-Einrichtungen zu gewagt schien. Als sie sich dann doch dazu entschlossen, mußten sie durch Erlasse und Ordnungsstrafen zur Einrichtung der Beleuchtung gezwungen werden.



411. Eiserner Kohlenwagen

für ein Ladegewicht von 20 000 Kilogramm. Erbaut von Gebr. Gastell in Mainz-Nombach

In dem geschichtlichen Teil dieses Abschnitts haben wir bereits gehört, daß die erste Eisenbahn-Beleuchtung aus einer Kerze bestand, die ein mildherziger Beamter der Stockton-Darlington-Bahn in einem von Pferden gezogenen Wagen auf den darin aufgestellten Tisch klebte. Auch in Deutschland wurden im Anfang Kerzen benutzt, die nicht lange nachher durch Rüböl-Lampen ersetzt wurden. Petroleum wurde als zu gefährlich angesehen und fand keine größere Verwendung.

Die neuzeitliche Eisenbahn-Gas-Beleuchtung hat der Berliner Ingenieur Julius Pintsch eingeführt.

Die Aufgabe war deshalb schwer zu lösen, weil erst ein Gas geschaffen werden mußte, das sich kräftig zusammendrücken ließ, ohne dadurch an Leuchtkraft zu verlieren. Denn die Gasbehälter, die unter den Wagen angebracht werden können, müssen klein sein, weshalb sie einen genügenden Vorrat an Gas nur mitzunehmen vermögen, wenn dieses in zusammengepresstem Zustand eingefüllt wird.

Pintsch erfand im Jahre 1867 das aus Ölen zu bereitende Fettgas, das alle für die Wagenbeleuchtung erwünschten Eigenschaften besitzt, und mit dem Jahre 1870 begann der Siegeslauf der Fettgasbeleuchtung.

Als das Äthylen erfunden war, mischte man dieses dem Fettgas bei. Vom Jahre 1900 ab wurde dieses Mischgas bei uns überall verwendet und mit ihm eine 15 mal größere Leuchtkraft in den gleichen Brennern erzielt, wie sie für das Fettgas verwendet wurden. Der Preis für die Kerzenstunde sank gleichzeitig auf die Hälfte.

Eine weitere, sehr bedeutende Verbesserung der Gasbeleuchtung in Eisenbahnwagen brachte die Einführung des Glühlichts, nachdem es gelungen war, die von Auer von Welsbach erfundenen Glühstrümpfe so haltbar zu machen, daß sie starke Erschütterungen auszuhalten vermögen. Bei Verwendung von Glühkörpern ist zur Erzielung einer bedeutenden Lichtstärke die Beimischung des teuren Äthylens zum Fettgas nicht mehr notwendig. Die Mischgasanstalten sind deshalb längst stillgelegt. Die Zuführung des Gases zu den Wagen erfolgt von den Anstalten her in großen Kesselwagen.

Seit mehr als einem Jahrzehnt ist der Gasbeleuchtung in allen ihren Formen ein neuer Mitbewerber in Gestalt



der elektrischen Beleuchtung erstanden. Das Gas herrscht heute in den Eisenbahnwagen noch vor, und es ist keineswegs schon jetzt abzusehen, wann sein Gegner die Überhand gewinnen wird. Die elektrische Beleuchtung für Eisenbahnwagen ist immer noch teurer, die Einrichtung weit verwickelter als die Anlage für die ältere Leuchtart.

So ausgezeichnete Dienste das Gaslicht der Eisenbahn geleistet hat und noch heute im weitesten Maß leistet, ist dennoch seine Ersetzung durch elektrisches Licht aus verschiedenen Gründen wünschenswert.

Bei Anwendung der elektrischen Beleuchtung braucht die Lichtquelle jedes Abteils nicht mehr aus einem einzigen Körper zu bestehen, die Lampen können jetzt zerstreut angebracht werden, was das Leben sehr viel bequemer macht. Die Einschaltung des elektrischen Lichts kann für jeden Wagen von einer einzigen Stelle aus bewirkt werden, ohne daß es notwendig wäre, wie beim Gas, Zündflammen zu unterhalten, die immerhin durch ihre sehr bedeutende Gesamtzahl einen nicht geringen Gasverbrauch haben. Die Erfindung der Metallfaden-Glühlampe mit ihrem geringen Stromverbrauch hat die Ausgaben für die einzelne Kerzenstärke sehr weit hinabgedrückt.

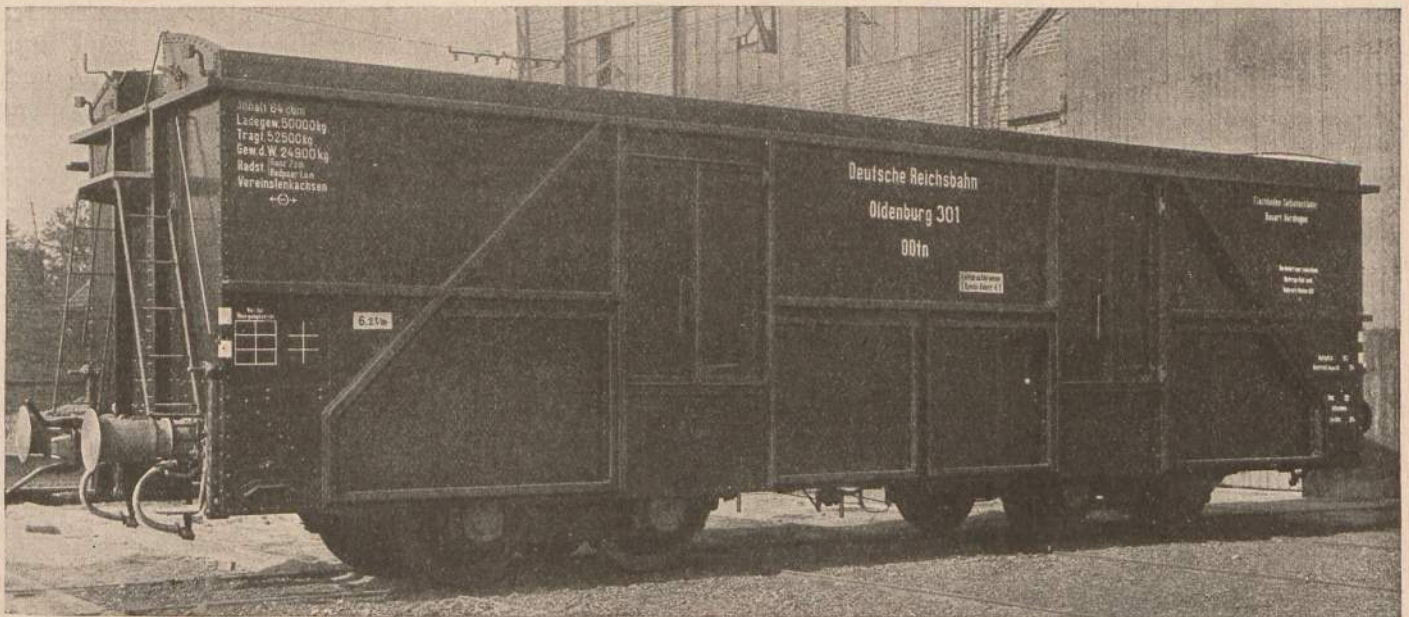
Es ist selbstverständlich nicht daran zu denken, den mit Dampf betriebenen Zügen Elektrizität für die Beleuchtung dadurch zuzuführen, daß neben den Geleisen feste Leitungen verlegt werden, von denen der Strom mittels Gleitschuhen abgenommen wird. Ein Leitungsnetz von so ungeheurer Ausdehnung allein für diesen nebensächlichen Zweck zu schaffen, wäre viel zu kostspielig.

Selbst die durchgehende Beleuchtung geschlossener Züge von einer gemeinsamen, mitgeführten Stromquelle aus hat vorläufig keine Hoffnung auf weitere Verbreitung. Es wurden Versuche auf diesem Gebiet gemacht, indem man auf der Lokomotive einen kleinen, durch besondere Dampfturbine angetriebenen Erzeuger aufstellte. Es hat sich jedoch herausgestellt, daß eine weitere Belastung der ohnedies stark angestregten Lokomotivmannschaft durch diese neue Anordnung nicht zugelassen werden kann. Insbesondere aber ist, sowohl bei Aufstellung der Dynamo auf der Lokomotive wie im Packwagen, was auch bereits oft versucht worden

ist, die Führung zweier Leitungen über den ganzen Zug notwendig. Das Ruppeln, bei dem heute schon außer der Zusammenfügung der eigentlichen Zugverbindungsglieder die Herstellung der durchlaufenden Brems- und Heizleitungen notwendig ist, wird dadurch weiter erschwert, was sich wegen der notwendigen Schnelligkeit bei der Zugabfertigung als äußerst störend erwiesen hat. Es wäre ferner notwendig, jeden Wagen, der für geschlossene Zugbeleuchtung eingerichtet ist, auch mit allen Vorkehrungen für Gaslicht zu versehen, da die Wagen ja nicht stets im gleichen Zug bleiben, sondern die Fähigkeit haben müssen, in verschiedene Züge eingestellt zu werden, wo sie durchaus nicht immer Vorkehrungen für elektrische Beleuchtung vorfinden. Will man die doppelte Beleuchtungs-Einrichtung vermeiden, so hört die Freizügigkeit der Wagen auf, was keineswegs zulässig ist.

So wird denn heute bei der elektrischen Beleuchtung der Hauptwert auf Einrichtungen für Einzelwagen-Beleuchtung gelegt. Am einfachsten sind die hierfür notwendigen Vorrichtungen, wenn man den Strom Akkumulatoren entnimmt, die unter dem Wagenkasten bequem aufgestellt werden können. Die Abteilungen solcher Batterien werden meist in Kästen aus Hartgummi untergebracht. Man kann die Batterien, wenn sie entladen sind, entweder rasch gegen voll aufgeladene auswechseln oder ihre Kraft an vorgesehenen Ladestellen erneuern. Der erste Vorgang ist sehr beschwerlich, da die Zellen hohes Gewicht haben, bei der zweiten Art muß der betreffende Wagen eine Zeitlang aus dem Betrieb gezogen werden. Trotzdem hat sich die Einzelwagen-Beleuchtung durch Speicherbatterien bereits bei manchen Sonderfahrzeugen bewährt, die ohnedies nicht ständig zu laufen pflegen, wie bei Bahn-Postwagen und bei Schlafwagen.

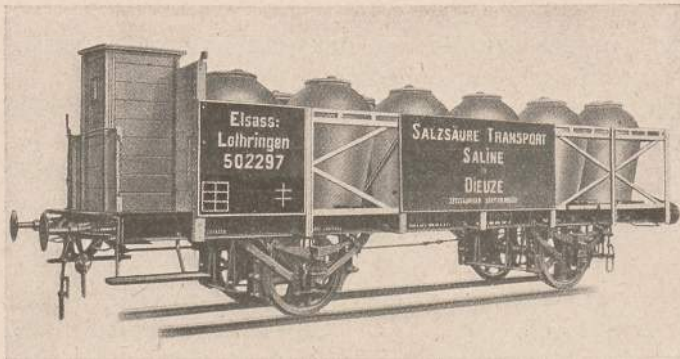
Für Schlafwagen sind die Vorzüge der elektrischen Beleuchtung besonders groß. Es wird dadurch die Gefahr beseitigt, welche durch Ausströmen selbst sehr geringer Gasmengen in den engen Abteilen entstehen kann. Ferner ist jeder schlechte Geruch, den die Leuchtvorrichtung verbreiten könnte, verbannt, und es wird obendrein das Anbringen beweglicher Lampen möglich, das gerade hier sehr erwünscht ist.



412. Großgüterwagen

mit einer Ladefähigkeit von 50 000 Kilogramm und Selbstentlade-Einrichtung. Waggon-Fabrik Uerdingen



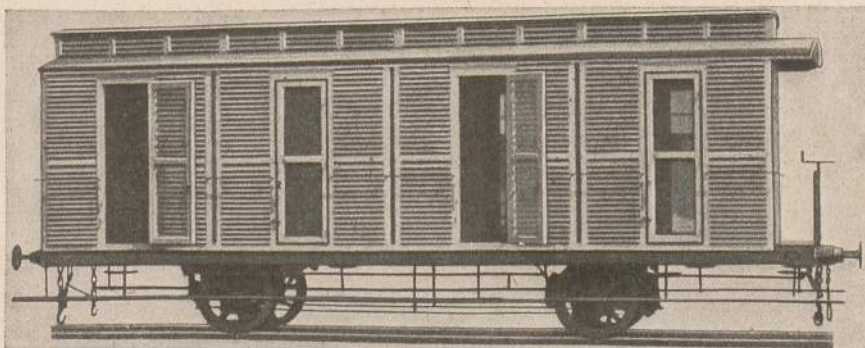


413. Tropfwagen für Säurebeförderung  
Erbaut von Gebr. Gastell in Mainz-Nombach

Bei reiner Akkumulatoren-Beleuchtung würde aber der freie Umlauf gewöhnlicher Abteil- oder D-Wagen allzu sehr eingeschränkt werden, da sie ja von Zeit zu Zeit außer Betrieb gestellt werden müßten, und vor allem, weil sie von Ladestellen abhängig würden. Aus diesem Grund versieht man jeden solcher Wagen, der mit elektrischer Beleuchtung ausgerüstet ist, mit einem eigenen Stromerzeuger; dessen Antrieb erfolgt durch eine Wagenachse. Da diese aber weder gleichmäßig noch ständig in Bewegung ist, so müssen besondere Vorkehrungen zur Herbeiführung eines ruhig brennenden Lichts getroffen werden.

Der Strom wird deshalb von der Dynamo-Maschine nicht immer unmittelbar den Lampen zugeführt, es werden durch die Maschine stets ein oder zwei Speicherbatterien aufgeladen, welche die Speisung der Lampen während des Stillstands und bei langsamer Fahrt übernehmen. Sehr fein durchgearbeitete Schalteinrichtungen sorgen für die Zuführung eines stets gleichartigen Stroms.

Die Fortschritte, welche im Lauf der Jahrzehnte im Bau der Personenwagen gemacht worden sind, werden am besten durch die Zunahme der sogenannten toten Last gekennzeichnet. Man bezeichnet damit die Zahl der Kilogramme, die sich ergibt, wenn man das Gesamtgewicht eines Wagens durch die Anzahl der vorhandenen Plätze teilt. In den älteren zweiachsigen Wagen beträgt das tote Gewicht für jeden Platz etwa 500 Kilogramm, in den dreiachsigen Wagen schon 800 Kilogramm, in den vierachsigen D-Wagen sind mehr als 1100 Kilo für jeden Platz mitzuschleppen, bei den sechsachsigen Schlafwagen steigt die tote Last gar auf über 1400 Kilogramm. Wenn man bedenkt, daß ein erwachsener Mensch im Durchschnitt 70 Kilogramm wiegt, so geht hieraus deutlich hervor, welche hohe Aufwendungen heute gemacht werden, um ein möglichst angenehmes Fahren zu erzielen.



414. Geflügelwagen

einer italienischen Bahn. Die Einstiege ermöglichen ein Füttern und Tränken der Tiere während der Reise. Erbaut von der Maschinenfabrik Esslingen

Im Gegensatz zu der flinken Munterkeit der Personenzüge fährt der Güterzug ernst und streng über den trostlos grauen Bahndamm. Die hellen, wohlgepflegten Bahnsteige sind für den Lastenschlepper nicht vorhanden; als wäre er ihm feindlich gesinnt, lenkt der Stellwerkwärter den Zug vor jedem Bahnhof durch Abzweigstellung der Weichen hinüber in das krause Gestrüpp der Verschiebegeleise.

Während die Schnellzüge 90 Kilometer in der Stunde durchfahren, die Personenzüge 60 bis 70, müssen sich die Güterzüge meist mit einer stündlichen Fahrgeschwindigkeit von nur 30 bis 40 Kilometern begnügen.

Dafür ist aber der Wagenpark, der ihnen für ihre Reisen zur Verfügung steht, von überraschendster Mannigfaltigkeit. Man unterscheidet drei Hauptarten von Güterwagen: bedeckte, offene und für besondere Zwecke bestimmte Spezialwagen. Innerhalb jeder dieser Gattungen gibt es die zahlreichsten Einzelformen. Rollen doch im Güterverkehr nicht nur Wagen, die den Eisenbahngesellschaften gehören, sondern auch solche, die von anderen Besitzern erbaut und in Betrieb gegeben werden. Sie zeigen, ihren sehr verschiedenartigen Bestimmungen und Fähigkeiten entsprechend, alle erdenklichen Bildungen. Freilich werden von den Bahngesellschaften Privatwagen nur unter besonderen Bedingungen zugelassen; sie müssen ganz genauen Vorschriften genügen, denn wir wissen ja heute sehr genau, daß der „freie Wettbewerb auf der Schiene“ ein Unding ist.

Während sämtliche Personenwagen mit Bremsen versehen sein müssen, gibt es unter den Güterwagen einen sehr großen Teil, der gar keine Hemmvorrichtungen besitzt. Die Bremswagen wieder zerfallen in solche mit durchgehender Bremse und andere, die nur mit einzeln zu betätigender Hemmeinrichtung versehen sind. Die bremselosen Wagen besitzen häufig Leitungen, die ihre Einstellung in Züge mit durchgehender Bremse gestatten, ohne daß durch sie die von der Lokomotive bis zum Zugschluß laufende Druckluftleitung unterbrochen wird.

Das wichtigste Merkmal eines jeden Güterwagens ist das für ihn zugelassene Ladegewicht. Es besteht auf allen deutschen Bahnen daher die Vorschrift, das es in deutlichen Zahlen auf beiden Langseiten angegeben sein muß. Güterwagen mit zulässigem Ladegewicht unter 15 000 Kilogramm werden heute in Deutschland kaum noch gebaut. Bei den offenen Wagen sind solche mit 20 000 Kilogramm Ladefähigkeit, insbesondere für Kohlenbeförderung, sehr beliebt, und unter dem Druck der Verhältnisse in der Nachkriegszeit sind sogar 50 000 Kilogramm als Ladung für ein Einzelfahrzeug zugelassen worden. Es ist klar, daß die Beförderung der gleichen Gütermenge in wenigen großen Wagen billiger ist als in vielen kleinen. Denn die tote Last wird geringer und die Bedienung der kürzeren Züge erfordert weniger Mannschaft.

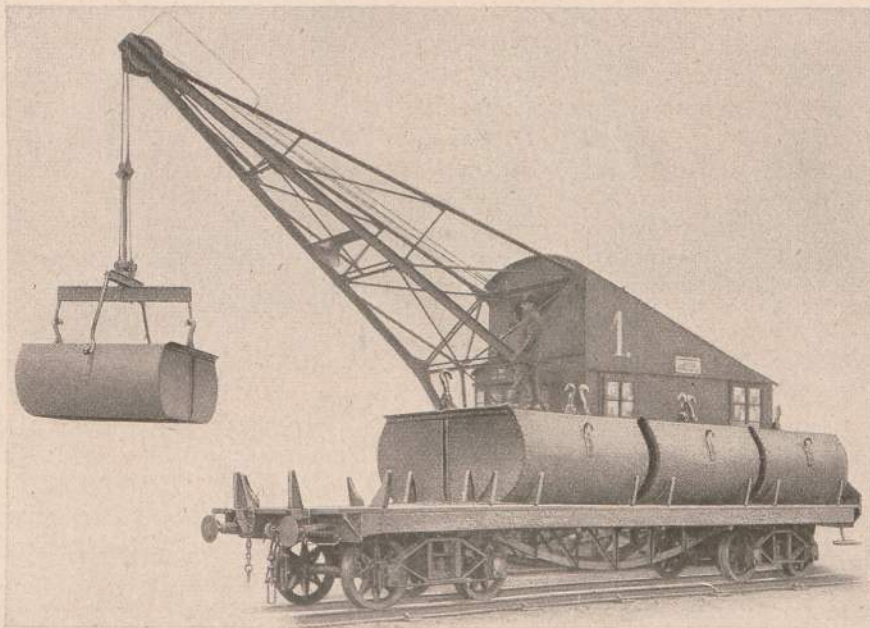
Bei der Bestimmung der Achszahl für Güterwagen muß natürlich darauf Rücksicht genommen werden, daß der zulässige Raddruck auf das Gleis niemals überschritten wird. Es herrscht heute im Güterwagenpark der Zweiaxser noch vor; häufig ist aber bereits in Rücksicht auf die Einstellbarkeit in die rascheren Personenzüge der Dreiaxser, und die neuen Großgüterwagen sind mit zwei zweiachsigen Drehgestellen ausgerüstet.



Die Bauart der Güterwagen ist sehr viel einfacher als die von Fahrzeugen für Personenbeförderung. Die Wände werden bei den bedeckten Wagen zum größten Teil aus Winkel- oder ähnlichen Formeisen zusammengenietet und mit schmalen, wagenrecht liegenden Brettern verschalt, die hinter dem Eisengerüst angebracht sind. Damit Luft auch bei geschlossenen Türen in den Wagen gelangen kann, werden zwei bis vier schmale Öffnungen dicht unter dem Dach angebracht, die durch Klappen verschlossen werden können.

Die bedeckten Wagen dienen zur Beförderung von Tieren und von solchen Gütern, die vor Witterungseinflüssen geschützt werden müssen. Sie sind verschließbar. Unter ihnen gibt es ein Geschlecht der Riesen. Es sind die allgemein mit dem Namen Hohlglasiwagen bezeichneten Fahrzeuge, die zur Beförderung besonders sperriger Güter dienen. Beim Verladen von Glasgefäßen gleicher Form, die nicht ineinander gestellt werden können, ist es bei gewöhnlichen Ausmaßen der Wagen nicht möglich, ihre Tragfähigkeit auszunutzen. Das gleiche gilt für die Beförderung von Papierhüllen, Spielwaren, Strohballen und ähnlichem. Aus diesem Grund werden Wagen, die solchen Zwecken dienen, möglichst breit und möglichst hoch gemacht.

Vorzüglich ausgestattet sind bedeckte Wagen, die zur Beförderung von Renn- und edlen Reitpferden dienen. Sie haben stark gepolsterte Wände. Durch Aufstellen von gleichfalls gepolsterten Scheidewänden können zwei bis drei Einzelställe hergerichtet werden, die mit Futtertrögen ausgerüstet sind. Derartige Wagen enthalten gewöhnlich auch ein gut eingerichtetes Abteil für die Begleiter. Die Fahrzeuge sind mit allen nötigen Vorrichtungen, wie Druckluftbremse und Heizleitung, versehen, damit sie auch in Schnellzüge eingestellt werden können. Güter, die durch Wärmeeinwirkung leicht verderben können, werden in Wärmeschutzwagen befördert. Es kommen hierfür insbesondere Versendungen von Milch, Bier, feinem Obst und anderen Eswaren in Betracht. Zwei- und dreifach verschaltete Dächer halten die Sonnenstrahlung ab. Wände und Boden sind gleichfalls doppelt ausgeführt, und die Zwischenräume der Verschaltungen sind mit Stoffen wie Kieselgur und Torfstreu ausgefüllt, welche die Wärme schlecht leiten. Besondere Behälter gestatten das Einlegen von Eis. Bayern besitzt allein 2000 Bierwagen, die derart ausgerüstet sind. Damit auch der Frost keine schädliche Wirkung ausüben vermag, sind die Wagen zum großen Teil mit Heizvorrichtungen für Kohlefeuerung versehen.

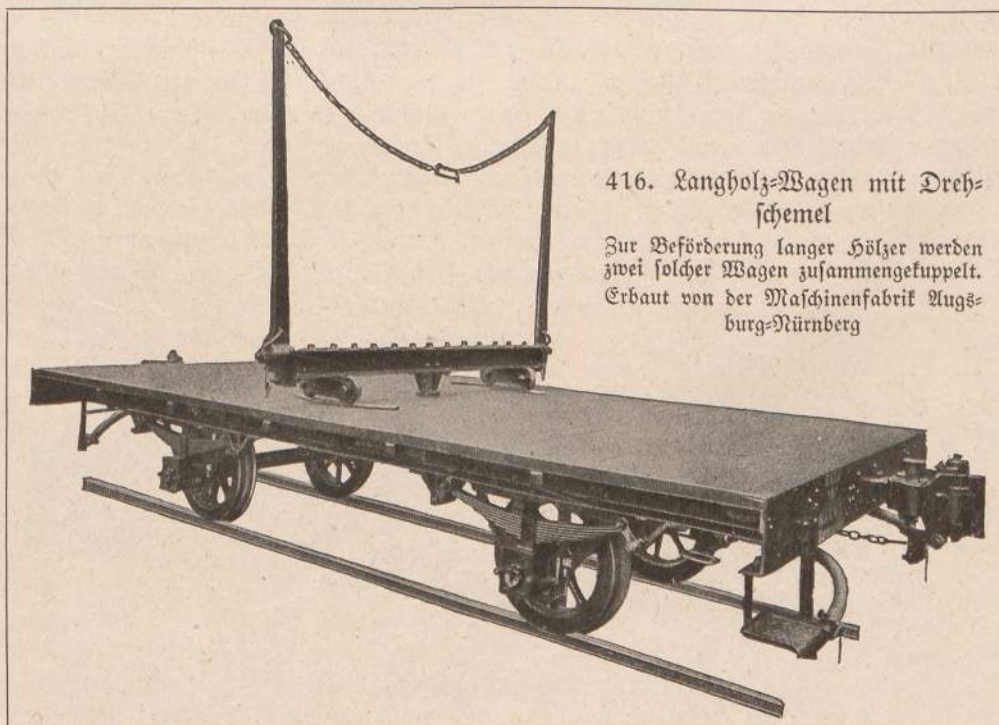


415. Kübelwagen

zur Beförderung von schüttbarem Gut, das beim Auf- und Abladen geschont werden muß.  
Erbaut von van der Zypen & Charlier in Köln-Deuß

Fischwagen enthalten große Wasserbehälter aus Metall, die durch Scheidewände in mehrere Abteilungen zerlegt sind, damit nicht die ganze Wassermasse auf einmal ins Schwanken geraten und schädliche Schläge ausführen kann. Die Fischbehälter haben oft einen Inhalt von 20 Kubikmetern. Eine meist durch Benzinmotor angetriebene Pumpe sorgt dafür, daß das Wasser sich in ständigem Umlauf befindet und mit frischer Luft durchsetzt wird.

Zur Versendung von Kleinvieh ist eine große Zahl bedeckter Wagen mit einem zweiten Boden in halber Höhe versehen. Zwei weitere Boden können rasch durch bereit gehaltene Bretter hergestellt werden, so daß Gänse oder anderes Geflügel in großer Zahl darin untergebracht werden können. Wenn die Tiere über längere Strecken befördert werden



416. Langholz-Wagen mit Drehschemel

Zur Beförderung langer Hölzer werden zwei solcher Wagen zusammengekuppelt.  
Erbaut von der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg





417. Tiefadewagen

zur Beförderung besonders hoher Gegenstände. Auf dem Bild ist ein Riesen-Transformator der Allgemeinen Electricitäts-Gesellschaft in Berlin aufgeladen

müssen, werden Wagen verwendet, die ein Betreten des Innern zur Vornahme der Fütterung und Tränkung gestatten.

Eine besondere Art vollkommen geschlossener Eisenbahnfahrzeuge stellen die Kesselwagen dar. In ihnen werden Flüssigkeiten befördert. Die Kesselwagen haben große Bedeutung für das chemische Gewerbe. Petroleum, Benzin, Treiböl, Leer, Leeröl, Terpentin können in ihnen bequem versandt werden. In Wüstengegenden werden sie auch vielfach zur Beförderung von Wasser verwendet. Auch die Gaswagen zur Füllung der Behälter in den Personenwagen (Bild 409) sind betrieblich dieser Gattung zuzurechnen. Das Füllen erfolgt durch einen oben aufgesetzten Dom, die Entleerung durch ein Bodenventil. Damit dicke Flüssigkeiten, wie z. B. Leer, rascher auslaufen, sind Heizvorrichtungen angebracht. Säuren werden sehr geschwind durch Einlassen von Druckluft hinausgeschafft, Spiritus durch Pumpen ausgesaugt. Damit die Dämpfe, die sich aus den Flüssigkeiten häufig bilden, die Kesselwagen nicht sprengen können, sind Sicherheitsventile vorgesehen. Zur Verhinderung von Schlägen durch ungehemmte Bewegungen des Inhalts werden Querrände eingebaut.

Säuren, die instand sind, Metallwände anzufressen, werden in großen Steintöpfen befördert. Diese stellt man mit Hilfe hölzerner Gerüste sehr fest und unverrückbar auf. Kalk und Salz reisen in Fahrzeugen, die im allgemeinen wie offene gebaut, aber durch Klappdeckel zu verschließen sind.

Auf jedem größeren Bahnhof werden ständig Hilfszüge in Bereitschaft gehalten, die bei einem Unfall stets sofort abfahren können und die zu raschen Hilfsleistungen notwendigen Vorkehrungen enthalten. Die wichtigsten Teile dieser Hilfszüge sind der Arzt- und der Gerätwagen. Der erste enthält einen kleinen Operationsraum, sowie eine Apotheke und Lagerstätten, in dem anderen sind Ketten,

Binden, Beile, Schraubenschlüssel und viel anderes Werkzeug sowie eine kleine Feldschmiede untergebracht. Zur Herichtung der Hilfszüge werden ausschließlich bedeckte Güterwagen verwendet.

Teils zum Güter-, teils zum Personenwagenpark gehören die Packwagen. Sie dienen vor allem zur Unterbringung des Gepäcks der Reisenden, enthalten aber außerdem noch den Dienstraum für den Zugführer. Der Fußboden ist hier so hoch gelegt, daß der Zugführer von seinem Arbeitsplatz, der aus Polstersessel und Tisch besteht, den ganzen Zug und die Strecke durch die Frontfenster eines besonderen Aufbaues überschauen kann.

Der weitaus größte Teil des Güterwagenparks der deutschen Bahnen besteht aus offenen Wagen. In ihnen werden alle Güter versendet, die gegen Witterungseinflüsse, gegen Regen und Staub nicht sehr empfindlich sind. Ein gewisser Schutz kann den so beförderten Waren auch dadurch gewährt werden, daß man sie mit Planecken einhüllt. Die Eisenbahnverwaltungen halten diese Decken in großer Zahl vorrätig.

Betrieblich sind offene Wagen sehr viel bequemer als bedeckte, denn man kann sie von oben her beladen, indem man schwere Laststücke durch Krane einbringt, Erz, Kohle, Sand oder Getreide durch Schüttrinnen. Bedeckte Wagen lassen nur Beladung von der Seite her zu, weshalb bei ihnen am häufigsten das Einkarren des Guts stattfindet, das eigentlich keine neuzeitliche Förderungsart mehr ist.

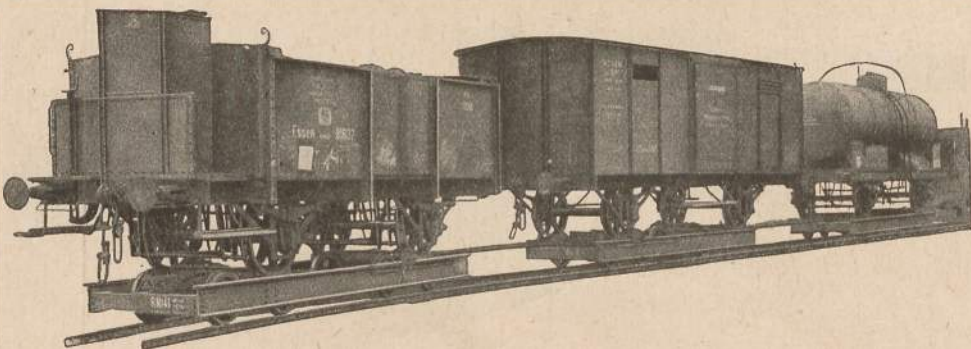
Man unterscheidet bei den offenen Wagen hochbordige, niederbordige und bordlose; die letzten besitzen zum Befestigen der Planen oder zum Anbinden von Stricken an Stelle der Seitenwände häufig einzelne Stangen oder Rungen, die herausnehmbar sind.

Die Bordwagen sind zur bequemen Entladung gewöhnlich mit doppelten Flügeltüren an jeder Längswand versehen. Sie werden in außerordentlich großer Zahl zur Beförderung von Kohle oder auch von Zuckerrüben zu deren Erntezeit verwendet.

Massengüter, die beim Auf- und Abladen geschont werden sollen, weil Zerkleinerung ihren Wert beeinträchtigt, werden häufig auf besonderen Kibbelwagen versendet. Die Kibbel werden vom Kran bewegt und können sehr vorsichtig hinauf- und hinabgehoben werden. Das Abstürzen des Guts fällt hierdurch fort.

Damit man sehr schwere Güter, wie Schienen oder Träger, die ohne Seitenbefestigung gelagert werden können, leicht auf- und abzuladen vermag, sind die bordlosen oder Plattform-Wagen vorgesehen. Auf ihnen werden auch Möbelwagen, Automobile und ähnliche Güter befördert.

Die Versendung von Baumstämmen und anderem Langholz macht besondere Schwierigkeiten, da das Gut selbst sich ja den Bahnkrümmungen nicht anzupassen vermag. Um nun für solche leichten Güter nicht besondere Drehgestellwagen bereithalten zu müssen, hilft man sich, indem man



418. Rollspurzug auf Schmalspur-Gleis

Rollböcke mit Räderfesthaltung. Von der Typen & Charlier in Köln-Deutz



die Langhölzer auf zwei miteinander sonst nicht verbundene Plattformwagen ladet, von denen jeder einzelne einen eisernen Schemel trägt; dieser kann sich um einen Zapfen im Wagenboden drehen. Das genügt für die Einstellung in den Gleisbogen.

In den Fabriken werden häufig Gegenstände geschaffen, die so groß sind, daß sie beim Verladen auf gewöhnlichen offenen Wagen die Umgrenzungslinie des lichten Raums nach oben überschreiten würden. Das ist keinesfalls zulässig. Um aber auch solche Güter mit der Eisenbahn befördern zu können, wendet man eine besondere Bauart für die hierzu bestimmten Wagen an. Man nennt derartig hergerichtete Fahrzeuge Tiefladewagen, weil ihre Plattform, soweit sie zwischen den Achsen liegt, weit nach unten gezogen ist, so daß eine tiefliegende Tragfläche entsteht. Auf diese Weise kann man hochragende Gegenstände, wie z. B. Transformatoren, ohne Überschreitung der Umgrenzungslinien befördern. Auch Lokomotiven für Rußland und Spanien, die ja auf unserer Spur nicht laufen können, werden, nachdem sie in deutschen Fabriken erbaut sind, auf solchen Fahrzeugen fertig bis zu den Grenzbahnhöfen geschafft.

Obgleich die deutschen Bahnen alljährlich eine sehr große Anzahl Güterwagen neu herstellen lassen, herrscht doch infolge der lebhaften Tätigkeit im deutschen Gewerbe ein häufiger Wagenmangel. Es ist darum notwendig, alles zu tun, um die Ruhezeiten der Wagen nach Möglichkeit abzukürzen, das heißt das Beladen und Entladen so weit zu beschleunigen, wie es irgend möglich ist.

In dieser Beziehung ist bei uns noch mancherlei zu tun.

Für das Beladen werden mechanische Vorrichtungen durchaus noch nicht so häufig herangezogen, wie es möglich wäre. Das Schleppen und Karren herrscht noch vor, auch wo es sich um offene Wagen handelt; der Kran ist auf Bahnhöfen eine noch viel zu seltene Erscheinung. Für schüttbare Massengüter wie Kohle, Koks, Erze, Steine, Sand, Schlacke, Schotter, Rüben und Kartoffeln gibt es eine Entladungsart, die außerordentlich beschleunigend zu wirken vermag. Hierfür müssen die Wagen mit Selbstentladungseinrichtungen versehen sein. Die hierfür nötigen Vorkehrungen werden in Band IV in dem Abschnitt „Förderbahnen“ besprochen.

In Europa pflegen täglich sehr viele Güterwagen die Landesgrenze zu überfahren. Durch Vorkehrungen für zoll-sicheren Verschluß, über den besondere zwischenstaatliche Vereinbarungen bestehen, ist dieser Verkehr ohne weiteres möglich. Er bringt den außerordentlichen Vorteil, daß die schweren Lasten an den Grenzen nicht umgeladen zu werden brauchen. Ein solcher Wagenübergang ist jedoch an vielen Stellen der deutschen Ostgrenze nicht ohne weiteres möglich, nämlich überall dort, wo die russische Spurweite sich anschließt, die um 69 Millimeter breiter ist als die unsrige. Der Wunsch, deutsche Güterwagen auch nach Rußland und russische nach Deutschland laufen lassen zu können, hat zur Erbauung besonderer Einrichtungen geführt, die auch hier einen Übergang ohne Umladung ermöglichen. Wagen, die über

die russisch-deutsche Grenze hinübergehen können, nennt man Umsezer oder — nach ihrem Erfinder — Breidsprecherische Wagen. Über beide Spurweiten zu laufen, werden sie dadurch befähigt, daß man ihre Radsätze auswechselbar macht.

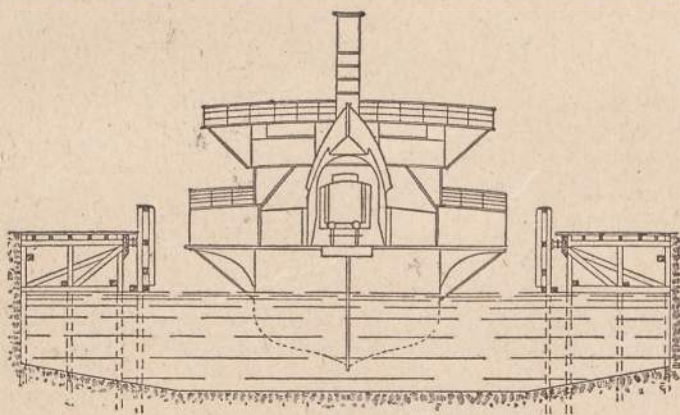
Wenn ein Wagen, der nach Rußland übergehen soll, am Grenzbahnhof ankommt, dann wird sein Tragrahmen vorn und hinten so auf je einen sehr breiten Karren gesetzt, daß er von diesen getragen werden kann. Die Achshalter werden nun geöffnet, und der Wagen langsam vorwärts geschoben. Das Regelspurgleis senkt sich allmählich unter die Höhe der Karrenfahrbahn, so daß die Achsen von selbst aus den Achshaltern gleiten und im Regelspurgleis zurückbleiben. Bei Weiterfahrt des auf den Karren ruhenden Wagens steigt aus der Vertiefung ein Breitspurgleis allmählich auf. Besondere Fangeisen an den Achshaltern umfassen die auf dem Breitspurgleis bereit gehaltenen Achsen, und langsam setzt sich der Wagen auf diese Achsen mit dem breiteren Radstand auf, worauf sie an dem Untergestell befestigt werden. Alsdann ist nur noch das Bremsgestänge so zu verstellen, daß die Bremsklötze auf die weiter auseinanderstehenden Räder auftreffen. Beim Übergang von Rußland nach Deutschland vollzieht sich derselbe Vorgang in umgekehrter Reihenfolge.

Personenwagen mit Umsezer Vorrichtungen gibt es im gewöhnlichen Verkehr nicht, da die menschliche Last sich ja weit leichter selbst in andere Wagen verfrachten kann. Das einstige russische Kaiserhaus besaß jedoch eine ganze Reihe umsezerbarer

Saahwagen für Fahrten durch das übrige Europa.

Besondere Vorkehrungen für Wagenübersezung sind auch da notwendig, wo Güter, die in Vollspurwagen geladen sind, nach Orten geschafft werden sollen, zu denen nur eine Schmalspurbahn führt. Man hilft sich hier dadurch, daß man die Vollspurwagen rittlings auf andere Fahrzeuge aufsetzt, die für das Schmalspurgleis gebaut sind. Man nennt sie Rollböcke. Es sind zweiachsige Wägelchen mit sehr kurzem Achsstand, auf denen sich je ein Drehschemel befindet. Zwei an dessen Enden angebrachte Halter nehmen je eine Achse des Vollspurfahrzeugs auf.

Das Überladen auf die Rollböcke erfolgt in besonderen Gruben. Das Vollspurgleis läuft an deren Rand glatt durch. Die Rollböcke stehen unten auf einem ansteigenden Gleis. Es wird nun ganz ähnlich verfahren wie bei den Breidsprecherischen Wagen. Die Fangeisen der Rollböcke werden zunächst lose an den Achsen des Vollbahnwagens befestigt. Alsdann wird dieser so lange auf seinem Gleis verschoben, bis die Achsen fest in den Gabeln der aufsteigenden Rollböcke liegen. Nach dem Verschließen der Gabeln werden die Rollböcke ganz aus der Grube gezogen, so daß der Wagen nunmehr mit freien Rädern auf ihnen schwebt. Es werden auch Rollböcke gebaut, auf denen nicht die Achsen, sondern die Räder des Vollbahnwagens aufruhend. Die Rollbockgruppen unter den einzelnen Wagen werden bei Herstellung der Züge durch steife Kupplungen miteinander verbunden.



419. Eisenbahnfähre in der Landungsvorrichtung  
Querschnitt durch das Fährbett. Aus „Eisenbahntechnik der Gegenwart“

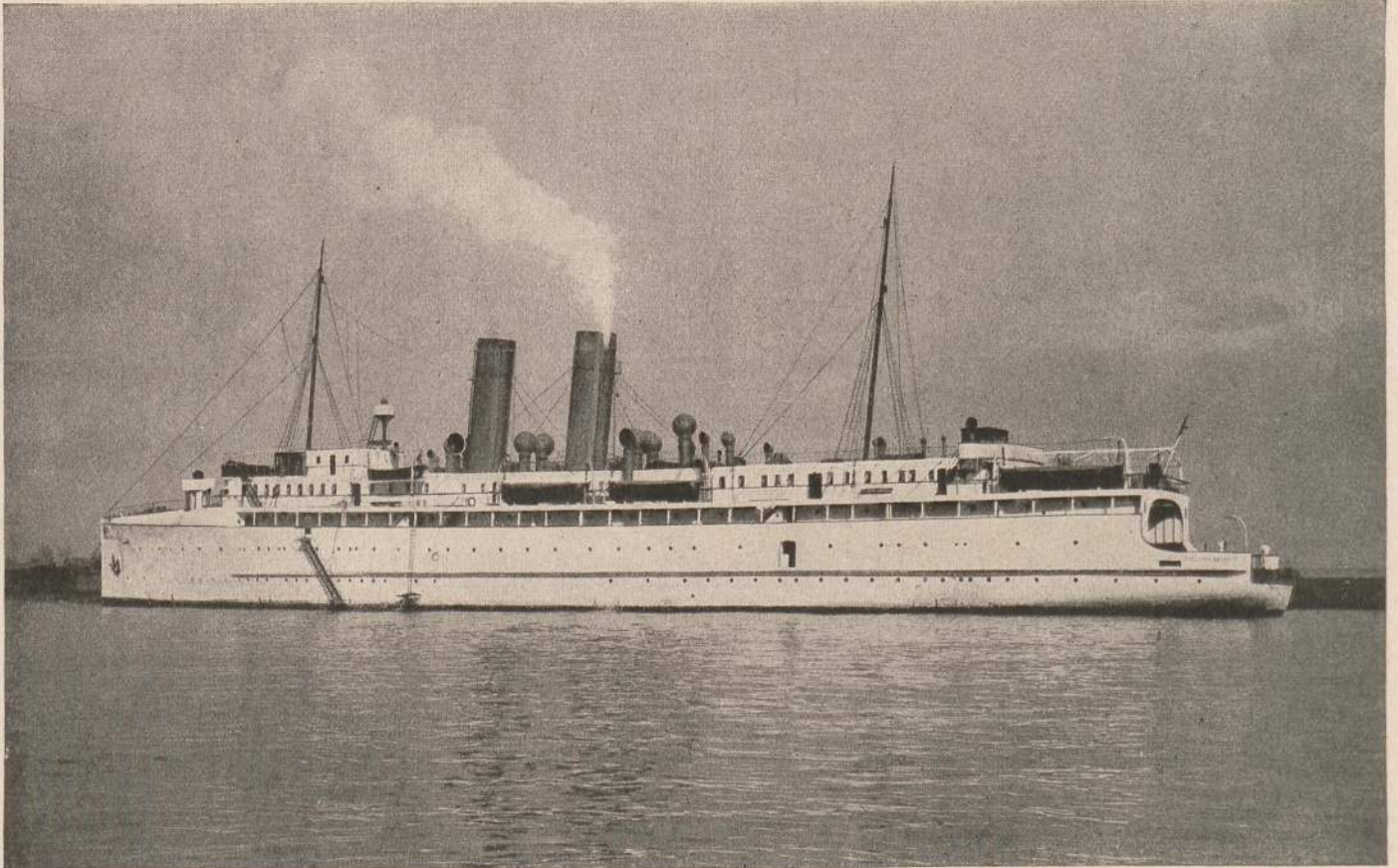


Der Eisenbahnverkehr macht in unseren Tagen weder an den Ufern großer Binnenseen, noch an den Küsten der Meere halt, auch an solchen Stellen nicht, wo keine Brücke erbaut werden kann. Der flinke Renner Eisenbahn wird dann auf ein schwerfälliges, breitbauchiges Fährschiff gesetzt, vom Beförderer wird er zum Beförderten. Der stählerne Pfad, das ewig Ruhende im sonst rastlosen Bezirk der Eisenbahn, wird hier plötzlich mitbewegt, der Unterbau ist keine Erde mehr, sondern ein schwankendes Schiffsdeck.

Aber wenn auch die Beförderung durch das widerstehende Wasser mit ungewohnter Bedächtigkeit vor sich geht, so sind doch die Fähren sehr nützliche Mitglieder des Eisenbahnverkehrs. Ohne sie würde die Eisenbahn nicht nur die Beförderung der Güter über das Wasser selbst verlieren, auch

zahlreichen Linien solcher Art durchzogen wird. Ganz besonders viel angewendet wird der Fährbetrieb in Dänemark, das durch seine Lage auf einer großen Zahl von Inseln hierzu beste Gelegenheit bietet. Über die großen amerikanischen Seen werden öfter ganze Schnellzüge geschlossen hinübergefahren.

Deutschland besitzt eine kleine und zwei große Fährstrecken über das Meer. Von Stralsund aus gelangen Personen und Güter nach Altfähre auf Rügen, indem der drei Kilometer breite dazwischenliegende Meeresarm mittels einer Fähre übersetzt wird. Von Warnemünde aus fahren solche Schiffe 45 Kilometer weit über die Ostsee nach Gjedser in Dänemark und von Saßnitz aus gar über eine 107 Kilometer lange Meeresstrecke nach Trelleborg in Schweden. Diese



420. Eisenbahnfähre „Preußen“  
Erbaut von den Vulcan-Werken

die Zufahrtgeleise zu den Ufer- und Küstenorten würden weit weniger benutzt werden, da ja wegen des zweimaligen Umladens, auf die zwischengeschalteten gewöhnlichen Schiffe und von diesen wieder auf die Bahnwagen, die Verfrachtung gewisser Güter auf solchen Linien überhaupt vermieden werden würde. Der Handel würde das Schiff schon möglichst am Beginn der Frachstrecke bevorzugen. Für den Personenverkehr ist die Einrichtung des Fährbetriebs nicht notwendig, da die Fahrgäste leicht aufs Schiff umsteigen können. Wenn hier und da auch Personenwagen auf Güterfähren mitgenommen werden, so ist das ein fast übertriebener Luxus.

In Deutschland waren es die württembergischen Bahnen, die sich zuerst des Fährbetriebs bedienten; im Jahre 1868 fuhr die erste Eisenbahnfähre über den Bodensee, der ja als eines der größten europäischen Binnengewässer heute von

Schwedensfähren sind ganz besonders geräumig. Jede von ihnen kann 18 beladene Güterwagen auf einmal mitnehmen.

Für den Übergang der Wagen von der festen Eisenbahnstrecke zu den Gleisstücken auf dem Fährschiff sind besondere Vorkehrungen notwendig. Zunächst müssen die Schiffe beim Landen stets sehr genau an die gleiche Stelle geleitet werden, damit Land- und Schiffsgleis eine durchlaufende knicklose Linie bilden. Man läßt die Fähren beim Anlegen keine Seitendrehung machen, sie fahren vielmehr mit der Spitze oder dem Heck gegen das Land. Zur Herbeiführung der genauen Lage werden sie unmittelbar vor dem Ende ihres Laufs durch Leitwerke oder Fährbetten aufgenommen. Diese haben die Matrizen-Form des vorderen oder hinteren Schiffskörpers. Um den Stoß beim Auffangen des Schiffs im Leitwerk möglichst zu mildern, sind dessen Bohlen federnd



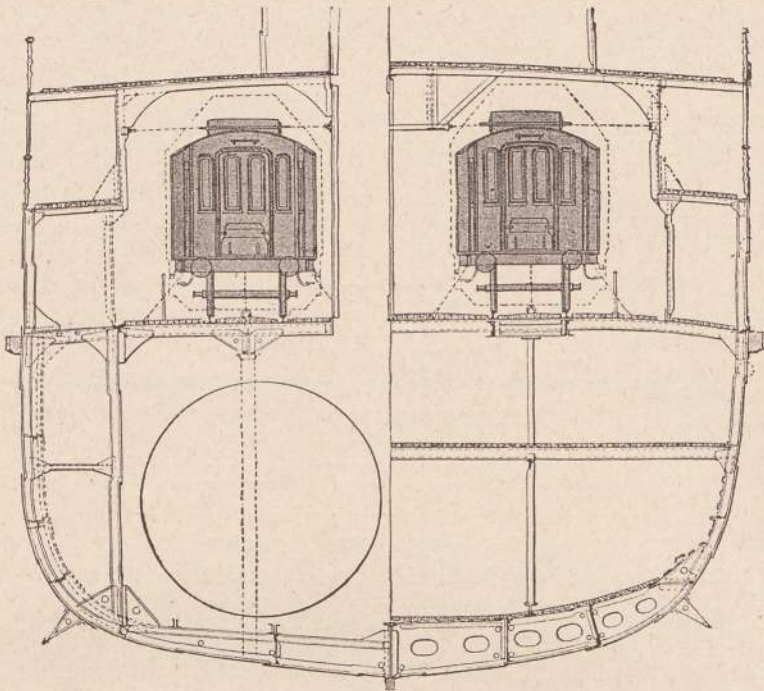
an Rumpfpfählen oder Betonpfählen befestigt.

Die Fahren werden mit schweren Trossen am Land festgehalten. Bei unruhigem Wasser läßt man wohl auch die Schiffschraube ständig langsam vorwärts oder rückwärts arbeiten, damit das Ende des Fahrzeugs stets fest anliegt.

Die Verbindung zwischen Landgleis und Fährgleis wird durch eine bewegliche Brücke hergestellt, die am Land ein festes Drehgelenk besitzt und mit ihrem anderen Ende auf dem Fährdeck aufliegt. Die Brücke muß eine Beweglichkeit in der senkrechten Ebene besitzen, um den verschiedenen Höhenlagen folgen zu können, die das Schiff bei wechselndem

Wasserstand und je nach der Stärke seiner Beladung einnimmt. Es ist aber auch notwendig, der Brücke eine gewisse Kipp-Beweglichkeit zu geben. Denn auf den großen Fahren liegen stets mehrere Geleise nebeneinander, die nicht zu gleicher Zeit beladen werden können; infolge der ungleichmäßigen Belastung beider Längshälften tritt häufig eine schiefe Seitenlage der Fähre, die sogenannte Krängung, ein. Wenn diese auch bei Abfahrt des Schiffs noch vorhanden ist, wird Wasser in hierzu vorgesehene Ballasträume eingelassen und die Fähre hierdurch vollständig gerade gerichtet.

Die Eisenbahnfahrzeuge müssen auf den Fährgeleisen festgemacht werden, damit sie beim unvermeidlichen Schwanken des Schiffs nicht in Bewegung geraten. Man befestigt zu diesem Zweck an den Puffern Hängeeisen, die zangenartig um die Schienenköpfe geklemmt werden. Bei besonders unruhigem Wasser werden noch schräge Ketten angewendet. Durch leichte Schraubenwinden, die man zwischen das Untergestell der Wagen und den Deckboden klemmt, hebt man das Federpiel der Fahrzeuge auf, damit kein senkrechttes Schwanken der schwer beladenen Wagenkasten eintreten kann. An den Enden der Fährgeleise sind meist kräftige Prellböcke angebracht, die während des Beladens zur Seite fortgeklappt werden können. Die meisten Fahren sind doppelendig gebaut, so daß sie je nach Bedarf sowohl von vorn wie von hinten her beladen werden können.



421. Querschnitt durch die Eisenbahnfähre „Preußen“

Der gleistragende Abschnitt des Unterdecks ruht auf Stützen, die bis zu den Bodenwangen hinunterreichen

Wir haben bisher nur die Glieder der Kette betrachtet, die über die Geleise zieht, aber unsere Aufmerksamkeit noch nicht den Vorkehrungen zugewendet, welche diese einzelnen Glieder zu einem Ganzen zusammenfügen und dem Zug, obgleich er aus starren Stücken besteht, die Geschmeidigkeit einer Schlange verleihen.

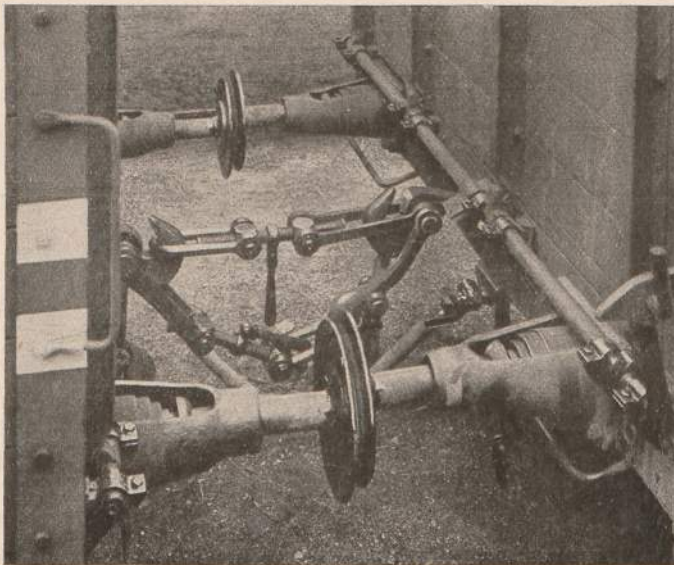
Die auf den Schienen zu einer Einheit zusammengeschlossenen Fahrzeuge üben zwei verschiedenartige Kraftwirkungen aufeinander aus: den Zug und den Stoß. Wenn die Wagenreihe anfährt, reißt der eine Wagen den nächsten hinter sich fort, beim Bremsen und Anhalten stoßen die Fahrzeuge mehr oder weniger heftig aufeinander. Die

Verbindungen zwischen ihnen müssen daher so gestaltet sein, daß sie beide Angriffe auszuhalten und so aufzunehmen vermögen, daß die Wagen selbst möglichst wenig unter Erschütterungen zu leiden haben.

Zur Aufnahme der Stöße dienen die Puffer, zur schonenden Übertragung der Zugkräfte die Kupplungen.

Puffer sind als weitest vorspringende Teile zwischen die einzelnen Fahrzeuge geschaltet. Die Schäfte ihrer Zeller setzen sich gegen sehr kräftige Wickelfedern, die bei jedem Stoß zusammengedrückt werden und so den Anprall von dem Wagen selbst fernhalten oder ihn doch nur in verminderter Stärke übertragen. Damit die Puffer in Krümmungen, wenn die Wagen sich schief gegeneinander einstellen, nicht abbrechen, ist durch eine besondere Vorschrift bewirkt, daß einem flachen Zeller stets ein gewölbter Pufferkopf gegenübersteht. Dies wird durch die einfache Anordnung herbeigeführt, daß der beim Anschauen der Stirnseite jedes Fahrzeugs rechts stehende Puffer stets eben, der linke jedoch gewölbt sein muß.

Für die schweren D-Wagen genügt die einfache Pufferfederung nicht mehr. Hier ist hinter der Pufferbohle, die das Untergestell nach vorn abschließt, noch eine zweite, schwächere Federung eingefügt. Da infolge der sehr großen Kastenlänge bei den Drehgestellfahrzeugen die Schiefstellung in den Krümmungen sehr groß ist, der innen liegende Puffer also sehr kräftig eingedrückt



422. Puffer und Schraubenkupplung

mit zusammengefügter Notkupplung. Phot. W. Tisenthaler



wird, während der andere fast gänzlich entlastet ist, sind Ausgleichhebel eingeschaltet; sie übertragen die auf den einen Puffer ausgeübte Kraft auf den anderen und zwingen ihn zur Mitwirkung.

Auf den deutschen Vollbahnen werden ausschließlich Seitenpuffer verwendet. Auf Schmalspurstrecken mit ihren leichteren Fahrzeugen trifft man häufig Mittelpufferung mit nur Einem Pufferkörper an. Diese Anordnung ist heute in Amerika auch auf den großen Strecken die Regel.

Sehr viel wichtiger noch ist betrieblich die Tätigkeit, welche die Kupplungen zu leisten haben. Diese sind es ja eigentlich, welche die Einzelfahrzeuge zu dem Ganzen des Zugs vereinigen.

Die heutige Form der Kupplungen ist mit großer Ausdauer allmählich so gestaltet worden, daß die Verbindungsglieder durchaus haltbar und zuverlässig sind. Mit diesen Eigenschaften muß die Kupplung aber auch rasche Lösbarkeit vereinigen, damit das Anhängen und Absetzen von Wagen möglichst geschwind vor sich gehen kann, denn jeder Zeitverlust verursacht unnötige Ausgaben. Die Kupplungen dürfen ferner nicht starr mit den Fahrzeugen verbunden sein, sondern müssen federnd an diesen angebracht werden, um ein Anziehen ohne Ruck zu ermöglichen.

Federnde Kupplungen erleichtern der Lokomotive das Anfahrge- schäft dadurch, daß nicht sofort der ganze Zug in Bewegung ge- setzt zu werden braucht, sondern infolge des Federspiels ein Wagen nach dem anderen sich fest an den Zughafen der Maschine hängt. Namentlich bei den schweren Gü- terzügen ist dies wichtig. Um hier ein ganz allmähliches An- ziehen zu ermöglichen, werden die Kupplungen an Güterzügen nicht fest angespannt, man läßt viel- mehr einen kleinen Spielraum zwischen den Puffern bestehen, so daß der Zug beim Anfahren sich streckt, der letzte Wagen erst angezogen wird, wenn die vor- dersten sich bereits in Fahrt be- finden. Bei Zügen für Personen- beförderung ist das gleiche Ver- fahren nicht möglich, weil die Wagen bei loser Kupplung leicht in ein Schwanken geraten, das empfindlichen Reisenden ein der Seekrankheit ähnliches Gefühl verursachen würde. Allzu kräf- tiges Anziehen der Kupplung ist jedoch auch hier zu ver- meiden, damit der Zug keinen starren Block bildet.

Wegen der Schiefstellung der Wagenenden in den Krüm- mungen werden die Kupplungsköpfe bei langen Wagen meist so angeordnet, daß sie sich in der wagerechten Ebene um ein Gelenk drehen können. Die Öffnung in der Puffer- bohle, durch welche der Kupplungsschaft hindurchgreift, ist dann schiffartig ausgebildet, um seitliches Spiel zu ermöglichen.

In Europa wird heute allgemein die Schraubenkupplung verwendet, und zwar in der Form, wie Bild 422 sie dar- stellt. Die Vorrichtung ist spannbar, gestattet also, die Vereinigung der aufeinanderfolgenden Fahrzeuge verschieden- artig, fest oder lose, herzustellen. Die an jedem Haken- schaft aufgehängte Schraubspindel wird mittels eines Bügels mit dem Haken des nächstfolgenden Fahrzeugs ver- bunden. Alsdann wird mit Hilfe eines Schwengels die Schraubspindel gedreht. Sie

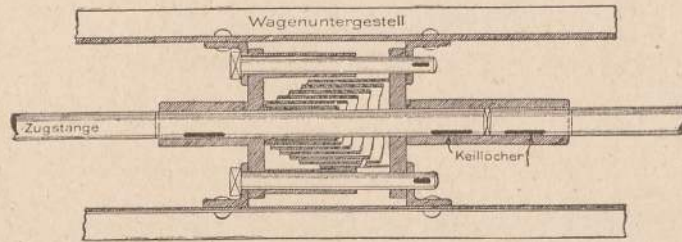
hat Rechts- und Linksge- winde, so daß die von beiden Seiten her auf die Gewinde der Spindel gesteckten Mut- tern sich gleichzeitig nach der Mitte der Spindel bewegen. Bei Zügen für Personenbe- förderung wird die Kupp- lung so angespannt, daß die Puffer eine mäßige Span- nung gegeneinander haben.

Da jedoch trotz des vorzüglichen Stoffs, aus dem die Kupplungen hergestellt werden, ein Zerreißen niemals außer- halb des Bereichs der Möglichkeit liegt, ist noch eine Hilfs- kupplung vorgeschrieben. Zu diesem Zweck ist an jeden festen Haken noch ein lose herabhängender Haken angelenkt. Da beim Kuppeln zweier Wagen stets ein Schraubengehänge frei ist, so ergibt dessen Vereinigung mit dem hängenden Haken ohne weiteres die Doppelkupplung. Sie ist für gewöhnlich ganz lose, strafft sich jedoch so- fort von selbst an, wenn die eigentliche Kupplung reißt.

Durch Bügel, die weiter an die Hilfskupplungshaken ange- hängt sind, kann auch nach Bruch beider Schraubspindeln noch eine Verbindung hergestellt werden.

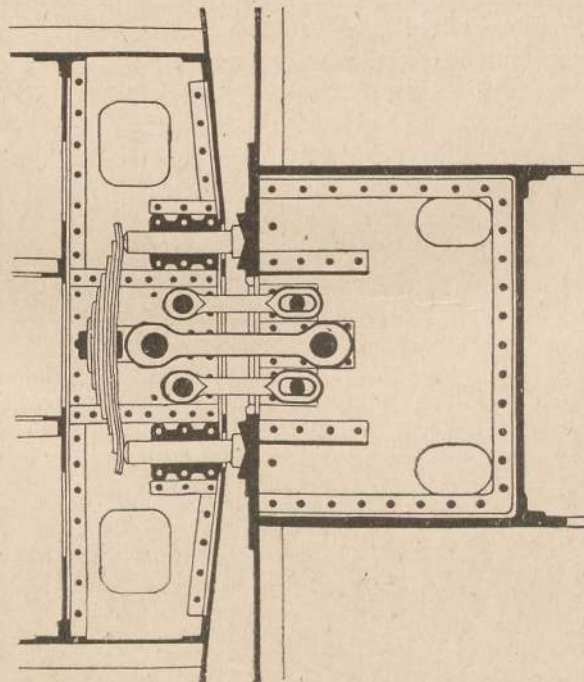
Wenn die Enden der Kupp- lungen an den Pufferbohlen be- festigt sind, müssen notwendiger- weise die Rahmen der Wagen alle auftretenden Zugkräfte aufnehmen. Der Rahmen des ersten, unmit- telbar hinter der Lokomotive lau- fenden Wagens hat also das ge- samte sehr bedeutende Zuggewicht fortzuziehen. Das ergibt eine Be- anspruchung der Wagenunterge- stelle, die diesen nicht günstig ist. Auf den deutschen Bahnen wurde darum bereits im Jahre 1866 ein Zwischenglied eingeführt, das die Untergestelle vollkommen ent- lastet. Es ist das die durch- gehende Zugstange.

Die Kupplungen werden seitdem nicht mehr am vorderen und hinteren Querträger der Rahmen angebracht, sondern sie sind durch eine Stange miteinander verbunden, die unter dem ganzen Wagen durchläuft. Hierdurch wird über die Einzelkupplungen hinweg eine gesonderte Zugverbindung vom Tenderhaken bis zum letzten Wagen geschaffen. Die Einrichtung hat sich als außerordentlich günstig erwiesen. Selbstverständlich muß jede Zugstange an einer Stelle mit dem Untergestell ihres Wagens in Verbindung stehen,



423. Zugstangen-Federung

Verbindung der durchgehenden Zugstange mit dem Wagen-Untergestell



424. Kupplung zwischen Tender und Lokomotive  
Kurzkupplung mit Seitenpuffern und drei Zugeisen



damit dieser mitgenommen wird, und diese Verbindung, die sich in der Mitte der Wagenlängsachse befindet, muß federnd sein. In welcher Form sie ausgeführt wird, zeigt Bild 423.

Das Vorderende der Lokomotive und das Hinterende des Tenders müssen gleichfalls Kupplungen gewöhnlicher Bauart besitzen. Ganz besonders geartet aber ist die Verbindung zwischen Lokomotive und Tender. Sie muß sehr kräftig ausgestaltet sein, damit ein Bruch vollständig ausgeschlossen ist. Dieser würde ja nicht nur ein Zerreißen des Zugs an ungünstigster Stelle bewirken, sondern wahrscheinlich auch den Absturz der Lokomotivmannschaft herbeiführen. Die Kupplung zwischen Maschine und Tender hat ferner die Aufgabe, die schlingernden Bewegungen, die jede Lokomotive infolge der Bauart ihrer Maschine gern macht, dadurch einzuschränken, daß die Tenderlast fest an das Ende der Lokomotive gehängt wird.

Aus diesem Grunde werden, wie Bild 424 zeigt, Tender und Lokomotive unter Zwischenschaltung eines federnden Glieds dreifach gegeneinander verspannt. Die zugespitzten Kopfplatten der kleinen Puffer am Tender, die sich gegen entsprechend geformte, aus hartem Stahl gefertigte Gehäuse an der Lokomotive legen, stehen unter einem Druck von mindestens 5000 Kilogramm, der von einer gemeinschaftlichen Blattfeder auf sie ausgeübt wird. In der Längsachse beider Fahrzeuge ist das Hauptzugeisen befestigt, durch das auf beiden Seiten sehr kräftige Bolzen gesteckt sind. Rechts und links davon liegt je ein weiteres Zugeisen als Notkupplung; diese Verbindungsstücke besitzen auf der Lokomotivseite längliche Augen, damit die durchgesteckten Bolzen in den Krümmungen, wenn der Tender ausschlägt, doch noch genügendes Spiel haben.

Die Verbindung zwischen Tender und Lokomotive ist eine Kurzkupplung. Derartige Einrichtungen findet man auf der Berliner Stadtbahn und zahlreichen Vorortstrecken auch an anderen Stellen der Züge. Hier werden nämlich je zwei Wagen kurz miteinander gekuppelt, damit die Länge der Züge geringer ausfällt. Die so verbundenen Wagen bilden betrieblich eine Einheit, da sie nur in der Werkstatt voneinander getrennt werden können.

Keine Arbeit ist im Bezirk der Schienenwelt so häufig vorzunehmen wie das Kuppeln. Milliardenfach wiederholt sich alljährlich das Verbinden und Lösen der Wagen. Leider stellt diese Einrichtung zugleich eine der gefährlichsten Handhabungen dar. Die größte Zahl der im Betrieb Unglücken kommt auf die Wagenkuppeler. Sind sie doch gezwungen, zwischen Fahrzeuge zu treten, die sich in Bewegung befinden, wobei ihnen besonders die weit vor-

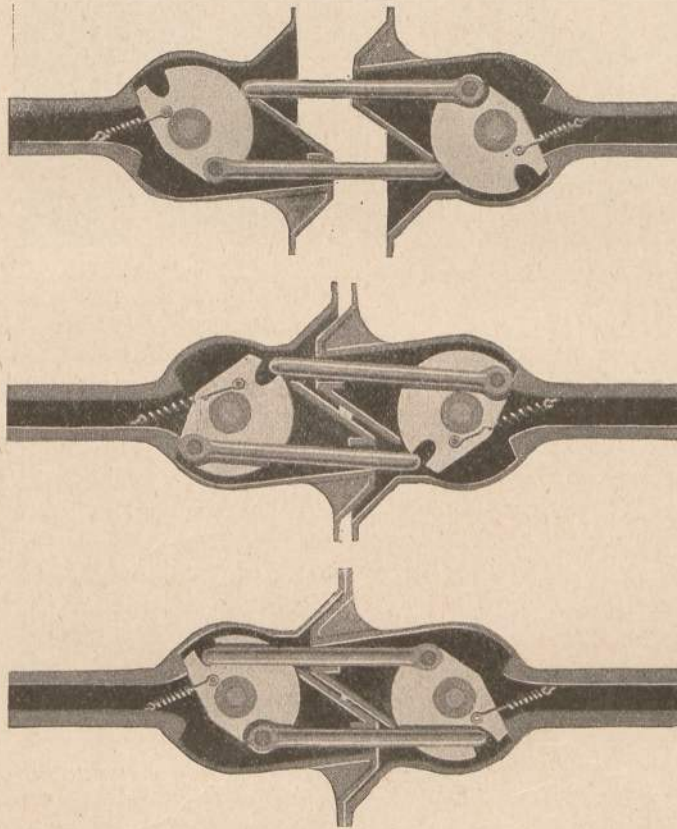
springenden Seitenpuffer Gefahr bringen. Man ist daher bereits seit Jahrzehnten bestrebt, die heute bei uns noch ausschließlich vorhandene Zug- und Stoßverbindung mit Seitenpuffern und gesonderter Mittelskupplung durch Vereinigung beider Glieder einfacher und durch Selbsttätigkeit der Kupplungen vollkommen gefahrlos zu gestalten.

Eine selbsttätige Kupplung muß nicht nur die in ihrem Namen liegende Eigenschaft besitzen, das heißt, eine Verbindung der Wagen ohne menschliche Mitwirkung herzustellen, sie muß auch von der Seite her lösbar sein, so daß das Treten zwischen die Wagen ganz fortfällt. Ferner aber hat sie die Aufgabe, ein wirklich verlässliches Bindeglied darzustellen. Sie muß außerdem so gestaltet sein, daß sich jede Kupplung nach der Lostrennung in einer solchen Stellung befindet, daß eine neue Zusammenkupplung ohne weiteres vollzogen werden kann.

Bereits im Jahre 1873 erließ der Verein Deutscher Eisenbahnverwaltungen ein Preisausschreiben für eine selbsttätige Mittelpufferkupplung. Seitdem sind auf diesem Gebiet zahlreiche Erfindungen gemacht worden. Ein Wettbewerb, der im Jahre 1909 ausgeschrieben wurde, brachte allein den Einlauf von mehr als 2000 Entwürfen. Als wirklich brauchbar hat sich beinahe ausschließlich die Scharfenberg-Kupplung erwiesen, die bei uns heute in Güterzügen bereits häufig benutzt wird.

Sie besteht aus einem eigentümlichen, trichterförmigen Gehäuse, in dem ein drehbares, rundes Herzstück befestigt ist. Dieses hat an der einen Seite einen Haken, an der anderen einen hinausragenden Bügel. Stoßen zwei Scharfenberg-Kupplungen aufeinander, so dreht jeder der beiden Bügel sein Herzstück herum, weil er von dem gegenüberliegenden in den Trichter gepreßt wird, und hierbei spannt sich zugleich eine kräftige Zugfeder an. Nach genügender Drehung der Herzstücke fallen die Bügel in die Haken, die entlasteten Herzstücke schnellen zurück, und nun sind die Wagen gekuppelt. Die Verbindung wirkt sehr zuverlässig, weil jedes Herzstück jetzt von beiden Seiten mit gleicher Kraft gezogen wird, also keine Drehung mehr vollführen kann. Das Lösen der Kupplung geschieht dadurch, daß von der Seite her eines der Herzstücke mittels einer Kurbel so lange nach außen gedreht wird, bis beide Bügel gleichzeitig aus den Haken springen. Alsdann bringt die Zugfeder die Herzstücke wieder in die Kuppelstellung zurück.

Es ist dringend notwendig, daß selbsttätige Kupplungen möglichst bald allgemein eingeführt werden. Das Leben vieler arbeitssamer Männer würde dadurch geschont, die Zahl der Betriebsunfälle bedeutend vermindert werden.



425. Kuppungsvorgang bei der Scharfenberg-Kupplung  
Scharfenberg-Kupplung A.-G.



Der Zweck einer jeden Zugfahrt ist Beförderung. Der Zug hat die Aufgabe, Menschen oder Güter möglichst rasch von Ort zu Ort zu bringen. Zu diesem Ende muß er geschwinde Fahrt machen können, aber er muß ebenso in der Lage sein, genau am vorausbestimmten Ort anzuhalten.

Nicht weniger wichtig als die Lokomotive, die den Zug vorwärts bringt, sind also die Vorrichtungen, die seinen Lauf hemmen. Wo ein Sporn ist, da muß auch ein Zügel sein.

Ein D-Zug mit 40 Achsen stürmt über die Schienen. Da nimmt plötzlich der Lokomotivführer ganz draußen am Ende seines Gesichtsfelds ein Signal wahr, das Halt zeigt. Er ist noch eine beträchtliche Strecke, etwa 1500 Meter, von dem warnenden Arm entfernt, hinter dessen Aufstellungsort dem Zug Gefahr droht. Wenn der Führer nun nichts weiter tun könnte, als den Dampf abstellen, so würde die Wagenreihe, deren physikalisch kleinste Teilchen ganz mit der hohen Geschwindigkeit von 90 Kilometern in der Stunde durchtränkt sind, trotzdem weiter und weiter rollen, eine lange Strecke über das Signal hinaus, wahrscheinlich bis zum Aufstoßen auf das Hindernis, vor dem gewarnt wurde. Ein ungehemmter Schnellzug unserer Tage läuft nach Aufhebung der Zugkraft auf ebener Strecke noch zwei bis drei Kilometer weit. Höchst selten nur kann der Lokomotivführer die Strecke so weit übersehen. Ein rechtzeitiges Abstoppen bei Gefahr wäre also unter solchen Umständen unmöglich.

Man bedenke ferner, in welcher Art ein Zug ohne Anwendung von Hemmungs-Vorrichtungen zum Stehen kommen würde.

Nach Abstellen des Dampfes sinkt die Geschwindigkeit ganz allmählich. Beim Beginn des letzten halben Kilometers ist sie bereits außerordentlich gering geworden. Der Zug schleppt sich ganz langsam über die Strecke, aber er steht noch nicht still. Er verbraucht eine sehr lange Zeit für das Geschäft des Anhaltens. Die Folge ist eine durchaus unstatthafte Verzögerung des gesamten Verkehrs. Die Strecke bleibt durch jeden Zug während einer unverhältnismäßig langen Zeit besetzt, der nächstfolgende muß eine kleine Ewigkeit warten, bis er nachfolgen kann. Der neuzeitliche Eisenbahnbetrieb würde auch hierdurch unmöglich gemacht.

Aus all diesen Gründen eben versieht man jeden Zug mit einem kräftig wirkenden Zügel. Der Zeitpunkt und die Stärke seiner Anwendung werden allein von dem Mann bestimmt, der am ehesten den Zustand der Strecke zu überschauen vermag, der pflichtgemäß über die Sicherheit des Zugs zu wachen hat: vom Lokomotivführer. Erst dadurch, daß er nicht nur die Peitsche, in Form des Reglerhebels, sondern auch den Zügel, nämlich die Bremse, zur Hand hat, wird er zum wirklichen Beherrscher des Zugs.

Freilich kann der Führer keine unumschränkte Herrschaft ausüben. Der Zügel mag noch so kräftig, seine Wirkung

so rasch wie nur irgend möglich sein, er darf nicht in einer Weise angezogen werden, die ein augenblickliches Anhalten des mit voller Geschwindigkeit laufenden Zugs bewirkt. Gelänge es also auch, die Wagen eines Schnellzugs so machtvoll zu bremsen, daß sie auf der Stelle stehen blieben, so würde doch alles, was sich in den Abteilen befindet, mit ungeheurem Stoß gegen die Vorderwand geschleudert werden. Die Gepäckstücke würden wie Kanonenkugeln durch die Luft sausen, die Menschen mit fürchterlicher Gewalt von den Sitzen geschleudert werden. Alle Erscheinungen eines Eisenbahnzusammenstoßes würden auftreten, denn dessen zerstörende Wirkung entsteht ja durch nichts anderes, als eben durch die plötzliche Abdrosselung der lebendigen Kraft des Zugs.

Aus diesem Grund sind die Bemühungen all der zahllosen Erfinder unsinnig, die sich immer von neuem damit abquälen, Vorrichtungen zum augenblicklichen Anhalten von Schnellzügen zu erdenken.

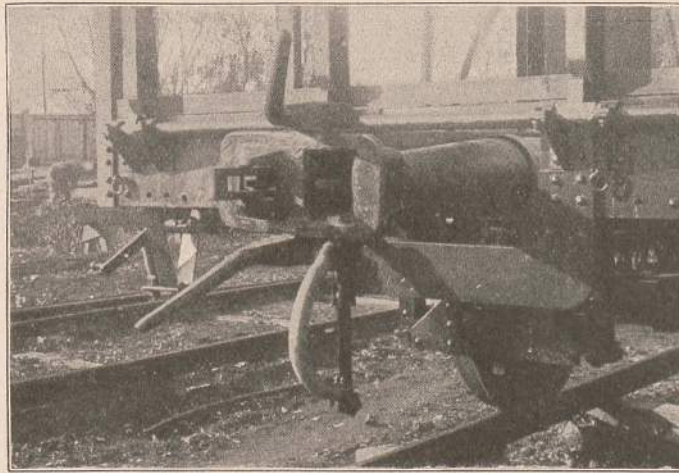
Was sie durch ihre Erfindung verhindern wollen, die Folgen eines urplötzlichen Stoßes, würde gerade durch diese Art der Zügelung herbeigeführt werden.

Es kann sich also nicht darum handeln, zur Hemmung der Züge etwa Pfähle von der Lokomotive oder den Wagen aus senkrecht in die Bettung zu stoßen, sondern man muß für die Beendigung der Zugbewegung ein Mittel anwenden, das zwar rasch wirkt, aber die lebendige Kraft doch nur allmählich vernichtet. Dieser ist unbedingt eine gewisse Zeit zu lassen, in der sie eines natürlichen Todes sterben kann. So will es die Allmeisterin Natur, gegen deren Verfügungen es keine Berufung gibt.

Als bestes Mittel zum Anhalten der Züge in dieser Art hat sich das Andrücken von Bremsklößen gegen die Laufkränze der Räder erwiesen. Hierbei tritt eine Umwandlung der lebendigen Kraft des Zugs in Wärme ein. Klöße und Radreifen erhitzen sich.

Mit der Klossbremse ist man imstande, selbst die schwersten Schnellzüge aus der Höchstgeschwindigkeit von 100 Kilometern in der Stunde mit einem Bremsweg von 500 bis 600 Metern zum Halten zu bringen. Als Bremsweg bezeichnet man die Strecke, die der Zug vom ersten Anstellen der Bremse bis zum völligen Stillstand durchläuft. Sie darf keinesfalls um ein beträchtliches größer sein, als eben angegeben, da sonst die Stellung der Signale in einer Weise geändert werden müßte, die nicht angängig ist. Darüber werden wir später noch hören.

Die Bremsklöße werden aus Gußeisen hergestellt, das mit Stahlabfällen zusammengeschmolzen ist. Die Stärke der Hemmung, die sie beim Andrücken auf die Fahrzeuge ausüben, ist abhängig von dem Grad der Reibung zwischen ihnen und den Rädern. Dessen Größe aber bleibt bei gleichem Bremsdruck nicht unverändert. Der Wert der Reibung zwischen Kloss und Radreifen wächst nämlich mit sinkender Geschwindigkeit. Drückt man im Anfang die Bremsen auch nur sanft an, so entsteht hierdurch, wenn



426. Selbsttätige Scharfenberg-Kupplung an einem Wagen



der Zug sich dem Stillstand nähert, ganz von selbst eine sehr starke Bremskraft. Die Bremsung darf also nicht zu kräftig einsetzen, was an sich wünschenswert wäre, da sonst ein ruckendes Anhalten des Zuges stattfinden würde. Und dies ist um so mehr zu befürchten, als die meisten der heute bei uns üblichen Bremsbauarten ein Verringern des Bremsdrucks innerhalb eines und desselben Bremsvorgangs nicht gestatten. Schon hieraus geht hervor, daß das Bedienen der Bremsen keine rein handwerksmäßige Arbeit ist, sondern eine recht bedeutende Kunstfertigkeit erfordert.

In ganz besonders sorgfältiger Weise ist darauf zu achten, daß die Räder durch die Klöße nicht vollkommen festgesetzt werden. Sie müssen sich, solange der Zug in Bewegung ist, immer noch etwas drehen können. Die Erfahrung hat nämlich die eigenartige Tatsache gelehrt, daß die Reibung eines auf der Schiene, wenn auch noch so langsam, rollenden Rads weit größer ist als die des nur gleitenden Rads. Die kräftige Reibung, also die Vollbremsung, tritt ein, wenn die Räder sich nur noch ganz leicht drehen. Da gerade am Ende der Bewegung die höchste Bremskraft notwendig ist, müssen die Klöße so eingestellt werden, daß die Rollgrenze der Räder nicht überschritten wird. Wenn dies der Fall ist, sinkt die Bremswirkung plötzlich sehr bedeutend. Außerdem würde das Gleiten ein Unrundwerden der Räder verursachen, das beim Fahren sehr unangenehme Bewegungen der Fahrzeuge hervorruft, und auch die Schienen würden schwer abgenutzt. Hierauf also hat der Lokomotivführer sehr genau zu achten.

Er muß auch unmittelbar vor dem Stillstand des Zugs die Bremsen wieder lösen. Tut er dies nicht, so schwingen die Wagenkasten, wenn das Laufwerk bereits stillsteht, auf ihren nachgiebigen Federn noch ein Stück weiter nach vorn. Als bald aber reißen die Federn die Kasten wieder zurück, wodurch der bekanntlich sehr unangenehme Rückstoß beim Anhalten entsteht. Ein Lokomotivführer, der das Brems Handwerk gut versteht, kann diesen Stoß vermeiden, indem er durch rechtzeitiges Lösen der Bremsen einen etwas längeren Auslauf herbeiführt.

Die Klöße werden nicht aus vollem Eisen hergestellt, sondern haben in ihrem Rücken einen tiefen Einschnitt. Dieser wird angebracht, damit die Klöße eine möglichst große Oberfläche erhalten. Je ausgedehnter diese ist, desto rascher können die Eisenstücke die Wärme ausstrahlen, die ihnen durch die Reibung bei der Bremsung zugeführt wird.

Im gelösten Zustand sollen alle Teile der kreisförmig gebogenen Klotzoberflächen sich in einem Abstand von etwa einem Zentimeter vom Radreifen befinden. Da die Klöße sehr stark abgenutzt werden, so müssen im Bremsgestänge, das die Kraft des Bremsmittels zu den Klößen überträgt, Vorrichtungen zum Nachstellen vorhanden sein. Viele Gestänge sind so eingerichtet, daß diese Nachstellung selbsttätig erfolgt. Wenn der Verschleiß weit vorgeschritten ist, müssen die Klöße natürlich ausgewechselt werden. Durch die in den Vorschriften für die Wagen festgelegten Untersuchungen ist eine genügende Beaufsichtigung unbedingt gewährleistet. Das Gestänge sorgt dafür, daß sämtliche Bremsklöße eines Wagens mit gleicher Kraft ausgedrückt werden. Es steigert den Bremsdruck um ein Mehrfaches, indem es ihn durch ungleicharmige Hebel auf die Klöße überträgt.

Man bringt heute an jedem Rad stets zwei Klöße an, die einander in der Durchmesserlinie gegenüberstehen. Hierdurch wird verhindert, daß einseitiger Druck gegen die Achsen entsteht, wodurch diese verbogen werden könnten. Auch ein Heißlaufen der Lager durch einseitige Beanspruchung wäre sonst zu befürchten.

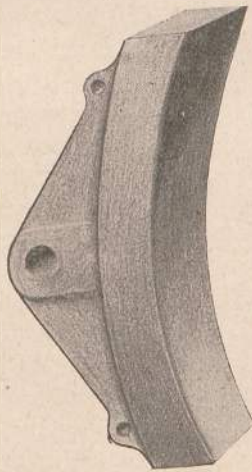
Die Bremswirkung, die auf einen Zug ausgeübt werden kann, hängt ab von der Zahl der bremsbaren Achsen. Am raschesten wird man ohne Stoß anhalten können, wenn alle Achsen bremsbar sind. Dies ist daher in Deutschland für alle rascher fahrenden Züge vorgeschrieben.

Bei gewöhnlichen Güterzügen mit ihrer geringen Fahrgeschwindigkeit wird die Bremsbarkeit aller Achsen nicht als notwendig erachtet. Damit aber auch jeder von diesen Zügen mit einem Bremsweg von 600 bis höchstens 700 Metern stets mit Sicherheit zum Stillstand gebracht werden kann, muß jeder eine bestimmte Zahl bremsbarer Achsen haben. In Bremsstafeln, die auf Grund langer Erfahrungen und wissenschaftlicher Erkenntnis berechnet sind, ist vorgeschrieben, wieviel Bremsachsen für jede der wechselnden Gesamtachsenzahlen der Güterzüge notwendig sind. Ferner ist bei dieser Bestimmung auch die stärkste Neigung in Betracht zu ziehen, die sich auf der vom Güterzug zu durchfahrenden Strecke befindet. Je stärker die Strecke abfällt, desto mehr Bremsachsen müssen sich im Zug befinden. Bei Gebirgsbahnen ist daher auch in Güterzügen stets eine sehr erhebliche Zahl der Achsen hemmbar. Der Güterwagenpark besteht aus bremsbaren und nicht bremsbaren Wagen. In Deutschland ist nicht mehr als ein Drittel aller Güterwagen mit Bremsvorrichtungen versehen.

Neben der Kraft der Bremsung, die auf das Einzelfahrzeug ausgeübt wird, kommt ferner die Art ihres Auftretens im Verlauf des ganzen Zugs in Betracht. Am besten wird eine Bremswirkung, die ihre Kraft ganz gleichmäßig und gleichzeitig an allen Zugteilen äußert, alle bremsbaren Fahrzeuge gleichmäßig verlangsamt.

Während der Fahrt hat der Zug eine gestreckte Form. Bei Personenzügen sind die Pufferfedern fast ganz, bei den lose gekuppelten Güterzügen vollständig entlastet. Die Kupplungen sind gestrafft. Wenn jetzt eine Ungleichmäßigkeit beim Bremsen auftritt, z. B. die vorderen Wagen bereits stark gehemmt sind, während die Bremsung am Zugende gerade erst einsetzt, dann entsteht ein Zusammendrücken des Zugs, indem die letzten Wagen auf die vorderen auflaufen. Die gepressten Pufferfedern üben als bald einen Rückstoß aus, und es entsteht so eine hin und her gehende Bewegung, ein Zucken im Zug, das leicht ein Zerreißen von Kupplungen herbeiführen kann. Wenn die für den Zug verwendete Bremsart ungleichmäßiges Abstoppen befürchten läßt, muß langsam gebremst werden. Der Bremsweg wird hierdurch länger.

Man unterscheidet heute in der Hauptsache drei Arten von Bremsen: die Einzelbremsen, bei denen die auf jeden Wagen ausübende Bremskraft unabhängig von der bei jedem anderen ist, die durchgehenden Bremsen, die eine zusammenhängende Einwirkung auf den ganzen Zug ermöglichen, und die zwischen diesen beiden Arten liegenden Gruppenbremsen, welche gestatten, mehrere aufeinanderfolgende Wagen eines Zugs von einer Stelle aus gleichzeitig zu bremsen; die einzelnen Gruppen sind dann durch



427. Bremskloß



nicht bremsbare Wagen getrennt. Die Gruppenbremse kommt hauptsächlich für gemischte Züge in Betracht, also für solche, in die Personen- und Güterwagen durcheinander eingestellt werden.

Es ist selbstverständlich, daß die durchgehende Bremse die gleichmäßigste Wirkung hat. Werden doch hier von Einer Stelle aus alle Wagen des Zugs zur selben Zeit gebremst. Die Stelle, von der aus die Bremsung eingeleitet wird, ist naturgemäß die Lokomotive. Damit aber auch eine wirklich gleichmäßige Bremsung eintritt, muß das Bremsmittel so beschaffen sein, daß seine Wirkung überall möglichst zu gleicher Zeit eintritt. Die auf der Lokomotive eingeleitete Bremsung muß raschest auch am letzten Wagen zu wirken beginnen. Das ist nur möglich, wenn die Durchschlagsgeschwindigkeit des Bremsmittels sehr groß ist.

Als Kräfte zur Ausübung der Bremsung werden heute hauptsächlich angewendet: die Kraft des menschlichen Arms, Gewichtsdruck, Druck der atmosphärischen Luft gegen Kolben in Räumen mit verdünnter Luft (Luftsaugbremse) und gepresste Luft (Druckluftbremse).

Obgleich die Technik heute bestrebt ist, den Menschen von schwerer körperlicher Arbeit, soweit es irgend möglich ist, zu entlasten, und obwohl die Anwendung von Maschinenkräften für die Zugbremsung aufs beste bewährt ist, herrscht seltsamerweise in Deutschland die von Menschenhand betätigte Eisenbahnbremse heute noch vor. Wegen der geringen Kraft, die der Mensch auszuüben vermag, ist die Handbremse nur als Einzelbremse verwendbar.

Ihre Betätigung geschieht meistens dadurch, daß der Bremser eine wagerecht angebrachte Kurbel im Sinn des Uhrzeigers bewegt. Hierdurch dreht er eine senkrecht stehende Spindel, die an ihrem Ende ein kräftiges Gewinde hat. Auf diesem Gewinde wird eine Mutter emporgeschraubt. An dieser sind Hängeeisen befestigt, welche die Bewegung der Mutter auf das Bremsgestänge übertragen und so das Andrücken der Klöße bewirken. Die Anordnung ist auf Tafel XI oben links zu erkennen.

Auch die Wagen der Personenzüge sind fast sämtlich mit Handbremsen ausgerüstet, die dann benutzt werden sollen, wenn die durchgehende Bremse versagt. In den D-Wagen befinden sich keine wagerechten Kurbeln, sondern es ist zur Ersparung von Platz an der einen Stirnwand jedes Wagens im durchlaufenden Gang ein senkrecht liegendes Handrad mit umlegbarem Griff angebracht. Die Drehung wird durch Regelräder auf die senkrechte Spindel übertragen.

Seltener werden Handbremsen durch Gewichtshebel betätigt. Hierbei wirkt ein auf dem langen Arm eines ungleicharmigen Hebels aufgeschraubtes Gewicht nach Umliegen des Hebels so, daß es die mit dem Bremsgeschirr verbundene Stange anhebt. Für Tender sind derartige Gewichtsbremsen, auch Wurfhebelbremsen genannt, bei uns vorgeschrieben.

In Deutschland werden heute noch die meisten Güterzüge, ausgenommen die kürzeren Eilgüterzüge, mit Handbremsen gefahren. Eine durchgehende Bremse konnte für sehr lange Züge bis vor kurzem nicht angewendet werden, weil keine Bauart vorhanden war, bei der die Durchschlagsgeschwindigkeit genügte. Eine großartige Änderung in diesem Bezirk ist aber während des Kriegs begonnen worden.

Die Handbremse hat sehr viele Nachteile. Zunächst verursacht ihre Bedienung große Kosten, da zu diesem Zweck

eine zahlreiche Mannschaft über den ganzen Zug verteilt sein muß. Auf jedem mit Bremse versehenen Wagen muß sich ein Mann befinden. Obgleich also bei dieser Anordnung menschliche Denkkraft über jeder einzelnen Bremse waltet, tritt doch die Bremswirkung nirgend so unregelmäßig ein wie gerade hier.

Der Befehl zum Anziehen der Bremsen wird durch den Lokomotivführer gegeben. Nach der Signalordnung für die Eisenbahnen Deutschlands hat er zunächst mit der Dampfpeife einen langen Ton abzugeben, der „Achtung!“ bedeutet. Ein darauffolgender kurzer Pfiff befiehlt mäßiges Anziehen der Bremsen, drei kurze Töne schnell hintereinander fordern zu kräftiger Bremsung auf. Das Lösen wird durch zwei lange Töne anbefohlen.

Es ist leicht einzusehen, daß ein gleichmäßiges Bremsen auf diese Weise nicht erwirkt werden kann. Das Pfeifensignal wird nicht überall zu gleicher Zeit gehört, da mancher Bremser draußen auf der Plattform steht, während andere in ihren fest verschlossenen Häuschen sitzen. Sehr häufig verschlingt das Rasseln des Zugs, insbesondere auf eisernen Brücken und in Tunneln, den Ton der Peife vollständig. Nebelige Luft wird von den Schallwellen nur schwer durchdrungen. So kommt es, daß schon der Befehl die einzelnen Bremsen zu ungleicher Zeit erreicht. Dann aber ist auch die Geschwindigkeit verschieden, mit welcher der einzelne Mann sich zur Kurbel begibt. Während der eine rasch heranspringt, wird der andere sich, insbesondere im Winter, wenn schwere Bekleidung die Bewegungen hemmt, nur langsam von seinem Sitz erheben und die Kurbel erst anfassen, wenn andere die Bremse schon fest angezogen haben. Auch die Geschwindigkeit der Kurbeldrehung ist ungleich. Stöße beim Bremsen sind daher in Güterzügen, die auf solche Art gehemmt werden, ganz unvermeidlich. Darum kann ihre Geschwindigkeit über 30 bis 40 Kilometer in der Stunde nicht gesteigert werden.

Durch eine nunmehr in vier Jahrzehnten des Eisenbahnwesens gewonnene Erfahrung hat sich herausgestellt, daß einzig Luft, gepresst oder verdünnt, das geeignete Mittel für die Schaffung einer durchgehenden Bremse ist. In Deutschland wird fast ausschließlich Preßluft oder Druckluft angewendet, weshalb wir hier nur die Druckluftanordnungen ausführlicher besprechen wollen. Es besteht bei uns die Vorschrift, daß auf Hauptbahnen alle Züge, die mit 60 und mehr, auf Nebenbahnen alle Züge, die mit mindestens 30 Kilometern Stundengeschwindigkeit fahren, durchgehende Bremsen haben müssen; diese Anordnung ist tatsächlich gleichbedeutend mit der Bestimmung, daß alle Züge dieser Art mit Druckluftbremsen ausgerüstet sein müssen. Wagen, die in solchen Zügen laufen sollen, müssen entweder Bremsvorrichtungen besitzen oder mit Rohren und Kupplungsschläuchen zur Fortleitung des Bremsmittels versehen sein. Sie heißen dann Leitungswagen.

Eine vollkommene durchgehende Bremse müßte den folgenden Ansprüchen genügen:

1. Die Handhabung muß einfach sein;
2. Die Bremswirkung muß an allen Wagen möglichst gleichzeitig auftreten;
3. Die Bremse muß die Möglichkeit geben, den Zug für gewöhnlich durch stufenweise Erhöhung der Bremskraft langsam und stoßfrei anzuhalten (Betriebsbremsung);
4. Im Gefahrfall muß sich der höchstmögliche Bremsdruck sofort hervorrufen lassen (Schnellbremsung);



5. Die angezogenen Bremsen müssen stufenweis lösbar sein;
6. Die Bremse soll unerschöpfbar, das heißt das Bremsmittel auch nach noch so vielen Anwendungen stets in genügender Menge vorhanden und für eine neue Bremsung bereit sein;
7. Die Bremse muß selbsttätig sein, also bei Beschädigung der Leitung oder Zerreißung des Zugs auch ohne Mitwirkung des Führers in Tätigkeit treten.

Die erste Anforderung versteht sich von selbst. Die zweite ist wegen des sonst entstehenden Auflaufens der Wagen notwendig. Die Abstufbarkeit der Bremsung (Forderung 3) macht den Führer erst wirklich zum Herrn des Zugs. Er kann hierdurch die Schnelligkeit der Fahrt nach seinem Belieben abdroffeln, dem Zug eine mäßige Geschwindigkeit geben, ohne ihn anzuhalten, und auch in langen Gefällen vermag er ihn vollkommen unter seine Botmäßigkeit zu zwingen. Die Schnellbremsung (Forderung 4) ist das beste Mittel zur Abwendung plötzlich auftretender Gefahren, und sie allein gewährt die Möglichkeit, noch rechtzeitig anzuhalten, wenn ein Signal, das Fahrt frei zeigt, kurz bevor die Maschine an ihm vorbeigeht, plötzlich auf Halt gestellt wird.

Die stufenweise Lösbarkeit (Forderung 5) ist in langen Gefällstrecken besonders wichtig. Wo sie nicht vorhanden ist, muß der Führer, wenn er zu stark gebremst hat, so daß der Zug unbeabsichtigt stehen bleibt, die Bremsen vollständig lösen, ehe er eine neue, schwächere Bremsung einleiten kann. Während des LöSENS kann der nun ungehemmte Zug aber leicht eine zu große Geschwindigkeit erlangen, so daß Entgleisungsgefahr entsteht. Auch für die Einfahrt in Bahnhöfe ist die Lösbarkeit sehr erwünscht, weil sonst bei zu stark verzögerter Einfahrtgeschwindigkeit oder gar bei verfrühtem Anhalten stets die Einleitung einer neuen Bremsung notwendig ist, die leicht zum Überfahren des vorgeschriebenen Halteorts führen kann, da bis zum Eintritt ihrer Wirkung ja stets eine gewisse Zeit vergehen muß. Auch der starke Luftverbrauch durch das gänzliche Ablassen der einmal benutzten Bremsluft und die notwendige Verwendung stets neuer Druckluft kommen in Betracht, da für deren Bereitung viel Kraft und eine entsprechende Menge Kohle verbraucht wird.

Eine vollkommene Bremse muß stets in voller Bereitschaft sein (Forderung 6). Auch nach Vornahme mehrerer Bremsungen, ja selbst nach einer Schnellbremsung, muß immer wieder sofort ein neuer Bremsvorgang möglich sein, denn jede Sekunde kann neue Gefahren bringen. Die Eigenschaft steter, unbedingter Bereitschaft kann aber nur eine solche Bremse besitzen, deren Kraftquelle unerschöpfbar ist.

Als ganz besonders wichtig ist die Selbsttätigkeit der durchgehenden Bremse (Forderung 7) überall anerkannt. Ohne diese Eigenschaft ist jede Anordnung solcher Art unbrauchbar. Der Führer muß sich ja auf die Bereitschaft seiner Bremse stets verlassen können. Es wäre schlimm, wenn diese schon bei jeder in einem Schlauch auftretenden Undichtigkeit versagte. Die Selbsttätigkeit bringt es nun mit sich, daß bei starken Undichtigkeiten und noch viel mehr beim Zerreißen des Zugs die Bremsen überall von selbst anschlagen. Abgetrennte Zugteile bleiben von selbst stehen, da sie festgebremst werden. Sie können also auf Steigungen nicht rückwärts rollen, was schwerste Gefahren hervorrufen würde. Die Selbsttätigkeit gibt ferner die Möglichkeit, den

Zug von jedem Abteil aus durch Ziehen an einem Handgriff abzubremfen.

Man sieht aus diesen sieben Forderungen, daß es keineswegs leicht ist, eine wirklich brauchbare durchgehende Bremse zu bauen. Die Bremsarten, die heute überhaupt noch in Betracht kommen können, dürfen allenfalls die Forderungen 5 und 6 (stufenweise Lösbarkeit und Unerschöpfbarkeit) unerfüllt lassen. Allen übrigen aber muß restlos entsprochen werden.

Alle jetzt gebräuchlichen Luftbremsen haben mittelbare Wirkung. Ferner ist kennzeichnend für sie die Aufspeicherung der Bremskraft unter jedem Wagen.

Die in Deutschland zuerst angewendete durchgehende Bremse mit mittelbarer Wirkung und Selbsttätigkeit war die in früheren Jahrzehnten bei uns weit verbreitete Bauart nach Carpenter. Es war eine Zweikammerbremse.

Bei der Fahrt- und Lösestellung dieser Bremse befand sich der Kolben im Zylinder in einer Mittelstellung, so daß er den Zylinder in zwei Räume oder Kammern teilte. Wenn die Leitung unter Druck gesetzt wurde, so strömte Druckluft hinter den Kolben und durch eine schmale Nut in der Zylinderwandung auch vor den Kolben, so daß auf dessen beiden Seiten gleicher Druck herrschte. In diesem Zustand, wenn also Hauptleitung und beide Zylinderkammern unter Druck standen, war die Bremse geladen, das heißt zur Arbeit bereit.

Sobald der Führer bremsen wollte, stellte er sein Bremsventil so, daß die Hauptleitung mit der Außenluft in Verbindung kam. Als bald verminderte sich der Druck in der Hauptleitung und auch in der Kammer auf der Hinterseite des Kolbens, die mit der Leitung in unmittelbarer Verbindung stand. Hierdurch wurde der Kolben einseitig entlastet. Die in die obere Kammer gesperrte Druckluft bewegte den Kolben nach hinten, und sogleich entfernte sich dieser aus dem Bereich der kurzen Verbindungsnut zwischen den beiden Kammern. Fortab war also die Vorderkammer luftdicht abgeschlossen. Je nach dem Grad der Druckverminderung in Hauptleitung und Hinterkammer wurde der Kolben mehr oder weniger weit vorgeschoben und die Bremse dementsprechend angezogen. Eine stufenweise Lösbarkeit war ohne weiteres durch Wiederaufpumpen von Leitung und Hinterkammern möglich.

Obgleich die Carpenter-Bremse also ganz vorzügliche Eigenschaften hatte, ist sie heute doch von den Vollbahnen gänzlich verschwunden. Um ein kräftiges Anziehen der Bremsen herbeizuführen, mußte nämlich bei ihr eine sehr große Luftmenge durch das Führerbremsventil entweichen, da ja der gesamte Inhalt der Hauptleitung und der Hinterkammern durch die einzige Öffnung im Führerbremsventil hinausgelassen werden mußte. Naturgemäß entleerten sich die Hinterkammern der vorderen Wagen geschwinder als die der hinteren, wodurch ungleichmäßige Bremsung eintrat. Diesen Fehler hat man zwar durch Anbringung einer Hilfseinrichtung, nämlich von Auslaßventilen an den einzelnen Wagen, schließlich zu beseitigen vermocht, aber der Bremsvorgang in seiner Gesamtheit ging, insbesondere bei Gefahrenfällen, doch nicht schnell genug vor sich. Bei den heutigen langen und schnellfahrenden Zügen ist aber eine solche Verzögerung ganz unzulässig. Ferner war der Druckluftverbrauch der Zweikammerbremse sehr groß, was den Bremsbetrieb verteuerte und erschwerte.

Man ist darum zur Einkammer-Bauart übergegangen, die heute bei uns alleinherrschend ist. Ihr Erfinder ist der



Amerikaner Westinghouse, der mit dieser Schöpfung ein hervorragendes Werk vollbrachte.

Auch hierbei befindet sich die durchgehende Hauptleitung stets unter Druck. Außer dem Bremszylinder, der hier an der einen Kolbenseite, nämlich dort, wo die Stange hinausgeht, offen ist, befindet sich unter jedem Wagen noch ein Hilfsluftbehälter, in dem die Bremsluft gespeichert wird. Dieser Behälter kann durch das Steuerventil sowohl mit der geschlossenen Kammer des Bremszylinders wie mit der Hauptleitung verbunden werden.

In dem Steuerventil finden wir die Seele der gesamten Anordnung eingeschlossen. Obgleich es mit seinem Gehäuse kaum größer als zwei Fäuste ist, vermag es doch außerordentliches zu leisten. Nur der aufs höchste verfeinerten mechanischen Kunst unserer Tage ist es zu verdanken, daß einem schwächtigen Apparat so viele wechselnde Einrichtungen überlassen werden können. Die kleinen Kolben der Steuerventile allein sorgen für die Sicherheit des Zugs. Von ihrer Verlässlichkeit, die trotz der schweren Erschütterungen aller Fahrzeuge gewahrt bleiben muß, hängt es ab, ob der Zug dem auferlegten Zügel gehorcht oder nicht.

In der Fahrt- und Lösestellung sind bei der Einkammerbremse die Hauptleitung, der Hilfsluftbehälter und das Gehäuse des Steuerventils mit Druckluft geladen. Die Kammer des Bremszylinders (das heißt immer die geschlossene Kammer) steht mit der Außenluft in Verbindung. Eine gegen die andere Seite des Kolbens drückende Feder hält diesen eingezogen und damit die Bremsklöße in Abstand von den Radkränzen.

Wenn gebremst wird, verbindet der Lokomotivführer durch geeignete Stellung des ihm zur Hand liegenden Bremsventils wiederum die Hauptleitung mit der freien Luft. Sobald hierdurch der Druck in der Hauptleitung nachläßt, vermindert er sich auch im Gehäuse des Steuerventils; dessen Kolben, der nun einseitig entlastet ist, macht eine kleine Bewegung, wodurch er den Hilfsluftbehälter von der Hauptleitung abschaltet, die Verbindung der Kammer des Bremszylinders mit der Außenluft unterbricht und gleichzeitig eine Verbindung zwischen Hilfsbehälter und Bremskammer herstellt. Die in ihrem Druck nicht verminderte Luft aus dem Hilfsbehälter tritt darauf in die Bremskammer über, drückt den Kolben je nach der Höhe der Druckverminderung, die in der Hauptleitung eingetreten ist, mehr oder weniger stark vor sich her, wodurch ein entsprechendes Anziehen der Bremsen stattfindet. Das Lösen erfolgt durch erneute Erhöhung des Drucks in der Hauptleitung. Hierdurch legt sich das Steuerventil wieder um, stellt die Verbindung zwischen Bremskammer und Außenluft von neuem her, so daß die dort hineingelangte Druckluft hinaus kann. Zugleich wird der Hilfsluftbehälter wieder mit der Hauptleitung verbunden, so daß auch er von neuem aufgefüllt werden kann.

Die Selbsttätigkeit dieser Bremsbauart ist gewährleistet. Die Gleichmäßigkeit im Anziehen der Bremsen ist sehr groß, da

durch die Öffnung im Führerbremssventil ja nur ein Teil der in dem dünnen Hauptleitungsrohr enthaltenen Luft zu entweichen braucht, dagegen keine Entleerung großer Kammern mehr stattfinden muß wie bei der Carpenter-Bauart. Rückwärtige Lösbarkeit aber ist nicht möglich, da die Luft aus den Bremszylindern nur ganz, aber nicht teilweise hinausgeschafft werden kann.

Nachdem wir uns so über die Wirkungsart der Einkammerbremse im allgemeinen unterrichtet haben, wollen wir die wichtigsten Einzelheiten ihres Baus an dem Beispiel der bei uns weitverbreiteten Knorr-Bremse besprechen (siehe die Tafeln XI und XII).

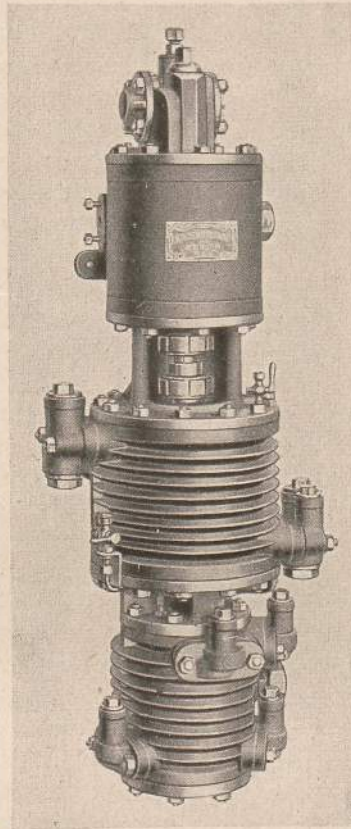
Wie bei allen Druckluftbremsen wird die Preßluft auch bei der Knorr-Bremse durch eine auf der Lokomotive aufgestellte Pumpe bereitet. Nach dem Öffnen eines Ventils im Führerstand tritt eine kleine, senkrecht stehende Dampfmaschine in Tätigkeit, deren Kolbenstange nach unten über den Dampfzylinder hinaus verlängert ist und einen zweiten Kolben trägt, der sich gleichfalls in einem Zylinder bewegen kann. Durch das Hin- und Hergehen des Kolbens wird Luft in dem zweiten Zylinder zusammengepreßt und in dem Hauptluftbehälter gespeichert, der unter dem Kessel der Maschine aufgehängt ist. In diesem Behälter herrscht gewöhnlich ein Druck von 8 Atmosphären.

Durch das Zusammenpressen auf so hohen Druck wird die Luft im Pumpenzylinder sehr stark erhitzt, was das Arbeiten der Vorrichtung ungünstig beeinflusst. Man ist daher neuerdings dazu übergegangen, die Pressung bis zur Höhe von 8 Atmosphären nicht in einem Arbeitsvorgang stattfinden zu lassen, sondern die Druckerhöhung in zwei Stufen zu zerlegen. Die Luftpumpe hat dann zwei Luftzylinder, die untereinander liegen. Die Außenwandungen der Zylinder sind mit Rippen versehen, damit sie bei der Fahrt möglichst stark abgekühlt werden. Der zweite, kleinere Zylinder ist bei manchen Luftpumpen von außen her nicht ohne weiteres zu sehen, da er oft schon in und unter dem Rahmen der Lokomotive liegt.

Das Anstellen der Pumpe bei zu tiefem Sinken des Drucks im Hauptluftbehälter findet entweder von Hand statt oder vollzieht sich mittels eines Regelventils selbsttätig; in gleicher Weise kann die Abschaltung bei genügend hohem Druck herbeigeführt werden. Der Abdampf der Luftpumpe wird durch ein Rohr in den Schornstein geleitet, wo er mit einem stöhnenden Geräusch zu entweichen pflegt. Man hört dieses taktmäßige Stöhnen regelmäßig an Maschinen, die abfahrtbereit vor einem Zug liegen.

Vom Hauptluftbehälter geht die Hauptleitung ab, die unter allen Fahrzeugen des Zugs durchläuft. Sie wird zunächst zum Führerbremssventil geführt.

Dieses ist wiederum eine höchst verwickelt gebaute Vorrichtung, ein feinmechanisches Kunstwerk wie das Steuerventil. Der Führer ist imstande, den Bremshebel nach Erfordernis sechs verschiedene Stellungen einnehmen zu lassen:



428. Lokomotiv-Luftpumpe  
welche die Preßluft für den Hauptluftbehälter der Bremsvorrichtung bereitet. Oben Dampfzylinder, darunter zwei Preßluftzylinder mit Kühlrippen. Knorr-Bremse A.G.



1. Füllen und Lösen;
2. Fahrtstellung;
3. Mittelstellung;
4. Abschlußstellung;
5. Betriebsbremsung;
6. Schnellbremsung.

Wenn der Bremshebel sich in Stellung 1 befindet, ist der Hauptluftbehälter mit der Hauptleitung verbunden. Durch den hierbei infolge des hohen Hauptbehälterdrucks von 8 Atmosphären in der Bremsleitung erzeugten Druckstoß wird ein rasches Auffüllen der Leitung, der Hilfs- luftbehälter und der Steuerventilkasten bewirkt.

Der Führer darf den Hebel aber nicht lange in Stellung 1 lassen, da der Betriebsdruck in der Leitung und in den Hilfsluftbehältern nicht mehr als fünf Atmosphären betragen darf. Er muß deshalb den Hebel rechtzeitig in Stellung 2 bewegen, bei der die unmittelbare Verbindung zwischen Hauptluftbehälter und Leitung aufgehoben ist.

Auch während der Fahrt nimmt der Hebel diese Stellung ein. Bei ihr ist die Hauptleitung mit dem Hauptluftbehälter nur noch über ein selbsttätiges Druckminderungsventil verbunden, das in der Hauptleitung den vorgeschriebenen Betriebsdruck von fünf Atmosphären aufrecht erhält. Beim Sinken des Drucks in der Hauptleitung unter den Betriebsdruck, was durch kleine Undichtigkeiten hervorgerufen werden kann, läßt dies Ventil genügend Druckluft aus dem Hauptluftbehälter selbsttätig nachströmen.

Die dritte Stellung, Mittelstellung, wird nur verwendet, wenn die Maschine bei Vorspann als zweite Lokomotive fährt, von der aus der Zug nicht gebremst wird. Alsdann ist das Führerbremsventil nur ein Teil der vom letzten Wagen bis zur ersten Lokomotive durchlaufenden Hauptleitung.

Nach jeder Betriebsbremsung wird der Hebel des Führer- ventilis in die vierte, die Abschlußstellung, gebracht. Als- dann bleibt in der Leitung die durch die Betriebsbremsung herbeigeführte Druckverminderung bestehen, die gewollte Bremsstufe erhalten.

Bei Betriebsbremsung wird in Stellung 5 gegangen. Je nach der Länge der Zeit, während welcher der Führer den Hebel hier dauern läßt, entweicht mehr oder weniger Luft aus der Leitung, und es tritt eine entsprechende Brems- stufe ein. Die Hauptleitung wird bei diesem Vorgang jedoch nicht un- mittelbar mit der Außenluft in Verbindung gebracht, das Führerbremsventil läßt vielmehr nur Luft aus einem Ausgleichbehälter ab- strömen. Erst ein zwischen diesen Behälter und die Haupt- leitung geschaltetes Ausgleichventil verbindet dann die Haupt- leitung solange mit der Außenluft, bis Druckausgleich zwischen Hauptleitung und Ausgleichbehälter stattgefunden hat.

Dieser zunächst merkwürdig erscheinende Umweg ist eine ganz besondere Feinheit der Bremsanordnung. Würde der

Luft in der Hauptleitung durch das Führerbremsventil ohne weiteres der Weg nach draußen eröffnet, so müßte der Führer, um bei verschiedenen Zügen die gleiche Brems- stufe herbeizuführen, den wechselnden Zuglängen entsprechend jedesmal anders bremsen. Damit in einem Zwölfswagenzug die gleiche Druckminderung in der Leitung entsteht wie bei einem Sechswagenzug, muß natürlich mehr Luft abge- lassen werden, was länger dauert. Eine solche wechselnde

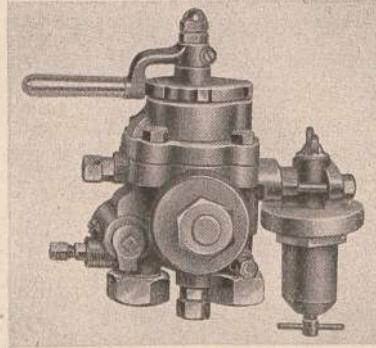
Anpassung der Betriebsbremsung an die verschiedenen Zuglängen wäre aber sehr unbequem. Das Bremsen, das schon ohne- dies eine Kunst ist, würde alsdann nie- mals mehr mit der notwendigen Genauig- keit ausgeführt werden können. Der Aus- gleichbehälter aber, aus dem der Führer durch sein Ventil die Druckluft unmittel- bar abströmen läßt, verändert seine Größe niemals. Der Führer hat gelernt, das Bremsen ein für allemal der Größe des Behälters entsprechend auszuführen. Der in diesem hervorgerufene Unterdruck be- sorgt das verschieden lange Offenhalten des Auslaßventils für die Leitung als- dann von selbst, sowie es den wechselnden

Zuglängen entspricht.

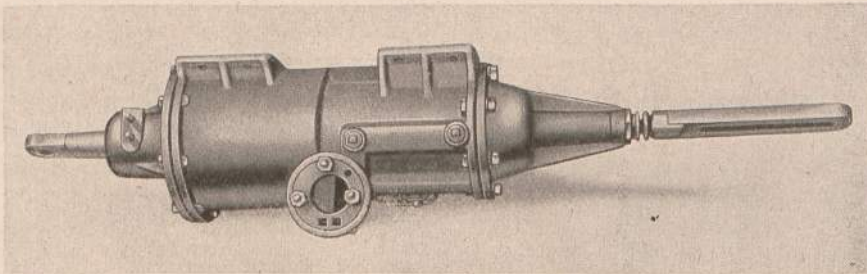
Die sechste und letzte Stellung des Hebels am Führerbrems- ventil führt eine Schnellbremsung herbei. Dies geschieht dadurch, daß ein sehr weiter Auslaß der Hauptleitung ohne weiteres geöffnet wird, so daß eine sehr rasche, sturzartige Entleerung der Leitung stattfindet. Selbst in langen Per- sonenzügen schlagen die Bremsen bei diesem Vorgang so gut wie gleichzeitig überall sehr kräftig an, es wird der kürzeste Bremsweg ohne Zerrungen im Zug erzielt, zumal das Steuerventil in solchem Fall, wie wir noch hören werden, einen besonders kräftigen Bremsdruck entstehen läßt.

Die Bremsen an Lokomotive und Tender sind für un- mittelbare Wirkung der Druckluft eingerichtet. Sie brauchen ja nicht selbsttätig zu sein, da ein Abreißen des Tenders von der Lokomotive unmöglich zu geschehen vermag, ohne daß der Führer es bemerkt, und weil das Führerbremsventil hier auch als Notbremse verwendet werden kann. Bei den

Lokomotiven sind meist senkrecht stehende Brems- zylinder üblich, wäh- rend diese an den Wagen wagerecht zu liegen pflegen. Ein besonderer Löse- hebel gestattet allei- niges Lösen der Bremse an Loko- motive und Tender, während die Wagen gebremst bleiben.



429. Führer-Bremsventil  
Rechts Leitungsdruckregler



430. Bremszylinder der Runge-Knorr-Bremse  
Knorr-Bremse A.G.

Die unter den Wagen durchlaufende Hauptleitung besteht aus einem fest angebrachten eisernen Rohr. Die Verbindung von Wagen zu Wagen wird durch Gummischläuche herge- stellt. Diese werden durch Bremskupplungen miteinander verbunden. Beim Zusammenfügen der Kupplungen werden durch einfache Drehung der Kupplungsköpfe Gummiringe so fest aufeinander gepreßt, daß eine luftdichte Verbindung entsteht. Vor jedem Schlauchansatz befindet sich ein Hahn,



mit dem die feste Wagenleitung abgeschlossen werden kann. In einem Zug, der sich in Bremsbereitschaft befindet, sind sämtliche Hähne geöffnet, bis auf den letzten, der sich in Abßlußstellung befindet.

Wir wissen bereits, daß sich unter jedem Wagen ein Bremszylinder, ein Hilfsluftbehälter und ein Steuerventil in seinem Gehäuse befinden. Die beiden erstgenannten sind meist in einem einzigen Baustück vereinigt. Der Hilfsluftbehälter ist nichts weiter als ein leerer Kasten zur Luftspeicherung. Das Steuerventil, das die Verbindung zwischen Hilfsluftbehälter und Bremskammer zu beeinflussen hat, ist baulich nicht zwischen beide gesetzt, sondern an der Rückwand des Hilfsluftbehälters angebracht. Da der Ubertritt der Luft vom Hilfsbehälter zur Bremskammer durch die Steuervorrichtung hindurch erfolgen muß, so ist ein Verbindungsrohr zwischen Steuerventil und Bremskammer quer durch den Hilfsbehälter hindurchgeführt, dessen Innenraum also erst auf diesem Umweg mit der baulich unmittelbar anstoßenden Bremskammer verbunden ist.

Während der Fahrt sind Leitung, Hilfsluftbehälter und Steuerventilkasten mit Preßluft von 5 Atmosphären Druck gefüllt. Die sonst geschlossene Kammer des Bremszylinders steht durch eine Öffnung im Steuerventil in Verbindung mit der Außenluft. Der Bremskolben ist durch die Druckfeder zurückgepreßt.

Bei einer Betriebsbremsung geht am Zug folgendes vor sich:

Der Druck in der Hauptleitung und in den Steuerventilkasten sinkt, weil durch das Führerbremsventil über den Ausgleichbehälter hinweg ein Auslaß eröffnet ist. Die Steuerventilkolben verschieben sich, verschließen die Verbindung der Bremszylinder mit der freien Luft und der Hilfsluftbehälter mit der Leitung. Zugleich werden die Hilfsluftbehälter durch die querenden Röhre mit den Bremskammern verbunden, und in diese tritt Druckluft ein. Die Steuerventile wirken hierbei als Druckminderungsventile, die je nach der Menge der Luft, die der Führer aus der Leitung hat entweichen lassen, mehr oder weniger Druck aus den Hilfsluftbehältern in die Bremskammern lassen. Hierdurch kann der Führer ein stufenweises Bremsen herbeiführen.

Wird aber der Hebel des Führerbremsventils in die Schnellbremsstellung gelegt, dann vermindert sich der Druck in der Hauptleitung sehr rasch. Die Steuerventile schlagen sämtlich sogleich in ihre Endstellung, wodurch nicht nur das Ubertreten von Druckluft aus den Hilfsbehältern, sondern auch unmittelbar aus der Hauptleitung in die Bremszylinder bewirkt wird. Das hat einen doppelten Vorteil. Die Hauptleitung wird rasch leer, weil nicht mehr ihr gesamter Inhalt allein durch das Führerbremsventil hinaus muß, so daß eine große Gleichmäßigkeit im Anziehen der Bremsen eintritt, und die Klöße werden weit kräftiger angedrückt als sonst, da ja der volle Leitungsdruck sich dem Druck aus den Hilfsluftbehältern noch zugesellt. Oft wird bei der Schnellbremsung auch selbsttätig Sand aus dem Behälter auf dem Rücken des Kessels vor die Lokomotivräder geworfen.

Sollen die Bremsen wieder gelöst werden, dann legt der Führer seinen Hebel in die Füll- und Lösestellung. Sofort strömt aus dem Hauptluftbehälter Druckluft in die Leitung, worauf die Steuerventile so umschalten, daß die Hilfsbehälter neu aufgeladen werden und die Bremskammern wieder mit der Außenluft verbunden sind. Sie entleeren sich sogleich, worauf die Druckfedern die Bremsen lösen. Damit das pfeifende Geräusch der aus den Bremskammern

strömenden Luft nicht mehr so laut hörbar wird, wie es früher der Fall war, ist jetzt von der Ausströmungsöffnung, die nicht am Bremszylinder selbst liegt, sondern in der Wand des Steuerventilkastens, ein Rohr zu dem vorderen, offenen Raum des Bremszylinders geführt, der nun als Schalldämpfer wirkt.

Es geht aus dieser Schilderung hervor, daß ein stufenweises Lösen bei der Knorr-Bremse so wenig wie bei irgendeiner anderen der bisher gebräuchlichen Einkammerbremsen möglich ist. Wenn die einmal hervorgerufene Bremskraft vermindert werden soll, muß stets die gesamte Druckluft aus der Bremskammer hinausgelassen und der Zug dann von neuem angebremsst werden. Dabei kann leicht eine Erschöpfung der Bremse eintreten. Muß der Führer nämlich sofort wieder bremsen, so genügt die Lösezeit nicht, um die Hilfsluftbehälter wieder richtig aufzufüllen. Nach mehrmaligem derartigen Bremsen nimmt deshalb der Druck in den Hilfsluftbehältern so stark ab, daß keine ausreichende Bremswirkung mehr möglich ist. Dies kann besonders in Gefällen schädlich wirken.

Um sich bei der Fahrt über lange Gefällstrecken vor einem Durchgehen des Zugs möglichst schützen zu können, steht dem Lokomotivführer noch die Zusatzbremse zur Verfügung. Es ist dies eine Schaltvorrichtung, die gestattet, ohne Hervorrufen einer Bremsung am Zug nur die Bremsen an Lokomotive und Tender selbst anzuziehen. Es wird hier in einfachster Art unmittelbare Wirkung der Druckluft verwendet, so daß stets wieder ganz schnell gebremst werden kann. Hat der Führer im Gefälle zu stark gebremst, so daß der Zug stehenbleiben droht, dann muß er wieder lösen, um von neuem schwächer zu bremsen. Hierbei kann der, wenn auch nur für kurze Zeit, von jeder Hemmung befreite Zug leicht in zu rasche Bewegung geraten. Da hilft die Zusatzbremse, die in der gefährlichen Zeit wenigstens die Räder der Lokomotive und des Tenders gefesselt hält.

Im Zugführerabteil befinden sich ein besonderer Bremshebel und ein Druckmesser, der ständig den in der Leitung herrschenden Druck kundgibt. Der Zugführer soll darauf achten, ob dieser auch stets hoch genug ist. Der Lokomotivführer kann in seinem Stand an zwei Druckmessern die Pressung im Hauptluftbehälter und in der Hauptleitung erkennen. Oft ist auch noch ein Druckmesser für den Bremszylinder der Lokomotive vorgesehen.

Dieselbe Wirkung wie das Führerbremsventil in seiner sechsten Stellung bringt die von einem Fahrgast gezogene Notbremse hervor. Das eiserne Kästchen über dem Notbremsgriff in jedem Abteil birgt weit weniger geheimnisvolle Vorkehrungen, als die Fahrgäste oft zu vermuten pflegen. Es ist nämlich nichts weiter darin, als ein kleiner Kniehebel, an den mittels einer Klemme ein durch den ganzen Wagen laufendes Drahtseil angeschlossen ist (Tafel XI). Wird durch kräftiges Herunterziehen des Griffs dieses Drahtseil bewegt, so öffnet es ein Ventil, das sich außen an der einen Stirnseite des Wagens befindet. Eine große Öffnung der Hauptleitung wird hierdurch bloßgelegt, und rasches Ausströmen der Leitungsluft tritt ein.

Die älteren Leser werden sich noch des früher auf den deutschen Bahnen allgemein üblichen Notsignals erinnern. Damals war am ganzen Zug entlang auf der — in der Fahrtrichtung gesehen — rechtsliegenden Außenseite eine Leine zwischen Dachkante und oberem Lürrend gezogen. Mit diesem Strick konnte man, wenn man ihn zu erreichen vermochte, die Lokomotivpfeife zum Ertönen bringen und



damit dem Führer das Zeichen zum Anhalten geben. Mit Recht ist diese Notleine viel bespöttelt worden. Denn es war in der Tat kaum anzunehmen, daß ein Reisender, den ein anderer totschlagen wollte, in der kurzen Zeit, die Mörder ihren Opfern zur Überlegung zu lassen pflegen, imstande sein würde, das Fenster zu öffnen, hoch nach oben zu greifen und die Leine ein paar Meter lang herabzuziehen. Die Vorsehrung war mehr ein Beruhigungsmittel für ängstliche Gemüter als eine wirkliche Sicherheitsvorkehrung. Oft verwickelte sich die Leine auch in einer der zahlreichen Ösen, durch die sie hindurchgeführt war, und im Winter konnte sie niemals ordentlich bewegt werden, weil sie so steif gefroren zu sein pflegte, daß sie einer Eisenstange glich.

Andere europäische Länder haben der Luftsaugbremse, insbesondere in der von Hardy geschaffenen Form, den Vorzug vor der Druckluftbremse gegeben. Sie bietet bei voller Selbsttätigkeit den Vorteil, daß sie nach rückwärts lösbar ist. Für Gebirgsbahnen ist sie darum ganz besonders geeignet.

Bei der Hardy-Bremse herrscht in der Leitung nicht ein erhöhter, sondern ein verminderter Luftdruck. Die Bremskolben in den senkrecht liegenden Zylindern werden nicht durch Preßluft gegen den Atmosphärendruck bewegt, sondern die Außenluft selbst hebt die Kolben an, indem sie diese in einen Raum mit verdünnter Luft hineinschiebt. Die Hardy-Bremse besitzt zwei wirksame Kammern.

Auf der Lokomotive befindet sich ein mit Dampf betriebener Luftsauger. Er stellt durch Absaugen eine Luftverdünnung in der Hauptleitung und in den beiden über und unter dem Bremskolben liegenden Kammern her. Wenn gebremst werden soll, läßt der Führer nach und nach Außenluft in die Leitung und in die untere Bremskammer eintreten. Hierdurch wird der Kolben angehoben und die Bremswirkung hervorgerufen. Durch erneutes Absaugen kann der Luftdruck beliebig wieder vermindert werden, so daß ein stufenweises Lösen stattfindet. Beim Zerreißen des Zugs tritt selbsttätige Bremswirkung ein, Notbremsung ist äußerlich in derselben Weise möglich wie bei den Druckluftbremsen.

Der wirksame Druck ist bei der Hardy-Bremse nur gering, da er ja eine Atmosphäre nie zu übersteigen vermag. Daher müssen zur Erzielung eines starken Bremsdrucks die Kolben hier sehr viel größer gemacht werden. Das Gewicht des Bremsgeschirrs wird also bedeutend höher. Freilich ist das Abdichten der einzelnen Teile bei dem geringen herrschenden Druck leichter.

Eine Luftsaugbremse deutscher Bauart ist die Körting-Bremse.

Bei der außerordentlichen Wichtigkeit, welche die Bremse für die Sicherheit des Zugs besitzt, bestehen bei uns sehr genaue Vorschriften für ihre Prüfung vor der Abfahrt eines jeden Zugs.

Bevor der Fahrdienstleiter auf dem Ursprungsbahnhof das Zeichen zur Abfahrt gibt, muß an dem fertig gereihten Zug festgestellt sein, ob sich die Bremsen überall in ordnungsmäßigem und gebrauchsfähigem Zustand befinden. Zu diesem Zweck werden die wichtigsten Einzelteile nachgesehen, und als schärfste Untersuchung findet die Bremsprobe statt.

Nach Aufforderung durch den hierfür bestimmten Beamten hat der Lokomotivführer eine Betriebsbremsung vorzunehmen. Jeder kennt dieses plötzliche Anschlagen der Bremsen kurz vor der Abfahrt. Der Beamte, dem die Beaufsichtigung der Bremsklöße übertragen ist, sieht nun

an sämtlichen Wagen genau nach, ob auch alle Bremsklöße richtig an den Radreifen liegen. Wenn dies der Fall ist, so wurde damit zugleich die Feststellung gemacht, daß alle Abschlußhähne in der Hauptleitung, bis auf den letzten, geöffnet sind. Darauf gibt der Beamte dem Lokomotivführer das Zeichen zum Lösen der Bremsen. Oft werden, um die für längere Wege notwendige Zeit zu ersparen, die Befehle „Bremsen anziehen!“ und „Bremsen lösen!“ durch eine elektrische Anzeigevorrichtung gegeben. Die kleinen Einschaltkontakte, die meist mit einem besonderen Schlüssel betätigt werden müssen, sind gewöhnlich in der Mitte des Bahnsteigs angebracht.

Nach Beendigung der Bremsprobe hat der Führer bei Fahrtstellung seines Ventils den Druckmesser für die Hauptleitung zu beobachten. Der Zeiger soll jetzt fast genau auf 5 Atmosphären einspielen. Sinkt er allmählich, so ist das ein Zeichen, daß sich Undichtigkeiten in der Leitung befinden. Diese müssen unbedingt vor der Abfahrt behoben sein. Ist der Schaden nicht schnell genug auszubessern, so muß der betreffende Wagen aus dem Zug genommen werden.

Die Bremsprobe ist auf allen Zwischenbahnhöfen zu wiederholen, in denen Wagen in den Zug eingestellt oder von diesem abgehängt werden. Die Untersuchung über das richtige Anliegen der Bremsklöße kann hier jedoch auf den letzten Wagen beschränkt werden.

Auch die Wagenkuppler haben der Herstellung einer sicheren Bremsverbindung besondere Aufmerksamkeit zuzuwenden. Vor dem Auseinandernehmen der Kupplungsschläuche zwischen zwei Wagen sind die Leitungshähne auf beiden Seiten zu schließen. Geschieht dies nicht, so wird beim Entkuppeln der ganze Zug durch Entleerung der Leitung abgebremst. Es besteht auch Gefahr, daß die Luftpressung im Innern der Schläuche die Enden beim Entkuppeln scharf auseinander schleudert, so daß der Bedienungsmann schwer getroffen werden kann. Nicht gekuppelte Schläuche sind durch Leerkupplungen, die an jeder Pufferbohle hängen, zu verschließen, damit nicht Fremdkörper in die Leitung gelangen können. Wenn an festgebremsten Wagen, die nicht mehr mit einer Lokomotive in Verbindung stehen, die Bremsen gelöst werden sollen, so kann an jeder Längsseite des Wagens an einem Griff gezogen werden, der eine Entleerung des Hilfsluftbehälters und damit Umschalten des Steuerventils auf Lösestellung herbeiführt.

Trotz der vorzüglich wirkenden Bauarten durchgehender Druckluftbremsen, die wir besitzen, herrscht die höchst unzeitgemäße Handbremsung auf den deutschen Bahnen immer noch vor. Der Grund für diesen wenig wünschenswerten Zustand ist einzig und allein die Tatsache, daß die Durchschlagsgeschwindigkeiten der Druckluftbremsen bisher für lange Güterzüge nicht groß genug waren. Die Einwirkungen der ungleichmäßigen und darum höchst mangelhaften Bremsung der Güterzüge auf den gesamten Eisenbahnverkehr sind zahlreich und äußerst hinderlich.

Die gewöhnlichen langen Güterzüge können nicht mit größeren Geschwindigkeiten als 30 bis höchstens 45 Kilometer in der Stunde gefahren werden. Sie halten also die Strecken übermäßig lange besetzt. Fortwährend müssen Überholungen durch schneller fahrende Personenzüge stattfinden, was weiter zeitraubend wirkt. Ein Heer von Bremsen muß sich ständig auf den Güterzügen befinden, wodurch unter hohen Gehaltsaufwendungen ein Dienstzweig erhalten bleibt, der nicht mehr zeitgemäß erscheint, schwerste Anforderungen an die Beamten stellt und wenig begehrenswert ist.



Die offenen Bremserfüße, auf denen die Beamten früher durch Regengüsse und Winterstürme fahren mußten, sind zwar bei uns längst verschwunden. Die Verwaltungen haben auf allen Wagen, die Handbremsen besitzen, kleine Häuschen erbauen lassen, die den Bremsern Unterkunft während der Fahrt gewähren. Aber wenn die Männer auf den Güterwagen nun auch gegen die ärgsten Sturmgewalten geschützt sind, so ist ihre Arbeit während des langen Winters doch kaum angenehmer geworden. Stundenlang haben sie in engem, immer noch eiskaltem Raum zu sitzen, oft müssen sie bei völliger Finsternis hinaustreten auf die schmale, beeiste Plattform, immer muß ihre Aufmerksamkeit gespannt sein, damit sie nicht das Pfeifensignal der Lokomotive überhören, das ein Anziehen der Bremsen befiehlt. Während all ihrer vielen Dienststunden sind sie von jeglichem Verkehr mit ihren Mitmenschen abgeschnitten, an einen rauen, höchst unwirtlichen Ort gebannt.

Die Einführung der durchgehenden Güterzugbremse würde also nicht nur betrieblich durch die dann mögliche Beschleunigung der Güterzüge einen außerordentlichen Fortschritt herbeiführen, sie würde auch einem ganzen Heer von Beamten Befreiung von einem Dienst bringen, der von einer Art ist, wie man sie heute dem Menschen möglichst nicht mehr zumutet.

Um so mehr ist es zu begrüßen, daß die große, höchst bedeutsame Frage der Herstellung einer durchgehenden Güterzugbremse während des Kriegs gelöst worden ist. Seit dem Ende des Jahres 1916 ist diese Bremse vorhanden.

Ihre Schaffung hat einen ganz ungewöhnlichen Aufwand von Kosten, sowie technischer und wissenschaftlicher Arbeit erfordert. Die Versuche, an deren Gelingen das Zentralamt der preussischen Eisenbahnen hervorragenden Anteil hatte, haben reichlich zwölf Jahre gedauert. Die Bremse wird jetzt allmählich in alle deutschen Güterwagen mit Hemmvorrichtung eingebaut.

Sie kann auch an Personenvagen in gleicher Bauart verwendet werden. In Zukunft werden wir also eine Einheitsbremse besitzen, so daß man alsdann Personen- und Güterwagen in beliebiger Weise und ohne Schnelligkeitsverminderung der Züge durcheinander in diese wird einstellen können.

Es wird nach Einführung der neuen Bremse die seit langem in den Fachkreisen bitter genug empfundene Tatsache verschwinden, daß die langsam fahrenden Güterzüge auf vielen wichtigen Strecken der deutschen Bahnen die dringend erforderliche Verdichtung des Verkehrs sowohl für Personen wie für Güter hemmen. Tag und Nacht folgen auf den großen Linien die Züge einander in engstem Zwischenraum. Überholungsgeleise, die in immer steigender Zahl angelegt werden, können doch nur mit Mühe ein Durchbringen der Schnellzüge ermöglichen. Die Schienenpfade sind an vielen und gerade den wichtigsten Stellen am Ende ihrer betrieblichen Leistungsfähigkeit angelangt. Darum hatten allmählich die Stimmen derer immer mehr Bedeutung gewonnen, die eine grundsätzliche Trennung des langsamen Güter- vom schnellen Personenverkehr verlangten. Sicherlich wäre auf sehr vielen Strecken die Verlegung dritter und vierter Geleise binnen kurzem unabwendbar geworden, wenn nicht die sichere Aussicht bestünde, durch eine grundsätzliche Beschleunigung des Güterverkehrs eine durchgreifende Entlastung der Strecken herbeizuführen. Die vielen Millionen, welche für die neue Bremse ausgegeben werden müssen,

lassen sich also beinahe schon durch Ersparnis der außerordentlich hohen Ausgaben für den Ankauf neuer Gelände- streifen und Anlegung von Erweiterungsgeleisen wieder einbringen.

Die also aus vielen Gründen hochwichtige Neueinrichtung führt den Namen Runze-Knorr-Bremse. Denn der Geheime Oberbaurat Runze und die Knorr-Bremse-Aktien-Gesellschaft haben bei ihrer Schaffung entscheidend mitgewirkt.

Die Runze-Knorr-Bremse gewinnt die hohe Durchschlagsgeschwindigkeit selbst für die längsten Güterzüge dadurch, daß bei ihr das Bremsen in zwei Vorgänge zerlegt wird. Es findet zunächst ein leichtes Anbremsen des gesamten Zugs statt, das sich mit einer Geschwindigkeit von 180 Metern in der Sekunde über sämtliche Wagen ausbreitet, da hierbei nur wenig Luft aus der Hauptleitung zu treten braucht. Nun ist Zeit gewonnen, die größeren Luftmengen, die für die Vollbremsung aus der Leitung gelassen werden müssen, allmählicher austreten zu lassen.

Baulich stellt sich die Vorrichtung als eine Einkammerbremse dar mit einem beweglichen Kolben in dem hierdurch in zwei Kammern geteilten Hilfsluftbehälter. Dieser geteilte Hilfsluftbehälter gibt dadurch, daß man in einer seiner Kammern einen kleinen Überdruck zu erzeugen vermag, die Möglichkeit, die Bremse auch rückwärts stufenweise zu lösen. Die Vorrichtung wird dadurch auch unerschöpflich, so daß sie die erste Bremse darstellt, die alle auf Seite 248 zusammengestellten sieben Forderungen vollkommen erfüllt.

Die Bauart des Hilfsluftbehälters gestattet außerdem, ihn nach Erfüllung seines eigentlichen Zwecks mit zum Bremsen heranzuziehen, d. h. mit seiner Hilfe die Bremskraft über das bisher übliche Maß zu erhöhen.

Zu diesem Zweck wird nach Erreichung des Druckausgleichs zwischen dem Hilfsluftbehälter und dem Einkammerzylinder selbsttätig ein Ventil geöffnet, das den Rest der in der linken Kammer des Hilfsluftbehälters eingeschlossenen Druckluft ins Freie entweichen läßt. Der Kolben im Hilfsluftbehälter kommt dann unter dem Druck der Luft in der anderen Kammer zum Anliegen an das Bremsgestänge, so daß auf dieses jetzt zwei Kolben wirken und die Bremskraft entsprechend verstärkt wird. Diese zusätzliche Kraft wird an den Güterwagen benutzt, um auch das Ladegewicht abzubremsen.

Wenn nämlich ein Güterwagen voll beladen ist, so muß, um ihn in voller Fahrt zum Stillstand zu bringen, natürlich eine weit größere lebendige Kraft vernichtet werden, als wenn er leer läuft. Eigentlich müßte also jeder leere Wagen anders abgebremst werden als ein beladener. Das war nun von den Handbremsen niemals mit genügender Genauigkeit zu erreichen. Auch keine Luftsaug- oder Druckluftbremsart besaß bisher diese Veränderlichkeit. Erst die Runze-Knorr-Bremse gestattet eine Doppeleinstellung an jedem einzelnen Wagen.

Es befindet sich an den Längsseiten jedes der mit ihr ausgerüsteten Güterwagen je ein besonderer Handgriff. Ist der Wagen unbeladen, so wird der Hebel nach links, auf Bremsung für den leeren Wagen, ist das Fahrzeug belastet, so wird der Griff nach rechts, auf Bremsung für den beladenen Wagen, eingestellt. Im ersten Fall wirkt nur der Kolben des Einkammerzylinders, im zweiten auch noch derjenige des Zweikammer-Hilfsluftbehälters auf das Bremsgestänge. Der beladene Wagen wird also weit kräftiger abgebremst als der leere. Freilich wird durch diese Ein-



richtung die Abfertigung der Güterzüge mit einer neuen Vorrichtung, nämlich der Einstellung des Bremsgriffs, belastet. Aber das will herzlich wenig bedeuten gegenüber den außerordentlich großen Vorteilen, die hierdurch beim Bremsen der Züge entstehen.

\*

Wir haben nunmehr sämtliche Teile betrachtet, aus denen die Eisenbahnzüge zusammengesetzt werden. Auch die Teile der Teile haben wir uns angesehen, soweit sie einen wesentlichen Einfluß auf die Zugfahrt zu üben vermögen.

Nunmehr ist es Zeit, die eiligen Läufer als Ganzes ins Auge zu fassen. Da drängen sich uns zunächst die Fragen auf: Woher kommen die Züge, die wir fertig gebildet in die Bahnhofshallen einfahren sehen? Wie sieht die Stelle aus, an denen sie ihren Ursprung haben? Welche Handlungen sind notwendig, damit im Lauf von 24 Stunden alle die unzähligen Züge fertig gebildet in den Bahnhöfen zur Verfügung stehen?

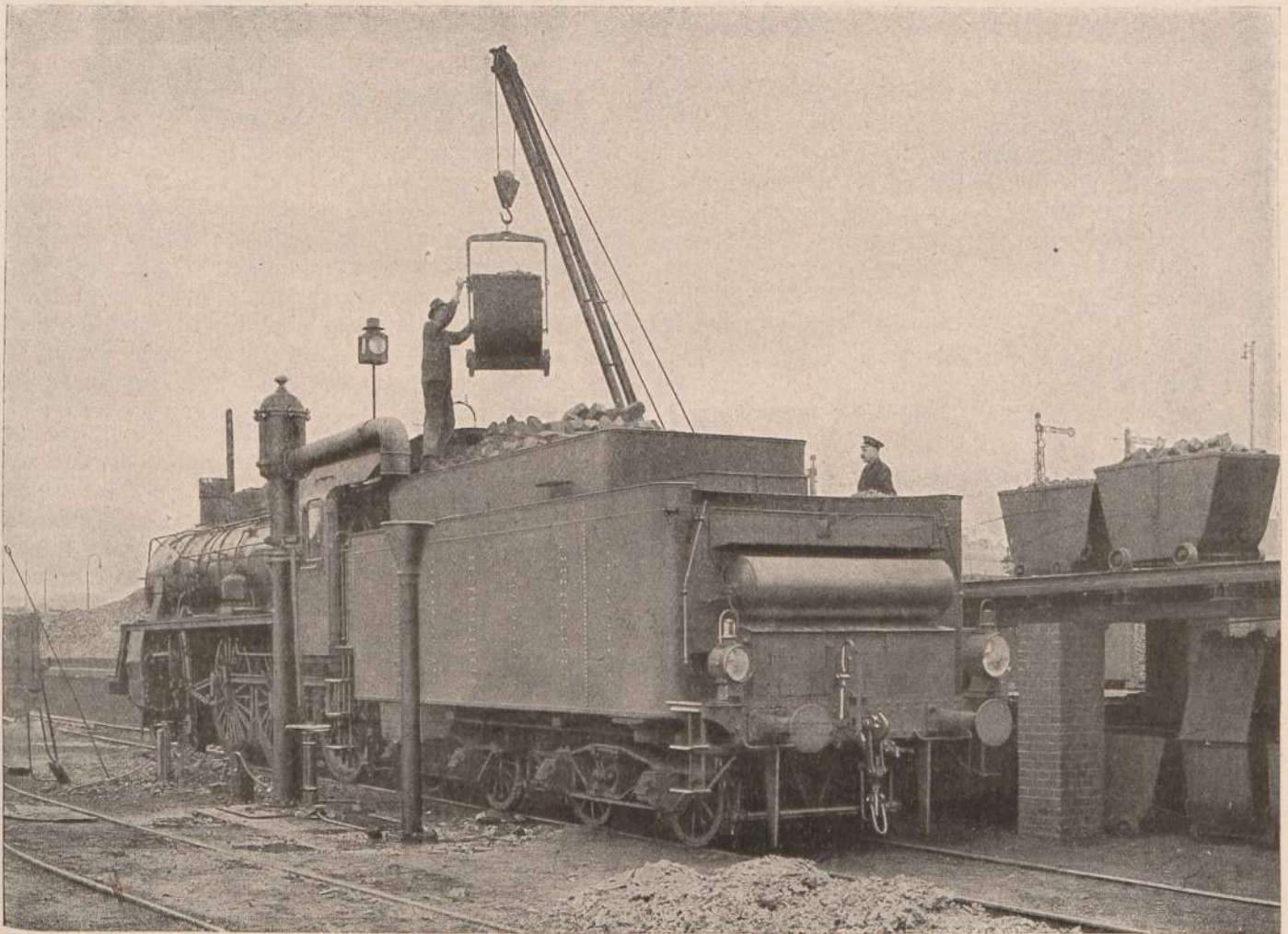
Zur Beantwortung dieser Fragen müssen wir ein Gebiet betreten, das abseits der von den Reisenden durchzogenen großen Eisenbahnstraßen liegt. Es ist dazu verurteilt, den Fahrgästen unbekannt zu bleiben.

Der Ursprung eines jeden Personenzugs ist die Zugbildungsstelle. Wichtigste Vorgänge vollziehen sich hier, von denen keine Kunde nach außen dringt. Es gibt

noch manche andere solcher geheimnisvollen Stätten im Eisenbahnbetrieb, und daher erscheint dieser dem Außenstehenden sehr viel einfacher, als er in Wirklichkeit ist. Der Fahrgast sieht nur den scharf geregelten, glatten Ablauf des Verkehrs und ist bei oberflächlicher Betrachtung leicht der Meinung, daß dieser sich ohne sonderliche Bemühungen abzuspielen vermag. Aber gerade damit eine störungsfreie Abwicklung der Zugfahrten möglich wird, sind außerordentliche Veranstaltungen abseits von jenen Stätten notwendig, die von den Reisenden und auch von den Auslieferern der Güter betreten werden.

Die Bildung der Personen- und Güterzüge vollzieht sich nach fest umrissenen Vorschriften. Diese sind das Ergebnis sehr eingehender, oft langwieriger Erwägungen und Verhandlungen im Schoß der leitenden Behörde. Die Fahrpläne bilden die Grundlage der Vorschriften für die Zusammenfügung der einzelnen Wagen zu Zügen, deren regelmäßiger Lauf ja der Zweck all der ungeheuren Einrichtungen ist.

Aber die Fahrplanrückichten hinaus unterliegt die Länge der Züge einer Begrenzung aus einem uns bereits bekannten, rein technischen Grund. Die Bremsen besitzen nur eine bestimmte höchste Durchschlagsgeschwindigkeit, weshalb die Wagen nicht in willkürlicher Zahl aneinandergereiht werden dürfen. Die „Fahrdienstvorschriften“ setzen die Stärke der Züge nach verschiedenen Gattungen und Geschwindigkeiten fest. Da die Länge der Wagenkasten sehr stark wechselt,



431. Lokomotive nimmt Kohle.  
Phot. W. Tikhenthaler



so werden nicht Meterzahlen, sondern Achszahlen angegeben, die einen gleichmäßigeren Maßstab darstellen.

In dem Abschnitt „Bildung der Züge“ sagen die Fahr-dienstvorschriften, daß Personenzüge auf Hauptbahnen bei Geschwindigkeiten

bis zu 50 Kilometern nicht über 80 Wagenachsen,  
bis zu 60 Kilometern nicht über 60 Wagenachsen,  
bis zu 80 Kilometern nicht über 52 Wagenachsen,  
darüber hinaus nicht mehr als 44 Wagenachsen

stark sein dürfen. In Schnellzügen, die sechssachsig Wagen führen, dürfen diese Achszahlen für jeden solcher Wagen um zwei Achsen überschritten werden, jedoch nur bis zur Höchstzahl von 60 und 52 Achsen in den beiden letztgenannten Fällen.

Güterzüge dürfen auf Hauptbahnen bei Geschwindigkeiten  
bis zu 45 Kilometern nicht über 120 Wagenachsen,  
bis zu 50 Kilometern nicht über 100 Wagenachsen,  
bis zu 55 Kilometern nicht über 80 Wagenachsen,  
bis zu 60 Kilometern nicht über 60 Wagenachsen

stark sein. Auf Strecken, die besonders günstige Neigungs- und Krümmungsverhältnisse sowie genügend ausgedehnte Bahnhofsanlagen besitzen, kann die Eisenbahndirektion mit Genehmigung des Reichsverkehrsministeriums für Güterzüge mit Geschwindigkeiten bis zu 45 Kilometern, also für die gewöhnlichen Lastzüge, 150 Wagenachsen als Höchstzahl zulassen.

Genaueste Vorschriften regeln weiter die Zusammenstellung der Fahrzeuge innerhalb eines Zugs. Wagen mit Gegenständen, die leicht Feuer fangen, dürfen nicht in unmittelbare Nähe der Lokomotive oder von Wagen mit Ofenheizung gestellt werden. Ganz besondere Vorsichtsmaßregeln sind bei solchen Wagen anzuwenden, die Sprengstoffladung enthalten.

Da die Erfahrung gezeigt hat, daß bei Unfällen der erste hinter der Lokomotive laufende Wagen gewöhnlich die schwersten Beschädigungen erleidet, so ist vorgeschrieben, daß in allen zur Personenbeförderung bestimmten Zügen, die eine größere Stundengeschwindigkeit als 50 Kilometer haben, der erste Wagen mit Reisenden nicht besetzt werden darf, sondern als Schutzwagen laufen muß. Wo ein Packwagen im Zug ist, wird dieser als Schutzwagen eingestellt. Die Postwagen sollen diesem Zweck nur dienen, wenn es unvermeidbar ist. Diese Notwendigkeit tritt z. B. ein, wenn ein Zug unterwegs in einem Kopfbahnhof gewendet wird. Es ist in solchem Fall meistens weder Zeit, noch Gelegenheit, den Packwagen an das andere Ende des Zugs zu bringen. Der Postwagen läuft alsdann bis zur Wendestelle als letztes Fahrzeug, von hier an als erster. Um die Beamten der Fahrpost nach Möglichkeit zu sichern, werden, wie bereits erwähnt wurde, in den neueren Postwagen an beiden Stirnseiten besonders widerstandsfähig ausgebildete Abteile eingerichtet, die unbesezt bleiben müssen.

Es ist uns gleichfalls bereits bekannt, daß in Schnellzüge zweiaxelige Wagen nicht oder doch nur auf ganz besondere Anordnung eingestellt werden dürfen. Ferner dürfen zwischen Wagen mit Drehgestellen Wagen anderer Bauart nur mit ausdrücklicher Genehmigung der Eisenbahndirektion laufen. Die Verwendung dreiaxiger Wagen in Schnell- und Eilzügen ist gleichfalls beschränkt; sie dürfen hierzu nur benutzt werden, wenn sie einen Achsstand von mindestens sechs Metern und 16 000 Kilogramm Eigengewicht haben.

Für die Anordnung der Abteile gilt folgendes:

In den Personenzügen ist mindestens die Hälfte der Abteile erster, zweiter und dritter Klasse, ohne Einrechnung

der Frauenabteile, für Nichtraucher zu bestimmen. Nicht-raucherabteile dürfen innerhalb der vorgeschriebenen Zahl nicht zu Raucherabteilen umgewandelt werden, auch wenn die Raucherabteile nicht ausreichen. Bei Schnell- und Eilzügen soll von jedem Abteil aus ein Abort zugänglich sein. Ein Abteil erster oder zweiter Klasse darf, auch wenn der Zug nur diese Klassen führt, nicht als Dienstabteil für die Zugbegleitbeamten eingerichtet werden.

Die in den Personenzügen laufenden Wagen werden unterschieden in Stammwagen, das heißt solche Wagen, die ständig auf der ganzen, vom Zug durchfahrenen Strecke laufen und über diese Strecke nicht hinausgehen; Kurswagen, die auf eine Anschlussstrecke übergehen oder von einer solchen herankommen; Verstärkungswagen, die außer dem Stamm des Zugs nur an bestimmten Tagen oder nur auf einer Teilstrecke laufen; Bereitschaftswagen, die zur außergewöhnlichen Verstärkung der Züge oder als Ersatz für schadhafte und untersuchungspflichtige Wagen bereitgehalten werden.

Um den Reisenden das Auffuchen der Plätze zu erleichtern, pflegt man die Wagen mit Abteilen gleicher Klasse möglichst zusammenzustellen. Das ist aber vollkommen nur innerhalb des Stamms der Züge durchzuführen. Kurswagen müssen so eingestellt werden, daß sie auf einfachste Weise vom Zug losgelöst werden können; sie werden also meist am Ende laufen, so daß oft Abteile erster und zweiter Klasse hinter einer ganzen Reihe von Wagen mit dritter Klasse neu auftauchen.

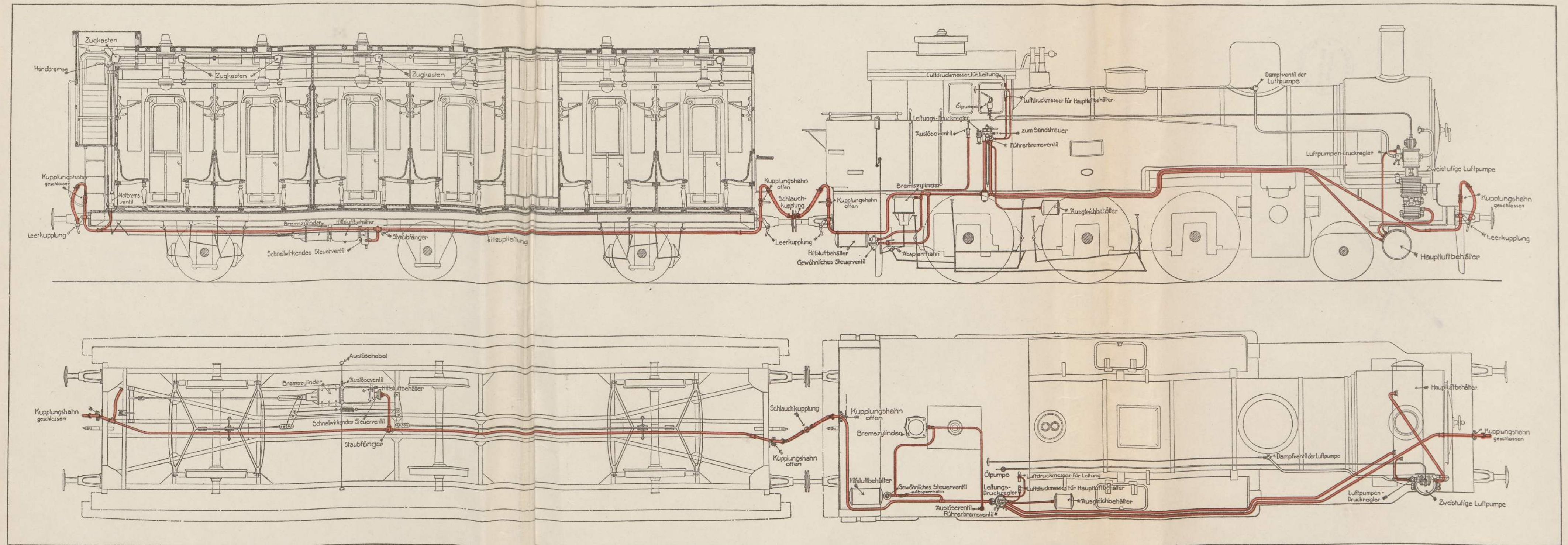
Den Zugbildungsstellen stehen ständig so viele Wagen zur Verfügung, wie sie für das Zusammenfügen der abgehenden Züge brauchen. Ferner sind ihnen Verstärkungs- und Bereitschaftswagen in genügender Zahl zugeteilt.

Damit die Zugbildungsstellen die notwendigen Wagen stets zur Hand haben, müssen sie ständig und ununterbrochen damit versorgt werden. Es findet ein fortwährendes Abfließen nach der Strecke hin statt, dem ein Nachschub in umgekehrter Richtung entgegenwirken muß. Denn die Quelle der Wagen ist ja nicht die Werkstatt, aus der immer neue Fahrzeuge ausgespien werden, sondern die Wagen kehren aus dem vollen Leben der Strecke stets von neuem in die verhältnismäßige Einsamkeit der Zugbildungsstelle zurück. Diese oder ihre nächste Nachbarschaft dient zugleich als Abstellbahnhof für die Züge, deren Lauf beendet ist, und hier werden die Wagen auch gereinigt und nachgesehen.

Niemand wird zweifeln, daß besonders klug erdachte, sorgfältig erwogene und haarscharf mit den tatsächlichen Verhältnissen übereinstimmende Vorschriften erlassen sein müssen, damit auf allen Zugbildungsstellen in jedem Augenblick die erforderlichen Wagen vorhanden sind. Da die Fahrdienstvorschriften so weit gehen, daß sie für jeden Zug nicht nur die Zahl seiner Wagen, sondern auch die Art der Abteile angeben, die er enthalten muß, so würde es nicht genügen, wenn die Zugbildungsstellen fortwährend einen neuen Wust von Wagen erhielten, aus denen sie sich nun die am besten brauchbaren herausuchen müßten. Es ist vielmehr dafür zu sorgen, daß zu bestimmten Stunden immer wieder ganz bestimmte Wagen eintreffen.

Wenn man nun bedenkt, wie groß die Zahl der Züge ist, die ständig in Deutschland durcheinanderfahren, wenn man im Auge behält, daß manche Züge nur über ganz kurze Strecken rollen, andere zwölf und mehr Stunden bis zur Ankunft am Bestimmungsorte brauchen, wenn man in Betracht zieht, daß zahllose Züge unterwegs zerlegt werden, Teile sogar über die Reichsgrenzen hinausgehen, so muß es

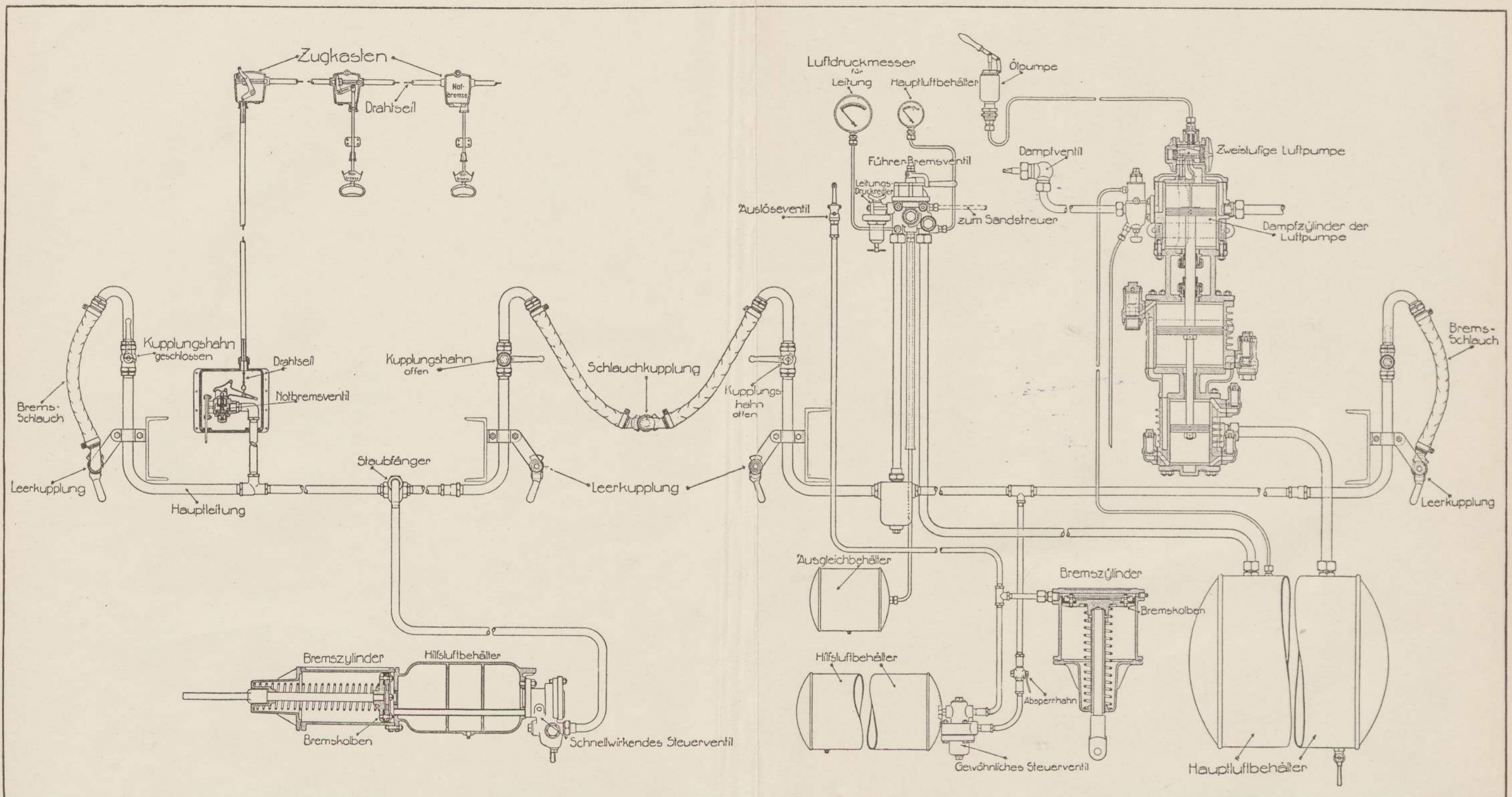




# Druckluft-Bremse I

Anordnung der durchgehenden Druckluft-Schnellbremse, Bauart Knorr, an einer Tender-Lokomotive und einem Personenwagen. Seitenansicht und Ansicht von unten. Alle Druckluft führenden Rohre sind rot gezeichnet. (Zu Seite 250)





## Druckluftbremse II

Die einzelnen Bauteile der Knorr-Bremse an Lokomotive (rechts) und Wagen (links). (Zu Seite 250)



fast unmöglich dünken, daß der einzelne Wagen ständig in seinem Lauf verfolgt werden, daß in jedem Augenblick sein Aufenthaltort festgestellt werden kann.

Dennoch steht jeder Wagen genau zur vorgeschriebenen Zeit stets von neuem zur Verfügung. Dies wird hauptsächlich durch eine grundlegende Festsetzung bewirkt: ein jeder Personenwagen hat einen ganz bestimmten Heimatbahnhof, zu dem er immer wieder zurückkehrt, wo er nachgesehen, gereinigt und instandgesetzt wird.

Zur Erzielung eines glatten Rücklaufs in die Heimat wird möglichst je ein Wagensatz, der den Stamm darstellt, für einen hin- und rücklaufenden Zug benutzt. Diese beiden Züge nennt man dann ein Zugpaar. Die Wagen laufen von der Zugbildungsstelle bis zur Wendestelle und gehen alsdann möglichst bald wieder auf den umgekehrten Weg. Bei Aufstellung der Fahrpläne ist auf diesen Stammwagen-Umlauf sorgfältig Rücksicht zu nehmen. Der Gegenzug zu demjenigen Zug, der die Stammwagengruppe zur Wendestelle bringt, darf erst zu einer Zeit abgehen, die von der Ankunftszeit an der Wendestelle so weit abliegt, daß auch im Fall einer Verspätung des ankommenden Zugs die Wagen für den abgehenden Zug mit Bestimmtheit zur Stelle sind, und daß Zeit zum Reinigen der Wagen sowie zur Instandsetzung und der meist nötigen Umstellung der Gruppe bleibt.

Wenn die Zugfahrt bis zur Wendestelle nicht länger als zehn Stunden währt, kommt man mit Einem Wagensatz aus. Sonst müssen für denselben Zug deren mehrere vorhanden sein. Bei kürzeren Fahrzeiten kann ein Wagensatz mehrere Hin- und Herfahrten innerhalb eines Tags ausführen, oder man benutzt ihn für zwei bis drei aneinander schließende Zugläufe. Immer aber muß er zuletzt wieder im Heimatbahnhof eintreffen.

Für die Kurswagen müssen ähnliche Umlaufpläne aufgestellt werden. Hier handelt es sich oft um außerordentlich lange Läufe, welche die Wagen viele Tage lang von der Heimat fernhalten. Man denke nur an die durchlaufenden Wagen Berlin—Rom oder Berlin—Marseille, die bis zum Ausbruch des Krieges verkehrten. Damit auch hier eine Übersicht in bequemer Weise gewonnen wird, behandelt man jeden Kurswagen so, als wäre er ein ganzer Wagensatz. Entsprechendes gilt für die Sonderwagen, welche die Züge entweder nur am Tag oder nur in der Nacht begleiten: die Speise- und Schlafwagen.

Die Zusammensetzung jedes einzelnen Personenzugs wird den Zugbildungsstellen beim Wirkungsbeginn jedes neuen Fahrplanes vorgeschrieben. Es geschieht dies durch die Zugbildungspläne. Jeder von diesen enthält zwei Abschnitte. Der erste, Ordnungsplan genannt, führt jeden Zug mit seiner Nummer auf und nennt dann die Wagenklassen, Bremsgattung und Heizungsart, die der Zug führen soll; hierauf werden die Wagen genau in der Reihenfolge angegeben, wie sie, von der Lokomotive angefangen, in den Zug einzustellen sind. Mit diesem Ordnungsplan, den jeder Direktionsbezirk für sich aufstellt, werden alle Züge während ihres Umlaufs innerhalb des Bezirks verfolgt. Abteilung 2, Wagenumlaufplan, enthält, nach Zugbildungsstellen geordnet, Abgangs- und Ankunftszeiten jedes Wagensatzes sowie die gleichen Angaben für dessen Wendestelle. Wie beide Teile des Zugbildungsplans zusammenarbeiten, wird aus den folgenden Darlegungen hervorgehen.

Für die Aufstellungen im Zugbildungsplan werden Abkürzungen verwendet, die vom telegraphischen Verkehr her-

stammen. Es ist selbstverständlich, daß trotz aller sorgfältig abgewogenen Zuweisungen unausgesetzt telegraphische Anordnungen über Wagenläufe an die Zugbildungsstellen zu geben sind, und daß auch diese oft Anforderungen zu machen haben. Schwankungen im Verkehr, größere Wagensausfälle oder Stauungen aus unvorhergesehenen Ursachen treten ja öfter ein und müssen ausgeglichen werden. Es wäre nun höchst umständlich, jede Wagenart im Telegramm stets ausführlich zu benennen. Vereinbarte Kürzungen ersparen viel Zeit und Telegraphiarbeit. Wenn ein Bahnhof z. B. einen D-Wagen haben will, der Abteile zweiter und dritter Klasse enthalten soll, ferner einen Abteilwagen mit erster und zweiter Klasse und einen Wagen vierter Klasse, so braucht er dies nach den Vereinbarungen nicht ausführlich an die Zuteilungsstelle zu telegraphieren. Er drahtet vielmehr nur: aus den und den Gründen erwünscht BCCü, AB, D.

Die Lösung dieses Buchstabenrätsels ergibt sich aus folgendem: Bei Personenwagen werden die vier Klassen mit den Buchstaben A, B, C, D bezeichnet. Hat der Wagen mehr als drei Achsen, also vier oder sechs, ist er folglich ein Drehgestellwagen, so wird der letzte Buchstabe verdoppelt. Packwagen heißen P, vierachsige Packwagen PP. Bahnpostwagen werden mit Post bezeichnet; wenn sie die besondere Länge von 17 Metern haben, tritt noch eine 17 hinzu. EK sind Eilgut-Kurswagen.

Weiter sind als Zusätze üblich: ü für Wagen mit Durchgang und Übergangsbrücken, die durch Faltenbälge geschützt sind (D-Wagen); i für Wagen mit Durchgang (meist Mitteldurchgang) und offenen Übergangsbrücken; post für Wagen mit Postraum.

Danach bedeutet z. B.:

AB einen zwei- oder dreiachsigen Wagen mit Abteilen erster und zweiter Klasse;

ABB einen vier- oder sechsachsigen Wagen mit erster und zweiter Klasse;

C einen zwei- oder dreiachsigen Wagen mit Abteilen dritter Klasse;

CC einen vier- oder sechsachsigen Wagen mit Abteilen dritter Klasse;

D einen Wagen vierter Klasse;

ABCC einen vier- oder sechsachsigen Wagen mit Abteilen erster bis dritter Klasse;

ABCCü einen ebensolchen D-Wagen;

CCü einen D-Wagen dritter Klasse;

Ppost einen Packwagen mit Postraum.

Angaben des Ordnungsplans der Eisenbahndirektion Halle sehen z. B. folgendermaßen aus:

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Zug Nr.	Wagenklasse	Benennung	Stellung	Anzahl, Gattung und Reihenfolge der Wagen	Kommt aus Zug	Wagenlauf	Geht über in Zug	Nr. des Abschnittes II
D38	1/3	Wfbr		1 PPü 1 ABCCü 1 ABBü, 1 BCCü 2 CCü, 2 Schlaf 1 Post 17 36 Achsen	37 37 37 37	Berlin-Stuttgart Berlin-Saarbrücken Berlin-Stuttgart bezgl.	37 37 37 37	49 50 49 —
D37	1/3	Wfbr	D	1 Post 17 1 ABCCü 2 CCü, 1 BCCü 1 ABBü, 2 Schlaf 1 PPü 36 Achsen	38 38 38	Stuttgart-Berlin Saarbrücken-Berlin Stuttgart-Berlin	38 38 38	— 50 50



Es handelt sich hier um ein Zugpaar mit erster bis dritter Klasse. Die Wagen haben Westinghouse-Bremse und Dampfheizung. Die Fahrzeuge sind sämtlich D-Wagen, die in der angegebenen Reihenfolge, von der Lokomotive an gerechnet, aufgestellt sind. Der Stamm des Zugs läuft von Berlin nach Stuttgart und zurück. Ein Wagen mit erster, zweiter und dritter Klasse jedoch läuft zwischen Berlin und Saarbrücken. Die Wagen, aus denen die Zugbildungsstelle in Berlin den D 38 bildet, entnimmt sie dem ankommenden D 37. Nach Beendigung der Fahrt von D 38 gehen die Wagen an den Endstellen wieder in D 37 über, um von neuem nach Berlin zu laufen. Man sieht schon aus diesem Beispiel, daß auf den Zugbildungsstellen viele Verschiebewegungen auszuführen sind, weniger freilich als im Güterzugverkehr.

Spalte 9 des Ordnungsplans weist auf den Abschnitt II des Zugbildungsplans, den Wagensumlaufplan, hin. Hier heißt es unter den Nummern 49 und 50, die für die Zugbildungsstelle Berlin-Anhalter Bahnhof aufgestellt sind:

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Nr.	Umlaufstage	Zug-gat-tung und Nr.	Wagenlauf	Ankunft	Hauptreinigung R Reinigungs- Gasfüllung G	Abfahrt	Anzahl und Gattung der Wagen	Die Wagen- stellt
49	1 2	D 38 D 37	Berlin Stuttgart Berlin	958 948	R R G	724 823	1 PPü, 1 ABBü } 1 BCCü, 1 CCü } (2 Schlaf)	Berl. Anh. B Mitropa
50	1 2 3	D 38 D 36 D 37	Berlin Ludwigshafen Saarbrücken Berlin	1034 1005 948	R G R G	724 828 505	1 PPü, 1 ABBü } 1 BCCü, 2 CCü } (2 Schlaf) (1 ABCCü)	Berl. Anh. B Mitropa D. Ludwigshafen D. Ludwigshafen

Man kann unter Nr. 49 zunächst den Lauf des Zugstamms verfolgen. Er fährt um 7 Uhr 54 Minuten abends aus Berlin mit D 38 ab und trifft um 9 Uhr 58 Minuten morgens in Stuttgart ein. Dort wird er — nach dem Wagensumlaufplan für die Zugbildungsstelle Stuttgart — umgereiht, fährt um 8 Uhr 23 Minuten abends wieder aus Stuttgart fort, und zwar mit D 37, und kommt 9 Uhr 48 Minuten morgens in Berlin an. In Stuttgart und in Berlin findet je eine Hauptreinigung statt, Gasfüllung jedoch nur auf dem Heimatbahnhof in Berlin. Da die Wagengruppe zwei Umlaufstage hat, so muß sie auf der Zugbildungsstelle zweimal vorhanden sein, was durch Doppelaufzählung der Wagen ausgedrückt wird. Die Kürzung Mitropa sagt, daß die Schlafwagen von der Mitteleuropäischen Schlafwagen- und Speisewagen-Aktien-Gesellschaft gestellt werden.

Der Lauf des Kurswagens Berlin—Saarbrücken, den die pfälzische Eisenbahndirektion Ludwigshafen stellt, ist aus Nr. 50 des Wagensumlaufplans zu ersehen. Die darin enthaltenen Angaben erklären sich aus dem vorher Gesagten.

Wenn ein Personenzug auf dem für seinen Lauf festgesetzten Endbahnhof angekommen ist, werden die Wagen in den Abstellbahnhof geschleppt. Eine Verschiebelokomotive bringt ihn zur Säuberung in den Reinigungsschuppen. Sobald das letzte Stäubchen entfernt ist, kommt wieder eine Verschiebelokomotive heran, zieht den Zug in ein Ausziehgleis und ordnet durch zahlreiche Bewegungen die Wagen so, daß sie für die nächste Fahrt die richtige Reihenfolge nach der Vorschrift des Zugbildungsplans haben. Darauf wird der Zug in ein Gleis für fertige Züge geschoben, wo

die Achsbehälter mit neuem Schmierstoff versehen, der Gasvorrat ergänzt wird. Im Winter findet auch ein Vorheizen aus ortsfesten Dampfanlagen statt. Die Wasserbehälter in den Aborten mit Spül- und Wascheinrichtungen werden gefüllt. Aufsichtsbeamte sehen die Laufwerke noch einmal gründlich daraufhin nach, ob an ihnen irgendein betriebsgefährlicher Schaden wahrzunehmen ist.

Die Lokomotive wurde nach ihrer Ankunft geradenwegs zur Kohlenlagerstelle gefahren. Hier wird der Vorrat auf dem Tender mittels Handkörben oder unter Benützung eines Krans ergänzt. Zu gleicher Zeit oder unmittelbar darauf wird Wasser nachgefüllt. Nun begibt sich die Lokomotive zur Feuer-Reinigungsstelle. Zwischen den beiden Schienen ist hier eine tiefe, ummauerte Grube vorgesehen, in die Stufen hinabführen. Ein Schuppenfeuermann entfernt die Schlackenschicht, welche sich während der langen Fahrt auf dem Rost gebildet hat, und bringt die Feuerung wieder in guten Zustand; schließlich hat er noch die Rauchkammer zu leeren und zu säubern. Er öffnet mit Hilfe des großen, vor der Brust der Lokomotive angebrachten Handrads die vordere Drehtür und schaufelt die auf dem Boden der Rauchkammer angesammelte Lösch hinaus.

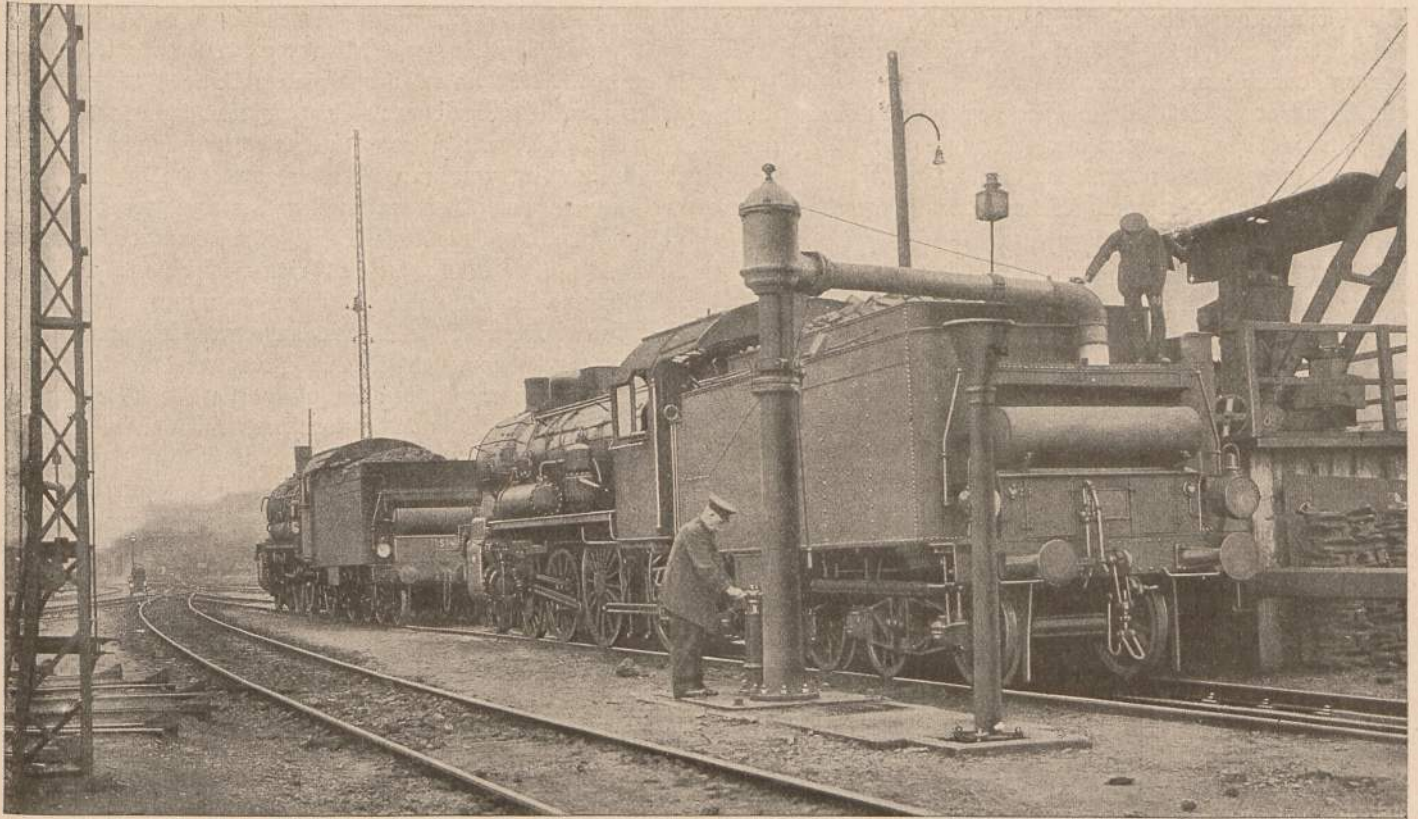
Heizer und Lokomotivführer, die ausdrücklich von diesem schweren Geschäft der Feuerungsreinigung befreit sind, sehen indessen die Lokomotive in allen ihren Teilen nach, ölen sie ab, ziehen lose gewordene Schrauben an, prüfen das ganze Gebäude von allen Seiten und auch von unten her, indem sie in die Grube hinuntersteigen. Darauf darf die Maschine in den Schuppen fahren, wo der Dienst, wenn sie nur einfache Besetzung hat, nun für einige Zeit zu Ende ist.

Schon mehrere Stunden vor der neuen Abfahrtszeit wird die Maschine von Schuppenleuten frisch angeheizt. Lange vor Zugabgang sind auch Führer und Heizer wieder zur Stelle, um das richtige Dampf machen zu überwachen, die letzten Ausbesserungen vorzunehmen. Zur genau festgesetzten Minute verläßt die Lokomotive den Schuppen und legt sich vor den Zug, der bereits vorher von einer Verschiebelokomotive an den Bahnsteig gebracht worden ist.

In ganz anderer Weise gehen Zugbildung und Zugläufe im Bereich des Güterverkehrs vor sich. Eine einfache Überlegung schon zeigt, daß im Güterverkehr mit festen Zugbildungsplänen und Heimatbahnhöfen nichts anzufangen ist. Die Personenzüge laufen innerhalb der Geltungszeit eines Fahrplans täglich in gleicher Form. Die Anforderungen, die an sie gestellt werden, sind immer dieselben, wenn man von einigen Unregelmäßigkeiten absieht, die leicht zu bewältigen sind. Monatelang können die Personenzüge daher in der ein für allemal festgesetzten Form gefahren werden. Im Güterverkehr aber herrscht ein täglicher Wechsel. Jeder Tag stellt infolge der ganz unregelmäßig auftretenden Wünsche der Versender andere Anforderungen an den Wagenpark. Es ändert sich unausgesetzt nicht nur die Zahl der zur Bewältigung des Verkehrs nötigen Wagen, sondern auch ihre Art. Jede der verschiedenen Gütersorten verlangt anders gebaute, nur für sie passende Fahrzeuge. Für Massengüter müssen offene, für Getreide oder Vieh bedeckte, für Papier-, Hohlglas- oder Strohwaren großräumige, für chemische Erzeugnisse Kesselwagen usw. zur Verfügung gestellt werden. Gewisse sehr lebhafteste Verkehrsarten treten nur zu bestimmten Jahreszeiten auf, so die Versendung von Kali und Zuckerrüben.

Dann gibt es Gegenden, die weit mehr versenden, als sie empfangen, wie insbesondere die Kohlenbezirke, und Stellen,





432. Lokomotive nimmt Wasser  
Phot. W. Eigenthaler

bei denen der Empfang überwiegt, wie die Großstädte. Hierdurch allein schon ist ein nutzbringendes, einfaches Hin- und Rücklaufen der Wagen ausgeschlossen.

Die Schwierigkeiten der Regelung werden um so größer, als die einzelnen Verwaltungsbezirke nicht mehr wie bei den Personenwagen in der Hauptsache ihre eigenen Fahrzeuge benutzen, sondern in sehr viel größerem Umfang fremde Wagen zu verarbeiten haben. In bezug auf die Güterwagen bestand bereits längere Zeit vor Gründung der Reichsbahn eine annähernde Reichseinheit, indem sämtliche deutsche Staatsbahnen sich seit 1909 zum Deutschen Staatsbahnenverband zusammengeschlossen hatten. Auch ein großer Teil der Privatbahnen war durch Einstellen ihrer Wagen in den Park einer Staatsbahn dem Verband beigetreten. Seitdem schon wird fast der gesamte Güterwagenpark Deutschlands — mit Ausnahme der Spezialwagen — als einheitliches Ganzes behandelt.

Hierdurch erwächst die fast abenteuerliche Aufgabe, täglich von neuem über den gesamten deutschen Güterwagenpark — das sind mehr als 600 000 Fahrzeuge — so zu verfügen, daß jedem einzelnen der vielen tausend Bahnhöfe, von denen aus ein Versand stattfindet, die von ihm als notwendig bezeichneten Wagen möglichst in der gewünschten Zahl und auch in der gewünschten Art zur Verfügung steht. Zu diesem Zweck ist eine Einrichtung geschaffen, die an Großartigkeit ihresgleichen kaum hat: eine Leitstelle, von der aus zuletzt eine einzige Hand die täglichen Güterwagenumläufe im ganzen Deutschen Reich lenkt.

Sämtliche deutschen Bahnhöfe stellen täglich einmal den Bestand fest, den sie an Güterwagen haben, und den Bedarf, der im Lauf der nächsten 24 Stunden voraussichtlich bei ihnen auftreten wird. Jeder Bahnhof gibt alsdann eine telegraphische Meldung hierüber auf, überall verstreute Sammelstellen (Wagenbüros) sichten diese Depeschen, stellen

aus ihnen Bestand und Bedarf ihres Bezirks zusammen und geben diese Meldungen alsdann an eine ganz geringe Zahl von Amtsstellen, die Gruppenausgleichstellen, weiter. Jede von diesen entwirft nun ein Bild des Bestandes und Bedarfs von noch größerem Umfang. Nachdem die ursprünglichen Bahnhofstelegramme so zweimal zusammengemahlen und gemengt worden sind, erhält die oberste Leitstelle telegraphisch die Gesamtübersicht zugestellt.

Sofort setzt sie mit ihrer allumfassenden Arbeit ein. Nach genauer Betrachtung des Bedarfs im ganzen Reich, der ihr allein bekannt ist, gibt die Leitstelle jedem Bezirk bindende Anweisung, wie er seinen Bestand auszuteilen hat, wie viele und wie geartete Wagen er selbst behalten darf, wie viele er anderen Bezirken zusenden muß, und läßt ihm Mitteilung darüber zukommen, was ihm von dort wiederum zufließen wird. Bereits zu einer frühen Nachmittagsstunde jedes Werktags sind alle Bahnhöfe bis zur letzten Haltestelle mit Güterverkehr darüber unterrichtet, wie sie ihre Bestände an Güterwagen zu behandeln haben, und was ihnen innerhalb der nächsten 24 Stunden zur Befriedigung des eigenen Bedarfes zur Verfügung stehen wird.

Die mächtige Leitstelle, deren Anweisungen den gesamten deutschen Eisenbahnverkehr täglich bis in die tiefsten Tiefen beeinflussen, ist das Hauptwagenamt in Berlin. Mit ihm als Zentralstelle vollzieht sich die Arbeit des täglichen Güterwagenausgleichs in Deutschland in folgenden Formen.

Am Vormittag werden sämtliche Geleise jedes Bahnhofs von Beamten abgeschritten, die alle vorhandenen Güterwagen aufschreiben. Ferner wird an Hand von eingegangenen Mitteilungen geschätzt, was im Lauf des Nachmittags und der Nacht noch an solchen Wagen eintreffen wird, die bis zum nächsten Mittag entladen, also zur Weiterbenutzung verfügbar sein werden. Weiter sind die Wagen aufzunehmen, die im Lauf des Tags aus den Werkstätten kommen werden.



Die Gesamtsumme der Zuflüsse aus allen diesen Quellen bildet den Bestand. Andererseits ist festzustellen, wieviel Wagen von Gewerbetreibenden bestellt sind, wieviel für die Abfuhr von Stückgütern, für den inneren Dienst, als Schutzwagen, Postbeiwagen usw. gebraucht werden. Hieraus ergibt sich der Bedarf. Bestand und Bedarf sind dann bis zur Mittagsstunde, nach Wagengattungen geordnet, dem zuständigen Wagenbüro mitzuteilen.

Dies ist die Hauptmeldung.

Eine solche telegraphische Hauptmeldung sieht etwa so aus:

Bd G 10 OO 3 SSL 1 Veg 2

Bst N 2 G 1 R 3 HHsz 1 Om 25.

Hierin bedeutet:

Bd Bedarf,

G zwei- oder dreiachsige bedeckte Güterwagen (von denen 10 vorhanden sind)

OO vierachsige offene Güterwagen mit Wänden von mehr als 0,40 Meter Höhe

SSL Schienenwagen mit mehr als 12 Metern Länge der Ladefläche

Veg bedeckte Viehwagen mit Zwischenboden für Gänsebeförderung

Bst Bestand

N bedeckte Güterwagen mit Luftbremse oder Luftleitung, zur Benutzung in schnellfahrenden Zügen geeignet

R offene Wagen von mindestens 9,9 Metern Länge der Ladefläche mit langen hölzernen Seitenpfosten (Rungen)

HHsz Holzwagenpaar, ausgerüstet mit Kuppelstangen und mit Zinken auf den Wendeschweln

Om offene Güterwagen von mindestens 15 000, aber weniger als 20 000 Kilogramm Ladegewicht.

Jedes Wagenbüro empfängt ein starkes Bündel solcher Hauptmeldungen, dazu noch eine ganze Reihe von Nebemeldungen und stellt daraus die Bedarfs- und Bestandszahlen der einzelnen Wagengattungen schnelligst zusammen. Es meldet sie für seinen ganzen Bezirk umgehend der zuständigen Gruppenausgleichsstelle. Dort müssen die Telegramme bis 1 $\frac{1}{4}$  Uhr eingetroffen sein.

Nachdem die Gruppenausgleichsstellen die von den Wagenbüros zusammengestellten Meldungen erhalten haben, fertigen sie nunmehr eine Übersicht über ihren ganzen Ausgleichsbezirk an und übermitteln diesen telegraphisch dem Hauptwagenamt. Dort treffen die Mitteilungen bis 2 Uhr ein.

Das Hauptwagenamt behandelt die ihm zugeflossenen Meldungen zusammen mit den Nachrichten, die bei ihm sonst über den Verkehrszustand und die Verkehrsanforderungen eingetroffen sind, so, daß es einen möglichst klaren Überblick erhält, welche Gegenden besonders gründlich zu versorgen

sind, woher viel entnommen werden kann usw. usw. Den einzelnen Gruppenausgleichsstellen werden dann die Wagen so zugeteilt, daß ein möglichst glatter Umlauf entsteht. Oft ist es in Rücksichtnahme auf das höhere Ganze notwendig, einer Ausgleichsstelle „trotz eigenen Bedarfs“ Wagen für eine andere fortzunehmen. Das Hauptwagenamt hat eben in jedem Augenblick die wichtigsten Verkehrsarten besonders zu bedenken, und nur diese Stelle allein kann das tun, da ausschließlich sie es ist, die das Ganze überschaut.

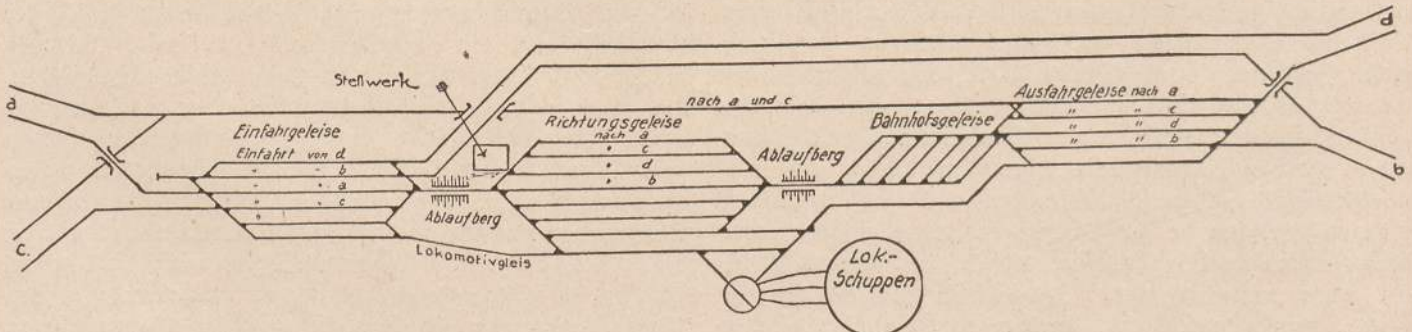
Nachdem der Hauptausgleich vorgenommen ist, drahtet das Hauptwagenamt die Wagenabnahmen und -zuweisungen an die Gruppenausgleichsstellen. Jede von diesen nimmt demzufolge den endgültigen Ausgleich für den Bereich jedes ihr unterstellten Wagenbüros vor und teilt diesen Stellen das Ergebnis bis 3 $\frac{3}{4}$  Uhr mit. Am frühen Nachmittag sind bereits alle Bahnhöfe unterrichtet, und sofort kann damit begonnen werden, die leeren Wagen in der angeordneten Weise in Bewegung zu setzen.

Die hier geschilderte Art der Verteilung bezieht sich jedoch in der Hauptsache nur auf bedeckte Wagen.

Die offenen Güterwagen für Kohle- und Koksbe- förderung nehmen eine Ausnahmestellung ein. Sie werden in außerordentlich großer Zahl ständig in den Hauptkohlebezirken, also in Oberschlesien, Niederschlesien und im Ruhrgebiet gebraucht. Da also nach dorthin ständig Rückläufe leerer Wagen stattfinden müssen, so besteht für bestimmte Bezirke, nach denen die Kohle regelmäßig in großen Mengen versendet wird, allgemein die Anordnung, die entladenen Kohlenwagen an bestimmte Orte in den genannten Bezirken zurücklaufen zu lassen. Diese selbsttätig arbeitenden „Zuführungsgebiete“ sind scharf umrissen, so daß man in Schlesien und an der Ruhr täglich auf eine sehr große Zahl eingehender Leerrwagen rechnen kann.

Es gibt eine ganze Reihe von Güterwagen, die besondere Formen und Vorrichtungen besitzen. Diese sind gewöhnlich den Bedürfnissen eines bestimmten Bezirks angepaßt, und hier besteht immer ein besonderer Wunsch, sie ladebereit zur Hand zu haben. So hat z. B. eine Gegend, in der viele Fabriken für Hohlglaswaren sich befinden, einen starken Bedarf an großräumigen Wagen; Bezirke mit einem ausgedehnten chemischen Gewerbe brauchen viele Kesselwagen, andere in reichem Maße Fahrzeuge für Kalkbeförderung usw. Viele der in besonderer Weise ausgebildeten Wagen tragen darum die Bezeichnung „Spezialwagen“.

Derartige Fahrzeuge dürfen an ihrer Ankunftsstelle nur dann neu beladen werden, wenn die Waren nach dem Heimatbezirk eines solchen Wagens oder nach einem Ort bestimmt sind, der in der Richtung zu diesem Heimatbezirk liegt. Ist keine geeignete neue Ladung vorhanden, so müssen Spezialwagen leer zurückgesendet werden. Das gleiche gilt sinngemäß für die „Stationswagen“, die auf einem



433. Verschiebe-Bahnhof



bestimmten Bahnhof mit Sonderbedürfnis beheimatet sind.

Durch diese Anordnung wird die Zahl der Leerläufe erhöht, und es besteht das Bestreben, die Zahl der Spezialwagen immer mehr zu vermindern. Je ausgedehnter der Wagenpark der deutschen Bahnen wird, je mehr Wagen jeder Gattung also vorhanden sind, um so geringer darf die Zahl der nicht ganz freizügigen Spezialwagen werden.

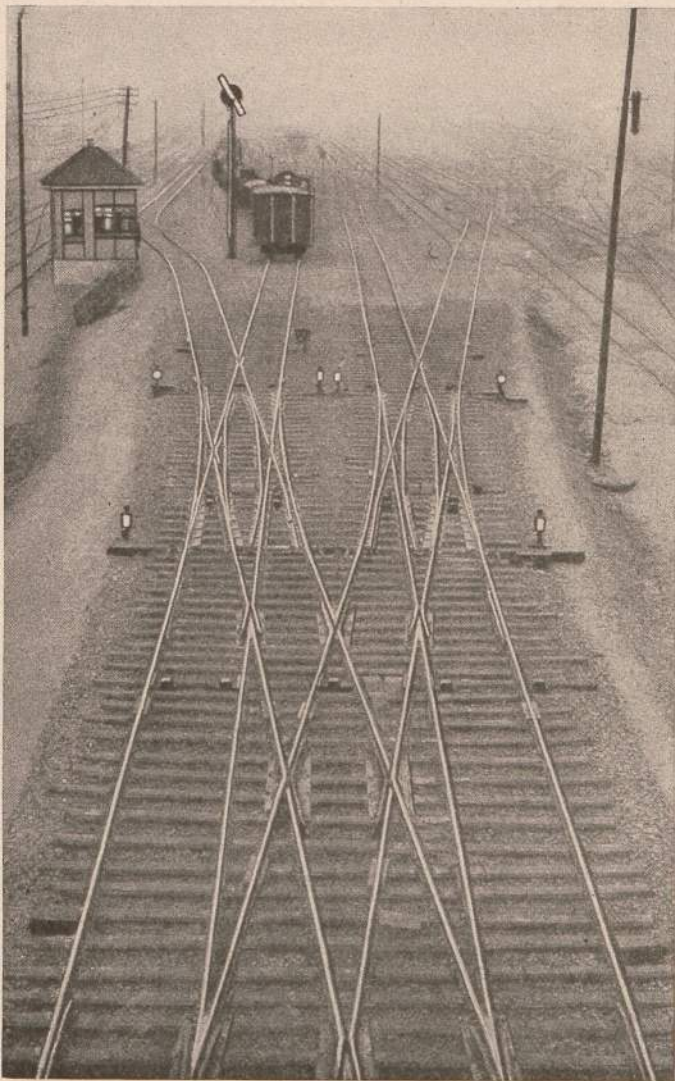
Nach Maßgabe der geschilderten großzügigen Verteilung rollen täglich die zahllosen Güterzüge über die deutschen Bahnen. Die Zusammensetzung jedes einzelnen ist stets eine andere, eine immer wiederkehrende Erscheinung bildet meist nur der Packwagen, der auch in allen Güterzügen läuft. Er dient hier jedoch nicht mehr zur Aufnahme von Ladung, sondern zum Unterbringen der begleitenden Mannschaft, des Zugführers und der Packmeister. Gewöhnlich steht der Wagen ganz vorn im Zug, damit der Zugführer und die Lokomotivmannschaft sich beim Anhalten des Zugs rasch über die auszuführenden Maßnahmen verständigen können.

Um den Verkehr der beladenen und leeren Güterwagen möglichst bequem und leichtflüssig zu machen, werden drei Arten von Güterzügen unterschieden: Fern-Güterzüge, Durchgangsgüterzüge und Nah-Güterzüge.

Die Fern-Güterzüge dienen insbesondere der Beförderung von Massengütern, wie Kohle, Erz, chemische Erzeugnisse, und dem Rücklauf leerer Wagen. Sie durchfahren sehr weite Strecken, ohne ihren Bestand zu ändern. Aus diesem Grund können die Wagen ohne besondere Ordnung in sie eingestellt werden; sie laufen „bunt“, wie der Fachmann sagt. Am Zielbahnhof werden die Fern-Güterzüge aufgelöst, und die von ihnen mitgebrachten Wagen dienen, soweit sie nicht für den Zielbahnhof selbst bestimmt sind, nun zur Bildung von Durchgangs- und Nah-Güterzügen.

Die Durchgangsgüterzüge haben die Aufgabe, den Verkehr zwischen den großen Bahnhöfen eines Bezirks, insbesondere den Hauptknotenpunkten, zu vermitteln. Sie pflegen deshalb auch nur dort anzuhaltend und dann ihren Bestand gruppenweis zu ändern. Die kleinen Bahnhöfe schließlich werden von Nah-Güterzügen versorgt, die überall anhalten, an allen Orten einzelne Wagen ein- und aussetzen.

Damit dieses Geschäft rasch und unter möglichst geringer Vergeudung von Lokomotivkraft erledigt werden kann, werden die Wagen in den Nah-Güterzügen gleich am Abgangsbahn-



434. Ablaufberg mit Verteilungsweichen

hof in bestimmter Ordnung eingestellt. Hinter die Lokomotive kommt zuerst der Packwagen, dann folgen die Wagen für den nächsten Bahnhof, darauf die für den zweitnächsten und so fort bis zum Schluß, wo die für den Zielbahnhof bestimmten Wagen stehen. Die Züge sind „bahnhofsweis geordnet“. Kommt der Zug auf einem Zwischenbahnhof an, so bringt die Lokomotive die vordersten Wagen auf ein Nebengleis, setzt neu einzustellende Wagen, die meist bis zum nächsten Knotenpunkt und darüber hinaus zu laufen haben, an das Ende des Zugs, worauf dieser dann weiterfahren kann.

Fast gar kein Wagenwechsel findet bei Stückgüterzügen statt, die keine geschlossenen Wagenladungen zu befördern haben. Sie führen Einzelsendungen, die in den Wagen gestapelt sind. Die einzelnen Ballen, Kisten usw. werden auf den angegebenen Bestimmungsorten in Schuppen oder in bereitstehende Bahnhofswagen ausgeladen.

Güter, für die eine besonders rasche Beförderung vorgeschrieben oder notwendig ist, so unter anderem auch Wagen mit lebendem Vieh, werden in Eilgüterzügen befördert. Diese haben eine sehr viel geringere Wagenzahl, sind schon seit langem sämtlich mit durchgehenden Bremsen ausgerüstet und können mit annähernder Personenzug-Geschwindigkeit gefahren werden. Dienen Züge außer zur Güter- auch zur Personenbeförderung, indem geeignete Wagen in sie eingestellt werden, so nennt man sie gemischte Züge.

Zur Bildung der Güterzüge sind an den großen Knotenpunkten umfangreiche Anlagen notwendig. Außerst zahlreiche Verschiebe-Bewegungen müssen ausgeführt werden, bis die Wagen in jedem einzelnen Zug richtig gereiht sind. Damit dieses vielgestaltige Geschäft möglichst ungestört durch andere Dienste vor sich gehen kann, sind besondere Verschiebebahnhöfe angelegt, in denen nichts anderes vorgenommen wird als nur das Reißen der Güterzüge. Das Bewegen der Wagen wird an solchen Orten heute fast ausnahmslos unter Zuhilfenahme der Schwerkraft ausgeführt.

Früher geschah das Verschieben der Wagen ausschließlich durch Hin- und Herfahren der Lokomotiven und Abstoßen. Wenn die Wagen eines ankommenden Zugs auf verschiedene Geleise verteilt werden mußten, so wurden sie nacheinander von der hinter den Zug gesetzten Verschiebelokomotive dort hineingestoßen. Das fortgesetzte Hin- und Herfahren und immer wiederkehrende plötzliche Bremsen nutzte



die Wagen stark ab, die Kuppelungen wurden oft zerissen, Puffer verbogen und das Bremsgestänge übermäßig in Anspruch genommen. Auch die Ladungen litten unter den stoßweisen Bewegungen. Ferner ging durch das häufige Hin- und Zurückfahren auch viel Zeit und Kraft unnötig verloren.

An vereinzelt Stellen ist man dazu übergegangen, ganze Verschiebebahnhöfe in Gefälle zu legen, so daß die Wagen von den hochliegenden Einfahrgeleisen aus selbsttätig in die Einzelgeleise ablaufen. Diese Anordnung wird jetzt seltener ausgeführt, da jeder im Bahnhof stehende Wagen festgehalten werden muß und Verschiebe-Bewegungen in der Gegenrichtung äußerst unbequem sind. Als vorzügliches Mittel hat sich jedoch der Ablaufberg oder Eselsrücken bewährt.

Um die neuzeitliche Verschiebearbeit mit Benutzung des Ablaufbergs kennenzulernen, begeben wir uns auf einen großen Bahnhof, der damit ausgerüstet ist. Er möge eine Anordnung haben, wie sie auf Bild 433 dargestellt ist. Wir nehmen an, daß auf den Strecken a, b, c und d Fern-Güterzüge ankommen; sie bringen von weither Wagen für die verschiedenen Bahnhöfe, die im Nahbereich der hier dargestellten Verschiebe-Anlage liegen. Die Fernzüge sind also aufzulösen, und es müssen aus ihnen Nah-Güterzüge mit Bahnhofsordnung gebildet werden. Bei unserer Ankunft laufen nacheinander in den Einfahrgeleisen vier Fern-Güterzüge ein. Sogleich wird von jedem Zug die Lokomotive abgekuppelt, und jede Maschine fährt über das Lokomotivgleis zu ihrem Schuppen. Als bald kommt eine Verschiebelokomotive herbei und setzt sich hinter einen der angekommenen Züge.

In der Zwischenzeit ist bereits ein Beamter an diesem Zug entlang gegangen, hat von dem Zettel, der jedem Wagen aufgeklebt ist, dessen Bestimmungsort abgelesen und eine entsprechende Nummer mit Kreide an eine Seitenwand geschrieben. Das ist die Nummer des Richtungsgleises, in das der Wagen eingelassen werden muß. Zugleich werden sämtliche Kuppelungen zwischen den Wagen lose geschraubt, aber nicht von den Haken gelöst.

Die Spitze des Zugs, also dasjenige Ende, an dem sich jetzt keine Lokomotive befindet, steht dicht vor dem Ablaufberg. Es ist dies ein Sandhügel, zu dem das Gleis an der einen Seite sanft hinaufführt, während es drüben steil hinunterfällt. In einiger Entfernung von dem Berg spaltet sich das Ablaufgleis alsdann in eine größere Zahl von Richtungsgeleisen, die wie die Saiten einer Harfe nebeneinander liegen. Am Verzweigungspunkt liegt ein Stellwerk, durch dessen Hebel die Weichen zum wechselnden Einlaß in die verschiedenen Richtungsgeleise gestellt werden können.

Am Fuß des Ablaufbergs ist ein Wärter aufgestellt, der neben sich einen Befehlsapparat hat, ähnlich dem des Schiffskapitäns auf der Kommandobrücke. Durch Drehen einer Kurbel kann er den Zeiger eines Zifferblatts auf verschiedene Zahlen einstellen, die den Nummern der Richtungsgeleise entsprechen. Im Stellwerk ist ein ebensolches Zifferblatt angebracht, auf dem der Zeiger in gleicher Weise einspielt. Auf diese Art vermag der Wärter am Ablaufberg dem Stellwerkwärter die Einstellung bestimmter Fahrstraßen zu befehlen.

Der Mann am Ablaufberg stellt das dicht vor diesen gesetzte, eigentümlich geformte Signal (Bild 435) auf rasche Fahrt, das heißt senkrecht nach unten, worauf die Verschiebelokomotive geschwind den Zug soweit vordrückt, daß der erste Wagen schon den Fuß des Ablaufbergs berührt.

Sobald die Hebung beginnt, drücken sich die Puffer der beiden ersten Wagen etwas zusammen, die Kupplung wird ganz schlaff und kann nun durch einen hölzernen Hebel von der Seite her leicht vom Haken abgeworfen werden. Darauf geht das Ablauf-Signal in schräge Stellung, was langsame Fahrt bedeutet, und vorsichtig steigt der erste Wagen bis zur Spitze des Hügels empor. Währenddessen liest der Wärter die mit Kreide seitlich angeschriebene Nummer des Richtungsgleises, in das der Wagen laufen soll, und teilt diese Nummer mit Hilfe des elektrischen Meldeapparats dem Stellwerk mit. Dieses richtet die Weichen demgemäß. Vom Hügel fährt nun der erste Wagen mit ziemlicher Geschwindigkeit hinunter und in sein Richtungsgleis ein.

Die Schiebelokomotive drückt in ganz langsamer, aber ununterbrochener Fahrt — und das ist ein großer Vorzug des Ablaufbergbetriebs — einen Wagen nach dem anderen auf die Kuppe des Hügels; jedesmal wird vorher die Kupplung abgeworfen, die Gleisnummer gemeldet, die Weichenlage richtig besorgt. Nach wenigen Minuten bereits ist ein langer Güterzug zerlegt. Sogleich kommt ein zweiter daran, und so läuft der Betrieb auf einem großen Verschiebebahnhof ununterbrochen den ganzen Tag. Es vergehen, so lange es hell ist, oft aber auch in der Nacht, kaum ein paar Minuten, ohne daß sich ein Wagen auf dem Berg von seinen Genossen ablöst und eine Sonderfahrt in sein Richtungsgleis antritt.

So vorzüglich die Einrichtung des Ablaufbergs wirkt, ist sie dennoch nicht ohne besondere Schutzvorkehrungen zu benutzen. Die Wucht, mit der die Wagen ablaufen, ist je nach der Jahreszeit, der Witterung, der Art der Wagen und ihrer Belastung durchaus nicht immer die gleiche. Die hohen bedeckten Wagen haben zum Beispiel einen viel größeren Luftwiderstand zu überwinden als die offenen.

Die Vorschrift sagt, daß die Wagen in den Richtungsgeleisen nur so weit laufen sollen, daß sie etwa ein Meter vor dem ersten darin bereits stehenden Wagen zum Halten kommen. Das Anstoßen, das die Wagenbauten und auch die Ladungen so stark erschüttert, soll vermieden werden. Aus diesem Grund steht neben jedem Richtungsgleis ein Wärter, der in genügender Entfernung von dem ersten feststehenden Wagen einen Hemmschuh auf das Gleis legt. Der anrollende Wagen läuft auf diesen auf und kommt nach kurzem Schleifen des Hemmschuhs über die Schiene zum Stehen. Je mehr Wagen abgelassen sind, desto kürzer wird die freie Fahrstrecke in jedem Richtungsgleis, und desto mehr müssen die Hemmschuhe vorgerückt werden. Die Geschwindigkeit, mit der die Wagen in die Richtungsgeleise laufen, muß jedoch einigermaßen gleichmäßig sein, damit die Hemmschuhe richtig wirken. All das zusammen macht es notwendig, eine Vorrichtung anzubringen, welche gestattet, die Ablaufgeschwindigkeit vom Berg her für jeden einzelnen Wagen zu regeln.

Auf die grundverschiedenen Verhältnisse, die im Sommer und im Winter herrschen, wird an vielen Stellen dadurch Rücksicht genommen, daß man nebeneinander einen Sommerberg und einen Winterberg aufbaut. Der letzte ist etwas höher, so daß bei seiner Benutzung die Grundgeschwindigkeiten größer werden; hierdurch wird den durch Schnee und Verdickung der Schmiermittel eintretenden Hemmungen entgegengewirkt.

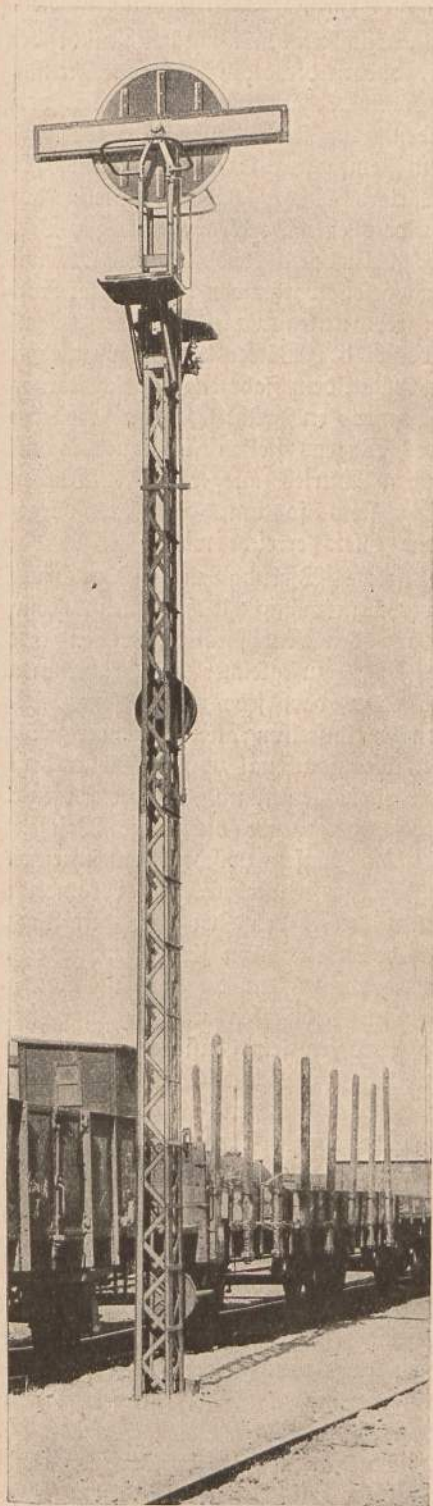
Eine Einzelregelung aber kann naturgemäß hierdurch nicht herbeigeführt werden. Sie tritt erst durch das Anbringen der Gleisbremse auf dem Gleisstück ein, das zwischen



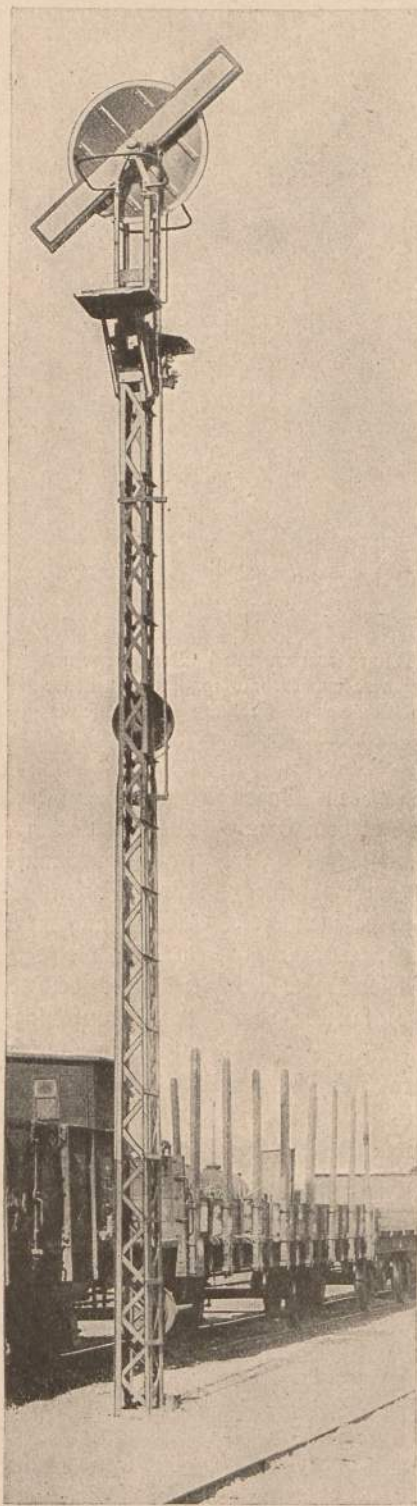
dem Ablaufberg und der Spitze der ersten Verteilungsweiche liegt.

Diese Bremsung wird gleichfalls durch einen Schuh hervorgerufen, den man auf eine Schiene legt. Da es sich hier jedoch nicht, wie am Ende des freien Raums in den Richtungsgeleisen, um das Festhalten von Wagen, sondern nur um eine Geschwindigkeits-Regelung handelt, so muß dafür gesorgt werden, daß der Schuh nur für kurze Zeit den Umlauf der vorderen Achse hemmt, alsdann jedoch diese selbsttätig wieder freigibt. Die Schiene, auf welcher der Schuh schleift, ist deshalb an einer Stelle nach außen abgebogen

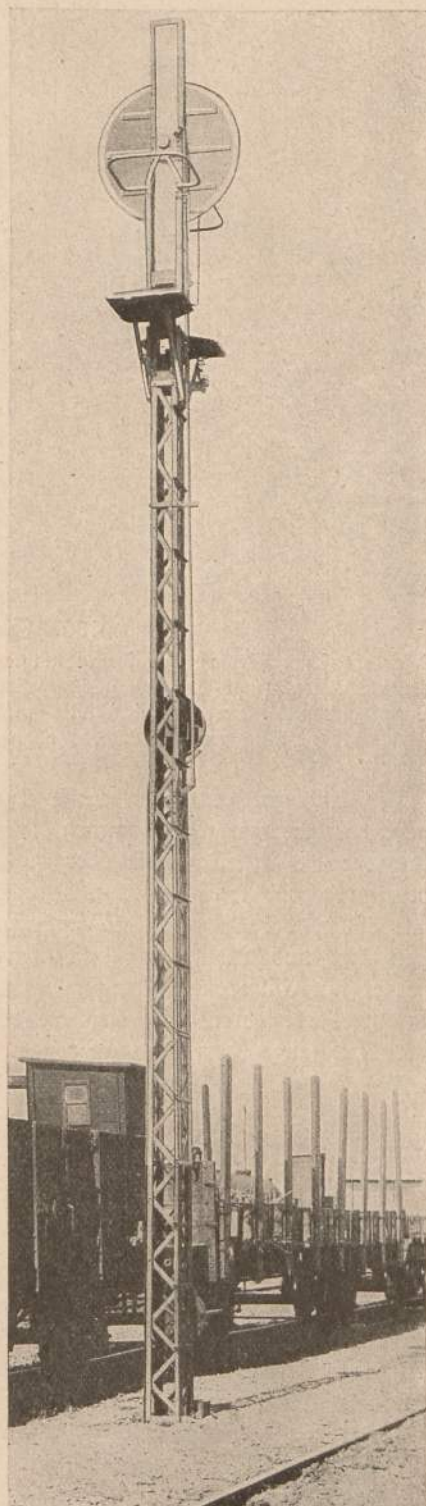
(Bild 436). Unter Einhaltung eines schmalen Zwischenraums setzt an der Ausbiegungsstelle ein der Weichenzunge ähnliches, aber festliegendes Stück an, das in das gerade Gleis weiterführt. An der gegenüberliegenden Schiene ist an dieser Stelle ein Radlenker angebracht. Die ganze Vorrichtung wirkt nun so, daß beim Vorbeigehen an der Zungenspitze der Wagen im geraden Gleis bleibt, der Schuh aber, den nach unten umgebogene seitliche Räder auf dem Schienenkopf führen, selbsttätig auf der Ausbiegung weggeschleudert wird. Fortab läuft der Wagen ohne den Hemmschuh weiter, bis er schließlich im Richtungsgeleis angehalten wird.



a



b



c

#### 435. Ablaufsignal

a) Halt! b) Langsam abdrücken! c) Mäßig schnell abdrücken! Bauart Jüdel & Co. in Braunschweig





436. Gleisbremse

Besonders schwere vom Ablaufberg hinabrollende Wagen werden durch Vorlegen eines Gleitschuhs abgebremst, damit sie nicht vorliegende leichtere und deshalb langsamer rollende Wagen anstoßen. Der Gleitschuh wird an der im Vordergrund sichtbaren Zunge selbsttätig von der Schiene abgeworfen. Phot. W. Tizenthaler

Der Ausleger der Gleisbremse kann nun jeden Wagen mehr oder weniger stark hemmen, je nachdem er den Schuh weit vor die Auswurfstelle oder dicht vor diese legt. Der Hemmungsgrad wird ihm von dem Wärter am Ablaufberg anbefohlen, der die langsam hinaufsteigenden Wagen nach ihrer Art und Ladung zu beurteilen vermag. Demgemäß gibt er mit Hilfe eines Druckknopfs dem Gleisbremswärter ein, zwei oder drei Klingelzeichen, die kurze, längere oder besonders lange Hemmung anordnen.

Der Mann, der die Bremse bedient, muß rasch entschlossen und unerschrocken sein. Wenn er das Klingelzeichen vernimmt, hat der zu hemmende Wagen gewöhnlich schon die Hügelkuppe überschritten. Er rollt donnernd und mit furchtbarer Gewalt heran. Unmittelbar vor seine erste Achse legt der Wärter den Schuh, und kaum hat er seine Hand zurückgezogen, dann tönt auch schon das gellende Kreischen des auf der Schiene schleifenden Eisens. Das gehemmte Rad dreht sich noch ein wenig auf dem Schuh, denn die Wucht des von der Erhöhung herabkommenden Wagens ist so stark, daß die Achse nicht sofort zum Stillstand kommt. Sobald das ausbiegende Gleisstück erreicht ist, fliegt der Schuh mit geschloßähnlicher Geschwindigkeit von der Schiene und schlägt dröhnend auf den Boden. Der Wagen aber rollt stolz und sicher weiter.

In neuerer Zeit hat die Firma Siemens & Halske eine Ablaufanlage hergestellt, in der die Verteilung der Wagen

ohne Mitwirkung eines von Hand betätigten Stellwerks fast ganz oder auch vollständig selbsttätig erfolgt. Jeder Wagen stellt bei seinem Lauf die Weichen so um, wie es für ihn erforderlich ist. Wer die Anordnung nicht genauer kennt, vermöchte zu glauben, daß der Wagen jedesmal, wenn er sich einer Weichenzunge nähert, überlegt, ob er sie stellen oder liegenlassen muß, um sein vorgeschriebenes Gleis zu erreichen, und dann entsprechend dieser Überlegung handelt. Auf den ersten Blick sieht es so aus, als befände man sich in einem stählernen Zaubergarten.

In Wirklichkeit denkt natürlich nicht der Wagen, sondern der beaufsichtigende Mensch. Das Stellwerk am Ablaufberg ist verschwunden. An seiner Stelle befindet sich nur ein einfacher Aufenthaltsraum für den Wärter. Dieser hat an Stelle des Gleismelders eine Druckknopfreihe zur Verfügung, die soviel Knöpfe enthält, wie Richtungsgeleise vorhanden sind. Beim Auftauchen jedes neuen Wagens auf der Hügelkuppe drückt der Wärter den Knopf nieder, welcher der an dem Fahrzeug angeschriebenen Gleisnummer entspricht. Beim weiteren Lauf des Wagens stellen sich nun die mit elektrischem Antrieb ausgerüsteten Weichen selbsttätig stets so um, daß das vorgeschriebene Gleis erreicht wird.

Eine solche Wirkung zu erzielen wäre noch verhältnismäßig leicht, wenn beim Druck auf den Knopf alle Weichen ihre richtige Lage zu gleicher Zeit einnehmen würden. Dies darf jedoch nicht sein. Bei gleichzeitiger Umstellung aller zehn oder zwölf Weichen, die manchmal zwischen Ablaufberg

und dem zu erreichenden Gleis liegen, müßte jeder folgende Wagen warten, bis der vorhergehende die ganze Weichenstraße durchlaufen hat. Die Pausen zwischen den einzelnen Wagenläufen würden sehr groß werden, die Lokomotive könnte nicht mehr ununterbrochen den Zug über den Berg drücken, die ganze Verschiebe-Arbeit müßte sich arg verzögern. Da dies bei den scharfen Ansprüchen an die Ausnützung der Ablaufanlage auf großen Bahnhöfen nicht angängig ist, muß die Einrichtung so getroffen sein, daß der Druck auf den Knopf nur die Einleitung zur Herbeiführung der richtigen Weichenlagen bildet, das Umlegen oder Liegenlassen der Zungen an jeder Weiche aber erst dann bewirkt wird, wenn der Wagen sich kurz davor befindet. Eine sehr fein ausgearbeitete Schaltanlage ist notwendig, um dieses Ergebnis herbeizuführen.

Schließlich ist es auch möglich, selbst den Wärter am Ablaufberg zu entbehren. Der Zugführer hat in seinem Buch sämtliche Wagen seines Zugs und ihre Reiseziele verzeichnet. Mit Hilfe dieser Aufschreibung stellt er schon während der Fahrt eine Karte her, auf der in senkrechten Linien die Wagen und in wagerechten Linien die Ablaufgeleise verzeichnet sind. Mit einem Stanzapparat, der auf dem Arbeitstisch im Führerabteil des Packwagens steht, locht er jede senkrechte Wagenlinie dort, wo sie die Linie des Geleises schneidet, in das der Wagen auf dem Verschiebeshof hineinlaufen soll. Vor Beginn des Abdrückens wird



die Karte in einen Schaltapparat gesteckt, wo sie jedesmal nach dem Ablauf eines Wagens um eine Reihe vorrückt. Das Ablaufgeschäft kann nun ohne alle menschliche Mitwirkung erledigt werden, nur die Gleisbremse muß selbstverständlich weiter in Tätigkeit treten.

Nachdem durch Verarbeitung der angekommenen Fernzüge die Richtungsgeleise gefüllt sind, befinden sich in jedem von ihnen die Wagen für einen Nah-Güterzug. Aber sie stehen noch bunt durcheinander. Um sie bahnhofsweis zu reihen, wie es ja notwendig ist, muß jede Wagengruppe noch einmal geordnet werden. Dies geschieht mit Hilfe eines zweiten Ablaufbergs, der am andern Ende der Richtungsgeleise liegt, und hinter dem sich die Harfe der Bahnhofsgleise ausbreitet (Bild 433).

Wiederum drückt eine Schiebemaschine die Wagen über den Berg; jeder von ihnen läuft in ein Bahnhofsgleis. Ist dieses vollendet, dann setzt sich die Lokomotive vor die Wagen, die für den nächsten Bahnhof bestimmt sind, zieht sie heraus, holt alsdann die Wagen für den nächsten Bahnhof usw., bis der Nah-Güterzug fertig ist. Dieser wird darauf in eins der Ausfahrgeleise gesetzt, der Packwagen wird davorgestellt, und alsbald kommt aus dem Schuppen die Lokomotive herbei, die den Zug über die Strecke zu führen hat. Nachdem das Ausfahrsignal gezogen ist, kann sich der Nah-Güterzug in Bewegung setzen, um in den einzelnen Bahnhöfen der Linie Wagen abzusetzen.

Auf den Güterbahnhöfen, die von den Verschiebebahnhöfen wohl zu unterscheiden sind, an, den meisten Stellen jedoch zu einer zusammenhängenden Gruppe mit diesen vereinigt zu sein pflegen, müssen Gleisanlagen zur Aufstellung der Wagen vorhanden sein, die zu beladen und zu entladen sind. Die ankommenden und abgehenden Güter bestehen aus zwei Hauptarten: den Stückgütern und den Wagenladungsgütern.

Stückgüter werden von der Eisenbahnverwaltung ab- und aufgeladen und in verschließbaren Schuppen aufbewahrt, bis sie von den Empfängern abgerufen werden, oder bis nach erfolgter Einlieferung Wagen für das Einladen zur Verfügung stehen. Die Wagenladungsgüter werden von den Empfängern unmittelbar vom Wagen auf Straßenfuhrwerke genommen und in umgekehrter Weise von den Versendern aufgegeben. Zur Erledigung derartiger Geschäfte müssen Freiladestraßen vorhanden sein, die an Freiladestraßen liegen. Mancherlei Vorrichtungen sind hier anzubringen. Rampen führen in sanftem Anstieg von der Straßenfläche bis zur Höhe der Wagenboden hinauf, damit die Güter von hier aus ohne Anheben in die Wagen geschafft werden können. Man unterscheidet Seitenrampen und Kopframpen. Die letzten werden besonders nützlich für das Einladen von Kraftwagen, Möbelwagen und ähnlichen Gegenständen benutzt, bei denen eine Seitenbewegung schwierig ist. Um Tiere in die

Wagen zu schaffen, werden häufig fahrbare Rampen vorrätig gehalten, die an einzelne Wagen angelegt werden können. Rutschen für körnige oder stückige Massengüter und Krane dienen weiter zur Erleichterung des Ladegeschäfts.

Bei der Behandlung der Außenbahnhöfe ist noch kurz auf den Verwendungszweck der hohen Bauten hinzuweisen, die man häufig auf ihrem Gelände emporragen sieht. Es sind dies die Wassertürme. Zu dem in ihrem höchsten Stockwerk untergebrachten Behälter wird das Wasser hinaufgepumpt, das die Bahnen fast stets in eigenen Anlagen gewinnen, da der Bedarf hierfür auf jedem großen Bahnhof recht bedeutend ist. Die anspruchvollsten Verbraucher sind die Lokomotivkessel, die des Wassers zu ihrer Speisung bedürfen; dann aber wird es auch zum Auswaschen der Lokomotiven, zum Reinigen von Wagen, insbesondere von gebrauchten Viehwagen, zu Feuerlöschzwecken, zum Nasshalten von Kohlelagerplätzen, bei denen immer eine gewisse Selbstentzündungsgefahr besteht, ferner in den Werkstätten und für Trinkzwecke gebraucht.

Der Abstand, in dem Wasserentnahmestellen auf einer Strecke anzulegen sind, hat sich nach dem Bedarf der



437. Wasserturm des Betriebsbahnhofs Grunewald bei Berlin  
Erbaut von August Köhne in Dortmund

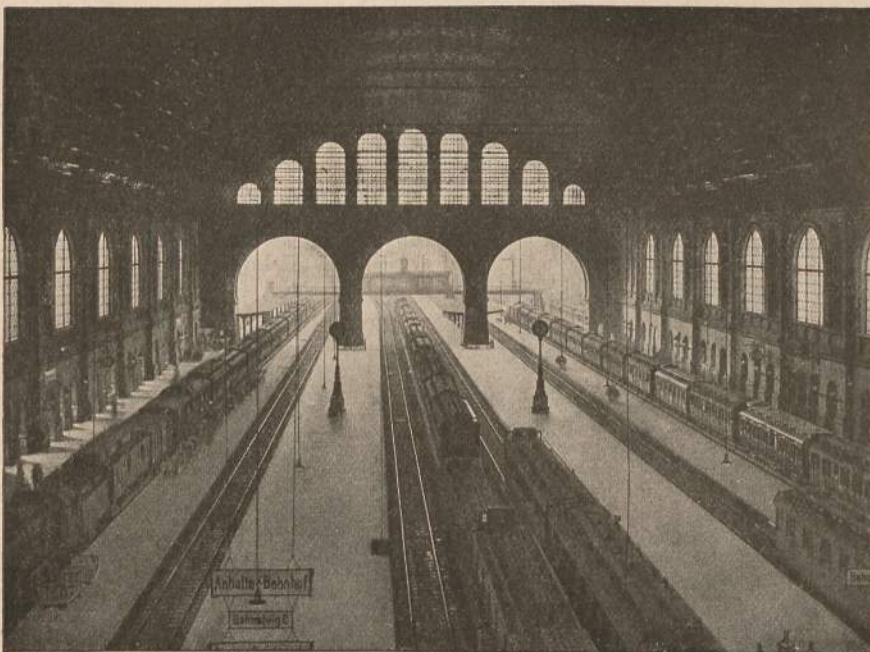




438. Hauptbahnhof Wiesbaden  
Phot. Benninghoven, Wiesbaden

Lokomotiven zu richten. Güterzug-Tender-Lokomotiven, die nur kleine Behälter seitlich des Kessels besitzen und oft sehr angestrengt arbeiten, müssen ihren Wasservorrat in Entfernungen von 20 bis 30 Kilometern immer wieder ergänzen. Sie sind für den Abstand maßgebend.

Da die auf den Wassertürmen untergebrachten Behälter höher liegen als alle anderen Anlagen des zugehörigen Bahnhofes, so fließt das Wasser aus ihnen bequem allen Gebrauchsstellen zu. Die Verteilungsleitungen bringen es unter anderem auch zu den bekannten Schwenkkränen, die zur Füllung der Tenderbehälter dienen (Bild 432). Eine Schnellzug-Lokomotive kann aus einem Schwenkkran ihren Wasservorrat schon in zwei bis drei Minuten ergänzen. Das Wasser muß von Verunreinigungen frei sein und wenig Salze enthalten.



439. Ausfahrtseite des Anhalter Bahnhofs in Berlin  
Phot. W. Tügenthaler

Der äußere Eindruck, den jede Bahnlinie macht, wird von dem Aussehen der Bahnhöfe für Personenverkehr beherrscht. Diese sind zugleich die einzigen Stätten, an denen der nicht im Bahnbetrieb Beschäftigte mit diesem in Berührung kommt.

Die auffallende Gestaltung der Personenbahnhöfe, ihre Ausstattung mit mächtigen Häusern, die besondere Sorgfalt, die man ihrer Durchbildung im Gegensatz zu den sehr viel einfacher gestalteten Güteranlagen zuteil werden läßt, erklärt sich aus dem Umstand, daß hier ein Gut besonderer Art zu behandeln ist: nämlich Menschen. Diese lassen sich nicht so bequem und willenlos in die Wagen schaffen wie die toten Gegenstände in den Güterschuppen und auf den Ladestraßen. Sie sind unendlich viel anspruchsvoller als diese.

Den Eisenbahnen ist nichts anderes übrig geblieben, als diesen Wünschen der menschlichen Fracht zu entsprechen. In Deutschland sind namentlich in den letzten Jahr-

zehnten viele gewaltige Bauten für Personenbahnhöfe entstanden, deren künstlerische Durchbildung leider recht häufig zu wünschen übrig läßt, die aber an stolzer Pracht und vornehmer Weiträumigkeit fast jeden Anspruch befriedigen. Es kann keine Statistik geben, die den Einfluß großartiger Bahnhofbauten auf die Reisefreudigkeit erkennen läßt. Es ist aber nicht zweifelhaft, daß die prachtvollen Schöpfungen neuerer Zeit anfeuernd hierauf einwirken.

Der beherrschende Eindruck, den die Personenbahnhöfe auf das Angesicht der ganzen Strecke ausüben, wird dadurch verstärkt, daß sie den Städten immer sehr nahe liegen, möglichst sogar tief in diese hineingerückt sind, während man die Güter- und Dienst-Anlagen, namentlich wenn sie sehr ausgedehnt sind, gern weiter draußen ansiedelt.

Keine Betriebseinrichtungen, wie Abstell- und Verschiebebahnhöfe, befinden sich oft weit entfernt in sonst unbewohnten Gegenden. Die Güterbahnhöfe pflegt man meist nicht so weit abzurücken, um die Wege für die Frachtfuhrwerke nicht allzu lang zu machen.

In den Personenbahnhöfen lösen sich die ganz wenigen von der Strecke hineinfließenden Schienenpfade in eine große Zahl von Geleisen auf. Mit mehr oder weniger scharfen Krümmungen erstrecken sie sich gleich Mündungsarmen eines großen Flusses nach rechts und nach links. Es ist jedoch streng darauf zu achten, daß die Hauptgeleise glatt und möglichst gerade durch die ganze Anlage durchgeführt werden. Sie heißen durchgehende Geleise und heißen das Vermeiden starker Krümmungen und allzuvieler Überkreuzungen, damit der durchgehende Verkehr sich möglichst hemmungslos abspielen kann und in dem Bahnhof nicht haltende Schnellzüge mit kaum verminderter Geschwindigkeit die Anlage zu durchfahren vermögen.



Das Zusammenführen vieler Strecken in den Bahnhöfen großer Knotenpunkte macht außerordentliche bautechnische Schwierigkeiten. Von den verschiedensten Seiten ziehen die Schienenpfade herbei; sie müssen in die Hallen in ganz anderer Ordnung eingeführt werden, als sie draußen zueinander liegen. Das ist besonders deshalb eine schwer zu lösende Aufgabe, weil höhengleiche Kreuzungen auf offener Strecke unerwünscht sind, und auch das Zusammenführen von Linien vor dem Bahnhof vermieden werden muß. Jede Strecke wird heute einzeln bis in den Bahnhof hineingeleitet, damit seitliches Anfahren ausgeschlossen ist. Die Kreuzungsstellen draußen erfordern oft umfangreiche Bauten zur Herbeiführung einer höhenungleichen Überführung der einen Strecke über die andere.

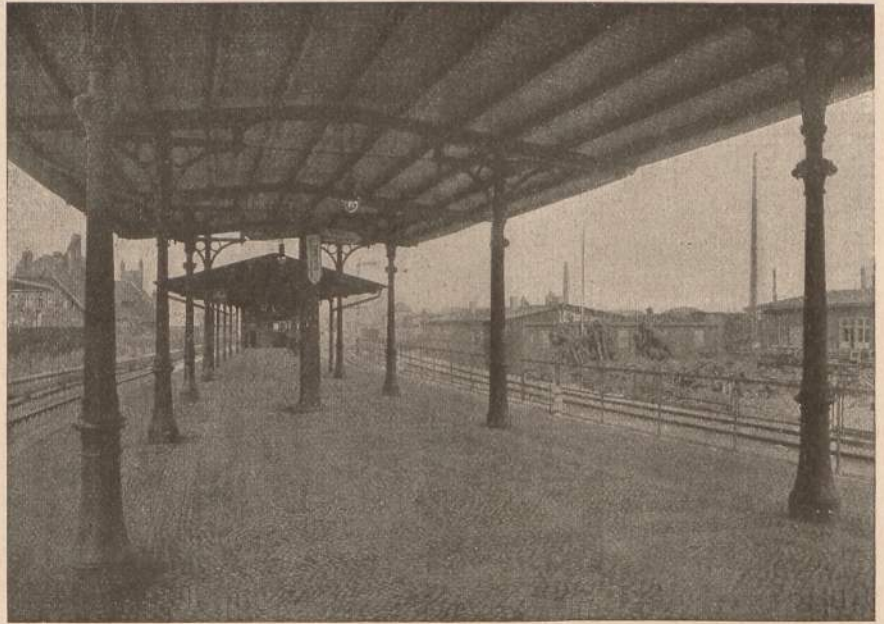
Diese Kreuzungen in verschiedenen Höhenlagen sind nicht nur aus Sicherheitsgründen unbedingt erforderlich, sie fördern auch die Schnelligkeit des Zugumlaufs sehr bedeutend. Ist es doch auf diese Weise nicht nötig, daß der Zug der einen Strecke warten muß, bis der andere eingelaufen ist; die Fahrpläne der verschiedenen Linien können ohne Rücksicht aufeinander aufgestellt werden.

Wo zwei Bahnlinien einander kreuzen, da wird man natürlich auch eine Zusammenführung der Geleise anordnen, um Zugübergänge zu ermöglichen. Dazu ist aber, nach dem vorher Gesagten, die Anlage eines Bahnhofs mit seiner Steigerung der Sicherheitsanlagen und der mit ihm verbundenen erhöhten Aufsicht notwendig. Oft sind solche Kreuzungsstellen die Urzellen zur Entstehung ganz neuer Orte geworden. Als die Ostbahn von Berlin nach Schneidemühl gebaut wurde, da kreuzte sie die Strecke Stargard—Posen an einer menschenleeren Stelle. Es entstand die Bahnhofsanlage „Ostbahn-Kreuz“, an deren Stelle heute der Ort Kreuz liegt.

Die Bahnhöfe werden betriebstechnisch in Haltepunkte, kleine, mittlere und große Bahnhöfe eingeteilt. Haltepunkte sind Anlagen ohne Weichen. Wo nur eine einzige Weiche vorhanden ist, spricht man betriebstechnisch bereits von einem Bahnhof. Die Unterscheidung der einzelnen Bahnhofsklassen ist nicht scharf umrissen. Im allgemeinen kann man sagen, daß an kleinen Bahnhöfen weder Schnell- noch Eilzüge halten, an den mittleren einige der wichtigeren Durchgangszüge, während in den großen Bahnhöfen in der Regel alle Züge Aufenthalt haben.

Eine Einteilung der Personenbahnhöfe ergibt sich auch aus der Lage der Geleise in ihnen und der Art des Betriebs, der sich darauf abspielt. Man unterscheidet:

Endbahnhöfe,  
Zwischenbahnhöfe,  
Anschlußbahnhöfe,  
Kreuzungsbahnhöfe.

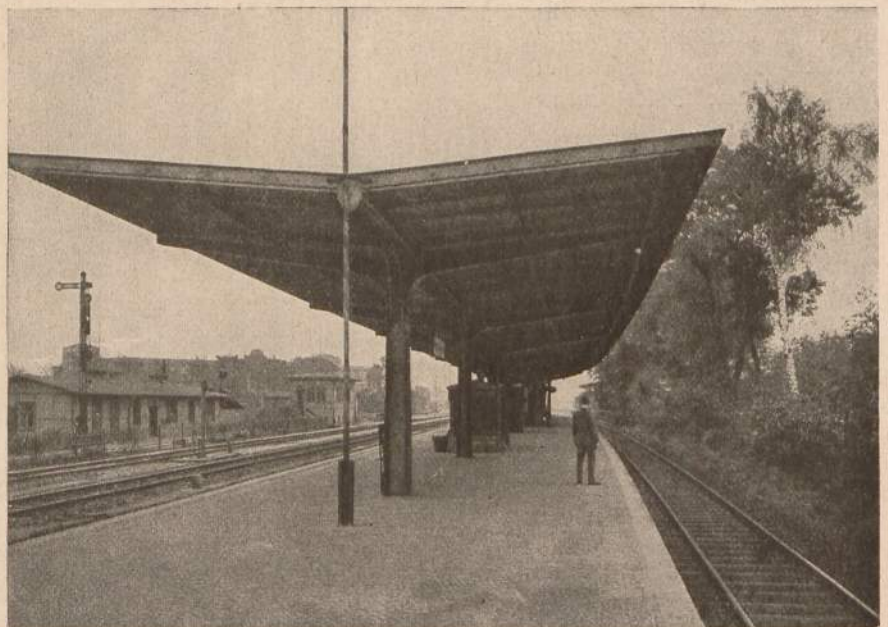


440. Zweistielige Bahnsteig-Überdachung

Ältere Form der Schuttdächer; die Pfosten stehen an den Bahnsteigkanten, wo sie den Verkehr stören. Phot. W. Tizenthaler

Endbahnhöfe entstehen dort, wo eine Eisenbahnlinie endigt, entweder weil Bodengestaltung oder mangelndes Verkehrsbedürfnis eine Weiterführung unvorteilhaft erscheinen lassen, weil die Meeresküste oder das Ufer eines großen Binnenwassers erreicht ist, oder weil eine große Stadt sich vor die Linie liegt. In besonders reicher Zahl findet man Endbahnhöfe in Berlin, wo sämtliche Fernbahnhöfe, die nicht durch die Stadtbahn miteinander verbunden sind, dieser Gattung angehören, nämlich der Anhalter, der Görlitzer, Stettiner, Lehrter und Potsdamer Bahnhof. Hier endigen sämtliche einlaufenden Züge ohne Ausnahme.

Am häufigsten von allen Arten findet man die Zwischenbahnhöfe. Sie sind nichts weiter als Fahrtunterbrechungsstellen, die Gelegenheit zum Aus- und Einsteigen von



441. Einstielige Bahnsteig-Überdachung

Phot. W. Tizenthaler



Reisenden geben. Anschlußbahnhöfe nennt man Anlagen, bei denen von einer durchlaufenden Linie eine oder mehrere Strecken seitlich abzwacken. Kreuzungsbahnhöfe sind Stellen, an denen zwei oder mehrere Linien einander treffen und überkreuzen, das heißt ebenso gesondert weiterlaufen, wie sie einzeln herangekommen sind.

Die Endbahnhöfe haben naturgemäß stets Kopfform, das heißt alle Geleise enden in ihnen stumpf. Bei den Zwischenbahnhöfen herrscht weitaus die Durchgangsform vor, bei der die an der einen Seite hineinfließenden Geleise drüben wieder hinausgeführt sind.

Bei Anschluß- und Kreuzungsbahnhöfen findet man beide Formen. Wenn auch bei den allermeisten von ihnen die Geleise in geradliniger Erstreckung durchgehen, so sind doch auch viele mit endigenden Geleisen durchgebildet. Das ist namentlich dort der Fall, wo sich früher reine Endbahnhöfe befanden, bei denen sich erst später ein Übergangsverkehr von einer der einmündenden Linien zur andern ausgebildet hat. An solchen Stellen müssen alle durchgehenden Züge gewendet werden, sie müssen „Kopf machen“. Das ist z. B. der Fall in Leipzig, Frankfurt a. M., Braunschweig, Wiesbaden, Altona.

Derartige Durchgangsbahnhöfe in Kopfform sind für den Betrieb recht unbequem. Die Überführung der Züge von dem Ankunftsgeleise auf das Ausfahrgeleise, das ja notwendigerweise stets ein anderes sein muß, macht viele höhen- gleiche Kreuzungen im Vorgelände notwendig. Will man nicht an den Bahnsteigenden, also meist in unmittelbarer Nähe des Empfangsgebäudes, viele Weichen oder Drehscheiben anordnen, so ist stets Maschinenwechsel erforderlich. Das Übersetzen der Kurswagen ist gleichfalls beschwerlich. So ist die Entstehung der meisten Kopfbahnhöfe nur aus der schon erwähnten geschichtlichen Entwicklung zu verstehen. Hier und da kommt aber auch einmal eine Neuanlage dieser Art vor, wovon der große Leipziger Hauptbahnhof das sprechendste Beispiel ist. Er mußte in Kopfform durchgebildet werden, weil man ihn tief in die Stadt hineingezogen hat.

Eine in Deutschland nicht sehr häufig vorkommende Mischung von Kopf- und Durchgangsbahnhof stellt der Dresdner Hauptbahnhof dar. Die endigenden Züge laufen hier in Straßenhöhe auf Stumpfgleisen ein, während die anderen auf erhöhter Fahrbahn durchgeführt werden.

Dort wo zwei Strecken einander in einem Bahnhof kreuzen, wird meistens dafür Sorge getragen, die Linien vor dem Bahnhof gleich zu richten und sie alsdann in einer Ebene einzuführen. Hierdurch entstehen große Betriebs-

bequemlichkeiten, indem die Übergänge ganzer Züge oder einzelner Wagen von einer Strecke auf die andere einfachste über Weichen hinweg stattfinden können.

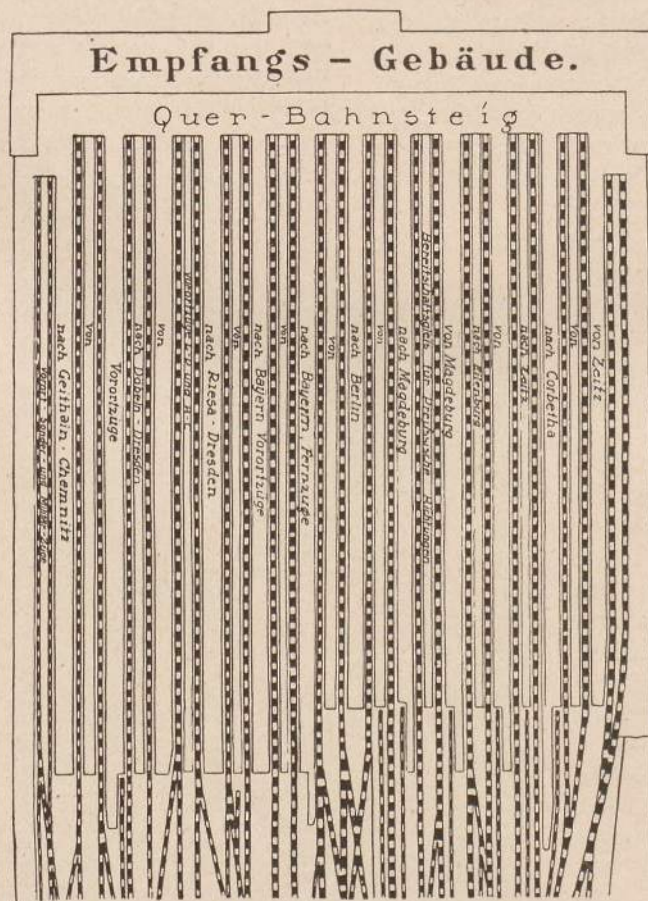
An nicht wenigen Stellen aber finden wir in Deutschland auch heute noch Kreuzungsbahnhöfe, in denen die Strecken in sehr steilem Winkel zusammentreffen und in verschiedenen Höhen eingeführt sind.

Solche Turmbahnhöfe sind in der Zeit der Privatbahnen vielfach entstanden, weil man damals noch nicht an eine Betriebsmittel-Gemeinschaft dachte. Jede Strecke wurde als selbständiges Ganzes betrachtet. Der Turmbahnhof ist für die heutige Zeit, die allerorten Übergangsmöglichkeiten herbeizuführen sucht, eine sehr unbequeme Bauart. Wird doch hier der Einbau vieler, für den eigentlichen Zugbetrieb unnötiger Anlagen erforderlich, weil Wagenübergänge von der einen Gleislage zur anderen nur durch Einschaltung besonderer Verbindungsgeleise stattfinden können, die lang genug sind, um ohne allzu schroffe Steigungen die Überwindung des Höhenunterschieds zu gestatten. Viele verlorene Fahrten müssen infolge des erschwerten Übergangs stattfinden. Solche Turmbahnhöfe wie sie heute nicht mehr angelegt werden, findet man als Reste ehemaliger Eisenbahnkleinstaaterei z. B. noch in Küstrin, Osnabrück, Dobrilugk-Kirchhain, Delitzsch.

Für die Ausbildung der Bahnhöfe ist ferner die Lage der Empfangsgebäude von ausschlaggebender Wichtigkeit. Bei Kopfbahnhöfen wird man das Gebäude meistens quer vor die stumpfen Gleisenden setzen. Doch ist dies durchaus nicht immer der Fall. Beim Lehrter Bahnhof in Berlin liegt das Empfangsgebäude zur Seite. Auf der Abfahrtsseite allein ist es geräumiger durchgebildet, während die Ankunftsseite nur mit den notwendigsten Anlagen versehen ist. In Wiesbaden hat man neuerdings die gleiche Form gewählt. Die baukünstlerisch großartig ausgestattete Stirnseite ist hier eigentlich nur noch Bau- maske.

Die abschließende Querlage des Empfangsgebäudes wird besonders häufig bei solchen Kopfbahnhöfen verlassen, die Endbahnhöfe sind. Dies geschieht in vorsorglicher Weise überall dort, wo man glaubt, daß die Bahn noch einmal weitergeführt werden könne. Als Beispiel sei Tegernsee erwähnt, das heute noch einen Endbahnhof hat, bald aber Durchgangsbahnhof sein wird.

Andererseits kommt auch Kopflage des Empfangshauses bei Durchgangsbahnhöfen vor, wie z. B. in Hamburg, wo die Geleise des Hauptbahnhofs tief unter Straßenhöhe in einem Einschnitt liegen, so daß das Haus quer darübergestellt werden konnte. Auch Lübeck weist die gleiche Bauart auf.



442. Der größte Bahnhof in Europa

Grundriß des Leipziger Hauptbahnhofs mit 26 Geleisen und 27 Bahnsteigen



Die Seitenlage des Empfangsgebäudes ist jedoch durchaus am weitesten verbreitet. Man legt das Haus dann, wenn irgend möglich, auf diejenige Seite, von der dem Bahnhof der stärkste Verkehr zufließt. Die Zugänglichkeit der Bahnsteige ist bei dieser so häufig gewählten Anlageform eigentlich am unbequemsten. Nur Ein Gleis kann unmittelbar von der Eingangshalle aus erreicht werden. Alle anderen sind nur dann ohne weiteres zugänglich, wenn das Überschreiten von Schienen gestattet ist.

Bei kleinen Bahnhöfen mit nur zwei durchgehenden Geleisen wird dies noch häufig zugelassen. Aber auch hier erwachsen schon starke Erschwerungen, weil dafür gesorgt werden muß, daß nicht ein Zug auf Gleis 1 einfährt, während auf Gleis 2 bereits ein anderer Zug steht, zu dem und von dem Verkehr von Reisenden stattfindet. Die Züge auf den beiden Richtungsgeleisen der Strecke werden dadurch voneinander abhängig, was betrieblich unerwünscht ist.

Nachdem vor etwa vier Jahrzehnten auf dem Bahnhof Steglitz bei Berlin ein neu einlaufender Zug in die Schar der Reisenden hineingefahren war, die sich über das Gleis hinweg gerade zu einem dahinter haltenden Zug begeben wollten, wodurch ein wahres Blutbad angerichtet wurde, hat man bei uns der Beseitigung solcher Gefahren besondere Aufmerksamkeit zugewendet. Für jeden Bahnhof, bei dem noch höhengleiche Gleisüberschreitungen zugelassen sind, bestehen genaue Vorschriften, wo derjenige Zug zu halten hat, der als zweiter einläuft. Die Aufstellung erfolgt stets so, daß der Weg der zu- und abgehenden Reisenden von dem neu einlaufenden Zug nicht geschnitten wird.

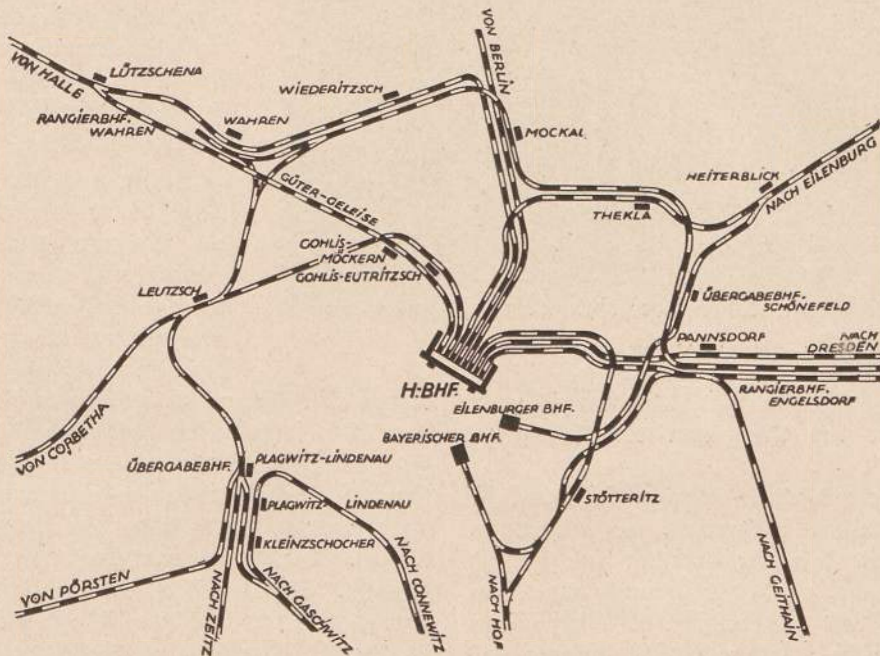
Bei allen größeren deutschen Bahnhöfen aber ist heute bereits das Überschreiten der Geleise durchaus verboten. Die Reisenden werden von dem Hauptbahnsteig, der unmittelbar am Empfangsgebäude liegt, zu den Zwischenbahnsteigen durch Brücken oder Tunnel geleitet.

Es ist dies eine ausgezeichnete und durchgreifende Sicherheitsmaßregel. Trotzdem läßt sich nicht verkennen, daß sie eine große Unbequemlichkeit bedeutet. Muß doch der umsteigende und auch der einsteigende Reisende, wenn der Zug nicht gerade am Hauptbahnsteig hält, auf jedem Weg zwei Treppenläufe überwinden. Er muß einmal hinab und wieder hinauf, was für gebrechliche Personen und alle, die viele Gepäckstücke in den Händen tragen, reichlich unangenehm ist. Da jedoch die Sicherheit von Leib und Leben der Reisenden jeder anderen Rücksicht voranzugehen hat, so bleibt trotzdem der weitere Ausbau dieser Anlagen wünschenswert. Sie erfordern außerordentliche geldliche Aufwendungen für die freitragenden Unterstützungen der Schienen.

Brücken zum höhenungleichen Überschreiten der Geleise pflegen sich billiger zu stellen als Tunnel. Dennoch werden sie selten gebaut, weil die Umgrenzung des lichten Raums bei Hochlage des Verbindungswegs und nicht erhöhten Bahnsteigen längere Treppenläufe notwendig macht. Ferner stören die Brücken leicht die Übersichtlichkeit der Bahnanlage, indem sie Signale und sonstige Merkzeichen verdecken. Am bequemsten wird die Zugänglichkeit, wenn das Empfangs-

gebäude höher oder tiefer liegt als die Gelseise. Alsdann kommt man, mit Ausnahme des Umsteigeverkehrs, bei jedem Weg mit einer Treppe aus.

Ist die Gleisanlage durch die Errichtung vieler Zwischenbahnsteige sehr breit, dann wachsen bei Seitenlage des Empfangshauses die Entfernungen zu den letzten Steigen oft allzu stark an. Die Wege vom und zum Zug werden sehr weit. Die Reisenden müssen aus den Wartesälen schon sehr frühzeitig aufbrechen, um den Zug zu erreichen.



443. Gleisbezirk des Leipziger Hauptbahnhofs

Bei kurzen Aufenthalten wird ihnen das Auffuchen der Warteräume unmöglich gemacht, da sie für den Hin- und Rückweg allzu viel Zeit gebrauchen. Das ist nicht unwichtig, wenn man an die sehr große Schar der Reisenden denkt, die mit Personenzügen fahren; in diesen laufen ja keine Speisewagen. Um hier eine Besserung zu schaffen, wird das Haus zwischen die Geleise gesetzt. Es erhält Infestlage. Hierdurch entsteht aber wieder der Nachteil, daß die Halle, in der sich Fahrkartenschalter, Gepäckabfertigung und Warteräume befinden, von der Straße aus nur durch Überwindung von Treppen erreicht werden kann. Das ist z. B. in Konitz, Schneidemühl, Gießen der Fall. Kann der Hauptflur des Gebäudes über oder unter die Geleise gesetzt werden, dann entsteht auch bei Infestlage eine besonders günstige Anordnung.

Wenn zwei Bahnlinien in spitzem Winkel zueinander in den Bahnhof eingeführt werden müssen, dann setzt man das Gebäude gern in den Zwickel. Es entsteht alsdann ein Bahnhof in Keilform, die eine Sonderausführungsart der Insellage ist. Man gelangt zur Keilform meist nur dann, wenn in den Bahnhof zwei Linien von ziemlich gleicher Verkehrsbedeutung hineinlaufen.

An solcher Stelle wird auf dem Bahnhof stets ein Linienbetrieb stattfinden. Auf den beiden zu jeder Seite des Hauses liegenden Geleisen verkehren die Züge Einer Linie, es finden auf ihnen also Fahrten in den beiden entgegengesetzten Richtungen statt.

Bei reiner Insellage ist häufig Richtungsbetrieb vorgesehen, wobei die Geleise gleicher Fahrtrichtung nebeneinander gelegt, die Einzelgeleise jeder Linie also getrennt





444. Die Front des Leipziger Hauptbahnhofs  
Phot. Dr. Trenkler & Co. in Leipzig

eingeführt sind. Das Umsteigen wird hierdurch sehr erleichtert, da hierzu nur das Überqueren des Bahnsteigs notwendig ist.

Die Empfangsgebäude müssen so angelegt sein, daß sie den besonderen Verhältnissen entsprechen, die auf einem Bahnhof vorliegen. Die Fahrgäste befinden sich hier ja meist in Hast und Unruhe, und es muß auch immer im Auge behalten werden, daß dem größten Teil von ihnen die Örtlichkeit unbekannt ist. Die wichtigsten Anlagen sind daher zusammenzufassen und so unterzubringen, daß sie leicht aufgefunden werden können. Das ist vor allem für Fahrkartenschalter, Gepäckabfertigung, Wartesäle und Abortanlagen notwendig. Wo es möglich ist, sollen die Ströme der ankommenden und der abfahrenden Reisenden getrennt geführt werden, damit kein lästiges Gegeneinanderlaufen stattfindet.

Man hört heute oft die verwunderte Frage, warum denn das Einsteigen in die Züge nicht allgemein dadurch erleichtert wird, daß sämtliche Bahnsteige grundsätzlich in die Höhe der

Wagenfußboden gelegt werden. Es ist kein Zweifel, daß das Besteigen und Verlassen der Fahrzeuge hierdurch außerordentlich erleichtert wird, wie jeder bestätigen kann, der einmal die Berliner Hoch- und Untergrundbahn benutzt hat. Leider ist jedoch solch eine Anlage, die auch die Zugabfertigung in sehr wünschenswerter Weise beschleunigen würde, auf den meisten Fernbahnhöfen nicht möglich, da auf ihnen ein dienstlicher Querverkehr von Post- und Gepäckkarren stattfinden muß, der nicht fortwährend große Höhenunterschiede überwinden kann.

Wollte man das Anheben der Bahnsteige bis zu der recht bedeutenden Höhe der Wagenfußboden grundsätzlich überall durchführen, so würden dadurch ganz unverhältnismäßig hohe Kosten entstehen. Ist aber nur ein einziger Bahnhof vorhanden, auf dem die Steige tief liegen, so wird der

Nutzen aller übrigen erhöhten Anlagen recht zweifelhaft. Denn es müssen ja in diesem Fall alle Wagen mit den bekannten zwei Trittstufen versehen sein, die weit vorspringen. Hochliegende Steige sind jedoch nur dann gefahrlos, wenn sie ganz dicht an die Ränder der Wagenkästen gesetzt werden können. Dies wird aber durch die Trittstufen unmöglich gemacht. Auf der Berliner Stadtbahn, wo erhöhte Steige vorhanden sind, tritt das sehr deutlich in Erscheinung, da bei den hier verkehrenden Zügen, die auch weit draußen liegende Vororte anlaufen, die Trittstufen bisher noch nicht benutzt werden konnten. Trotzdem findet man heute auch schon auf zahlreichen Fernbahnhöfen erhöhte Steige, wie z. B. in Hamburg und in Breslau.

Sollte im Lauf der Jahre die Zahl der Anlagen sich vermehren, so ist jedenfalls aufs strengste darauf zu achten, daß ein Gleis nicht auf beiden Seiten von hohen Bahnsteigen eingesäumt wird. Alsdann wäre nämlich das Untersuchen von Radreifen, von Achslagern, sowie von Brems- und Heizleitungen an den auf solchem Gleis haltenden, eng umklammerten Zügen nicht mehr möglich.

Als recht lästig wird das Hin- und Herfahren von Post- und Gepäckkarren auf den dem Personenverkehr dienenden Bahnsteigen empfunden. Bei neueren größeren Bahnhofsanlagen geht man daher immer häufiger dazu über, besondere Gepäckbahnsteige einzurichten, auf denen sich der Karrenverkehr ausschließlich abspielt. Es wechseln dann immer ein Personen- und ein Gepäckbahnsteig miteinander ab, wie das in Wiesbaden, Leipzig, Frankfurt a. M. grundsätzlich durchgeführt ist. Die Karren werden in solchem Fall meist durch Aufzüge zu den Steigen befördert. Der Querverkehr findet darunter oder darüber in besonderen Quertunneln oder auf Querbrücken statt.

Zum Schutz der Reisenden gegen Witterungsunbill werden die Bahnsteige überdacht. Man errichtet entweder eine einzige Halle über sämtlichen Geleisen, oder es wird Einzel-, häufig auch Gruppenüberdachung



445. Eingangshalle des Leipziger Hauptbahnhofs  
Phot. Dr. Trenkler & Co. in Leipzig



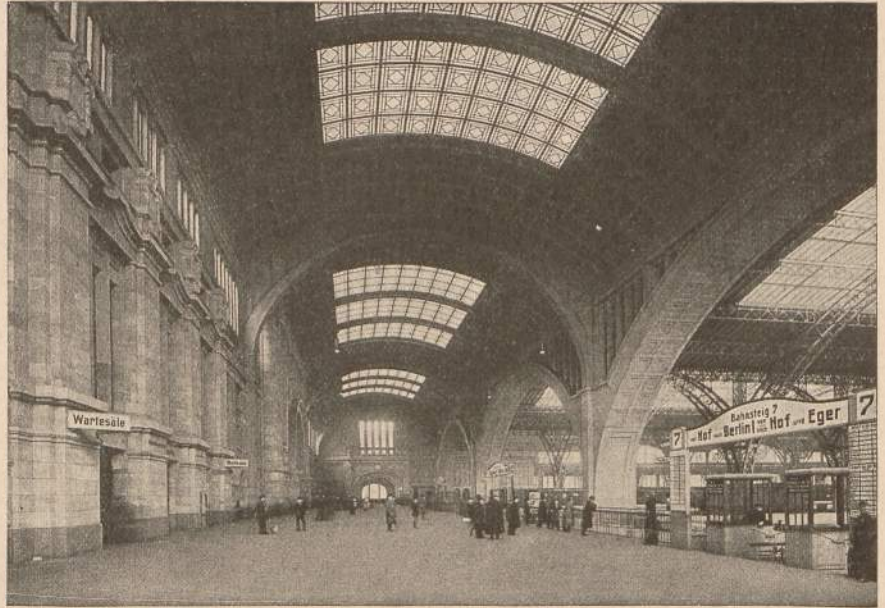
angebracht. Große, einschiffige Hallen sind selbstverständlich baulich am eindruckvollsten. Sie stellen sich jedoch sehr teuer und sind schwer zu unterhalten. Die Ausbesserungsarbeiten, die in großen Höhen vorgenommen werden müssen, sind recht unbequem und kostspielig, was insbesondere darum ins Gewicht fällt, weil sie sehr häufig notwendig werden. Die aus den Lokomotivschornsteinen strömenden Rauchgase greifen infolge ihres Säuregehalts die Eisenteile sehr stark an, so daß fortwährende Untersuchungen und Instandhaltungen erforderlich sind. Man wird große Hallen nur dort errichten, wo eine ausdrucksvolle bauliche Gesamtwirkung des Bahnhofs erwünscht ist.

Wie der Brücken- und Tunnelbau, so ist auch der Hallenbau durch die Eisenbahn sehr bedeutend gefördert worden. Wurden doch den Baukünstlern hier durch technische und künstlerische Erfordernisse so bedeutende Aufgaben gestellt, wie kaum an anderer Stelle. Die Technik des Hallenbaus ist hieran zu ihrer heutigen, viel bewunderten Leistungsfähigkeit erstarkt.

Die größte Scheithöhe und zugleich die größte Stützweite aller Bahnhofshallen in Deutschland besitzt der Hamburger Hauptbahnhof. Die Halle ist 36 Meter hoch und 72 Meter breit. Es folgt der Anhalter Bahnhof in Berlin mit seiner 34,2 Meter hohen, 60,7 Meter breiten Halle. Bei diesem Bahnhof sind die drei Bogen, welche das Haus nach der Ausfahrseite zu abschließen, baulich sehr beachtenswert. Sie haben eine wundervolle Linie und gewähren dem ruhig beschauenden Auge besonders dann ein starkes Ergötzen, wenn durch ihre Öffnungen hindurch heller Sonnenschein in die dunklere Halle fällt. Die größte überwölbte Fläche aber besitzt der Bahnhof Leipzig, unter dessen Hallen 66 000 Quadratmeter Bodenfläche liegen. Es folgen dann Frankfurt a. M. mit 31 000 Quadratmetern (ohne die Erweiterung) und Dresden mit fast 29 000 Quadratmetern.

Bei dem Bau der über jedem Bahnsteig getrennt errichteten Bedachungen wird immer mehr von der zweistieligen Stützenanordnung zur einstieligen übergegangen. Wo die Dächer von Stützen in Fochform getragen werden, müssen die Pfosten notwendigerweise dicht an den Bahnsteigkanten stehen, also gerade dort, wo der Platz am meisten gebraucht wird. Sie stören auch die Übersicht über die haltenden Züge recht empfindlich. Die Einzelstützen stehen in der Mitte, wo sie am wenigsten hinderlich sind. Man ist bei der Ausbildung dieser Dacharten zu Formen gekommen, die in ihrer Einfachheit sehr schöne Wirkungen ergeben.

Unter den etwa 13 000 Haltepunkten und Bahnhöfen, die es heute in Deutschland gibt, verdient eine Anlage besondere Beachtung, die diesseits des Weltmeers ihresgleichen nicht hat. In Leipzig, dem Ursprungsort der ältesten größeren Bahnlinie in Deutschland, ist an demselben Ort,



446. Querbahnsteig im Leipziger Hauptbahnhof

Rechts die großen Eisenbetonbogen, hinter denen die Überdachung der Zungenbahnsteige beginnt. Phot. Dr. Trentler & Co. in Leipzig

wo die erste bescheidene Haltestelle stand, heute der größte Bahnhof Europas errichtet. Die günstige Lage der Stadt hat dazu geführt, daß heute nicht weniger als elf Linien in der zweiten Hauptstadt Sachsens zusammenlaufen.

Die Privatbahnwirtschaft der früheren Jahrzehnte hatte dazu geführt, daß jede Linie in Leipzig einen eigenen Bahnhof besaß. Nachdem sich ein sehr reger Übergangsverkehr ausgebildet hatte, führte dies allmählich zu unhaltbaren Zuständen. Schon gegen Ende der achtziger Jahre tauchte der Gedanke auf, alle diese Anlagen zu einem einzigen großen Bahnhof zusammenzufassen. Aber mehr als ein Vierteljahrhundert mußte vergehen, bis die beispiellos großartige Verbesserung ausgeführt war. Vierzehn Jahre lang ist in und bei Leipzig gebaut worden, wahre Sandgebirge mußten durcheinander gewühlt werden, um die Einführung der vielen Geleise in zweckmäßigen Lagen zu ermöglichen.



447. Eisenhallen des Leipziger Hauptbahnhofs

Phot. Dr. Trentler & Co. in Leipzig



Man kann sagen, daß das ganze weite Gebiet, in dem heute die zum Hauptbahnhof führenden Schienenspade liegen, durch die Bauarbeiten geographisch vollständig verändert worden ist. Täler sind aufgehöhht worden, Ebenen dort entstanden, wo kleine Bergkuppen sich emporwölbten. Endlich, im Dezember 1915, während des Kriegs, konnte das gewaltige Werk durch eine feierliche Einweihung seinen Abschluß erhalten.

Im Gebiet des Leipziger Haupt-Personen- und des anschließenden Güterbahnhofs, die sich über eine Strecke von zwei Kilometern ausdehnen, liegen heute 150 Kilometer Gleis, was der Entfernung Leipzig—Berlin entspricht. 920 Weichen sind eingebaut, 26 Geleise erstrecken sich unter den sechs Hallen des Empfangsgebäudes, daneben und dazwischen liegen 27 Bahnsteige, die abwechselnd dem Personen- und dem Gepäck- sowie Postverkehr dienen. In dem Bahnhof verkehren täglich etwa 500 Züge, so daß also dort alle drei Minuten ein Zug abgefertigt wird.

Entsprechend der großen Zahl der zu umfassenden Geleise hat das Empfangsgebäude die außerordentliche Breite von 3000 Metern. Die Fahrgäste gelangen nach Durchschreiten des Eingangstors zunächst in eine der beiden mächtigen gewölbten Vorhallen, wo die Fahrkartenschalter, Gepäckabfertigungen usw. liegen. Alles ist so weitläufig gehalten, daß niemals ein Gedränge entstehen kann. Über ein paar Stufen je einer sehr breiten Treppe hinweg gelangt man dann auf den Querbahnsteig. Von einer glatten, 25 Meter breiten Straße gehen hier sämtliche Zungenbahnsteige aus.

Das bauliche Bild ist an dieser Stelle besonders eindrucksvoll. Bei sämtlichen älteren Bahnhofsanlagen sind die eisernen Gleishallen unmittelbar an das Empfangsgebäude herangeführt. Die Stützen sind überall an die steinerne Abschlußwand gesetzt. Das ergibt immer einen recht häßlichen Gegensatz zwischen der ungegliederten Schwere der steinernen Wand und dem daran geklebten, auseinanderstrebenden Geflecht der Eisenstützen. In Leipzig wurde dieser schrofpe Gegensatz in großartiger Weise vermieden. Der Querbahnsteig ist mit einer eigenen Halle überwölbt; erst hinter dieser beginnen die Eisenbauten. Sechs ungeheure Tore schließen den Querbahnsteig nach der Schienenseite hin ab. Zur Zeit ihrer Errichtung stellten sie die mächtigsten, in Eisenbeton ausgeführten Bauwerke dar. Die Wölbung und der Torabschluß des Querbahnsteigs ergeben zusammen mit der Hinterwand des Empfangsgebäudes eine geschlossene Baugruppe von einheitlicher, sehr starker Wirkung.

Die hinter den Toren beginnenden eisernen Hallen sind ein so zierlich und leicht gefügtes Gewebe, daß die Dunkelheit aller älteren Bahnhofswölbungen hier von einer fast blendenden Lichtfülle abgelöst ist. Die Stützpfiler scheinen nur ganz leicht auf dem Boden zu stehen, alles wuchtig Lastende ist für das Auge verschwunden, man sieht einen fast lustig bewegten Bau, der dennoch als Ganzes in machtvoller Ruhe dasieht. Erbauer der Anlage sind die Architekten Lossow und Kühne in Dresden.

Zur Errichtung des Bahnhofs ist eine geradezu abenteuerliche Menge von Baustoffen verwendet worden. „Allein an Eisenteilen stecken“, nach einer Zusammenstellung der „Wochenschrift für deutsche Bahnmeister“, „im Hauptbahnhof über sieben Millionen Kilogramm oder 144 252 Zentner. Rechnet man das Ladegewicht eines Eisenbahnwagens zu 200 Zentnern, so hätte man zur Beförderung der Eisenteile des Hauptbahnhofs einen Zug mit 721 Wagen nötig. Die Glasbedachung der sechs Längs-Bahnsteighallen — es handelt

sich um die riesige Fläche von rund 29 000 Quadratmetern — hat ein Gewicht von mehr als 12 500 Zentnern; wollte man das Glas in einem Zug befördern, so wären demnach 63 Bahnwagen dazu nötig.

„Sind das schon Mengen und Gewichtszahlen, die man sich schwerlich vorzustellen vermag, so erscheinen sie noch als unbedeutend, wenn man die Menge des zum Hauptbahnhof benötigten Betons betrachtet. Von einer Anzahl Firmen sind z. B. allein über 15 000 Kubikmeter Zement geliefert worden. Rechnet man das Kubikmeter Zement zu 45 Zentnern, so ergibt sich das stattliche Gewicht von 685 710 Zentnern. In Bahnwagen verladen, erfordert diese Menge eine Zahl von etwa 3400 Wagen. Hierzu kommen aber nun noch über 22 000 Kubikmeter Sand, Kies und Kleinschlag. Das dürfte einem Gewicht von rund einer Million Zentnern entsprechen, und man hätte zu deren Fortbewegung etwa 5000 Eisenbahnwagen nötig.

„An Mauersteinen und Tonklinkersteinen hat eine Firma über 11 Millionen verwendet, dazu noch gegen 250 000 poröse Mauersteine. Zur Beförderung der Steine hat man mehr als 3500 Loren nötig. Der Zementverbrauch eines Baugeschäfts betrug weit über 40 000 Sack, der in mehr als 200 Wagen ankam. An Kalk verarbeitete man hier 750 Loren oder rund 2800 Kubikmeter. Wenn man allein die Baustoffe von sechs stark beteiligten Geschäften in einem Bahnzug befördern wollte, so hätte man dazu nicht weniger als etwa 13 600 Eisenbahnwagen nötig.“

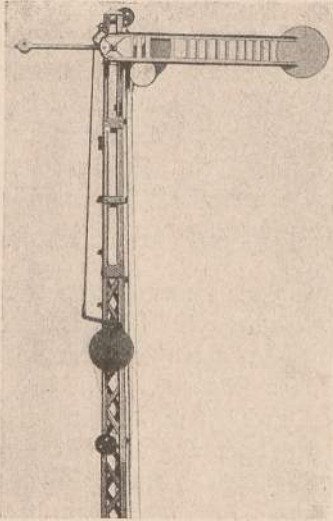
\*

Schmächtig und bescheiden stehen zu Seiten der Geleise die Masten, welche die Signale tragen. Die ausgestreckten Arme berühren die Züge nicht. Sie winken nur, aber sie können die Befolgung ihrer Befehle nicht erzwingen. Denn nach ihrem bei Fernbahnen üblichen Aufbau sind sie nicht imstande, den Zug festzuhalten, wenn er ihren Aufforderungen keine Folge leistet. Dennoch stellen sie die gewaltigste Schutzmacht im Eisenbahnbetrieb dar.

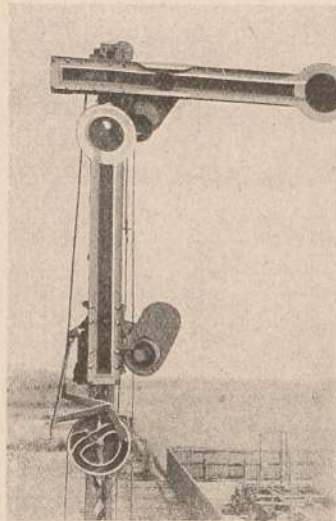
Eine so tiefgreifende Wirksamkeit eines an sich ohnmächtigen Gegenstands, wie es jedes Signal ist, kann nur in einem hochkultivierten Kreis stattfinden. Nichts ist für den Lokomotivführer leichter, als an einem Signal vorüberzufahren, das seinem Zug Halt gebietet. Denn es wehrt sich in keiner Weise dagegen. Was den Führer an die Befehle dieses schwächlichen Künders bindet, ist erst eine sittliche Verpflichtung, die er eingegangen. Das „moralische Gesetz in uns“, das Kant ebenso bewunderungswürdig erschien wie der gestirnte Himmel über uns, läßt den lebendigen Menschen auf der Lokomotive sich blindlings den Anordnungen des toten, fühllosen, ohnmächtigen Masts neben der Strecke unterwerfen. Ein Geflecht von eisernen Stangen ist durch allgemeine Übereinkunft zum Gesetzgeber erhoben, und nun besitzt es unentrinnbare Macht über jeden, der in seinem Bezirk zu wirken hat.

Ein Schnellzug fährt durch die Helle eines sommerlichen Tags. Da heben sich vor den Augen des Lokomotivführers die immer wieder auftauchenden Signale gegen den blauen Himmel so scharf ab wie ein Schattenriß auf weißem Papier. Kilometerweit wird oft ihre Form schon erkennbar. Ihr Aufstellungsort ist mit großer Sorgfalt stets so gewählt, daß sie dunkel gegen einen hellen Hintergrund stehen. Der Lokomotivführer weiß nichts von dem Zustand der Welt rings um ihn her, seitdem er den letzten Haltepunkt

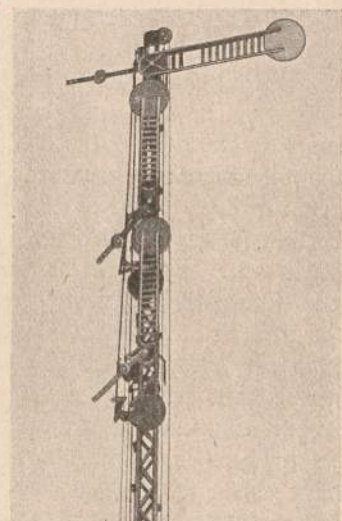




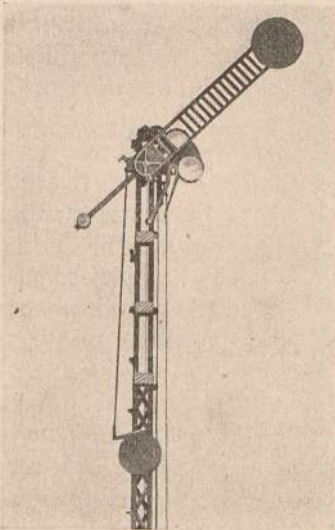
448. Einflügeliges Hauptsignal  
auf Halt



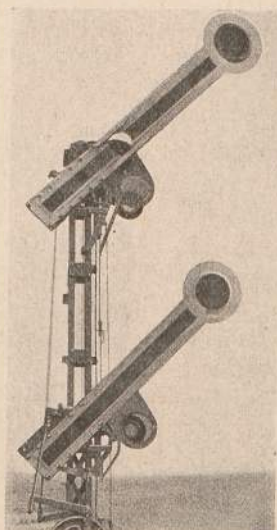
450. Zweiflügeliges Haupt-  
signal auf Halt



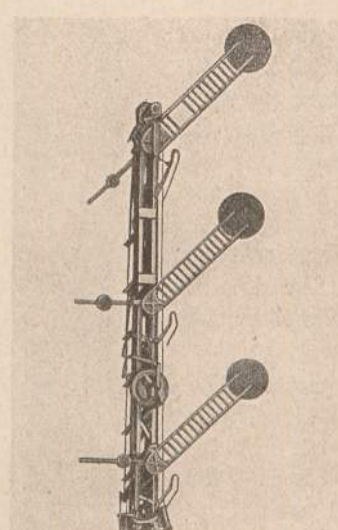
452. Dreiflügeliges Haupt-  
signal auf Halt



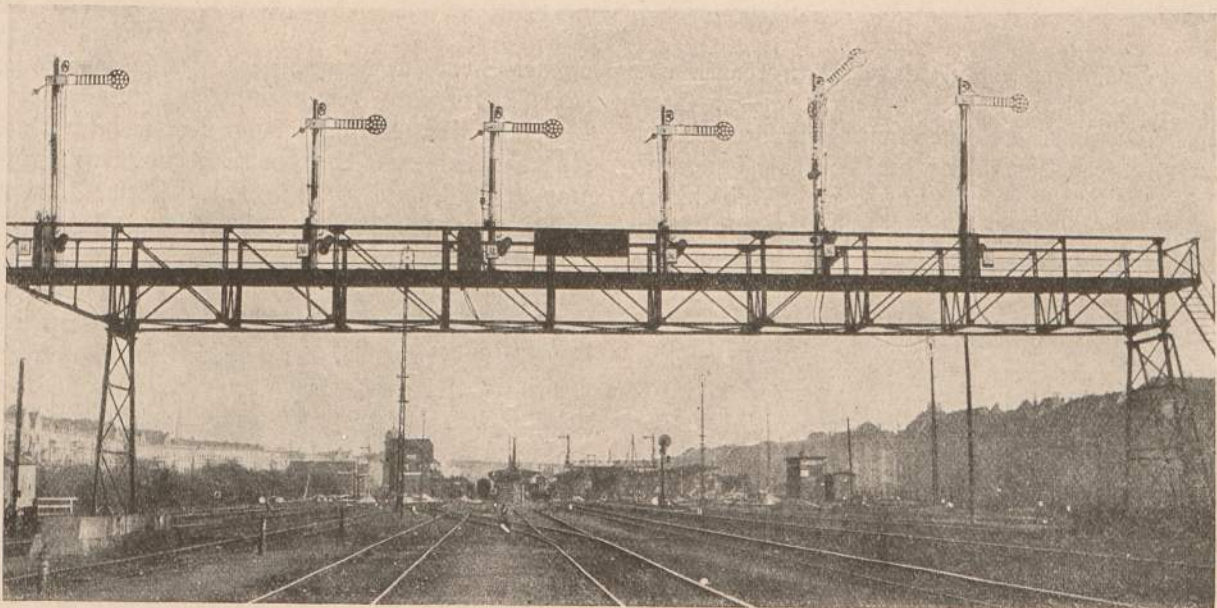
449. Einflügeliges Hauptsignal  
auf Fahrt Frei  
Bauart AEG



451. Zweiflügeliges Haupt-  
signal auf Fahrt Frei  
Bauart Jüdel & Co.



453. Dreiflügeliges Haupt-  
signal auf Fahrt Frei  
Bauart AEG



454. Signalbrücke Bauart AEG



verlassen hat. Die Signale sind die einzige Verbindung, die er mit der Umgebung hat. An sie klammert er sich, nach ihnen späht er, an ihnen hängt sein ganzes geistiges Sein.

Doch nun wollen wir uns auf die Lokomotive eines Zugs schwingen, der im nächtlichen Dunkel dahinfährt.

Da sind die Signalmaste und ihre Arme verschwunden. Sie sind hinter dem schwarzen Vorhang untergetaucht, der überall dort in schweren Falten um die Maschine hängt, wo die Leuchtkraft der beiden Stirnlaternen nicht hinreicht. An ihre Stelle sind farbige Lichter getreten. Während alles ringsum dunkel ist, taucht gleich einem gespenstischen Auge hier und da ein rotes, grünes oder gelbes Leuchten empor. Die Lichter scheinen frei in der Luft zu hängen, gleich den Sternen ohne Stützen im Raum zu schweben. Nun ist die Sicherheit des Zugs allein von dem dünnen Leuchten ihrer Farben abhängig.

Die Kleinheit allen Menschenwerks wird uns plötzlich bewußt. Wir haben das Riesengetriebe des Eisenbahnverkehrs geschaffen, die unabsehbaren Kilometer der Schienen ausgelegt, die riesenhaften Gefüge der Lokomotiven errichtet, und nun, während wir im Zug weilen, ist unser eigenes Leben abhängig von diesen bescheidenen Lichtern.

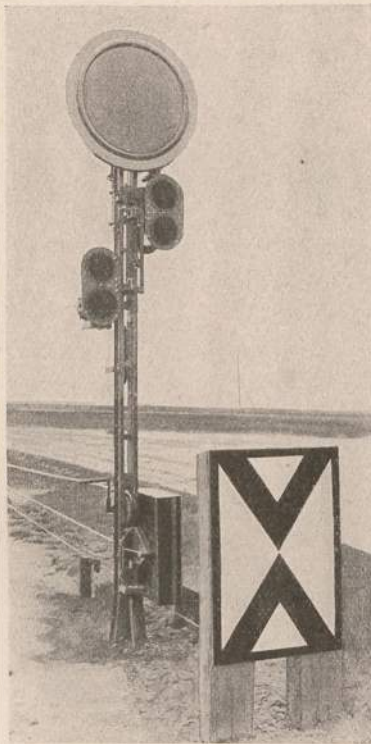
Eine elende Glas-scheibe ist es, o Mensch, an der gar oft dein Dasein hängt! Von der grünen oder roten Farbe eines Klümpchens Glasfuß wird es bestimmt, ob du morgen nach der Fahrt noch deine Frau und deine Kinder wiedersehen, deine vielleicht heiß gehegten Pläne zur Ausführung bringen können oder mit zerschmetterten Gliedern auf dem Feld neben dem Eisenbahndamm liegen wirst! Du hast Großes und Bewundernswertes auch mit der Einrichtung der Eisenbahnsignale geschaffen, aber sie sind doch nicht mehr als Menschenwerk, deine eigene Fehlbareit ist in deine Schöpfungen mit hineingebaut, und sie vermag jeden Augenblick die Grenzen deines Könnens dir selbst in furchtbarer Weise zu offenbaren.

Wenn man das Bürgerliche Gesetzbuch aufschlägt, findet man es in Abschnitte eingeteilt. Jede einzelne dieser Abteilungen sagt etwas Wichtiges und Unentbehrliches aus. Aber ihr Wirkungsbereich ist bescheiden. Erst die Summe aller Abschnitte, ihre Verbindung untereinander, die Ergänzung und Erweiterung, die jeder seinem Nachbarn gibt, machen das Buch zu einem mächtig wirkenden Ganzen. So ist auch das einzelne Signal nur ein Machthaber in schmal begrenztem Bezirk. Dadurch erst, daß wir die Arme geistig miteinander verbunden, den einen in Abhängigkeit von einem oder mehreren anderen gebracht haben, werden sie zu weit wirkenden Herrschern.

Solange jedes einzelne Signal ohne Rücksicht auf alle anderen gestellt werden konnte, gab es keine wirkliche Sicherheit im Eisenbahnbetrieb. Niemals wäre es ohne Einführung der Signalabhängigkeiten möglich gewesen, den heutigen Zugverkehr durchzuführen. Das einzelne Signal mußte seine Unabhängigkeit aufgeben, damit ein lastender Zwang vom Eisenbahnverkehr abfallen konnte. So hat auch hier die Aufgabe der Freiheit im einzelnen dem Ganzen erst die Freiheit gebracht.

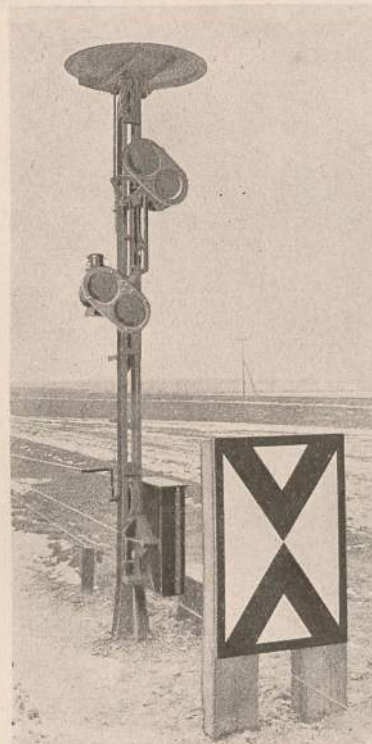
Das Ziel der gesamten ungeheuer umfangreichen und vielgestaltigen Signaleinrichtungen ist, jeden fahrenden oder stillstehenden Zug davor zu bewahren, daß ein anderer mit zerstörender Wucht gegen ihn stößt.

Als die Eisenbahnen noch jung waren, fuhren die Züge im Zeitabstand hintereinander her. Wenn ein Zug den Bahnhof verlassen hatte und man meinte, daß genügend lange Zeit verstrichen sei, der Zug also eine beträchtliche Anzahl von Kilometern zurückgelegt haben müsse, ließ man den nächsten Zug nachfolgen. Eine wirkliche Sicherheit konnte durch diese einfache Maßnahme natürlich nicht erreicht werden. Es mußte, damit der vorher abgegangene Zug nicht plötzlich vor dem nachfolgenden auftauchte, immer die Voraussetzung erfüllt sein, daß der Vorzug seine Strecke ständig mit der ihm vorgeschriebenen Geschwindigkeit durchfahren hatte. Es gibt ja aber genug Vorkommnisse, die einen Zug dazu zwingen können, auf



455. Vorsignal auf Halt

Bauart Jüdel & Co. in Braunschweig



456. Vorsignal auf Fahrt Frei

offener Strecke liegen zu bleiben. In solchem Falle entstand stets die dringende Gefahr eines Zusammenstoßes.

Später ging man dazu über, vom nächsten Bahnhof her den angekommenen Zug dem Abfahrtbahnhof durch ein telegraphisches Zeichen zurückzumelden. Diese Benachrichtigung mußte abgewartet werden, bis wieder ein Zug abgelassen werden durfte.

Wie leicht aber konnte ein Irrtum über das Eintreffen des Rückmeldezeichens entstehen! Bei der heutigen raschen Folge von Zügen, bei der großen Zahl von Strecken, die häufig von einem Bahnhof ausgehen, wäre es ganz unmöglich, von den Beamten zu verlangen, daß sie sich das Einlaufen der Rückmelde-signale stets genau merkten oder ständig im Eintragebuch nachsähen. Und ein Gedächtnisfehler kann furchtbare Folgen nach sich ziehen.

Ein wirklicher Schutz entsteht erst dann, wenn durch unentrinnbare Zwangsmaßregeln bewirkt wird, daß jeder über die Strecke fahrende Zug ein auf Halt liegendes Signal hinter sich hat. Diesem erwächst nun dieselbe Aufgabe wie



der Nachhut eines vor dem Feind abziehenden Heeres. Es hat eine unbedingte Rücken- deckung zu bewirken.

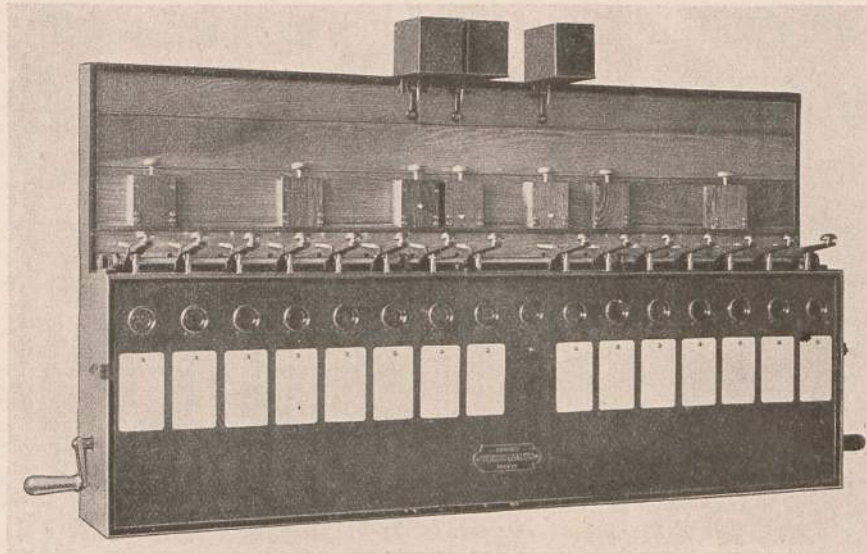
Man muß bedenken, daß es überhaupt kein anderes Mittel gibt, um einen fahrenden Zug zum Stehen zu bringen, als die Haltstellung eines Signals. Es ist daher unausweichliche Notwendigkeit, daß sich zwischen hintereinander herfahrenden Zügen stets mindestens ein solcher Zeichengeber befindet. Muß der Vorzug plötzlich halten, so trifft der

Nachzug, bevor er ihn erreicht, auf der Strecke immer ein Signal an, durch das er rechtzeitig gestellt werden kann. Schafft man nun Vorkehrungen, die bewirken, daß ein hinter dem ausgefahrenen Zug auf Halt gelegtes Signal erst dann wieder auf Fahrt Frei gezogen werden kann, nachdem dieser Zug hinter dem nächsten auf Halt gelegten Signal in Deckung gegangen ist, so hat man eine genügende Sicherung erreicht.

Es erwächst hieraus der Hauptgrundsatz der Signalordnung: Ein Zug darf erst dann in einen von zwei Signalen begrenzten Streckenabschnitt einfahren, wenn der Vorzug diesen verlassen hat. Oder mit anderen Worten: Zwischen zwei Signalen darf sich stets nur Ein Zug befinden. Nur auf diese Weise ist eine ordentliche Signaldeckung auf großen, vielbefahrenen Strecken zu erreichen.

Die Durchführung dieses Grundsatzes wird zwangsläufig durch die Blockeinrichtung erwirkt.

Wenn ein Zug aus dem Bahnhof ausfährt, auf welchem er seinen Ursprung hat, so legt er den Arm des Ausfahr-



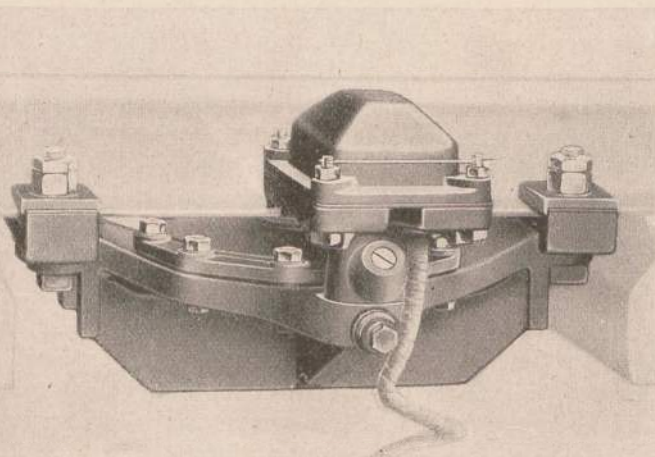
457. Stationsblock

Durch Niederdrücken von Tasten und durch Drehen an der seitlich angebrachten Kurbel gibt der Fahrdienstleiter auf dem Bahnhof den Wärtern in den außenliegenden Stellwerken die Signalzug-Einrichtungen für Einfahrten oder Ausfahrten frei. Damit ist jedoch nur Eine der zahlreichen Signalverriegelungen gelöst. Bauart Siemens & Halske

signals selbsttätig hinter sich auf Halt. Er hat nun also eine Deckung hinter sich. Damit der Wärter imstande ist, das Signal für einen folgenden Zug von neuem zu ziehen, muß er den zugehörigen Hebel, der noch in Fahrt Frei-Stellung geblieben ist, gleichfalls in die Haltstellung zurücklegen. Sobald er das aber getan hat, springt in den Hebel eine Sperre ein, die ihn festhält. Das Signal kann vorläufig nicht zum zweiten Mal gezogen werden. Um die

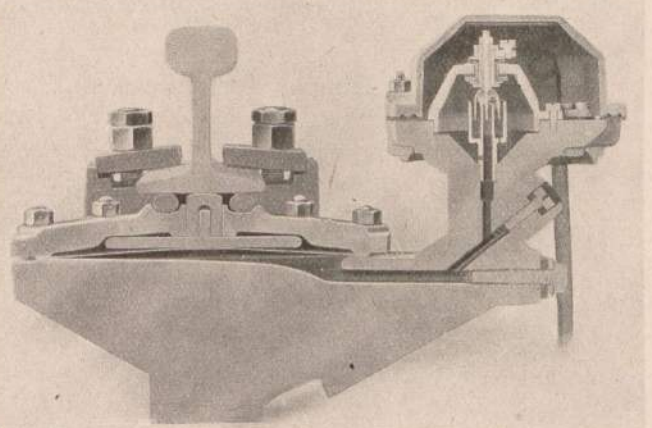
künftige Entriegelung des Signalhebels vorzubereiten, ist der Wärter weiter gezwungen, die Handlung des Blockens vorzunehmen. Er drückt eine Taste nieder und dreht eine Kurbel, die einen elektrischen Strom durch seinen Apparat und in die längs der Strecke ausgelegte Leitung sendet. Hierdurch erwirkt er zweierlei. Einmal macht er die Sperrung seines Signalhebels abhängig von einer elektrischen Einwirkung, die von der Strecke her ankommen kann. Ferner meldet er dem Mann, der das nächstfolgende Blocksignal bedient, den abgelassenen Zug vor. Dieser Wärter zieht nach Eingang der Vormeldung sein Signal, wenn sonst nichts dagegen spricht, auf Fahrt Frei. Der Zug fährt darauf an dem zweiten Signal vorüber.

Hierauf ist der zweite Wärter gezwungen, sein Signal auf Halt zu legen. Tut er das nicht, so kann niemals wieder ein Zug folgen. Denn das Ausfahrtsignal des rückliegenden Bahnhofs ist ja, wie wir wissen, gesperrt. Nach dem Einschlagen seines Signals muß auch der zweite Wärter die Blockhandlung vornehmen. Sobald er seine Taste gedrückt



458. Schienenstromschließer

Die Betätigung dieser Vorrichtung erfolgt dadurch, daß das Gewicht der Lokomotiv-Achsen beim Fahren über die Schiene diese ein wenig nach unten drückt. Die Schiene ist in der Abbildung nur leicht angedeutet. Bauart Siemens & Halske



459. Schnitt durch den Schienenstromschließer

Beim Niederdrücken der Schiene, die hier im Querschnitt erscheint, wird aus dem darunterliegenden Hohlraum Quecksilber in das Steigrohr rechts emporgepreßt, an dessen hochliegendem Ende es einen elektrischen Kontakt hervorruft



und die Kurbel gedreht hat, löst der Strom, welcher nun in die nach rückwärts laufende Leitung fließt, die Sperrung am Ausfahrtsignal des Abgangsbahnhofs auf. Jetzt erst kann dies Signal wieder gezogen werden.

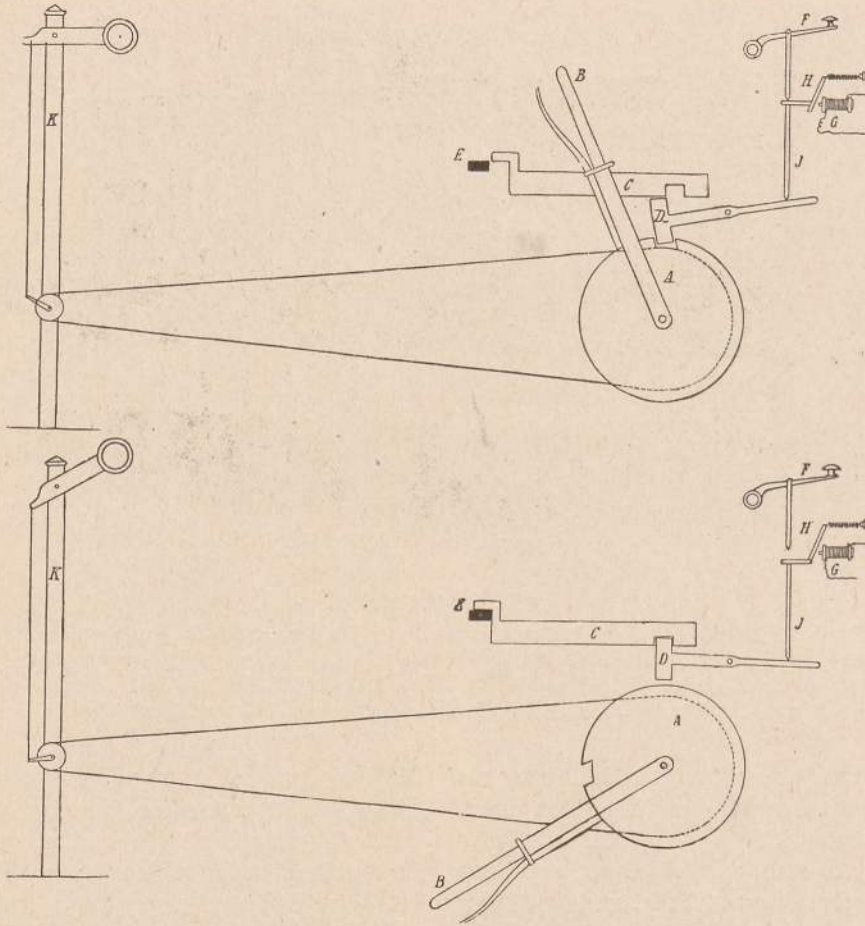
Und das darf nun auch ohne Gefährdung des vorausgegangenen Zugs geschehen, denn dieser hat ja jetzt das zweite, auf Halt gelegte Signal wiederum als Deckung hinter sich. Da die Entblockung von der zweiten Stelle zur ersten nur stattfinden kann, nachdem das zweite Signal auf Halt gelegt ist, so hat man durch diese Abhängigkeit der Signale voneinander die erwünschte unbedingte Sicherheit.

Zugleich mit der Entblockung nach rückwärts hat der zweite Wärter einem dritten den Zug vorgemeldet; zwischen der dritten Stelle und der zweiten vollzieht sich bald danach derselbe Entblockungsvorgang, und so fährt der Zug von einem Signal zum anderen, während immer das zunächst hinter ihm stehende auf Halt festgelegt ist.

Auf diese Weise wird Ordnung in das bewegte Durcheinander der Züge gebracht.

Doch außer der Gefahr, daß ein Zug von hinten durch einen andern Zug gerammt wird, besteht auch die Möglichkeit, daß er von der Seite her angefahren werden kann. Hinter dem Bahnhof Jüterbog z. B. laufen die beiden großen Schnellzugstrecken zusammen, die von Halle und von Dresden nach Berlin führen. Vier Geleise ziehen in den Bahnhof, aber nur zwei führen wieder hinaus. Die Schnellzüge pflegen Jüterbog ohne Aufenthalt zu durchfahren. Vor der Stelle, wo die beiden Strecken tatsächlich zusammengeführt werden, stehen zwei Signale: eines, durch dessen Stellung auf Fahrt Frei die Einfahrt von Dresden her in das gemeinschaftliche Gleis nach Berlin zugelassen wird, ein anderes, wodurch die Einfahrt von Halle aus gestattet werden kann.

Wir wollen nun annehmen, daß dem Wärter im Blockwerk am Ende des Bahnhofes Jüterbog von der Halleschen Strecke aus ein nahender Schnellzug vorgemeldet worden ist und er für diesen das Signal für die Einfahrt in die gemeinschaftliche Strecke gezogen hat. Kurz darauf aber wird ihm von der Dresdner Strecke her ein Eilgüterzug vorgemeldet, der gleichfalls in Jüterbog nicht hält. Der Wärter hat in der Fülle seiner Geschäfte vergessen, daß



460. Elektrische Fahrstraßenfestlegung

A. Stellrolle für Signalhebel; B. Signalhebel; C. Fahrstraßenschieber; D. Signal-sperrung; E. Querschnitt des Weichenhebels; F. Festlegungstaste; G. Elektromagnet; H. Sperrstück; J. Festlegungsstange; K. Signal

er dem Schnellzug aus Halle bereits das Signal gezogen hat, und er gibt nun auch dem von Dresden her kommenden Eilgüterzug die Einfahrt in das gemeinschaftliche Gleis frei. Wenn das Geschick es nun wollte, daß beide Züge zu gleicher Zeit an der Zusammenführungsstelle einträfen, so müßte ein schweres Unglück durch seitliches Anfahren entstehen.

Nach dem, was wir bis jetzt bereits über die Signaleinrichtungen gehört haben, wird es uns selbstverständlich erscheinen, daß derartige Vorkommnisse zwangsläufig verhindert werden. Wir wollen davon absehen, daß man schon die Fahrpläne zweier zusammenlaufender Strecken so einrichtet, daß nicht

zu gleicher Zeit zwei Züge aus den verschiedenen Richtungen an der Einmündungsstelle eintreffen können. Denn dann müßte ja doch jedesmal einer auf den anderen warten. Durch Verspätung kann aber immerhin einmal eine solche an sich gefährliche Zuglage eintreten.

Da greift nun aber die Sicherungseinrichtung ein. Hat der Wärter in Jüterbog das Signal für den Halleschen Zug auf Fahrt Frei gezogen, so kann er keinesfalls die Einfahrt von Dresden her gleichfalls freigeben. Ebenso wird das Umgekehrte verhindert. Die beiden Signale, welche die Einfahrt von zwei Strecken aus in ein gemeinschaftliches Gleis decken, sind in Abhängigkeit voneinander gebracht. Sie sind „feindliche Signale“, wie ein sehr treffender Betriebsausdruck lautet. Niemals können sie gleichzeitig auf Fahrt Frei stehen. Selbst die Blockficherung erstreckt sich auf beide. Ist ein Zug von Halle her in das gemeinschaftliche Gleis eingefahren, so kann auch die Einfahrt von Dresden in dieses nicht früher freigegeben werden, als bis der Zug die nächste Signaldeckung erreicht hat.

Aber all diese trefflichen Vorschriften reichen nicht aus, sobald es sich um die Ausfahrten großer Bahnhöfe handelt. Da hier Übergänge der Betriebsmittel von jeder Strecke auf jede andere möglich, Verbindungen aller Geleise miteinander hergestellt sein müssen, dementsprechend Fahrten herüber und hinüber stattfinden, so gibt es an solchen Orten gefährliche Zusammenführungen und höhengleiche Kreuzungen in großer Zahl. Weil aber in diesen Bezirken die Fahrgeschwindigkeiten gering sind, so darf man den Signalen



hier eine stärkere Wirkfähigkeit beilegen, und die Einbeziehung der Weichen in die Signalabhängigkeiten schafft weitere Sicherheit.

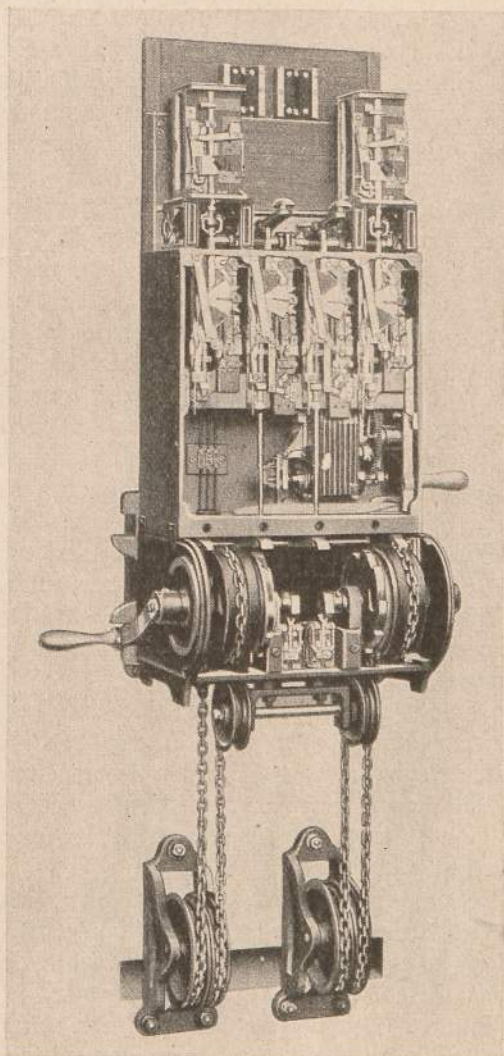
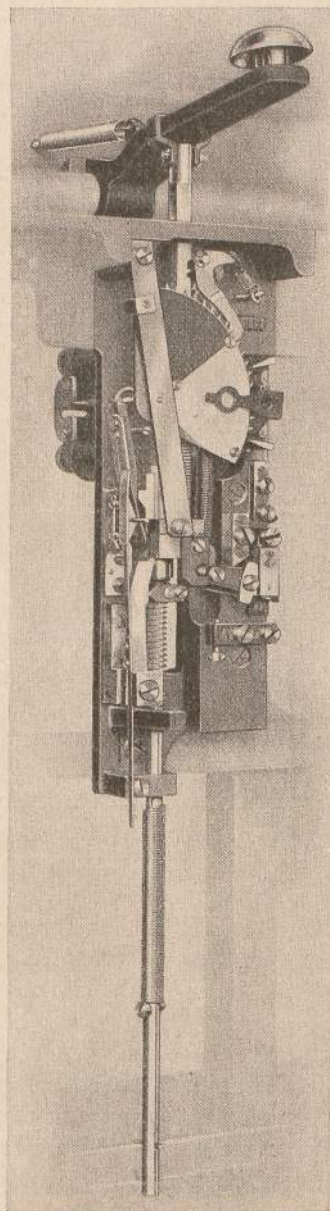
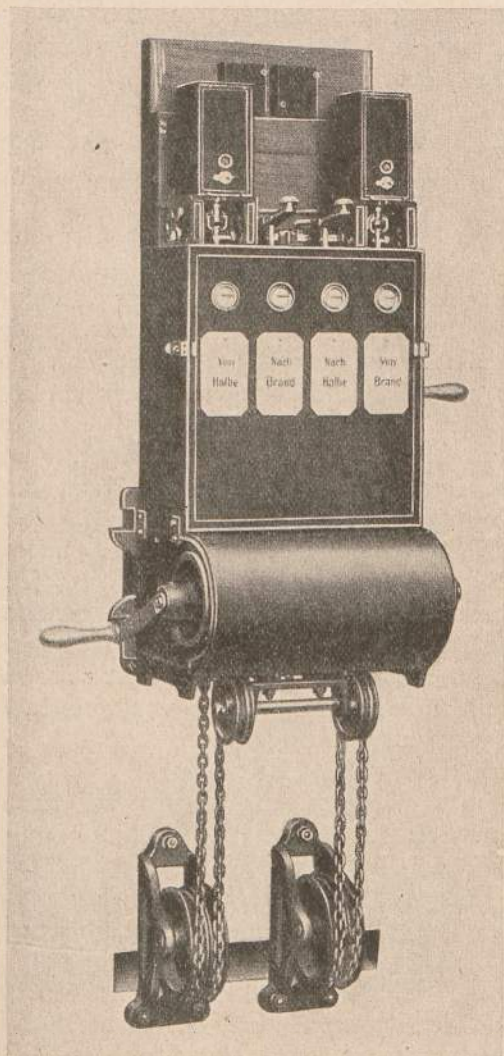
Die schützenden Arme stehen in großer Zahl vor und hinter jedem Bahnhof; oft sieht man ein Dutzend von ihnen auf einer einzigen großen Brücke beieinander. Um Zugfahrten, die einander gefährden können, auch innerhalb eines Bahnhofs auszuschließen, müssen die Signale in vielverschlungene Abhängigkeiten zueinander gebracht werden. Häufig kommt es vor, daß die für eine bestimmte Zugfahrt erteilte Erlaubnis sechs andere Zugfahrten und mehr ausschließt. Das eine gezogene Signal muß alsdann entsprechend viele andere verriegeln.

Um die Verhältnisse klarzulegen, wird vor Inbetriebnahme eines Bahnhofs ein genauer Verschlussplan aufgestellt. Er dient alsdann zur Grundlage für die Anbringung der Abhängigkeiten an den Signalhebeln. Die Wirksamkeit dieser Verschlüsse ist so gründlich, daß man ohne Bedenken einem Kind das Spielen mit den Signalhebeln erlauben könnte, ohne hierdurch eine Gefährdung des Verkehrs herbeizuführen. Jedes gegebene Fahrt-Freisignal schließt die Freigabe jeder anderen gefährlichen Zugfahrt aus. Das Kind könnte den Betrieb wohl aufhalten, indem es Signale unnötigerweise auf Halt stellte, aber es ver-

möchte keinen Zusammenstoß durch falsche Signalfreigabe herbeizuführen. Die eiserne Wehr der Signalkriegel versperrt jeden gefährlichen Weg.

Aber mit dem Ziehen der richtigen Signale allein ist es, wie schon angedeutet, bei der Bahnhofsicherung noch nicht getan. Damit ein einlaufender oder auslaufender Zug auch wirklich die Gleisabschnitte befährt, die ihm durch das gezogene Signal als frei bezeichnet worden sind, ist es notwendig, eine solche Lage sämtlicher von dem Zug befahrener Weichen zu erzwingen, daß sie diesen eben in die richtigen Gleisabschnitte hineinbringen. Zu jedem Signal gehört die (in der Fahrtrichtung gesehen) vor ihm liegende Fahrstraße. Meist muß eine große Zahl von Weichen eine ganz bestimmte Lage haben, damit die Fahrstraße richtig eingestellt ist. Erinnern wir uns der Angabe, daß in dem Bezirk des Leipziger Hauptbahnhofs nicht weniger als 920 Weichen eingebaut sind, so erscheint die Erfüllung der Forderung, daß in jedem Augenblick eine ganze Reihe von Fahrstraßen richtig liegen muß, damit die von den Signalen gegebenen Zeichen überhaupt einen Sinn haben, als eine Aufgabe, deren Lösung außerordentliche Schwierigkeiten bietet.

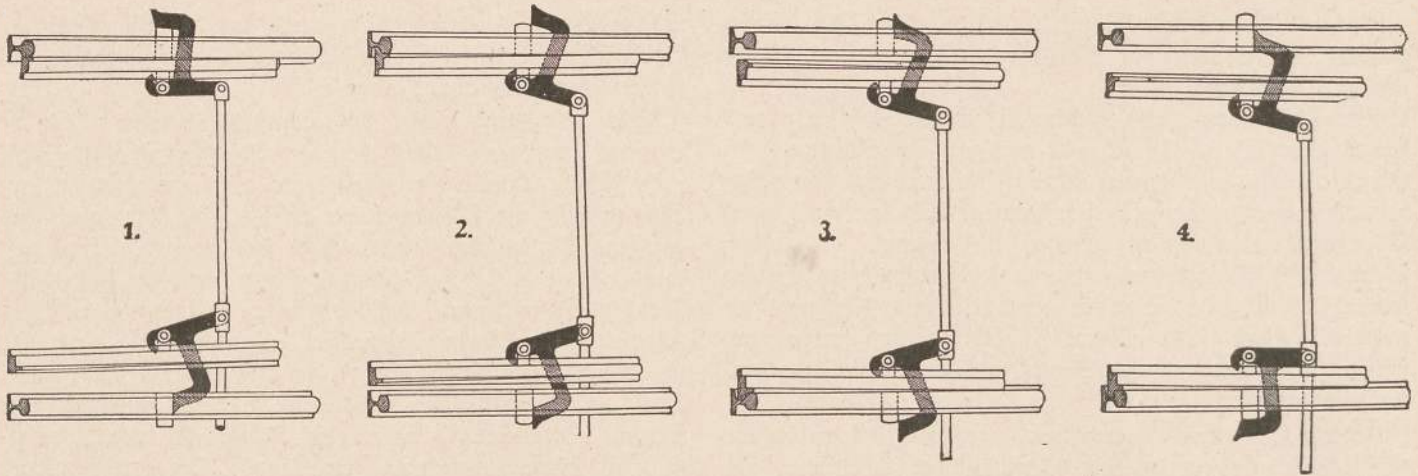
Man hat nicht schon ein jähes Angstgefühl durchzuckt, wenn er, an einem Fenster der Abschlußwand des letzten Wagens in einem D-Zug stehend, hinter dem Zug das



461. Blockvorrichtung in einer Blockstelle (links und rechts) und Blockfeld (in der Mitte)

Am Block Stellkurbeln zum Bewegen der beiden Signale für die zwei Fahrtrichtungen. Auf dem Bild rechts sind die Schutzumhüllungen entfernt. Die mittlere Abbildung zeigt oben die Drucktaste, unten die Riegelstange. Bauart Siemens & Halske in Berlin-Siemensstadt





462. Spitzenverschluß für Weichen: Hakenweichenschloß

1. Weiche in Grundstellung verschlossen. 2. Verriegelung gelöst, Weiche wird verschoben. 3. Weiche umgelegt. 4. Weiche in umgelegter Stellung verschlossen

Schienengewirr eines Bahnhofs hin und her springen sah, indes der Zug mit voller Geschwindigkeit hindurchaste! Wer hat sich da nicht schon ängstlich gefragt: Werden die zahllosen Weichen auf den vielen Bahnhöfen, die wir noch zu durchfahren haben, auch sämtlich richtig liegen? Wird nicht der eine oder andere Wärter eine Weiche in falscher Stellung liegen gelassen haben? Jeder Reisende ist sich wohl darüber klar, daß ein einziges solches Versehen ein furchtbares Schicksal über den Zug heraufbeschwören könnte.

Hinge das Legen der Weichen ausschließlich von der Umsicht und der Gedächtniskraft der bedienenden Wärter ab, dann wäre diese Furcht voll gerechtfertigt.

Unter der Brücke, welche die Einfahrtsignale z. B. des Bahnhofs Neudietendorf trägt, läuft jetzt ein Güterzug ein, der zum Güterbahnhof überzuleiten ist. Bald darauf folgt ein Schnellzug, der, ohne anzuhalten, gen Eisenach—Frankfurt strebt; der nächste Ankömmling ist ein anderer Schnellzug, der auf die abzweigende Strecke nach Oberhof—Kissingen geführt werden muß. Jedesmal ist ein anderes Signal zu ziehen, um dem Lokomotivführer darzutun, daß die für ihn bestimmte Fahrstraße richtig gelegt ist. Eine große Zahl von Weichenumlegungen muß in jedem dieser Fälle während der kurzen Pausen zwischen den aufeinanderfolgenden Zügen vorgenommen werden. Es wäre wahrlich ein Wunder, wenn der Wärter nicht einmal eines schönen Tags hierbei einen Fehler machte und vor einem durchfahrenden Schnellzug die Weichen so stellte, daß der Zug auf ein scharfgekrümmtes Gütergleis gelenkt würde, wo er entgleisen müßte.

Damit ein solches Versehen mit seinen unabsehbaren Folgen niemals vorkommen kann, ist eine zweite überaus wichtige Vorkehrung in das Eisenbahnsicherungswesen eingeschlossen. Die Signale sind nicht nur untereinander abhängig, ihre Stellung wird auch von der Lage der zugehörigen Weichen beeinflusst.

Jedes Signal deckt eine bestimmte Fahrstraße, die dadurch entsteht, daß eine ganz bestimmte Anzahl von Weichen sich in einer bestimmten Lage befindet. Will der Wärter das Signal für eine Fahrstraße ziehen, so muß er vorher sämtliche Weichen, die bei der Fahrt durch diese hindurch vom Zug berührt werden, in die vorgeschriebene Lage bringen. Tut er das nicht, vergift er auch nur eine einzige Weiche richtig zu legen, so bleibt der Signalhebel verschlossen. Das Signal kann nicht gezogen werden. Erst wenn sämtliche

Weichen der Fahrstraße, die durch das Signal gedeckt wird, vorschriftsmäßig liegen, kann dieses auf Fahrt Frei gezogen werden.

Doch auch eine Beaufsichtigung dieser Art allein genügt noch nicht, um eine wirklich ausreichende Sicherheit zu gewinnen. Zwischen den Weichenhebeln und den Weichenzungen befinden sich Übertragungsglieder, nämlich die Bewegungsvorrichtungen. Auch diese sind Menschenwerk und deshalb Fehlbarkeiten unterworfen. Es kann selbst bei sorgsamster Unterhaltung etwas daran in Unordnung geraten, so daß trotz richtiger Stellung des Weichenhebels doch die zugehörigen Weichenzungen in falscher Lage geblieben sind oder in richtiger Stellung sich nicht ganz dicht an die Mutterschiene angelegt haben.

Die vorhin besprochene Prüfung erstreckt sich aber nur auf die Weichenhebel. Es findet deshalb noch eine weitere Überprüfung der Stellungen statt, welche die Weichenzungen tatsächlich einnehmen. Die Bewegungsvorrichtung, welche vom Signalhebel zum zugehörigen Signal führt, ist dicht an jeder der zugehörigen Weichen vorbeigeführt. Es befinden sich Glieder besonderer Bauart darin, die nur dann erlauben, das Signal auf Fahrt Frei zu ziehen, wenn zwei Prüfstangen, deren jede unmittelbar an einer der Weichenzungen befestigt ist, die richtige Lage haben. Liegt die Weiche falsch, liegt auch nur eine der beiden Zungen in unrichtiger Stellung oder hat sie sich nicht ganz fest an die Mutterschiene gepreßt, so ist der Signalzug gesperrt. Der Arm kann nicht in die Fahrt Frei-Stellung gezogen werden. Dies ist eine so unmittelbare Prüfung der richtigen Weichenlagen, daß in ihrem Bannkreis gefahrbringende Signalstellungen ganz unmöglich sind.

Es kommt noch ein Weiteres hinzu.

Man kann es nicht als ausreichend erachten, daß durch den Signalzug nur die Lage derjenigen Weichen geprüft wird, die der Zug tatsächlich durchfährt, wenn er über die Fahrstraße geht. Auch danebenliegende Weichen können die Sicherheit der Zugfahrt beeinflussen. Ihre Stellung bedarf daher gleichfalls der Überprüfung.

Nehmen wir an, daß dicht neben dem durchgehenden Schnellzuggleis ein Verschiebegleis liegt, das in der Mitte des Bahnhofs eine Verbindung mit dem durchgehenden Gleis hat. Es gibt dann eine Weiche, die den auf dem Verschiebegleis rollenden Wagen die Möglichkeit eröffnet, entweder auf dem Verschiebegleis bis zu dessen Ende weiterzulaufen



oder, wenn sie sich in umgekehrter Lage befindet, in das Schnellzuggleis hineinzugelangen. Wenn nun unmittelbar vor der Durchfahrt des Schnellzugs eine Verschiebewegung auf dem Nebengleis stattfindet, wenn auf diesem etwa Wagen abgestoßen werden, so könnten diese Fahrzeuge, falls die Weiche auf Abzweigung liegt, gerade in dem Augenblick auf das Schnellzuggleis gelangen, wenn der Schnellzug den Bahnhof durchrast. Auch ein solcher Vorgang müßte schreckliche Folgen haben.

Man zieht daher eine Weiche, die derartige Bewegungen zu gestatten vermag, in den Prüfungsbereich des zugehörigen Fahrstraßensignals ein. Dieses kann nur gezogen werden, wenn die betreffende Weiche in Schutzstellung liegt, das heißt nur Fahrten innerhalb des Verschiebegleises gestattet.

Man spricht in einem solchen Fall von einer Schutzweiche. Verschiebegleise, die aus betrieblichen Gründen nicht weiter geführt zu werden brauchen, als bis zu ihrem Einlauf in ein durchgehendes Gleis, werden ausschließlich aus Sicherheitsgründen verlängert, damit eine Schutzstellung der Weiche möglich wird. Wo dies nicht angängig ist, werden Gleissperren angebracht (Bild 472). Eine Schiene des Verschiebegleises wird ein Stück vor dem Einlauf in das durchgehende Gleis dadurch unfahrbar gemacht, daß vom Stellwerk aus mit Hilfe eines gewöhnlichen Weichenhebels ein eiserner Schuh darauf gekippt wird; dieser bringt in seiner Abwehrstellung jedes Fahrzeug, das auf dem Verschiebegleis weiterlaufen, also in das Hauptgleis hineingleiten will, zum Entgleisen. Auch die Lage der Gleissperre wird vom zugehörigen Signalzug geprüft; das Signal, welches die Durchfahrt auf dem Hauptgleis freigibt, ist nicht zu ziehen, solange die Gleissperre nicht auf der Schiene liegt.

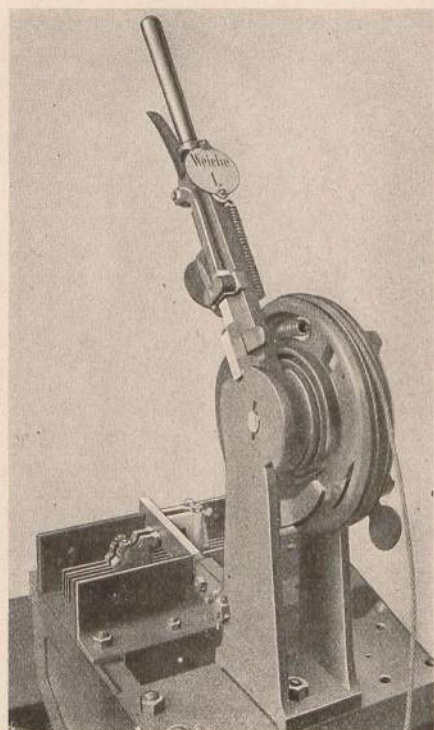
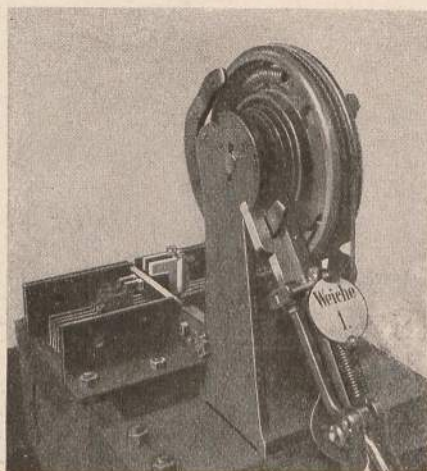
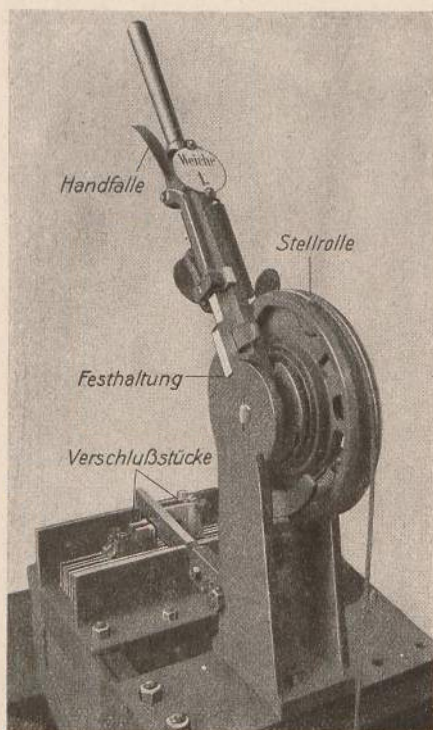
Steht aber das Signal auf Fahrt Frei, dann sind alle zu der betreffenden Fahrstraße gehörigen Weichen und

Gleissperren in der richtigen Lage verriegelt. Sie können nicht umgelegt werden, bevor die Durchfahrt stattgefunden hat und das Signal auf Halt zurückgebracht ist.

Alle diese Abhängigkeiten der Signale untereinander sowie zwischen Signalen und Weichen, Schutzweichen sowie Gleissperren erzeugen eine Sicherheit der Zugfahrten, die kaum mehr übertroffen werden kann. Es wäre ganz unmöglich gewesen, jemals so große Bahnhofsanlagen zu errichten, wie etwa der Leipziger oder der Frankfurter Hauptbahnhof es sind, wenn die sichernden Abhängigkeiten nicht vorhanden wären. Kein Lokomotivführer würde es sonst wagen, in dieses Gleisgestrüpp hineinzufahren.

In den ersten Jahrzehnten des Eisenbahnbetriebs kam man mit sehr einfachen Sicherungseinrichtungen aus. Damals wurden jedes Signal und jede Weiche einzeln gestellt. Die Vorrichtungen, mit deren Hilfe man ihre Lage verändern konnte, befanden sich am Fuß jedes Signalmastes oder neben der Spitze jeder Weiche. Zur Herbeiführung der Abhängigkeiten aber mußte Fernbedienung von Weichen und Signalen eingeführt werden. Es war notwendig, sämtliche Hebel, die zum Bewegen dieser Einrichtungen dienen, möglichst nahe zusammenzulegen. So entstanden die großen Stellwerke, die man heute überall vor und hinter den Bahnhöfen liegen sieht. In ihnen sind auch die Blockvorrichtungen untergebracht. Die Stellwerke gestatten zugleich, einen großen Bezirk zu beherrschen, ohne daß fortwährend lange Wege zurückgelegt werden müssen.

Wenn man aus einem fahrenden Zug ein wenig aufmerksam auf die Strecke blickt, kann man durch die großen Fenster der Stellwerkhäuser die grünen Blechwände und die blanken Hebel der darin aufgestellten Vorrichtungen gewahren. Aus jedem der Häuser blickt bei der Vorbeifahrt des Zugs ein Mann ernsthaften Antlitzes auf die Strecke.

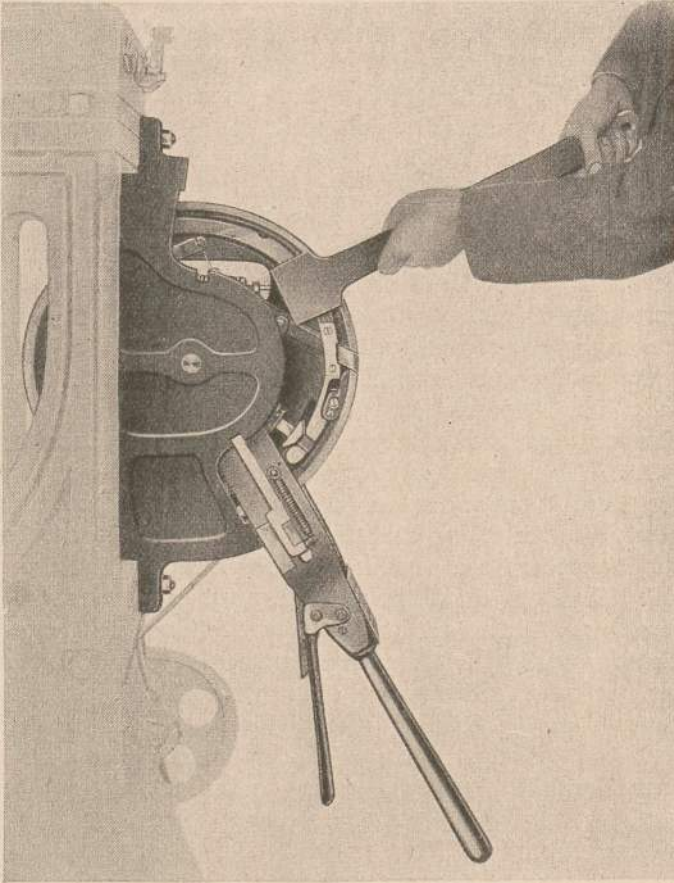


#### 463. Weichenhebel

Linkes Bild: Grundstellung. Im Hintergrund die Fahrstraßenschieber mit ihren Verschlussansätzen. Die Weiche steht jetzt richtig für Fahrt durch den geraden Strang. Deshalb können die unteren Verschlussstücke frei unter dem Weichenhebelansatz hindurchtreten; sie können nach rechts verschoben werden und geben damit den Signalhebel frei, mit dem das einflügelige Signal für Fahrt durch den geraden Strang

gezogen werden kann. Dagegen können die Fahrstraßenschieber mit hochstehenden Ansätzen nicht bewegt werden. Sie halten den Signalhebel verschlossen, mit dem das zweiflügelige Signal für Fahrt in das abzweigende Gleis gezogen wird. — Mittleres Bild: Weiche umgelegt. Die unteren Verschlussstücke stoßen an. Nur die Fahrstraßenschieber können bewegt werden, die Fahrt durch das abzweigende Gleis freigeben. Es kann also nur das zweiflügelige Signal gezogen werden. — Rechtes Bild: Weiche aufgefahren! Sämtliche Verschlussstücke stoßen an. Es kann kein Signal für eine Fahrstraße gezogen werden, zu der die aufgefahrene Weiche gehört. Stellrolle am Weichenhebel verdreht; Warnscheibe sichtbar. Bauart Jüdel & Co.





464. Einscheren eines Weichenhebels  
nach Auffahren der zugehörigen Weiche. Siemens & Halske

Er erfüllt damit eine Vorschrift, die ihm gebietet, jede Zugfahrt zu beobachten.

Bei näherer Betrachtung der einzelnen Vorrichtungen, die der Eisenbahnsicherung dienen, drängt sich uns die Beobachtung auf, daß die wichtigsten zu diesem Zweck an den Geleisen aufgestellten Vorrichtungen, nämlich die Signale selbst, doch eigentlich recht dürftiger Natur sind.

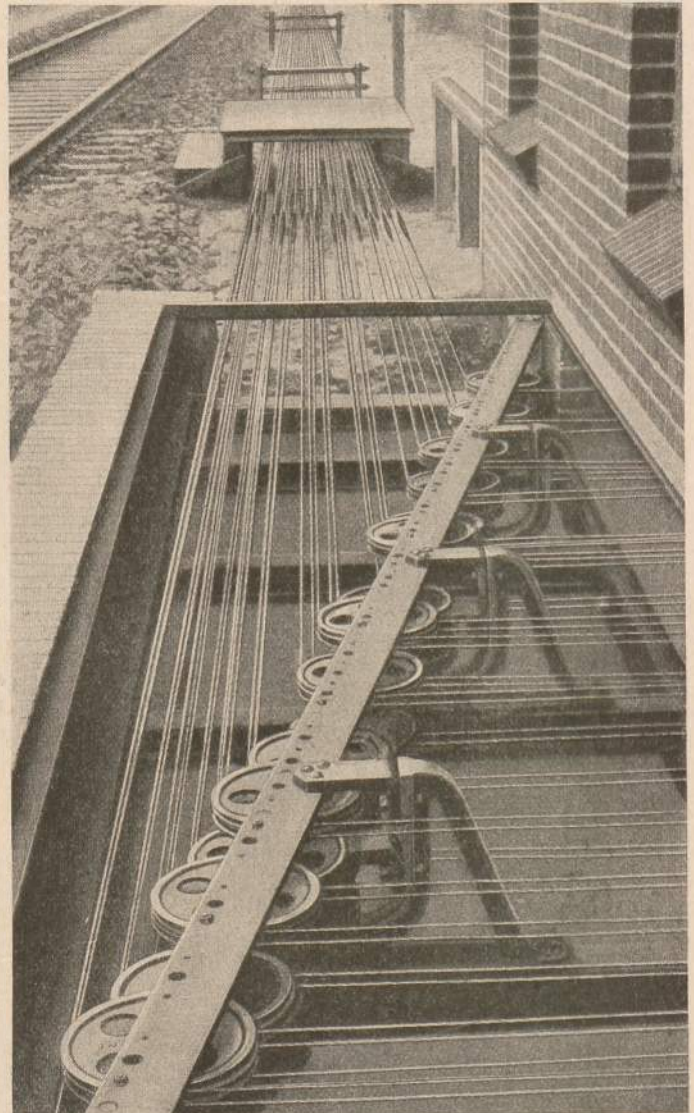
Nichts anderes als ein kurzer beweglicher Arm kündigt den grundlegenden wichtigen Unterschied an, ob eine Strecke frei oder besetzt ist. So gewaltig sich alle Einrichtungen des Eisenbahnbetriebs im Lauf der Jahrzehnte gewandelt haben, die Signale haben sich seit siebenzig Jahren kaum verändert. Sie regelten schon den Lauf der langsamen Züge in der Mitte des vorigen Jahrhunderts genau in derselben Art, wie sie heute zu den Schnellzügen mit mehr als hundert Kilometern Stundengeschwindigkeit sprechen. Nun ist es aber ein anderes, die Stellung eines Signalarms bei 30 Kilometern Stundengeschwindigkeit oder bei annähernd der vierfachen Schnelligkeit mit den Augen zu erfassen. Wie die Unfallzahlen zeigen, sind aber diese einfachen Signale heute doch noch ausreichend; ein guter Beweis dafür, daß das Einfache in der Technik stets besondere Vorzüge hat.

Der erste Zuglaufregler, der im Jahre 1834 an der Bahn Manchester-Liverpool aufgestellt wurde, war in der Hauptsache ein Farbsignal. Es zeigte sich jedoch bald, daß für die Signalgebung am Tag Farben nicht recht brauchbar sind. Aus weiter Entfernung und namentlich bei grellem Sonnenlicht sehen alle aufgemalten Farben ziemlich gleich aus. Man ging darum schon nach kurzer Zeit zu dem reinen

Formsignal über, das wir noch heute für Tagesmeldung in kaum veränderter Art verwenden.

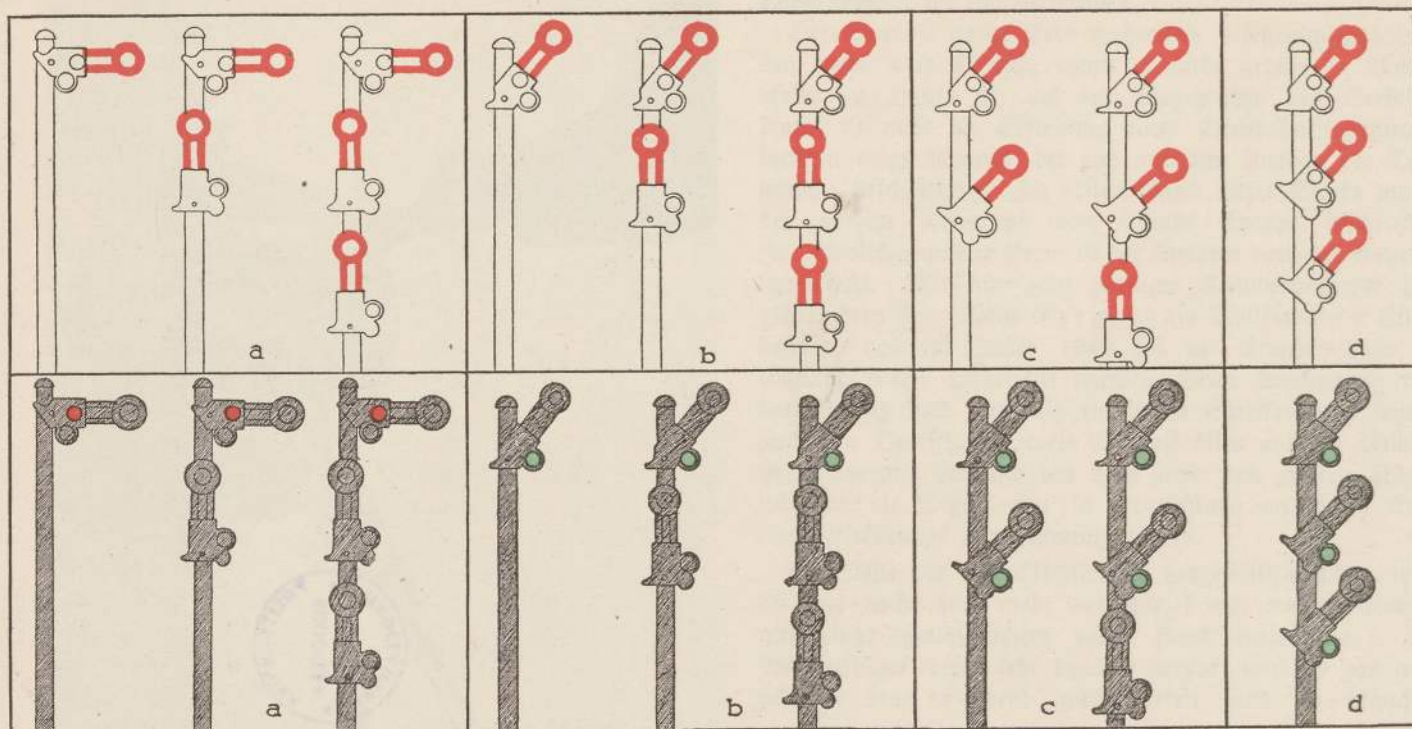
Der über die ganze Erde verbreitete Eisenbahnsignalarms, den wohl jeder Mensch, wenn er nicht gerade in Mittelfrika zu Hause ist, als ein Wahrzeichen des Verkehrs kennt, ist nicht die Erfindung eines Eisenbahn-Ingenieurs, sondern eines Mannes, der sich mit dem Ausbau der Telegraphie beschäftigte. Im ersten Band dieses Werks wurde der optische Telegraph von Claude Chappe beschrieben. In vervollkommneter Form ist der Apparat dort auf Seite 10 dargestellt. Mit nur ganz geringer Abänderung der hier gebrauchten Arme baute Gregory ein Mastsignal für Eisenbahnen, das im Jahre 1842 bei der Croyden-Bahn in England zuerst aufgestellt wurde. Seine Anwendung verbreitete sich bald auf alle englischen Strecken und wurde auch von Deutschland sowie von fast allen anderen Ländern übernommen. England hat noch heute den glatten Flügel, während die Signalarms in Deutschland an ihrem Ende eine kreisförmige Verbreiterung tragen.

An Stelle der aus Blechstreifen hergestellten Arme, wird bei uns mehr und mehr der Flügel aus weißer Emaille mit rings umlaufendem roten Rand angebracht. Die Emailleflügel treten sehr deutlich hervor, weil sie das auffallende Licht blendend zurückwerfen, und sie brauchen



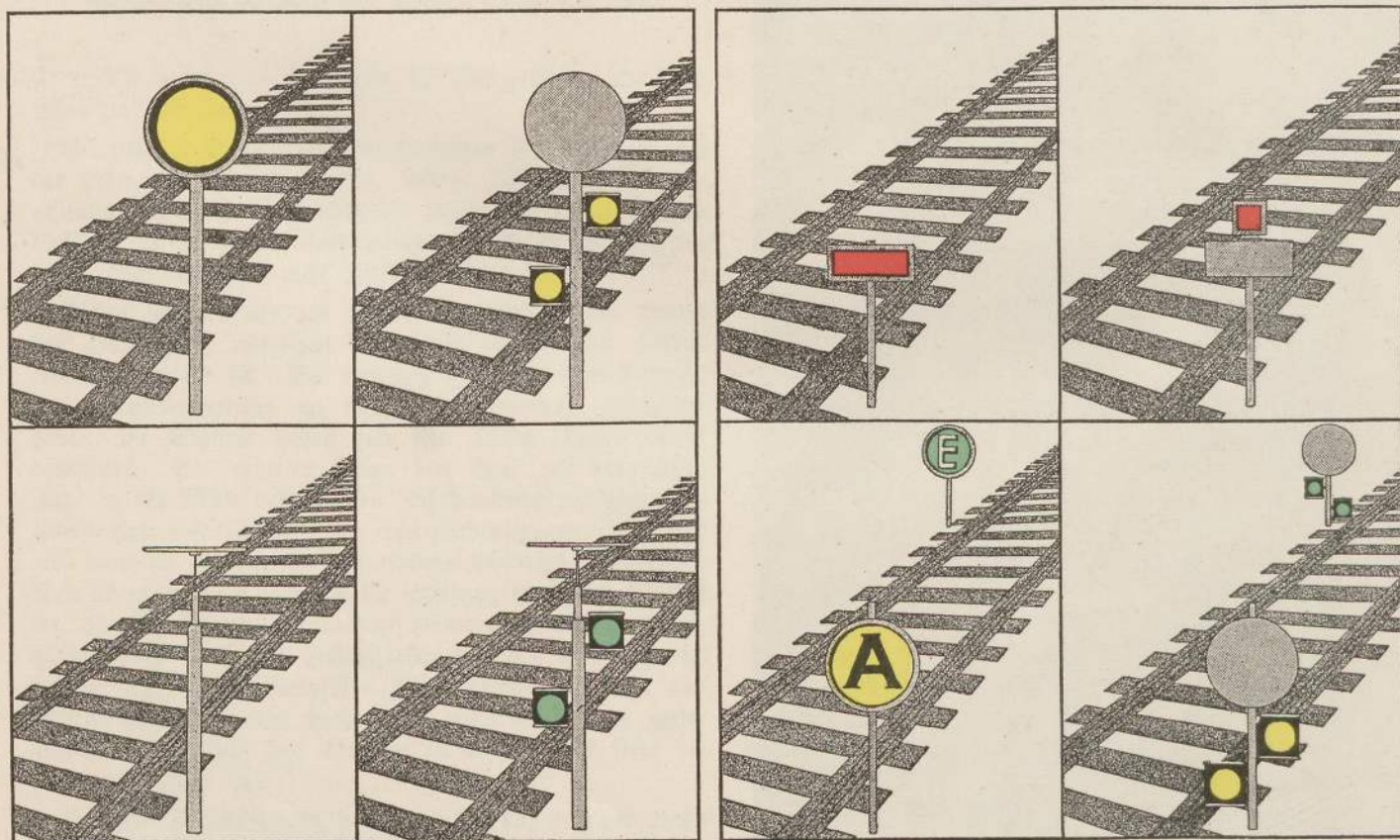
465. Umlenkung von Drahtzügen  
an einem großen Stellwerk. Bauart Siemens & Halske





### Signalbilder an den Hauptsignalen der deutschen Eisenbahnen

Oben bei Tag, unten bei Dunkelheit. a) Halt. b) Fahrt Frei für das durchgehende Gleis. c) Fahrt Frei für ein abweigendes Gleis. d) Fahrt Frei für ein anderes abweigendes Gleis. (Zu Seite 281)



### Signalbilder an den Vorsignalen der deutschen Eisenbahnen

Links bei Tag, rechts bei Dunkelheit. (Zu Seite 282)

Oben: Vorsignal meldet: „Am Hauptsignal ist Halt zu erwarten!“  
Unten: Vorsignal meldet: „Am Hauptsignal ist Fahrt Frei zu erwarten!“

### Wärter signale der deutschen Eisenbahnen

Links bei Tag, rechts bei Dunkelheit. (Zu Seite 292)

Oben: „Halt!“  
Unten: „Der Zug soll langsam fahren!“



nicht immer wieder nach kurzen Abständen angestrichen zu werden wie die Arme aus Blech, weil der Staub leicht abgewaschen werden kann. Freilich sind die Flügel der neueren Bauart teurer als die alten.

Grundgesetz ist bei unseren rechtsfahrenden Bahnen, daß der Signalflügel stets nach rechts weisen muß. Der Mast soll, so weit es möglich ist, rechts vom zugehörigen Gleis aufgestellt werden. Die Enge der Gleislagen zwingt allerdings nicht selten zur Abweichung von dieser letzten Vorschrift.

Das Formsignal ist bei Dunkelheit natürlich nicht anwendbar. Hier muß mit Lichtsignalen gearbeitet werden. Das weiße Licht vermag zwar die größten Entfernungen zu durchdringen. Es kann jedoch als Signalgeber im Eisenbahnwesen nicht angewendet werden, da bei seinem Gebrauch allzuleicht eine Verwechslung mit anderen Lichtquellen möglich ist. Die Beleuchtung der Bahnhöfe, selbst die erhellen Fenster von Häusern, die neben der Strecke liegen, senden ja weißes Licht aus, so daß Irrtümer fortwährend eintreten könnten. Unfarbige Nachtsignale sind daher heute bei uns nur noch an Weichenlaternen in Anwendung, wo sie sehr scharf ausgeprägte Formen erhalten können, die nirgendwo wiederkehren.

Es mußte also für die Signalgebung bei Dunkelheit zu farbigen Lichtern gegriffen werden. Chappe hatte bereits gefunden, daß, wenn man die Leuchtkraft des weißen Lichts gleich 1 setzt, Rot  $1/2$ , Grün  $1/5$  und Blau  $1/7$  der Durchschlagskraft besitzen. Die übrigen Farben haben eine noch schwächere Wirkung. Rot und Grün werden daher allerorten vorzugsweis für Nachtsignale verwendet. In Deutschland bedeutet Rot überall Halt (am Tag wagerechter Flügel), Grün meldet Fahrt Frei (am Tag schräg nach aufwärts gerichteter Flügel).

Bayern allein verwendet auch blaues Licht, nämlich für das Signal „Ruhe“. Dieses kündigt an, daß in dem so gedeckten Gleis eine Zugfahrt nicht zu erwarten ist, Verschiebebewegungen darauf also gefahrlos ausgeführt werden können. Der Arm ist in diesem Fall senkrecht nach unten gerichtet.

Nach der Signalordnung für das Deutsche Reich werden die Signale eingeteilt in: Hauptsignale, Vorsignale, Wärter-signale, Weichen- und Gleisperrsignale, Signale am Zug und an einzelnen Fahrzeugen. Es kommen das Signal am Wasserkran und als akustische Zeichen die Läutesignale, Signale des Zugpersonals sowie Verschiebesignale als weniger bedeutend hinzu.

Die Hauptsignalarme sind stets an hohem Mast befestigt. Die Stellung jedes einzelnen wird auf das sorgfältigste ausgesucht und der Mast, so weit es irgend mög-

lich ist, derart gestellt, daß der Arm sich deutlich von einem hellen Hintergrund abhebt. Bei klarem Wetter sind die Hauptsignale mehrere Kilometer weit sichtbar. Kurz vor Eintritt der Dunkelheit werden Laternen an den Masten so angebracht, daß ihr Licht bei wagerechtem Arm rot, bei schräg gerichtetem Arm grün abgeblendet ist. Damit man auch von hinten her, also vom Stellwerk aus, bei Dunkelheit die Stellung des Arms beobachten kann, verschiebt sich mit dem Arm eine Blechscheibe vor dem hinteren Laternenglas so, daß bei Haltstellung die ganze Laterne, bei Fahrt Frei-Stellung nur ein Lichtpunkt oder ein sternförmiger Ausschnitt sichtbar sind.

Ein und derselbe Signalmast kann zur Deckung mehrerer

Fahrstraßen verwendet werden. Liegen die Weichen so, daß der Zug glatt durch den geraden Strang geführt wird, so erscheint ein schräg nach oben gerichteter Flügel. Ist eine bestimmte abzweigende Fahrstraße eingestellt, so werden zwei schräg gerichtete Flügel sichtbar, nach Legung einer anderen abzweigenden Fahrstraße erblickt der Lokomotivführer drei schräg nach oben gerichtete Flügel (S. 273).

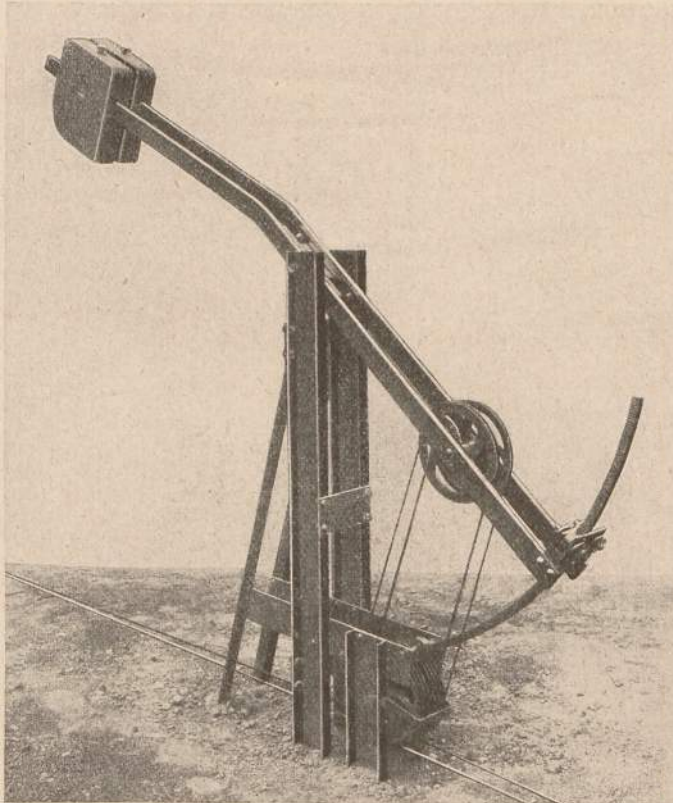
Die Verwendung von mehr als drei Flügeln an einem Signalmast ist in Deutschland nicht üblich. Zweigen von einem durchgehenden Gleis mehr als zwei Fahrstraßen ab, so ist jede der weiteren durch ein besonderes Wegsignal zu kennzeichnen. Es steht also vor dem Beginn jeder dieser Abzweigungen ein weiteres Signal.

Das Haltzeichen wird stets nur durch den obersten, wagerecht liegenden Flügel gegeben. Die anderen Arme werden

bei Haltstellung durch Anlegen an den Mast unsichtbar gemacht. Desgleichen gibt es nur ein rotes Licht an jedem Mast, hingegen ein, zwei oder drei grüne Lichter bei Fahrt Frei-Stellung für jede der zu deckenden Fahrstraßen.

Die Fahrt Frei-Stellung eines Hauptsignals ist die wichtigste und die folgenschwerste Meldung, die im Eisenbahnbetrieb überhaupt gegeben werden kann. Es muß deshalb dafür gesorgt werden, daß sie wirklich nur dann erscheint, wenn alle Voraussetzungen gegeben sind. Beim Reißen der Stelldrähte hört die Beeinflussung der Armstellung durch den Hebel im Stellwerk auf. Darum ist die Stellenordnung so getroffen, daß beim Reißen eines Drahts das Signal sofort selbsttätig auf Halt geht. Es ist ja selbstverständlich, daß man die Aufhaltung des Betriebs durch ein unnötig auf Halt gefallenes Signal der unabsichtlichen Fahrt Frei-Stellung mit ihren großen Gefahren vorzieht.

Ein Hauptsignal ist unbedingter Herrscher in seinem Gebiet. Sobald sein Arm auf Halt liegt, darf es unter keinen Umständen ohne besonderen, in genau festgelegter



466. Spannvorrichtung

in einem Weichen-Drahtzug. Bauart Jüdel & Co.



Form erteilten Befehl von einem Zug überfahren werden. Hier liegt der Kern der ganzen Eisenbahnsicherung. Der wagerechte Arm des Hauptsignals bedeutet einen Abschluß. Sein Anblick muß auf den Lokomotivführer gerade so wirken, als sähe er wenige Meter vor sich das Gleis aufgerissen. Nicht um ein Zentimeter darf er über den Mast hinausfahren. Alle erdenklichen Anordnungen sind getroffen, um ihm die Wichtigkeit dieser Bestimmung immer wieder vor Augen zu führen.

Bei regnerischem und namentlich nebligem Wetter wird die Fernsichtbarkeit der Hauptsignale sehr stark herabgesetzt. Von einer Wirkung über viele Kilometer hinweg ist dann keine Rede mehr, oft kann der Lokomotivführer die Stellung des Arms erst wenige hundert Meter vor dem Mast erkennen. Nun wissen wir aber, daß die Bremswege der heutigen Schnellzüge 500 bis 600 Meter lang sind. Nimmt der Lokomotivführer eines mit voller Geschwindigkeit dahinstürmenden D-Zugs die Haltstellung eines Hauptsignals an einem Nebeltag erst in einer Entfernung von 400 oder gar 300 Metern wahr, so ist er nicht mehr imstande, den Zug vor dem Signalmast zum Halten zu bringen.

Es ergab sich hieraus die Notwendigkeit, Vorsorge dafür zu treffen, daß die Stellung des Hauptsignals unter allen Umständen in einer Entfernung erkennbar ist, die mindestens die Länge des größten Bremswegs beträgt. Dies führte zur Einrichtung der Ankündigungs- oder Wiederholungssignale, die wir Vorsignale nennen.

Auf jeder Strecke, die von Zügen mit höherer Geschwindigkeit durchfahren wird, steht heute in einer Entfernung von 700 Metern vor jedem Hauptsignal ein niedriger Mast, der eine bewegliche, runde, leuchtend gelb angestrichene Scheibe trägt. Zeigt das Hauptsignal Halt, so ist die volle Scheibe der Strecke zugekehrt. Bei Fahrt Frei-Stellung des Hauptsignals, wird die Scheibe so umgeklappt, daß ihre Fläche wagerecht liegt. Sie ist dann so gut wie unsichtbar, da nur die Kante der schmalen Blechtafel der Strecke zugekehrt ist (Bilder 455 und 456).

Da also das Vorsignal in gezogenem Zustand sozusagen verschwindet, der Ort seiner Aufstellung aber doch stets genau gekennzeichnet bleiben soll, ist vor jedes dieser Signale eine besondere Merktafel gestellt, deren Fläche stets und unveränderlich zwei einander zugekehrte, schwarze Pfeilspitzen auf weißem Grund zeigt.

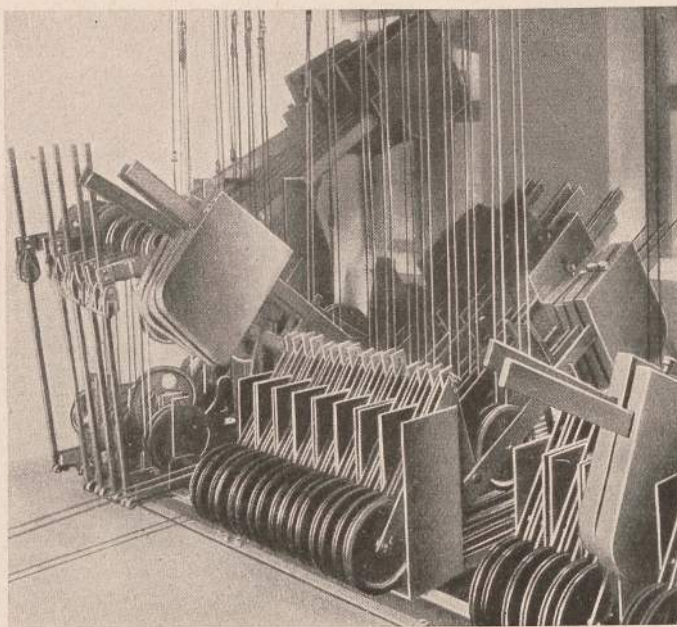
In den Dunkelstunden erscheinen bei Haltstellung des Hauptsignals am Vorsignal zwei, unter einem Winkel von 45 Grad übereinanderstehende gelb geblendete Laternen, bei Fahrt Frei-Stellung sind diese beiden Laternen grün geblendet.

Erblickt der Lokomotivführer die volle gelbe Scheibe oder die beiden gelben Lichter des Vorsignals, so ist dies für ihn kein Haltbefehl, sondern bedeutet nur die Kundgebung:

„Am Hauptsignal ist Halt zu erwarten!“ Der Führer stellt sofort die Bremse an, und er hat nun die Möglichkeit, seinen Zug vor dem Hauptsignal unbedingt zum Halten zu bringen.

Infolge seiner Eigenschaft als Vormelder braucht das Vorsignal keine weit wirkende Ründkraft zu haben. Notwendig ist allein, daß seine Stellung für den Lokomotivführer im Augenblick des Vorbeifahrens bei jeglichem Wetter sichtbar ist. Die Vorsignale sind deshalb nicht an hohen Masten angebracht, sondern stehen auf niedrigen Pfosten, so daß die Scheibe sich gerade auf derselben Höhe befindet wie die Augen des Lokomotivführers. Das Stellen des Vorsignals erfolgt meist gleichzeitig mit der Beeinflussung des Hauptsignals durch einen gemeinschaftlichen Drahtzug, der über das Hauptsignal hinausgeführt ist.

Wir wissen bereits, daß die Signale auf viel befahrenen Hauptbahnen voll wirksame Sicherheitsvorkehrungen erst dadurch werden, daß sie durch die Blockeinrichtung in gegenseitige Abhängigkeit voneinander gebracht worden sind. Die allgemeine Bedeutung der Blockanlagen wurde schon erörtert. Nun wollen wir das Arbeiten dieser großartigen Einrichtung nebst den anschließenden Vorgängen in der Stellerei im einzelnen betrachten. Die Hauptaufgabe der Blockeinrichtung ist, wie noch einmal wiederholt sein möge, zu erwirken, daß sich zwischen zwei Signalen immer nur ein Zug befinden kann, daß jeder Zug ein auf Halt liegendes Signal als Deckung hinter sich hat.



467. Spannwerk unter einem Stellwerk

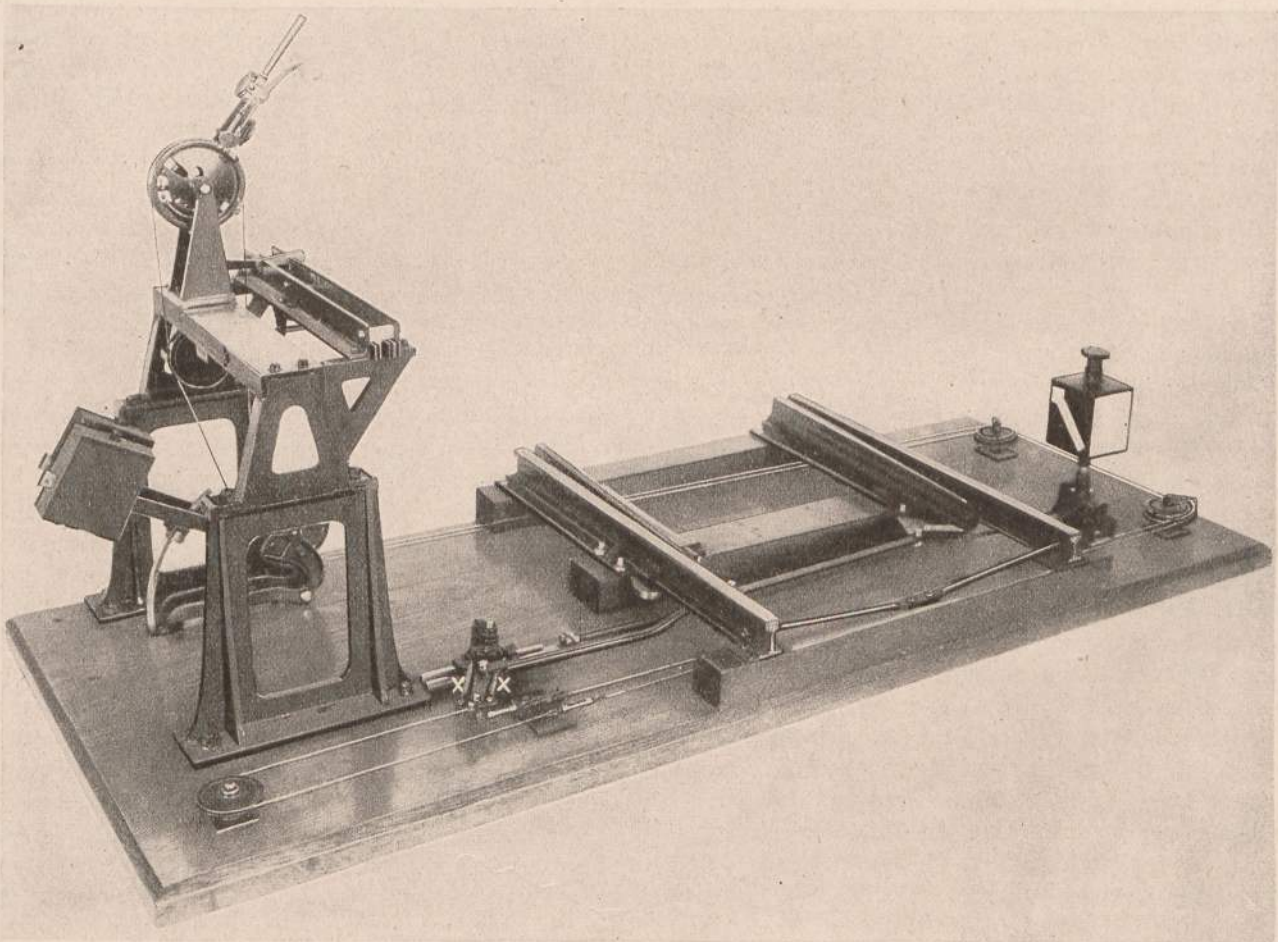
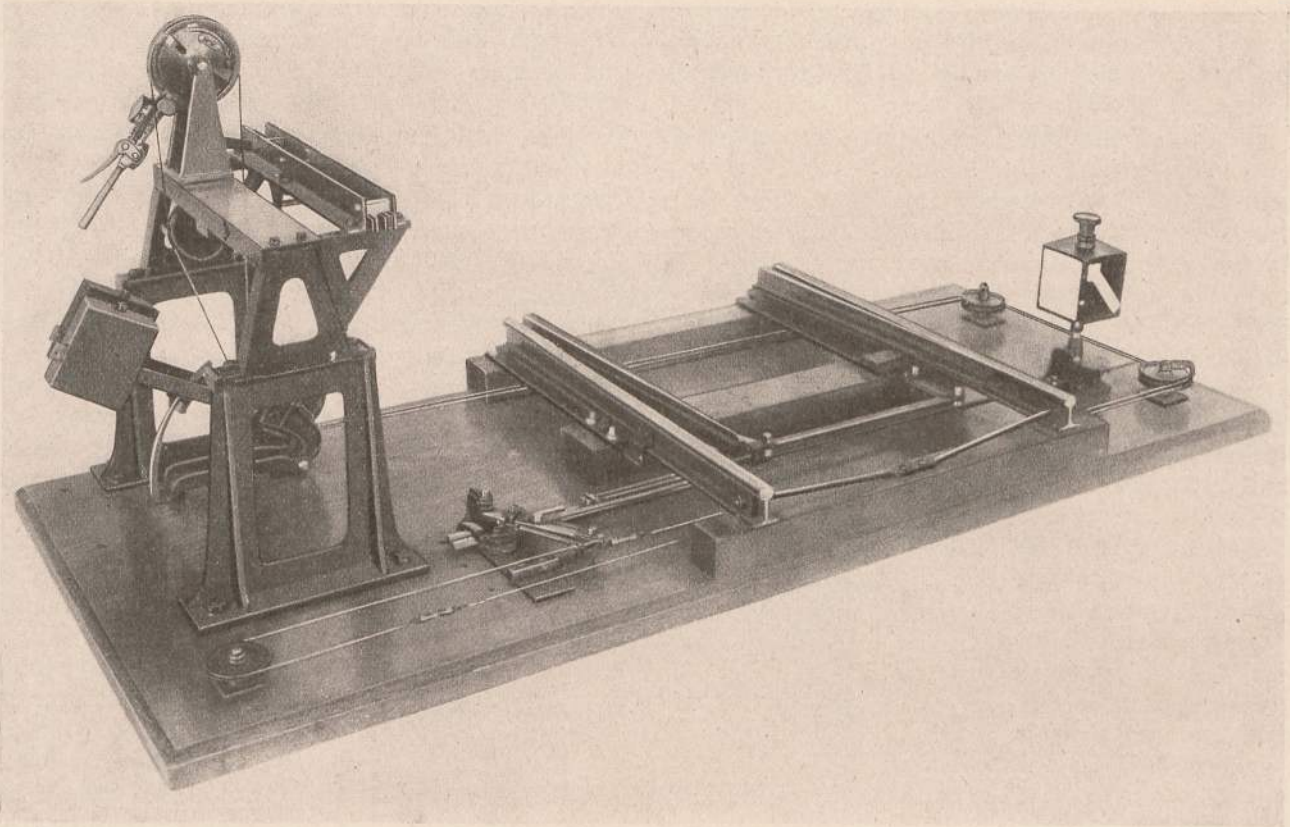
Wir fassen drei Blockstellen einer Strecke, A, B und C, ins Auge. A sei ein Verzweigungsbahnhof, auf dem der Zug, dessen Lauf wir verfolgen wollen, seine Fahrt beginnt. B und C heißen die folgenden Blockstellen auf der Strecke.

Da ein Signal immer erst dann auf Fahrt Frei gezogen werden kann, wenn das nächstfolgende hinter dem abgelassenen Zug auf Halt gelegt ist, so wird der Fahrplan abhängig von der Entfernung der Blocksignale voneinander. Der Folgezug muß warten, bis der vor ihm laufende in Deckung gegangen ist. Bei der heutigen raschen Zugfolge kann man sich daher nicht mehr darauf beschränken, Blocksignale nur an den Bahnhöfen aufzustellen; man muß vielmehr die einzelnen Blockabschnitte kürzer machen, als der Abstand der Bahnhöfe voneinander ist. Aus diesem Grund werden ihrer viele auf freier Strecke errichtet. Meist sind hier gar keine Weichen vorhanden, so daß also die Freigabe der Signale nur von dem Zustand des Blocks abhängt.

Unser Zug steht im Bahnhof A fahrbereit da. In fünf Minuten soll er fahrplanmäßig abgelassen werden.

Wenn der Stellwerkswärter jetzt den Hebel umzulegen versucht, mit dessen Hilfe das für unsern Zug geltende Ausfahrsignal auf Fahrt Frei gezogen werden kann, findet er ihn verriegelt. Er kann das Signal nicht ziehen. Und das darf auch nicht sein. Denn die zugehörige Fahrstraße





#### 468. Weichenantrieb für Doppeldrahtzug

X Spannsfedern zum Verriegeln der Weiche beim Reißen des Drahtzugs

Oben: Weiche in Grundstellung; unten: Weiche umgelegt. Nach einem Modell der Firma Jüdel & Co.



liegt noch nicht richtig. Eben findet noch eine Verschiebewegung quer über das Ausfahrgeleis statt. Nachdem diese beendet ist, tritt der Stellwerkswärter an die Weichenhebel heran und bringt diese in eine solche Stellung, daß die vorschrittsmäßige Fahrstraße für den Zug gelegt ist, die Schutzweichen auf Abweisung stehen und etwa vorhandene Gleissperren aufgelegt sind.

Hierdurch ist die Verriegelung des Signalhebels aber durchaus noch nicht aufgehoben. Die Weichenhebel müssen erst in der richtigen Lage verschlossen werden, damit sie vorläufig nicht umgestellt werden können. Es wäre ja am einfachsten, das Verschließen unmittelbar durch den Signalhebel bei seiner Umliegung bewirken zu lassen. Man sieht hiervon jedoch aus einem Grund ab, den wir gleich kennen lernen werden, und läßt die Weichen durch einen besonderen Fahrstraßenhebel verschließen. Liegen alle Weichen richtig, so kann der Stellwerkswärter den Fahrstraßenhebel umlegen, wodurch er sämtliche zu dieser Fahrstraße gehörigen Weichen, einschließlich der Schutzweichen und Gleissperren, mechanisch festlegt. Nachdem dies geschehen, ist eine Sperrung aus dem Signalhebel verschwunden, die ihn bisher festhielt. Aber er kann immer noch nicht bewegt werden.

Der Wärter muß vielmehr nun eine Taste hinunterdrücken, die sich über dem Fahrstraßenhebel befindet. Außer der mechanischen Fahrstraßenverriegelung muß noch die elektrische Fahrstraßenfestlegung vorgenommen werden, was bei unmittelbarer Benutzung des Signalhebels für die Weichenverriegelung nicht möglich wäre. Durch die elektrische Fahrstraßenfestlegung, deren Zweck wir noch kennenlernen werden, wird der Fahrstraßenhebel in der Verriegelungsstellung festgehalten. Aus dem Signalhebel hingegen ist hierdurch wiederum eine Sperrung beseitigt. Die Fahrstraße liegt nunmehr endgültig fest. Es ist dem Wärter unmöglich, jetzt noch irgendeine Änderung in der Weichenlage vorzunehmen.

Wenn er trotzdem das Signal immer noch nicht ziehen kann, so hat das seinen Grund in der örtlichen Lage des Stellwerks. Dieses ist nämlich vor der Bahnhofshalle aufgebaut, und der Wärter kann nicht sehen, ob der Zugfahrt nicht etwa irgendein Hindernis innerhalb des engeren Bahnhofbezirks entgegensteht. Das kann nur der Fahrdienstleiter feststellen, der dort beschäftigt ist und die Aufsicht zu führen hat. Jedes Ein- und Ausfahrsignal ist deshalb unter seine Botmäßigkeit gebracht. Wenn auch alle Weichen richtig liegen und verriegelt sind, so bleibt der Signalhebel doch so lange verschlossen, bis der Fahrdienstleiter die Erlaubnis gegeben hat, ihn zu ziehen. Die Signale sind unter den Verschluß der Bahnhofsblokkung gelegt.

Der Fahrdienstleiter auf unserem Bahnhof hat sich inzwischen überzeugt, daß die Zugfahrt erfolgen kann, und er gibt nunmehr dem Stellwerkswärter draußen seine Zustimmung zum Ziehen des Signals. Diese Zustimmung

erteilung geschieht wiederum durch Niederdrücken einer Taste an dem Blockapparat im Dienstraum des Fahrdienstleiters und durch gleichzeitiges mehrmaliges Drehen einer Kurbel, die seitlich angebracht ist (Bild 457).

Diese Kurbel ist der Antrieb einer kleinen magnetoelektrischen Maschine, bei deren Betätigung ein elektrischer Strom in die angeschlossenen Leitungen fließt. Was diese Maschine aussendet, ist Wechselstrom, also ein Strom, der seine Fließrichtung innerhalb einer Sekunde viele Male umkehrt. Die meisten Blockvorgänge werden durch Wechselströme hervorgebracht, damit nicht etwa irgendein von außen her eindringender Stromstoß eine unabsichtliche Auflösung herbeiführen kann. Hierzu müßte der fremde Strom genau dieselbe Wechselzahl haben wie der richtige Strom, was nicht anzunehmen ist. Beim Festlegen der Fahrstraße für die Ausfahrt wurde nur eine Taste gedrückt, die Kurbel aber nicht gedreht, weil hier ausnahmsweise Gleichstrom benutzt werden muß.

Nach der Zustimmungserteilung durch den Fahrdienstleiter ist der Signalhebel nunmehr endlich frei. Der Wärter zieht das Ausfahrsignal, und der Zug wird abgelassen.

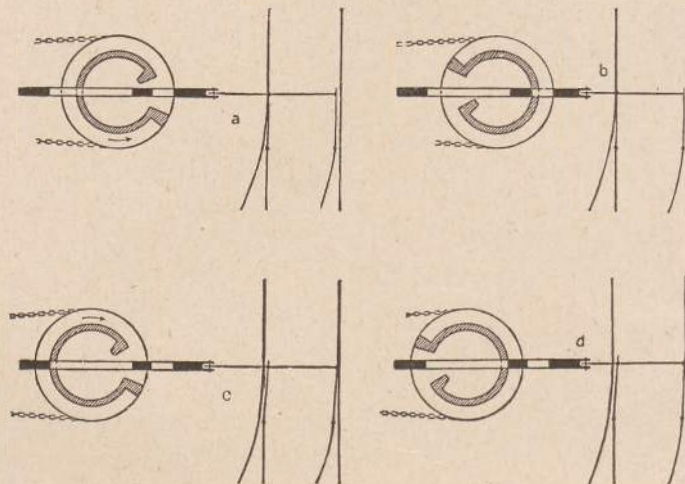
Bald nachdem die Lokomotive an dem Signalmast vorbeigegangen ist, fällt der gezogene Arm selbsttätig auf Halt. Dies wird dadurch bewirkt, daß die Lokomotive durch ihr Gewicht einen Stromschließer betätigt, der in einiger Entfernung jenseits des Signals unter einer der Schienen angebracht ist (Bilder 458 und 459).

Er besteht aus einem eisernen Gefäß, in dem sich Quecksilber befindet. Ein biegsames Blech überdeckt das Quecksilber, und das Blech wird hinuntergedrückt, sobald die über dem Stromschließer liegende Schiene belastet wird. Als-

dann steigt das Quecksilber in einem seitlich angebrachten Rohr zu einem höher liegenden Gefäß auf, wo es zwei Metallteile leitend miteinander verbindet.

Durch diesen Stromschluß wird eine Magnetvorrichtung betätigt, die am Signalmast angebracht ist. Ein Anker fällt ab, wodurch die Zugstange des Signalarms von der Drahtleitung abgekuppelt wird. Infolgedessen muß der Signalarm durch seine eigene Schwere auf Halt zurückfallen.

Der abgelassene Zug hat nunmehr seine ordnungsmäßige Deckung. Sie wird an dieser Anfangsstelle selbsttätig durch Befahren des Schienenstromschließers herbeigeführt, während dies an den Folgestellen nicht nötig ist. Denn der Stellwerkswärter an der Anfangsstelle könnte ja vergessen, das Signal hinter dem ausgefahrenen Zug auf Halt zu legen. Da in dem Bahnhof, ganz unabhängig von der zurückliegenden Strecke, immer neue Züge gebildet und zur Abfahrt bereit gestellt werden können, wäre es auf diese Weise möglich, daß ein zweiter Zug auf das noch von der Abfahrt des vorangegangenen Zugs stehengebliebene Ausfahrsignal auf die Strecke ginge. Alsdann könnte es sich ereignen, daß



469. Weichenriegel

a) Weiche in Grundstellung unverschlossen; b) Weiche in Grundstellung verschlossen; c) Weiche umgelegt und unverschlossen; d) Weiche in umgelegter Stellung verschlossen



sich zwei Züge in dem gleichen Blockabschnitt befinden, was ja unbedingt verhindert werden muß.

Nunmehr werden wir auch die Notwendigkeit der doppelten Weichenfestlegung verstehen können; jetzt wird es uns klar werden, weshalb man zu der mechanischen Weichenverriegelung noch die elektrische Festlegung gesellt.

Der Signalfügel ist kurz nach Abfahrt des Zugs auf Halt gegangen. Der zugehörige Signalhebel kann jetzt und könnte auch vorher in jedem Augenblick auf Halt zurückgelegt werden. Denn der Wärter muß natürlich stets in der Lage sein, ein bereits gegebenes Fahrsignal zu widerrufen, falls ein plötzliches Hindernis auftritt. Er ist also auch imstande, seinen Signalhebel auf Halt zurückzulegen, während der Zug gerade die Fahrstraße durchfährt, die Räder über die Weichenzungen hinüberrollen. Der auf Fahrt gestellte Signalhebel verriegelt natürlich auch den Fahrstraßenhebel. Sobald der Signalhebel aber zurückgelegt ist, wäre der Stellwerkswärter, wenn die elektrische Festlegung nicht vorhanden wäre, in der Lage, jetzt auch den Fahrstraßenhebel sogleich zurückzuziehen, die Verriegelung der Weichen damit aufzuheben und, wenn er grob unaufmerksam ist, nunmehr Weichen unter dem fahrenden Zug umzulegen. Daß die Folge hiervon eine Zugzerreißung und Entgleisung vieler Wagen sein müßte, ist selbstverständlich. Denn es würde ja beispielsweise der Vorderteil des Zugs in dem geraden Gleis bleiben, während die hinteren Wagen in das abzweigende Gleis hineingedrückt würden.

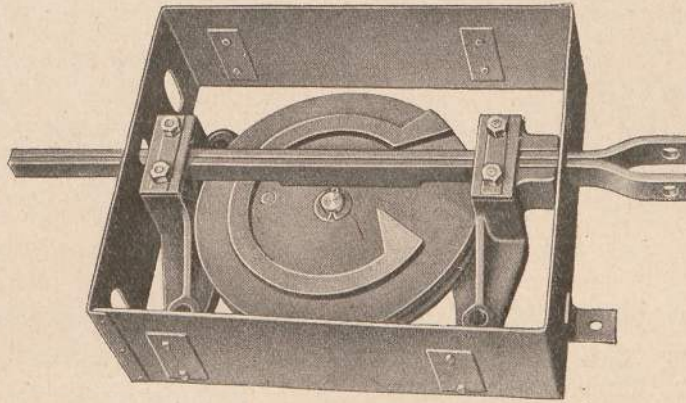
Unsere Fahrstraße aber bleibt trotz des bereits auf Halt gefallenen Signals und unabhängig von der Stellung des zugehörigen Hebels im Stellwerk festgelegt, da die elektrische Sperre noch nicht aufgelöst ist. Das geschieht erst, wenn die letzte Achse des Zugs den Bereich der Weichen verlassen hat und auf die freie Strecke hinausgekommen ist. Als dann wird infolge der Aufhebung einer leitenden Verbindung zwischen einer isoliert liegenden Schiene und dem übrigen Gleis, die von den Wagenachsen hergestellt war, mittels eines

Zwischenapparats ein Gleichstromstoß in den Blockapparat gesendet, der die elektrische Fahrstraßenfestlegung aufhebt. Jetzt erst kann der Fahrstraßenhebel zurückgelegt werden, nun erst sind die Weichen wieder frei.

Besondere Einrichtungen bewirken, daß die Auflösung der elektrischen Fahrstraßensperre nicht etwa schon durch die erste Achse des Zugs erfolgt, sondern erst, wenn die letzte Achse die isolierte Schiene verlassen hat. Hierdurch ist die

vollständige Räumung der Fahrstraße vor Aufhebung der Festlegung gesichert.

Die Einrichtung der elektrischen Fahrstraßenfestlegung ist in einem vereinfachten Schema auf Bild 460 dargestellt. Im oberen Teilbild ist der zur Fahrstraße gehörige Weichenhebel, schematisch dargestellt durch den Querschnitt E, frei beweglich. Das Signal K, welches die Fahrstraße deckt, muß daher auf Halt liegen. Dies wird erzwungen, weil das Sperrstück D in einen Ausschnitt der mit dem Signalhebel B verbundenen Stellrolle A eingreift. Das Sperrstück D kann die Stellrolle und damit den Signalzug erst freigeben, wenn der Fahrstraßenschieber C so umgelegt ist, daß sein Ausschnitt senkrecht über D liegt. Als dann aber ist der Weichenhebel E, wie aus dem unteren Teilbild zu erkennen, festgelegt. Die Verriegelung des Fahrstraßenschiebers muß durch Anheben von D vorgenommen sein, bevor der Signalstellhebel B bewegt werden kann.



470. Riegelrolle für Weichen

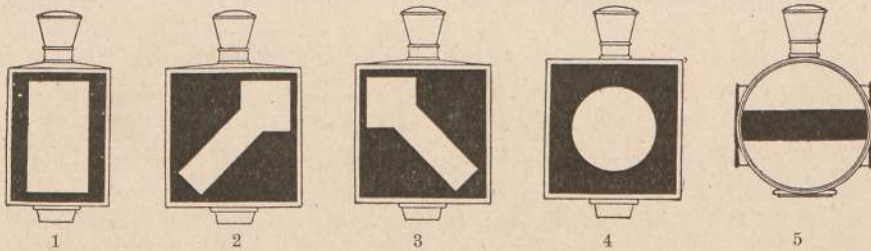
Über der Rolle die Zungenprüfstangen. Bauart Siemens & Halske

Das untere Bild zeigt die Fahrstraßenfestlegungs-Einrichtung in dem Zustand, in welchem sie sich bei Durchfahrt eines Zugs befindet. Beim Rücklegen des Signals auf Halt, das jederzeit möglich sein muß, würde durch Auspringen von D aus dem Fahrstraßenschieber C dessen Rückstellung und damit Freigabe der Weiche während der Fahrt des Zugs über die Fahrstraße möglich sein. Um zu verhindern, daß hierdurch eine Weiche unter dem fahrenden Zug umgestellt werden kann, wird D noch einmal durch die senkrechte Stange J der elektrischen Festlegung in seiner oberen Lage gesichert. Die elektrische Fahrstraßenfestlegung, vollzogen durch Niederdrücken der Taste F, gibt D erst frei, wenn der Elektromagnet G durch Anziehen des Sperrstücks H der gesenkten Stange J die Möglichkeit gibt, wieder nach oben zu gehen. Die Erregung des Magneten G erfolgt erst, wenn die letzte Achse des durchfahrenden Zugs die Fahrstraße verlassen hat.

Nachdem wir den Zug glücklich aus dem Bahnhof hinausgeleitet haben, müssen wir nunmehr beobachten, ob das von ihm auf Halt gelegte Ausfahrtsignal

auch wirklich so lange festgelegt bleibt, bis er an dem nächsten Signal vorbeigefahren und dieses hinter ihm auf Halt gelegt worden ist. Dieser Zusammenhang stellt ja die eigentliche Blockficherung im engeren Sinn dar.

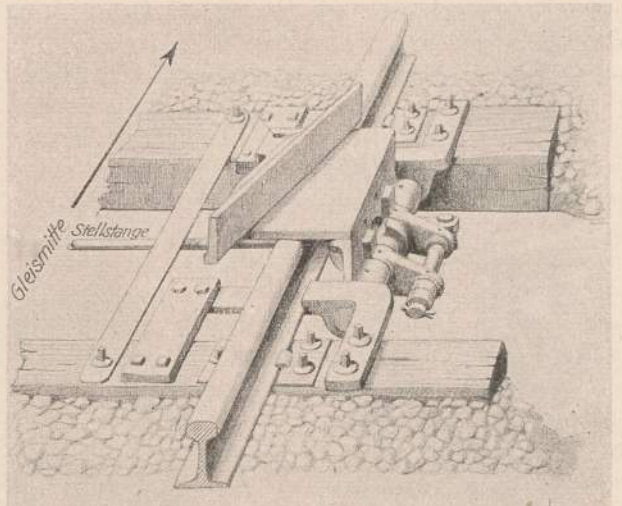
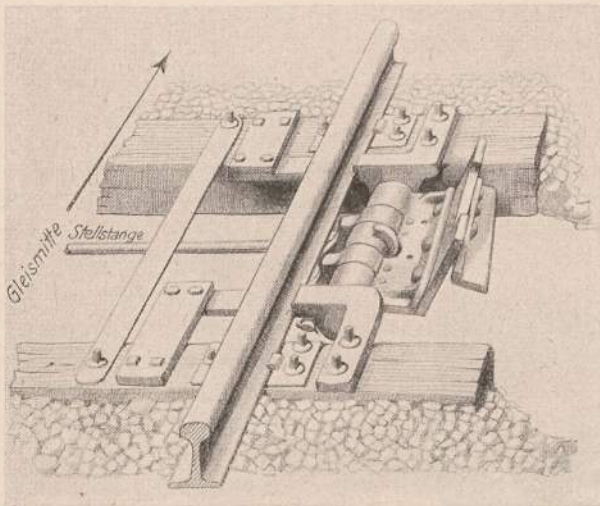
Wir sahen, wie durch das Befahren des Schienenstromschließers der Flügel des Ausfahrtsignals an der Blockstelle A auf Halt ging. Um das Signal für die nächste Ausfahrt wieder ziehen zu können, mußte der Wärter den zugehörigen



471. Weichensignale

1. Die Weiche steht auf den geraden Strang! Gleiches Signal für Ansicht gegen die Weichenspitze und vom Herzstück aus. 2. und 3. Die Weiche steht auf den krummen Strang! Gegen die Weichenspitze gesehen; der Pfeil zeigt die Richtung der Ablenkung an. 4. Weiche steht auf den krummen Strang! Vom Herzstück aus gesehen. 5. Das Gleis ist gesperrt!





472. Gleisperre geöffnet und geschlossen

Hebel im Stellwerk gleichfalls auf Halt zurücklegen. Sobald er dies aber getan hat, ist in den Hebel, der infolge seiner großen Bedeutung schon so viele Ueberwachungen erdulden mußte, eine ganz besondere, bisher von uns noch nicht beobachtete Sperre eingesprungen, die mechanische Festhaltung. Jetzt kann der Hebel, auch wenn alle vorher erwähnten Maßnahmen, nämlich richtige Legung der Weichen in der Fahrstraße, mechanische Fahrstraßen-Verriegelung, elektrische Fahrstraßen-Festlegung und Freigabe vom Bahnhofsblock her vorgenommen sind, dennoch nicht wieder auf Fahrt frei gestellt werden. Die mechanische Festhaltung tritt dem hindernd entgegen.

Diese rein örtliche Sperrung aber kann der Stellwerkswärter leicht beseitigen, doch nur, wenn er eine andere an ihre Stelle setzt, die er selbst niemals, wohl aber der Wärter in der Blockstelle B auslösen kann. Nach Zurücklegung des Signalhebels vollzieht der Wärter in A die Handlung des Blockens. Er drückt eine bestimmte Taste nieder und dreht die Stromkurbel. Ein rundes Fensterchen im Blockapparat, das sich unter der Taste befindet und bisher Weiß zeigte, wird nun rot. Die mechanische Festlegung des Signalhebels ist beseitigt, an ihre Stelle ist eine Riegelstange getreten, die den Signalhebel gleichfalls festhält. Sie springt erst aus, wenn die Stelle B einen Strom durch die Leitung schickt.

Durch das Blocken hat der Wärter in A nicht nur sein eigenes Blockfeld in Rot verwandelt, sondern auch das gleiche bei einem Blockfeld in B getan.

Die an solchen Blockstellen aufgestellten Apparate haben häufig die Form, welche auf Bild 461 wiedergegeben ist. Das Stellen der Signale erfolgt hier durch Kurbeln, die seitlich angebracht sind. Man sieht hier auch auf dem linken Teilbild Blockkasten und runde Fensterchen.

Die Blockstelle B besitzt für jede Fahrtrichtung zwei Blockfelder, nämlich für jede ein Anfangs- und ein Endfeld. Jedes Blockfeld ist mit einem Fensterchen versehen. Dadurch, daß der Wärter in A blockte, hat er hinter dem am weitesten rechts befindlichen Fensterchen des Apparats auf unserm Bild eine rote Scheibe erscheinen lassen. Damit ist der Zug nach B vorgemeldet, B ist in dem Endfeld der Strecke AB vorgeblockt.

Der Wärter der Blockstelle B zieht nunmehr, wenn sonst kein Grund dagegen spricht, das Signal für die Durchfahrt von A mit der rechts liegenden Kurbel auf Fahrt frei.

Das Signal in A liegt noch immer fest. Dessen Entblockung kann der Wärter in B nur dann vornehmen, wenn er die rechts auf seinem Apparat liegende Taste niederdrückt und die stromerzeugende Kurbel dreht. Würde er das jetzt schon versuchen — oder gar, bevor er noch das Signal gezogen hatte, versucht haben — so würde er finden, daß die Taste festgehalten ist. Sie kann nicht hinuntergedrückt, ein Entblocken von A also nicht vorgenommen werden. Ein senkrecht nach oben gehender Teil der Tastenvorrichtung wird nämlich in dem Kästchen, das man dicht neben der Taste angebracht sieht, durch eine Sperre festgehalten. Erst wenn diese Sperre ausgelöst ist, kann der Wärter in B die Taste niederdrücken und A entblocken. Bis jetzt ist das noch nicht geschehen.

Unser Zug kommt nunmehr heran und fährt an dem Blocksignal von B vorüber. Dessen Arm legt er nicht mehr selbsttätig auf Halt. Das ist nicht notwendig, weil ja ohnedies von A vorläufig kein Zug nachzufolgen vermag. Der Wärter in B kann nicht vergessen, sein Signal auf Halt zurückzulegen, weil sonst niemals mehr ein Zug von A her nachkommen könnte.

Hinter dem Signal bei B befährt der Zug jedoch gleichfalls einen Schienenstromschließer. Dieser wirkt hier, bei der einfachen Blockstelle, auf die Tastensperre ein, die sich in dem Kästchen neben der Taste befindet. Die Sperre wird durch den eintretenden Stromstoß aufgelöst. Die Taste aber kann trotzdem noch nicht niedergedrückt werden, weil nämlich eine ihrer nach unten reichenden Stangen von dem noch auf Fahrt frei liegenden Signalhebel aufgehalten wird. Erst wenn das Signal auf Halt zurückgelegt ist, kann die Taste niedergedrückt werden. Das Entblocken von A kann also keinesfalls früher erfolgen, als bis der Zug wieder ein auf Halt liegendes Signal hinter sich als Deckung hat.

Will der Wärter in B den Wärter in A instand setzen, wieder einen Zug abgehen zu lassen, so muß er sein eigenes Signal nunmehr festblocken. Er drückt die Taste nieder und dreht die Stromkurbel. Hierdurch bewirkt er dreierlei: Er legt seinen eigenen Signalhebel unter elektrischen Verschluß, er löst die Blocksperrung in A auf, so daß dessen Signal nun wieder frei wird, und er blockt nach C vor. In C wird das Endfeld rot, in A wird das nun wieder freie Anfangsfeld weiß, das Endfeld in B, also das rechte Fensterchen, wird gleichfalls weiß, zum Zeichen, daß kein Zug von A unterwegs ist; aber das zweite Fensterchen,



das Anfangsfeld für die Richtung nach C (nach Halbe) wird rot, zum Zeichen, daß sich ein Zug zwischen B und C bewegt, dieser Blockabschnitt also gesperrt ist.

Nachdem der Wärter in C das angekommene Blockungszeichen wahrgenommen hat, zieht auch er sein Signal, und es spielen sich bei ihm die gleichen Vorgänge ab, die eben bei B geschildert wurden. Sobald der Zug an seinem Signal vorbeigefahren, die Lastensperre aufgelöst und das Signal auf Halt gelegt ist, nimmt der Wärter in C die Blockhandlung vor, wodurch er wieder sein eigenes Signal festlegt und B entblockt, so daß dessen Anfangsfeld für die Strecke nach C wieder weiß wird; er meldet ferner gleichzeitig den Zug nach D vor.

Auf diese Weise wird der Zug in seinem Lauf beständig von der Blockeinrichtung überwacht.

Besonders umfangreich sind die Blocksicherungen naturgemäß bei eingleisigen Bahnen. Gilt es doch hier, nicht nur die Folge von hintereinanderfahrenden Zügen nach Blockabschnitten einzuteilen, es müssen ganz besonders auch Fahrten von Zügen gegeneinander ausgeschlossen werden.

Die großartige Einrichtung der Blocksicherung wurde 1870 von Frischen erfunden und ist seitdem von der Firma Siemens & Halske in trefflichster Weise aus- und durchgebildet worden. Um ihre Wirksamkeit voll zu erfassen, müssen wir noch den Zusammenhang von Signalzügen und Weichen betrachten.

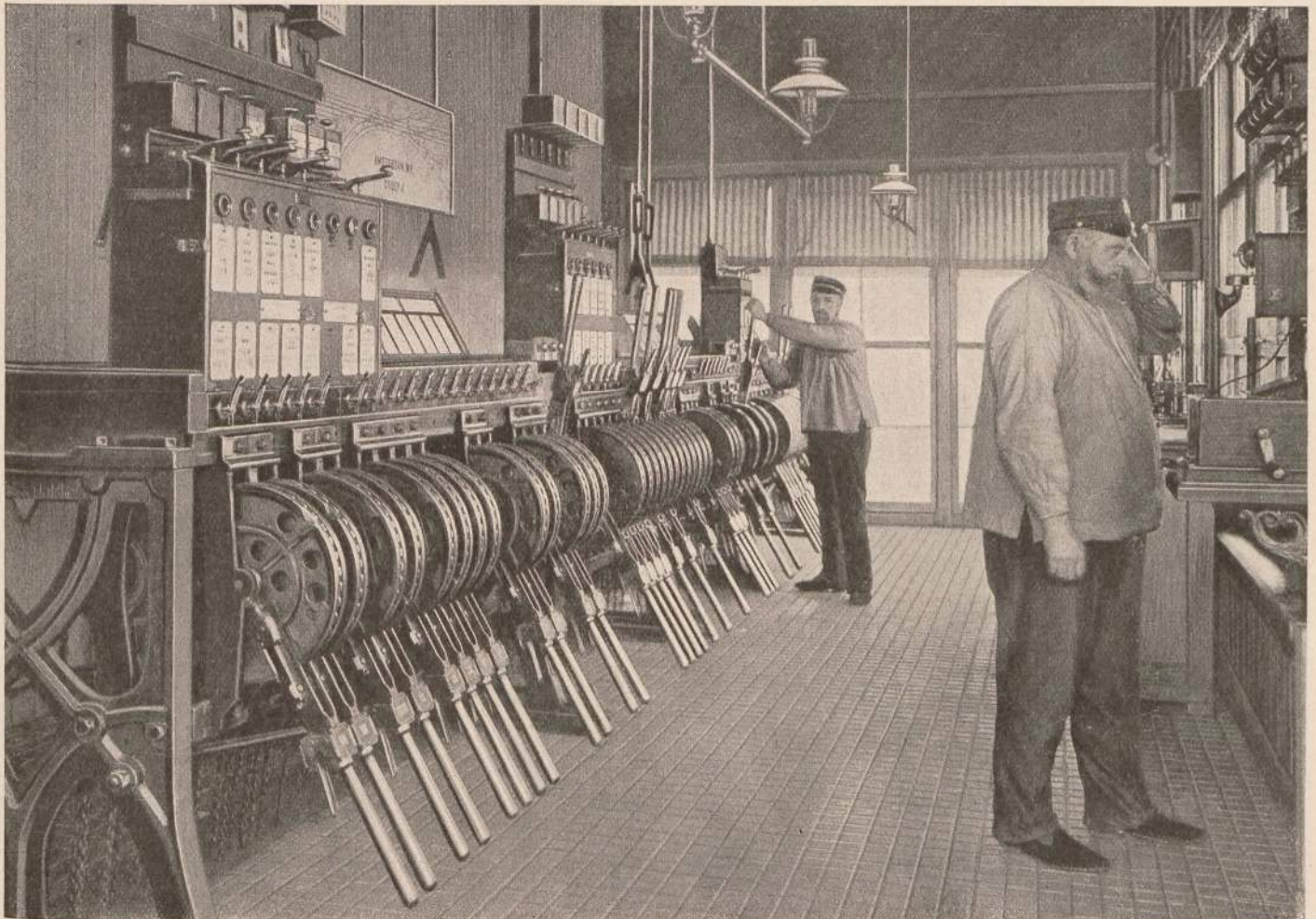
Die Bauformen der Weichen sind bereits auf den Seiten 200 bis 202 beschrieben worden. Mit der gründlichen Durch-

arbeitung derjenigen Teile aber, die wirklich von den Fahrzeugrädern berührt werden, ist es bei weitem nicht getan, sobald die Fahrtsicherungen hinzutreten.

Die Weichenzungen werden, gleichgültig ob ihre Bewegung durch einen Hebel in unmittelbarer Nähe oder von einem weiter entfernten Stellwerk aus erfolgt, stets mit kräftigem Druck gegen die Mutterschiene gepreßt. Aber das genügt durchaus noch nicht. Es wird verlangt, daß die anliegende Zunge keineswegs durch bloße Erschütterung von ihrer Anlagestelle abgelöst werden kann. Es muß außer dem Anpressen der Zungen noch ein richtiges Anschließen an die Backenschiene stattfinden.

Eine sehr weit verbreitete Vorkehrung zur Herbeiführung dieser Sicherung ist das Hakenschoß. Wir finden es in verschiedenen Lagen auf Bild 462 dargestellt. Auf dem Teilbild 1 liegt die obere Zunge an der Backenschiene. Man sieht, daß von der Stellstange aus ein Haken abgeht, der sich außen fest um ein Verschlussstück legt. Die Weichenzunge ist hierdurch gegen Verrückung verschlossen. Das gleiche muß bei umgekehrter Lage der Weiche möglich sein.

Teilbild 2 zeigt, wie die Stellstange, wenn die Weiche umgelegt werden soll, zuerst den Haken vom Verschlussstück abzieht. Dann erst wird (Teilbild 3) die Weichenzunge in Bewegung gesetzt und darauf, sobald die tatsächliche Umlegung stattgefunden hat, die andere Zunge durch Schieben des unteren Hakens über das zugehörige Verschlussstück eng an der Mutterschiene zuverlässig angeschlossen (Teilbild 4).



473. Mechanisches Stellwerk

Die kurzen Griffe über den Stellhebeln sind die Fahrstraßenhebel. Darüber Blockkasten. Bauart Siemens & Halske



Durch eine solche oder ähnliche Vorrichtungen wird die Weiche für das Befahren gegen die Spitze festgelegt. Es muß aber auch noch für die Fahrten durch die Weichen vom Herzstück her besondere Vorsorge getroffen werden.

Bei Betrachtung der Bilder 340 und 341 auf Seite 200 ist deutlich zu erkennen, daß die Weiche auch für das Befahren von hinten her notwendigerweise nur für Einen Strang richtig liegen kann, entweder für den geraden oder für den krummen Strang. Trotzdem darf eine Entgleisungsgefahr nicht entstehen, wenn einmal ein Fahrzeug aus demjenigen Strang in die Weiche einfahren will, für den sie nicht gestellt ist. Deshalb muß sie leicht „auffahrbar“ sein.

Fährt in die Weiche auf Bild 340 ein Fahrzeug von der Herzstückseite her vom abzweigenden Strang aus ein, so müßte es, wenn die anliegende Zungenspitze unverrückbar verriegelt bliebe, die Zungen zerstören, indem auf der einen Seite der Radkranz sich zwischen Backenschiene und Zunge klemmen, auf der anderen die spurverengende, abliegende Zunge wegdrücken würde. Da nun derartige falsche Einfahrten auf großen Verschiebebahnhöfen mit ihren zahlreichen Weichen nicht allzu selten vorkommen, würde man, falls die Dinge so lägen, fortwährend neue Weichen einzulegen haben, von der Gefährdung der Fahrzeuge ganz abgesehen.

In Wirklichkeit spielt sich der Vorgang des falschen Durchfahrens von hinten her so ab, daß die abliegende Zunge, die zuerst vom Radkranz berührt wird, sich ohne größeren Widerstand hinüberdrücken läßt. Der Haken des Hakenschlusses geht vom Verschlussstück bei der anliegenden Zunge ab, genau als wenn die Weiche umgelegt würde. Es findet eine richtige Umstellung der ganzen Weichenanlage statt, so

daß, nachdem die erste Achse des falsch eingelaufenen Fahrzeugs die ganze Weiche durchfahren hat, diese auf die andere Seite hinübergeworfen und auch in dieser Lage verriegelt ist. Was vorher abliegende Zunge war, ist jetzt anliegende Zunge geworden und umgekehrt.

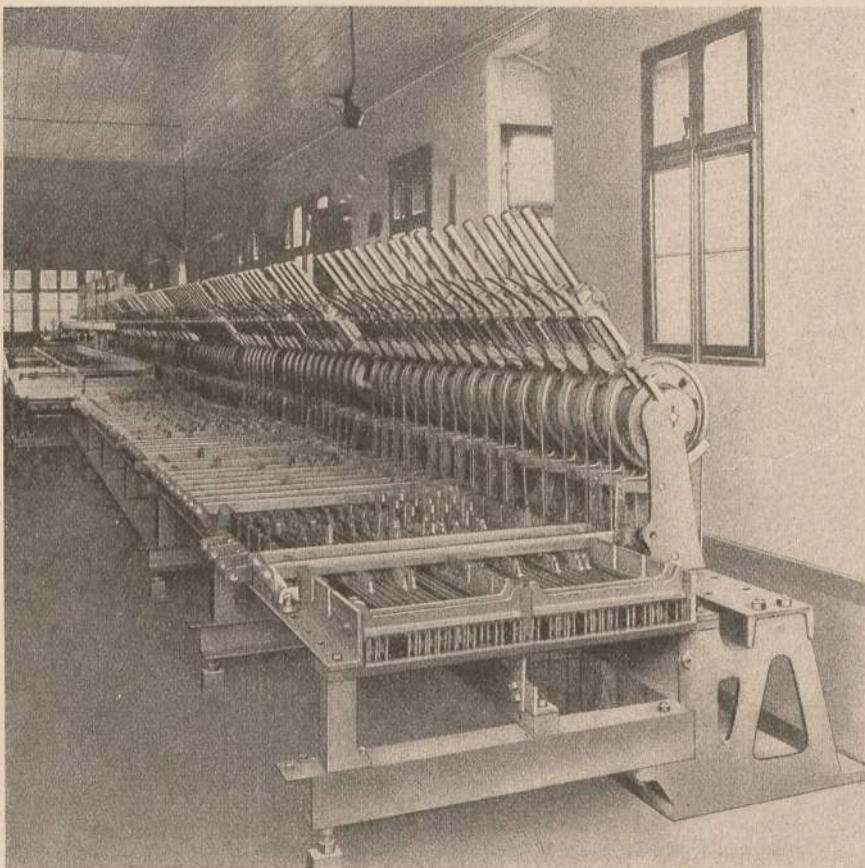
Da die Stellstange der Weiche, die hierbei den ganzen ihr zur Verfügung stehenden Weg zurückgelegt hat, ja mit dem Weichenantrieb untrennbar vereinigt und dieser wieder durch den Drahtzug mit der Weichenstell-Vorrichtung im Stellwerk fest verbunden ist, so muß, da der Draht bei einer solchen Bewegung natürlich nicht reißen darf, gleichzeitig auch eine Bewegung der Stellvorrichtung im Stellwerk stattfinden. Das ist in der Tat der Fall.

Die Verbindung zwischen den Stellhebeln und den Weichenantrieben sowie auch mit den Signalen geschieht stets durch Doppeldrahtzüge. Es wird eine geschlossene Drahtschleife gebildet, die von den Hebeln zu den zu stellenden Vorrichtungen und wieder zurück läuft. Man ist jetzt auch bei den Signalen von den älteren einfachen Drahtzügen abgekommen, weil diese allzu leicht Umstellungen durch Unbefugte zuließen. Es brauchte z. B. nur jemand mit dem Fuß kräftig auf einen solchen freiliegenden Stahlbraht zu treten, um die Stellung eines Signals zu verändern. Das ist bei Doppeldrahtzügen nicht möglich, weil hier das Hervorrufen einer Bewegung nur stattfinden kann, wenn der eine Draht angezogen und der andere gleichzeitig nachgelassen wird. Die Drahtschleife geht bei den Stellhebeln jedesmal um eine Rolle, die durch Umlegen der Hebel gedreht wird. In ihren Endlagen oben und unten werden die Hebel dadurch, daß federnde Handfallen in Ausschnitte der festen Stellböcke eingreifen, unverrückbar festgehalten, solange die Handfallen nicht durch Andrücken an den Hebelschaft ausgeklinkt werden (Bild 463).

Während nun an den Signalhebeln die Stellrollen fest mit dem Hebel verbunden sind, ist das bei den Weichenhebeln nicht der Fall. Hier kann sich bei Ruhelage des Hebels die Stellrolle frei bewegen. Erst beim Anziehen der Handfalle wird sie mit dem Hebel gekuppelt.

Wenn nun die Weiche aufgefahren wird, wenn der Antrieb und der Doppeldrahtzug hierdurch in Bewegung gesetzt werden, so macht die Stellrolle am Hebel im Stellwerk die Bewegung mit. Sie dreht sich, indem sie den Widerstand kräftiger Federn überwindet, herum. Dem Stellwerkwärter wird dieser Vorgang, der ja in die ganze Sicherungsanlage tief eingreift, dadurch kund, daß eine Markte, die sonst unsichtbar ist, vorrückt; das Zeichen ist entweder ein roter Fleck oder ein besonderes Schildchen, die an geeignetem Ort der Stellrolle befestigt sind (Bild 463 rechts). Der Wärter weiß jetzt, daß die Weiche aufgefahren ist, und er kann sie mit Hilfe eines besonderen Schlüssels durch Zurückdrehen der Stellrolle wieder einscheren (Bild 464).

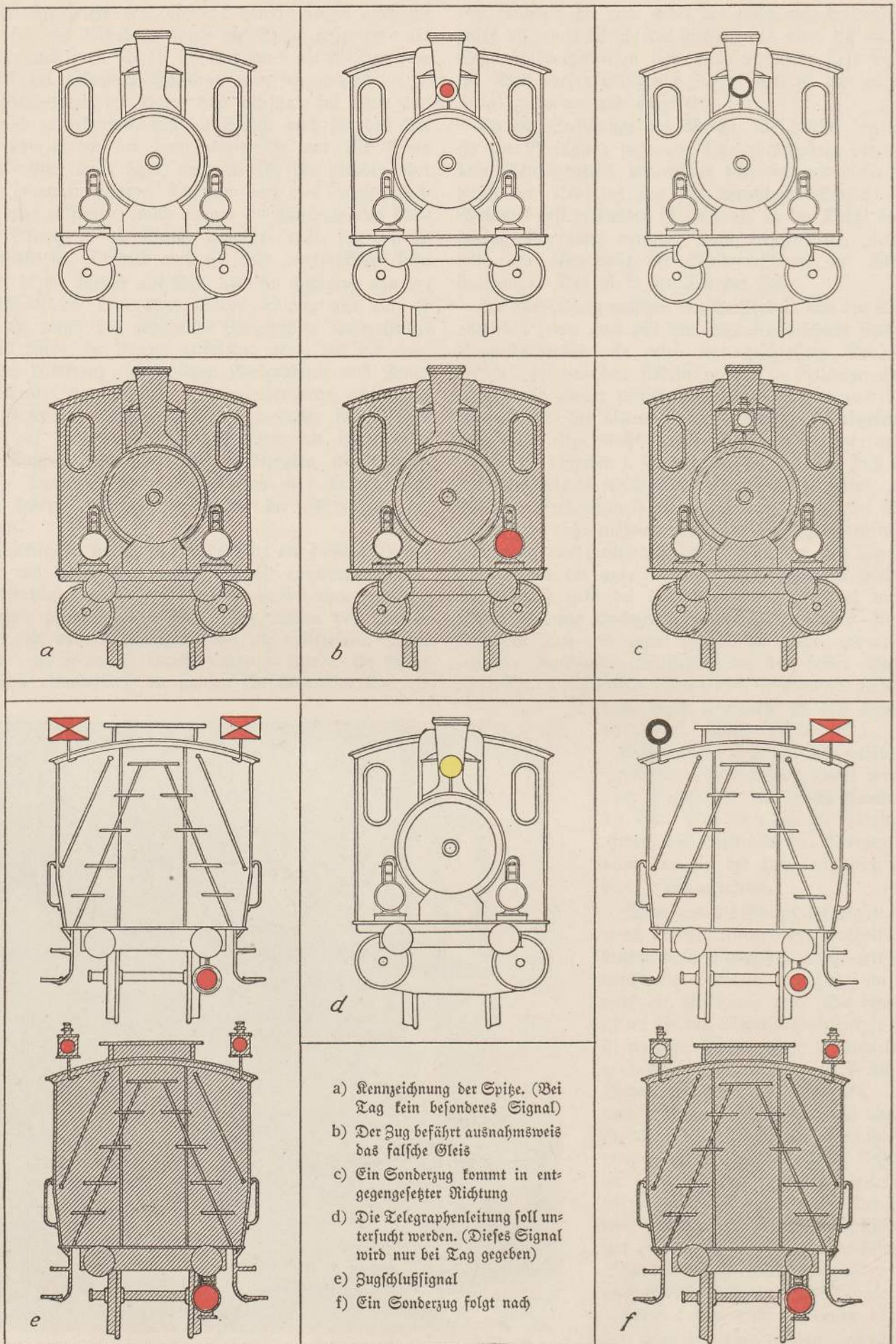
Solange das nicht geschehen ist, kann kein Signal gezogen werden, das eine Zugdurchfahrt auf einer Fahrstraße freigeben würde, welche über die aufgefahrene Weiche führt. Denn alle in Betracht



474. Verschluss-Einrichtung in einem Drahtzugstellwerk

Hinter dem Stellbock mit den Hebeln sind die von vorn nach hinten laufenden Verschluss-Lineale sichtbar, die mittels der Fahrstraßenhebel bewegt werden. Bauart Jüdel & Co.







kommenden Fahrstraßenriegel sind, wie Bild 463 zeigt, unbeweglich geworden und damit die Signalstellhebel verschlossen.

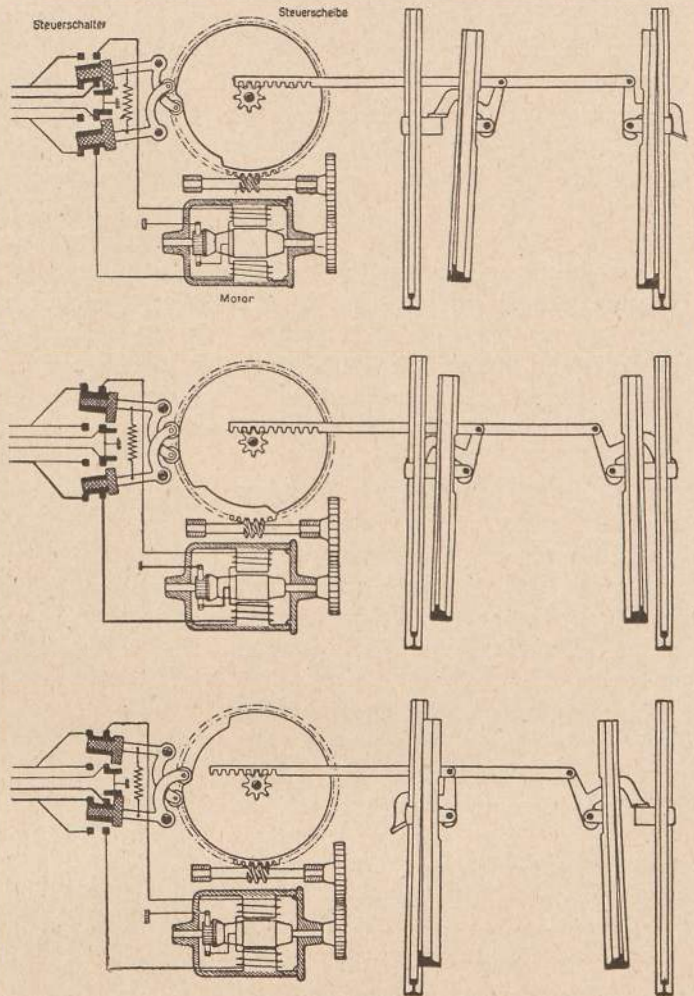
Die Drahtzüge, die von den Stellwerken ausgehen, werden mit äußerster Sorgfalt zu den Orten hingeführt, wo sie Arbeit zu leisten haben. Sie sind entweder oberirdisch oder unterirdisch in Kanälen verlegt. In kurzen Abständen werden die Drähte über Rollen geführt, die ihre Richtung immer wieder festlegen. An Orten, wo eine Umlenkung stattfindet, wo die Drähte also in einem Winkel weitergeführt werden, liegen Rollen von großem Durchmesser, damit keine Knickungsgefahr für den einzelnen Draht eintritt (Bild 465).

Auf den Zustand der Drähte übt naturgemäß die Luftwärme einen großen Einfluß aus. Ein langer Drahtzug, der im Winter mit strammer Spannung verlegt ist, wird im Sommer durch die Wärmedehnung schlaff. Toter Gang muß jedoch unbedingt vermieden werden. Man schaltet deshalb selbsttätig wirkende Spannvorrichtungen in die Drahtzüge ein. Es sind dies z. B. lange Hebel, an deren einem Ende Gewichte befestigt sind, während die anderen Arme Rollen tragen, über welche die Drahtzüge in Schleifenform geführt sind (Bild 466). Die Hebelgewichte drücken ständig gegen den Drahtzug und halten ihn stramm, indem sie sich senken, wenn die Drahtspannung nachläßt. Die Einrichtung ist so getroffen, daß beim Stellvorgang nicht etwa das Spannungsgewicht angehoben wird, denn dann würde sich die ganze am Stellhebel geleistete Arbeit hieran erschöpfen, an der Weiche oder am Signal würde keine Lageveränderung stattfinden. Senkrecht unter dem großen Stellbock im Stellwerk sind die Spannungsgewichte reihenweis angebracht. Jeder abgehende Drahtzug wird hier zunächst einmal belastet, dann ferner auf der Strecke durch Einschalten weiterer Spannungsgewichte nach Bedarf (Bild 467).

Neben der Wärmeausgleichung im Drahtzug üben die Spannwerke noch einen weiteren günstigen Einfluß auf die Weichen aus. Es kann ja vorkommen, daß der Drahtzug während des Umstellens reißt. Alsdann würde die Weiche in gefährlichster Lage, nämlich in Mittelstellung, stehen bleiben, wobei keine Zunge fest anliegt. Bei Drahtbruch senken sich aber die Spannungsgewichte scharf nach unten und ziehen das unverletzt gebliebene Drahtstück so weit mit sich, daß die Weiche sicher in eine Endlage kommt und dort verschlossen wird.

Reißt der Drahtzug zu einer Zeit, in der die Weiche in Ruhe liegt, dann entsteht ein Spannungsunterschied zwischen den beiden Drähten der Schleife, die bisher gleichen Zug ausübten. Wiederum liegt jetzt die Gefahr vor, daß die Weiche von selbst in Mittelstellung rückt, da der Spitzenverschluß nicht mehr wirkt. Darum ist eine besondere Verriegelung für Drahtbruch vorgesehen. Auf Bild 468 sehen wir den einen Draht der Schleife an einen Hebel angreifen, durch dessen Bewegung das Umstellen der Weiche erfolgt. An diesem Hebel befinden sich zwei kräftige Spiralfedern. Sie sind ständig bestrebt, ein Sperrstück so niederzuziehen, daß es in die Riegelstangen der Weiche eingreift und diese unverrückbar festlegt. So lange die Drahtzugschleife in Ordnung ist, können die Federn nicht wirken. Reißt aber einer der Drähte, dann springt das Sperrstück ein, und die Weiche kann sich auch jetzt nicht bewegen.

An Stelle von Drahtzügen werden an manchen Orten auch Gestänge zum Stellen von Signalen und Weichen benutzt. Sie sind meist aus Gasrohren zusammengeschraubt und werden mittels Kniehebeln um die Winkel herumgeleitet, die sich bei der Fortführung ergeben. In England und auch



#### 475. Die Steuerschalter am elektrischen Weichenantrieb

1. Weiche in Grundstellung. Ausleger des oberen Steuerschalters im Ausschnitt der Steuerscheibe: Motor für Umlegung der Weiche aus der Grundstellung geschaltet.
2. Beide Schalterausleger auf dem Rücken der Steuerscheibe: Motor läuft.
3. Ausleger des unteren Steuerschalters im Ausschnitt der Steuerscheibe: Motor für Rücklegung der Weiche geschaltet

in Süddeutschland werden diese Gestänge von vielen Verwaltungen bevorzugt.

Aus dem vorher Gesagten wissen wir, daß mit dem bisher Geschilderten die Sicherheitsvorkehrungen an den Weichen noch nicht erschöpft sind. Bei dem mächtigen Einfluß, den diese verschiebblichen Gleisstücke auf die Zugfahrten üben, genügt es nicht, daß die richtigen Lagen der Stellhebel allein beobachtet werden, es muß auch ständig geprüft werden, ob die Zungen sich wirklich in den entsprechenden Lagen befinden. Darum werden ja, wie wir wissen, die Signaldrahtzüge an allen Weichen der zugehörigen Fahrstraße vorbeigeführt, und die Signale sind nur dann auf Fahrt Frei zu stellen, wenn die Zungen sich wirklich in der richtigen Lage befinden.

Für die Zungenprüfung sind in unmittelbarer Nähe der zu der betreffenden Fahrstraße gehörigen Weichen in den Signaldrahtzug wagerecht liegende Rollen eingeschaltet, die sich mit diesen bewegen müssen. Von jeder der beiden Weichenzungen kommt eine Stange her, die mit je zwei Ausschnitten versehen ist. Die Riegelrolle im Signaldrahtzug kann sich nur dann drehen, der Signaldrahtzug kann also nur dann bewegt werden, wenn die Ausschnitte in den beiden Zungenprüfstangen so liegen, daß bestimmte Ansätze an den Riegelrollen durch sie hindurchgehen können. Anderenfalls bleibt der Signalzug unbeweglich. Ist mit



seiner Hilfe aber das Signal gezogen, dann ist die Weichenstellung unverrückbar festgelegt, bis der Signalhebel wieder umgelegt wird.

Die Riegelvorrichtung, die wir jetzt kurz besprechen wollen, gehört zu zwei Fahrstraßen. Vor der Weiche steht ein Signal mit zwei Flügeln. Liegt die Weiche auf den geraden Strang, so erscheint beim Zeichen Fahrt Frei ein schräg nach aufwärts gerichteter Flügel, liegt die Weiche auf den abzweigenden Strang, so werden zwei schräg nach aufwärts gerichtete Flügel sichtbar. Im Stellwerk sind für diesen Zweck zwei getrennte Hebel vorhanden. Die Umlegung des einen Hebels bringt das einflügelige, die Umlegung des anderen Hebels das zweiflügelige Signal hervor. Beide Male aber geschieht das Ziehen des Signals durch dieselbe Drahtzugschleife. Der eine Hebel bewegt die Schleife in der einen Drehrichtung, der andere in der anderen, und das Hubwerk am Signalmast ist so eingerichtet, daß hierdurch einmal nur ein Flügel, das andere Mal zwei Flügel in die Stellung Fahrt Frei gebracht werden.

Die Riegelrolle an den Weichenzungen macht entsprechende Bewegungen. Sie dreht sich einmal rechts, das andere Mal links herum, je nachdem, ob ein einflügeliges oder ein zweiflügeliges Signal gezogen werden soll. Demzufolge ist es nötig, die Hemmvorrichtung an der Riegelrolle so auszubilden, daß sie bei der Drehrichtung für Stellen des Einflügelsignals nur dann durch die Ausschnitte der Weichenprüfstangen hindurchkann, wenn die Weiche auf den geraden Strang liegt, bei der Drehrichtung für das Zweiflügelersignal nur dann, wenn die Weiche für den abzweigenden Strang gelegt ist.

Eine viel benutzte Bauart ist in den Übersichtszeichnungen auf Bild 469 dargestellt. Der eigentümlich geformte, gestrichelt gezeichnete Teil der Riegelrolle ist erhaben. Die Weichenprüfstange (es ist hier der besseren Übersicht halber nur eine Prüfstange gezeichnet) liegt darüber und hat Ausschnitte, durch die sich der Riegel bei richtiger Lage der Stange hindurchdrehen kann, während er sonst anstößt.

Auf Teilbild a ist die Weiche für den geraden Strang gestellt, aber unverriegelt. Auf Teilbild b hat sich die Riegelrolle mit dem Riegel in der Pfeilrichtung gedreht. Das war nur möglich, wenn die Weichenzungen richtig für den geraden Strang lagen. Teilbild a läßt deutlich erkennen, daß bei geringer Verschiebung der Prüfstange der rechts unten gezeichnete Ansatz des Riegels durch sie nicht hindurchgekonnt hätte. Bewegung des Riegels in anderer Drehrichtung wäre gleichfalls unmöglich gewesen, weil der andere Riegelansatz gegen ein festes Stangenstück gestoßen wäre.

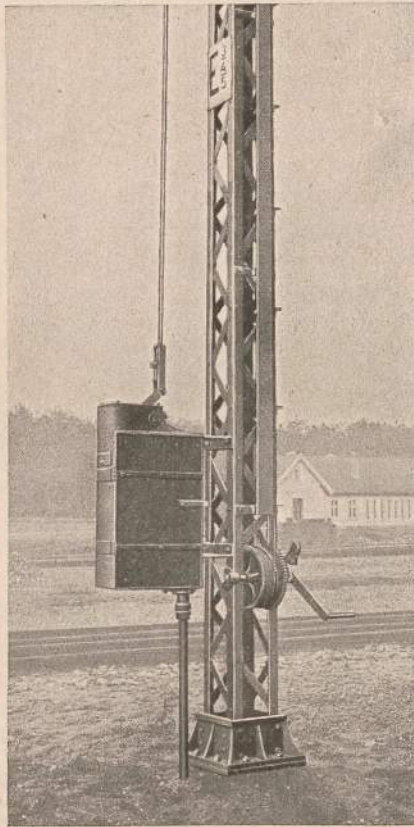
Auf Teilbild c ist die Weiche für den abzweigenden Strang gelegt und noch unverriegelt. Würde der Wärter jetzt wiederum versuchen, das Einflügelersignal zu ziehen, die Riegelrolle also entgegengesetzt der Richtung des Pfeils in Teilbild c zu drehen, so würde er daran verhindert wer-

den. Auf Teilbild d ist die Verriegelung für die Weiche zur Fahrt in die Abzweigung vollzogen. Bild 470 zeigt einen wirklichen Weichenriegel mit den beiden Zungenprüfstangen.

Bei allen Weichen, die in durchgehenden Geleisen liegen oder in solche führen und dementsprechend in die Prüfung durch die Signaldrahtzüge einbezogen sind, wird dem Lokomotivführer ihre Lage durch die Stellung des davor liegenden Signals kenntlich gemacht. Eine weitere Ankündigung der Weichenlage wäre in solchem Fall ja entbehrlich. Da es aber in den Güter-, Verschiebe- und Abstellgeleisen eine weitere sehr große Anzahl von Weichen gibt, die keine Zungenprüfung haben und auch nicht zu haben brauchen, so kann die Anbringung besonderer Signaleinrichtungen an den Weichen nicht entbehrt werden. Der Einheitlichkeit halber sind sie an sämtlichen Weichen angebracht, in den letzten Jahren allerdings an durchgehenden Hauptgeleisen bereits häufig beseitigt.

Auch der Lokomotivführer, dessen Maschine im Verschiebedienst tätig ist, muß in genügendem Abstand von jeder Weiche über deren Stand unterrichtet werden. Nähert er sich der Weiche gegen ihre Spitze, so muß er wissen, ob er in den geraden oder in den abzweigenden Strang geleitet werden wird, kommt er von hinten heran, so ist ihm erst recht kundzutun, wie die Weiche liegt, denn er muß wissen, ob nicht etwa ein Auffahren zu befürchten ist. In solchem Fall darf er nicht in die Weiche hinein, da das Auffahren als unvorschriftsmäßige Handlung geahndet wird.

Die Zungenlage selbst ist erst in nächster Nähe zu erkennen; gewöhnlich ist es dann für das Bremsen bereits zu spät. Deshalb ist jede Weiche mit einem besonderen Zeichengeber ausgerüstet, einem ungefähr würfelförmigen Kasten, der bei Tag und bei Dunkelheit die gleichen weißen Formsignale erscheinen läßt. Am Tag erblickt man mit weißem Glas hinterlegte, hell schimmernde Ausschnitte in tiefschwarzem Blech, bei Dunkelheit werden die Ausschnitte durch



476. Elektrischer Signalantrieb  
Bauart Siemens & Halske

eine in den Blechwürfel gestellte Laterne beleuchtet, so daß sie gleichfalls scharf hervortreten.

Man nennt die Vorrichtung gewöhnlich Weichenlaterne. Sie dreht sich beim Umlegen der Weiche um eine senkrechte Achse und zeigt hierdurch in beiden Fahrrichtungen wechselnde Signale. Ist die Weiche für den geraden Strang gestellt, so erblickt der Lokomotivführer, sowohl wenn er gegen die Spitze, wie wenn er gegen die Wurzel der Weiche fährt, eine rechteckige Scheibe. Steht die Weiche auf Ablenkung, dann wird bei Anfahrt gegen die Spitze ein schräg aufwärts gerichteter Pfeil sichtbar. Seine Spitze deutet nach der Richtung der Ablenkung hin. Bei Einfahrt von der Wurzel her sieht der Führer bei Ablenkungslage der Weiche eine Kreisrunde weiße Fläche (Bild 471).

Ein besonderes Laternensignal ist dort angebracht, wo ein Gleis stumpf endet oder durch Auflegen einer Sperre auf eine Schiene unfahrbar gemacht werden kann. Der Verschluss wird durch einen wagerechten schwarzen Balken auf weißem

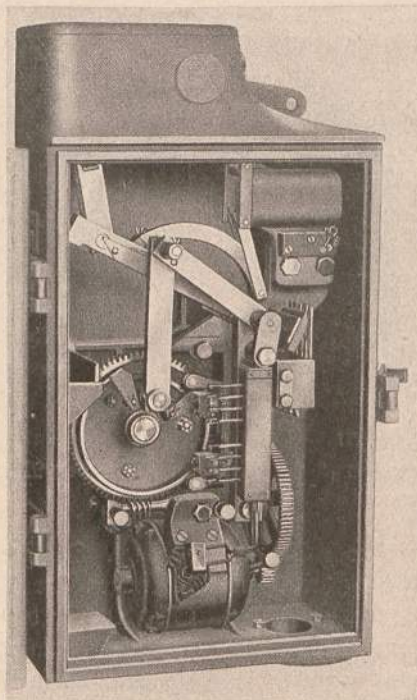


Grund angekündigt. Ist die Sperre fortgenommen, so ist durch Verdrehen der Laterne gar kein Signal sichtbar. Vor einiger Zeit noch erschien in diesem Fall ein schräggerichteter Balken auf weißem Grund, um den Lokomotivführer ständig an die Möglichkeit der Gleisperrung zu erinnern.

Trotz der zahlreichen Meldungen über Weichenlagen und Zugfahrten, die der Stellwerkswärter in seinem Arbeitsraum erhält, ist er dennoch keineswegs von der Pflicht entbunden, die Strecke jederzeit zu beobachten. Insbesondere darf die rückwärtige Strecke nicht entblockt werden, bevor der Wärter das Schlußzeichen am vorüberfahrenden Zug erblickt hat. Bei Güterzügen, die keine durchgehende Bremse haben, besteht ja immer die Möglichkeit einer Zerreißung des Zugs, die vom Lokomotivführer nicht bemerkt wird. Sobald auch nur ein Teil des Zugs über den Schienenstromschließer hinüberfährt, der im Blockapparat die Lastensperre beeinflusst, wird diese aufgelöst und damit die Möglichkeit des rückwärtigen Entblockens gegeben. Diese Freigabe wäre im Fall einer Zugzerreißung eine Falschmeldung, denn die Strecke ist tatsächlich nicht frei, sie ist noch durch den abgerissenen Zugteil besetzt. Die Wahrnehmung des Schlußzeichens, das sich, wie sein Name sagt, immer am letzten Wagen des Zugs befindet, durch den Stellwerkswärter, ist also wichtig. Nach Einführung der durchgehenden Bremse für alle Züge wird die Vorschrift der Zugschlußbeobachtung vielleicht verschwinden, weil alsdann wegen des Anschlagens aller Bremsen eine Zerreißung, die vom Lokomotivführer unbemerkt bleibt, nicht mehr möglich ist.

Damit die Stellwerkswärter ihr Herrschaftsgebiet möglichst gut zu überschauen vermögen, wendet man alle Sorgfalt an, ihnen Arbeitsplätze mit guter Übersicht zu schaffen. Ältere, dicht über dem Erdboden errichtete Stellwerke werden heute an vielen Orten nachträglich hochgelegt, die niedrigen Häuser in sogenannte Türme verwandelt, wie man das in den letzten Jahren vor dem Kriege z. B. auf der Berliner Stadtbahn in ausgedehntem Maße beobachten konnte. Man bringt möglichst viele Fenster in den Wänden der Stellwerksräume an, rüstet auch jeden von ihnen mit einem Erker aus, von dem freie Sicht nach drei Seiten möglich wird.

Die größte Zahl der Stellwerkhäuser steht heute noch seitlich neben den Strecken. Neuerdings herrscht das Bestreben vor, den gleich zu besprechenden elektrischen Stellwerken, die nicht mit den hieran hindernden Drahtzügen



477. Einrichtung des elektrischen Signalantriebs

Unten der Motor, der durch eine Schnecke das Getriebe in Bewegung setzt

belastet sind, die weit günstigere Stellung senkrecht zur Richtung der Geleise zu geben. Befindet sich der Stellwerksraum quer über der Strecke, dann vermag man von ihm aus an jeder Stelle frei nach vorwärts und nach rückwärts zu schauen. Bei dieser Aufstellungsart muß jedoch sehr an Raum gespart werden. Man kann meistens keinen einfachen, in seinem Querschnitt überall rechteckigen Bau ausführen, sondern muß für den geringen Platz zwischen den Geleisen schmale Stützen ausbilden. So gibt es große Stellwerkhäuser, die auf richtigen Brücken liegen.

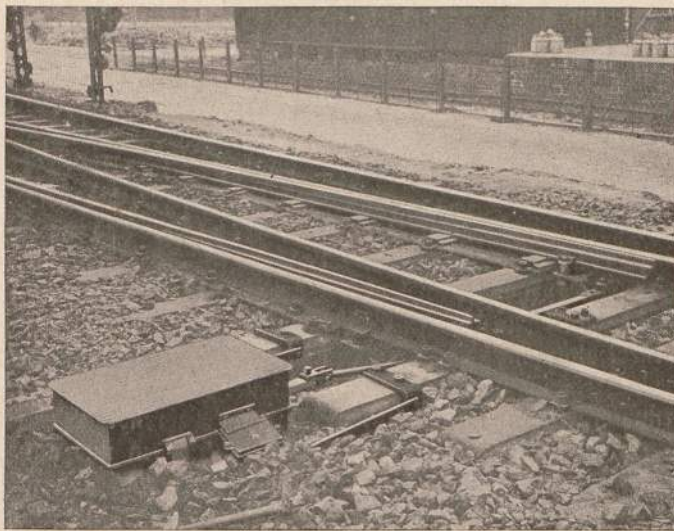
Jedes Stellwerk und jede Blockstelle haben eine abgekürzte Bezeichnung für den telegraphischen Anruf. Diese Benennung wird auf einer Tafel fast stets auch an einer Außenwand angebracht. Meist ist die Bezeichnung aus den Anfangsbuchstaben des Bahnhofes und der Himmelsrichtung gebildet, in der das Stellwerk liegt. So bedeutet z. B. Fs Fulda-Süd, Bot Breslau-Ost, No Naumburg-Ost, Hnt Hünfeld-Nord, Bwt Bützow-West.

Wir haben bisher ausschließlich von der Bedienung der Signale und Weichen durch die Kraft des menschlichen Arms gesprochen. Auf großen Bahnhöfen geht man jedoch mehr und mehr dazu über, den Stellwerksmannschaften die körperliche Arbeit beim Bewegen der Signale und Weichen ganz abzunehmen. Sie haben so viele Beobachtungen zu machen, trotz aller Sicherungen so viel an Aufmerksamkeit zu leisten, daß man ihren Geist nicht durch körperliche Anstrengung ermüden will. In großen Stellwerken ist ja ein unaufhörliches Bewegen von Signalen und Weichen erforderlich, und die Bereiche, die im Wirkungsfeld solcher Anlagen liegen, wachsen immer mehr. Es wird auch schließlich das Gewimmel der beweglichen Drahtzüge so groß, daß es in den schmalen Räumen zwischen oder neben den Geleisen nicht mehr untergebracht werden kann. Sehr lange

Drahtzüge können, besonders im Winter, kaum noch mit der Kraft zweier Arme bewegt werden. Diese Gründe haben dazu geführt, die Signal- und Weichenstellungen durch andere Kräfte besorgen zu lassen, die menschliche Hand nur noch zur Anregung der Bewegung zu benutzen.

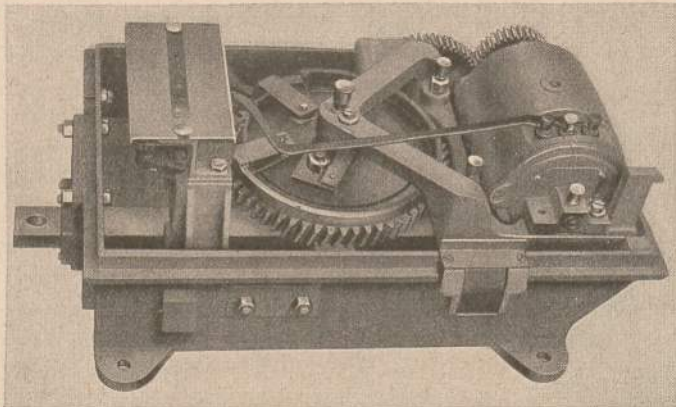
Hier und da wird zu diesem Zweck Presswasser angewendet, häufiger Druckluft. Die weiteste Verbreitung aber hat der elektrische Strom auch in diesem Bereich gefunden.

Wo Weichen und Signale elektrisch gestellt werden, muß an jedem Signal und an jeder Weiche ein Motor angebracht werden. Im Stellwerk gibt



478. Elektrischer Weichenantrieb  
Bauart Siemens & Halske





479. Elektrischer Weichenantrieb geöffnet

Rechts der Motor; links vorn hinausragend: Stellstange für die Weichenzungen

es dann keine großen Hebel mehr, sondern nur noch Schaltergriffe, deren Drehung jedesmal ein Einschalten des zum Motor laufenden Stroms bewirkt.

Der Motor kann in zwei Richtungen laufen: hin sowohl wie zurück. Hat der Anker die Umstellung beendet, so schaltet er sich von selbst ab und bewirkt durch Bewegung von Steuerschaltern mittels einer Steuerscheibe, daß der nächste Stromzufluß seine Drehung im anderen Sinn bewirkt. Bild 475 zeigt, wie diese Umschaltung bei einem Weichenmotor vor sich geht.

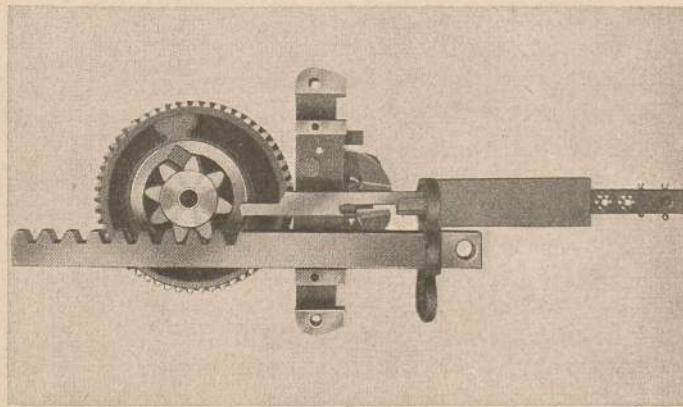
Die Übertragung der Motorbewegung auf den Antrieb geschieht durch eine Schnecke, die in ein Zahnrad eingreift. Bei den Signalantrieben, die in senkrecht stehenden eisernen Kästen untergebracht werden, ist die Zugstange, die zum Signalarms aufsteigt, mittels mehrerer Hebel an dieses Zahnrad angelenkt. Bei Weichenantrieben, die wagerecht liegen, ist auf der Achse des Zahnrads ein zweites, kleineres Zahnrad befestigt, das in eine Zahnstange eingreift. Diese wird durch Drehung der Zahnräder hin und her geschoben, wodurch Umlegung der Weichenzungen erfolgt.

Elektrische Signal- wie Weichen-Antriebe haben recht verwickelte Bauarten, da in unmittelbarer Nähe der Bewegungs-vorrichtungen zahlreiche Überwachungsmittel eingebaut sind. Die wirklichen Stellungen der Signalarms werden mit Hilfe von Überwachungsmagneten an die Stellwerke zurückgemeldet, und in ähnlicher Weise erfolgt die Prüfung der Weichenzungen. Die selbsttätigen Haltfall-Vorrichtungen an Signalen und die Auffahrbarkeit der Weichen erfordern weitere Vorkehrungen.

Die Überwachung und die Herbeiführung der Abhängigkeiten ergeben in den elektrischen Stellwerken sehr mannigfaltige Stromführungen und Schalterbauten. Das Ergebnis dieser Wirrnisse ist jedoch eine außerordentlich scharfe Sicherung aller Fahrstraßen. Die überaus zahlreichen Meldungen, die ständig im elektrischen Stellwerk einlaufen, die Unzahl der Festhaltungen, die hier untergebracht sind, bewirken, daß die Sicherheit in elektrischen Stellbezirken die Fahrtsicherungen in mechanisch beherrschten Gebieten noch übertrifft.

Die Signalordnung für das Deutsche Reich handelt nicht nur von den bereits besprochenen feststehenden Signalen, sie sieht auch bewegliche Zeichengeber vor. Hiervon gibt es zwei Gruppen: die Wärtersignale und die Signale am Zug.

Will ein Wärter einen Zug aus irgendeinem Grund auf offener Strecke zum Halten bringen, so stellt er rechts vom Gleis eine rechteckige, rote, weißgeränderte Scheibe auf. Bei Dunkelheit wird über die Scheibe eine rot geblendete Laterne



480. Zahnstangenantrieb

bei elektrischer Weichenbewegung. Weichenantrieb von unten gesehen  
Bauart Siemens & Halske

gehängt. Die zur Abgabe dieses Signals notwendigen Vorrichtungen hat jeder Wärter in seiner Bude, desgleichen die Scheiben für das Langsamfahrtsignal (Tafel XIII).

Dies Signal dient dazu, eine Strecke zu kennzeichnen, die, weil darin Bauarbeiten stattfinden, oder weil etwa das Gleis sich gelockert hat, mit geringerer Geschwindigkeit durchfahren werden soll, als sonst hierfür vorgeschrieben ist. Der Anfang dieser Strecke wird durch eine gelbe Scheibe kenntlich gemacht, auf die ein A gezeichnet ist, am Ende wird eine grüne E-Scheibe aufgestellt. Bei Dunkelheit treten an die Stelle der gelben Scheibe zwei unter 45 Grad übereinander hängende gelb geblendete Laternen, die grüne Scheibe wird durch zwei ebenso aufgesteckte grün leuchtende Laternen ersetzt.

Auch der Zug selbst kann Signalmeldungen abgeben (Tafel XIV). Seine Spitze wird am Tag nicht besonders gekennzeichnet, da das Herannahen ja schon aus weiter Ferne sichtbar wird. Bei Dunkelheit trägt die Lokomotive zwei weißleuchtende Laternen. Befährt der Zug auf zweigleisiger Bahn ausnahmsweise das falsche Gleis, so trägt die Lokomotive bei Tag eine rote Scheibe, bei Dunkelheit wird eine der beiden Lokomotiv-Laternen rot geblendet.

Der Zugschluß, dessen Hervorhebung für die Blockwärter ja von besonderer Wichtigkeit ist, wird am Tag dadurch gekennzeichnet, daß an den, in der Fahrtrichtung gesehen, rechts liegenden Puffer des letzten Fahrzeugs eine rote Scheibe gehängt und auf Halter am Dach Oberwagenscheiben, zwei nach vorn und nach hinten sichtbare, viereckige, rot und weiß gestrichene Blechplatten gesteckt werden. Bei Dunkelheit wird die Schlußscheibe am Puffer durch eine rot geblendete Laterne ersetzt. An die Stelle der Oberwagenscheiben treten Oberwagenlaternen, die aber nunmehr nach jeder der beiden Richtungen ein anderes Licht aussenden. Sie sind nach hinten rot geblendet, nach vorn dagegen grün. Durch diese Anordnung ist es möglich, die Bewegungsrichtung eines jeden Zugs, der sichtbar wird, schon von weither zu erkennen. Ein Zug, der sich vom Beschauer fortbewegt, zeigt stets rotes Licht. Wenn er auf den Beschauer zukommt, sieht man zwei grüne Lichter.

Einzelne fahrende Lokomotiven oder Triebwagen führen das Schlußzeichen nur am Puffer.

In sehr einfacher und wirksamer Weise werden die Signale am Zug dazu benutzt, ganz bestimmte Meldungen, die auf anderem Weg nicht mehr rasch genug erteilt werden können, weithin sichtbar über die Strecke zu tragen. Ist eine der beiden rechteckigen, rot und weiß gestrichenen Ober-



wagenscheiben durch eine runde, weiße, schwarz geränderte Scheibe ersetzt, oder ist bei Dunkelheit an Stelle einer der nach rückwärts rot geblendeten Oberwagenlaternen eine solche getreten, die nach rückwärts weißes Licht aussendet, so bedeutet dies: „Ein Sonderzug folgt nach!“ Eine weiße, schwarz geränderte Scheibe, die in einen Halter vor den Schornstein der Lokomotive gesteckt ist, oder eine weiß leuchtende Laterne an dieser Stelle sagen: „Ein Sonderzug kommt in entgegengesetzter Richtung!“ Eine runde, gelbe Scheibe am selben Ort ruft den Bahnbediensteten zu: „Die Telegraphen- und Fernsprechleitung ist zu untersuchen!“ Bei Nacht wird dieses letzte Signal nicht gegeben, da die entsprechenden Arbeiten im Dunkeln nicht ausführbar sind.

Inmitten des weiten, farbenstrahlenden Meers der sichtbaren Signale befindet sich ein Inselchen, das der tönenden Signalgebung gewidmet ist.

Nach den eindrucksvollsten Erscheinungen im Eisenbahnbetrieb, den Lokomotiven und den Hauptsignalen, ist die im allgemeinen Kreis bekannteste Einrichtung wohl die große, würdevoll dastehende Wärterglocke. Jeder hat beim Spaziergang über stille Fluren sicherlich schon einmal von weither ihren hallenden Klang vernommen; er ist der einzige wohlklingende Ton im Eisenbahnbetrieb. Zu all dem schrillen Knirschen und Pfeifen, das sonst aus der Schienenwelt hervordringt, wirkt er doppelt angenehm.

Die betriebstechnische Aufgabe dieser großen Läuterwerke ist, die auf freier Strecke aufgestellten Wärter und Wächter

über die Ereignisse zu benachrichtigen, die sich demnächst auf den Geleisen in ihrer Nähe abspielen werden. Bestimmte Amtsstellen, Zugmeldestellen genannt, sind mit der Abgabe der Läutesignale beauftragt. Der Wirkungsbereich geht immer bis zur nächsten Zugmeldestelle. Dort beginnt der nächste Meldebezirk. Nach der Signalordnung für das Deutsche Reich können vier verschiedene Läutesignale abgegeben werden. Sie bestehen aus einer bestimmten Anzahl von Glockenschlägen, gewöhnlich fünf, die gruppenweis aneinander gereiht werden.

Signal 1: — — — — —

bedeutet: „Ein Zug fährt in der Richtung von A nach B!“

Signal 2: — — — — —

sagt: „Ein Zug fährt in der Richtung von B nach A!“

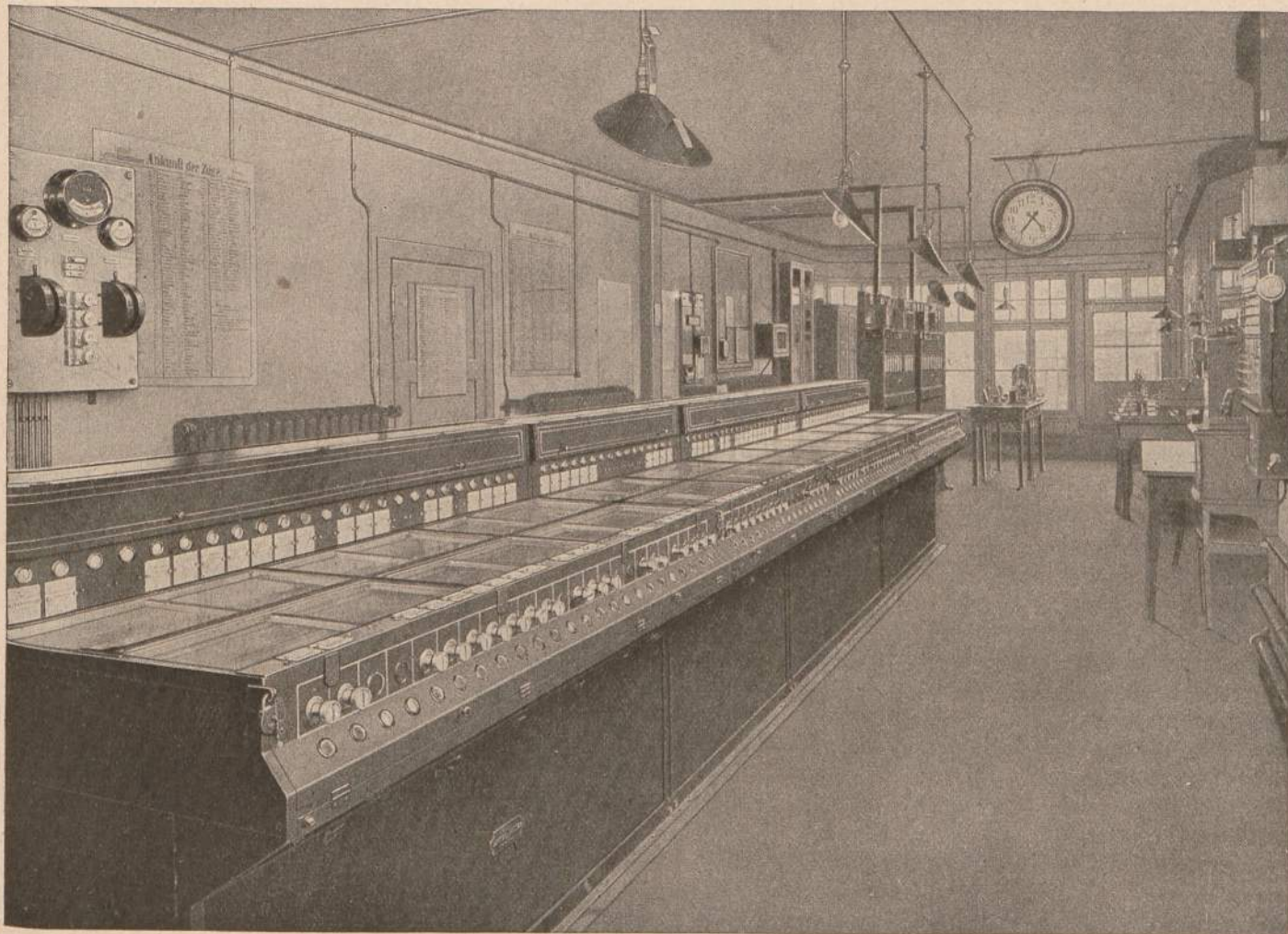
Signal 3: — — — — —

heißt: „Der Zugverkehr ruht!“ Dasselbe Signal wird gegeben, falls eins der beiden vorher erwähnten Abläutesignale zurückgenommen werden soll.

Signal 4: — — — — —

— — — — —  
— — — — —  
— — — — —  
— — — — —  
— — — — —

ist das Gefahrensignal. Es befiehlt, alle Züge aufzuhalten, weil sich etwas Außerordentliches ereignet hat. Sobald ein



481. Elektrisches Stellwerk

An die Stelle der großen mechanischen Hebel sind kleine runde Schaltergriffe getreten. Erbaut von Siemens & Halske



Streckenwärter dieses Signal hört, hat er sofort mit geschwungener roter Fahne, die ja immer in seinem Besitz ist, oder mit rotgeblendeter Laterne jedem nahenden Zug entgegenzulaufen und ihn zu stellen. So wird es möglich, Züge auch an solchen Orten aufzuhalten, wo sich kein feststehendes Signal befindet.

Die Läutewerke werden elektrisch betätigt. Der Strom, der ihnen durch die Leitung zufließt, besorgt jedoch nicht selbst die Bewegung des schweren Glockenhammers, er gibt vielmehr nur die Anregung für die Schläge. Im Körper des Läutewerks ist ein kräftiges Uhrwerk untergebracht, das durch ein Gewicht in Bewegung gesetzt wird, sobald eine Hemmung aus einem der Zahnräder entfernt ist. Das Räderwerk läuft alsdann um, ein im Gehäuse nach oben steigendes Drahtseil wird in bestimmten Abständen angerissen, wodurch der Hammer hochgeworfen wird, um alsbald in scharfem Schlag gegen die Glockenschale zurückzufallen. Von Zeit zu Zeit muß das Gewicht mit Hilfe einer Kurbel hochgewunden werden. Die Läutewerke sind so hoch gebaut, damit das Gewicht einen nicht allzu kurzen Fallraum unter sich hat, so daß das Aufziehen nicht zu häufig vorgenommen werden braucht.

Der elektrische Strom besorgt hier also nichts weiter als das Auslösen der Hemmung, indem er einen Elektromagnet erregt, der darauf seinen Anker, das Sperrglied, anzieht. Würde der Strom selbst das Bewegen des Glockenhammers besorgen müssen, so wären sehr viel stärkere Stromquellen notwendig, als sie für diesen Zweck vorhanden sind.

Wenn ein Bahnwärterposten an einer Stelle untergebracht ist, wo mehrere Strecken vorbeiführen, so wird dort eine der Streckenzahl entsprechende Anzahl von Läutewerken aufgestellt. Der Wärter muß nun ohne weiteres unterscheiden können, von welcher Strecke her ihm ein Läutesignal gegeben wird. Zu diesem Zweck gibt es außer den gewöhnlichen Läutewerken mit einer Glockenschale solche mit zwei und drei Glockenschalen. Aus dem Einklang, Zweiklang oder Dreiklang erkennt der Wärter die zeichnende Richtung.

Da alle Läutewerke zwischen zwei Zugmeldestellen hintereinander in eine Leitung geschaltet sind, ertönen sie sämtlich, sobald in der zugehörigen Zugmeldestelle die Stromkurbel gedreht wird, zu gleicher Zeit. Der Zeitabstand zwischen diesem Signal und der Ankunft des vorgemeldeten Zugs ist also an jedem Posten ein anderer. Der Wärter kennt ihn aus Erfahrung.

\*

Sorgsam und feierlich wie kein König der Erden wird jeder Eisenbahnzug geleitet und empfangen. Eine wimmelnde Mannschaft ist in jedem Augenblick an und auf den Strecken eifrigst tätig, um den fahrenden Zügen überall die Bahn frei zu machen, um dafür zu sorgen, daß ihnen an keiner Stelle ein Hindernis entgegentritt, durch welches das glatte Erreichen des Ziels vielleicht gefährdet werden könnte.

Auf den Bahnhöfen werden den Reisenden in der Hauptsache nur die Beamten sichtbar, denen die Regelung des eigentlichen Verkehrs obliegt. Der Verkehr wird aber erst möglich, nachdem Ordnung in den gesamten Betrieb gebracht worden ist. Es muß daher auf den Bahnhöfen auch eine große Zahl von Beamten vorhanden sein, deren Aufgabe die Erledigung des nicht geringen Schreibwerks für den Betriebsdienst ist; es sind ferner neben vielem anderen die Regelung des Wagensdienstes, des Telegraphendienstes, die Aufsicht über die Beamten, die Verteilung der Zugbegleitmannschaften, die Annahme von Arbeitern und ihre Entlohnung, Beaufsichtigung der Bahnhofsmannschaft, die

Wahrnehmung des Bahnpolizeidienstes, die Aufsicht über die Bahnhofsverwaltung zu besorgen. So kommt es, daß auf ganz großen Bahnhöfen, wie etwa Leipzig, Frankfurt a. M. oder München, mehrere tausend Beamte und Arbeiter beschäftigt sind.

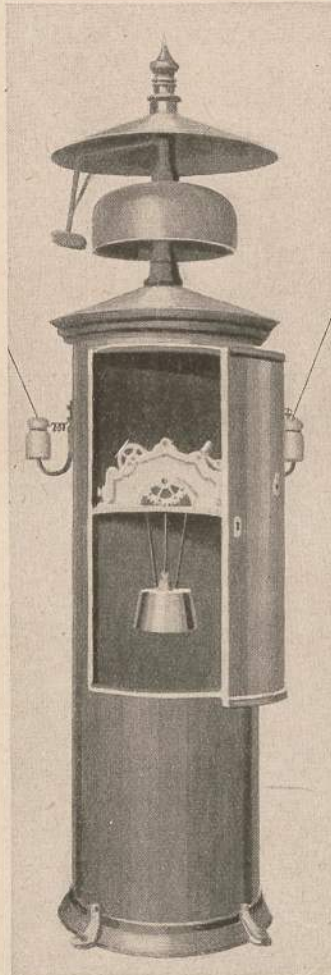
Wir haben hier insbesondere die Tätigkeit der Beamten in demjenigen Bereich zu betrachten, der unmittelbare Wirkung auf den Lauf der Züge übt und *Fahrdienst* heißt.

Die Besetzung jedes Zugs mit Beamten besteht aus der Lokomotivmannschaft und der Zugbegleitmannschaft. Die Zugbegleiter unterstehen während der Fahrt dem Zugführer. Dieser muß sich vor Antritt jeder Fahrt davon überzeugen, ob die Mannschaft vollständig zur Stelle und dienstfähig ist. Er hat den Zug, die gesamte Handhabung des Dienstes an ihm, die Aufrechterhaltung der Ordnung im Zug und dessen Sicherheit ständig zu überwachen. So oft es möglich ist, soll er sich von dem betrieblichen Zustand der Wagen überzeugen und auch, soweit ihm das seine sonstigen Dienstobliegenheiten gestatten, auf den Stand der Signale und die Lage der Wegschränken achten.

Damit der Zugführer die Strecke zu überblicken vermag, ist in jeden Packwagen, wo er meist seinen Dienstplatz hat, ein erhöhter Sitz eingebaut. Durch die Stirnfenster der Dachüberhöhung vermag er über Wagen und Maschine hinwegzublicken. Um dem Zugführer die Möglichkeit zu geben, den Zug im Gefahrfall sofort anzuhalten, ist eine Bremsvorrichtung neben seinem Sitz angebracht. Desgleichen kann er

in Zügen mit Druckluftbremse jederzeit an einem Druckmesser die Luftpressung in der Bremshauptleitung erkennen. Sieht der Zugführer, daß der Lokomotivführer ein auf Halt stehendes Signal überfahren will, so hat er den Zug abzubremfen. Derartige Vorkommnisse sind zu melden. Ebenso ist es seine Pflicht, Meldung zu erstatten, wenn beim Vorüberfahren des Zugs eine Wegschränke nicht geschlossen war. Der Lokomotivführer hat hierauf gleichfalls sein Augenmerk zu richten.

Sowohl der Lokomotivführer wie der Zugführer müssen streckenkundig sein. Ehe ein Lokomotivbeamter eine Zugfahrt als Führer selbständig leiten darf, muß er die Strecke lange Zeit als Heizer befahren haben, wobei ihm neben der Handhabung der Maschine selbst der Standort jedes Signals, alle



482. Strecken-Läutewerk  
Läutevorrichtung mit Gewichtsantrieb  
und elektrischer Fernauslösung



Krümmungen, alle besonderen Merkmale genau bekannt werden. Er fährt stets nur in seinem engen Bezirk hin und her. Wird er auf eine andere Strecke versetzt, so muß er diese erst wieder durch eine Reihe von Dienstfahrten genau kennen lernen, bis man ihm auch hier einen Zug anvertraut. Wenn ein Lokomotivführer mit seiner Maschine plötzlich zur Aus- hilfe auf eine ihm nicht genau bekannte Strecke geschickt wird, so muß er, gerade wie der Kapitän bei der Einfahrt in den Hafen, einen Lotsen in seinem Stand mitnehmen.

Auch der Zugführer macht vor Übernahme des selbständigen Dienstes unter Leitung eines streckenkundigen Dienstgenossen bei Tag und Nacht Belehrungsfahrten in beiden Richtungen der Strecke. Während seiner Amtsführung am Zug hat er weiter dafür zu sorgen, daß der Zug bei Eintritt der Dunkelheit rechtzeitig beleuchtet wird, und daß auch bei Tag die Lampen angezündet werden, wenn Fahrt durch einen Tunnel bevorsteht, in dem die vollständige Verfinsterung länger als eine Minute dauert. Nimmt der Zugführer eine Unregelmäßigkeit im Lauf der Fahrzeuge oder eine Beschädigung an diesen wahr, bemerkt er Mängel in der Gleislage, Fehler in der Stellung, Bedienung oder Beobachtung der Signale, oder erhält er hiervon Mitteilung, so hat er eine Meldekarte auszufüllen und sie dem Aufsichtsbeamten auf dem nächsten Bahnhof zu übergeben. Dieser leitet die Meldung dann schriftlich weiter oder benachrichtigt die zuständige Stelle telegraphisch, wenn es sich um einen betriebsgefährlichen Vorgang handelt. Wenn der Zugführer häufiger einen Überfluß oder Mangel an Plätzen beobachtet, die eine Änderung der Zugzusammensetzung erforderlich erscheinen lassen, so hat er dies gleichfalls durch Meldekarte dem Betriebsbüro der zuständigen Eisenbahndirektion anzuzeigen. Der Lokomotivführer hat aus seinem Bereich gleichfalls derartige Meldungen zu erstatten.

Zur Übermittlung der zahlreichen dienstlichen Meldungen, die dem Zug vorauslaufen oder die Kunde von seinem Verbleib rückwärts tragen, aber auch für die sonstigen, sehr zahlreichen dienstlichen Telegramme, die Blockströme und Läutesignale, laufen neben den Strecken die Drahtleitungen einher.

Nicht alle Drähte an den Eisenbahnstrecken dienen den Zwecken der Bahnverwaltung. An dem Gestänge werden meist auch Postleitungen mitgeführt, um die Kosten für die Anlage besonderer Linien zwischen gleichen Orten zu vermeiden. Die bahneigenen Leitungen sind in Deutschland zumeist dadurch gekennzeichnet, daß die Porzellanisolatoren, an denen die Drähte befestigt sind, einen grünen Streifen tragen.

Ganz besonders mannigfaltig sind die Bestimmungen, welche die Wahrnehmung des Fahrdienstes in Bahnhöfen regeln. Hier ist ja nicht nur für eine ordnungsgemäße und gesicherte Durchbringung der Züge zu sorgen, es müssen auf größeren Bahnhöfen auch Züge gebildet, zerlegt und umgebildet werden, Güterwagen sind an die Schuppen zu schieben, neu einsetzende Personenzüge eine gewisse Zeit vor der Abfahrt an die Bahnsteige zu stellen usw. Die Aus- führung all dieser eben genannten Arbeiten untersteht besonderen Bahnhofsaufsichtsbeamten, oder sie wird vom Fahrdienstleiter mitbesorgt.

Diesem liegt es, wie wir schon wissen, ferner ob, den meist an den Bahnhöfen stehenden Stellwerken die Erlaubnis zum Ziehen der Ein- und Ausfahrtsignale zu geben, nachdem er sich überzeugt hat, daß innerhalb des Bahnhofs der Zugfahrt kein Hindernis entgegensteht, das betreffende Gleis geräumt ist, die Weichen der Fahrstraße richtig liegen.

Bei den sehr langen Fahr- straßen, die heute auf großen Bahnhöfen vorkommen, ist es nicht möglich, daß der Fahrdienstleiter sich vor jeder Zugfahrt persönlich von der Lage jeder einzelnen Weiche überzeugt. Er wird von dieser Verpflichtung dort enthoben, wo die Weichen derart in Ab-

hängigkeit von den Signalen gebracht sind, daß ein Ziehen des für eine Fahrstraße geltenden Signals nur möglich ist, wenn alle zugehörigen Weichen, einschließlich der Schutzweichen, die richtige Lage haben.

Während die Erlaubnis zu Einfahrten nur durch Signale erteilt wird, gehört zur Genehmigung der Ausfahrt auch der Abfahrauftrag an den Lokomotivführer. Dieser Befehl darf gleichfalls nur mit Zustimmung des Fahrdienstleiters erteilt werden, nachdem die Abfertigung des Zugs beendet

1	2	3	4	5	6
Bezeichnung der Züge	Einfahrt		Gleis	Ausfahrt	
	Richtung von	Signal= bild		Signal= bild	Richtung nach
Bahnhof Ratel					
Sämtliche Personen= züge bei Über= holungen	Schnei= demühl		1		Brom= berg
Sämtliche Personen= u. Güter= züge	desgl.		2		desgl.
Güterzüge bei Über= holungen	Schnei= demühl		4		Brom= berg
Güterzug 6753 und nach Be= darf	desgl.		5		desgl.
Güterzüge nach Be= darf	desgl.		6		desgl.
Sämtliche Personen= u. Güter= züge	Brom= berg		3		Schnei= demühl
Güterzug 6754 und Personen= u. Güter= züge bei Über= holungen	desgl.		4		desgl.

483. Aus der Bahnhofsfahrordnung  
Signalbilder einer Bahnhofs-Ein- und -Ausfahrt



ist. Wenn mit der Erteilung des Abfahrtraftrags ein besonderer Aufsichtsbeamter auf dem Bahnsteig betraut ist, was auf großen Bahnhöfen stets der Fall zu sein pflegt, so gilt das Ziehen des Ausfahrtsignals zugleich als diese Erlaubniserteilung durch den Fahrdienstleiter.

Die Benützung der Geleise in jedem Bahnhof, die für die Ein-, Aus- und Durchfahrten von Zügen bestimmt sind, wird für jeden Fahrplanabschnitt durch eine besondere Vorschrift, die Bahnhofsfahrordnung, festgesetzt. Diese bestimmt, welches Gleis jeder Zug zu benutzen hat, und gibt an, wie lange es von ihm benutzt wird. Jedes Übersetzen von Zügen von einem Hauptgleis aufs andere, die Fahrt jeder Lokomotive vom Schuppen bis zum Vorlegen vor einen fahrplanmäßigen Zug sind in der Bahnhofsfahrordnung angegeben. Jedes Gleisstück, das hierbei benutzt, jede Weiche, die durchfahren wird, sind genannt. Auf den Verschiebegeleisen hingegen findet ein freier Betrieb statt.

Damit die Lokomotiv- und Zugbegleitmannschaft weiß, welches Gleis in jedem zu durchfahrenden Bahnhof zu benutzen ist, werden für jede Strecke allgemeine Fahrordnungen aufgestellt. In diesen sind alle diejenigen Angaben der einzelnen Bahnhofsfahrordnungen zusammengestellt, welche für die Zugmannschaft wissenswert sind. Die allgemeine Fahrordnung enthält aber nicht nur die Angaben über die Gleisbenützung, sie teilt auch die Signaltabellen mit, die vor und hinter jedem Bahnhof bei Erteilung einer bestimmten Ein- oder Ausfahr-Erlaubnis entstehen.

Auf allen größeren Bahnhöfen ist ja eine Anzahl von Signalmasten aufgestellt. Jeder Flügel an diesen Masten hat seine besondere Bedeutung. Es entsteht also bei jeder Erlaubniserteilung ein anderes Gesamtbild. Die allgemeine Fahrordnung stellt diese wechselnden Gesamtbilder zusammenhängend und mit Angabe ihrer Bedeutung dar, wie Bild 483 es zeigt.

Der Fahrdienstleiter darf keinen für Personenbeförderung bestimmten Zug vor dessen fahrplanmäßiger Abfahrzeit ablassen. Bei Güterzügen aber ist es erlaubt, die Abfahrzeit bis zu zehn Minuten vorzurücken. Ein Bedürfnis hierfür kann durch die Verkehrsverhältnisse auf einem Nachbarbahnhof eintreten.

Bei noch so sorgfältiger Durchführung aller Verkehrsvorschriften lassen sich Verspätungen nicht immer vermeiden. Die hierdurch eintretenden zeitlichen Umlagerungen von Zugfahrten üben natürlich einen tiefgreifenden Einfluß auf die Strecken- und Bahnhofsfahrordnungen aus. Sinngemäße Umänderungen sind alsdann notwendig, über die Verständigung zwischen den einzelnen in Betracht kommenden Dienststellen stattfinden muß.

Zum Ausgleich der Verspätungen wird die schnellste auf jeder Strecke zulässige Geschwindigkeit angewendet. Um den Reisenden das Erreichen von Anschlüssen nach Möglichkeit zu wahren, haben Anschlußzüge auf den verspäteten Zug zu warten. Da die aus dem Warten entstehende Verspätung der Anschlußzüge aber wieder Unregelmäßigkeiten in den Bezirk hineinbringt, den diese zu durchfahren haben, so sind die Wartezeiten beschränkt.

Ist es notwendig, daß auf zweigleisiger Strecke ein Zug infolge Gleisperrung oder wegen einer anderen Störung ausnahmsweise das falsche Gleis befahren muß, so treten ganz besondere Vorsichtsmaßregeln ein. Alle beteiligten Dienststellen sind zu verständigen, am Blockapparat ist eine Tafel mit der Aufschrift „Strecke gesperrt“ anzubringen, damit der außergewöhnliche Zustand nicht in Vergessenheit gerät. Die Blockeinrichtung tritt außer Tätigkeit, da sie ja

für den jetzigen Zustand nicht eingerichtet ist, und es wird ein umständliches telegraphisches Zugmeldeverfahren zur Erreichung genauester Verständigung angewendet.

Die auf falschem Gleis fahrenden Züge dürfen einander nur in den Abständen der Hauptblockstellen folgen. Der Lokomotivführer darf den Zug erst auf das falsche Gleis hinüberführen, wenn ihm schriftlicher Befehl auf besonderem Formblatt erteilt ist. Bevor der erste Zug das falsche Gleis befährt, sind alle Schrankenwärter und Streckenposten durch Fernsprecher hiervon zu benachrichtigen.

Bei Eisenbahnunfällen, bei großen Bränden oder sonstiger gemeiner Gefahr dürfen alle Züge zum Aufnehmen oder Absetzen von Ärzten, Feuerwehr, Rettungsmannschaft oder bewaffneter Macht aufgehalten werden. Auf offener Strecke kann ein Zug durch Winken mit einer roten Fahne, im Notfall auch schon durch Schwenken der Dienstmütze oder der bloßen Hand zum Stehen gebracht werden.

Es kann vorkommen, daß zwar der Vorbeifahrt des Zugs an einem Hauptsignal nichts entgegensteht, dessen Flügel aber nicht auf Fahrt frei gezogen werden kann, weil an der Stellvorrichtung etwas in Unordnung ist.

Soll ein Lokomotivführer an einem solchen Hauptsignal vorbeifahren, so muß er hierzu gleichfalls schriftlichen Befehl in Händen haben.

Abweichungen von dieser Vorschrift kommen nur auf Stadt- und Vorortbahnen vor, die eine Zugfolge in bestimmten Abständen haben. Signale, die bei Haltstellung auf mündlichen Befehl überfahren werden dürfen, sind durch eine Tafel mit einem M besonders gekennzeichnet.

Wenn ein Zug liegen bleiben muß, weil die Strecke unfahrbar oder die Maschine in Unordnung geraten ist, so muß er durch besondere Maßnahmen nach hinten gesichert werden, falls die Haltezeit länger als acht Minuten währt. Wenn möglich, ist der nächste Bahnwärter damit zu beauftragen, in genügender Entfernung hinter dem Zug die Haltscheibe aufzustellen, oder ein Schaffner ist abzuschicken, der bei hellem Tag durch Schwenken einer roten Fahne, bei Dunkelheit oder Nebel durch Emporhalten einer Signalfackel einen trotz der Signaldeckung dennoch herankommenden Zug aufzuhalten hat. Fahnen und Fackeln, deren Licht selbst starken Nebel zu durchdringen vermag, werden stets im Packwagen mitgeführt.

Wenn ein Eisenbahnunglück geschehen ist, so hat der Zugführer alle nötigen Maßnahmen anzuordnen. Ihm steht der Befehl zu. Der Zug ist nach hinten zu decken, vor allem aber ist, wenn durch den Unfall auch das Nachbargleis für die Gegenrichtung unfahrbar geworden ist, für das Aufhalten der entgegenkommenden Züge Sorge zu tragen.

Kann die Lokomotive mit dem vorderen Zugteil sich noch bewegen, so ist sie zur nächsten Zugmeldestelle zu senden, um dort Mitteilung von dem Vorgefallenen zu machen. Andernfalls hat der Zugführer, sobald die Hilfeleistungen für verunglückte Reisende ihm Zeit dazu lassen, einen Meldezettel genau auszufüllen und einen Boten damit an den nächsten Streckenfernsprecher zu senden, wo dieser den Inhalt wörtlich weiterzugeben hat.

In welcher Richtung der nächste Streckenfernsprecher zu erreichen ist, wird durch Pfeile angezeigt, die an jeder Telegraphenstange angebracht sind. Jedes Wärterhaus, in dem ein Streckenfernsprecher untergebracht ist, trägt an den Seitenwänden ein großes F. Bei allzu weiten Abständen der Wärterhäuschen voneinander sind an der Strecke öfter auch Fernsprecher in kleinen Holzzellen allein aufgestellt.





#### Schneeräumung auf einer Eisenbahnstrecke

Das Schleuderrad vor dem Wagen wirft den Schnee in hohem Bogen zur Seite. Die erste Lokomotive gibt Dampf für die Versorgung der Antriebsmaschine im Wagen ab. Die beiden anderen Lokomotiven treiben den Räumer vor. Nach einer Zeichnung von Leonhard Sandrock. (Zu Seite 298.)



Sobald die Nachricht von einem Unfall den nächsten Bahnhof erreicht hat, setzt die Hilfeleistung sofort ein. Bei größeren Unfällen werden die höchsten Stellen der Bahndirektion, ferner das Reichsverkehrsministerium, die Staatsanwaltschaft und die Polizeibehörden benachrichtigt.

Sobald die Anforderung durch die Meldung des Zugführers eingetroffen ist, wird der auf jedem größeren Bahnhof stets bereitstehende Hilfszug abgelassen. Sein Stamm besteht aus dem Arztewagen mit Operationsraum und dem Hilfsgerätewagen. Zum Mitnehmen von weiteren Beamten, Krankenträgern, Arbeitern und anderen Personen werden gewöhnliche Wagen angehängt. Das Hilfswerk hat sich zunächst auf die Dienstleistung an verletzten Personen zu erstrecken, alsdann sind die gesperrten Geleise freizumachen und der zerstörte Oberbau wiederherzustellen.

\*

Neben der Sicherung der Züge ist der Bewachung und Unterhaltung der Strecke höchste Aufmerksamkeit zuzuwenden. Da der stählerne Pfad immer von neuem sehr große Gewichte zu tragen hat und fortwährend furchtbaren Stößen ausgesetzt ist, so darf man keinen Augenblick darin nachlassen, seine Festigkeit und Tragfähigkeit zu prüfen.

Die Bewachung der Strecke und ihre Pflege sind unmittlere Aufgabe der Bahnmeistereien. Auch alle Bauarbeiten, die auf der Strecke vorgenommen werden, unterstehen der Aufsicht des Bahnmeisters.

Er ist sozusagen der Hausvater der Strecke. Sie muß ihm bis ins letzte Winkelchen bekannt sein, an den kleinsten Zeichen muß er erkennen, wo ein Gebrechen sich auszubilden beginnt, wo schwache Stellen vorhanden sind. Sein Auge muß immer wieder sorgsam und prüfend über die Strecke schweifen, sein Denken so innig mit ihrem Wesen verwachsen sein, daß sie ihm Fehler offenbart, die noch kein anderer wahrnimmt.

Um so enge Beziehungen zwischen dem Bahnmeister und der ihm anvertrauten Strecke zu erwirken, macht man auf Hauptbahnen seinen Bezirk nicht größer, als daß er ihn jeden Tag einmal in aller Ruhe begehen kann. Eine Bahnmeisterei, die nur eine glatte Strecke zu versorgen hat, kann immerhin mehrere Kilometer lang sein. Wenn jedoch eine Mehrzahl von Geleisen zu beaufsichtigen ist, oder wenn gar ein größerer Bahnhof im Bezirk liegt, so wird die zugeteilte Streckenlänge stark verkürzt.

Auf eingleisigen Bahnen wachsen die Längen der Bahnmeistereien naturgemäß am meisten an. Um dem leiten-

den Beamten allzu lange Märsche zu ersparen, stellt man ihm für die Bereisung seines Bezirks meist ein Fahrrad zur Verfügung, das auf den Schienen laufen und leicht auf deren glatter Oberfläche bewegt werden kann. Es ist ein Dreirad; seine Form läßt sich jedoch am treffendsten als die eines Zweirads bezeichnen, das auf einer Schiene läuft und durch einen langen Ausleger gestützt wird, der zur anderen Schiene hinübergeht und dort in einem kleinen Rad endet. Seltsamerweise erinnert der Name gerade dieses Fahrzeugs an den Urvater des Fahrrads, den Freiherrn von Drais, dessen Leben und Wirken in Abschnitt 10 dargestellt wurde. Das Bahnmeisterrad wird Draisine genannt.

Eine Hauptbahn gilt nach der Betriebsordnung als bewacht, wenn sich in allen Blockposten diensttunende Beamte befinden, die Wegübergänge besetzt oder von einem in nicht allzu großer Entfernung aufgestellten Posten durch Schranken verschlossen werden können, und wenn ferner dreimal täglich eine Untersuchung der Strecke stattfindet. Bei Nebenbahnen brauchen nur besonders verkehrsreiche oder unübersichtliche Wegübergänge besetzt zu sein und dies auch nur während der Vorbeifahrt eines Zugs. Hier genügt auch eine einmal täglich vorgenommene Untersuchung der Strecke.

Alle Beamten, die mit der Bewachung der Strecke und der Wegübergänge betraut sind, ferner auch Bahnsteigschaffner und Bahnhofspfortner besitzen die Eigenschaft von Eisenbahnpolizeibeamten.

Unter den Beamten, die bei der Streckenbewachung wirken, nimmt der Bahnwärter am Wegübergang eine besondere Stellung ein.

Denn die Ausübung seines Dienstes ist aufs innigste mit seinem häuslichen Leben verknüpft. Er und seine Familie wohnen dicht am Bahnübergang in ihrem kleinen, stets bescheidenen, aber oft recht malerischen Häuschen. Die Frau hilft dem Mann beim Dienst. Oft dienen auch die Kinder schon der Eisenbahn. Es ist das einer der seltenen Fälle, in denen diese Familienbeziehungen anknüpft.

Für Dienstzwecke hat jeder Bahnwärter in seinem Häuschen die Wärtersignale, welche auf Tafel XIII dargestellt sind, ferner eine rote Notfahne, die gewöhnlich zusammengerollt in einer Lederhülle steckt, ein Signalhorn, um Streckenarbeitern damit Warnungszeichen zu geben, Laternen, die mit farbigen Blenden versehen werden können, Bahnunterhaltungsgerät, wie Schraubenschlüssel, Nagelhammer und Stopfhacke, damit er kleine Schäden, die ihm an der Strecke auffallen, sofort auszubessern vermag. Ferner ist ihm ein Tagebuch zum Eintragen aller wichtigen Betriebsereignisse übergeben, und



484. Streckenläufer

Jedes Hauptgleis wird dreimal täglich von einem dieser Beamten abgegangen. Phot. W. Eichenhaler



er hat im Besitz einer verlässlich gehenden Uhr zu sein. Zum Aufziehen des Läuterwerks hat er eine Kurbel zur Verfügung. Über den Fahrplan seiner Strecke muß der Wärter genau unterrichtet sein, damit er auch bei Ausbleiben des Läutesignals die Schranke rechtzeitig schließt.

Er hat das Gleis im Bezirk des Wegübergangs sauber zu halten, Fremdkörper aus der Spurrinne zu entfernen, bei Glätteis die Schienen mit Sand zu bestreuen, damit weder Tiere noch Menschen, die hinübergehen, zu Fall kommen können. Von der Begehung der Strecke ist er heute meistens befreit, deren Beaufsichtigung liegt vielmehr den Streckenläufern ob.

Kurz nach Ertönen des Läutesignals hat der Wärter die Überwegschranke zu schließen. Er darf dies nicht zu spät tun, aber auch nicht zu früh, damit der querende Verkehr möglichst kurze Zeit behindert wird. Die unmittelbar besetzten Schranken werden durch einen Hebel oder durch ein Griffrad niedergelegt. Die Schließung geschieht entweder auf beiden Seiten zugleich durch eine Kupplung zwischen den Schrankenbäumen, oder es wird jede Seite einzeln geschlossen. Außer den hauptsächlich verwendeten Schranken, die beim Öffnen hochgewunden werden, gibt es auch solche, die seitlich hinausgezogen oder zur Seite fortgedreht werden können.

Viele Schranken werden durch Wärter bedient, die in einiger Entfernung von ihnen an einem anderen Überweg aufgestellt sind. Auf diese Weise spart man besondere Posten. Die Fernbedienung geschieht alsdann durch eine Kurbel, die einen Drahtzug bewegt. Damit kein Vorübergehender von den plötzlich niedergehenden Schrankenbäumen getroffen werden kann, ist ein Warnsignal eingeschaltet. Wenn die Kurbel in Bewegung gesetzt wird, wirkt der sich bewegendende Drahtzug zunächst nicht auf die Schrankenbäume selbst ein, sondern er betätigt zuvor eine Glocke, die etwa zehn Schläge ertönen läßt. Erst nach Beendigung dieses Vorläutens gehen die Schrankenbäume nieder.

Diese bestehen manchmal aus Holz, meistens aber aus Stahlblechrohren, die aneinandergenietet sind und gegen die Spitze des Schrankenbaums zu sich versjüngen. Bei Längen über acht Meter sind die Schrankenbäume durch ein eisernes Sprengwerk gegen Durchbiegung gesichert. Ein bis zum Boden hinabhängendes Gitter soll Kindern das Hindurchkriechen verwehren. Die Last der Schrankenbäume ist durch kräftige Gegengewichte ausgeglichen; die Bäume müssen in jeder Stellung angehalten werden können.

Die vorgeschriebenen Begehungen der Strecken von Hauptbahnen werden größtenteils von besonderen Streckenläufern vorgenommen. Man sieht sie vom Wagenfenster aus häufig in den Geleisen schreiten, die Notfahne, das Signalhorn und eine Tasche mit Werkzeug umgehängt. Sie gehen auf zweigleisigen Strecken stets der Zugrichtung entgegen.

Aufgabe der Streckenläufer ist es, dreimal täglich jedes Hauptgleis abzugehen und alle eingetretenen Fehler abzustellen. Sie haben ihr Augenmerk auf Veränderungen im Gleis, schlechte Lage von Schwellen, Schienenbrüche, Beschädigung der Bettung durch Frost oder Niederschlagswasser, auf lockere Schrauben, herausgezogene Schienennägel, auf den Zustand der Böschungen, Brücken und Durchgänge sowie der Drahtleitungen auf der freien Strecke zu richten. Funde von Wert sind abzugeben, über besondere Vorkommnisse ist ein Bericht zu erstatten. Der Streckenwärter sammelt zugleich fortgeworfenes Papier und ähnliche Reste von der Strecke, jätet das Unkraut ab, so daß der Bahnkörper, wie eine ordentlich verwaltete Wohnung, immer recht sauber aussieht.

Schwere Störungen des Verkehrs können durch starke Schneefälle bewirkt werden. Auf Seite 171 wurden die Vorkehrungen erwähnt, die getroffen sind, um die Geleise nach Möglichkeit vor Schneeverwehungen zu bewahren. Ihre Wirkung ist zwar ausgezeichnet, aber sie stellen doch kein Allheilmittel dar. Aufzuhalten ist ja überhaupt nur der vom Wind seitlich herangetriebene Schnee. Wenn tagelang ununterbrochen die Flocken vom Himmel herniederfallen, so müssen natürlich auch die Geleise allmählich durch meterhohe Schneelasten verschüttet werden.

So gewaltige Bedeckungen treten glücklicherweise nicht häufig auf, aber in jedem Jahr ist doch ausgedehnte Arbeit für die Aufräumung eingeschneiter Strecken aufzuwenden. Man ist bestrebt, mit allen Mitteln Verkehrsstörungen durch Schnee hintanzuhalten.

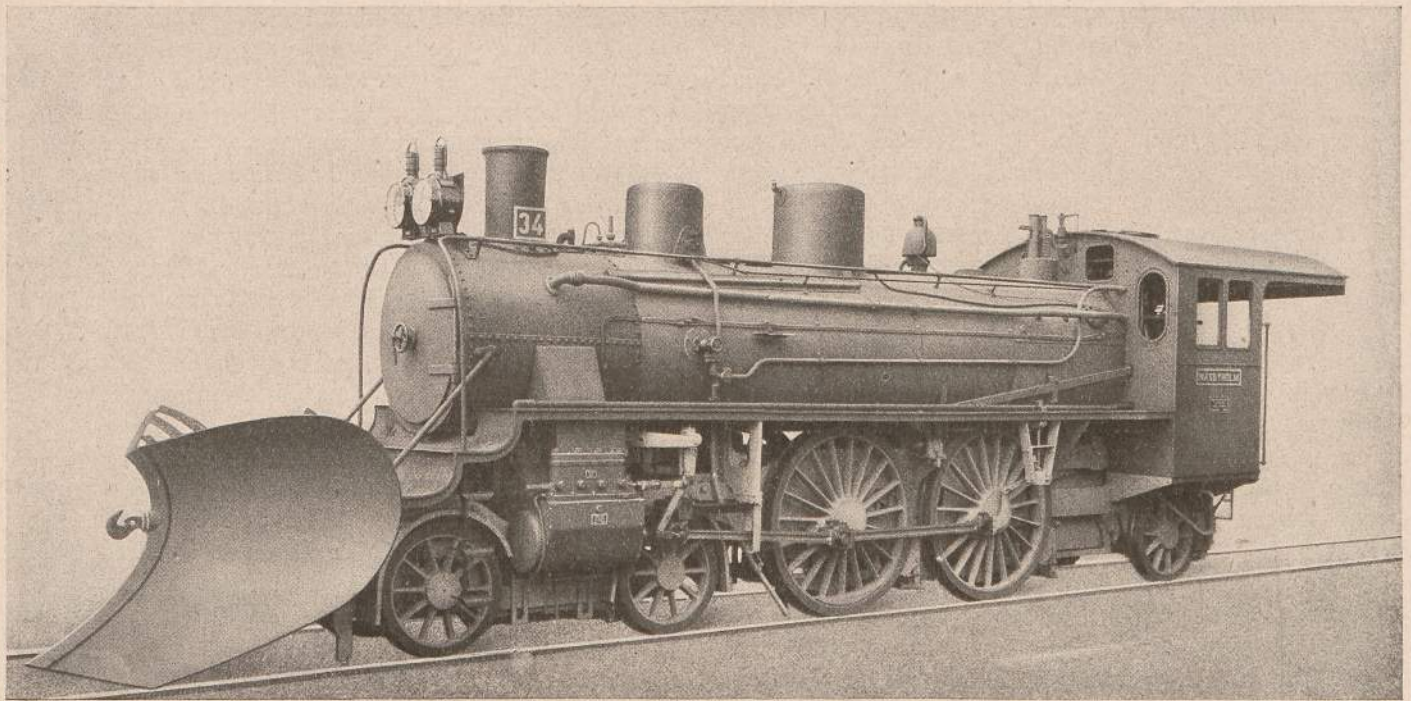
Unter den Puffern jeder Lokomotive, vor dem ersten Räderpaar, befinden sich starke Eisen, die genau über den Schienen laufen und bis in eine Entfernung von wenigen Zentimetern über der Schienenoberfläche hinabreichen. Diese Bahnräumer vermögen, insbesondere wenn Streichbleche oder Besen an ihnen befestigt werden, noch 15 Zentimeter hohen Schnee mit Leichtigkeit von der Lauffläche zu entfernen. Wächst die Schneedecke höher an, dann genügt es nicht mehr, die Schienen selbst freizuhalten, es muß auch der Raum dazwischen und daneben gesäubert werden, da sonst niedrig hängende Teile der Fahrzeuge, wie insbesondere die Aschkasten der Lokomotiven, abgerissen werden könnten. Innerhalb der Umgrenzungslinien des lichten Raums muß der Schnee immer wieder entfernt werden.

Zu diesem Zweck sind große Pflugscharen vorhanden, die vorn an den Lokomotiven befestigt werden können. Sie heben den Schnee an und werfen ihn infolge ihrer gewundenen Form seitlich weit fort. Züge, die eine höhere Geschwindigkeit als 30 Kilometer in der Stunde haben, dürfen jedoch nicht mit vorgesetzten Pflügen fahren. Man pflegt dann, um ihnen das Durchkommen zu erleichtern, einzeln fahrende Lokomotiven mit vorgesetzten Pflügen vor auszuschicken. Auch in den Zuggapen finden solche Fahrten statt, damit der Schnee sich nicht allzu hoch anhäuft. Wenn Züge im Nebengleis entgegenkommen, sollen schneepflügende Lokomotiven stehen bleiben.

In Gegenden, die besonders stark von Schneeverwehungen heimgesucht werden, hält man sehr große Pflüge bereit, die auf eigenen Rädern fahren und oft von mehreren Lokomotiven vorwärts gedrückt werden. In Amerika, wo sehr heftige Schneestürme häufig vorkommen, sind Vorrichtungen besonderer Art für die Streckenreinigung erfunden worden, die auch bei uns jetzt mehr und mehr in Aufnahme kommen. Es sind dies die Schneeschleuder-Maschinen.

Ein Güterwagen, in dem eine besondere große Dampfmaschine aufgestellt ist, trägt vorn ein umfangreiches Schaufelrad, das in rasche Umdrehung versetzt werden kann. Die scharfen Ranten der Schaufeln schneiden den Schnee ab, worauf die Masse in hohem Bogen fortgeschleudert wird. Je nach der Windrichtung läßt man das Schaufelrad bald rechts, bald links herumlaufen, damit der Schnee mit dem Wind fortgeschleudert werden kann, so daß dieser ihn nicht von neuem auf die Strecke zu blasen vermag. Die Antriebsmaschine hat entweder einen eigenen Dampfessel, oder es wird ihr der Dampf durch ein bewegliches Kupferrohr von einer Lokomotive zugeführt. Das Vorschieben muß alsdann von einer zweiten Lokomotive besorgt werden, oft ist es auch notwendig, noch mehr Maschinen anzusetzen.





485. Schneepflug an einer schwedischen Schnellzuglokomotive  
 Lokomotive der Hanomag

Der Zweck der ständigen Streckenbeaufsichtigung ist das möglichst rasche Entdecken von Fehlern, die den über die Geleise hinrollenden Zügen Gefahr bringen können. Im Anschluß daran werden die ständigen Unterhaltungsarbeiten vorgenommen. Die Bahnpflege setzt ein.

Die Festigkeit des Oberbaus wird ständig durch die schädigenden Wirkungen des Wassers und des Rostes beeinträchtigt. Stehendes Wasser erweicht den Unterbau, Frost lockert ihn auf. Das Kleineisenzeug und auch die Schienen werden vom Rost zerfressen. Es kommt der Einfluß der Wärmeschwankungen auf die Geleise hinzu. Durch das unvermeidliche Wandern der Schienen (Seite 196) können die Stoßlücken so sehr verengt werden, daß bei heißem Wetter keine genügende Wärmeausdehnung mehr stattfinden vermag. Die gleiche Gefahr droht, wenn die Laschenschrauben an den Stößen allzu fest angezogen sind, so daß die Schiene sich zwischen den Laschen nicht zu bewegen vermag. Sind sehr hohe Spannungen im Gleis vorhanden, so kann eine Verwerfung der Schienen auf langer Strecke plötzlich eintreten, wenn zur Vornahme von Unterhaltungsarbeiten Schrauben gelöst oder Bettungsteile zwischen den Schwellen entfernt werden.

Die Fahrzeuge wirken fortwährend zerstörend auf den Oberbau ein. Das immer wiederkehrende und rasch verschwindende Gewicht der Achsen bringt Bewegungen in der Senkrechten hervor. An den Stößen werden die Schienenköpfe zerhämmer. In den Krümmungen wird ungleichmäßiges Wandern des innen und außen liegenden Strangs bewirkt, so daß die Stöße bald nicht mehr einander gegenüberliegen. Die Spurweite wird an den gleichen Stellen durch die Fliehkraft verändert, die Schwellenbefestigungsmittel werden durch die fortwährenden Erschütterungen und Beanspruchungen allmählich lose.

Ein ständiges Überprüfen der Spurweiten und der Höhenlagen muß stattfinden. Es gibt Vorrichtungen, die ein genaues Beobachten nach diesen beiden Hinsichten zu gleicher Zeit gestatten. Man ist sogar durch Befahren der Geleise

mit besonderen Apparaten imstande, alle Lagenänderungen auf einem Papier genau aufzeichnen zu lassen.

Um jede Gefährdung der Züge durch Verschwächungen oder Veränderungen im Oberbau zu vermeiden, finden ständig Teilunterhaltungsarbeiten statt, nach gewissen Zeiten müssen vollständige Erneuerungen vorgenommen werden.

Besondere Sorgfalt ist der Unterhaltung der Weichen zuzuwenden. Gefährlich ist hier besonders das Verbiegen der Weichenzungen in der Wagerechten, so daß sie „schnäbeln“, das heißt an den Spitzen nicht mehr eng der Mutterchiene anliegen. Verbiegungen der Zungen in der Senkrechten verursachen schlechtes Ausliegen auf den Gleitstühlen, wodurch leicht Brüche entstehen können. Durch verschiedene Abnutzung der aneinander gefügten Einzelteile der Weichen kann Stufenbildung an den Fahrkanten eintreten. Diese Stufen müssen durch Nacharbeiten oder Auswechseln einzelner Teile beseitigt werden. Am besten werden die Weichen vor Beschädigungen dadurch bewahrt, daß man die Schwellen, auf denen sie liegen, häufig nachstopft, so daß überall eine feste Auflage vorhanden ist.

Das beste Mittel zur Herabsetzung der Unterhaltungskosten ist gute und sorgfältige Grundanlage aller Bauten. Je fester die Geleise von Beginn an gefügt sind, desto länger werden sie den zerstörenden Einflüssen widerstehen können.

Ganz besonders sorgfältig müssen die Brückenbauwerke gepflegt werden. Ist doch ein Brückeneinsturz wohl das furchtbarste Unglück, das im Eisenbahnbetrieb vorkommen kann. Mindestens einmal im Jahr wird jede von Eisenbahnzügen befahrene Brücke untersucht. In längeren Abständen finden außerdem noch besonders eingehende Hauptprüfungen statt. Hierbei wird jede Niet- und Schraubenverbindung auf ihre Festigkeit betrachtet. Gleich beim Bau muß Rücksicht darauf genommen werden, daß alle Verbindungsstellen besichtigt werden können. Die Erfahrung hat gelehrt, jede gelockerte Schraube, jedes lose gewordene Niet zu erkennen. Ergänzungsarbeiten finden sofort statt.



Durch Belastung mit den höchsten zulässigen Gewichten wird festgestellt, ob schädliche Formänderungen in dem Bauwerk stattfinden. Um die Zugänglichkeit aller Brückenteile zu sichern, werden Stellen, die man nicht ohne weiteres erreichen kann, z. B. die Unterseiten von Bogen hochliegender Brücken, sofort beim Bau mit Einrichtungen zum Befahren versehen. Es sind oft richtige Wagen unter die Brücken gehängt, die in der Längsrichtung von Pfeiler zu Pfeiler verschoben werden können und so breit sind wie die Brücke selbst.

Eine wichtige Rolle für die Erhaltung der eisernen Bauwerke spielt der Anstrich. Der Rost frisst ja ununterbrochen an jedem Eisen, das der freien Luft ausgesetzt ist. Schon nach wenigen Monaten kann man starke Abblätterungen wahrnehmen. Derartige Verschwächungen dürfen bei Brücken natürlich nicht zugelassen werden. Aus diesem Grund werden sie häufig mit rostverhütender Farbe gestrichen.

In den Tunneln muß die Erneuerung des Oberbaus größtenteils weit häufiger stattfinden als auf den freiliegenden Strecken. In dem längsten Tunnel Deutschlands, bei Cochem an der Mosel, sind die Schienen meist schon nach sechs Jahren so stark angefressen, daß sie ausgetauscht werden müssen. Ursache ist die schweflige Säure, die in den Lokomotivabgasen enthalten ist und in den Gewölben ungestört ihre schädigende Wirkung zu üben vermag als unter freiem Himmel. Eisenschwellen können in Tunneln kaum verwendet werden, da sie hier weit geringere Haltbarkeit zeigen als Holzschwellen.

Die Tunnelgewölbe müssen, ähnlich den Brücken, häufig nachgesehen werden. Obgleich sie einer Kräfteinwirkung durch die fahrenden Züge nicht unterliegen, sind doch Veränderungen an ihnen, selbst lange Zeit nach Fertigstellung des Tunnels, nicht unmöglich. In dem überlagernden Gebirge sind ja Wasserbecken und Wasserläufe eingeschlossen, die Bewegungen hervorrufen können. So ist am 23. Juli 1905 nach mehrtägigen Regengüssen das Gewölbe eines Tunnels in der Nähe des Bahnhofes Altenbecken bei der Durchfahrt eines Personenzugs eingestürzt. Die aufgelagerten Gebirgsmassen hatten das Mauergerölbe durchschlagen und beide Geleise auf 20 Meter Länge verschüttet. Ehe etwas hiervon bemerkt worden war, fuhr ein Zug auf die Trümmer und dreizehn Reisende wurden verletzt. Also auch an solchen Stellen, von denen man glauben sollte, daß sie in ihrer vollkommenen Ruhe Veränderungen nicht ausgesetzt seien, sind ständige Wartung und Pflege notwendig.

Damit man Risse oder andere Veränderungen in Tunnelgewölben rechtzeitig zu erkennen vermag, werden für die regelmäßig wiederkehrenden Prüfungen Wagen besonderer Bauart benutzt; Bild 486 stellt einen solchen Tunneluntersuchungswagen dar. Durch außen angeordnete Lampenkränze wird beim Befahren ein Gewölbestreifen nach dem anderen taghell beleuchtet. Zugleich können vom Dach des Wagens her Messungen vorgenommen werden.

Die Unterhaltungsarbeiten an den Fahrzeugen haben die sofortige Abstellung aller an diesen auftretenden Mängel zum Ziel. Zu deren Auffindung sind Untersuchungen in regelmäßigen Zwischenräumen vorgeschrieben, und ihre sorgsame Ausführung wird aufs strengste überwacht.

Die Personen-, Post- und Packwagen werden vor Antritt jeder längeren Fahrt, zumeist auf den Abstellbahnhöfen, überprüft. Eine Hauptuntersuchung hat nach der Betriebs-

ordnung bei Wagen, die in Schnellzügen laufen dürfen, alle sechs Monate, bei den übrigen Personen-, Pack- und Postwagen alljährlich stattzufinden. Gewöhnliche Güterwagen werden nur alle drei Jahre untersucht.

Bei Vornahme der Hauptuntersuchung wird jeder Wagen durch einen Kran oder mit Winden angehoben. Die Achsen, die Lager und Tragfedern werden entfernt, das Bremsgeschirr, die Puffer und Kupplungen abgenommen. Jedes Stück wird nun aufs genaueste überprüft, Teile, die mit dick gewordenem Öl überdeckt sind, werden ausgekocht, bis sie vollständig gesäubert sind. Es gibt Auskochvorrichtungen selbst für ganze Drehgestelle. Nach dem Ergebnis der Untersuchung werden die Ergänzungs- und Instandsetzungsarbeiten vorgenommen.

Alle vier bis sechs Jahre findet ein vollständiger Neuanstrich nach Abbeizung der alten Farbe statt. Die Personenwagen werden dazwischen wohl ein- bis zweimal neu auflackiert. Vor dem Verlassen der Werkstatte wird jeder Wagen noch einmal von dem obersten Werkstattheften genau nachgesehen, insbesondere auch sein Verhalten bei einer Probefahrt beobachtet.

\*

### Abfahrt 7 Uhr 27 Minuten.

So ist unter einer Tafel zu lesen, die das Aufstellgleis eines Schnellzugs nach Halle, Nürnberg und München im Anhalter Bahnhof zu Berlin bezeichnet. Schon eine halbe Stunde vor dieser in den Fahrplänen festgesetzten Abfahrtszeit werden die Wagen in die Halle geschoben, die Lokomotive liegt um 7 Uhr 5 vor dem Zug, 7 Uhr 10 hat sie die Bremsprobe beendet. Drei Minuten vor der vorgeschriebenen Abfahrtszeit ertönt der Ruf der Schaffner: „Bitte Platz nehmen!“ Um 7 Uhr 25 werden alle Türen geschlossen, der Zug ist abfahrtsbereit. Der Aufsichtsbeamte heftet sein Auge auf das Zifferblatt der großen Uhr. In dem Augenblick, wenn der Zeiger von der Minutenzahl 26 zu 27 hinüberspringt, hebt er den Befehlsstab, und der Zug setzt sich in Bewegung.

9 Uhr 54 ist als Ankunftszeit auf dem nächsten Anhaltepunkt, im Bahnhof Halle, festgesetzt. Der Zug läuft dort auf die Minute genau ein. Er ist über die ganze Strecke mit Geschwindigkeiten gefahren, die ausschließlich durch den Zustand der Strecke bestimmt wurden. In der Geraden stürmte er mit einer Stundenschnelligkeit von 80 Kilometern vorwärts, bei der Durchfahrt durch Gleiskrümmungen und größere Bahnhöfe ging es etwas langsamer. Aber der Lokomotivführer hatte in der Nähe von Halle weder notwendig, nun das Letzte aus der Maschine herauszuholen, um rechtzeitig anzukommen, noch durch gemächliches Schleichen eine Überhastung wieder auszugleichen.

Bei Fahrten, die ohne Unterbrechung stundenlang währen, würde derartiges unvermeidlich sein, wenn die festgesetzten Fahrpläne nur Abfahrts- und Ankunftszeit bestimmen würden. In Wirklichkeit ist die gesamte Zugmannschaft und also auch der Lokomotivführer im Besitz einer Zeitaufstellung, die ihm aufs genaueste vorschreibt, zu welcher Minute er zwischenliegende Bahnhöfe und andere Teilpunkte der Strecke zu durchfahren hat. Dieser Dienstfahrplan, von dem wir noch zu sprechen haben werden, führt ihn von Streckenabschnitt zu Streckenabschnitt; er gibt den Takt für die Musik der rollenden Lokomotivräder an, gerade wie das Metronom den spielenden Musiker in jedem Augenblick treibt oder zügelt.



Die Regelmäßigkeit des Zugumlaufs, welche durch die genauen Angaben der Fahrpläne erzwungen wird, bedeutet trotz aller Signal- und Blockeinrichtungen doch die stärkste Sicherung des Eisenbahnbetriebs. Wie man vor der Erbauung eines Hauses auf der Zeichnung die Wände mit größter Leichtigkeit verrücken kann, so vermag der Entwerfer des Fahrplans die mächtigen Züge mit der Spitze seines Bleistifts auf den Schienen hin und her zu schieben. Seine Zahlenreihen stellen sie so auf den Geleisen auf, daß sie weder ineinander fahren, noch sich gegenseitig durchschneiden können. Wenn der Fahrplan es unmöglich macht, daß an einer gefährlichen Kreuzungsstelle zwei Züge zu gleicher Zeit durchlaufen, so ist ein Unfall aufs gründlichste ausgeschlossen.

Die Blockposten und die Beamten, welche mit der Zugsicherung betraut sind, können ihre Arbeit am besten und sichersten dann erledigen, wenn Tag für Tag zur selben Minute die Stellung aller Züge auf den Geleisen die gleiche ist. Im Personenverkehr wird diese Gleichmäßigkeit für ungefähr halbjährige Abschnitte durch den Fahrplan erzwungen. Der Güterzugverkehr allerdings muß sich den wechselnden Ansprüchen anschmiegen und häufigere Änderungen über sich ergehen lassen. Auch diese nimmt man nach Möglichkeit so vor, daß sie für längere Zeitabschnitte Geltung behalten.

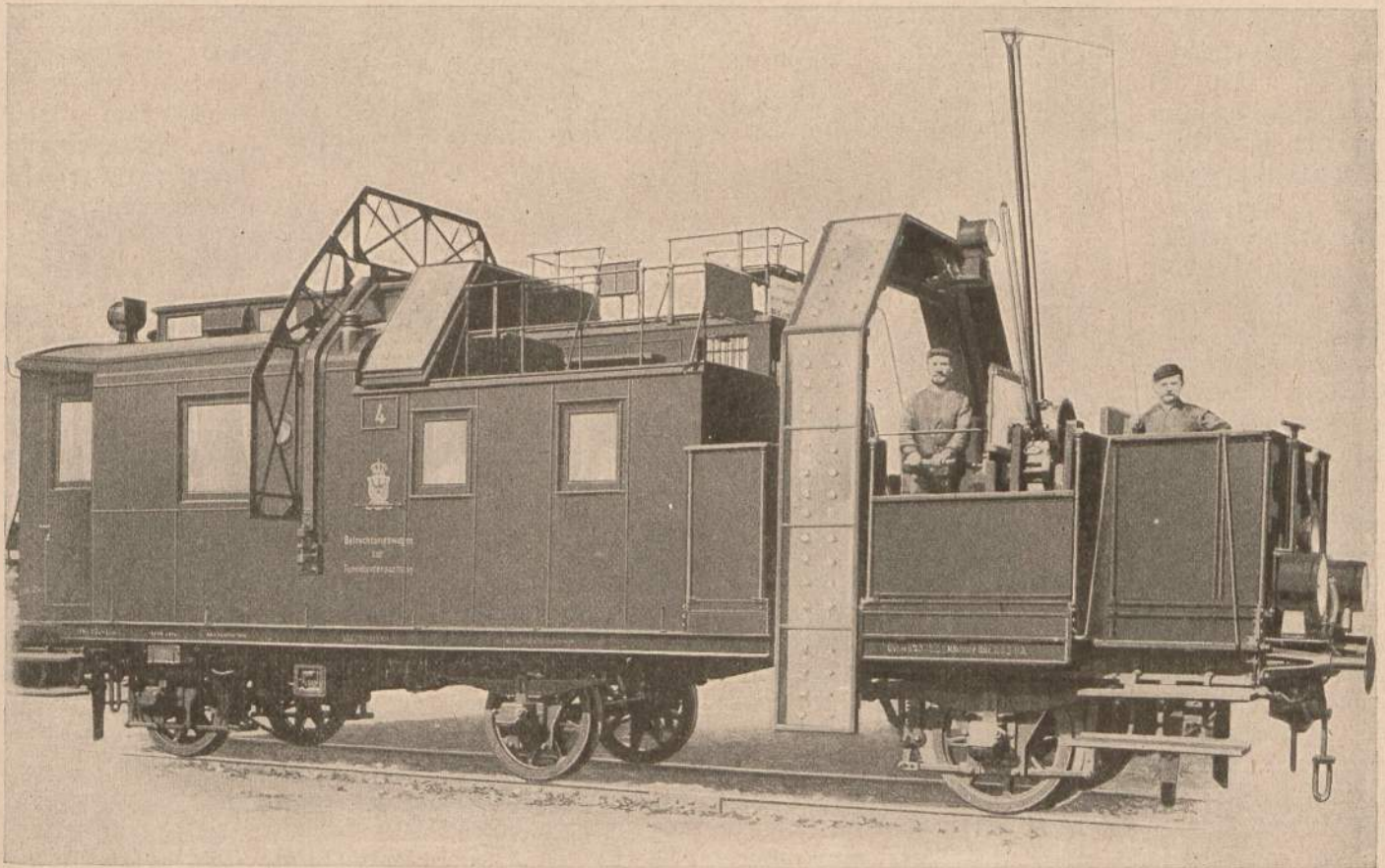
Der Fahrplan hat neben seiner großen betriebstechnischen auch eine überaus wichtige volkswirtschaftliche Bedeutung. Er ist die große Brücke, die eine Verbindung zwischen dem Eisenbahnbetrieb und dem Leben der in dem durchfahrenen Land wohnenden Menschen herstellt. Die Regelung des Zugumlaufs in den einzelnen Verwaltungsbezirken geht von den Lebensbedingungen des Landes aus. Die Eisenbahn hat sich

den volkswirtschaftlichen Ansprüchen anzupassen, sie zu fördern; ja, eine gutgeleitete Verwaltung wird es sich angelegen sein lassen, neue Entwicklungsmöglichkeiten zu schaffen. Die Fahrplanaufstellung hat sich wirtschaftlichen Umlagerungen rasch anzupassen.

Ein erster Entwurf für jeden am 1. Mai oder 1. Juni und am 1. Oktober zur Einführung gelangenden Fahrplan wird nach den Betriebserfahrungen und nach den Beschlüssen der Fahrplanberatungen aufgestellt, die halbjährlich unter Teilnahme sämtlicher deutschen Hauptverwaltungen, neuerdings auch wieder der wichtigsten anderen europäischen Eisenbahnverwaltungen stattfinden. Dieser erste Entwurf geht dem Reichseisenbahnrat zu, in dem Vertreter aller wichtigen Gewerbe sitzen. Die hier geäußerten Wünsche werden, soweit sie mit dem Betrieb in Einklang zu bringen sind, durch Änderung des Fahrplanelntwurfs berücksichtigt. Die so entstehende zweite Aufstellung wird den einzelnen Dienststellen vorgelegt, die nun weitere Verbesserungsvorschläge machen.

Wenn man bedenkt, daß die einzelnen Zugläufe voneinander abhängig sind und einander beeinflussen wie die einzelnen Teile des menschlichen Körpers, so wird man verstehen, welch umfangreiche Arbeit jedesmal vor dem Fahrplanwechsel zu bewältigen ist. Man kann aus dem sorgsam gefügten Gewölbe nicht ein einzelnes Steinchen herauslösen, ohne daß das Ganze in Bewegung gerät. Der Fahrplan für die Personenzüge wird zuerst aufgestellt. Der Güterzugfahrplan hat sich diesem anzupassen.

Sind die Fahrpläne ausgearbeitet, dann müssen im Anschluß daran die Diensterteilungen für das Beamtenheer, die Zugbildungspläne, die Umläufe der Wagen und Loko-



486. Tunnel-Untersuchungswagen

Die Lampenkränze dienen zur Beleuchtung der Tunnelwände und -decke. Mit Hilfe des nach oben und nach den Seiten ausfragenden Gerüsts wird festgestellt, ob die Umgrenzungslinien des lichten Raums überall innegehalten sind. Accumulatoren-A.G., Berlin und Hagen



motiven neu geregelt werden. Der Öffentlichkeit werden die Fahrpläne durch ausgehängte Tafeln und durch die Kursbücher bekanntgegeben.

Die Fahrplanangaben in Form von Zahlen, wie man sie auf den Tafeln an den Wänden der Bahnhöfe und in den Kursbüchern findet, geben dem Betriebsmann keine genügende Übersicht. Er kann aus ihnen wohl die Lage jedes einzelnen Zugs erkennen, aber nicht in jedem Augenblick die Stellungen sämtlicher Züge erkennen, die auf einer Strecke gleichgerichtet oder einander entgegengesetzt laufen. Dies ist jedoch aus sehr vielen Gründen wünschenswert, ja unerlässlich.

Ein vortreffliches Mittel, eine unmittelbare Übersicht über alle Zugläufe auf einer Strecke zu erhalten, sie gewissermaßen sämtlich gleichzeitig vor dem Auge vorbeiröhlen zu sehen, gewähren die bildlichen (graphischen) Fahrpläne.

Auf ihnen ist jeder Zuglauf als eine Linie dargestellt. Diese Linie wird in ein Rechteck eingezeichnet, auf dessen senkrechten Seiten die Zeitabschnitte, auf dessen wagerechten Seiten die Streckenabschnitte aufgetragen sind. Der vorhin erwähnte Schnellzug Berlin—Halle—München (D 24) ist also in dem Teilsfahrplan auf Tafel XVI als eine schräge Linie eingezeichnet, weil er um 7 Uhr 27 abends abfährt und um 8 Uhr 49 Wittenberg erreicht, sein Lauf also als Verbindungslinie

zwischen diesen Zeitpunkten quer durch das Rechteck hindurchgehen muß. Wenn nun an der oberen wagerechten Seite des Rechtecks sämtliche Bahnhöfe und Blockstellen in Abständen eingetragen sind, die den wirklichen Längen der Streckenabschnitte zwischen ihnen entsprechen, so lassen die Schnittpunkte dieser senkrechten Linien mit der Zugschaulinie ohne weiteres den Zeitpunkt ablesen, zu welchem der Zug an jedem einzelnen dieser Bahnhöfe oder an jeder der Blockstellen vorbeifährt. Trägt man in der gleichen Weise sämtliche Züge einer Strecke in das Rechteck ein, so ergeben sich alle Begegnungen, Kreuzungen usw. aus den Schnittpunkten der einzelnen Linien. Es ist ohne weiteres einzusehen, daß die Linienzüge für die eine Richtung von oben rechts nach unten links, die anderen von oben links nach unten rechts laufen müssen. Die einzelnen Zuggattungen werden durch verschiedenartige Ausbildung der Schaulinien, wie starke, schwache, gestrichelte, schwarz oder blau gedruckte Linien, gekennzeichnet. Die

Bedeutung jeder dieser Liniengattungen ist in der Liste links auf Tafel XVI angegeben. Es ist nur noch hinzuzufügen, daß ein N vor der Nummer eines blau gezeichneten Güterzuges einen Nahgüterzug, D einen Durchgangsgüterzug und E einen Eilgüterzug bedeutet. Den Nummern jedes Schnellzugs ist in Klammern die höchste zugelassene Fahrgewindigkeit in Stundenkilometern beigelegt.

Aus der mehr oder weniger starken Neigung der Linien geht die Zuggeschwindigkeit hervor. Vergleicht man z. B. auf unserer Tafel die Neigung der Schaulinien für den D-Zug 156, ab Anhalter Bahnhof 7 Uhr 50, und des vom Güterbahnhof Tempelhof um 8 Uhr 2 entspringenden Güterzugs 7076, so sieht man, daß die Schaulinie für den Lauf des letztgenannten Zugs sehr stark geneigt ist, die des D-Zugs aber flacher liegt.

Zum Durchlaufen der gleichen Entfernung braucht demzufolge der D-Zug eine weit geringere Zeit als der Güterzug. Zugleich sind aus den Schaulinien die Aufenthalte abzulesen. D 35, der von Halle herkommt und 7 Uhr 38 Wittenberg verläßt, läuft in glatter Linie von dort bis zum Anhalter Bahnhof durch. Er ermäßigt seine Geschwindigkeit nur kurz vor der Einfahrt in den Kopfbahnhof, was durch Abfall der Schaulinienrichtung rechts deutlich zu erkennen ist. Der Personenzug 847 aber, der Wittenberg um 8 Uhr 15 verläßt, hält in Züterbog fünf Minuten und in Luckenwalde zwei

#### D 25. Schnellzug Berlin—Schneidemühl—Thorn—Allenstein

Grundgeschwindigkeit: von Schneidemühl bis Bromberg 80 km, von Bromberg bis Thorn 70 km

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10a	10b	11	12
Entfernung Kilometer	Stationen und Blockstellen	Fahrtzeit M.	Ankunft U. M.	Aufenthalt M.	Abfahrt U. M.	Kreuzung mit Zug	Über- holung des Zuges	durch Zug	Kürzeste 45—52 Achsen	Fahrzeit bis 44 Achsen	Es sind von 100 Wagen- achsen zu bremsen	Zug bet zu besetzen
6,6	Schneidemühl	—	708	6	714	—	—	—	7,0	—	88 <sup>(60)</sup>	S 3
3,7	Selgenau Blockst.	—	—	—	22	—	—	—	3,1	—	—	S 5
5,2	Erpel (Bof.)	—	—	—	25	—	—	—	3,6	—	—	—
5,2	Bergtal Blockst.	—	—	—	29	—	—	—	3,6	—	—	—
4,7	Friedheim	—	—	—	33	—	—	—	3,2	—	—	—
7,1	Weißenhöhe	—	—	—	39	—	—	—	4,9	—	—	—
5,9	Fremmert	—	—	—	43	—	—	—	4,1	—	—	—
5,8	Nesthal	52	—	—	48	—	—	—	4,1	46,4	41,0	—
5,3	Schwig Blockst.	—	—	—	22	—	—	—	3,8	—	—	—
4,1	Walben	—	—	—	25	—	591	—	3,0	—	—	—
3,6	Eisenort	—	—	—	28	—	—	—	2,7	—	—	—
4,7	Lubach Blockst.	—	—	—	801	—	—	—	2,7	—	—	—
6,6	Elefin	—	806	1	07	—	6753	—	4,5	—	(65)	—
7,1	Strelau	—	—	—	14	—	—	—	6,6	—	(100)	—
7,5	Fang Abst.	23	—	—	19	—	—	—	4,8	21,5	19,2	—
3,0	Jägerhof Blockst.	—	—	—	25	—	—	—	5,2	—	—	—
3,2	Bromberg	—	830	3	27	—	255	—	2,1	—	(65)	272
3,6	Bleichfelde Blockst.	—	—	—	33	—	6763	—	2,8	—	(100)	326
3,4	Karlsdorf b. Vbg.	22	—	—	38	—	—	—	4,4	—	(90)	—
4,3	Brahman	—	—	—	40	—	—	—	2,4	16,8	15,6	(100)
5,5	Steindorf Blockst.	—	—	—	44	—	—	—	2,4	—	—	—
7,3	Schulitz	—	835	1	56	—	—	—	3,2	—	(85)	—
5,3	Weichselthal	—	—	—	909	—	—	—	4,4	—	(100)	—
6,9	Wobel Blockst.	32	—	—	11	—	—	—	7,7	—	—	—
7,9	Schirpzig (Kr. Th.)	—	—	—	11	—	—	—	3,7	24,5	22,4	—
2,6	Schluselmühle	—	—	—	23	—	—	—	4,7	—	—	—
136,8	Thorn Bf.	—	928	10	938	—	—	—	5,0	—	—	360

Briefbeutel durch Zugpersonal

#### 487. Seite aus einem dienstlichen Fahrplanbuch

Teilsfahrt des Schnellzugs Berlin—Allenstein zwischen Schneidemühl und Thorn

Minuten. Das ist durch Absätze in den Linien dargestellt. Die Länge der Aufenthalte geht aus den angeschriebenen Minutenzahlen hervor.

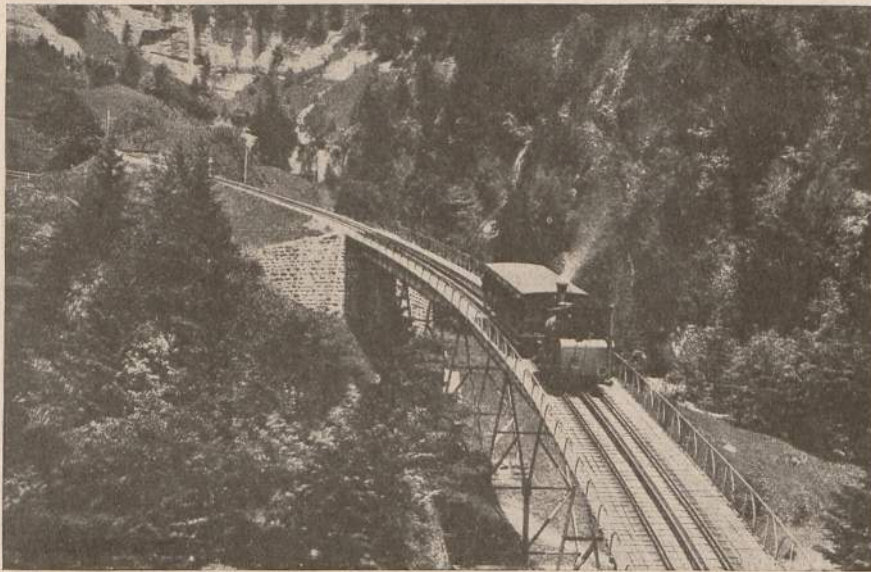
Sehr deutlich sind die langen Wartezeiten von Güterzügen zu erkennen. So verweilt der Durchgangsgüterzug 6702, der um 6 Uhr 28 aus Tempelhof abgeht, in der Überholungsstelle Scharfenbrück fast eine Stunde, nämlich von 7 Uhr 38 bis 8 Uhr 27, und in Züterbog von 9 Uhr 19 bis 9 Uhr 36. Diese langen Fahrpausen sind entweder zur Ausführung von Verschiebewegungen notwendig, oder sie werden eingelegt, damit der langsam fahrende Zug von schneller fahrenden, die auf dem gleichen Gleis in derselben Richtung laufen, überholt werden kann. Der eben genannte Güterzug 6702 läßt in Scharfenbrück 4 D-Züge an sich vorbeiziehen, nämlich D 196, D 24, D 70 und D 156. Aus diesem Beispiel geht hervor, wie vorzüglich die Lage der Züge zueinander aus den bildlichen Fahrplänen zu erkennen ist. Auf unserer Tafel sehen wir den Schnellzug D 196, ab



Anhalter Bahnhof 7 Uhr 13 kurz vor der Blockstelle Dennewitz enden, ebenso scheint der Schnellzug D 53 um 9 Uhr 22 kurz dahinter zu entspringen. Das hat seine Ursache darin, daß diese Schnellzüge nicht die Strecke nach oder von Halle befahren, sondern nach Dresden weiter gehen, oder von dort herkommen. Dicht an der Blockstelle Dennewitz befindet sich die Verzweigung, so daß die Züge erst dort oder nur bis dahin den Bahnkörper benutzen, für den der bildliche Fahrplan hergestellt ist.

Die bildlichen Fahrpläne gewähren die einzige Möglichkeit, die Einwirkung der Veränderung eines Zuglaufs auf alle anderen zu erkennen. Soll ein Sonderzug eingelegt werden, so muß man dessen Schaulinie so anordnen, daß sie keine andere gleicher Richtung auf offener Strecke schneidet. Bei eingleisigen Strecken ist rasch zu sehen, wohin die Kreuzungen am besten zu legen sind. Neuaufstellungen von Fahrplänen sind ohne die zeichnerische Darstellung unmöglich.

Auf den bildlichen Fahrplänen sind zugleich auch die Steigungsverhältnisse der Strecke, ferner sämtliche Krümmungshalbmesser, die Gleisanlagen auf den Bahnhöfen, die Drehscheiben, die Lokomotivschuppen usw. angegeben, so daß im Bedarfsfall ohne weiteres auch erkannt werden kann, wo und in welcher Weise Zusammenführungen, Aufstellungen zur Überholung und Kreuzungen vorgenommen werden können. Man hat auf dem bildlichen Fahrplan stän-



488. Von der ältesten Zahnbahn in Europa

Schnurtobelbrücke der Strecke Bignau—Nigi-Kulm. Nach einer Aufnahme von Photoglob in Zürich

dig die ganze Strecke wie aus der Fliegerschau gesehen vor sich.

Zur besseren Übersicht für die Beamten ist in den bildlichen Fahrplänen jeder Zug mit einer Nummer bezeichnet, und diese Nummern sind auch in die Zahlenfahrpläne übergegangen. Man nimmt gewöhnlich für die Züge einer Richtung gerade Nummern, für die der anderen Richtung ungerade Nummern. Die Schnell- und Eilzüge erhalten die niedrigsten Ziffern zugeteilt, Personenzüge die mittleren, Güterzüge sehr hohe Nummern. Man kann also schon aus der Zugnummer auf die Zuggattung schließen.

Der Zugbegleitmannschaft werden Fahrplanbücher übergeben, die wiederum nach anderen Gesichtspunkten hergestellt sind. Hier ist es ja nicht mehr notwendig, den Zusammenhang der verschiedenen Zugläufe zu betrachten, sondern es handelt sich um möglichst klare Darstellung des einzelnen Zuglaufs, den die Mannschaft zu leiten oder zu begleiten hat. Man findet in dem dienstlichen Fahrplanbuch also einen besondern Fahrplan für jeden einzelnen Zug und hierzu noch eine Reihe anderer für die Mannschaft sehr wichtiger Angaben.

In dem auf der Vorseite abgedruckten Plan ist die Teilsfahrt des Schnellzugs Berlin—Schneidemühl—Thorn—Allenstein

auf der Strecke zwischen Schneidemühl und Thorn dargestellt. Mit Grundgeschwindigkeit wird diejenige Fahrgeschwindigkeit bezeichnet, die der Zug in der wagerechten, geraden Strecke zu bester Ausnutzung der Lokomotivkraft einhalten soll. Die Grundgeschwindigkeit ermäßigt sich vor Bahnhöfen, in denen gehalten werden muß, und beim Anfahren des Zugs, beim Befahren von stärkeren Steigungen, schärferen Krümmungen usw. Spalte 1 gibt die Entfernung zwischen den einzelnen Streckenpunkten in Kilometern an. Spalte 2 zählt nicht nur die Bahnhöfe, sondern auch alle dazwischenliegenden Blockstellen auf. In Spalte 3 sind die gewöhnlichen Fahrzeiten zwischen den durch Querstriche hervorgehobenen Bahnhöfen angegeben, auf denen Aufenthalt stattfindet. Spalte 6 enthält die Abfahrtszeiten für sämtliche Bahnhöfe und Blockstellen, also auch für diejenigen, an denen kein Zug Aufenthalt hat. Spalte 7 wird bei einer zweigleisigen Strecke, wie der hier vorliegenden, nicht aus-

gefüllt, da die Kreuzungen ja hier nur in Form von Zugbegegnungen stattfinden, wobei die Züge einen Einfluß aufeinander nicht ausüben. Für eingleisige Strecken dagegen ist Spalte 7 sehr wichtig. Nach Spalte 8 hat unser D-Zug drei Güterzüge, gekennzeichnet durch ihre hohen Nummern, und einen Personenzug zu überholen.

Bei Verspätungen sind die Angaben der Spalten 10 a und 10 b wichtig. Sie geben nämlich die kürzesten Fahrzeiten

für den Zug in Rücksicht auf seine jedesmalige Achsenzahl an. Wenn für gewöhnlich zur Fahrt zwischen Schneidemühl und Nakel nach Spalte 3 52 Minuten gebraucht werden sollen, so darf diese Zeit bei einer Verspätung und wenn der Zug nicht mehr als 44 Achsen hat, auf 41 Minuten hinuntergesetzt werden. Wie sich die verkürzte Fahrzeit auf die einzelnen Streckenabschnitte verteilt, sagen die angegebenen Minutenziffern.

Spalte 11 gibt Auskunft darüber, wie viele von je hundert Wagenachsen auf der Strecke jedesmal bremsbar sein müssen. Hieraus läßt sich die erforderliche Bremsachsanzahl für jeden Zug entsprechend seiner Gesamtachsanzahl leicht berechnen. Die eingeklammerten Zahlen nennen die Geschwindigkeiten, die für die Berechnung der Bremsachsanzahl maßgeblich gewesen sind.

Spalte 12 endlich gibt die Gattungszeichen für die Lokomotiven an, mit denen der Zug befördert werden soll und darf. Die darunter stehenden Zahlen nennen die Zahl der Tonnen (1000 Kilogramm), die jeder Lokomotive im Höchstfall angehängt werden dürfen.

Der D-Zug hat keine Bahnpost, seine Zugmannschaft nimmt aber geschlossene Briefbeutel zur Beförderung mit.



Aus den Angaben des Fahrplanbuches ist alles zu entnehmen, was für den Zuglauf wichtig ist. Jeder dieser Einzelzug-Fahrpläne ist eine kurzgefaßte, übersichtliche und erschöpfende Beschreibung.

Da der Uhrzeiger an jedem Tag zweimal den Kurs von 12 bis 12 durchschreitet, ist es notwendig, in den Fahrplänen die eine Stundenart, die zum größten Teil in der Nacht liegt, von der andern, die hauptsächlich den Tag umfaßt, zu unterscheiden. Seit dem Jahre 1878 werden, nach dem schon vorher im Postkursbuch üblichen Verfahren, in den amtlichen deutschen Fahrplänen die Zeitangaben, die sich auf die Stunden von 6 Uhr abends bis 5 Uhr 59 morgens beziehen, durch Unterstreichen der Minutenziffern gekennzeichnet. In anderen Ländern, wie z. B. in Italien, benutzt man eine fortlaufende Stundenbenennung von 1 bis 24. Das hat gewisse Vorzüge für die mündliche Benennung und gibt sicherlich auch Ungeübten weniger Anlaß zu Irrtümern. Dennoch hat sich bei uns die 24-stündige Einteilung in den Fahrplänen bisher nicht durchsetzen können.

Aus den Angaben des dienstlichen Fahrplanbuches haben wir bereits deutlich gesehen, daß die Züge durchaus nicht immer mit der höchstmöglichen Geschwindigkeit fahren. Dies würde eine Überanstrengung der Lokomotiven bedeuten, und man hätte auch keinen Überschuß zum Einholen von Verspätungen. Die Fahrzeiten der Züge sind bei uns aber bereits sehr straff gehalten. Bei den Schnellzügen kann nur eine wirklich gut geschulte und tüchtige Mannschaft die verlangte Pünktlichkeit auf die Minute herbeiführen. Die anbefohlene Höchstgeschwindigkeit

seht übereifrigen Lokomotivführern, die es natürlich auch gibt, eine Grenze in der Beschleunigung des Zugs. Wenn diese allzu hoch hinaufgesteigert wird, könnten, insbesondere bei der Fahrt durch Krümmungen, schwerste Gefahren auftreten. Die Sicherheit des Betriebs muß aber selbstverständlich stets der Pünktlichkeit vorangehen.

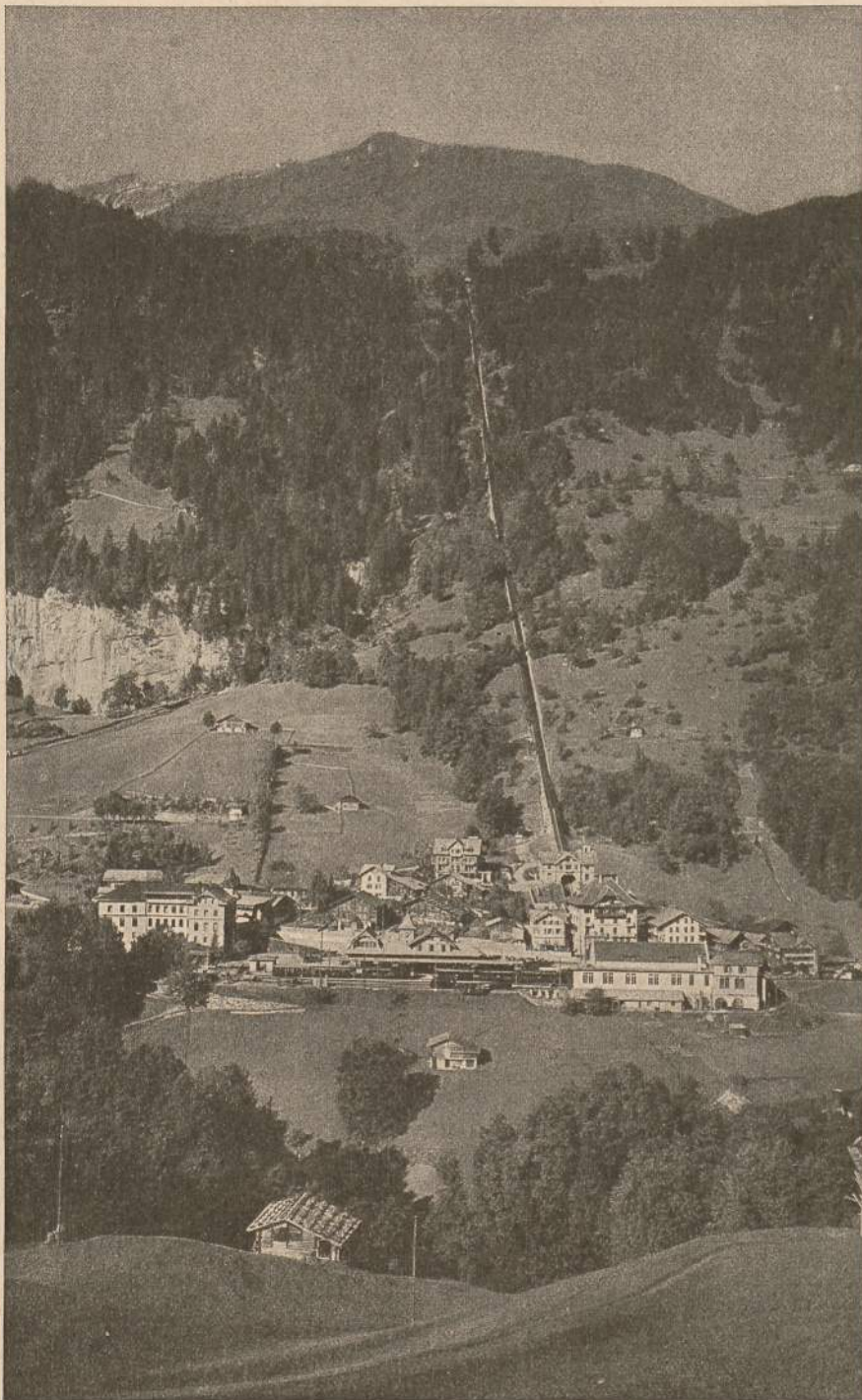
Es ist ferner zu beachten, daß für den Reisenden die höchsten Fahrgeschwindigkeiten eines Zugs durchaus nicht das Wichtigste sind. Ausschlaggebend bleibt für ihn vielmehr die Zeit, welche er zur Zurücklegung der Strecke zwischen zwei Orten gebraucht. Dies ist die Reisegeschwindigkeit. Sie setzt sich aus der Fahrgeschwindigkeit und den Aufenthalten nebst ihren Nebenerscheinungen zusammen. Personenzüge haben öfters eben so hohe Fahrgeschwindigkeit wie die Schnellzüge, aber ihre Reisegeschwindigkeiten sind sehr viel geringer, da sie häufig anhalten müssen, wobei durch die Verlangsamung beim Bremsen und die nur allmählich sich steigende Geschwindigkeit nach der Abfahrt viel Zeit verloren geht. Ihre Reisegeschwindigkeit ist also sehr viel geringer. Es ist deshalb zur Erzielung rascher Verbindungen wichtiger, lange aufenthaltlose Fahrten zu schaffen als sehr hohe Grundgeschwindigkeiten.

Das Bestreben, sehr lange Strecken von

Schnellzügen ohne Aufenthalt durchfahren zu lassen, ist denn auch heute bei allen Bahnverwaltungen zu beobachten.

\*

Die Eisenbahn ist ein Kind der Ebene. Sobald die Züge eine steigungslose Strecke vor sich haben, können sie auf den Flügeln des Dampfes mit Urkraft und Kühner



489. Bergbahn Lauterbrunnen—Mürren (Schweiz)

Nach einer Aufnahme von Photoglob in Zürich



(gleiche Ank.) Züge m. Pers.-Bef. halten weniger  
u. Abf. Zeit | als i. Min. (Aufenth. s. Fahrplanbuch)

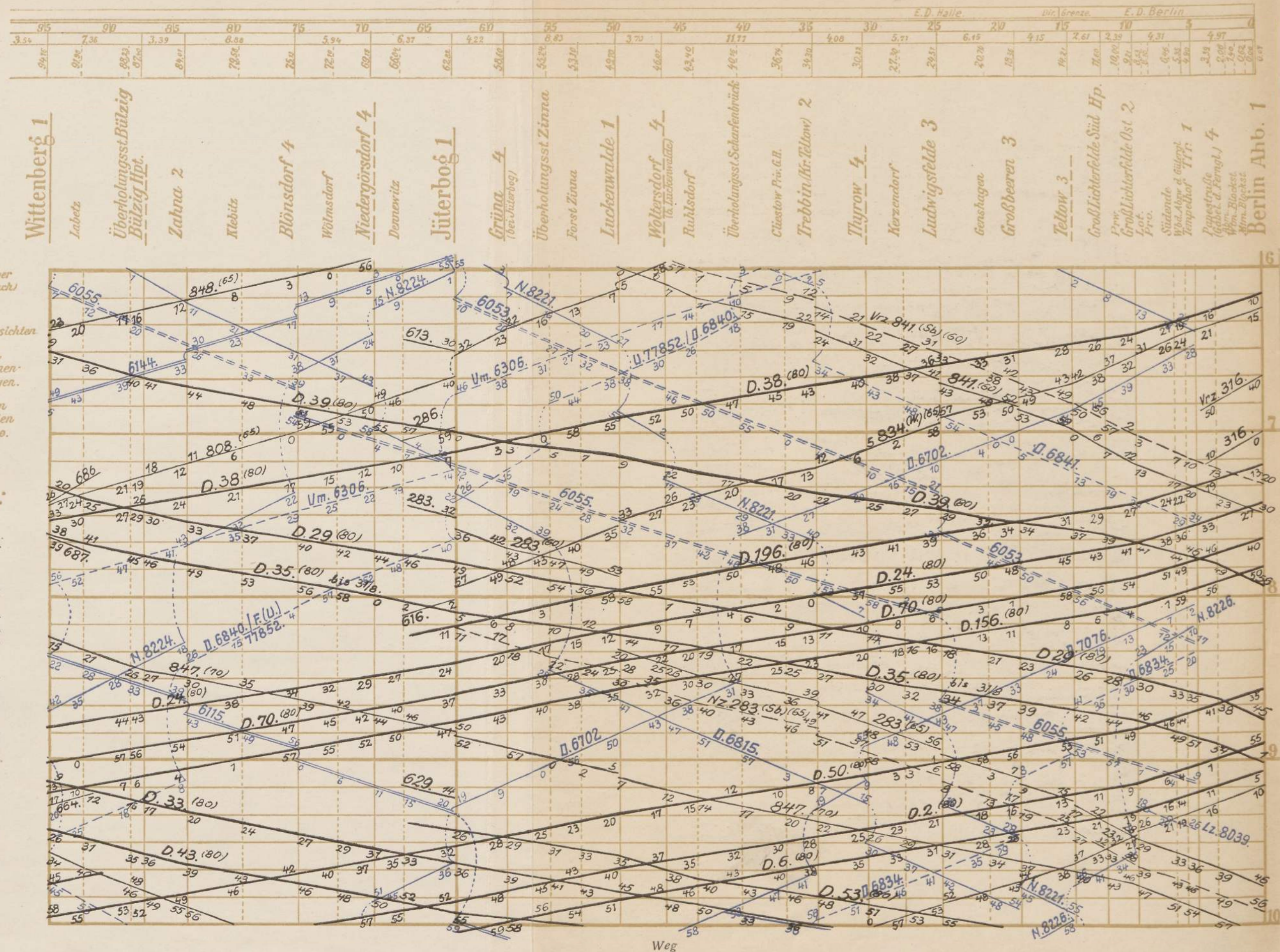
× × Zug hält nach Bedarf

+ + Zug hält nur aus Betriebsrücksichten

durchgehende Linie unter dem  
Stationsnamen bedeutet: schienen-  
freie Zugänge zu den Bahnsteigen.

unterbrochene Linie unter dem  
Stationsnamen bedeutet: freien  
Zugang außerhalb der Gleise.

• hinter der Zugnummer bedeutet:  
Der Zug verkehrt bis auf weiteres



der Strecke Wittenberg—Berlin-Anhalter Bahnhof. Fahrpläne solcher Art werden im Eisenbahndienst verwendet. Sie lassen die Stellung aller auf der Strecke fahrenden Züge zu einander jeder Zeit erkennen. Jede Zugfahrt ist durch eine schräge Linie gekennzeichnet. Wagerrecht ist der Weg, senkrecht die Zeit aufgetragen. Ganz oben Angabe der Entfernungen. In diesem Maßstab sind sowohl die vollen Kilometer wie die Abstände der einzelnen Bahnhöfe und Blockstellen voneinander angegeben. (Zu Seite 302)



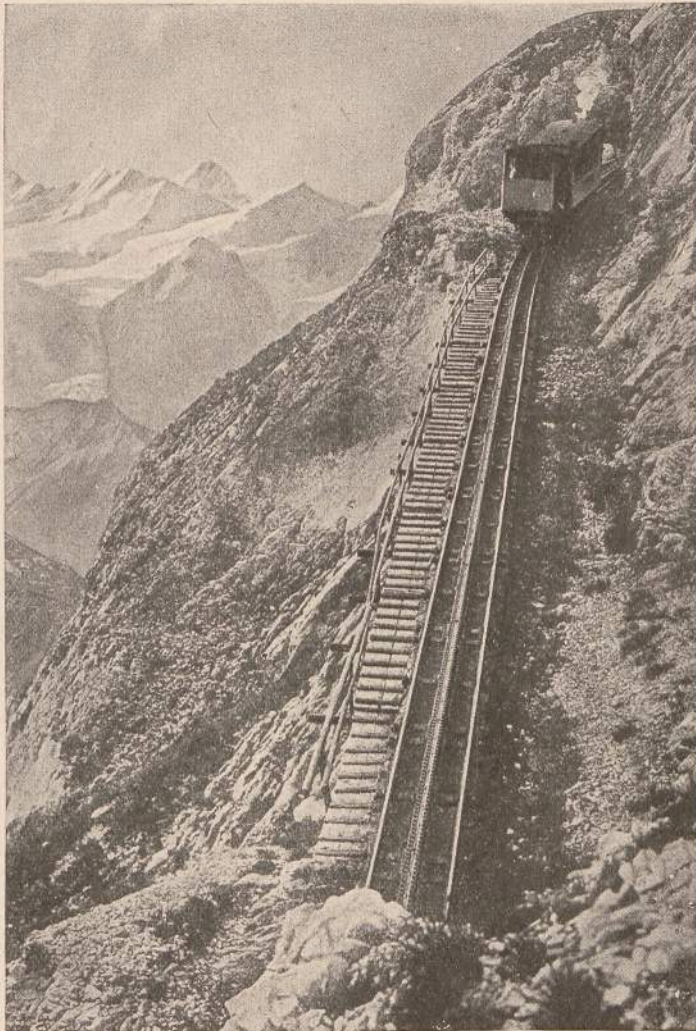
Geschwindigkeit dahinstürmen. Bereits ein verhältnismäßig geringer Steigungswinkel aber setzt die Lokomotivleistung tief hinunter. Dies klar erkannt zu haben, ist ja eines der Hauptverdienste Georg Stephenson's.

Als die Menschheit daran ging, die hemmenden Wälle der großen Gebirge zu überwinden, da waren besondere, außerordentlich kostspielige Vorkehrungen notwendig, um auch hier einigermaßen ausreichende Geschwindigkeiten zu erzielen. Damit die Züge nicht zu hoch hinaufzusteigen brauchten, durchbohrte man mit unendlicher Mühe die Berge. Auch die Zufahrten zu den Tunneln mußten in besonderer Weise ausgestaltet werden. Spitzkehren, Ausfahrten von Seitentälern, große Schlingen und Schleifen wurden gebildet, um die Steigerung für jedes Meter der Vorwärtsfahrt gering zu halten. Die Bergspitzen, nach denen so mancher sehnsüchtige Blick emporschweifte, blieben trotzdem vom Eisenbahnverkehr ausgeschlossen. Erst vier Jahrzehnte, nachdem die Eisenbahn für die Ebene geschaffen war, gelang es, die Lokomotive auch in die Erhabenheit der Bergwelt hinaufzuführen.

Bergbahnen haben zu allermeist nur die Aufgabe, Aussichtspunkte zu erschließen. Das läßt sie betrieblich von vornherein als Bahnen zweiter Ordnung erscheinen. Güterverkehr kommt nur in mäßigem Umfang vor, ein Durchgangsverkehr ist äußerst selten zu bewältigen. Meist handelt es sich nur um eine Betriebszeit während weniger Monate des Jahres.

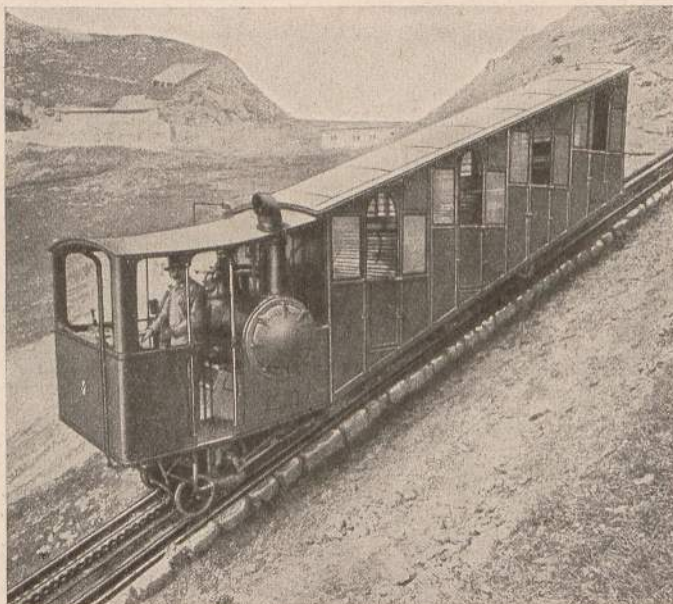
Das legt aus wirtschaftlichen Rücksichten Beschränkungen auf. Man kann nicht daran denken, die sehr starken Steigungen, die hier vorkommen, durch künstliche Längsentwicklungen zu überwinden, denn diese gehören zu den aller kostspieligsten Anlagen. Ein neuer Gedanke mußte entstehen, die Schaffung einer besonderen Bahngattung war notwendig, um hier zum Ziel zu gelangen.

Die Reibung zwischen den



490. Die steilste Zahnbahn: Aufstieg zum Pilatus  
Locher'sche Zahnstange

Die erste wirklich brauchbare Zahnbahn ist in Amerika entstanden; sie führte auf den berühmten Aussichtspunkt Mount Washington in den Weißen Bergen. Der Schweizer Riggenbach hat dann die erste Zahnbahn in Europa gebaut, die Strecke Witznau—Rigi-Kulm.



491. Lokomotive und Wagen der Pilatus-Bahn

Lokomotivrädern und den glatten Schienen ist groß genug, um eine lohnende Zuförderung noch bei einer Steigung von 1:30 zu gestatten. Zahnbahnen aber überwinden noch mit gutem Erfolg Steigungen von 1:4, Seilbahnen auf fester Schienenunterlage können bis zu Steigungen von 1:1,6 verwendet werden, und die Seilschwebbahnen gestatten, bis zum äußersten Grenzfall, nämlich bis zum senkrechten Hub zu gehen, wie er bei Aufzügen angewendet wird.

Freilich muß man bei Verwendung all dieser Sonderbahngattungen auf irgendwie beträchtliche Geschwindigkeiten verzichten. Von den hundert Stundenkilometern des Schnellzugs in der Ebene sinken wir hier auf zehn Kilometer in der Stunde hinunter. Dies ist der Grund, weshalb man für große Gebirgstrecken, wie z. B. die Gotthardbahn, welche Durchgangsverkehr zu bewältigen haben, die außerordentlichen Ausgaben für künstliche Linienentwicklung der Anwendung des Zahn- oder Seiltriebs vorzieht.

Der Grundgedanke, den Riggenbach in den Bau der Bergbahnen gebracht hat, ist der, zwischen die Lauffschienen eine Zahnstange zu legen, in welche ein an der Lokomotive befestigtes Zahnrad eingreift. Die Zahnstange der Witznau—Rigi-Bahn besteht aus zwei aufrecht gestellten Platten, zwischen welche Holzbohlen gesetzt sind, so daß das Ganze einer Leiter ähnelt. Beim Fahren klettert die Lokomotive gewissermaßen an dieser Leiter empor (Bild 494).

Ein Schüler Riggenbachs, Roman Abt, schuf 1882 für die Harzbahn Halberstadt—Blankenburger eine wichtige Verbesserung. Bei der Leiterstange greift immer



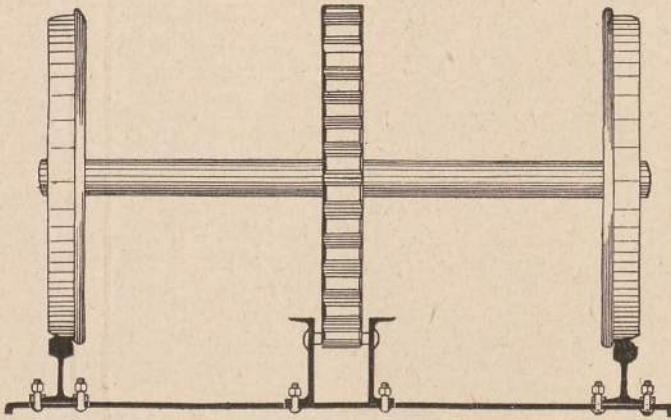
nur Ein Zahn des Lokomotivrads in die Stange ein. Dieser Zahn muß also imstande sein, den gesamten Druck auszuhalten, den das Gewicht des Zugs ausübt. Es spricht gewiß für die Trefflichkeit unserer Eisenbahntechnik, daß ein solcher Radzahn fähig ist, bis zu 10 000 Kilogramm Druck zu ertragen. Wenn man jedoch besonders schwere Züge, z. B. Güterzüge, befördern will, so kommen noch größere Zahndrücke vor. Abt überwindet sie, indem er dafür sorgt, daß zwei, manchmal sogar drei Zähne gleichzeitig eingreifen.

Seine Zahnstange besteht aus zwei oder drei nebeneinander gesetzten, hochkant gestellten Platten, in welche die

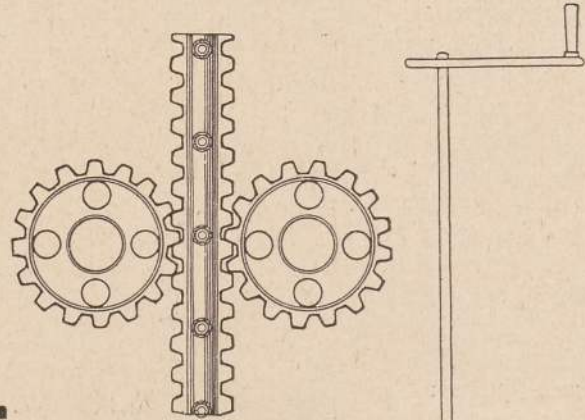
heißt. Da die Zahnwechsel hier glatter vor sich gehen, entsteht auch ein ruhigerer Lauf der Züge.

Im Jahre 1896 schuf Strub für die Jungfraubahn eine neueste Zahnstangenart. Sie wurde notwendig, weil bei sehr starken Steigungen die Gefahr besteht, daß das Zahnrad auf der Stange aufsteigt, das heißt, der Zahn, statt den Zug vorwärts zu ziehen, die Maschine in die Höhe hebt, indem er an der Eingriffsstelle senkrecht emporklettern. Die Folge müßte natürlich sein, daß der Eingriff verloren ginge und der Zug ins Rutschen käme.

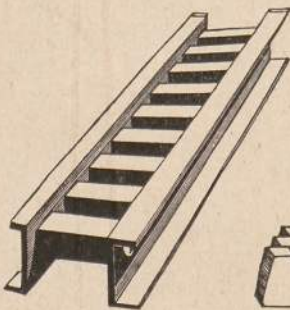
Strub verhindert das Aufsteigen, indem er der Zahnstange die Form einer Breitfußschiene mit keilförmig verdicktem



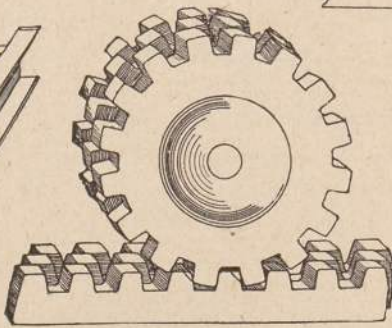
492. Anordnung von Oberbau und Lokomotiv-Hauptachse für Zahnbahnen  
Rechts und links Laufrollen; in der Mitte das Zahnrad, das in die Zahnstange eingreift



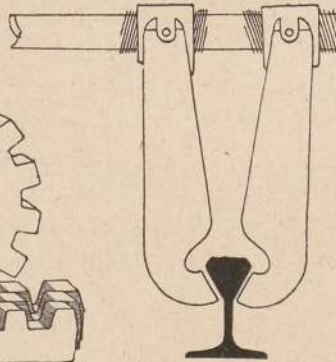
493. Fischgräten-Zahnstange der Pilatusbahn  
Bauart Locher



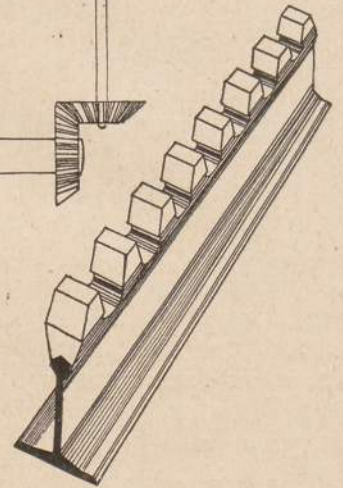
494. Leiter-Zahnstange nach Riggensbach



495. Abtsche Stufen-Zahnstange mit drei Stufenstangen



496. Zangenbremse für Seilbahnen



497. Zahnstange der Jungfraubahn nach Strub

Zähne eingeschnitten, also nicht mehr wie bei Riggensbach eingesetzt sind. Die Zähne sind gegeneinander verschoben, bei doppelter Stange um eine halbe Zahnteilung, das heißt um die Hälfte des Abstands einer Zahnmitte von der anderen. Bei dreiteiliger Stange beträgt die Verschiebung ein Drittel der Zahnteilung. Das an der Lokomotive befindliche Zahnrad besteht gleichfalls aus zwei oder drei fest miteinander verbundenen Scheiben, deren Zähne gegeneinander versetzt sind. Bevor noch der Zahn der ersten Scheibe den Eingriff in seine Stange beendet hat, hat schon ein Zahn der nächsten Scheibe den Eingriff begonnen, und so wirken stets mehrere Zähne zusammen. Die Maschine steigt stufenweis empor, weshalb die Abtsche Vorrichtung auch Stufen-Zahnstange

heißt. In diesen Kopf werden die Zähne eingeschnitten. Von der Lokomotive hängen zwei zangenförmige Eisen hinunter, die um den Keilkopf der Schiene herumgreifen, diesen umfassen, ohne jedoch für gewöhnlich die Zahnstange zu berühren (Bild 496). Ein Aufsteigen des Zahnrads ist dadurch unmöglich gemacht. Die Zange läßt sich auch vortrefflich als Bremse benutzen.

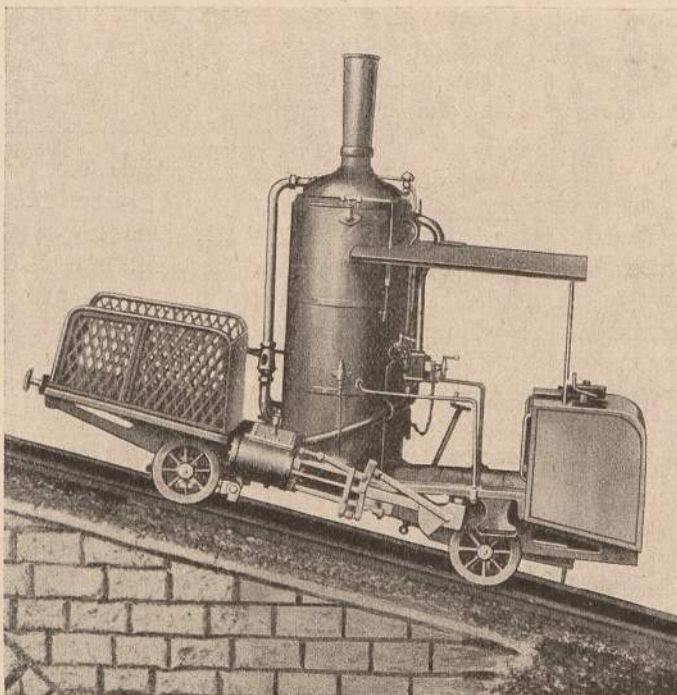
Die Gefahr des Aufsteigens hatte schon im Jahre 1885 beim Bau der steilsten aller bis zum heutigen Tag ausgeführten Zahnbahnen, nämlich der Bahn auf den Pilatus, zur Schaffung einer besonderen Zahnstange geführt, die aber an keiner Stelle Nachahmung gefunden hat. Für Steigungen von 1:2,8, wie sie bei der Pilatusbahn vorkommen,



verwendet man nämlich besser Seilantrieb. Locher, der Erbauer der Pilatusbahn, benutzt als Zahnstange eine liegende Platte, in deren beide Seiten die Zähne eingeschnitten sind. Ein Zahnrad greift von jeder der beiden Seiten ein, so daß Neigung zum Aufsteigen nicht wie beim Eingriff von oben entstehen kann.

Die Anlagen zur Überführung der Fahrzeuge von einem Gleis aufs andere sind bei Zahnbahnen nicht so einfach wie bei gewöhnlichen Bahnen. Weichen findet man bei den Strecken mit Leiter- oder Stufenstangen nur selten, bei der Bauart Locher sind sie gänzlich unausführbar. Man muß sich dann mit Drehscheiben oder Schiebebühnen behelfen, die sehr langsam arbeiten und kostspielig sind.

Beim Betrieb der Zahnbahnen sind zwei Arten zu unterscheiden. Die eigentlichen Bergbahnen, bei denen an allen Stellen starke Steigungen überwunden werden müssen, sind durchgehend mit der Zahnstange ausgerüstet. Eine große Zahl von Strecken ist jedoch so angelegt, daß geringere Steigungen eingeschaltet sind. Zur Erzielung größerer Geschwindigkeiten werden auf derartigen Linien, die oft recht bedeutende Ausdehnung haben und auch einem gewissen Durchgangsverkehr dienen, die flacheren Abschnitte ohne Zahnstange unter ausschließlicher Benutzung der Reibung und demzufolge auch mit größerer Geschwindigkeit durchfahren.



498. Die erste Zahnbahn-Lokomotive in Europa  
Erbaut von Riggienbach im Jahre 1871 für die Bahn Vignau—Rigi-  
Kulm. Nach einem Modell im Deutschen Museum zu München

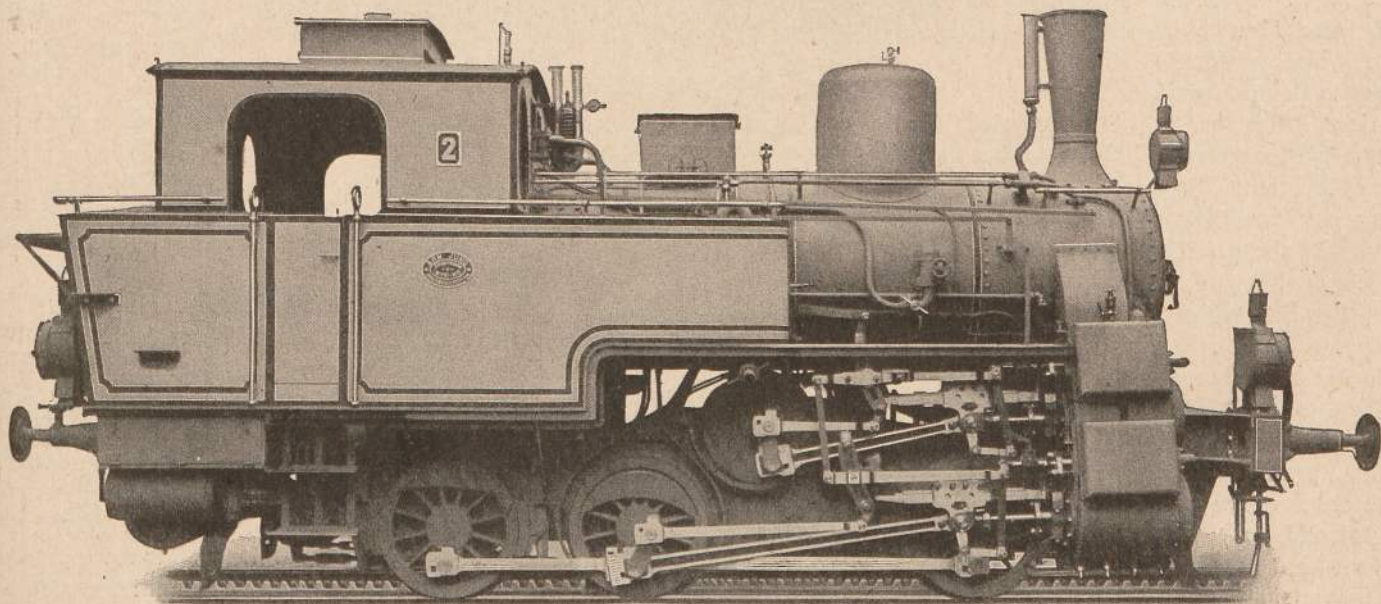
Bei reinen Zahnbahnen steht die Lokomotive stets talwärts. Beim Emporfahren schiebt sie den Zug, bei der Talfahrt hält sie ihn auf. Der gemischte Betrieb gestattet verschiedene Lokomotivanordnungen.

Man läßt oft den Zug von reinen Reibungs-Lokomotiven über die Abschnitte mit flacher Steigung befördern und ersetzt sie für die Zahnstrecken durch besondere Zahnrad-Lokomotiven, die dann gleichfalls stets talwärts vor oder hinter dem Zug stehen.

Wenn ein häufiger Wechsel zwischen Reibungs- und Zahnstrecken stattfindet, wie z. B. bei der Brünigbahn zwischen Luzern und Interlaken, dann wendet man gern gemischte Lokomotiven an, die sowohl als Reibungs- wie als Zahn-Lokomotiven ar-

beiten können. Abt ist es gelungen, solche gemischten Lokomotiven ohne allzu verwickelte Einrichtungen mit zwei gesonderten Triebwerken auszustatten, so daß nach Belieben nur die Reibungsräder oder nur das Zahnrad angetrieben werden können. Die im Bereich der früheren preussisch-hessischen Bahnen liegenden Zahnbahnen werden ausschließlich mit solchen Lokomotiven betrieben.

Die dritte Möglichkeit ist die, der Reibungs-Lokomotive auf der Zahnstrecke ihre Arbeit dadurch zu erleichtern, daß eine Zahn-Lokomotive zum Schieben hinten an den Zug gesetzt wird. Dies geschieht z. B. auf der Höllentalbahn im



499. Neuzeitliche Zahnbahn-Lokomotive  
mit getrennten Triebwerken für Reibungsräder und Zahnrad. Das Zahngetriebe besitzt eine Bandbremse. Erbaut von Arnold Jung in  
Jungental



Schwarzwald, die von Freiburg nach Donaueschingen führt und nur eine verhältnismäßig kurze Zahnstrecke besitzt.

Die erste von Riggensbach erbaute Zahnbahn-Lokomotive hatte einen stehenden Kessel. Heute ist man längst auch bei diesen Maschinen zu dem bewährten liegenden Kessel übergegangen.

Wenn bei gemischtem Betrieb kein Lokomotivwechsel stattfindet, so läuft auch auf den Zahnstrecken die Lokomotive vor dem Zug. Andernfalls dürften auch die Reibungsstrecken nur mit geringer Geschwindigkeit befahren werden, da das Schieben der Züge größere Schnelligkeit aus Sicherheitsgründen ausschließt. Beim Ziehen auf starken Steigungen werden die Kupplungen außerordentlich stark beansprucht. Die gewöhnlichen Verbindungen zwischen den einzelnen Zugteilen können hierbei nicht angewendet werden, man muß vielmehr verstärkte Kupplungen benutzen.

Bei reinem Zahnbetrieb, wo die Lokomotive stets talwärts steht, werden die Zugteile überhaupt nicht miteinander gekuppelt. Denn die Verbindung zwischen den Fahrzeugen, die sonst als eine besondere Sicherheitsvorkehrung angesehen wird, kann hier leicht zu schwerster Gefährdung führen. Versagt nämlich die Bremse der Lokomotive, so müßte deren hohes Gewicht, wenn Verbindungen vorhanden wären, den ganzen Zug talwärts reißen. Deutlich geht diese Wirkung aus der Schilderung eines Unfalls hervor, der sich auf der Pike

Peak-Zahnbahn in Nordamerika ereignete und in der „Eisenbahntechnik der Gegenwart“ wie folgt geschildert wird:

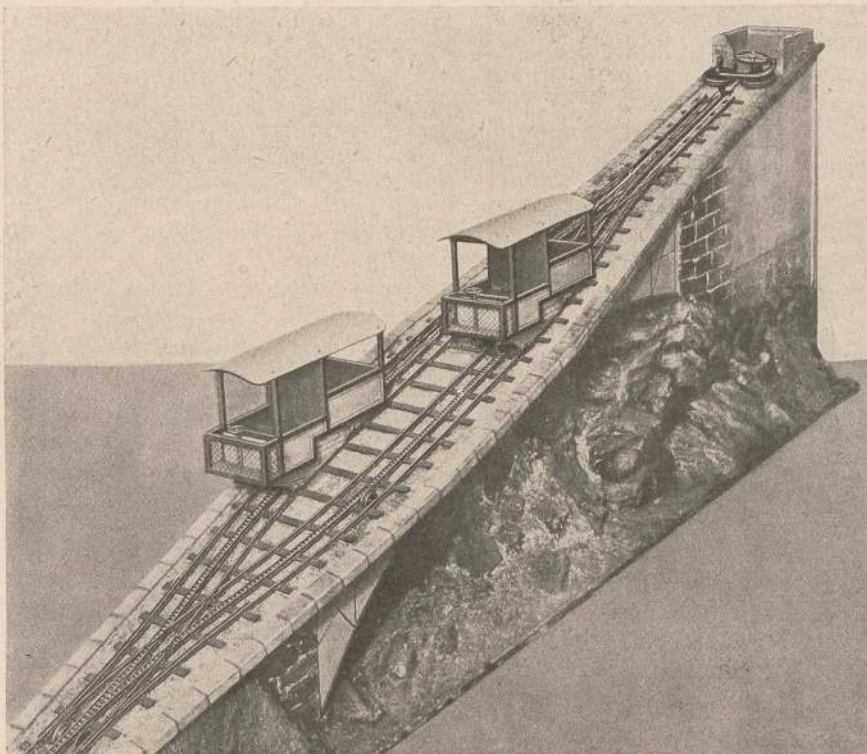
„Die Lokomotive hatte mit einem von Eisenbahnbeamten besetzten Wagen die Talfahrt vom Gipfel hinab angetreten, als die Triebstange der Lokomotive auf einer der steilsten Gefällstrecken plötzlich nachgab und die Lokomotiv-Bremse versagte. Während sich die Geschwindigkeit bedenklich steigerte, wurde der Wagen schleunigst von der Lokomotive losgekuppelt und mit der Handbremse zum Stehen gebracht. Lokomotivführer und Heizer sprangen noch rechtzeitig ab und kamen mit leichten Verletzungen davon. Die Lokomotive rastete inzwischen in wildester Fahrt mit größter Geschwindigkeit abwärts; als sie an eine scharfe Krümmung der Strecke gelangte, entgleiste sie und stürzte in den Abgrund, wo sie in völlig zertrümmertem Zustand liegen blieb.“

Hier wurde also ein schweres Unglück nur dadurch verhindert, daß die Kupplung von der Maschine her durch

eine besondere Vorrichtung gelöst werden konnte. Fortab sind solche lösbaren Kupplungen auf allen Zahnbahnen eingeführt, die sehr steile Streckenteile, aber auch längere ebene Abschnitte haben, so daß die Lokomotive stets an der Spitze der Züge läuft.

Der Ausrüstung des Zugs mit Bremsen ist bei Zahnbahnen ganz besondere Sorgfalt zuzuwenden. Ein Versagen müßte hier stets weit schlimmere Folgen haben als auf ebenen Strecken. Die Lokomotiven besitzen darum außer dem treibenden stets noch ein besonderes Brems-Zahnrad, ebenso ist jeder Wagen mit einem solchen ausgerüstet. Es wird Vorsorge getroffen, daß die stets in die Stange eingreifenden Wagen-Bremsräder auf einfachste Weise durch Ziehen an einem Notbremsgriff von jedem Abteil aus festgehalten werden können und so den Wagen zum Stehen bringen.

Als gewöhnliche Lokomotivbremse sind die in der Ebene bewährten Bremsflöße und auch andere Reibungsbremsen, wie andrückbare Bänder, nicht zweckmäßig. Zwar besitzen die Zahnlokomotiven meist auch Bremsflöße an den Lauf-rädern und Bandbremsen für den Zahntrieb, aber dies sind nur Noteinrichtungen für den Fall des Versagens der Hauptbremse. Bei der Talfahrt muß diese ja andauernd in Tätigkeit sein, um die Zuggeschwindigkeit zu hemmen. Bremsflöße und Bänder würden infolge der langen ununterbrochenen Anwendungszeit sehr bald glühend werden. Man



500. Gießbach-Seilbahn

Mit Wasserballast-Betrieb und Bremszahnstange. Die beiden Wagen sind durch ein Seil verbunden, das oben über eine Rolle gelegt ist. Nach einem Modell im Deutschen Museum zu München

ersetzt sie daher bei den Berglokomotiven durch eine besondere Art der Luftbremse.

Die Dampfzuführung zu den Zylindern wird bei der Talfahrt abgesperrt und die Steuerung, wenn die Lokomotive vorwärts fährt, auf Rückwärtsfahrt geschaltet. Die Folge ist, daß die Kolben bei jedem Hub Luft ansaugen und diese beim Zurückgehen zusammenpressen. Durch einen verstellbaren Hahn kann der Lokomotivführer die zusammengepresste Luft rascher oder langsamer ausströmen lassen, wodurch eine sehr schmiegsame Bremsung entsteht. Da hier durch die Luftpressung sehr viel Arbeit vernichtet wird, entwickelt sich hohe Wärme. Die Erhitzung der zusammengepressten Luft wird dadurch gemindert, daß man ständig kaltes Wasser in die Lokomotiv-Zylinder einspritzt.

Die Maschinen besitzen auch häufig eine dritte Bremse, die selbsttätig angezogen wird, wenn die Geschwindigkeit des fahrenden Zugs über das erlaubte Maß hinauszugehen droht.



Auf Zahnbahnen mit gemischtem Betrieb, bei denen kein Lokomotivwechsel stattfindet, müssen die Zahnräder am Zug imstande sein, ohne Fahrtunterbrechung in die Zahnstange an deren Beginn einzugreifen. Es ist nun nicht zu erwarten, daß der Stand jedes einzelnen Zahnrads stets ein glattes Eingreifen in die starre Stange ermöglicht. Vielmehr wird es häufig vorkommen, daß Zahnkopf auf Zahnkopf trifft. Um Zerstörungen zu verhindern, werden deshalb besondere Zahnstangen-Einfahrten angeordnet.

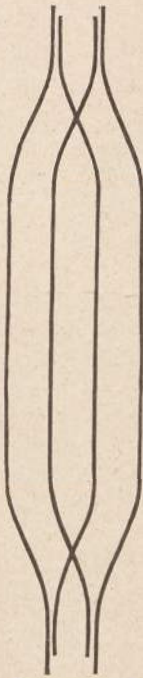
Ein mehrere Meter langes Stück der Zahnstange ist so angebracht, daß es von den Zahnköpfen am Rad leicht hinuntergedrückt werden kann. Sobald der Eingriff erfolgt ist, wird die Zahnstange durch sehr starke Federn, die untergesetzt sind, wieder emporgehoben. Man erleichtert das Zustandekommen des richtigen Eingriffs noch dadurch, daß man die Köpfe der ersten Zähne an der Stange etwas niedriger hält oder eine etwas abweichende Zahnteilung anwendet.

Bei Steigungen, die über das Verhältnis 1:4 hinausgehen, wählt man heute stets Seilantrieb.

Auf derartigen Bahnen, die meist eine Spurweite von einem Meter bis hinab zu 80 Zentimetern haben, laufen für gewöhnlich zwei Wagen, die sich stets zu gleicher Zeit und in entgegengesetztem Sinn bewegen. Sie sind miteinander durch ein Drahtseil verbunden, das an der höchsten Stelle der Bahn über eine Rolle geführt ist.

In einfacher Weise kann der Antrieb dadurch erfolgen, daß ein Behälter in dem an der Berghaltestelle stehenden Wagen mit Wasser gefüllt wird, so daß er beim Hinuntergehen durch sein Übergewicht den anderen Wagen emporzieht. Unten angekommen, wird der Wasserbehälter entleert, der andere inzwischen oben eingetroffene Wagen wird gefüllt. Ein Betrieb dieser Art findet z. B. auf der Gießbach-Seilbahn am Brienzer See und auf der Strecke statt, die von Lugano-Stadt zum Bahnhof hinaufführt.

Es hat sich jedoch gezeigt, daß Wasserballast kein besonders wünschenswertes Antriebsmittel ist, da er auch dort, wo Wasser auf der Höhe leicht beschafft werden kann, durch sein Gewicht zu bedeutenden Ausgaben zwingt. Es ist nämlich die Einrichtung eines besonders



#### 501. Selbsttätige Ausweiche für Seilbahnen

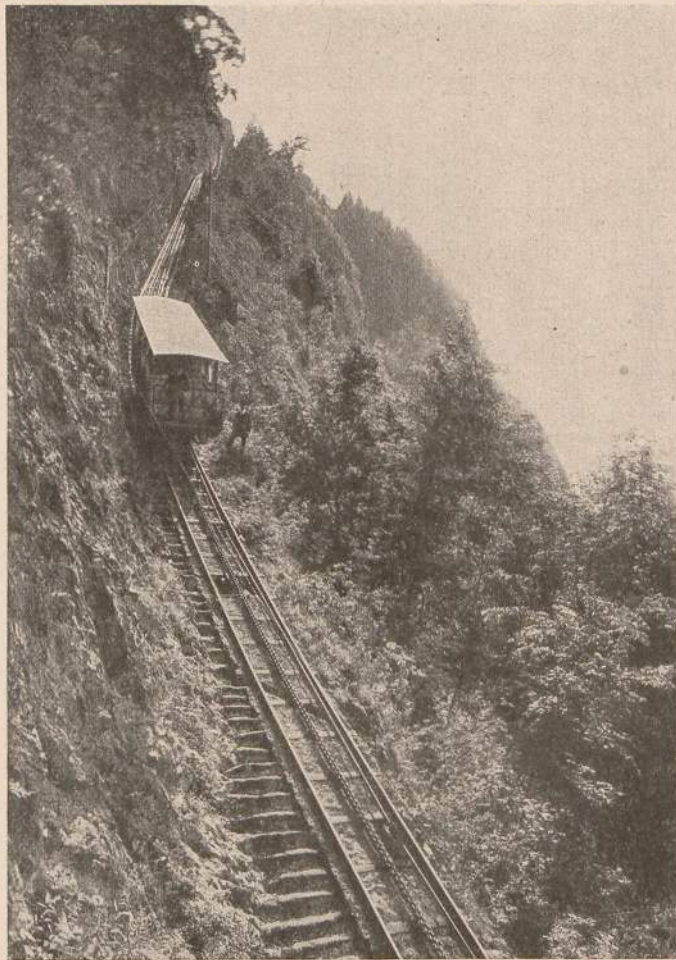
Die Außenräder der Wagen haben doppelte Spurkränze, die Innenräder sind dagegen spurkränzenlos

starken Oberbaus, vor allem schwere Durchbildung der Brücken, notwendig. Auch ist im Gefahrfall ein Umkehren der Fahrtrichtung nicht möglich. Aus diesen Gründen geht man immer mehr dazu über, die Seilrolle, um die das Seil in solchem Fall mehrfach herumgeschlungen wird, durch Maschinenkraft, entweder durch Dampf oder durch Elektrizität, anzutreiben.

Die für Seilbahnen angewendete Zugkraft muß den Widerstand des Wagens und das Gewicht des Seils überwinden. Der Zug, den das Seil auf die antreibende Rolle ausübt, bleibt jedoch nicht gleich. Je weiter der talwärts gehende Wagen nach unten gelangt, desto länger wird der hinabhängende Teil des Seils, der ziehend wirkt. Man braucht also eigentlich eine immer geringer werdende Zugkraft an der Rolle. Da hier jedoch vollständige Gleichmäßigkeit erwünscht ist, so muß man einen Ausgleich anstreben. Am besten ist es, wenn die Steigung nach oben zu immer steiler wird. Die Erleichterung des Antriebs durch das talwärts hängende lange Seilstück

wird dann durch den größeren Widerstand des aufsteigenden Wagens ausgeglichen. Eine solche Streckengestaltung läßt sich jedoch nicht überall erwirken. Man hilft sich in solchem Fall dadurch, daß man die Hinterenden der beiden Wagen gleichfalls durch ein Seil verbindet, dessen Gewicht nun dem des eigentlichen Zugseils entgegenwirkt. Auch durch allmähliches Ablassen von Wasser aus dem zu Tal gehenden Wagen wird gleichbleibende Belastung der Seilrolle herbeigeführt.

Seilbahnen werden meist eingleisig angelegt. Dort, wo die Wagen einander begegnen, also in der Mitte der Strecke, muß eine Ausweichmöglichkeit geschaffen sein. Das Gleis teilt sich hier, und eine einfache Vorkehrung sorgt dafür, daß jeder Wagen stets selbsttätig auf eines der beiden Ausweichgleise gedrängt wird. Man gibt zu diesem Zweck den Rädern, die auf der außen liegenden Schiene laufen, doppelte Spurkränze. Die Räder auf der anderen Seite haben überhaupt keine Spurkränze, sind also nur einfache Walzen. Die Außenschiene läuft an der Ausweichstelle glatt durch. Durch die Spurkränze werden die Räder jetzt gezwungen, der Schienenkrümmung zu



#### 502. Seilbahn auf den Bürgenstock (Schweiz)

Mit Abt'scher Zahnstange zur Bremsung. Nach einer Aufnahme von Photoglob in Zürich



folgen, und so müssen sie auf getrenntem Pfad aneinander vorbeierollen.

Auch auf Seilbahnen findet man häufig eine Zahnstange zwischen den Geleisen verlegt, so z. B. auf der Bergbahn, die von Heidelberg am Schloß vorbei zur Mollenkur hinaufführt. Der Volksmund spricht in solchem Fall meist von Zahnradbahnen, was jedoch eine Täuschung über die tatsächlichen Betriebsverhältnisse ist. Die Zahnstange wird hier nur zum Bremsen benutzt, indem ein nicht angetriebenes, aber feststellbares Zahnrad an jedem Wagen in die Stange eingreift.

Damit die sich bewegenden Seile nicht durch Schleifen auf dem Boden abgenutzt werden, sind zwischen den Schienen Seilrollen aufgestellt, gegen welche sich die Seile nach Vorüberfahrt des Wagens legen. Sehr lange Seilstrecken werden in mehrere Abschnitte unterteilt, zwischen denen umgestiegen werden muß, damit das auf den einzelnen Antrieb fallende Seilgewicht nicht allzu hoch wird.

Bis jetzt haben wir nur von solchen Seilbahnen gesprochen, welche die Form von Standbahnen haben. In sehr großer Zahl sind sie jedoch als Schwebbahnen in Benutzung. Hierbei können die Wagen auf festen Schienen laufen, die an Pfeilern befestigt sind, wie bei der Schwebbahn zwischen Dresden und Loschwitz, oder es treten fest ausgespannte Seile an die Stelle der Schienen. Derartige Drahtseilbahnen sind besonders von deutschen Fabriken in allen Weltteilen erbaut worden. Sie dienen meist der Lastenförderung, z. B. von Bergwerken zu Schiffslandeplätzen oder innerhalb großer gewerblicher Anlagen, werden jedoch auch zur Personenbeförderung benutzt.

Der Hauptvorteil dieser Seilbahnen ist der, daß auch sehr tief zerrissenes Gelände von ihnen durchfahren werden kann. Wollte man zum Queren einer Gebirgsgegend, die fortwährend von tief eingeschnittenen Tälern durchbrochen ist, eine Standbahn anlegen, so wäre diese gezwungen, sich allen Windungen des Geländes anzupassen. Der Weg müßte hierdurch sehr lang werden, so daß die Bahn sehr teuer würde. Die Drahtseile kann man glatt von einem Geländepunkt zum anderen hinüberlegen ohne Rücksicht darauf, was sich dazwischen befindet. Die Spannweiten können ein Kilometer und mehr betragen, so daß die Aufstellung von nur verhältnismäßig wenigen Pfeilern notwendig ist.

Wo es sich um Personenbeförderung handelt, also vollkommene Sicherheit erforderlich ist, legt man stets zwei Tragseile aus, von denen jedes das Wagengewicht mindestens zehnmal auszuhalten vermag. Selbst der Bruch eines der Seile würde also noch keine Gefahr heraufbeschwören. Die Tragseile werden an dem einen Ende fest verankert, am anderen Ende hängen sie frei hinunter und sind mit Gewichten belastet, so daß die Wärmedehnung ausgeglichen wird und

ein gleichmäßiges Durchhängen gesichert ist. Für den Antrieb der Wagen werden besondere Zugseile benutzt. Auch diese werden zumeist doppelt ausgeführt, damit beim Reißen des einen Zugseils der Wagen noch in die Haltestelle geschafft werden kann. Selbsttätige, ausreichend erprobte Hemmvorrichtungen verhindern ein Hinabgleiten selbst im Fall des Reißens beider Zugseile. Die Seilbahnen für Lastenförderung werden in Band IV besprochen. Im nächsten Abschnitt ist die Elberfelder Schwebbahn dargestellt, die in einzigartiger Weise ausgebildet ist.

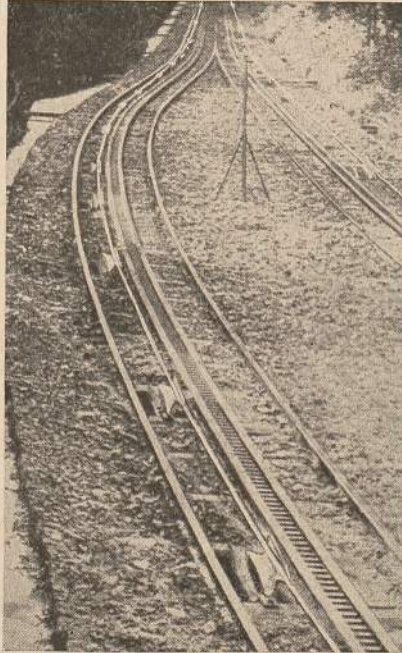
Unter allen Bergbahnen nimmt die Jungfraubahn eine ganz besondere Stellung ein. Und das ist der Fall, obgleich sie weder die höchst gelegene Haltestelle aller Bahnen der Erde hat, noch selbst die am weitesten hinaufbringende Bergbahn ist. Die schon auf Seite 180 erwähnte Peruanische Anden-Bahn überschreitet den Paß auf 4880 Meter Höhe. Die Bergbahn auf den Pikes Peak in Nordamerika fährt bis zu 4320 Metern Höhe hinauf. Der Gipfel der Jungfrau aber ist nur 4166 Meter hoch, die größte von der Bahn bis jetzt erreichte Höhe beträgt 3457 Meter. Aber in den Alpen liegt die Schneegrenze sehr viel niedriger als an den erwähnten Stellen in Amerika, so daß die Jungfraubahn die einzige ist, welche die Großartigkeit der Gletscherwelt in bequemer Weise erschließt.

Vielfach war schon der Plan gehegt worden, die erhabenen Schönheiten der Jungfrau durch eine Bergbahn zu erschließen. Es bedurfte aber erst des großen Gedankens eines mit künstlerischem Blick begabten Mannes, um die richtige Bahnlage herauszufinden. Nach den ersten Plänen stieg die Bahn stets geradenwegs auf den Berg hinauf, so daß sich von allen Punkten aus immer das gleiche Landschaftsbild den Augen geboten hätte, nur mit zunehmender Höhenlage immer weiter sich ausbreitend. Der Schweizer Industrielle Guyer-Zeller erkannte, daß man nicht nur auf das Ziel, sondern auch auf den Weg zu achten habe: damit die Bahn ausreichenden Ertrag abwerfen könnte, mußte sie viele wechselnde Bilder erschließen.

Der Gedanke, wie das gemacht werden könne, kam ihm als echter Genieblitz plötzlich wie eine Erscheinung. Am 27. August 1893 bestieg er mit seiner Tochter von Mürren aus den Gipfel des Schilthorns, von dem man eine prächtige Aussicht auf die zusammenhängende Bergmasse Eiger-Mönch-Jungfrau hat. Guyer war die ganze Zeit über nicht

lich mit einem Gedanken beschäftigt; plötzlich blieb er stehen und rief freudig aus: „Nun habe ich's gefunden!“ Noch in derselben Nacht fertigte er trotz der Müdigkeit, welche die schwere Bergwanderung dem mehr als fünfzigjährigen Mann verursacht haben mußte, eine Zeichnung an, die den ihm vorschwebenden Lageplan der Jungfraubahn darstellte.

Die Zeichnung trägt den Vermerk: „11—1½ Uhr nachts, Zimmer Nr. 42, Kurhaus, 27. bis 28. August 1893. G.-Z.“



503. Seiltragrollen

Das Seil legt sich selbsttätig auf diese Stützen auf. Schloßbergbahn in Heidelberg mit Bremszahnstange



504. Stück eines Tragseils für Seil-Schwebbahnen  
Hergestellt von A. Bleichert & Co., Leipzig-Gohlis



Die genaue Datierung ver-  
rät, daß Guyer sich der Trag-  
weite seines Gedankens voll  
bewußt war. Und wirklich  
ist die Bahn genau so gebaut  
worden, wie er ihre Lage da-  
mals vorgezeichnet hat; selbst  
nach seinem Tode wurde  
nichts Wesentliches daran ge-  
ändert.

Die Strecke steigt jetzt erst  
nach weitem Umweg durch  
Eiger und Mönch zur Jung-  
frau hinauf. Dadurch wird  
bewirkt, daß jede Haltestelle  
einen ganz neuen und über-  
raschenden Blick eröffnet, daß  
die Aussicht in angenehmer  
Steigerung stets an Groß-  
artigkeit zunimmt.

Am 19. September 1898  
wurde die erste Haltestelle  
„Eigergletscher“ eingeweiht.  
Erst vier Jahre nach  
Guyer-Zellers Tod war der  
nächste Bahnhof „Eiger-  
wand“ erreicht. 1905 folgte  
die Haltestelle „Eismeer“,  
und 1912 war das „Jung-  
frauoch“ erstiegen. Die  
Fortsetzung ist noch nicht



505. Wagen der Seil-Schwebebahn auf der Kohlern bei Bozen  
Ausgeführt von Bleichert & Co., Leipzig-Gohlis

begonnen. Es besteht die Ab-  
sicht, die eigentliche Bahn  
nicht unmittelbar auf den  
Gipfel hinaufzuführen, son-  
dern sie unter diesem enden  
zu lassen und für das letzte  
Stück einen senkrechten Auf-  
zug vorzusehen.

Die Jungfrauabahn ent-  
springt auf der Kleinen  
Scheidegg, wo sie an die  
von Lauterbrunnen und Grin-  
delwald herkommende Wen-  
gernalp-Bahn angeschlossen  
ist. Sie ist eine Zahnrad-  
bahn mit elektrischem Antrieb.  
Bis zur Haltestelle „Eiger-  
gletscher“ fährt sie auf offe-  
nem Gleis. Von da ab steigt  
sie in geschlossenem, in den  
Fels gesprengtem Tunnel em-  
por. Die Haltestellen sind  
Durchschläge des Tunnels  
durch den Fels, Fenster ge-  
wissermaßen, die in den  
Bergwänden eröffnet wur-  
den. Auf dem Bahnhof  
„Eismeer“ befindet sich ein  
großes, neuzeitlich eingerich-  
tetes Hotel, das mit elektri-  
scher Küche und elektrischer



506. Zum Pao de Alfucar  
Seil-Schwebebahn in Rio de Janeiro. Erbaut von J. Pöhlig, A.-G. in Köln



Heizung alle Bequemlichkeiten bietet. Das Entzücken, welches die Ausblicke von den Haltestellen der Jungfrau-Bahn den Reisenden gewähren, ist unvergleichlich. Keine andere Bahnstrecke auf der Erde vermag auch nur entfernt ähnliche Naturgenüsse zu bieten, wie die bequemen Wanderungen durch die gewaltige Gletscherwelt von den oberen Bahnhofen her sie ermöglichen.

\*

Als der greise Dichter Wilhelm Jordan, der Neubichter der Nibelungen saga, eines Tages in seinem Stübchen zu Frankfurt am Main arbeitete, wurde er durch Pflasterarbeiten gestört. Ärgerlich öffnete er das Fenster und rief hinaus: „Aber Kinder, wozu macht ihr solchen Lärm? Das alte Pflaster war ja noch ganz gut!“ Worauf ihm ein Arbeiter, der wohl eine ungewöhnliche Bildung besaß, schlagfertig entgegnete: „Na, das olle Nibelungenlied war ja auch noch ganz gut!“

Die Erinnerung an diese Anekdote wird wachgerufen, wenn wir nun darangehen, den elektrischen Ausbau der Eisenbahnen zu besprechen. Nach allem, was in den vorstehenden Ausführungen dieses Abschnitts dargelegt worden ist, wird der Leser fragen: „Wozu elektrischer Betrieb? Die alte Dampflokomotive ist ja auch noch ganz gut!“ Das ist in der Tat der Fall. Die Dinge liegen durchaus nicht so, daß die Fernbahnen unbedingt und schleunigst für elektrischen Betrieb ausgebaut werden müßten. Man ist hier keineswegs am Ende der Betriebsmöglichkeiten, wie es zum Beispiel bei den Pferdebahnen der Fall war, als bei diesen elektrische Förderung eingerichtet wurde. Die Straßenbahnen haben dadurch eigentlich erst ihre Lebensberechtigung im neuzeitlichen Verkehrsreich erkämpft. Die Fernbahnen aber sind, wie wir gesehen haben, auch bei der Verwendung von Dampfkraft durchaus als neuzeitliche und befriedigende Verkehrswerkzeuge anzusprechen. Wenn trotzdem ihre Umgestaltung kraftvoll und sicherlich unaufhaltsam angestrebt wird, so muß das Gründe besonderer Art haben.

Man kann die Vorteile des elektrischen Fernbahnbetriebs kurz in folgenden Punkten zusammenfassen.

Durch Vereinigung der gesamten Krafterzeugung in wenigen großen Werken werden die Betriebskosten hinabgesetzt.

Es können minderwertige Brennstoffe verwendet und aus ihnen Nebenerzeugnisse gewonnen werden.

Die elektrische Lokomotive vermag eine größere Leistungsfähigkeit zu entfalten. Sie braucht kein totes Gewicht in Form von Vorräten mitzuschleppen.

Die elektrische Lokomotive kann länger in ununterbrochenem Dienst bleiben, läßt sich also weit besser ausnützen.

Der Dienst der Lokomotivbeamten wird bedeutend erleichtert, da die Handhabung der elektrischen Steuerung einfach und bequem ist.

Die Reisenden werden nicht mehr durch Rauch belästigt; die Beschädigungen der Eisenbahnanlagen durch die im Rauch enthaltenen Säuren fallen fort, desgleichen die Flurschäden, welche durch den Funkenwurf der Lokomotiven entstehen.

Die Errichtung großer Bahnkraftwerke gibt Gelegenheit, elektrischen Strom für Gewerbe und Beleuchtung zu billigen Preisen über weite Landstrecken abzugeben.

Die Energie für elektrischen Bahnbetrieb kann durch Wasserkräfte erzeugt werden.

Im folgenden sollen nun diese

Hauptvorzüge des elektrischen Bahnbetriebs näher betrachtet werden.

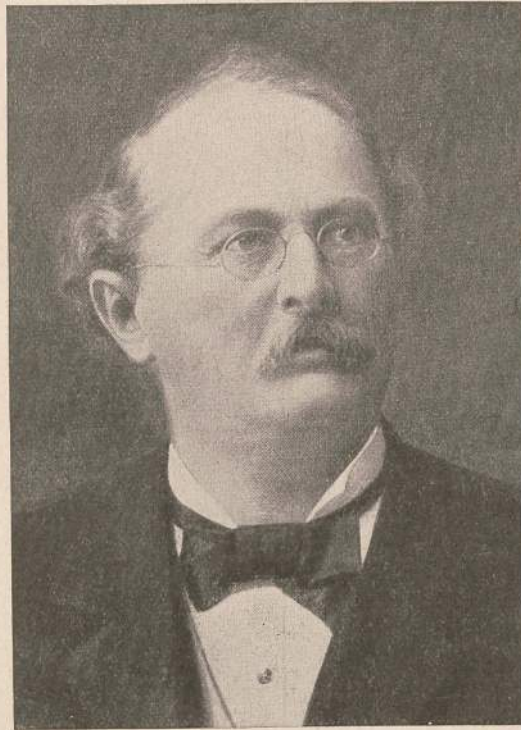
Die elektrische Zugförderung allein macht es möglich, die Krafterzeugung in wenigen Stätten zusammenzufassen, die mit großen Maschineneinheiten ausgerüstet sind. Das ist

von umfassender Wichtigkeit. Denn der Betrieb von Eisenbahnen, wie er jetzt im allgemeinen noch besteht, unterscheidet sich zu seinen Ungunsten von den allgemein anerkannten Grundsätzen für die Gestaltung technischer Anlagen.

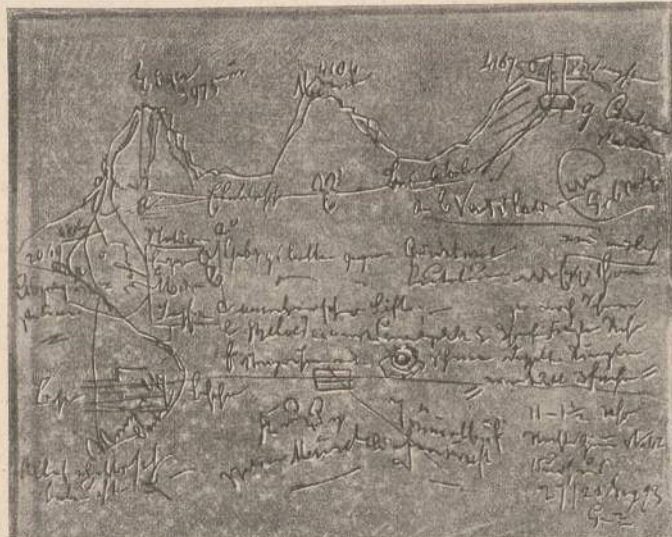
In jeder Fabrik ist man bestrebt, die Krafterzeugung an Einem Punkt zu vereinigen. Eine einzige große Maschinenanlage liefert die Krafteinheit stets billiger als eine größere Zahl verstreuter kleiner Anlagen. Die Summe der Einzelteile, welche der Abnutzung unterliegen und ständiger Wartung bedürfen, wird dann geringer; die vielen kleinen Bauteile lassen sich

zu großen Maschinenteilen entwickeln, die weniger Verluste durch Reibung und ähnliches ergeben. Insbesondere aber ist die Ausnutzung des Heizstoffs ins Auge zu fassen.

Schon die Tatsache allein, daß an Stelle der vielen



507. Guyer-Zeller  
der Erbauer der Jungfrau-Bahn



508. Erster Entwurf für die Führung der Jungfrau-Bahn  
Gezeichnet von Guyer-Zeller in Mürren in der Nacht vom 27. zum 28. August 1893



Einzelfeuer unter den Lokomotivkesseln Ein gewaltiger Brand in einem großen Dampfkraftwerk entzündet werden kann, ist ein hoher Vorteil, da auf diese Weise die Wärmekraft des Heizstoffs weit besser ausgenutzt wird. Dazu kommt, daß in den großen ortsfesten Kräfteerzeugungsstellen minderwertiger Brennstoff verfeuert werden kann.

Auf dem Tender der Lokomotive muß stets beste Steinkohle liegen. Sie allein ermöglicht es, die Feuerung bei mehrstündigen Fahrten richtig im Gang zu erhalten, weil sie verhältnismäßig wenig Schlacke bildet. Der Heizer auf einer großen Schnellzuglokomotive ist ja voll beschäftigt, wenn er ständig für rechtzeitige Zuführung der Kohle sorgt und die zahlreichen Hebel an der Maschine bedient. Es ist ausgeschlossen, daß er häufiger gründliche Reinigungen des Rostes vorzunehmen vermag. In der ortsfesten Anlage dagegen kann die sehr asche-reiche, billige Braunkohle in großräumigen Anlagen bequem verfeuert werden. Durch Anordnung von Treppenrosten und sonstige Hilfsanlagen ist eine gründliche Verbrennung herbeizuführen.

Für Deutschland ist die Möglichkeit der Benützung von Braunkohle für den Bahnbetrieb sehr wichtig. Wir haben zwar noch einen großen Besitz an Steinkohle, aber die Bergwerke, in denen sie gefördert wird, befinden sich sämtlich an den Grenzen des Reichs.

Einen beträchtlichen Teil davon haben wir bereits verloren. Braunkohle aber liegt in größter Fülle im Herzen des Reichs, so daß sie nach menschlichem Ermessen feindlichen Eingriffen nicht ausgesetzt ist. Wir werden immer ausreichende Mengen davon zur Verfügung haben.

Die Dampflokomotive verursacht große Verluste am Volksvermögen auch dadurch, daß bei der unmittelsbaren Verbrennung, die in ihrer Feuerung stattfindet, wichtige und teure Stoffe, welche in der Kohle enthalten sind, nicht ausgenutzt werden können, sondern gänzlich verloren gehen müssen. Die großen Fortschritte, welche die chemische Technik in der letzten Zeit gemacht hat, gestatten, aus der Kohle, wenn sie nicht unmittelbar auf dem Rost verbrennt, sondern vorher in großen Anlagen vergast wird, Ole,

Teer, Düngemittel und noch viele andere sehr wertvolle Stoffe zu gewinnen. Das Gas kann unter Dampfkesseln verbrannt oder zum Betrieb von Gasmaschinen verwendet werden. Die Nebensstoffe bleiben in den großen ortsfesten Anlagen, die für Vergasung eingerichtet sind, als sehr beträchtlicher Gewinn zurück.

Die zahlreichen Einrichtungen, die sich heute bereits zur letzten Ausnutzung der Kesselleistung an der Lokomotive befinden, sind kaum noch zu vermehren. Aus den Dampflokomotiven der bisher gebräuchlichen Größe können also bedeutend höhere Kraftleistungen nicht gut mehr herausgeholt werden.

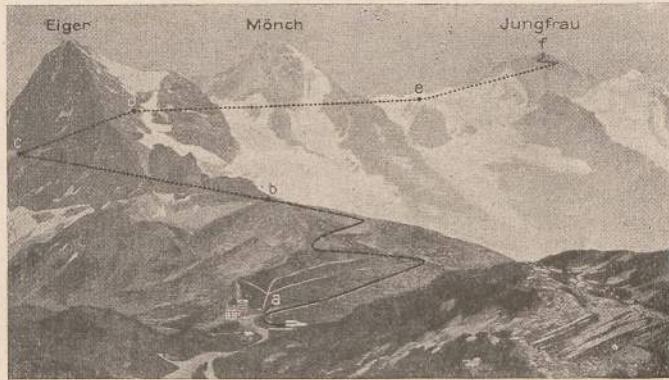
Die Schwere der Züge und die Ansprüche, die an deren Geschwindigkeit gestellt werden, wachsen jedoch unaufhörlich. Wenn man mit Hilfe von Dampflokomotiven diesen Anforderungen entsprechen will, müßte man die Maschinen noch weiter vergrößern. Eine Verbreiterung ist wegen der nahen Nachbarschaft der Nebengeleise ausgeschlossen, die Lokomotiven könnten also nur in der Länge wachsen. Längere Roste

aber mit der Hand gut zu beschicken, ist nicht mehr möglich, man müßte sich zur Anwendung von Wanderrosten oder ähnlichen mechanischen Beschickungsanlagen entschließen. In Amerika hat man einige Versuche in dieser Hinsicht gemacht, in Europa betrachtet man eine weitere Belastung der Lokomotive mit derartigen Neueinrichtungen als nicht zweckmäßig.

Die Beschränkung des Feuerungs- und Kesselraums setzt der Leistungsfähigkeit der Dampflokomotive eine Grenze nach oben. Freilich wird diese Maschine wahrscheinlich noch lange imstande sein, selbst die schwersten gebräuchlichen Züge zu schleppen. Elektrische Lokomotiven können jedoch für jede Leistung gebaut werden. Das ist schon heute für die Innehaltung erheblicher Fahrgegeschwindigkeiten auf Teilstrecken sehr wichtig.

Weitere Vergrößerung der Dampflokomotive würde

auch zur Folge haben, daß die tote Last der Vorräte, die von ihr ständig mitgeschleppt werden muß, eine Vergrößerung erführe. Bei Schnellzügen beträgt das Gewicht von Kohle und Wasser auf dem Tender bei Anfang der Fahrt heute bereits nicht weniger als zwölf vom Hundert des



509. Linienerstreckung der Jungfrau-Bahn

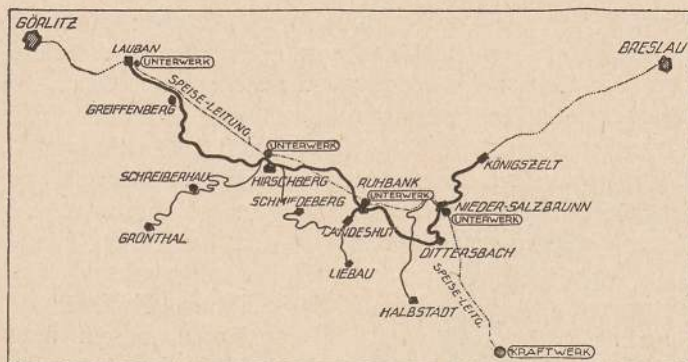
- a) Ursprungsstelle Kleine Scheidegg; b) Haltestelle Eigergletscher; c) Haltestelle Eigerwand; d) Haltestelle Eismeer; e) Haltestelle Jungfraujoch; f) Endstelle am Gipfel (noch nicht erreicht)



510. Offene Strecke der Jungfrau-Bahn

zwischen den Bahnhöfen Kleine Scheidegg und Eigergletscher





511. Plan der elektrisch betriebenen Reichsbahnstrecken im schlesischen Gebirge

gesamten Zuggewichts. Beim Güterzug sind es immer noch fünf vom Hundert. Die elektrische Lokomotive braucht gar keine tote Last mit sich zu führen.

Die Ausnutzungsfähigkeit der Dampflokomotive wird dadurch stark herabgemindert, daß sie nach Fahrleistungen von wenigen Stunden immer wieder für längere Zeit von der Strecke zurückgezogen werden muß, damit der Rost gereinigt, die Rauchkammer entleert und sonstige Hilfsarbeiten an ihr ausgeführt werden können. Eine Dampflokomotive, die gänzlich außer Betrieb gesetzt war, braucht lange Zeit, bis sie so weit angeheizt ist, daß sie wieder vor den Zug gelegt werden kann. Die Mannschaften haben für Instandhaltung und Inbetriebsetzung der Maschinen sehr viel Arbeit zu leisten, die dem eigentlichen Fahrdienst nicht zustatten kommt.

Bei der elektrischen Lokomotive fällt das alles fort. Sie kann ununterbrochen im Betrieb bleiben, bis die Notwendigkeit einer Ausbesserung eintritt, was sehr viel seltener der Fall sein wird als bei der älteren Maschine mit ihrer bedeutend größeren Anzahl von Einzleinrichtungen. Vorbeibrückungen sind bei ihr nicht notwendig. Sie ist stets sofort voll betriebsbereit. Auch die lästige Arbeit des Wendens, die bei Dampflokomotiven mit Tendern so oft notwendig wird, fällt fort, da die elektrische Lokomotive Führerstände an beiden Stirnseiten besitzt.

Eine geradezu umwälzende Verbesserung in ihren dienstlichen Verhältnissen bringt die elektrische Lokomotive den dar-

auf beschäftigten Beamten. Der Übergang vom völlig ungeschützten Stand zum heutigen Führerhaus war kaum durchgreifender als die Verbesserung ist, welche die neue Maschinenform gewährt. Trotz aller Schutzvorkehrungen leidet die Lokomotivmannschaft im Winter, insbesondere bei Stürmen, noch immer recht lebhaft unter der Witterung. In unmittelbarer Nähe des Kessels herrscht starke Hitze, während ein einziger Schritt rückwärts in grimmige Kälte bringt.

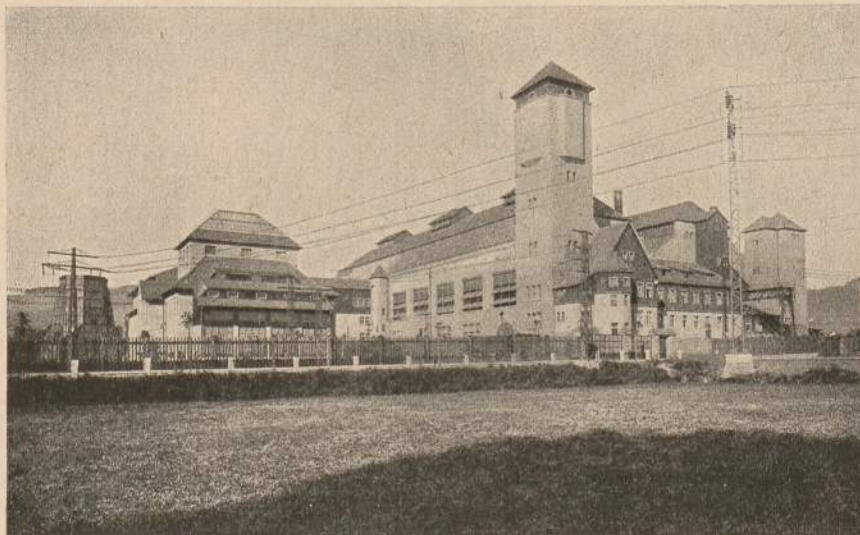
Der „elektrische“ Führer steht in einem nach allen Seiten geschlossenen, angenehm geheizten Haus. Er ist nicht schlechter daran als die Insassen der Abteile. Ihn belästigen weder Wärmeausstrahlungen, noch kalte Winde. Hinter einer großen Glasscheibe stehend, überblickt er das Gleis ohne Hinderung. Der verdeckende lange Vorbau des Kessels fällt fort, keine Dampfwolke verhüllt mehr die Signale, kein Donnerkrachen der auf den Schienen rollenden Räder gelst ihm ungehindert in die Ohren.

Es ist kein Zweifel, daß die Gestalt des Lokomotivführers künftig viel von dem geheimnisvollen Schimmer verlieren wird, mit dem sie heute noch umwoben ist. Die Abtrennung der Lokomotivmannschaft vom übrigen Zug hört auf, wahrscheinlich wird der Zugführer künftig seinen Platz neben dem Lokomotivführer erhalten und trotzdem jederzeit von dort die übrigen Fahrzeuge des Zugs erreichen können.

Die Fahrgäste selbst werden nach dem Übergang zu der neuen Betriebsart unmittelbar und mit besonderer Freude den Wegfall der recht unangenehmen Rauchbelästigung bemerken. Auch die allerreinlichsten Menschen werden es künftig kaum noch notwendig haben, stundenlang mit Handschuhen in der Eisenbahn zu sitzen, weil sie nicht mehr zu befürchten brauchen, daß sie sich beim Anfassen irgendeines Gegenstands sofort die Finger berußen. Das Hinabrieseln der feinen, aus dem Schornstein der Maschine mitgerissenen Kohleteilchen auf die Wagen des Zugs wird aufhören. Sie werden nicht mehr so beräuchert aussehen, und ebenso werden die Bahnhöfe ein viel freundlicheres Gesicht zeigen. Die Verwaltungen werden viel Geld für Anstrichfarben sparen können; die starken Verletzungen, welche alle Eisenbauten durch die im Lokomotivrauch enthaltenen Säuren erleiden, werden nicht mehr eintreten.

Ferner wird den Verwaltungen eine bedeutende Ersparnis durch den Wegfall der Flurschäden erwachsen, die trotz aller Schutzstreifen und Gräben fortwährend durch den Funkenwurf der Lokomotiven entstehen. Die elektrische Lokomotive wird zwar — bildlich gesprochen — durch den weithin zuckenden Funken getrieben, aber sie wirft ganz gewiß keine zündenden Funken aus.

Weniger bequem als bei Benutzung der Dampflokomotive ist beim elektrischen Betrieb vorläufig die Durchführung der Heizung. Am einfachsten wäre es, wie es auch heute in Einzelfällen bereits geschieht, die Wagen dadurch zu erwärmen, daß man unter den Sitzen Widerstandskörper aufstellte, die durch hineingeleiteten Strom erhitzt werden. Es ist aber für unabsehbare Zeit nicht darauf zu rechnen, daß alle Züge mit elektrischen Lokomotiven gefahren werden. Noch sehr lange wird der Dampfbetrieb bei weitem überwiegen, so daß an ein Entfernen der Dampfheizkörper nicht gedacht



512. Kraftwerk Mittelsteine für die schlesischen Gebirgsstrecken  
Erbaut von der AEG



werden kann. Um Freizügigkeit der Wagen zwischen Dampfzügen und elektrischen Zügen zu erwirken, werden darum die elektrischen Lokomotiven mit Dampfentwicklern für die Heizung versehen.

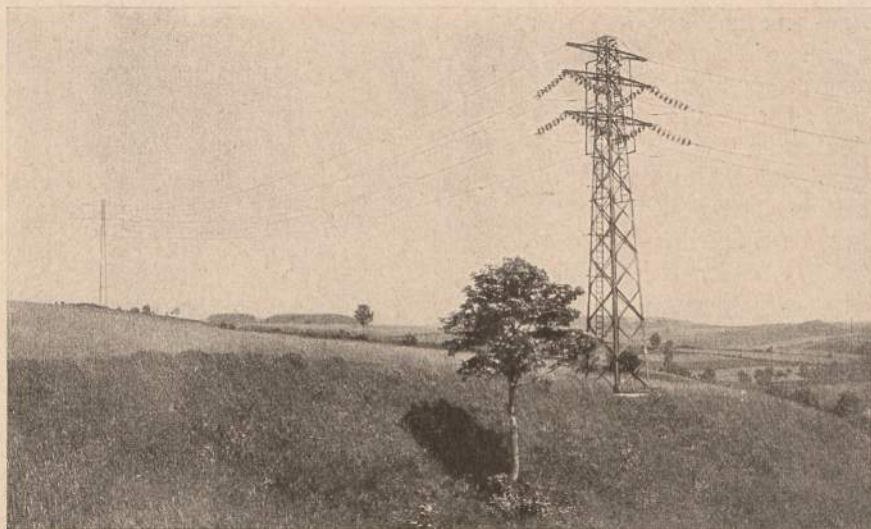
Es ist also während des Winters der Betrieb eines Heizkessels auf solchen Lokomotiven notwendig. Die Wärmeerzeugung erfolgt hier entweder durch Koks- oder durch Ölfeuerung. Die technisch schönere elektrische Heizung mittels Widerständen stellt sich zu teuer.

Durch die Einführung der Verbundeinrichtung und der Dampfüberhitzung, sowie auch der Vorwärmung des Speisewassers, ist die Ausnutzung der Kohle auf der Dampflokomotive erheblich gesteigert. Der elektrische Betrieb wird nur dann wettbewerbsfähig, wenn er die Krafteinheit außerordentlich billig an die Lokomotivräder liefert. Verfeuerung billigen Heizstoffs, dessen Vergasung, insbesondere aber die Gewinnung von Nebstoffen werden viel hierzu beitragen. Dennoch würde die Krafteinheit noch zu teuer werden, wenn das Bahnkraftwerk ausschließlich für die Strecke und kleinere Nebenbetriebe arbeitete. Die Maschinen müssen ja stets so berechnet sein, daß sie dem höchstmöglichen Kraftbedarf zu genügen vermögen. Dieser wird aber von der Stelle höchster Beanspruchung, von der Strecke her, innerhalb 24 Stunden immer nur während einer kurzen Zeit angefordert. In den übrigen Stunden wäre also eine völlige Ausnutzung der vorhandenen Kräfte nicht möglich. Dieser unerwünschte Zustand kann sehr bedeutend dadurch verbessert werden, daß das Bahnkraftwerk Strom auch für andere Zwecke in bedeutendem Maß abgibt. Deshalb ist es gut, wenn die umliegenden Ortschaften von ihm mit elektrischer Kraft versorgt werden.

Auf diese Weise aber wird die elektrische Vollbahn zum Vorkämpfer für die Verbesserung der Lebensverhältnisse im ganzen Land und für weitere gewerbliche Erstarkung. Der kleine Elektromotor, der immer nur Kraft verbraucht, wenn er im Betrieb ist, hebt erfahrungsgemäß das Kleingewerbe, aber auch große Fabriken entstehen leicht in der Nähe leistungsfähiger Kraftlieferungsstellen. Die Ausnutzung dieser Wirkungsmöglichkeit wird eine bedeutende Aufgabe beim Ausbau der Vollbahnen für den elektrischen Betrieb sein.

Ganz besonders wichtig ist ferner, daß zur Erzeugung von Bahnstrom in ganz großen Werken mit Kraftabgabe nach außen das fallende Wasser umfassend ausgenutzt werden kann. In Deutschland bietet sich hierzu insbesondere in Bayern Gelegenheit. Einige elektrisch betriebene Bahnstrecken empfangen dort bereits heute ihren Strom aus Wasserkraftwerken. Eine großartige Ausnutzung des Höhenunterschiedes zwischen Walchensee und Isar einerseits, dem Kochelsee andererseits ist in Vorbereitung.

Für Umgestaltung zu elektrischem Betrieb können bei uns vorläufig nur solche Strecken in Betracht kommen, auf denen



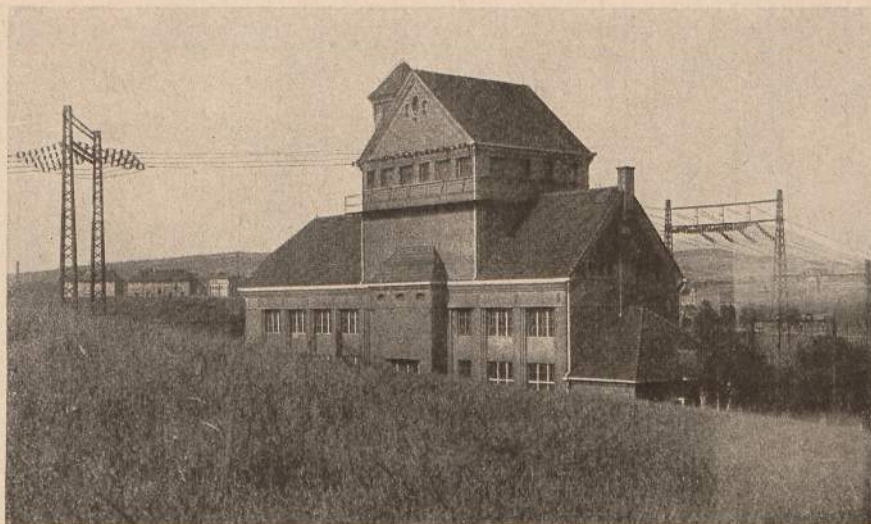
513. Speiseleitung der schlesischen Gebirgsstrecken

Die Spannung beträgt 80 000 Volt. Die Drähte sind, eine Bahnkrümmung abschneidend, quer durchs Land geführt. AEG

hierdurch finanzielle Vorteile erwachsen. Das ist insbesondere dort der Fall, wo durch Ausspannung der Drähte über den Geleisen an Stelle der Verfeuerung kostbarer Steinkohle die Ausnutzung minderwertiger Brennstoffe treten kann, und wo Wasserkräfte zur Verfügung stehen. An elektrischen Strecken sind, nach einer Zusammenstellung von Weichmann in der „Elektrotechnischen Zeitschrift“, bei uns folgende im Betrieb oder im Ausbau.

Magdeburg — Dessau — Bitterfeld — Leipzig — Halle. Die Linie ist eine Bahn in ebenem Gelände, bei der die großen Braunkohlevorkommen der Umgebung ausgenutzt werden. Der Strom wird in dem bahn-eigenen Kraftwerk Muldenstein bei Bitterfeld erzeugt. Die Streckenlänge beträgt 179 Kilometer.

Görlitz — Königszell, Nieder-Salzburg — Halbstadt, Ruhbank — Liebau, Hirschberg — Schreiberhau — Grünthal. Diese Linien bilden das größte zusammenhängende Netz elektrischer Fernbahnen in Deutschland. Der Betrieb auf ihnen soll hauptsächlich der Sammlung von Erfahrungen auf Strecken mit starken



514. Unterwerk Nieder-Salzburg

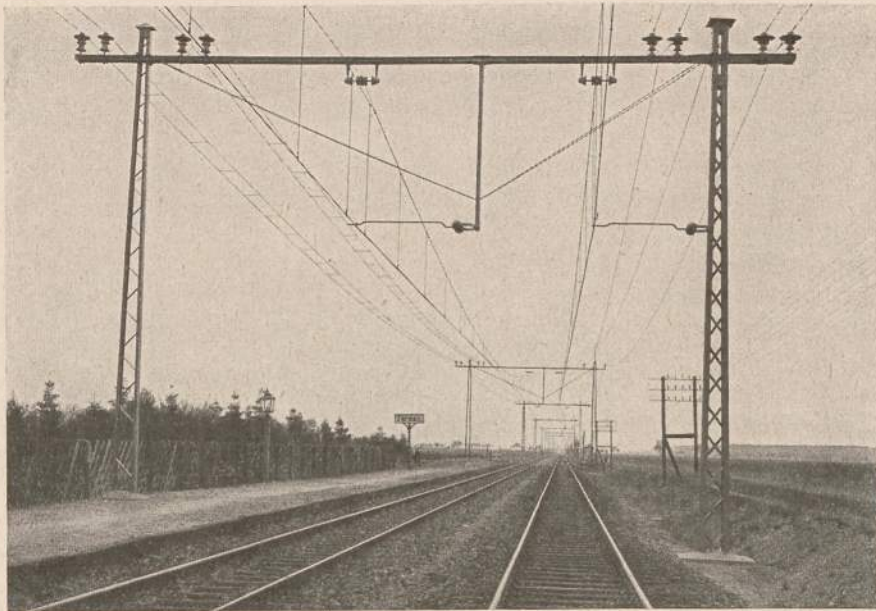
an einer schlesischen Strecke. Dient zur Transformierung der Stromspannung in der Speiseleitung von 80 000 Volt auf die Spannung der Fahrdrahtleitung von 15 000 Volt. AEG



Steigungen und bei ungünstigen Witterungsverhältnissen dienen, wie sie insbesondere im Riesengebirge während des Winters herrschen. Die Hauptstrecke Görlitz — Lauban — Königszell ist eine Teilstrecke der großen Linie Berlin — Breslau (siehe die Kartenskizze Seite 314). Den Bahnstrom erzeugt das der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft und den Siemens-Schuckert-Werken gehörende Kraftwerk Mittelsteine im Eulengebirge bei Glaz. Die Streckenlänge beträgt 264 Kilometer.

München — Regensburg. Diese sehr wichtige Strecke bildet einen Teil der großen Durchgangslinie München — Leipzig — Berlin. Die Streckenlänge beträgt 139 Kilometer.

Griesen — Garmisch — Mittenwald — Landsgrenze — Innsbruck. Die Linie gehört nur bis zur Landesgrenze zur Reichsbahn. Sie trägt den Namen Mittenwaldbahn. Es schließt sich an sie die kleine Zweigstrecke Garmisch — Reutte an. Die Erzeugung des Betriebsstroms findet in einem in Tirol unweit von Innsbruck

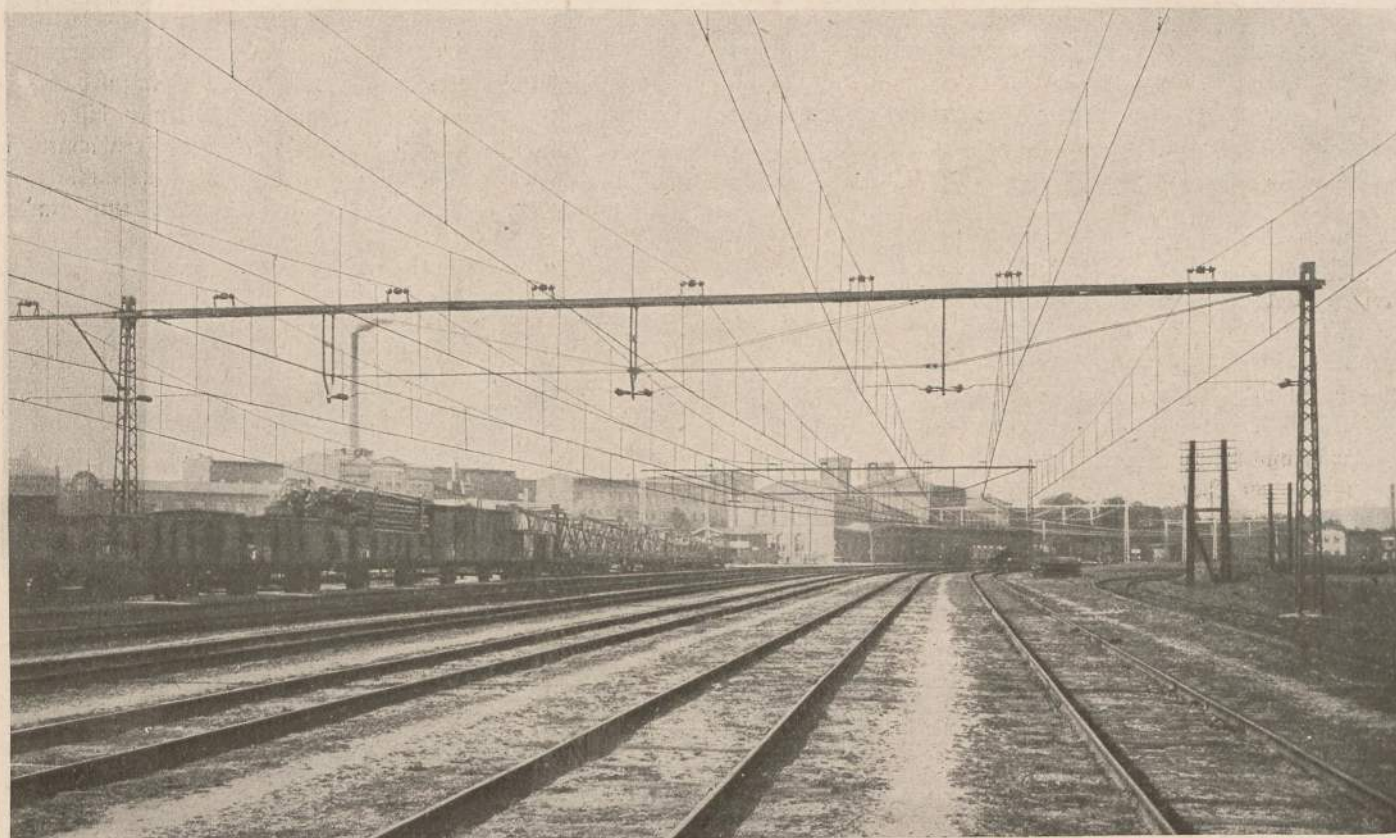


515. Fahrleitung der Strecke Magdeburg — Dessau — Bitterfeld — Leipzig — Halle  
Ausgeführt von der AEG

gelegenen Wasserkraftwerk statt. Die Streckenlänge beträgt 38 Kilometer.

Salzburg — Freilassing — Bad Reichenhall — Berchtesgaden, Salzburg — Schellenberg — Berchtesgaden — Königssee. Auch diese Linien liegen zum Teil auf österreichischem Gebiet. Die an zweiter Stelle genannte Strecke wird im Gegensatz zu allen andern mit Gleichstrom betrieben, den das Kraftwerk Gartenau bei Berchtesgaden liefert. Die andere Linie wird von dem Saalach-Wasserkraftwerk in Karlstein bei Bad Reichenhall gespeist. Die Streckenlänge beträgt 59 Kilometer.

München — Garmisch, Zuging — Kochel, München — Bayr. Zell, Holzkirchen — Bad Lölz, Holzkirchen — Rosenheim, München — Freilassing, Rosenheim — Ruffstein. Diese südbayerischen Strecken werden in Betrieb genommen, sobald das im Bau befindliche große Walchenseekraftwerk fertiggestellt sein wird. Die Länge sämtlicher Strecken beträgt 456 Kilometer.



516. Fahrleitungsanlage über einem Bahnhof  
Ausgeführt von der AEG



Basel—Zell und Schopfheim—Säckingen. Die von der ehemaligen badischen Staatsbahn erbauten Linien, Wiesentalbahn genannt, entspringen auf Schweizer Gebiet. Sie erhalten Strom aus einem Umformerwerk in Basel, das durch ein Kabel von dem Rhein-Kraftwerk Augst-Whhlen gespeist wird. Die Streckenlänge beträgt 49 Kilometer.

Nach Fertigstellung aller Strecken, die in nächster Zeit zu erwarten ist, wird das elektrische Fernbahnnetz der Reichsbahn 1186 Kilometer lang sein, das sind 2,4 vom Hundert der gesamten Reichsbahn = Streckenlänge. 288 elektrische Lokomotiven werden den Betrieb versehen, während die Reichsbahn 30 575 Dampflokomotiven besitzt. Der elektrische Betrieb nimmt also heute bei uns noch keinen bedeutenden Raum ein. Zum Vergleich sei angeführt, daß sich in Österreich 786 Kilometer, in der Schweiz 743 Kilometer, in Schweden 438 Kilometer, in Italien 750 Kilometer und in den Vereinigten Staaten von Nordamerika, wo 17 verschiedene Bahngesellschaften daran beteiligt sind, 2450 Kilometer elektrischer Strecken im Betrieb oder im Ausbau befinden.

Ehe man zur Einführung des elektrischen Betriebs auf den deutschen Bahnen gelangte, war es vor allem notwendig, die günstigste Stromart zu ermitteln, die hierbei in Anwendung kommen sollte. Gleichstrom hatte sich bei Straßenbahnen, Stadt- und Vorortbahnen bereits bewährt, es zeigte sich aber, daß er für Fernbahnen vorläufig nicht in Betracht kommt. Der maßgebliche Unterschied zwischen den beiden Bahngattungen liegt in ihrer Längenerstreckung. Der Gleichstrom hat Eigenschaften, die seine Benutzung auf sehr weite Entfernungen im allgemeinen verbieten. Wechselstrom erscheint hierfür allein tauglich, und zwar aus folgendem Grund.

Jede Leitung setzt der fortgeleiteten elektrischen Arbeit einen Widerstand entgegen, der kraftverzehrend wirkt. Je länger die Leitung ist, desto mehr Arbeit geht durch den Leitungswiderstand verloren. Dieser Verlust läßt sich jedoch klein halten, wenn man Strom mit sehr hoher Spannung durch die Leitung schickt. 60 000, 80 000, ja 100 000 Volt sind gebräuchliche Spannungszahlen geworden. Der Stromerzeuger aber, die Dynamo-Maschine, ist im allgemeinen nicht imstande, höhere

Spannungen zu liefern, als etwa 5000 Volt. Schon für eine Bahnlinie von Berlin bis Halle reicht das wegen der Verluste in der Leitung bei weitem nicht aus.

Um derartige Strecken zu versorgen — und es handelt sich doch für die Zukunft noch um ganz andere Entfernungen

— muß man die Spannung des aus der Dynamo kommenden Stroms erhöhen. Das ist bei Gleichstrom vorläufig in großem Maßstab nur dadurch möglich, daß man Umformer mit sich drehenden Ankern einschaltet, laufende Maschinen also, die einer ständigen Wartung bedürfen und selbst Energie verzehren. Der Wechselstrom aber gestattet, Spannungsänderungen in bequemster Weise durch ruhende Maschinen vornehmen zu lassen, die ohne jede Aufsicht zu arbeiten vermögen, durch die Spannungswandler oder Transformatoren.

Mit Hilfe solcher Vorrichtungen kann man die Spannung eines hineingeschickten Wechselstroms in beliebigen Grenzen hinauf- und hinabsenken, und die Umänderung verbraucht fast gar keine Arbeit. Die großen Wechselstromtransformatoren

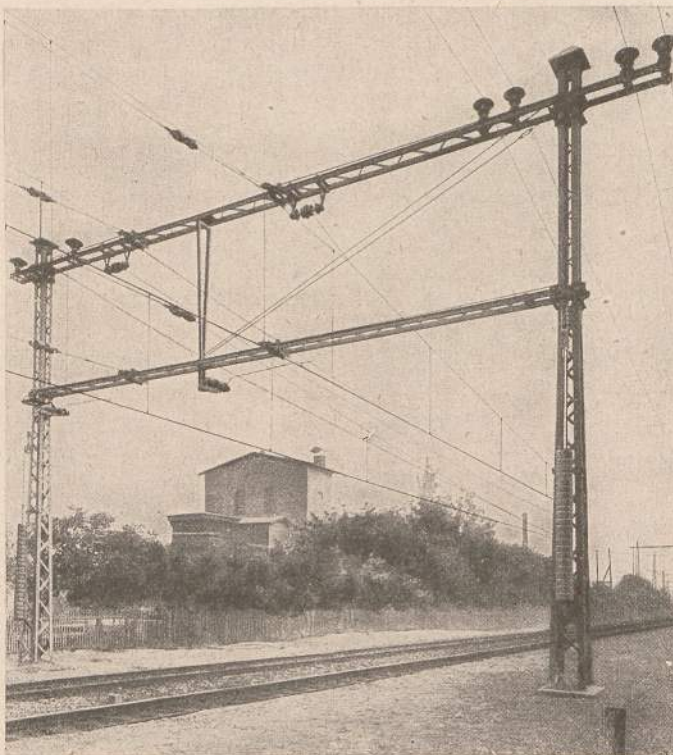
gehören zu den Maschinen mit bestem Wirkungsgrad. Der Arbeitsverlust in ihnen beträgt kaum mehr als ein bis zwei vom Hundert.

Bedingung für die Verwendung des Wechselstroms im Bahnbetrieb war die Schaffung eines geeigneten Wechselstrom-Motors, der bis in die ersten Jahre dieses Jahrhunderts noch nicht vorhanden war, heute aber mit ausreichender Güte zur Verfügung ist.

Die Staatsbahnverwaltungen von Preußen, Bayern, Baden, Österreich, Schweden und der Schweiz haben in Übereinstimmung mit den elektrischen Großfirmen dieser Länder nach gründlichen theoretischen Vorarbeiten und Proben auf den Strecken die Betriebsform mit einfachem Wechselstrom, der im Fahrdrabt eine Spannung von 15 000 Volt hat und  $16\frac{2}{3}$  mal in der Sekunde seine Fließrichtung umkehrt,

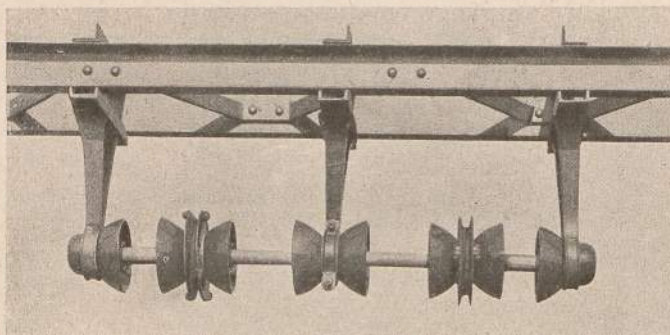
als die für den Hauptbahnbetrieb im ganzen geeignetste Zugförderungsart erkannt.

Der Wechselstrom wird mit niedriger Spannung im Kraftwerk von Dynamos erzeugt, die durch Dampf-, Gas- oder Wasserkraftmaschinen angetrieben werden. Dann führt man ihn zu riesigen Transformatoren, die dem Strom eine



517. Spanngewichte

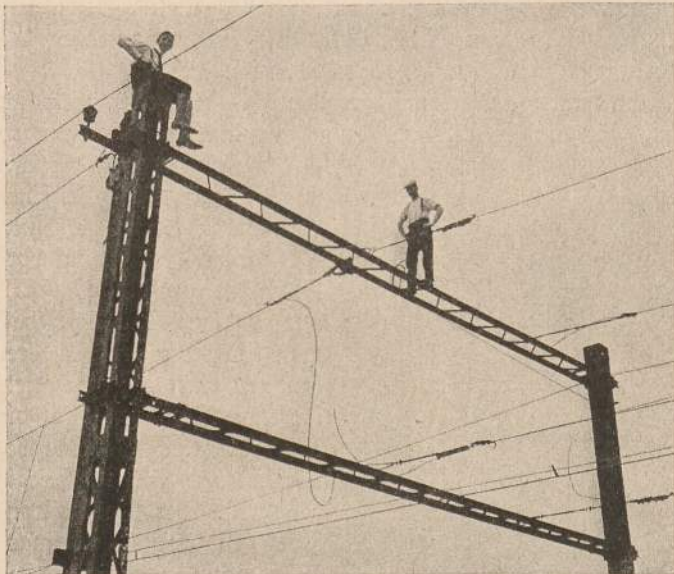
Belastung des Fahrdrabts zum Ausgleich der Wärmeänderungen



518. Isolatoren für eine Fahrleitung

Diabolo-Form der AC





519. Verlegungsarbeiten auf dem Tragjoch einer elektrischen Eisenbahnstrecke  
Siemens-Schuckert-Werke

Spannung von 60—80 000 Volt geben. So wird er in die an mächtigen Isolatoren aufgehängte Speiseleitung gesendet, um in ihr ohne erheblichen Verlust weite Entfernungen zu überwinden. Die Speiseleitung ist manchmal neben den Geleisen aufgehängt, oft aber ziehen ihre Masten auch quer durchs Land, indem sie Bahnkrümmungen, die sie ja nicht mitzumachen brauchen, abschneiden. In gewissen, nicht allzu langen Abständen aber muß die Speiseleitung die Bahn immer wieder berühren. An solchen Orten sind Unterwerke aufgestellt. Hier befinden sich wiederum Transformatoren, welche die Stromspannung auf 15 000 Volt hinabsetzen. So gelangt der Strom in den Fahrdrabt, der also nur noch verhältnismäßig kurze Abschnitte zu überbrücken hat, nämlich die Entfernungen zwischen den einzelnen Unterwerken, die auch Abspannwerke genannt werden.



520. Überwegschutz

Warnungstafeln am Wegübergang, deren Unterkante tiefer liegt als die Fahrleitung.  
Bauart Siemens & Halske

Die Motoren auf den Lokomotiven, die den Strom mit Schleifbügeln aus der Leitung über den Schienen abnehmen, vertragen aber auch eine solche mittelhohe Spannung noch nicht. Darum befinden sich auf den Lokomotiven nochmals Transformatoren, von deren Endklemmen der Strom mit einer Spannung von nur noch einigen hundert Volt zu den Motoren fließt.

Es findet also eine dreimalige Spannungsänderung statt: Hinaufsetzung der Voltzahl durch die Transformatoren im Kraftwerk und Hinabsetzung durch die Wandler in den Unterwerken sowie auf den Lokomotiven. Das ist eine recht verwickelte Anordnung, die aber dennoch in Wirkungsgrad und Übersichtlichkeit allen technischen Ansprüchen genügt.

An sich wäre es wünschenswert, die Abschnitte der Fahrdrähte, die immerhin noch beträchtliche Längen haben und bei niedriger Voltzahl des in ihnen fließenden Stroms Ursache zu Verlusten sind, gleichfalls mit der vollen Hochspannung zu speisen. Der Fahrdrabt stellt jedoch eine Leitung besonderer Art dar.

Er hat nicht nur elektrische Beanspruchungen auszuhalten wie die Speiseleitung vom Kraftwerk zu den Unterwerken, er wird auch mechanisch stark angegriffen. Es ist daher notwendig, den Fahrdrabt sehr viel häufiger zu befestigen als die Speiseleitung. Eine sehr große Zahl von Isolatoren muß vorgesehen werden, und man würde zu einer äußerst kostspieligen und ganz unübersichtlichen Anlage kommen, wenn man jeden dieser Isolatoren so stark machen müßte, daß er Spannungen von 60 000 oder 80 000 Volt aushielte. Um das zu vermeiden, nimmt man lieber einen stärkeren Spannungsabfall im Fahrdrabt durch Verwendung einer niedrigeren Voltzahl in Kauf. Die Transformatoren in der Lokomotive würden auch, wenn sie hochspannungsseitig 60 000 bis 80 000 Volt aufnehmen müßten, zu groß und schwer werden.

Bei Stadtschnell- und ähnlichen Bahnen pflegt man in den meisten Fällen die Stromzuführung als eine dritte Schiene neben den Geleisen zu verlegen. Das ist bequem und billig und hat den Vorteil, daß der Luftraum über dem Bahnkörper frei von störenden Einbauten bleibt. Es ist jedoch nicht daran zu denken, eine derartige Stromzuführung auch für Fernbahnen zu verwenden. Schon die hohe Spannung, die zur Anwendung gelangt, verbietet dies. Während bei den kürzeren Stadtbahnen Gleichstrom von 500 bis 750 Volt benutzt wird, dessen Durchgang der menschliche Körper unter nicht allzu ungünstigen Umständen meist erträgt, handelt es sich bei den Vollbahnen um 15 000 Volt Wechselstrom, eine unbedingt tödlich wirkende Spannung. Es muß also dafür gesorgt werden, daß gleichzeitige Berührung von Stromleitung und Fahrchiene, die ja als Rückleitung dient, durch einen lebenden Körper unmöglich ist. Eine todbringende Spannung auf einer Erdschiene über Felder und Landstraßen hinwegzuführen, ist selbstverständlich unmöglich.

Er ergibt sich also die Notwendigkeit, eine hoch liegende Oberleitung auszuführen. Die in ihrem Bereich bewährten Straßenbahn Oberleitungen könnten nicht als Vorbilder dienen. Denn es ist ein anderes, eine



Leitung für langsam fahrende Wagen auszuliegen oder eine solche herzustellen, unter der Lokomotiven mit 110, vielleicht auch einmal mit 150 Kilometern Stunden- geschwindigkeit dahinfahren sollen.

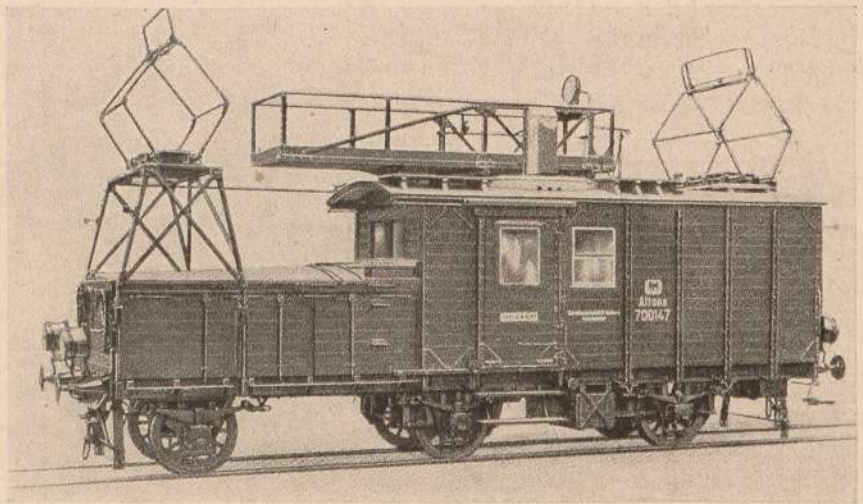
Die Straßenbahnleitungen sind an dünnen Stahlquerdrähten befestigt. Man zieht sie nicht straff an, sondern läßt sie in leichtem Bogen durchhängen. Die Leitung bildet also eine ständig auf- und absteigende gekrümmte Linie. Die Bügel- oder Rollenstromabnehmer der Straßenbahnwagen folgen unter dem Druck der auf sie wirkenden Federn bequem den wechselnden Höhenlagen des Fahrdrachts. Die Lokomotivbügel aber haben viel größere Massen. Bei hohen Geschwindigkeiten könnten diese sich nicht rasch genug hin und her bewegen, wenn die Höhenlage des Fahrdrachts über ihnen ständig wechselte. Auf Fernbahnen ist es also notwendig, diesen genau in gerader Linie auszuliegen. Das kann nur geschehen, wenn der Draht in kurzen Abständen immer wieder befestigt und sehr scharf angespannt wird.

Man kann nicht sagen, daß die Überbauung einer Eisenbahnlinie mit Fahrdrähten die Schönheit der durchzogenen Landschaften verbessert. Auch der Reisende, der aus den Fenstern blickt, sieht fortwährend aufragende Bauteile an seinen Augen vorüberflirren, welche die Aussicht beeinträchtigen. Immerhin dürfte dies nicht allzu störend empfunden werden, wie man ja auch an das Telegraphengestänge, das oft zu beiden Seiten der Bahn steht, bereits gewöhnt ist.

In Entfernungen von je 100 Metern sind zu beiden Seiten der Strecke kräftige Gittermasten aufgerichtet. Sie sind durch wagerecht über den Geleisen liegende eiserne Joche miteinander verbunden. Diese treten an Stelle der Querdrähte über den Straßenbahnlinien. Sie verbiegen sich nicht in der wagerechten Ebene, wenn sie scharf in dieser Richtung beansprucht werden. Zwischen den Jochen ist über jedem Gleis und gleichgerichtet mit diesem ein Tragsseil aus Stahl Draht befestigt, das nicht straff angezogen ist, sondern in einem Bogen, einer Kettenlinie, durchhängt. An diesem Tragsseil sind in kurzen Abständen senkrechte Hängedrähte angebracht, deren Enden sämtlich in gleicher Höhe liegen. Sie halten den aus Kupfer oder Aluminium gezogenen Fahrdraht.

Um die Längenänderungen unschädlich zu machen, welche durch die wechselnden Wärmegrade in dem Draht auftreten, ist er mit Hilfe einer sehr geschickten Anordnung in Abständen von 1 bis  $1\frac{1}{2}$  Kilometern durch kräftige Gewichte belastet, die ihn stets anspannen (Bild 517). Die Gewichte hängen seitlich vor je einem Jochpfosten, von wo sie mittels eines über Rollen geführten Seils am freien Ende des anzuspinnenden Fahrdraht-Teilstücks angreifen, während das andere Ende des Teilstücks fest verankert ist.

Die gesamte Leitungs-Anordnung folgt nicht genau der Gleismittellinie. Sie bildet vielmehr ein fortwährend nach rechts und links ausweichendes Zickzack. Man geht in dieser Weise vor, damit die Schleifbügel der Lokomotiven nicht immer an der gleichen Stelle vom Fahrdraht berührt werden. Es läge sonst die Gefahr vor, daß die Bügel an dieser Stelle ausgefäßt würden, daß sich eine Kerbe bildete, in welcher der Fahrdraht sich schließlich verfangen, und wodurch er hinabgerissen werden könnte. Dünne Rohrausleger, die in



521. Überwachungswagen

Fahrzeug zum Nachsehen und Ausbessern der elektrischen Oberleitung. Accumulatoren- Akt.-Ges. in Berlin und Hagen

Fahrdrachthöhe von den Gitterträgern seitlich zum Gleis vor- springen, sichern die Zickzacklinien.

Jeder der zwei über einem jeden Gleis liegenden Drähte, das Tragsseil und der Fahrdraht, müssen gegen die tragenden Stützen isoliert sein. Man begnügt sich wegen der immer noch hohen Spannung nicht mit einfacher Isolation, sondern bringt an jeder Aufhängungsstelle eine doppelte Isolierung an. Stromübergang in tragende Teile kann also nach menschlichem Ermessen niemals stattfinden. Es hat sich gezeigt, daß als Isolationsstoff nur Porzellan in Betracht kommt. Trotz ihrer Zerbrechlichkeit ist diese Masse allein fest genug, um die sehr hohen mechanischen Beanspruchungen auszuhalten. Bedeutet doch das Tragen eines Stahl- oder Kupferdrahts von hundert Metern Länge eine ziemlich starke Belastung.



522. Eisbildung auf einer Fahrleitung

Abklopfen des Eises von einem Fahrdraht der schwedischen Lappland- bahn. Anlage ausgeführt von den Siemens-Schuckert-Werken

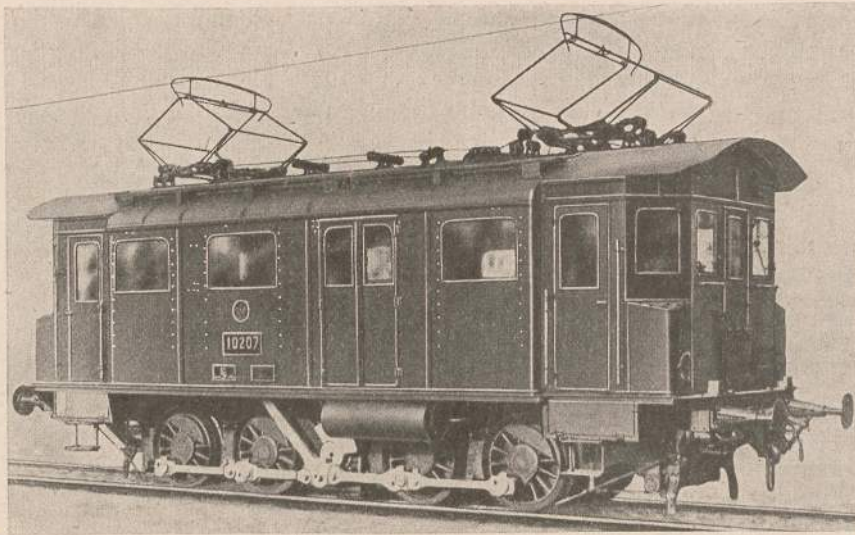


Als günstigste Gestaltung der Isolatoren hat sich die von Wittfeld angegebene Diaboloform erwiesen (Bild 518), die dem bekannten Spielzeug nachgebildet ist.

Obgleich die Fahrleitung, wo es irgend angängig ist, in einer Höhe von 6,5 Metern über der Schienenoberkante verlegt ist, sind dennoch an den Wegübergängen besondere Vorkehrungen getroffen, um eine Berührung unmöglich zu machen. Bestünde doch die Gefahr, daß ein hoch beladener

Heuwagen oder die Spitze einer Fahne, die in einem Aufzug getragen wird, an die Leitung stoßen könnte. Um dies mit Sicherheit auszuschließen, sind an jedem Überweg zu beiden Seiten der Leitung und gleichgerichtet mit dieser lange Warnungstafeln aufgehängt, deren Unterkanten ein bis zwei Meter tiefer liegen als die Fahrleitung. Ein zu hoher Gegenstand, mit dem die Geleise überquert werden sollen, müßte also schon vorher gegen eine dieser Tafeln stoßen.

Übergänge mit besonders lebhaftem Verkehr erfahren noch eine weitere Sicherung. Die Fahrleitung führt an diesen Stellen Strom nur dann, wenn die Wegschränken geschlossen sind. So lange der Übergang geöffnet ist, geht der Strom



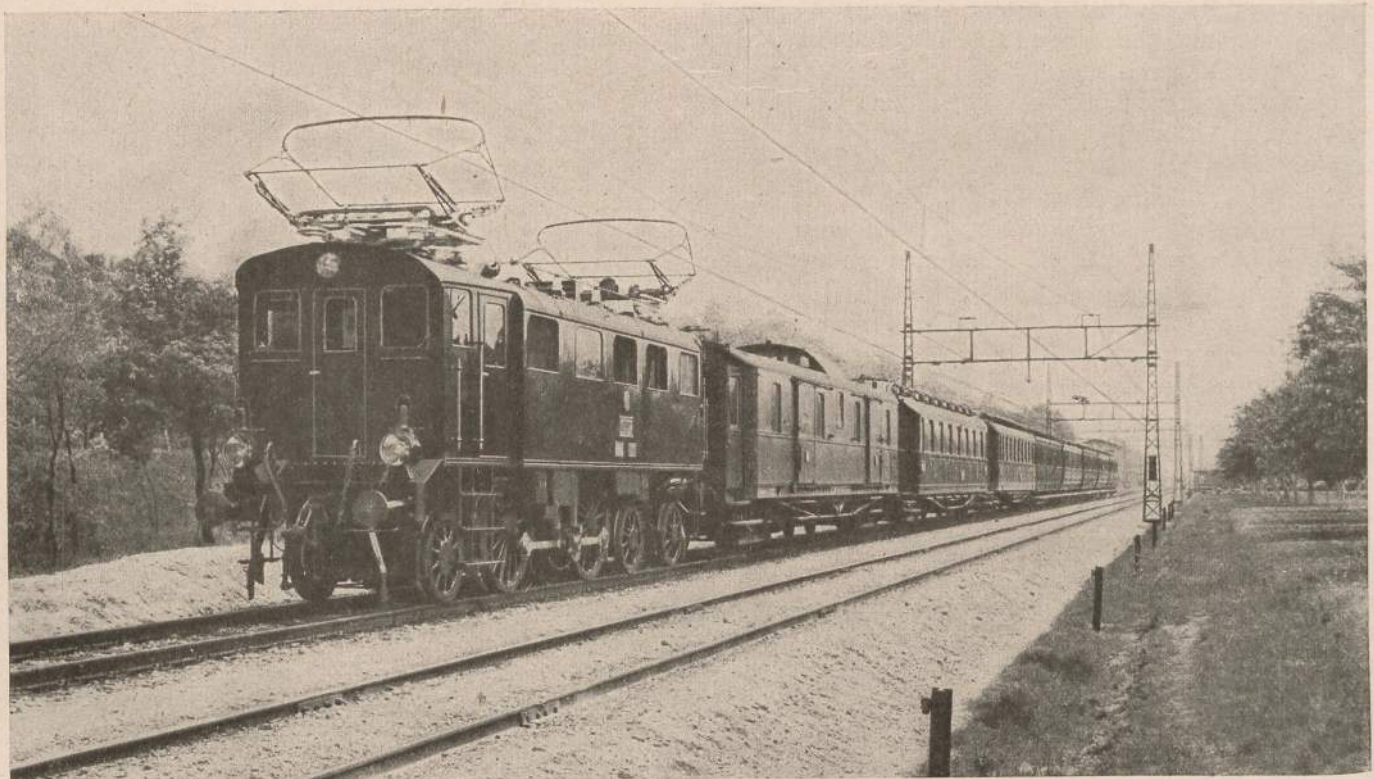
523. Elektrische Güterzug-Lokomotive mit Blindwelle und Schubstangenantrieb. Achsanordnung D. Erbaut von den Siemens-Schuckert-Werken

durch ein unterirdisch verlegtes Kabel von einer Wegseite zur anderen.

Neben der guten Eigenschaft, sich bequem transformieren zu lassen, hat der Wechselstrom die unheilvolle Fähigkeit, Stromleitungen, die in einiger Nähe gleichgerichtet mit seiner Fließrichtung verlaufen, ungünstig zu beeinflussen. Er erzeugt in ihnen oft sehr starke Fremdströme. Das Telegraphieren und Fernsprechen in Drahtleitungen, die neben

einer mit Wechselstrom betriebenen Bahnstrecke laufen, ist ohne besondere Vorkehrungen unmöglich. Die Schwachstromleitungen müssen an solchen Stellen daher meist in ganz anderer Weise als bisher verlegt oder mit besonderen Schutzvorkehrungen ausgerüstet werden.

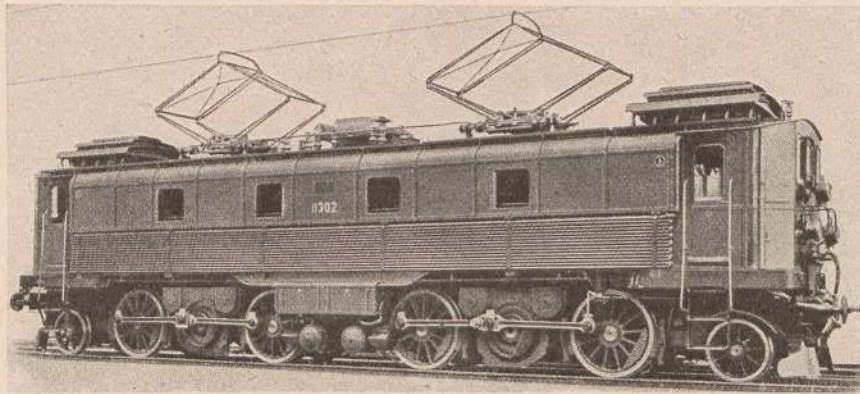
Die elektrische Lokomotive ist noch sehr jung. Eine endgültige, überall anerkannte Form für ihren Bau ist daher selbstverständlich noch nicht gefunden. Dennoch hat sie die Brausezeit bereits hinter sich, in der jedes Stück einen anderen Konstruktionsgedanken verkörperte. Die Serienfabrikation hat eingesetzt, gewisse Grundzüge beginnen sich abzuheben. Die Reichsbahn übernahm bei ihrer Begründung von den



524. Elektrische Lokomotive vor einem D-Zug Achsanordnung 1 B 2. Bauart der AEG



preußisch = hessischen, bayerischen und badischen Staatsbahn-Verwaltungen 20 verschiedene Gattungen elektrischer Lokomotiven, die Zeugen waren für die lebhafteste Entwicklungsarbeit, die in Deutschland auch auf diesem Gebiet des Eisenbahnwesens geleistet worden ist. Heute ist bereits eine sehr bedeutende Verringerung in der Zahl der Hauptformen möglich. Die Reichsbahn beschafft vorläufig nur noch folgende elektrische Lokomotiven:



525. Elektrische Lokomotive der Gotthardbahn

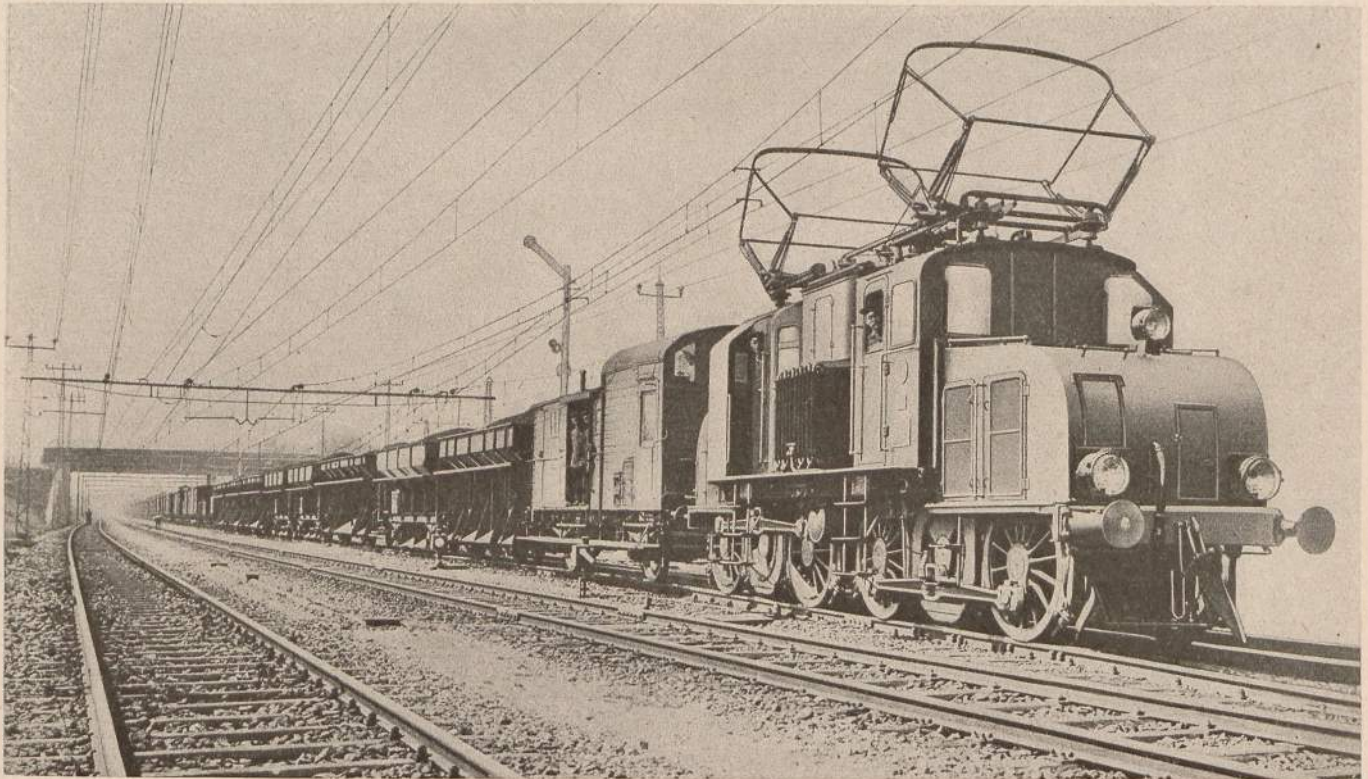
Über dem Rahmen die Nöhre für die Kühlung des Öls, das ständig zwischen den hoch erhitzten Spulen der Transformatoren umläuft. Zwei Motoren. Achsanordnung 1 B + B 1. Erbaut von der Schweizer Gesellschaft für Lokomotivbau in Winterthur

Auf allen diesen Maschinen wird der Motor in gleicher Weise aufgestellt. Es hat vieler Versuche bedurft, bis man die richtige Unterbringungsart fand. Es war selbstverständlich, daß man das Triebwerk der ersten elektrischen Lokomotiven nach dem Vorbild der bereits bewährten Triebwagen für Straßen- und Stadtschnellbahnen baute.

Wie wir insbesondere in Abschnitt 14 hören werden, liegen dort die Motoren zwischen den Laufrädern. Ein sehr erheblicher Teil ihres Gewichts stützt sich unmittelbar auf die Achsen, die mittels einfachen Zahnradvorgeleges angetrieben werden. Das Gewicht des ungefederten Teils ist bei diesen Fahrzeugen verhältnismäßig groß. Da jedoch die Motorkraft an jedem einzelnen Triebwagen ziemlich gering ist und auch die Fahrgeschwindigkeiten nicht sehr erheblich sind, so können die Stöße der ungefederten Massen vom Gleis ertragen werden. Sie wirken auch hier bereits recht ungünstig, aber man duldet sie, um die bestechend einfache Betriebsart nicht aufgeben zu müssen.

Eine elektrische Lokomotive jedoch, die einen schweren Güterzug mit mehr als 60 und einen Schnellzug mit mehr als 100 Kilometern Stundengeschwindigkeit über die Schienen ziehen soll, ist ein viel gewaltigerer Mechanismus als ein Triebwagen für Stadtverkehr. Die Motoren müssen hier

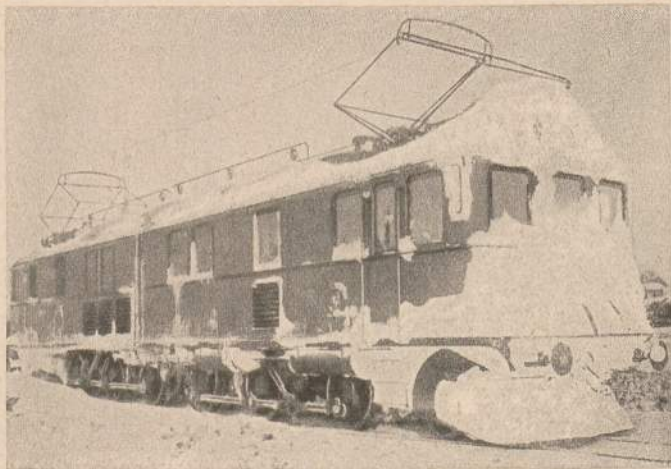
Gattung	Höchstgeschwindigkeit in der Wagerechten Stundenkilometer	Zahl der Treibachsen	Achsanordnung (siehe Seite 228)
1. Flachland = Güterzuglokomotive	65	4	1B + B1
2. Gebirgs = Güterzuglokomotive	55	6	C + C
3. Vorort = Personenzuglokomotive	70	3	1C1
4. Gebirgs = Personenzuglokomotive	90	4	2B + B1
5. Flachland = Schnellzuglokomotive	110	3	2C2



526. Güterzug der Lapplandbahn in Nordschweden

mit Erzförderungswagen. Achsanordnung der zweimotorigen Lokomotive B + B. Elektrische Ausrüstung von den Siemens-Schuckert-Werken





527. Lokomotive der schwedischen Lapplandbahn  
nach einer Fahrt im Schneesturm

2000 Pferdestärken und mehr leisten, so daß ihr Gewicht außerordentlich groß wird. Durch die Schläge, die von so erheblichen ungefederten Massen ausgehen, würden die Geleise übermäßig beansprucht werden. Die Reichsbahn läßt daher ausschließlich solche elektrische Lokomotiven erbauen, bei denen ein einziger großer Motor auf dem Rahmen steht, so daß er vollständig abgefedert ist.

Die Übertragung der Motorkraft auf die Treibräder wird nun aber schwieriger. Der Mechanismus muß jetzt eine solche Gestalt haben, daß die Bewegungen, welche die Ankerachse des Motors infolge des Federspiels macht, keine Zwangungen im Antrieb ergeben. Es hat sich gezeigt, daß die Kraftübertragung mittels Schubstange und Blindwelle am vorteilhaftesten ist.

Auf die Welle des Motorankers ist eine Kurbel gesetzt. Sie dreht mittels einer Schubstange die am Rahmen befestigte räderlose Blindwelle, die gleichfalls dem Federspiel unterliegt, also keine Bewegung gegen die Motorachse ausführen kann. Von der Blindwelle aus wird die Triebkraft mittels wagerechter Kuppelstangen zu den Treibrädern übertragen. Schwankt der Rahmen auf den Achsen, so wird jede

der hierdurch entstehenden Bewegungen durch die Kuppelstangen unschädlich gemacht.

Am 28. Oktober 1903 vollzog sich auf der sonst so bescheiden stillen Strecke der früheren Militär-Eisenbahn zwischen Mariensfelde und Zossen bei Berlin ein Ereignis von höchst bemerkenswerter Art. An diesem Tag lief ein Eisenbahnfahrzeug mit einer Geschwindigkeit über die Strecke, die weder vorher noch nachher auf den Schienen erreicht worden ist. Der Wagen erzielte eine Stundengeschwindigkeit von 210 Kilometern.

Es war ein elektrischer Triebwagen, erbaut von der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft. Diese Firma hatte sich mit den Siemens-Schuckert-Werken vereinigt, um durch Versuche festzustellen, welche Höchstgeschwindigkeit beim damaligen Stand der Technik durch den elektrischen Antrieb auf Eisenbahnen zu erreichen wäre. Der Wagen der Siemens-Schuckert-Werke vollbrachte gleichfalls eine höchst erstaunliche Leistung, indem er mit einer Stundengeschwindigkeit von etwas mehr als 200 Kilometern über die Strecke fuhr.

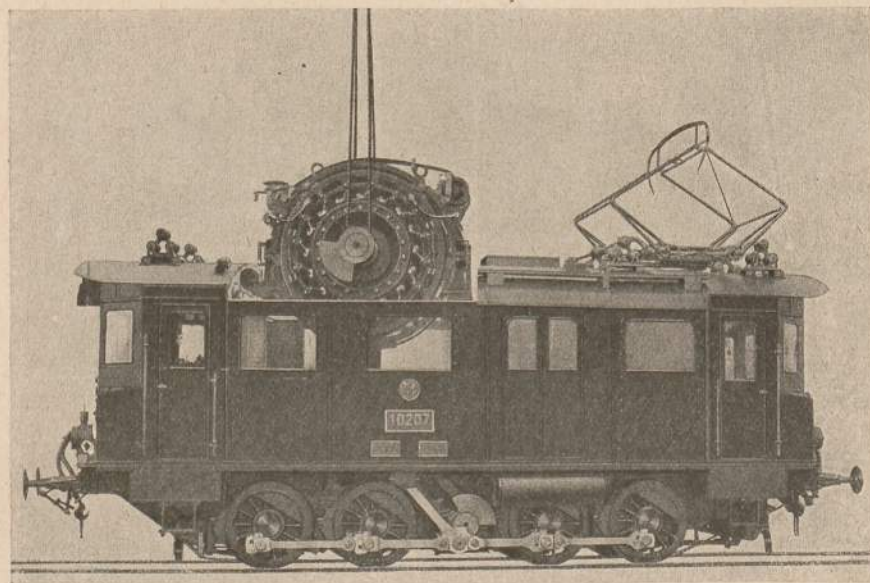
Die Versuche wurden mit Drehstrom gemacht, da ein brauchbarer Wechselstrom-Motor noch nicht zur Verfügung stand. Es waren drei Fahrdrähte neben, nicht über den Geleisen verlegt (Bilder 531 und 532). Der Strom wurde durch seitlich abstehende Bügel von den Fahrleitungen entnommen. Es zeigte sich alsbald, daß eine dreifache Fahrleitung für den wirklichen Betrieb nicht in Frage kommen könne. Die Entwicklung hat denn auch den Drehstrom verlassen. Es ist, wie wir wissen, der einfache Wechselstrom für den Antrieb von Fernbahnen gewählt worden.

Obgleich die Erfolge der beiden deutschen elektrotechnischen Großfirmen damals mit Recht ungeheures Aufsehen auf der ganzen Erde erregten, sind sie doch ohne unmittelbare Folgen geblieben. Von einem Vortrupp ist in stolzer Höhe ein Merkzeichen aufgerichtet worden, dem die geschlossene Menge der Fernbahnen sich noch nicht genähert hat. Das ist vom rein verkehrstechnischen Standpunkt aus betrachtet sehr bedauerlich.

Wenn man die heutige Schnellzuggeschwindigkeit dem Gezettel der Postkutsche gegenüberstellt, so bemerkt man einen fast unvergleichlichen Fortschritt. Aber unser Vor-

stellungsvermögen trägt uns rasch noch sehr weit über das tatsächlich Errungene hinaus. Nach den eben geschilderten Versuchen ist es nicht sehr schwer, sich Schnellzugfahrten zu denken, die mit dem Doppelten der heutigen Geschwindigkeit vor sich gehen. Da schon vor mehr als zwei Jahrzehnten Antriebsmaschinen vorhanden waren, die einzelne Fahrzeuge derartig zu beflügeln vermochten, so kann es der Technik unserer Tage keineswegs schwer fallen, den Schnellzug mit einer Stundengeschwindigkeit von 200 Kilometern zu schaffen. Das würde eine Abkürzung der Reisezeiten auf die Hälfte bedeuten. Der geistige Urheber der Schnellfahrtversuche, Emil Rathenau, der Begründer der AEG, sagte über die Wirkung solcher beschleunigten Fahrten:

„Bei einer Geschwindigkeit von 200 Kilometern würde der Geschäftsmann die Strecke Berlin—Hamburg gewissermaßen ohne jeden Zeitverlust zurücklegen. Morgens könnte er



528. Herausheben eines Lokomotivmotors  
nach Entfernen des einen Stromabnehmers. Lokomotive erbaut von den Siemens-Schuckert-Werken



seine Post erledigen, bei einer Abreise um 10 Uhr vor- mittags nähme er unterwegs sein Frühstück ein, könnte einige Stunden den Angelegenheiten auswärts widmen, ge- gebenenfalls an der Börse mit einer ganzen Anzahl Par- teien verhandeln, um 4 Uhr wieder zurück sein und den Nachmittag und Abend für die Korrespondenz und seine sonstige Tätigkeit zur Verfügung haben. Kaum daß man den Seinigen noch von einer solchen Reise erst Kenntnis zu geben brauchte.“

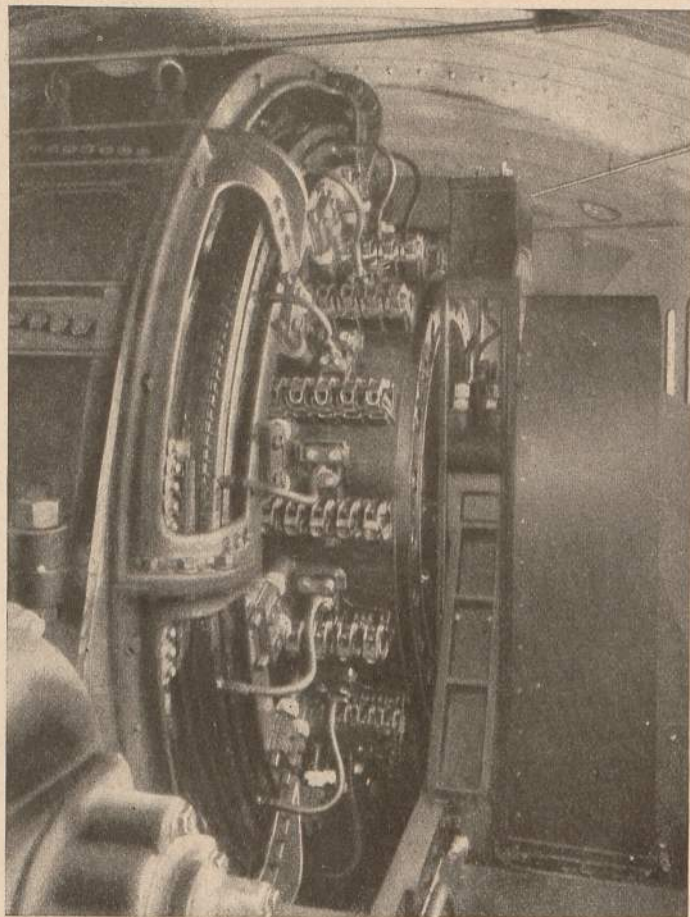
In der Tat würde man für eine Fahrt von Berlin nach Hamburg nicht mehr als  $1\frac{1}{2}$  Stunden brauchen. Die Entfernung von Berlin nach Leipzig könnte in weniger als einer Stunde durchheilt werden. In München vermöchte man von der Reichshauptstadt aus nach unterbrechungsloser

sich nur entfalten, wenn die Strecken ganz schwache Krüm- mungen haben. Wegkreuzungen in Schienenhöhe sind wegen der gesteigerten Gefahr unmöglich. Aus dem gleichen Grund könnte man auch nicht langsam fahrende Züge zwischendurch verkehren lassen. Ohne die Auslegung ganz neuer Geleise ist also dieser Fortschritt technisch nicht ausführbar. Es wäre notwendig, fremdes Gelände anzukaufen, Schienen von bisher nicht gebräuchlicher Höhe müßten darauf verlegt, kräftigere Schwellen zur Anwendung gebracht werden.

Und da entsteht die Frage, ob das tatsächlich vorhandene Bedürfnis diese riesenhaften Aufwendungen rechtfertigen würde. Die Fahrpreise für derartig beschleunigte Züge müßten sehr hoch sein, und es ist zweifelhaft, ob sich Reisende in genügender Zahl finden würden, die bereit



529. Fahrerstand einer elektrischen Schnellzug-Lokomotive  
Bauart der Siemens-Schuckert-Werke



530. Im Motorraum einer elektrischen Lokomotive  
Anker mit Stromzuführungsbürsten. Bauart AEG

Fahrt, wie sie dann selbstverständlich wäre, in  $3\frac{1}{4}$  Stunden anzulangen. Es wäre also auch bei dieser großen Ent- fernung möglich, unter Aufwendung nur eines Reisetags, und ohne daß man die Nacht im Schlafwagen zubringen müßte, seine Geschäfte abzuwickeln und wieder zurück- zukehren.

Unnötig ist es, auszuführen, welch große Bedeutung eine solche Abkürzung der Reisezeiten für Handel und Verkehr haben würde. Ihre Herbeiführung aber ist ohne Aufwendung ungeheurer Summen nicht möglich. Keine der vorhandenen Eisenbahnstrecken könnte hierfür benutzt werden. Eine so hoch gesteigerte Schnelligkeit der Züge verlangt wegen der ge- waltig erhöhten Stoßwirkung der bewegten Massen einen sehr viel stärkeren Oberbau, als die Bahnen ihn heute besitzen. Eine durchgehende Geschwindigkeit von 200 Kilometern läßt

wären, für den Gewinn weniger Stunden das Vier- bis Fünffache des sonst üblichen Fahrgelds aufzuwenden, während sie auf den alten Strecken, die doch bestehen blieben, auch weiter für das gewohnte Entgelt fahren könnten. Zur Be- friedigung von Seelenwünschen aber kann kein Staat, keine Eisenbahnverwaltung so große Summen opfern.

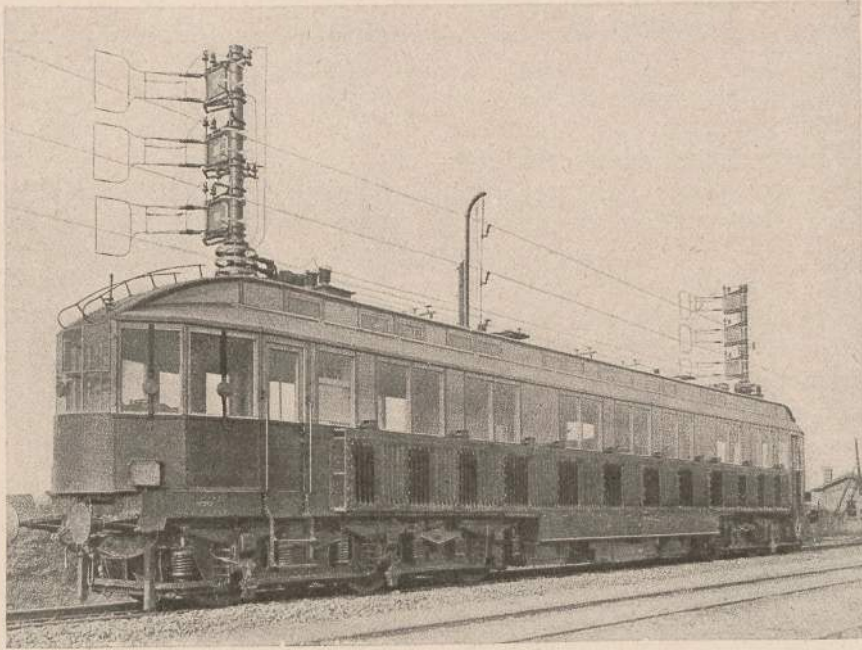
Billiger ließen sich die Schnellstrecken ja herstellen, wenn man von der heutigen Art der Standbahnen abginge und die Einschienenbahn anwendete. Doch da stehen wir heute noch einem technischen Rätsel gegenüber. Ob es wirklich möglich ist, die Wagen auf der Einschienenbahn auch bei einer Stundengeschwindigkeit von 200 Kilometern in Krümmungen aufrecht zu erhalten, ist noch nicht erwiesen. Die Erfolge von Probe-Veranstaltungen mit leichten Wagen und geringer Schnelligkeit geben keinen sicheren Anhalt. Die Anforderungen



des wirklichen Betriebs an das aufrichtende Hilfsmittel würden verhältnismäßig viel härter sein.

Beim Einschienenwagen befinden sich Räder nur unter der Mittellinie des Fahrzeugs. Der Wagen steht also an sich nur in schwebendem Gleichgewicht auf seinem Gleis. Außer der Antriebmaschine ist darin aber noch ein sehr schwerer Kreisel mit senkrechter Drehachse untergebracht, der vor Antritt der Fahrt in äußerst rasche Umdrehung versetzt wird. Ein

solcher schnell umlaufender Kreisel hat die Eigenschaft, die Richtung seiner Drehachse mit großer Kraft festzuhalten. Es erwächst ihm hier die Aufgabe, das Einschienenfahrzeug daran zu hindern, auf seiner Schiene hin und her zu schwanken oder gar in Krümmungen umzukippen. Die starke Richtkraft schwerer, rasch bewegter Kreisel ist unzweifelhaft durch viele Versuche erwiesen. Bisher fehlt aber die Ausprobung der Apparate im wirklichen dauernden Betrieb.

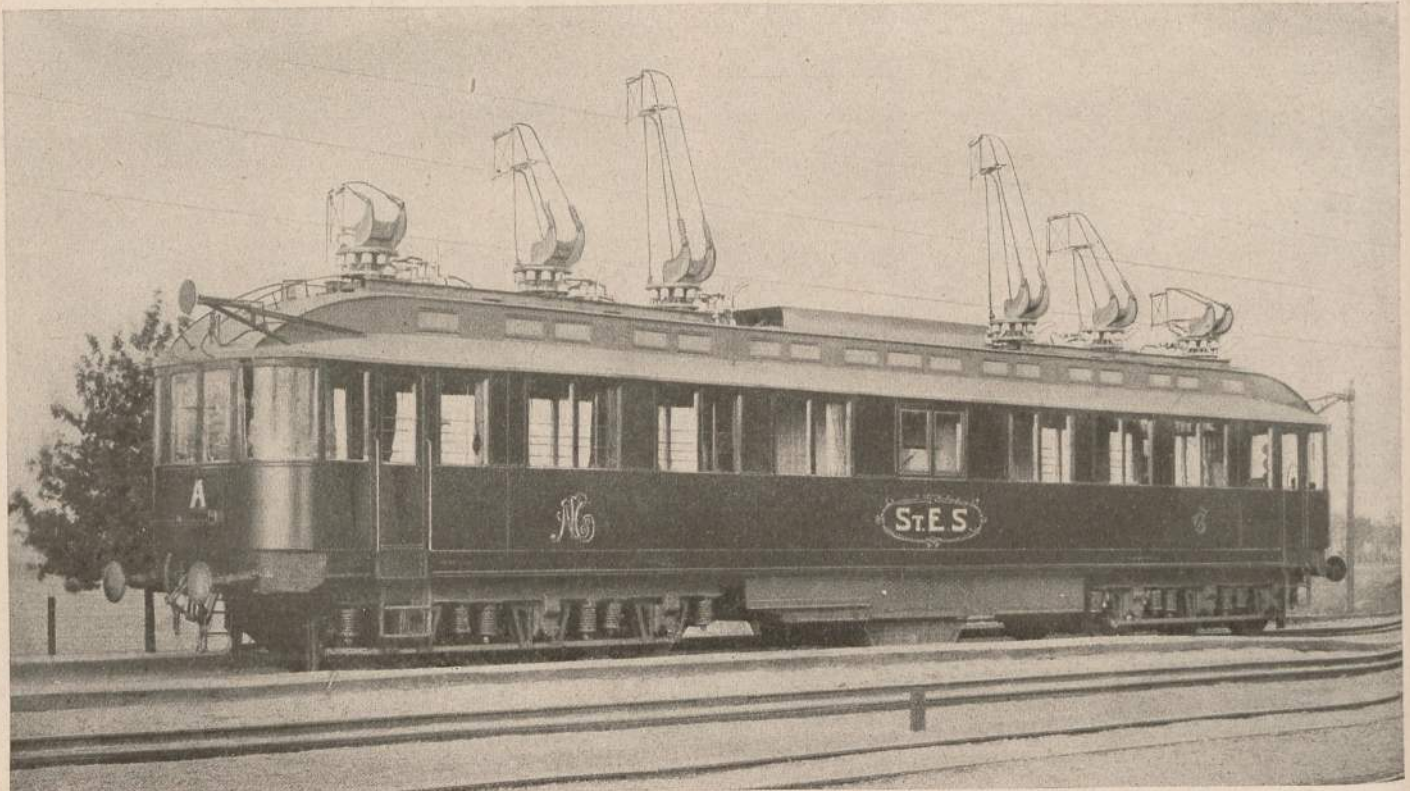


531. Schnellbahnwagen der Siemens-Schuckert-Werke  
der bei Probefahrten im Jahre 1903 eine Stundengeschwindigkeit von etwas mehr als 200 Kilometern erreichte. Ausrüstung der Strecke mit Drehstromzuleitung

Die geringere Reibung infolge Hinabsetzung der Achslagerzahl und die Verminderung der Unebenheiten im einfachen Gleis würden, eine ausreichende Wirkung des Kreisels vorausgesetzt, die Herbeiführung großer Geschwindigkeiten erleichtern und verbilligen. Man brauchte dann aber bei 200 Kilometern in der Stunde nicht stehen zu bleiben. Denn das ist durchaus noch keine so schwindelnde Schnelligkeit, daß man sich vor ihrer Überschreitung fürchten müßte. Freilich dürfte bei

noch höherer Steigerung der Geschwindigkeit die Überwindung des Luftwiderstands während der rasenden Fahrt eine sehr bedeutende Rolle spielen.

Nun gibt es aber heute bereits eine Beförderungsart, deren Werkzeuge auch vor der 300 Kilometer-Geschwindigkeit nicht mehr zurückschrecken. Flugzeug und lenkbares Luftschiff befinden sich erst in den Anfängen ihrer Entwicklung. Dem Luftverkehr gehört ohne Zweifel die Zukunft, und es bleibt



532. Schnellbahnwagen der NAG  
der bei Probefahrten im Jahre 1903 eine Stundengeschwindigkeit von 210 Kilometern erreichte



fraglich, ob die Eisenbahn angesichts des durch ihn entstehenden Wettbewerbs noch in die Lage kommen wird, grundsätzliche kostspielige Neueinrichtungen zu schaffen, die der Geschwindigkeitssteigerung dienen.

Wir leben heute im Zeitalter der Eisenbahn. Die stählernen Schienen ranken sich vorläufig noch allein als jederzeit verlässliche Verbindungen von Stadt zu Stadt, von Land zu Land. Aber die Hochblütezeit dieses stählernen Gartens ist vielleicht schon vorüber. Sicher kommt einmal der Tag, an dem der Luftreisende von seinem erhabenen Sitz aus gerade so spöttisch

auf den unter ihm schneckenartig dahinkriechenden Eisenbahnzug hinabschauen wird, wie heute der Fahrgast des Schnellzugs die vor der Schranke haltende Postkutsche betrachtet. Bevor die erste Hälfte dieses Jahrhunderts vorüber ist, wird das Flugzeug erschaffen sein, das bei jedem Wetter fahrplanmäßig große Menschenmengen zu befördern vermag. Die Eisenbahn, die uns Heutigen als die herrlichste und großartigste Schöpfung der Verkehrstechnik erscheint, wird in den Augen unserer Enkel nicht mehr sein als ein ödes, graues Pfadnetz für die Beförderung von Schwerlasten.



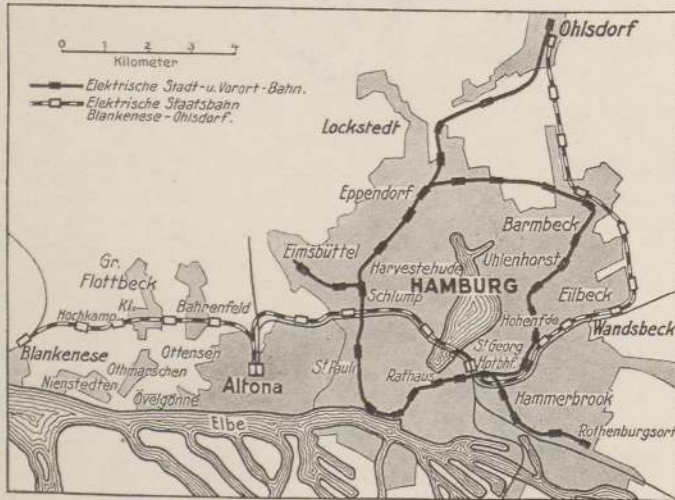
### 533. Ein Gespräch aus dem Jahre 1849

„Habt ihr mich nun begriffen, liebe Leute? Seid ihr euch jetzt klar über die Dampfkraft, diese große Erfindung des neunzehnten Jahrhunderts, wodurch diese Maschine in Bewegung gesetzt wird?“ — „Ja, Herr Pastor, ävver ehr könnt sage, was ehr wellt, e Pääd seht doch dren! (Ein Pferd sitzt doch drin!).“ Aus Hanomag „Die Lokomotive in Kunst, Wit und Karikatur“

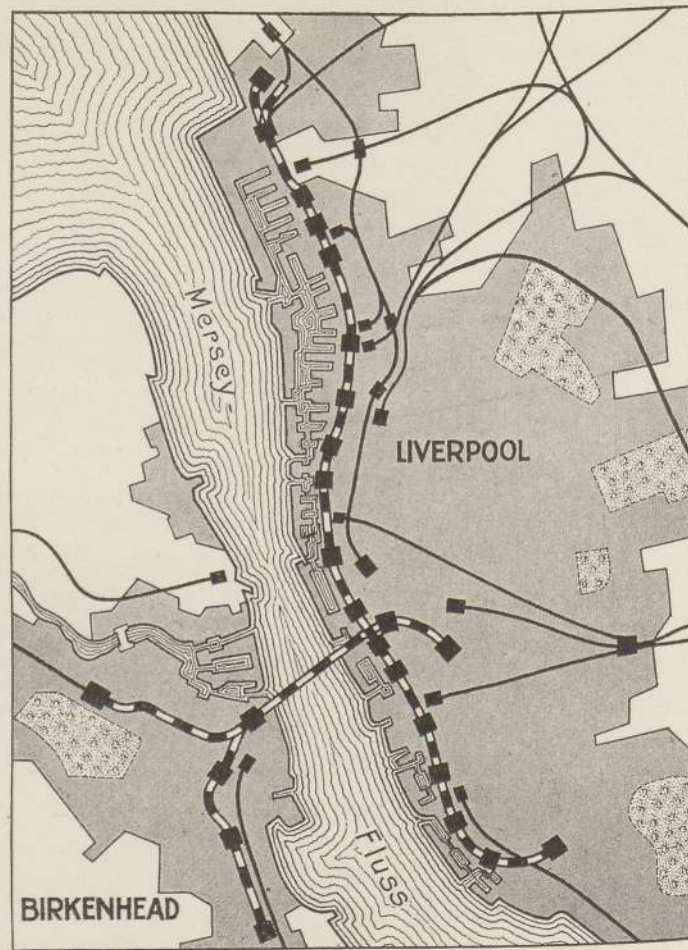


# Die Städte mit Schnellbahnbesitz

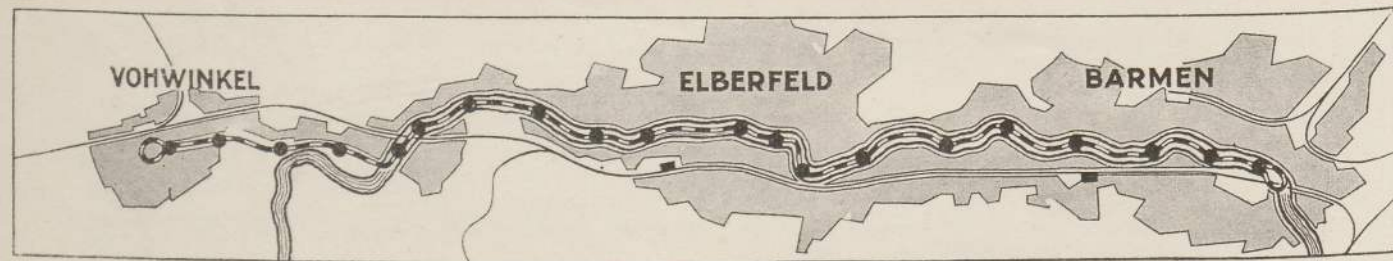
Hierzu der Plan von Berlin auf Tafel XXIII und der Plan von Wien auf Seite 419



Hamburg



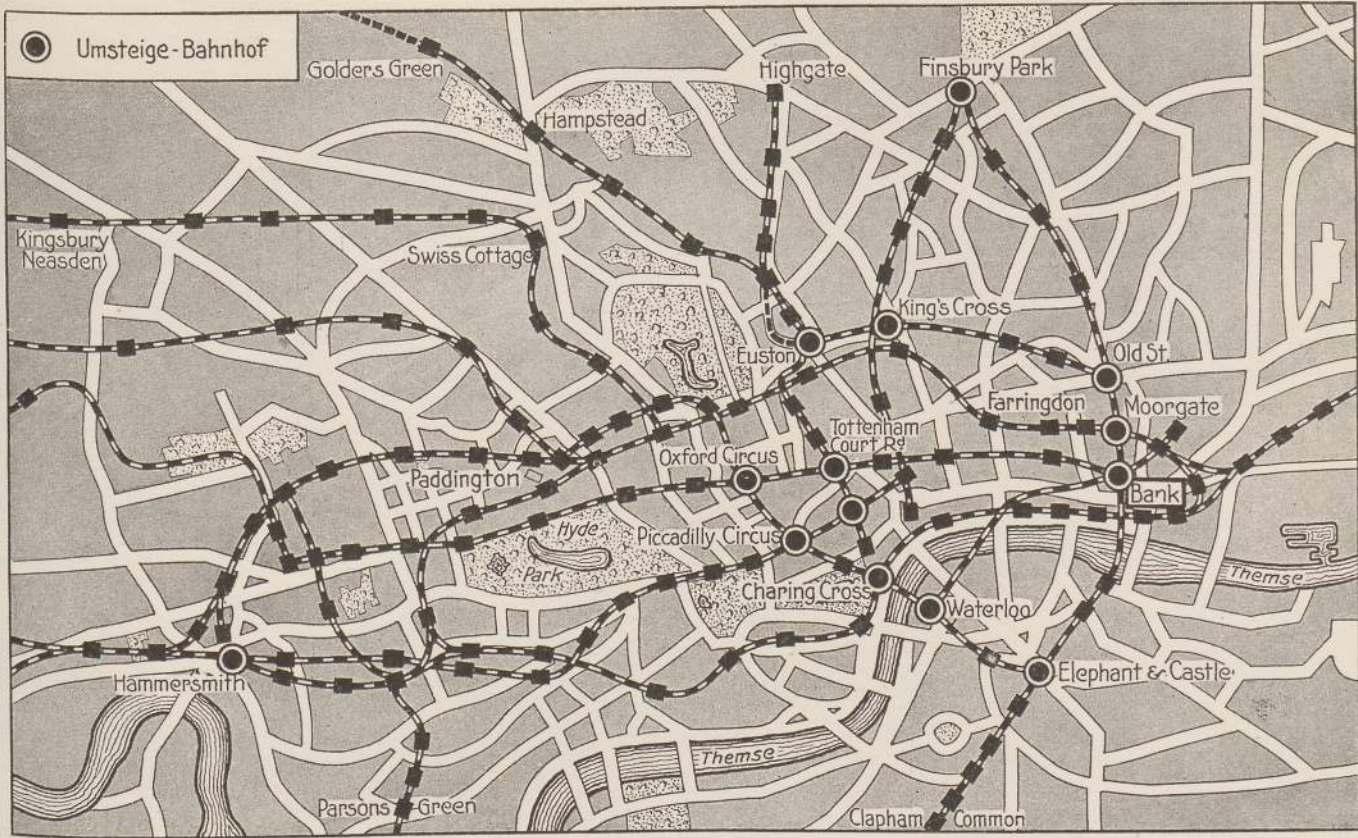
Liverpool



Madrid



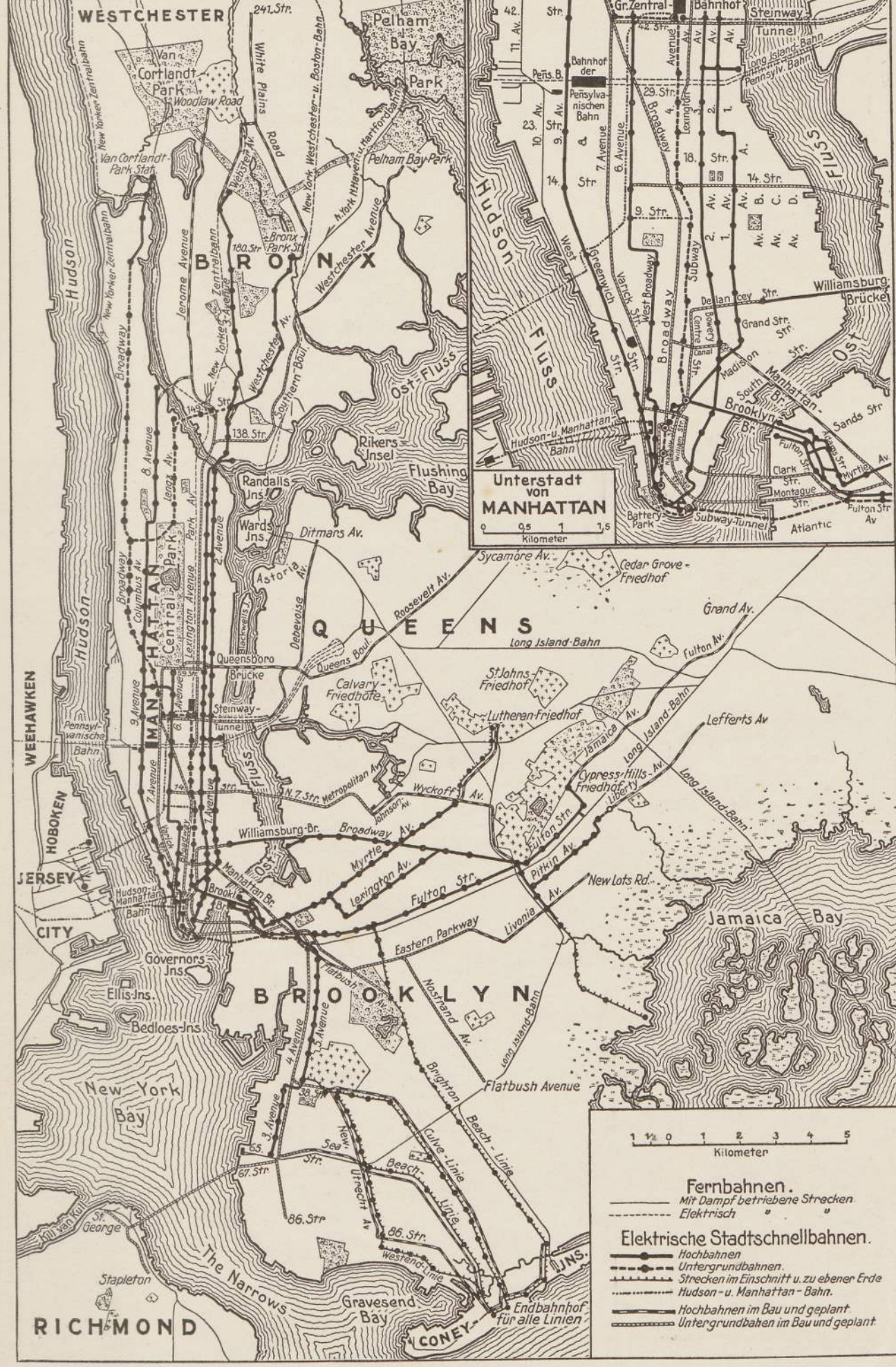
Budapest



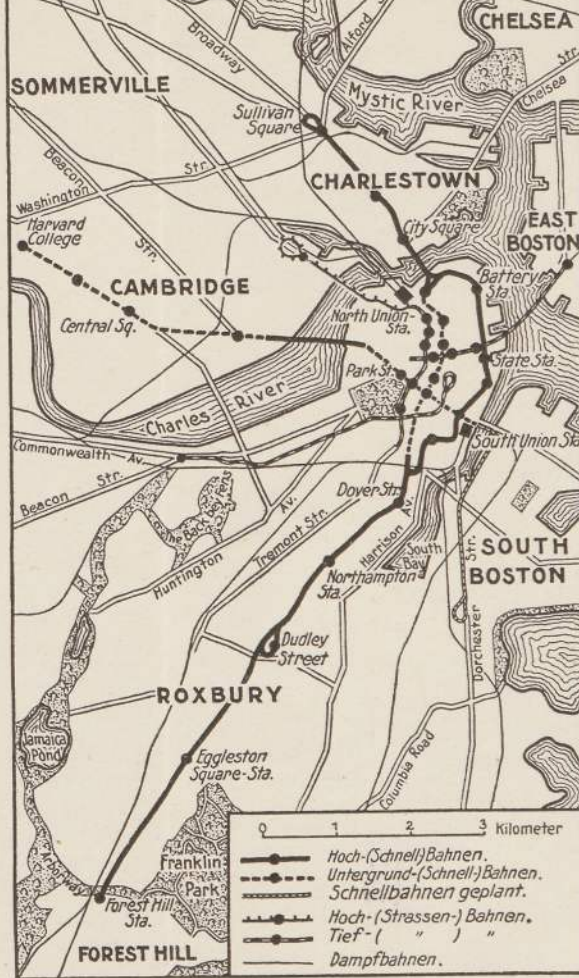
London



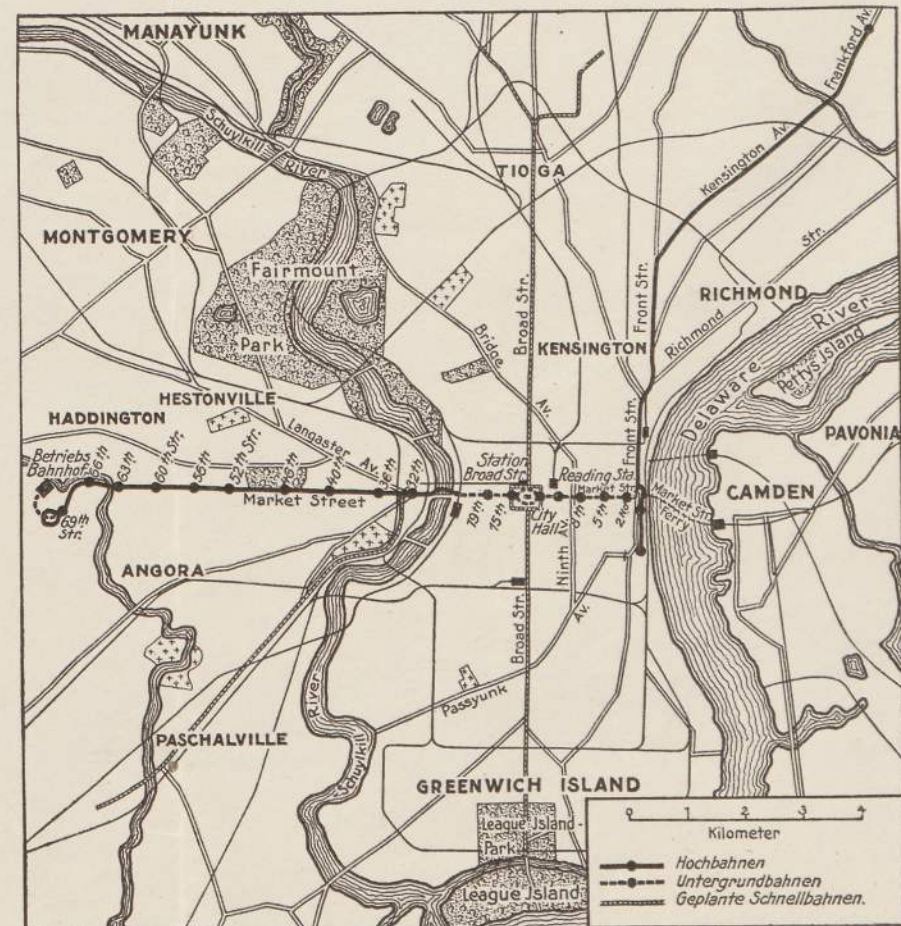
Paris



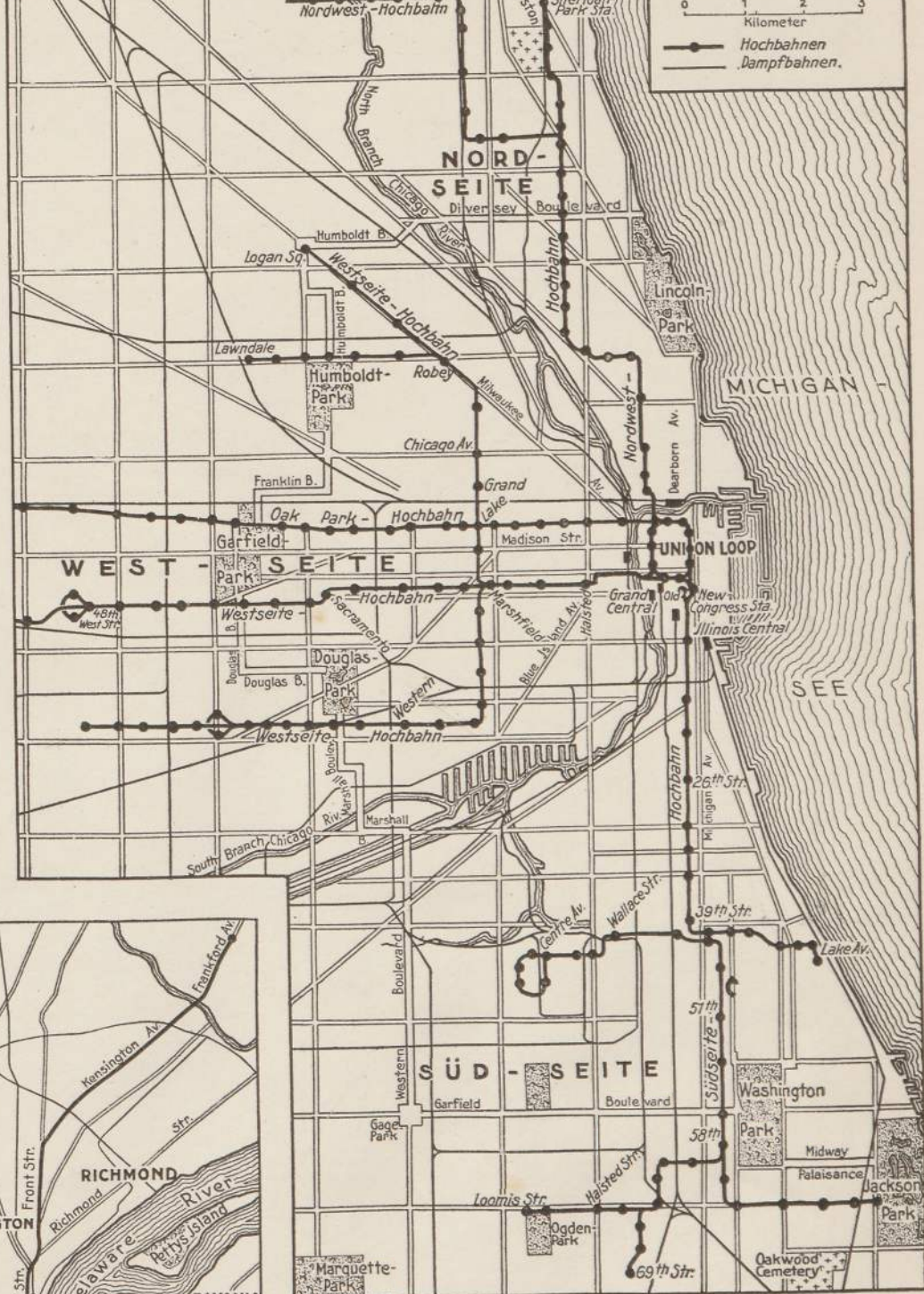
New York



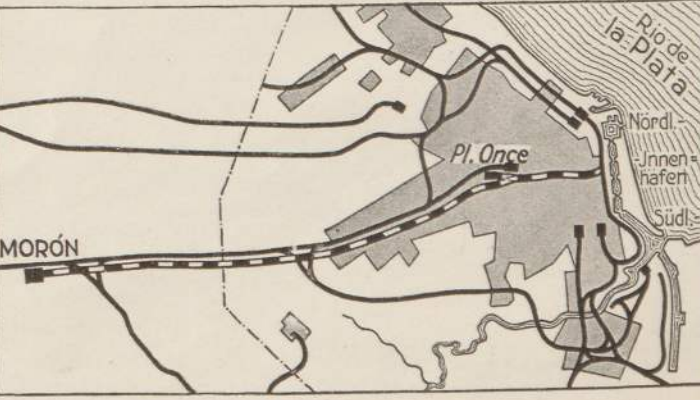
Boston



Philadelphia



Chicago



Buenos Aires



## 13. Die Stadtschnellbahnen

---









534. Heimwärts nach Brooklyn!

Hochbahnhof Brooklyn-Brücke in New York zur Zeit des Geschäftschlusses

Außerhalb der Kreise, die sich mit der neuzeitlichen Städtebaukunst beschäftigen, ist es wenig bekannt, daß die Formen der heutigen Weltstädte von den Verkehrsmitteln bestimmt worden sind. Ohne die Lokomotive und den Elektromotor wäre die Ausbreitung der Weltstadtgebiete über riesige Flächen nicht möglich gewesen. Das Auseinanderfließen der Häusermassen konnte nur stattfinden, wenn sie zugleich durch ein übergeworfenes Netz rasch fahrender und stark verästelter Bahnen zusammengehalten wurden. Die zentrifugale Kraft der neuzeitlichen Wohnanschauungen und -bedürfnisse, welche die Massen immer von neuem über die Randbezirke hinausgeschleudert, mußte durch die Zentripetalwirkung guter Verkehrsverbindungen wieder ausgeglichen werden.

Die Zeit, die der Einzelne aufwenden kann, um täglich mindestens einmal von seiner Wohnung zur Arbeitsstätte und wieder zurück zu fahren, ist eng begrenzt, wenn sie nicht zu übermäßiger Verschwendung werden soll. Länger als eine halbe Stunde soll vernünftigerweise die Zurücklegung dieses Wegs nicht dauern. Der Flächenraum, den die Hauptmasse einer Weltstadt einnehmen darf, wird also bestimmt durch die Geschwindigkeit, mit der die städtischen Verkehrsmittel fahren.

Schon frühzeitig ist man deshalb in den ganz großen Städten dazu geschritten, schnell fahrende Bahnen für den Ortsverkehr herzustellen. Als Zugkraft stand zunächst nur die Dampflokomotive zur Verfügung, die denn auch ausgezeichnete Vorbereitungsarbeit geleistet hat. Man blieb jedoch in dem Zeitalter des Dampfs auf die Schaffung von Linien beschränkt, die in der Hauptsache Verbindungen mit den Außenbezirken darstellten.

Eine ausreichende Verästelung des Verkehrs auch im Inneren, die den belebenden Blutstrom der draußen Wohnenden wirklich bis zum letzten Winkel der Geschäftsstadt heranschafft, konnten erst die elektrischen Bahnen ermöglichen. Sie allein zeigen ein so gesittetes Benehmen, daß sie überall dort zugelassen werden können, wo Menschen in gedrängten Scharen und zu angestrebter Tätigkeit beisammen sind.

Die Stille und die Sauberkeit ihres Arbeitens haben ihnen im Gegensatz zu den älteren Artgenossen die Einlaßstore zu der besten Gesellschaft geöffnet, die nur Leute mit guten Manieren aufnimmt, während sie rußige Gefellen, die mit rauhem Gedröhn und häßlichem Qualm auftreten, lieber draußen stehen läßt.

Im Jahre 1866 erfand Werner Siemens die Dynamomaschine. Seit dieser Zeit erst ist die Menschheit imstande, elektrische Energie in beliebigen Mengen und mit gutem wirtschaftlichen Nutzen zu bereiten. Eine besonders hervorragende Eigenschaft der von Siemens erdachten Maschine ist es, daß man ihr Wirken umkehren kann. Wird der Anker einer Dynamo gewaltsam gedreht, dann gibt die Maschine Strom ab; führt man der Dynamo Strom von außen her zu, dann gerät der Anker in Umdrehung. Die Maschine läuft nun als Elektromotor.

Werner Siemens erkannte sehr bald die treffliche Verwertbarkeit des Elektromotors für die Anlage von Schnellbahnen. Er war aber, wie wir im nächsten Abschnitt näher hören werden, zunächst gezwungen, die neue Maschine als Antriebsmittel für Straßenbahnen sich auswirken zu lassen. Auch auf diesem Betätigungsfeld hat der Elektromotor ausgezeichnetes geleistet.

Jeder Bewohner einer Groß- oder Mittelstadt, der dem jetzt im Mannesalter stehenden Geschlecht zugehört, hat es selbst empfunden, welche Verkehrsverbesserung die Umgestaltung der Pferdebahnen für den elektrischen Betrieb bewirkt hat. Aber seine ganze Kraft vermag der Elektromotor erst zu äußern, wenn die durch ihn angetriebenen Wagen, vom Straßenkörper losgelöst, auf einem nur für sie allein bestimmten Weg dahinfahren. Die Straßenbahn muß mit gedämpfter Geschwindigkeit ihren Weg zurücklegen, weil sie den anderen Fahrzeugen und den Fußgängern sonst allzu gefährlich würde, und die rasch aufeinanderfolgenden Haltestellen setzen die Reisegeschwindigkeit, das ist die Fahrtdauer einschließlich der Aufenthalte, weiter hinab. Eine vollkommene Regelmäßigkeit und Zuverlässigkeit der Beförderung kann wegen der zahllosen, immerfort von neuem auftretenden Hindernisse



durch die Straßenbahn nicht erreicht werden. Die Länge der Züge ist begrenzt, damit der Querverkehr nicht allzu sehr gestört wird und die Bremswege genügend kurz gehalten werden können. Ausschließlich die über oder unter der Straßenfläche verkehrenden Bahnen haben eine Erscheinung hervorgerufen, die zur Herbeiführung eines gesunden Wohnens so überaus wichtig ist; wir bezeichnen sie mit den Londonern als City-Bildung.

Der Kern der englischen Hauptstadt, die City, ist heute von einer Wohnbevölkerung fast gänzlich entblößt. Im Jahre 1850 wohnten dort noch 300 000 Personen; heute findet man nach Geschäftsschluß nur wenige Wächter und Hausverwalter in der City vor. Das Innere von Berlin zählte nach Giese im Jahre 1880 rund 256 000 Bewohner, 1914 war diese Zahl auf 137 000 gesunken, so daß also innerhalb eines Zeitraums von 34 Jahren 119 000 Menschen ihre Wohnung im Innern Berlins aufgegeben haben. Die gleiche Erscheinung ist in den amerikanischen Großstädten zu beobachten, von denen ein großer Teil sogleich derart angelegt wurde, daß man in der City nur Geschäftshäuser, draußen ausschließlich Wohnstätten errichtete.

Die Zahlen, welche die Einwohnermengen in den vier gewaltigsten Städten auf der Erde angeben, hätten etwas Erschreckendes, wenn man nicht wüßte, daß die zusammengedrängten Massen durch die Schnellverkehrsmittel aufgelockert sind. In London wohnen heute rund 7 300 000 Menschen, New York hat eine Einwohnerzahl von 5 600 000. In Paris sind 4 100 000, in der neuen Gemeinde Berlin 4 000 000 Personen angesiedelt. Das Vorhandensein von Schnellbahnen erlaubte jeder dieser ungeheuren Wohngemeinschaften eine Ausbreitung über einen praktisch nahezu unbegrenzten Flächenraum. Wie arg die Zusammenpressung der Menschen beim Fehlen dieses neuzeitlichen Verkehrsmittels hätte sein müssen, zeigt eine Zusammenstellung, die Giese in seinem Werk „Das zukünftige Schnellbahnnetz von Groß-Berlin“ gibt. Es beträgt die Reisegeschwindigkeit für

Fußgänger . . . . .	5 Kilometer in der Stunde
Pferdeomnibusse und Pferdebahnen . . . . .	9 " " " "
Elektrische Straßenbahnen und Kraftomnibusse . . . . .	14 " " " "
Elektrische Schnellbahnen . . . . .	25 " " " "

Ein besonders klares Bild über den Einfluß, welchen diese Steigerung der Reisegeschwindigkeiten übt, zeigt ein Vergleich zwischen den Einflußflächen der verschiedenen Verkehrsmittel unter der Voraussetzung, daß jedesmal eine halbe Stunde zur Zurücklegung des Wegs aufgewendet wird. Wenn alle Einwohner von ihrer Wohnung zum Geschäft zu Fuß

gehen müßten, dürfte die Stadt nur 20 Quadratkilometer groß sein. Bei Benutzung von Pferdeomnibussen und Pferdebahnen wächst die Fläche auf 64, durch elektrische Straßenbahnen und Kraftomnibusse auf 154 Quadratkilometer an. Die elektrische Schnellbahn aber ermöglicht eine Ausbreitung über 491 Quadratkilometer.

Wenn die auf Bild 536 dargestellten Weichbilder von London, New York und Berlin Flächenräume zeigen, die weit größer sind als 491 Quadratkilometer, so geht daraus hervor, daß viele Bewohner einen sehr langen Weg zur Stadtmitte nicht scheuen, um weit draußen in gesunder Umgebung wohnen zu können. Es sind auch sehr viele Arbeitende in Randbezirken beschäftigt.

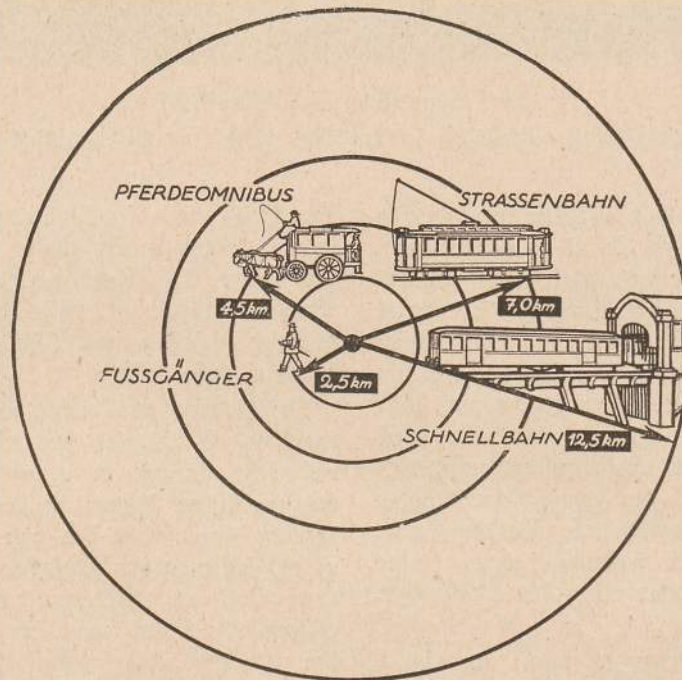
Eine selbstverständliche Folge des Flächenwachstums der Weltstädte ist eine sehr lebhafteste Steigerung des Verkehrsbedürfnisses. Die Zahl der jährlich zurückgelegten Fahrten wächst sehr viel rascher an als die Einwohnerziffer. Während

die Berliner Bevölkerung sich in den letzten Jahren vor dem Krieg um 15 v. H. vermehrt hat, stieg die Fahrtenzahl um 38 v. H. New York sah in den Jahren 1900 bis 1910 eine Erhöhung seiner Einwohnerzahl um 39 v. H.; die jährliche Fahrtenzahl ist im gleichen Zeitraum um 80 v. H. gestiegen. Schon im Jahre 1911 waren in London jährlich mehr als 2 850 000 000 Menschen zu befördern. New York blieb nur wenig dahinter zurück.

Angesichts dieses ins Ungeheure sich steigernden Verkehrsbedürfnisses mußten die Weltstädte seit dem letzten Jahrzehnt des vorigen Jahrhunderts auf einen raschen Ausbau der Schnellverkehrsmittel bedacht sein. Seit 1890 zwangen die täglich mehrmals anstürmenden Verkehrsfluten dazu, von dem schwerfälligeren Dampf sich

mehr und mehr loszulösen. Das elektrische Zeitalter zog herauf. Berlin ist in der Erfüllung der Forderungen, die es stellte, leider arg zurückgeblieben.

Wenn man die heute vorhandenen Schnellbahnen betrachtet, so fällt die Unterscheidung zwischen den Linien, die noch aus dem vorigen Jahrhundert stammen, und den während der letzten Jahrzehnte angelegten nicht schwer. Die allermeisten der älteren Strecken, die auch heute noch zu einem großen Teil mit Dampf betrieben werden, schließen sich eng an die Fernbahnen an. Es sind weniger Stadt- als Vorortlinien, die in einem Endbahnhof der Fernbahn oder in dessen unmittelbarer Nähe ihren Anfang nehmen und die von den Fernzügen ohne Halt durchfahrenen Gegenden durch eine große Zahl von Bahnhöfen so weit aufschließen, wie der Einflußbereich der Weltstadt reicht. Zu den älteren Anlagen zählen auch solche Strecken, die eine Verbindung von Fernbahnhöfen entweder quer durch die Stadt oder in Form eines Rings darstellen. Ein Beispiel für die



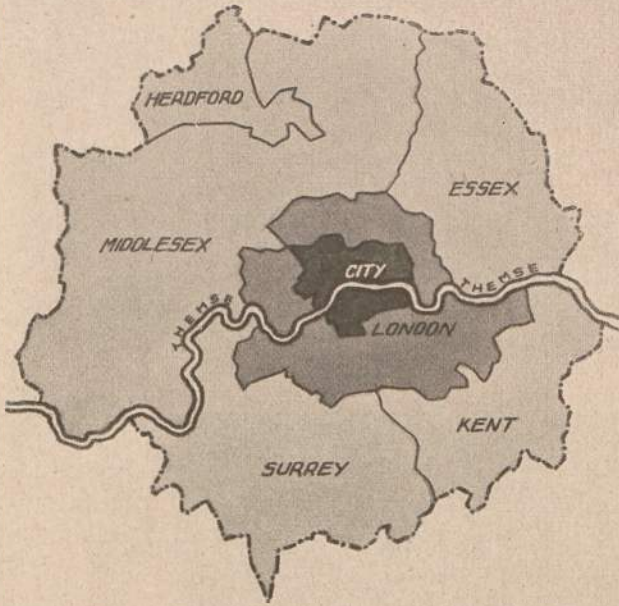
535. Einflußbereich der verschiedenen großstädtischen Verkehrsmittel

Weglängen bei halbstündiger Reisezeit



**GROSS-LONDON**

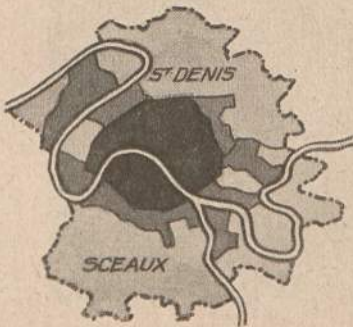
7,3 MILLIONEN EINWOHNER 1790 QKM.

**GROSS-NEW YORK**

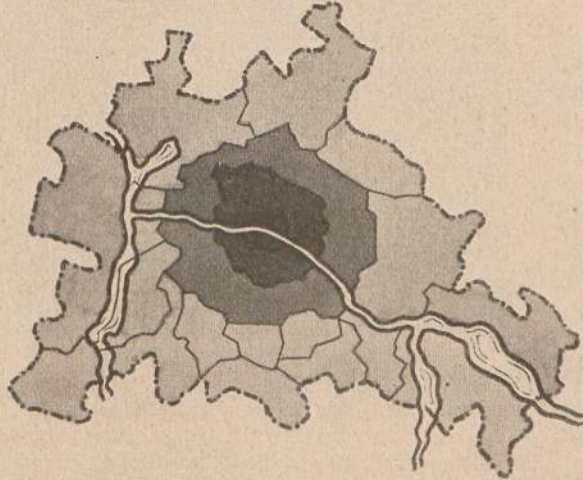
5,6 MILLIONEN EINWOHNER, 840 QKM.

**GROSS-PARIS**

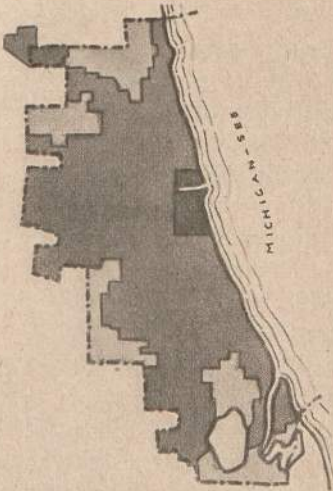
4,1 MILLIONEN EINWOHNER, 470 QKM.

**BERLIN**

4,0 MILLIONEN EINWOHNER, 878 QUADRAT-KM.

**CHICAGO**

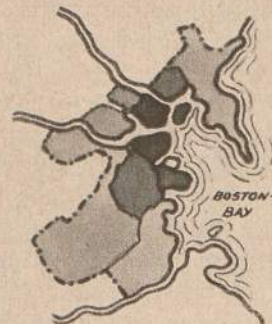
2,2 MILLIONEN EINWOHNER, 490 QKM.

**PHILADELPHIA**

1,6 MILLIONEN EINWOHNER, 330 QKM.

**BOSTON**

1,5 MILLIONEN EINWOHNER, 110 QKM.



536. Die wichtigsten Großstädte mit Schnellbahnbesitz  
 Darstellung des von ihnen bedeckten Flächenraums mit Angabe der Einwohnerzahl.  
 Nach Wittig „Die Weltstädte und der elektrische Schnellverkehr“



erste Art ist die Berliner Stadtbahn. London hat in Form des Innenrings die zweite Verbindungsart bevorzugt.

Die Einsicht, daß die beste Verkehrserschließung mittels Durchmesserlinien zu bewirken ist, also durch solche Strecken, die von einem Außenbezirk zum entgegengesetzt gelegenen quer durch die Stadt hindurchführen, blieb der neuesten Zeit vorbehalten. Erst die Führung der Schnellbahnen in dieser Art hat die engmaschigen Verkehrsnetze geschaffen. Eine ganz neue unterirdische Verkehrswelt wurde errichtet. Denn die Innenbezirke der Weltstädte sind so gebaut, daß sie sich der Durchdringung mit Bahnen, die auf der Erdoberfläche ruhen, aufs stärkste widersetzen. Oft erweckt es den Anschein, als hätten die alten Städtebauer durch die enge Anlage und die arg verwickelte Führung der Straßen Schnellverkehrs-Einrichtungen absichtlich unmöglich machen wollen. Mit ungeheuren Kosten haben überall die Fehler ausgeglichen werden müssen, die eine unverständige Vorzeit in den Stadtanlagen gemacht hat. Selbst die in den Schoß der Erde gebetteten Linien sind oft gezwungen, einen harten Kampf gegen die überkommenen Stadtanlagen zu führen; die Berliner Schnellbahnbauten liefern hierzu nur allzu beredte Beispiele.

Es gibt wenige technische Vorgänge, die von dem jüngeren Geschlecht so bestaunt werden, wie die Tatsache, daß die Londoner jahrzehntelang vermocht haben, mit Untergrundbahnen zu fahren, die durch Dampf betrieben wurden. Tunnelbahn und Elektrizität scheinen heute untrennbar zusammenzugehören. Welch ein Gedanke, in dem engen, gedeckten Kanal eingeschlossen zu sein, in den die Lokomotiven unaufhörlich ihre übelriechenden, stickigen Gase ausströmen lassen! Es war auch tatsächlich keine Luft, die alten Londoner Schnellbahnen zu benutzen. Andererseits wäre es übertrieben zu sagen, daß dieses Verkehrsmittel menschenunwürdig gewesen sei. Die Wagen zeigten keinen freundlich hellen Anstrich, sondern sahen stets arg beräuchert aus; das Atmen fiel den Fahrgästen nicht so leicht, wie wenn sie auf einer Gebirgswiese gelegen hätten. Sie brauchten aber weder Erstickung zu fürchten, noch Schutzanzüge über ihre Kleider zu ziehen. Denn die Lokomotiven waren sorgfältig mit Anlagen versehen, die nur wenig Qualm hinausgelangen ließen, und sie wurden mit Kohlen befeuert, die fast völlig rußfrei verbrannten.

Nachdem der letzte Dampfzug durch den Tunnel gegangen war, konnte eine recht dicke Schicht von Kohleresten und

Schmutz von den Wänden abgekratzt werden. Das Innere der Wagen aber hatte stets genügend sauber gehalten werden können. Am Ende mußte ja noch jeder bis vor ganz kurzer Zeit ähnliche Unbequemlichkeiten durchmachen, der gezwungen war, nahezu eine halbe Stunde lang durch den Gotthard-Tunnel zu fahren. Ein wenig ängstlich betrachtete der Reisende wohl die gelbe Qualmschicht, die sich draußen an den Fenstern ansetzte, aber nicht einen Augenblick hatte er das Gefühl, sich in Lebensgefahr zu befinden.

Die Elektrizität hätte auf dem Schnellbahngebiet ihren unaufhaltsamen Vormarsch keineswegs allein dadurch machen können, daß sie die Luftverhältnisse in den Tunneln verbesserte. Viele andere Vorteile gegenüber dem Dampfbetrieb mußten hinzukommen. Die Bewohner von Häusern, die in der Nähe eines Berliner Stadtbahnhofs liegen, hören das Anfahren eines jeden Zugs bis in die entferntesten

Zimmer. Denn die Lokomotive, die beim Anziehen besonders schwer arbeiten muß, pufft den Dampf mit laut dröhnenden Stößen hinaus. Der elektrische Zug fährt zwar auch mit einigem Geplirr, aber doch ohne jedes schwere Gestöhn an. Sehr viel rascher als der Dampfzug erreicht er die volle Fahrgeschwindigkeit. Denn der elektrische Triebwagen läßt sich rascher beschleunigen als die mit dem schweren hin- und hergehenden Triebwerk belastete Dampflokomotive. Bei Schnellbahnen mit



537. Der Potsdamer Platz aus der Fliegerschau

Beispiel eines alten Stadtmittelpunkts mit verkehrstechnisch sehr ungünstiger Anordnung der ausstrahlenden Straßen. 1. Leipziger Straße, 2. Potsdamer Straße, 3. Budapester Straße, 4. Königgräzer Straße, 5. Bellevuestraße. Flugzeug-Aufnahme der Luftbild-GmbH. in Berlin

ihrem sehr dichten Verkehr aber ist diese hohe Anfahrtschwindigkeit besonders wichtig. Sie ermöglicht eine sehr enge Zugfolge, indem sie die Aufenthaltszeiten auf den Bahnhöfen in bedeutendem Maß abkürzt. Der langsam anführende Dampfzug hält den Bahnhofsabschnitt viel länger besetzt als der geschwindig davongehende elektrische. Wir werden später noch davon zu sprechen haben, daß gerade die Verkehrsdrosselung in den Bahnhofsabschnitten den größten Einfluß auf die Zugfolge ausübt, die ihrerseits die Höchstzahl der stündlich zu befördernden Personen begrenzt.

Außer der günstigen Form der Antriebsmaschine ermöglicht der elektrische Betrieb insbesondere auch deshalb große Anfahr- und Dauergereschwindigkeiten, weil es bei seiner Anwendung möglich ist, die Triebkraft über den ganzen Zug zu verteilen. Die Dampflokomotive kann nur als ein zusammenhängender Kraftkörper gebaut werden, dessen Achszahl gerade auf Schnellbahnen wegen der engen Krümmungen gering gehalten werden mußte. Da, wie wir aus dem vorigen Abschnitt wissen (Seite 214), das auf jeder Achse



ruhende Gewicht durch die Tragkraft des Gleises begrenzt ist, so käme eine Schnellbahnlokomotive über ein verhältnismäßig geringes Reibungsgewicht nicht hinaus. Dieses allein ist aber, wie uns schon früher die allgemeine Betrachtung der Lokomotive gelehrt hat, ausschlaggebend für die Zugkraft.

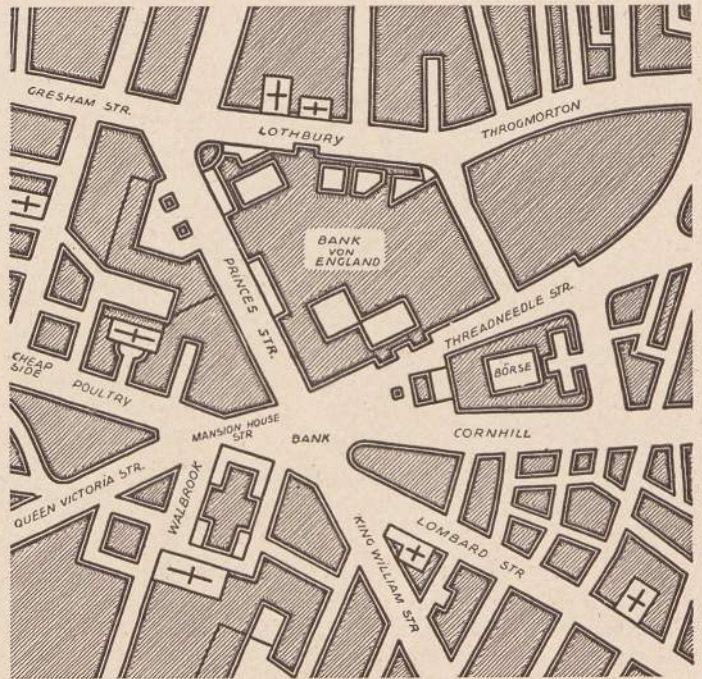
Elektrisch angetriebene Schnellbahnzüge können Motoren unter jedem Wagen haben, also das Reibungsgewicht des ganzen Zugs ausnutzen. Trotz dieser Unterteilung bleibt der Vorteil einheitlicher Steuerung der gesamten Triebkraft durch Einen Fahrer, der sich an der Spitze des Zugs befindet, erhalten. Solche Triebwagenzüge sind auch hervorragend dazu geeignet, starke Steigungen, wie sie auf Rampen nicht selten vorkommen, leicht zu überwinden. Eine besondere Bequemlichkeit wird dadurch geboten, daß die Triebkraft für die Motoren zugleich auch die Beleuchtung liefert.

Eine städtische Verkehrseinrichtung wird zur Schnellbahn, wenn der Bahnkörper so angelegt ist, daß er von dem übrigen Verkehr durchaus frei bleibt. Da über alle Straßen Querverkehr hinweggeht, so müssen die Schnellfahrten darüber oder darunter stattfinden. Am günstigsten für das Aussehen der Stadt ist es selbstverständlich, wenn die gewaltige Verkehrsanlage in den Boden eingesenkt wird, wo sie für das Auge vollständig verschwindet. Betrieblich ist kein Grund mehr vorhanden, die Tunnelführung zu vermeiden, seitdem der elektrische Antrieb allen billigen Anforderungen an Sauberkeit und Güte der Atemluft Genüge leistet. Oft aber tritt da die Höhe der Kosten solcher Verkehrsanlagen hindernd auf.

Es gibt — wir sprechen immer von Zeiten mit normalen Geldverhältnissen — kein teureres technisches Werkzeug als die Untergrundbahn. Kommt es doch vor, daß ein einziges Kilometer dieser Bahnart acht bis zehn Millionen Goldmark kostet. Eine ausschlaggebende Rolle spielt hierbei die Bodenart, die durchfahren werden muß. Aber auch die zahlreichen Vorrichtungen, die in den Boden einer Großstadt eingesenkt sind, das Netz der Kanalisationsrohre, der Gas-, Wasser- und elektrischen Leitungen, die Häuserstützen und Brückenpfeiler, stemmen sich entgegen und erfordern oft sehr hohe Ausgaben für ihre Fortlegung.

Der winklige und engbrüstige Bau der Stadtkerne läßt meist allerdings keine Wahl offen. In keiner der europäischen Hauptstädte wäre es möglich, die City mit einem hochliegenden Bahnkörper zu durchdringen. Bezirke aber, die weiter draußen liegen und meist sehr breite, gut zusammenhängende Straßenkörper aufweisen, müssen sich oft mit Hochbahnen begnügen, die mit einem Drittel, ja mit einem Viertel der Ausgaben herzustellen sind. Es ist nicht wegzustreiten, daß jede Hochbahnanlage das Aussehen einer Straße verschlechtert und den Anwohnern Unbequemlichkeiten verursacht. Die Kunst des neuzeitlichen Architekten weiß jedoch alle unschönen Linien fernzuhalten, und der Ingenieur sorgt für möglichste Geräuschlosigkeit. Wie die früher so lebhaft kollernden Verwünschungen gegen die Fahrdrähte der Straßenbahnen, die das Auge heute gar nicht mehr wahrnimmt, werden auch die Einwendungen gegen die Hochbahnen in Außenbezirken allmählich verstummen, dann nämlich, wenn die Allgemeinheit eingesehen hat, daß solchen Gegenden die Segnung des Schnellverkehrs nur in dieser Form zugeführt werden kann.

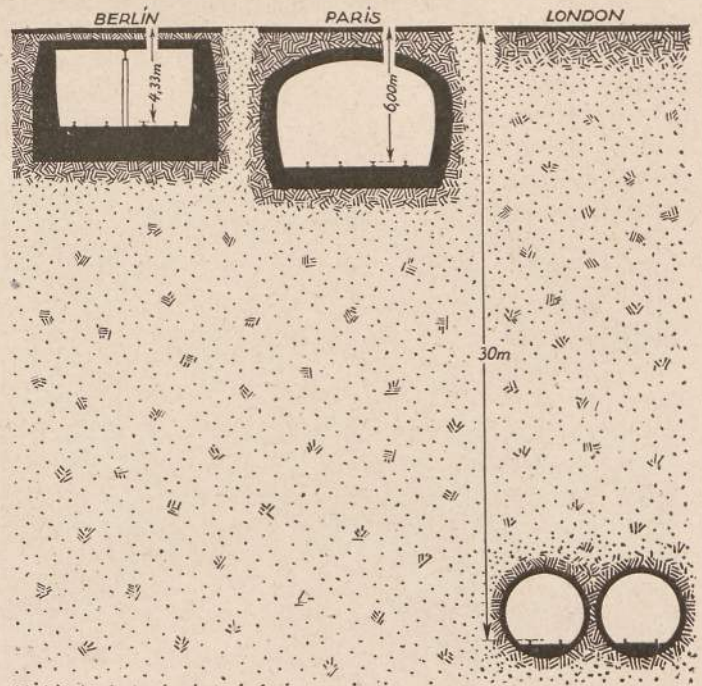
Besonders günstig können die Dinge sich für einen weit draußen liegenden Bezirk gestalten, wenn schon gleich mit der Aufstellung des Bauplans, also bevor noch ein Haus



538. Der Bankplatz in London und seine Umgebung

Auch dieser alte Stadtmittelpunkt setzt der Durchführung des neuzeitlichen Verkehrs die größten Schwierigkeiten entgegen

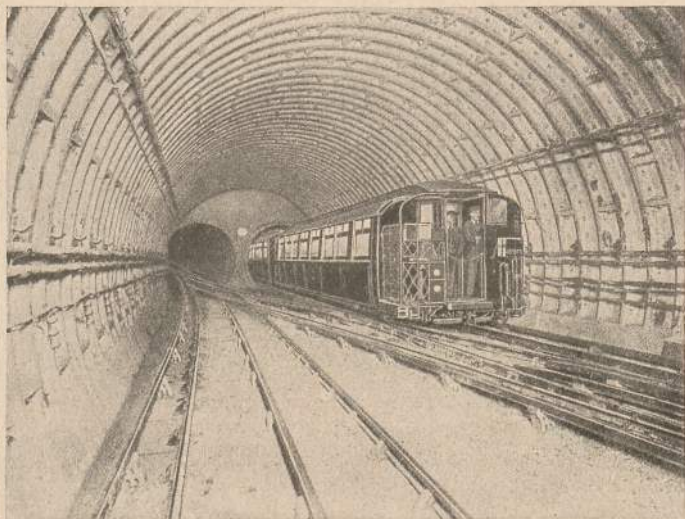
dort errichtet ist, der Schnellbahnweg festgelegt wird. Als dann ist es möglich, die Bahn mit verhältnismäßig geringen Kosten in den Boden einzusenken. An Stelle eines Tunnels wird ein offener Einschnitt ausgebildet. Man gewinnt auf diese Weise die Möglichkeit, später, wenn der Verkehr in dem durchfahrenen Straßenzug sich zu großer Höhe steigert, den Einschnitt nachträglich durch Einziehen von senkrechten Wänden und einer Decke zu verschließen. Der ziemlich weit abliegende Vorort Dahlem bei Berlin hat durch das bequeme Mittel der Einschnittbahn sehr früh einen Schnellbahnananschluß an das Innere der Reichshauptstadt erhalten.



539. Tiefenlage der Tunnel in drei Schnellbahnstädten

Außer den gezeichneten tief geführten Möhrenbahnen gibt es in London auch zahlreiche Unterpflasterbahnen



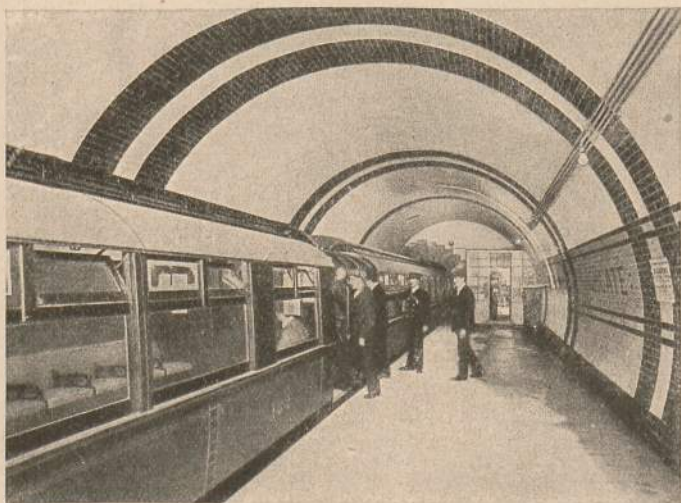


540. Verzweigungsstelle einer Londoner Röhrenbahn

Im Hintergrund die Enden der normalen Fahrtröhren. Die Seitenwände der Wagen sind gekrümmt, damit sie in das enge Röhrenprofil hineinpaffen

Nach den heute herrschenden Anschauungen sind Fernbahnen und Stadtschnellbahnen Verkehrsmittel, die zwar die gleiche Gleisspur haben, trotzdem aber in keinerlei Wechselbeziehungen miteinander stehen. Deshalb ist es auch möglich, bei den Schnellbahnen sehr viel engere Krümmungen und steilere Steigungen zuzulassen als auf den Linien, die dem Verkehr durch das Land dienen. Ein solcher Nachlaß, zu dem man sich anfangs nur schwer entschloß, war notwendig, um den Schnellbahnen eine ausreichende Schmiegsamkeit zu verleihen, so daß sie überall, wo es nötig ist, um die Ecken herumzubiegen vermögen. Die häufig vorkommenden Übergänge von der Untergrundbahn zur Hochbahn und umgekehrt können nur mit Steigungen von 1:30 und darunter auf ausreichend kurzen Rampen überwunden werden.

Die Möglichkeit, Betriebsmittel der Fernbahn auf die Stadtschnellbahn zu überführen, wurde um so leichter aufgegeben, als man längst eingesehen hat, daß sogar Verkettungen von Stadtlinien miteinander unvorteilhaft sind. Mehr und mehr wird dazu übergegangen, jede Stadtschnellbahnstrecke



541. Bahnhof einer Londoner Röhrenbahn

Der Bahnsteig für die entgegengesetzte Fahrtrichtung liegt in der gesondert geführten Nachbarröhre

für sich zu betreiben. Nur in den Außenbezirken werden noch Zusammenführungen zugelassen, bei Neubauten aber auch an dieser Stelle heute meist schon Vorkehrungen getroffen, um die Vereinigung später, nachdem der Verkehr gewachsen ist, wieder auflösen zu können.

Es hat sich nämlich gezeigt, daß jede Verkettung ungünstig auf den Gesamtverkehr einwirkt, sobald der Verkehrswert der zusammengeführten Linien nicht mehr gleich groß ist. Will man alsdann auf der von den Fahrgästen bevorzugten Richtung eine enge Zugfolge einrichten, so stören die immer wieder dazwischen tretenden Züge der anderen Strecken die Verdichtung in hohem Maß. London leidet heute sehr schwer an der ursprünglich in viel zu hohem Grad eingerichteten Verkettung seiner Schnellbahnlinien. Ungeheure Mittel werden aufgewendet, um die Zusammenführungen wieder aufzulösen. Auch die Geschichte des Berliner Gleisdreiecks, die später zu behandeln sein wird, ist ein warnendes Beispiel für Anlagen solcher Art.

Wer die ungeheuren Verkehrsströme sieht, die sich durch die Kanäle der Stadtschnellbahnen wälzen, muß des Glaubens sein, daß die für den Bau angelegten Geldmittel einen guten Ertrag abwerfen. In Wirklichkeit gibt es keine Anlage dieser Art, die eine lockende Verzinsung gewährt. Die baulichen Einrichtungen verschlingen so außerordentlich hohe Summen, daß die Fahrgelder in keinem rechten Verhältnis dazu stehen. Der Tarif darf ja nicht hoch sein, da die anderen städtischen Verkehrsmittel, insbesondere Straßenbahnen und Kraftomnibusse, sonst den Schnellbahnen die Fahrgäste fortnehmen würden. Es kommt hinzu, daß fast allerorten die Art der Verkehrsbeanspruchung sehr ungünstig ist.

In den Morgen- und Abendstunden findet ein gewaltiger Ansturm auf die Züge statt, der zur Bereithaltung sehr zahlreicher Betriebsmittel zwingt. Dazwischen liegen lange Stunden stark verringerten Verkehrs, in denen die vorhandenen Wagen längst nicht genügend ausgenutzt werden. All das zusammen erklärt die Tatsache, daß keine Schnellbahn auf der Erde den Besitzern mehr als eine ganz bescheidene Verzinsung gewährt. Zusammenbrüche sind in den ersten Jahren der raschen Schnellbahnvermehrung auf englischem und amerikanischem Boden nicht selten gewesen; die Gesellschaften konnten dann nur durch Hilfeleistung aus öffentlichen Mitteln gehalten werden. Das Gebiet der Schnellbahnen wird heute von Geldgebern nicht als ein aussichtsreiches Betätigungsfeld angesehen. Mehr und mehr werden die Anlagen von den Städten oder den Staaten hergestellt. Der große Nutzen aber, der mittelbar aus ihnen fließt, wird immer wieder dazu treiben, die Netze enger und enger zu gestalten.

Das Rüstzeug der Schnellbahnen ist so schwer, daß es nur von ganz besonders kräftigen Schultern getragen werden kann. Die Zahl der Städte, die ein solches Verkehrsmittel besitzen, ist daher gering. Schnellbahnnetze gibt es nur in neun Orten: London, New York, Boston, Chicago, Philadelphia, Paris, Berlin, Hamburg, Wien. Einzellinien besitzen: Elberfeld, Liverpool, Glasgow, Buenos Aires, Madrid und Budapest. Da die grundverschiedenen Bauarten der Städte und die immer wieder anders gearteten Strömungen des Verkehrs überall zu einer besonderen Ausgestaltung der Schnellbahnführung zwingen, werden wir im folgenden die Schnellverkehrsanlagen in jeder dieser Städte mit streifenden Blicken gesondert betrachten. Melbourne im fernen Australien wird auch bald zu ihrem Kreis gehören.



London! Keine Stadt mehr, sondern eine abenteuerliche Häufung von Völkermassen, wie sie auf Erden nicht zum zweitenmal anzutreffen ist. Auf einem Flächenraum, dessen Durchmesser annähernd so groß ist wie die Entfernung von Berlin nach Luckenwalde, wohnen siebenein-  
drittel Millionen Menschen beieinander.

Jeder neue Morgen treibt einen sehr großen Teil von ihnen hinein in die City und das Westend, wo eng gedrängt die Geschäftshäuser stehen. Der Austausch von Gedanken und Gegenständen zwingt während der Tagesstunden zu einem unaufhörlichen Hin- und Herfluten der im Stadtkern Beschäftigten. Am Spätnachmittag geht dann die Flut in die Ebbe über; Hunderttausende streben aus der dampfenden Enge der Arbeitsstuben den stilleren, von Grün umhagten Wohnstätten zu. Ein tückisches Schicksal hat es gefügt, daß ihnen die Zurücklegung der Wege möglichst erschwert wird. Denn die altersgraue City von London ist gebaut, als solle sie den Mittelpunkt nicht der größten aller Städte, sondern eines stillen Dörfchens darstellen.

Der kleine Platz vor der Bank von England bildet den Kern des Kerns. Wie in ein tiefes, von steilen Hängen rings umgebenes Gebirgstal die Wasser aus der Höhe brausend hineinschießen, so läßt die Riesenstadt all ihre gewaltigen Verkehrsströme hier in einem grausamen Strudel zusammenbranden. Es sind nur wenige Quadratmeter Asphalt, die zwischen dem Bankgebäude, der Börse und dem Mansion House liegen; aber unaufhörlich, unendlich, stets von neuem sich selbst gebärend, in wütenden Wogen gegeneinanderschlagend, niemals — während der City-Geschäftsstunden — verebbend, ziehen die Fahrzeuge dort vorüber! Der bronzene Herzog von Wellington, der vor dem Börseneingang steht, nimmt jeden Tag eine Parade ab, wie sie großartiger und stolzer kein Heerführer jemals gesehen hat.

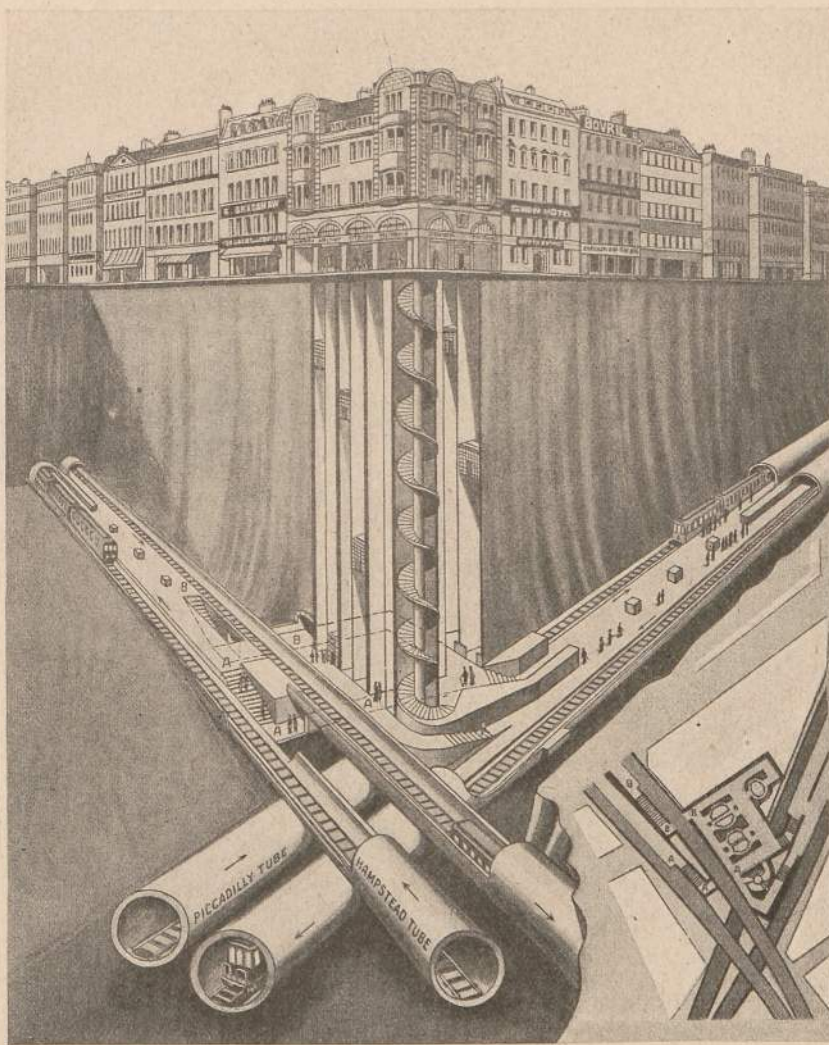
Aus sieben Straßen bricht es gleichzeitig hervor, und fast alle Wagen, die aus Princes Street, aus Threadneedle, Cornhill, Lombard und King William Street in endlosem Zug heranrollen, haben kein anderes Bestreben,

als den Bankplatz in möglichst ungünstigem Winkel zu kreuzen und sich dann in die schmale, dunkle Mansion House Street hineinzuzwängen, die wie eine Talsperrenwand vor Poultry-Cheapside und Queen Victoria Street eingelagert ist.

Es gibt nichts Unglücklicheres als diesen unförmigen, kleinen, wie von täppischen Händen zugeschnittenen Platz. Die Cityleute hätten längst verzweifeln müssen, wenn sie nur auf die eine Verkehrsebene angewiesen wären, die von den Straßen gebildet wird. Aber der Asphalt des Bankplatzes ruht nicht mehr auf dem gewachsenen Boden. Er

ist nur noch die Decke einer gewaltigen Höhle; von ihr zweigen unterirdische Verkehrswege ab, die mit größter Kunst hergestellt sind. Ein kreisförmiger Gang führt drunten ringsum, und von ihm aus erreicht man bequem die Bahnhöfe der sämtlichen Schnellbahnlinien, die hier ihren Kreuzungspunkt haben. Gewaltigere Menschenströme noch als droben in Privatwagen, Droschken und Kraftomnibussen über den Platz spülen, ergießen sich in die Tunnel, um, losgelöst von der Straßenengnis, ihrem Geschäftsziel zuzueilen.

Ein Blick auf die Verkehrskarte Londons zeigt eine verwirrende Fülle der Schnellbahnlinien. Engst verknotet unter dem Bank-Platz und bei Charing Cross, nochmals verflochten bei Carls Court und Paddington sind sie als stärksten pulsierende



542. Kreuzung zweier Röhrenbahnen in London  
Bahnhof Leicester Square mit Aufzügen und Nottreppen. Aus Wittig „Die Weltstädte und der elektrische Schnellverkehr“

Schlagadern in den Verkehrskörper der Riesenstadt eingesenkt. An 620 Bahnhöfe halten ihre Tore aufgesperrt. Wie unter der Wirkung eines Vakuumreinigers wird der Verkehr an jeder dieser Pforten von den Straßen abgesaugt.

Verhältnismäßig selten pflegt der Londoner eine lange Fahrtstrecke in einem einzigen Schnellbahnzug zurückzulegen. Denn jeder fünfte Bahnhof etwa bietet Gelegenheit zum Umsteigen, die eifrigst benutzt wird. Monate dauert es, bis der Fremde imstande ist, sich in diesem unterirdischen Labyrinth die besten Wege herauszusuchen. Ist er aber erst einmal geschult, dann findet er, daß mit ein- oder zweimaligem Zugwechsel jegliche der wichtigeren Stadtgegenden mit Hilfe der Schnellbahnen erreicht werden kann. Das unaufhörliche



Fühlungnehmen der Strecken miteinander eröffnet treffliche Verkehrsmöglichkeiten. Trotzdem aber stellt das Netz in seiner Gesamtheit nicht viel mehr dar als eine ziemlich regellose Wirrnis. Selbst ein so hervorragender Kenner der Londoner Verkehrsverhältnisse wie Kemmann erklärt in seinen zahlreichen gründlichen Schriften über dieses Thema an mehr als einer Stelle, daß es außerordentlich schwer ist, in diesem Durcheinander von Schnellbahnlinien leitende Grundgedanken zu erkennen. Es ist eben eine jede nach dem augenblicklichen Bedürfnis in die Erde gesenkt worden; die Aufstellung eines harmonischen Gesamtplans wurde vernachlässigt, sie war wohl auch zu Beginn gar nicht möglich.

Gleis ist in ein eigenes Eisenrohr eingebettet, dessen lichter Raum nur ganz wenig größer ist als der Querschnitt der Wagen. Die Seitenwände der Fahrzeuge können nicht mehr gerade sein, sondern müssen gleichfalls rund gebaut werden, damit sie in die Röhre hineinpassen. Ein Begehen der Strecke während der Betriebszeit ist unmöglich. Das Aussteigen aus einem Zug, der auf der freien Strecke liegen bleibt, kann nur durch die Ausgänge an den Stirnwänden des ersten und des letzten Wagens erfolgen. Wegen dieser Eingeschlossenheit der Fahrgäste in der engen Röhre hat man den Tubes den sehr treffenden Namen „Menschenrohrpost“ gegeben. Es ist wirklich, als würde man in



543. Die Wolkenkräger-Stadt

Blick auf New York vom Hafen aus. Phot. F. Gerlach, Berlin

Deutlich kann man in London drei Gattungen von Schnellbahnen unterscheiden. Am einfachsten hergerichtet sind jene auch heute noch zum größten Teil mit Dampf betriebenen Linien, die längs der Fernstrecken teils auf Dämmen, teils in Einschnitten zu den Vororten hinausführen. Ziemlich dicht unter dem Pflaster liegen die älteren Untergrundbahnen, deren erste bereits im Jahre 1863 auf der Strecke zwischen Paddington und Farringdon eröffnet wurde. In neuerer Zeit haben sich dann die Röhrenbahnen hinzugesellt, die seltsamsten Erzeugnisse der Verkehrskunst.

Zwanzig, dreißig, ja hier und da sogar vierzig Meter tief liegen diese Tubes (sprich: tjuhbs), wie sie in englischer Sprache genannt werden, unter der Erde. Jedes

einer Kapsel durch eine Leitung hindurchgesaugt. Die Bahnsteige liegen in Ausbauchungen der Röhren. Von der Einsteigstelle der einen Fahrtrichtung ist der Zugangsort für die Züge, die in entgegengesetzter Richtung fahren, meist nicht zu sehen, da die Röhrenwände dazwischen liegen.

London hatte die Möglichkeit, diese eigenartigen Tiefbahnen zu bauen, weil der Boden, auf dem die Stadt errichtet ist, die günstigsten, nirgend wiederkehrenden Verhältnisse hierfür darbot. Es ist ein bildsamer, vollständig wasserloser Ton, der mit den Mitteln der neueren Technik sehr leicht durchbohrt werden kann. Durch die tiefe Einsenkung der Tunnelröhren gewann man den sehr großen Vorteil, beim Bau der Strecken jedes Zusammentreffen mit

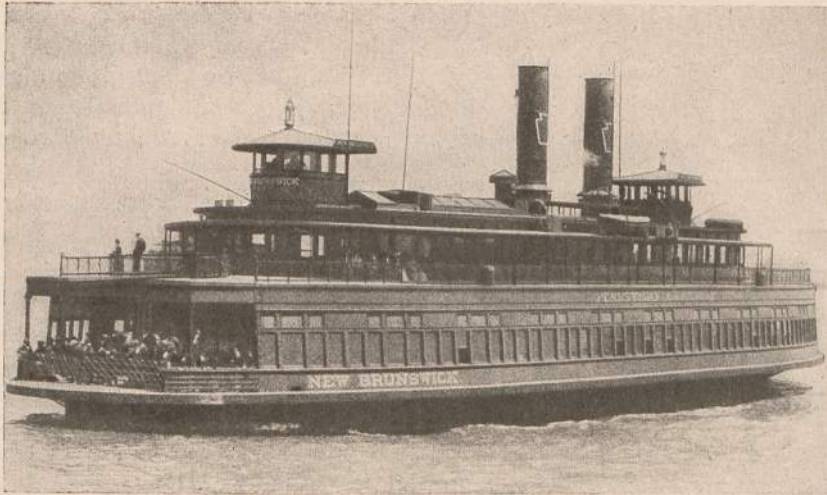


den Häuserfundamenten, ferner mit den zahllosen Abwasserrohren, elektrischen, Gas- und Wasserleitungen vermeiden zu können, die natürlich auch den Londoner Untergrund wimmelnd durchziehen. Die Anlagekosten für die Bahnen ermäßigten sich bedeutend, da die hohen Ausgaben für die Fortlegung erspart wurden. Durch den schweigenden Schoß der Erde, tief unten in ewiger Finsternis, kühn entrückt den letzten

Ausläufern der Weltstadt, die ja nicht nur auf der Erde, sondern auch in der Erde gebaut ist, wühlte man die Tunnel mit bequemen Krümmungen in der günstigsten Richtung hindurch; denn man hatte ja bei diesem gewaltigen Werk nach keinem Nachbarn zu fragen. An ihrem Siedlungsort herrscht die Lube ganz allein. Hin und wieder wurde in der Nähe der wagerechten Tunnel ein senkrechter Schacht nach oben durchgestoßen, durch den mit Hilfe von Fahrstühlen und der in engen Windungen gebauten Nottreppen die Verbindung mit der Oberwelt, mit den Eingängen zu den Bahnhöfen, hergestellt ist.

Mechanische Fördereinrichtungen mußten für derartige Tiefbahnhöfe eingerichtet werden, da niemandem zugemutet werden kann, eine Turmhöhe auf Treppen zu überwinden.

Neben den Fahrkartenschaltern, die meist im Untergeschoß von Mietshäusern angelegt sind, trifft der Fahrgast eine

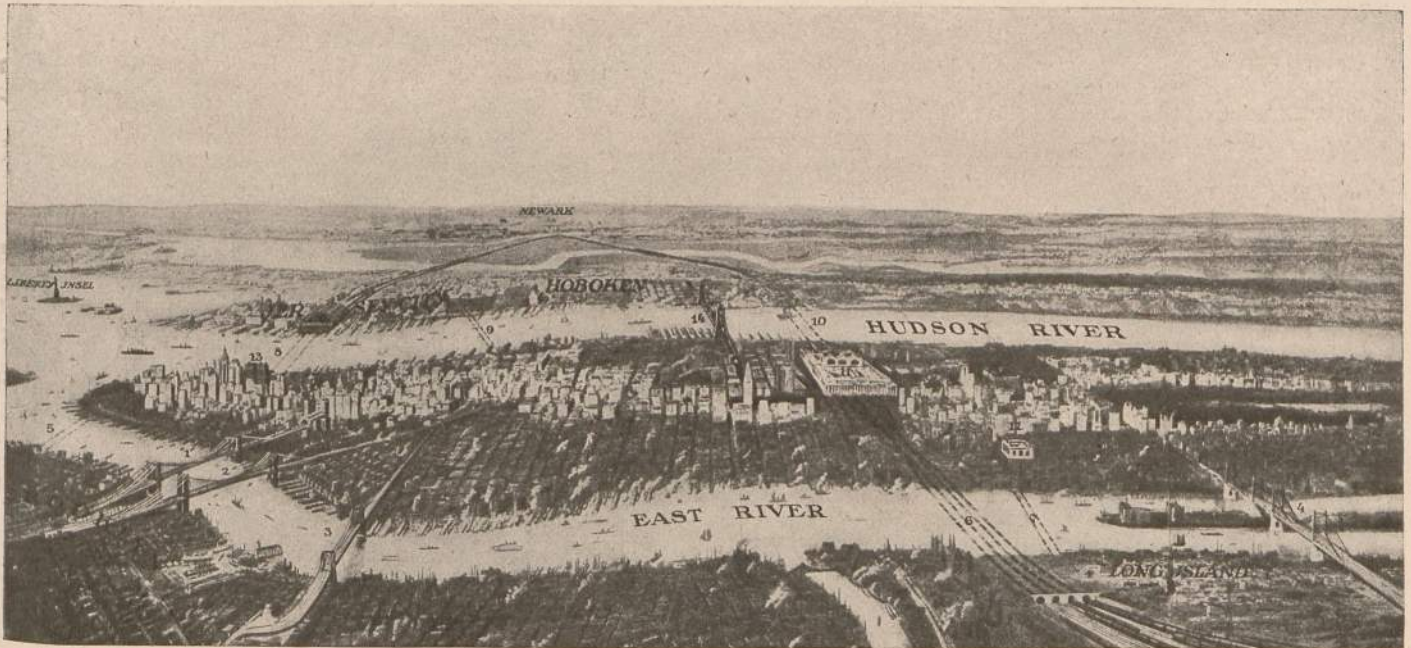


544. Fährboot im Hafen von New York

je nach der Verkehrskraft des Bahnhofs bemessene Anzahl von Fahrstühlen an. Wenn er mit ihrer Hilfe hinuntergefahren ist, befindet er sich jedoch keineswegs sogleich auf dem Bahnsteig, da es fast niemals vorkommt, daß dieser senkrecht unter dem Eingangsraum liegt. Es ist vielmehr stets noch ein längerer Gang zu durchschreiten. Und auch dieser führt unmittelbar nur zu einem der beiden Bahnsteige. Um

zu dem anderen zu gelangen, muß man oft eine Treppe hinunter-, alsdann von neuem durch einen Gang und wieder eine Treppe hinaufgehen, da ja zwei Geleise auf einer Ober- oder in einer Unterführung zu queren sind. Bei Kreuzungsbahnhöfen sind die Wege vom Fahrstuhl zu einer der beiden Haltestellen stets ziemlich weit und durch vielfältiges Auf und Ab erschwert.

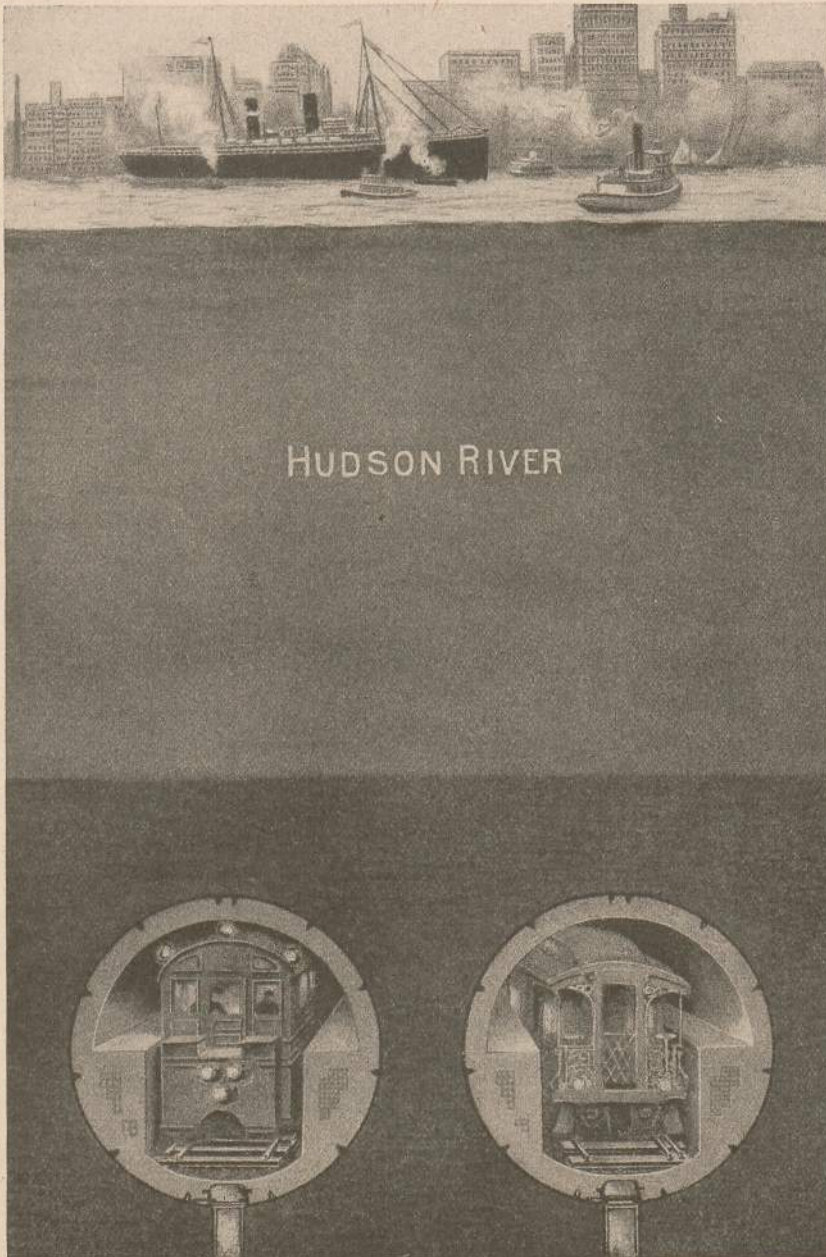
Die Fahrstuhl Anlagen bieten also keineswegs die Bequemlichkeiten, welche der mit den Londoner Schnellbahnverhältnissen nicht vertraute Berliner ihnen zumeist andichtet. Die Fördereinrichtungen haben einzig die Bestimmung, die großen Höhenunterschiede unmerklich zu machen. Dort wo ein Londoner Schnellbahnhof dicht unter dem Straßenboden liegt, findet man selbstverständlich nie einen Fahrstuhl. Wohl aber ist eine Fördereinrichtung besonderer Art an solchen Stellen häufig im Gebrauch, wo bei einer Umsteigestelle die Geleise verschiedene



545. Der Hauptteil der Stadt New York aus der Fliegerschau

In der Mitte die Manhattan-Insel mit den Wolkenkratzern; am anderen Ufer des Hudson-Flusses Jersey City und Hoboken; am anderen Ufer des Ost-Flusses Brooklyn und Long Island. 1. Brooklyn-Brücke (Bild 19). 2. Manhattan-Brücke. 3. Williamsburger Brücke. 4. Queensboro-Brücke. 5. Tunnel der Subway-Bahn. 6. Vierfacher Tunnel der Pennsylvania-Bahn. 7. Belmont-Tunnel. 8. und 9. Tunnel der Hudson- und Manhattan-Bahn. 10. Zwillings-Tunnel der Pennsylvania-Bahn. 11. Hauptbahnhof der Pennsylvania-Bahn (Bild 549). 12. Bahnhof der Zentral-Bahn (Bild 551). 13. Endbahnhof der Hudson- und Manhattan-Bahn (Bild 553). 14. Hudson-Brücke (Bild 21; im Bau).





546. Unter dem Hudson-Fluß

Tunnelröhren der Untergrundbahn mit Stützpfehlern. Aus Wittig, „Die Weltstädte und der elektrische Schnellverkehr“

Liefenlagen haben. Diese Vorrichtungen konnten in der deutschen Hauptstadt nicht eingeführt werden, weil ein Versuch in einem großen Warenhaus gezeigt hatte, daß die Berliner sich daran nicht zu gewöhnen vermochten. Ein solcher Vorgang wirft kein gutes Licht auf die Verkehrsschulung unserer Landsleute, denn in London weiß jeder vortrefflich mit der Fahrtreppe umzugehen. Sie ist ein schräg liegendes, breites, mit Treppenstufen besetztes Band, das unaufhörlich von unten nach oben oder in umgekehrter Richtung gleitet. Statt sich der Mühe des Treppensteigens zu unterziehen, stellt man sich auf das Band und wird, ohne daß man je einen Augenblick zu warten braucht, zu dem anderen Bahnsteig befördert. Bei einer Betriebsstörung der Fördervorrichtung gestatten die Stufen ein leichtes Hinauf- oder Hinuntersteigen mit eigener Kraft.

Betriebstechnisch sind sämtliche Londoner Schnellbahnen aufs beste eingerichtet. Die Vorkehrungen zur Erleichterung des Zurechtfindens in den oft arg verschlungenen unter-

irdischen Gängen können kaum noch getroffen werden. Wegweiser sind an allen Ecken der Gänge, die zum Bahnsteig oder an Umsteigestellen von einer Strecke zur anderen hinüberführen, in verschwenderischer Fülle aufgestellt. An jedem Punkt, wo man vielleicht im Zweifel sein könnte, welchen Weg man einschlagen muß, hängt ein auffallendes Schild, das alle erdenklichen Angaben mit Richtungspfeilen enthält. Damit die Deutlichkeit möglichst groß sei, sind die Mitteilungen in weißer Schrift auf schwarzen Glastafeln angebracht, die von hinten beleuchtet werden. Die Form der Buchstaben ist sehr sorgfältig ausgewählt: sie haben möglichst klare, scharfe Umrisse, damit die Worte schon von weither zu erkennen sind.

In vielen Wagen ist der Plan der Strecke, auf der er fährt, sechs- bis achtmal an der Decke und an den Seitenwänden angebracht. Man kann sich so von jedem Platz aus, ohne aufstehen zu müssen, aufs genaueste über die Reihenfolge der Haltestellen unterrichten. Umsteigebahnhöfe sind besonders gekennzeichnet, und in Verbindung damit findet man stets sehr ausführlich die Namen der Haltestellen genannt, die durch das Umsteigen erreicht werden können. Die Pläne in den Wagen sind meist auf lange Papierstreifen gedruckt, oft aber erscheinen auch sie in der Form beleuchteter, durchsichtiger Glastafeln, deren farbige Linienzüge und Aufschriften noch von der letzten Ecke des Wagens her sehr deutlich gelesen werden können.

Solche stimmigen Wegweiser sind allerdings auf den Londoner Schnellbahnen besonders notwendig. Denn nur sehr wenigen Insassen der Wagen dürfte es gelingen, bei dem kurzen Aufenthalt der Züge in einer Haltestelle den Bahnhofsnamen an der Tunnelwand zu lesen. Farbenkennzeichnungen, wie sie die Berliner Schnellbahn-Gesellschaft mit gutem Erfolg eingeführt hat, gibt es in London nicht. Da die Schilder mit den Bahnhofsnamen sind meistens so unvorteilhaft angebracht, daß

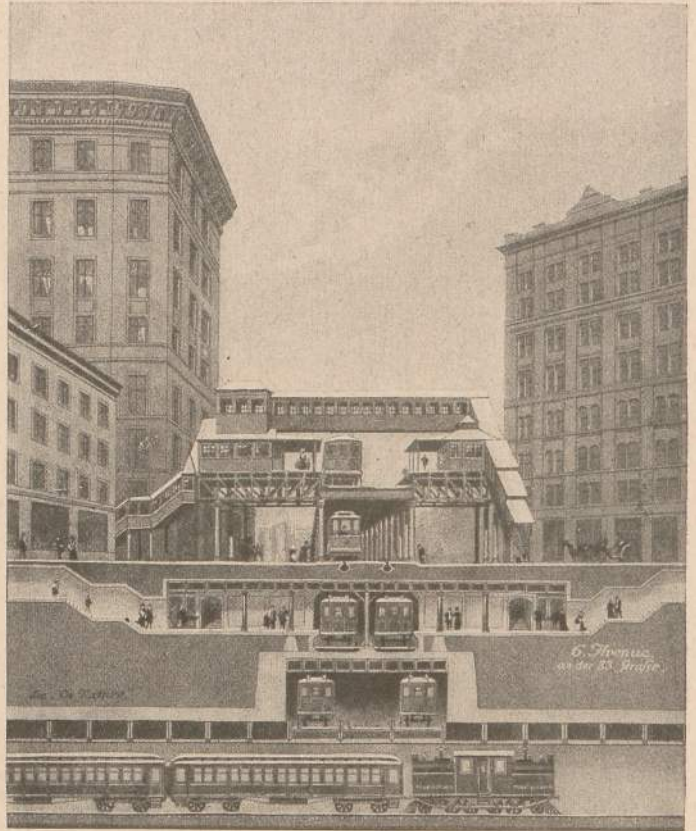
sie zwischen der ungeheuren Fülle der an die Wände geklebten Reklameplakate fast verschwinden. Ein Fremder kann leicht auf die Vermutung kommen, daß zehn Bahnhöfe hintereinander „Pears Soap“ oder „Lyons Tea“ heißen.

In den Gängen der Röhrenbahnen braucht man die leuchtenden Wegweiser besonders dringend, weil in den Zugängen und auf den Bahnsteigen selbst kein einziger Beamter zu finden ist, wenn nicht gerade ein Zug im Bahnhof hält. Es kommt vor, daß mitten am Tag während der stärksten Verkehrszeit solch ein Londoner Schnellbahnsteig vollkommen menschenleer ist. Bahnsteigbeamte gibt es vielfach nicht; die Prüfung der Fahrkarten wird in weiter Entfernung ausgeübt. Den gesamten übrigen Dienst erledigen dann die Zugbesatzungen. Niemand außerhalb der Züge kümmert sich um diese. Sie kommen an, ohne daß jemand vor ihnen durch den Ruf „Zurücktreten!“ warnt. Sie fahren weiter, ohne daß Befehlsstäbe geschwungen oder gellende Rufe ausgestoßen werden. Denn die Londoner Bevölkerung ist aufs beste für



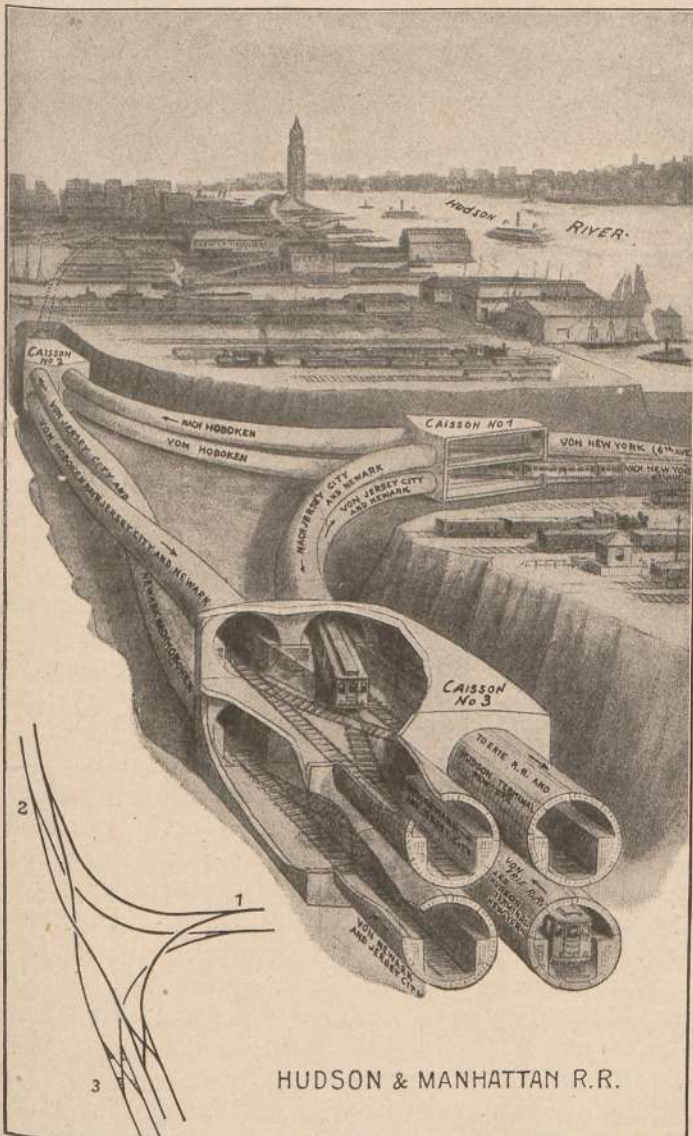
die Benutzung der Verkehrsmittel geschult. Jeder fühlt, daß er am schnellsten vorwärts kommt, wenn er seinem Nachbarn hilft, und nicht, wenn er ihn gewaltsam zurückdrängt.

Der Mangel an Bahnhofsbearbeiter wird aber reichlich aufgewogen durch die starke Besetzung der Züge. Die Londoner Röhrenbahnwagen sind so gebaut, daß man über eine an jedem Wagenende angebrachte Plattform hinweg durch eine Tür in der Stirnwand einsteigt. Dies entspricht etwa der Bauart, welche die älteren Vierte-Klasse-Wagen unserer Reichsbahn haben. Auf dem Überweg zwischen den Plattformen, also immer zwischen zwei Wagen, steht ein Zugbegleiter. Er öffnet beim Einlaufen in den Bahnhof die eisernen Zugangtüren zu den Plattformen und damit zu den Wagen. Er verschließt die Zugänge wieder unmittelbar vor der Abfahrt, so daß niemand imstande ist, auf einen fahrenden Zug zu springen. Außerdem haben die Wagenmänner noch ein Klingelzeichen abzugeben; der am Zugschluß Stehende meldet hierdurch zuerst dem Vordermann, daß sein Wagen abfahrtsbereit ist, alsdann gibt der Vordermann das Zeichen weiter, und es pflanzt sich geschwind bis zum ersten Wagen fort, wo dann zuletzt die Abfahrtsklingel im Fahrerraum betätigt wird. Ofter dient als Abfahrtszeichen auch ein grünes Lämpchen, das selbsttätig beim Fahrer aufleuchtet, sobald alle Türen geschlossen sind.



548. Fünf Verkehrswege untereinander

An der Kreuzung der 6. Avenue mit der 33. Straße in New York. Hochbahn, Straßenbahn, gewöhnliche Geleise der Hudson- und Manhattan-Bahn, Schnellzug-Geleise der Hudson- und Manhattan-Bahn, Pennsylvania-Fernbahn



547. Unterirdisches Gleisdreieck der Hudson- und Manhattan-Bahn in New Jersey

Die gesamten Verkehrseinrichtungen der ältesten Großstadt auf der Erde sind naturgemäß vorbildlich für alle anderen Orte geworden. Angesichts der ungeheuren Verkehrsmassen, die täglich in London zu bewältigen sind, ist man dort besonders früh dazu gelangt, Einrichtungen auszubilden, die den Umlauf der Züge aufs stärkste beschleunigen und damit eine sehr dichte Zugfolge herbeiführen. Das Arbeiten der selbsttätigen Signale, die hierauf einen nicht hoch genug zu schätzenden Einfluß üben, die Vorrichtungen, mit denen die Fahrer immer wieder zur Eile angespornt werden, und die Zugrichtungsanzeiger auf den Bahnsteigen, mit deren Hilfe die Fahrgäste zu zweckmäßiger Aufstellung an den Bahnsteigrändern und zu geschwindem Einsteigen erzogen werden, sollen später im Anschluß an die nach Berlin übertragenen Vorkehrungen ähnlicher Art erörtert werden.

Der verkehrsreichste Hafenort Englands, die zweitgrößte Stadt des Inselreichs, Liverpool mit seinen 800 000 Einwohnern, ist wie die Hauptstadt schon frühzeitig dazu geschritten, den Verkehr durch die Anlage von Schnellbahnen zu erleichtern. Notwendig erschien insbesondere die Ausbildung von zwei Linien: einer, die durch Unterfahrung des 1200 Meter breiten Mersey-Flusses die Hafenvorstadt Birkenhead mit dem Hauptstadteil verbindet, und einer zweiten, die an den mehr als zehn Kilometer langen Hafenanlagen entlang führt. Die Mersey-Tunnelbahn ist bereits im Jahre 1886 mit Dampfbetrieb eröffnet worden. 1903 wurde die elektrische Zugkraft auch dort eingeführt. Die Hafenstrecke ist als Hochbahn ausgebildet. Da sie mehrere Wasserläufe überschreitet, die von Schiffen befahren werden, sind eine Drehbrücke und drei Klappbrücken in den Bahnkörper





549. Hauptbahnhof der Pennsylvania-Bahn in New York  
Links die Front des Bahnhof-Gebäudes

eingebaut. Neuerdings besteht der Plan, auch das Innere von Liverpool mit einem Schnellbahnnetz auszurüsten, das von den Vororten her strahlenförmig in den Stadtkern eindringen soll.

\*

Wer jemals in den Hafen von New York eingefahren ist, hat das Hochgefühl, den Anblick eines Stadtbildes erlebt zu haben, dergleichen es auf Erden nicht gibt. Ein himmelanragendes Gebirge steht dort aufgerichtet, aus ungeheuren vierkantigen Felsblöcken gefügt, die mit beispielloser Wucht nebeneinander und hintereinander emporsteigen. Wenn der Ankömmling nie etwas von den Seltsamkeiten der ersten Hafenstadt Amerikas gehört hat, könnte er gar nicht auf den Gedanken kommen, daß diese Gebilde von übernatürlichem Ausmaß Schöpfungen derselben Menschen sind, die in jämmerlicher Kleinheit zu ihren Füßen herumwimmeln. Wolkenkratzer hat der Amerikaner mit einem stolzen Wit die Turmhäuser genannt, die ein Eigenbesitz seines Erdteils sind. Stoßen die Dächer nun tatsächlich auch nicht bis in die Wolken hinein, so kann sich doch niemand, der von der Tiefe der Straße her zu den schon ein wenig verschwimmenden Zinnen emporschaut, des Eindrucks einer ruhig thronenden Erhabenheit erwehren. Insbesondere die neueren Bauten dieser Art, für welche die Architekten einen besonderen, nur für solche Häuser passenden Stil gefunden haben, sind mächtig und schön zugleich.

Die Eigenart des Bodens von New York hat diese gewaltigen Früchte emporenwachsen lassen. Nicht daß sich dort

eine seltsame Ackerkrume befände, die eingelegte Ziegelsteine und Eisenträger in gigantische Höhen treibt; die Form des Geländes, auf dem die Stadt steht, hat das Übereinandertürmen immer neuer Stockwerke erzwungen. Eine Schicksalslaune wollte es, daß das Randgebiet des besten Hafens an der Ostküste der Vereinigten Staaten von Inseln eingegäumt ist. Am meisten lockte zur Besiedlung ein zwar langgestrecktes, aber sehr schmales Eiland, Manhattan genannt. Seine Spitze sah die ersten Häuser, die noch von gewöhnlicher Bauart waren. Als die Stadt dann aber mehr und mehr Bewohner an sich zog, fand man sich alsbald arg beengt durch die beiden Flüsse, die rechts und links mit der Breite von Meeresarmen die Ausdehnung behindern. Zwanzig Kilometer ist die Manhattan-Insel lang, aber nur drei Kilometer breit. Und gerade dort, wo sie mit ihrer Spitze in das Hafenwasser ausläuft, also auf schmalstem Raum, setzte eine City-Bildung von unerhörter Hefigkeit ein.

Der Stadtbezirk hat heute tatsächlich über die eine Insel weit hinausgegriffen; er umfaßt auch Brooklyn und Queens auf Long Island, Richmond auf Staten Island und Bronx, das bereits zum Festland gehört. Das mit echt amerikanischer Großartigkeit brandende Geschäftsleben aber blieb nach wie vor beschränkt auf Manhattan, das an den Langseiten vom Ostfluß (East River) und dem Hudson, im Norden vom Harlemfluß umströmt wird. Jeder New Yorker, der etwas auf sich hält, muß an der Manhattan-Spitze sein Geschäft oder sein Büro haben. Da kein Platz vorhanden war, genügend Arbeitsstätten nebeneinander zu schaffen, so richtete man sich eben übereinander ein. Auf



einem Raum, der in Europa nur Tausenden Platz gewähren würde, sind drüben Hunderttausende angesiedelt.

Allmorgendlich setzt sich nun ein Heereszug in Bewegung, der von den beiden anderen Inseln, dem gleichfalls auf drei Seiten durch Wasser umgrenzten Bronx und dem jenseits des Hudson liegenden, zwar schon zu einem anderen Staat gehörigen, aber mit New York in engster Verbindung stehenden New Jersey in die Manhattan-Spitze einbricht. Die Turmhäuser werden bis in ihre höchsten Höhen und ihre äußersten Winkel erklettert. Mit demselben heißen Eifer, der in einem Bienenstock herrscht, beginnt jeder in seiner Zelle, die auf allen Seiten, darüber und darunter von andern Zellen umgeben ist, seine Tagesarbeit.

Abends zieht das Heer in geschlossenem Zug wieder ab. Für alle endet die Arbeit zu gleicher Zeit, und es gibt um dieselbe Stunde für Hunderttausende nur ein Ziel: „Nach Hause!“ Ein geringer Teil nur kann auf Manhattan selbst bleiben, das in seinem nördlichen Teil auch große Wohnviertel besitzt. Die meisten müssen übers Wasser. Einst schwammen auf den Flüssen zur Zeit des Geschäftsschlusses unzählige Fährboote; heute sieht man deren nur noch wenige. Die Schnellbahnen haben es übernommen, die ungeheuren Menschenströme durch ihre Kanäle abfließen zu lassen. Über 4 Brücken und in 14 Tunneln queren sie die Flüsse. 1000 Kilometer Gleis stehen zur Verfügung, eine

Verkehrseinrichtung, die vierhundert Millionen Dollar gekostet hat und imstande ist, jährlich drei Milliarden Fahrgäste zu befördern.

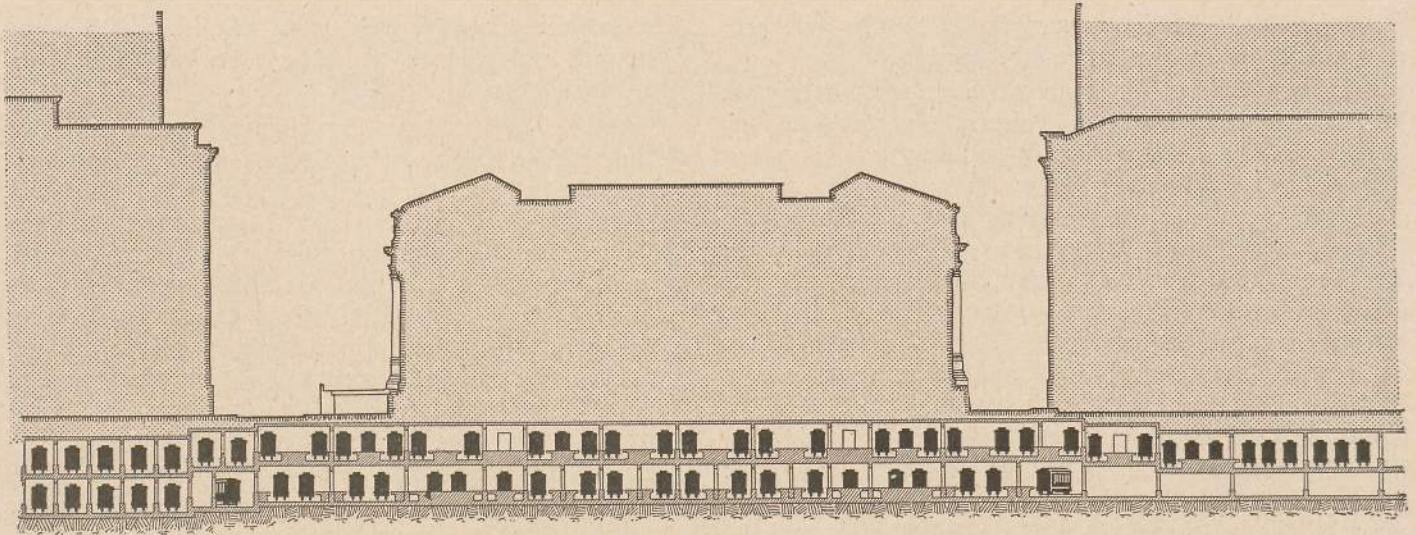
Jegliches Hindernis zur Durchführung der Bahnen dorthin, wo sie gebraucht werden, hat es für den Amerikaner selbstverständlich nicht gegeben. War eine Brücke vom Straßenverkehr so stark in Anspruch genommen, daß eine Bahnstrecke darauf nicht ohne weiteres Platz finden konnte, so wurde ein zweites Stockwerk angelegt. Unter dem Wasser wühlte man sich, jeglichem Widerstand zum Trotz, mit Hilfe von eisernen Röhren hindurch, die zum Teil auf tieft eingeschlagene Pfähle gestellt wurden. Gleisverschlingungen, die sich aus der Linienführung ergaben, wurden selbst unter schwierigsten Umständen durchgeführt.

So entstand zum Beispiel in New Jersey ein unterirdisches Gleisdreieck, in dem die Tunnelröhren sich wie Schlangen übereinander winden, damit Gleiskreuzungen in gleicher Höhe vermieden werden. An der Stelle, wo die Sechste Avenue und die 33. Straße einander treffen, liegen fünf Verkehrswege untereinander (Bild 548). Zu oberst fährt die Hochbahn, darunter die Straßenbahn; das Pflaster deckt den Tunnel, der die gewöhnlichen Geleise der Untergrundbahn birgt; ein Stockwerk tiefer trifft man die Schnellzuggeleise der Untergrundbahn, und ganz tief eingebettet in den Schoß der Erde ziehen sich die Geleise der Pennsylvania-Fernbahn dahin.



550. Halle des Pennsylvania-Bahnhofs in New York





551. Schnitt durch den Zentral-Bahnhof in New York, den größten Bahnhof der Erde  
Im Untergrund liegen 68 Geleise

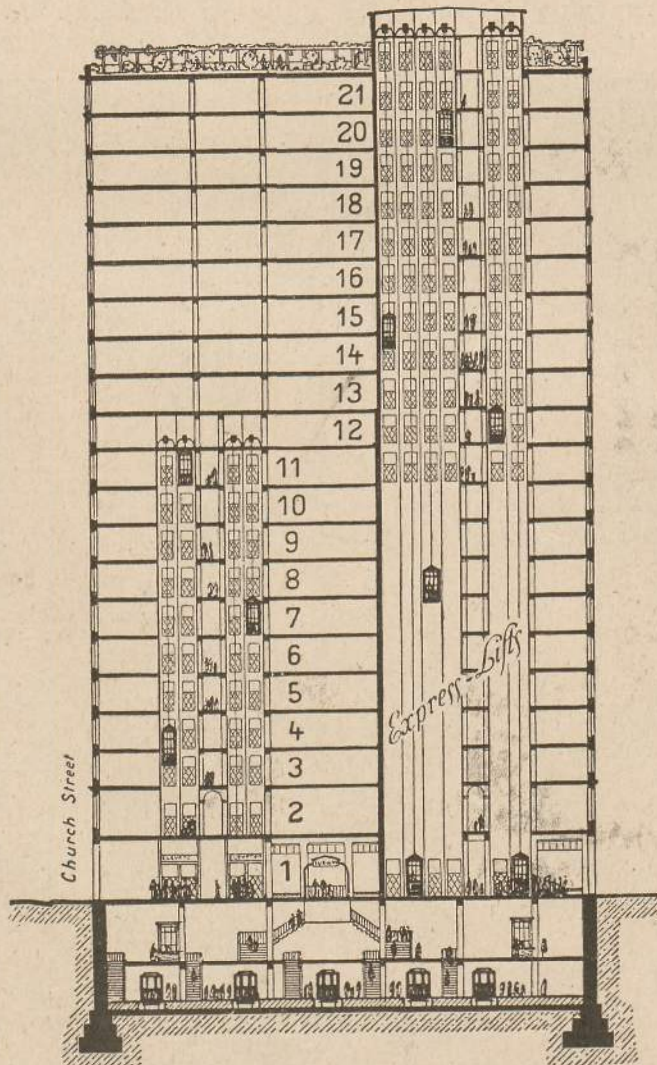
Die Anlagen dieses Verkehrsknotenpunkts von ungeheurer Wucht offenbaren eine weitere Eigentümlichkeit des New-Yorker Schnellverkehrs. Viele Kilometer weit ziehen Hochbahnen und Untergrundbahnen durch die gleiche Straße, weil der Schnellverkehr in nur Einer Höhe oder Tiefebene nicht mehr bewältigt werden kann. Hinzu gesellt sich häufig eine dritte Strecke, deren Züge nicht mehr an allen Haltestellen, sondern nur noch an den wichtigsten Bahnhöfen halten. Ihre Geleise liegen entweder unter oder zwischen den anderen.

Die Sehnsucht aller europäischen Schnellbahn-Fahrgäste ist hier erfüllt. Die Züge brauchen bei Zurücklegung weiter Strecken nicht alle paar Minuten stillzustehen, um auch noch an dem abgelegensten Kleinen Bahnhof ein paar Fahrgäste einzusammeln oder auszusetzen. Fahrgeschwindigkeit und Reisezeit werden beinahe gleich; die Bedeutung des Wortes Schnellbahn wird auf diesen Strecken ganz ausgefüllt. Auf den Hochbahnen, deren Fahrtafel nicht immer breit genug gehalten werden kann, um Platz für vier Geleise zu bieten, liegen oft doch noch deren drei. Das mittlere ist wieder dem Schnellzugsverkehr vorbehalten. Es wird abwechselnd in beiden Richtungen benutzt. In den Morgenstunden fahren die raschen Züge in die Stadt hinein, des Abends laufen sie in umgekehrter Richtung. Es muß in diesem Zusammenhang erwähnt werden,

daß in London wenigstens eine Annäherung an einen solchen beschleunigten Schnellverkehr versucht wird, und zwar auf einfachem Doppelgleis. Über die Hauptlinien verkehren dort Züge, die nur an jedem zweiten Bahnhof halten, und zwar der eine stets am dritten, fünften, siebenten usw. Bahnhof, der nächste an dem zweiten, vierten, sechsten usw. Auf diese Weise läßt sich eine Verkürzung der Reisezeiten ohne Hinabdrückung der Zugfolge erreichen. Mehr als ein Nothelf aber ist diese Einrichtung nicht, denn die Fahrgeschwindigkeit kann nur wenig gesteigert werden. Die New-Yorker Schnellzüge aber fahren auf ihrem Sondergleis doppelt so rasch wie die Züge, welche alle Haltestellen bedienen.

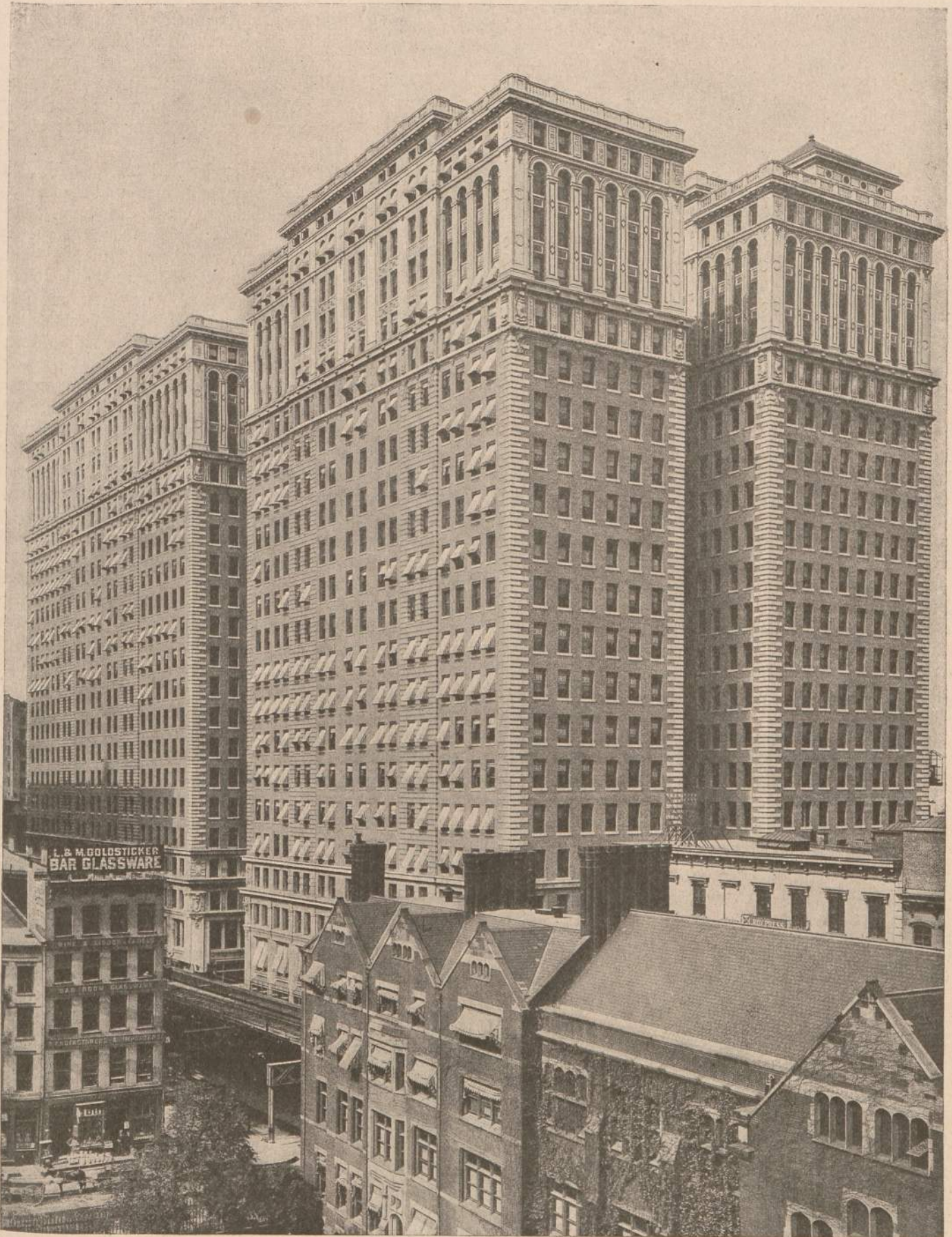
Der New Yorker vermöchte nicht ruhig zu schlafen, wenn seine Stadt nicht auch die gewaltigsten Bahnhofsanlagen der Erde besäße. Der Leipziger Hauptbahnhof allein vermag mit dem Endbahnhof der Zentralbahn und dem Durchgangsbahnhof der Pennsylvanischen Bahn in Manhattan zu wetteifern. Von dem ersten wird er an Ausdehnung übertroffen, der zweite hat wohl etwas geringere Ausmaße, aber die davor und dahinter anschließenden Unterführungen des Hudsons und des Ostflusses lassen ihn doch als eine weit überragende Verkehrsanlage erscheinen.

Das unabsehbare Gewirr des Zentralbahnhofs lag einst in Straßenhöhe. Seit einigen Jahren sind die Schienen in



552. Wagerechte und senkrechte Bahnen  
Schnitt durch den Wolkenkratzer an der Church Street und den darunter liegenden Bahnhof. Die rechtsliegende Gruppe der Aufzüge hält nicht unter dem 11. Stockwerk. Aus Wittig, „Die Weltstädte und der elektrische Schnellverkehr“

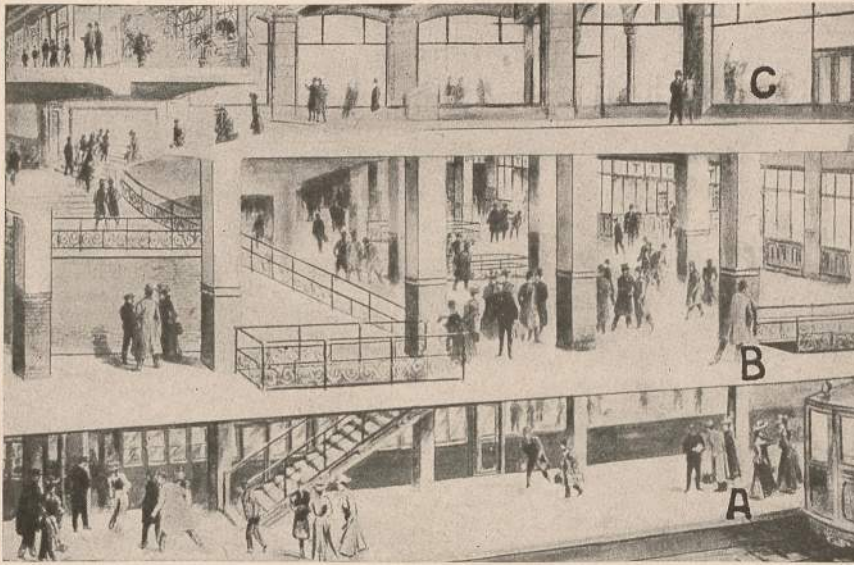




553. Ein Wolkenkratzer als Bahnhofhaus

Der Endbahnhof der Hudson- und Manhattan-Bahn an der Church Street in New York ist mit einem Hochhaus von 22 Stockwerken überbaut. Das Gebäude hat 5000 Fenster. Am Fuß des Wolkenkratzers geht eine Hochbahnlinie vorbei





554. Bahnhof Church Street und seine Zugänge

A. Bahnsteig, B. Schalterhalle, C. Erdgeschoß des darübergebauten Hochhauses

zwei Stockwerken untereinander in die Erde versenkt. Die Straßen führen nun in Form von Brücken über das Bahnhofsgelände. Die Brückenpfeiler wurden gleich derart angelegt, daß die einzelnen, zwischen den Verkehrswegen sich ergebenden Vierecke durch Errichtung von Turmhäusern ausgefüllt werden können. Auch alle Fernzüge, welche in diesen Riesenhof einfahren, werden elektrisch angetrieben, denn ein schon vor vielen Jahren erlassenes Gesetz verbietet rundweg die Benutzung von Dampflokomotiven im Stadtbezirk.

Wo in der Welt könnte man einen Bahnhof antreffen, über dem sich ein Haus mit 22 Stockwerken erhebt? Selbstverständlich nur in New York! Die Hudson- und Manhattan-Schnellbahn, der auch das unterirdische Gleisdreieck von New Jersey gehört, hat in der Church Street ihren Endbahnhof. Er ist in Schleifenform angelegt, gibt also den ankommenden Zügen Gelegenheit, ohne Verschiebe-Bewegungen sogleich wieder zurückzufahren. Die Bahnsteige befinden sich in einem Tiefstockwerk unter der Erde. Darüber liegen, auch bereits in den Boden eingesenkt, die Räume, in denen sich die Fahr-

kartenschalter und die Köpfe der Zugangstreppe für die einzelnen Bahnsteige befinden. Das Stockwerk zu ebener Erde birgt ein Gewimmel von Verkaufsläden aller Art, ein Postamt, eine umfangreiche Fernsprechanlage und — die Eingänge zu den Bahnen, die in senkrechter Richtung eine Fortsetzung der drunten wagerecht eingeführten Linien bilden.

Denn ein großer Teil der Fahrgäste, die mit den Zügen der Hudson- und Manhattan-Bahn ankommen, bleibt in dem Bahnhof selbst. Gewährt doch dieser in Zwillingsform aufgeführte Bau mit seinen 5000 Fenstern Raum für mehr als 10 000 arbeitende Personen. Ihre Verteilung über die 22 Stockwerke ist selbstverständlich nur mit Hilfe von Aufzügen möglich, deren Läufe hier mit um so mehr Recht als senkrechte Bahnstrecken angesprochen werden können, als auch sie von langsam laufenden und von Schnellzügen befahren werden.

Die eine Gattung der zehn Fahrstuhlrecken nämlich bedient alle unteren Stockwerke bis zum elften. In der anderen Gruppe aber geht es ohne Aufenthalt gleich bis zum elften Stockwerk hinauf. Von dort ab erst wird überall gehalten.

Kennzeichen des New-Yorker Schnellbahnwesens ist aber nicht allein die Kraft; auch die Rücksichtslosigkeit, mit der eine große Anzahl der über den Boden sich erhebenden Bauten ausgeführt wurde, gibt den Anlagen ein besonderes Gepräge. Die Schnellbahnlinien gelten drüben als ein Mittel für das business (Geschäft) und haben daher gar keinen Anlaß, sich um künstlerische Wirkung zu kümmern. Traggerüste für die Hochbahn, die in rohesten Formen zusammengeschlagen sind, verschandeln daher weite Straßenzüge; an Prachtgebäuden wird dicht vorübergefahren, ohne daß die Beeinträchtigung der architektonischen Wirkung irgendwie Beachtung findet. Uns Europäern wäre ein solches Verfahren unerträglich. Drüben steht jedoch die Verkürzung der Linienführung allem anderen voran, denn der Amerikaner denkt in jedem Augenblick an den Grundsatz: time is money (Zeit ist Geld).

Er weiß also, daß die Möglichkeit, Geld zu machen, gesteigert wird, wenn man die Fahrzeiten möglichst kurz hält.

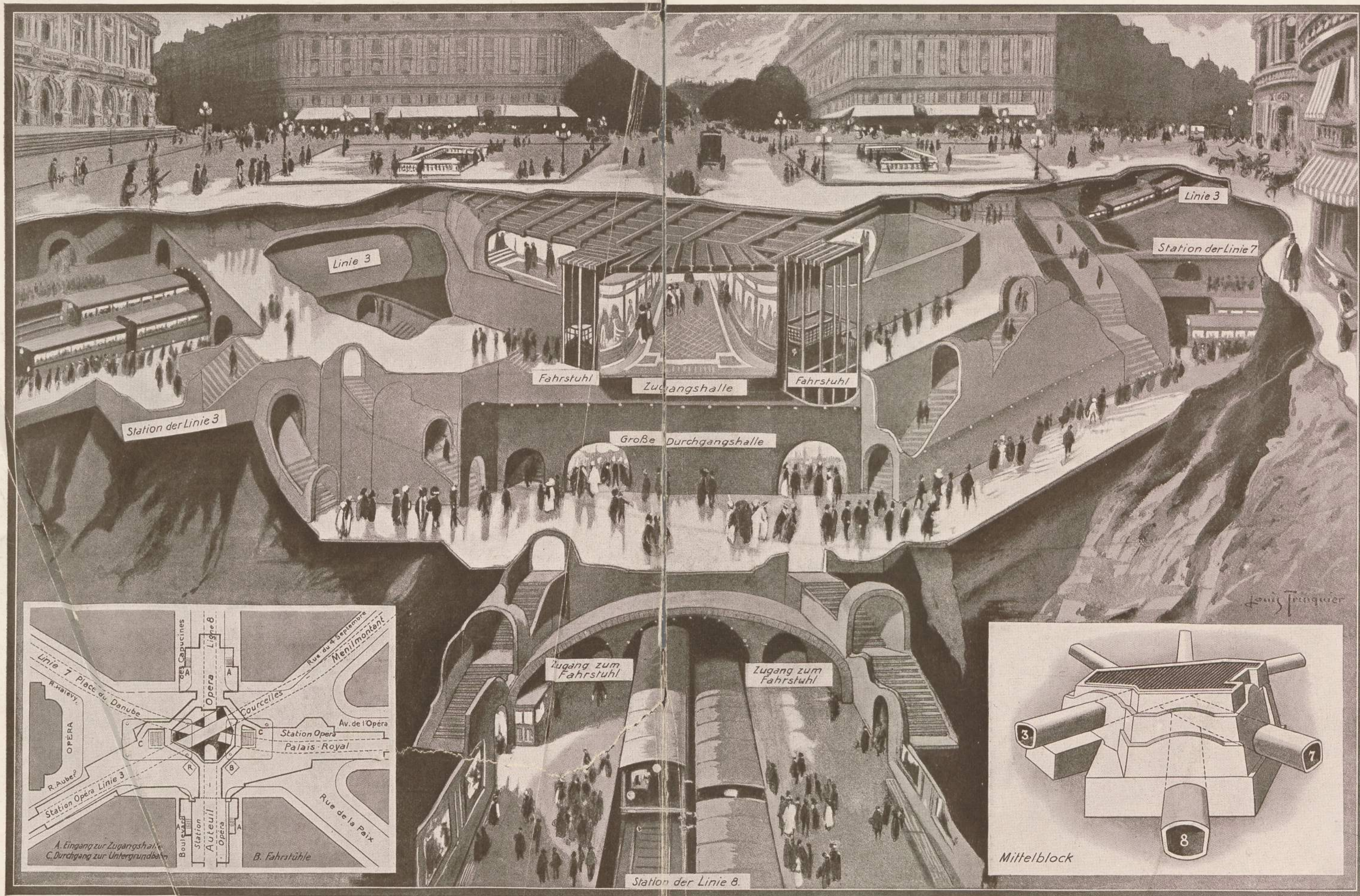
Großzügigkeit aber ist den Anlagen wahrlich nicht abzusprechen, und gleicher Art sind die Pläne für den künftigen Ausbau, der das Verkehrsbedürfnis bis zum Jahre 1945 befriedigen soll. 1910 wurde berechnet, daß für 1920 die Gesamtzahl der auf Hoch-, Flach- und Tiefbahnen in Groß-New-York zu befördernden Personen 2,6 Milliarden betragen würde, und diese Voraussage ist mit ziemlicher Genauigkeit erfüllt worden: die Zahl betrug für das mit dem 30. Juni 1920 zu Ende gegangene Rechnungsjahr 2,4 Milliarden. Für 1945 wird bei einer Bevölkerungszahl von 9,5 Millionen ein Verkehr von 5 Milliarden Personen erwartet. Um ihn zu bedienen, müssen 21 zweigeleisige Unterwassertunnel, 9 Schnellbahnen mit rund 1350 Kilometern



555. Hochbahnstrecke am Zentral-Park in New York

Das Bahnbauwerk ist ohne jede Rücksicht auf den ästhetischen Eindruck in einfachster Weise hergestellt





### Der Schnellbahnhof unter dem Opernplatz in Paris

An dieser Stelle kreuzen drei Linien einander. Die Längsachsen der Tunnel liegen winklig zueinander; es ist nicht gelungen, die Bahnsteige für die verschiedenen Fahrtrichtungen so zusammenzulegen, daß auf bequemen und kurzen Wegen umgestiegen werden kann. Ein großer Betonkasten von der Form, die rechts unten dargestellt ist, umgibt den Schnittpunkt, und in ihm sind die weit gedehnten Treppenhänge und Verbindungsgänge untergebracht. Das Gebäude in der Ecke links oben ist die Große Oper. In der Mitte des oberen Bildteils blickt man in die Boulevards des Capucines und des Italiens. Nach „L'Illustration“. (Zu Seite 350)



Gleislänge und drei Straßenbahnen quer durch die Insel Manhattan erbaut werden; für die Schnellbahnlinien sind zum Teil mehrgeschossige Anlagen mit sechs und acht Gleisen in Aussicht genommen.

Der Grundgedanke der neuen Verkehrspläne ist, daß die Stadtteile Bronx, Queens, Brooklyn und Richmond in solchen Abständen von gleichlaufenden Schnellbahnen durchschnitten werden, daß kein Bewohner dieser Stadtteile länger als zehn Minuten zu einem Bahnhof der Strecken zu gehen hat, die alle nach Manhattan, dem Hauptgeschäftsviertel, durchgeführt werden. Auf dieser langen, schmalen Insel besteht die größte Verkehrsschwierigkeit darin, daß in einem wichtigen Teil elf Längsstraßen den Verkehr von 150 Querstraßen aufzunehmen haben, so daß schwere Stauungen entstehen müßten, wenn nicht durch Schaffung mehrstöckiger unterirdischer Anlagen für ausreichende Abflußquerschnitte gesorgt würde.

Zurzeit verbinden 34 Gleise Manhattan mit Bronx, Queens und Brooklyn. Der Bau von 21 neuen zweigleisigen Tunneln bedeutet also weit mehr als eine Verdopplung.

Die große Handels- und Hafenstadt Boston, gleichfalls am Rand des Atlantischen Ozeans gelegen, hat bei ihrer Ausrüstung mit Schnellbahnen ebenfalls mit mancherlei Widerständen durch Wasserläufe zu kämpfen gehabt, wenn auch längst nicht in dem Maß wie New York. Der Ort besteht aus den auf einer Halbinsel liegenden Stadtteilen Alt-Boston und Roxbury sowie aus den Vorstädten Süd-Boston, Ost-Boston und Charlestown, die gerade an den wichtigsten Stellen des Wechselverkehrs durch breite Meeresarme von den Hauptteilen getrennt sind. Jenseits des breiten Charles-Flusses liegt Cambridge mit der berühmten Harvard-Universität. Das Schnellbahnnetz kreuzt die Wasserläufe vielfach in Über- und Unterführungen. Es ist hauptsächlich auf die Innenbezirke beschränkt, während man die Bewältigung des Außenverkehrs den Straßenbahnen überläßt.

Da beide Bahnarten sich im Besitz der gleichen Gesellschaft befinden, ist man in ungewöhnlichem Maß darauf bedacht gewesen, einen Übergangsverkehr zu schaffen. Die Fahrkarten berechtigen zu zusammenhängenden Fahrten auf Straßen- und Schnellbahnen. Um das Übersteigen so bequem wie möglich zu machen, sind Gemeinschaftsbahnhöfe ausgebildet worden. Die von außen herkommenden Straßenbahnwagen fahren in einer Schleife unmittelbar an den Bahnsteig heran, an dessen anderer Kante der in die Stadt hineingehende Schnellbahnzug hält. Die Anlagen dieser Art verdienen in anderen Städten nachgeahmt zu werden (Bilder 558 und 559).

Eine Zeitlang wurde der Tunnel unter der Tremont-Straße von beiden Bahngattungen gemeinschaftlich durchfahren. Diese Koppelung hat man jedoch aufgeben müssen, da die ungleiche Paarung ver-



556. Hochbahn in der Bowery zu New York  
Die Front des Prachtgebäudes links ist rücksichtslos überkreuzt

kehrsstörend wirkte. Bauliche Schwierigkeiten besonderer Art entstanden, als die ungewöhnlich schmale, aber äußerst stark belebte Washington-Straße zur Anlegung einer Schnellbahn untertunnelt wurde. Der Raum zwischen den Häusern ist dort nicht einmal breit genug, um die Anlage von Bahnsteigen neben den Schienen zu gestatten. Man mußte sich dadurch helfen, daß man eine Strecke weit erst das eine, dann das andere Gleis senkte und den Bahnsteig für die eine Richtung über dem Gleis für die andere einbaute. Hierdurch wurde es auch notwendig, die beiden Bahnsteige einer Haltestelle nicht nebeneinander, sondern seitlich verschoben hintereinander zu legen (Bild 560). Die Eingänge zu den Bahnhöfen befinden sich häufig in stilleren Nebenstraßen, um den Zu- und Abgangverkehr von der überlasteten Washington-Straße fernzuhalten. Die erforderlichen Verbindungsgänge sind unter den Häusern durchgeführt.



557. Große Hochbahn-Kreuzungsanlage beim Atlantic Avenue-Bahnhof zu New York

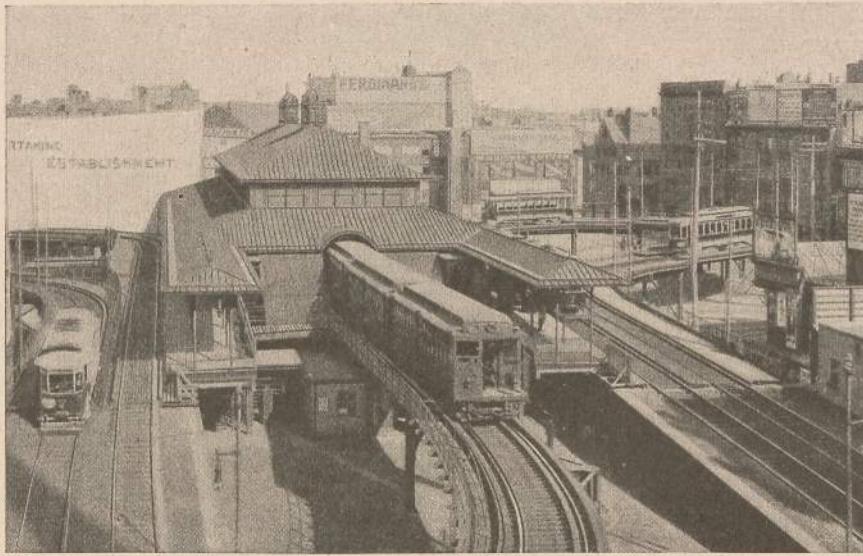
Die große Zahl der hier zusammenlaufenden Bahnstrecken veranschaulicht die Verkehrskraft der Riesstadt



Die zweitgrößte Stadt der Vereinigten Staaten, Chicago, begnügt sich damit, alle ihre Schnellbahnen, die eine Länge von 95 Kilometern haben, als Hochbahnen zu führen. Deren nur auf den praktischen Nutzen gerichtete Ausführungsformen übertreffen an Grobschlächtigkeit noch die New-Yorker Anlagen gleicher Art. Die eigentliche Geschäftstadt, in der hier und da Turmhäuser errichtet sind, beschränkt sich auf

einen engen Bezirk. Die vier von Norden, Süden und Westen herkommenden Schnellbahnstrecken sind hier zu engster Vereinigung in einer großen Schleife zusammengeführt. Diese Anlage, union loop (gemeinschaftliche Schleife) genannt, die einst als unübertrefflich galt, hat sich als völlig verfehlt erwiesen, und man ist heute bestrebt, die Schleife durch Anlegung von Untergrundbahnen aufzulösen, obgleich sehr große Kosten hierdurch entstehen. Es handelt sich eben um eine Verkettenung, wie sie den neuzeitlichen Anschauungen nicht mehr entspricht. Da auch dritte und vierte Geleise für Schnellzüge vorhanden sind, so ist der Gleiswirrwarr besonders groß, und es entstehen schwere Gefahren, da an den Eckpunkten mehrere höhengleiche Kreuzungen eingebaut wurden. Eine Anlage solcher Art hätte in Europa niemals zustande kommen können.

Einzig in ihrer Art ist die unterirdische Güterbahn von Chicago. In einer Tiefe von 10 Metern führt eine Gleisanlage von 97 Kilometern Länge, die Anschluß an die 26 Haupt-Güterbahnhöfe hat, an den Kellergeschossen aller großen gewerblichen und öffentlichen Gebäude vorbei. Durch abzweigende Seitentunnel können Wagen unmittelbar in die Keller eingefahren werden. Die Anlage wird zum Heran- und Wegschaffen von Gütern aller Art benutzt. Die Spurweite beträgt nur 61 Zentimeter; die Tunnel sind nicht höher als 2,3 Meter, nicht weiter als 1,83 Meter. Die Führer der elektrischen Lokomotiven müssen daher auf den



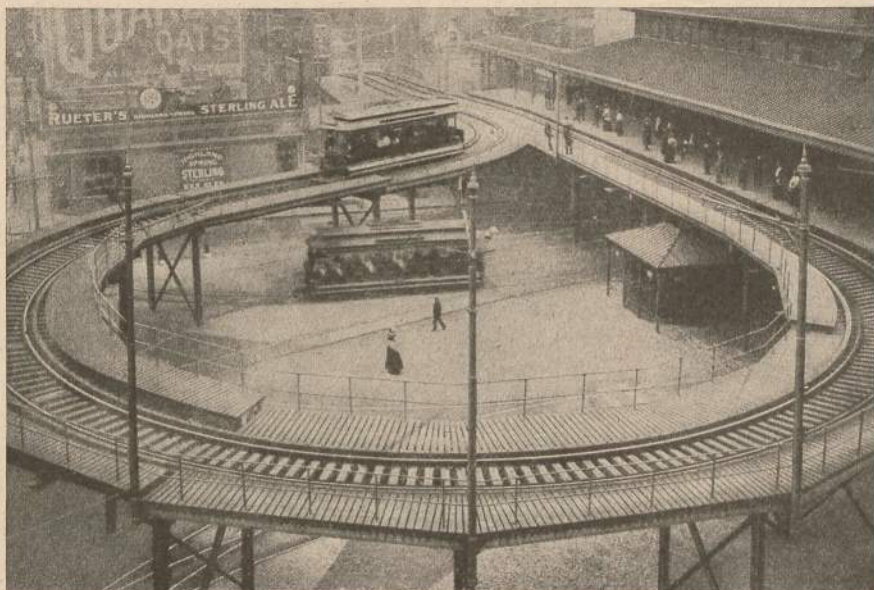
558. Gemeinschafts-Bahnhof von Hochbahn und Straßenbahn in Boston  
Schnellbahnzüge, die aus dem Stadttinnern herkommen, und Straßenbahnwagen, die in die Außenbezirke fahren, halten an den Ranten des gleichen Bahnsteigs

getreten waren und nun den größten Teil ihres Wirkungsbereichs verloren. Der seltsame Bahnbau hatte eine Reihe recht übler Prozesse zur Folge, in denen schwere Mißstände bei der Stadtverwaltung aufgedeckt wurden.

Für das Beladen der Fahrzeuge sind die erdenklichsten Einrichtungen vorgesehen. Postpakete werden in Rutschkanälen hinunterbefördert, Massengüter durch Trichter in die oben offenen Wagen gestürzt. Schräg liegende Becherwerke und senkrecht fahrende Aufzüge findet man in großer Zahl. Dem Nutzen, den diese Bahnanlage tatsächlich bringt, entspricht das gelbliche Ergebnis nicht; Unterstützungen aus öffentlichen Mitteln mußten mehrmals vorgenommen werden. Die Gesellschaft, die heute Besitzerin ist, erwarb die Anlage in der Zwangsversteigerung.

Auch Philadelphia, die drittgrößte Stadt in den Vereinigten Staaten, hat schon vor längerer Zeit zur Einrichtung von Schnellbahnlinien schreiten müssen, da der Ort infolge der weiten Bebauung mit Einfamilienhäusern einen sehr

bedeutenden Flächenraum bedeckt. Bemerkenswert ist bei dem verhältnismäßig kleinen Netz, daß im Stadtmittelpunkt, auf der sogenannten Rathaus-(City Hall-) Schleife Schnellbahn und Straßenbahn 2 Kilometer weit in einem gemeinsamen Tunnel fahren. Die Straßen der Geschäftstadt sind nämlich so eng, daß nur ein Teil mit Geleisen belegt werden konnte und die Fahrtrichtungen noch dazu getrennt durch gleichgerichtete Straßen geführt wurden. Die



559. Rückkehrschleife der Straßenbahn am Bahnhof Dudley Street in Boston  
Die von den Außenbezirken herkommenden Wagen fahren, ohne umzulegen, am Bahnsteig vor

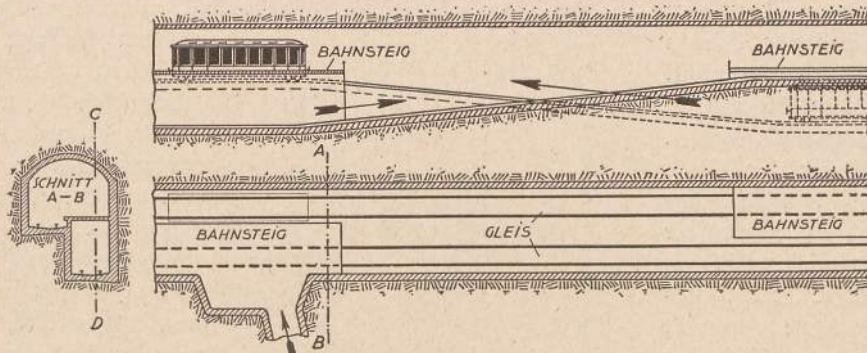


Einsenkung auch der langsamer fahrenden Bahnen in den Tunnel entlastete zwar die vom Verkehr überfluteten Straßen, aber die rasche Abfertigung der an den Tunnelbahnsteigen in unregelmäßiger Folge erscheinenden Straßenbahnwagen ist sehr erschwert. Es zeigt sich auch an dieser Stelle, daß der Straßenbahnverkehr sich nicht dafür eignet, in bahnhofähnliche Anlagen eingeführt zu werden.

In den großen südamerikanischen Ländern schreitet die Entwicklung der Regierungssitze zu Weltstädten eifrig fort. In besonders kräftigem Aufschwung befindet sich die in schönem gesunden Klima liegende Hauptstadt Argentiniens, Buenos Aires. Sie zählt jetzt mehr als  $1\frac{1}{2}$  Millionen Einwohner. Der Verkehr ist sehr lebhaft; bereits im Jahre 1910 hatte die Straßenbahn dort 324 Millionen Fahrgäste zu befördern. Ähnlich wie in Philadelphia ist die Mittelstadt ungeheuer überlastet, da hier ebenfalls fast ausschließ-

lich ganz schmale Straßen anzutreffen sind. Die Begründer der Stadt wählten ihrer Zeit diese Bauart, da sie die Einwohner so am besten gegen die oft recht scharfen Strahlen der Sonne schützen zu können glaubten. Es ist eben immer wieder die Tatsache zu beobachten, daß bei Neuanlagen von Städten an künftige Entwicklungsmöglichkeiten nicht ge-

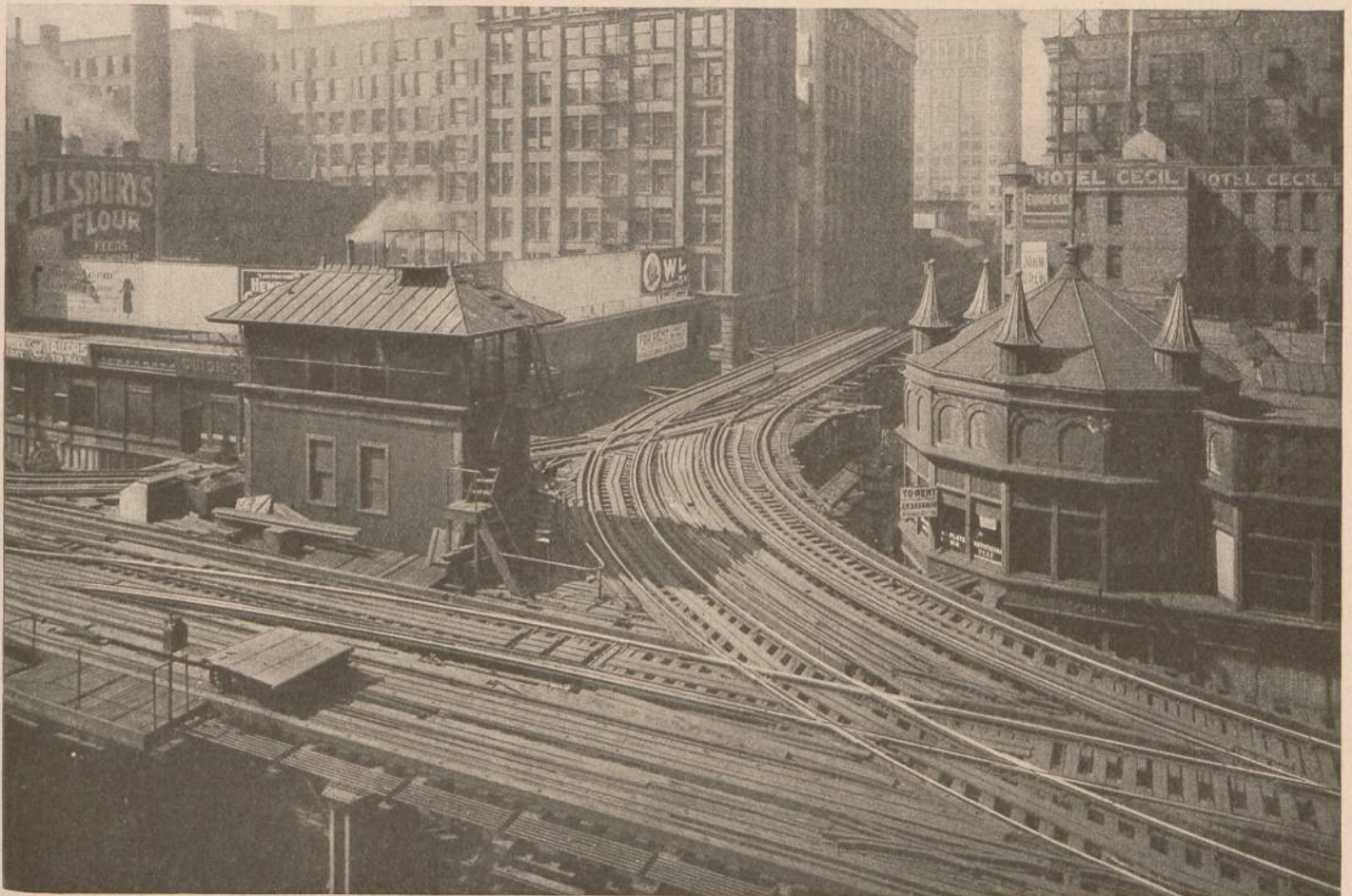
SCHNITT C-D



560. Schnellbahnanlage unter der Washington-Straße in Boston

Die Straße ist so schmal, daß die Bahnsteige für die beiden Fahrtrichtungen nicht nebeneinander, sondern hintereinander gelegt werden mußten. Es war auch nicht einmal möglich, einen Bahnsteig neben zwei glatten Geleisen anzuordnen. Daher liegt immer die Haltestelle für die eine Fahrtrichtung über dem glatten Gleis der anderen

dacht wird. So haben denn auch die Bewohner von Buenos Aires zu dem Hilfsmittel der unterirdischen Schnellbahnführung greifen müssen. Eine Linie ist im Betrieb, weitere sind im Ausbau fertiggestellt. Die Züge bestehen aus Wagen, die auch einzeln auf der Straße laufen können. An den Endbahnhöfen wird daher regelmäßig eine Anzahl der Züge auseinandergenommen, und die Wagen gehen oberirdisch nach verschiedenen Richtungen weiter. Diese Betriebsart kann jedoch kaum als besonders vorteilhaft gelten, schon weil das Kuppeln der Schnellbahnwagen ziemlich umständlich ist.

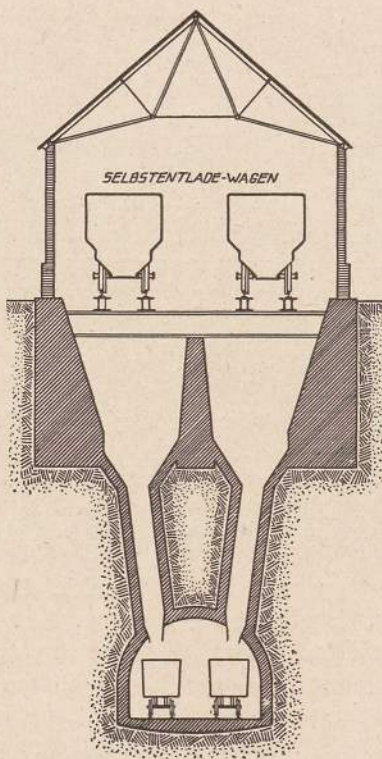


561. Gleisdreieck in Chicago

Die Geleise der verschiedenen Fahrtrichtungen liegen an den Kreuzungsstellen in gleicher Höhe, so daß die Gefahr von Zugzusammenstoßen groß ist

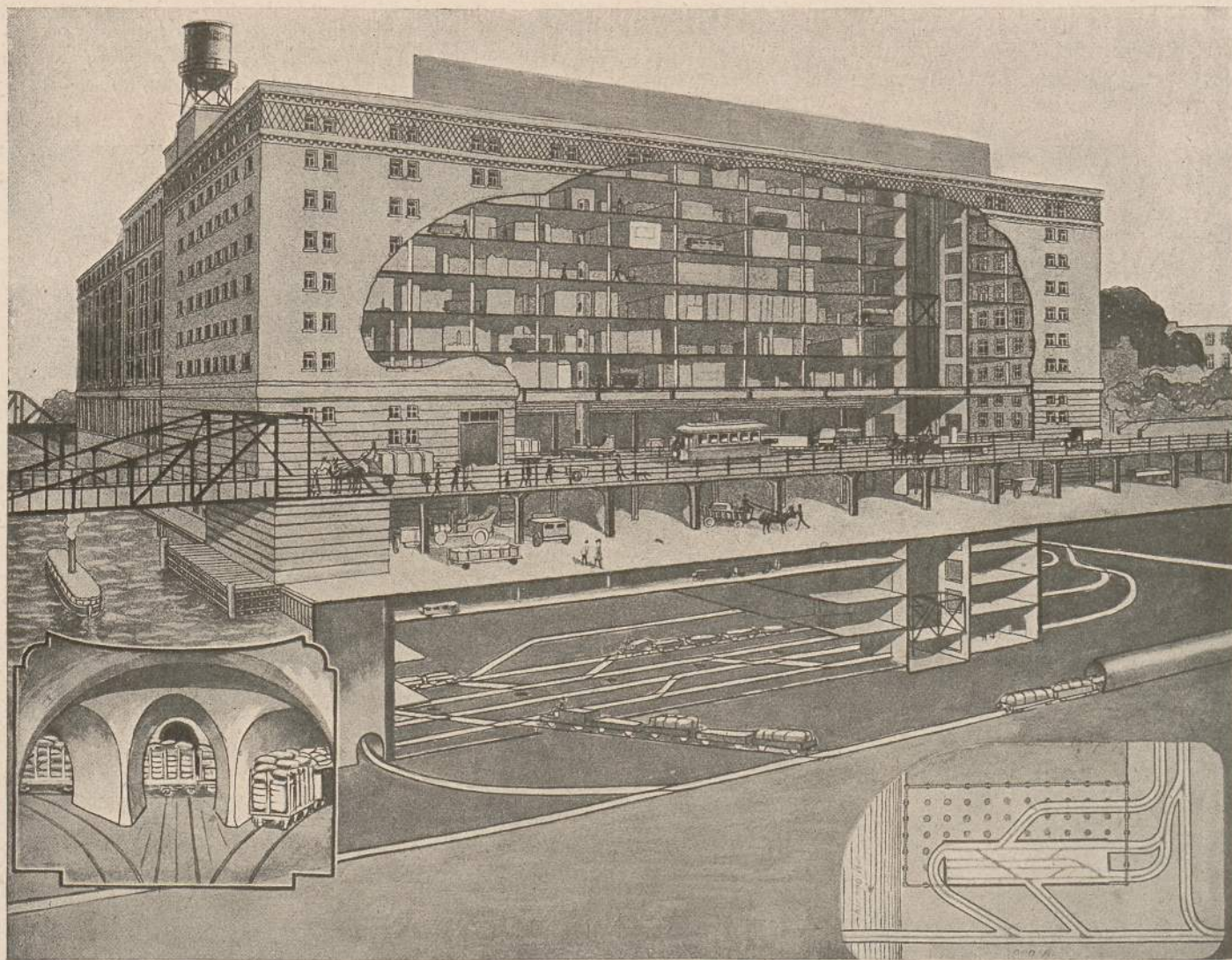


Betrachtet man den Schnellbahnreichtum Englands und Amerikas, dann ist nicht zu verkennen, daß das Festland von Europa doch bereits Alterserscheinungen aufweist. Trotz all der unholden Dinge, die sich im letzten Jahrzehnt hier zugetragen haben, bleibt Europa zwar der Ruhm, die Wiege der Menschheitskultur gewesen zu sein, seine Wirkungskraft nach außen aber, durch die es einst die ganze Erde mit seinem Wesen erfüllte, erscheint geschwächt. Der „Kontinent, der alte“, versagt heute gar nicht so selten gegenüber Neuerungen, die weiter draußen geschwind Fuß fassen. Ein Beweis dafür ist, daß eigentlich nur eine einzige festländisch-europäische Großstadt ein wohl-durchgebildetes Schnellbahnnetz besitzt. Es ist dies Paris. In Berlin sieht man erst die Grundlage für eine künftige wirklich stadtversorgende Anlage; Hamburg hat wohl für seine Größe Hervorragendes auf dem Gebiet der Schnellbahnen bereits geleistet, aber der geplante Ausbau zu einem umfangreichen Netz muß vorläufig



für absehbare Zeit ruhen. Andere Orte mit zahlreichen Schnellbahnlinien gibt es auf dem Festland vorläufig noch nicht. Die Bilanz ist also ein wenig beschämend.

Wahrscheinlich wäre auch Paris heute längst noch nicht so stark mit Schnellverkehrsstrecken ausgerüstet, wenn dort nicht, wie der Volksmund so unübertrefflich sagt, der Knüttel beim Hund gelegen hätte. Der feine Geschmack der Franzosen hat die vorbildliche Schönheit der großen Innenstraßen ihrer Hauptstadt von vornherein der Belegung mit Geleisen entzogen. Die Straßenbahnen konnten also nur auf wenigen versteckten Pfaden eindringen. So war fast der gesamte öffentliche Verkehr der Riesenstadt bis zum Beginn dieses Jahrhunderts ausschließlich auf die Benutzung der Pferdeomnibusse angewiesen. Die geringe Leistungsfähigkeit dieses Verkehrsmittels verursachte die denkbar größten Unzuträglichkeiten. Berlin leuchtete damals mit seinem glänzend durchgebildeten Pferdebahnnetz voran. Heute



562. Unterirdische Güterbahn in Chicago

Die Züge fahren in die Keller der Speicher hinein, wo zahlreiche Einrichtungen für rasches Entladen und Beladen vorgesehen sind. Das obere Bild zeigt eine dieser Ladevorrichtungen: Schüttgut wird aus Selbstentlade-Wagen, deren Böden geöffnet werden können, durch Trichter in die Güterbahn-Wagen befördert





563. Rampe der Schnellbahn zu Philadelphia

Unmittelbar hinter der Brücke über den Schuylkill-Fluß geht die Schnellbahn von der oberirdischen zur unterirdischen Führung über. Rechts Bahnhof Broadstreet der Pennsylvania-Bahn

stehen die Verkehrsverhältnisse in der deutschen Hauptstadt denen in der französischen sehr weit nach, da man dort eben wegen des Fehlens von Bahnen in der Straßenebene frühzeitig eine unterirdische Verkehrswelt mit sehr dichter und vortrefflicher Linienführung geschaffen hat.

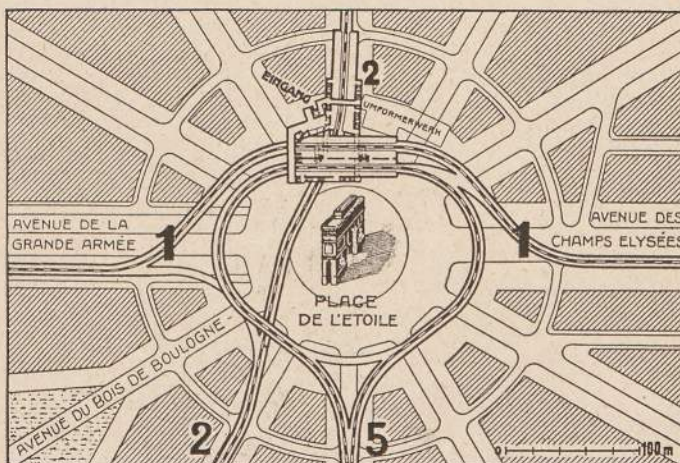
Im Jahre 1900 wurde gelegentlich der Weltausstellung die erste Untergrundbahnlinie in Paris eröffnet. Heute befinden sich dort acht Strecken im Betrieb. Sie sind in allmählichem Ausbau nach einem gemeinschaftlichen Grundplan entstanden. Auf diese Weise wurde es möglich, den gesamten Stadtbezirk sinnvoll und in vorteilhaftester Weise in den Schnellverkehr einzubeziehen. Eine gewisse Kurzsichtigkeit in der Planung läßt sich jedoch auch hier nicht verkennen. Denn alle Strecken liegen durchaus im inneren Stadtgebiet. An dem Festungsgürtel enden sie in Umkehrschleifen, die eine Fortführung nahezu ausschließen, weil diese nur

durch den Einbau sehr teurer Neuanlagen möglich wäre. Man hat die Vororte absichtlich vom Schnellverkehr ferngehalten, um die Steuerzahler an die eigentliche Stadt zu fesseln. Diese Politik muß sich an Paris einmal bitter rächen.

Eine bedeutende technische Einsicht aber zeigt sich darin, daß jede der acht Linien selbständig geführt ist. Verkettungen sind nicht vorhanden, selbst Gabelungen in den äußeren

Bezirken finden sich sehr selten. Wer eine Fahrt zurückzulegen hat, für die er zwei Linien benutzen muß, ist daher stets gezwungen, umzusteigen. Die Übergangspunkte befinden sich in der richtigen Lage an den Hauptverkehrsstellen. Zur Überwindung der oft nicht geringen Höhenunterschiede zwischen den Bahnsteigen der einzelnen Linien sowie zur Verbindung mit der Straße stehen öfter Fahrstühle und Fahrtreppen zur Verfügung.

Oft trifft man an Zusammenführungsorten sehr ausgedehnte Bauten im



564. Umsteigebahnhof am großen Triumphbogen zu Paris  
Am Stern-Platz (Place de l'Étoile) treffen drei Untergrundbahnstrecken zusammen. Aus Wittig, „Die Weltstädte und der elektrische Schnellverkehr“



Untergrund, die nicht immer übersichtlich angelegt sind. Unter dem Platz vor dem Opernhaus und in unmittelbarer Nähe des großen Triumphbogens, unter dem Etoile- (Stern-) Platz, kreuzen sich je drei Linien. Da die Strecke 5 in der Schleife, die den Triumphbogen umfährt, ihr Ende hat (Bild 564), so ist unter dem Sternplatz ein Gleisgewirr entstanden, das bei jedem Umsteigen die Benutzung zahlreicher Treppen und Gänge erzwingt. Unbedingte Sicherheit gegen die Gefahren, welche der



565. Haltestelle der Pariser Untergrundbahn mit gewölbter Decke

Untergrundbahn-Betrieb in sich schließt, ist hier nicht gewährleistet. Insbesondere fehlt es an Rettungswegen, die von allen Bahnsteigen unmittelbar zur Oberwelt führen. Bei der sehr großen Anlage unter dem Opernhaus (Tafel XVIII), die jünger ist, hat man in dieser Beziehung bereits besser vorgesorgt.

Das schwere Unglück, das sich wenige Jahre nach Eröffnung des „Métropolitain“, wie der Pariser seine Schnellbahn nennt, unter dem Nation-Platz zutrug, hat nur zu deutlich gezeigt, daß die französischen Ingenieure es auch im allgemeinen an genügender Durchdenkung der Anlagen haben fehlen lassen. Bei fast keinem der Bahnhöfe sind die Treppen, die von den einzelnen Steigen zur Straße führen, so gelegt, wie es sein sollte, nämlich derart, daß unter allen Umständen Licht von draußen einfällt und im Gefahrfall den Rettungsweg anzeigt. Als damals ein Zug auf dem Bahnhof Nation in Brand geriet und die Beleuchtung, was gleichfalls nicht hätte vorkommen dürfen, gerade im Augenblick der Gefahr erlosch, liefen die Fahrgäste in ihrer Angst

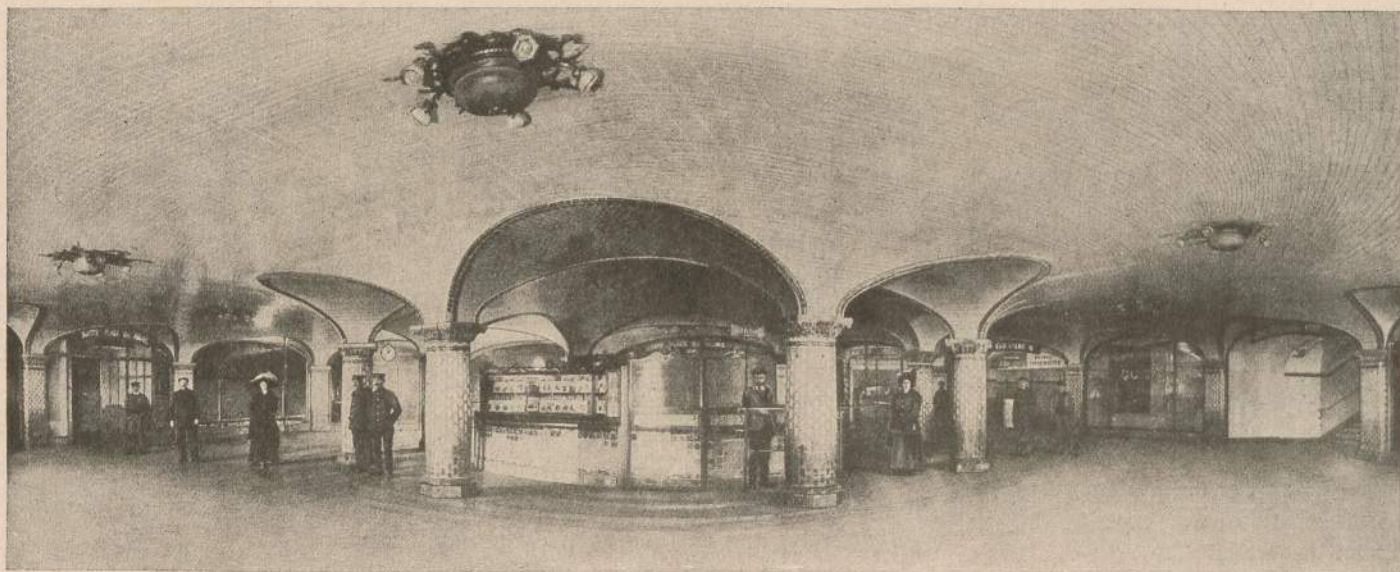
scharenweis in den toten Endwinkel des Bahnsteigs, statt in entgegengesetzter Richtung zur Treppe zu eilen. Viele fanden hier den Erstickungstod. Das Geschehnis wäre vermieden worden, wenn der Ausgang eine unverdeckte Lage gehabt hätte.

Der Untergrund von Paris, ein ziemlich weicher Kalkstein, gestattete bequemes Einbauen der Tunnel. Nur zum Teil brauchten sie nach bergmännischer Art vorgetrieben zu werden; weite Strecken konnte man im Tagebau herstellen.

Da auch in etwas größerer Tiefe eine Belästigung durch Wasser nicht zu befürchten war, wurden die Tunnel so weit eingesenkt, daß die Bahnhöfe zum größten Teil nicht niedrige glatte Decken, sondern schön geformte Einwölbungen besitzen. Die Bauart, welche die Berliner an dem einen Bahnhof Inselbrücke entzückt, ist in Paris die Regel. Dagegen sind die Lüftungseinrichtungen unvollkommen. Man wird in den Schnellbahnen der französischen Hauptstadt durch Hitze ziemlich stark belästigt.

Die Berliner Schnellbahnanlage soll als die einzige großzügige in Deutschland ausführlicher erörtert werden. Zugleich wollen wir, wie bereits angekündigt, die Schilderung der Verhältnisse in der deutschen Hauptstadt benutzen, um Bau und Betrieb der Schnellbahnen näher zu betrachten. Aus diesem Grund ist Berlin an das Ende dieses Abschnitts gesetzt.

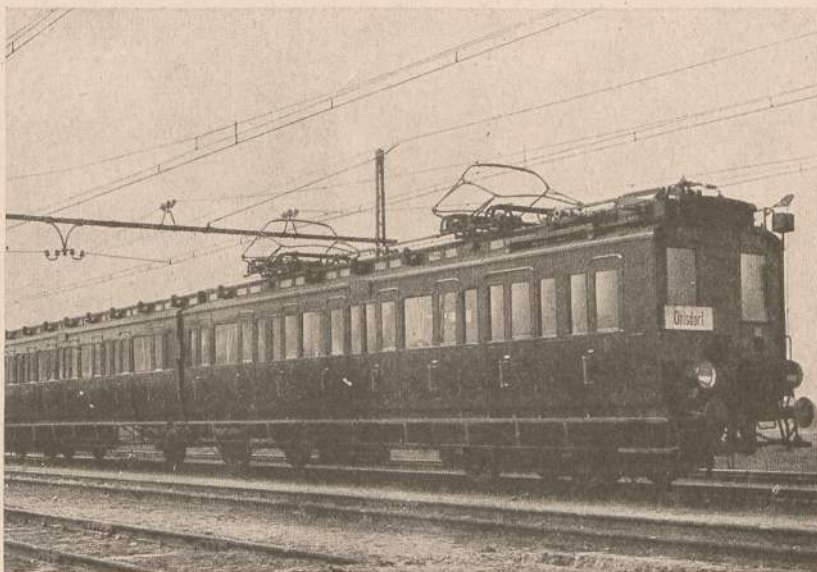
So werfen wir nun den Blick nach Hamburg. Dort befindet sich — von einem unbedeutenden Stück im Berliner Netz abgesehen — die augenblicklich einzige elektrische



566. Eingangshalle zum Bahnhof Place du Havre in Paris



Schnellbahnlinie im Betrieb, die im Besitz der Reichsbahn-Verwaltung ist. Die preussische Staatsbahn-Verwaltung hatte in den Jahren 1903—1905 der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft Gelegenheit gegeben, einen Probebetrieb mit dem neuen, von ihr entwickelten Wechselstrom-Motor auf der Vorortstrecke Niederschöneweide—Spindlersfeld bei Berlin einzurichten. Die Ergebnisse waren so befriedigend, daß vom Jahre 1907 ab die völlig veraltete Hamburger Stadtbahn für den Betrieb mit



567. Zug der Hamburger Vorortstrecke Blankenese—Ohlsdorf die mit Wechselstrom von 6000 Volt Fahrdrahtspannung betrieben wird. Auf dem Triebwagen an der Spitze Scherenstromabnehmer

Wechselstrom von 6000 Volt und oberirdischer Stromzuführung umgebaut werden konnte. Nach Überwindung einiger, allerdings ziemlich schwerer Kinderkrankheiten gelangte man zu einer brauchbaren Form der Anlage. Die Linie erstreckt sich von Blankenese im Osten über Altona und Hamburg-Hauptbahnhof nach Ohlsdorf im Norden. Sie ist eine Hauptschlagader des Hamburger Verkehrs geworden.

Völlig getrennt hiervon wurde eine Schnellbahn angelegt, die teils als Hochbahn, teils als Untergrundbahn ringförmig durch und um die Stadt führt. Von dem Ring gehen drei Ausläufer nach Eimsbüttel, Rothenburgsort und gleichfalls nach Ohlsdorf, wo der Endbahnhof in unmittelbarer Nähe des Reichsbahnhofs liegt. Die Ringlinie selbst verbindet die Mittelpunkte des Verkehrs in der Innenstadt mit dem Hafen und den wichtigsten Vororten. Die gesamte Länge der Strecke beträgt 27,85 Kilometer. Der Betrieb wurde 1912 eröffnet.

In bequemer Weise ist ein Umsteigeverkehr zwischen der Strecke Blankenese—Ohlsdorf und der Ringbahn dadurch ermöglicht, daß diese eine Haltestelle mit unmittelbarem Zugang vom Hamburger Hauptbahnhof besitzt. Hierdurch wird auch das Umsteigen von Fahrgästen der im Hauptbahnhof zusammengeführten Fernlinien erleichtert. Man erreicht von den südöstlichen Enden der Hauptbahnhoffsteige über sehr bequeme Treppen unmittelbar den Untergrundbahnhof. Diese Einführung der Schnellbahn konnte nur durch den Abbruch eines großen, mit

alten Häusern dicht bestandenen Stadtviertels erreicht werden. Die Neuanlage der Mönckeberg-Straße an dieser Stelle hat sehr viel zur Verschönerung Hamburgs beigetragen.

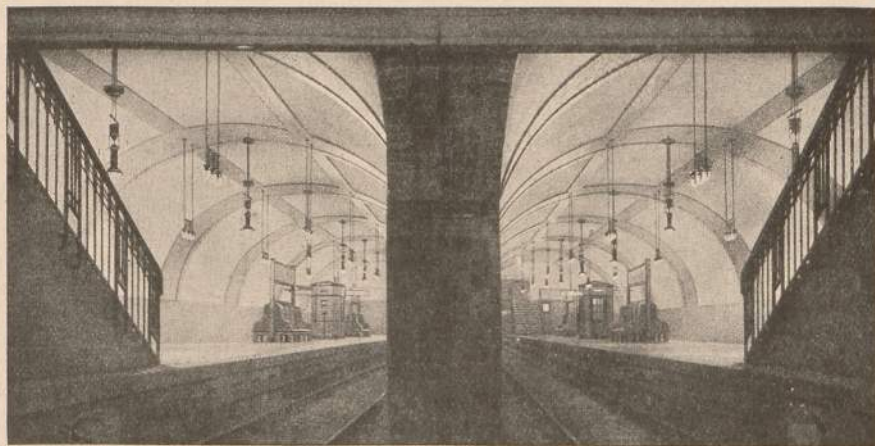
Zwischen Rödingsmarkt und Rathausmarkt befindet sich der Übergang von der Hochbahn zur Untergrundbahn. Für die Entwicklung der Rampe war nur eine kurze Strecke zur Verfügung, so daß ein sehr starkes Gefälle eingeschaltet werden mußte. Die Geleise liegen hier in einer Neigung von 1:22,7. Damit alle

Züge mit Sicherheit die Rampe hinauffahren können, sind sämtliche Wagen mit Motoren ausgerüstet. Die Hamburger Schnellbahn kennt also keine trieblosen Beiwagen.

Die Bewohner der großen Hafenstadt konnten ihre Schnellbahn mit dem Hauptbahnhof in günstige Verbindung bringen, da der Bau der Tunnel gerade mit der großen Umgestaltung der Hamburger Fernbahnhöfe zusammenfiel. In klugem Voraussehen hat die Stadtverwaltung von Leipzig sich einen ähnlichen Vorteil gesichert. Dieser Ort ist zwar heute noch nicht verkehrsreich genug, um die Last einer unterirdischen Schnellbahn tragen zu können, immerhin aber ist anzunehmen — und vor dem unglücklichen Kriegsschluß war das in noch weit höherem Maße der Fall —, daß er zu immer größerer Bedeutung und Ausdehnung anwachsen wird. Es wurde daher, als die Neuanlage des Leipziger Hauptbahnhofs entstand, die Gelegenheit wahrgenommen, sogleich ein Tunnelstück, breit genug zur späteren Anlegung einer Schnellbahnhaltestelle, in günstiger Lage mit einbauen zu lassen. Dort schlummert nun diese Urzelle eines Leipziger Schnellbahnnetzes dem hoffentlich nicht allzufernen

Tag entgegen, der sie zum Leben erwecken wird.

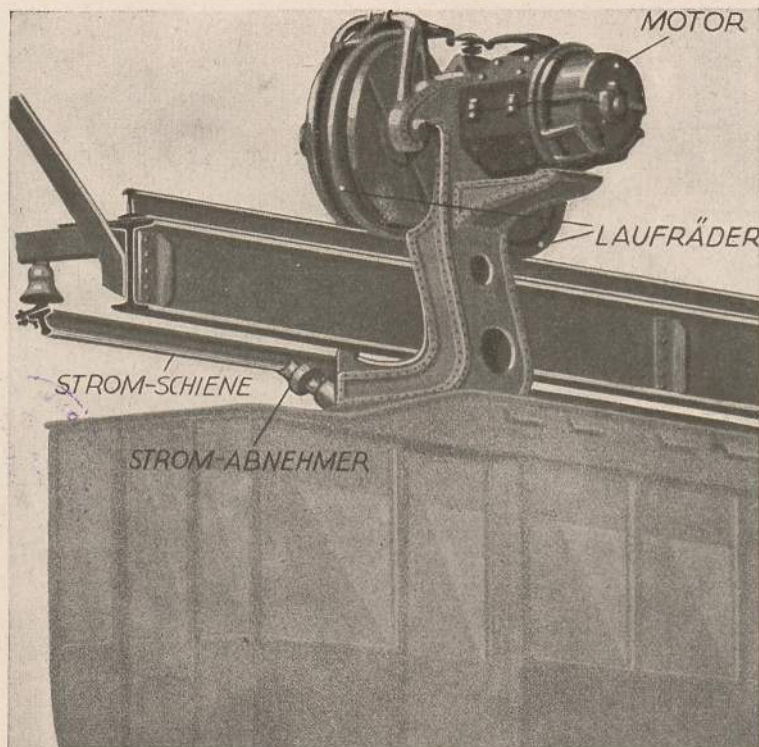
Im Tal der Wupper ziehen die Häusermassen der drei industriereichen Städte Barmen, Elberfeld und Wohwinkel sich hintereinander über eine Länge von mehr als 13 Kilometern hin. Da alle drei Orte in regstem Austausch miteinander stehen, so erschien die Anlage eines Verkehrsmittels, das eine ausreichend rasche Über-



568. Haltestelle „Hauptbahnhof“ der Hamburger Untergrundbahn Die Treppenläufe rechts und links stellen eine unmittelbare Verbindung zwischen den Bahnsteigen der Schnellbahn und des Hauptbahnhofs her, in dem Fern- und Vorortzüge halten. Phot. Schaul, Hamburg



windung der weiten Entfernungen gestattet, hier besonders wünschenswert. Ein zusammenhängender Straßenzug aber, durch den eine Straßen- oder Hochbahn geleitet werden konnte, war ebensovienig vorhanden wie ein zur Aufnahme von Untergrund-Gleisen geeignetes Gelände. Allein der Lauf der Wupper zieht fast auf der ganzen Strecke in gleichmäßiger, wenn auch vielfach gekrümmter Linie sich hin. Der Fluß also wies den Weg, den die Schnellbahn zu nehmen haben würde. Es mußte nur eine Bauart zur Verfügung sein, die in eine so seltsame Lage sich zu schicken vermochte. Eine besondere Gunst des Geschicks stellte sie den Bewohnern des Wuppertals in Form der von dem deutschen Ingenieur

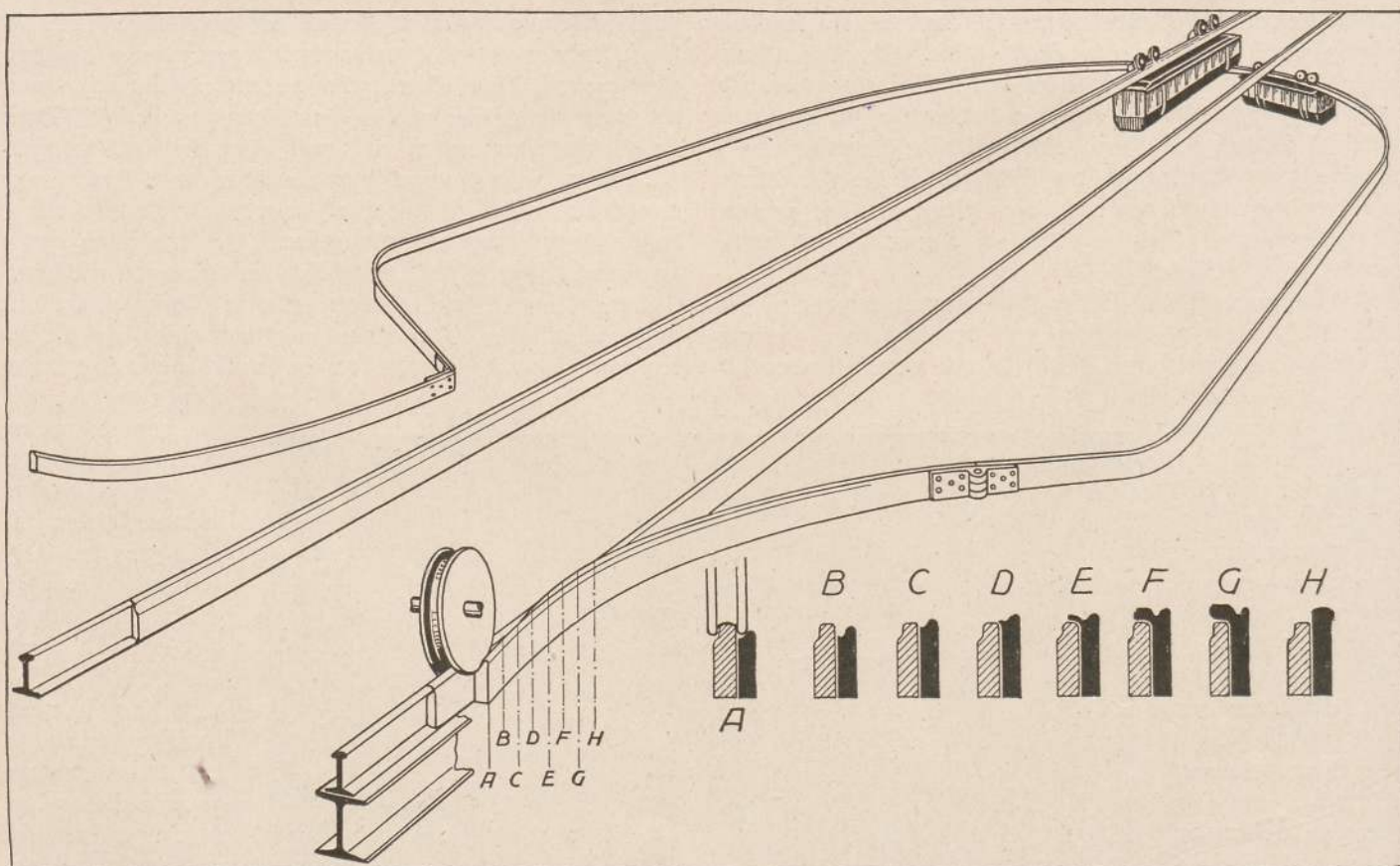


569. Lauf- und Traggerüst eines Wagens der Schwebebahn zu Elberfeld

Das Gerüst hat zwei mit doppelten Spurkränzen versehene Laufräder, die von einem eng benachbarten Elektromotor angetrieben werden. Der unter den Gleisträger greifende Haken macht ein Abheben der Räder von der Schiene unmöglich. Jeder Wagen hängt an zwei Gerüsten

Eugen Langen erfundenen Schwebebahn zur Verfügung. Die seit dem Beginn des Jahrhunderts fertiggestellte Anlage nach diesem System ist eine der größten Sehenswürdigkeiten nicht nur des Elberfeld-Barmer Bezirks, sondern auch des ganzen Deutschlands.

Hätte man versucht, die Wupper mit einer der gewöhnlichen Hochbahnanlagen zu überbrücken, so würden wegen des weiten Abstands der Ufer ganz unverhältnismäßig hohe Kosten entstanden sein. Nur dadurch, daß der Gleiskörper unter Anwendung von Langens Gedanken sehr leicht gehalten werden konnte, blieb trotz der großen Spannweite die Anwendung eines genügend dünnmaschigen Tragwerks möglich. Bei der Schwebebahn ruhen



570. Kehrschleife der Schwebebahn zu Elberfeld mit Weichen

in theoretischer Darstellung. Die Nebenzeichnungen A—H zeigen, wie eines der Laufräder mit doppeltem Spurkranz von der durchlaufenden Schiene auf das abzweigende Gleis durch Anheben des rechten Spurkranzes übergeführt wird. Die durchlaufende Schiene ist gestrichelt, die Weichenzunge schwarz gezeichnet





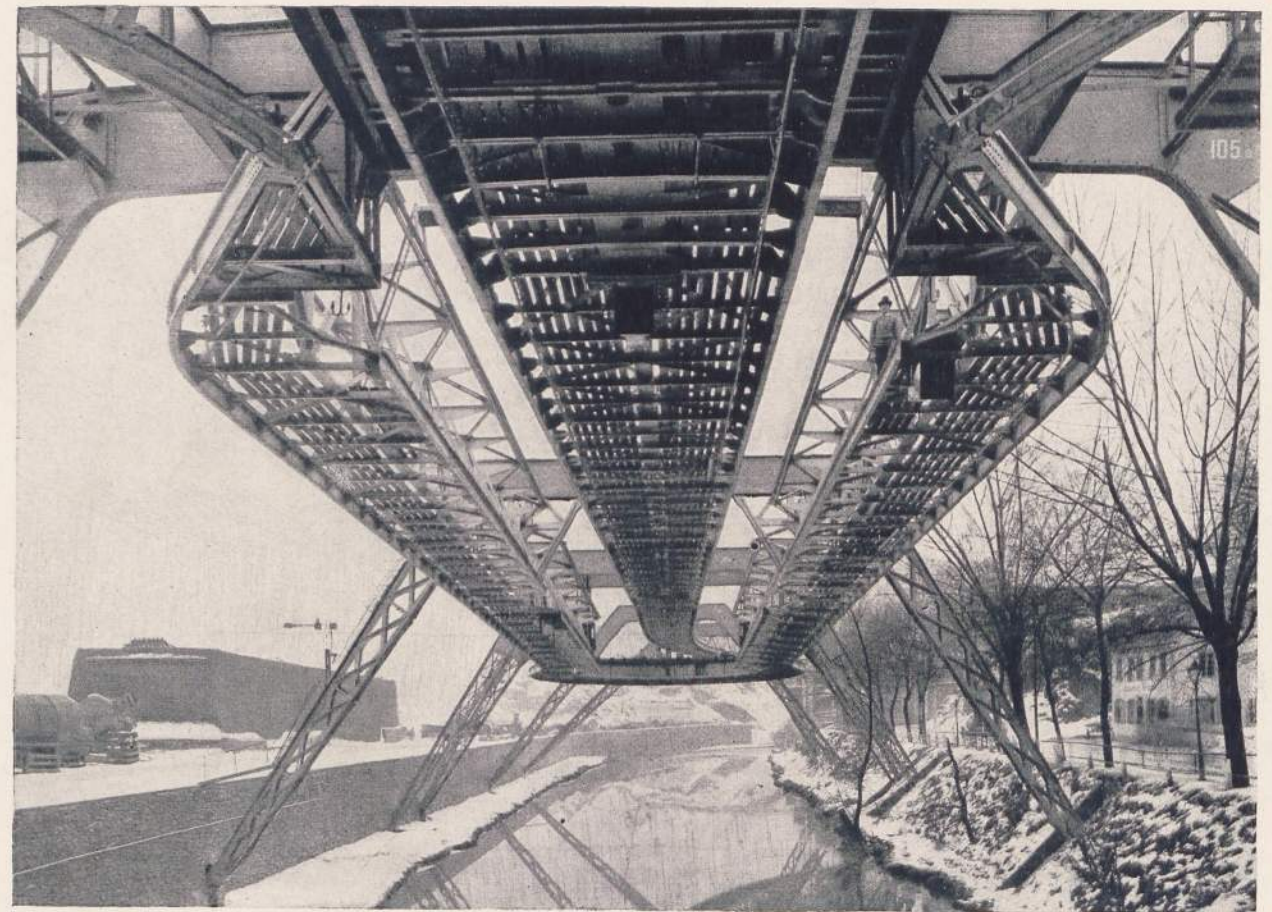
Strecke mit schrägen Stützen über der Wupper.



Ausfahrt eines Zugs aus einem Bahnhof.

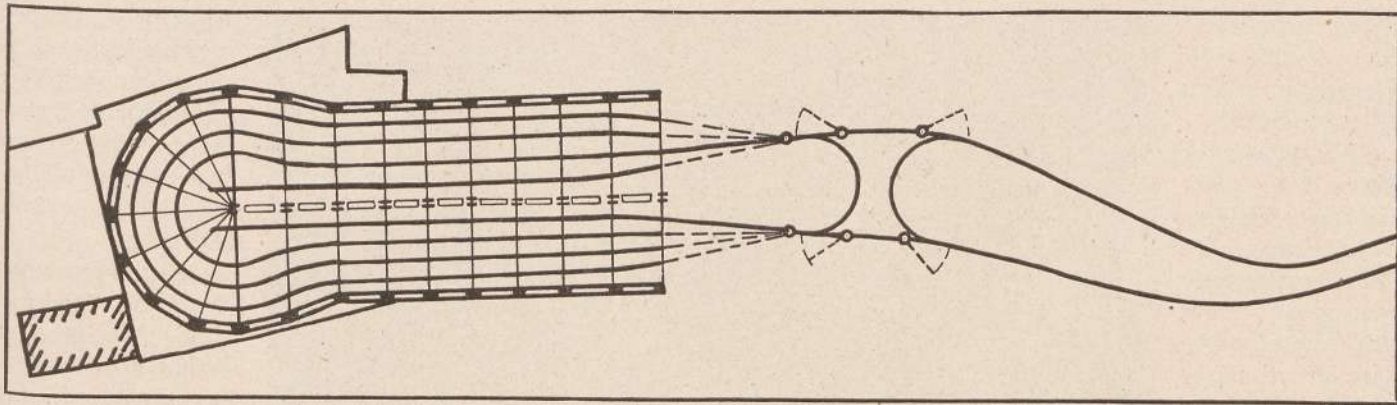


Strecke mit Torstützen über einer Straße. Im Hintergrund eine Haltestelle.



Umkehrschleife, auf der Wagen aus dem Verkehr gezogen und von der sie wieder auf die durchlaufende Strecke gebracht werden können. Der Endbogen der Schleife muß tiefer liegen als die Hauptgeleise, damit Platz für die durchlaufenden Züge bleibt. Siehe auch Bild 570.





571. Grundplan des Bahnhofs Bohwinkel der Schwebebahn zu Elberfeld

mit drei Reherschleifen und zwei Stumpfschleifen. Vor der Einfahrt die Weichen zur Einleitung der Wagen auf die Bahnhofsgeleise und in zwei außenliegende Schleifen

die Wagen nicht mit daruntergestellten Rädern auf einem Grundbau, sie sind hier an den Geleisen aufgehängt. Für jede Fahrtrichtung ist nur Eine Schiene notwendig, wodurch die Breite der Gleisebene stark zusammenrückt, der ganze Bau sehr viel einfacher, leichter, für den besonderen Zweck in hohem Maß geeignet wird.

Wichtig für die viel gewundene Durchfahrtsstraße war auch, daß die Schwebebahn imstande ist, sehr viel engere Krümmungen mit hoher Geschwindigkeit zu durchfahren als die Standbahn. Diese Möglichkeit wird ihr dadurch gegeben, daß die hängenden Wagen frei auszuspringen vermögen, so daß sie sich in den Krümmungen in dieselbe Schräglage einstellen, wie die Körper der Insassen sie annehmen. Die Fahrgäste merken daher die Krümmung überhaupt nicht. Ein Entgleisen ist gänzlich ausgeschlossen durch die Form der

Gerüste, an denen jeder Wagen vorn und hinten aufgehängt ist. Gleich den Drehgestellen der Standwagen sind diese Gerüste nur durch je einen Drehzapfen mit den Fahrzeugen verbunden.

Zwei Räder, von denen jedes doppelseitig mit Spurkranz ausgerüstet ist, laufen auf dem Gleis. Von dem Balken, der die beiden Räder verbindet, greift ein sehr schwerer stählerner Haken so um die Schiene und den darunter gesetzten Träger herum, daß zwischen der Unterkante des Trägers und der Oberkante des Hakens nur ein ganz schmaler Raum freibleibt. Er ist geringer als die Höhe der Spurkränze, hält die Räder also unter allen Umständen auf der Schiene. Der Antrieb erfolgt durch einen Elektromotor in jedem der Traggerüste. Die Wagen können einzeln fahren oder zu Zügen vereinigt werden. Die Kupplung erfolgt



572. Plan für einen Schwebebahnstation an der Jannowitzbrücke zu Berlin

Bevor der Bau der UEG-Untergrundbahn Gesundbrunnen—Neukölln beschlossen wurde, hatte die Continentale Gesellschaft für elektrische Unternehmungen zu Nürnberg den Plan einer Schwebebahn für die gleiche Strecke ausgearbeitet. An der Jannowitzbrücke, die vor dem für das obige Bild aufgenommenen Bezirk über die Spree führt, hätte die Schwebebahnstrecke sehr hoch gelegt werden müssen, weil an dieser Stelle die Stadtbahn (links) zu überschreiten gewesen wäre. Der Plan der Continentale Gesellschaft ist nicht zur Ausführung gelangt. Die Schwebebahnstrecke ist in die Photographie eingezeichnet



alsdann durch Stangen, welche die Traggerüste miteinander verbinden.

Die Elberfelder Schwebebahn wurde von der Continentalen Gesellschaft für elektrische Unternehmungen zu Nürnberg erbaut. In einer Streckenlänge von 10 Kilometern liegt sie über der Wupper, 3,3 Kilometer weit zieht sie auch durch die Straßen. Die Fahrbahn wird hier von torförmigen Stützen getragen. Über der Wupper stehen die Pfosten, recht überraschend anzusehen, in stark geneigter Lage und sind mit ihren Füßen zumeist in der Ufermauer verankert (Tafel XIX).

Die Haltestellen, die bei der Wupperstrecke stets in der Nähe von kreuzenden Brücken liegen und durch Treppeläufe von diesen aus zu erreichen sind, haben außenliegende Bahnsteige. Zwischen diesen erstreckt sich eine offene Reihe von Trägern, über denen ein Drahtnetz gespannt ist, um einen Absturz von den Bahnsteigen in die Tiefe unmöglich zu machen. Die einfahrenden Wagen reichen nur wenige Zentimeter unter die Bahnsteigebene; der Fußboden liegt mit dieser zur Erleichterung des Einsteigens in gleicher Höhe. Die in die Haltestelle einlaufenden Wagen werden dort am Unterteil seitlich von Balken geführt, gegen die sie sich mittels starker Schleiffedern legen. Hierdurch soll das Schaukeln vermieden werden, das sonst beim Einsteigen entstehen würde. Unmittelbar vor der Abfahrt werden die Wagentüren vom Fahrer elektrisch verriegelt. Sie bleiben bis zur Einfahrt in den



573. Tunnel der Untergrundbahn zu Glasgow

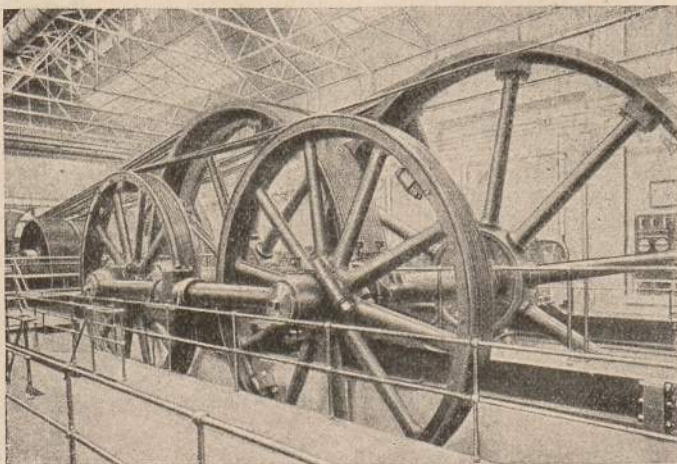
mit Seilantrieb für die Züge. Das Seil läuft ununterbrochen um. Der vorderste Wagen des Zugs wird, wenn er aus einem Bahnhof ausfahren soll, durch einen Greifer darangeklammert

nächsten Bahnhof verschlossen, was ja wegen des gänzlichen Fehlens eines Unterbaus zur Verhütung von Unglücksfällen unbedingt notwendig ist.

So einfach und leicht die Führung der Schwebebahngeleise auf der glatten Strecke ist, so viel Schwierigkeiten macht die Einrichtung von Weichen. Die Standwagen mit ihren einseitigen Spurkränzen lassen sich mit Hilfe von Zungen in einfachster Weise von dem einen Gleis auf das andere hinüberführen. Bei Schwebebahnwagen ist aber

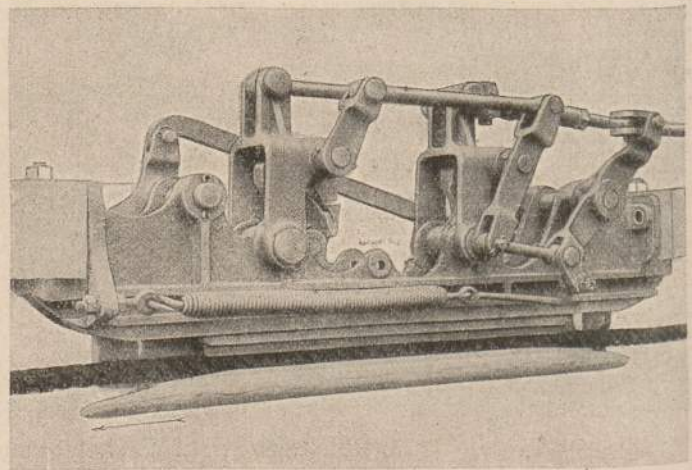
die Überfahrt schon durch die doppelseitige Kranzung der Räder erschwert und infolge des herumgreifenden Tragbalkens überhaupt nur nach einer Seite hin möglich. Da eine Unterstützung nur unter den Schienen vorhanden ist, sonst aber rings der freie Raum gähnt, so kann die Weiche nicht allein aus einer umlegbaren Zunge bestehen; es muß auch der tragende Balken mit beweglich sein, auf dem die Zunge ruht. Daraus ergibt sich ein großes Gewicht des zu verstellenden Stücks, das nur durch starke Motorkräfte bewegt werden kann.

Damit der Schwebebahnwagen von einem Gleis auf das andere hinüberzugleiten vermag, muß jedes Radgestell zunächst so weit angehoben werden, daß die inneren Spurkränze über die bisher benutzte Fahrchiene hinüberzugleiten vermögen. Die anschlagnende Weichenzunge hat daher, wie Bild 570 zeigt, an der Stelle A die Form einer Nillenschiene,



574. Antrieb für das Zugseil der Untergrundbahn in Glasgow

Indem der Fahrer mittels eines Hebels in seinem Stand die auf dem rechten Bild unter dem Seil liegende Greiferplatte anhebt, klammert er den Triebwagen seines Zugs an dem ständig umlaufenden Seil fest. Der Zug setzt sich alsdann in Bewegung



575. Greifer eines Wagens der Untergrundbahn zu Glasgow



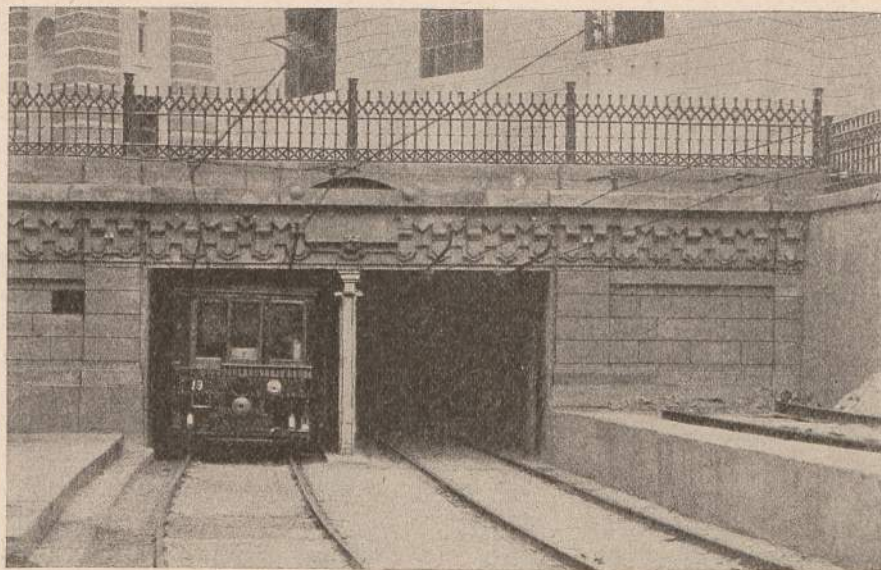
auf die der äußere Spurkranz aufläuft. Das Gewicht des Wagens hängt jetzt allein an diesem. Die Rille steigt höher und höher, sie bildet sich allmählich zu einer Laufschiene um, deren Oberkante höher liegt als die Lauffläche der Mutterschiene und der Mittelteil des Rads ruht schließlich, nachdem der innere Spurkranz die Mutterschiene überschritten hat, auf der abzweigenden Schiene, die nun wieder ordnungsgemäß von

beiden Spurkränzen umgriffen wird. Eine solche Weiche darf nur mit ganz geringer Geschwindigkeit durchfahren werden.

Das Hauptgleis geht ohne jede Unterbrechung glatt durch. Das Ende des Nebengleises aber läuft, wenn die Zunge nicht an die Mutterschiene angelegt ist, in den freien Raum aus. Wenn nicht eine besondere Sperreinrichtung vorgesehen wird, könnte also ein Wagen von dort hinabfallen.

Die Schwierigkeit des Weicheneinbaus zwingt dazu, Schwebebahnen stets mit Endschleifen anzulegen, über welche die Wagen ohne weiteres von einem Gleis aufs andere hinübergehen können. Solche Schleifen befinden sich bei der Elberfelder Schwebebahn an beiden Enden, so daß die Hauptgleise eine einzige zusammenhängende Fahrbahn darstellen.

Das Unterteilen der Strecke entsprechend den wechselnden Verkehrsansprüchen, die Möglichkeit also, einzelne Züge am

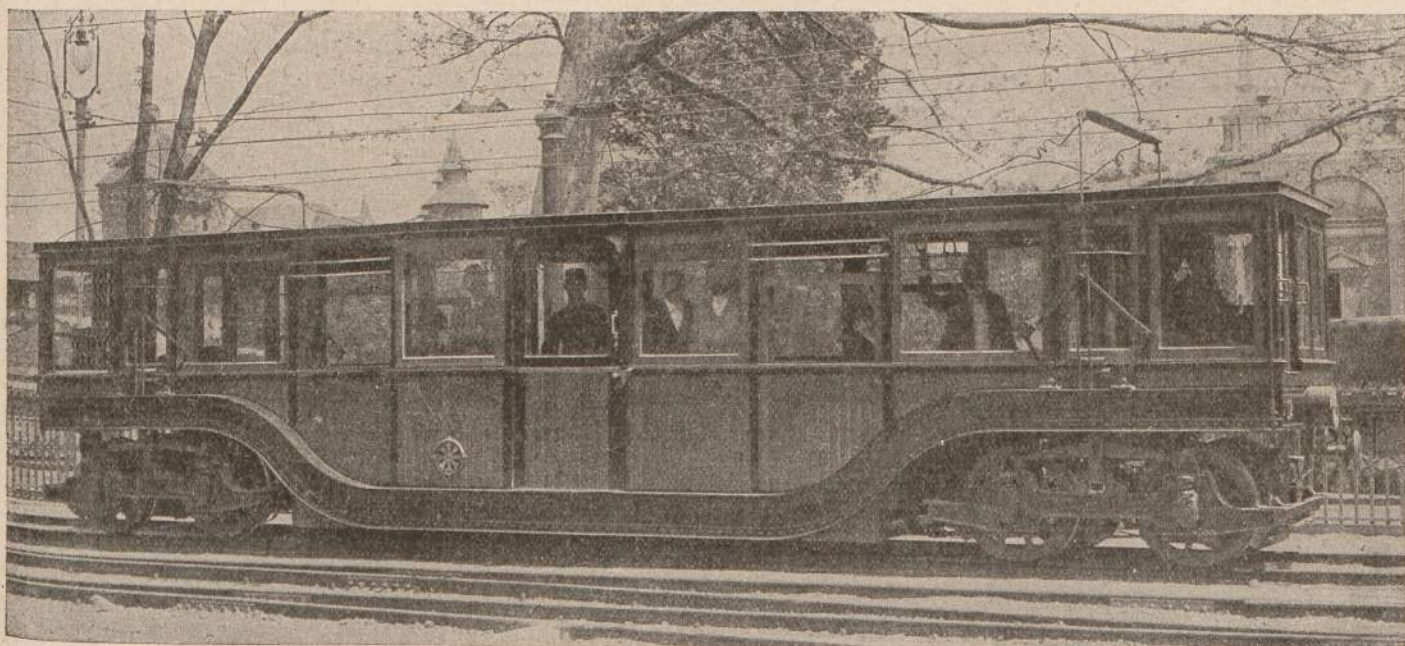


576. Ausfahrt eines Zugs der Untergrundbahn zu Budapest von der Tunnelstrecke zur freiliegenden Strecke im Stadtwaldchen. Erbaut von Siemens & Halske in Berlin

Ende des Innengebiets aus dem Verkehr zu ziehen und nach Belieben wieder einzusetzen, ist wegen der Umständlichkeit der Weichenanlagen sehr schwierig. Die Elberfelder Bahn besitzt zwar eine Umkehrschleife in der Nähe der Haltestelle Zoologischer Garten (Tafel XIX, Bild 4), diese wird jedoch nur ausnahmsweise zum Aussetzen und Kehren von Zügen benutzt. Der Abstellbahnhof am Hohwinkler Ende, der eine größere Anzahl

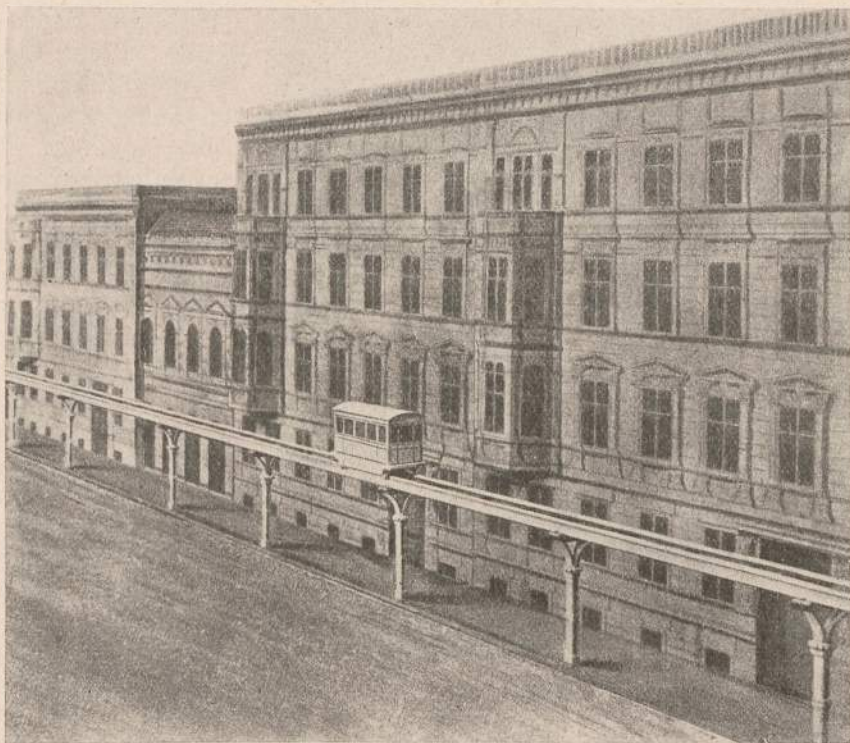
von nebeneinanderliegenden Geleisen birgt, ist eine recht verwickelte Anlage. Solche Betriebsschwierigkeiten haben der Schwebebahn, die sonst mancherlei gute Eigenschaften besitzt, den Vormarsch in den Verkehr der Weltstädte unmöglich gemacht. Sie ist nur in Sonderfällen brauchbar, vermag dort aber, wie im Elberfelder Bezirk, sehr gute Dienste zu leisten.

Für die Verbindung des nördlichen Berliner Stadtteils am Gesundbrunnen mit dem im Südosten liegenden Vorort Neukölln hatte die Continentale Gesellschaft für elektrische Unternehmungen eine Schwebebahn vorgeschlagen. Sie ist trotz jahrelanger Bemühungen mit ihrem Entwurf nicht durchgedrungen. In der Brunnenstraße war längere Zeit eine kurze Probestrecke aufgestellt, bei der die Schienen nicht mehr an Torstützen angebracht waren, sondern an Auslegern hingen, die von Mittelpfeilern getragen wurden.



577. Wagen der Untergrundbahn zu Budapest deren Haltestellen keine erhöhten Bahnsteige besitzen





578. Entwurf einer Hochbahnstrecke durch die Friedrichstraße von Werner Siemens

aus dem Jahre 1880. Die Geleise sollten zu beiden Seiten des Fahrdamms auf eisernen Säulen ruhen, die an den Ranten der Bürgersteige aufzustellen gewesen wären. Die Fahrbahn sollte nicht breiter sein als die Wagen. Um Entgleisungen zu verhindern, waren an beiden Längsseiten jedes Wagens hakenförmige Sicherungsplatten vorgesehen, deren Ränder unter die Schienenköpfe griffen

Hierdurch konnte zwar der Beweis erbracht werden, daß die Schwebebahn auch in einer verhältnismäßig schmalen Straße möglich ist, es wurde jedoch der von der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft für die gleiche Strecke angebotenen Untergrundbahn der Vorzug gegeben, da hierdurch eine Verunstaltung des Stadtbildes gänzlich vermieden werden konnte. Die Nürnberger Gesellschaft hatte die Anlage aufs gründlichste durchgearbeitet, so daß abgesehen von den Schwierigkeiten, welche die Weichen verursachen, technische Einwendungen dagegen nicht zu machen waren. Besonders eigenartig war die geplante, sehr hoch liegende Überführung der Schwebebahn über die Stadtbahn in der Nähe der Jannowitzbrücke ausgebildet, die auf Bild 572 dargestellt ist.

Wie die vereinigten Orte Elberfeld-Barmen-Bohwinkel besitzt auch die schottische Stadt Glasgow nur eine einzige Schnellbahnstrecke. Es ist eine unterirdische Ringlinie. Bemerkenswert hieran ist nicht der Bau, der in Form der gewöhnlichen Standbahn ausgeführt ist, sondern die Betriebsart. Die Wagen der Bahn von Glasgow besitzen nicht Einzelantrieb; sämtliche Züge jeder Fahrtrichtung werden vielmehr durch ein gemeinschaftliches Treibmittel bewegt. Ein Seil, das an einer Stelle um eine antreibende Trommel gewunden ist, läuft zwischen den Schienen jedes Gleises. Unter dem ersten Wagen jedes Zugs befindet sich eine Greifvorrichtung, die, wenn sie geschlossen ist, den Wagen an das Seil anklammert, so daß der Zug durch dessen Bewegung mitgenommen wird. Das Anhalten erfolgt durch Öffnen des Greifers und Abbremsen der lebendigen Kraft.

Ein Antrieb solcher Art ist einfach, aber für größere Fahrgeschwindigkeiten gänzlich unbrauchbar. Das Seil läuft

stets mit gleicher Schnelligkeit um. Beim Schließen des Greifers muß der Zug aus der Ruhe fast unmittelbar zur Höchstgeschwindigkeit übergehen. Abgestuftes Anfahren ist nahezu unmöglich, wenn das Seil nicht durch die schleifenden Greifer in kürzester Zeit zerschliffen werden soll. Damit der Anfahrstoß nicht zu hart wird, können die Züge daher nur mit geringer Geschwindigkeit umlaufen. Die Ringbahn von Glasgow ist entstanden, bevor noch der Elektromotor brauchbar geworden war. Der gänzlich veraltete Seilantrieb wird sehr bald auch hier dem elektrischen weichen müssen.

Im Oktober 1919 wurde der erste Teil der Untergrundbahn von Madrid eröffnet. Der damit in Betrieb genommene Teil ist etwa 4 Kilometer lang und führt von Cuatro Caminos nach der Puerta del Sol, dem Verkehrsmittelpunkt der Stadt. Der Bau hat zweiundeinhalb Jahr gedauert und 8 Millionen Pesetas gekostet. Sowohl Baustoffe wie Betriebsmittel sind mit wenigen Ausnahmen spanischen Ursprungs, ebenso sind die Leiter des Unternehmens sowie die Techniker, die den Bau ausgeführt haben und die den Betrieb führen, Spanier. Das ist bemerkenswert, weil so umfangreiche Anlagen früher nicht ohne Mitwirkung von Ingenieuren aus den großen Industrieländern durchgeführt werden konnten. Auch das

gesamte Aktienkapital ist in Spanien aufgebracht worden.

Als letzte der sozusagen einzelligen Schnellbahnstädte ist Budapest zu erwähnen. Hier wurde vom Ufer der prächtig dahinströmenden Donau her unter dem Waitzener Boulevard und der Andrássy-Straße eine Untergrundbahn eingebaut, nicht etwa weil ein übermäßig brandender Verkehr das heischte, sondern nur, um die stattliche Schönheit dieses Straßenzugs nicht zu beeinträchtigen. In einer vielleicht übermäßigen Empfindlichkeit wollten die Budapester eine elektrische Straßenbahn hier nicht dulden. Sie verwarfen sogar eine Anlage, die ihnen den Anblick ausgespannter Drähte durch Schaffung einer unterirdischen Stromzuführung ersparen wollte. Die Andrássy-Straße gilt als heilig und wäre dem Geschwindverkehr noch heute gänzlich entzogen, wenn man es sich nicht ehemals hätte leisten können, ganz ins Unterirdische hinabzusteigen.

Die Budapester Schnellbahnlinie ist also nichts anderes als eine in die Erde eingebettete Straßenbahn. Sie wird aber eisenbahnmäßig betrieben; die meist einzeln fahrenden Wagen halten nur in ziemlich weit voneinander liegenden Bahnhöfen. Der Betriebsstrom wird durch Oberleitung zugeführt. Die im Jahre 1896 eröffnete Strecke liegt dicht unter der Straßenoberfläche. Als Unterpflasterbahn, die ins Grundwasser eintaucht, ist sie unmittelbares Vorbild für die Bauart der Untergrundstrecken in Berlin geworden. Bauausführender war dort wie hier die Firma Siemens & Halske.

\*

„Meinerseits halte ich es für eine Großstadt für eine absolute Notwendigkeit, außer den Straßenflächen für die Wagen und Fußgänger noch eine zweite Kommunikationslage



für den schnellen Verkehr zu haben. Sie sehen, wie mit dem steigenden Verkehr sich unsere belebteren Straßen schon jetzt täglich mehr verstopfen; es ist oft kaum mehr durchkommen, und kein Konstabler kann das ändern. Wie soll das werden nach zehn, zwanzig, fünfzig Jahren!

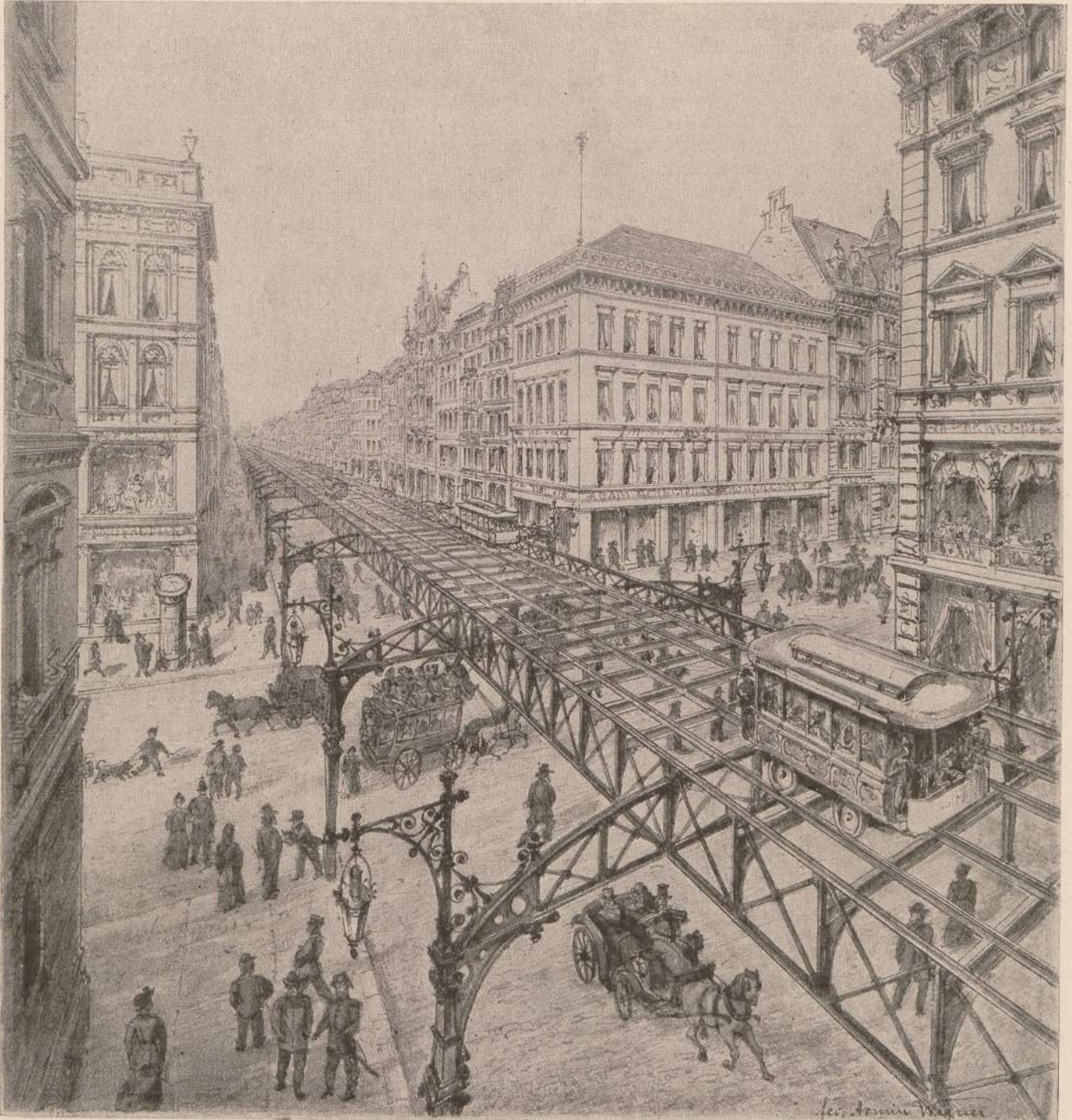
„Die Statistik über die Zunahme des Verkehrs berechtigt uns, mit der vollsten Bestimmtheit zu sagen, daß die Straßenfläche demselben schon in der nächsten Zeit nicht mehr genügen kann. Eine Abhilfe muß gefunden werden, wenn das auf wachsenden Verkehr sich gründende großstädtische Leben nicht verkümmern und die weitere Entwicklung der Reichshauptstadt nicht vollständig gehemmt werden soll.

„Es muß also notwendig für Berlin ein neues Kommunikationsnetz für schnellen Personen- und Güterverkehr ge-

schaffen werden, welches den Straßenverkehr nicht hindert und durch ihn nicht gehindert wird . . .

„Berlin ist die Geburtsstätte der dynamo-elektrischen Maschine und der elektrischen Eisenbahn — es sollte daher auch der Welt mit der Anlage eines Systems elektrischer Hochbahnen vorangehen, dem es sich auf die Dauer doch nicht wird entziehen können! Ich bitte Sie, meine Herren, zur Realisierung dieses Vorschlages mitzuwirken!“

So sprach am 11. März 1880 der Ingenieur Werner Siemens in der Polytechnischen Gesellschaft zu Berlin. Bierzehn Jahre waren vergangen, seit er die Dynamomaschine und damit den Elektromotor erfunden hatte. Nach wenigen Versuchen im Kleinen fühlte er sich stark genug, die Ausnutzung seiner Erfindung in Form einer Hochbahn vorzuschlagen.



579. Hochbahn durch die Leipziger Straße  
Entwurf von Werner Siemens aus den achtziger Jahren



„Jetzt ist die Stadtbahn,“ so führte er weiter aus, „eine einzelne Linie, die durch ganz Berlin geht. Eine Unannehmlichkeit für alle die, welche in der Nähe wohnen, aber auch für sie nur bedingt, denn sie können immer nur nach zwei Seiten, aber nicht nach allen Seiten mit derselben fahren. Da aber der Mensch das Bedürfnis hat, nach allen Seiten hinzukommen, so ist das Verkehrsbedürfnis nur mangelhaft durch eine solche Linie befriedigt. Wenn aber von den Stationen der Stadtbahn radiale Linien nach allen Richtungen hingehen, dann wird ganz etwas anderes entstehen, dann wird die Stadtbahn die größte Zentralader für den Berliner Gesamtverkehr werden.“

Der ganz bestimmte Vorschlag von Werner Siemens ging zunächst dahin, eine Hochbahn durch die Friedrichstraße zu führen. Es sollten zwei getrennte, ganz schmale Fahrbahnen geschaffen werden, jede auf gußeisernen Säulen ruhend, die gleich den Laternenpfählen an die Ränder der beiden Bürgersteige zu setzen wären. Im Gegensatz zu New York, wo man gerade angefangen hatte, Hochbahnen mit Dampf zu betreiben, glaubte Werner Siemens infolge des elektromotorischen Antriebs genügende Geräuschlosigkeit gewährleisten zu können. Eine Verdunklung der unteren Häuserstockwerke sei nicht zu befürchten, da die Fahrbahn zwischen den Schienen nicht geschlossen zu werden brauche.

Der Vorschlag ist nicht ausgeführt worden. Wir dürfen uns heute darüber freuen, da er in der Tat eine arge Verunstaltung der schmalen Friedrichstraße herbeigeführt hätte. Desgleichen scheiterte die Absicht von Werner Siemens, eine ähnliche Bahn durch die Leipziger Straße zu führen, deren Geleise aber über dem Fahrdamm auf einem baldachinartigen Unterbau hätten ruhen sollen. Der Schnellbahngedanke schlummerte darauf in Berlin eineinhalb Jahrzehnte lang.

Das bezieht sich freilich nur auf die mit elektrischer Ausrüstung versehenen Schnellbahnen. Denn eine dampfbetriebene Anlage dieser Art besitzt die deutsche Hauptstadt bereits seit dem Jahre 1882. Es ist die auch von Siemens in seinem Vortrag erwähnte Stadtbahn, die zunächst zur Verbindung der östlichen und westlichen Eisenbahnlinien eingerichtet wurde, mehr und mehr aber unerwartete Bedeutung für den Stadtverkehr gewann. Wir werden am Schluß dieses Abschnitts noch über Vergangenheit und Zukunft dieser eigenartigen Bahnanlage zu sprechen haben.

Ihre Gegenwart ist, um das noch kurz zu erwähnen, ziemlich trübselig. Der Berliner hat seit langem nicht mehr

die Empfindung, daß zwischen dem Schlesischen Bahnhof und Charlottenburg eine Schnellbahn fährt, da die veralteten Betriebsmittel nur eine bescheidene Geschwindigkeit zulassen. Die Absonderung vom Straßenverkehr aber und die weiten Räume zwischen den Haltestellen stempeln die Stadtbahn trotzdem auch in ihrem heutigen Zustand zu einem Schnellverkehrsmittel. In naher Zukunft wird sie dieses Namens in vollem Umfang würdig sein.

Die Stadtbahn hatte nur dank einer besonderen Gunst der Verhältnisse durch das Häusermeer hindurchgezwängt werden können. Trotzdem geriet die erbauende Privatgesellschaft in schwere Bedrängnis. Es war nach dem unrühmlichen Ende, das sie gefunden hatte, nicht daran zu denken, daß noch einmal der Versuch gemacht würde, eine große Hochbahnanlage durch das Stadttinnere zu führen. Damit schien zugleich jede Möglichkeit zur Erbauung von Schnellbahnlinien in Berlin abgeschnitten, denn es galt als eine Art Glaubenssatz, daß Untergrundbahnen in dieser Stadt überhaupt nicht möglich seien.

Einer der ausgezeichnetsten Tiefbau-Sachverständigen seiner Zeit, der Schöpfer der großartigen Berliner Entwässerungsanlage, James Hobrecht, erklärte, daß der Berliner Boden so schwere Bauten wie Schnellbahntunnel nicht zu tragen vermöge. Er habe schon die größte Mühe gehabt, seine gemauerten Abwasser-Kanäle genügend fest zu gründen. Werner Siemens war der gleichen Ansicht. „Sehen wir auf Berlin,“ meinte er, „so müssen wir sagen, unsere Urväter, die Fischer, die in den Dörfern Berlin und Kölln lebten, haben insofern eine schlechte Wahl getroffen, als sie sich an einem Platz niedergelassen haben, wo der Grundwasserstand sehr hoch liegt. Ein paar Fuß unter der Erde stoßen wir auf Grundwasser. An einem solchen Ort sollte eigentlich keine große Stadt angelegt werden; man sollte eine solche immer in einer solchen Höhe anlegen, daß ein gutes unterirdisches Kommunikationsnetz sich schaffen ließe. Könnten wir das, so wäre alle Not vorüber, und Berlin könnte sich ungehindert weiter entwickeln. Das ist uns aber abgeschnitten. Kein Baumeister wird so kühn sein und im Grundwasser ein Eisenbahnnetz ausführen wollen... Das würde unermessliche Kosten machen und doch nicht vollständig durchführbar sein.“

Gerade so wie der Ausspruch von Helmholtz, daß die Erbauung lenkbarer Luftschiffe eine Unmöglichkeit sei, für das Wirken Zeppelins lange Zeit ein Bannspruch gewesen ist, litt der Schnellbahngedanke in Berlin unter dem Fluch dieser Meinungen von gewiß höchst schätzbaren Persönlichkeiten. London



580. Die ersten elektrischen Schnellbahnstrecken in Berlin

die im Jahre 1902 dem Betrieb übergeben wurden. Über das Gleisdreieck konnten die Züge von der Warschauer Brücke unmittelbar zum Potsdamer Platz und zum Zoologischen Garten fahren und ebenso vom Zoologischen Garten zum Potsdamer Platz sowie umgekehrt. Die Firma Siemens & Halske hat die Bauten im Auftrag der von ihr und der Deutschen Bank gegründeten Gesellschaft für elektrische Hoch- und Untergrundbahnen (Hochbahngesellschaft) ausgeführt



und New York konnten ihre Verkehrsverhältnisse in glänzendster Weise ausgestalten, weil der Untergrund dort meist recht bequem oder doch wenigstens nach bewährten Verfahren zu durchdringen war. Der feinkörnige, ganz von Wasser durchsetzte schwimmende Sand, auf dem Berlin steht, vermehrte erfolgreicher als granitene Felsen jedes Eindringen abzuwehren.

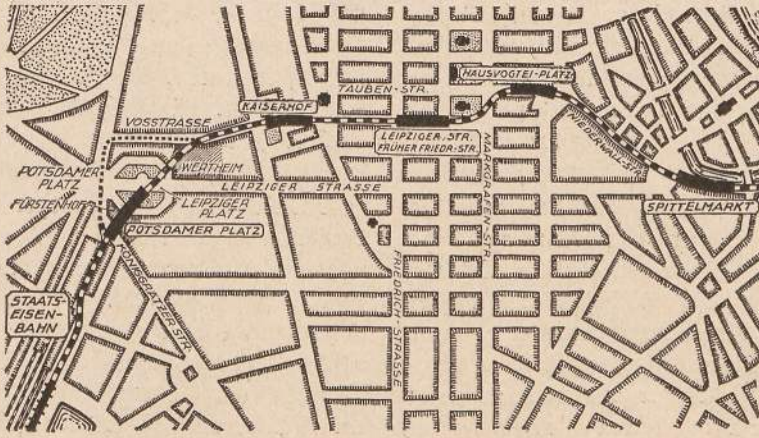
Endlich faßte doch in der Mitte der neunziger Jahre die Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft angesichts der günstig verlaufenen Untertunnelungen der Themse und des Ost-

flusses bei New York den Entschluß, eine unterirdische Schnellbahnanlage für Berlin auszuarbeiten. Die Firma reichte bei den Behörden den Entwurf zur Schaffung eines Innen-, eines Außenrings und zweier querender Durchmesserlinien ein. Gleich den Londoner Röhrenbahnen sollten die Tunnel aus je zwei eingeleisigen eisernen Röhren bestehen und in beträchtlicher Tiefe geführt werden. Man wollte dadurch auch hier das Zusammentreffen mit Häuserfundamenten und Kanalisationsleitungen vermeiden. Damit die Röhre möglichst eng sein könnte, war eine Spurweite von nur einem Meter vorgesehen. Fahrstühle, die zum Teil schräg hätten hinabfahren müssen, sollten die Fahrgäste von den Bahnhofeingängen, für die man grundsätzlich Räume in den Erdgeschossen günstig gelegener Häuser verwenden wollte, zu den Bahnsteigen hinabbefördern.

Auch dieser Vorschlag ist abgelehnt worden, obgleich er ausgezeichnet durchgearbeitet war. Die Behörden wollten sich von der Ausführbarkeit nicht überzeugen lassen. Der Glück, der den Berliner Untergrund verschloß, hatte seine Bannwirkung noch nicht verloren.

Mit vieler Mühe gelang es schließlich durchzusetzen, daß die Erlaubnis zur Anlegung einer Probestrecke erteilt wurde. Selbst das Gelingen dieses Versuchs sollte keinen Zwang zur Erteilung der Bauerlaubnis im großen in sich schließen. Trotzdem ging die AEG in Verbindung mit der Tiefbau-firma Philipp Holzmann & Co. zu Frankfurt am Main im Jahre 1895 daran, den Probearbeit auszuführen. Man wählte aus Anlaß der für das Jahr 1896 im Treptower Park geplanten Gewerbe-Ausstellung als Bauplatz ein weit draußen liegendes Gelände, nämlich den Boden unter der Spree zwischen den Vororten Stralau und Treptow. Zur Leitung der Arbeiten wurde die Gesellschaft für den Bau von Untergrundbahnen gegründet, an deren Spitze der Ingenieur Lauter trat, ein Mann von ungewöhnlicher Begabung, dem Berlin die Durchführung späterer aller-schwerigster Bauten im Untergrund zu danken hat.

In welcher Weise dieser erste Spreetunnel vorgetrieben wurde, werden wir später hören. An dieser Stelle genügt es zu sagen, daß der Bau nach Überwindung größter Schwierigkeiten tatsächlich gelang. Freilich nahm er mehr als zweieinhalb Jahre in Anspruch, so daß die Besucher



#### 581. Verlängerung der Strecke Zoologischer Garten—Potsdamer Platz zum Spittelmarkt

Ursprünglich wurde beabsichtigt, in der gestrichelt gezeichneten Richtung über den Potsdamer Platz die Voss-Strasse zu erreichen. Die Strecke wurde aber schließlich mit Unterfahrung des Hotels Fürstenhof und des Warenhauses Wertheim über den Leipziger Platz geführt. Das kurze zum Potsdamer Platz weisende Tunnelstück, das den ursprünglichen Bahnhof dieses Namens enthielt, wurde stillgelegt.

der Ausstellung nur ein kurzes Anfangsstück zu sehen bekamen. Das Bauwerk wird heute von einer Straßenbahnlinie benutzt, die nach Köpenick hinausführt.

Inzwischen hatte auch die Firma Siemens & Halske als Trägerin der technischen Hinterlassenschaft ihres großen Gründers einen Schnellbahn-Bauplan zur Genehmigung eingereicht. Sie sah von der Tunnelführung ab und kehrte wieder zu dem Hochbahngedanken zurück. Durch Vermeidung von Durchbrüchen und Benutzung der neuen Errungenschaften auf

dem Gebiet des Eisenbaus glaubte sie im Gegensatz zu den Urhebern der Stadtbahn auf ausreichende geldliche Ergebnisse rechnen zu dürfen.

Ein breiter, nur einmal durch das Gelände der Anhalter und Potsdamer Bahn durchbrochener Straßenzug, Teil einer ehemals geplanten Ringstraße um Berlin, wurde für die Bahnführung in Aussicht genommen. Siemens & Halske erhielten denn auch die Genehmigung, von der Warschauer Brücke durch die Skalitzer und Gitschiner Straße, über das tief in die Stadt einschneidende Eisenbahngelände hinweg sowie durch die Bülow- und Kleiststraße eine Hochbahnstrecke bis zum Zoologischen Garten zu führen. Später wurde daran noch ein kurzes Abzweigstück nach dem Potsdamer Platz angeschlossen.

Als nach dem Baubeginn angeregt wurde, die westliche Strecke etwa vom Nollendorfplatz bis zum Zoologischen Garten unterirdisch zu führen, waren Siemens & Halske in der Lage, die Erfahrungen der Gesellschaft für den Bau von Untergrundbahnen zu benutzen und endgültig den Beweis zu führen, daß auch der Berliner Schwimmsand Tunnelbauten zu tragen vermöge. Die Schnellbahn wurde an ihrem westlichen Ende und unter dem Potsdamer Platz in den Boden eingesenkt. An der letztgenannten Stelle verwendete man unmittelbar die bei der ersten Spree-Untertunnelung benutzte Bauweise mit Druckluftgründung, die später für Berlin nicht mehr in Anwendung gekommen ist.

Das Jahr 1902 sah den ersten elektrischen Schnellbahnzug durch Berlin fahren. Den Betrieb auf den Strecken hatte die von der erbauenden Firma gegründete Gesellschaft für elektrische Hoch- und Untergrundbahnen, kurz Hochbahngesellschaft genannt, übernommen, die heute sämtliche Berliner Schnellbahnen betreibt.

Die Gestaltung des Bahnpunkts, an dem die Abzweigung nach dem Potsdamer Platz an die damalige Hauptstrecke Warschauer Brücke—Zoologischer Garten ansetzte, hatte bei der Planung manche Wandlungen durchgemacht. Nachdem endgültig festgesetzt worden war, daß die Verzweigung über den Außengleisen des Potsdamer Bahnhofs erbaut werden sollte, entschloß man sich zu einer großartigen Verkettungsanlage, welche die Möglichkeit zur Durchführung dreier Linien bot. Es entstand das weltberühmt gewordene Gleisdreieck.



Über seine Weichen und Kreuzungen hinweg vermochten Züge vom Osten (Warschauer Brücke) nach dem Westen, vom Osten nach dem Stadttinnern (Potsdamer Platz) und vom Stadttinnern nach dem Westen sowie auch in den entgegengesetzten Richtungen zu fahren. Jeder Schnellbahnhof konnte damals von jedem anderen her ohne Umsteigen erreicht werden.

Bild 583 läßt erkennen, daß durch die Verkettung der drei Doppelgleise an drei Stellen Gleiskreuzungen entstanden. Im Gegensatz zu Chicago wurden die Schienen jedoch so gelegt, daß höhengleiche Überschneidungen nicht stattfanden. An jedem der Kreuzungspunkte wurde immer das eine Gleis unter dem anderen durchgeführt, was nur durch die Anlegung sehr zahlreicher Kunstbauten möglich war. Es ist insbesondere dem Wirken K e m m a n n s, eines der besten Kenner der Schnellbahnverhältnisse in allen Ländern, zu verdanken, daß die Anlage in dieser ausgezeichneten Form durchgeführt wurde.

Ein auch nur auf kurzer Strecke wagerecht liegendes Bahnstück gab es in diesem ganzen Bezirk überhaupt nicht. Die Geleise hoben und senkten sich fortwährend, fast so wie der Boden in einem Hügelland. Dazu war es noch notwendig gewesen, den gesamten Unterbau zwischen die Geleise der Ringbahn zu stellen, die in breitem Zug darunter fortläuft und größere Änderungen ihrer Anlage nicht dulden konnte.

Die eigentümliche Lage des Hochbahn = Gleisdreiecks in einem unbetretbaren Gelände bewirkte, daß seine kunstvolle Gestaltung der Öffentlichkeit verborgen blieb, da aus den Fenstern der darüberrollenden Züge ein Blick auf die Pfeilerstellungen natürlich nicht möglich war. Die Erbauer mußten sich mit der Anerkennung durch die Fachwelt begnügen.

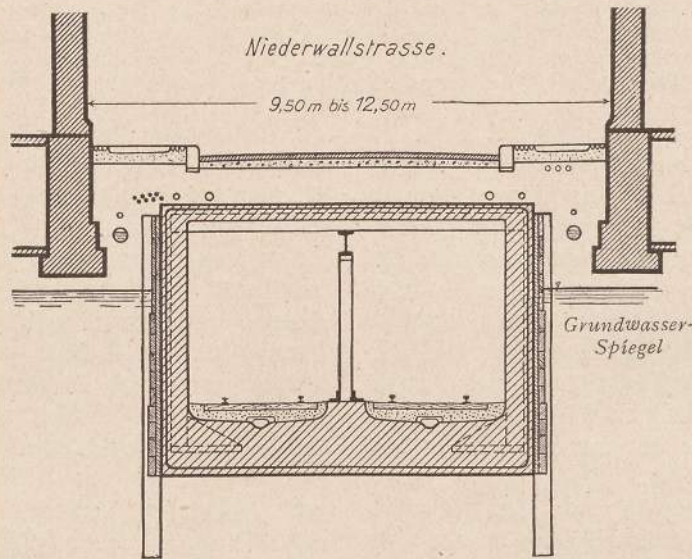
Im Jahre 1906 konnte das westliche Bahnende über den Zoologischen Garten und den Bahnhof Anie hinaus bis zum Wilhelmplatz in Charlottenburg vorgestreckt werden. Die unter der breiten Bismarckstraße liegende Haltestelle gleichen Namens wurde schon damals als Verzweigungsbahnhof ausgebaut. Es bestand nämlich die Absicht, den gerade im Bau befindlichen gewaltigen Zug der Döberitzer Heerstraße, von welcher die Bismarckstraße ein Teil ist, bis weit hinaus zum Reichskanzlerplatz mit einer Schnellbahnanlage auszurüsten (Tafel XXIII). Zwei Jahre darauf wurde auch dieser Zweig eröffnet. Zum erstenmal wirkte hier die Schnellbahn als Aufschließungswerkzeug für ein noch wenig angebautes Gelände.

Ein Verkehr von genügender Größe, um die hohen Kosten eines Untergrundbahnbaus zu tragen, war zunächst für eine größere Reihe von Jahren für diese Linie nicht zu erwarten. Daher tat sich die Boden = Gesellschaft Neu = Westend, der an der Erweckung der Baulust in jener Gegend sehr viel gelegen war, mit der Stadt Charlottenburg zusammen, um der Hochbahn = Gesellschaft eine angemessene Verzinsung der aufgewendeten Kosten zu gewährleisten. Der beabsichtigte

Erfolg ist in hohem Maß eingetreten. An den Rändern der Straße, die zur Erbauungszeit der Bahn noch vollständig häuserfrei waren, wuchsen sehr bald die großartigsten Gebäude empor. Längst ist bis zum Reichskanzlerplatz hin und darüber hinaus ein neuer Stadtteil entstanden, der als Neu-Charlottenburg einen Glanzteil von Berlin bildet.

Daselbe Jahr 1908, in dem der Reichskanzlerplatz von der Schnellbahn erreicht wurde, brachte die Eröffnung einer noch viel wichtigeren Fortsetzung; sie führte tief ins Stadttinnere. Das geschichtliche Werden des Bahnzweigs Potsdamer Platz — Spittelmarkt zeigt mit fast erschreckender Deutlichkeit, wie unendlich groß die Schwierigkeiten für die Durchdringung alter Stadtteile mit dem neuen Verkehrsmittel sind, und wie leicht diese Schwierigkeiten dazu führen können, die Bahn in eine ungünstige Lage hineinzuzwängen. Wie wir gleich hören werden, ist es eigentlich nur einem Zufall zu verdanken, daß man vom Potsdamer Platz aus überhaupt weiterbauen konnte.

Die Strecke Gleisdreieck — Potsdamer Platz mit ihrem unterirdischen Ende war so geführt, daß die Fortsetzung zunächst nur über den Potsdamer Platz hinweg erfolgen konnte. Es erschien selbstverständlich, von hier mit einem Bogen in die Leipziger Straße, die stärkste Schlagader des hauptstädtischen Verkehrs, einzubiegen. Mit der Vorstreckung der Anlage auf diesem Weg hätten sich der Hochbahngesellschaft die großartigsten Zukunftsmöglichkeiten eröffnet. Es war jedoch nicht möglich, die Bauelaubnis bei den städtischen und den staatlichen Aufsichtsbehörden zu erwirken. Man



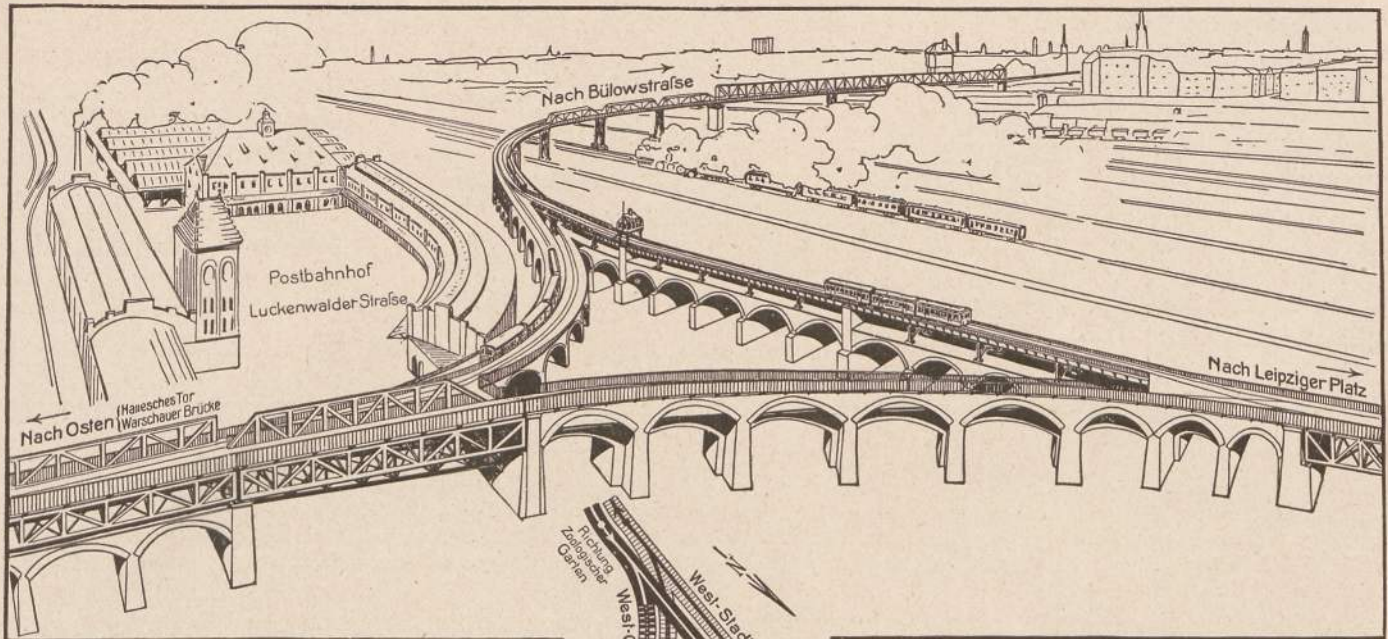
582. Querschnitt durch den Untergrundbahn-Tunnel in der Niederwall-Strasse

Das Bahnbaumwerk reicht auf beiden Seiten fast an die Häuserfundamente heran und ist tief unter diese hinabgeführt

war damals in der Technik des Untergrundbahnbaus noch nicht so weit gelangt, daß man den Tunnelbau ohne sehr harte Störungen des Straßenverkehrs hätte durchführen können. Während der ganzen langen Bauzeit hätte ein offener Schacht auf dem Potsdamer Platz und in der Leipziger Straße bestehen müssen. Es wurde, und sicherlich mit Recht, befürchtet, daß hierdurch eine unerträgliche Drosselung des tagtäglich gerade an dieser Stelle sehr heftig strudelnden Verkehrsstroms entstehen würde. Ein anderer Weg zum Spittelmarkt jedoch war nicht gegeben, wenn die Hochbahngesellschaft sich nicht entschließen wollte, gewaltige Häuserblocks in der teuersten Gegend von Berlin niederzureißen, um den Tunnel durch die Bresche hindurchzuführen.

Das ging aus geldlichen Gründen nicht an, und so kam es, daß alle Erweiterungspläne jahrelang ruhten. Da wollte es die Gunst des Zufalls, daß durch den Neubau des Hotels Fürstenhof und des Warenhauses Wertheim jene Bresche von selbst sich auftrat. Es entstand, als die Häuser niedergegriffen waren, an deren Stelle die neuen Großbauten sich erheben sollten, eine Lücke, die von der Königgräzer Straße bis zur Boßstraße reichte. Wenn die Untergrundbahn hier hindurchschlüpfte, konnte sie durch die Boß- und Mohrenstraße





### 583. Das Gleisdreieck in seiner ursprünglichen Gestalt

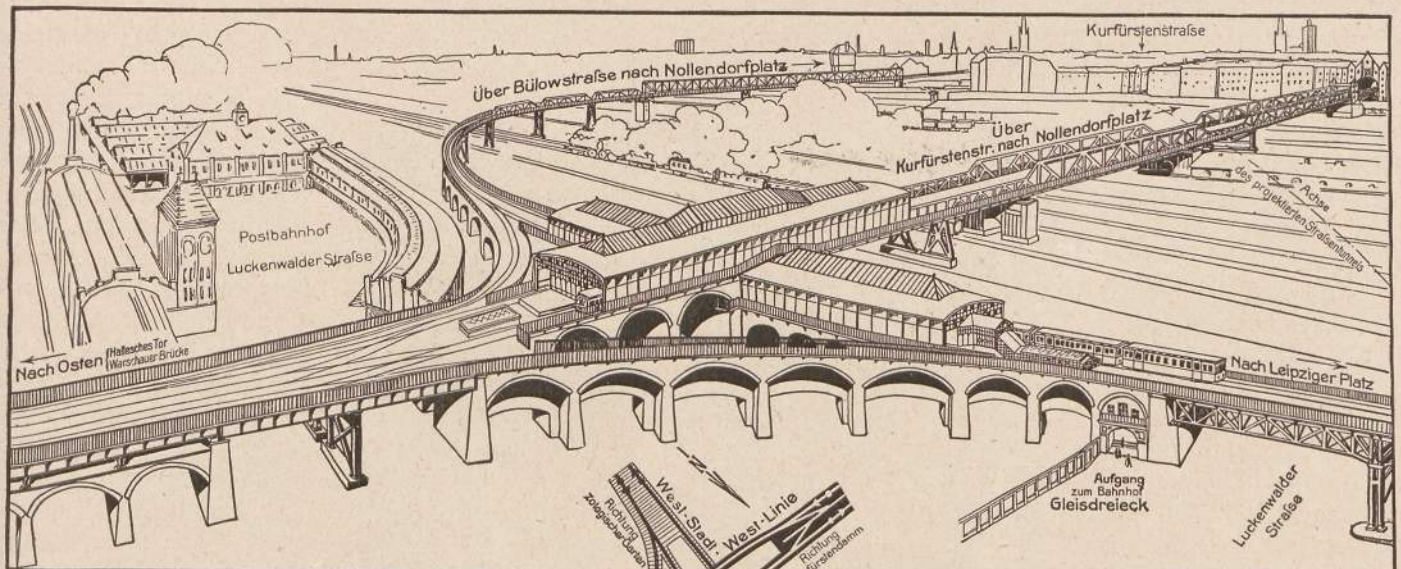
Die Strecken Ost-Stadt, West-Stadt und West-Ost waren so miteinander verkettet, daß jede Richtung

zum Gendarmenmarkt, von dort zum Hausvogteiplatz und zum Spittelmarkt gelangen. Freilich wurde die Anlage hierdurch in Nebenstraßen abgedrängt. Sie erreichte den Spittelmarkt sozusagen nur über die Hintertreppe. Es blieb jedoch keine Wahl, und so beschritt man, wenn auch mit nicht geringem Bedauern, diesen einzig möglichen Weg.

Zunächst mußte das bereits fertiggestellte Tunnelstück, in dem der Bahnhof Potsdamer Platz lag, aufgegeben werden, da die Bahn schon vom Ende der Rampe her, die vom

ohne Umsteigen befahren werden konnte. In allen Kreuzungsstellen waren die Geleise in verschiedene Höhen gelegt, damit kein Zusammenstoß stattfinden konnte. Ein Haltepunkt war damals an dieser Stelle nicht vorgesehen

Gleisdreieck hinabführt, eine andere Richtung quer über die Königgräzer Straße erhalten mußte. Nach äußerst schwierigen Verhandlungen mit den künftigen Besitzern des Hotels Fürstenhof und des Hauses Wertheim gelang es schließlich, die Erlaubnis zur Führung des Schnellbahntunnels durch die Kellerräume unter diesen Gebäuden zu erwirken. Sehr schwere Bedingungen wurden der Hochbahngesellschaft in diesem Bezirk auferlegt. Wir werden später auf die eigentümliche Bauausführung noch eingehender zu sprechen kommen.

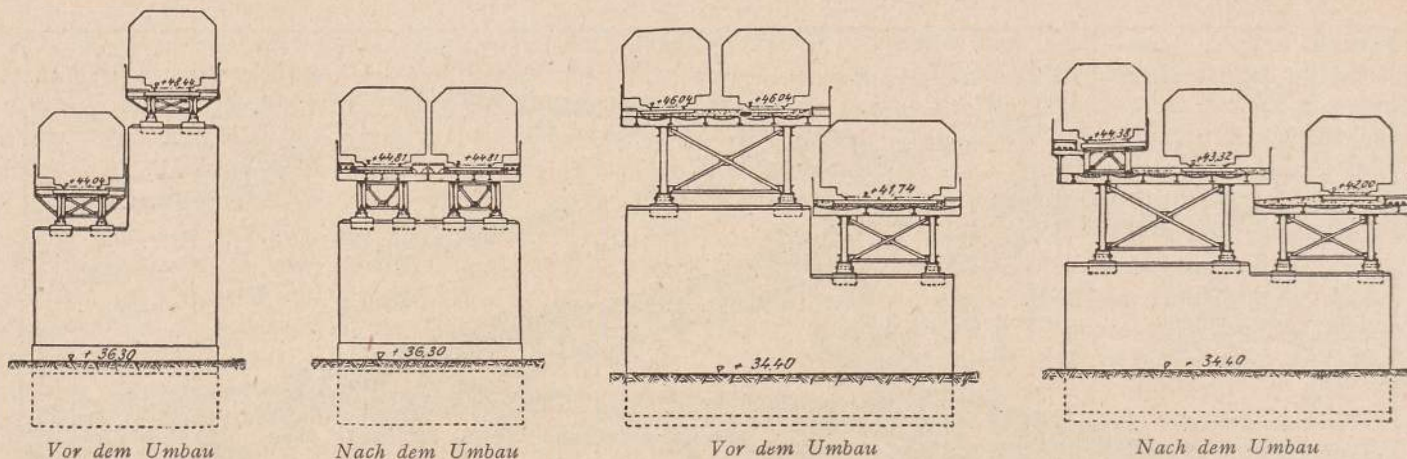


### 584. Das neue Gleisdreieck

An die Stelle der Streckenzusammenführung ist ein Kreuzungsbahnhof getreten; eine Vereinigung von Linien findet nicht mehr statt. Die vom Osten (Warschauer Brücke) herkommenden Züge fahren im oberen Bahnsteig ein, wo sie vorläufig enden, künftig aber zum Untergrundbahnhof Nollendorfplatz weitergeführt werden sollen. Die vom Westen (Hochbahnhof Nollendorfplatz) und von der Innenstadt (Potsdamer Platz,

bis vor kurzem Leipziger Platz genannt) herkommenden Züge laufen in den unteren Bahnsteig ein, der im rechten Winkel zu dem oberen liegt. Der Übergang von einer Strecke zur anderen geschieht durch Umsteigen. Es besteht nach wie vor eine Gleisverbindung zwischen der Ost- und der West-Stadt-Strecke durch zwei Rampen, die aber nur zur Überführung von Betriebsmitteln dienen. Ihr Vorhandensein rechtfertigt noch heute die Bezeichnung Gleisdreieck für diesen Verkehrspunkt.





### 585. Gleisumlagerungen beim Umbau des Gleisdreiecks

Die Verwandlung der Linienzusammenführung in einen Kreuzungsbahnhof mit getrennt liegenden Strecken erforderte zahlreiche Veränderungen der Höhen, in denen die Schienen ursprünglich lagen. Unser Bild zeigt zwei Beispiele. Die Verlegung der riesigen Gitterträger, auf denen die Geleise ruhten, mußte unter Aufrechterhaltung des Betriebs durchgeführt werden. Die Arbeiten sind ohne Unfall vollendet worden.

Die Boß- und Mohrenstraße waren darauf verhältnismäßig leicht zu durchfahren. Vom Gendarmenmarkt zum Hausvogteiplatz aber gelangte man nur wieder unter Anschneldung eines Hauses. Dann mußte durch die Niederwallstraße, eine der schmalsten Straßen Berlins, gegangen werden. Der Tunnel ist hier fast so breit wie der Abstand zwischen den Häuserfundamenten, und es erschien nahezu unmöglich, hier durchzukommen. Nur das Vertrauen auf das Können Lauters, der einen Erfolg versprach, ließ die Hochbahngesellschaft das Wagnis unternehmen. Die Tunnelwände wurden mit besonders starken und dicht gestellten eisernen Pfosten ausgerüstet, damit sie dem Druck der Häuserfundamente widerstehen konnten. Nach Durchführung schwerster Kämpfe mit den Mächten der Unterwelt sah man sich dann endlich auf dem Spittelmarkt.

Die Mühen und die ganz ungewöhnlich hohen Kosten waren, obgleich man die günstigste Bahnführung nicht erreicht hatte, dennoch nicht umsonst aufgewendet worden. Der Verkehr wuchs in lebhaftester Weise an. Insbesondere wurde die Bahn in unerwartet starkem Maß zu Fahrten zwischen dem Stadtinnern und dem Westen benutzt, während die Oststrecke eine weit langsamere Entwicklung zeigte. Im West-Stadtverkehr wurden in den ersten Jahren wenig mehr als 8 Millionen Fahrgäste jährlich befördert. 1912 aber war dieser Verkehr bereits auf annähernd 21 Millionen Personen im Jahr angewachsen. Dagegen hatte der Ostverkehr in der gleichen Zeit nur eine Zunahme von 14 auf 19 Millionen beförderter Personen gezeigt. Seit langem schon war es klar geworden, daß die Verkehrsbeziehung West-Stadt immer mehr eine überragende Bedeutung gewinnen würde. Es mußte daher mit allen Mitteln

dahin gestrebt werden, die Zugfolge auf dieser Linie möglichst zu verdichten. Dem stand aber ein Bauteil der Bahn entgegen, der im Anfang als der beste Verkehrsförderer erschienen war: das Gleisdreieck.

Über diese Verkettungsstelle flossen fortwährend Züge aus dem Osten in die West-Stadtlinie hinein. Es ist selbstverständlich, daß ihr Lauf die Zahl der Züge einschränkte, die vom Westen nach der Stadt und umgekehrt fahren konnten. Man mußte sich entschließen, hier eine grundsätzliche Wandlung eintreten zu lassen. Sie konnte nur durch eine gänzliche Abtrennung des West-Stadtverkehrs von der Ostlinie erreicht werden; das hieß mit anderen Worten: das Gleisdreieck war aufzulösen.

Bereits im Jahre 1907 hatte die Hochbahngesellschaft bei der Aufsichtsbehörde Pläne für die Umwandlung des Gleisdreiecks in einen zweistöckigen Kreuzungsbahnhof eingereicht. Daraus geht hervor, daß keineswegs der sehr bedauerliche Unfall, der sich im Herbst 1908 auf dem Gleisdreieck zutrug, den Anstoß zur Änderung der Bahnanlage an dieser Stelle gegeben hat. Damals rannte ein



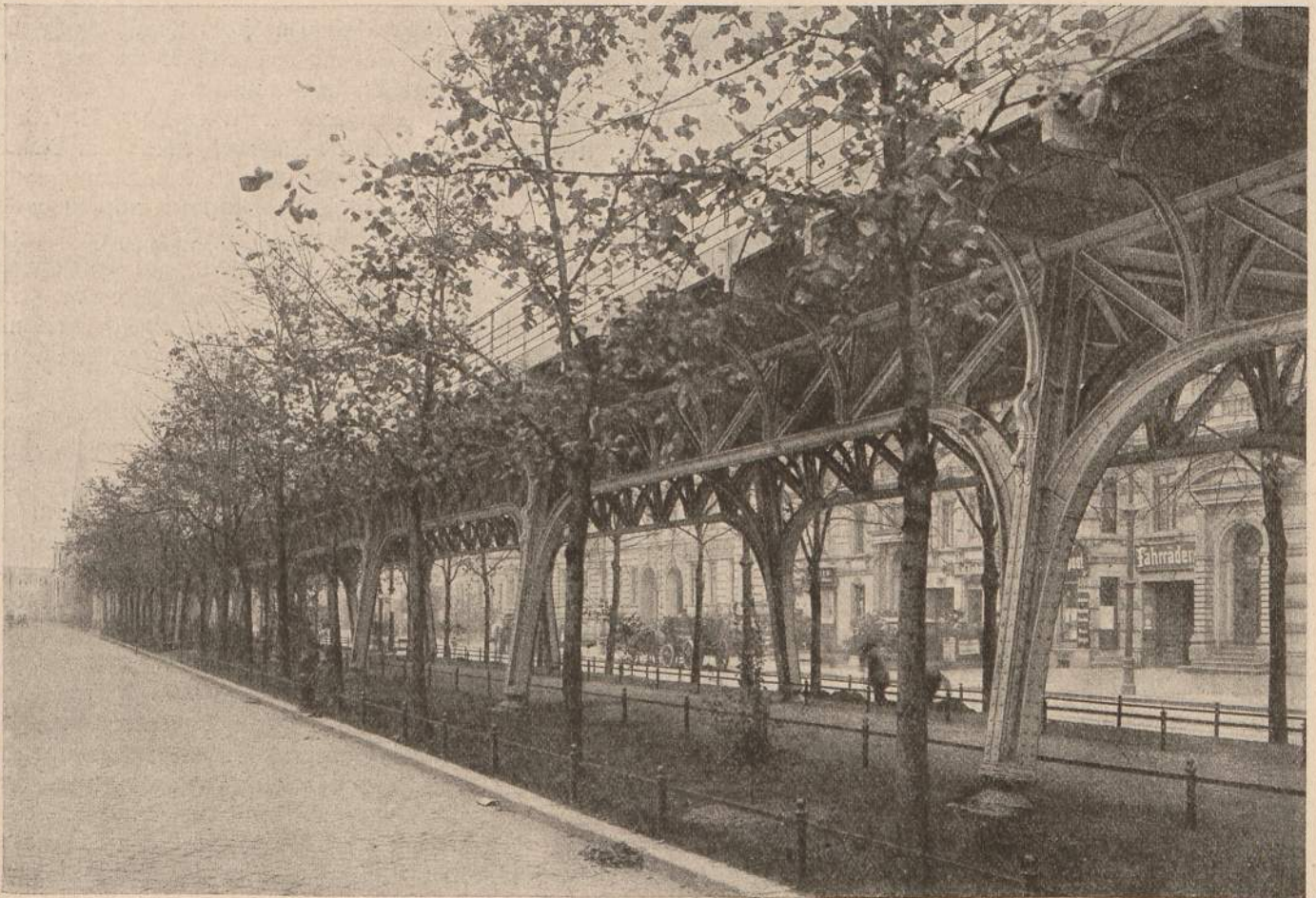
586. Ein Zusammenstoß mit der Vergangenheit  
Reste eines Turms der alten Berliner Stadtbefestigung, die beim Bau des Untergrundbahntunnels durch die Grunerstraße in der Nähe des Alexanderplatzes freigelegt wurden

Zug, der vom Potsdamer Platz nach dem Osten fuhr, einem anderen in die Flanke, der gleichzeitig vom Westen her nach dem Osten strebte. Die Zusammenführungsstelle der beiden Strecken war selbstverständlich durch Signale ausreichend gedeckt. Der Fahrer des aus der Stadt kommenden Zugs übersah jedoch das Haltssignal, und die Folge war, daß der von ihm gelenkte Zug einen Wagen des anderen von dem hohen Bahnkörper hinunterwarf. Die Wiederholung eines solchen Vorkommnisses hätte sich auch ohne Umbau für alle Zukunft verhindern lassen. Es wäre ausreichend gewesen, an den Signalmasten Einrichtungen





587. Hochbahn in der Gitschiner Straße (Ost-Strecke)



588. Hochbahn in der Bülowstraße (West-Strecke)





589. Hochbahn in der Schönhauser Allee (Nord-Strecke)

Phot. W. Leonard, Wilmersdorf

anzubringen, die eine selbsttätige Abbremsung jedes vorüberfahrenden Zugs bei Haltstellung des Signalflügels bewirkten.

Als Gefahrstelle also konnte das Gleisdreieck nicht gelten, wenngleich man Zusammenführungen von Linien auf freier Strecke nach heutigen Grundsätzen stets vermeiden wird. Wohl aber rächte es sich, daß man den Berlinern, die durch ihre überreichlich verkettete Straßenbahn verwöhnt waren, allzusehr entgegengekommen war, indem man auch die Schnellbahnlinien verkettete. Man hatte geglaubt, daß die Berliner an das Umsteigen nicht zu gewöhnen sein würden. Gegenüber den schroffen Forderungen der einseitigen Verkehrsentwicklung auf den über das Gleisdreieck führenden Linien mußte die Liebesswürdigkeit jedoch zurücktreten. Es hieß, mit kurzem Schlag die Verkettung zu sprengen und das Umsteigen zwischen Linien verschiedener Richtung als unumgänglichen Grundsatz auch in den Berliner Schnellverkehr einzufügen.

Aus dem Gleisdreieck wurde nun ein Gleiskreuz (Bild 584). Die beiden senkrecht aufeinander stehenden Balken dieses Kreuzes werden gebildet aus der unten liegenden West-Stadt-Linie und der quer darüber gelegten Oststrecke. Die Geleise

dieser Linie führen jetzt so hoch über die anderen hin, daß die Zugfahrten völlig unabhängig voneinander stattfinden können. Auf dem Verzweigungsgelände, das früher nur der Durchfahrt diente, wurde ein Bahnhof mit zwei übereinander liegenden rechtwinklig gekreuzten Bahnsteigen angelegt. Die verbindenden Treppenläufe in diesem Turmbahnhof ermöglichen das Umsteigen.

Es ist selbstverständlich, daß zur Herbeiführung der neuen Gleislagen ein Umbau größerer Art notwendig war. Seine Ausführung wurde aufs äußerste dadurch erschwert, daß während der ganzen Bauzeit der Verkehr über das Gleisdreieck hinweg nicht eingestellt werden durfte. Im Mai 1912 wurde der Umbau begonnen; nach sieben Monaten war er beendet. Am Abend des letzten Tags mit Verkettungsverkehr fuhren die Züge noch über das Dreieck, am nächsten Morgen schon lief der erste Ostzug in den neuen oberen Kopfbahnhof ein. In einer einzigen Nacht hatte man zwei überquerende Geleise fortgeschafft und das neue Verbindungsstück eingelegt. Eine sehr große Anzahl von Gleishebungen und Senkungen hatte vor dem ausgeführt werden müssen. Die Höhenumlagerungen, die Bild 585 zeigt, sind nur zwei Beispiele für viele. Der Bauleiter, Baurat Bouffet, dem es gelang, die gesamte Umgestaltung in so kurzer Zeit ohne jeden Unfall durchzuführen, hat mit diesem Werk eine ausgezeichnete Leistung vollbracht.

Der nach Auflösung der Verkettung eingerichtete Bahnhof erhielt den Namen Gleisdreieck. Das ist keine Namengebung nach dem Vorbild *lucus a non lucendo*, denn Bild 584 zeigt, daß eine Dreiecksausbildung trotz des neu geschaffenen Kreuzes immer noch vorhanden ist. Zwei

Schenkel des Dreiecks sind jedoch heute Geleise, die nur zur Überführung von Betriebsmitteln, nicht aber dem regelmäßigen Verkehr dienen.

Es ist den leitenden Männern der an der Berliner Schnellbahnunternehmung beteiligten Gesellschaften nicht hoch genug anzurechnen, daß sie die sehr hohen geldlichen Aufwendungen und die außerordentlichen Mühen nicht gescheut haben, um eine rechtzeitige Aufhebung der Linienverkettung herbeizuführen. Hätten sie nur immer an die Gegenwart gedacht und nicht die Großzügigkeit besessen, für die Zukunft vorzubauen, so wäre in dem letzten Jahr vor Ausbruch des Kriegs eine glatte Abwicklung des Verkehrs über die Schnellbahn nicht mehr möglich gewesen.

Das Netz hatte sich noch vor dem Umbau durch die Anlegung eines von der Gemeinde Schöneberg ausgeführten selbständigen Schnellbahnstücks vergrößert. Es führt vom Süden der Vorortgemeinde über den Bayerischen Platz, einen wichtigen Verkehrspunkt des Außenwestens, zum Mollendorfsplatz, wo es vorläufig noch in einer eigenen unterirdischen Haltestelle endet. Diese wurde durch eine recht verwickelte Rampen- und Treppenanlage mit dem Hochbahnhof



Nollendorfplatz in Verbindung gebracht. Nur die arge politische Zersplitterung Groß-Berlins, die bis zum Jahre 1920 bestanden hat, läßt es begreiflich erscheinen, daß ein solches gänzlich aus dem Gesamtrahmen herausfallendes Bahnstück entstehen konnte. Schöneberg, das etwas auf sich gab, mußte eben auch seine Untergrundbahn haben. Sie wird erst später kunstvoll, trotzdem aber immer noch nicht sehr glücklich, der Gesamtheit angegliedert werden. Der Betrieb wird vom Eröffnungstag an von der Hochbahngesellschaft geführt.

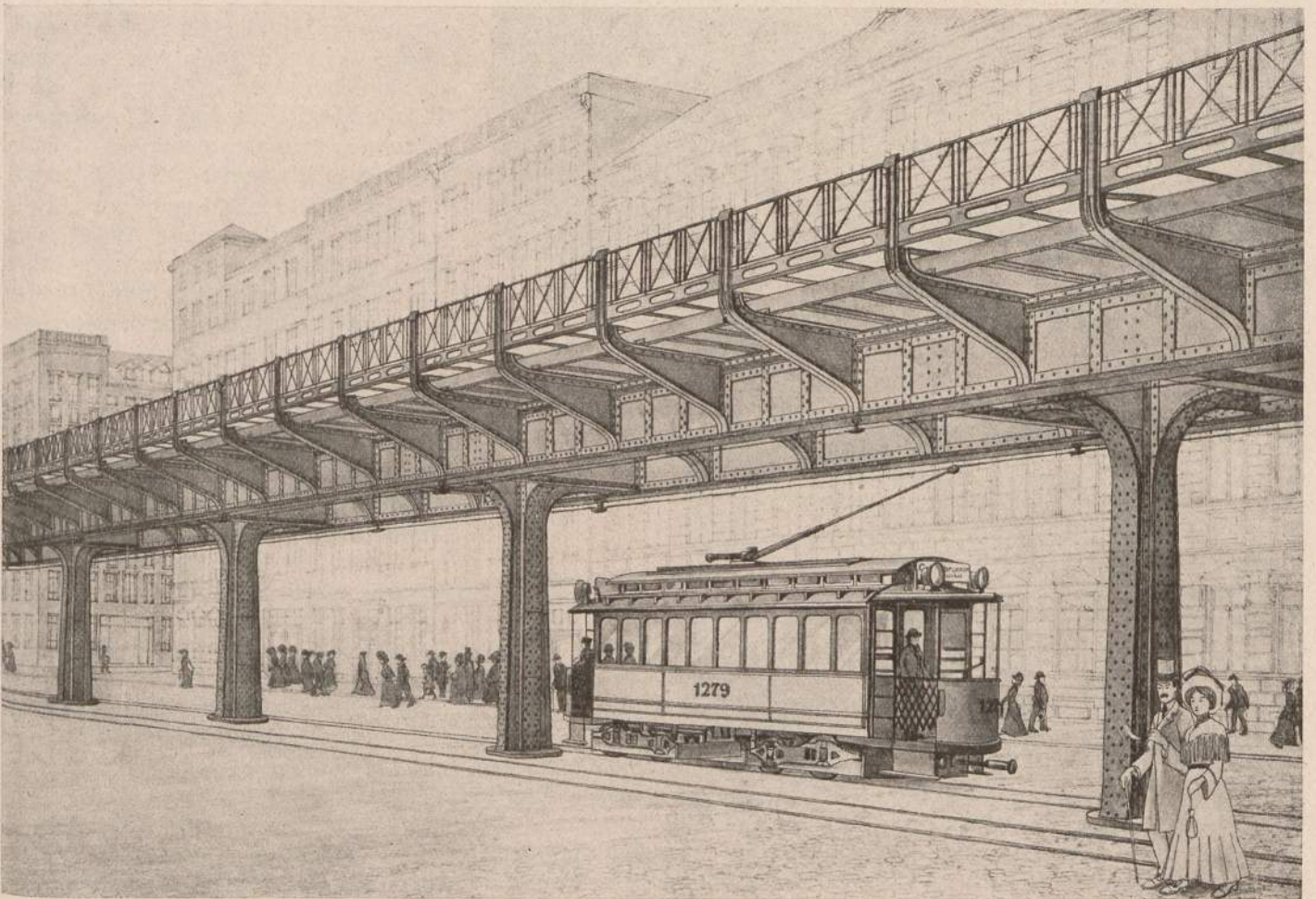
Das Jahr 1913 brachte überaus wichtige, sinnvolle Erweiterungen des Berliner Schnellbahnnetzes. Vom Spittelmarkt, der in der Mitte des Hauptverkehrsgebiets liegt und daher nur vorübergehend Endpunkt sein konnte, drang die Bahn zunächst zum Alexanderplatz und alsdann durch die Schönhauser Allee bis zur Grenze von Pankow im hohen Norden vor. Von nun an erst war die Hauptstrecke eine Durchmesserlinie, die, wie wir wissen, verkehrlich am stärksten wirkt. Sehr bald hinter dem Bahnhof Spittelmarkt mußte die Spree gekreuzt werden. Man dachte zunächst daran, eine Brücke zu bauen, wie es bereits einmal im Osten geschehen war, entschloß sich schließlich aber doch zur Ausführung eines Unterwassertunnels, dessen eigentümliche Bauweise wir noch zu besprechen haben werden.

Auf dem Weg von der Spree bis zum Alexanderplatz war das älteste Berlin in vielen engen Windungen zu durchfahren. Man stieß bei den Ausschachtungsarbeiten auf Reste der ältesten Stadtbefestigung. Die Baukosten wuchsen in diesem Bezirk zu schwindelnder Höhe an; das Kilometer

verschlang mehr als 11 Millionen Mark. Nachdem das Randgebiet der Innenstadt erreicht war, ließ man die Bahn aus dem Boden hinaus über die Straßenebene aufsteigen. Die Schönhauser Allee ist mit einer Hochbahn ausgerüstet. Diese billigere Bauart mußte gewählt werden, weil der Außenbezirk mit seiner geringeren Verkehrskraft die sehr hohen Ausgaben für die Tunnelführung nicht gerechtfertigt hätte. Kostete doch in Berlin, nach Vorkriegspreisen, das Kilometer Untergrundbahn durchschnittlich 5,9 Millionen Mark, während das Kilometer Hochbahn bereits für 2,6 Millionen Mark herzustellen war.

Mit der Formgebung für das Eisenbauwerk in der Schönhauser Allee wurde ein ausgezeichneter Künstler, Professor Grenander, beauftragt, der hier Vortreffliches geleistet hat. Vergleicht man sein Werk mit den älteren Berliner Hochbahnbauten, denen in der Skalitzer, Gitschiner und Bülowstraße, so sieht man einen lebhaften Fortschritt in ästhetischer Beziehung. Die Ost-Hochbahn ist fast ausschließlich nach technischen Gesichtspunkten errichtet. An die künstlerische Wirkung dachte man damals noch wenig. Die senkrecht stehenden Pfeiler lassen die eigentliche Fahrbahn schmaler und engerbrüstiger erscheinen, als sie ist. Der Blick unter der langen Eisentafel hinweg erfrischt das Auge keineswegs; der Bau sieht kalt und nüchtern aus.

Aber schon als man nach dem Überschreiten des Geländes der Potsdamer Fernbahn den Westen der Stadt erreichte, besann man sich eines Besseren. Schräge Stellung der Pfosten über dem benutzten Promenadenweg ergab eine geringere Einschränkung dieses Pfads und zugleich eine schönere



590. Einstielige Hochbahn in der Badstraße (Entwurf für die unvollendete UEG-Bahn)



Linie für den Gesamtbau. Die Untergurtungen wurden durch bogenförmige Ausbuchtung gefälliger gestaltet, man betonte die Straßenkreuzungen durch Sandsteinpfeiler und wendete auch der Durchbildung der Bahnhöfe größere Aufmerksamkeit zu.

In der Schönhauser Allee ist das immer noch etwas wirre Durcheinander der einzelnen Tragbalken, wie man es in der Bülowstraße findet, zu großflächigen Tragwänden zusammengefügt. Die stützenden Bogen wurden von Greinander mit feinstem Gefühl zu einer noch schöneren Rundung durchgebildet, und die aufgesetzten Bahnhöfe mit einfachsten Mitteln, ohne jedes äußerlich schmückende Beiwerk, in durchaus künstlerischer Weise so ausgestaltet, daß sie sich dem Ganzen harmonisch einfügen.

Eine andere Form des Stützwerks ist bei der AEG-Bahn in ihrem nördlichsten Teil angewendet worden. Dort ruht die Fahrplanntafel nicht mehr auf Doppelpfeilern, sondern auf Mittelpfeilern. Man hat durch diese Vereinfachung des Tragwerks erreicht, daß eine Verdunklung der überdeckten Mittelpromenade fast gar nicht mehr stattfindet. Das Licht fällt von beiden Seiten mit so geringer Behinderung ein,

Schmargendorf harret. Ein zweiter längerer Arm aber richtet sich über Wilmersdorf hinaus bis in die fernen Gefilde der früheren staatlichen Domäne Dahlem. Die Stadtstrecke erhält seitdem in der Haltestelle Wittenbergplatz einen so kräftigen Zustrom von Reisenden, daß selbst die stärkste Verdichtung der Zugfolge in der Innenstadt lohnend ist.

Der über das dicht bebaute Wilmersdorf bis in die Ackerfelder von Dahlem hinausführende Zweig ist wiederum eine Aufschließungsbahn. Die Domänenverwaltung, deren Besitzstand inzwischen auf die neue große Stadtgemeinde Berlin übergegangen ist, übernahm der Hochbahngesellschaft gegenüber die Verpflichtung, eine angemessene Verzinsung der Bahnanlage zu sichern. Sie gewann hierdurch eine außerordentlich gute Verbindung ihrer baureifen Ländereien mit dem Stadttinnern, so daß Siedlungslustige in kräftigster Weise und immer größerer Zahl nach Dahlem hinausgelockt werden.

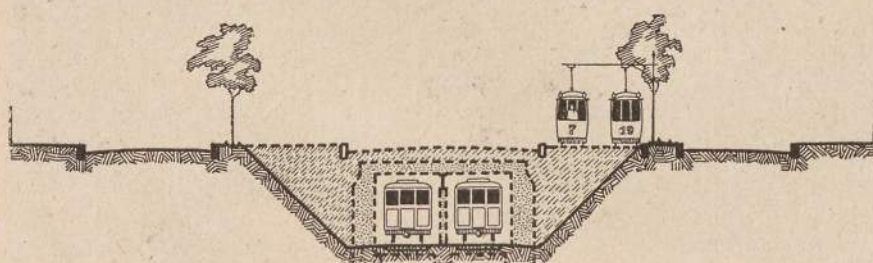
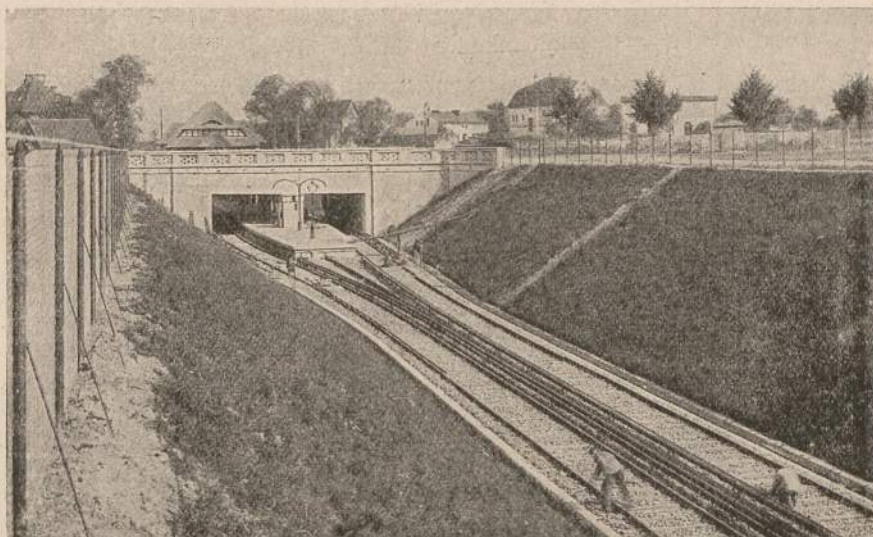
Eine Verringerung der Baukosten wollte man in diesem Außenbezirk nicht durch Anlage einer Hochbahn erreichen, sondern griff zu dem neuen Hilfsmittel der Einschnittbahn. Da die Hauptstraßen zugleich mit der Bahn angelegt werden

konnten, war man in der Lage, sehr beträchtliche Breiten für sie zu wählen. Es blieb Raum, inmitten des Fahrdamms einen breiten Einschnitt mit schrägen Böschungen offen zu lassen. Auf dessen Boden wurden die Geleise verlegt, die Querstraßen in Brückenform hinübergeführt. Sollte später einmal der Verkehr in Dahlem so hoch ansteigen, daß auch der Mittelteil der Hauptstraße für seine Bewältigung benutzt werden muß, so kann der Einschnitt nachträglich durch Errichtung von senkrechten Seitenwänden und eine darüber gelegte Decke geschlossen werden. Die offen geführte Einschnittbahn würde sich dann in eine richtige Untergrundstrecke verwandeln.

Kurze Zeit vor Ausbruch des Kriegs wurde der Neubau dreier Schnellbahnlinien in Angriff genommen, von denen zwei die Stadt vom Norden nach Südosten in weiter Erstreckung durchmessen, die dritte nur eine geringe Länge hat. Trotzdem wird diese letzte Linie nach ihrer Fertigstellung kaum eine geringere Verkehrsbedeutung besitzen als die anderen Neuanlagen.

Die von der Stadt Berlin erbaute Nord-Süd-Bahn führt durch den hochbedeutenden Verkehrsweg, der von der Müller-, Chaussee- und Friedrichstraße gebildet wird, vom hohen Norden bis zum Halleschen Tor und von dort bis zur

Eisenaustraße, wo eine Gabelung nach Tempelhof und dem von der arbeitenden Bevölkerung dicht besiedelten Vorort Neukölln vorgesehen ist. Die AEG-Bahn nimmt gleichfalls im Norden ihren Anfang. Sie trifft auf dem Hermannplatz in Neukölln mit der verlängerten Nord-Süd-Bahn zusammen. In der Stadtmitte fährt sie in der Nähe des als Verkehrspunkt höchst wichtigen Alexanderplatzes und an der Jannowitzbrücke vorbei. Beide Strecken unterfahren die Spree, so daß diese unter ihrem Bett nun bereits vier Tunnel birgt, wenn man die älteste, Straßenbahnzwecken



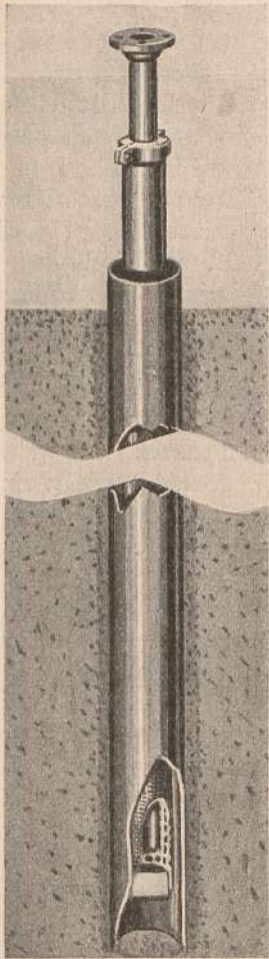
591. Einschnitt-Bahn in Dahlem

mit Straßenbrücke. Das untere Bild zeigt, wie die jetzt freiliegende Strecke zu einer Untergrundbahn umgewandelt werden kann, sobald der gesteigerte Straßenverkehr dies erfordert

daß der Pflanzenwuchs auf dem Mittelweg gut fortzukommen vermag, während die Gitschiner und Skäliger Straße fast gänzlich ihres Grüns beraubt sind.

Im Jahre 1913 wurden ferner die Zubringerlinien des Westens dem Netz angegliedert. Die Haltestelle Wittenbergplatz, die bis dahin nur ein einfacher Durchgangsbahnhof war, wuchs sich zu einem Hauptknotenpunkt für die große West-Stadt-Linie aus. Eine Verzweigung wurde nach dem Kurfürstendamm bis zur Ecke der Uhlandstraße geführt, wo sie der Weiterführung nach Halensee und





592. Einzelner Rohrbrunnen

mit dem Futterrohr, das später entfernt wird; darin hängend das am unteren Ende durchlöchernte Schöpfrohr und das dünnere Saugrohr

dienende Anlage zwischen Stralau und Treptow mitrechnet.

Als Verstärkungstrecke wird die dritte der neuen Linien bezeichnet. Ihre Länge beträgt nur 2,2 Kilometer, aber ihre Wirkung dürfte trotzdem groß sein, weil sie drei ältere Strecken, die jetzt an ungünstigster Stelle jäh enden, zusammenfassen und zu großen Durchgangslinien weiterbilden wird. Die Verstärkungstrecke setzt im Untergrund des Rollendorfs an und zwar dort, wo die Schöneberger Strecke augenblicklich endet. An diesen Punkt wird auch der Zweig Uhlandstraße—Wittenbergplatz durch zwei neue Geleise unter der Kleiststraße herangeführt. Züge, die von diesen beiden Bahnen kommen, werden auf gemeinschaftlichem Gleis weiterlaufen können. Kurz hinter der Potsdamer Straße steigt dieses Gemeinschaftsgleis in einer mitten in einem Häuserblock gelegenen Rampe zur Hochbahnhöhe auf und erreicht den vorläufigen Endpunkt der Oststrecke in dem hochliegenden Teil des Bahnhofes Gleisdreieck.

Es ist nicht zu verkennen, daß hier wieder eine Verkettung entsteht. Sie soll jedoch nur vorübergehend benutzt werden. Denn für die Schöneberger Züge wird sogleich noch ein zweites Gleispaar angelegt, das vom unterirdischen Bahnhof Rollendorfsplatz

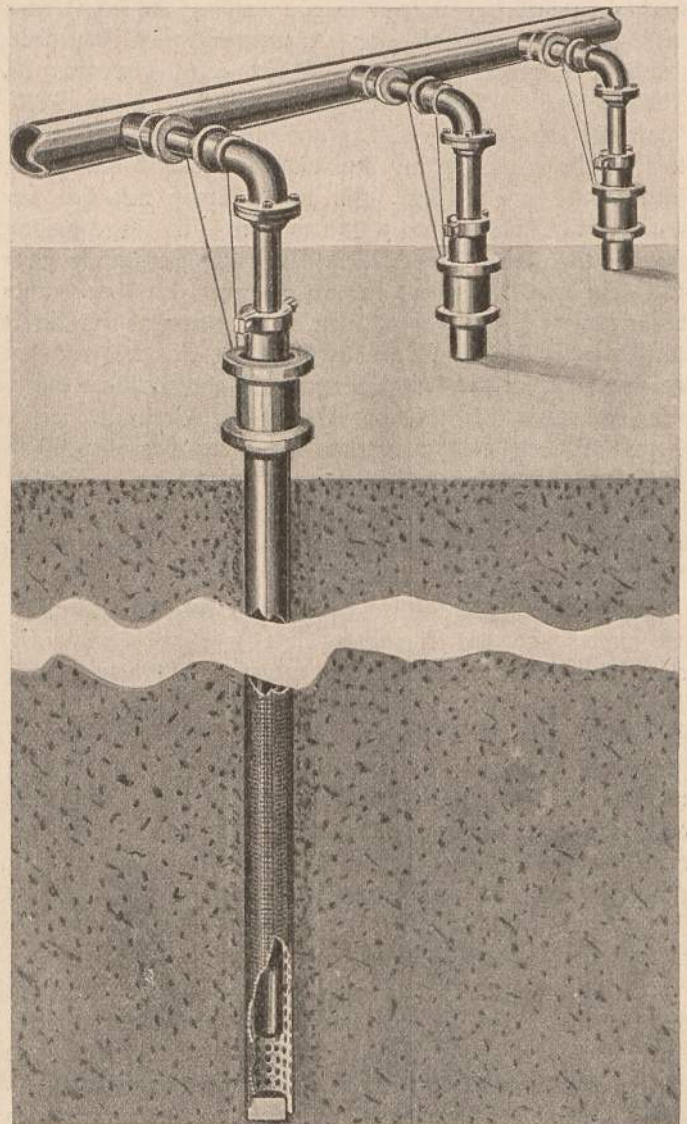
her zunächst bis zum Magdeburger Platz geführt ist und später wahrscheinlich bis zum Stettiner Bahnhof verlängert werden wird. Durch die Schwierigkeiten, welche der Krieg und die Nachkriegszeit gebracht haben, ist die Fertigstellung der AEG-Bahn und der Verstärkungstrecke in bedauerlicher Weise verzögert worden. Von der AEG-Bahn sind beträchtliche Abschnitte im Norden sowie in der Nähe der Jannowigbrücke und auch die Untertunnelung der Spree bereits fertiggestellt; sie bleiben vorläufig tot liegen.

Fest geplant und genehmigt, baulich aber noch nicht in Angriff genommen ist eine Schnellbahnlinie, die vom Alexanderplatz her nach dem Osten, nämlich durch die Frankfurter Allee nach Lichtenberg führen soll. Sie wird eine Gabelung der alten West-Stadt-Linie, Reichskanzlerplatz—Zoologischer Garten—Potsdamer Platz—Alexanderplatz—Schönhauser Allee, bilden.

Aus Gründen, die noch zu besprechen sind, findet die Abzweigung der Züge für die neue Strecke bereits in dem verkehrlich recht unbedeutenden Bahnhof Klosterstraße statt. Als selbständige Linien treffen die beiden Zweige dann noch einmal unter dem Alexanderplatz in verschiedenen Höhenlagen zusammen, um sich dann erst endgültig zu trennen.

In der Planung weit vorgeschritten ist ferner eine west-östlich gerichtete Linie Moabit—Lehrter Bahnhof—Potsdamer Platz—Görlitzer Bahnhof—Treptow. Sie wird die Leipziger Straße fast in ihrer ganzen Länge unterfahren. Für spätere Zeiten ist die Führung einer Linie vorgesehen, welche die vom Kurfürstendamm, Ecke Uhlandstraße herkommenden Züge vom Bahnhof Wittenbergplatz aus durch die Nettelbeckstraße und über den Lützowplatz nach Weißensee führen soll, so daß dann nur noch ein Teil dieser Züge über den unterirdischen Bahnhof Rollendorfsplatz zum Gleisdreieck und dann nach dem Osten laufen wird. Die Führung dieser Bahn wird wahrscheinlich so abgeändert werden, daß sie das Brandenburger Tor und die Straße Unter den Linden unterfährt. Am alten Schloß vorbeigehend, wird sie dann durch die Königstraße den Alexanderplatz erreichen und dort zur Entstehung einer sehr bedeutenden unterirdischen Verkehrsanlage beitragen (Bild 632).

Endlich soll eine (auf Tafel XXIII nicht gezeichnete) Strecke den Wannseebahnhof am Potsdamer Platz mit dem Stettiner Bahnhof verbinden und so die Möglichkeit geben, daß die auf der Wannseebahn ankommenden, dann bereits elektrisch betriebenen Vorortzüge unmittelbar auf die nördlichen Vorort-



593. Eine Reihe von Saugbrunnen

die an ein gemeinsames wagerechtes Pumpenrohr angeschlossen sind. Die Futterrohre sind ausgezogen; die Schöpfrohre, über deren Öffnungen Drahtgaze gelegt ist, werden fest vom Boden umschlossen



bahnen nach Bernau und Dranienburg übergehen können. Hierdurch würde eine großartige Durchmesserslinie entstehen, die vom äußersten Westen des Berliner Verkehrsgebiets bis zum äußersten Norden reicht.

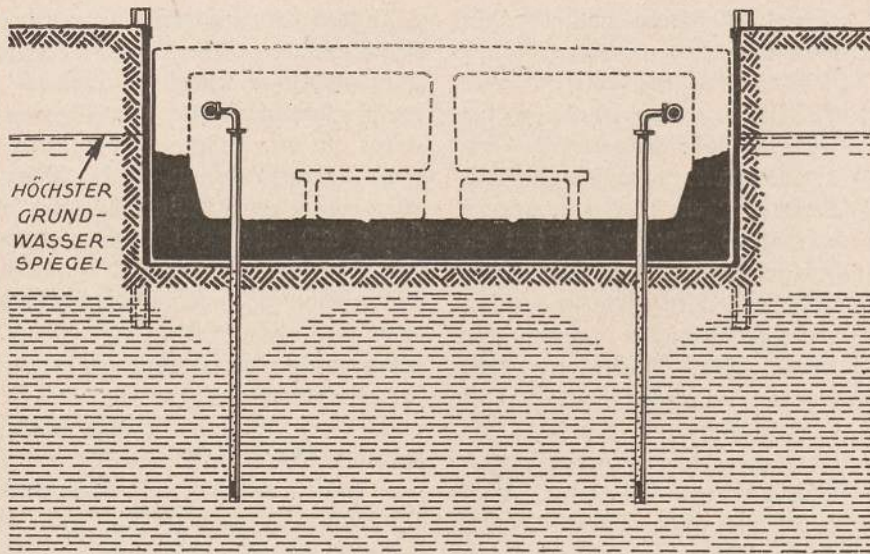
\*

Das Gesamtnetz der Berliner elektrischen Schnellbahnen hat heute bereits eine Länge von 46 Kilometern. Der weitere Ausbau hängt davon ab, ob die nötigen

Geldmittel nach dem Verlust des Kriegs zu beschaffen sein werden. Daß keine grundsätzlichen technischen Schwierigkeiten mehr auftreten, verdankt man der ausgezeichneten Ingenieurarbeit, die gerade auf diesem Gebiet geleistet worden ist. Insbesondere die Firma Siemens & Halske und die Gesellschaft für den Bau von Untergrundbahnen haben es in trefflichster Weise verstanden, den Schwimmsand des Berliner Untergrunds zu meistern. In dem Kampf mit den unheimlichen Mächten des Grundwassers sind sie endgültig Sieger geblieben. Ferner bildet selbst der gewaltigste Verkehr kein Hindernis mehr für die Führung von Untergrundbahnen durch Hauptstraßen. Den besten Beweis dafür liefert die Tatsache, daß die Nord-Süd-Bahn der Stadt Berlin den engen Kanal der Friedrichstraße in ihrer ganzen Länge durchzieht, während alle früheren Pläne eine Verlegung dieser Strecke in den gleichgerichteten Nebenweg der Charlottenstraße vorgesehen hatten. Es ist eben inzwischen eine Bauart für die Straßenabdeckung gefunden worden, die erlaubt, fast die gesamten Tunnelarbeiten vorzunehmen, während droben der Verkehr ungestört dahinzieht.

Wenn in einer der Straßen Berlins das Pflaster fortgenommen und das Ausheben einer Grube begonnen ist, wird meist schon in einer Tiefe von zwei bis drei Metern Wasser angetroffen. Man befindet sich dann an der Oberfläche eines ungeheuren Sees, der sich bis zu den Rändern der Stadt und noch weit darüber hinaus erstreckt. Bis in unerreichte Tiefen hinab ist der Sand von Feuchtigkeit durchzogen. Es besteht keine Möglichkeit, ohne weiteres auf diesem Grund zu bauen. Das Wasser muß zunächst für die Dauer der Einbauzeit durchaus von dem Streifen ferngehalten werden, der zur unterirdischen Bahnstrecke ausgestaltet werden soll.

Dies ist nun eine Aufgabe eigenster Art, denn es muß für die Einenkung des Tunnels eine trockene Baugrube inmitten eines Sees geschaffen werden, dessen Ausdehnung in der Wagerichten man nicht kennt, dessen Tiefe unergründlich ist. Die Nymphen des Grundwassersees stemmen ihre morastigen Hände den Bahnbauern entgegen. Daß es schließlich gelang, diese unangenehmen Damen mit recht einfachen Mitteln zu verjagen, ist ein Treppenwitz der technischen Geschichte, der infolge der versäumten Jahre Berlin noch für lange



594. Das besiegte Grundwasser

Absenkung des Grundwasser-Spiegels bis unter die tiefste Stelle der Baugrube mittels Rohrbrunnen

Zeit zum Nachhinken auf dem Schnellbahnweg zwingt.

Wenn innerhalb eines offenen Gewässers, eines Flusses oder eines Sees, ein Bauwerk, zum Beispiel ein Brückenpfeiler, aufgerichtet werden soll, dann macht man den Baubezirk wasserfrei, indem man ihn einspundet. Kräftige Bohlen werden in einer in sich zurückkehrenden Linie von geeigneter Form in den Boden gerammt; sie schließen wasserdicht, in dem sie mit

Nut und Feder ineinandergreifen, und sperren so die Wassermasse im Innern der Spundwand gegen das draußliegende Wasser ab. Mit Leichtigkeit läßt sich das eingeschlossene Wasser fort pumpen, da von außen her durch die dichten Bohlenwände nichts nachzudringen vermag; damit ist alsdann der Baugrund erreicht.

In gleicher Weise wie gegen das Tageswasser auch gegen das Grundwasser vorzugehen ist nicht möglich. Wie lang soll man die Spundpfähle wählen? In welcher Tiefe findet man die untere Begrenzung der den Boden durchziehenden Wassermassen? Das ist völlig unbekannt und könnte nur durch sehr kostspielige Bohrarbeiten aufgeklärt werden. Man wäre ohnmächtig gegenüber dieser unheimlichen Feuchtigkeit, wenn ihre finstere Behausung sich nicht grundsätzlich von den sonnenbeschienenen Becken der oberirdischen Wässer unterschiede. Der Bach, der Fluß, der See, sie sind die alleinigen Besitzer ihres Bezirks. Das Wasser bildet in ihrem Bett einen einheitlichen Körper. Das Grundwasser aber muß seinen Aufenthalt und Fließraum mit den Sandkörnern teilen, aus denen der Boden besteht. Die Bewegung des Wassers ist dadurch arg behindert. Es kann nicht, dem Gesetz der Schwere folgend, sofort überall dorthin laufen, wo durch Pumpen eine Senkung seines Spiegels verursacht wird.

Die Strömungsgeschwindigkeit des Grundwassers ist sehr stark verlangsamt. Hierauf gründet sich das recht eigenartige Grundwasser-Senkungsverfahren, das heute geeigneten Orts überall in der Tiefbautechnik verwendet wird.

Sobald man bei dem Aushub der Baugrube für die Untergrundbahn den nassen Sand erreicht hat, werden in diesen in bestimmten kurzen Abständen eiserne Rohre mit Hilfe geeigneter Bohrvorrichtungen eingelassen. In meist zwei langen Reihen stehen sie hintereinander im Boden, so weit die Erstreckung der durch den Grund zu führenden Bahnlinie reicht. In ihrem Inneren befindet sich, da die Bohrer den Sand entfernt haben, blankes Wasser. Darauf wird in jedes der niedergebrachten Futterrohre ein Schöpfrohr von etwas geringerem Durchmesser gesteckt, dessen untere Öffnung durch einen Pfropfen verschlossen, das aber an den Enden mit zahlreichen seitlichen Löchern versehen ist. Ein feines Sieb wird über diese Löcher gelegt, das nur Wasser, aber keinen Sand hindurchläßt. Als dritter Teil wird ein





Vom Bau der ältesten Tunnelstrecke: hölzerne Spundwände in der Tauenzienstraße. Im Hintergrund die Kaiser Wilhelm-Gedächtnis-Kirche



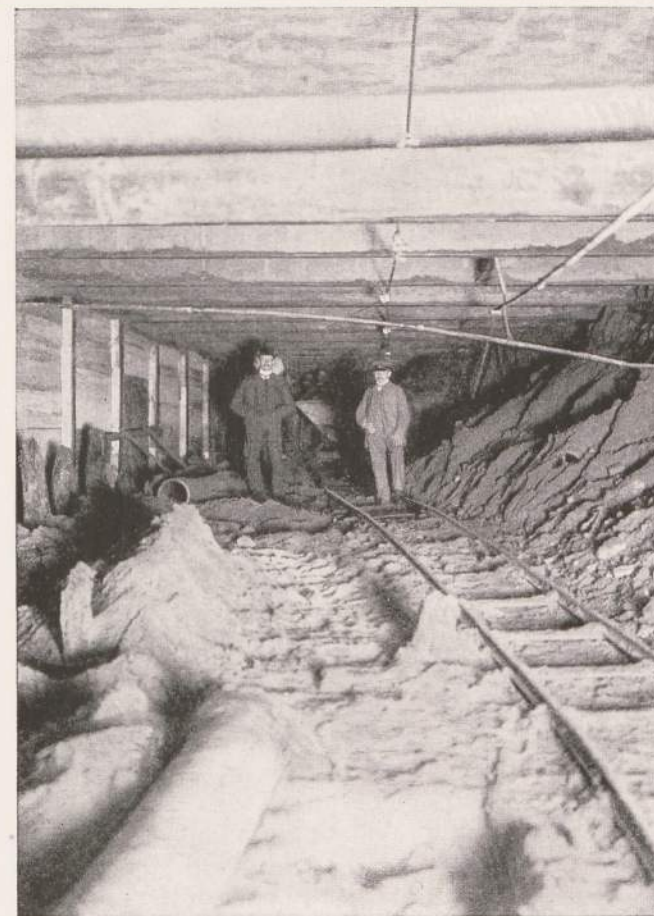
Einbau der Straßenabdeckung. Über solche Brücken geht, nachdem sie mit Bohlen belegt sind, der Straßenverkehr hinüber, während drunten ausgeschachtet wird



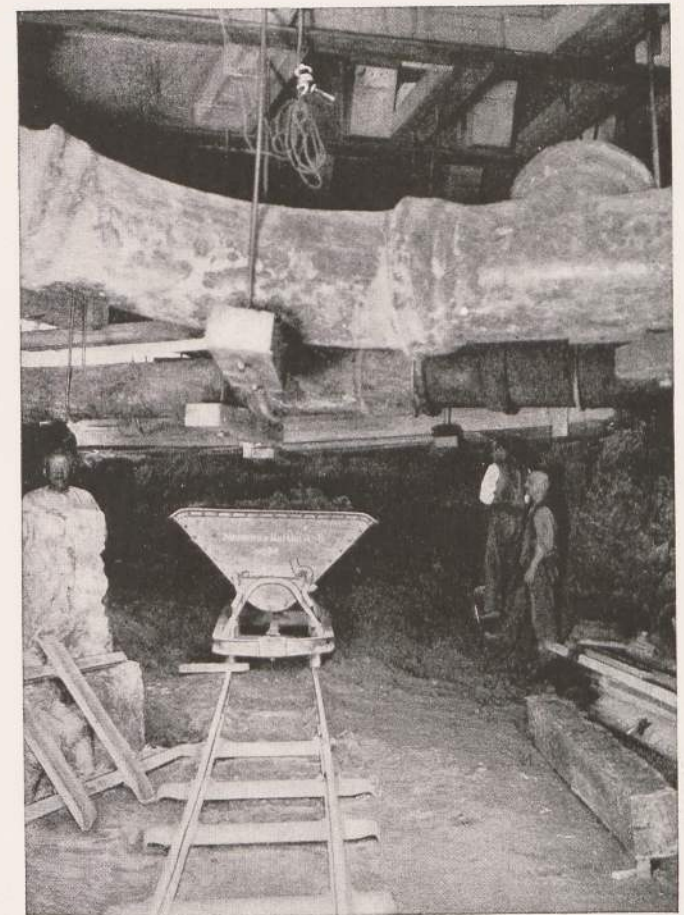
Einrammen von Doppel-T-Trägern zum Abstützen der künftigen Baugrube



Baugrubenwand, mit Schalbrettern ausgekleidet. Davor ein gefalteter Doppel-T-Träger, der beim Einrammen auf einen Granitblock geriet



Ausschachten der Baugrube unter der Straßenabdeckung



Ein Kanalisationsrohr, das die Baugrube kreuzt, ist an der Abdeckung aufgehängt, bis der Neubau an anderer Stelle vollendet ist

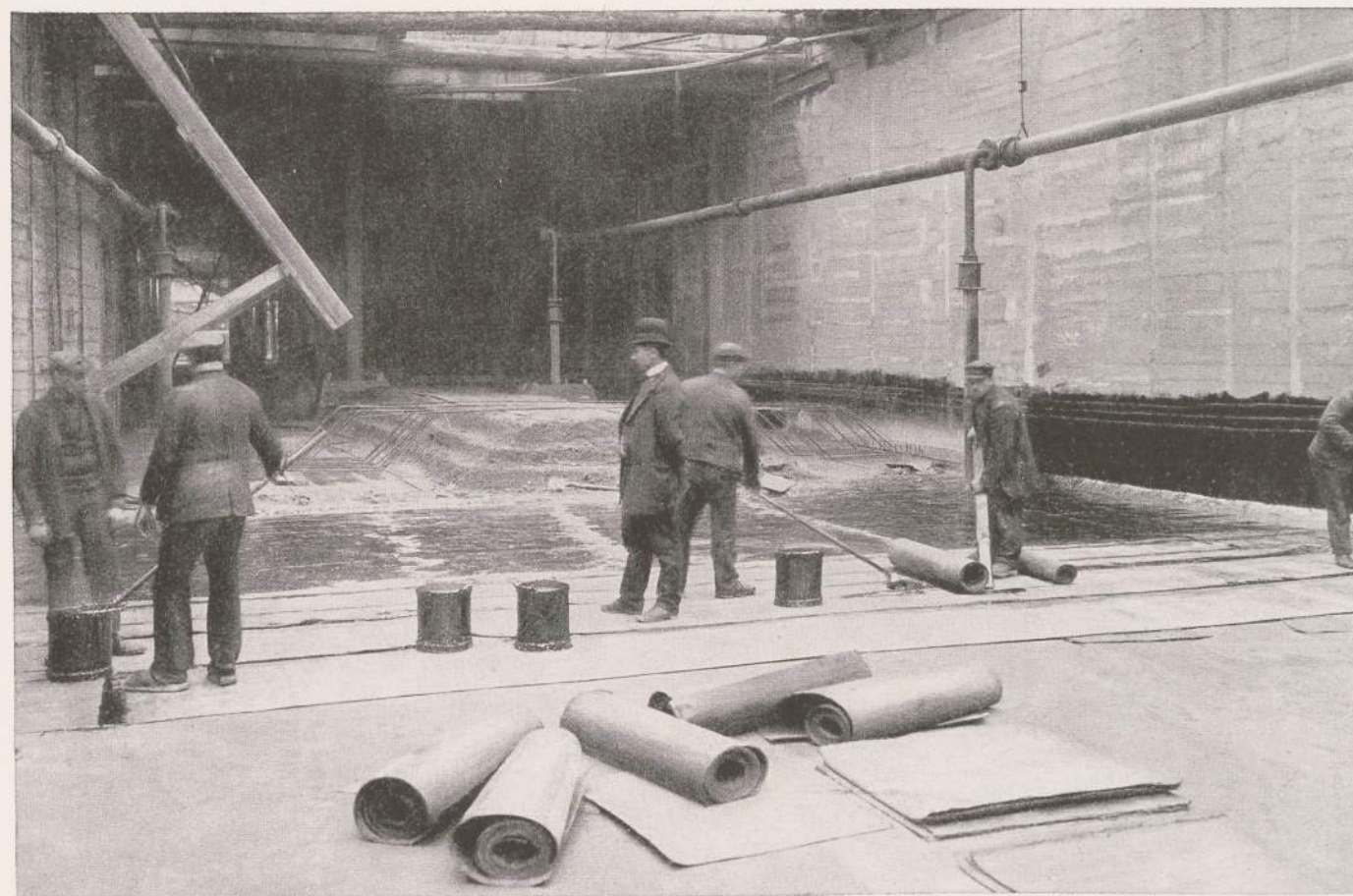
#### Der Bau von Schnellbahntunneln in Berlin I

Da der Boden, auf dem die Stadt Berlin erbaut ist, aus stark wasserhaltigem Schwimmsand besteht, so können Bauten in ihm nur unter Anwendung eines besonderen Verfahrens ausgeführt werden. (Zu den Seiten 368—372)





Blick auf eine abgegräbte Baugrube. Zwischen die Köpfe der Doppel-T-Träger sind Baumstämme gefügt



Aufbringen der Dichtungsschicht auf die Tunnelsohle. Die Pappstreifen werden nochmals mit Asphalt überstrichen. Die Schichtung im Hintergrund läßt die Dicke der künftigen Tunnelsohle erkennen



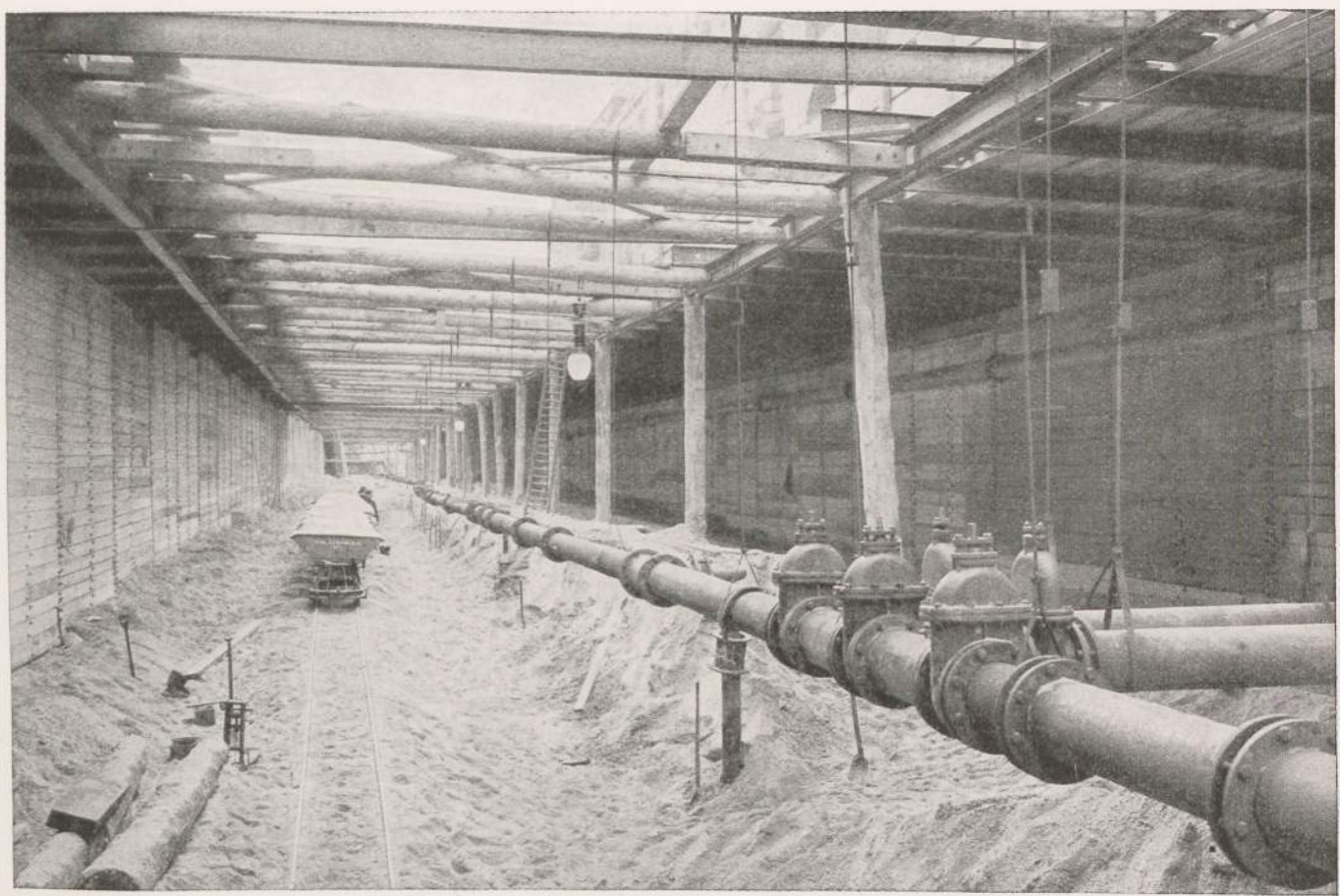
Fertige Tunnelsohle mit zweireihiger Wasserhaltungsanlage



Eiserne Stützen für eine Tunnelwand, die alsbald mit Beton umkleidet werden



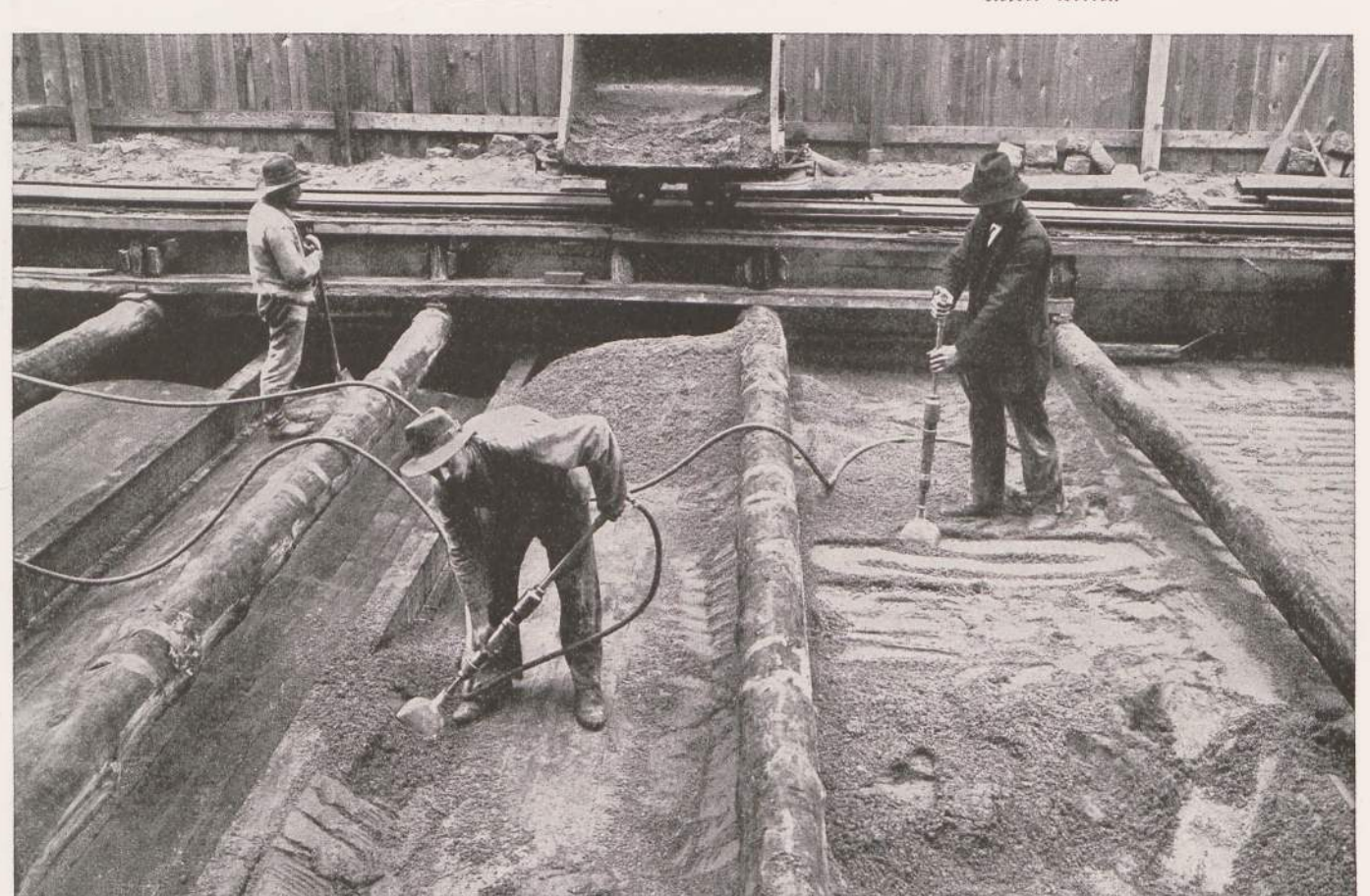
Aufbringen der Dichtungsschicht auf die Tunneldecke



Wasserhaltungsanlage. Wagerechte Hauptangröhre und senkrechte Brunnenrohre



Köpfe der Betonpfähle, auf denen der Tunnel im südlichen Teil der Friedrichstraße ruht. Siehe auch Bild 596



Einstampfen des Betons für die Tunneldecke mit Druckluftwerkzeugen



Blick in einen fertigen Tunnel mit Mittelstützen. An den Wänden sind die stromführenden Kabel aufgehängt

#### Der Bau von Schnellbahntunneln in Berlin II

Während der Herstellung einer Untergrundbahnstrecke ist es notwendig, das Grundwasser durch große Pumpeinrichtungen dauernd abgesenkt zu halten.

(Zu den Seiten 368—372)

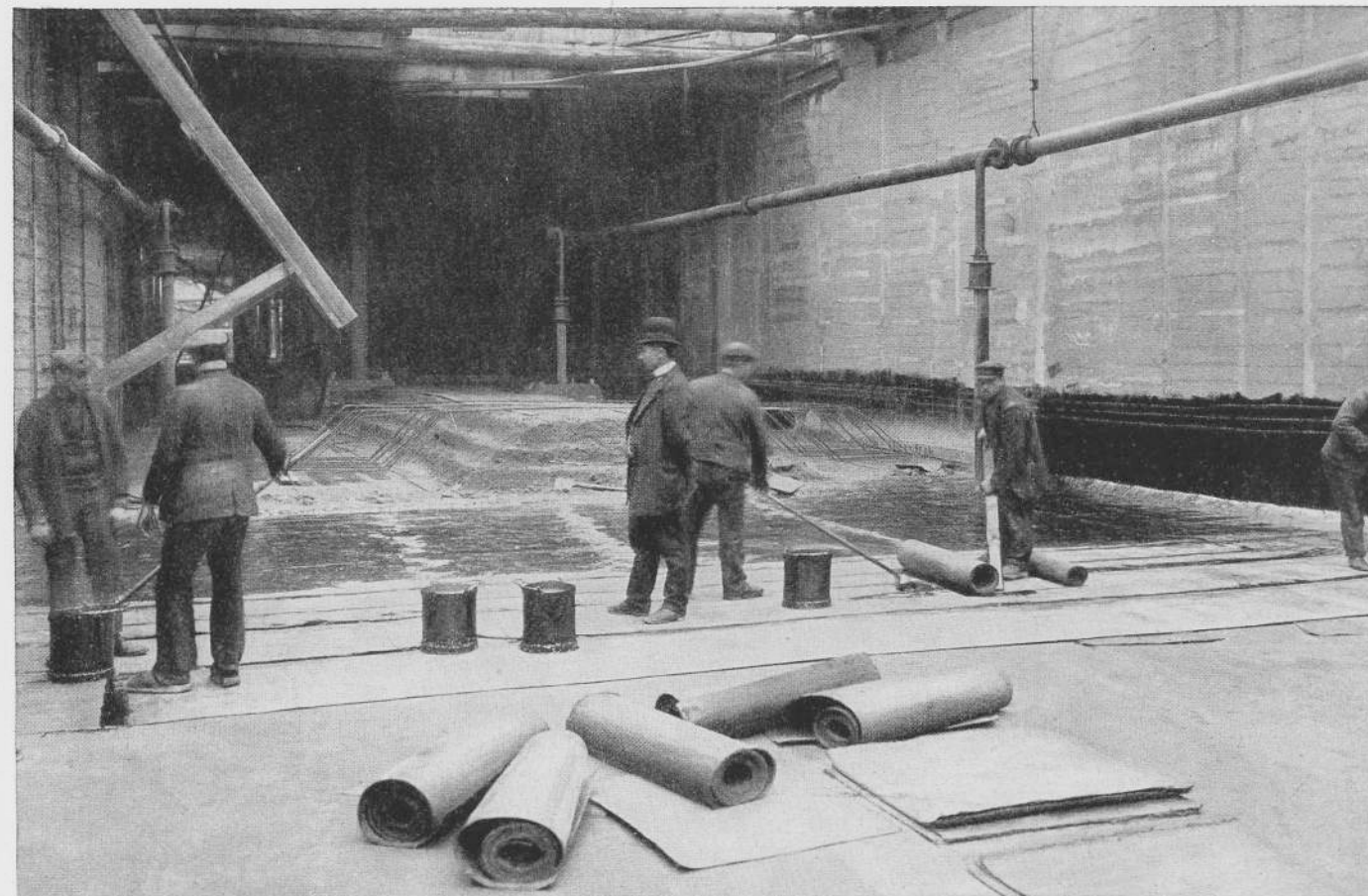
#### Der Bau von Schnellbahntunneln in Berlin III

Sohle, Wände und Decke des aus Beton gebildeten Tunnelrohrs müssen mit eisernen Verstärkungen versehen und mit einer wasserdichten Schutzschicht aus asphaltierter Pappe ausgekleidet werden. (Zu den Seiten 368—372)

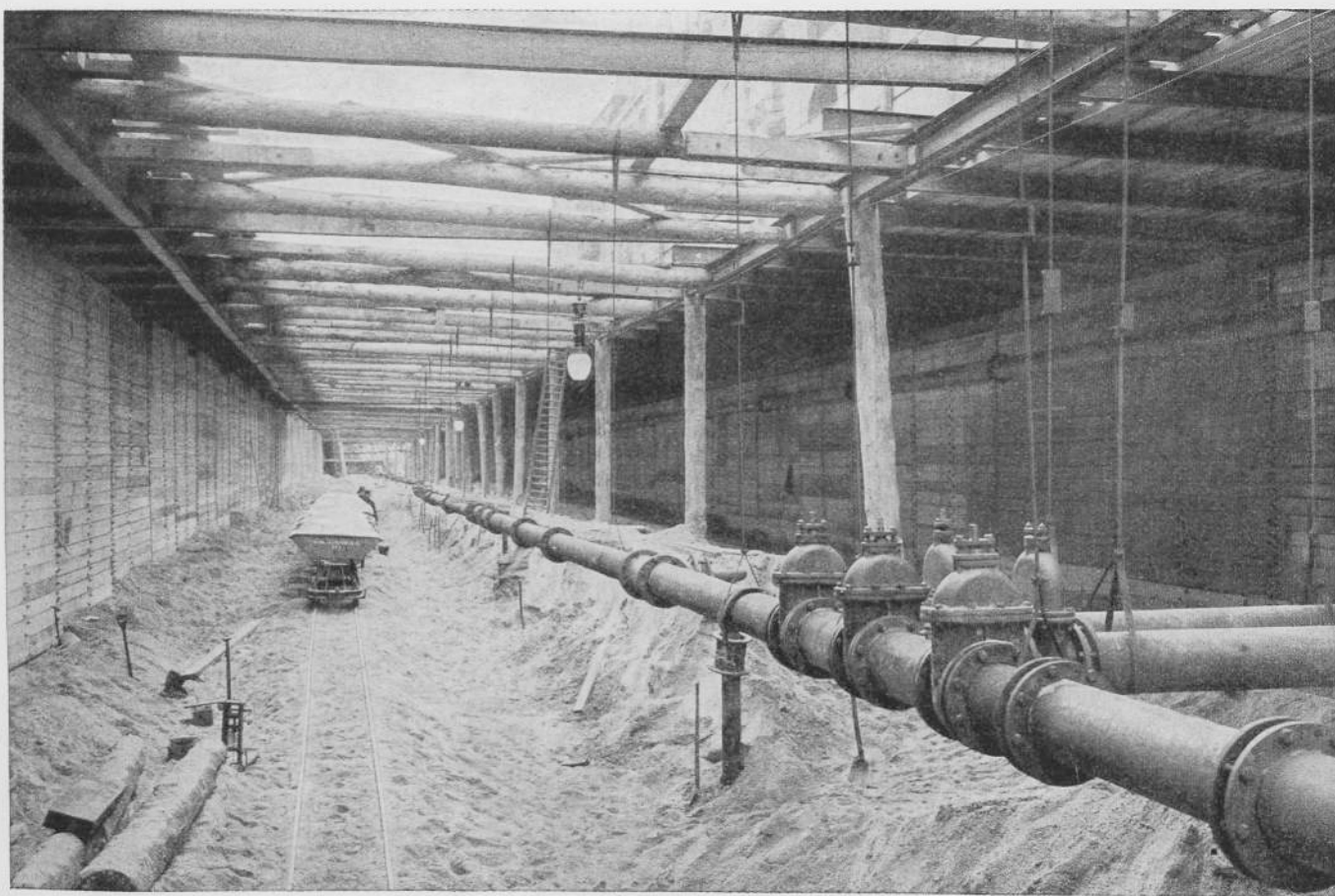




Blick auf eine abgesteifte Baugrube. Zwischen die Köpfe der Doppel-T-Träger sind Baumstämme gesetzt



Aufbringen der Dichtungsschicht auf die Tunnelsohle. Die Pappstreifen werden nochmals mit Asphalt überstrichen. Die Schichtung im Hintergrund läßt die Dicke der künftigen Tunnelsohle erkennen



Wasserhaltungsanlage. Wagerechte Hauptsaugrohre und senkrechte Brunnenrohre



Köpfe der Betonpfähle, auf denen der Tunnel im südlichen Teil der Friedrichstraße ruht. Siehe auch Bild 596

#### Der Bau von Schnellbahntunneln in Berlin II

Während der Herstellung einer Untergrundbahnstrecke ist es notwendig, das Grundwasser durch große Pumpeinrichtungen dauernd abgesenkt zu halten.

(Zu den Seiten 368—372)





Fertige Tunnelsohle mit zweireihiger Wasserhaltungsanlage



Eiserne Stützen für eine Tunnelwand, die alsbald mit Beton umkleidet werden



Aufbringen der Dichtungsschicht auf die Tunneldecke



Einstampfen des Betons für die Tunneldecke mit Druckluftwerkzeugen



Blick in einen fertigen Tunnel mit Mittelstützen. An den Wänden sind die stromführenden Kabel aufgehängt

### Der Bau von Schnellbahntunneln in Berlin III

Sohle, Wände und Decke des aus Beton gebildeten Tunnelrohrs müssen mit eisernen Versteifungen versehen und mit einer wasserdichten Schutzschicht aus asphaltierter Pappe ausgekleidet werden. (Zu den Seiten 368—372)



vollwandiges Saugrohr, das wiederum dünner und unten offen ist, in den Brunnen gehängt (Bild 592), worauf man die Futterrohre, deren kräftige Wandungen nur zum Raumschaffen eingesenkt wurden, wieder auszieht. Der nasse Sand des Grundes legt sich nun an die durchlochten Saugrohre, sie füllen sich sofort bis zur Höhe des Grundwasserspiegels mit Wasser, während das umgelegte Sieb den Sand nicht eindringen läßt.

Die oberen Enden der dünnen Saugrohre werden darauf sämtlich an eine gemeinsame wagerecht geführte Rohrleitung angeschlossen (Bild 593). Diese ist mit einer sehr kräftigen Pumpanlage verbunden, die, nachdem sie einmal ihre Tätigkeit begonnen hat, Monate und Jahre lang ununterbrochen arbeiten muß, bis der Tunnelbau vollständig fertiggestellt ist. Die Pumpen ziehen durch jedes der eingesetzten Saugrohre Wasser aus dem Grund. Große Massen werden ununterbrochen an die Erdoberfläche befördert, wo sie durch besondere Leitungen den Abwässerkanälen oder einem benachbarten Flußlauf zufließen.

Würde eine solche Anlage in einem offenen See in Tätigkeit gesetzt, so müßte man dessen gesamte Wassermenge in Bewegung bringen, um eine Senkung des Spiegels zu erreichen. Von allen Seiten würde das Wasser geschwindest in die Schöpfrohre strömen und die Oberfläche sich immer wieder glätten. Das Grundwasser aber kann nicht schnell genug dem Senkungsort zulaufen. Muß es sich doch hierbei durch die haarfeinen Kanäle winden, die zwischen den Sandkörnern eingelagert sind. Sie lassen die Flüssigkeit nur langsam in das Sauggebiet hineinsickern, und die Folge ist, daß der Grundwasserspiegel zu beiden Seiten der Rohrbrunnen tiefer und tiefer hinabgehen muß, wenn die Pumpen nur genügend kräftige Arbeit leisten. Es bildet sich seltsamerweise ein Tal inmitten des nicht abgespundeten Wassers (Bild 594).

Während die Feuchtigkeit des Grundes zu beiden Seiten der künftigen Untergrundbahnstrecke hoch ansteht, wird das Baugelände bis zu immer größerer Tiefe trocken. In unmittelbarer Nähe der Rohrbrunnen tritt die tiefste Senkung ein, die Wirkung nimmt nach den Seiten und der Grubenmitte zu langsam ab. Es gehört nun zu den Vorarbeiten, die Stärke der aufgestellten Pumpen so zu berechnen, daß der Rücken des gesenkten Wassers sich die ganze Bahnstrecke entlang noch ein Stück unter dem tiefsten Ausschachtungspunkt befindet. Alsdann kann man im Trocknen den Sand so weit abgraben, wie man es wünscht.

Kommt aber einmal die Pumpanlage in Unordnung, versagt sie auch nur eine halbe Stunde lang, dann strömt das Wasser aus der Tiefe sofort in die ausgehobene Grube und überschwemmt sie

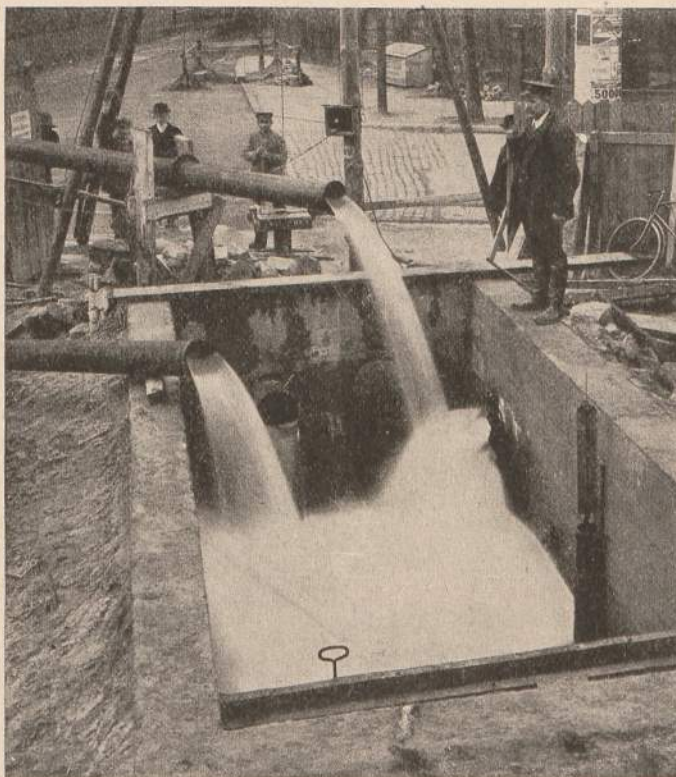
bis zur Höhe des früheren Wasserspiegels. Es muß daher stets dafür gesorgt sein, daß für jede versagende Senkungspumpe sogleich eine andere einzutreten vermag. Solch ein Berliner Untergrundbahn-Pumpwerk ist daher immer eine sehr umfangreiche Anlage.

Die Maschinen zur Wasserförderung werden durch Elektromotoren angetrieben. Man verwendet nicht mehr Pumpen alter Art, die mit Kolben arbeiten, sondern Schleudermaschinen, in denen kreisende Flügelräder das Wasser mit sich emporreißen und in die Ausflußleitung hineinschleudern.

Auf diese Weise wehrt man sich während der Bautätigkeit gegen das Wasser. Es bleibt aber eine feindliche Macht auch dann noch, wenn der gesamte Tunnelbau fertiggestellt ist. Sohle und Wände bestehen ja aus Beton, und dieser ist wasserdurchlässig. Sobald das Pumpen nach Beendigung der Arbeiten aufgehört hat, steigt das Grundwasser ziemlich rasch wieder zur alten Höhe an. Es würde ohne besondere Gegenmaßregeln mit feinsten Strahlen in das Tunnelinnere hineinsickern und dieses allmählich bis zur Spiegelhöhe anfüllen. Um das zu verhindern, ist den Berliner Tunnelbauwerken ein wasserdichtes Kleid angezogen. Sie sind von allen Seiten, in der Sohle, in den Wänden und vorsichtshalber auch in der Decke, von einer Hülle umgeben, durch die keine Feuchtigkeit zu dringen vermag. Eine dreifache Lage von Pappe, die mit Asphalt kräftig durchtränkt ist, trennt den Schnellbahnkanal endgültig vom Grundwasser ab.

Diese Hülle, die ausschlaggebend ist für die Standfestigkeit des gesamten Baus, muß mit größter Sorgfalt und peinlichster Vorsicht eingebracht werden. Nicht die geringste Öffnung darf sich darin befinden. Jedes Löchlein, das versehen bleibt, läßt später sogleich Wasser in den Tunnel dringen. Ausbesserung ist nur mit ungeheuren Kosten möglich, da man hierzu von neuem die gesamte Wasserhaltungsanlage einbauen und in Tätigkeit setzen müßte. Da aber bei den Berliner Bauten genügend Obacht gegeben wurde, so sind dort sämtliche Tunnel tatsächlich vollkommen trocken, obgleich sie sich fast überall bis zu drei Vierteln ihrer Höhe im Wasser befinden. Wer in einem Berliner Schnellbahnwagen sitzt, hat den Wasserspiegel noch hoch über seinem Kopf. Daß diese etwas unheimliche Tatsache unmerkbar bleibt und völlig unschädlich ist, verdankt man dem schlichten Asphaltappenkleid in den Betonwänden. Es schafft gleichzeitig eine vollkommene elektrische Isolierung des Tunnelinnern gegen das umgebende nasse Erdreich.

Nachdem in der eben geschilderten Weise die Bewältigung des Grundwassers gelungen war, sind die Arbeiten zur Herstellung eines Bahntunnels in Berlin, die



595. Der Grundwasserstrom

Von den Rohrbrunnen aus dem Grund gefördertes Wasser, das in einem Gefäß gemessen und dann der Spree oder dem Landwehrkanal zugeleitet wird. Siemens-Bau-Union, Berlin



einst unausführbar schienen, bereits seit langem in einer immer wiederkehrenden Reihenfolge festgelegt (Tafel XX).

Bei Beginn des Baus ist es vor allem notwendig, die Leitungen der öffentlichen Versorgungsnetze aus dem Weg zu räumen. In den Raum, wo bis dahin die großen gemauerten Kanäle für die Abwasserbeseitigung, die Gas- und Wasserrohre, die elektrischen Kabel, die Fernsprechröhre, die Telegraphenleitungen der Polizei und Feuerwehr, ferner auch oft Rohrpoststränge lagen, dringt der Tunnel als ein Eroberer ein, der alles andere fortstößt. Stränge, die in gleicher Richtung mit der künftigen Bahnlinie verlaufen, müssen, soweit sie nicht zwischen dem Tunnel und den Häuserfundamenten Platz finden, in Nebenstraßen verlegt werden. Die kreuzenden Stränge sind über oder unter dem Schnellbahn-Bauwerk hinwegzuführen.

Nachdem der Platz frei geworden ist, muß zunächst Vor- sorge für die Einschulung der künftigen Baugrube getroffen werden. Wenn in unbebautem Gelände eine Höhlung im Sand ausgehoben wird, so legt man zu den Seiten schräge Böschungen an. Es gibt für jede Bodenart einen bestimmten Böschungswinkel, in dem sie, ohne zu rutschen, fest liegen bleibt. In den Berliner Straßen kann man natürlich keine Böschungen herstellen. Nur bei dem Bau der Strecke von der Bismarck- straße zum Reichskanzlerplatz ist das möglich gewesen, weil zu jener Zeit dort nichts anderes vorhanden war, als was der Berliner so schön „Gegend“ nennt. Alle anderen Tunnel- baugruben haben senkrechte Einfassungen erhalten. Bei dieser Bauart muß der zu beiden Seiten hoch anstehende Sand selbstverständlich festgehalten werden, damit er nicht in die Höhlung hineinstürzt.

Als die erste unterirdische Schnellbahnlinie angelegt wurde, die von der Rampe am Nollendorfplatz zum Zoologischen Garten führt, stellte man die Baugrubeneinfassung mit Hilfe hölzerner Spundpfähle her. Dicht an dicht wurden kräftige Bohlen an den Rändern der später auszuhebenden Grube in die Erde gerammt. Sie faßten mit Nut und Feder ineinander. Das zwischenraumlose Eintreiben dieser Holzbalken mit ihrem massigen Querschnitt erforderte eine langdauernde und schwere Rammarbeit. Mit sehr starkem Geräusch fiel die Last der Rammhämmer täglich viele tausend Mal nieder, ohne daß die Arbeiten merklich vorwärts rückten. In dem breiten Straßenzug, der zunächst durchschritten wurde, in der Kleist- und Tauentzienstraße, fanden zwar keine Zerstörungen der Häuserfundamente statt, wohl aber riß die Asphaltdecke auf den benachbarten Straßenkörpern. Die Anwohner beklagten sich — gewiß nicht mit Unrecht — über die monatelange Störung ihrer Ruhe, die durch das ständige Erzittern aller Hauswände und Fußböden bis ins Unerträgliche gesteigert wurde.

Als hierauf aber daran gegangen wurde, das mächtige Bauwerk der Kaiser Wilhelm-Gedächtniskirche in nächster Nähe zu umfahren, zeigte es sich, daß die Fortsetzung der Rammarbeit in solcher Art unmöglich war. Zunächst wollte die Kirchenbehörde die Weiterführung des Baus überhaupt nicht gestatten, da die Erfahrungen in der Tauentzienstraße so ungünstig gewesen waren, daß sie für die Standfestigkeit der Kirche Befürchtungen hegte. Es entstand ein langer zäher Kampf der bauleitenden Firma mit der Kirchenbehörde, der damit endete, daß die Aktien-Gesellschaft Siemens & Halske eine zehnjährige Haftung mit ihrem ganzen Vermögen für das Kirchenbauwerk übernehmen und eine Bürgsumme in Höhe von 200 000 Mark hinterlegen mußte, die bei Feststellung von Beschädigungen verfallen sein sollte.

Es war eine schwere Sorgenzeit für das junge Schnellbahn- unternehmen; seine ganze Zukunft schien eine Zeitlang in Frage gestellt. Das hinterlegte Geld ist aber schließlich doch restlos zurückerstattet worden, da die Umfahrung der Kirche gelang, ohne daß die geringste Schädigung des Bau- werks eintrat.

Man kam nämlich auf den Gedanken, an Stelle der hölzernen Spundwände eiserne Doppel-T-Träger in Abständen von etwa zwei Metern einzurammen und die Zwischenräume durch eingeschobene, hochkant gestellte Bretter zu überbrücken. Die sehr widerstandsfähigen Träger, deren Querschnitt ein doppel- tes lateinisches T darstellt (I), lassen sich sehr viel bequemer eintreiben als Holzbalken, und infolge ihrer durch die Ab- stände verringerten Zahl mindert sich die Dauer der Ramm- arbeit ganz außerordentlich. Seit jener Zeit bestehen die Baugrubenabsteifungen aus den eisernen Trägern und aus Schalbrettern, die hinter die vorspringenden Flanschen der Träger gekittet werden. Das Ganze ist also als ein hölzerner Zaun mit eisernen Pfosten anzusehen (Tafel XX, Bild 3).

Die außerordentliche Steifigkeit, die gerade ein Körper von Doppel-T-Querschnitt besitzt, gestattet das Nieder- bringen der Träger ohne Zuspizung und ohne vorhergehende Auflockerung des Erdreichs. Freilich muß die Kraft, mit der das Eintreiben erfolgt, groß sein. Die Rammhämmer sind daher Eisenklöße von sehr hohem Gewicht. Wenn sie aus einer Höhe von eineinhalb bis zwei Metern hinunterfallen, so ist die Energie, die auf den unter- gesetzten Träger übertragen wird, so gewaltig, daß er so- gleich um zehn bis zwanzig Zentimeter tiefer einsinkt.

Zu allermeist gelangen die eisernen Träger glücklich in ihrer geraden Gestalt in den Boden. Es kommt aber hier und da auch vor, daß sie harten Lehm durchstoßen müssen oder gar auf einen Granitblock treffen, der einst in den Tagen der Eiszeit von einem Gletscher bis in die märkische Ebene hineingeschoben worden ist. Dann ereignet es sich wohl, daß man den Rammträger nach der späteren Freilegung seltsam verändert findet. Auf Bild 3 der Tafel XX sehen wir einen solchen Pfosten zu- sammengefaltet, als bestünde er aus Papier. Die außerordent- liche Wucht, mit der die Rammschläge erfolgen, wird hier- aus deutlich, nicht weniger aber auch die Zähigkeit des Eisens, aus dem der Träger gewalzt wurde.

Schon durch die Anwendung der eisernen Randpfosten er- langte der Tunnelbau eine gewisse Freizügigkeit in den Berliner Straßen. Diese wurde aber erst vollständig, seit man im- stande ist, den Längsverkehr in den durchschrittenen Straßen fast während der ganzen Bauzeit aufrecht zu erhalten. Sobald nämlich die eisernen Pfeiler eingerammt sind, das Straßenpflaster abgebrochen und eine niedrige Sandschicht ausgehoben ist, werden die freigelegten Träger- köpfe jeder Seite durch U-förmige Eisen miteinander verbunden. Auf diese U-Eisen werden dann quer über die Baugrube wiederum schwere Träger gelegt und mit Bohlen überdeckt. Auf diese Weise entsteht eine Brücke, die fast während der ganzen Bauzeit den Straßenverkehr trägt. Was darunter vorgeht, stört die droben hinfahrenden Wagen in keiner Weise. Erst wenn der ganze Tunnelunterbau fertig ist und man daran geht, die Decke herzustellen und das Pflaster wieder einzulegen, wird die Brücke abgebrochen. Straßen von geringem Verkehrswert werden natürlich, damit die nicht geringen Kosten für den Einbau der Abdeckung gespart werden können, für den Fahrverkehr gesperrt; in ihnen entsteht der Bau unter freiem Himmel.



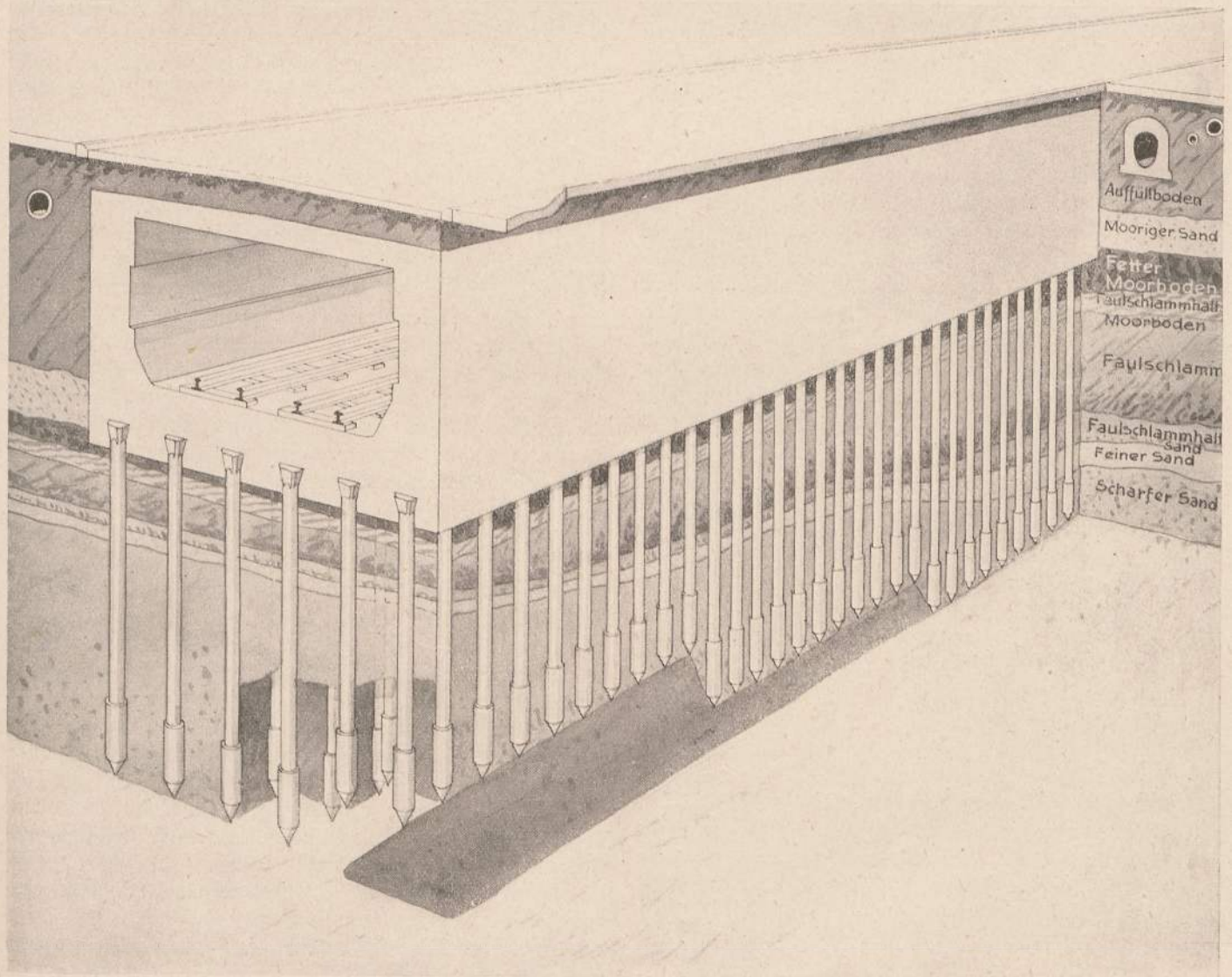
Während die Aushubarbeit fortschreitet, werden die freigelegten Ränder der Baugrube durch Bretter gesichert, die hinter die Flanschen der Rammträger gesteckt werden. Zu gleicher Zeit beginnt man mit dem Einbohren der Wasserhaltungsrohre. Die Sauger werden eingesetzt und mit der wagerechten Pumpleitung verbunden. Die kreuzenden Straßenleitungen müssen vorläufig in alter Weise erhalten bleiben, da ihr endgültiger Einbau teils nicht vor Beendigung des ganzen Aushubs, teils gar erst nach Vollendung des Tunnelbauwerks vorgenommen werden kann. Man hängt die freigelegten Rohre, Kabel oder Drahtzüge vorläufig an die Straßenabdeckung an; sie bilden, da sie ja in den lichten Raum der Baugrube hineinragen, oft recht unangenehme Hindernisse.

Sobald die Grabarbeit bis zum natürlichen Grundwasserspiegel vorgeschritten ist, wird die Wasserhaltungsanlage in Betrieb genommen. Nachdem die Pumpen längere Zeit gearbeitet haben, ist die nächste Sandschicht trocken, so daß ohne Störung weiter ausgeschachtet werden kann. Damit die nunmehr auf dem größten Teil ihrer Erstreckung freigelegten Rammträger von dem hinter ihnen hoch anstehenden Sand nicht in die offene Grube hineingedrückt werden,

müssen ihre Köpfe gegeneinander abgestützt werden. Die wagerechten Träger der Straßenabdeckung wirken von selbst in dieser Weise. Wo aber in offener Baugrube gearbeitet werden kann, da müssen besondere Querstreifen eingesetzt werden. Sie bestehen entweder aus Hölzern, oft rohen, der Rinde nicht einmal entkleideten Bäumen, oder aus eisernen geteilten Rohren, die durch ein Gewindestück zusammengehalten werden, und mit dessen Hilfe fest zwischen die Trägerköpfe gespannt werden können.

Sobald die Tiefe erreicht ist, auf welche man die Tunnelsohle setzen will, wird eine dünne Betonschicht über dem Sandboden ausgebreitet und auch seitlich an den Schalswänden in die Höhe geführt. Sie bildet den äußeren Schutz für die nun einzubringende Dichtungsschicht, die, wie wir ja wissen, ausschlaggebend für die Widerstandsfähigkeit des gesamten Tunnelbauwerks gegen das Grundwasser ist. Sorgfältig wird einer der getränkten Pappstreifen nach dem anderen aufgeklebt, und das Ganze nochmals unter Anwendung von Streichbesen mit Asphaltmasse bedeckt.

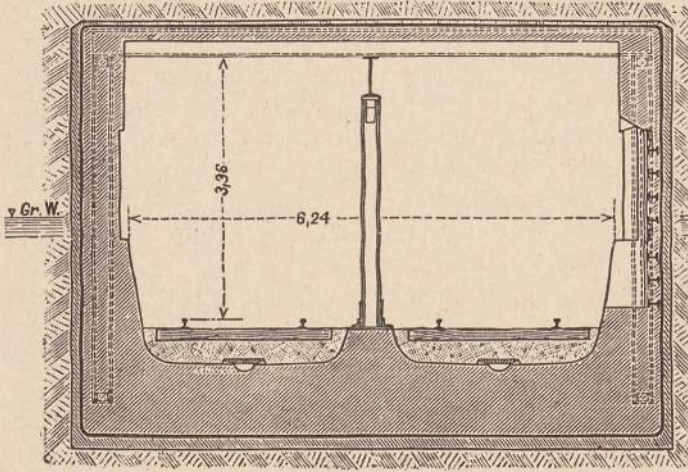
Es ist aber keineswegs immer möglich, den Tunnelboden ohne weiteres auf den gewachsenen Grund zu setzen. Denn in dem schon an sich recht unangenehmen Schwimmsand



596. Wie die Untergrundbahn einen Sumpf durchschreitet

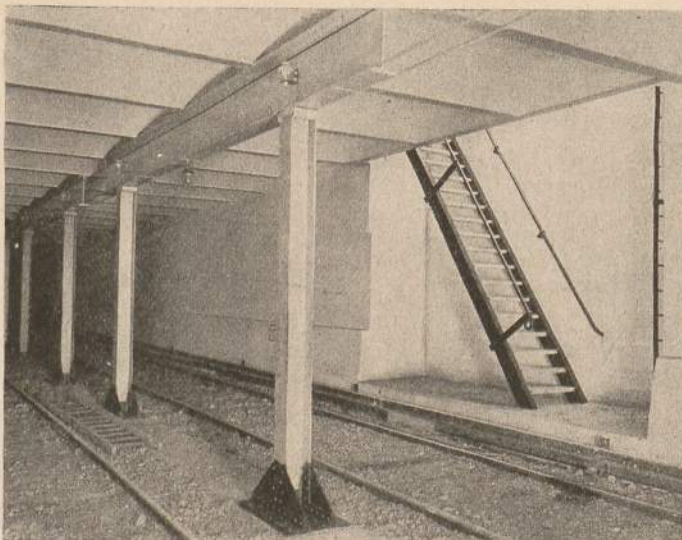
In der Friedrichstraße unweit des Belle Alliance-Platzes mußte der Tunnel der Nord-Süd-Bahn auf einer sehr großen Zahl von Eisenbetonpfählen gegründet werden, die so lang sind, daß sie die ganze Tiefe des „Kolk“ durchdringen, bis sie den tragfähigen Grund erreichen. (Siehe auch Tafel XX, Bild 10)





597. Querschnitt durch einen Berliner Untergrundbahntunnel mit Mittelstützen. In den Seitenwänden, punktiert gezeichnet, die eingelegten Eisenträger. Das Bauwerk steht bis zur halben Höhe und oft noch tiefer im Grundwasser. Die schwarze Linie, die durch Sohle, Seitenwände und Decke geht, stellt die Einhüllung mit asphaltierter Pappe dar, wodurch das Eindringen von Wasser ins Tunnelinnere verhindert wird

unter den Berliner Straßen sind an nicht wenigen Stellen Massen eingelagert, die keine Tragfähigkeit besitzen. Die Ausschachtungen legen öfter „Kolle“ frei, das sind morastige Einschlüsse, deren schwappige Beschaffenheit zum Tragen eines Bauwerks untauglich ist. Wenn ein solcher Kolk allzu tief ist, muß über ihm eine regelrechte Brücke im Untergrund erbaut werden; meist aber wird Pfahlgründung angewendet. Unter dem Sophie Charlotte-Platz, unter der Haltestelle Spittelmarkt sowie in der Friedrichstraße zwischen Weidendammer Brücke und dem Stadtbahnhof und in besonders großer Ausdehnung an der Besselstraße nicht weit vom Belle Alliance-Platz sind Eisenbetonpfähle dicht bei dicht soweit in den Boden gerammt, daß sie den Morast völlig durchfahren und mit einem beträchtlichen Teil ihrer Länge in dem zuverlässigen Sand stecken (Bild 596). Die schwalbenschwanzförmig gebildeten Köpfe dieser Pfähle werden



598. Aussteigegschacht in einer Tunnelstrecke

Zwischen den Haltestellen sind Notausgänge angelegt, die im Straßenboden mit durchbrochenen Eisenplatten abgedeckt sind. Das von oben einfallende Licht weist den Weg zur Treppe. Die Abdeckplatte ist von unten her durch Drehen an einem Griff leicht zu öffnen und wegzuklappen

in die Tunnelsohle mit einbetoniert, so daß sie aufs innigste mit dieser verbunden sind (Tafel XX, Bild 10).

Die Herrichtung des Tunnelbodens aus Beton beginnt sogleich nach dem Aufbringen der Dichtung. Die Sohle muß sehr kräftig gehalten werden, da das später wieder ansteigende Grundwasser einen starken Auftrieb ausübt. Der Tunnelkörper liegt dann wie ein Schiff im Wasser; dieses will den Fremdkörper, der infolge seiner hohlen Gestaltung leicht ist, nach oben treiben. Die Festigkeit der Sohle hat diesem Auftrieb Widerstand zu leisten. Eine sehr große Anzahl kunstvoll eingelegter Eisenstangen erhöht ihre Festigkeit.

Auf die fertige Tunnelsohle wird alsdann das Trageisen für die Wände gestellt und sorgfältig ausgerichtet. Auch die Mittelpfeiler werden aufgestellt. In den Betonwänden aller Bahntunnel befinden sich in geringen Abständen eiserne Träger. Die UEG-Bahn und die Nord-Süd-Bahn besitzen jedoch keine Mittelstützen.

Nachdem die Wände bis zu genügender Höhe emporgeführt sind, werden die Deckenträger aufgelegt und die Räume zwischen ihnen mit Beton gefüllt, der über gewölbten Rippen eingestampft wird. Unmittelbar vorher muß die Straßenabdeckung beseitigt werden. Über die Decke klebt man wiederum Dichtungspappe, damit auch kein Oberflächenwasser eindringen kann. Eine dünne Betonschutzschicht kommt darauf, dazu eine Sandschüttung, auf die das Pflaster neu aufgebracht werden kann. Der Tunnel ist damit im Rohbau fertiggestellt.

Bereits einige Zeit zuvor ist die Wasserhaltungs-Anlage still gesetzt worden. Die Brunnenrohre können nunmehr ausgezogen werden. Wo sie die Sohle durchdringen, befinden sich aber Löcher in der Dichtungsschicht. Es geht nicht an, diese erst zu schließen und das Trocknen des zur mechanischen Sicherung aufgestampften Betons abzuwarten, nachdem die Pumpen aufgehört haben zu arbeiten. Das Grundwasser würde inzwischen durch die Löcher quellen und den Tunnel überschwemmen. Daher muß dafür gesorgt sein, daß unmittelbar nach dem Ziehen jedes Rohrs, das wegen der großen Zahl der Stücke oft genug schon reichlich spät stattfindet, die Öffnung verschlossen werden kann. Zu diesem Zweck ist bereits beim Einsetzen über jedes Rohr eine lose eiserne Manschette gezogen worden (Bilder 8 und 9 auf Tafel XX), die vor dem Einstellen der Wasserhaltung hinabgelassen, an der Außenseite mit Asphalt-pappe in engstem Anschluß an die Sohledichtung beklebt und dann einbetoniert wird. Sobald ein Brunnenrohr gezogen ist, braucht dann nur ein eiserner Deckel wasserdicht auf die Manschette geschraubt zu werden, und das andringende Wasser findet auch diese Einfalls-pforte verrammelt.

Es folgt das Einbringen der Schotterung, in die auch hier, gerade wie auf der Fernbahn, die Schwellen der Geleise gebettet werden.

Die Tunnelsohle enthält unter jeder Gleismittellinie eine in der Längsrichtung verlaufende, oben mit wasserdurchlässigen Tonplatten abgedeckte Rinne (Bild 597). Sie dient zur Aufnahme und Fortführung des Wassers, das trotz allem in das Tunnelinnere eindringt. Die Berliner Untergrundbahnen besitzen ja zur Erhöhung der Sicherheit Aussteigegschächte zwischen den Bahnhöfen, in denen eine Treppe unmittelbar zur Straßenoberfläche hinaufführt. Damit diese Schächte auch beim Versagen der Tunnelbeleuchtung leicht gefunden werden können, sind sie nicht mit vollwandigen Falltüren zugedeckt, sie besitzen



als Abschluß an deren Statt ein durchbrochenes Gitter, das im Bürgersteig liegt. Die Tageshelligkeit oder das Licht der Laternen fallen auf diese Weise nach unten und zeigen unter allen Umständen den Ort, an dem die Nottreppe ansetzt. Regen und Schnee vermögen aber gleichfalls durch diese Gitter einzudringen, so daß bei starken atmosphärischen Niederschlägen die Schotterung durchfeuchtet wird. Das Wasser sammelt sich alsdann in den Rinnen und wird einem tiefsten Punkt im Tunnel zugeführt. Dort ist ein kleines Becken in der Sohle ausgespart, das von Zeit zu Zeit mittels einer eingebauten Pumpe entleert werden kann. Das Druckrohr der Pumpe führt durch die Tunneldecke zum nächsten Abwasserkanal.

An den Seitenwänden der Tunnel werden eiserne Haken angebracht, in denen die zahlreichen Kabel zur Leitung des Betriebsstroms von den Kraftwerken zu den Umformerwerken, von diesen zu den Stromschienen und den Speisestellen für die Tunnelbeleuchtung, zur Versorgung der Signalanlagen usw. aufgehängt werden können.

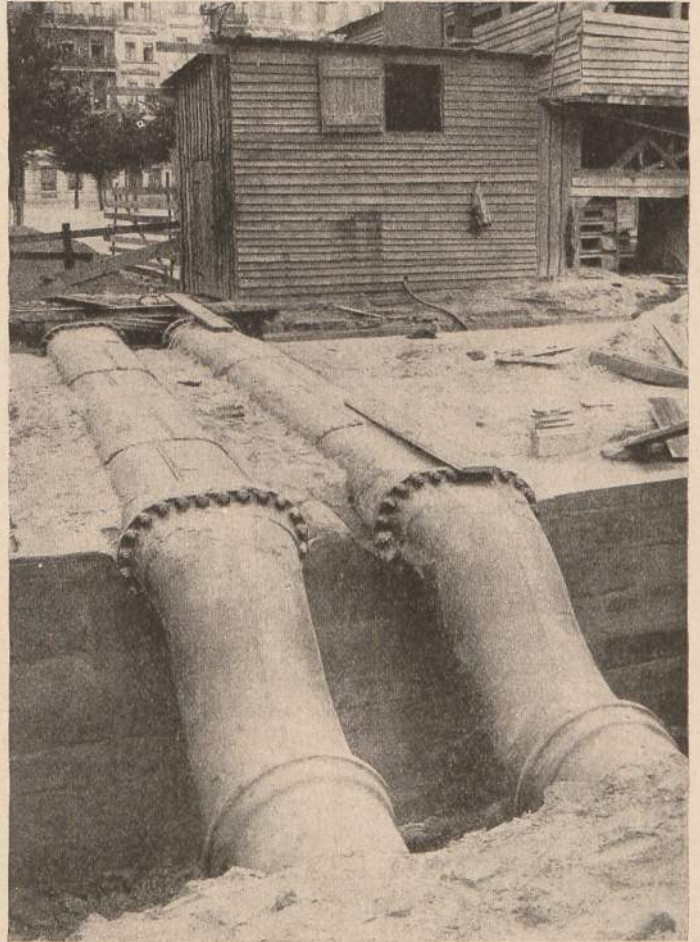
Die eingerammten Doppel-T-Träger haben nach Fertigstellung des Tunnels ihre Aufgabe erfüllt. Denn nunmehr nimmt das selbst genügend steife Tunnelbauwerk den seitlichen Bodendruck auf. Als die neuere Bauweise noch jung war, mußte man die Träger trotzdem im Boden lassen, weil ihre inneren Flanschen in dem Beton der Seitenwände steckten (Bild 14 auf Tafel XX links). Neuerdings legt man die Schalbretter nicht mehr hinter die Trägerflanschen, sondern läßt sie nach innen vorstehen, während hinten angelegte Haken hinter die Trägerflanschen greifen (Bild 8 auf Tafel XX). Es ist alsdann möglich, vor dem Neueinbau des Pflasters sämtliche eisernen Pfosten der Baugruben-Abssteifung, die ja einen sehr bedeutenden Wert darstellen, wieder auszu ziehen. Das kann mittels Lokomotivwinden geschehen oder auch unter Benutzung einer von Siemens & Halske für diesen Zweck besonders gebauten sehr kräftigen Ziehmaschine. Die Baukosten verringern sich durch diese Wiedergewinnung der Rammträger um sehr erhebliche Beträge.

Neid ist eine häßliche Regung des menschlichen Gemüts, die man nicht aufkommen lassen soll. Wer wollte es aber den Berliner Schnellbahnbauern verübeln, daß sie ein Neidgefühl gegenüber den glücklicheren Londoner Berufsgenossen hegen, die in der Lage waren, Tiefbahnen durch den schönen trockenen Lehm Boden unter der englischen Hauptstadt zu führen. Denn in den Abgründen, durch welche die Röhrenbahnen gebohrt sind, gibt es kein Kanalisationsrohr, keine Kabel und keine Häuserstützen mehr. Unendlich ist der Kampf, den man in Berlin gegen die in den Boden gebetteten Anlagen ausfechten muß.

Während gleichgerichtete Leitungen, wie schon gesagt wurde, in Nebenstraßen gebracht werden können, müssen kreuzende in irgendeiner Weise an dem Tunnelbauwerk vorbeigeführt werden, da sie nirgendhin ausweichen können. Drüber weg heißt es oder unten durch. Einigermassen leicht wird man noch mit den Gas- und Frischwasserrohren fertig, die geringe Durchmesser haben. Desgleichen sind die elektrischen und Rohrpostleitungen nicht allzuschwer zu bewältigen. Es ist meist nicht nötig, sie unter der Tunnelsohle hindurchzuführen und ihnen so die Zugänglichkeit zu nehmen, da man sie in Aussparungen der Tunneldecke einbetten kann. Bild 599 zeigt zwei Gasleitungen, die an Stelle des runden einen abgeplatteten Querschnitt erhalten haben, damit die Ausnehmungen in der Decke nicht zu tief zu sein brauchen. Die Abwasserrohre aber haben nicht selten einen Durchmesser von

zwei Metern; manchmal ist ihr lichter Raum kaum weniger geräumig als das Tunnelinnere. In solchen Fällen müssen an den Kreuzungsstellen sehr umfangreiche Sonderbauwerke zur Unterführung der Kanäle hergestellt werden.

Die Linie Alexanderplatz — Schönhauser Allee kreuzt am Bülowplatz ein Notauslaßrohr der Kanalisation, das vom Norden der Stadt zur Spree führt. Bei Betrachtung des Bildes 600 glaubt man eher, das Innere eines Schnellbahntunnels vor sich zu sehen als eine Abwasserleitung. Der Querschnitt des Kanalisationsrohrs muß so weit sein, damit auch beim heftigsten Gewitterregen die von der Straße durch die Abflussschächte einströmenden großen Wassermassen sicher abgeführt werden können. Das Rohr hat vor und

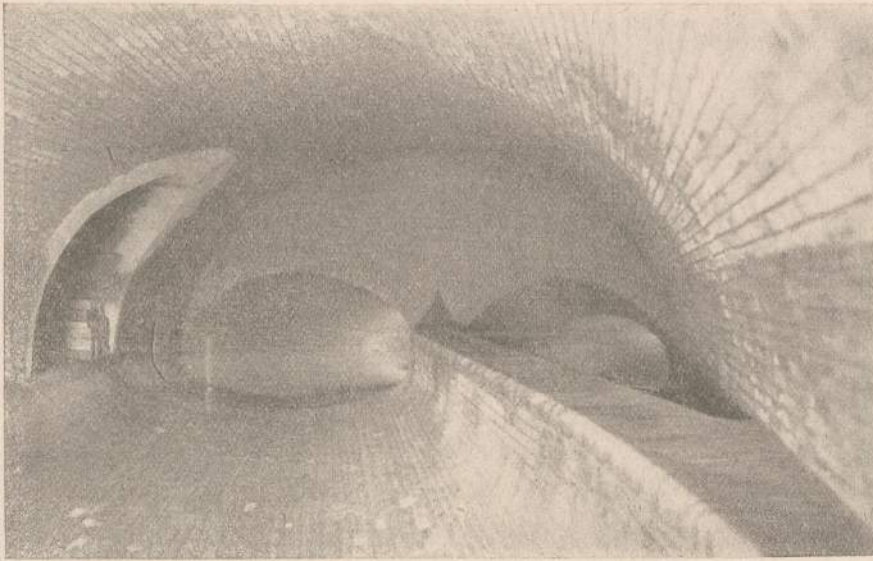


599. Überkreuzung eines Tunnels durch Gasleitungen  
Die Rohre sind in Aussparungen der Decke eingelegt. Siemens-Bau-Union, Berlin

hinter dem Bülowplatz kreisförmigen Querschnitt. Dort aber, wo es zur Unterschreitung des Bahntunnels gesenkt ist, wird es niedrig und sehr breit, und unter der Tunnelsohle ist es in zwei ganz flache Öffnungen aufgelöst, damit es nicht in allzu große Tiefe hinabreicht.

Man nennt solche Anlagen, in denen ein Abwasserrohr aus seiner gewöhnlichen Lage hinabgeführt wird, um alsbald wieder aufzusteigen, einen Düker, weil der Kanal sich hindurchbücken muß. Der Kanalisations-Techniker sieht solche Anlagen sehr ungern. Denn an der Stelle, wo der aufsteigende Knick ansetzt, pflügt sich allmählich Schmutz anzuhaufen, weil die Fließgeschwindigkeit des Wassers sich hier verringert, so daß die darin enthaltenen Sinkstoffe Zeit haben, sich niederzusetzen. Bei Dükerung kleinerer





600. Ein Tunnel unter dem Untergrundbahn-Tunnel

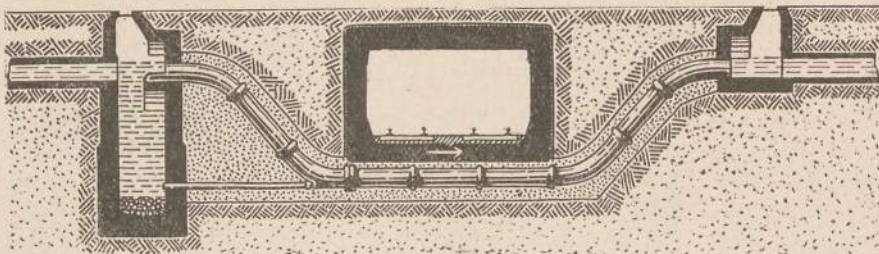
Großes Notauslaßrohr der Berliner Kanalisation, das am Bülowplatz unter dem Bahntunnel durchgeführt ist. An der Kreuzungsstelle ist das sonst kreisrunde Rohr verbreitert und in zwei Durchlässe von geringer Höhe aufgelöst, wodurch die Tiefenlage verringert wird

Rohre, die nicht begangen werden können, wird daher Vor- sorge für bequeme Reinigung getroffen. Bild 601 zeigt links einen sehr tiefen seitlichen Einsteigeschacht und das wagerechte Einführungsrohr für die Reinigungswerkzeuge.

Eine ganz ungewöhnlich große Dükeranlage befindet sich im Zug der Nord-Süd-Bahn in der Chausseestraße. Hier kreuzt die Schnellbahnlinie die viel besungene Panke. Im Gegensatz zur Spree, die trotz ihrer sprichwörtlichen Jäm- merlichkeit doch immer noch majestätisch genug ist, um den Schienenweg zu zwingen, sich selbst unter ihrer Sohle hin- durchzudükern, muß der Pankefluß es sich gefallen lassen, unter die Tunnelsohle gelenkt zu werden.

Die Panke-Dükerung mußte in besonders sorgfältiger Weise nicht etwa deshalb ausgeführt werden, weil die Wellen dieses Stroms eine besondere Berücksichtigung erzwangen, sondern weil die Panke nichts anderes ist als ein offenes Notauslaßrohr, das zum Kanalisationsnetz des Nordens ge- hört. In jähem Gefälle und in einer Breite, wie die Panke sie sonst nicht kennt, rauschen ihre Wasser jetzt tief unter die Chausseestraße hinunter, um jenseits wieder aufzusteigen und ihren kläglichen Tageslauf zur Spree zu vollenden.

In welch ein Wespennest unterirdischer Leitungen die Berliner Schnellbahnbauer manchmal hineinstechen müssen, zeigt Tafel XXI, in der die Versorgungseinrichtungen unter



601. Dükerung

Kreuzung eines gewöhnlichen Kanalisationsrohres mit dem Bahntunnel. Rechts und links von dem Düker Einsteigeschächte. Das dünne, wagerechte Rohr links dient zur Reinigung des Knies vor dem Aufstieg, in dem sich Sinkstoffe anzusammeln pflegen. Der Pfeil zeigt die Fließrichtung des Abwassers

dem Potsdamer Platz, dem Mittelpunkt der Stadt, dargestellt sind. Ein ähnliches Ge- wimmel ist nicht selten unter anderen gro- ßen Straßenkreuzungs-Punkten anzutreffen.

\*

Trotz alledem aber bleibt das größte Hindernis, das bei der Anlage der Ber- liner Schnellbahnen zu überwinden ist, doch immer der alte Fluß, in dessen Tal die große Stadt entstanden ist. Die Spree hat eine Rinne von vier bis sechs Metern Tiefe in den Boden genagt, und da ihr Wasserquerschnitt durch den Tunnelkörper nicht berührt werden darf, damit kein Hindernis für die Schifffahrt entsteht, muß der Tunnel an allen Kreuzungsstellen so tief angeordnet werden, daß seine Decke noch unter der Flußsohle liegt. Es ist also nötig, überall dort, wo die Schnell- bahn die Spree kreuzt, die Strecken an beiden Ufern mit Hilfe ziemlich scharf ge- neigter Rampen bis zu einer Tiefe von

zehn Metern und mehr unter die Straßenoberfläche zu führen.

Viermal ist die Spree bis jetzt untertunnelt worden, einmal geht die Schnellbahn hoch über ihren Spiegel hinweg.

Die älteste Kreuzung ist jener Bau weit draußen unter dem oberen Lauf des Flusses zwischen den Vororten Stralau und Treptow, der, wie wir wissen, zwar den Anstoß zur Führung von Schnellbahnen durch den Berliner Untergrund gegeben hat, selbst aber nur dem Betrieb einer Straßen- bahnlinie dient. Als die älteste Hochbahnlinie entstand, konnte sie unter Benutzung eines Neubaus der Oberbaum- brücke unweit des Endbahnhofs der Oststrecke Warschauer Brücke ohne Veränderung der Höhenlage über die Spree geführt werden. Die zweite unterirdische Kreuzung befindet sich in der Strecke vom Spittelmarkt zum Alexanderplatz zwischen der Wallstraße und der Stralauer Straße, die in Ufernähe dahinfließen. Die U-Bahn kreuzt die Spree zwischen Waisenbrücke und Jannowitzbrücke bei ihrer Führung von der Neuen Friedrichstraße in die Brückenstraße. Da die Nord-Süd-Bahn dem Lauf der Friedrichstraße folgt, so muß sie die Spree an derselben Stelle unterfahren, wo die Straße selbst durch die Weidendammer Brücke über den Fluß hinweggeführt ist.

Jeder dieser Flußtunnel ist nach einer anderen Methode gebaut worden. Der Grund hierfür ist teils die weiter- schreitende technische Vervollkommenung der Bauweisen in den Zeiträumen, die zwischen den einzelnen Ausführungen vergingen, teils die Ver- schiedenartigkeit der Straßenlagen zum Fluß- lauf und die wechselnde Breite der Spree.

Die erste Unterfahrung der Spree, Stralau-Treptow, wurde mit Hilfe des sehr merkwürdigen, aber sowohl vorher wie nach- her bei anderen Flußunterschreitungen, z. B. der Elbe bei Hamburg (Seite 21), häufig mit bestem Erfolg benutzten Druckluftver- fahrens ausgeführt. Der Hauptgedanke ist der, das Grundwasser von der Baustrecke zu verdrängen, indem der Werkraum mit gepreßter Luft gefüllt wird (Tafel XXII).



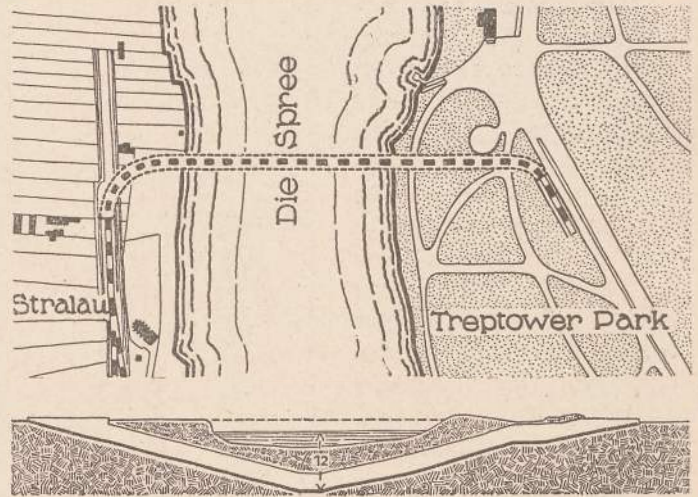
Die sorgfältig von der Außenluft abgetrennte Stätte, in der die unterirdische Grabarbeit vor sich geht, enthält stets Luft von zwei Atmosphären Pressung. Dieses Luftkissen gestattet dem vor einer offenen Vortriebsöffnung anstehenden Sand nicht, in den Arbeitsraum hineinzudringen, und der Druck preßt das Wasser soweit hinweg, daß immer nur trockener Boden abgegraben werden kann.

Bei der Schilderung der Arbeitsweise nehmen wir an, daß bereits ein Teil des Tunnels fertiggestellt ist. Er besteht aus einzelnen eisernen Ringen, die wie die Steinlagen eines runden Turmbaus, jedoch in der Wagerechten, aneinandergefügt sind. Jeder einzelne Ring wiederum ist aus mehreren gebogenen Platten mit Endflanschen zusammengesetzt. Außen wie innen werden die Ringe zum Schutz gegen das Rosten mit Beton bekleidet. Über das Vorderende des fertiggestellten Tunnelstücks ist ein eiserner Stulp gezogen, dessen lichter Durchmesser gerade so groß ist, wie der Außendurchmesser des Tunnels, der also die Tunnelringe umfaßt wie die Deckelränder eine runde Schachtel. Diese Vorrichtung, Brustschild genannt, ist vorn durch eine senkrechte oder schräge Wand abgeschlossen, in der sich Schiebetüren befinden. Zum ersten Mal ist ein Brustschild von Brunel angewendet worden, als er den ältesten Themsetunnel erbaute (Seite 20).

Unter dem Schutz der Druckluft, die in den Arbeitsraum gepreßt ist, können die Türen des Brustschilds geöffnet werden, ohne daß der vorgelagerte Sand eindringt. Mit Schaufeln wird durch die Türöffnungen hindurch der trockene Boden abgegraben und in ein Gefäß am Boden des Tunnels geschüttet. Preßwasser, das von draußen zugeführt wird, spült den Sand durch ein Rohr ständig fort. Sobald vor dem Kopf des Brustschilds ein Raum von der Breite eines Tunnelrings freigegeben ist, wird der Schild durch zahlreiche an seinem Umfang angebrachte kräftige Wasserdruckpressen, die sich mit ihren Kolben hinten gegen das fertige Tunnelstück stützen, um eine Ringbreite nach vorwärts geschoben. Wenn die Kolben der Pressen zurückgezogen sind, ist zwischen diesen und dem zuletzt fertiggestellten Ring ein Raum zum Einsetzen eines neuen Ringes frei. Auf diese Art wird ein Tunnelstreifen nach dem anderen eingebaut, bis der Fluß durchfahren ist.

Das Arbeiten in solch einem unterirdischen Druckluftraum, der ständig aufs sorgfältigste von der Außenwelt abgetrennt sein muß, damit die Druckluft nicht entweicht, ist in hohem Grad unangenehm und beschwerlich. Jedes Baustück und jeder Mensch müssen eingeschleust werden. Bei den toten Gegenständen geht das rasch, der lebende Körper aber erfordert eine nicht unbeträchtliche Einschleusungszeit. Es sind für diesen Zweck in der kräftigen Abschlußwand, die den Druckluftraum von der freien Atmosphäre abtrennt, zwei Kammern, eine für Menschen, die andere für Materialien, vorgesehen, die vorn und hinten je eine luftdicht schließende Tür besitzen.

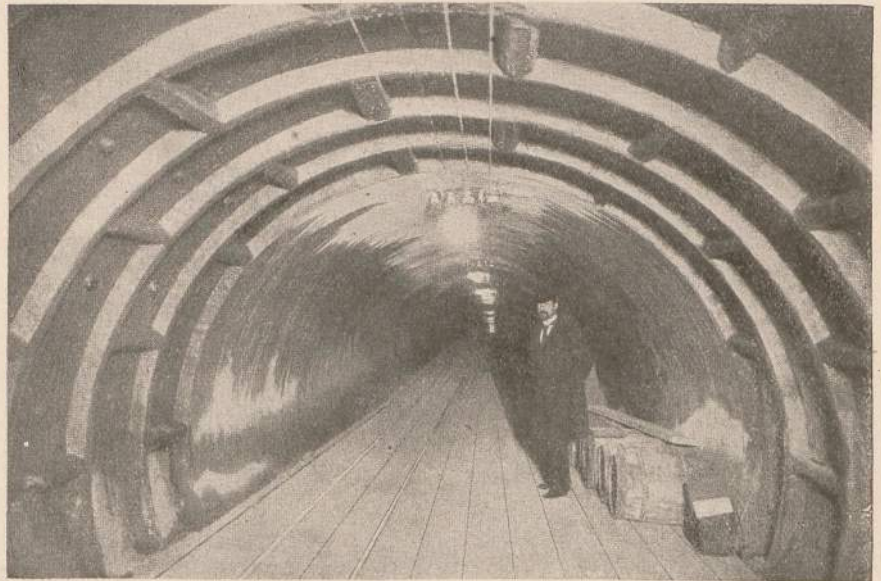
Wir betrachten die Vorgänge an der für Menscheneinlaß bestimmten Kammer. Es wird zunächst die äußere Tür geöffnet, und die Einzuschleusenden begeben sich in den



602. Lageplan und Längsschnitt des Spreetunnels Stralau—Treptow

Diese älteste Spreeunterföhrung dient dem Straßenbahn-Verkehr. In dem Längsschnitt ist der Maßstab für die Höhen bedeutend größer gewählt als der Maßstab für die Längen, weil die Darstellung sonst undeutlich geworden wäre. Die Neigungen erscheinen daher übertrieben scharf

niedrigen Raum. Ganz langsam läßt man, nachdem die Tür geschlossen ist, in diesem den Druck der Luft ansteigen. Geschähe dies plötzlich, dann würden die Insassen der Kammer durch Zerreißen von Blutgefäßen in der Lunge getötet werden. Erst nachdem allmählich die Luftpressung auf zwei Atmosphären gestiegen, also die gleiche ist wie in dem Arbeitsraum, wird die Tür zu diesem geöffnet, und der Weg in den Tunnel ist frei. Beim Hinausgehen muß wiederum längere Zeit in der Schleusenkammer verweilt werden, damit der Druck vorsichtig hinabgesetzt werden kann. Trotzdem kommt es vor, daß die Ausgeschleusten noch eine Zeitlang heftige Schmerzen spüren, weil kleine Druckluftbläschen im Körper zurückbleiben, die auf die Nervenbahnen drücken.



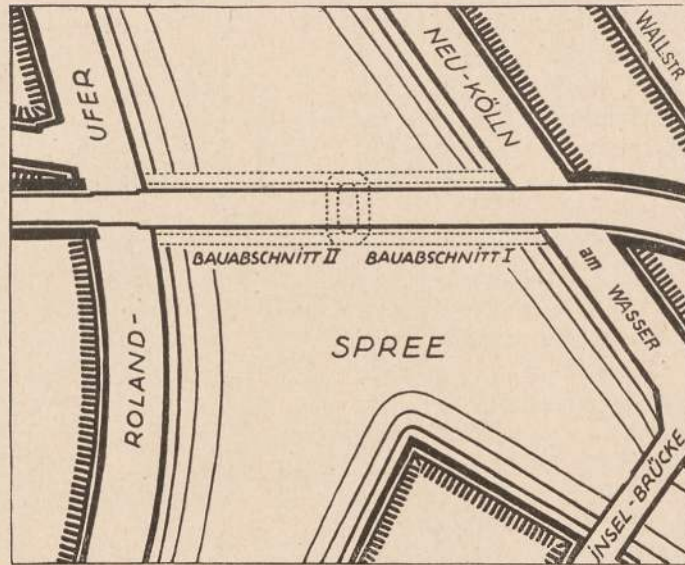
603. Blick in den ältesten Spreetunnel Stralau—Treptow während des Baus

Die noch nicht mit Beton ausgekleidete Wandung läßt die Zusammensetzung des Tunnelrohrs aus einzelnen Ringen deutlich erkennen. Ausgeführt von der Gesellschaft für den Bau von Untergrundbahnen in Berlin



Beim Bau des Elbtunnels in Hamburg war in einer Baracke eine besondere Krankenschleuse eingerichtet, in die derart erkrankte Arbeiter gebracht wurden und beliebig lange Zeit unter geeignetem Luftdruck gehalten werden konnten. Dort hatte sich auch gezeigt, daß ungleichmäßiges Ausschleusen, wobei der Druck erst rasch, dann langsamer gemindert wird, die Zahl der Erkrankungsfälle verringert.

Die vorn im Brustschild Arbeitenden sind ganz auf den Schutz durch die Druckluft angewiesen. Wenn diese einmal entweicht, dringen sogleich Sand und Wasser ein. Um die größere Zahl der Arbeiter, die weiter hinten mit der Herstellung der Ringe und dem Betonieren beschäftigt



604. Ursprünglicher Bauplan für die Spreeunterfahung an der Wallstraße

Diese liegt rechts von der Uferstraße Neu-Kölln am Wasser, die Stralauer Straße liegt links von dem vorläufig erst geplanten Rolandufer. Der Bau sollte ursprünglich in zwei Abschnitten innerhalb zweier mit ihren Köpfen übereinandergreifenden Gangedämme ausgeführt werden. Die Fertigstellung erfolgte jedoch nach Bild 608

sind, gegen solche Einbrüche unbedingt zu schützen, ist der Arbeitsraum durch eine Quervand im Brustschild von der Ausschachtammer abgetrennt. Als Durchgang durch diese Wand dient wiederum eine Schleuse. Wenn die Luftpressung im Schildraum verloren geht, wie es bei der Herstellung des ersten Spreetunnels mehrmals geschehen ist, dann dringt der Schlamm nur in den vorderen Teil des Brustschilbs ein. Die hier aufgestellten Arbeiter sind trotzdem nicht durchaus verloren; sie können sich auf eine Bühne im oberen Teil des Schilbs retten. Dort bleibt stets Luft von gewöhnlichem Druck zurück, die wie in einer Taucherglocke gefangen ist und das gänzliche Ausfüllen des Arbeitsraums mit Schlamm verhindert. Durch







605. Fangedamm für den ersten Bauabschnitt der Spreeunterfahung an der Wallstraße  
Unternehmerin war die Gesellschaft für den Bau von Untergrundbahnen in Berlin





Königgräzer Straße

### Leitungsanlage unter dem Potsdamer Platz

als Beispiel für den Umfang der Versorgungseinrichtungen, die verlegt werden müssen, wenn ein Schnellbahntunnel unter einer wichtigen Straßenkreuzung hindurchgeführt wird.  Kanalisationsleitungen,  Wasserleitungen,  Gasleitungen,  Postleitungen (Telegraphentabel, Fernsprechtabel, Rohrpost),  Starkstromkabel der Elektrizitätswerke,  Meldeleitungen der Feuerwehr. Nach Giese „Das zukünftige Schnellbahnetz für Groß-Berlin“. (Zu Seite 374)

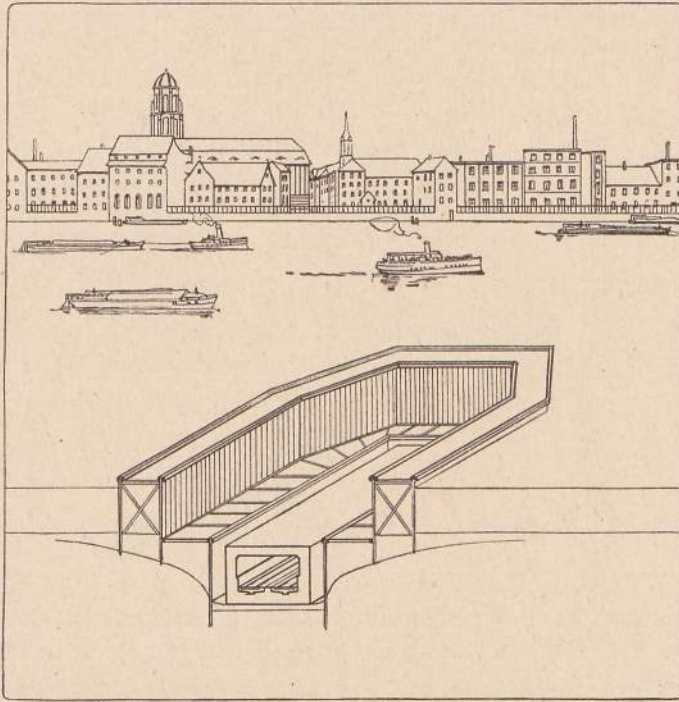


ein Mannloch im oberen Teil der Schleusenwand können die Arbeiter das Innere des Tunnels erreichen.

Es ist begreiflich, daß man diese immer etwas unheimliche Arbeitsmethode nur dann anwendet, wenn keine andere zur Verfügung steht. Auf Grund sehr eindringlicher Planungen gelang es, die drei bisher gebauten Schnellbahntunnel unter der Spree ohne Druckluft mit weit bequemeren Bauweisen herzustellen.

Die Spreekreuzung zwischen Wallstraße und Stralauer Straße im Zug der Strecke Spittelmarkt—Alexanderplatz ist als erste auf dem europäischen Festland unter freiem Himmel hergestellt worden. Eine besondere Beschaffenheit des Spreebetts gestattete diese Art des Vorgehens.

Der Fluß hat an jener Stelle eine solche Breite, daß es möglich ist, die Hälfte seines Laufs abzdämmen, ohne eine unzulässige Wasseranstauung oder Störung der Schifffahrt zu bewirken. Der Tunnel sollte daher in zwei Bau-



606. Der erste Teil der Spreeunterführung an der Wallstraße fertiggestellt

Das Tunnel-Bauwerk innerhalb des Fangedamms

abschnitten hergestellt werden. Die Arbeit begann damit, daß von einem der Spreeufer aus ein Fangedamm bis zur Mitte des Flusses vorgetrieben wurde. Er bildete einen im Grundriß rechteckigen Trog, der breiter war, als der künftige Tunnel werden sollte, und in seiner Länge durch die halbe Flußbreite bestimmt wurde. Die Wände des Fangedamms bestanden aus einer doppelten Reihe von wasserdicht gefügten Spundpfählen, zwischen die undurchlässiger Lehm geschüttet wurde. Auf diese Weise trennte man ein rechteckiges Stück des Flusses von dem offenen Bett ab und konnte das darin enthaltene Oberflächenwasser leicht auspumpen.

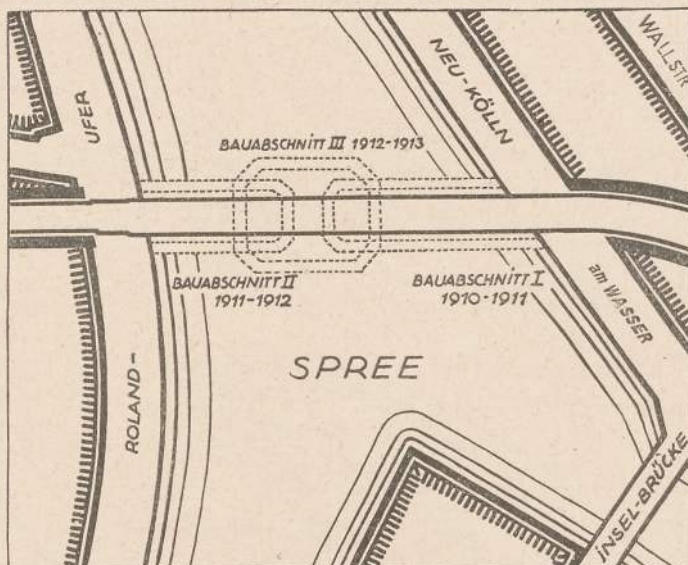
Nachdem dies geschehen war, trat die Sohle der Spree zutage, und damit begann erst der eigentliche Bau; denn der Tunnel mußte ja vollständig in das Erdreich unter dem Flußbett eingesenkt werden. Es erwuchs die gewiß ungewöhnliche Aufgabe, unter dem Bett eines im ganzen



607. Herstellung des Fangedamms für den zweiten Bauabschnitt der Spreeunterführung an der Wallstraße mit den Rammen zum Eintreiben der Spundpfähle für den Dammbau



unverändert hinfließenden Stroms einen trockenen Baugrund zu schaffen, da man nun nach der in den Berliner Straßen bewährten Art weiterbauen wollte und mußte. Hierzu wäre es an sich nur nötig gewesen, Rohrbrunnen in den Boden einzubringen und den Raum unterhalb des jetzt wasserlosen Fangedammes freizupumpen. Die Fangedammwände reichten jedoch nur ein kurzes Stück unter die Flußsohle hinunter, während der Grundwasser-See unergündlich tief ist. Das Trockenlegen des Raums unter dem Fangedamm war daher nur möglich, wenn man auch zu beiden Seiten weit darüber hinaus das Grundwasser fortschaffte. Die Böschungen des wasserlosen Tals im Untergrund mußten also weit jenseits der Fangedammwände unter der offenen Spree liegen. Wie sollte man nun aber pumpen, ohne das Ober-

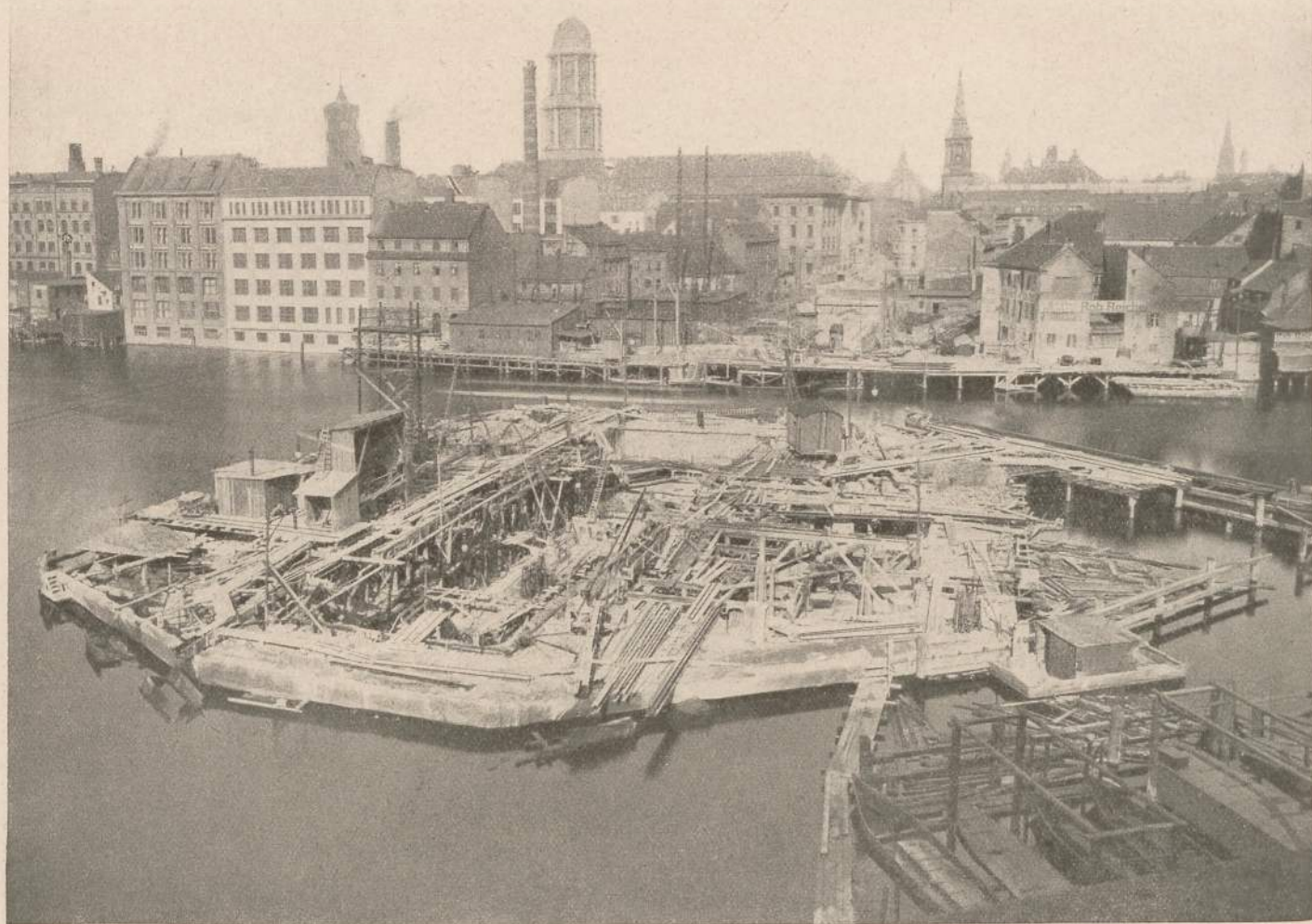


608. Endgültiger Bauplan für die Spreeunterföhrung an der Wallstraße

Der Tunnel mußte in drei, statt in zwei Bauabschnitten hergestellt werden, da der zweite Fangedamm unterspült und eingebrochen war

flächenwasser der Spree mit aufzuschöpfen?

Eine grundsätzliche Scheidung zwischen Grundwasser und Oberflächenwasser besteht ja im allgemeinen nicht. Beide pflegen ineinander überzugehen und sich miteinander zu vermischen. Wäre das auch an dieser Baustelle der Fall gewesen, so hätte man nicht weiter kommen können; denn niemand konnte natürlich daran denken, die Spree auszupumpen. Da aber war es nun eben der Fluß selbst, der den Tunnelbauern entgegenkam. Unter ihm zieht sich eine Schicht hin, die in freundschaftlicher Weise ganz von selbst das Oberflächenwasser und das Grundwasser voneinander trennt. Die Sohle der Spree ist völlig undurchlässig. Im Lauf der Jahrtausende sind so viele pflanzliche und tierische Stoffe durch das Flußbett hindurchgefallen, daß sie drunten, im langsam fließenden Wasser sich ansammelnd, eine mehr



609. Die Spreeinsel

Ringförmiger Fangedamm inmitten des Spreebette zur Vollendung des dritten Bauabschnitts für die Spreeunterföhrung an der Wallstraße



als meterhohe filzig = fette Schicht bilden, durch die kein Wassertropfen hindurchkann.

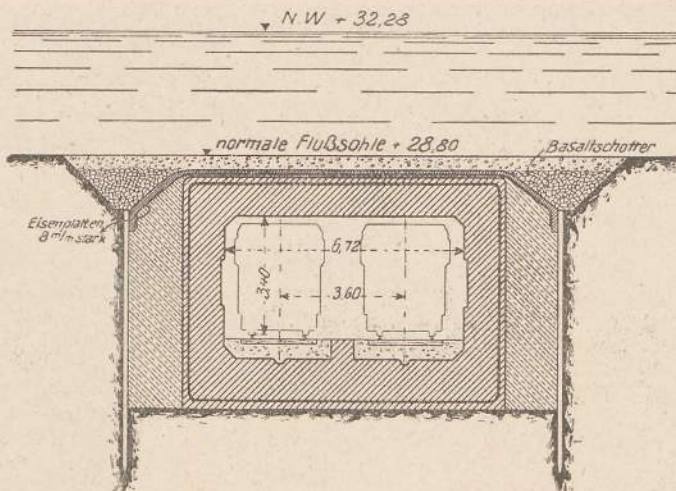
Das Flußwasser ist über dieser Schicht wie in einem Gefäß gelagert. Das Grundwasser steht darunter, ohne eine Verbindung mit dem Oberflächenwasser zu haben. Die Pumparbeit wurde dadurch einfach. Man brauchte nur innerhalb des Fangedamms die Rohrbrunnen in alter Weise einzutreiben, sie an die Saugleitung anzuschließen und zu pumpen. Das wasserlose Tal unter dem Fluß ward nun zur

Wirklichkeit. Hierauf konnte die trockengelegte Schlamm- schicht im Fangedamm abgehoben, der gewöhnliche Sand erreicht werden, und dann arbeitete man weiter, wenn auch in größerer Tiefe, gerade so, als ob man einen Tunnel in einer Straße zu bauen gehabt hätte.

Rasch und ohne Störungen wurde die erste Hälfte des Flußtunnels in Eisenbeton vollständig fertiggestellt und vorn, in der Flußmitte, vorläufig durch eine dicke Kopfwand abgeschlossen. Dann brach man den Fangedamm ab, so daß die Spree nun wieder ihr altes Bett voll durchströmen konnte. Dies war ihr jedoch nur für kurze Zeit erlaubt. Denn alsbald wurde ein gleicher Fangedamm vom anderen Spreeufer her vorgestreckt und so weit geführt, daß der Kopf des bereits fertiggestellten Tunnelstücks innerhalb seines Bereichs lag.

Wiederum schöpfte man das eingeschlossene Oberflächenwasser ab, senkte das Grundwasser, grub aus und begann die zweite Tunnelhälfte einzubauen in der Absicht, sie mit dem bereits fertigen Teilstück aus dem ersten Bauabschnitt innerhalb des Fangedamms zu verbinden. Alles wäre auch jetzt gut gegangen, wenn nicht eines Tags das Spreewasser sich einen Weg in den Fangedamm-Raum gebahnt und diesen völlig überschwemmt hätte.

Die Möglichkeit hierzu war durch den beispiellos schlechten Baugrund gegeben, auf den man den Fangedamm hatte setzen müssen. Der durch und durch morastige Boden war auf die Dauer nicht imstande gewesen, dem Druck des hochstehenden Spreewassers zu widerstehen. Das Wasser sickerte zu- zuerst in dünnen Fäden unter den Pfostenenden ein, schließlich wurde ein großer Schlamm-



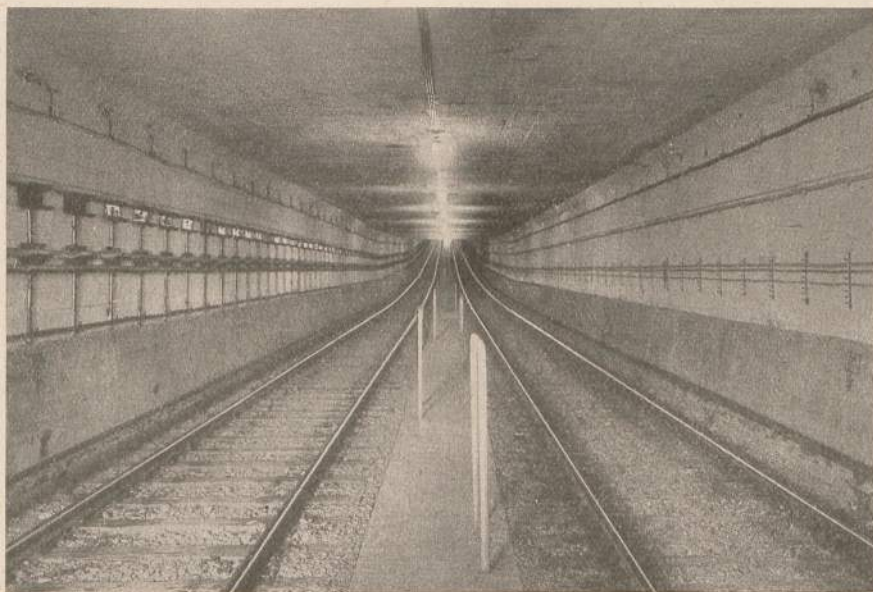
610. Querschnitt durch den Spreetunnel an der Wallstraße

Leipziger Platz. Der Betrieb auf der Strecke im Stadttinnern mußte für einige Wochen eingestellt werden, bis die schwierige Abdichtung vollendet und das Wasser wieder entfernt war.

Das Gelingen des gesamten Flußtunnelbaus war eine Zeitlang gänzlich in Frage gestellt. Denn man wußte zunächst nicht, wie man der vom Wasser bedeckten Fehlerstelle beikommen sollte. Die Unternehmerin, die Gesellschaft für den Bau von Untergrundbahnen, bewährte aber nun erst ihre ganze technische Kraft, indem sie durch einen völlig neuen Bauplan das Werk dennoch zu Ende zu führen vermochte.

Der eingebrochene Fangedamm wurde verkürzt und durch eine näher an das Ufer gesetzte Querwand verschlossen. Hier- auf konnte das zweite Tunnelstück fertig vorgestreckt werden, das nun allerdings das erste nicht mehr erreichte. Nach Beseitigung des zweiten Fangedamms wurde alsdann ein im ursprünglichen Bauplan nicht vorgesehener dritter Damm in Form eines Rings mitten in die Spree gebaut, und unter seinem Schutz vereinigte man die beiden getrennten Tunnel- stücke. Diese sehr schwierige Arbeit gelang vortrefflich, und fortan ist der fertige Tunnel vor jedem Einbruch des glatt hinüberfließenden Spreewassers unbedingt gesichert.

Der Raum, der überall zwischen den inneren Fangedamm- Spundwänden und dem äußeren Rand der Tunnelwände vorgesehen war, damit diese bequem aufgeführt werden konnten, wurde mit Beton ausgefüllt. Über die Tunnel- decke ist zunächst ein Schutzblech von acht Millimetern Stärke gelegt, das zur Ver- hinderung des Weg- rostens mit Beton belegt ist, und dar- über noch eine Schicht von Basalt- schotter und Sand eingebracht. Auf



611. Blick in den Spreetunnel an der Wallstraße  
Im Hintergrund die zum anschließenden Straßentunnel hinaufführende Rampe

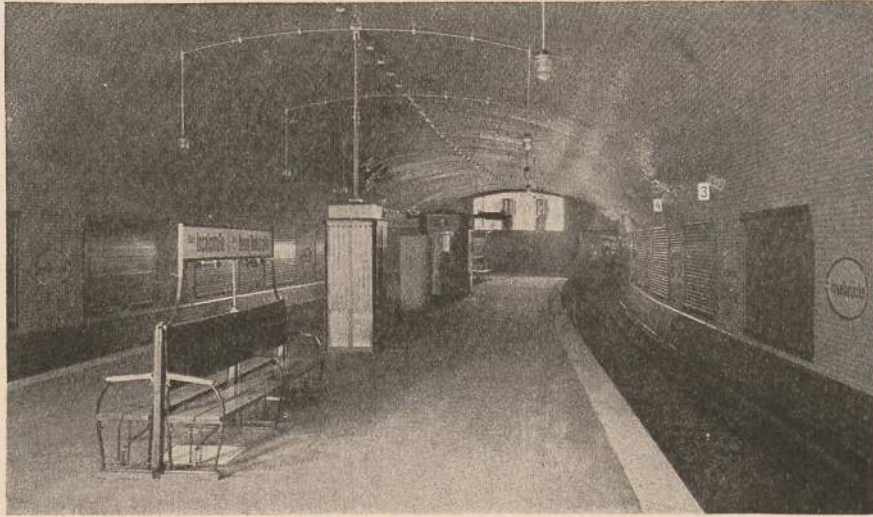


diese Weise ist die Tunneldecke gegen alle Angriffe von oben her geschützt; weder niederfallende Schiffsanker, noch die von Schiffen eingestoßenen Stangen können sie beschädigen.

Der Bahnhof Inselbrücke liegt in der Rampe, die zum Flußtunnel hinunterführt und daher in einer für Berlin ungewöhnlichen Tiefe unter dem Straßenlaster. So wurde es möglich, ihm an Stelle der flachen Decke eine schöne Wölbung zu geben. Durch ihre einfache, zieratlose Auslegung mit glatten glänzenden Verblendsteinen ist diese Bahnhofshalle die schönste im Berliner Untergrund.

Als die Pläne für die Unterfahung der Spree durch die AEG-Bahn zwischen der Jannowitz- und der Waisenbrücke erörtert wurden, mußte man von vornherein von einer Wiederholung der Bauart Abstand nehmen, die eben beschrieben wurde. Denn während an der Wallstraße ein sehr breiter Flußteil zur Verfügung stand, ist die Spree in der Nähe der Jannowitzbrücke nur schmal und zudem von einer sehr lebhaften Schifffahrt in Anspruch genommen. Das aufeinanderfolgende Abdämmen von jeweils der Hälfte des Flußlaufs kam hier nicht in Frage. Und zu einem noch häufiger unterteilten Bau in offener Grube konnte man sich nach den gemachten Erfahrungen nicht entschließen. Es wurden verschiedene Vorschläge zur Lösung der Aufgabe gemacht. Unter anderem dachte man auch an die in Paris bei der Unterfahung der Seine an der Cité-Insel angewendete Bauart.

Diese ist besonders eigenartig gewesen. Das Tunnelbauwerk für jeden der beiden Seine-Arme wurde nämlich fernab von der Bahnlinie, einem Schiff ähnlich, auf einer Helling in zwei Hälften fast völlig fertig gebaut, dann zu Wasser gelassen und durch Schlepper auf dem Fluß herangeführt. Die mächtigen Eisenbetonkörper schwammen leicht auf dem

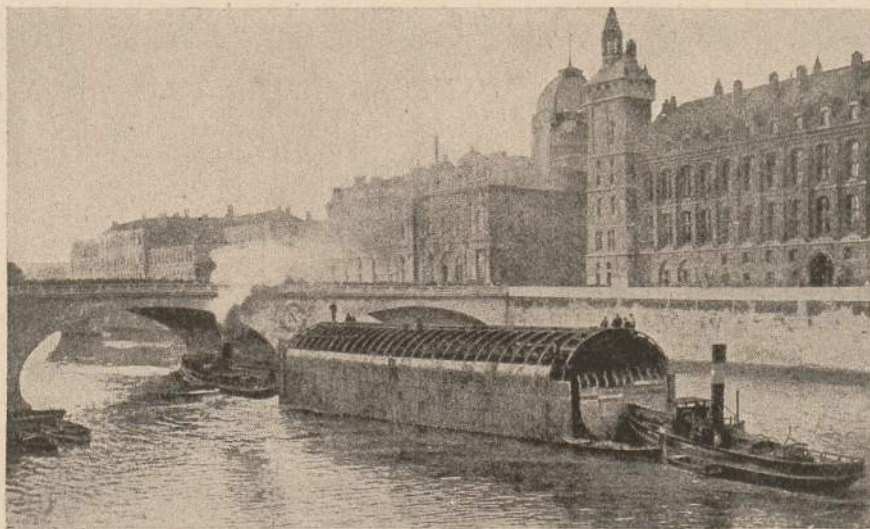


612. Bahnhof Inselbrücke

Diese Haltestelle liegt bereits in der Rampe, die zur Spreeunterfahung an der Wallstraße hinabführt. Der Bahnhof konnte daher wegen seiner für Berlin ungewöhnlich großen Tiefenlage eine sehr hohe, gewölbte Decke erhalten. Der Ausbau erfolgte nach Plänen von Professor Grenander

gebildeten Ansätzen auf, die Bild 614 zeigt. Vorn und hinten waren gleichfalls derartige spitz zulaufende Untersätze angebracht. Der Erdboden unten, der Kastenboden oben und die vier Wände zu den Seiten bildeten einen von der Außenwelt gänzlich abgetrennten Raum auf der Flußsohle.

Durch ein in den Kastenboden geschlagenes Loch wurde dann ein senkrechttes Rohr von großem Durchmesser hiermit in Verbindung gebracht und durch Einlassen von Druckluft das Grundwasser aus dem allseitig abgeschlossenen Raum nach unten hinausgetrieben. Auf diese Weise gewann man ähnlich wie bei dem Berliner Bau eine Arbeitskammer. In dieser wurde jedoch nicht vorwärts, sondern senkrecht nach unten gegraben. Man hob den Boden der Seine in der ganzen Ausdehnung der Kammer aus. Der nur mit vier Schneiden aufstehende Eisenbetonkasten mußte entsprechend dem Bodenaushub nachsinken. Es wurde so lange gegraben, bis sein höchster Punkt sich in genügender Tiefe unter der Flußsohle befand. Dann füllte man die Arbeitskammer mit Beton aus, so daß eine fertige Tunnelhälfte in fester Einsenkung dastand.



613. Vorbereitung zum Bau der Seineunterfahung an der Cité-Insel in Paris

Einer der beiden in einer Werkstätte am Seineufer hergestellten Halbtunnel wird schwimmend von Schleppdampfern zur Baustelle gebracht. Nach Wittig „Die Weltstädte und der elektrische Schnellverkehr“

Wasser, da ja jeder von ihnen einen sehr großen Hohlraum einschloß. Nachdem der Kasten an den Bestimmungsort gebracht und sorgfältig so gerichtet war, wie er später unter dem Fluß zu liegen hatte, wurde die Decke, die bisher nur ein Eisengerippe darstellte, gleichfalls mit Beton ausgefüllt und das Gewicht des Körpers dadurch so erhöht, daß er bis auf die Flußsohle unter sank. Er setzte sich auf diese mit schneidenartig aus-

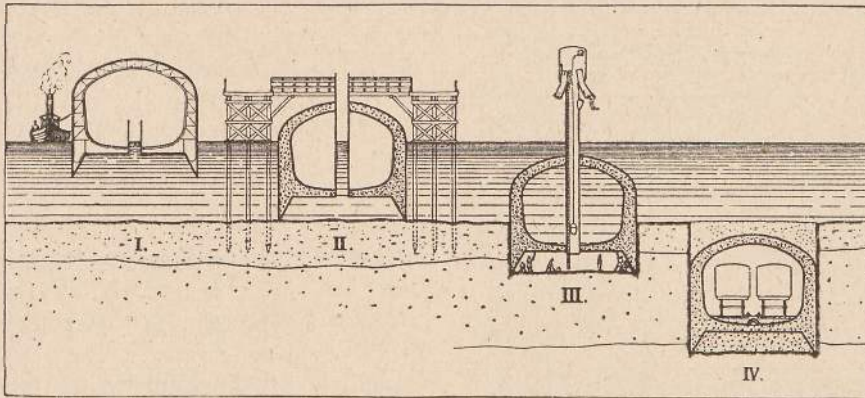
In gleicher Weise wurde der zweite Halbtunnel eingebracht und darauf die Verbindung der beiden Teile unter Wasser hergestellt. Diese Dichtungsarbeit erwies sich jedoch als so schwierig und teuer, daß man von einer Wiederholung der Bau-



weise sowohl in Paris wie auch in Berlin Abstand genommen hat. Hier wurde der AEG-Spreetunnel nach einem Verfahren hergestellt, das von den Ingenieuren der Firmen Siemens & Halske und AEG gemeinschaftlich ausgearbeitet worden war.

Als Ziel wurde erstrebt, den Wasserquerschnitt des Flusses während des Tunnelbaus möglichst wenig in Anspruch zu nehmen, um Störungen der Schifffahrt zu vermeiden. Es mußte also dafür gesorgt werden, daß der größte Teil der Bauausführung unterhalb des Wassers und in solcher Weise vollzogen wurde, daß droben gar keine störenden Einbauten mehr nötig waren. Da man das Druckluftverfahren durchaus vermeiden wollte, so mußte auf andere Weise dafür gesorgt werden, daß das Ausschachten unterhalb des ungestört dahinziehenden Flusses möglich wurde.

Zu diesem Zweck wurde der Sandboden des Flusses



614. Versenkung eines Halbtunnels für die Unterfahrung der Seine

I. Der Tunnel, dessen Seitenwände und Decke noch nicht ausbetoniert sind, ist schwimmend in die richtige Lage gebracht. II. Nach Vollendung der Betonierung ist das Bauwerk innerhalb eines Spundpfahlgerüsts auf den Flußboden gesunken. Es berührt diesen mit scharfen Schneiden. III. Abgraben des Bodens in einer Arbeitskammer unter der Tunnelsohle. Das Wasser ist durch Druckluft entfernt. Am Kopf des senkrechten Rohrs eine Schleuse. IV. Endgültige Stellung des Halbtunnels



615. Blick in die Arbeitskammer unter dem Seinetunnel

Die Kammer ist mit Druckluft gefüllt. Ein Arbeiter steigt auf der Leiter durch das senkrechte Rohr zur Durchlassschleuse auf. Rechts und links die schrägen Wände der schneidenförmigen Tunnelfüße

in der Erstreckungsrichtung des künftigen Tunnels und in ziemlich weit ausladender Breite durch eine hineingebaute tragfähige Decke ersetzt. Diese wurde auf beiden Seiten von vorweg eingerammten eisernen Spundwänden getragen, die von einem Ufer des Flusses zum anderen reichten. So entstand ein fester Kasten, oben durch die Decke, zu beiden Seiten durch die Spundwände begrenzt, innerhalb dessen die Grabarbeit unabhängig von der Außenwelt vorgenommen werden konnte. Der Wasserquerschnitt des Flusses wurde nur während der verhältnismäßig kurzen Zeit in Anspruch genommen, in der die Herstellung dieses Kastens erfolgte. Die sehr viel länger dauernde Errichtung des eigentlichen Tunnelkörpers konnte dann vor sich gehen, während droben die Schiffe gänzlich ungestört dahinfuhren.

Da die Wassertiefe auch hier nicht verringert werden durfte, mußte die Schutzdecke

Da die Wassertiefe auch hier nicht verringert werden durfte, mußte die Schutzdecke

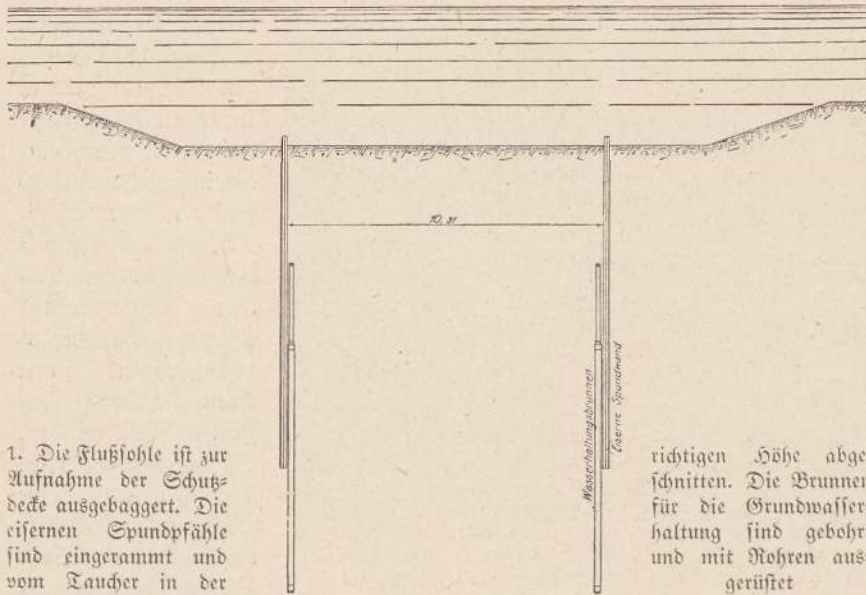


616. Baubeginn der Spreetunnelachse für die AEG-Bahn

Erbauer Siemens & Halske

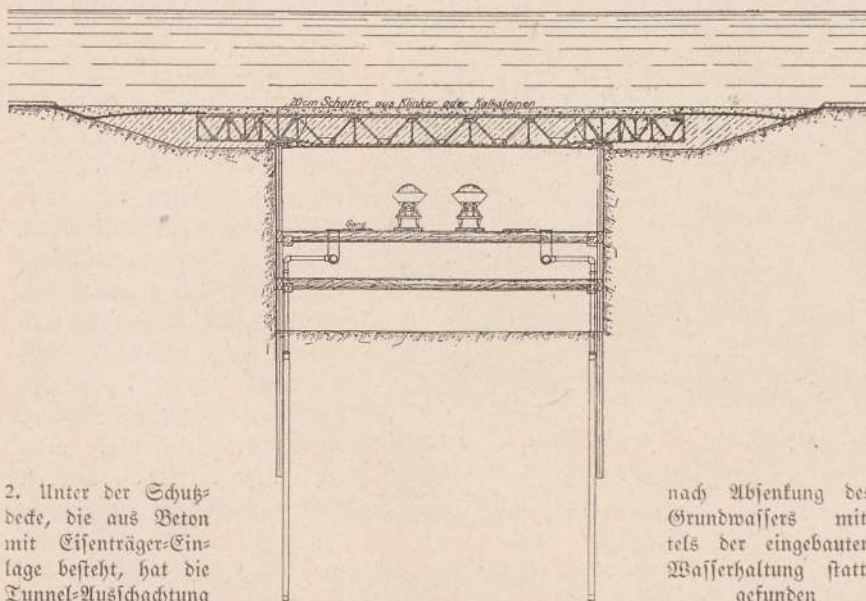
Die Tunnelachse bildet eine Diagonale in dem Viereck zwischen der Waisenbrücke im Vordergrund und der Jannowibridge im Hintergrund des Bildes. Die Rammen auf dem Gerüst treiben die eisernen Spundpfähle ein, auf welche später die Schutzdecke in der Flußsohle gesetzt worden ist





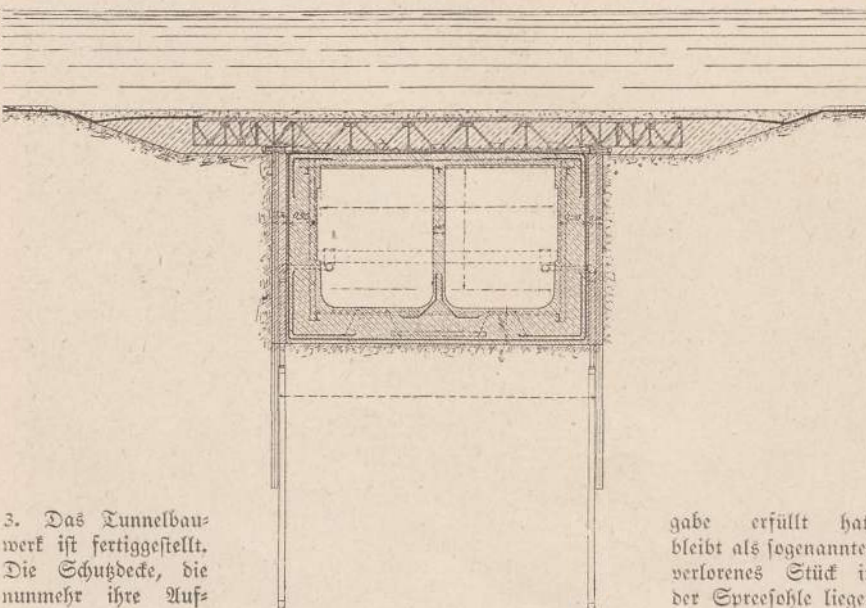
1. Die Flußsohle ist zur Aufnahme der Schutzdecke ausgebaggert. Die eisernen Spundpfähle sind eingerammt und vom Taucher in der

richtigen Höhe abgeschnitten. Die Brunnen für die Grundwasserhaltung sind gebohrt und mit Rohren ausgerüstet



2. Unter der Schutzdecke, die aus Beton mit Eisenträger-Einlage besteht, hat die Tunnel-Ausschachtung

nach Absenkung des Grundwassers mittels der eingebauten Wasserhaltung stattgefunden



3. Das Tunnelbauwerk ist fertiggestellt. Die Schutzdecke, die nunmehr ihre Auf-

gabe erfüllt hat, bleibt als sogenanntes verlorenes Stück in der Spree-sohle liegen

617. Bauabschnitte bei der Herstellung der Spreeunterführung für die AEG-Bahn

so eingelegt werden, daß ihre Oberfläche in gleicher Höhe mit der Flußsohle lag. Es wurde deshalb zunächst durch Bagger eine Bodenrinne von Ufer zu Ufer hergestellt, deren Tiefe so groß war wie die Stärke der Decke. Als dann wurden zu beiden Seiten dieser Rinne in etwas größerer Entfernung von einander, als die Breite des eigentlichen Tunnelbauwerks betragen sollte, Spundwände gerammt. Die Rammten standen dabei auf einem kurzen Gerüst, das mit dem Fortschreiten der Eintreibarbeit sehr langsam von einem Flußufer bis zum anderen hinüberwanderte. Die Rammwände bestanden aus einzelnen Pfosten von starkwandigem Blech und zeigten U-förmigen Querschnitt. Die Ränder dieser Larssen-Eisen waren umgebördelt und so geformt, daß immer der Bördelrand des folgenden Pfostens in den des vorher gerammten eingeschlagen werden konnte (Bilder 618 und 619). Durch diese ineinanderfügen wurden die Spundwände wasserdicht, ohne daß es notwendig war, Dichtungstoff einzulegen. Die kräftigen Schläge der Rammten trieben die Bördelränder eben glatt und lückenlos ineinander.

Die Pfosten ragten nach dem Einrammen zunächst mit ihren Köpfen noch über den Flußspiegel hinaus, da die Bären selbstverständlich nicht in das Wasser hineinschlagen konnten. Die Eisen mußten daher nachträglich auf der Sohle der Baggerrinne abgeschnitten werden. Dies geschah in sehr eigen tümlicher Weise durch Unterwasserarbeit. Ein Taucher wurde hinabgelassen, und in langsamer, mühseliger Arbeit trennte er die überschüssige Länge der Pfosten ab. Als Werkzeug benutzte er hierzu die Flamme eines mit Ätzen und Sauerstoff gespeisten Schneidebrenners (Bilder 620 und 621).

Es erscheint zunächst sehr merkwürdig, daß es möglich sein soll, unter Wasser mit Feuer zu arbeiten. Ohne die Anwendung eines besonderen Kunstgriffs wäre dies auch nicht ausführbar gewesen. Es war dafür gesorgt, daß in der Nähe der Mündung des Schneidebrenners Sauerstoff außerhalb der Flamme ausströmte, der das Wasser forttrieb. Innerhalb der Sauerstoffatmosphäre konnte das Feuer der Gas-mischung dauernd unterhalten werden. Die sonst sehr hohe Hitze des Schneidebrenners wurde aber durch das stets in der Nähe liegende Wasser stark herabgemindert, so daß das Durchschmelzen der Pfosten nur langsam vor sich ging. Nach einigen Monaten war die seltsame Arbeit jedoch glücklich vollendet.

Nun wurden in geringen Abständen voneinander eiserne Fachwerkkörper in kleinen, fest verbundenen Abteilungen dicht über dem Wasserspiegel wagerecht ausgelegt und eine dieser Abteilungen nach der anderen auf die Köpfe der Spundwandpfosten hinabgelassen.



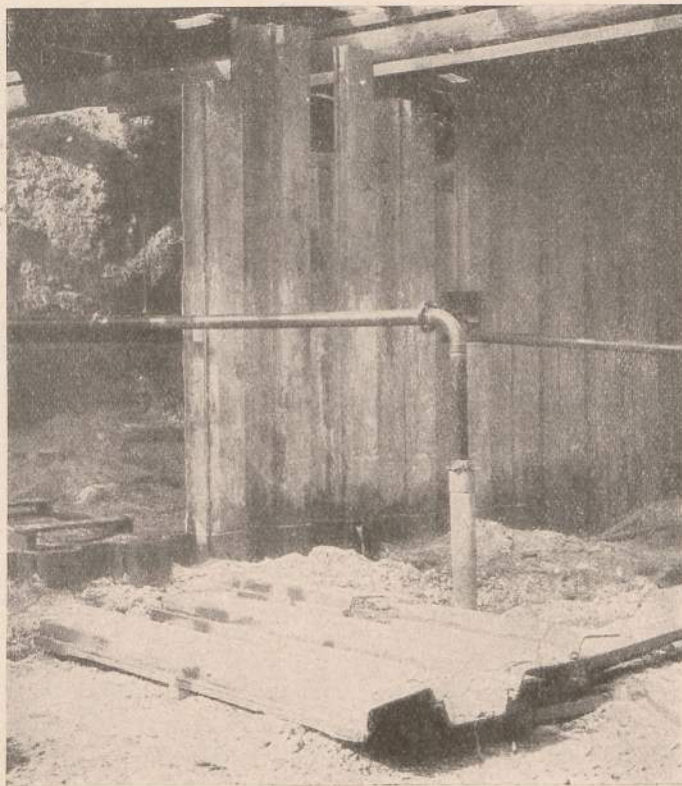
Darauf beschüttete man die Träger von oben her mit Beton. Dieser erhärtet auch unter Wasser, so daß auf diese Weise wirklich eine sehr starke und tragfähige Decke auf dem Boden des Flusses entstand.

Unter dieser wurde dann von den beiden anschließenden Rampen her ausgeschachtet. Vorher war jedoch wiederum Absenken des Grundwassers notwendig. Um dies bewirken zu können, waren bereits vor Herstellung der Decke, zugleich mit dem Rammen der Spundwände, Rohrbrunnen von oben her durch das Wasser eingebracht und die Rohre vorläufig oben mit Pfropfen verschlossen worden. Beim Ausschachten wurde dann einer dieser Brunnen nach dem anderen freigelegt, so daß der Anschluß an die Wasserhaltungen auf den Rampen hergestellt werden konnte.

Man hegte in Kreisen der Tiefbau-Ingenieure eine Zeitlang Mißtrauen gegenüber dieser Bauart, weil ja die ganze Schutzdecke unter Wasser hergestellt, also der prüfenden Beobachtung entzogen war. Insbesondere wurde es als recht fraglich angesehen, ob sich die wagerechten Träger auch vollkommen wasserdicht auf die Spundpfosten-Köpfe auflegen würden. Das war aber von ausschlaggebender Bedeutung, da, wenn hier keine vollkommene Dichtung entstand, beim Absenken des Grundwassers Spreewasser eingedrungen wäre. Um das zu verhüten, war zwischen die wagerechten Träger und die Spundwandränder eine Bergpolsterung eingelegt, die durch das auf ihr lastende Gewicht wasserdicht angepreßt werden sollte. In der Tat gelang der Abschluß hierdurch vollkommen; man konnte die Tunnelbaustrecke unter der Betondecke vom Grundwasser freipumpen, ohne daß eine irgendwie in Betracht kommende Spreewassermenge eindrang. Der Bau wurde glücklich vollendet, und das neue Kühne Verfahren ist heute Besitztum der Tiefbautechnik.

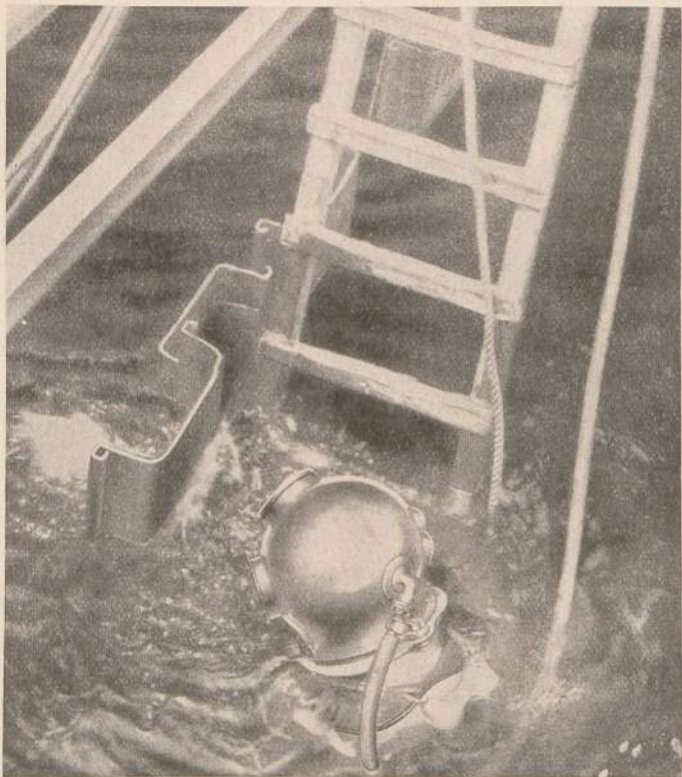
Der dritte Schnellbahntunnel unter der Spree, der vierte Spreetunnel überhaupt, liegt im Zug der Nord-Süd-Bahn durch die Friedrichstraße. Seine Bauart stellt eine Vereinigung zwischen den an der Wallstraße und an der Zannowitzbrücke angewendeten Verfahren dar. Auch hier wurde eine Schutzdecke auf dem Boden des Flusses eingebaut; man stellte sie jedoch nicht im Massen her, sondern unter freiem Himmel innerhalb dreier Fangedämme in drei aufeinanderfolgenden Abschnitten. Die hölzerne Schutzdecke wurde auf hölzernen Spundwänden gelagert und innerhalb des so entstandenen Kastens der Tunnel in üblicher Weise durchgeschachtet, während oben das Spreewasser längst uneingeschränkt über das Bauwerk dahinflöß.

Eine besondere Schwierigkeit erwuchs bei der Anlegung dieses Tunnels noch dadurch, daß die an gleicher Stelle über den Fluß führende große Straßenbrücke abgebrochen und später aufs neue hergestellt werden mußte. Die Bahnstrecke war nämlich mitten durch die vier aus massiven Mauern bestehenden Pfeiler der Weidendammer Brücke zu führen, in denen entsprechende Aussparungen nicht hergestellt werden konnten. Die Pfeiler mußten daher gänzlich abgebrochen werden. Sie sind nach Vollendung der Schutzdecke in neuer Form wiedererstand, indem an die Stelle der vier Mauerklöße, auf denen die Brücke ursprünglich ruhte, acht mächtige Betonpfosten getreten sind, von denen vier diesseits, vier jenseits des Tunnels stehen. Da dessen Rücken mit der Brückenlast nicht beansprucht werden durfte, so wurde immer auf je zwei der Betonstützen ein eisernes, mit Ziegeln verblendetes Tragwerk von beträchtlichen Abmessungen gelegt, das quer über den Tunnel hinübergreift. Auf den vier so entstandenen Querträgern, deren jeder



618. Larssen-Wand

Eiserne Spundpfähle zum Tragen der Schutzdecke für die Spreeunterföhrung der AEG-Bahn auf einer der Rampen an einer Stelle, die oberhalb des Grundwasserspiegels liegt. Die Wand ist wasserdicht, weil jedes der Larssen-Eisen in eine Umbördelung des vorhergehenden getrieben ist. An den liegenden Eisen ist im Vordergrund die Vereinigungsstelle zu erkennen. Die Spundpfähle ganz links sind bereits in der richtigen Höhe abgeschnitten. Auf diese Köpfe wurde die Schutzdecke aufgelegt. Siemens-Bau-Union, Berlin



619. Der Taucher geht auf den Grund der Spree um dort mit dem Schneidebrenner die jetzt noch über das Wasser ragenden Spundpfähle in der richtigen Höhe abzuschneiden. Dicht neben dem linken Leiterholm sieht man die Zusammenfödelung der Larsseneisen. An der weiter vorn liegenden Stelle ist beim Rammen die eine Bördelung abgerissen, jedoch nur so weit, wie der abzuschneidende Teil reicht



für sich bereits eine sehr kräftige Brücke darstellt, ruht dann erst das eigentliche Brückenbauwerk.

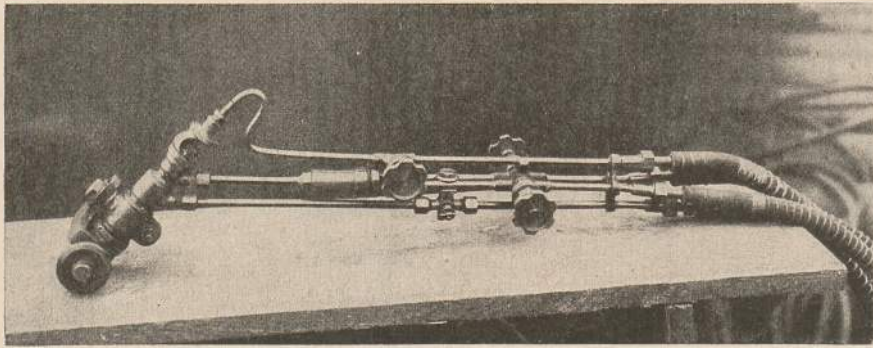
Der Bau der Nord-Süd-Bahn forderte am Halleschen Tor auch eine Unterfahung des Landwehrkanals. Hier war Platz genug, seitlich an der alten Straßenbrücke vorbeizugehen. Das Bauverfahren ist dem eben geschilderten ähnlich gewesen.

\*

Die Schlachten, welche die Berliner Schnellbahnbauer mit dem Grundwasser und mit der Spree auszufechten hatten, sollten nicht die einzigen Kämpfe bei der Führung der Bahnlinien durch die Innenstadt bleiben. Nicht immer standen genügend breite und in günstiger Richtung liegende Straßenzüge zur Verfügung, häufig genug war es notwendig, bebaute Viertel zu durchschneiden.

Der schwerste Zusammenstoß zwischen Schnellbahn und Häuserfundamenten trug sich, wie bereits erwähnt, zu, als man vom Potsdamer Platz zum Spittelmarkt weiterstreiten wollte. Zwei sehr große Grundstücke waren hier zu unterfahren. (Bild 581, Seite 359.) Bei der Neuerrichtung des Hotels Fürstenhof zwischen Königsgräber Straße und Leipziger Platz sowie des Warenhauses Wertheim zwischen Leipziger Straße und Boßstraße wurde die Tunnelanlage sogleich mit in die Keller eingebaut. Eine besonders schwierige Bauaufgabe war die Durchschreitung des Fürstenhofs, weil in dem Untergeschoß dieses Hauses kein einfaches Tunnelrohr, sondern ein Bahnhof untergebracht werden mußte.

Die Haltestelle Potsdamer Platz liegt zum Teil unter dem Hotel. Der Bauherr erteilte nach langen und sehr schwierigen Unterhandlungen die Bauerlaubnis nur unter der Bedingung, daß jegliches Bahngeräusch von dem Haus ferngehalten werde. Die Hochbahngesellschaft mußte die Verpflichtung übernehmen, die Wertminderung jedes Hotelzimmers abzugelten, die dadurch entstehen würde, daß Erschütterungen, Geräusche oder irgendeine andere Störung sich durch die Zugfahr-



620. Schneidebrenner

mit dessen Flamme die Spundpfähle für die Spreeunterfahung der AEG-Bahn unter Wasser abgeschnitten worden sind. Das Mundstück ruht auf Rädern, die während des Arbeitens auf die Larssen-Eisen aufgelegt werden und ein sicheres Führen des Brenners gestatten. Die zwei unteren, zum Mundstück laufenden Rohre führen Acetylen und Sauerstoff für die Unterhaltung der sehr heißen Flamme zu. Das obere Rohr läßt reinen Sauerstoff vor der Brenneröffnung austreten, der das Wasser zurückdrängt und der Flamme die Brennmöglichkeit gibt

Man ging bei der Bauausführung von dem Grundsaß aus, das in das Haus hineinzulegende Tunnelstück vollständig losgetrennt von den umschließenden Räumen zu errichten. Diesseits und jenseits der Betonwände, die den Bahnhof seitlich begrenzen, wurden drei Meter breite Parallelmauern gezogen, auf denen die Hauslast ruht. Ein sehr schweres Eisentragwerk ist darüber gelegt, und wegen der großen Spannweite war auch noch die Aufführung von Mittelpfeilern notwendig. Man sieht auf dem Bahn-

steig der Haltestelle Potsdamer Platz sehr kräftige Pfosten stehen. Es sind die Stützen für den darüber liegenden Hotelbau (Bild 624). Mit breiten Füßen ruhen sie unmittelbar auf dem gewachsenen Grund auf, indem sie den Boden und die Decke des Bahntunnels durchstoßen. Die quadratischen Ausschnitte in Sohle und Decke des Tunnels sind größer gehalten als der Querschnitt der Pfosten und durch je vier senkrechte Betonwände miteinander verbunden, welche die eisernen Pfeiler umhüllen, gleichsam einen Stulp darüber bilden. Zwischen die Tragmauern und die Bahnhofswände sowie zwischen die Mittelpfeiler und die umhüllenden Stulpwände, die einander an keiner Stelle unmittelbar berühren, ist eine schalldämpfende Schicht eingebracht. Sie besteht aus feinkörnigem Kies, der mit Sand vermischt ist. Das Fernhalten jeder Erschütterung und jedes Geräusches von dem Hotel ist durch diese Bauart in vollkommener Weise erreicht worden.



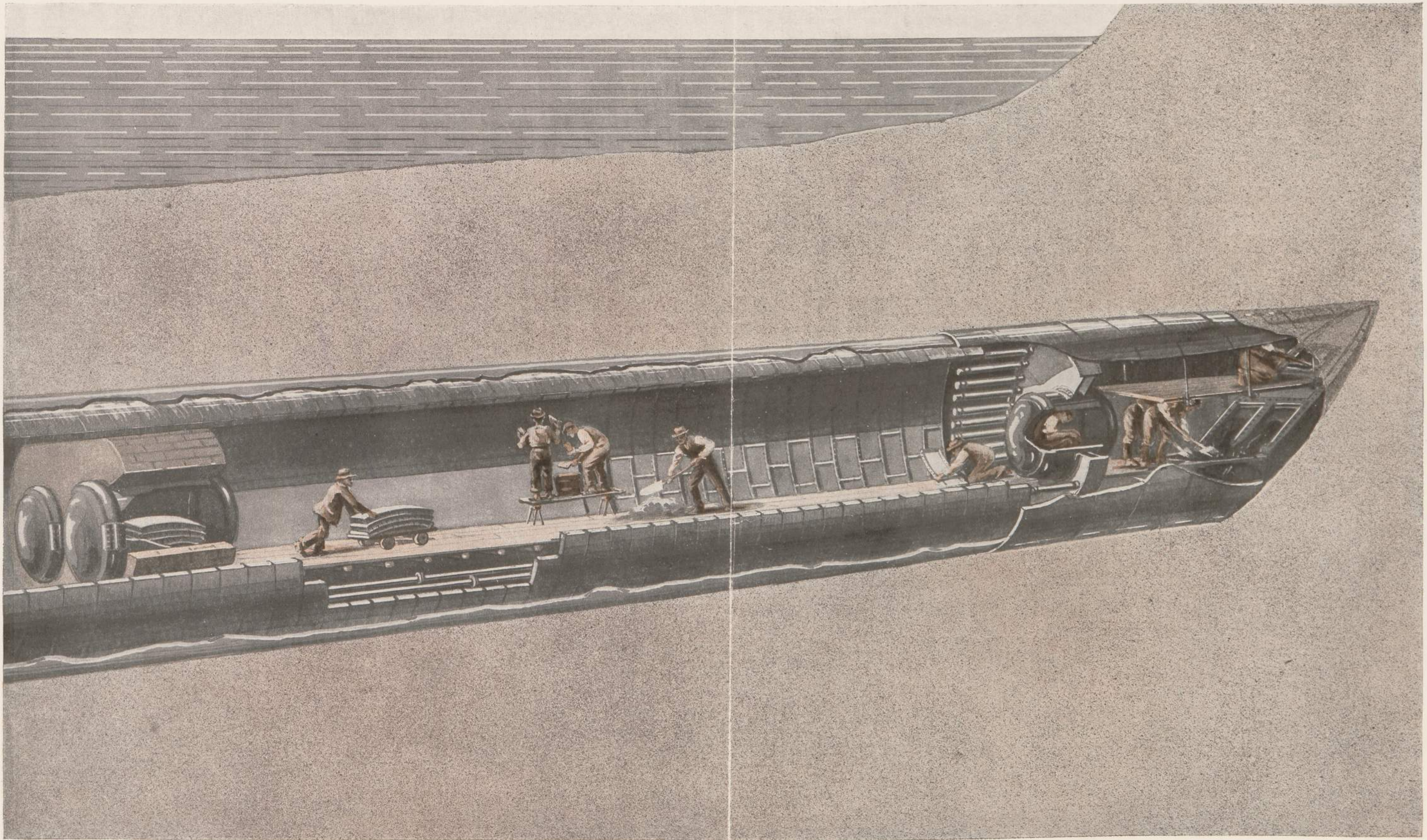
621. Arbeiten mit dem Schneidebrenner in einer Werkstatt

Durchschneiden eines großen Eisenklozes mit der Acetylen-Sauerstoff-Flamme. Chemische Fabrik Griesheim-Elektron in Frankfurt a. M.

In seinem material- und aufschlußreichen Werk „Führung der Berliner Hoch- und Untergrundbahnen durch bebaute Viertel“

ten darin bemerkbar machten. Die Gefahr, daß dies der Fall sein würde, lag an dieser Stelle in besonders hohem Maß vor, da ja die Züge hier nicht glatt über eine durchgehende Strecke laufen, sondern im Bahnhof abgebremst werden und wieder anfahren müssen. Nur das sichere Vertrauen auf die Kunst ihrer Ingenieure konnte die Hochbahngesellschaft bewegen, das große Wagnis zu unternehmen.

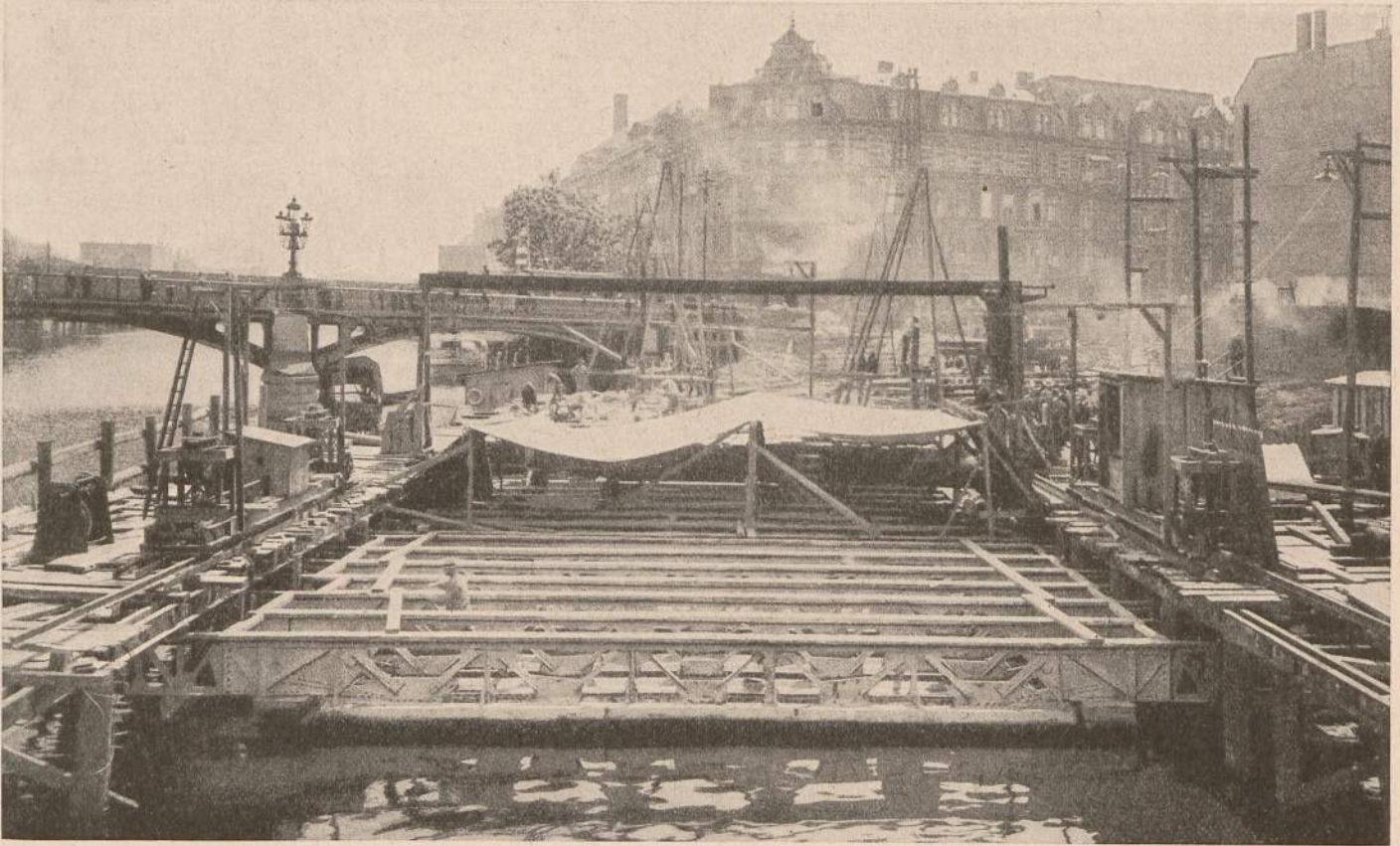




Bau des ersten Tunnels unter der Spree zwischen Stralau und Dreptow

Die Ausführung erfolgte in den Jahren 1895—97 durch die Gesellschaft für den Bau von Untergrundbahnen nach dem Preßluftverfahren. Das Rohr stand während der Bauzeit stets unter einem Luftdruck von zwei Atmosphären. Von links nach rechts: Schleusen zum Einlassen von Baumaterialien und Menschen — Fertiges Tunnelstück — Eiserne Tunnelringe, die noch nicht mit Beton ausgekleidet sind — Wasserpressen zum Vorfchieben des Brustschilds, der wie eine Manschette die Außenwand des Tunnelrohrs umgreift — Einlaßschleuse zum Brustschild — Abgraben des Sands vor dem Brustschild durch geöffnete Schiebetüren. Unter den Bohlen der Fahrbahn Einlaß- und Auslaßrohr für das Preßwasser, durch das der abgegrabene Sand hinausgespült wurde. (Zu Seite 375)





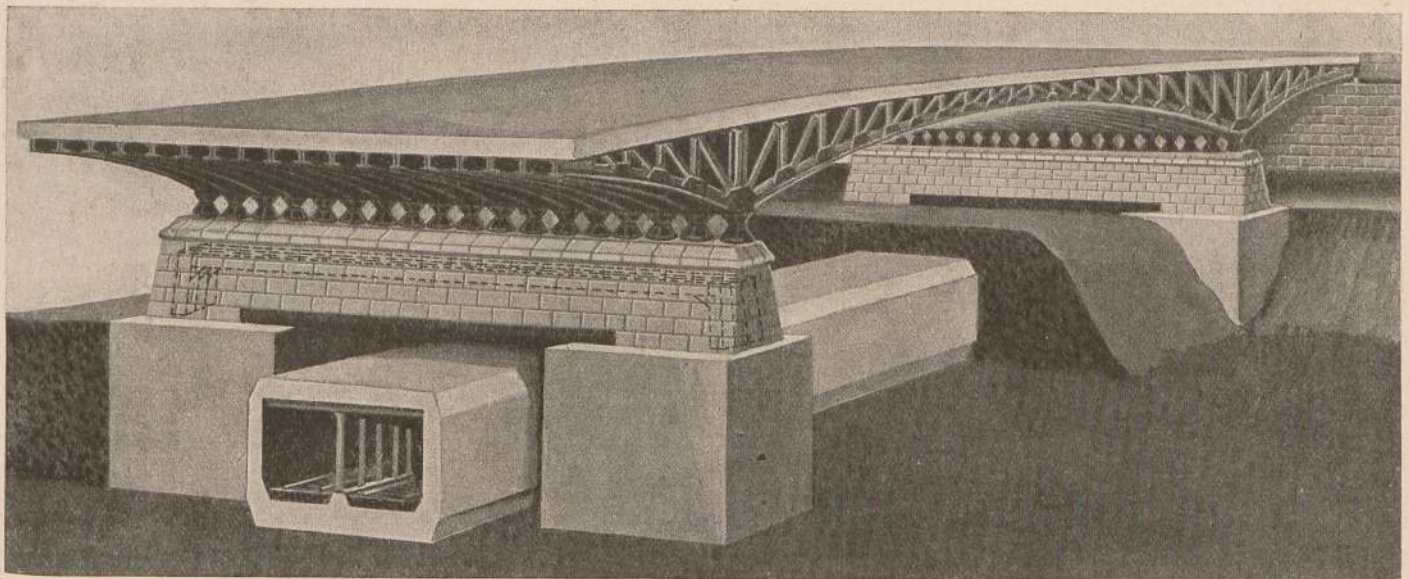
622. Eiseneinlagen für die Schutzdecke der Spreeunterführung durch die AEG-Bahn

zum Absenken fertig. Als die Träger in der Spree sohle lagen, wurden sie von oben her mit Beton beschüttet. Dieser erhärtet auch unter Wasser und verbindet sich fest mit dem Eisen

berichtet der Direktor der Hochbahngesellschaft, Geheimer Baurat Paul Wittig, darüber:

„Die Ausführung des Hotels Fürstenhof war gerade beendet, als der erste Schnellbahnzug in den Untergrundbahnhof einlief. Die Wirkung der gegen Übertragung von Schall und Erschütterungen getroffenen Maßregeln wurde mit Spannung erwartet. Obwohl sich die Ingenieure sagen

durften, alle denkbaren Mittel zur Erreichung des beabsichtigten Zweckes angewandt zu haben, so konnte doch nicht mit Sicherheit vorausgesehen werden, inwieweit das angestrebte Ziel auch wirklich erreicht wurde; waren doch keinerlei Vorgänge bekannt, die maßgebende Schlüsse zuzulassen hätten. Der Erfolg ging beinahe über die Erwartungen hinaus; in keinem Zimmer des Hauses war das



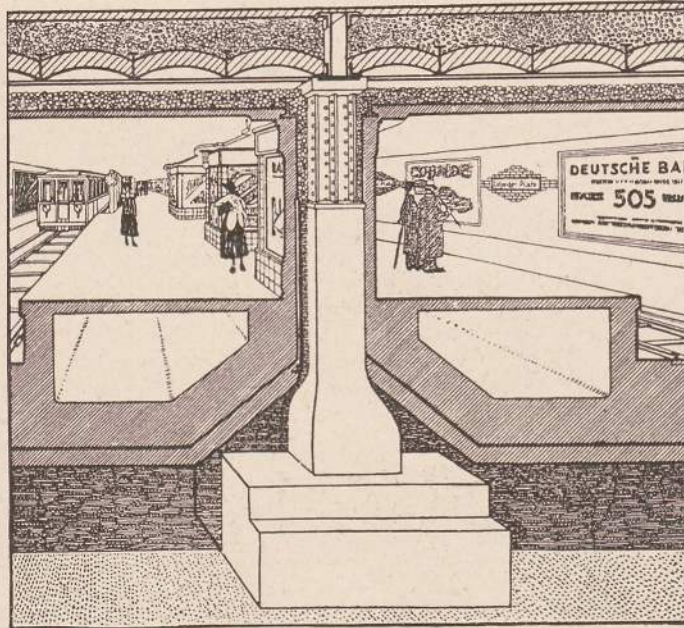
623. Spreeunterführung der Nord-Süd-Bahn im Zug der Friedrichstraße und Neubau der Weidendammbrücke

Die Stützen des Brückenbauwerks, das vom Tunnel durchschnitten wird, bestehen aus je zwei Betonpfeilern von großem Querschnitt, auf die mächtige Eisenträger gesetzt sind (vorn punktiert eingezeichnet). Aus Schönheitsgründen wurden die Querträger mit Verblendsteinen bekleidet. Der Tunnel wird auf solche Weise frei von der Brückenlast gehalten



Ein- und Ausfahren der Züge überhaupt wahrzunehmen. Damit war eine der wichtigsten Aufgaben nicht nur für diesen besonders schwierigen Fall, sondern allgemein für die künftige Ausführung von Schnellbahntunneln unter Gebäuden gelöst. Dieses glänzende Ergebnis ist den gemeinsamen Bemühungen der Herren Baurat Boussset und Direktor Krefß von der Firma Siemens & Halske zu verdanken. Das Hotel ist jetzt über zwölf Jahre im Betrieb, und noch niemals sind Klagen über Störungen durch die Untergrundbahn laut geworden.“

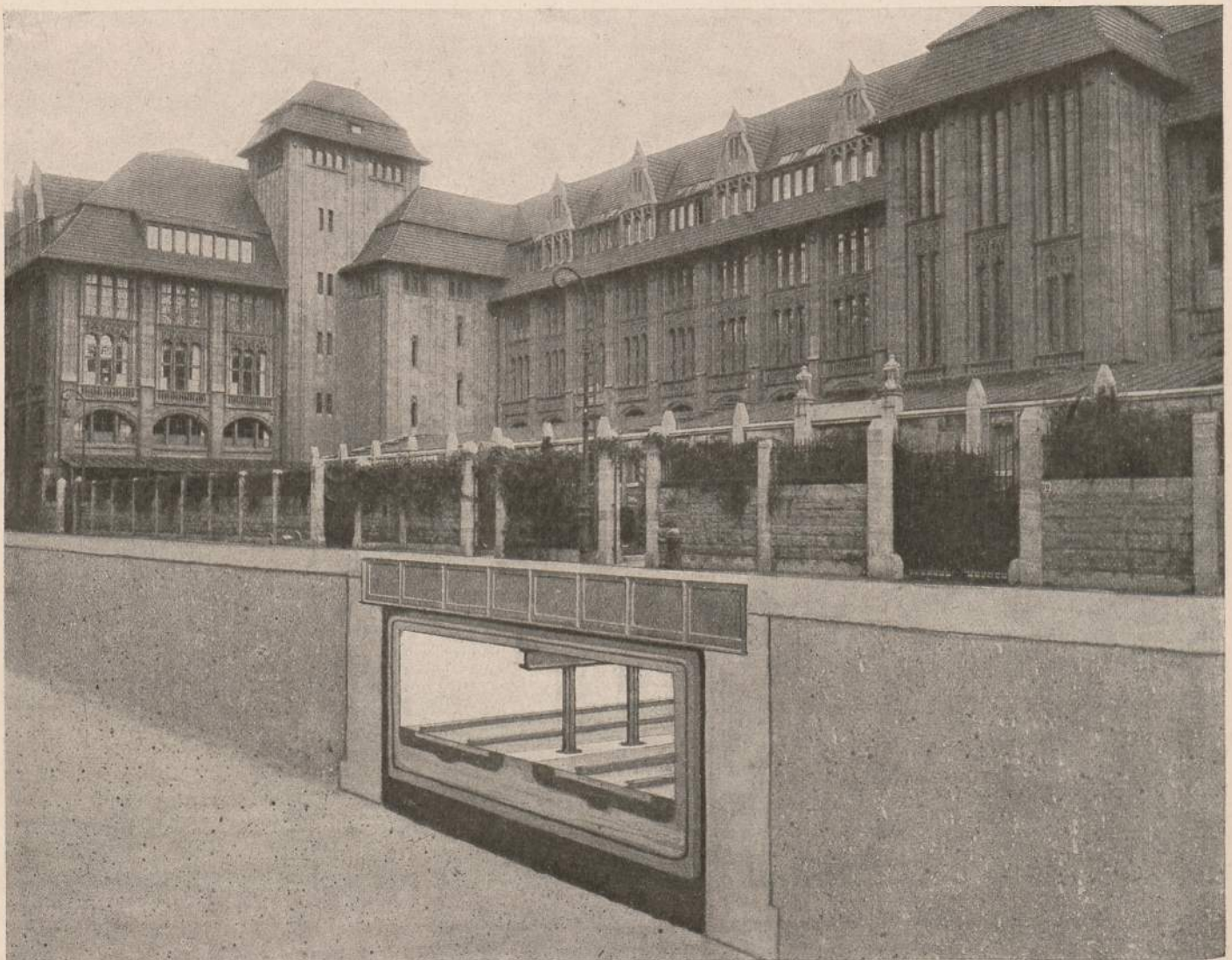
Im Vergleich mit der Bauausführung unter dem Hotel Fürstenhof gestaltete sich die Durchschreitung des



624. Unterfahung des Hotels Fürstenhof

Der Bahnhof Potsdamer Platz (früher Leipziger Platz) liegt zum Teil im Keller des Hotels. Oben der Fußboden des Hotel-Erdgeschosses. Die Stützpfiler für das Gebäude sind unter den Tunnel hinuntergeführt. Aus Wittig „Führung der Berliner Hoch- und Untergrundbahnen durch bebaute Viertel“

Warenhauses Wertheim einfach, da hier der an sich ja schon schmalere Tunnel der glatten Strecke in zwei getrennte Stränge aufgelöst werden konnte. Hierdurch wurde es möglich, außer den beiden Randmauern dazwischen noch eine Mittelmauer auszuführen und so die Spannweite für das aufgelegte Tragwerk gering zu halten. An der Austrittseite, die der Boßstraße zugekehrt ist, war allerdings die Durchführung der Mittelmauer nicht möglich. Hier mußte die Spannweite zwischen den äußeren Tragmauern, die 22 Meter beträgt, wiederum durch sehr starke Querträger überbrückt werden. Die auf Bild 625 sichtbaren Mittelstützen tragen keinen Teil des Hauses, sondern nur die Tunneldecke.



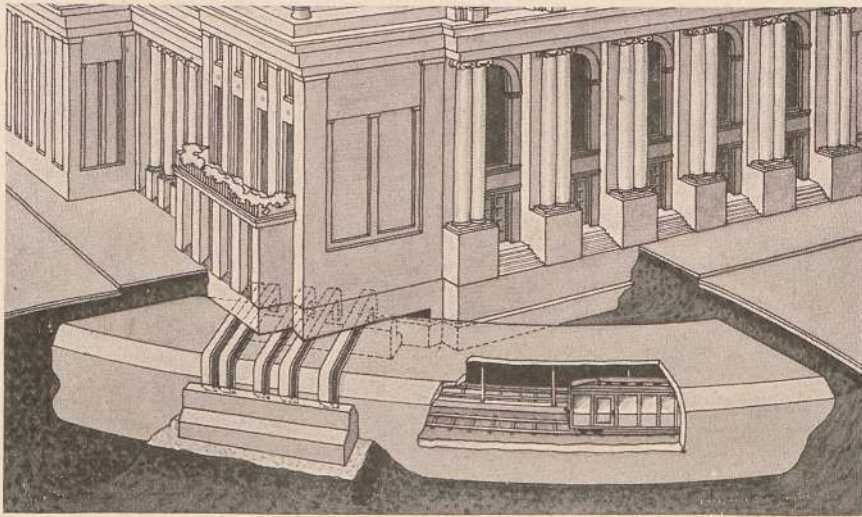
625. Unterfahung des Warenhauses Wertheim

Ausmündung des Tunnel in die Boßstraße. Aus Wittig „Führung der Berliner Hoch- und Untergrundbahnen durch bebaute Viertel“



In ganz ähnlicher Weise ist die Wilmersdorfer Bahn unter dem Haus an der Ecke der Tauenzien- und Nürnberger Straße, dem Tauenzienpalast, hindurchgeführt. Das alte Haus, das sich hier als Hindernis der scharfen Eckumfahrung erhob, wurde bei Anlegung der Strecke abgebrochen und an seiner Stelle ein Neubau errichtet. Bild 627 zeigt deutlich die Auflösung des Tunnels in die beiden getrennten Stränge, zwischen denen wiederum eine stützende Mittelmauer Platz gefunden hat.

Neben diesen und noch manchen anderen Häuser-Unterführungen von größerer Länge sind hier und da auch Anschneidungen von Ecken notwendig gewesen. So ruht eine



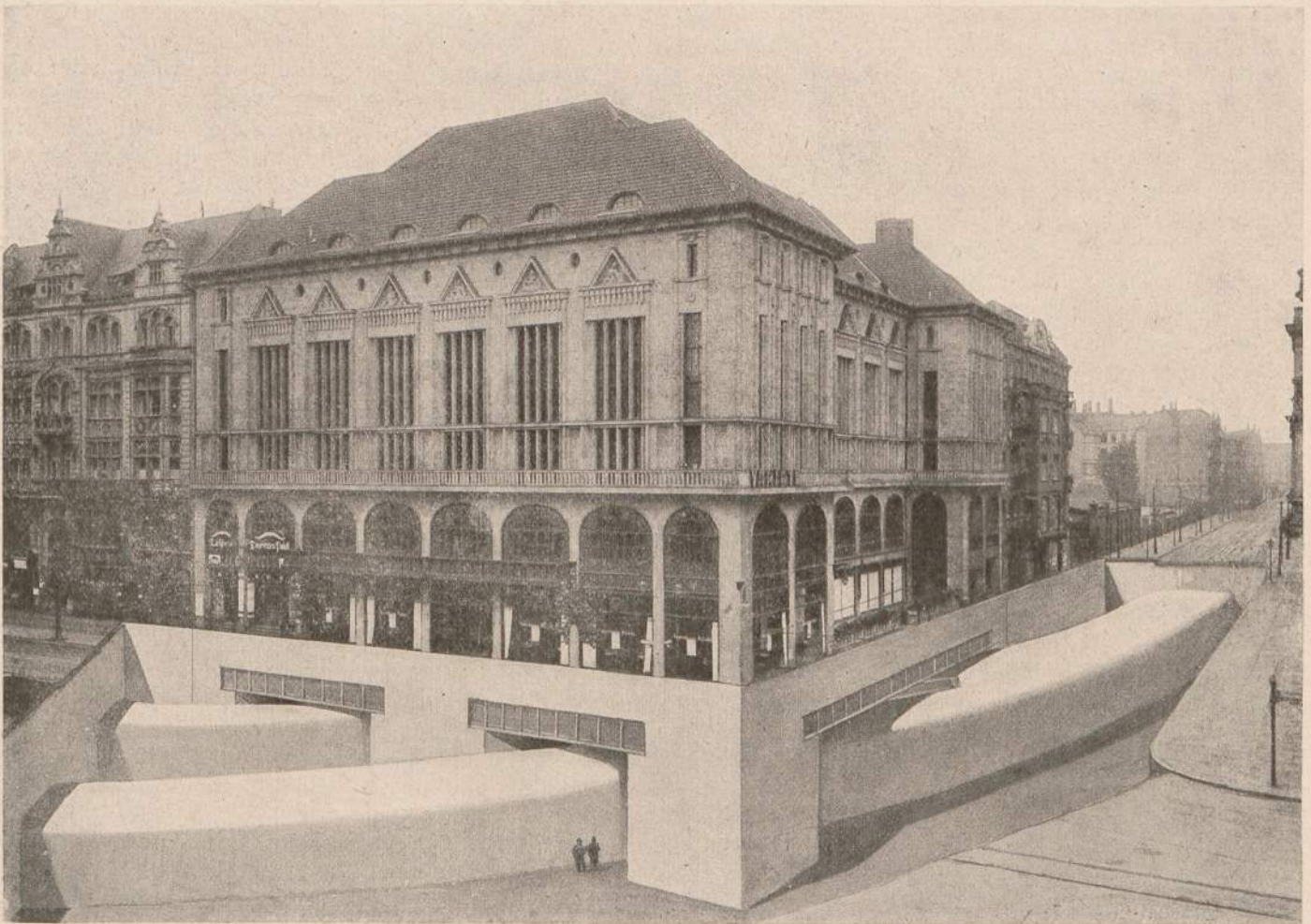
626. Unterföhrung einer Ecke des Deutschen Opernhauses in der Bismarckstraße

durch die Linie Bismarckstraße—Wilhelmplatz. Die Hausecke ruht auf Portalstützen, die ihrerseits von Betonblöcken getragen werden und den Tunnel freitragend überbrücken

getragen, bis das neue Fundament eingebaut war.

Nicht nur im Untergrund trifft die Berliner Schnellbahn mit Häusern zusammen. Die Hochbahnstrecken, die vom Gleisdreieck nach Osten und Westen gehen, konnten aus dem Gelände der Staatsbahn nur mittels Häuserdurch-

Kante des Deutschen Opernhauses in der Bismarckstraße über dem Tunnel. Es sind hier Lörstützen auf Betonpfosten ausgebildet, die den Tunnel umgreifen und die Hauslast tragen. Bei der Veröhrung des Eckhauses an der Markgrafen- und Taubenstraße mußte eine Zeitlang die Unterstüßung der schweren Frontmauer ganz fortgenommen werden. Während dessen wurde die Mauer von einem riesigen Holzgerüst



627. Unterföhrung des Tauenzienpalastes

an der Ecke der Tauenzien- und Nürnberger Straße durch die Strecke Wittenbergplatz—Wilmersdorf—Dahlem. Der zweigleisige Tunnel spaltet sich am Ausgang der Nürnberger Straße in zwei Röhren, damit der mittlere Stüßpfeiler für das Gebäude Platz findet.





628. Vier Verkehrswege beieinander

Hochbrücke der Schnellbahn, Brücke der Anhalter Bahn, Uferstraße und Landwehrkanal. Im Hintergrund Kraftwerk für die Hoch- und Untergrundbahn, das von den Geleisen durchschnitten wird

stoßungen hinausgeführt werden. Auf der Ostseite wurde im Zusammenhang mit der Errichtung eines Kraftwerks für die Schnellbahn ein Sonderbauwerk aufgeführt, ein Haus, das die Strecke durch ein hochgewölbtes Tor hindurchtreten läßt. Unmittelbar davor befindet sich ein Verkehrspunkt von besonderer Artung. Es liegen hier vier Fahrbahnen in vier Höhen dicht beieinander. Die Schnellbahn erreicht ihre höchste Lage im gesamten Berliner Gebiet, indem sie auf einer großen Brücke die Anhalter Bahn überschreitet; unter dieser läuft die Fahrstraße, und daneben, wiederum vertieft, liegt der Spiegel des Landwehrkanals.

Auf der Westseite des Gleisdreiecks war der Bahnrand zu gebaut. Die Linie mußte die Höfe zweier benachbarter Grundstücke in Anspruch nehmen und eines der Vorderhäuser an der Dennewitzstraße durchschreiten. Hier wurde ebenfalls ein Tor durchgebrochen, so daß in mehreren Stockwerken des Hauses nur noch schmale Seitenpfeiler übrig blieben.

Innerhalb der beiden Bauten ruht der Bahnkörper wieder auf eigenen Stützen. Sie sind auch hier getrennt von den Hausfundamenten bis auf den Boden hinuntergeführt. Die Hochbahngesellschaft beabsichtigte, das arg durchschnittenen Haus an der Dennewitzstraße, das sie hatte ankaufen müssen, für Lagerzwecke zu vermieten. Es zeigte sich jedoch, daß die alten Mieter, soweit sie noch Platz finden konnten, wieder hineinzuziehen begeherten, da ein geringerer Zins als früher von ihnen gefordert wurde. Es gibt also Großstädter, deren Nerven stark genug sind, um auch das ziemlich lebhaftes Geräusch der über die eiserne Plattform laufenden Züge ständig in nächster Nähe zu ertragen.

Die Beanspruchung bebauter Grundstücke in Berlin erreicht ein erstaunliches Maß an zwei Stellen, wo Rampenanlagen zur Überführung der Hochbahn in die Untergrundbahn geschaffen werden mußten. Für die Durchführung der West-Stadt-Strecke von der Höhe des Gleisdreiecks unter den Potsdamer Platz war kein geeigneter Straßenzug vorhanden. Die Rampe ist daher in das Hintergelände von sechzehn Häusern der Köthener Straße eingebaut. Der

Raum, welcher zwischen der gleichgerichtet laufenden staatlichen Ringbahn und diesen Häusern geschaffen werden mußte, wurde durch Abschneiden der Hintergebäude gewonnen. Alle sechzehn derart in Anspruch genommene Häuser mußten von der Hochbahngesellschaft erworben werden.

Die in der Anlage stecken gebliebene Verstärkungsstrecke wird den oberen Bahnhof des Gleisdreiecks in großer Höhe verlassen. Nicht allzuweit davon, an der Ecke der Kurfürsten- und Potsdamer Straße, ist sie bereits Untergrundbahn. Die Rampe mußte in dem voll bebauten Häuserblock zwischen Steglitzer und Kurfürstenstraße untergebracht werden. Hier sind es gar dreißig Grundstücke, die vom Finger des Verkehrs berührt werden. Bis auf zwei, die Durchfahrten erhalten, werden alle in die Streckenführung vorspringenden Hinterhäuser beseitigt. Der eine Teil der freigelegten Flächen trägt einen Hochbahnkörper, der andere die tief und tiefer sich einsenkende Rampe. Damit die Anwohner möglichst wenig vom Geräusch belästigt werden, sollen die Hochbahnstrecke

und auch die Rampe nicht offen geführt, sondern durch einen Überbau geschlossen werden, in dem die Züge wie in einem Tunnel fahren. Bereits die Überbrückung der Dennewitzstraße wird in dieser Weise überbaut. Die Einfahrt geht wiederum durch ein Wohnhaus.

Obgleich das Netz der Berliner Schnellbahnlinien auch heute noch keine allzu bedeutende Ausdehnung hat, findet man doch in ihm bereits eine Reihe großartig ausgestalteter Verknüpfungsanlagen. Keine Aufwendung ist gescheut worden, um das Umsteigen hier möglichst bequem zu gestalten und den dadurch entstehenden Aufenthalt abzukürzen. Die baulichen Anlagen, durch welche dieses Ergebnis erzielt wird, sind bei gleicher Wirkung sehr verschieden. Sowohl die Richtungen, in denen die sich treffenden Linien zueinander liegen, wie die Form des Platzes, der den Umsteigebahnhof aufnimmt, haben jedesmal in anderer Weise bestimmend auf dessen Form gewirkt.

Das Gleisdreieck in seiner heutigen Gestalt (Bild 584, Seite 361) und der Verknüpfungspunkt Alexanderplatz zeigen die Form des Turmbahnhofs mit kreuzförmiger Gestaltung. Die Richtungen der beiden einander treffenden Linien stehen hier senkrecht aufeinander, und die eine der Strecken liegt über der anderen.

Beim Gleisdreieck sieht man diese Anordnung über dem Boden sich erheben, am Alexanderplatz ist das Bauwerk unterirdisch errichtet. Die alte West-Stadt-Strecke liegt am Gleisdreieck unten, darüber kreuzt die zum Nollendorfplatz und weiter zu verlängernde Oststrecke.

Unter dem Alexanderplatz (Bild 630) geht die große Linie Zoologischer Garten—Potsdamer Platz—Schönhäuser Allee dicht unter dem Pflaster hindurch. Der senkrecht zu ihrer Erstreckung liegende Bahnsteig des Tiefstockwerks ist für die vorläufig erst geplante Abzweigungsline nach der Frankfurter Allee vorgesehen. Die Züge beider Linien befahren bis in die nächste Nähe des Alexanderplatzes die gleichen Geleise. Da sie beide dem wichtigen Verkehrspunkt Alexanderplatz zustreben, so wäre das Nächstliegende gewesen, die Verzweigung erst unter diesem vorzunehmen. Daß dies

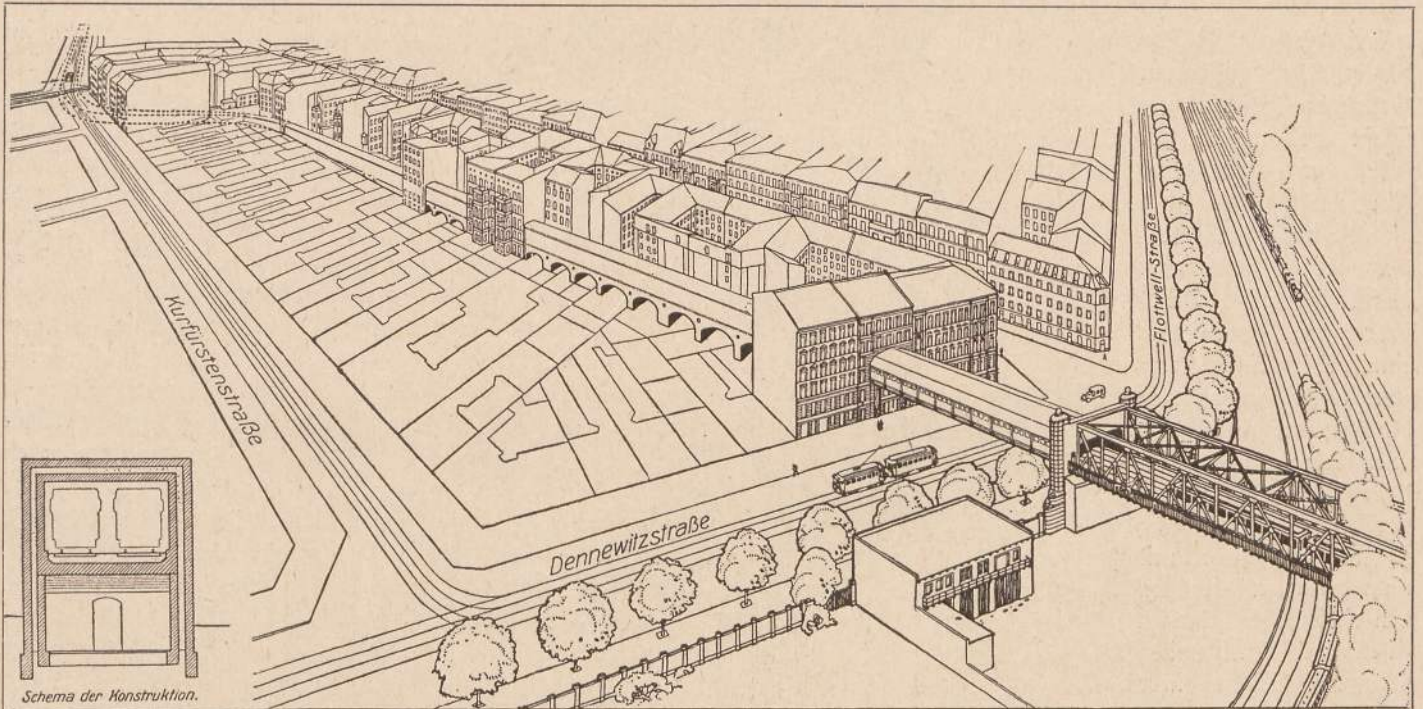


bereits vorher geschehen ist, hat ausschließlich gleistechnische Gründe. Sie offenbaren mit besonderer Klarheit die Schwierigkeiten, die sich den Schnellbahn-Führungen in alten Stadtvierteln entgegenstellen.

Die Schönhauser Allee-Linie geht durch die Alexanderstraße weiter, die Frankfurter Allee-Strecke muß in die Landsberger Straße eingeführt werden. Diese beiden Straßenzüge stehen aber beinahe im rechten Winkel zueinander. Es war nicht möglich, unter dem Alexanderplatz einen einfachen Gemeinschaftsbahnhof anzulegen, aus dem die Züge ohne allzu starke Krümmungen sowohl in der einen wie in der anderen Richtung hinausgeführt werden konnten. Hierfür hätte die sehr große Häusermasse des Polizei-Präsidiums abgebrochen werden müssen, was natürlich unmöglich war. Die Verzweigung ist deshalb schon in dem vorliegenden Bahnhof Klosterstraße ausgeführt, der verkehrlich von geringer Bedeutung ist.

Dort ist ein Bahnbauwerk von 18 Metern Breite in den nur 22 Meter breiten Straßenraum eingesenkt. Die Fundamente des mächtigen Stadthauses auf der einen, der uralten Parochialkirche auf der anderen Seite werden nahezu berührt, während die unterste Tunnellohle des Bahnhofs

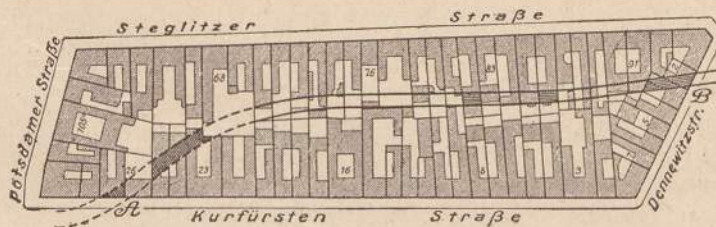
noch fünf Meter unter den Fundament-Enden dieser Bauten liegt (Bild 631). Die Haltestelle hat ungewöhnliche Breitenabmessung, weil in ihr nicht zwei, sondern drei Geleise liegen. Vom Spittelmarkt her laufen die Züge, die über den oberen Bahnhof Alexanderplatz zur Schönhauser Allee gehen, und die Züge, welche künftig durch den unteren Bahnhof Alexanderplatz zur Frankfurter Allee weiter gehen werden, auf demselben Geleis ein. Erst hinter dem Bahnhof Klosterstraße, in Richtung auf den Alexanderplatz zu, liegt die Trennungsweiche. Die Fahrtrichtung Spittelmarkt—Alexanderplatz braucht also nur ein Bahnhofsgeleis. Vom Alexanderplatz herkommend aber werden die Züge der beiden verschiedenen Richtungen auf getrennten Geleisen in die Haltestelle Klosterstraße eingeführt. Das ist für die Sicherheit der Reisenden sehr wichtig. Es soll verhindert werden, daß die Zusammenführung auf freier Strecke liegt, wo trotz aller Gegenmaßregeln doch einmal ein Zusammenstoß an der Vereinigungsstelle stattfinden könnte. Jetzt liegt die Zusammenführungsweiche hinter dem Bahnhof — diesmal in Richtung zum Spittelmarkt gesehen — und es ist ausgeschlossen, daß von demselben Bahnsteig zwei dort haltende Züge gleichzeitig abgelassen werden, wenn alle Beamten wissen, daß



Lage der Schienenoberkante

bei A: 5,2 m unter der Straße

bei B: 8,7 m über der Straße



## 629. Umschlossene Rampe der Hochbahn inmitten des Häuserblocks zwischen der Steglitzer und Kurfürstenstraße

Vom hochliegenden Gleisdreieck rechts wird die künftige Verstärkungsstrecke in den Untergrund hinabgeführt, um unter dem Pflaster den Nollendorfplatz zu erreichen. Sie tritt durch ein Haus in der Dennewitzstraße in den Häuserblock ein, innerhalb dessen zahlreiche Hintergebäude niedergelegt werden müssen. Die Bauten an der Kurfürstenstraße sind fortgenommen gedacht, damit die Rampe sichtbar ist. Sie wird völlig von doppelten Wänden eingeschlossen werden, damit die Bewohner der benachbarten Häuser nicht durch das von den fahrenden Zügen herrührende Geräusch gestört werden. Links: Querschnitt durch die Rampe. Unten: Draufsicht auf Häuserblock und Rampe. Aus Wittig „Führung der Berliner Hoch- und Untergrundbahnen durch bebaute Viertel“



sie wenige Meter weiter zusammenstoßen müssen. Außerdem sind die Ausfahrtsignale für die beiden Geleise „feindliche Signale“, die nicht gleichzeitig gezogen werden können.

Der Bahnhof Klosterstraße muß also drei Geleise haben: eins für die Richtung nach dem Alexanderplatz, zwei für die Richtung nach dem Spittelmarkt. Das Mittelgleis, auf dem später die von der Frankfurter Allee herkommenden Züge halten werden, ist, solange diese Strecke noch nicht besteht, mit Fußbodenplatten überdeckt. Der Bahnhof Klosterstraße hat daher heute eine Gestalt, die dem aufmerksamen Beobachter, wenn er die Zukunftsabsichten nicht kennt, recht seltsam erscheinen muß.

Da die zur Schönhauser Allee führenden Geleise durch die Grunerstraße abbiegen, die Geleise der Frankfurter Allee-Strecke aber durch die Klosterstraße geradeaus gehen, so mußte das letztgenannte Gleispaar zur Vermeidung einer höhengleichen Kreuzung unter dem anderen durchgeführt werden. Wer Gelegenheit hat, im Untergrund der Klosterstraße einen Spaziergang zu machen, sieht mit nicht geringem Erstaunen den riesigen zweistöckigen Eisenbahnbau mit steilen Rampen, der in dieser schmalen Gasse untergebracht ist. Die unten liegenden Geleise erreichen eine Tiefe von mehr als 11 Metern unter der Straßenoberfläche.

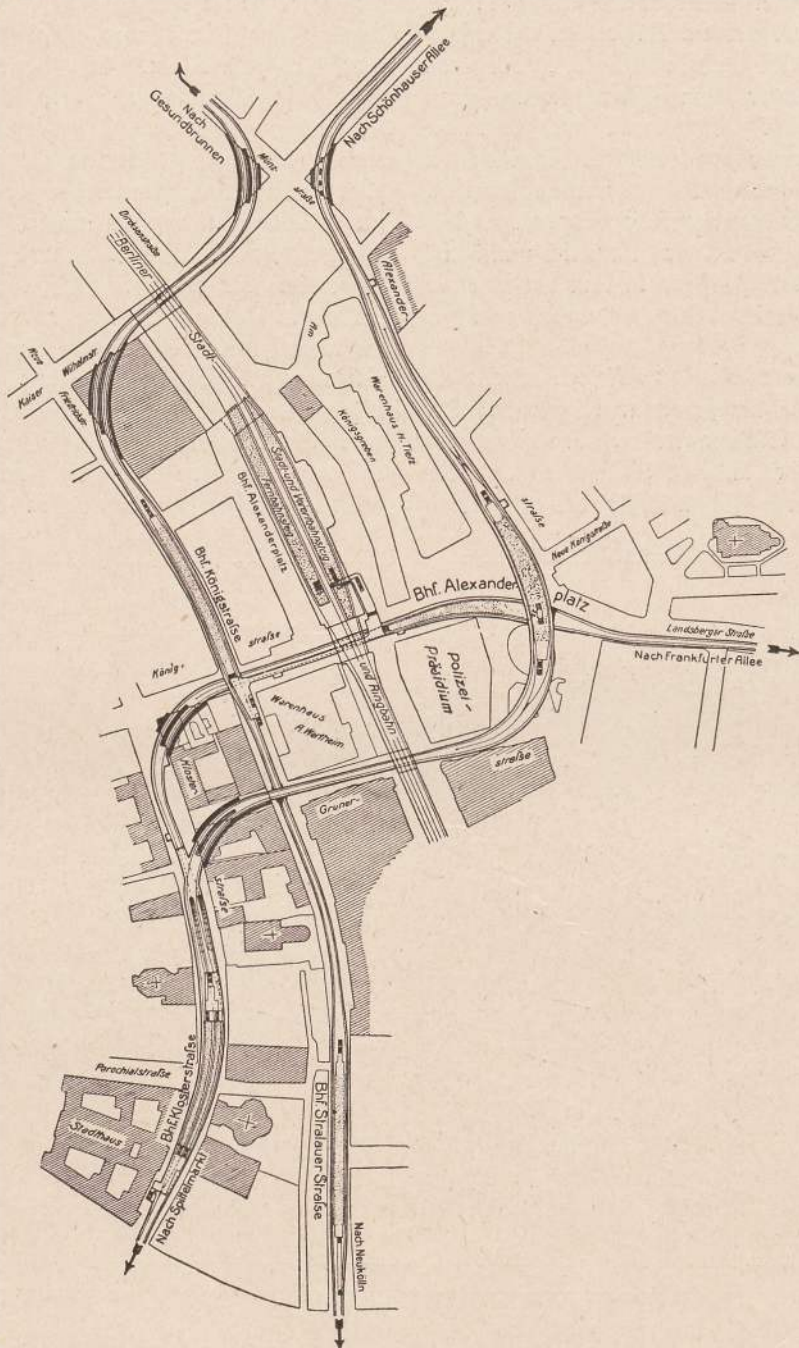
Der Alexanderplatz wird auch von der ältesten Schnellbahn Berlins, der Stadtbahn, berührt. Ferner ist in seiner Nähe, im Zug der Neuen Friedrichstraße, die AEG-Bahn Gesundbrunnen—Neukölln vorbeigeführt. In Zukunft wird der Platz auch von der als zweite aus der Königstraße herankommenden, auf Bild 630 nicht gezeichneten Strecke Kurfürstendamm—Wittenbergplatz—Weißensee gekreuzt werden,

die auf Tafel XXIII mit violetten Punkten dargestellt ist. Für diese Linie wird ein zweiter Tiefbahnsteig neben dem für die Frankfurter Allee-Strecke vorzusehen sein. Es wird dafür gesorgt werden, daß jeder Bahnsteig, einschließlich derer auf der

Stadtbahn und für die AEG-Bahn, von jedem anderen unterirdisch zu erreichen ist. So wird im Untergrund des Alexanderplatzes allmählich ein riesenhaftes zusammenhängendes Tiefbauwerk entstehen, wie es der auf Bild 632 wiedergegebene Schnitt zeigt.

In der Nähe des Alexanderplatzes sind heute bereits für die im Betrieb befindliche Strecke Spittelmarkt—Schönhauser Allee und für die teilweise ausgebauten Nachbarlinien nicht weniger als fünf Häuserunterführungen ausgeführt. Die Lagen dieser kunstvollen Bauwerke sind auf Bild 630 zu erkennen. Die Linie Spittelmarkt—Schönhauser Allee unterfährt in dem Knie, das sie von der Klosterstraße zur Grunerstraße hinüberführt, das Gebäude der alten Kunstschule; an der Ecke der Münz- und Kaiser Wilhelm-Straße schneidet sie eine Ecke an. Dicht gegenüber mußten für die AEG-Bahn drei große Wohnhäuser unter sehr erheblichen Mühen neu fundamentiert werden, da der Tunnel durch die Keller geht. Bald darauf ist die AEG-Bahn ein sehr beträchtliches Stück unter der Zentralmarkthalle durchgeführt. Endlich schlägt die Strecke zur Frankfurter Allee dort, wo sie in die Königstraße einbiegt, wieder ein Eckhaus und drei Nachbargebäude an.

Der große Verknüpfungs-Bahnhof Wittenbergplatz ist wohl der bequemste aller Schnellbahn-Umsteigebahnhöfe. Hier, am Rand Charlottenburgs, fanden die Erbauer inmitten des Häusermeers einen freien Raum von ganz ungewöhnlicher



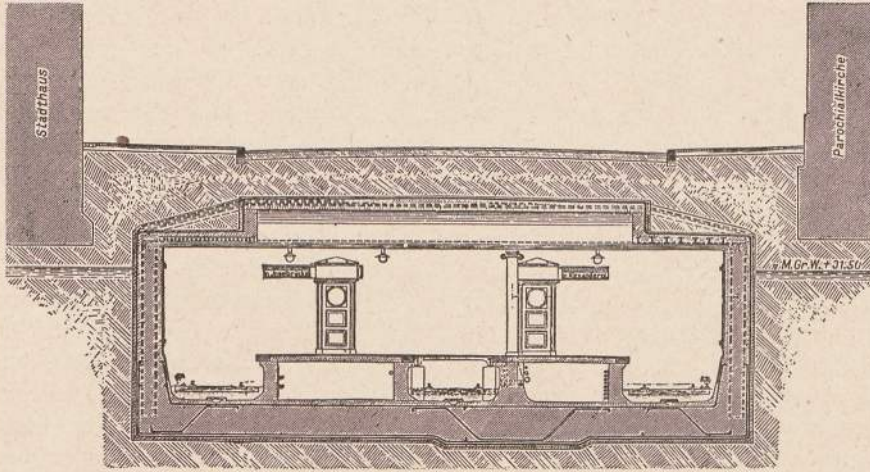
630. Die unterirdische Verzweigung in der Klosterstraße und Kreuzungsbahnhof Alexanderplatz

Hinter dem Bahnhof Klosterstraße biegt die Strecke nach der Schönhauser Allee in die Grunerstraße ein; die künftige Strecke zur Frankfurter Allee läuft geradeaus zur Königstraße. Die Geleise der letztgenannten Linie sind in der Klosterstraße unter den andern hindurchgeführt. Die beiden Strecken treffen einander wieder auf dem Alexanderplatz, wo die Züge der Linie nach der Schönhauser Allee an einem oberen, die Züge der Linie nach der Frankfurter Allee an einem hierzu senkrecht liegenden unteren Bahnsteig halten. Links von oben nach unten laufen die Geleise der AEG-Bahn



Ausdehnung vor. Sie benutzten diese Günst des Schicksals dazu, alle drei auf den Wittenbergplatz einmündenden Strecken nebeneinander einzuführen. Die Bahnsteige für die alte Strecke Zoologischer Garten — Alexanderplatz, für die von Dahlem-Wilmersdorf und vom Kurfürstendamm herkommenden Strecken liegen in der gleichen Ebene und nur in geringer Tiefe unter dem Straßeboden. Eine breite Brücke in Geländehöhe, die mit einem Sandsteinhaus überbaut ist, geleitet von einem Steig zum anderen.

Um dieses betriebstechnisch vorzügliche Ergebnis zu erreichen, war allerdings außerhalb des Bahnhofes die Anlage zahlreicher sehr schwieriger Kunstbauten notwendig. Das Nebeneinander in der Haltestelle bedeutet ein Unter-, ja beinahe ein Durcheinander vor ihrem westlichen Eingang. Das gleich hinter dem Bahnhof von der Stammstrecke abzweigende Gleis der Strecke nach Wilmersdorf—Dahlem muß die beiden Geleise der Stammstrecke und ein Gleis der vom Kurfürstendamm herkommenden Linie unterfahren. Das zweite Gleis der Wilmersdorfer Strecke geht unweit davon unter dem anderen Kurfürstendamm-Gleis hindurch.



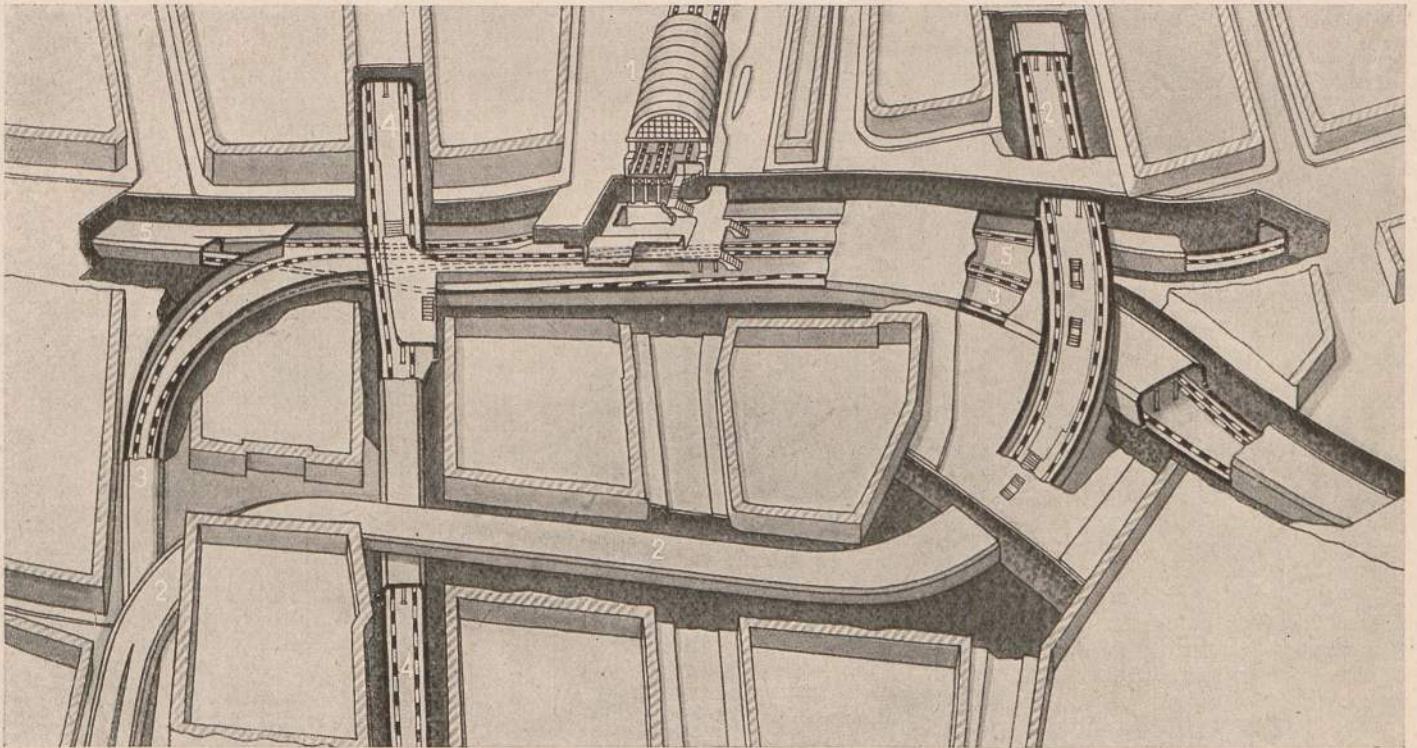
631. Querschnitt durch den Verzweigungsbahnhof Klosterstraße

Die Seitenwände des Tunnelbauwerks stehen dicht an den Fundamenten des Stadthauses und der alten Parochialkirche. Der mittlere Bahnsteig, für die vom Alexanderplatz herkommenden Züge der Frankfurter Allee-Strecke, ist, solange diese Linie sich noch nicht im Betrieb befindet, mit Fußbodenplatten überdeckt

Beide Geleise der Strecke vom Kurfürstendamm unterfahren die Stammstrecke und zwar das eine westlich vom Bahnhof (auf Bild 633, dessen linke Seite zu früh abschneidet, nicht mehr gezeichnet), das andere östlich zwischen Wittenbergplatz und Nollendorfplatz.

Dabei war es notwendig gewesen, diese Unterführungen vorzunehmen, während die Stammstrecke sich in vollem Betrieb befand. Als diese

angelegt wurde, dachte niemand daran, daß am Wittenbergplatz je ein Verzweigungsbahnhof entstehen würde. Es waren darum gar keine Einrichtungen für spätere Unterführungen vorgesehen, wie sie in den letzten Jahren in Form eingelegter Brücken überall dort angebracht werden, wo eine Untergrundbahn einen größeren Straßenzug schneidet. Viele Monate mußten die Züge, die vom Nollendorfplatz zum Zoologischen Garten und umgekehrt fahren, über vorläufig eingebaute unterirdische Brücken übergeleitet werden, die immer nach ein paar Wochen, entsprechend dem Fortschritt der Bauarbeit, ihren Platz wechselten. Die Betonmauern, welche die alte Strecke umschlossen, konnten dort, wo sie den neuen Bahnsteig-Anlagen zu weichen



632. Zukünftige Schnellbahn-Kreuzungen unter dem Alexanderplatz

1. Stadtbahn. 2. Wittenbergplatz—Potsdamer Platz—Klosterstraße—Schönhauser Allee. 3. Klosterstraße—Frankfurter Allee. 4. UEG-Bahn Gesundbrunnen—Neukölln. 5. Wittenbergplatz—Weißensee (Verlängerung der Strecke Kurfürstendamm Ecke Uhlandstraße—Wittenbergplatz).  
Nach Giese „Das zukünftige Schnellbahnetz für Groß-Berlin“



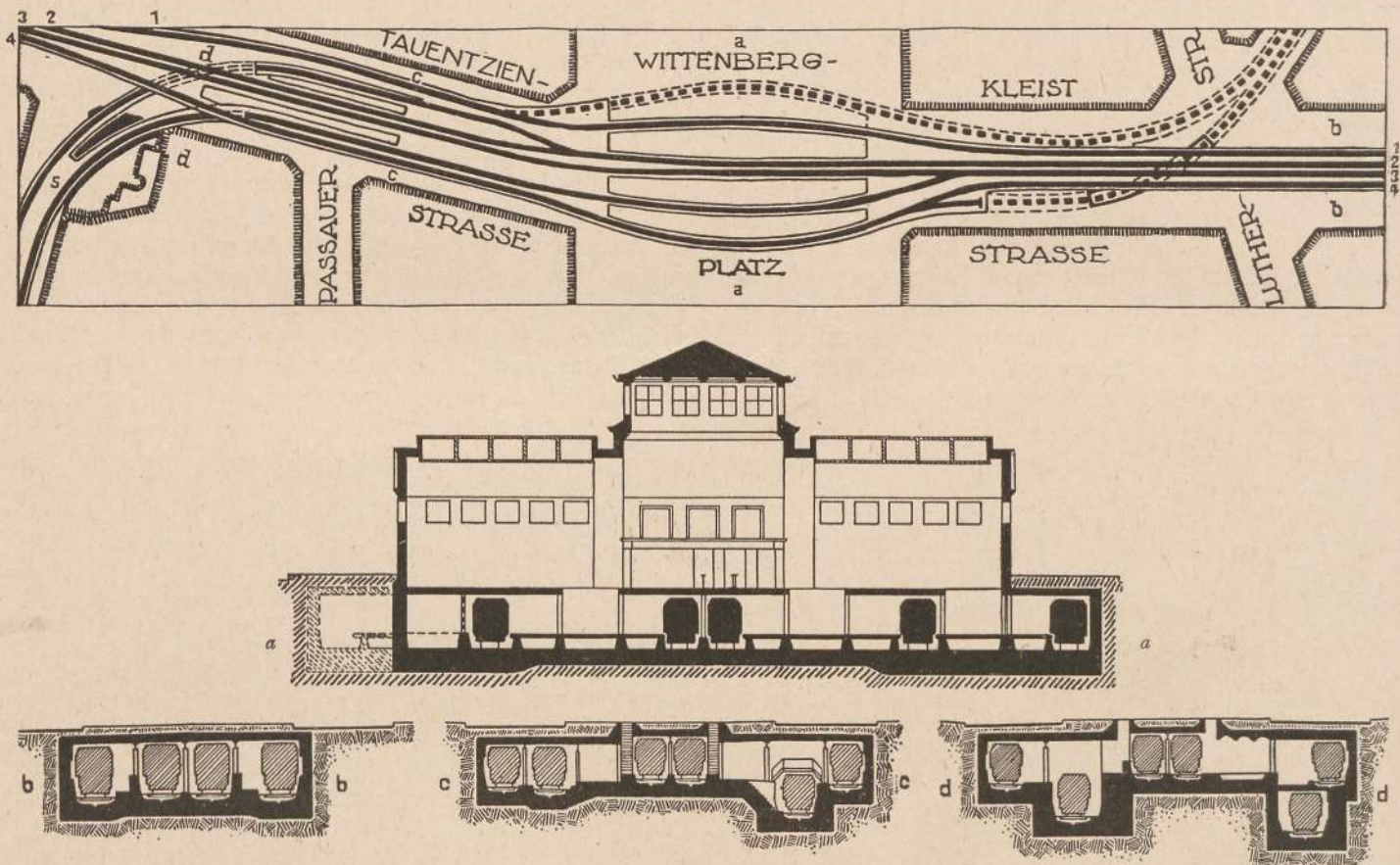
hatten, nur durch Sprengungen beseitigt werden, da es nicht möglich war, ihre Härte mit der Spitzhacke zu überwinden.

In besonders reicher Zahl geben sich die Schnellbahnen auch auf dem Nollendorfplatz ein Stelldichein. Dort lag zunächst einsam die Hochbahnstrecke der Linie Potsdamer Platz—Gleisdreieck—Zoologischer Garten. Dann bauten die Schöneberger ihre stummelförmige Untergrundbahn, deren abgehacktes Ende unter den Nollendorfplatz geriet. Der Kopfbahnhof mußte durch eine Fußgängerampe und die vorhandenen, viel zu schmalen Treppenanlagen, so gut es ging, mit dem Hochbahnhof in Verbindung gebracht werden. Das Umsteigen geht auf diese Art unbequem genug vor sich. Die höchst unvollkommene Anlage ist nur durch die verfehlte Verkehrspolitik zu verstehen, die von den bis vor kurzem noch so zahlreichen Groß-Berliner Gemeinden ohne jede Rücksicht auf das Ganze betrieben wurde.

Nach Vollendung der Verstärkungsstrecke wird dieser Schöneberger Sonderbahnhof nicht mehr bestehen. Die Haltestelle für die von der Hauptstraße und dem Bayerischen Platz

herkommenden Züge wird auf die andere Seite der Hochbahnrampe verlegt, wo ein großer Gemeinschaftsbahnhof mit der Linie vom Kurfürstendamm bereits jetzt hergestellt ist. Im Gegensatz zum Wittenbergplatz konnten die Geleise hier nicht nebeneinander gelegt werden, weil der Raum dazu fehlte. Man war gezwungen, sie untereinander anzulegen, so daß wieder, wie auf dem Alexanderplatz, ein zweistöckiger Untergrundbahnhof, aber von ganz anderer Form, entstanden ist.

Der Höhenunterschied zwischen dem tiefliegenden Bahnsteig und der Hochbahn beträgt 14 Meter und erforderte zu seiner Überwindung eigentlich mechanische Anlagen, die wohl auch einmal ausgebildet werden dürften. Es war notwendig, ein sehr geräumiges Notauslaßrohr der Schöneberger Kanalisation noch unter dem zweistöckigen Untergrundbahnhof hindurchzuführen; der Erdaushub mußte deshalb hier zu einer Tiefe hinabgeführt werden, wie sie vorläufig an keiner anderen Stelle im Netz der Berliner Schnellbahnen, auch nicht bei den doch schon recht weit eingesenkten Spreeunterführungen, erreicht worden ist.



633. Die Bauten am Zusammenführungsbahnhof Wittenbergplatz

Oben: Grundplan. 1. Vom unterirdischen Bahnhof Nollendorfplatz durch die Kleiststraße nach Kurfürstendamm, Ecke Uhlandstraße. 2. Vom Hochbahnhof Nollendorfplatz zum Zoologischen Garten. 3. Vom Zoologischen Garten zum Hochbahnhof Nollendorfplatz. 4. Vom Kurfürstendamm zum unterirdischen Bahnhof Nollendorfplatz. 5. Geleise von und nach Wilmersdorf—Dahlem. Das von Wilmersdorf kommende Gleis mündet rechts von den Bahnsteigen in das zum Hochbahnhof Nollendorfplatz führende Gleis der Stammstrecke vom Zoologischen Garten (3), das nach Wilmersdorf führende Gleis zweigt links von den Bahnsteigen aus dem vom Hochbahnhof Nollendorfplatz herkommenden Gleis der Stammstrecke nach dem Zoologischen Garten (2) ab. Punktirt: Künftige Geleise für die Strecke Kurfürstendamm—Wittenbergplatz—Alexanderplatz—Weißensee. In der Mitte: Schnitt a—a: Sämtliche Geleise liegen im Bahnhof unter dem darüber aufgeführten Gebäude in einer Ebene. Der Bahnsteig links für das künftige Gleis Kurfürstendamm—Weißensee ist noch nicht ausgebaut. Unten von links nach rechts: Schnitt b—b: außen die Geleise für die Strecke Kurfürstendamm—Untergrundbahnhof Nollendorfplatz—Gleisdreieck. Dazwischen die Geleise für die Stammstrecke Zoologischer Garten—Hochbahnhof Nollendorfplatz—Potsdamer Platz. Sämtliche Geleise liegen in einer Ebene. — Schnitt c—c: außen die Geleise der Strecke vom und zum Kurfürstendamm, in der Mitte die Geleise der Stammstrecke vom und zum Zoologischen Garten. Dazwischen die Geleise der Linie von und nach Wilmersdorf—Dahlem. Das nach Wilmersdorf führende Gleis hat sich bereits stark gesenkt, um alsbald die beiden Geleise der Stammstrecke und das vom Kurfürstendamm herkommende Gleis zu unterfahren. — Schnitt d—d: Lage der Strecken wie beim vorhergehenden Schnitt. Das nach Wilmersdorf führende Gleis ist ausreichend tief gesenkt, um die Stammstrecke unterfahren zu können. Das von Wilmersdorf herkommende Gleis hat kurz vorher das vom Kurfürstendamm herkommende Gleis unterfahren und ist schon wieder etwas angehoben.



In den neuen Untergrundbahnhof Nollendorfplatz sind also die beiden Geleise der Schöneberger Bahn eingeführt, die zunächst einmal von dem südwestlichen Teil der Moltkestraße in deren nordöstliches Ende hineinlaufen, von dort in die Kurfürstenstraße einbiegen und mittels der überbauten Rampe zum Gleisdreieck aufsteigen (Seite 388). In der nordöstlichen Moltkestraße aber ist eine Verzweigung vorgesehen, die es später den von Schöneberg herkommenden Zügen ermöglichen wird, auch über den Magdeburger Platz nach dem Stettiner Bahnhof zu fahren. (Siehe die gelb-punktierte Strecke auf Tafel XXIII.) Ferner laufen in den Untergrundbahnhof Nollendorfplatz die Geleise der Kurfürstendamm-Strecke ein. Sie kommen vom Wittenbergplatz her und gehen als drittes und viertes Gleis neben der Stammstrecke Zoologischer Garten—Potsdamer Platz durch die Kleiststraße. Ihr Ziel ist gleichfalls das Gleisdreieck. Damit künftig die vom Stettiner Bahnhof herkommenden Reisenden, die zum Kurfürstendamm weiterfahren wollen, möglichst bequem umsteigen können, ist für diese unterirdische Bahnhofsanlage der sogenannte Richtungsbetrieb vorgesehen.

Bei dieser Betriebsart laufen an den beiden Ranten desselben Bahnsteigs Züge gleicher Fahrtrichtung ein, während bei der gewöhnlichen Anordnung, dem Linienbetrieb, entgegengesetzte Fahrtrichtungen an denselben Bahnsteig geführt sind. Es berühren also die vom Stettiner Bahnhof und die vom Gleisdreieck herkommenden Züge den unten liegenden Bahnsteig, so daß Umsteigende den Zugwechsel am einfachsten durch dessen Überschreitung ausführen können. Am oberen Bahnsteig halten die Züge vom Wittenbergplatz und von Schöneberg. Es folgt hieraus, daß die beiden Geleise jeder dieser zwei Linien nicht nebeneinander, sondern untereinander angeordnet sind. Diese ungewöhnliche Form der Anlage hat zur Vermeidung höhengleicher Kreuzungen auf freier Strecke umfangreiche Einbauten diesseits und jenseits des Nollendorfplatzes notwendig gemacht.

Richtungsbetrieb wird auch auf dem Bahnhof Hermannplatz in Neukölln eingerichtet, wo die städtische Nord-Süd-Bahn und die UEG-Bahn einander berühren. Es ist den Bemühungen des technischen Oberbeamten beim ehemaligen Zweckverband Groß-Berlin, Professor Giese, zu verdanken, daß auch an dieser Stelle eine so bequeme Umsteigegelegenheit geschaffen wurde.

Professor Giese hat das weitere große Verdienst, in seinem weitausschauenden Werk „Das zukünftige Schnellbahnnetz für Groß-Berlin“ in leicht übersehbarer Form Richtlinien für den Gesamt-Ausbau der Berliner Schnellbahnen aufgestellt zu haben. Die heutige Schnellbahnstadt Berlin besitzt nicht viel mehr als die Anfänge eines Netzes. Sehr viel ist noch der Zukunft anheimgegeben. Einige Grundlinien wurden gezogen, aber längst nicht genug, da allerwichtigste Verkehrspunkte, wie Lützowplatz, Potsdamer



634. Gesprengte Tunnelwände

Als der Umbau des Untergrundbahnhofs Wittenbergplatz von einer einfachen zweigeleisigen Haltestelle zu einem großen Zusammenführungsbahnhof begann, mußten die Tunnelwände zu Seiten der Stammstrecke nach dem Zoologischen Garten beseitigt werden. Der Beton war derart felsenhart geworden, daß die Zerstörung nur durch Sprengung möglich war.

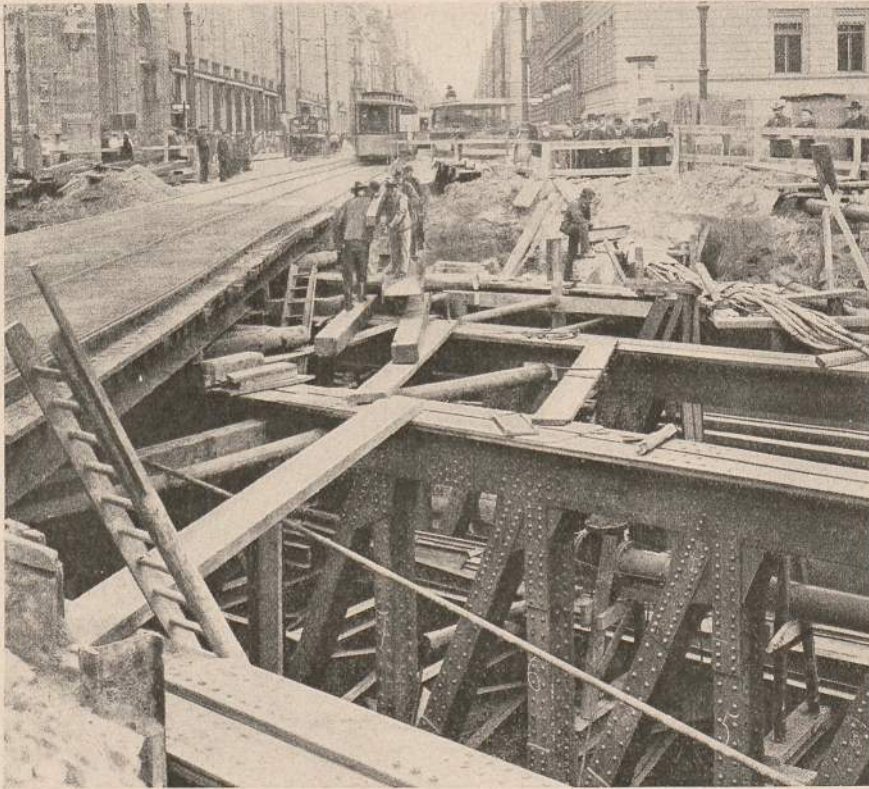
Brücke, Brandenburger Tor, noch gänzlich ohne Schnellbahnanschluß sind.

An mehreren Stellen enden auch die großen Strecken noch mitten in eng bebauten Bezirken, so daß ihre Fortführung ein unbedingtes Erfordernis ist. Davon, wie diese Fortsetzungen angelegt, wie die noch fehlenden Hauptlinien den bereits bestehenden angegliedert werden, hängt die weitere Entwicklung der Reichshauptstadt in bedeutendem Maß ab. Wenn das Groß-Berlin der Zukunft nicht ein regelloser Steinhäufen, sondern eine wohlgegliederte Stadt sein soll, in der die Verkehrswellen, statt wütende Brandungen zu bilden, in geregelter Lauf sanft hin und herschlagen, dann ist es heute endlich dringendste Notwendigkeit, den Ausbau der Schnellbahnen nach einem Gesamtplan zu betreiben, für den Giese die Unterlagen übersichtlich bereitgestellt hat.



635. Das Bahnhofshaus auf dem Wittenbergplatz  
Architekt Professor Grenander





636. Unterirdische Brücke

An allen Stellen, wo eine im Bau befindliche Untergrundbahnlinie einen wichtigen Straßenzug kreuzt, werden die Geleise auf eine Brücke gelegt. Wenn später in der Längserstreckung des Straßenzugs eine zweite Linie im Untergrund erbaut wird, können an der Kreuzungsstelle die Ausschachtungsarbeiten für diese unter dem freitragenden Brückenboden vorgenommen werden, ohne daß der Betrieb auf der älteren Linie gestört wird.

Groß-Berlin hatte im Jahre 1893 2,4 Millionen Einwohner. Bis 1913 wohnten aber bereits 4,2 Millionen Menschen im Bannkreis der Stadt. Der Krieg brachte einen vorübergehenden Abfall, der aber heute schon wieder ausgeglichen ist. Bei einer geschätzten weiteren jährlichen Zunahme von 70 000 Einwohnern wird Berlin im Jahre 1950 6,3 Millionen, im Jahre 2000 10 Millionen Einwohner haben. Da der Verkehr, wie schon bemerkt wurde, sehr viel stärker wächst als die Bevölkerung, so wird die Zahl der jährlich zu befördernden Personen noch rascher steigen. Jeder Groß-Berliner ist im Jahre 1913 25 mal häufiger gefahren als der einzelne Berliner im Jahre 1870. Von diesem Jahr bis 1913 ist der Verkehr um das 124 fache gestiegen. Daraus kann man schätzungsweise folgern, daß im Jahre 2000 jährlich 5000 Millionen Fahrgäste zu befördern sein werden.

Für diese erst in ferner Zukunft auftretenden Massen will Giese nicht vorsorgen. Sein Netz ist vernünftigerweise geräumig genug nur für die nächsten Jahrzehnte. Er hält sich bei der Führung neuer Linien, die leicht in einen Stadtplan einzuzichnen, aber oft nur unter unendlichen Schwierigkeiten technisch auszuführen sind, streng an die praktischen Möglichkeiten. Grundsätzlich gesteht er nur den Innenbezirken das Recht auf Untergrundbahnen zu; Außenbezirke müssen sich mit Hochbahnen begnügen. Wo es irgend in noch unbebauten Geländen möglich ist, sind auf seinem Plan Einschnittbahnen der Dahlemer Form vorgesehen. Auch Strecken auf Dammschüttung, sogar eine Flachbahn, sind für kurze, besonders geeignete Stücke in Aussicht genommen.

Durch solche Planungen, die jedesmal der Örtlichkeit angepaßt sind, wird der Ausbau des Netzes verbilligt und

seiner Verwirklichung nähergerückt. Andererseits aber stellt Giese die Forderung auf, daß den Hauptverkehrsadern unbedingt gefolgt werden muß. Ein Fehler, wie er bei Führung der Strecke Potsdamer Platz—Alexanderplatz gemacht worden ist, die in Nebenstraßen liegt, soll nicht wiederholt werden. Giese sieht klar ein, daß der Verkehr sich keinen Zwang auferlegen läßt, daß er künstlichen Beeinflussungen ebenso wenig folgt wie das Wetter. Grundsätzlich wird weiter daran festgehalten, nur Durchmesserlinien zu bauen, also solche, die von einem Außenbezirk durch die Innenstadt hindurch zu einem gegenüberliegenden Außenbezirk führen. Denn die Erfahrung hat gelehrt, daß Halbmesserlinien, die unvermittelt im Stadtinnern enden, stets unwirtschaftlich arbeiten.

\*

Damit auf dem großen Berliner Schnellbahnetz der Zukunft jährlich 1700 Millionen Fahrgäste befördert werden können, ist es notwendig, Vorsorge für eine sehr enge Zugfolge zu treffen. Diese ist — unter Voraussetzung hoher Fahrgewindigkeit jedes einzelnen Zugs, wie sie ja bei elektrischem Betrieb tatsächlich vorhanden ist — in der Hauptsache abhängig von der Schnelligkeit, mit der die Züge in den Bahnhöfen abgefertigt werden, und ferner

in sehr weitem Maß von der Signalanlage.

Es ist selbstverständlich, daß die Aufenthalte scharf droffend auf den gesamten Zugumlauf einer Strecke einwirken. Während die Züge sonst raschest dahinjagen, müssen sie in der Haltestelle stehen bleiben, um Fahrgäste abzusetzen und aufzunehmen. Das Einfahrtsignal des Bahnhofs hält währenddessen den Folgezug in der richtigen Entfernung. Es muß, damit die Strecke leistungsfähig bleibt, alles geschehen, um die Haltlage dieser Einfahrtsignale möglichst zu kürzen.

Eine Bedingung hierfür erfüllen die elektrisch angetriebenen Züge von selbst: sobald das Abfahrtszeichen gegeben ist, kommen sie sehr rasch auf hohe Geschwindigkeit, so daß die Anfahrzeiten kurz werden.

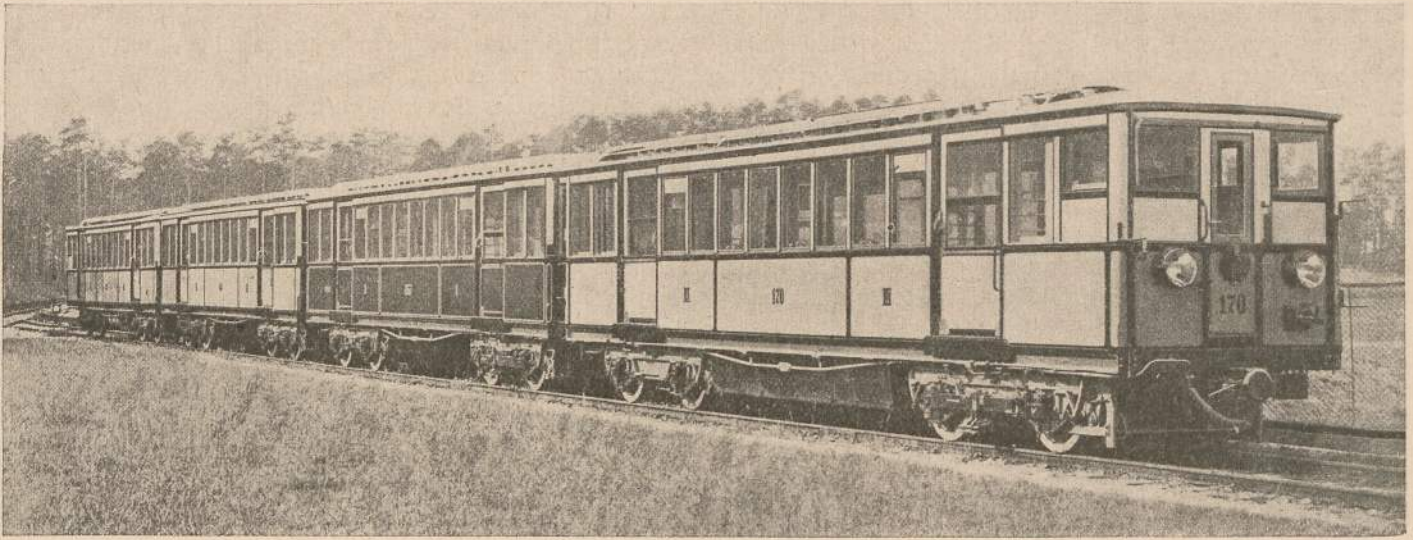
Das Aus- und Einsteigen kann durch geeignete Bauart der Wagen in hohem Maß beschleunigt werden. Ungünstig ist es, wenn Schnellbahnen mehrere Klassen führen, weil hierdurch viele Gegeneinanderbewegungen der auf den Bahnsteigen Wartenden verursacht werden. Es kann dann nicht jeder die ihm zunächst liegende Eingangstür benutzen, sehr viele haften am Bahnsteigrand entlang nach vorn, um den passenden Wagen zu finden, während andere aus dem gleichen Grund sich in der entgegengesetzten Richtung bewegen. Kostbarste Zeit geht hierdurch verloren.

Die Berliner Schnellbahnlinien führen sämtlich zwei Wagenklassen und haben noch dazu eine Einteilung in Raucher- und Nichtraucher-Abteile. Das wirkt gerade so, als wenn sie vier Wagenklassen besäßen. So unangenehm es für die Freunde des Tabakrauchs ist, es muß dennoch gesagt werden, daß ein grundsätzliches Rauchverbot auf den Berliner Schnellbahnen nötig und unausbleiblich ist. Ebenso muß die









638. Zug der Berliner Hoch- und Untergrundbahn  
Die Wagen haben je zwei Schiebetüren

muß, viel Zeit erfordert. Aus diesem Grund sind mechanische Vorrichtungen angebracht, die gestatten, sämtliche Türen eines Wagens, ja alle Zugänge des ganzen Zugs durch eine einzige Handlung zu schließen. An den beiden Längswänden jedes Wagens befindet sich je ein Druckknopf, durch dessen Betätigung sämtliche Türen des Wagens sogleich zufallen. Diese Knöpfe werden von den Bahnsteigbeamten bedient. Außerdem hat aber auch der Fahrer in seinem Stand einen Schalter, mit dem er sämtliche Türen des Zugs schließen kann.

Das Bewegen der Schiebeflügel erfolgt mittels einer Druckluftanlage, deren Ventile elektrisch gesteuert werden. Sobald auf einen der Knöpfe gedrückt oder der Schalter im Fahrerstand gedreht wird, tritt Druckluft aus der Bremsleitung vor kleine Kolben, die über den Türen vorgesehen sind, und schiebt diese mitsamt den daran gehängten Flügeln vor. Damit jedoch niemand eingeklemmt werden kann, sind Druckkolben und Türflügel nicht fest miteinander verbunden, sondern nur lose zusammengefügt. Der geringste widerstehende Druck, schon ein Finger, der sich innerhalb des

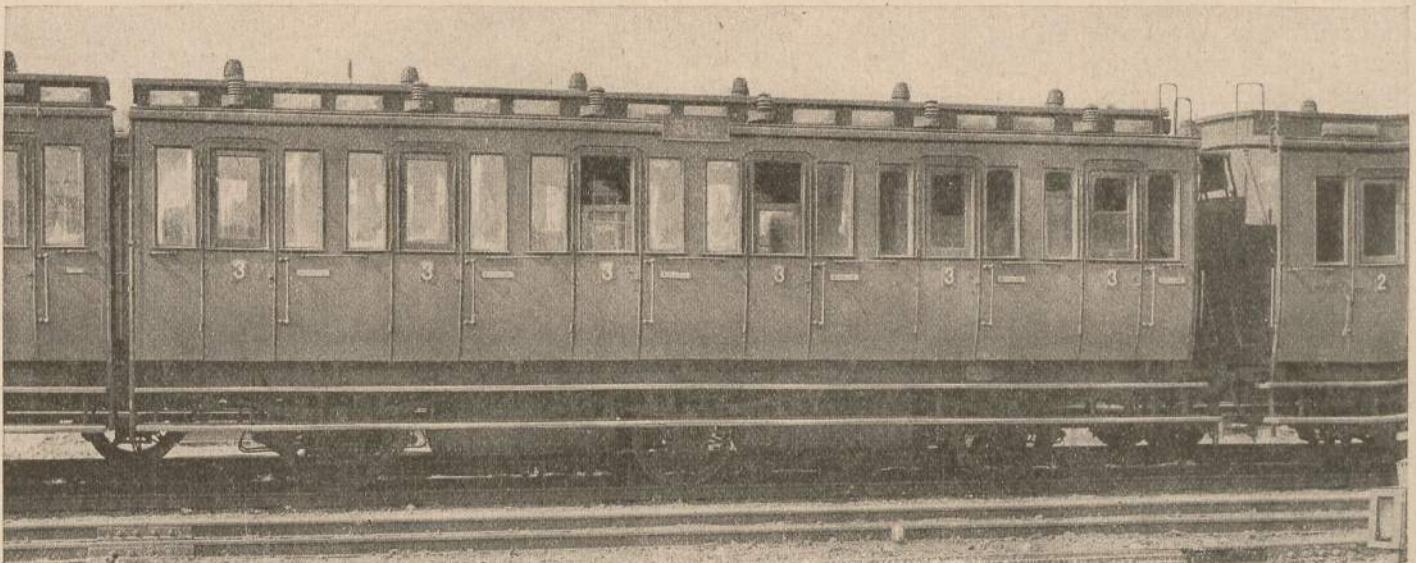
Türrahmens befindet, löst die Kupplung, so daß der Kolben selbst zwar seinen Weg vollendet, der Flügel aber stehen bleibt. Er kann dann von Hand völlig geschlossen werden. Das Öffnen ist jederzeit unabhängig von der Schließvorrichtung möglich.

Durch alle diese Maßnahmen vermag man die durchschnittliche Aufenthaltszeit der Züge in den Bahnhöfen auf dreißig Sekunden abzukürzen, zumal auch in Berlin die Gewöhnung der Fahrgäste an möglichst rasches Verlassen und Besteigen der Wagen allmählich immer weiter steigt.

\*

Die Kürzung der Haltezeiten allein aber gibt noch nicht die Möglichkeit zur Durchführung einer genügend raschen Zugfolge; hierzu ist ferner eine Umgestaltung jener Anordnung notwendig, die den stärksten Einfluß auf den Zugumlauf ausübt: der Signal-Einrichtung.

Wir haben im vorigen Abschnitt (Seite 272) gehört, wie tief durchdacht die Blockeinrichtung von Siemens & Halske



639. Zug der Berliner Stadtbahn  
Die Wagen der dritten Klasse haben je sechs, die Wagen der zweiten Klasse je fünf Klapptüren



ist, in welcher ausgezeichneten Weise sie die Züge auf den Fernbahnstrecken zu schützen vermag. Nun aber lernen wir auch die Grenze ihrer Wirksamkeit kennen. Damit die ungeheuren Menschenmassen rasch abbefördert werden können, die sich in den Hauptverkehrsstunden zu den Schnellbahnhöfen drängen, müssen 40 Züge in der Stunde für jede Fahrtrichtung abgefertigt werden können. Es ist also die Einführung eines  $1\frac{1}{2}$ -Minutenverkehrs notwendig. Da zeigt es sich nun, daß man Züge unter ordentlicher Signal-Deckung in so kurzen Abständen nicht aufeinander folgen lassen kann, wenn die Signale nach wie vor von Menschenhand gestellt werden. Die Anforderungen des Schnellbahnverkehrs haben die selbsttätigen Signal-Einrichtungen entstehen lassen.

Es muß zunächst überraschend erscheinen, daß die Technik es wagt, die wichtigste Sicherungseinrichtung, die Bewacherin vieler Millionen Leben, der Lenkung und Überwachung durch den Menschen zu entziehen und einem toten Apparat anzuvertrauen. Ist es doch für jeden aufmerksamen Reisenden ein beruhigendes Gefühl, wenn er bei einer Fahrt auf den Fernstrecken aus den Fenstern der Stellwerkhäuser die Wärter hinaussehen sieht, von denen er weiß, daß sie jeden fahrenden Zug mit den Augen begleiten, die wechselnden Farbsignale an den Block-Apparaten beobachten und mit Überlegung die Stellhebel oder Stellschalter bedienen. Bei der neuen Anordnung kümmert sich kein Mensch außerhalb der Züge um deren Fahrt; sie haben vollkommene Selbständigkeit erlangt. Die Züge schützen sich nun selbst, indem sie die Signale hinter sich auf Halt legen, und sie geben auch — fast möchte man sagen eigenhändig — die gesperrten Durchfahrten immer wieder rechtzeitig frei.

Ein über die ganze Strecke sich hinziehendes Etwas aus Eisen und Kupfer arbeitet ohne Herz und Hirn und soll doch in jedem Augenblick zuverlässigst wissen, was zu tun das Rechte ist. An die Stelle der physischen Personen ist die mechanische Person getreten. Jeder Fahrgast, der die Schnellbahn benutzt, vertraut dabei Leib und Leben einem Werk von Menschenhand an, die Menschenhand selbst, die Meisterin, ist nicht mehr schützend über ihm.

Der Entschluß, die alte, so viel bewährte Signal-Einrichtung durch eine neue, selbsttätige zu ersetzen, konnte nur unter zwei Voraussetzungen gefaßt werden: die Sicherung der Züge mußte mindestens ebenso zuverlässig bleiben, und es mußten sehr erhebliche Vorteile für den Betrieb entstehen. Aus den folgenden Darlegungen werden wir erkennen, daß die Sicherungskraft des wärterlosen Signalstell-Apparats tatsächlich stärker ist als der Schutz, unter

dem die Züge im Mannkreis der handbedienten Signale fahren. Der betriebliche Vorteil besteht eben in der Ermöglichung engster Zugfolge.

Die alte Block-Anordnung wirkt hemmend auf den Zugumlauf über Tunnelstrecken aus zwei Gründen: es ist bei ihrer Benutzung nicht möglich, Signale in genügender Zahl aufzustellen, und die Bedienungsgeschwindigkeit reicht nicht aus.

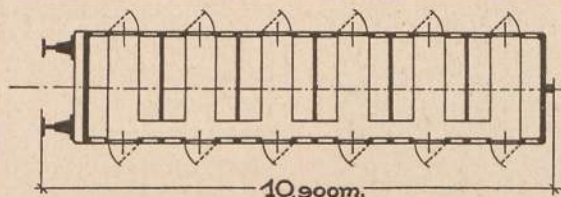
Wir wissen aus den Erörterungen des vorigen Abschnitts (Seite 291), daß die Vorbeifahrt jedes Zugs an einem Signal durch den Blockwärter beobachtet werden muß. Es ist eine seiner wichtigsten Aufgaben, festzustellen, ob der Zug das Schlusssignal führt, weil er ausschließlich hieraus die sichere Überzeugung schöpfen kann, daß keine Zerreißung auf der Strecke stattgefunden hat, also keine Wagen dort zurückgeblieben sind. Erst nachdem er das Schlusssignal wahrgenommen hat, darf der Wärter die rückliegende Strecke freiblocken, wodurch dem Folgezug die Möglichkeit der Weiterfahrt eröffnet wird. Es ist also notwendig, in unmittelbarer Nähe jedes handbedienten Signals einen Wärter aufzustellen. Auf Tunnelstrecken aber kann dies außerhalb der Bahnhöfe nur unter äußerst beschwerlichen Umständen geschehen.

Wegen der sehr bedeutenden Baukosten, die jede

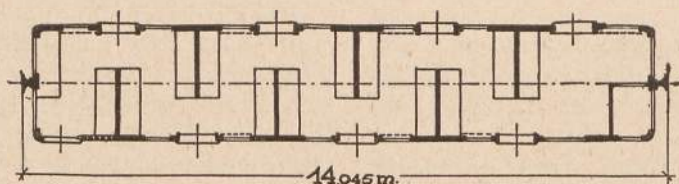
Strecke im Untergrund erfordert, hält man die Tunnel so schmal wie möglich. Nur ein ganz geringer Abstand trennt die Außenwände der Zugwagen von der Tunnelumgrenzung und voneinander. Für die Standorte von Wärtern müßten daher besondere Auswölbungen der Tunnelwände vorgesehen sein, was zu einer erheblichen Verteuerung des Baus führen würde. Zugleich hätte man damit die Standorte der Zwischensignale ein für allemal festgelegt. Sie könnten niemals im Anschluß



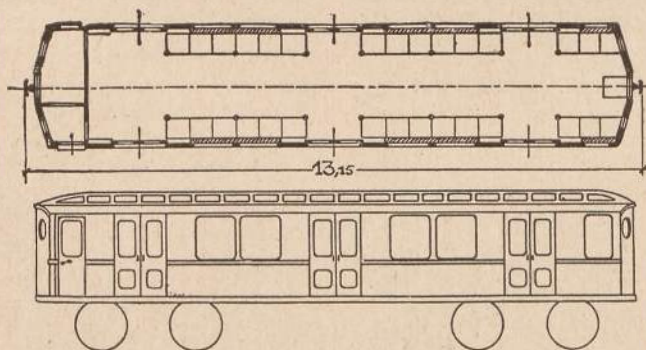
1. Wagen der Hoch- und Untergrundbahn mit Längssitzen und je einer Schiebetür am Wagenende



2. Wagen der Stadtbahn mit Quersitzen in einzelnen Abteilen, die durch einen schmalen Gang miteinander verbunden sind; sechs Klapptüren



3. Wagen der UEG-Bahn mit Quersitzen und zickzackförmigem Durchgang; vier Schiebetüren, von denen jede das Erreichen von zwei Abteilen gestattet



4. Wagen der Nord-Süd-Bahn mit Längssitzen und drei Schiebetüren

640. Sitz- und Türanordnung bei den Berliner Schnellbahnwagen

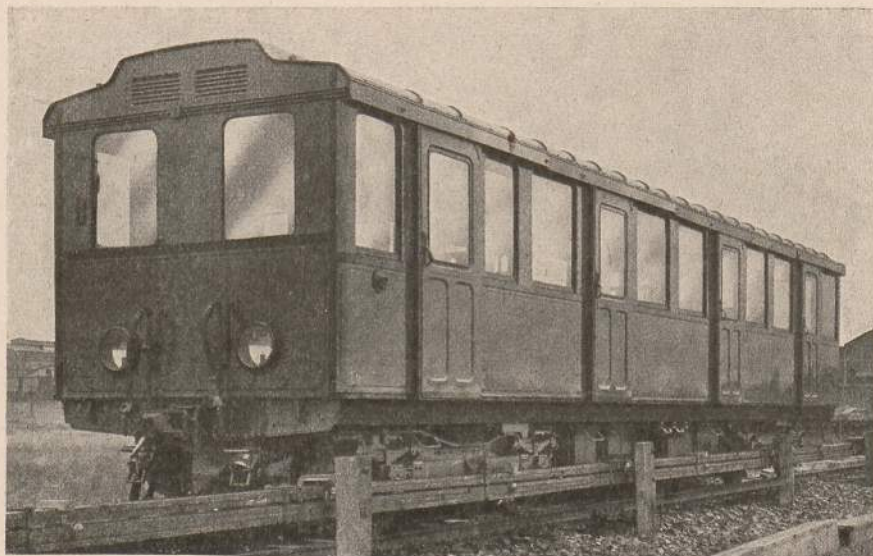




641. Inneres des unten abgebildeten Wagens für die NCG-Bahn

an wechselnde Verkehrsansprüche verschoben werden. Nur in seltenen Fällen ist zwischen den Geleisen die Aufstellung eines ganz schmalen Wärterhäuschens von der Form, die Bild 643 zeigt, möglich.

Nun stelle man sich aber den Dienst eines Signalmanns an solchem Ort vor. Er befindet sich in einem überaus engen Raum innerhalb des finsternen Tunnels. Während all seiner Dienststunden sieht er nichts als vorüberfahrende Züge. Solange der Verkehr währt, hat er den Besuch eines Aufsichtsbeamten kaum zu befürchten, da das Überschreiten der Geleise allzu gefährlich ist. Die Aufmerksamkeit des Wärters muß unter solchen Umständen erlahmen. Er wird sich



642. Wagen der NCG-Bahn

mit vier Schiebetüren, die an den Außenseiten der Seitenwände laufen. Links von der vordersten Tür Druckknopf zum Schließen der Türen. Der Wagen ist ganz aus Eisen gebaut

durch Lesen oder irgendeinen anderen Zeitvertreib die grauenvollen Stunden seines Dienstes zu kürzen suchen, wahrscheinlich auch öfter einmal einschlafen. Es ist keine unbedingte Sicherheit mehr gegeben, daß er die ihm übertragenen, in höchstem Maß wichtigen Verrichtungen mit genügender Genauigkeit ausführt.

Dienststellen solcher Art sind kaum zulässig, so daß also handbediente Signale auf Tunnelstrecken meist nur an den Anfängen und Enden der Bahnhöfe aufgestellt werden können. Dadurch aber würde die Zugfolge abhängig von den Bahnhofabständen; denn der Folgezug könnte seinen Bahnhof immer erst dann verlassen, wenn der vorhergehende in die vorausliegende Haltestelle eingefahren wäre. Ein einziger längerer Haltestellenabstand müßte drosselnd auf den gesamten Zugumlauf der Strecke wirken. Niemals würde es auf diese Weise möglich sein, 40 Züge in der Stunde fahren zu lassen.

Wichtiger noch und tiefer im Signalwesen verankert ist ein anderer Nachteil, welcher der handbedienten Signalanlage anhaftet. Bei ihr wird das auf Halt gelegte Signal, an dem der Zug vorübergefahren ist, durch die Blockeinrichtung solange in dieser Stellung festgehalten, bis der Wärter im vorausliegenden Posten imstande ist, das Entblocken vorzunehmen. Das vermag er aber erst, wenn der Zug bei ihm vorübergefahren ist und er sein Signal in die Haltstellung zurückgebracht hat. Das tatsächliche Freiwerden der Strecke und das Entblocken nach hinten fallen zeitlich nicht zusammen. Sie sind nicht zwangsläufig miteinander verbunden.

Ist der Wärter ein Mensch mit langsamen Bewegungen, so wird immer eine gewisse Zeit vergehen, bis er das Freiwerden der Strecke dem Kollegen weiter hinten kundtut. Und auch dieser kann durch Trödelerei wieder Zeitversäumnis herbeiführen, indem er nicht sogleich sein Signal zieht. Diese Verzögerungen schaden auf den Fernstrecken mit ihren größeren Zugabständen nicht viel, und für die Fernbahnen ist daher die Blockanordnung von Siemens & Halske nach wie vor ausreichend und gut. Wenn aber über eine Strecke 40 Züge in der Stunde gehen sollen, dann kommt es beim Signalstellen auf jede Sekunde und auf Bruchteile von Sekunden an. Ein einziger schwerfälliger Wärter, der sich immer erst ein paar Sekunden besinnt, bis er die Hände zum Entblocken erhebt, kann die stündliche Zugzahl bereits beträchtlich hinuntersetzen.

Bei der selbsttätigen Anordnung sind solche Verzögerungen ausgeschlossen, da das tatsächliche Freiwerden der Strecke und die Freigabe des rückliegenden Signals gleichbedeutend sind, also zeitlich zusammenfallen. Während bei der älteren Bauart die Grundstellung der Signale Halt ist, während also bei ihr das Ziehen auf Fahrt frei erst dann erfolgt, wenn die Freigabe der Strecke für die Vorbeifahrt eines Zugs gebraucht wird, ist die Grundstellung bei der selbsttätigen Anordnung Fahrt frei. Die Signale geben stets die Erlaubnis zur Vorbeifahrt, wenn kein Grund dagegen spricht.

Es steht heute fest, daß die Maschine im Zugsicherungsdienst weit besser arbeitet als der Mensch, der sie geschaffen hat. Diese



seltene Tatsache ist nur dann zu verstehen, wenn man sich klar macht, daß die zahlreichen überaus feinen Vorrichtungen der Blockanordnung, die früher beschrieben wurden (Seite 282), hauptsächlich deshalb vorhanden und notwendig sind, weil man den Wärter daran hindern muß, einen Fehler zu begehen.

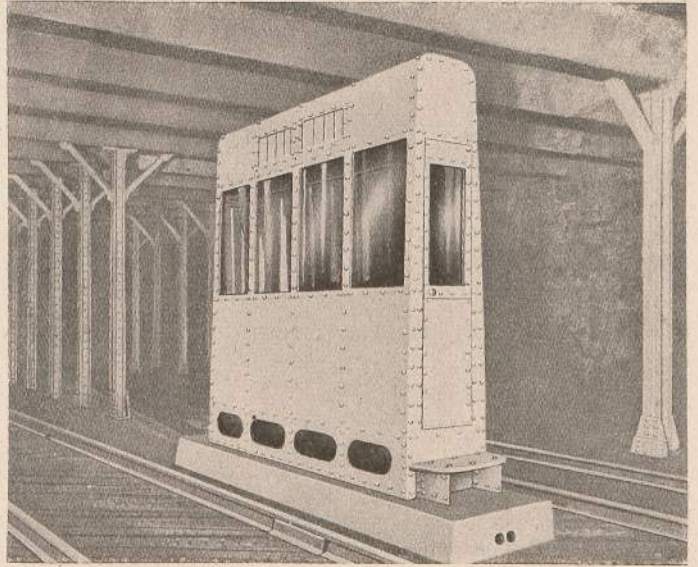
Er hat die Hebel zur Freigabe des rückliegenden Signals stets im Bereich seiner Hände. Wenn man seine Handlungen nicht durch besondere Maßnahmen einengte, vermöchte er in jedem Augenblick nach rückwärts freizublocken. Zahlreiche Sperren und Verriegelungen sind nur deshalb angebracht, damit er diese Handlung ausschließlich im richtigen Augenblick vornehmen kann. Bei der selbsttätigen Signalanordnung aber kommt der Freigeber der rückliegenden Strecke, nämlich der Zug, nur dann in den Bereich der Freigabevorrichtung, wenn er sie wirklich benutzen darf. Er ist es ja selbst, aus dessen Nähe der Folgezug ferngehalten werden muß; wenn er die Entblockungsstelle erreicht hat, darf sein Nachfolger stets sofort ohne Gefahr in die rückliegende Strecke einfahren. Vorzeitige Freigabe durch den Zug kann also niemals erfolgen.

Durch diese Tatsache allein wird bei der selbsttätigen Signalanordnung alles sehr stark vereinfacht. Eine einzige Kontaktgebung ist es schließlich, die das richtige Arbeiten der Gesamteinrichtung herbeiführt. Freilich muß dafür gesorgt sein, daß die Wirkung dieses Kontakts im höchsten Maß zuverlässig ist, daß sie jedesmal sogleich eintritt, wenn sie eintreten soll, und daß sie unter gar keinen Umständen durch irgend etwas anderes als den fahrenden Zug herbeigeführt werden kann.

In den ältesten und größten Schnellbahnstädten, London und New York, ist die selbsttätige Signalanordnung schon seit langer Zeit eingeführt. In Berlin wurde sie auf den ersten Schnellbahnstrecken nicht angewendet, weil für diese der Handblock von Siemens & Halske vorerst genügte. Als jedoch der Verkehr immer weiter anstieg, kam man schließlich an eine Grenze, über die hinaus eine Verdichtung der Zugfolge nicht mehr möglich war. Da wies Kemmann als Berater der Hochbahngesellschaft immer wieder darauf hin, daß die Rettung in dieser Not ausschließlich in der Selbsttätigkeit der Signale läge. Er hatte das Wirken der Anordnung in den englischen und amerikanischen Weltstädten aufs genaueste beobachtet und war zu der Überzeugung gelangt, daß sie mit größerer Geschwindigkeit des Arbeitens vollkommenste Sicherheit vereinigt.

Es war nicht leicht, vom preussischen Eisenbahnministerium, dessen Aufsicht die Schnellbahnlinien unterstanden, die Erlaubnis zur Einführung der neuen Signalanlage zu erhalten. Angesichts der ungeheuren Verantwortung, die ein derartiger Entschluß in sich birgt, ist das durchaus begreiflich. Berücksichtigungen in London und insbesondere das Ansehen, das Kemmann besitzt, bewirkten schließlich doch, daß die von ihm befürwortete Anlage eingeführt wurde. Es geschah — von dem Sonderfall der Elberfelder Schwebebahn abgesehen — zum erstenmal in Deutschland, daß eine Signaleinrichtung ohne menschliches Zutun arbeitete. Manche bewährte Anschauung mußte als Ballast über Bord geworfen werden.

Bis zu einem gewissen Grad war der Weg durch die Signalanlage der Hamburger Hochbahn vorgebaut. Dort haben Siemens & Halske zur Ermöglichung einer sehr geschwindigen Zugfolge den Vierfelderblock, eine Fortbildung des auf Fernbahnen üblichen Zweifelderblocks, eingerichtet. Bei

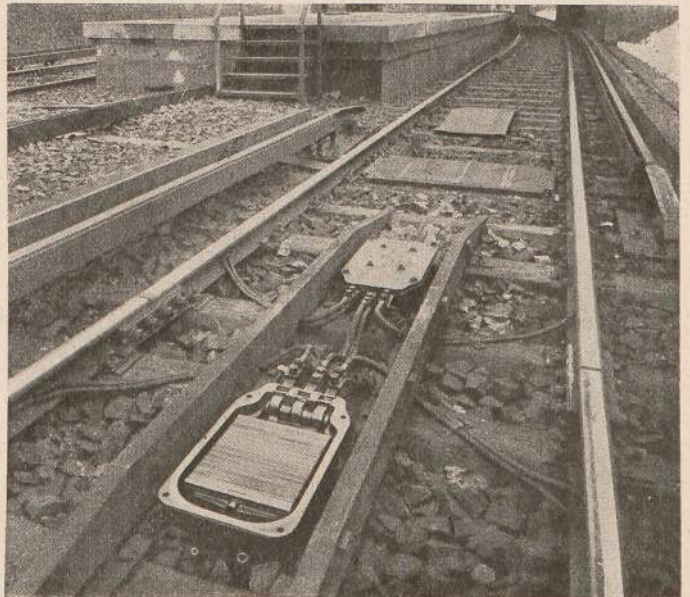


643. Stellwerkhaus in einem amerikanischen Schnellbahntunnel

Wegen der Schmalheit des zwischen den Geleisen zur Verfügung stehenden Platzes ist der Aufenthaltsraum für den Stellwerk-Wärter aufs äußerste beschränkt

dieser Sicherungsanlage gehen bereits alle Maßnahmen unter dem Einfluß der fahrenden Züge selbsttätig vor sich — bis auf die allerletzte, nämlich das Auf-Fahrt-Stellen der Signale. Die Züge setzen sämtliche Blockhemmungen und Blockentsicherungen in Tätigkeit, der Wärter hat nichts anderes mehr zu tun, als durch Niederdrücken einer Taste die tatsächlich bereits erfolgte Freigabe der Strecke durch Änderung der Signallage dem Fahrer sichtbar zu machen.

Damit er aber die Freigabetaste niemals zu unrechter Zeit zu drücken vermag, ist in jeden der Blockkasten eine



644. Drosselstoß

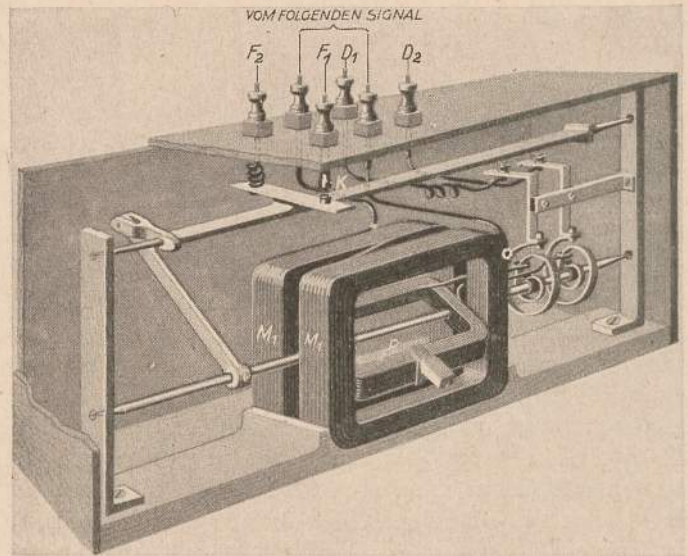
In den beiden eisernen Kästen zwischen den isolierten Schienenstößen Induktionspulen mit Kernen aus geschichteten Eisenblechen. Von dem vorderen Kasten ist der Deckel fortgenommen. Die Spulen führen den Betriebsstrom, der ein Gleichstrom ist, ungehindert über die Isolierstöße von einem Gleisabschnitt zum anderen, sie drosseln aber den Signalstrom, der ein Wechselstrom ist, ab. Es entstehen gesonderte Signalstromkreise in jedem Gleisabschnitt, der vorn und hinten durch Isolierstöße begrenzt ist



sehr große Zahl von Sperrvorrichtungen eingebaut; es befindet sich darin ein fast allzu reiches Gewimmel von Riegeln, Stangen und Federchen. Der Zweck ist einzig, Fehler des „denkenden“ Menschen zu verhindern, den man nicht entbehren zu können glaubte. Es wurde deutlich, daß durch Einführung der Selbsttätigkeit eine außerordentliche Vereinfachung eintreten mußte, die allein schon eine Erhöhung der Sicherheit bedeutet, weil jeder Riegel, jede Feder und jede Stange durch Versagen Unheil heraufführen können.

Um das Arbeiten und die Vorzüge der selbsttätigen Signalanordnung verstehen zu können, müssen wir uns noch einmal die Aufgabe ins Gedächtnis zurückrufen, die jedes Eisenbahnsignal zu erfüllen hat. Ein Zug, der auf der Strecke dahinfährt, kann nur durch ein auf Halt liegendes Signal aufgehalten werden. Daraus folgt, daß jeder Zug ein Signal in der Haltstellung hinter sich haben muß. Denn wenn er aus irgendeinem Grund plötzlich zum Stillstand kommt, kann nur hierdurch der Folgezug am Aufahren verhindert werden. Erst wenn der vorausgehende Zug an dem nächsten Signal vorbeigefahren ist und dieses auf Halt gelegt hat, darf das zurückliegende wieder gezogen werden. Gesetz ist also, daß auf einem Streckenabschnitt, der zwischen zwei Signalen liegt, immer nur Ein Zug sich befinden darf.

Für das selbsttätige Stellen der Signale werden die Schienen und die Achsen der fahrenden Züge benutzt. Zu diesem Zweck ist eine Teilung der Geleise in einzelne Abschnitte vorgenommen. In der Fahrtrichtung gesehen, beginnt hinter jedem Signal ein Gleisabschnitt, der durch Isoliermittel von allen anderen so getrennt ist, daß der darin fließende Signalstrom auf den Abschnitt selbst beschränkt bleibt. Dies wird dadurch bewirkt, daß die Stöße, das heißt die Stellen, an denen die einzelnen Schienenstücke miteinander verbunden sind, an den Abschnittenden Laschen mit isolierender Unterlage erhalten, und daß außerdem isolierende Platten zwischen die mit schmaler Lücke aneinanderstoßenden Schienenenden gelegt werden. Außerdem sind auch noch die beiden Schienen jedes Geleises elek-



646. Schema für die Relais in einer selbsttätigen Signalanlage

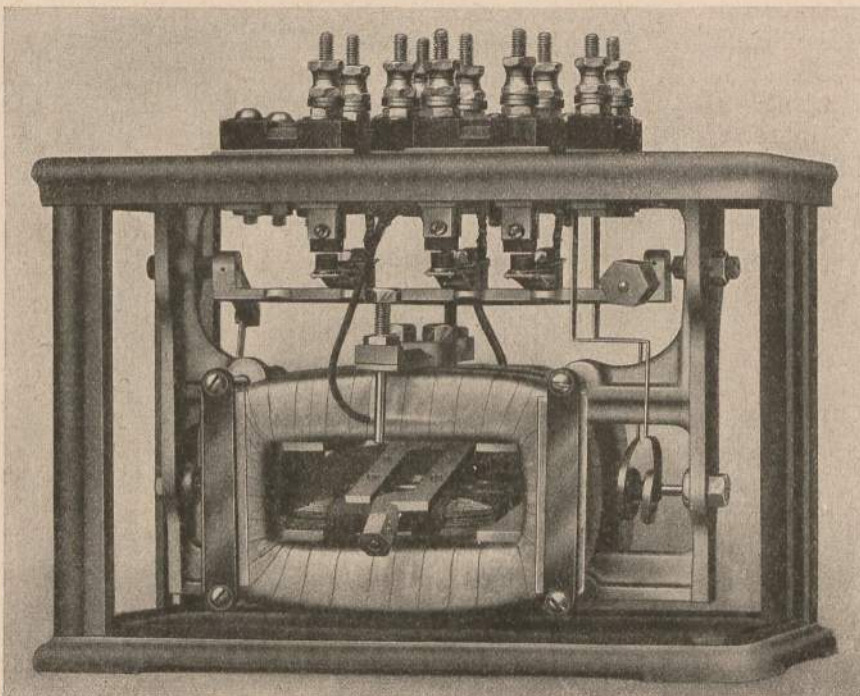
$M_1$  Feld-(Doppel-)Spule, P Ankerspule, K Kontakt für die Signalsteuerung

trisch voneinander getrennt. Hierzu genügt ihre Lagerung auf hölzernen Schwellen. Eiserner Stangen, die Weichenzungen miteinander verbinden, müssen isolierende Einlagen erhalten.

Die Schaltung ist nun so getroffen, daß das Signal, welches die Einfahrt in einen Abschnitt freigibt, immer auf Fahrt frei steht, solange die Isolierung zwischen den beiden Schienen des Gleisabschnitts, den das Signal deckt, tatsächlich besteht. Sobald jedoch eine metallische Verbindung zwischen den beiden Schienen eintritt, geht das Einfahrtssignal für den Abschnitt auf Halt und bleibt solange in dieser Stellung, bis die leitende Überbrückung wieder beseitigt ist.

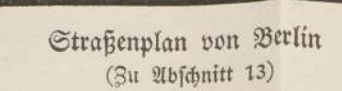
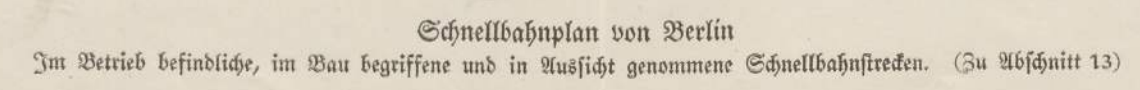
Diese tritt immer ein, sobald ein Zug in den Abschnitt eingefahren ist. Denn jede der Wagenachsen schafft mit Hilfe der Räder eine leitende Verbindung zwischen den beiden Schienen. Man sieht ohne weiteres, daß ein in den Abschnitt eingefahrener Zug den nächstfolgenden solange von dem Abschnitt fernhält, bis er selbst in den nächsten Abschnitt eingefahren ist und sich dort durch Auf-Halt-Legen des Signals von neuem gedeckt hat.

Der wichtigste Vorgang bei der selbsttätigen Signalanordnung ist also die Schaffung einer leitenden Verbindung zwischen den Schienen durch die Zugachsen. Denn hierdurch allein wird die ordentliche Signaldeckung bewirkt. So wenig man im allgemeinen geneigt sein wird, einem bloßen Kontakt die Sicherung von Menschenleben zu überlassen, so getrost kann man es in diesem Fall tun. Die Fahrachsen und die Radfränze sind immer blank. Die Berührung zwischen beiden erfolgt unter dem sehr starken Druck des Wagengewichts. Jedes der Fahrzeuge besitzt vier Achsen, so daß, selbst wenn ein Zug aus der kleinsten Einheit besteht, nämlich aus nur einem Wagen, jedesmal vier Kontaktgeber vorhanden sind, von

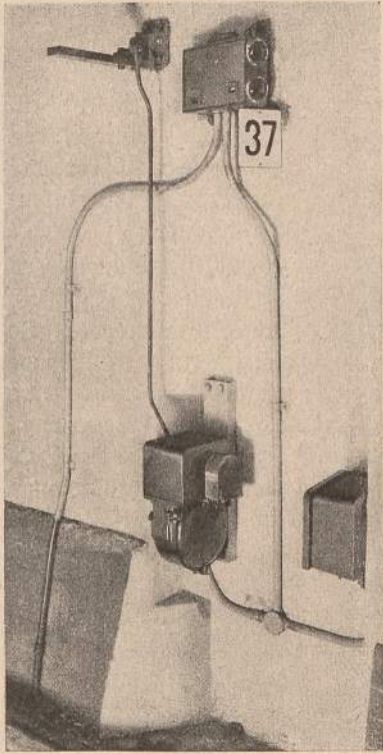


645. Ansicht eines Relais für eine selbsttätige Signalanlage









647. Tunnel(Licht-)Signal mit Fahrsperrre

Stellung für Halt. Der Fahrsperrbalken liegt wagerecht, die obere, rote, Lampe leuchtet. Unten: der Antriebsmotor für die Fahrsperrre

denen jeder einzelne voll auf imstande ist, die Signalbedeutung zu bewirken.

Da aber der metallische Schienenschluß nur mittels Zwischengliedern auf die Signale wirken kann, so müssen auch diese Hilfswerkzeuge vollkommenste Sicherheit bieten, und wir werden bei der nun folgenden Schilderung der Schaltungsanordnung beobachten müssen, ob das tatsächlich der Fall ist.

Wir sehen auf Bild 649 oben die Strecke in drei Abschnitte A, B, C geteilt. Bei J, J<sub>1</sub>, J<sub>2</sub> befinden sich die Isolierstöße, welche die elektrische Unterteilung bewirken. Nun haben aber die Fahrsperrbahnen nicht nur die Aufgabe, die Signalströme zu führen, sie dienen gleichzeitig auch als Rückleitung für den Betriebs-

strom, der die Zugmotoren treibt. Diese Obliegenheit können die Schienen nur dann erfüllen, wenn jede von ihnen ein durchlaufendes metallisches Ganzes bildet. Wir sehen die seltsame Notwendigkeit entstehen, daß jede Schiene zugleich in Abschnitte unterteilt und zusammenhängend sein muß. Das sieht zunächst gerade so unsinnig aus wie die Forderung etwa, daß eine elektrische Lampe zur selben Zeit leuchten und ausgeschaltet sein, oder daß ein Berg zugleich ein Tal vorstellen solle. Trotzdem hat die Technik es fertig gebracht, im Bau der Schnellbahngleise beiden Anforderungen zu gleicher Zeit zu genügen.

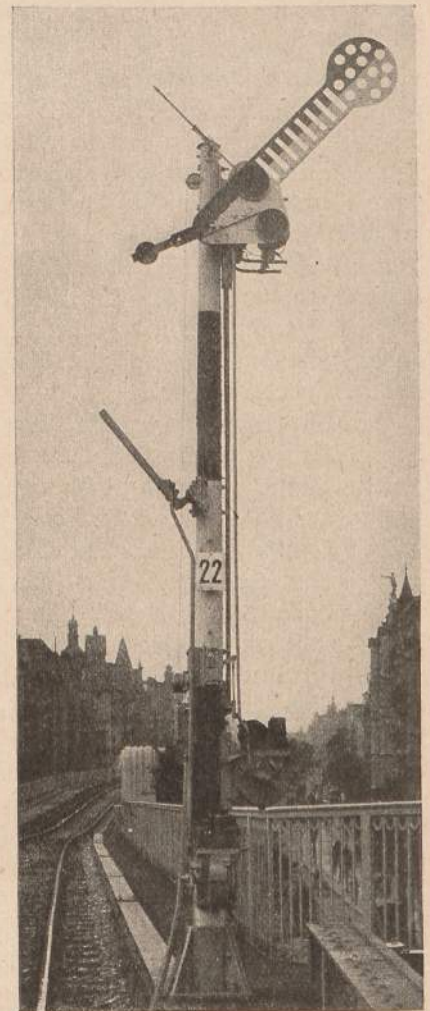
Möglich wird dies dadurch, daß der Betriebsstrom und der Signalstrom von verschiedener Artung sind. Der erste ist ein Gleichstrom, der zweite aber ein Wechselstrom, das heißt ein solcher, der seine Fließrichtung innerhalb jeder Sekunde viele Male umkehrt. Wenn die Ströme beider Arten durch geradlinige Leiter fließen, so sind ihre Schicksale darin gleich. Spulen aber mit vielen Windungen, die um Eisenkerne geführt sind, verhalten sich grundverschieden gegen Gleichstrom und Wechselstrom.

Der erste merkt die Spulenform gar nicht; er geht mit der üblichen Schwächung hindurch, die von dem Leitungswiderstand herrührt. Für den Wechselstrom aber ist eine solche Spule, selbst wenn sie aus Kupferdraht besteht, ein verschlossenes Sperrtor. Das rasche Wechseln der Fließrichtung erzeugt nämlich in dem eingelegten Eisenkern eine elektromagnetische Gegenkraft, die ihrerseits durch ihre Rückwirkung auf die Spulenwindungen den Strom abdrosselt. Man nennt den Vorgang Selbstinduktion der Spulen, und wir haben davon in dem Abschnitt über drahtlose Telegraphie bereits ausführlich gesprochen (siehe Band I, Seite 242).

Wir sehen auf beiden Seiten der Isolierstöße J und J<sub>1</sub> je eine Induktions- oder Drosselspule zwischen die Schienen gelegt. Ihre Mitten sind durch eine Leitung aus Kupfer verbunden. (Siehe auch Bild 644.) Der Gleichstrom für den Antrieb der Zugmotoren geht durch die Spulenwindungen und den Mittelleiter frei hindurch. Das Gleis ist für ihn also eine fortlaufende Leitung, in die gar keine Isolierungen eingelegt sind. Der dem Abschnitt B zugeführte Signalstrom aber bleibt als Wechselstrom auf diesen engen Bezirk beschränkt, er kann die an den beiden Enden des Abschnitts angeordneten Isolierstöße nicht überschreiten. Sämtliche Vorgänge, die auf die Signalanordnung einwirken, spielen sich also in jedem Abschnitt gesondert von allen anderen ab.

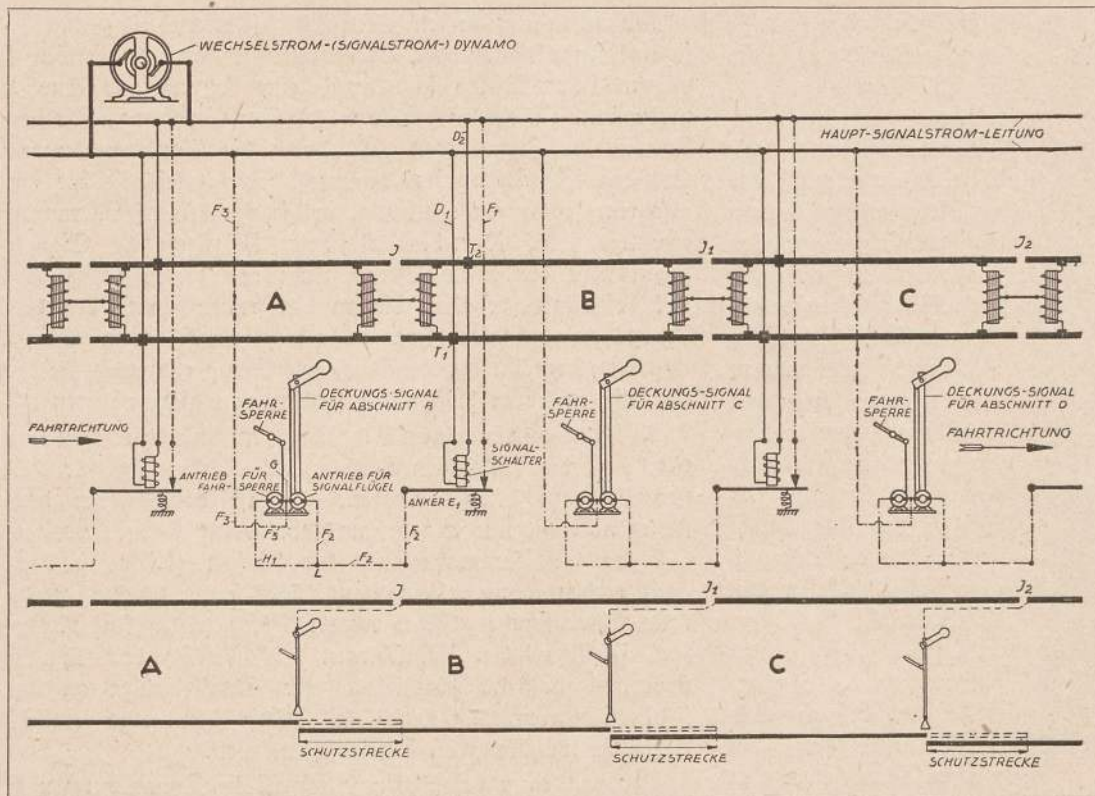
Auf den ausländischen Schnellbahnen kommt es häufiger vor, daß die Fahrsperrbahnen nicht als Rückleitung für den Betriebsstrom benutzt werden. Es ist dann neben dem Fahrgeleis nicht nur wie bei uns eine dritte Schiene verlegt, auf der die Stromabnehmer der Wagen gleiten, sondern auch noch eine vierte eingebaut, über deren Rücken gleichfalls Stromschuhe geführt werden (Bild 659). In solchem Fall fließt in den Fahrsperrbahnen ausschließlich der Signalstrom, so daß die Ausbildung von Drosselspulen an den Isolierstößen unnötig wird. Es besteht dann eine reinliche elektrische Trennung an den Abschnitten.

Der von einer besonderen Wechselstrom-Dynamo erzeugte Signalstrom wird durch die Haupt-Signalstrom-Leitung an der ganzen Strecke entlang geführt. Dem Abschnitt B, dessen Wirken wir als Beispiel für alle anderen Abschnitte insbesondere betrachten wollen, wird der Signalstrom durch die Leitungen D<sub>1</sub> und D<sub>2</sub> zugeführt. In der Nähe des Isolierstoßes J sehen wir den Signalschalter an den Punkten T<sub>1</sub> und T<sub>2</sub> angeschlossen. Wird dieser Signalschalter von dem Signalstrom durchflossen, dann zieht er den Anker E<sub>1</sub> an. Hierdurch wird der strichpunktiert gezeichnete Bedienungstromkreis für das Signal geschlossen, das ist derjenige Stromkreis, der unmittelbar den Antriebsmotor für das Signal steuert und damit die Lage des Signalfügels bestimmt. Von der Haupt-Signalstrom-Leitung herkommend, geht der Bedienungstrom durch die Lei-



648. Flügelsignal mit Fahrsperrre auf einer Hochbahnstrecke in der Stellung Fahrt frei. Von den beiden Antriebsmotoren für Fahrsperrre und Flügel ist nur einer am Mastfuß zu sehen





649. Grundschema für den Betrieb der selbsttätigen Signalanlage  
Oben: Zustand bei unbefetzter Strecke. Unten: Schutzreckenplan

tung  $F_1$ , den angezogenen Anker  $E_1$ , die Leitung  $F_2$  über den Verzweigungspunkt L zum Steuerflügel des Signalmotors und von dort über den Verzweigungspunkt G sowie die Leitung  $F_3$  zur Hauptleitung zurück. Der Steuerflügel des Signalmotors ist unter diesen Umständen in solche Stellung gebracht worden, daß der Signalmotor aus seinem besonderen Speisestromkreis Strom in der Plusrichtung erhalten und das Signal auf Fahrt Frei gestellt hat.

Dieser Zustand bleibt bestehen, solange zwischen den beiden Fahrseilen keine andere leitende Verbindung vorhanden ist als die, welche über den Signalschalter führt.

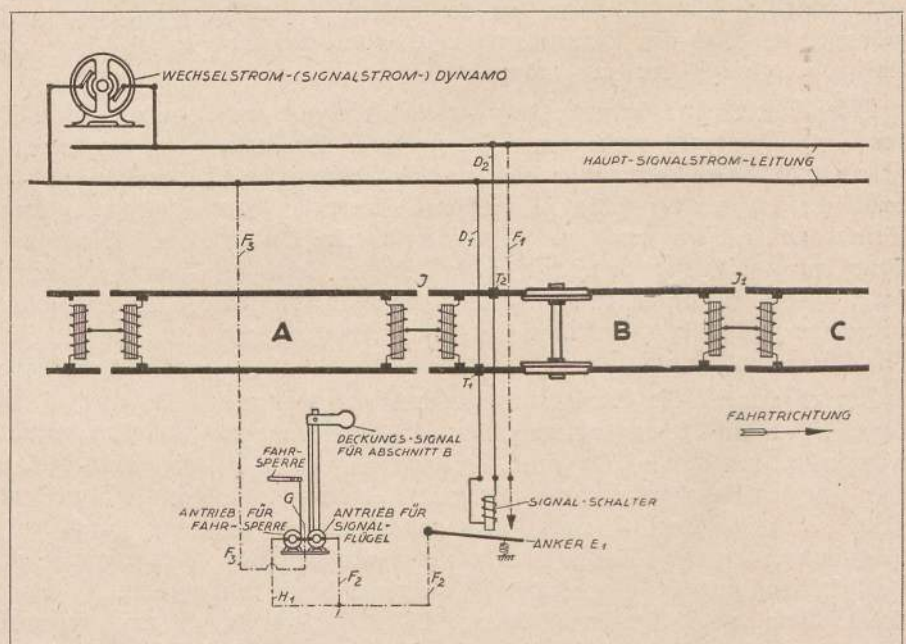
Der Signalstrom hat im Augenblick keine Möglichkeit, anders als durch die mit glatten Linien gezeichneten Leitungen zu fließen. Wohl aber wird ihm eine zweite Bahn eröffnet, sobald auch nur eine Zugachse in den Abschnitt B eingefahren ist, so wie Bild 650 es zeigt. Nun kann der Signalstrom auch über  $D_1$ , Anschlußpunkt  $T_1$ , die rechte (untere) Schiene, rechtes Rad der Achse, den Achsschaft, linkes Rad, linke (obere) Fahrseile,  $T_2$  und Leitung  $D_2$  fließen. Da die Räder und die Achsschäfte einen sehr bedeutenden Querschnitt haben, so findet der Signalstrom beim Durchgang durch diese nur einen ganz geringen Widerstand. Die Wicklungen des Signalschalters zu durchziehen, ist ihm zwar auch jetzt nicht unmöglich, denn diese üben infolge anderer Bauart, als die Induktionsspulen sie haben, keine Drosselwirkung, aber der Durchgang durch die Schalterspule fällt dem Strom doch sehr schwer. Er zieht darum vor, sich vollständig durch die Wagenachse oder, richtiger

gesagt, die Wagenachsen auszugleichen, so daß der Signalschalter stromlos wird. Es ist ein Kurzschluß zwischen den Schienen entstanden, der ein Abfallen des Ankers  $E_1$  bewirkt.

Der Bedienungsstrom ist nun abgeschaltet; der Signalmotor erhält Strom in der Minusrichtung und macht eine rückläufige Bewegung, die das Signal auf Halt zurückbringt. Solange sich noch eine Zugachse im Abschnitt B befindet, muß jetzt notwendigerweise das Signal, welches den Abschnitt deckt, in der Haltestellung liegen bleiben. Erst wenn die letzte Achse des Zuges ausgefahren ist, kann es wieder auf Fahrt Frei gehen. Dann aber geschieht die Freigabe der

Strecke auch sofort, ohne jede Zeitveräumnis.

Die Ausbildung des Signalschalters wäre einfach, wenn man hierzu einen gewöhnlichen Elektromagneten verwenden könnte. Der Schalter könnte dann aus einem weichen Eisernen Kern bestehen, um den die Verbindung zwischen den Leitungen  $D_1$  und  $D_2$  in vielen Windungen herumgeführt wäre. Der Kern würde zum Magneten, solange Strom durch den Schalter hindurchginge, und der Anker  $E_1$  wäre während dieser Zeit in der Stellung festgehalten, in der er den Bedienungsstromkreis schließt. Man hätte aber — abgesehen davon, daß ein solcher Schalter wieder als Drosselspule für den



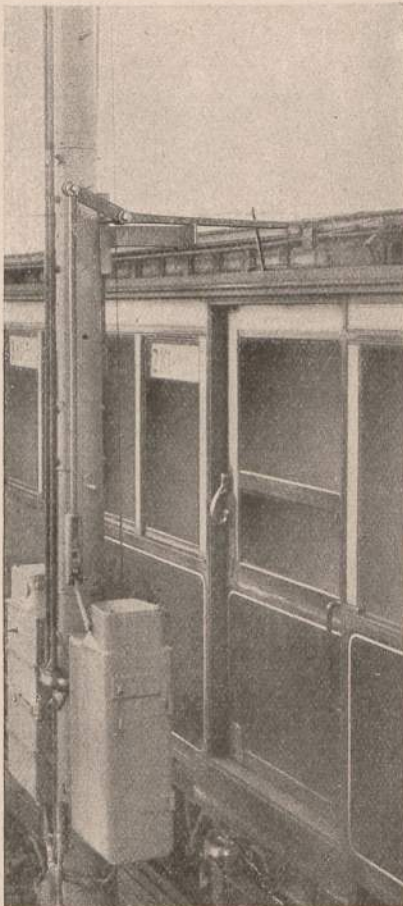
650. Schaltung für die selbsttätige Signalanlage  
Zustand bei besetztem Gleisabschnitt B.



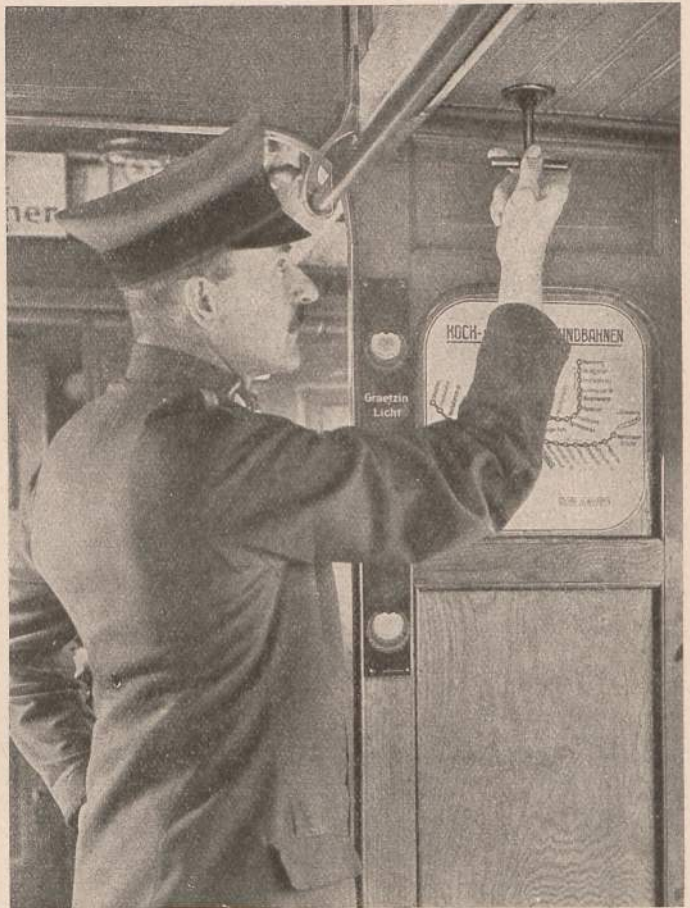
Signal-Wechselstrom wirken würde — in diesem Fall keine Sicherheit dafür, daß der Anker  $E_1$  auch unbedingt abfiel, sobald durch die erste Zugachse ein Kurzschluß im Abschnitt B hervorgerufen wird. Denn der Eisenkern eines Elektromagneten behält auch nach dem Aufhören des erregenden Stroms immer etwas Magnetismus zurück, so daß der Anker leicht kleben bleiben könnte. Alsdann würde das Signal vor einem besetzten Abschnitt auf Fahrt Frei bleiben, es würde ein im höchsten Maß gefährliches Signalbild entstehen. Das darf unter keinen Umständen geschehen.

Das Abfallen des Ankers  $E_1$  ist der entscheidende Vorgang. Es muß die vollkommenste Sicherheit vorhanden sein, daß sich die Ankerbewegung bei Eintritt des Kurzschlusses durch die Zugachsen auch wirklich vollzieht. Aus diesem Grund ist der Signalschalter vollständig ohne Eisen gebaut. Er besteht in Wirklichkeit — und in scharfem Gegensatz zu der schematischen Darstellung in den Bildern 649 und 650, die zur Erleichterung des Verständnisses angewendet wurde — aus einer fest angeordneten Doppelspule  $M_1$  (Bild 646), Feldspule genannt, und einer im Hohlraum dieser Feldspule beweglich aufgehängten Ankerspule  $P$ . Der in den Bildern 649 und 650 schematisch als einfacher Balken gezeichnete Anker  $E_1$  ist also in Wirklichkeit eine Spule.

Diese Ankerspule kann sich um eine stählerne Achse drehen, die mit feinst geschliffenen Spitzen in Näpfchen aus Halbedelsteinen eingesetzt ist. Die Lagerreibung der Spulenchse ist also äußerst gering.



Ein an der Ankerspule angebrachtes Gewicht hält deren Vorderteil für gewöhnlich hinuntergeklappt. Erst wenn Feldspule und Ankerspule von Strom durchflossen werden, hebt sich die Ankerspule. Es bildet sich alsdann um jede von ihnen ein magnetisches Feld aus, und die Wirkung der beiden Felder aufeinander verursacht die Hebung der Ankerspule. Diese Bewegung tritt nicht ein, wenn nur eine der beiden Spulen Strom erhält. Sobald die Ankerspule sich gehoben hat, bewirkt sie, wie auf Bild 646 zu erkennen ist, durch die Drehung ihrer Achse und die Übertragung dieser Bewegung auf eine Hilfsachse die Schließung des Kontakts  $K$ , und das ist, wie die Bezeichnung der



#### 652. Aufheben der Fahrsperrwirkung

Wenn ein Zug ein auf Halt liegendes Signal überfahren hat, ist durch den Ausleger der Fahrsperr eine Schaltwalze im Wagendach umgelegt worden. Der Betriebsstrom kann nicht wieder vom Fahrer eingeschaltet, die Bremsen können nicht wieder gelöst werden, bis der Zugbegleiter mittels eines Schlüssels, den er nach Durchreißen eines Bleisiegels aus dem Fahrerstand entnommen hat, die Schaltwalze in die Ruhelage zurückgebracht hat. Das Abreißen des Bleisiegels darf erst erfolgen, wenn Fahrer und Zugbegleiter die Überzeugung gewonnen haben, daß die vorausliegende Strecke frei geworden ist. Phot. W. Tizenthaler, Berlin

herangeführten Leitungen zeigt, gleichbedeutend mit der Schließung des Bedienungsstromkreises für das Signal, so daß dieses nun in die Stellung Fahrt Frei geht.

Das Fehlen jeglichen Eisens im Signalschalter und die äußerst feine Lagerung der Ankerspule bewirken, daß das Abfallen der Ankerspule beim Kurzschluß im Gleisabschnitt unbedingt gesichert ist. Der vordere Spulenteil sinkt in diesem Fall unter dem Einfluß des aufgesteckten Gewichts ebenso sicher hinunter wie ein Stein hinabfällt, den man in die Luft geworfen hat.

Die Tatsache, daß sowohl die Feldspule wie die Ankerspule Strom haben müssen, damit der Bedienungsstrom fließen kann, wird zu einer weiteren Sicherung benutzt. Nach der bisherigen Darstellung könnte man glauben, daß das Signal, welches die Einfahrt in den Abschnitt B deckt, ohne weiteres auf Fahrt Frei geht, wenn der Abschnitt geräumt ist. Wir wissen aber, daß dies nach den Signalregeln nicht früher geschehen darf, als bis das nächstfolgende Signal auf Halt gelegt ist.

Freilich wird der Signalschalter des Abschnitts C stromlos, sobald eine Zugachse in diesen Abschnitt eingefahren ist, und das geschieht, da die isolierende Trennung zwischen den beiden Abschnitten ganz schmal ist, längst bevor die letzte Achse des Zugs den Abschnitt B geräumt hat. Aber der Kurzschluß in Abschnitt C ist doch immer nur die

651. Die Fahrsperr in Tätigkeit  
Die Stange auf dem Dach des vordersten Wagens eines Zugs, der ein auf Halt liegendes Signal überfahren will, stößt gegen den Ausleger der Fahrsperr. Der Betriebsstrom wird ausgeschaltet, die Bremsen werden angezogen. Am Unterteil des Mastes die beiden Antriebsmotoren für den Signalfügel und die Fahrsperr

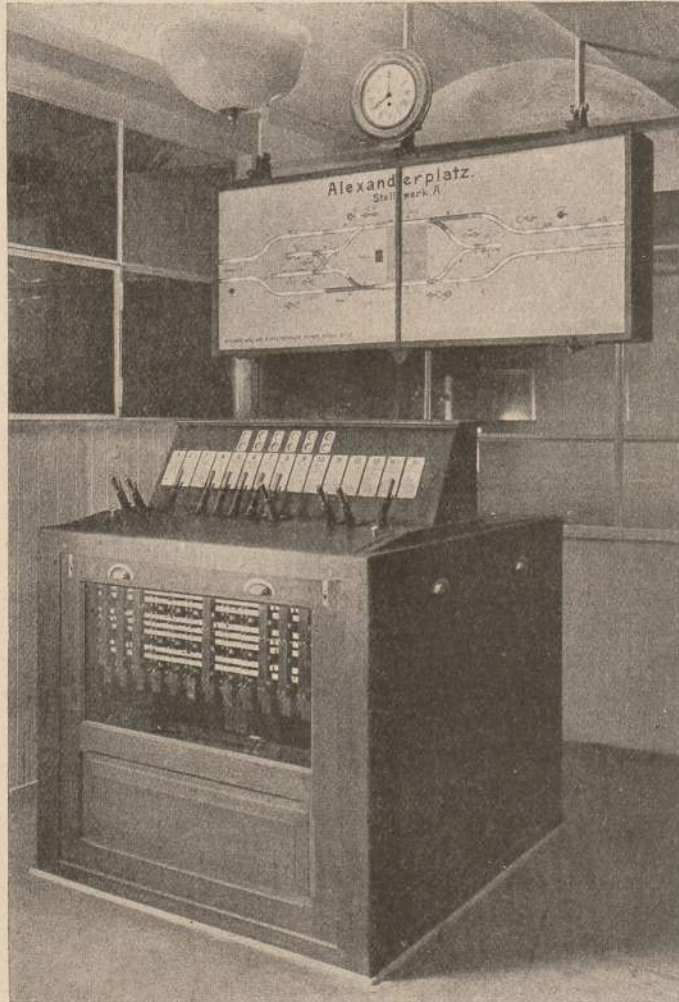


Vorbereitung für die Aufhalt-Regung des Signals vor Abschnitt C. Um den höchsten Ansprüchen der Signalführung zu genügen, ist man nicht damit zufrieden, daß, wenn das Signal vor Abschnitt B wieder auf Fahrt frei geht, bloß alle Vorbereitungen für die Haltlage des Signals vor Abschnitt C getroffen sind, man will darüber hinaus die vollkommene Sicherheit haben, daß das Signal vor Abschnitt C in diesem Augenblick wirklich schon auf Halt liegt. Denn es sind ja zwischen den Gleis-Kurzschluß und das Signal selbst mancherlei Vorrichtungen eingeschaltet, die versagen können, und der Zug hätte, wenn das Signal vor Abschnitt B schon wieder gezogen, das Signal vor Abschnitt C aber noch nicht niedergegangen ist, kein auf Halt liegendes Signal hinter sich.

Aus diesem Grund nun ist die Ankerspule des Signalschalters mit den beiden Schienen verbunden, die Feldspule aber mit einem Kontakt an dem nächstfolgenden Signal in Verbindung gebracht. Ist der Abschnitt von den Zugachsen geräumt, so erhält zwar die Ankerspule Strom, sie kann aber ihre Schaltbewegung nach oben noch nicht ausführen, weil die Feldspule noch keinen Strom bekommen hat. Dies geschieht erst, wenn das folgende Signal wirklich auf Halt gegangen ist. Dann erst ist der Kontakt geschlossen, der auch der Feldspule Strom zuführt. Wir sehen also, daß dem Gesetz, das ein auf Halt liegendes Signal hinter jedem Zug fordert, bei der selbsttätigen Anlage vollkommen entsprochen wird.

Die eben geschilderte Einrichtung hat sogleich noch eine weitere Schutzmaßnahme zur Folge. Es würde noch keine Gefahr entstehen, wenn einmal ein Signal, das auf Halt fallen müßte, infolge irgendeiner mechanischen Störung seiner Einrichtung fälschlich auf Fahrt frei stehen bliebe. Denn in solchem Fall könnte ja das rückliegende Signal nicht auf Fahrt frei gehen, da die Feldspule seines Schalters keinen Strom bekäme.

Von Punkt L auf Bild 649 sehen wir einen zweiten Leitungszweig,  $H_1$ , nach links abgehen. Er ist mit dem Zweig  $F_2$  gleichgeordnet, der hier eingeschaltete Motor macht also dieselben Bewegungen wie der Signalantreiber. Wir lernen nun eine Sicherheitsanordnung im selbsttätigen Signalbetrieb kennen, die auf den Fernbahnen bisher nicht vor-



653. Signal- und Weichen-Stellwerk in der selbsttätigen Signalanlage

Überall dort, wo auf der Schnellbahnstrecke Gleisverzweigungen eingebaut, also Weichen vorhanden sind, ist ein Stellwerk mit Stellhebeln für die Weichen und die an solcher Stelle nicht mehr selbsttätigen Signale vorgesehen. Auf dem darüber angebrachten, durchsichtigen Streckenplan erkennt der Wärter an dem Aufleuchten oder Erlöschen von Lämpchen, die sich hinter der Glastafel befinden, welche Streckenabschnitte besetzt, welche Streckenabschnitte frei sind, und welche Anzeige die einzelnen Streckensignale geben. Phot. H. Meyer, Berlin

handen ist: die Fahrsperrre. Sie dient dazu, den Zug selbsttätig zum Halten zu bringen, falls der Fahrer einmal die Haltstellung des Signals übersehen sollte.

In unmittelbarer Nähe jedes Signals befindet sich ein kräftiger eiserner Ausleger, der entweder wagerecht liegt oder schräg nach oben gerichtet ist. In der wagerechten Stellung, die der Haltlage des Signals entspricht, befindet sich der Ausleger nur wenige Zentimeter über den Dächern der darunter wegfahrenden Wagen. Aus dem Dach des ersten Wagens eines jeden Zugs ragt eine eiserne Stange heraus. Liegt die Fahrsperrre auf Halt, so stößt die Stange gegen den Ausleger, sie wird nach hinten hinuntergeklappt und dreht eine Schaltwalze im Wagendach. Sogleich werden selbsttätig der Betriebsstrom ausgeschaltet und die Bremsen angezogen.

Auf diese Art ist es unmöglich gemacht, daß ein Zug ein beträchtliches Stück über ein auf Halt liegendes Signal hinausfahren kann. Bei Fahrt frei-Stellung ist der Ausleger der Fahrsperrre so weit angehoben, daß er die Stange auf dem Wagendach nicht mehr erreicht.

Da die Fahrsperrre durch einen eigenen Motor bewegt

wird, so ist an jedem Signal eine Doppelsicherung vorhanden; versagt einmal der Antrieb der optischen Einrichtung, dann stellt sich trotzdem die mechanische noch richtig ein und umkehrt. Der Fahrer kann, wenn sein Zug durch die Fahrsperrre angehalten worden ist, auch keineswegs leicht hin weiterfahren. Denn die durch das Hinunterklappen des Eisenstabs umgelegte Schaltwalze im Wagendach hat nicht nur die Bremsen festgemacht, sondern zugleich auch einen Stromkreis unterbrochen, mit dessen Hilfe allein die Bremsen wieder gelöst werden können.

Bevor der Zug von neuem in Fahrt gesetzt werden kann, muß die Schaltwalze erst wieder in die Ruhelage zurückgelegt werden. Das ist nur möglich mit Hilfe eines Schlüssels, der unter Bleisiegel im Fahrerstand aufgehängt ist. Der Zugbegleiter allein darf das Bleisiegel lösen, den Schlüssel abnehmen und darauf mit Hilfe dieses Schlüssels die Schaltwalze zurücklegen. Die Einsetzstelle für den Schlüssel befindet sich unter dem Wagendach, unmittelbar über dem Platz des Zugbegleiters. Es müssen also beide Beamte, der Fahrer und der Begleiter, in Tätigkeit treten, bevor weiter-



gefahren werden kann. Hierdurch ist die größtmögliche Sicherheit gegeben, daß der Zug seinen Weg nicht fortsetzt, ehe das überfahrene Halt-Signal nun wirklich in ein Fahrt-Frei-Signal umgewandelt worden ist.

Dem aufmerksamen Beschauer des oberen Teils von Bild 649 wird es bereits aufgefallen sein, daß Signal und Fahrsperrre, welche die Einfahrt in den Abschnitt B freigeben, nicht unmittelbar neben (auf dem Bild: unter) dem Abschnittsanfang J, sondern ein Stück davor aufgestellt sind. Das Deckungssignal für Abschnitt B geht also erst auf Halt, wenn der Zug schon weit darüber hinausgefahren ist. Und diese Anordnung sorgt nun noch einmal für Erhöhung der Sicherheit des einen Zugs vor dem anderen. Man nennt die Entfernung zwischen dem Signal und dem Isolierstoß am Beginn des zugehörigen Abschnitts die Schutzstrecke (unterer Teil von Bild 649).

Das Einfahrtsignal für Abschnitt A geht sofort auf Fahrt Frei, wenn Abschnitt A von der letzten Achse geräumt ist; denn das Einfahrtsignal für Abschnitt B ist schon vorher durch die ersten Zugachsen auf Halt gelegt. Würden Signal und Isolierstoß nebeneinander liegen, so befände sich in dem Augenblick der Freigabe von A der Zugschluß unmittelbar hinter dem Ende dieses Abschnitts. Wenn der Zug nun etwa durch einen plötzlich aufgetretenen Fehler im motorischen Antrieb in dieser Stellung stehen bleiben müßte, so könnte der folgende Zug in ihn hineinfahren, wenn dessen Fahrer auf Sicht des Haltsignals vor B nicht so scharf bremst,

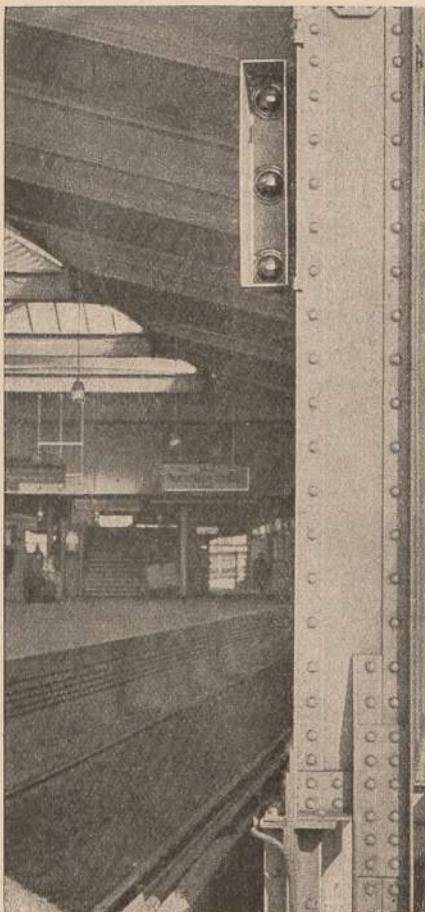
daß der Folgezug noch vor dem Signal stehen bleibt. Ein kurzes Hinausrollen über ein Haltsignal kommt aber trotz aller Vorschriften öfter vor, da alle Fahrer gern bis dicht an ein solches Signal heranzufahren, aber längst nicht jeder von ihnen die Bremswirkung auf das Zentimeter abzumessen vermag. Es muß aber weiter auch damit gerechnet werden, daß der Fahrer des Folgezugs die Haltstellung des Signals völlig übersieht, so daß der Folgezug erst durch die Fahrsperrre aufgehalten wird. Er fährt dann um die ganze Länge des Bremswegs über das Haltsignal hinaus. Unbedingte Sicherheit gegen das Aufeinander-Rennen zweier Züge entsteht also erst, wenn dafür

gesorgt ist, daß die Schlußlaternen jedes Zugs stets um mehr als eine Bremsweglänge von dem letzten auf Halt liegenden Signal entfernt sind. Anders gesagt: das Signal, das die Einfahrt in den am Isolierstoß beginnenden Abschnitt deckt, muß um eine reichliche Bremsweglänge vor den Isolierstoß gelegt sein.

Das Einfahrtsignal für diesen Abschnitt wird dann erst auf Halt gelegt, wenn der Zug um Bremsweglänge davon entfernt ist. Es kann also auch das Einfahrtsignal in den vorhergehenden Abschnitt erst in diesem Augenblick auf Fahrt Frei gehen. Muß nun der Zug, den wir eben das Signal hinter sich auf Halt legen sahen, unmittelbar nach dieser Handlung stehen bleiben, und kommt hinter ihm ein Zug heran, der von einem unaufmerksamen Fahrer gelenkt wird, so daß er das Haltsignal achtlos überfährt, dann kann doch ein Zusammenstoß nicht mehr stattfinden. Denn es tritt die Fahrsperrre an dem deckenden Signal in Tätigkeit, der zweite Zug wird bei der Vorbeifahrt an dem Haltsignal selbsttätig abgebremst und kann, da der Schluß des vorhergehenden Zugs ja um mehr als eine Bremsweglänge entfernt ist, diesen nicht mehr erreichen.

Auf der Berliner Schnellbahn beträgt die Länge der Schutzstrecken ungefähr das Eineinhalbfache des Bremswegs. Die Entfernungen zwischen jedem Signal und dem zugehörigen Isolierstoß sind sorgfältig den wechselnden Zuständen der Strecke angepaßt. Wo sich Neigungen befinden, die ja den Bremsweg verlängern, sind die Schutzstrecken bis zu 180 Meter lang, auf Steigungen und in Krümmungen messen sie nur 120 Meter. Durch wissenschaftliche Untersuchungen ist jedesmal festgestellt worden, welche Länge die bestgeeignete ist. Diese Schutzstrecken stellen eine Sicherungseinrichtung dar, die der handbedienten Signalanordnung in gleich trefflich durchgearbeiteter Form nicht beigefügt werden kann. Sie steigern die Wirkung der selbsttätigen Signale zu unerreichter Höhe empor.

Die Anordnung ist von englischen und amerikanischen Ingenieuren erdacht worden, da sehr schnelle Zugfolgen auf Schnellbahnstrecken zuerst in ihren Ländern auftraten. Insbesondere hat sich Brown große Verdienste um die Vereinfachung und klare Durchbildung der Einzelteile erworben. Die Bewährung der Gesamtanlage ist ausgezeichnet. In Berlin finden innerhalb eines



654. Das Gefahr-Signal

Beim plötzlichen Eintreten eines Fahrhindernisses auf dem Bahnhof kann der einfahrende Zug durch das Aufleuchtenlassen dreier rot geblendeter Lampen aufgehalten werden.

Phot. W. Eigenthaler, Berlin



655. Der Gefahr-Schalter

Durch Drehen des Griffs bringt der Bahnsteig-Beamte die im vorigen Bild dargestellten drei Lampen des Gefahr-Signals zum Aufleuchten. Phot. W.

Eigenthaler, Berlin





656. Zugrichtungsanzeiger auf einem Londoner Schnellbahnhof

Die Reihenfolge der einlaufenden Züge wird durch das Aufleuchten von Ziffern neben den feststehenden Richtungsschildern angezeigt

Jahrs ungefähr 25 Millionen Bewegungen von Signalen und Fahrsperrern statt. Es läßt sich nicht leugnen, daß hierbei einige Versager vorkommen. Ihre Wirkung ist jedoch immer nur derart, daß ein auf Halt liegendes Signal nicht auf Fahrt frei geht. Niemals noch ist es in Berlin, in London oder in New York vorgekommen, daß fälschlich die Fahrt frei-Anzeige erschien. Der Versager wirkt also schlimmstenfalls verzögernd auf den Betrieb ein, niemals beschwört er eine Gefahr herauf.

Nicht nur der kräftige Kurzschlußkontakt und die Eisenfreiheit des Signalschalters sorgen für diese vollkommenste Zuverlässigkeit. Es sind ferner noch durch tausend vorzüglich erdachte Einzelheiten alle Möglichkeiten für eine ungerechtfertigte Freigabe einer Strecke ausgeschlossen. Bei einem Schienenbruch oder einer anderen Leitungsstörung geht alles von selbst auf Halt.

Besondere Vollendung zeigt der Bau der Lichtsignale für die Tunnelstrecken. Hierbei sind ja für die wechselnden Anzeigen nur Glühlampen umzuschalten. Einmal muß die Beleuchtung hinter der roten Glasscheibe, das andere Mal die Lampe hinter der grünen Glasscheibe aufleuchten. Dieser Wechsel wird durch bloße Schaltungsänderungen bewirkt. Das Tunnel-Lichtsignal hat gar keine beweglichen Teile mehr. Hierdurch ist es im Vorteil gegenüber den Flügel signalen auf den zutage liegenden Strecken, die eines motorischen Antriebs nebst dem dazugehörigen Gestänge bedürfen und deshalb leichter versagen können. Es sind Vorarbeiten im Gange, die darauf abzielen, die Flügel signale auf den Hochbahnstrecken auch bei Tag durch reine Lichtsignale zu ersetzen. Man hat erkannt, daß an Lampen, die in tief schwarz gestrichene Schirmkappen gesetzt sind, auch bei grellestem Sonnenlicht die Rot- oder Grünfärbung sehr deutlich zu erkennen ist.

In Berlin erfolgt das Stellen der Flügel signalen auf rein elektrischem Weg. An anderen Orten hat sich auch der elektrisch gesteuerte Druckluftantrieb gut bewährt. Die Signalbewegungen werden hierbei durch Preßluft bewirkt, die aus einer an der ganzen Strecke entlang laufenden Röhrenleitung entnommen wird. Den Zutritt der

Luft unter die Hebelkolben und das darauf folgende Ablassen in die freie Atmosphäre bewirken Ventile, die unter elektromagnetischem Einfluß stehen.

Gerade wie bei den Fernbahnen laufen auch auf den Schnellbahnstrecken die Weichen nicht immer glatt durch; Weichenlagen müssen auch hier vorhanden sein, um Züge von einem Gleis aufs andere, etwa von der Durchfahrstrecke in einen Abstellbahnhof, überführen zu können. An solchen Stellen hört die volle Selbsttätigkeit der Signale auf. Denn es kann den Zügen, obgleich sie bereits gelernt haben, selbst für genügende Deckung zu sorgen, nicht auch zugemutet werden, die Weichen zu bedienen. Überall wo Abzweigungen vorhanden sind, befinden sich auf den Strecken mit selbsttätigen Signalen Stellwerke, in denen bedienende Wärter arbeiten.

Alle jene Abhängigkeiten zwischen Signalen und Weichen, die wir im vorigen Abschnitt (Seite 278) kennen gelernt haben, sind selbstverständlich auch hier vorgesehen. Jeder

Stellhebel wird stets so lange festgehalten, bis er ohne Gefahr für einen laufenden Zug bewegt werden kann. Das Auf-Halt-Fallen der Signale bleibt weiter selbsttätig. Aber die Freigabe der Gleisabschnitte ist in die Hand des Wärters gelegt, der hierzu Signalstellhebel neben den Weichenstellhebeln an seinem Stellwerkkasten zur Verfügung hat.

Damit er sinnvoll arbeiten kann, ist es notwendig, daß der Wärter, geradeso wie sein Kamerad auf der Fernbahn, genau über die Zugläufe unterrichtet ist. Nun besteht insbesondere in den Tunneln keine Möglichkeit, ihn in einen Turm zu setzen, von dem aus er die Strecke nach rechts und links zu überschauen vermag. In dem niedrigen Tunnelrohr sind auch an den Bahnhofenden, wo sich Verbreiterungen befinden, nur kleine Häuschen ohne jede Fernblickmöglichkeit aufzubauen. Man hat daher, um den Wärter von seiner Blindheit gegenüber den Zugbewegungen zu befreien, zu einem sehr hübschen Hilfsmittel gegriffen.

Über jedem der Stellwerke, die sich auf den Bahnhöfen mit Abstellgleisen befinden, hängt eine Tafel, auf der die Gleislage des Bahnhofs selbst und die anschließenden Strecken bis in die Nähe der beiden nächsten Haltestellen eingezeichnet sind. Gerade so wie die wirklichen Gleise durch die Isolierstöße sind auch die Gleisbilder in Abschnitte eingeteilt (Bild 653). Hinter jedem Gleisabschnitt auf der Tafel brennen Glühlampen, die den Abschnitt hell hervortreten lassen, solange er nicht von einem Zug besetzt ist. Befindet sich aber ein Zug im Abschnitt, dann werden die Lampen abgeschaltet, und das Gleisstück erscheint dunkel. Durch dieses Lichterspiel ist der Wärter stets genau davon unterrichtet, wo sich innerhalb seines Bezirks gerade ein fahrender oder stehender Zug befindet.

Auch die Signale sind auf der Tafel wiedergespiegelt, und diese Spiegelbilder wechseln die Farben genau so wie die wirklichen Signale. Da der Lichtwechsel auf der Gleistafel erst erfolgt, wenn er draußen auf der Strecke tatsächlich vor sich gegangen ist, so kann der Wärter innerhalb seines Häuschens jedesmal feststellen, ob das Signal auch die der Hebelstellung entsprechende Lage eingenommen hat.

An den Abzweigungen befinden sich stets mehrstellige Signale. Wenn die Weiche für die Durchfahrt auf den



Hauptstrang gestellt ist, erscheint Ein grünes Licht, bei der Stellung auf Abzweigung in einen krummen Strang werden zwei grüne Lichter sichtbar, und wenn die Einfahrt auf einen zweiten krummen Strang gestellt ist, so leuchten drei grüne Lichter auf.

Falls einmal auf einem mit Abstellgleisen versehenen Bahnhof für lange Zeit kein Zug aus dem Verkehr gezogen oder in diesen neu eingestellt wird, wenn also stundenlang keine Weichenbewegung notwendig ist, dann kann die ganze Anlage auf vollständige Selbsttätigkeit geschaltet werden. Das geschieht durch Umlegen eines einzigen Hebels. Alle Weichenhebel sind dann in der Stellung für ausschließliche Fahrt durch die Hauptgleise verriegelt. Ein Wärter braucht in solchem Fall in dem Stellwerkhäuschen nicht mehr anwesend zu sein.

Es wurde bereits darauf hingewiesen, daß die Zugfolge in besonders hohem Maß abhängig ist von den Zeiten, während deren Züge die Bahnhofabschnitte besetzt halten. Während sie die freie Strecke rasch durchziehen, müssen die Züge in den Haltestellen stehen bleiben. Die Durchfahrtsignale verharren also sehr viel kürzere Zeit auf Halt als die Einfahrtsignale für die Bahnhöfe. Falls keine besonderen Einrichtungen getroffen sind, geht das Einfahrtsignal erst wieder auf Fahrt Frei, wenn der Zug mit seiner letzten Achse den Bahnhofabschnitt geräumt und das Ausfahrtsignal hinter sich auf Halt gelegt hat.

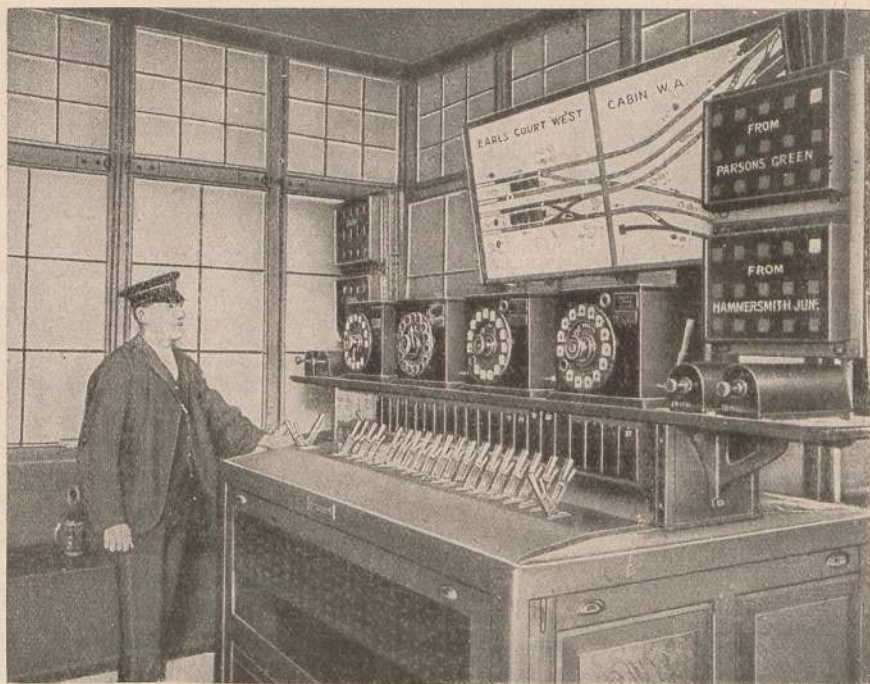
Da nun aber das Einfahrtsignal um mehr als Bremsweglänge von dem Anfang des Bahnhofabschnitts entfernt sein muß, damit der haltende Zug niemals angerannt werden kann, so wird während des Ausfahrens die Schutzstrecke unnötig verlängert. Sie hat zuletzt die Ausdehnung Bremsweglänge + Bahnsteiglänge. Der Folgezug wird übertrieben weit vom Bahnhofanfang ferngehalten. Er könnte ohne jegliche Gefahr bereits ein beträchtliches Stück näher heran sein, wenn die letzten Achsen des vorhergehenden Zugs gerade den Bahnhof verlassen. Es genügen vor den Bahnhöfen sogar besonders kurze Schutzstrecken, da ja jeder einer Haltestelle sich nähernde Zug seine Geschwindigkeit bedeutend hinuntersetzt. Ohne daß irgendeine Gefahr entsteht, kann man die Züge in Bahnhofsnähe sehr eng aneinanderrücken lassen.

Solange jedoch nur ein einfaches Einfahrtsignal vorhanden ist, bleibt das unmöglich, wenn der allgemeine Sicherungsgedanke aufrecht erhalten werden soll. Um den sehr kostbaren Zeitgewinn dennoch zu ernten, werden daher vor den Einfahrten in Bahnhöfe, die einen besonders starken Verkehr und daher lange Zugaufenthalte haben, mehrere Signale hintereinander aufgestellt. Das vom Fahrerstand aus betrachtet erste von ihnen ist das eigentliche Einfahrtsignal. Es ist um die Bremsweglänge nebst dem der Streckeneigentümlichkeit entsprechenden Zuschlag vom Bahnhofanfang entfernt. Bis zu diesem Einfahrtsignal laufen die Züge ja mit voller Geschwindigkeit. Die Entfernung vom Bahnhofanfang muß also so groß sein, daß im Notfall, wenn der Fahrer nicht achtgibt, die Fahrsperr den Folgezug ein beträchtliches Stück vor den Schlußlaternen des im Bahnhof haltenden Zugs stillzusetzen vermag.

Durch Einbau von Isolierstößen in die Bahnhofgleise läßt man dieses Einfahrtsignal aber bereits auf Fahrt Frei gehen, wenn der die Haltestelle verlassende Zug etwa ein Drittel der Bahnsteiglänge geräumt hat. Nun gebietet das zweite Signal Halt, und zwar so lange, bis der Zug zwei Drittel der Bahnsteiglänge geräumt hat. Alsdann geht das zweite Signal gleichfalls auf Fahrt Frei, und ein drittes, schon in nächster Nähe des Bahnsteigbeginns stehendes hält den Folgezug solange fern, bis der Bahnhof von dem vorhergehenden Zug vollständig geräumt ist. Durch die zulässige Verkürzung der Zugabstände in Bahnhofsnähe wird also erreicht, daß der Folgezug mit seiner Spitze bereits am Bahnhofanfang erscheint, wenn der vorhergehende mit seinen Schlußlaternen eben ausfährt. Die drosselnden Haltezeiten sind durch die Anordnung der Nachrücksignale zu einem beträchtlichen Teil unschädlich gemacht. Selbstverständlich ist auch jedes der Nachrücksignale, deren Zahl je nach der Verkehrstärke der Haltestelle zwischen eins und drei schwankt, mit einer Fahrsperr ausgerüstet.

Die Grundstellung aller selbsttätigen Signale ist Fahrt Frei. Es besteht nun auf Bahnhöfen, die weichenlos sind, ohne weiteres keine Möglichkeit, ein Einfahrtsignal auf Halt zu bringen, wenn sich nicht ein Zug im Bahnhof befindet. Es kann aber vorkommen, daß plötzlich die Notwendigkeit eintritt, einen Zug an der Einfahrt zu hindern, weil diese Gefahr bringen würde.

Nehmen wir zum Beispiel an, daß bei starkem Gedränge ein auf dem Bahnsteig Wartender über die Kante hinausgedrängt wird und auf das Gleis fällt, wo er durch Berühren der Stromschiene bewußtlos liegen bleibt. Der Zug sei schon dicht vor dem Einfahrtsignal, so daß nicht mehr Zeit bleibt, ihn durch einen rasch in den Tunnel eilenden Beamten aufzuhalten. Bei handbedienten Signalen könnte der Wärter benachrichtigt werden und das Einfahrtsignal geschwind auf Halt legen. Die selbsttätige Anordnung bietet keine Gelegenheit zu solcher Maßnahme. Es ist in Berlin daher



657. Einstellanlage für Zugrichtungsanzeiger in London.

im Stellwerk an einer Zusammenführungsstelle mehrerer Schnellbahnstrecken. Nachdem die Reihenfolge der fortan auf gemeinschaftlichem Gleis weiterfahrenden Züge an dieser Stelle durch Einstellen von Zeigern an den runden Skalen der Anlage aufgeprägt ist, kündigt jeder Zug sein Eintreffen im nächsten Bahnhof selbsttätig an



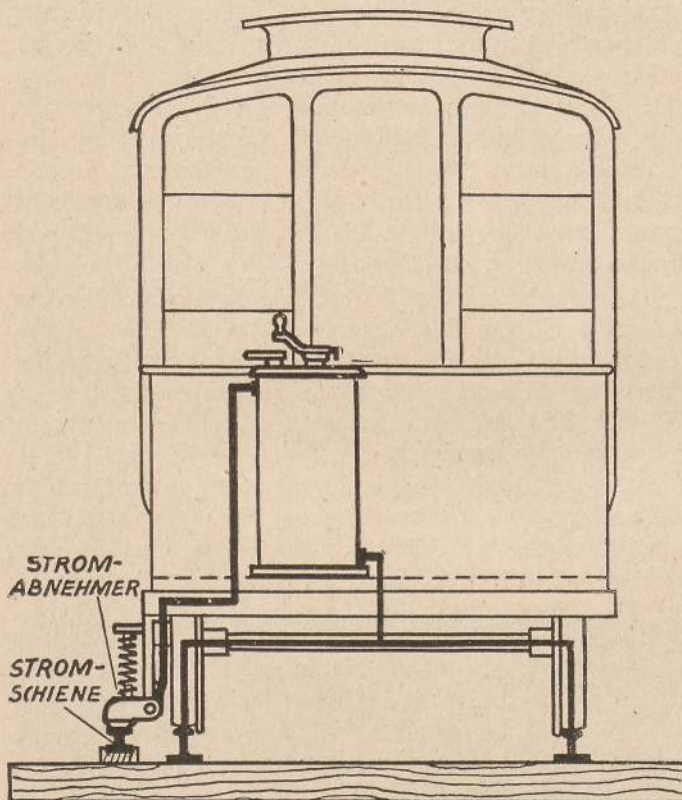
auf jedem Bahnhof eine besondere Gefahr-Signal-Einrichtung vorgesehen.

Auf jedem Bahnsteig sind mehrere Schalter angebracht, die durch einfache Drehung das oder die Einfahr-Signale beider Fahrtrichtungen sogleich auf Halt legen. Außerdem leuchten dann unmittelbar vor dem Bahnsteiganfang drei untereinanderliegende rot geblendete Lampen auf. Sie rufen dem Fahrer mit eindringlichster Sprache „Gefahr!“ zu, so daß er bei ihrem Erscheinen mit allen Kräften bestrebt sein wird, seinen Zug sogleich anzuhalten. Eine neue Drehung des Schalters hebt die Wirkung wieder auf.

Es ist außerordentlich schwer gewesen, die Schaltanordnung für das Gefahr-Signal zu treffen, die wie mit plumper Hand in das äußerst fein gesponnene Gewirr der Signalleitungen eingreift. Die Hochbahngesellschaft fühlte sich jedoch verpflichtet, ihren Fahrgästen auch diese Sicherheit

zu dicht auf den Fersen, dann muß beim nächsten Strecken-Signal, das in Haltlage vorgefunden wird, gebremst werden, was die Betriebsmittel hart beansprucht und eine Energievergeudung bedeutet. Wünschenswert ist daher, daß jeder Zugfahrer bei der Ausfahrt aus einem Bahnhof darüber unterrichtet wird, welche Zeitspanne vergangen ist, seit der vorhergehende Zug die Haltestelle verlassen hat.

In London sind hierfür auf vielen Strecken ausgezeichnete Einrichtungen im Betrieb. Am Kopfende jedes Bahnhofes der Innenstadt befindet sich eine Uhr, die zwölf Minuten lang zu gehen vermag. Der Zeiger wird jedesmal, wenn die letzte Achse eines Zugs aus dem Bahnhof geht, von dieser selbsttätig auf Null zurückgestellt, und sogleich beginnt der Weiser von neuem zu laufen. Der Fahrer des Folgezugs sieht alsdann im Augenblick der Abfahrt, ob er zu dicht heran oder zu weit ab ist. Wenn für die

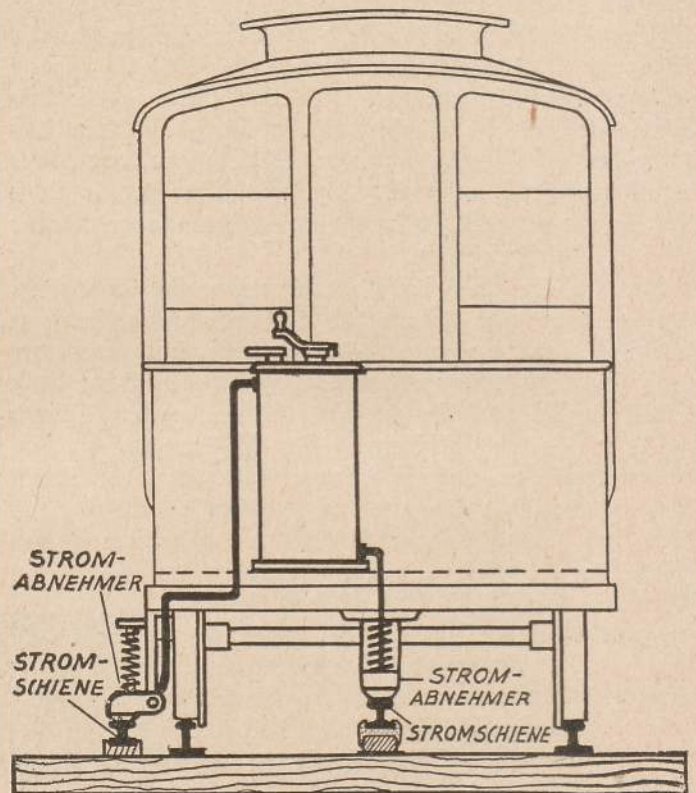


658. Stromlauf durch einen Schnellbahnwagen

Schematische Darstellung der Schaltung bei Stromzuführung durch eine dritte Schiene und Benutzung der Fahr-Schienen als Rückleitung. Diese Anordnung ist auf allen Berliner Schnellbahnstrecken im Gebrauch

zu gewährleisten. Die Gefahr-Schalter haben eine besondere Form erhalten, die dem Nichteingeweihten ihre Wirkungsart verbirkt. Es soll hierdurch verhindert werden, daß von unnützen Händen Mißbrauch mit der Einrichtung getrieben wird.

Für die Unterhaltung einer kurzen Zugfolge auf sehr lebhaft befahrenen Strecken ist es wichtig, daß die Züge in gleichmäßigen Abständen und mit möglichst gleicher Fahrgeschwindigkeit einander folgen. Dauert es übermäßig lange, bis nach der Abfahrt des vorhergehenden Zugs der nächste einen Bahnhof erreicht, dann haben sich in der Zwischenzeit oft übermäßig viele Fahrgäste dort angesammelt, so daß die Abfahrt des ohnedies verspätet eingetroffenen Zugs eine Verzögerung erleidet und sein Abstand von dem vorhergehenden weiter vergrößert wird. Sieht ein Zug dem anderen



659. Stromlauf durch einen Schnellbahnwagen

bei Benutzung von zwei gesonderten Schienen für die Zuleitung und Rückleitung des Betriebsstroms. Die Fahr-Schienen sind betriebsstromfrei. Dieses System wird auf mehreren Strecken in London angewendet

Zugabstände zum Beispiel die Zeit von eineinhalb Minuten vorgeschrieben ist, wird der Fahrer, wenn die Uhr nur eine Minute Abstand anzeigt, mit langsamerer Fahrt davongehen, wodurch unnötiges Bremsen vor dem nächsten Signal vermieden wird. Zeigt die Uhr aber einen Abstand von zwei oder gar drei Minuten, so veranlaßt ihn diese Meldung über eine Verspätung, möglichst rasch auf volle Fahrt zu schalten. Da Zugabstanduhren auch unterwegs an Stellwerkshäuschen oder ähnlichen geeigneten Stellen angebracht sind, wird auf diese Weise eine ausgezeichnete Gleichmäßigkeit der Zugfolge erzielt. Die Fahrer werden vor unnötiger Hast behütet, wenn nötig aber auch zu höchster Eile angespornt.

Die Abfertigung der Züge in den Haltestellen wird erfahrungsgemäß beschleunigt, wenn das Endziel jedes Zugs

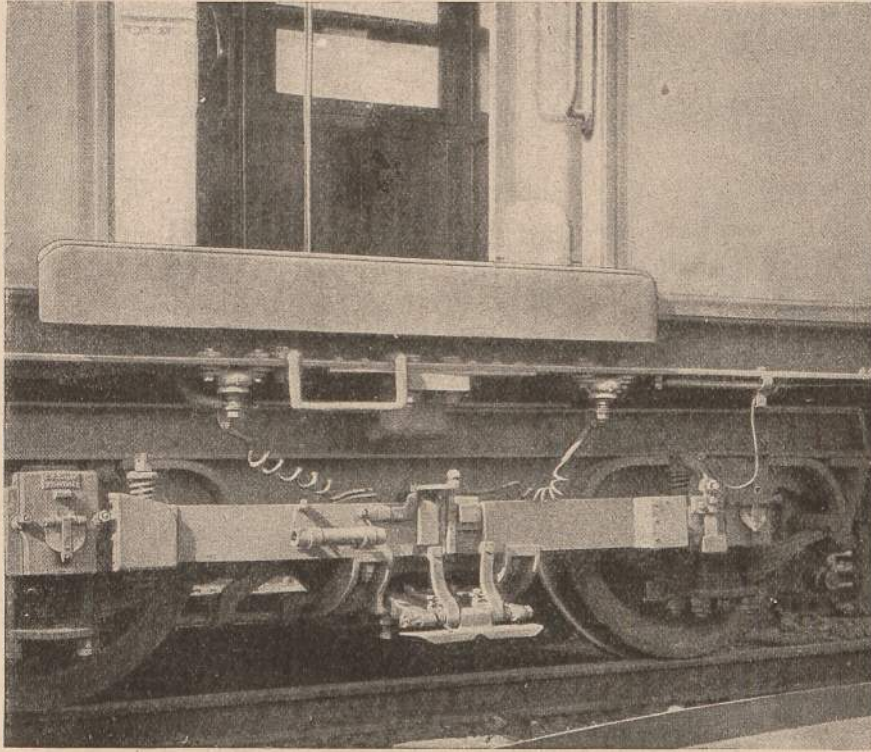


rechtzeitig und sicher angezeigt wird. Die Fahrgäste, die den angemeldeten Zug benutzen können, werden sich dann von selbst in nächster Nähe der Bahnsteigkante aufstellen, während die anderen weiter zurücktreten.

Auf der Berliner Stadtbahn, über die sehr viele Züge mit verschiedenen Fahrzielen gehen, werden die Zugrichtungsschilder auf den Bahnsteigen in allzu einfacher Weise bedient. Das Ziehen der Schilder liegt den Türschließern ob, die mit dem Betrieb in keiner unmittelbaren Verbindung stehen. Sie richten sich nach den Angaben eines am Schilderständers angebrachten Fahrplans, der tatsächlich auch genügende Auskunft gibt, solange die Züge die

vorgeschriebene Reihenfolge innehalten. Tritt jedoch eine Änderung in dem starren Fahrplan dadurch ein, daß aus irgendeinem Grund ein Zug ausfällt, dann gibt es sogleich Verwirrung. Der Stellwerkwärter, der allein durch den Fernsprecher über den Zugausfall unterrichtet werden kann, muß durch Rufen über den geräuschvollen Bahnsteig die Schilderzieher benachrichtigen. Nicht immer hören sie diese Mitteilung. Unbedingte Sicherheit der Anzeige ist dann nicht mehr vorhanden. Auf einigen Berliner Fernbahnhöfen hat man denn auch bereits Apparate für die Richtungsanzeige aufgestellt, die vom Stellwerkhaus elektrisch bedient werden.

In ausgezeichnete Weise aber sind die Einrichtungen in London ausgebildet. Man sieht dort auf wichtigen Schnellbahnhöfen ein großes gläsernes Schild, auf dem die Namen der Endbahnhöfe aller über die Strecke gehenden Zugläufe verzeichnet sind. Das Ziel des zunächst eintreffenden Zugs wird dadurch gekennzeichnet, daß eine 1 neben dem betreffenden Bahnhofnamen aufleuchtet. Wohin der darauf folgende



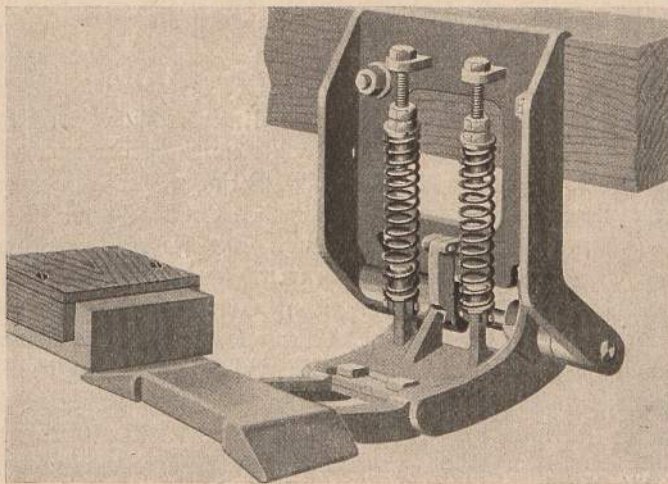
660. Stromabnehmer Schuh an einem Berliner Schnellbahnwagen

Der Schuh gleitet über den Kopf der Stromschiene; sie fehlt an dieser Stelle. In dem wagerechten Zylinder links die Hauptsicherung für den Wagen, die aus einem Schmelzfaden besteht. Rechts neben dem Balken, an dem Sicherung und Abnehmer Schuh befestigt sind, der Kurzschließerhebel. Wenn vom Wageninnern aus an dem jetzt schlaff hängenden Seil gezogen wird, entsteht eine unmittelbare leitende Verbindung der Stromschiene mit den Fahrseilen. Es ist ein Kurzschluß des Betriebsstroms hervorgerufen, die automatischen Ausschalter im Kraftwerk werden betätigt, die ganze Strecke wird stromlos. Ist der Stromschuh so weit angehoben, daß seine beiden Ausleger die Kontaktpfatten berühren, dann ist die Wagenbeleuchtung dauernd eingeschaltet.

ter die Richtungsschilder, die an den Stirnseiten der Züge hängen. Er rückt jedesmal, nachdem ein Zug in den Gemeinschaftsstrang eingelassen ist, auf einer runden Skala einen Zeiger an die Stelle, die mit dem Namen des betreffenden Zielbahnhofs bezeichnet ist. Hierdurch bereitet er die Richtungsangabe auf allen folgenden Bahnhöfen vor. Die Umwandlung der Ziffern geschieht durch die Zugläufe.

Durch eine solche Anordnung, deren Einbau in die Strecken der Berliner Hochbahngesellschaft vor Kriegsbeginn vorbereitet wurde, wird es unnötig, eine starre

Reihenfolge der Züge aufrecht zu erhalten. Auf der Berliner Stadtbahn muß zum Beispiel ein von Grunewald herkommender Zug vor der Einfahrt in den Bahnhof Charlottenburg warten, bis ein nach ihm herankommender Nordringzug eingefahren ist, weil dieser fahrplanmäßig den Vorrang vor ihm hat. Es entsteht dadurch eine Hemmung in der Zugfolge. In London dagegen läßt der Wärter immer den in nächste Nähe des Gemeinschaftsstrangs gerückten Zug zuerst ein, wodurch mancherlei unnötige Aufenthalt und



661. Gleitschuh an einem Schnellbahnwagen für Stromabnahme von unten her



Bremsbetätigungen vermieden werden. Man sieht, daß selbst eine so einfache Maßnahme wie das Ziehen der Richtungsschilder einen bedeutenden Einfluß auf den Gesamt-Verkehr über eine Schnellbahn-Strecke zu üben vermag.

\*

Bei dem elektrischen Ausbau der Fernbahnen richtet man, wie wir im vorigen Abschnitt gehört haben, fast in allen Ländern den Betrieb für Wechselstrom ein. Aus Gründen, die bereits auf Seite 317 angedeutet wurden, aber erst in den Abschnitten über die Erzeugung und Verteilung des elektrischen Stroms eindringend auseinandergesetzt werden können, pflegt man jedoch die Stadtschnellbahnen überall mit Gleichstrom zu versorgen. Ursache ist hauptsächlich der Unterschied in den Streckenlängen auf Schnellbahnen und Fernbahnen. In Berlin beträgt die Spannung des Gleichstroms, der den Linien zugeführt wird, 750 Volt.

Die Erzeugung des Betriebsstroms erfolgt in den auf Tafel XXIII eingezeichneten Kraftwerken. Hier werden große Dynamo-Maschinen von Dampfturbinen angetrieben. Der von ihnen gelieferte Strom wird in Transformatoren auf eine Hochspannung von 10000 Volt gebracht und in stark isolierten Kabeln, die an den Tunnelwänden oder an den Geländern der Hochbahnstrecken befestigt sind, über die gesamten Strecken geführt. Hochspannung in diesen Hauptkabeln ist notwendig, weil sie eine beträchtliche Länge haben, die andernfalls allzu hohe Verluste verursachen würde. In gleichmäßigen Abständen wird der Betriebsstrom Unterwerken zugeleitet, die sämtlich in die Erde eingebaut sind, so zum Beispiel neben den Bahnhofen Spittelmarkt, Senefelder-Platz, Bismarckstraße, Belle-Alliance-Platz. Hier wird die Stromspannung von 10000 Volt durch laufende Umformer auf 750 Volt hinuntergesetzt und so den stromführenden Schienen zugeleitet. Der Niederspannungsstrom fließt also jedesmal nur über kurze Teilstrecken.

Die elektrische Energie wird von den fahrenden Zügen dadurch aufgenommen, daß sie ihre Regelungseinrichtungen und Motoren zwischen eine isoliert auf dem Boden angebrachte Schiene, die als Stromzuführung dient, und die Fahr-schienen schalten, die zur Stromrückleitung benutzt werden. Die leitende Verbindung mit der sogenannten dritten Schiene wird durch schleifende Schuhe hergestellt, von denen sich je zwei auf jeder Wagen-seite befinden; den Kontakt mit den Fahr-schienen bewirken die Wagenräder (Bild 658).

Auf manchen Schnellbahnstrecken, so z. B. auf vielen Londoner Tunnelbahnen sind zwei Stromschienen vorhanden, auf denen Abnehmer gleiten. Die Fahr-schienen bleiben dann frei vom Betriebsstrom, so daß, wie schon erwähnt wurde, die

Anlage von Drossel-einrichtungen an den Isolierstellen für die Signalströme unnötig ist.

Auf den Strecken der Berliner Hochbahngesellschaft ziehen die Züge die Stromabnehmerschuhe über den Rücken der dritten Schiene hinweg. Die Nord-Süd-Bahn aber läßt den Strom nach amerikanischem Vorbild durch die Schleifschuhe von unten her abnehmen. Es wird dadurch die Möglichkeit geschaffen, die stromführende Schiene vorzüglich gegen unbeabsichtigte Berührung abzudecken, so daß eine größere Sicherheit für die Streckenbeamten entsteht. Ferner tritt an der unteren Gleitfläche keine Glatteisbildung auf, die an feuchtkalten Wintertagen den Betrieb auf den Strecken mit Stromabnahme von oben oft erheblich stört.

Der Betriebsstrom für die Motoren speist auch die Lampen in den Wagen. Wenn der Abnehmerschuh, der auf Bild 660 sehr tief hinabhängt, weil die Stromschiene unter ihm fehlt, so hoch liegt, wie die Stromschiene auf den Hochbahnstrecken ihn anhebt, dann berührt der linke der beiden nach oben gerichteten Ausleger ein Kontaktstück. Bei diesem Zustand muß, wenn die Lampen in den Wagen leuchten sollen, ein Schalter im Fahrerraum betätigt werden. Während der Tagesstunden befindet er sich in Ruhestellung. In den Tunneln aber liegt die Stromschiene um einige Zentimeter höher — übrigens auch statt an den Außenseiten in der Mitte zwischen den beiden Geleisen — und nun berührt auch der rechte Ausleger am Abnehmerschuh ein Kontaktstück. Dadurch ist der Lichtschalter im Fahrerstand überbrückt, die Lampen leuchten auf, sobald der Zug in einen Tunnel einfährt; sie brauchen also für die unterirdischen Strecken nicht besonders eingeschaltet zu werden.

Die Lampen, welche die Tunnel erhellen, werden nicht von dem Betriebsstrom gespeist, sondern haben gesonderte Stromquellen und -zuleitungen. Sie können also auch dann leuchten, wenn der Betriebsstromkreis unterbrochen ist. Hierfür muß unbedingt gesorgt sein, da die Tunnelbeleuchtung

ja gerade in solchen Fällen besonders notwendig ist. Sobald eine Unterbrechung des Betriebsstroms aus irgendeinem Grund eintritt, sei es durch eine Störung auf der Strecke oder ein Versagen der Kraftwerkmaschinen, bleiben alle Züge auf der Strecke liegen. Die Lampen in den Wagen gehen aus. Die Fahrgäste müssen, wenn die Störung nicht in kurzer Zeit zu beheben ist, die Züge verlassen und durch den Tunnel bis zum nächsten Bahnhof geführt werden. Wenn keine ausreichende Beleuchtung vorhanden ist, werden viele bei diesem Marsch über die Schwellen und die Schotterbettung zu Fall kommen. Daher liegt die Tunnelbeleuchtung an einer Akkumulatoren-Batterie, deren Versagen nahezu unmöglich ist, und hat ihr vollkommen gesondertes Leitungsnetz.

Ereignet es sich, daß ein einzelner Zug seine Fahrt nicht fortsetzen kann, dann muß gleichfalls ein Ausschiffen der



662. Betätigung des Kurzschließers

Der auf Bild. 660 sichtbare Hebel wird durch Ziehen an dem Griff umgelegt und auf diese Weise die Strecke vom Wageninneren her stromlos gemacht. Die Einrichtung wird benutzt, wenn ein Zug auf der Strecke für längere Zeit liegen bleibt und die Fahrgäste aussteigen müssen, um sich zu Fuß nach dem nächsten Bahnhof zu begeben. Phot. W. Tizenthaler, Berlin



Fahrgäste möglich sein. Der Zugbegleiter, der in solchen Fällen die Rolle des Zugführers auf der Fernbahn übernimmt, darf jedoch die Erlaubnis zum Verlassen des festliegenden Zugs nicht früher geben, als bis die Leitungsschienen beider Fahrtrichtungen stromlos geworden sind.

Er vermag dieses Abschalten selbst in sehr einfacher Weise zu bewirken. An der Abschlußwand jedes Fahrerstands, die dem Wageninneren zugekehrt ist, befindet sich ein mit dem Wort „Kurzschließer“ bezeichnetes Blechkästchen. Es enthält einen kräftigen Drahtzug. Sobald dieser betätigt wird, schlägt eine unter dem Wagen befindliche eiserne Gabel um und verbindet die Stromschiene über die Abnehmerschuhe des Wagens und das Achsgestell unmittelbar leitend mit den Fahrseilen. Es ist ein Kurzschluß des Betriebsstroms entstanden. Sogleich sprechen im Kraftwerk die selbsttätigen Ausschalter an, und der ganze Streckenabschnitt wird stromlos.

Der Kurzschließer-Hebel ist auf Bild 660 neben dem rechten Ende des eisernen Balkens, der den Abnehmer Schuh trägt, deutlich zu erkennen. Sein unteres Ende liegt in der Ruhestellung in einer mit Isolierstoff ausgefüllten Klammer. Am oberen Ende des Hebels ist die Schnur angelenkt, die das letzte Ende des vom Wageninneren herkommenden Drahtzugs bildet. Das Ziehen an diesem bringt das untere Hebelende in leitende Berührung mit dem eisernen Träger des Abnehmer Schuhs und hierdurch mit dem Schuh selbst. Jetzt ist das Achsgestell und damit die Fahrseile mit der Stromschiene unter Überbrückung aller Wageneinrichtungen verbunden, der Kurzschluß tritt ein.

Auf den Berliner Untergrundbahnen läßt man die Tunnel für gewöhnlich unbeleuchtet, damit die Signallichter besonders deutlich hervortreten. Sobald der Kurzschließer aber betätigt ist, schaltet sich von selbst die Tunnelbeleuchtung ein. Damit ist eine Sicherheit erreicht, die einen Unfall, wie er sich auf dem Pariser Bahnhof Nationalplatz ereignet hat (Seite 350), wohl unter allen Umständen unmöglich macht.

Die Züge, welche über die Berliner Schnellbahnstrecken laufen, bestehen wechselnd aus zwei, vier, sechs und acht Wagen. Jedesmal besitzt die Hälfte der Wagen motorischen Antrieb. Es zieht also jeder Triebwagen einen Anhänger-

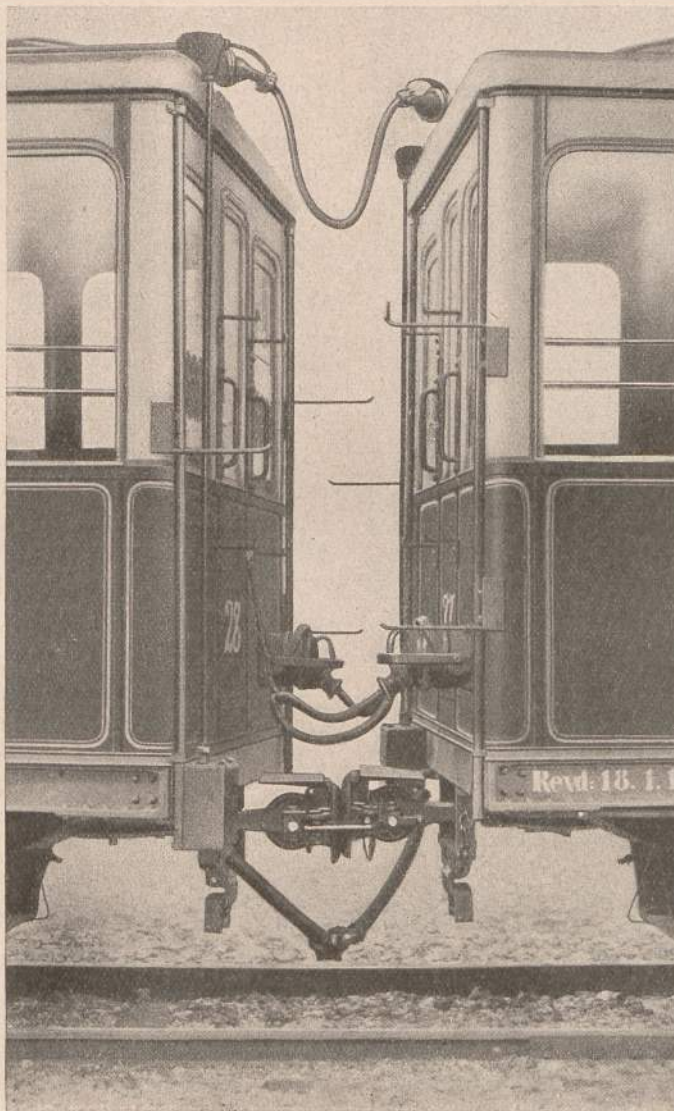
wagen mit sich. Die Steuerung sämtlicher im Zug laufenden Motoren erfolgt von dem Fahrerstand aus, der sich an der Spitze befindet. Das Kuppeln von Schnellbahnwagen ist mit aus diesem Grund sehr viel verwickelter als die Zusammensetzung von Fernbahnzügen.

Es hat nicht nur die mechanische Vereinigung der Zugteile durch eine Mittelpuffer-Kurzkupplung und die Verbindung der Rohre für die durchgehende Druckluftbremse stattzufinden, es ist ferner auch dafür zu sorgen, daß zahlreiche elektrische Einrichtungen in den einzelnen Wagen miteinander vereinigt sind. Die Stromabnehmer-  
schuhe aller Motorwagen müssen durch ein vom vorderen bis zum hinteren Zugende gehendes Kabel verbunden sein, damit die Motoren eines Wagens auch dann noch Betriebsstrom erhalten, wenn seine eigenen Abnehmer-  
schuhe infolge des schwankenden Laufs der Wagen von der Stromschiene abgeklappt sind. Auf Bild 663 ist dieses Betriebsstromkabel zwischen den Wagendächern sichtbar. Ferner läuft ein Beleuchtungskabel von einem Wagen zum anderen. Der Steuerstrom, der den Fahrer zum Herrn aller Motorwagen macht, und der Bremsstrom, durch den die Ventile der Druckluftbremsen betätigt werden, ist über alle Lücken hinübergeführt. Hierzu dient die dicht über der mechanischen Kuppelung sichtbare Vielschleifung.

Ein Zerlegen von Schnellbahnzügen während des Betriebs derart etwa, daß ein langer Zug, der durch die Innenstadt gefahren ist, am Verzweigungspunkt in zwei Hälften gespalten wird, von denen jede über eine andere Außenstrecke geht, ist wegen der Vielzahl der Verbindungen schwierig und zeitraubend und ebenso ein Verkürzen der Züge durch Ab-

hängen von Wagen, wie es auf der Fernbahn oft vorkommt.

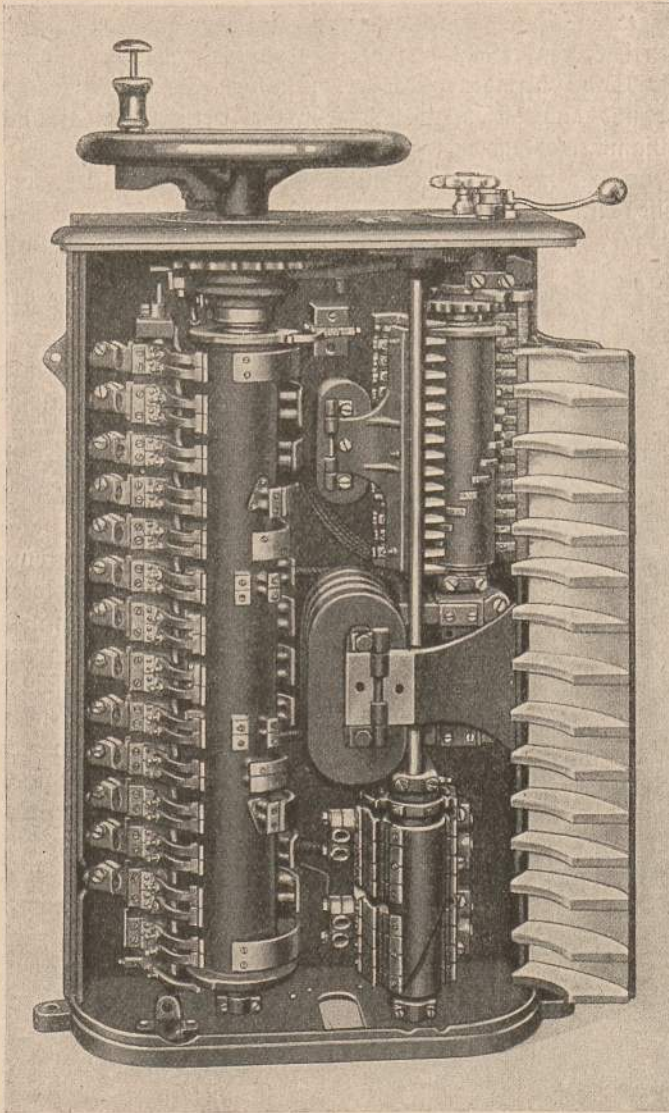
Es entstehen daher Betriebserscheinungen, die den fachlich ununterrichteten Fahrgästen oft seltsam erscheinen. Am Bahnhof Fehrbelliner Platz in Berlin z. B. enden die aus der Stadt kommenden Sechswagenzüge. Sie werden auf das Abstellgleis übergeführt, und ein kurzer Zug von zwei Wagen tritt an ihre Stelle. Die Fahrgäste, die nach Wilmersdorf und Dahlem weiterfahren wollen, müssen daher am Fehrbelliner Platz umsteigen, obgleich die Strecke geradlinig weitergeht. Es würden angesichts des verminderten Verkehrs im



663. Kuppung zwischen zwei Schnellbahnwagen

Von oben nach unten: Kabel zur Verbindung aller Stromabnehmer-  
schuhe; Kabel zur Übertragung des Steuerstroms, des Stroms für die  
Betätigung der Bremsventile, für die Beleuchtung usw.; mechanische  
Kuppelung (Mittelpuffer-Kurzkupplung); Zusammenfügung der Schläuche  
zur Überführung der Druckluft für die Bremsen-  
einrichtung. Die Wagen können nur in der Werkstatt getrennt werden. Ausführung der Ver-  
mann A.-G., Berlin





664. Fahrshalter für Schnellbahnzüge

zur unmittelbaren Schaltung des Betriebsstroms. Das Abdeckblech ist fortgenommen. Erklärung der Einzelteile im nächsten Abschnitt auf Seite 465. Bauart AEG

Außenbezirk zu hohe Kosten entstehen, wenn die langen Stadtzüge bis zum Endbahnhof Thielplatz weitergeführt würden, und sie sind auf der Strecke nicht zu zerteilen. Das kann nur in der Werkstatt geschehen.

Mit der Schaltkurbel, die der Fahrer in seiner Kammer zur Hand hat, kann er den Zug anfahren lassen und ihm auf der Strecke wechselnde Geschwindigkeiten geben. Wie solche Fahrshalter gebaut sind, wird im nächsten Abschnitt ausführlich dargelegt werden. In den älteren Wagen der Berliner Schnellbahn ist die Schalteinrichtung dem Sinn nach genau so eingerichtet wie bei den Straßenbahnen. Der Betriebsstrom ist hier unmittelbar an die Schalterteile herangeführt. Da er eine Spannung von 750 Volt und eine sehr erhebliche Stromstärke besitzt, so haben dort alle Schalterteile große Querschnitte, und das Gesamtgerät fällt sehr klobig aus. In den neueren Wagen aber ist der Fahrshalter sehr viel kleiner. Dieses Schrumpfen seiner Abmessung ist die Folge eines neuen Gedankens in der Führung des Betriebsstroms.

Er ist überhaupt nicht mehr in die enge Fahrkammer hineingeleitet. Ereignet sich nämlich an der älteren Einrichtung infolge Schadhafthwerdens eines der zahlreichen Schalt-

teile ein Kurzschluß, dann entsteht eine große Flamme, die den Fahrer leicht verletzen kann. Aus diesem Grund liegen die Schalter, die den Betriebsstrom für die verschiedenen Fahrgeschwindigkeiten abtufen, nunmehr fern von der Kammer unter dem Rahmen des Wagens in einem Kasten, der auf Bild 638, Seite 396 an dem vordersten Wagen zwischen den Rädern zu erkennen ist. An den Fahrshalter ist nur noch ein Steuerstrom von geringer Stromstärke herangeführt, der beim Drehen der Kurbel die einzelnen Hauptschalter betätigt.

Sie haben die Form kupferner Klappen mit Kontaktfingern, die sich unter elektromagnetischem Einfluß bewegen. Man nennt sie Hüpfer oder auch Schüge, weil sie ähnlich den hebbaren Schützklappen an Wasserhaltungsanlagen bald mehr, bald weniger von dem Strom durchfließen lassen. Die Schütz-Elektromagnete werden mittels des Steuerstroms vom Fahrerstand her betätigt. Je nach der Stellung der Fahrkurbel sind mehr oder weniger Kontaktklappen geschlossen und damit mehr oder weniger Widerstände aus dem Betriebsstrom für die Zugmotoren ausgeschaltet. Ähnliche Einrichtungen sind auch in die Lokomotiven der elektrisch betriebenen Vollbahnen eingebaut. Es ist durch sie eine sehr feine Regelung des Stroms möglich.

Der Fahrer eines Schnellbahnzugs muß, solange dieser in Bewegung ist, stets die Hand auf der Schaltkurbel halten. Er drückt hierbei den Griff ein wenig nach unten oder einen besonderen Knopf nieder. Sobald die Kurbel losgelassen wird, heben sich der Griff oder der Knopf von selbst, und nun zieht eine beim Drehen angespannte Feder die Fahrkurbel sogleich in die Ausschalt-Stellung. Durch diese kleine, aber für die Sicherheit der Fahrgäste sehr wichtige Zusazeinrichtung soll vermieden werden, daß die Zugmotoren weiter Strom erhalten, falls der in einsamer Kammer stehende Fahrer durch irgendein Geschehnis, das ihm zustoßt, Ohnmacht etwa oder Körperverletzung, nicht mehr imstande ist, seine verantwortliche Tätigkeit auszuüben. Bei den Straßenbahnen wird die zwangsläufige Rückstellung der Fahrkurbel meist nicht für notwendig erachtet, weil hier der Schaffner durch Betätigung eines Ausschalters auf der Hinterplattform oder durch Niederziehen der Stromabnehmerstange in jedem Augenblick helfend eingreifen kann.

Bis zur Einführung der Fahrsperrre lag die Regelung der Zugbewegungen ebenso vollständig in der Hand des Schnellbahn-Fahrers, wie sie heute noch auf den großen Fernstrecken dem Lokomotivführer an seinem dampfbetriebenen Zug gänzlich anheimgegeben ist. Die Signale an den Schnellbahnstrecken teilten mit, ob der Gleisabschnitt, in den der elektrische Zug einfahren sollte, besetzt oder unbesetzt war, aber nur der Fahrer selbst hatte mit vollständiger Freiheit zu entscheiden, ob er unter den gegebenen Umständen den Zug anhalten oder weiterfahren lassen wollte. Heute wird der Zug durch die Fahrsperrre selbsttätig abgebremst, wenn der Fahrer unachtsam in einen Streckenabschnitt einfahren will, den der Vorzug noch nicht verlassen hat.

Vor der Gefahr eines Zusammenstoßes behüten sich die Schnellbahnzüge jetzt also bereits selbst. Dem Fahrer bleibt nur noch übrig, die Fahrgeschwindigkeit entsprechend dem wechselnden Zustand der Strecke zu regeln. In Gefällstrecken und in starken Krümmungen muß er langsamer, beim Beginn von Steigungen mit voller Kraft fahren, in Bahnhöfen anhalten.

Aber bei den Motowagen der Nord-Süd-Bahn ist, nach New Yorker Vorbild, auch diese Geschwindigkeitsregelung



nicht mehr allein dem Fahrer anheimgegeben. Dort wird auch die Schnelligkeit der Züge durch selbsttätige Apparate überwacht. Am Beginn jeder Krümmung oder eines Gefälles befinden sich Anschläge an der Strecke, die ein Auslegen der Fahrkurbel nur bis zu einer bestimmten Mittelstellung gestatten. Ist zu hohe Fahrgeschwindigkeit eingeschaltet, so wird sie selbsttätig ermäßigt. Eine genaue Stufung der Schnelligkeiten, weit sorgfältiger als sie bisher von Hand geschah, ist hierdurch erzwungen. Diese Einrichtung hat sich bereits vorzüglich bewährt und als vollkommen zuverlässig erwiesen.

Jeder sieht leicht ein, daß von hier bis zur vollkommen selbsttätigen Steuerung von Stadtschnellbahnzügen nur noch ein kurzer Schritt ist. Die Beeinflussung der Lenkvorrichtung durch einen Menschen ist nicht mehr unbedingt notwendig, ja eigentlich kann der Fahrer nur noch schaden. Die Apparate regeln den Lauf des Zugs vollkommen. Ihr Bau wird nur verwickelter, wenn sie auch noch den Fehlern entgegenarbeiten müssen, die der lebendige Steuermann machen kann. Es wird sich hier unfehlbar der gleiche Vorgang vollziehen, der bereits zur Ausmerzung des Menschen in den Signal-Stellanlagen bei den Schnellbahnen und zur Einrichtung der Selbsttätigkeit bei der Herstellung von Fernsprechverbindungen geführt hat, wovon wir in Abschnitt 5 gehört haben.

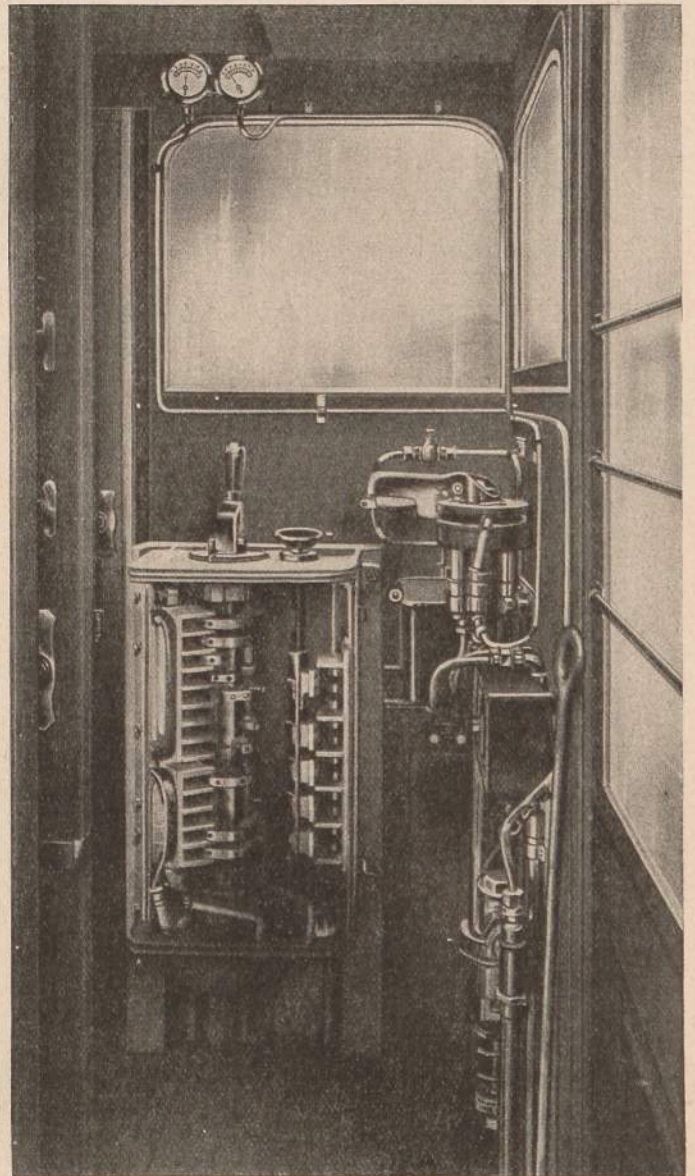
Was kann der Fahrer in solch einem neumodischen Schnellbahnzug noch zur Sicherung des Verkehrs beitragen? Es ist auch ohne sein Zutun leicht zu bewirken, daß der Zug immer mit der richtigen Geschwindigkeit über die Strecke fährt und anhält, wenn er anhalten soll. Freilich arbeiten die selbsttätigen Vorrichtungen nur in bestimmten, vorausbedachten Fällen, nicht bei plötzlich eintretenden Unregelmäßigkeiten. Aber daß auf den sorgsamst überwachten und keinem Fremden zugänglichen Geleisen einer Stadtschnellbahn plötzlich ein Stein oder eine Bohle liegen sollte, ist keinesfalls anzunehmen. Es bleibt auch fraglich, ob der Fahrer ein solches Hindernis, sollte es wirklich einmal vorhanden sein, in den meist stark gekrümmten, von den Scheinwerfern nur auf kurze Entfernung erhellten Strecken so früh wahrnehmen wird, daß er den Zug noch rechtzeitig zum Halten bringen kann. Die Länge des Bremswegs, die Entfernung also von dem Punkt, an dem die Bremsen angestellt werden, bis zu der Stelle, an welcher der Zug wirklich stillsteht, ist ja sehr groß.

Die Erfahrung im Signalwesen lehrt, daß der in eine vorzüglich arbeitende, sonst ganz selbsttätige Anordnung zu einer letzten Sicherung eingeschaltete Mensch, der eigentlich nichts mehr zu denken hat, sondern nur noch ganz mechanisch nach Befehlen der Apparate arbeitet, eine weit größere Gefahrenequelle ist als die fernliegenden, nur erdachten Möglichkeiten. Deshalb ist der fahrerlose Stadtschnellbahnzug heute keine Phantasterei mehr. Die Technik wird ihn in nicht allzulanger Zeit Wirklichkeit werden lassen. Zuerst dürften solche Züge, die sich selbständig gemacht haben, seltsam erscheinen, bald aber werden auch sie ein gewohnter Anblick sein. Und da nach einer kürzeren oder längeren Reihe von Jahrzehnten allmählich doch sämtliche Bahnen elektrischen Antrieb erhalten werden, so kann man eine allgemeine Lokomotivführer-Dämmerung heute schon mit Sicherheit voraussetzen.

Die selbsttätigen Stadtschnellbahnzüge können von den Bahnhöfen durch einfachen Druck auf einen Knopf, der an geeigneter Stelle des Bahnsteigs angebracht ist, ab-

gelassen werden; sie können sich, wenn man will, auch selbsttätig in Bewegung setzen, sobald alle Wagentüren geschlossen sind. Wenn der Zug auf der Strecke hat halten müssen, dann wird es natürlich notwendig, ihn wieder in Bewegung zu setzen, sobald das Fahrthindernis beseitigt ist. Das kann leicht geschehen, indem der Zugbegleiter auf ein wiederum selbsttätig hervorgerufenenes Zeichen hin einen Knopf im Inneren des Wagens niederdrückt, der die Schutzschalter betätigt.

Denn der Zugbegleiter muß ohne Zweifel weiter vorhanden sein. Sein Amt ist ja nicht, Apparate zu beeinflussen, sondern Menschen zu überwachen. Diese aber können keinesfalls wie jene ohne jede Aufsicht bleiben. Sie würden gar bald unzulässige Handlungen begehen, was bei den Apparaten nicht zu befürchten ist. Wir haben also hier das recht eigenartige Schauspiel vor uns, daß das Ei wirklich einmal klüger ist als die Henne, daß die Schöpfung den Schöpfer an Klugheit und Zuverlässigkeit übertrifft.



665. Fahrerstand in einem Schnellbahn-Triebwagen  
 Fahrshalter für indirekte Schaltung des Betriebsstroms. Neben der Kurbel das Schaltrab für Vorwärts- und Rückwärtsfahrt. Unter dem kleinen wagerechten, Druckluft führenden Rohr mit Knopf zum Betätigen der Pfeife der Hebel zum Anstellen und Lösen der Bremsen. Über dem Fenster Manometer zum Anzeigen des Luftdrucks im Haupt-Bremsluft-Behälter und in der Haupt-Bremsleitung. Bauart Bergmann A.-G., Berlin



Genau zwei Jahrzehnte vor Eröffnung der ersten elektrischen Schnellbahnlinie in Berlin trat die älteste mit Dampf betriebene Schnellbahnstrecke der deutschen Hauptstadt ins Leben. Daß die Stadtbahn eines der allerwichtigsten Personen-Beförderungsmittel geworden ist, geschah mehr durch die selbsttätige Saugkraft, die sie auf den Verkehr ausübte, als durch die Absicht ihrer Erbauer.

Zunächst nur als Verbindungsglied zwischen getrennten Fernbahnhöfen gedacht, wuchs sie über ihre ursprüngliche Bedeutung weit hinaus. Begünstigt wurde diese Machtentfaltung der Stadtbahn insbesondere dadurch, daß sie zum Rückgrat eines Schnellbahnnetzes wurde, das — eine glückliche Wechselwirkung — nur durch den Zusammenschluß mit ihr zur Blüte gelangen konnte.

Die Linienführung der Stadtbahn brachte zunächst die Geleise der beiden Ringbahn-Halbkreise, die bereits eine Reihe von Jahren vorher ausgestreckt worden waren, mit dem Stadttinnern in Berührung und bewirkte hierdurch, daß die bis dahin nur sehr schwach befahrene Ringbahn allmählich zu einem vollgültigen Schnellverkehrsmittel erstarkte. Es gesellte sich ein weitgedehntes und wohlgeführtes Netz von Vorortlinien hinzu, das einen tiefgreifenden Einfluß auf das Wachstum und den Ausbau des heutigen Berlin selbst wie auf einen breiten Gürtel um die Stadt bewirkt hat. Die mit Dampf betriebenen Berliner Vorortbahnen, die durchaus als Schnellbahnen anzusprechen sind, reichen im Norden bis Dränienburg (29 Kilometer), im Osten bis Fürstenwalde (58 Kilometer), südlich bis Zossen (33 Kilometer) und erreichen im Westen Nauen (35 Kilometer). Die Berliner Stadt-, Ring- und Vorortbahnen, einheitlich betrieben und mit guter Wirkung verkettet, stellen ein Werk der ehemaligen preussischen Staatseisenbahnverwaltung dar, das dieser einen unvergänglichen Namen in der Geschichte der Eisenbahnen sichert.

Die Anfänge der Berliner Ringbahn, ohne welche die heutige Stadtbahn nicht denkbar ist, reichen weit zurück, fast bis in den Beginn des Eisenbahn-Zeitalters in Preußen. Gegen das Ende der vierziger Jahre des vorigen Jahrhunderts stellte sich das unabweisbare Bedürfnis heraus, die getrennten Endbahnhöfe der Berlin-Stettiner, Berlin-Hamburger, Berlin-Potsdam-Magdeburger, Berlin-Anhaltischen und der Niederschlesisch-Märkischen Eisenbahnen miteinander und mit der Spree als der nächsten Wasserverkehrsstraße zu verbinden. Es geschah dies durch eine eingeleisige, in Geländehöhe geführte Bahn, die im Jahre 1851 eröffnet wurde. Sie war nicht zu einem geschlossenen Ring durchgebildet, da das Stück zwischen dem Stettiner Bahnhof und dem Endpunkt der Niederschlesisch-Märkischen Bahn fehlte, der in der Nähe des heutigen Schlesischen Bahnhofes lag und Frankfurter Bahnhof hieß; es ist in dieser Form niemals ausgebaut worden. Diese älteste Verbindungsbahn, die nur der Güterbeförderung diente, hat bereits manchen wohlthätigen Einfluß auf den Verkehr geübt. Sämtliche in Berlin einmündenden Strecken waren damals Privatbahnen, deren Verwaltungen sich aufs strengste gegeneinander abschlossen und, sobald irgendein Anlaß vorlag, heftigste Wettbewerbskämpfe miteinander ausfochten. Der neue Schienenweg, der von der preussischen Regierung als erste Staatsstrecke angelegt wurde und allen Bahngesellschaften gemeinschaftlich diente, schloß diese nicht nur eisenbahntechnisch, sondern auch menschlich enger zusammen.

Der städtische Verkehr aber hatte durch den Schienenstrang bitter zu leiden. Ging das Gleis doch unmittelbar vor dem

Brandenburger, Potsdamer und dem Anhalter Tor vorbei, die damals wirklich noch Durchbrüche in der Stadtmauer darstellten. Fortwährend mußte der querende Wagen- und Fußgängerverkehr, der aus den Mauerpforten hinausquoll, aufgehalten werden, wenn einer der langsamen Güterzüge herankam. Als die Stadt immer weiter wuchs, erschien die Verbindungsbahn endlich als ein unleidliches Hindernis und mußte beseitigt werden. Daß ihre Streckenführung recht geschickt ausgedacht war, geht daraus hervor, daß die große östliche Linie der heutigen elektrischen Berliner Schnellbahnen in dem Zug der Gitschiner und Skalitzer Straße den gleichen Lauf hat.

An die Stelle der beseitigten Flachbahn trat, da das Bedürfnis für die Zusammenschließung der Einzelbahnhöfe inzwischen noch stärker geworden war, eine Hochbahn auf Dammschüttung mit gemauerten Straßendurchlässen. Von einer heute noch als Güterbahnhof sehr wichtigen Geländestelle in Moabit führte sie nördlich von der Weichbildgrenze über Stralau und Rirdorf (dem heutigen Neukölln) bis Schöneberg. Der Anschluß der Fernbahnen erfolgte ein Stück vor den Kopfbahnhöfen durch Außengeleise. Dieses Teilstück der heutigen Ringbahn wurde im Jahre 1871 eröffnet. Die Schließung des Rings durch Erbauung der Strecke Schöneberg-Halensee-Westend-Moabit erfolgte im Jahre 1877. Der Ring ist viergeleisig ausgebaut. Zwei Schienenstränge dienen dem Personen-, die beiden anderen dem Güterverkehr.

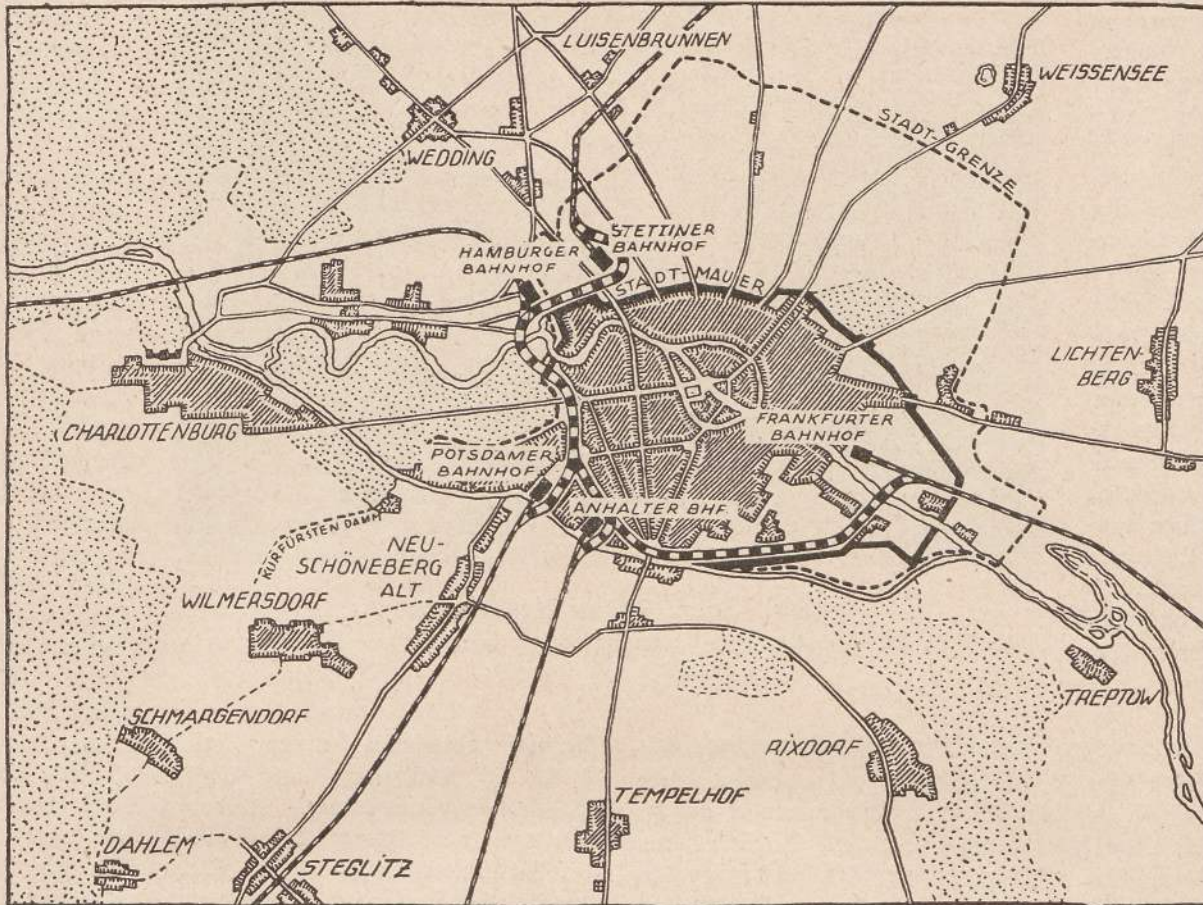
Dieser letzte überzog vorerst im weitesten Maß. 1872 wurde der Personenverkehr zwischen Moabit und Schöneberg eröffnet; die Züge verkehrten zunächst zweimal, alsdann dreimal täglich. Zwölf Wagen insgesamt genügten zur Beförderung der Fahrgäste. Sie hatten zwei Geschosse, zeigten also eine Form, wie sie zum Beispiel noch heute auf den Pariser Vorortbahnen üblich ist. Mancher Leser dieses Buchs, der das ältere Berlin noch gekannt hat, wird sich vielleicht der seltsamen Fahrzeuge erinnern, die bis vor etwa zwei Jahrzehnten noch hier und da auf den Berliner Strecken auftauchten, da man sie zur Beförderung der Eisenbahn-Arbeiter nach den Werkstätten benutzte. Aus dem öffentlichen Verkehr waren sie längst zurückgezogen worden, da die Fahrgäste das Obergeschloß über die schmale Treppe hinweg nicht schnell genug verlassen konnten. Der Personenverkehr der Ringbahn hat dann später durch das gewaltige Wachstum der Außenbezirke von Berlin und der sich unmittelbar anschließenden Vororte sowie unter dem Einfluß der Stadtbahn einen ungeahnten Aufschwung genommen.

Der Zustand des Berliner Eisenbahnverkehrs vor einem halben Jahrhundert, der Anlaß zur Erbauung der Stadtbahn wurde, ist in dem großen, vom preussischen Eisenbahnministerium im Jahre 1896 herausgegebenen Werk „Berlin und seine Eisenbahnen“ wie folgt geschildert:

„Anfangs der siebziger Jahre besaß Berlin für die acht Hauptbahnlinien, die in die Stadt mündeten, acht getrennte Endbahnhöfe, die weit von dem Stadtmittelpunkt entfernt, zum Teil selbst außerhalb der bebauten Stadtviertel lagen; unter sich hatten sie für den Personenverkehr so gut wie keine Verbindung, denn die im Juli 1871 vollendete östliche Hälfte der neuen Verbindungsbahn von Moabit über Stralau nach Schöneberg diente damals fast nur dem durchgehenden Güterverkehr.

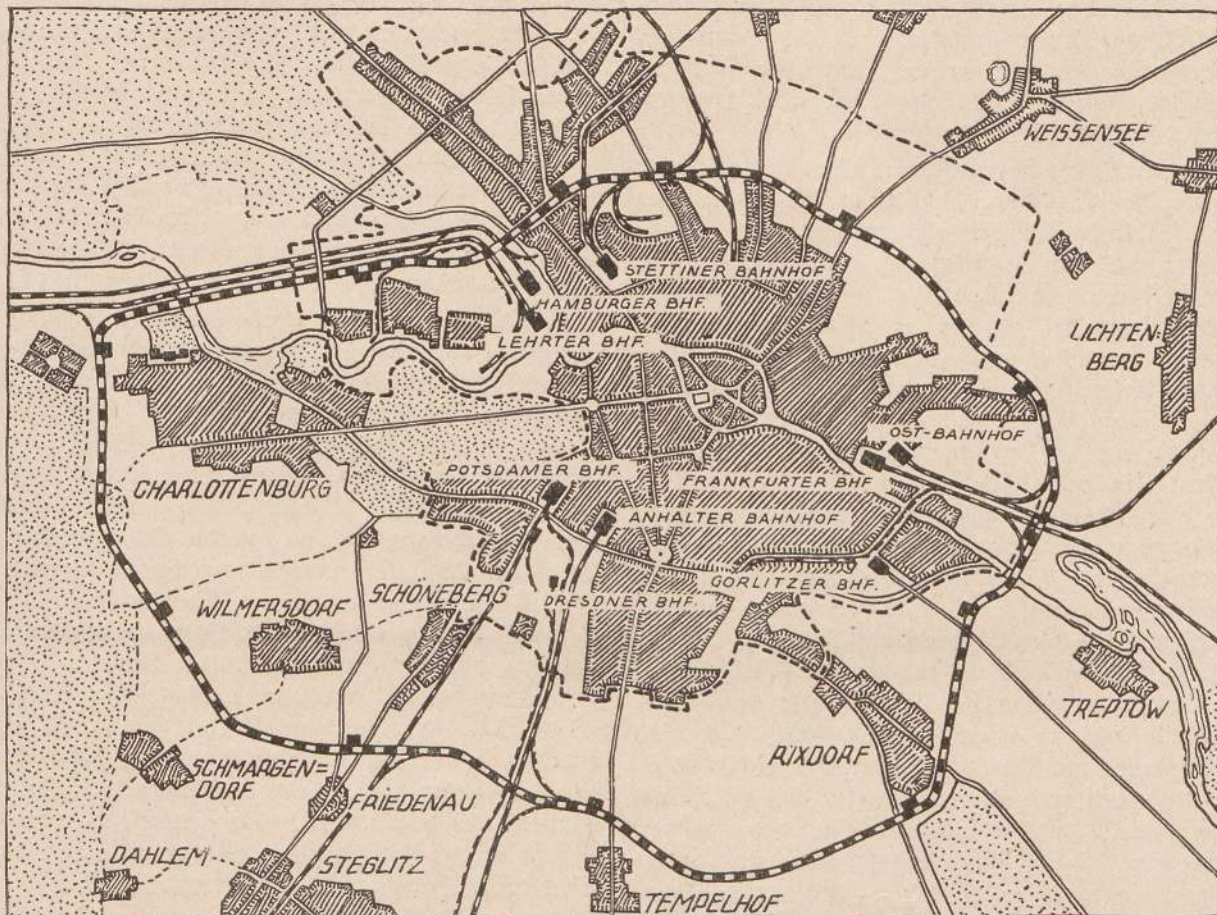
„Die erste Anregung, diesen besonders für das durchreisende Publikum lästigen Übelständen abzuweichen und die einzelnen Bahnhöfe mit einer Bahn quer durch die Stadt





666. Älteste Linie der Berliner Ringbahn

Sie diente zur Verbindung der Fernbahnhöfe, und zwar nur für die Überführung von Güterwagen. Die Strecke war von 1851 bis 1871 im Betrieb und ging zu ebener Erde an den Haupttoren in der Stadtmauer vorüber



667. Berliner Ringbahn vor Erbauung der Stadtbahn. Zustand im Jahre 1877

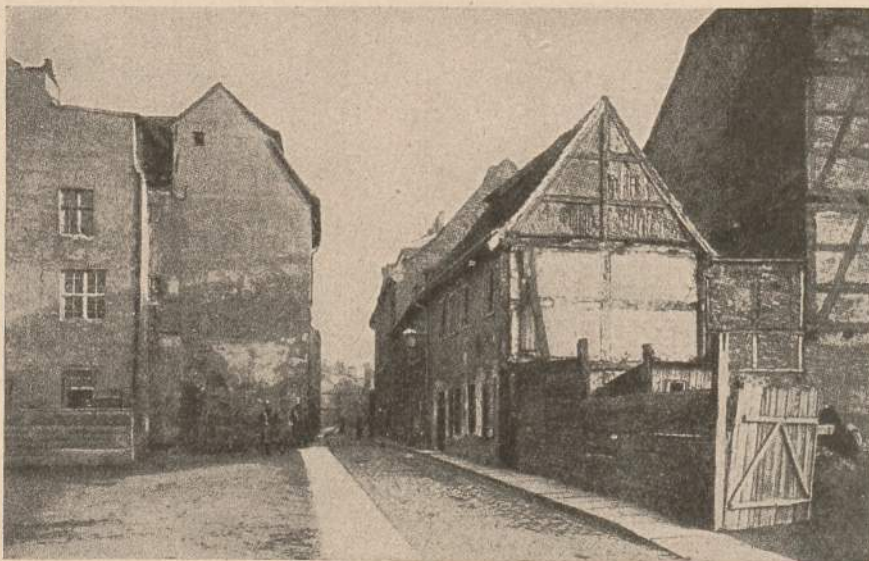


unter einander zu verbinden, wurde im Jahre 1871 von Baurat Orth gegeben. In Wort und Schrift trat er dafür ein, eine Bahn, im allgemeinen dem Spreeauf folgend, durchgehend als Hochbahn herzustellen, die Berlin in seiner größten Ausdehnung von Ost nach West durchschneiden, sämtliche vorhandenen Bahnhöfe wie auch die Ringbahn mit dem Innern der Stadt verbinden und mit Stationen für den Personen- und den Güterverkehr versehen werden sollte.

„Als der Orth'sche Plan in weiteren Kreisen bekannt wurde, stieß er zunächst auf lebhaften Widerspruch, weil er auf den ersten Blick unausführbar und über das Bedürfnis weit hinauszugehen schien. Bei gründlicher Prüfung der Verhältnisse ergab sich indes, daß die Bahn ohne erhebliche bauliche Schwierigkeiten und auch mit einem nicht übermäßigen Kostenaufwand herzustellen war. Mit der Erkenntnis der Ausführbarkeit kam auch das Bewußtsein der großen Vorteile, welche diese den gewerb- und geschäftsreichsten Teil Berlins berührende Bahn nicht nur für die Hauptstadt, sondern wegen der Vereinigung der zahlreichen Verkehrs- und Handelsbeziehungen daselbst auch für alle Provinzen haben mußte.

„Der Plan rückte der Verwirklichung näher, als im Jahre 1872 die Deutsche Eisenbahngesellschaft in Berlin, an deren Spitze der Wirkliche Geheime Oberregierungsrat Hartwich getreten war, den Gedanken aufnahm, in Berlin eine Stadtbahn zu bauen. In einer Eingabe vom 2. Mai 1872 an den Handelsminister gab sie die Absicht zu erkennen, zur Abkürzung des Weges nach dem südwestlichen Deutschland und der Schweiz eine Eisenbahn über Charlottenburg, Potsdam, Halle und Erfurt nach Meiningen anzulegen, die am Ostbahnhof in Berlin beginnen und die Stadt von Osten nach Westen durchziehen sollte.

„Dieser große Plan der sogenannten Berliner Südwestbahn, der in einer von Hartwich verfaßten Denkschrift vom April 1872 ausführlich erörtert ist, mußte indessen bald wieder aufgegeben werden, da es nicht gelang, das erforderliche Kapital von 150 000 000 Mark aufzubringen. Die Gesellschaft beschloß daher, sich auf den Bau der Berlin durchziehenden Strecke der Bahn bis Charlottenburg und Potsdam zu beschränken, und bat gegen Ende des Jahres 1873 die Staatsregierung um Beteiligung an einem solchen Unternehmen. Diese entsprach jenem Ersuchen und schloß am 15. Dezember 1873 mit der Deutschen Eisenbahngesellschaft und den einzelnen Privatgesellschaften der Berlin—Potsdam—Magdeburger, Magdeburg—Halberstädter und Berlin—Hamburger Eisenbahn, deren Anschluß an die Stadtbahn ins Auge gefaßt wurde, einen Vertrag zur Bildung einer Aktien-



668. Straße An der Königsmauer  
in der Nähe des Alexanderplatzes, die im Anfang der achtziger Jahre bei Erbauung der Stadtbahn beseitigt wurde

gesellschaft unter der Firma Berliner Stadteisenbahngesellschaft.“

Bei diesem gemischt-wirtschaftlichen Zusammenschluß, wie wir heute sagen würden, blieb es nicht. Die Privatgesellschaft war nicht imstande, ihren Kapitalanteil voll einzuzahlen, und die Verhandlungen endeten damit, daß die preussische Staatsbahnverwaltung die Anlage vollkommen selbstständig fertigstellte. Nachdem im Jahre 1875 die ersten Arbeiten in

Angriff genommen waren, erfolgte am 7. Februar 1882 die Eröffnung der Stadtbahnstrecke Schlesischer Bahnhof—Charlottenburg. Leiter des Baus war der Regierungs- und Baurat Dirksen, unter dessen Händen ein Meisterwerk entstand. Die Ehrung, die ihm durch ein am Bahnhof Friedrichstraße errichtetes Denkmal zuteil wurde, ist vollauf verdient. Mit echt preussischer Gründlichkeit gab er der Bahnanlage eine solche Festigkeit, daß sie ohne jegliche Veränderung imstande war, noch drei Jahrzehnte später den zu ungeahnter Größe angeschwollenen und mit Zügen von sehr hohem Gewicht betriebenen Verkehr auszuhalten. Erst die ganz schweren D-Zug-Lokomotiven, die in unseren Tagen benutzt werden, machten eine Verstärkung des Oberbaus an den Straßenübergängen notwendig.

Die Berliner Stadtbahnstrecke ist eine Hochbahn. Sämtliche Straßen sind unterführt. Innerhalb der Stadt ruht die Fahr Ebene auf gemauerten Bogen, im Osten und Westen schließen sich in den zur Erbauungszeit noch wenig besiedelten Bezirken Dammschüttungen an. Die Länge beträgt 12 145 Meter.

Über die Linienführung wurde lange Zeit hindurch beraten. Die gerade und kürzeste Verbindung zwischen dem Schlesischen Bahnhof und Charlottenburg hätte über die Michaelbrücke unweit der Jannowitzbrücke, über den Spittelmarkt und alsdann gleichgerichtet mit der Leipziger Straße zum Zoologischen Garten geführt. (Siehe die punktierte Streckenlinie auf Tafel XXIII.) Damit wäre die schon damals wichtigste Verkehrsader Berlins von der Bahn berührt worden. Es stellte sich jedoch heraus, daß die Grunderwerbskosten für diese Strecke zu hoch waren. Man mußte einen billigeren Weg wählen, der aber von den Brennpunkten des Verkehrs nicht zu weit entfernt liegen sollte. Ein alter Wasserlauf, der Königsgraben, führte vom Schlesischen Bahnhof bis in die Nähe des Bahnhofs Friedrichstraße. Es wurde beschlossen, den Graben zuzuschütten und die Bahn über seinem Lauf anzulegen. In ein altes, verrottetes Stadtviertel kam hierdurch Licht und Luft. Die Beseitigung der elenden Straße An der Königsmauer bedeutete einen Gewinn für die Entwicklung des gesamten Stadtkerns.

Von der Friedrichstraße aus wurden mit einem ziemlich weit nach Norden ausladenden Bogen der Lehrter Bahnhof





Die Gleisanlagen der Reichsbahn in und um Berlin  
(zu Seite 414)



sowie der Schloßpark von Bellevue berührt, und von dort führte man alsdann die Strecke geradlinig nach Charlottenburg weiter. Die Bahn durchquert die Stadt also mit beträchtlichen Umwegen, sie hat sich jedoch selbst eine günstige Umgebung geschaffen, indem an den einzelnen Haltestellen die Bautätigkeit in stärkstem Maß angeregt wurde.

In kluger Voraussicht wurde die Stadtbahn sogleich viergeleisig angelegt. Es bestand zunächst die Absicht, zwei Geleise für den Personenverkehr, die beiden anderen dem Güterverkehr zur Verfügung zu stellen. Bald jedoch entschied man sich für eine bessere Unterteilung, indem die beiden nördlichen Geleise ausschließlich dem Personen-Stadtverkehr, die beiden südlichen für die Personenzüge der Fernbahn und der Vorortlinien zur Verfügung gestellt wurden. Später ist dann fast der gesamte Vorortverkehr auf die Stadtgeleise hinübergelegt worden.

Als im Jahre 1886 die große Haupt-Markthalle am Alexanderplatz errichtet wurde, entschloß man sich doch noch zur Einrichtung eines Güterzugverkehrs auf der Stadtbahn. Er ist jedoch nur für die Stunden der nächtlichen Betriebspause im Personenverkehr zugelassen und dient ausschließlich der Zuführung von Nahrungsmittelzügen zur Markthalle.

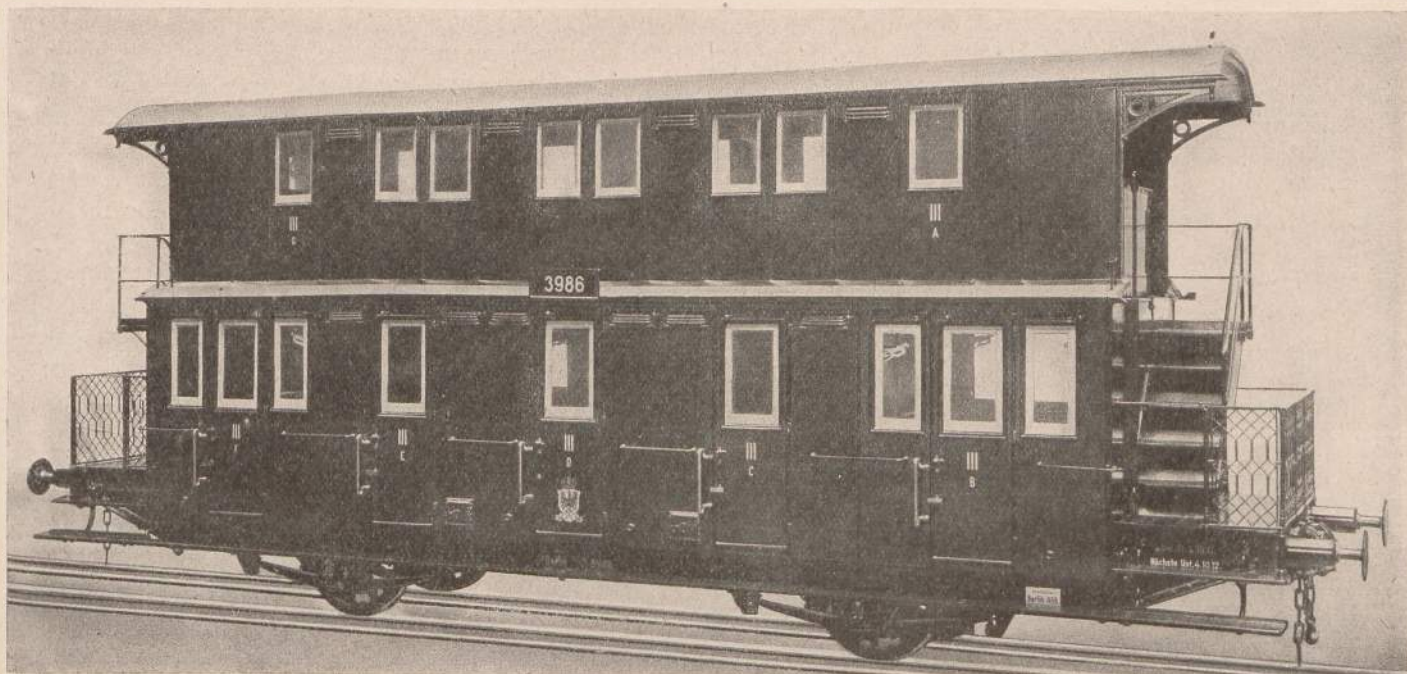
Die Berliner Stadtbahn ist als ein großer, weitgedehnter Zentralbahnhof aufzufassen. Alle Fernzüge, die nach dem Osten gehen, beginnen an der westlichen Endstelle, nämlich in Charlottenburg, alle nach Westen fahrenden Züge entspringen im Schleißischen Bahnhof. Quer durch die ganze Stadt fahrend, sammeln sie die Fahrgäste an den Haltestellen ein, die bequeme Lage zu fast allen Stadtteilen haben. Der Gedanke des Stadtbahn-Zentralbahnhofs war im Anfang weit gründlicher durchgeführt, als das heute der Fall ist. Für kurze Zeit wurden sämtliche in Berlin einmündenden und von hier abgehenden Fernzüge über die neuen Geleise geführt, so daß an mehreren Stellen eingestiegen werden konnte. Bald aber stellte sich heraus, daß Ein Gleispaar zur Bewältigung dieses Verkehrs nicht genügte, und die zum Teil geschlossenen Kopfbahnhöfe mußten wieder eröffnet werden.

Es ist jedoch in äußerst geschickter Weise dafür gesorgt, daß auch heute noch alle Fernstrecken von der Stadtbahn aus zu erreichen sind. So halten zum Beispiel die über Görlitz und Hirschberg nach Schlesien gehenden Fernzüge, sogar die großen D-Züge, in dem Vorortbahnhof Niederschöneweide-Johannisthal, weil der Görlitzer Bahnhof, in dem sie entspringen, eine sehr ungünstige Lage zum Stadttinneren hat, jener Vorortbahnhof aber durch zahlreiche von der Stadtbahn herkommende Züge bequem zu erreichen ist. Die Stettiner Bahn ist durch den Bahnhof Gesundbrunnen, die Potsdam-Magdeburger in Potsdam, die Anhalter in Richterfelde-Ost, die Hamburger Bahn in Spandau an den Stadtverkehr angeschlossen (Tafel XXIV).

Ganz neu gestaltet wurde der Ringbahnverkehr, als die Durchmesserlinie innerhalb des Rings entstanden war. Seit dem Ausbau des Gleisstücks Schleißischer Bahnhof—Stralauer Mummelsburg fährt nur noch ein Teil der Züge in alter Weise über den ganzen Ring. Viel wichtiger geworden sind die Halbringzüge, von denen ein Teil über Stadtbahn und Nordring, der andere über Stadtbahn und Südring geht. Der für den Ausflug-Massenverkehr sehr wichtig gewordene Bahnhof Grunewald erhielt Anschlüsse sowohl von der Stadtbahn wie vom Nord- und Südring her.

Als die Stadtbahn eröffnet wurde, waren Haltestellen für die Fernzüge, abgesehen von den Endbahnhöfen, nur am Alexanderplatz und an der Friedrichstraße vorgesehen. Doch bereits im Jahre 1884 wurde auch der Bahnhof Zoologischer Garten durch Schaffung eines zweiten Bahnsteigs in den Fernverkehr einbezogen.

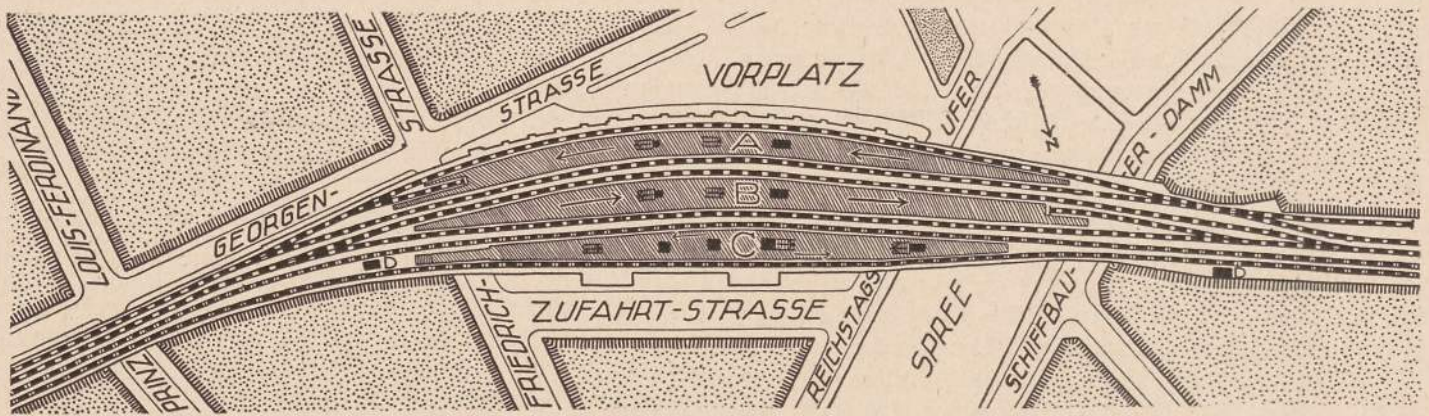
Die Haltestellen für die Stadtzüge sind von Beginn an bis heute nahezu unverändert geblieben. Bei der Eröffnung fehlten nur Tiergarten und Savigny-Platz. Der erstgenannte Bahnhof wurde bereits 1885 eröffnet, und seitdem ist eine neue Haltestelle nur am Savigny-Platz im Jahre 1896 hinzugekommen. Auch aus diesen geringen Änderungen ersieht man, wie weitsichtig der Grundplan gefaßt war. Nur in einer Hinsicht hat man sich bei der Planung geirrt. Man



669. Zweistöckiger Wagen

Fahrzeuge dieser Bauart verkehrten einstmals auf der Berliner Ringbahn





670. Gleisplan des umgebauten Bahnhofs Friedrichstraße

Durch Hinzufügen des dritten Bahnsteigs C, an dem die Stadtbahnzüge halten, stehen jetzt zwei Bahnsteige für die Abfertigung der Fernzüge und der Vorortzüge der Strecke Spandau—Strausberg zur Verfügung. Es kann daher an dieser Stelle, die ungefähr in der Mitte der Stadtbahn liegt, ein Zug vom folgenden überholt werden. Bahnsteig A mit Doppelgleis für die Fahrtrichtung West—Ost. Bahnsteig B mit Doppelgleis für die Fahrtrichtung Ost—West. D Stellwerke. Auf den kurzen, stumpf endenden Gleisstücken werden Wagen bereitgehalten, die bei Bedarf in die Züge eingestellt werden können.

meinte, daß der Bahnhof Alexanderplatz in Zukunft den größten Verkehr haben würde, und baute daher die Anlage besonders großzügig aus. Die Verschiebung des Stadtmittelpunkts nach dem Westen hat es jedoch mit sich gebracht, daß die Haltestelle an der Friedrichstraße Hauptverkehrspunkt geworden ist. Sie ist denn auch die erste gewesen, die zu einem gründlichen Umbau zwang.

Der Bahnhof Friedrichstraße ist jetzt mit sechs Geleisen ausgestattet. Vier davon dienen dem Fern- und Vorortverkehr. Da die aus dem Reich ankommenden und dorthin abgehenden Züge, hauptsächlich wegen der zahlreichen ein- oder auszuladenden Gepäckstücke, besonders lange an diesem Haltepunkt stehen bleiben müssen, so entstand von hier aus eine Drosselung des gesamten Zugumlaufs auf den Ferngeleisen. Es wurde daher durch Verdoppelung dieser Geleise im Bereich der Haltestelle die Möglichkeit geschaffen, zwei Züge gleichzeitig in den Bahnhof einlassen und ihre Abfertigung zu gleicher Zeit vornehmen zu können. Auf diese Art wird die anschließende Strecke rascher frei gemacht. Eine durchgehende Vermehrung der Stadtbahngeleise, wie sie heute wohl wünschenswert ist, wird kaum durchgeführt werden können. Der Plan der Erbauung eines zweiten Stockwerks, der eine Zeit lang erwogen wurde, ist fallen gelassen worden. Eine Verbreiterung der Fahrbahn in gleicher Ebene ist wegen der außerordentlichen Kosten völlig unmöglich.

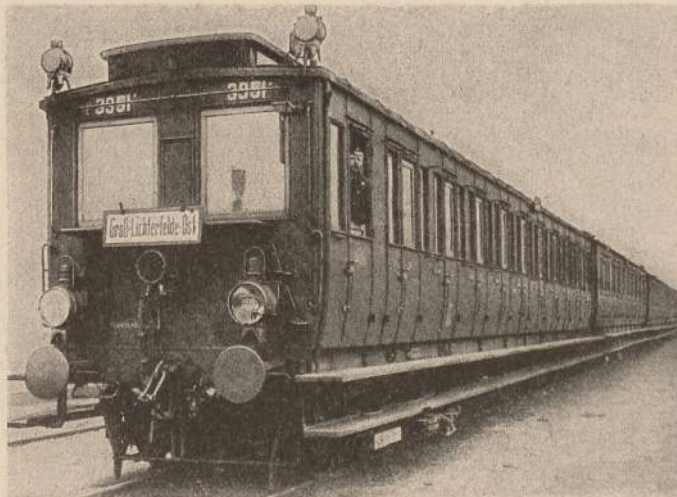
Es ist aber auch nicht mehr notwendig, derartige Gewaltpläne zu hegen, da eine Steigerung der stündlichen Zugzahl, zunächst auf den Stadtbahngeleisen, durch eine vollkommene Neuformung des Betriebs erreicht werden wird. Es wurde schon im Anfang dieses Abschnitts gesagt, daß der Berliner, wenn er heute auf der Stadtbahn fährt, nicht mehr die Empfindung hat, eine Schnellbahn zu benutzen. Langsam und leuchtend nur ziehen die Lokomotiven die Züge an, in trödeliger Fahrt

geht es von Bahnhof zu Bahnhof. Jeder aufmerksam Beobachtende sieht deutlich, daß der Lokomotivpark der Stadtbahn veraltet ist. Der Grund dafür ist aber nicht ein schuldhaftes Gehenlassen von seiten der früheren Staats- und jetzigen Reichsbahnverwaltung, sondern der grundsätzlich schon seit langem gefasste Beschluß einer durchgreifenden Betriebserneuerung, der zur Beseitigung des Dampfbetriebs führen wird. Es lohnt nicht mehr, neue Dampflokomotiven anzuschaffen, da auch die älteste Schnellbahnstrecke Berlins entschlossen ist, sich künftig der elektrischen Zugkraft zu bedienen.

Bereits im Jahre 1903 wurde die kürzeste der Vorortstrecken, Potsdamer Ringbahnhof—Lichterfelde-Ost, für elektrische Zugförderung eingerichtet. Die Anlage war nur als Probetrieb gedacht, sie ist aber bis heute unverändert geblieben. Auf der Strecke verkehren Triebwagenzüge, denen Strom von 500 Volt Spannung durch eine dritte Schiene

Trotz der Bewährung dieser Bauart war die preussische Staatsbahnverwaltung, als sie dem Gedanken der Einführung des elektrischen Betriebs auf dem gesamten Netz der Berliner Stadt-, Ring- und Vorortbahnen nähertrat, zuerst entschlossen, hierfür Wechselstrom mit 15 000 Volt Fahrdrachtspannung anzuwenden. Denn damals waren alle Kreise, die maßgeblichen Einfluß auf die Entwicklung zu üben vermochten, der Meinung,

daß die Berliner Bahnen ein Teil der weitausgreifenden deutschen Schienenwege seien, daß sie als Kind dieser großen Familie betrachtet werden müßten und deshalb nicht gewaltsam mit fremdartigen Eigenschaften begabt werden dürften. Die deutschen Fernbahnen werden aber, wie wir vom vorigen Abschnitt her bereits wissen, für den Betrieb mit Wechselstrom eingerichtet. Die ausgezeichnete Bewährung des Gleichstroms bei sämtlichen Stadtschnellbahn-Anlagen der Erde und dazu noch mancherlei grundlegende technische Vervollkommnungen in der



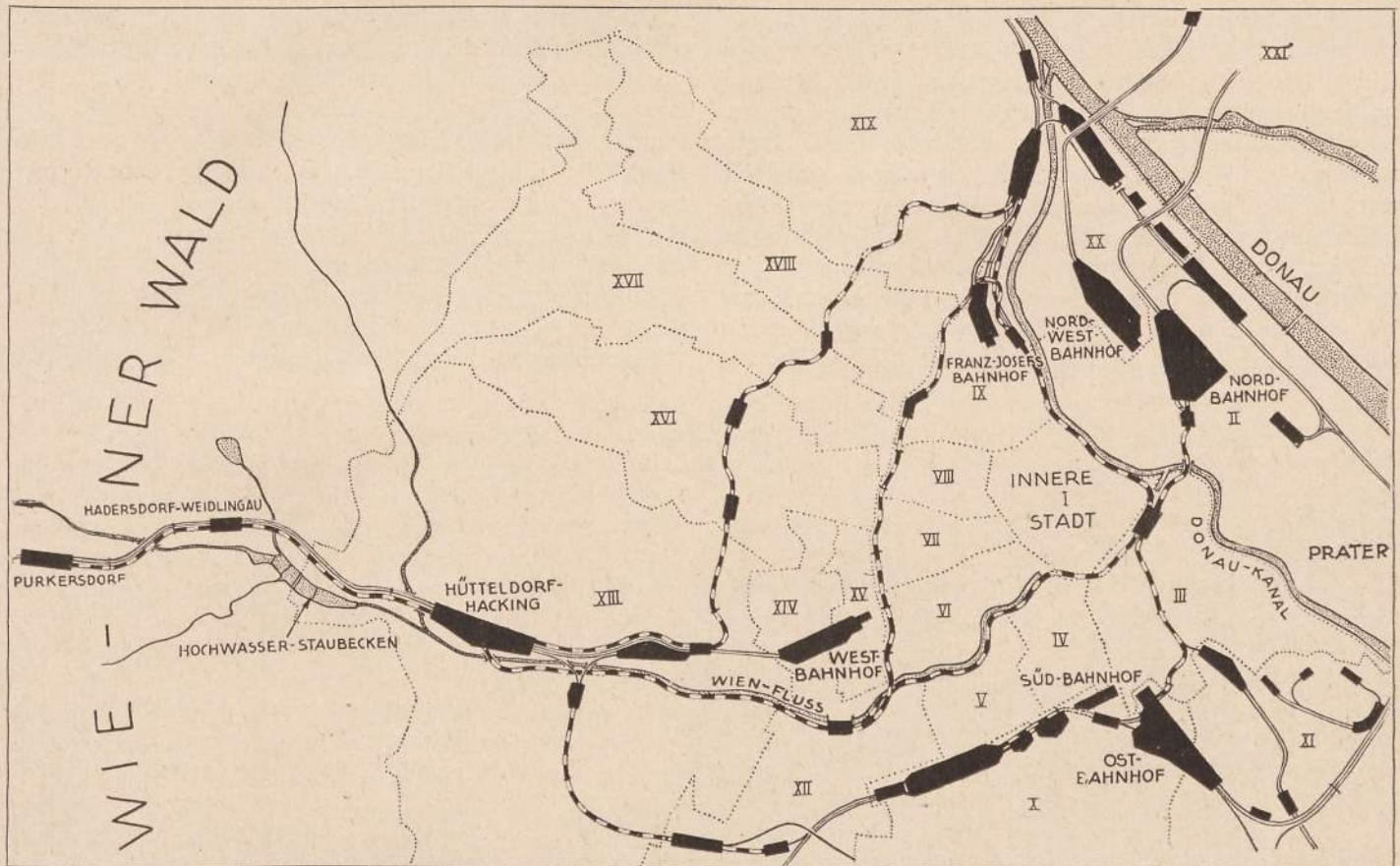
671. Zug der elektrischen Vorortbahn Potsdamer Ringbahnhof—Lichterfelde-Ost  
Stromzuführung durch eine dritte Schiene



Erzeugung und Fortleitung dieser Stromart, haben dann doch die Meinung jener Männer durchbringen lassen, die es von vornherein für richtig erklärt hatten, das Berliner Bahnnetz als selbständige Gruppe zu betrachten, da die Art und Dichte des Zugverkehrs auf seinen Geleisen doch grundsätzlich von dem Betrieb auf den Fernbahnstrecken verschieden sei. Demgemäß steht jetzt endgültig fest, daß die Berliner Stadt-, Ring- und Vorortbahnen mit Gleichstrom von 800 Volt Spannung betrieben werden sollen, der nicht durch einen hochliegenden Fahrdrabt, sondern durch eine dritte Schiene auf ebener Erde zugeführt wird. Auch die Absicht, die Motoren in gesonderten Fahrzeugen, also in Lokomotiven nach Art des Fernbahnbetriebs unterzubringen, ist fallengelassen worden; es werden Triebwagen benutzt werden, bei denen, wie nahezu überall auf den Schnellbahnen, die Motoren im Rahmen unter den Abteilen hängen.

Beim heutigen Dampfbetrieb können nicht mehr als 24 Züge in der Stunde über die Stadtbahn laufen. Beim elektrischen Betrieb werden 40 Züge stündlich gefahren werden. Der Zugabstand beträgt also nur 90 Sekunden. Die Einrichtung selbsttätigen Signalbetriebs ist hierfür Voraussetzung, der Aufenthalt eines Zugs im Bahnhof darf im Mittel 25 Sekunden nicht überschreiten. Es stehen heute in der Stunde 27 500 Plätze zur Verfügung; nach der Umwandlung wird diese Zahl mehr als verdoppelt sein, indem stündlich 60 500 Fahrgäste befördert werden können. Die Fahrtdauer zwischen Charlottenburg und Stralau-Rummelsburg, also über die eigentliche Stadtbahn, wird infolge des raschen Anfahrens der elektrischen Züge und durch Verkürzung der Bremswege um 12 Minuten verringert.

Der Betriebsstrom wird in Kraftwerken erzeugt werden, die ziemlich weit entfernt von Berlin liegen, das eine wahr-



672. Plan der Wiener Stadtbahn

Die römischen Ziffern sind die Nummern der Stadtbezirke

Der gesamte heute benutzte Wagenpark der Stadtbahn verschwindet. An die Stelle der Fahrzeuge mit zahlreichen Klapptüren (Bild 639) werden Wagen mit Schiebetüren treten, wodurch es möglich ist, die Breite der Wagen um einen Sitzplatz zu vergrößern. Denn der Raum, der jetzt freigehalten werden muß, damit zwei an begegnenden Zügen offenstehende Klapptüren nicht gegeneinander stoßen können, darf dann durch das volle Wagenprofil eingenommen werden.

Die Züge, die in den Stunden lebhaften Verkehrs über die Stadtbahn fahren, werden aus zehn Wagen bestehen, nämlich aus 4 vierachsigen Triebwagen und 6 zweiachsigen motorlosen Beiwagen. Es läuft je ein Triebwagen an der Spitze und am Ende des Zugs, zwei befinden sich in der Mitte. Zwischen diesen beiden Mittelwagen kann leicht eine Trennung in zwei gleiche Hälften erfolgen. Solche Halbzüge werden in Zeiten geringen Verkehrs verwendet werden.

scheinlich bei Lübben, das andere im Havelländischen Luch. Die Dampfkessel werden mit Torf, also einem sehr billigen Brennstoff, geheizt werden. Mit einer Spannung von 100 000 Volt fließt der Strom von den Erzeugungsstellen zwei Umspannwerken in Stralau und in Eichkamp, unweit des Bahnhofs Grunewald, zu. Hier wird die Spannung auf 30 000 Volt herabgesetzt und Umformerwerken zugeführt, die in gleichmäßigen Abständen über die gesamte Strecke verteilt sind. Geeignete Maschinen setzen hier den Wechselstrom von 30 000 Volt in Gleichstrom von 800 Volt um, und hiermit wird die dritte Schiene gespeist.

Die Ausrüstung des Berliner Stadt-, Ring- und Vorortbahnnetzes für den elektrischen Betrieb ist auf den nördlichen Vorortstrecken Stettiner Bahnhof—Bernau und Stettiner Bahnhof—Oranienburg begonnen worden. Erst nachdem auf diesen Linien und einigen anderen Vorort-



strecken sowie auf der Ringbahn der elektrische Betrieb in allen seinen Teilen ausgeprobt ist, wird die eigentliche Stadtbahn umgebaut. In ihrer neuen Gestalt wird sie dann nicht mehr nur eine Schnellbahn heißen, sondern jedem Fahrgast tatsächlich als eine Schnellbahn erscheinen. —

Die Hauptstadt Österreichs besitzt gleichfalls eine viele Jahrzehnte alte, dampfbetriebene Stadtbahn. Während aber wohl jeder, der Berlin besucht, öfter gezwungen ist, die Stadtbahn als bequemes Beglückungsmittel zwischen zwei wichtigen Punkten zu benutzen, kann man lange Zeit in Wien weilen, ohne überhaupt zu bemerken, daß eine solche Verkehrsanlage dort vorhanden ist. Denn die Väter der Wiener Stadtbahn haben es in unübertrefflicher Weise verstanden, die Gleisführung so anzuordnen, daß Verbindungslinien überall dort nicht vorhanden sind, wo sie dringend gebraucht würden.

Die Geschichte der Wiener Stadtbahn ist eine vom Beginn der siebziger bis in die neunziger Jahre des vorigen Jahrhunderts spielende Tragödie der Planungen, Entwürfe, Kommissionsberatungen, Parlaments- und Regierungserwägungen. Nachdem der mühselig gefundene Grundplan bereits durch mancherlei nachträgliche Änderungen ausreichend verpfuscht war, griff zur rechten Krönung des Ganzen noch die Militärbehörde ein, die Kraft ihrer nahezu unbeschränkten Machtbefugnis erklärte, daß es Hauptaufgabe der Stadtbahn sein müsse, die vereinzelt liegenden Kopfbahnhöfe der in Wien einmündenden Fernbahnen so zu verbinden, daß im Kriegsfall Truppenüberführungen in der bequemsten Weise stattfinden könnten.

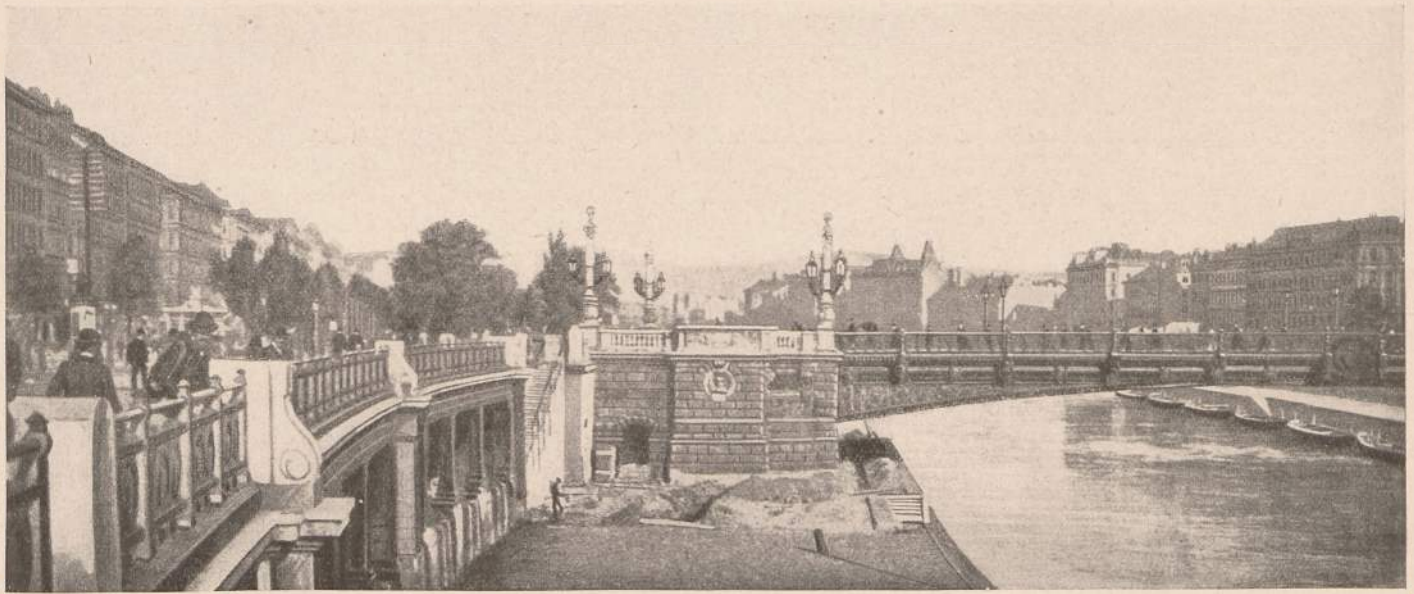
Das Ergebnis dieses verhängnisvollen Hin und Her ist eine Linienführung, die sich bis auf ein kurzes Stück von der Innenstadt gänzlich fernhält und selbst die dicht besiedelten äußeren Hauptbezirke nur an den Rändern streift. Der Gedanke, daß es Aufgabe der Bahn sein müsse, den deutlich sich abzeichnenden Stromlinien des hauptstädtischen Verkehrs zu folgen, der werktätigen Bevölkerung den Weg von den Wohnungen zu den Arbeitsstätten zu kürzen, trat völlig in den Hintergrund. Sogenannte „große Gesichtspunkte“, die aber hier aller kleinste waren, überschatteten ihn, und damit war dem Gesamtkörper das Rückgrat gebrochen. Der Wiener lächelt selbst über seine Stadtbahn, die nicht imstande gewesen ist, sich auch nur das bescheidenste Plätzchen in seinem leicht zugänglichen Gemüt zu erobern, und es schien ihm daher kaum ein Verlust, als im Verlauf des großen Kriegs ein Teil der Strecken stillgelegt wurde.

Die Wiener Stadtbahn ist zweigleisig angelegt und dient auf allen Linien dem Personen- und Güterverkehr. Sie ist zum Teil als Hochbahn, zum Teil unterirdisch geführt. Bereits in den Jahren 1872 und 1873 wurden unter dem Einfluß eines starken wirtschaftlichen Aufschwungs mancherlei Vorentwürfe aufgestellt; allein in dem letztgenannten Jahr waren es nicht weniger als 23. Sie gelangten sämtlich nicht über den Zustand der „Erwägungen“ hinaus. Dann trat ein wirtschaftlicher Niedergang ein, der lange Zeit die Weiterführung des Plans verhinderte. Aber 1881 gingen, wie in Röhl's „Enzyklopädie des Eisenbahnwesens“ berichtet wird, der Regierung wiederum drei Entwürfe zu. Die Ingenieure



673. Rampenstrecke der Wiener Stadtbahn am Mariahilfer Gürtel  
Aus „Wien. Eine Auswahl von Stadtbildern.“ Verlag von M. Gerlach & Co., Wien





674. Strecke der Wiener Stadtbahn am Donau-Kanal

Der Tunnel hat große seitliche Ausbliköffnungen. Aus „Wien. Eine Auswahl von Stadtbildern.“ Verlag von M. Gerlach & Co., Wien

Logerty und Buntten erhielten auch 1883 die Baugenehmigung. Aber die Gemeinde erhob berechtigten Einspruch gegen die Überschreitung der prächtigen Ringstraße durch eine Hochbahn, und dies, wie die Schwierigkeiten der Geldbeschaffung führten dazu, daß der Plan aufgegeben und die hinterlegte Kaution von 2 Millionen Kronen für verfallen erklärt wurde.

Nachdem noch mehrere von privater Seite eingereichte Entwürfe gescheitert waren, empfand die Staatsregierung, daß es notwendig sei, selbst einen großen Plan auszuarbeiten. Es fanden langwierige Verhandlungen mit den Verwaltungskörperschaften des Landes Niederösterreich und den Wiener Gemeindebehörden statt, bis endlich zu Anfang 1892 dem Reichsrat ein umfangreicher Entwurf über die „Ausführung der Verkehrsanlagen in Wien“ unterbreitet werden konnte. Die Vorlage wurde von dem Parlament angenommen und am 12. Juli 1892 als Gesetz veröffentlicht. Für die einheitliche Leitung der Entwurfs- und Bauarbeiten wurde nun eine „Kommission für Verkehrsanlagen in Wien“ geschaffen.

Am 7. November 1892 begann man mit dem Abbruch eines großen Behälters der ehemaligen Kaiser Ferdinand-Wasserleitung, welcher der Linienführung im Weg stand, und dieser Tag wird als Beginn der Arbeiten für den Bau der Wiener Stadtbahn angesehen. Das erste Stück des Unterbaus wurde aber erst am 16. Februar 1893 beim Bahnhof Michelbeuern in Angriff genommen, und schließlich zeigte es sich, daß man doch immer noch über das Ganze völlig im unklaren war. Anfang 1894 faßten „alle drei Kurien der Kommission für Verkehrsanlagen“ einen Beschluß, der eine völlige Änderung des Grundplans für mehrere Strecken bedeutete. Anderthalb Jahre später fühlten sich die „Kommissionskurien“ nochmals zu einer durchgreifenden Änderung veranlaßt. Der Mangel an Voraussicht und das Fehlen jedes ausdauernden Zielbewußtseins hat sich bitter gerächt. Man kann Bahnstrecken nicht wie Zigarrenkisten bald hierhin, bald dorthin schieben, ohne die Kraft ihres Zusammenwirkens zu vernichten.

Im Oktober 1897 wurde die Strecke Westbahnhof—Heiligenstadt—Brigittenau als erste eröffnet. Bis zum Früh-

jahr 1899 waren weitere wichtige Teilstücke dem Verkehr übergeben. Aber auch jetzt noch bestanden Meinungsverschiedenheiten über die Führung der Linie Augartenbrücke—Heiligenstadt, so daß deren Bau erst 1898 begonnen und 1900 beendet werden konnte.

Ganz besondere bautechnische Schwierigkeiten entstanden bei der Anlage der Strecke Hütteldorf—Hacking—Hauptzollamt. Diese Linie liegt im Tal des Wienflusses, von diesem selbst nur durch eine Mauer getrennt, und die Nachbarschaft war recht gefährlich, da die Wien zu jener Zeit noch ein richtiges Wildwasser bildete. Sie nimmt in ihrem Oberlauf alle Niederschläge des Wiener Walds zwischen Hochstöckl und Heuberg auf, um sie der Donau zuzuführen. Früher geschah es sehr häufig, daß die Wien, die eben noch als leichtes Bächlein nur einen geringen Teil ihres tief eingeschnittenen Betts zwischen dem 5. und 6. Bezirk ausfüllte, nach starken Regengüssen in kaum einer halben Stunde so stark anschwellte, daß sie zu einem brausenden Strom wurde, der bei der geringsten Stauung durch die vom Gebirge niedergeführten Schwimmstücke ausuferte und schweren Schaden verursachte.

Die Benachbarung der Bahn zwang, das wilde Wasser zu sämftigen, und es wurde daher notwendig, die Regelung des Wienflusses gleichzeitig mit der Erbauung der Stadtbahn durchzuführen. Das ist denn auch in großzügiger Weise geschehen. Oberhalb Hütteldorf—Hacking wurden sehr große Staubecken angelegt, die imstande sind, plötzlich niedergehende Wassermassen aufzunehmen und auf diese Art ein allzu hohes Anschwellen des Wienflusses zu verhindern. Das angestaute Wasser wird aus den Becken allmählich abgelassen, so daß es in ruhigem Strom der Donau zuläuft. Der stürmische Charakter der Wien wurde auf diese Weise sehr geschickt gebannt, sie ist jetzt ein ganz ungefährliches Gerinne, das sogar zu einem Teil, nämlich am Sechshauser Gürtel sowie auf der Strecke von der alten Leopoldsbrücke bis zur Haltestelle Stadtpark, durch Überwölbung völlig unterirdisch geführt wird. Dem Betrieb auf der nebenan in gleicher Tiefe angelegten Stadtbahn kann das Flüsschen in diesem gebändigten Zustand keine Gefahr mehr bringen.







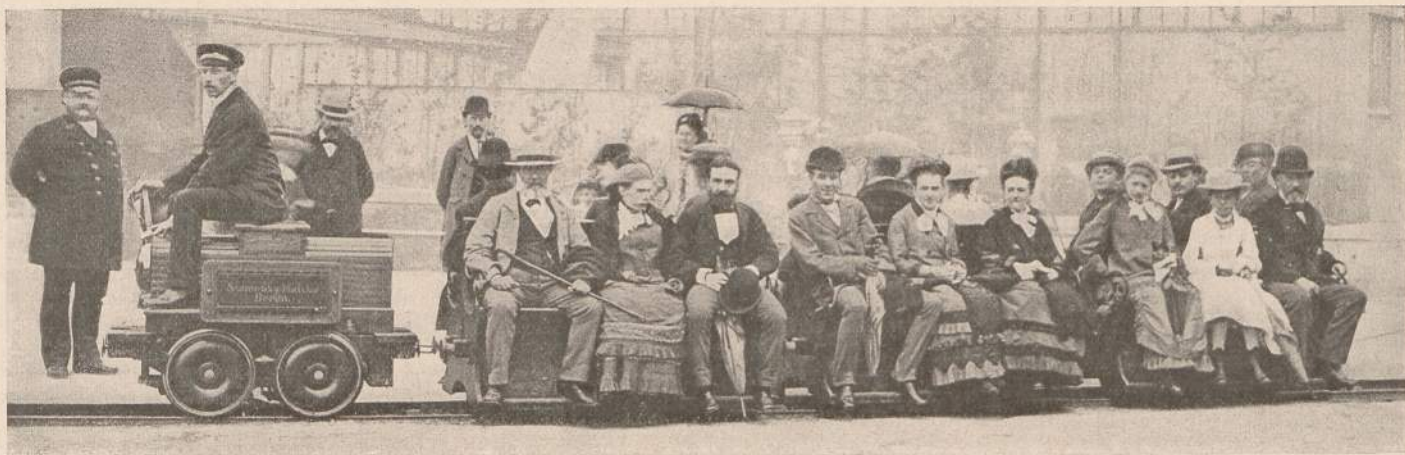
## 14. Die Straßenbahn

---









675. Die älteste elektrische Eisenbahn

Erbaut von Werner Siemens für die Gewerbe-Ausstellung in Berlin 1879

**E**s fährt sich so gemütlich auf der Pferdebahn.  
Das eine Pferd, das zieht nicht; das andre, das  
ist lahm!

So lauten die Anfangszeilen eines Gassenhauers, der vor Jahrzehnten in Berlin viel gesungen wurde. Ebenso falsch wie der Reim ist die darin ausgedrückte Anschauung. Die Verse tun der lieben alten Pferdebahn bitter unrecht. Von der Höhe der letzten technischen Errungenschaften hinabschauend, pflegen die Heutigen noch verächtlicher über das nun tatsächlich veraltete Verkehrsmittel zu denken als die einstigen Benutzer. Und doch ist es unleugbar, daß die Pferdebahn dem vorigen Geschlecht sehr nützlich gewesen ist.

Wenn man weiß, daß auf dem Berliner Netz im Jahre 1882 130 Millionen Personen-Kilometer gefahren, 65 Millionen Personen durch Doppelgespanne befördert worden sind, in denen angeblich ein Pferd nicht ziehen wollte, während das andere lahm war, so muß man die Richtigkeit einer solchen Feststellung stark bezweifeln. Die Zugtiere der Pferdebahn haben durchaus ihre Schuldigkeit getan. Vor den Wagen, deren Räder so leicht auf der Glätte der Schienen rollten, leisteten sie unvergleichlich viel mehr als vor jedem anderen Fahrzeug, das gezwungen war, mühsam über die Unebenheiten des Pflasters zu rumpeln.

Die erste Pferdebahnlinie wurde um 1850 in New York erbaut, unter den europäischen Städten erhielt 1854 Paris die erste Gleisbahn in den Straßen.

Die Pferdebahn hatte keinen so weiten Wirkungsbereich wie die elektrisch bedienten Strecken, ihre Fahrgeschwindigkeit war beschränkt, die Aufnahmefähigkeit der einzelnen Fahrzeuge gering. Dennoch gestattete ein großes Netz wie das Berliner, daß die deutsche Hauptstadt in den drei ersten Jahrzehnten nach der Reichsgründung sich von mittlerer Größe zur Weltstadt weitete. Man vermochte damals zwar nicht

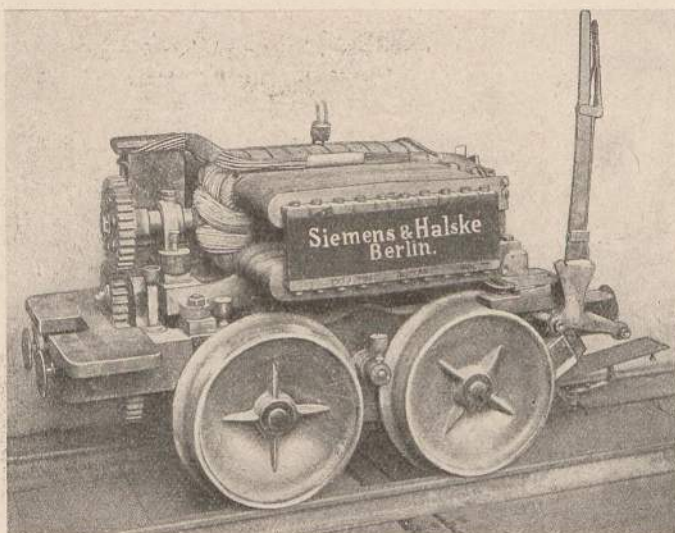
von Tegel nach Britz, von Hohenschönhausen bis nach Lichterfelde zu fahren, aber die Entfernungen Gesundbrunnen—Kreuzberg oder Schlesischer Bahnhof—Moabit, die doch auch recht ansehnlich sind, konnten schon zu jener Zeit in einem Wagen zurückgelegt werden. Das Bessere, die elektrische Straßenbahn, ist an die Stelle von etwas durchaus Gutem getreten.

Bei dem Wort Bahn stellen wir uns heute stets Schienengeleise vor, auf denen motorisch angetriebene Fahrzeuge laufen. Daß diese Anschauung nicht richtig ist, haben wir schon im Anfang des Abschnitts 12 erfahren, in dem die Vorgeschichte der Eisenbahn dargestellt wurde. Eine Bahn ist immer da vorhanden, wo den Rädern ein aufs feinste geglätteter Weg zur Verfügung gestellt wird. Das Mittel, durch das die Fahrzeuge bewegt werden, ist erst in zweiter Linie wichtig. Der Übergang vom Omnibus, der auf dem elenden Pflaster früherer Jahrzehnte rollen mußte, zu den Wagen der Pferdebahnen, die auf Schienen liefen, hatte seinerzeit kaum geringere Bedeutung als die spätere Wandlung vom Tierzug zum elektromotorischen Antrieb. Dieser hat sich dann freilich die Stadtstraßen mit einer Geschwindigkeit und unwiderstehlichen Durchdringungskraft erobert, die in der Geschichte der Technik nahezu beispiellos ist.

Im Anfang des Jahrhunderts pflegten die Kinder, die in einem kleinen oder mittleren Ort aufwuchsen, bei einem Be-

such in der Großstadt auszurufen: „Ach, sieh mal Mutti, da läuft eine Pferdebahn ohne Pferde!“ Wenn Kinder von heute in ein kleines Landörtchen verschlagen werden, das wegen seiner weiten Entfernung vom Bahnhof eine Gleisverbindung mit diesem wichtigen Punkt besitzt, aber doch nur ganz geringe Verkehrskraft hat, dann sagen sie erstaunt: „Ach, wie komisch, hier wird die Elektrische von Pferden gezogen!“

Denn eine sehr gründliche Wandlung ist inzwischen vor sich gegangen. Das einst Selbstverständliche ist heute zur Ausnahme geworden,



676. Lokomotive für die älteste elektrische Eisenbahn

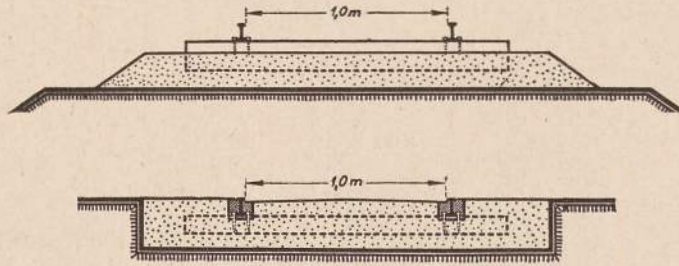
Die Achse des Motorankers liegt parallel zum Gleis



die Ausnahme zur Regel. Wo irgend größere Menschenmassen alltäglich über weitere Strecken zu befördern sind, fährt heute eine elektrische Straßenbahn. Ihre Pferdestärken sind stets bereit zu ziehen, niemals werden sie lahm. Es fällt auch niemandem ein, diesem Beförderungsmittel das wenig rühmliche Beiwort „gemütlich“ anzuheften. Wohlgefügte Wagen mit großem Fassungsraum und breiten Fenstern rollen nun über die Schienen. In raschem Anzug und mit hoher Fahrgeschwindigkeit eilen sie in kurzer Folge dahin, gelenkt von einem Mann, der nicht mehr Hott! und Hü! ruft, sondern mit stiller Sicherheit die Fahrkurbel bewegt. Bis auf wenige Reste, die einem Altertums-museum entstiegen scheinen, ist die Pferdebahn vollständig verdrängt worden. Denn die Vorzüge der elektrischen Förderung sind gerade in diesem Bezirk überwältigend.

Die Tagesleistung eines Pferdes beträgt 20 bis 21 Kilometer, die Höchstgeschwindigkeit 10 Kilometer in der Stunde. Wenn ein Gespann dreiviertel Stunden lang vor einem Wagen gelaufen war, mußte es ausgeschirrt werden und längere Zeit ruhen. Da der Pferdewechsel inmitten der Strecke allermeist als eine unzulässige Verzögerung aufgefaßt wurde, so waren die Längen der Pferdebahnlinsen begrenzt. In Berlin nahmen die meisten von ihnen im Stadttinnern ihren Anfang, sie stellten also Halbmesserslinien dar, die betrieblich ungünstig sind, weil sie sehr vielen Fahrgästen den unangenehmen Umsteigezwang auferlegen. Die Zahl der Gespanne mußte sehr viel größer sein als die Zahl der Fahrzeuge. Hierdurch insbesondere und durch die umfangreichen Stalleinrichtungen in den verschiedenen Stadtteilen stellten sich die Betriebskosten verhältnismäßig sehr hoch. Die Geschwindigkeit, die zwar gegenüber dem Omnibus recht ansehnlich war, konnte im Durchschnitt doch nicht über den langsamen Trabschritt hinaus gesteigert werden.

Der Elektromotor wird niemals müde. Sein Wirkungsbereich geht so weit, wie die vom Kraftwerk herkommenden Drahtleitungen reichen. Die Geschwindigkeit der von elektrischen Maschinen getriebenen Wagen kann praktisch zu beliebiger Höhe gesteigert werden. Der Elektromotor bietet weiter den für die Straßenbahnen mit ihren vielen Haltestellen sehr wichtigen Vorteil des schnellen Anfahrens und ermög-



677. Gleis der ältesten elektrischen Straßenbahnlinie in Lichterfelde bei Berlin. Erbaut von Werner Siemens 1881. Oben: Querschnitt durch den Bahnkörper der freien Strecke; unten: Querschnitt an einer Straßenkreuzung. Die Fahrschienen dienten zur Hin- und Rückleitung des Stroms

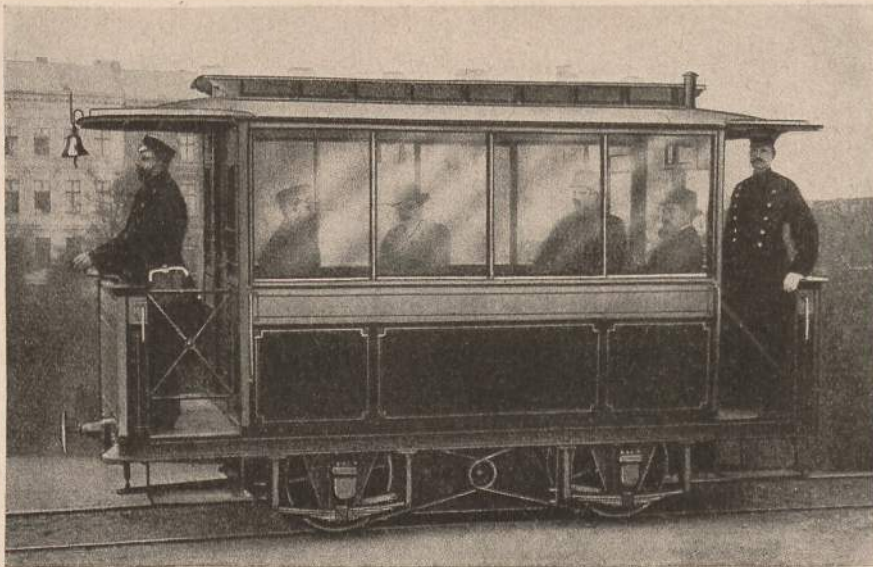
gen Zug des Brustgeschirrs bewirkt.

Geringe Steigungen verlangsamten den Lauf des Pferdewagens schon sehr bedeutend. Städte mit hügeligen und dazu noch scharf gekrümmten Straßen waren daher vom Bahnbetrieb ausgeschlossen. Der Elektromotor aber ist ein ausgezeichnete Kletterer.

Ein glatt sich abwickelnder Betrieb konnte bei den Pferdebahnen nur da unterhalten werden, wo nicht mehr als zwei Tiere vor dem Wagen liefen. Man war daher auf verhältnismäßig kleine, leichte Wagen als grundsätzliche Einheit angewiesen. Jeder weiß, welch geräumige, prächtig eingerichtete Fahrzeuge der Elektromotor zu ziehen vermag; die Gewichtsvermehrung, welche die so außerordentliche Verbesserung der Ausstattung mit sich bringt, spielt bei seiner Zugstärke keine Rolle. Durch die Möglichkeit, einen oder mehrere Beiwagen an das Triebfahrzeug zu hängen, entsteht eine treffliche Anpassung an einen Verkehr von wechselnder Stärke.

Die Straßen wurden dadurch, daß Hunderte von Pferden darüber liefen, in recht lästiger Weise verunreinigt. Die elektrische Bahn hat eine solche Wirkung in keiner Weise, so daß die Reinigungskosten für die Straßen bei ihrer Benutzung nicht unbeträchtlich geringer sind. Am wichtigsten aber ist die Tatsache, daß mit den gleichen Betriebskosten sehr viel größere Massen befördert werden können.

Bevor der Elektromotor in brauchbarer Form zur Verfügung stand, hatte man vielfach versucht, den Pferdewagen durch motorische Antriebe anderer Art zu ersetzen. Dampfstraßenbahnen sind an zahlreichen Orten gefahren, unter anderen auch in Berlin auf mehreren Strecken. Es zeigte sich jedoch, daß die Dampfmaschine einen durchschlagenden Erfolg in diesem Bereich nicht erringen konnte, weil ihre Einrichtung zu verwickelt ist. Die Erzeugung der Antriebskraft auf den



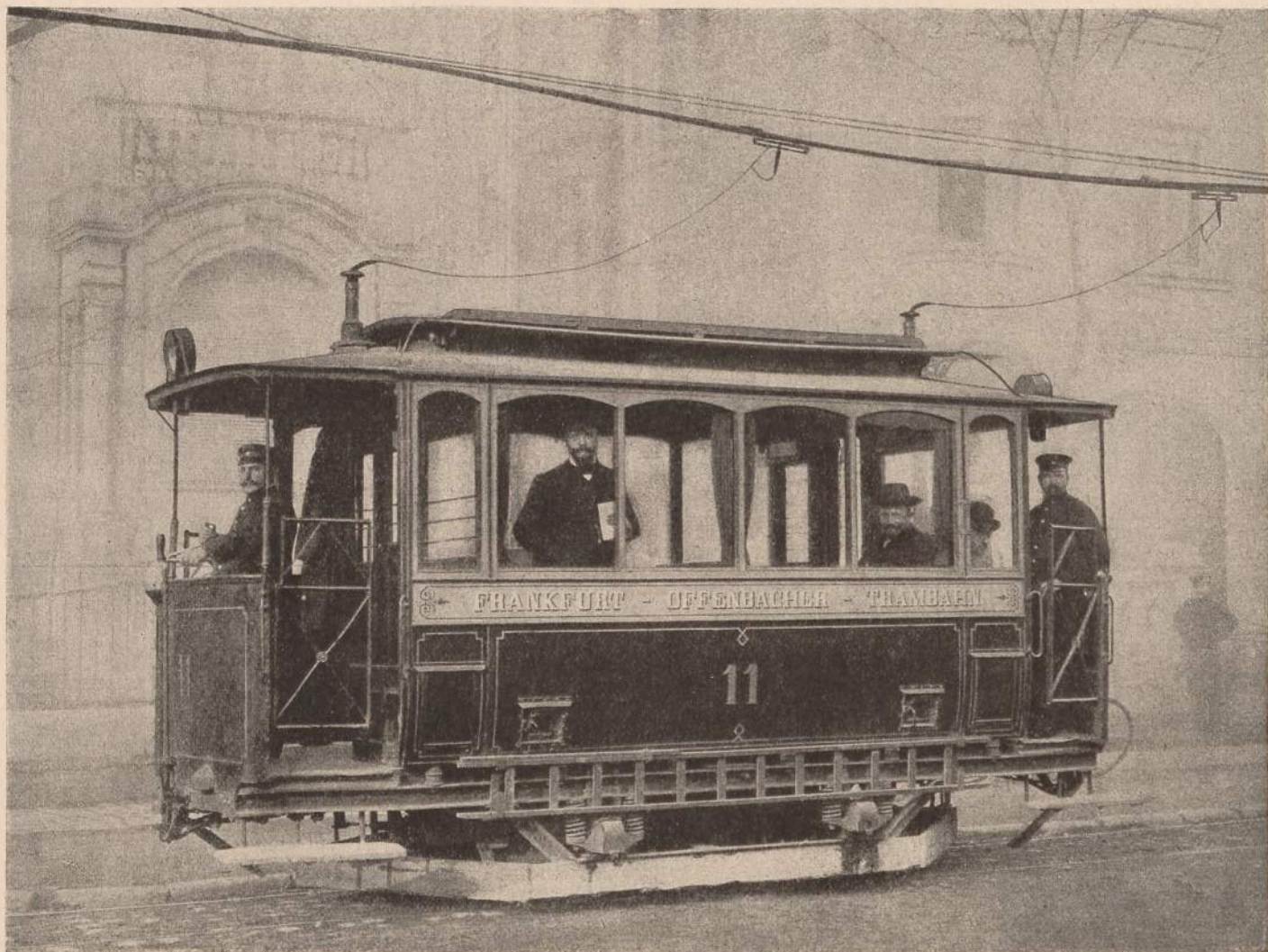
678. Wagen der ältesten elektrischen Straßenbahnlinie in Lichterfelde bei Berlin. Der Motor liegt in der Wagenmitte und treibt mittels zweier Schnüre die beiden Laufachsen an



Wagen selbst durch eine Kesselanlage, die beaufsichtigt und versehen werden mußte, stellte zu hohe Anforderungen an die Bedienung. Auch Betrieb mit Druckluftmaschinen ist an einzelnen Stellen eingerichtet worden. Hierbei führen die Wagen Behälter mit Preßluft bei sich, die gleich dem Dampf auf Zylinder mit Kolben arbeitet. (Siehe die Preßluft-Lokomotive auf Bild 397, Seite 227.) Einzelne Strecken in Paris werden noch jetzt derart betrieben.

In Amerika hat es vor dem elektrischen Zeitalter eine nicht geringe Anzahl von Bahnen gegeben, die, ebenso wie heute noch die Schnellbahn in Glasgow (Seite 356), durch

Krümmung vorhanden war, mußten die Laue auf Leitrollen gelegt werden, die wiederum die Durchführung des am Wagen befestigten Greifers erschwerten. Dort wo zwei Strecken einander kreuzten, war der Einbau sehr verwickelter Einrichtungen notwendig, und trotzdem konnte es nicht vermieden werden, daß immer die Wagen Einer Strecke antriebslos über die Kreuzungsstelle hinweggleiten mußten. Da dasselbe Seil alle Wagen bewegte, so waren diese gezwungen, sämtlich mit gleicher Geschwindigkeit dahinzufahren. Es ist begreiflich, daß man gerade in den Städten, die solche Seil- oder Kabelbahnen besaßen, den einfachen elektrischen Antrieb mit besonderer Freude, als einen Erlöser, begrüßte.



679. Straßenbahn mit Schlitzrohr-Überleitung

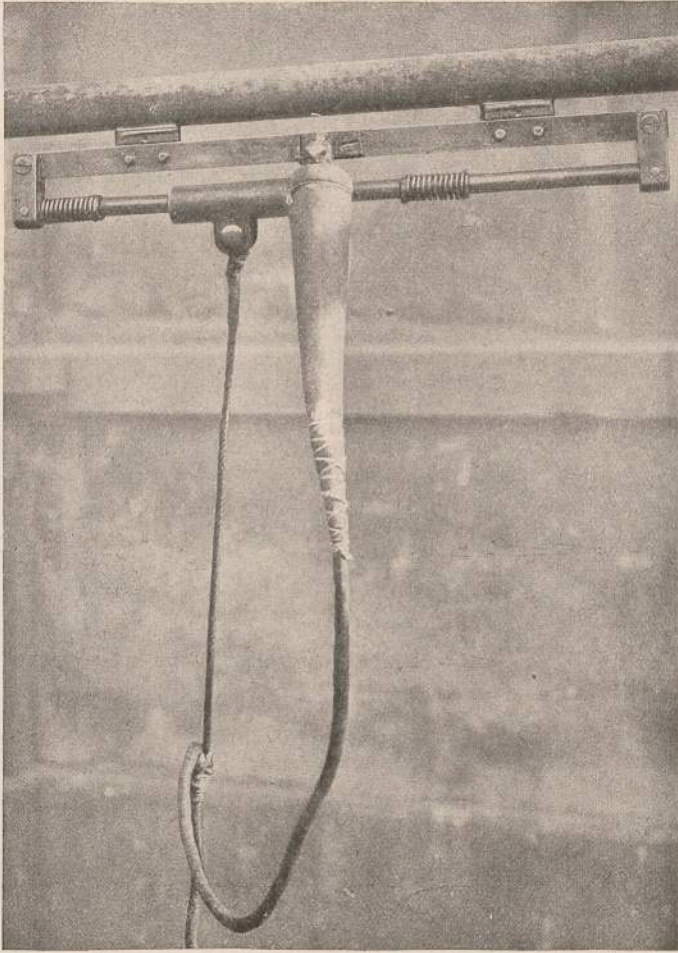
Erbaut 1881. Der Wagen zieht zwei in Bronzeröhren gleitende Kupferstücke nach sich

Seilzug betrieben wurden. Man ließ also sämtliche Fahrzeuge einer Strecke durch ein durchlaufendes, ständig bewegtes und in sich zurücklaufendes Lau oder Kabel aus Hanf ziehen. Die erste Anlage dieser Art wurde 1873 in San Francisco geschaffen, wo die steilen Straßen den Pferdebetrieb nicht erlaubten. In Chicago und auch in New York hat es gleichfalls Kabelbahnen gegeben. Die Nachteile liegen klar zutage.

Schon die Unterbringung des Seils in einem Kanal unterhalb des Straßenpflasters, der einen offenen Schlitz haben mußte, machte Schwierigkeiten, da durch diesen Schlitz unausgesetzt Schmutz hinabfiel. Überall wo eine

Auch die elektrischen Straßenbahnen haben, in geringerem Grad zwar als die auf eigenem Bahnkörper und mit weitem Haltestellen-Abstand dahinfahrenden Schnellbahnen, die Form der Weltstädte beeinflusst. Mit ihrem Entstehen begann überall die City-Bildung (Seite 330), die den Großstädtern ein gesundes Wohnen in fernerliegenden Außenbezirken gestattet. Noch heute wirken die Straßenbahnen in dieser günstigen Weise, da ihre geringere Geschwindigkeit durch die größere Linienzahl ausgeglichen wird. Die Anlagekosten für eine Straßenbahn sind ja sehr beträchtlich geringer als die Summe, die für den Bau einer Schnellbahn aufgewendet werden muß, da die Herrichtung





680. Stromabnehmer für die Schlitzeisen-Überleitung

In der Dse ist ein Drahtseil befestigt, das den vom Wagen ausgeübten Zug auf das Gleitstück im Schlitzrohr überträgt. Daneben der Leitungsanschluß, der vom mechanischen Zug entlastet ist

eines eigenen Bahnkörpers zum weitaus größten Teil fortfällt. Die Benutzung der auch den anderen Fahrzeugen offen stehenden Verkehrswege zwingt allerdings ein vorsichtigeres Fahren auf, und die Reisegeschwindigkeit wird weiter dadurch hinabgesetzt, daß die Straßenbahn sehr oft halten muß. Denn es ist ihre ausdrückliche Aufgabe, die Fahrgäste möglichst dicht an die Stadtstelle heranzubringen, die sie erreichen wollen.

\*

Die erste elektrische Straßenbahn entstand im Bannkreis von Berlin, in unmittelbarer Nähe jenes Orts also, der die Geburtsstätte der Dynamo-Maschine und damit auch ihrer Umkehrung, des Elektromotors, ist. Im Jahre 1879 fand in Berlin eine Gewerbe-Ausstellung statt. Werner Siemens zeigte auf deren Gelände zum erstenmal das Zusammenarbeiten einer stromerzeugenden Maschine, also einer Dynamo, mit einer durch eingeführten Strom angetriebenen Maschine, also einem Elektromotor.

Es war ein in sich geschlossenes ellipsenförmiges Gleis von 600 Metern Länge ausgelegt. Darauf verkehrte ein Zug, der aus drei offenen Wagen bestand; auf jedem von ihnen fanden sechs Personen Platz. Zum Antrieb wurde eine kleine elektrische Lokomotive von 3 Pferdestärken benutzt, die nur aus dem Fahrgestell und dem darauf liegenden Elektromotor bestand. Auf dessen Rücken saß der Fahrer, der die Fahrgeschwindigkeit durch einen Handhebel regelte.

Der Lokomotive wurde der Strom durch ein Flacheisen zugeführt, das isoliert und etwas erhöht zwischen den Fahr-schienen lag. Diese selbst dienten schon damals als Rückleitung. Der Zug fuhr mit einer Stundengeschwindigkeit von 7 Kilometern.

In der Zeit vom 31. Mai bis zum 30. September 1879 wurden auf der Bahn 86 398 Fahrgäste befördert. Der Betrieb vollzog sich so glatt, daß die gleiche Anlage später auch auf anderen Ausstellungen, so in Düsseldorf, Breslau und Frankfurt am Main, zum größten Vergnügen der Besucher gezeigt wurde. Man betrachtete die Bahn-Einrichtung jedoch nur als Spielerei; die Wichtigkeit dieses ersten Versuchs wurde nicht erkannt. Selbst eine Zeitschrift mit dem Titel „Der Techniker“ schrieb im Jahre 1880 am Schluß ihrer Schilderung der Siemens-Bahn: „Als ausgeführtes Beispiel der Umwandlung von mechanischer Kraft in elektrische und zurück in mechanische Kraft war die elektrische Eisenbahn interessant, wenn wir auch sonst vorderhand keinen weittragenden Nutzen sehen.“

Werner Siemens selbst jedoch dachte mit seinem weit vorausschauenden Geist ganz anders über die Zukunft dieser seiner Schöpfung. Er wollte sie sofort in großartigen Anlagen ausnützen und machte im Jahre 1880 den Vorschlag zur Anlegung von Hochbahnlinien durch die Berliner Friedrichstraße und Leipziger Straße, der im vorigen Abschnitt bereits geschildert worden ist (Seite 357). Als dieser Plan gescheitert war, begnügte sich der große Erfinder damit, statt einer Schnellbahn eine Straßenbahn in gleicher Höhe mit den öffentlichen Verkehrswegen einzurichten.

Am 12. Mai 1881 wurde die Strecke eröffnet. Sie führte von der Hauptkadettenanstalt in Lichterfelde bei Berlin nach dem Bahnhof der Anhaltischen Bahn in diesem Ort. Auch diesmal fehlte es nicht an Spötteleien. Eine Zeitschrift meinte, der einzige Zweck dieser merkwürdigen Bahnanlage sei, die künftigen preußischen Feldmarschälle durch den märkischen Sand zu fahren. Daß sie die Urzelle einer unabsehbaren Entwicklung sein würde, vermutete der überlegen denkende Verfasser nicht.

Die eingeleisige Linie war auf eigenem Bahnkörper geführt, so daß die Schienen frei über dem Boden liegen konnten; sie hatten die bei der Eisenbahn übliche Form. Die eine Schiene diente zur Hin-, die andere zur Rückleitung des Stroms. Obgleich die Spannung 110 Volt betrug, genügte doch die Isolierung durch die hölzernen Querschwellen, auf denen das Gleis verlegt war.

An einzelnen Stellen mußte die Strecke jedoch quer über Straßen hinweg. Hier war das Gleis versenkt geführt, aber es zeigte sich sofort die Unvollkommenheit der doppel-poligen Schienen-Stromleitung. Ein Mitarbeiter Werner Siemens', Hermann Meyer, berichtet, wie so mancher Gaul elektrifiziert wurde, der es zufällig fertig brachte, beim Überschreiten der Strecke beide Schienen gleichzeitig zu berühren. „Einer von den dort verkehrenden Fuhrwerksbesitzern, der scheinbar ein besonders empfindliches Pferd hatte, verlangte Schadenersatz, weil der Gaul nach einem von den Schienen erhaltenen Schlage nicht mehr zu bewegen war, über das Schienengleis zu gehen, weshalb er gezwungen sei, dem Vieh jedesmal vor dem Überschreiten die Augen zu verbinden.“ Später wurden die Schienen an den Straßenübergängen von der Stromzuführung abgetrennt. Der Wagen fuhr dann stromlos über diese Stelle.

Der Motor war schon damals unter dem Wagenkasten aufgehängt. Seine Drehung wurde durch Spiralschnüre auf



beide Radachsen übertragen; das war eine Antriebsart, die höchst unvollkommen arbeitete. Damit die Achsen keinen Kurzschluß zwischen den verschiedenpoligen Stromführenden Schienen bewirkten, waren die Radkränze auf hölzerne Scheiben aufgezogen. Zu Stromabnehmern wurden die isolierten Radkränze dadurch, daß auf jedem von ihnen eine kupferne Feder schleifte.

Die Linie hatte nur eine sehr geringe Verkehrsbedeutung. An den Wochentagen wurde sie wenig benutzt, aber am Sonntag strömten die Berliner in großer Zahl nach Lichterfelde, um auch einmal eine Fahrt auf diesem abenteuerlichen Verkehrsmittel, in diesem „Wagen ohne Pferde“, zu machen.

Siemens war sich selbst darüber klar, daß die Lichterfelder Bahn kein allgemein gültiges Vorbild sein konnte. Wenn der Elektromotor sich die Pferdebahnlinien erobern sollte, so mußte die Stromzuführung eine Form erhalten, die für die Verlegung auf öffentlicher Straße brauchbar war. In Lichterfelde konnte er den beiden Fahrseilen eine Spannung gegeneinander geben, weil der Bahnkörper fast auf seiner ganzen Erstreckung vom übrigen Verkehr abgetrennt war. Bei Verlegung von Schienen in den Straßen mußte eine räumliche Trennung von Hin- und Rückleitung in einer Weise vorgenommen werden, die das gleichzeitige Berühren beider Schienen und damit die Gefahr elektrischer Schläge für Menschen und Tiere, die das Gleis kreuzten, ausschloß. Hinzu kam, daß die Einbettung des Gleises in das Straßenpflaster, die ja wegen des querenden Verkehrs auf allen öffentlichen Straßen notwendig ist, eine genügende Isolierung der beiden Schienen gegeneinander unmöglich machte. Es blieb nichts anderes übrig, als die eine Leitung in bedeutender Höhe durch die Luft zu führen, während die Rückführung des Stroms den Schienen nach wie vor überlassen werden konnte.

Solch eine Bahn mit Oberleitung sah man zum erstenmal auf der Weltausstellung in Paris im Jahre 1881. Aber wie anders war die Einrichtung gestaltet, als wir es heute gewöhnt sind! Als Oberleitung war ein starres Bronzerohr ausgelegt, das unten durch einen Schlitz gespalten war. Darin schleiften zwei Kupferstücke, die vom Wagen an biegsamen Kabeln nachgezogen wurden. In gleicher Art wurde die Bahn Frankfurt am

Main—Offenbach ausgerüstet. Die Luftweichen, die an solchen Stellen eingebaut werden mußten, wo der sonst eingeleisige Strecke ein zweites Gleis für Begegnungen von Wagen verschiedener Fahrtrichtung angefügt war, mußten als schwergewichtige Werkstücke ausgebildet werden und waren Ursache von häufigen Störungen, da die Schleifstücke in den Bronzeröhren nicht leicht über den Weichenwinkel zu bringen waren.

1882 wurde die erste elektrische Straßenbahn in Groß-Berlin eröffnet. Sie führte vom Herzen Charlottenburgs zu dem Ausflugsort Spandauer Berg. Eine Pferdebahn hatte hier nicht erbaut werden können, da das Gelände ziemlich steil ansteigt. Die Leitungsanordnung war wiederum geändert. Zur Seite der eingeleisigen Strecke waren an Telegraphenstangen zwei blanke Kupferleitungen ausgelegt. Die eine von ihnen diente zur Hin-, die andere zur Rückleitung; die Fahrseilen wurden nicht vom Strom durchflossen. Auf den beiden Oberleitungsdrähten lief ein achtradriger Kontaktwagen, der wiederum an biegsamem Kabel nachgezogen wurde. Es ist begreiflich, daß auf dieser Anlage nicht mit hoher Geschwindigkeit gefahren werden konnte, da der leichte Kontaktwagen stets eine starke Neigung zeigte, aus seinem luftigen Gleis zu springen.

Das Jahr 1883 sah eine Bahn mit ähnlicher Ausrüstung im Wiener Prater. Als zu gleicher Zeit eine Verbindung zwischen Mödling bei Wien und Vorderbrühl hergestellt wurde, kehrte man wieder zum Schlitze zurück. Es wurde hier sogar eine doppelte Oberleitung dieser Art verlegt.

Irgendeine weitertragende Bedeutung haben alle diese Strecken nicht zu erringen vermocht. Mit Schaudern sahen die Zeitgenossen, welche Verschandelung der Verkehrswege offensichtlich mit der Einrichtung des elektrischen Betriebs auf den Straßenbahnen verbunden war. Die Pferdebahn schien demgegenüber ein unübertreffliches Verkehrsmittel zu sein, da es auf ihren Strecken nicht nötig war, so flobige Einrichtungen wie Schlitzrohre oder Geleise für Kontaktwagen in die Luft hineinzubauen. Man wendete sich vom elektrischen Betrieb, der zuerst vielversprechend geschienen hatte, wieder ab. Keine Stadtverwaltung konnte sich dazu entschließen, ihre Straßen durch so abscheuliche, jeder Anpassung unfähige Stromleitungen verunstalten zu lassen. Da die Technik damals weder für den Einbau von unterirdischen Stromzuführungen, noch für die Ausrüstung der Wagen mit Akkumulatoren reif war, so geriet der elektrische Ausbau der Pferdebahnstrecken in Europa vollkommen ins Stocken; er ist hier erst beinahe ein Jahrzehnt später wieder aufgenommen worden.

Der nächste Schritt zur Vervollkommenung geschah nicht in dem Ursprungsland der elektrischen Bahn, nicht einmal



681. Die erste elektrische Straßenbahn in Groß-Berlin

Der Stromabnehmer war ein achtradriger Kontaktwagen, der auf zwei Oberleitungsdrähten lief. Diese bildeten die Hin- und Rückleitung. Erbaut 1882



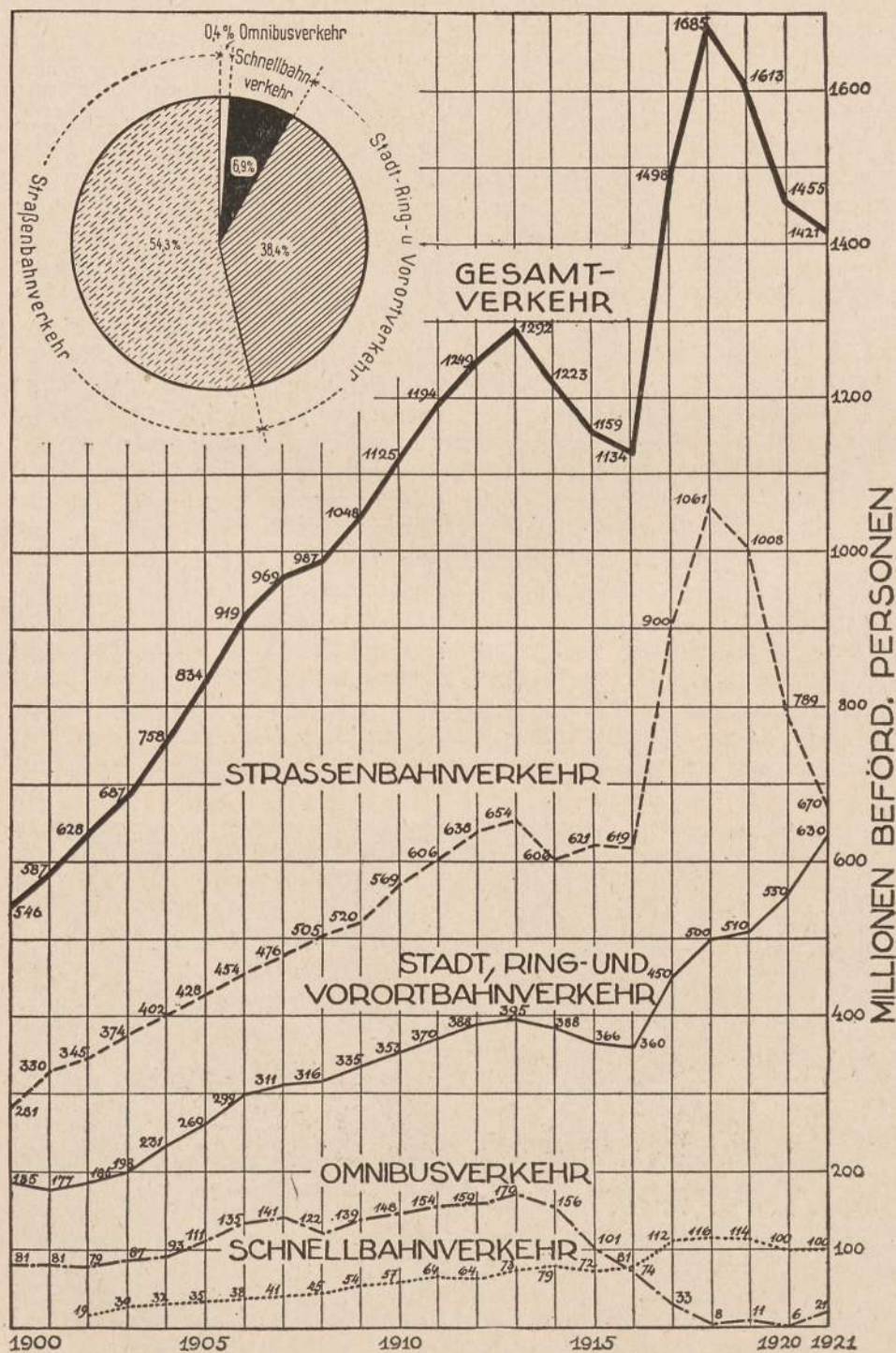
in dem Erdteil, dessen Boden die ersten Anlagen dieser Art gesehen hatte. Die Entwicklung sprang nach Amerika hinüber. Dort war das Bedürfnis nach rasch fahrenden Straßenbahnen durch die weite Ausbreitung der großen Städte und die schlechte Pflasterung der Straßen in diesen besonders lebhaft. Daß die Kabelbahnen eine Entwicklung im großen nicht zuließen, hatte man bereits eingesehen. Durch Geschmackbedenken weniger behindert, rüstete man dort eine größere Anzahl von Strecken mit den eben geschilderten häßlichen Oberleitungen aus. Im Jahre 1885 wurde die erste elektrische Bahn in Amerika, die Strecke Baltimore—Windsor, eröffnet. 1891 gab es drüben bereits 6500 Kilometer Straßenbahngleis, auf dem elektrisch angetriebene Wagen

fuhren; im Jahre 1896 hatten die Linien eine Gesamtlänge von 20 000 Kilometern.

Diese gewaltige Verbreitung des neuen Verkehrsmittels war jedoch nur dadurch möglich geworden, daß der Amerikaner Sprague den noch heute üblichen Stromabnehmer erfunden hatte. Von ihm stammt der Gedanke, auf dem Wagendach eine eiserne, oben mit einem Rädchen versehene Stange anzubringen, die durch Federkraft von unten her gegen die Leitung gepreßt wird. Die Schienen wurden endgültig überall als zweiter Leitungszweig benutzt. Diese Erfindung Spragues, an sich rein äußerlicher Natur, hat der elektrischen Bahn erst die Flügel gegeben, die sie rasch über den ganzen Erdball trugen. Nun konnte die Oberleitung eine bescheidene Form erhalten, die ihr das Eindringen in alle größeren Städte der Erde ermöglichte.

Von jenseits des Weltmeers wanderte die elektrische Straßenbahn alsdann nach Europa zurück. Die Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft erbaute im Jahre 1891 die für Deutschland erste elektrische Bahn mit dem Spragueschen Stromabnehmer in Halle, einer Stadt, die bis dahin keine Straßenbahn besessen hatte, weil ihre stark ansteigenden, schmalen und krummen Straßen dem Pferdebetrieb ungünstig gewesen waren. Eine Ausbreitung des neuen Verkehrsmittels über ganz Deutschland und alle andern Länder schloß sich unmittelbar an. Welch überragender Anteil am Verkehr seit dem Beginn des Jahrhunderts z. B. in Berlin der Straßenbahn zugefallen ist, zeigt Bild 682.

Die heutigen Straßenbahnen werden in so überwiegendem Maß mit einpoliger Oberleitung und dem Spragueschen Stromabnehmer betrieben, daß man beinahe von einer Alleinherrschaft dieser Anordnung sprechen kann. Sie hat alle anderen aus dem Feld geschlagen. Hier und da findet man wohl noch eine unterirdische Leitung eingebaut, in einzelnen Städten mögen noch selbständige Akkumulatoren-Wagen fahren, doch sind diese Einrichtungen ohne allgemeine Bedeutung. Wir haben uns darum jetzt ausführlich mit der Oberleitung heutiger Art zu beschäftigen und vor allem zu betrachten, wie Stromerzeugungsstelle, Verteilungsleitungen und Stromverbraucher, also die Wagenmotoren, beim Betrieb eines Straßenbahnnetzes zusammenarbeiten.

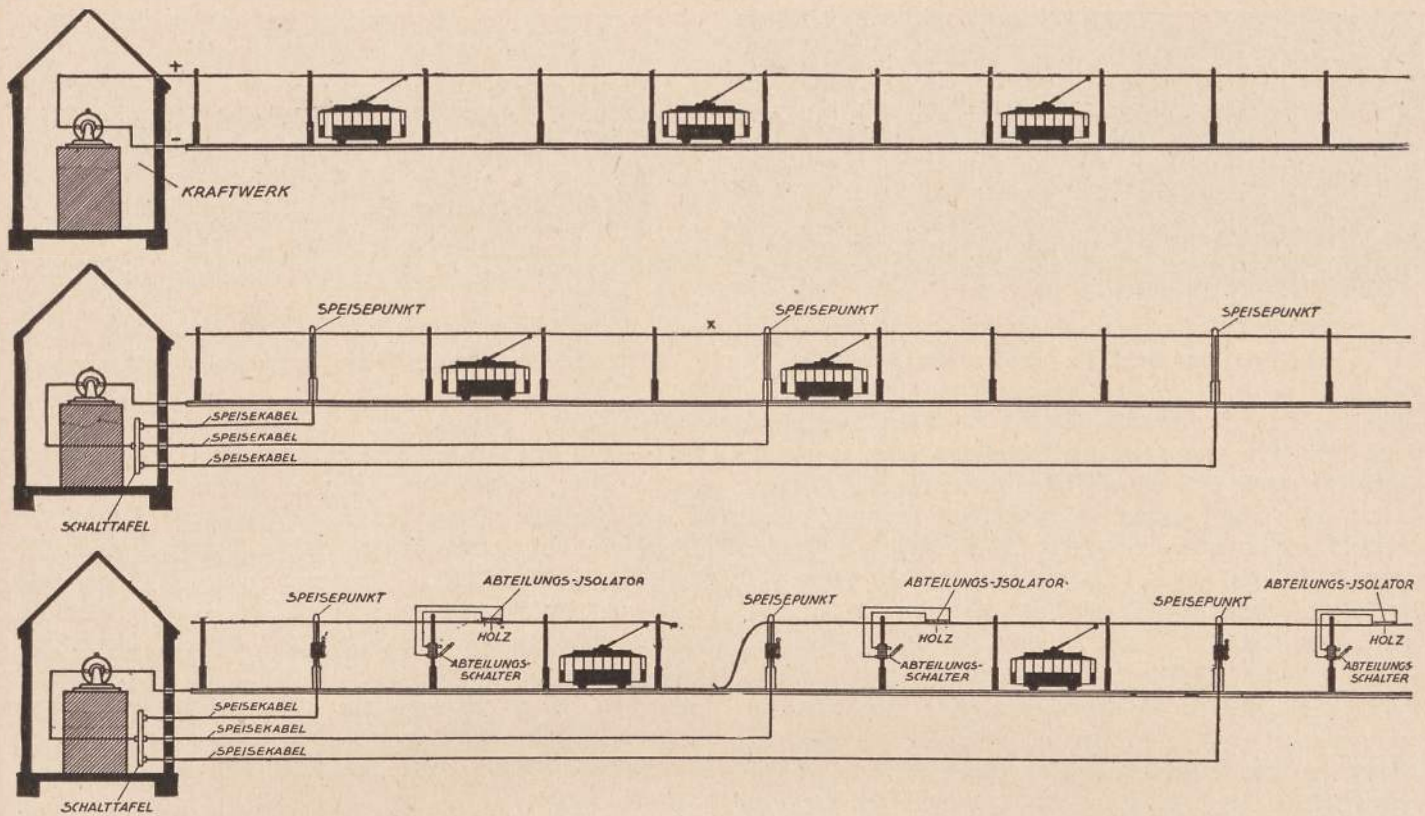


682. Verteilung des Berliner Verkehrs auf die verschiedenen Verkehrsmittel

Die Straßenbahn befördert im Durchschnitt mehr Personen als alle anderen Verkehrsmittel zusammen. Das kommt besonders deutlich in dem Kreisdiagramm links oben zum Ausdruck

Grundsätzlich ist die Stromlieferungsanlage für eine Straßenbahn so eingerichtet, wie Bild 683 in seinem oberen





683. Wie eine elektrische Straßenbahnlinie mit Strom versorgt wird

Schematische Darstellungen. Oben: einfachster Anschluß der Oberleitung und der Fahrseilen, die zur Stromrückleitung dienen, an das Kraftwerk. In der Mitte: Stromzuführung durch Speisekabel. Unten: die praktisch allein brauchbare Anordnung mit Speisekabeln und Abteilungschaltern. Die Abteilungschalter sind während des normalen Betriebs stets geöffnet, die Schalter in den Speisekabeln geschlossen

Teil zeigt. Im Kraftwerk steht die stromerzeugende Dynamo-Maschine. Ihr Anker wird durch einen Gasmotor, eine Dampfmaschine oder eine Wasserturbine gedreht. Der Dynamo kann elektrische Energie entnommen werden, wenn ihre beiden Pole in geeigneter Weise durch eine Leitung miteinander verbunden werden. Wir sehen nun den positiven Pol an die Oberleitung angeschlossen, den negativen mit den Fahrseilen verbunden. Dadurch entsteht noch kein Stromkreis, denn eine etwa sechs Meter dicke Luftschicht, die sich zwischen der Oberleitung und den Fahrseilen befindet, verhindert als mächtiger Isolator den Stromdurchgang. Der Kreis ist jedoch geschlossen, sobald auch nur ein fahrender Straßenbahnwagen sich auf der Strecke befindet. Denn nun fließt der Strom von dem positiven Pol der Dynamo durch die Oberleitung und den Stromabnehmer zu den im Wagen untergebrachten Leitungen, die sehr verwickelt angeordnet sind, den Strom aber bei eingeschaltetem Fahrswitcher unter allen Umständen über die Motoren zu den Radachsen und damit zu den Schienen hinführen. Diese leiten ihn zum negativen Pol der Maschine zurück.

Es sei hier darauf hingewiesen, daß es technisch unrichtig ist, wenn der allgemeine Sprachgebrauch den Luftdraht als Zuleitung, die Fahrseilen als Rückleitung bezeichnet. Die Fließrichtung des Stroms spielt keine hervorstechende Rolle. Die Schienen stellen einen Leitungsteil dar, der genau dieselbe Aufgabe und die gleiche Wichtigkeit besitzt wie die Oberleitung. Beide bilden Teile eines Kreises, von denen keiner dem anderen überlegen ist. Ein Schienenbruch legt den Bahnbetrieb in demselben Umfang lahm wie das Reißen eines Oberleitungsdrahts. Der Nichtfachmann übersieht gar zu leicht die leitungstechnische Wichtigkeit der Fahrseilen, weil diese äußerlich nur als tragende Bahnteile erscheinen.

Aber die abends zwischen den Rädern fahrender Wagen und den Schienen aufblitzenden Funken sollten doch leicht eines anderen belehren.

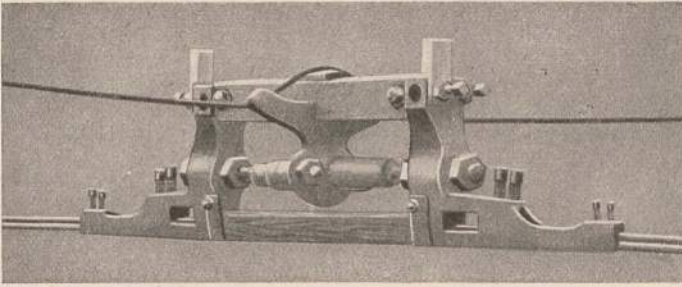
Die Auffassung der Schienen als eines stromführenden Teils darf allerdings nicht zu falschen Anschauungen und zu einer durch nichts begründeten Scheu vor den in die Straßenabdeckung gebetteten stählernen Bändern führen. Strom kann nur zwischen solchen Leitungsteilen fließen, zwischen denen ein Spannungs-Unterschied vorhanden ist, in unserem Fall also nur in einer Verbindung zwischen Oberleitung und Fahrseilen. Die Berührung des einen Leitungszweigs allein kann niemals eine Stromeinwirkung hervorrufen. Sehr plastisch und drastisch ist diese Tatsache in der folgenden kleinen Anekdote ausgedrückt, die wegen ihrer unübertrefflichen Verdeutlichung hier erzählt sein möge.

Ein Schutzmann ist im Begriff, eine alte Dame über den stark befahrenen Damm der Potsdamer Straße in Berlin hinüberzuführen. Die Dame trippelt sehr ängstlich und fragt zaghaft: „Ach, Herr Schutzmann, bekomme ich denn nicht einen Schlag, wenn ich da auf die Schienen raufste?“ „Nee, Madamchen“, antwortet der Führer, „wenn Se sich mit's andre Been an de Oberleitung kommen...!“

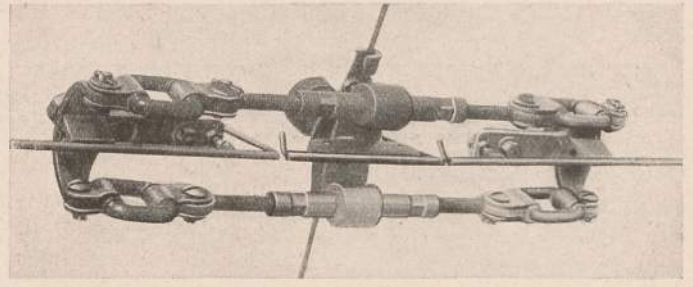
Wenn die Leitungsanordnung für Straßenbahnen tatsächlich in so einfacher Weise getroffen wäre, wie der obere Teil von Bild 683 angibt, dann würde der Betrieb häufig sehr schwere Unterbrechungen erleiden.

Stellen wir uns vor, daß die Oberleitung zwischen dem ersten und dem zweiten der gezeichneten Wagen (vom Kraftwerk aus gesehen) bräche. Was müßte die Folge sein? Sämtliche auf der Strecke befindlichen Wagen mit Ausnahme des ersten erhielten keinen Strom mehr und müßten





684. Abteilungs-Isolator in der Oberleitung mit hölzerner Brücke für die Stromabnehmer



685. Abteilungs-Isolator in der Oberleitung mit Drahtbrücke. An den Lücken Funkenlöcher in Hörnerform

stehen bleiben. Nun ist tatsächlich ein Bruch der Oberleitung heute sehr selten geworden, aber keineswegs kann man einen solchen Vorgang als ausgeschlossen betrachten. Auch wenn er nur zwei oder dreimal im Jahre sich ereignete, würde man nicht mehr von ausreichender Betriebssicherheit sprechen können, falls die Folgen sich wirklich über das ganze Netz der Stadt erstreckten. Damit das nun nicht der Fall ist, findet keine einfache, sondern eine vielfältig zusammenge-setzte Stromversorgung des Netzes statt.

In Wirklichkeit ist die Oberleitung nicht unmittelbar an den positiven Pol der Kraftwerk-Maschine herangeführt, sondern an eine Schalttafel. Von dieser geht ein Bündel isolierter Kabel aus, die längs der Strecken in der Erde verlegt oder auch in Bezirken, die keine besondere Rücksichtnahme erfordern, an den Leitungsmasten selbst entlang geführt sind. Diese Kabel werden in Abständen von etwa 500 Metern an den Fahrdrabt angeschlossen. Die Oberleitung wird nun also an vielen Stellen sozusagen mit Frischstrom versorgt, und eine einfache Unterbrechung des Fahrdrabts hat gar keine leitungstechnische Wirkung mehr.

Reißt der Draht zum Beispiel an der in Bild 683 mit X bezeichneten Stelle, dann wird auch der vom Kraftwerk abliegende Teil der Fahrdrabtsstrecke bis zum nächsten Speisepunkt nicht stromlos, sondern weiter von hinten herum versorgt, und auf die übrigen Teile der Strecke bleibt der Bruch ganz ohne Einfluß.

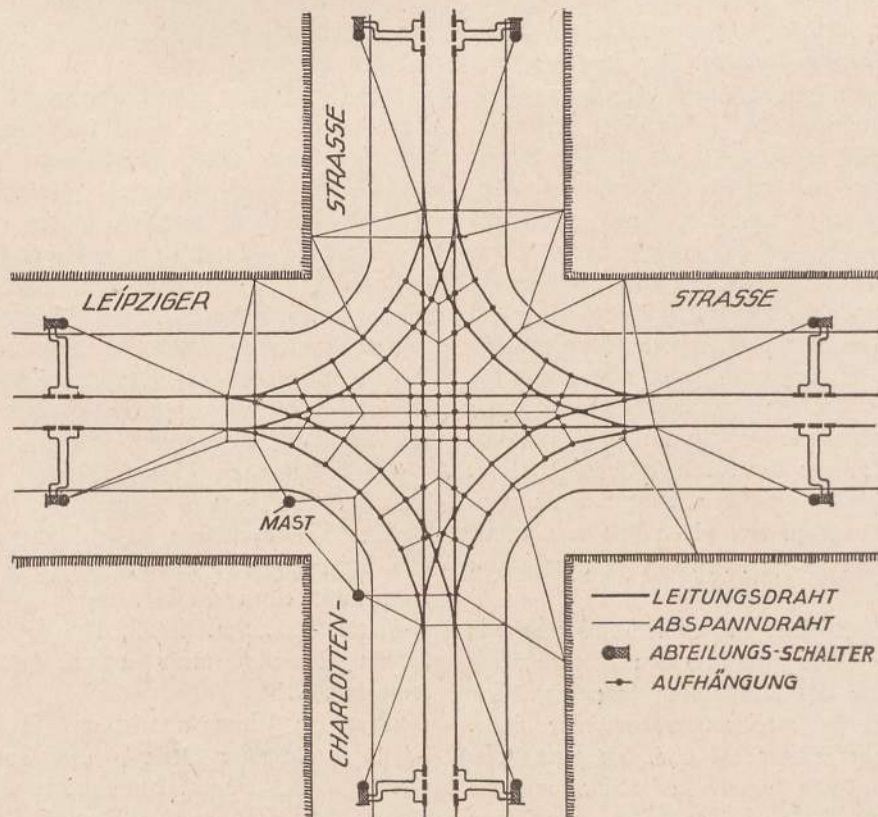
Zugleich bewirkt die Einrichtung eine elektrisch sehr wichtige Entlastung des Fahrdrabts. Dieser darf im Querschnitt nicht sehr groß sein, wenn die gesamte Luftleitungsanlage keine zu

flöbige Form erhalten soll. Müßten aber die beiden stets gleichpolig nebeneinander geschalteten Oberleitungsdrähte einer zweigeleitigen Strecke wirklich die gesamte Energie für alle Wagen des Netzes führen, so könnten sie längst nicht so zierlich aussehen, wie es heute tatsächlich der Fall ist. In Wirklichkeit bildet nun jedoch die Oberleitung bloß eine Brücke zwischen zwei nur ein halbes Kilometer von einander entfernten Speisepunkten, hat also immer nur den Stromzufluß für die zwischen den beiden Speisepunkten fahrenden Wagen aufzunehmen. Hauptträger der Energie sind die eingebetteten, von gleitenden Stromabnehmern nicht beanspruchten Kabel, deren Querschnitt beliebig groß gewählt werden kann.

Nun sind aber noch zwei weitere Dinge zu bedenken.

Bricht ein Oberleitungsdraht so unglücklich, daß er hinunterfällt und die Fahrchiene oder das feuchte Pflaster berührt, dann entsteht ein Kurzschluß, der sofort Abschaltung des Stroms im Kraftwerk bewirkt. Dort ist ein selbsttätiger Schalter in jedes abgehende Speisekabel gefügt, der sogleich Abtrennung eines Leitungsstrangs von der Maschine herbeiführt, wenn durch Kurzschluß in ihm eine Überbelastung auftritt. Bei der immer noch unvollkommenen Anordnung, wie sie der Mittelteil von Bild 683 zeigt, würden in solchem Fall aber sämtliche Speisekabel abgeschaltet, da sie, wie man leicht erkennen kann, nun sämtlich Teile von Kurzschlußkreisen sind. Es träte also trotz der vielfachen Stromzuführung auch jetzt noch eine überall hin sich ausbreitende Störung ein.

Hinzu kommt, daß die elektrischen Zustände in den Oberleitungsstücken



686. Gleissterne in der Leipziger Straße zu Berlin

An der Ecke der Charlottenstraße kann jeder der Kreuzung sich nähernde Wagen drei Wege einschlagen. Da das an dieser Stelle besonders vielmaschige Gespinnst der Oberleitung verhältnismäßig leicht Anlaß zu Störungen in der Stromzuführung geben kann, ist es durch acht Abteilungs-Schalter elektrisch von allen anschließenden Oberleitungsteilen abzutrennen

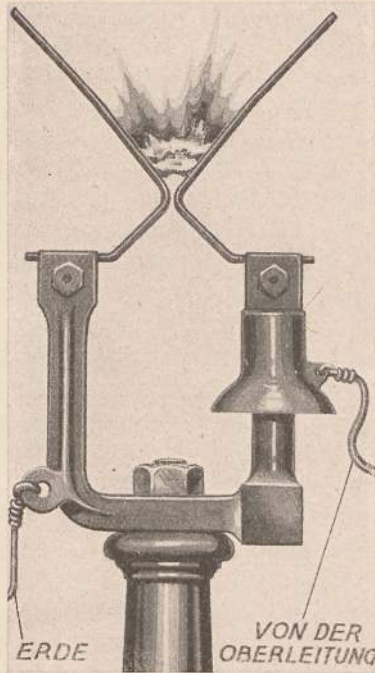


zwischen zwei Speisepunkten meist verschieden sind. Die Verteilung der Wagen wechselt ja unausgesetzt. Es kann vorkommen, daß auf einer Strecke zwischen zwei Speisepunkten, weil sie im Augenblick überhaupt nicht befahren wird, gar keine Stromentnahme stattfindet, auf der nächsten Strecke aber hoher Stromverbrauch durch viele Wagen erfolgt. Dann bildet sich ein Spannungsunterschied zwischen den Speisekabeln aus, der einen sehr störenden Einfluß auf den Gang der Stromerzeugenden Maschine im Kraftwerk übt. Die beiden eben geschilderten unerwünschten Einflüsse werden durch eine elektrische Unterteilung des Fahrdrabts hintangehalten.

Der dritte Teil von Bild 683 zeigt schematisch die Abteilungs-Isolatoren, wie sie stets ungefähr in der Mitte zwischen zwei Speisepunkten in den Fahrdrabt geschaltet sind. Die Leitung ist hier durch einen breiten Spalt unterbrochen, der jedoch zur glatten Überführung der Stromabnehmer durch ein stromloses Führungsstück überbrückt ist. Von den Enden der unterbrochenen Oberleitung laufen zwei isolierte, gewöhnlich zu einem Kabel vereinigte Leitungen zu dem Mast, der die Leitungsaufhängung trägt; dort sind sie zu einem Kasten hinabgeführt, der einen Schalter birgt. Ist der Schalter eingelegt, so besteht die Unterbrechung der Oberleitung für den Strom nicht mehr. Während des gewöhnlichen Betriebs sind jedoch diese Abteilungschalter sämtlich geöffnet.

Die Wirkung der Einrichtung ist eine doppelte. Tritt ein Kurzschluß in einer Oberleitungs-Abteilung ein, das heißt in einem Stück zwischen zwei Abteilungs-Isolatoren, so kann er seinen Einfluß nur auf den einen dazwischen liegenden Speisepunkt üben. Es kann also nur dieses eine Speisekabel durch Ansprechen des zugehörigen selbsttätigen Schalters im Kraftwerk stromlos werden. Die Spannungsunterschiede zwischen den einzelnen Speisepunkten bringen keine schädliche Wirkung mehr hervor, da die Punkte keine leitende Verbindung miteinander haben.

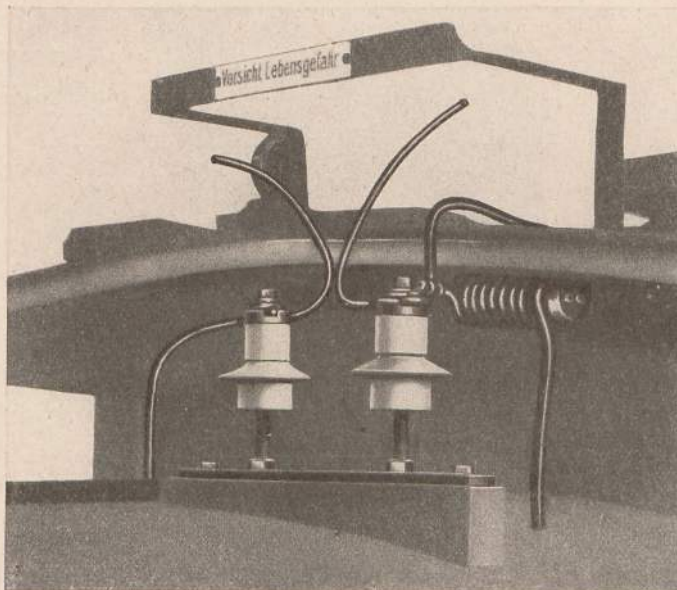
Andererseits kann man bei einem Bruch der Oberleitung, der keinen Kurzschluß verursacht, rasch helfend eingreifen, um den Betrieb auch in der betroffenen Abteilung aufrechtzuerhalten. Es ist dann nämlich nur nötig, einen der für gewöhnlich offenen Abteilungschalter zu schließen, damit die Speisung des von seinem zugehörigen Speisepunkt abgetrennten Fahrdrabtstücks vorübergehend vom



687. Blitzableiter für die Oberleitung  
mit Funkenlöschung durch Hörner, am Kopf eines Tragmastes angebracht

fastens den Hebel aus dem Schaltmaul, dann ist die ganze Abteilung, also auch das hinabgefallene Stück der Oberleitung, stromlos. Alle außerhalb der betroffenen Abteilung fahrenden Wagen werden jedoch an ihrer Fortbewegung nicht behindert.

Die Brücken, über welche die Stromabnehmer an den Abteilungs-Isolatoren von einem Teil der Oberleitung zum anderen hinübergeführt werden, bestehen entweder aus Holz oder aus Draht. Die Latte (Bild 684) wird fest zwischen die Leitungsenden eingesetzt; sie ist ja leitungsunfähig. Der Draht (Bild 685) aber hält rechts und links ausreichend große Abstände. Weil beim Hinweggleiten der Stromabnehmer über die Lücken, wenn am Fahrshalter Strom eingeschaltet ist, stets ein Funke auftritt, so ist an jeder Seite der Lücke ein metallenes, nach oben gebogenes Horn angebracht, wodurch der Funke nach oben gezogen und rasch gelöscht wird.



688. Blitzableiter am Wagen

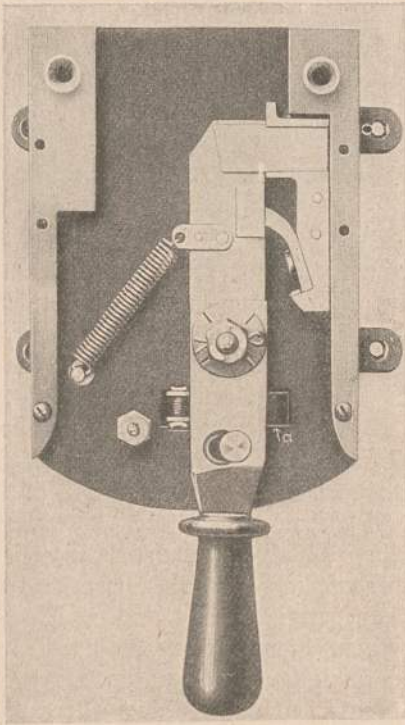
mit Hörner-Funkenlöcher und Schutzspule. Rechts kommt über das Wagendach die Leitung vom Stromabnehmer her. Hinter der Spule Weiterführung des Stromkabels zur Wagenausrüstung. Das links niedergehende Kabel ist unmittelbar mit einem Radgestell verbunden. Es bildet die Erdleitung für den Blitzableiter

benachbarten Speisepunkt her erfolgt. Die störende Wirkung eines Oberleitungsbruchs ist hierdurch auf den mechanisch verletzten Teil einzugrenzen. Überall dort, wo der Stromabnehmer noch zu gleiten vermag, ist auch Strom vorhanden. Nur die Bruchstelle selbst muß mit Schwung überfahren werden.

Es kann vorkommen, daß ein gerissener Oberleitungsdraht beim Hinabfallen nicht den Boden, sondern einen lebenden Körper, einen Menschen oder ein Tier, trifft. Da nun ein Widerstand eingeschaltet bleibt, kommt es häufig vor, daß gerade in solchem Fall die selbsttätige Abschaltvorrichtung im Werk nicht anspricht. Bei solchem Geschehnis besteht aber besonders lebhaft der Wunsch, das hinabhängende Drahtstück möglichst geschwind stromlos zu machen. Hierzu gibt es eine bequeme Möglichkeit: man braucht nur zum nächsten Speisepunkt zu laufen. Denn in das zur Höhe der Oberleitung hinaufführende Speisekabel ist ein Schalter eingelegt, der im Gegensatz zu den Abteilungschaltern für gewöhnlich geschlossen ist. Reißt man nach Öffnen des Schutz-

Wie wir schon gehört haben, sind die Strecken zwischen den Abteilungs-Isolatoren in der Regel ungefähr 500 Meter lang. Wo jedoch eine sehr verwickelte Oberleitungsanlage vorhanden ist, an Ecken also mit vielen Kreuzungen und Weichen, da schränkt man die Ausdehnung einer Abteilung sehr bedeutend ein. So kann zum Beispiel im Netz der Berliner





689. Selbsttätiger Ausschalter am Straßenbahnwagen

Wenn die Wicklungen der Motoren zu stark mit Strom belastet werden, zieht ein Magnet die Sperrnase a rechts unten am Schalthebel zurück, worauf die Feder diesen aus dem Schaltmaul zieht

aus Stahl bestehen, dessen Widerstand gegenüber dem Stromdurchgang ziemlich groß ist. Der Querschnitt der einzelnen Stahlschiene würde deshalb dem sehr viel geringeren Querschnitt des kupfernen Oberleitungsdrahts noch nicht überlegen sein. Die beiden Schienen eines Gleises und die vier Schienen jeder zweigeleisigen Strecke sind aber leitend miteinander verbunden, so daß deren Gesamtquerschnitt für die Stromleitung in Betracht kommt. Trotzdem pflegt man zur Unterstützung der Schienen noch ein Kabel in die Erde zu betten, das also über den Lauf der ganzen Strecke bis zum negativen Pol der Kraftwerk-Maschine geführt ist. In Entfernungen, die bei den einzelnen Verwaltungen wechseln, ist dieses isolierte Kabel mit den Schienen verbunden.

Diese selbst werden durch den Straßennunterbau, auf dem sie ruhen, ziemlich gut isoliert. Dennoch gelangen sehr viele vagabundierende Ströme aus den Schienen in das Erdreich, die an den Gas- und Wasserleitungsrohren wie an sonstigen Metallteilen, die in den Boden gebettet sind, durch Elektrolyse einen zerstörenden Einfluß üben. Bis jetzt ist es noch nicht gelungen,

Straßenbahn der Oberleitungsteil an der Kreuzung der Leipziger und Charlottenstraße, wo jeder Wagen drei verschiedene Wege einzuschlagen vermag, allein stromlos gemacht werden, während alle Linien bis zur Kreuzungsstelle unter Strom bleiben. Da die große Zahl der hier in die Oberleitung geflochtenen Weichen- und Kreuzungsstücke weit eher Anlaß zu Störungen geben kann als glatte Leitungsführungen, so sorgt man für die Möglichkeit der scharf eingegrenzten Abschaltung.

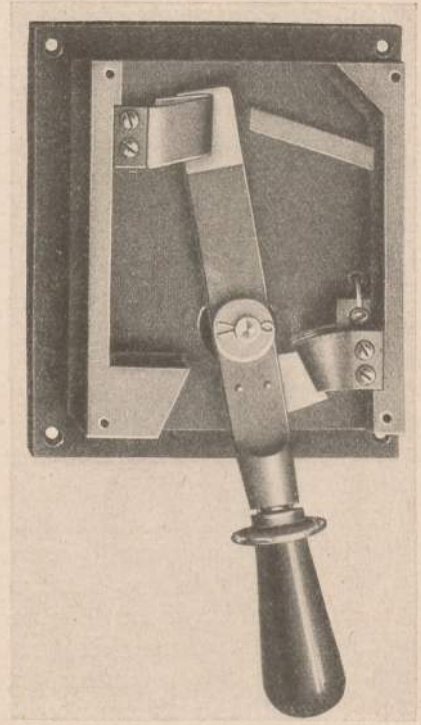
Im Gegensatz zum Luftdraht stellen die Fahr-schienen eine Leitung mit sehr erheblichem Querschnitt dar. Allerdings ist zu bedenken, daß sie

diese Wirkung ganz aufzuheben. Wo die Schienenstöße nicht verschweißt sind, müssen zur Überbrückung der Stöße gut leitende Verbindungen aus Kupfer oder Aluminium angebracht werden. Erfahrungsgemäß richten die vagabundierenden Ströme weniger Schaden an, wenn die Schienen mit dem negativen Pol der Stromquelle verbunden sind, als wenn sie am positiven Pol liegen.

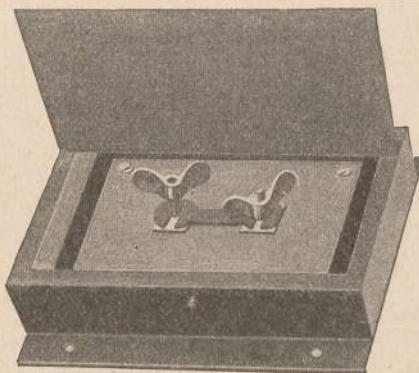
Das weitgespannte Netz der Oberleitung wird nicht allzu selten von Blitzschlägen getroffen. Es muß dafür gesorgt sein, daß die gewaltige Spannung der Luft-Elektrizität einen bequemen Weg zur Erde findet, damit sie nicht die Kraftwerk-Maschinen beschädigt. Solange der Betrieb im Gange ist, bilden die Wagen eine Brücke zwischen Oberleitung und Erde. Wir werden hören, daß jeder Wagen eine Blitzschutz-Einrichtung besitzt, die unter Überbrückung der Motoren glatt zu den Fahr-schienen und damit zur Erde führt, da der isolierende Unterbau für die Blitzenergie kein Hindernis bedeutet. Während der nächtlichen Betriebspause aber fehlt die Wagenbrücke, weshalb auch die Oberleitung selbst mit Blitzableitern versehen sein muß.

Sehr viele Bauarten sind in Anwendung, die alle darunter leiden, daß sie vor dem Einbau nicht im Laboratorium geprüft werden können. Denn wir sind nicht imstande, mit unseren Mitteln Blitzspannungen zu erzeugen. So weiß man immer erst nach dem Geschehnis, ob die Vorrichtung brauchbar gewesen ist.

Als erstes Hindernis für den Blitz ist in den Weg von der Oberleitung über das Speisekabel zur Kraftwerk-Maschine eine Spule eingeschaltet. Meist unmittelbar vor dem Aufhängungsmast, in dem es aus der Erde aufsteigt, ist das Speisekabel in mehreren Windungen aufgerollt. Es tritt nun wieder die Selbstinduktions-Wirkung ein, von der wir bereits auf Seite 401 gehört haben. Die sich im Blitz entladende Elektrizität schwingt sehr rasch hin und her, sie stellt also einen Wechsel-

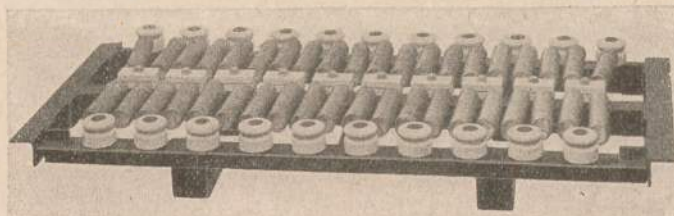


690. Handauschalter am Straßenbahnwagen



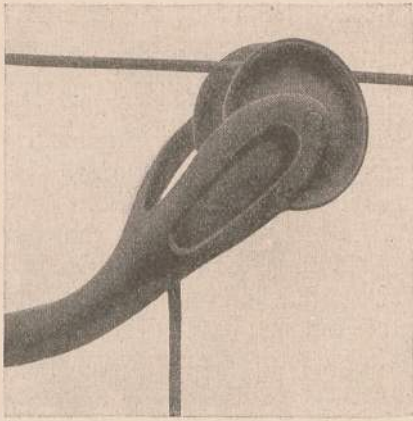
691. Hauptsicherung am Straßenbahnwagen

Bei zu starker Strombelastung schmilzt der zwischen den Flügel-schrauben liegende Bleistreifen durch. Die Hauptsicherung tritt nur in Tätigkeit, wenn der auf Bild 689 dargestellte selbsttätige Ausschalter nicht rasch genug arbeitet



692. Fahrwiderstand auf dem Wagendach hergestellt aus schlecht leitendem Metalldraht





693. Rollenstromabnehmer an der Oberleitung

Die Weiterführung des Stroms von der Rolle zur Abnehmerstange erfolgt durch zwei Schleiffedern

Für den Betriebsstrom ist diese Erdleitung nicht vorhanden, da er nicht imstande ist, den Spalt zwischen den beiden Hörnern zu überspringen. Der Blitz aber überwindet die kleine Luftstrecke, ja sie ist für ihn ein bequemerer Weg als die Reise durch die zahllosen Windungen der Kraftwerk-Maschinen.

Die Natur läßt jedoch in ihrer oft sehr unliebenswürdigen Art sogleich eine zweite höchst unerwünschte Erscheinung auftreten. Sobald der Blitz die Luftstrecke zwischen den beiden Hörnern überspringt, baut er durch eine eigenartige Einwirkung auf die eingelagerte Luft (Ionisation der Luftmoleküle, die in Band I auf den Seiten 233 und 249 erklärt ist) eine leitende Brücke auch für den Betriebsstrom. Dieser fließt nun, einen Lichtbogen bildend, zur Erde und würde, indem er einen Kurzschluß erzeugt, bestehen bleiben, wenn die Luftstrecke nicht zu beiden Seiten von den Hörnern überragt würde. Die Wärme des Lichtbogens und ferner eine elektromagnetische Blaskwirkung heben den Lichtbogen nun sehr geschwind in die Höhe. Da der Abstand der Hörner nach oben zu rasch wächst, so wird die Überschlaglänge alsbald zu groß, und der vom Betriebsstrom gebildete Lichtbogen erlischt. Das gleiche geschieht bei den mit Hörnern ausgerüsteten Brücken an den Abteilungs-Isolatoren.

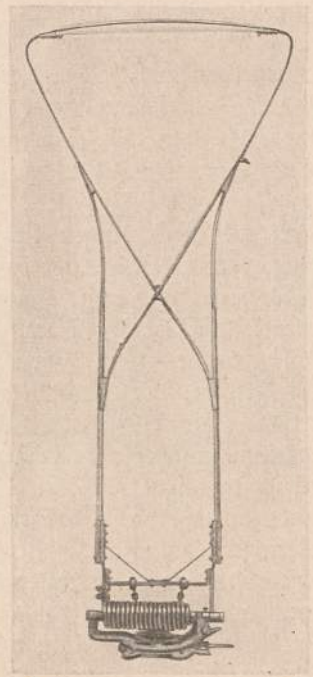
Wir haben vorhin festgestellt, daß der fahrende Straßenbahnwagen eine gut leitende Brücke zwischen Luftdraht und Schienen bildet. Nun haben wir näher zu betrachten, wie diese Brücke gebaut ist (Tafel XXV, rote Leitungen).

Der Strom wird von der Oberleitung durch die Kontaktstange abgenommen. An deren Fußpunkt, der die Form eines Drehschemels hat, schließt ein Kabel

strom dar, der hier gedrosselt wird. Um aber dem Blitz einen guten und ungefährlichen Abweg zu eröffnen, ist an einem Zwischenmast ein hörnerartig gebogenes Drahtstück angebracht und leitend mit der Oberleitung verbunden. Ein zweites Horn steht in einem Abstand von 4–5 Millimetern daneben, und dieses zweite Horn hat unmittelbaren Anschluß an eine in das Grundwasser versenkte Metallplatte.

an. Es führt unter der Decke des Wagens entlang zunächst zu einem Verzweigungspunkt. Dieser ist durch eine Leitung mit dem Blitzableiter verbunden. Es wurde bereits erwähnt, daß auch jeder Wagen eine solche Einrichtung besitzt. Meist wird hierfür ebenfalls die Hörnerbauart verwendet. Das zweite Horn ist an eines der eisernen Radgestelle angeschlossen und hierdurch unmittelbar mit den Fahrsschienen, also der Erde, verbunden. Der Betriebsstrom kann den Luftspalt zwischen den Hörnern nicht überwinden, er muß also den am Verzweigungspunkt sich erschließenden zweiten Weg wählen. Eine gleich am Beginn dieses Wegs befindliche Spule verwehrt dem Blitz-Wechselstrom ausdrücklich noch einmal den Zutritt zu den zahlreichen Einrichtungen des Wagens.

Die Betriebsstromleitung geht vom Verzweigungspunkt durch das Dach einer der Plattformen, unter dem ein selbsttätiger Ausschalter angebracht ist. Gerade wie sein Genosse im Kraftwerk hat er die Aufgabe, beim Auftreten einer zu hohen Stromstärke den Stromdurchgang zu unterbrechen. Der Zweck dieses Vorgangs hier im Wagen ist, die Motoren vor zu hoher Belastung ihrer Leitungsteile zu bewahren, durch die sie leicht Schaden nehmen könnten. Es liegt in der Natur des Elektromotors, daß seine Wicklungen bei langsamem Lauf des Ankers keine so starke elektrische Beanspruchung vertragen wie bei hoher Drehgeschwindigkeit. Wenn der Fahrer daher durch rasches Auslegen der Schaltkurbel den gerade erst anlaufenden Motoren eine zu hohe Belastung zuführt, zieht ein Magnet in dem selbsttätigen Schalter eine Sperrnase a zurück (Bild 689), worauf der kupferne Schalthebel unter dem Zug einer Feder aus seinem Kontakt-

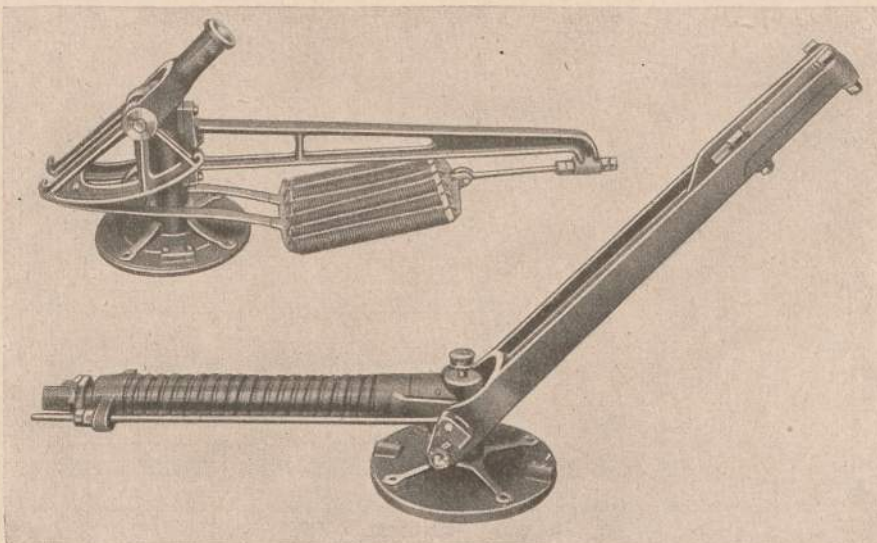


694. Bügel-Stromabnehmer

Zutritt zu den zahlreichen

maul springt. Damit ist die Stromzuführung von der Oberleitung zu weiteren Teilen des Wagens unterbrochen.

Das Kabel, das vom Stromabnehmer herkommt, durchschreitet hierauf die ganze Länge des Wagendachs bis zur Decke der zweiten Plattform. Dort befindet sich wiederum ein Schalter, der jedoch nicht mehr imstande ist, selbsttätig eine Bewegung auszuführen. Er kann nur von Hand zurück-



695. Drehschemel für Rollenstromabnehmer  
Oben mit Zugfedern; unten mit Druckfeder



gelegt werden. In gleicher Weise ist auch der Automat zu betätigen. Die beiden Handauschalter, die dem Fahrer so an jedem seiner beiden Standpunkte zur Verfügung sind, dienen als Nothilfe.

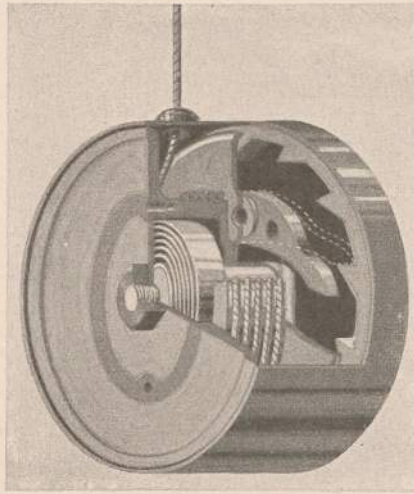
Es kann einmal vorkommen, daß der Fahrerschalter, dessen sehr verwickelten Bau wir noch kennen lernen werden, durch auftretende Lichtbogen derartig festbrennt, daß er nicht mehr auf Aus zurückgelegt werden kann. In diesem Fall wäre es dem Fahrer unmöglich, den Strom, der den Wagen vorwärts treibt, abzuschalten. Aus Sicherheitsgründen muß er aber in jedem Augenblick hierzu imstande sein. Der Wagenlenker springt also bei einem solchen Versagen des Fahrerschalters rasch zu einem der Apparate unter dem Plattformdach und schaltet den Strom durch Zurücklegen des Hebels ab. Ein gleiches vermag freilich auch der Schaffner

durch Hinunterziehen des Stromabnehmers zu bewirken. Oft aber würde kostbare Zeit vergehen, bis der Fahrer den Schaffner verständigt hat.

Heute liegen die beiden Ausschalter meist noch im Hintergrund der Plattform. Bei den neueren Wagen wird man sie an den vordersten Rand verlegen, damit sie dem Fahrer stets unbedingt zur Hand sind. Denn bei der Überfüllung auch der Plattformen, die während des Kriegs und nach diesem üblich geworden ist, dürfte der Fahrer oft nicht imstande sein, den zu weit hinten liegenden Schalthebel geschwindig genug zu erreichen.

Die Stromleitung im Wagen führt nun innerhalb einer der Seitenwände hinab zum Unterteil des Kastens. Dort endet sie in einer Schraubklemme. In einer Entfernung von fünf Zentimetern ist eine zweite Schraubklemme angebracht, von der aus erst die Fortsetzung der fest verlegten Leitung erfolgt. Der Zwischenraum wird durch einen beiderseits eingeklemmten Bleistreifen überbrückt. Er stellt die Hauptsicherung für die Wagenmotoren dar.

Wir sahen zwar, daß schon der selbsttätige Ausschalter als solche dient. Diese Automaten aber sind Apparate mit vielen und recht empfind-



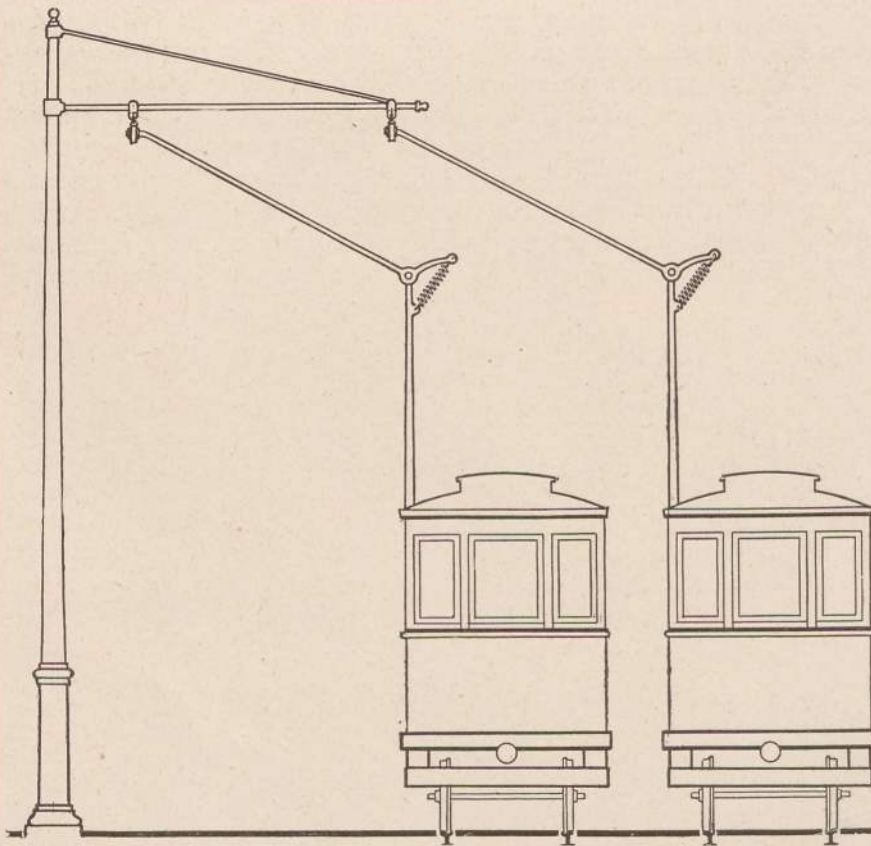
696. Endbefestigung für das Stromabnehmer-Seil

Bei Entgleisungen der Rolle verhindert der ausschwingende Bremsarm das Hochschlagen der Abnehmerstange

lichen Teilen; wenn der Fahrerschalter unsorgfältig bedient wird, kann es vorkommen, daß der selbsttätige Schalter auf einer einzigen Fahrt zwei bis dreimal ausspringt. Bei der Stromunterbrechung bilden sich Funken, die Schmelzperlen auf den metallenen Kontaktflächen des Schalters entstehen lassen. Es kann dann leicht geschehen, daß die selbsttätige Lösevorrichtung versagt; der Automat hat sich festgebrannt. Da die Motoren aber unbedingt vor Überbelastung geschützt werden müssen, so bringt man eben noch eine zweite Unterbrechungsstelle in der Leitung an.

Der Bleistreifen ist sehr empfindlich gegen Überhitzung. Sobald die Strombelastung über das zulässige Maß hinauswächst, schmilzt er durch und unterbricht so gleichfalls die Leitung. Ein jeder kennt das Ansprechen dieser Hauptsicherung durch das lebhaft Knallen, das meistens dabei hörbar wird. Der Bleistreifen ist in ein leicht zu öffnendes Kästchen eingeschlossen. Unmittelbar hinter ihm befindet sich ein Elektromagnet; dieser wirkt durch sein Kraftlinienfeld blasend auf den Lichtbogen, der sich beim Durchschmelzen bildet. Er bläst ihn fort, so daß er geschwind erlischt.

Von der zweiten Klemme der Hauptsicherung läuft die Wagenleitung auf das Dach zurück zu den Widerständen. Das sind zahlreiche Drahtstücke, schraubenförmig gewunden aus einem Metall, das nur eine verhältnismäßig geringe Leitfähigkeit besitzt. Das Durchschreiten jeder dieser Drahtspiralen raubt dem Strom einen Teil seiner Stärke. Muß er durch alle Widerstände hintereinander hindurch, so kommt er sehr stark geschwächt bei den Motoren an, und diese laufen ganz langsam. Durch Anzapfen der Gruppen an wechselnden Stellen, indem also der Beginn der auf unserer Tafel ganz rechts austretenden Betriebsstromleitung an die Enden verschiedener Spiralen gelegt wird, kann der Strom den Motoren mit wechselnder Stärke zugeführt werden. Hierdurch wird ihre Laufgeschwindigkeit geregelt. Solche Wirkung vermag der Fahrerschalter



697. Dickinson-Stromabnehmer

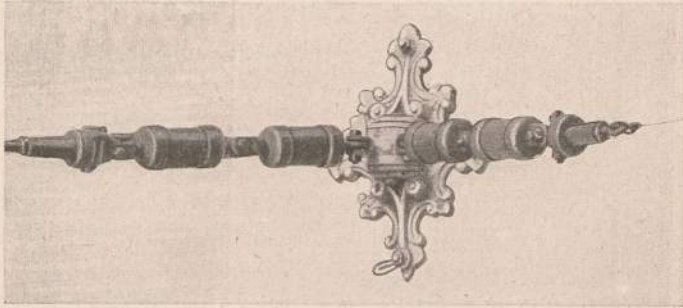
mit drehbarem Rollentopf. Diese Bauart gestattet die Aufhängung beider Oberleitungsdrähte für eine zweigleisige Strecke, deren Geleise in der Mitte des Damms liegen, an Einer Straßenseite



mit Hilfe zahlreicher Leitungen zwischen seinem Körper und den Widerständen zu üben, die auf unserer Tafel nicht gezeichnet sind. Wir besprechen das Zusammenwirken von Widerständen und Fahrshalter später (Seite 465).

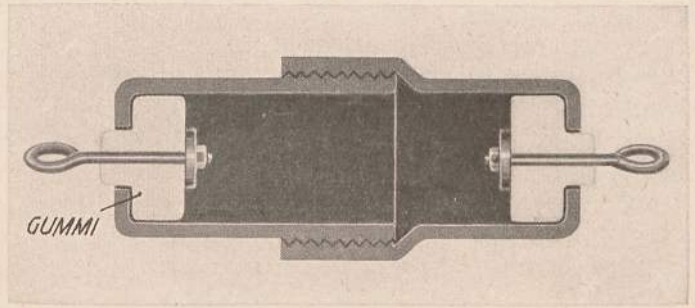
Hier genügt es uns, zu wissen, daß vom Ende der Widerstände eine Leitung zum Fahrshalter führt, und wir fassen jetzt noch dessen zahlreiche Teile als ein einfaches Leitungsstück

kennen läßt, sind in den Wänden gebettet oder unter dem Rahmen aufgehängt, der den Wagenkasten trägt. Dem Fahrgast bleiben sie völlig unsichtbar, er weiß nichts von ihrem Vorhandensein und ist daher nicht geneigt, einen Straßenbahnwagen als ein technisches Kunstwerk hohen Rangs anzusehen, das er in Wirklichkeit ist. Die lackglänzende Haut verbirgt das wundervoll gefügte Innere, und diese schamvolle Ver-



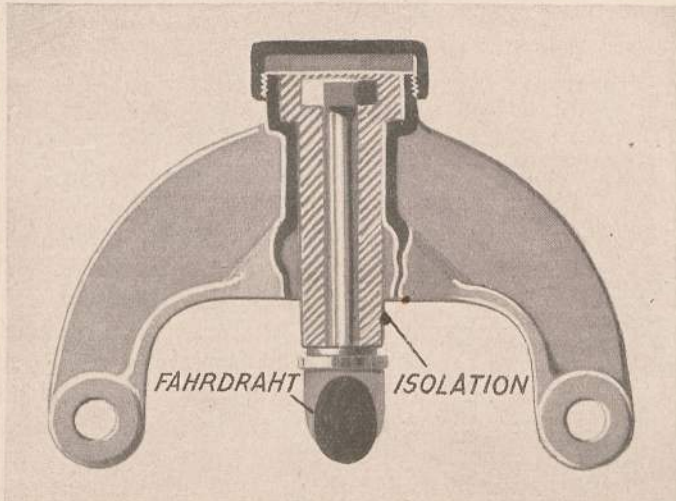
698. Hausanker

zur Befestigung der Querdrähte für die Oberleitung an den Häuserwänden. In jedem Draht zwei Schalldämpfer (siehe Bild 699) und eine Schraubvorrichtung, die zum Anspannen der Aufhängung dient



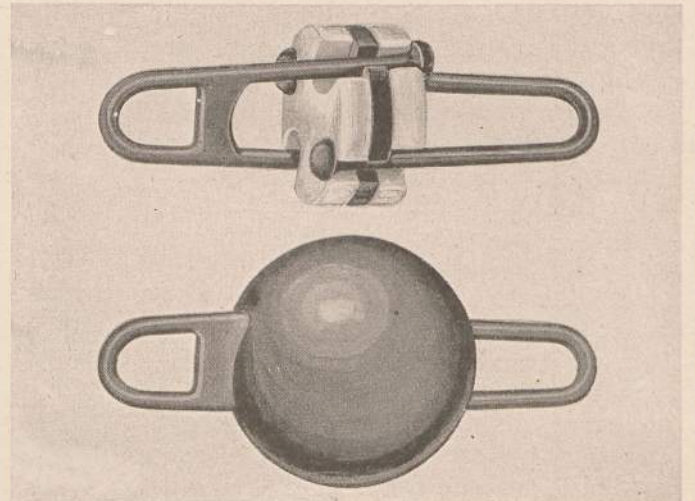
699. Schalldämpfer

Die Gummipuffer, in denen die Querdrahtlösen liegen, verhindern die Übertragung von Geräuschen aus der Oberleitung in die Häuser, an deren Wänden die Querdrähte befestigt sind



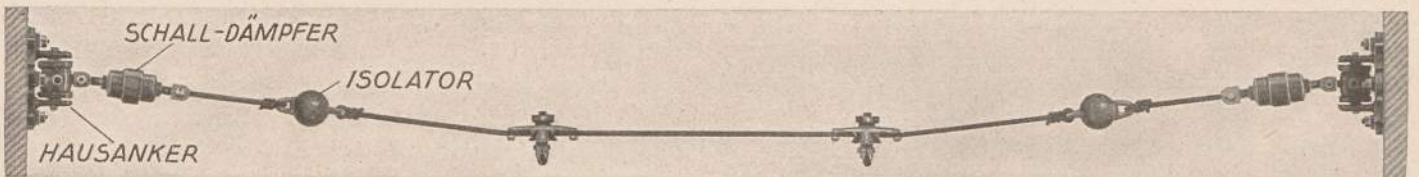
700. Aufhängungsisolator

zur Verbindung von Oberleitung und Querdraht. Die Querdrahtenden werden in die Hsen eingeschlungen. Eine Oberleitung, die an solchen, heute nicht mehr verwendeten Isolatoren hängt, kann mit Bügelstromabnehmern nicht befahren werden



701. Isolator für Querdrähte

Der Querdraht ist bei Einschaltung dieses Geräts elektrisch unterteilt, weil die Enden der Hsen in eine Porzellanscheibe gesetzt sind. Damit die Stücke unverschieblich zusammenhalten, werden sie mit Hartgummi umgossen



702. Aufhängung der Oberleitung zwischen zwei Häuserwänden

auf, das sie bei jeder Stellung der Fahrkurbel außerhalb der Ruhelage auch wirklich sind.

Aus dem Fahrshalter kommend, erreicht die Betriebsstromleitung zuerst den einen, alsdann den anderen Motor, und sie ist darauf durch Schleiffedern mit den Wagenachsen verbunden. Da diese durch die Räder mit den Schienen in sehr kräftiger Berührung stehen, ist die Überbrückung zwischen Oberleitung und Fahrschienen tatsächlich vollzogen.

Sämtliche Leitungen im Wagen, die in Wirklichkeit sehr viel zahlreicher sind, als unser stark vereinfachendes Schema er-

hellung ist Ursache, daß selbst Inhaber von Monatskarten nach vielfähriger Benutzung der Straßenbahn nicht die geringste Ahnung davon haben, wie zahlreiche und fein erdachte Vorrichtungen in den Wagen haben angebracht werden müssen, damit ihre Person täglich mehrere Male glatt und geschwind befördert werden kann.

Es gibt aber einen Bauteil am Straßenbahnwagen, dessen günstigste Form nicht nur in den Fachkreisen bis zum heutigen Tag fortwährend neu erörtert wird; auch die nichtfachmännischen Fahrgäste widmen ihm eine liebevolle Auf-

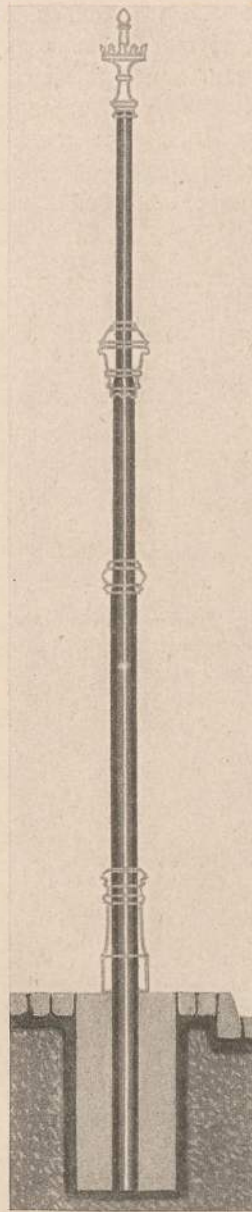


merksamkeit, weil er durch seine Anbringung und durch sein Arbeiten gar zu deutlich in Erscheinung tritt. Rolle oder Bügel?! Das ist der Gegenstand so manchen Aufsatzes in den Fachzeitschriften wie in den Zeitungen. Daß die Frage nicht einfach und glatt zu beantworten ist, zeigen die Tatsächlichkeiten des Betriebs. In Amerika, wo der von unten her an die Oberleitung gepresste Stromabnehmer ja erfunden worden ist, hält man noch heute ausnahmslos an der ursprünglich von Sprague gewählten Bauart fest, die eine Rolle am Ende eines sich verzüngenden Stahlrohrs zeigt. Die Firma Siemens & Halske schuf im Jahre 1890 den Stromabnehmer in Bügelform. Sie hat ihn fortan bei sehr vielen der von ihr erbauten Straßenbahnen angewendet, und seitdem das Patent im Jahre 1905 erloschen ist, gebrauchen auch andere europäische Firmen den Bügel. Viele Verwaltungen in unserem Erdteil aber beharren, entsprechend dem Vorgehen der Amerikaner, nach wie vor bei der Rolle.

Die Berliner sehen täglich beide Stromabnehmerarten im Betrieb, und wenn man eine Abstimmung in der deutschen Hauptstadt veranstaltete, so würde sich bestimmt eine weit überwiegende Mehrheit für Einführung des Bügels ergeben. Denn während der Kriegsjahre und auch noch eine Zeit danach litt der Betrieb der Berliner Straßenbahn sehr erheblich unter den fortwährenden Entgleisungen der Rolle. Daß dieses unangenehme Ereignis beim Bügel nicht vorkommen kann, sieht jeder. Und der Fahrgast, der in einer Abendstunde mit Spannung den Leitartikel seiner Zeitung liest, mitten im Satz aber jäh unterbrochen wird, weil wieder eine Rollenentgleisung das Licht abgeschaltet hat, ruft ärgerlich aus: „Warum, zum Teufel, wird denn nicht endlich da oben ein Bügel angebracht?!“

Die Dinge liegen nun, wie so oft bei technischen Einrichtungen, auch hier keineswegs einfach. Es geht nicht, daß eine Straßenbahngesellschaft, deren Strecken für den Stromabnehmer in Rollenform gebaut sind, einfach den Bügelkontakt auf die Dächer ihrer Wagen setzt. Die Aufhängungsstücke der Oberleitung würden dem breiten Gerät das Gleiten an dem Fahrdrabt nicht gestatten, wie an Bild 700 auf der vorigen Seite deutlich zu erkennen ist. Der Bügel müßte ferner an die Schutzbleche unter den Bahnüberführungen stoßen, die bei Einrichtung für Rollenabnehmer nach unten gezogene Ränder besitzen, und er könnte sich in den Zweigen naher Bäume verwickeln. Änderung der Stromabnehmerart setzt einen Umbau der gesamten Oberleitung voraus.

In gewöhnlichen Zeiten wären auch die durch eine solche durchgreifende Umgestaltung entstehenden Kosten kein Hindernis gewesen, wenn sich eine grundlegende Verbesserung dadurch hätte erzielen lassen. Es ist nun in der Tat nicht zu leugnen, daß der Bügel der Rolle gegenüber sehr viele Vorteile hat, sie sind aber doch noch nicht allgemein als durchgreifend anerkannt. Wie würden auch sonst die praktischen Amerikaner, die doch unter Kriegsnoten kaum zu



703. Tragmast  
zur Aufhängung der  
Oberleitung

leiden hatten, die Sprague-Form beibehalten haben! Bis zum Ende des Jahres 1914 hatten auch die Berliner kaum Grund zur Klage über die Arbeit der Stromabnehmer. Außerst selten nur kam es vor, daß die Rolle entgleiste. Der Krieg aber hat wie an so vielen Stellen auch hier einen höchst störenden Einfluß geübt.

Eine sorgfältig gebaute Oberleitung mit gut unterhaltenen Weichen und Kreuzungsstücken ist eine so vortreffliche Gleitbahn für die Rolle, die mit breiten Flanschen den Fahrdrabt umschließt, daß diese gar keine Neigung zum Auspringen zeigt. Zweite Voraussetzung ist freilich, daß der Drehschemel auf dem Wagendeck sorgsam und mit den bestgeeigneten Stoffen geschmiert wird. Die Rolle gleitet dann leicht von einem gerade geführten Oberleitungsstück in ein gekrümmtes hinein, da der Widerstand des Schemels gegen die Drehung gering ist. Wenn aber, wie es ja leider während der Kriegsjahre in Deutschland der Fall war, die Oberleitung nur noch unsorgfältig gespannt ist, die Übergänge zu Krümmungen nicht mehr sanft geführt sind, sondern scharfe Knick aufweisen, wenn die Schmierung der Drehschemel durch schlechte, rasch verharzende Öle erfolgt, so daß die Stange dem führenden Druck des Fahrdrabts nicht mehr leicht folgen kann, dann allerdings müssen Entgleisungen in höherer Zahl auftreten. Nun gerät die Rolle gegenüber dem Bügel erheblich in Nachteil.

Trotzdem aber bleibt die überlegene Art erhalten, in welcher der ältere Stromabnehmer mit der Oberleitung in Verbindung tritt. Der Bügel schleift nur an der Unterfläche der Leitung. Da während des Fahrens ständig Erschütterungen auftreten, flappt er nicht selten vom Fahrdrabt ab, so daß die Stromzuführung zu den Motoren oft unterbrochen wird. Alle elektrischen Bahnen, die mit schweren Fahrzeugen und mit höherer Geschwindigkeit betrieben werden, haben daher stets mindestens zwei Bügelabnehmer auf ihren Dächern. Die Rolle umfaßt die Oberleitung nicht nur von unten her, sondern auch von den Seiten; die langen Flanschen verhüten eine Stromunterbrechung durch Abklappen (Bild 693).

Es zeigte sich auch in den ersten Lebensjahren des Bügels ein sehr viel stärkerer Verschleiß der Oberleitung durch diese. Die Rolle wickelt sich drehend am Fahrdrabt ab, während der ruhende Bügelkontakt schleift. Solange der Baustoff dieses Schleifstücks aus hartem Metall bestand, mußte er den Fahrdrabt abkratzen. Heute werden die Gleitstangen der Bügel aus weichem Metall gefertigt, und man hat es auch verstanden, eine feine Schmierung einzurichten. Ein erheblicher Verschleiß der Oberleitung durch den Bügel tritt nun nicht mehr ein. Die Rolle wirkt jetzt zerstörender, da infolge ihrer schmalen Anlagefläche — es ist theoretisch nur eine Linie parallel der Drehachse — häufige Funkenbildung an der Oberleitung auftritt. Abends sieht man fast ununterbrochen die Lichtbogen strahlen. Ihre grüne Färbung lehrt, daß kupferhaltiges Metall in ihnen verbrennt. Es sind kleine Teilchen der Oberleitung, die fortwährend abschmelzen.



In der neuen Form mit weichem, geschmiertem Schleifstück dürfte sich denn auch wohl der Bügel allmählich ganz Europa erobern. Die Berliner Straßenbahn legt ihre Neubautrecken schon jetzt so an, daß beide Stromabnehmer darauf verwendet werden können.

Wenn man von vornherein nur den Bügel anzuwenden beabsichtigt, kann die Oberleitung sehr viel einfacher und leichter gebaut werden. Es ist dann nicht nötig, daß sie mit höchster Genauigkeit über der Mitte der Geleise liegt. Ja, ein Hin und Her erscheint sogar wünschenswert, damit der Stromabnehmer nicht immer in der Mitte schleift, wodurch eine Kerbe entstehen könnte. Die Luftweichen brauchen keine genau hergestellten Führungstücke, da eine scharfe Oberleitung der Stromabnehmer nicht mehr notwendig ist. Man hat ferner nicht mehr zu befürchten, daß die abspringende Kontaktstange mit großer Wucht gegen die Querdrähte schlägt, wie das bei der Rolle ja häufig genug der Fall ist. Beim Richtungswechsel fällt das lästige Herumführen des Stromabnehmers in einem großen Halbkreis fort, denn der Bügel legt sich selbsttätig um. Damit dies ohne Anheben der Oberleitung geschehen kann, ist der Befestigungsstuhl so eingerichtet, daß er einzuknicken vermag.

Freilich erfordert der Bügel überall einen breiteren Durchgangsraum. Benachbarte Bäume müssen weiter ausgeschnitten werden, als es bei Anwendung der Rolle erforderlich ist. Es kann auch kein Zweifel sein, daß der Rollenabnehmer mit seiner durchlaufend sich verjüngenden Form einen schöneren Anblick gewährt als der breite Bügel.

Die Rolle muß ungefähr 500 Umdrehungen in der Minute machen können, wenn sie auch bei hoher Fahrgeschwindigkeit des Wagens nicht am Luftdraht schleifen soll. Die Lager müssen daher stets gut geschmiert sein, und sie eignen sich deshalb nicht zur Überführung des Stroms von der Rolle zur Stange. Deshalb sind zu beiden Seiten der Rolle Messingfedern gegen diese gelegt und mit der Stange sorgfältig verlötet. Die sehr stark beanspruchte Rolle hält einen längeren Fahrweg als 5000 Kilometer selten aus. Hat sie diese Strecke zurückgelegt, so muß sie erneuert werden, da dann meist erhebliche Beschädigungen oder Anbrüche zu bemerken sind. Auch das Gleitstück des Bügels fordert häufiger Erneuerung.

Während der Rollen-Stromabnehmer in früheren Jahren

durch Zugfedern gegen die Oberleitung gepreßt wurde, wendet man heute fast überall Druckfedern an. Diese stehen naturgemäß in der Fahrtrichtung voran.

Angesichts der Entgleisungsgefahr beim Rollen-Stromabnehmer und der Notwendigkeit, ihn beim Richtungswechsel umzulegen, muß stets ein weit hinabhängender Strick daran befestigt sein. Meist ist die Leine an einer einfachen Dse aufgehängt. Oft aber wird auch eine Endbefestigung für den Strick vorgesehen, die geeignet ist, die Schläge des entgleisenden Abnehmers gegen die Querdrähte zu mildern. Die Vorrichtung wird in Form eines runden Kästchens an der hinteren Abschlußwand des Wagens angebracht; sie enthält eine kräftige Feder mit Bremse. Beim richtigen Anliegen des Abnehmers gegen die Oberleitung ist die Feder leicht gespannt, nur so weit, daß sie den Strick ausgestreckt hält.

Die Rolle kann sich ungehindert auf oder nieder bewegen, wenn die Oberleitung ihre Höhenlage verändert, denn diese Bewegungen gehen verhältnismäßig langsam vor sich. Will die Stange jedoch nach einer Entgleisung wuchtig empor-schlagen, dann wirbelt der rasch sich abwickelnde Strick die Federachse in dem Kästchen sehr geschwind um, und nun schwingt der auf Bild 696 sichtbare Bremsarm so weit wie möglich nach außen. Er stößt bei seiner Drehung im Sinn des Uhrzeigers sogleich gegen einen der an der Gehäuswand angebrachten Vorsprünge und wird festgehalten. Die Stange kann deshalb nur ein kurzes Stück empor-schlagen, die Querdrähte werden nicht allzu hart von ihr getroffen.

Als im Jahre 1892 die Genehmigung zur Anlegung einer Straßenbahn mit oberirdischer Stromzuleitung in Süd-Staffordshire nachgesucht wurde, wollte die Aufsichtsbehörde die Aufhängung der Fahrdrähte in Straßenmitte an dem

vielfachen Gespinnst der Querdrähte nicht gestatten. Der Leiter der Bahngesellschaft, Dickinson, fand einen Ausweg durch Erfindung einer neuen Stromabnehmerform. Sie gestattet die Aufhängung der Luftdrähte für beide Geleise einer in der Mitte des Fahrdamms liegenden Strecke an Einer Straßenseite mit Hilfe von kurzen Mastauslegern. Der Dickinson-Stromabnehmer trägt die Rolle nicht in einem Lager, das mit der Stange fest verbunden ist, der Abnehmerkopf ist vielmehr um eine senkrechte Achse drehbar, so daß er sich leicht nach allen Richtungen einstellen kann. Er steht nicht mehr senkrecht über der



704. Mastkran

Einsetzen eines Tragmastes in den Boden mittels eines besonderen, fahrbaren Hebezeugs





705. Auslegermaste zum Tragen einer seitlich liegenden Oberleitung  
Gradlinige Form der Arme mit Hilfsverspannung

Mittelachse des Wagens, sondern ist an einem langen Ausleger angebracht. Auch sehr scharfe Krümmungen können auf solche Art ohne besondere Entgleisungsgefahr überwunden werden.

Dieser drehbare Rollenkopf hat keine sehr große Anwendung gefunden, da man heute ja der Oberleitungs-Anlage nicht mehr so ablehnend gegenübersteht wie einst. Er wird aber doch hier und da noch gebraucht, so zum Beispiel bei französischen Straßenbahnen, unter anderen auch in Lille.

\*

Das Gleis, an dem die Stromabnehmer gleiten, die Oberleitung, ist ein Verkehrsgerät von besonderer Eigenart. Ohne festen Boden unter den Füßen, stets redlich bemüht, möglichst unauffällig aufzutreten, selbst unbeweglich und doch der Bewegungsspende für alle Wagen, die darunter hinwegziehen, schwebt dieses Gleis in der Luft. Es ruht auf einem Unterbau, der nicht eine Erd feste ist, sondern meist nur aus dünnen Fäden besteht. Dennoch zeigt es eine harte Widerstandsfähigkeit. Man begnügt sich damit, die Oberleitung auf gerader Strecke in Abständen von ungefähr vierzig Metern zu befestigen; sie bleibt infolge durchlaufender Spannung trotzdem so fest in der ihr vorgeschriebenen Lage, daß der ziemlich starke Druck der Stromabnehmer nur eine

ganz geringe Bewegung hervorzurufen vermag. In Krümmungen müssen die Aufhängungspunkte bei Benutzung von Rollenabnehmern dichter aneinander stehen, nicht um die Festigkeit des Luftdrahts zu erhöhen, sondern um seine stetige Lage über der Gleismitte an allen Punkten der Krümmung zu sichern.

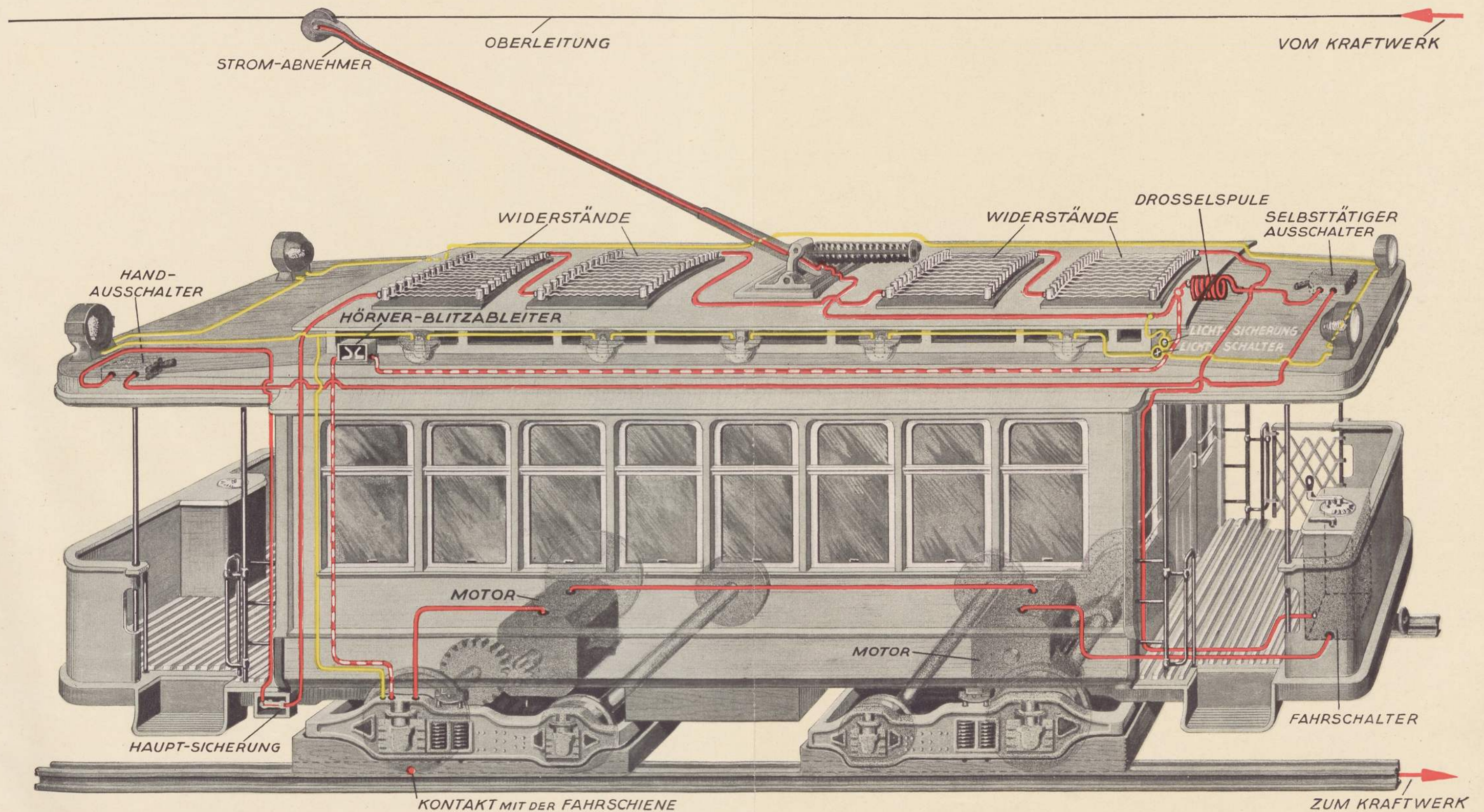
Die Oberleitung hängt entweder an stählernen Querdrähten oder, seltener, an Auslegerarmen. Diese letzten sind stets an Masten angebracht, die Querdrähte aber senken ihre Füße auch häufig in Häusermauern. Überall dort, wo die Straße nicht übermäßig breit ist, vermeidet man gern das Aufstellen besonderer Tragemaste, indem man kräftige Befestigungsösen für die Querdrähte in den Frontwänden anbringt. Das ist jedoch nur da möglich, wo die Häuser eine feste Bauart haben. Die Querdrähte in Fachwerkwänden zu verankern, ist nicht möglich, da die von ihnen ausgeübte Zugspannung recht bedeutend ist.

Als die Oberleitungen für die ersten elektrischen Bahnen ausgelegt wurden, hatten die Gesellschaften recht harte Kämpfe mit den Hausbesitzern auszufechten, die das Anbringen der Querdrahtaufhängung nicht gestatten wollten. Wie immer in solchen Fällen gingen allerlei Märchen über die Schädigungen um, die den Gebäuden hierdurch erwachsen könnten. Die Möglichkeit dazu wäre auch durch Geräusch-Übertragungen gegeben, wenn nicht von vornherein durchgreifende Gegenmittel vorgesehen worden wären.

Zwischen dem stromführenden Luftdraht und der Hauswand befinden sich stets mindestens zwei Isolierungen. Dort, wo Querdraht und Längsdraht zusammentreffen, also an dem eigentlichen Aufhängungspunkt, ist ein Verbindungsgerät vorgesehen, das einen Isolator einschließt (Bild 700). Die Querdrähte sind also stets stromlos. Dennoch schaltet man in sie kurz vor der Wandbefestigung nochmals einen Isolator ein. Er besteht meist aus zwei gekreuzten Eisen, die nur durch eine Porzellanplatte miteinander in Verbindung stehen. Da Porzellan eine sehr hohe Druckfestigkeit hat, Zug aber nur sehr schlecht aushalten kann, ist die Einrichtung nach Bild 701 so getroffen, daß die Zugspannung des Querdrahts in dem Isolator in Druck verwandelt wird. Die Enden der Eisen werden, damit sie nicht auspringen können, mit Hartgummi in Kugelform umgossen.

Außer diesen elektrischen Schutzwehren ist in jeden zu einer Hauswand laufenden Querdraht noch eine mechanische Isolierung eingeschaltet. Die gleitenden Stromabnehmer, die zwar die Oberleitung nicht emporzudrücken vermögen, versetzen den Luftdraht doch in Schwingungen. Diese könnten durch die Querhalter zu den Mauern übertragen werden und ein störendes Geräusch in dem Raum verursachen, welcher der Wandöse am nächsten liegt. Um das zu verhindern, wird unmittelbar vor jeder Wandbefestigung ein Schalldämpfer eingelegt. Oft bringt man sogar deren zwei hintereinander an. Sie bestehen meist aus einem eisernen Gehäuse, in dem sich zwei Gummipuffer als Träger der Querdrahtenden befinden.





Die elektrische Ausrüstung eines Straßenbahnwagens

Not: die Leitungen für den Betriebsstrom; rot-weiß: Drähte der Blitzableiteranlage; gelb: Beleuchtungskabel. (Zu Seite 435.)



Die in breiten Straßen notwendigen Tragmaße werden größtenteils an den Mändern der Bürgersteige in einer Reihe mit den Bäumen und Laternenpfählen aufgestellt, damit sie möglichst wenig störend wirken. Nachdem der Mast mit Hilfe eines Krans in einem runden Loch im Boden aufgestellt ist, wird dieses mit Beton ausgegossen. Man legt großen Wert darauf, den oft nach Tausenden zählenden Pfosten innerhalb der Städte eine möglichst gefällige Form zu geben. Der Angriffspunkt der Zugkraft, die von dem angehängten Querdraht ausgeübt wird, befindet sich in einer Höhe von 6 bis 6½ Metern über dem Boden, in dem der Mast befestigt ist. Es entsteht so ein recht langer Hebelarm, der eine sehr große Biegungsbeanspruchung in dem Mast aufzutreten läßt. Die Querdrähte sind bestrebt, die Mastköpfe nach der Straßenmitte hin zu reißen; die stärkste Beanspruchung tritt an der Stelle auf, wo der Mast seinen Fuß in den Boden zu setzen beginnt. Hier muß also der Querschnitt am stärksten gehalten sein. Nach oben zu darf eine Verjüngung eintreten.

Als recht befriedigend in der Form und widerstandsfähig zugleich haben sich die nahtlos gewalzten Rohrmaste erwiesen. Sie bestehen aus Stahl und haben eine Wandstärke von etwa 8 Millimetern. Das äußerst kunstvolle Walzverfahren gestattet, den Rohrdurchmesser zweimal zu verjüngen. Um die Übergänge von einem Querschnitt zum anderen zu verdecken, werden gußeiserne Schmuckringe über die Maste gezogen. Ein gleichfalls gußeiserner Fuß steht auf dem Boden, um einen wohlgefälligen Abschluß vorzutauschen. Tatsächlich läuft das Rohr mit glatter Wandung in den Grund hinein.

Auf Landstraßen verwendet man meist die sehr viel billigeren Maste aus eisernem Gitterwerk. Es kommen ferner noch Maste aus Holz und in immer größerer Zahl auch solche aus Eisenbeton in Anwendung. Dort, wo die Geleise seitlich in unmittelbarer Nähe einer Bordkante laufen, werden Auslegerarme angebracht. Sowohl eine gerade Bauart dieser Ausleger mit Hilfstragwerk aus Spanndrähten wie eine geschweifte Form, die sich selbst trägt, werden gebraucht.

Der Fahrdrabt selbst besteht aus Kupfer. Sein Querschnitt zeigte früher Kreisform, heute ist man wohl überall zu dem 8-förmigen Querschnitt übergegangen. Diese Änderung steht in engstem Zusammenhang mit der Befestigungsart der Oberleitung, die den Straßenbahntechnikern in der Anfangszeit viel Sorge gemacht hat.

Auf den ersten in Berlin gebauten Straßenbahnlinien trat in dem besonders heißen Sommer des Jahres 1901 eine schwere Krankheit auf: die Drahtbruchseuche. Fortwährend riß die Oberleitung, fiel auf den Boden hinab und verursachte sehr böse Unfälle. Man fand, daß der Bruch immer in unmittelbarer Nähe eines Aufhängungspunkts stattfand. Die Ursache lag sowohl in der Form der Drahthalter wie in der Art, in welcher die Verbindung zwischen den Haltern und dem Draht hergestellt war. Der kreisrunde Fahrdrabt wurde damals

stets an die Halter angelötet. Aus dem Halterkörper ragte ein kräftiges Bronze-Gußstück nach unten hinaus, das zu einer Einheit mit der Leitung verschmolzen wurde (Bild 708). Hierbei war es nicht zu vermeiden, daß durch die Erhitzung des Drahts während der Lötarbeit eine Verringerung seiner Festigkeit eintrat, und daß das Gußstück an seiner breitesten Stelle ihm eine allzu große Starrheit gab. Die Stromabnehmerrolle, die für gewöhnlich eine kleine mit ihrem Rücken nach oben gerichtete Welle in den Fahrdrabt drückt, wurde an jeder Befestigungsstelle nach unten geschlagen, weil hier die Welle sich glättete. Hinter dem aufgelöteten Gußstück schlug der Stromabnehmer dann sogleich wieder nach oben, wodurch eine sehr ungünstige Beanspruchung des Drahts eintrat. Da auch der Federdruck, unter dem die Abnehmer damals standen, viel zu groß war, mußten Brüche auftreten.

Die Seuche wurde zunächst dadurch bekämpft, daß man den Druck der Stromabnehmer verringerte und an den Aufhängungspunkten Schutzbügel anbrachte. Diesseits und jenseits des Halters wurde auf den Fahrdrabt eine Eise gelötet und ein verbindender Draht dazwischen über den Halterkopf gelegt. Wenn nun ein Drahtbruch eintrat, wurde wenigstens das so überaus gefährliche Hinabfallen verhindert.

Diese Einrichtung stellte jedoch nur ein äußerliches Flickwerk dar, da sie wohl die schlimmste Folge der Krankheit, aber nicht diese selbst beseitigte. Das war erst möglich durch eine grundlegende Änderung in der Art der Befestigung.



706. Auslegermaste mit geschweiften Armen

Eine Hilfsverspannung der tragenden Ausleger ist hier nicht nötig

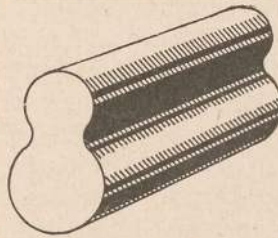


Damals eben ging man von dem runden Draht zum 8-förmigen über. Dieser gestattete, in bequemster Weise das Verflechten an die Stelle des Lötens zu setzen. Die heutige Befestigungsart zeigt Bild 709. Der Halter ist mit dem Fahrdrabt nur an zwei schmalen Stellen durch Klemmbacken verbunden, die schädliche Erhöhung der Starrheit also vermieden. Kommt es trotzdem einmal zu einem Drahtbruch — ein Vorgang, der heute äußerst selten sich ereignet — dann liegt die Bruchstelle stets zwischen den beiden Klemmbacken. Diese sind verschiebbar und drehbar an dem Halterbügel angeordnet. Sie können sich der veränderten Lage des gebrochenen Drahts sogleich anpassen und halten ihn nach wie vor fest.

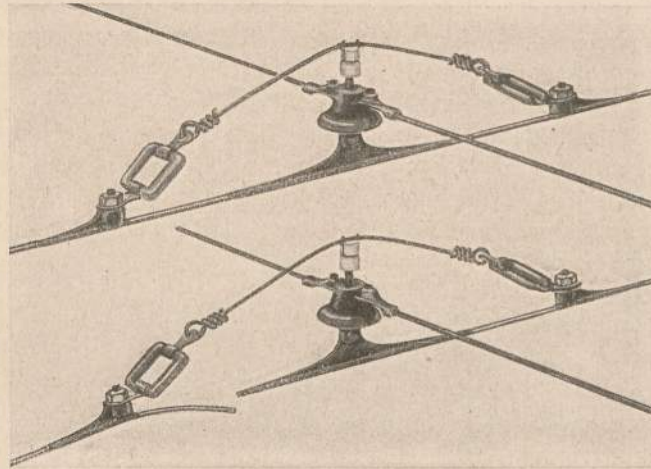
Die unterschrittene Querschnittform des Fahrdrabts gestattet, die Klemmbacken so anzubringen, daß die Unterfläche der Leitung, auf der die Rolle oder der Bügel schleifen, vollkommen glatt bleibt, was bei rundem Querschnitt nicht möglich gewesen wäre. Hierdurch wird vermieden, daß die Abnehmer beim Durchgleiten unter einem Aufhängungspunkt nach unten geschlagen werden und eine schädliche Einwirkung durch das darauf folgende Hochspringen eintritt. Die Lötarbeit, die den Fahrdrabt erweichte, fällt ganz fort. Denn auch die Schutzbügel, deren Anbringung die Zahl der Lötstellen an jedem Aufhängungspunkt auf vier erhöhte, können nun fortgelassen werden. In verhältnismäßig einfacher, aber baulich sehr fein ausgedachter Weise ist auf diese Art ein Schreckgespenst aus dem elektrischen Straßenbahnbetrieb gebannt worden, das ihn eine Zeitlang zu erwürgen drohte.

Ein Vergleich zwischen den Bildern 700 und 709 zeigt, daß auch die Art verändert ist, mit der die Halter der Oberleitung an den Querdrähten befestigt sind. Die Form des älteren Halters zwingt zu einer Spaltung des Querdrabts. Die Enden getrennter Zweige werden rechts und links in die Hsen geknüpft. Heute aber läuft der Querdrabt ungeteilt von einem der eingeschalteten Isolator zum anderen (Bild 702), die Halter werden mit Hilfe passend geformter Ausleger nun einfach hineingehakt. Zugleich liegt jetzt der Fahrdrabt vollständig frei unter dem Halter, so daß Bügel ebensogut wie Rollen unter dem Aufhängungspunkt vorübergleiten können.

Damit eine genügend standfeste Oberleitung entsteht, genügt es nicht, den Fahrdrabt bloß am Hinabfallen zu



707. Oberleitungsdrabt mit 8-förmigem Querschnitt



708. Ältere Befestigung der Oberleitung

Der kreisförmige Leitungsdrabt ist an den Aufhängungs-Isolator angelötet. Da an den Lötstellen öfter Drahtbrüche entstanden, mußten Schutzbügel angebracht werden, damit das abgebrochene Leitungsstück nicht auf die Straße hinabfiel

hindern. Er muß nicht nur aufgehängt, sondern auch in der wagerechten Ebene gespannt sein. Die Querdrähte geben ihm in dieser Richtung keine genügende Festigkeit, da sie hin- und herschaukeln könnten. Um das zu vermeiden, werden Ankerdrähte hinzugefügt. Sie sind auf glatter Strecke in Abständen von 500 Metern an den Haltern angebracht.

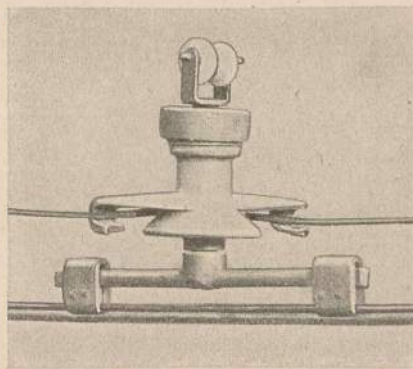
Wie Bild 710 zeigt, entsteht an einer solchen Abspannungsstelle eine dreieckförmige Befestigung. Der Querdrabt wird durch die Ankerdrähte an jeder Bewegung in der Gleisrichtung verhindert. Der Ankerzug spannt die Oberleitung also nach beiden Richtungen an. Dadurch, daß die Ankerdrähte jeder Seite einen gemeinschaftlichen Angriffspunkt haben, wird verhindert, daß der Fahrdrabt selbst den ganzen Zug aufzunehmen hat. Die Verspannung ruft neben ihrer festigenden Wirkung eine mechanische Unterteilung der Oberleitung hervor. Tritt ein Bruch ein, so kann der Fahrdrabt nicht auf weiter Strecke zurückschnellen und sich krumm ziehen, die Verschiebung aus der richtigen Lage endet vielmehr schon an der nächsten Verankerungsstelle.

Abspannungen des Fahrdrabts müssen auch an allen Endstellen vorgesehen sein, ferner an den Weichen, wo ja immer einer der Drähte aufhört. Auch Knickpunkte, an denen eine Änderung des Gefälles eintritt, erfordern eine Verankerung. In den Krümmungen, die zur stetigen Durchführung des Fahr-

drabts über den Gleismitten ohnedies schon reichlich mit Querdrähten versehen sind, entsteht durch das Hinzutreten der Verankerungen ein äußerst vielmaschiges Gespinnst.

Dort, wo Ankerdrähte am Querdrabt angreifen, bringt man gern die Abteilungs-Isolatoren an. Die Anordnung kann alsdann so getroffen werden, daß die Unterbrechungsstelle in der Leitung von jeder Zugwirkung entlastet ist. Wie der Schalter am Mast eine elektrische Überbrückung des Abteilungs-Isolators darstellt, so bildet ein kurzer, zwischen die Anker gelegter Stahlbrabt eine mechanische Überbrückung.

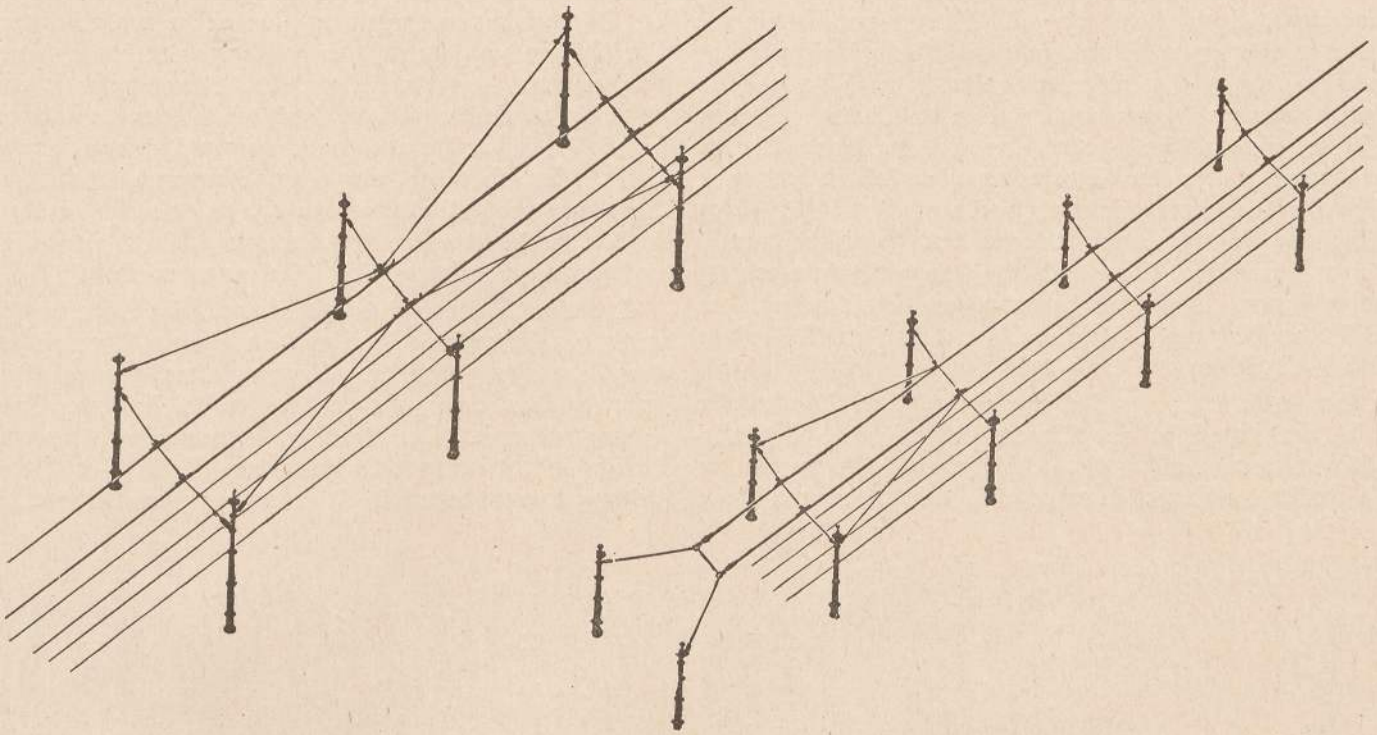
Es kommt nicht allzu selten vor, daß über einer Gleisstrecke vor beträchtlicher Länge keine Querdrähte aufgehängt werden können. Das ist zum Beispiel überall dort der Fall, wo eine sehr breite Straße überschritten werden muß, deren Fahrdamm nicht unterteilt ist. Als der Tunnel noch nicht bestand, in dem die Bahnwagen heute die Straße Unter den Linden in Berlin kreuzen, hat die Oberleitung dort



709. Neuere Befestigung der Oberleitung

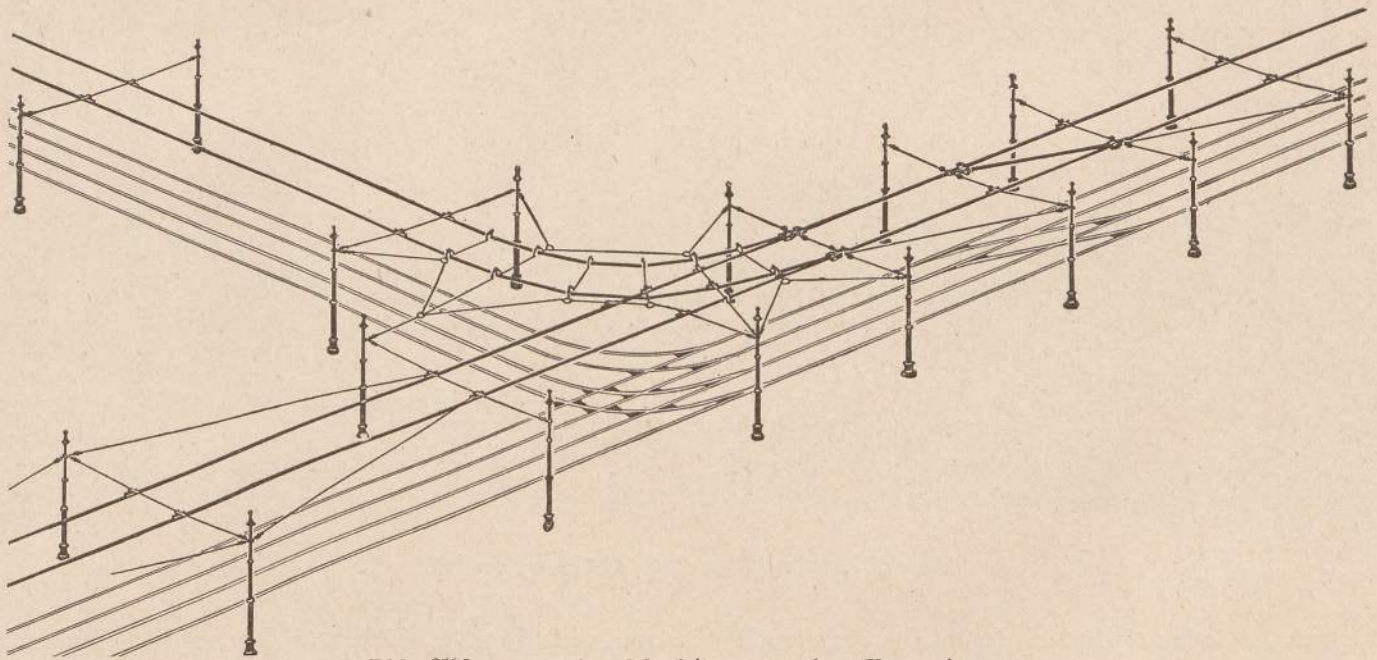
Der 8-förmige Leitungsdrabt ist mittels beweglicher Klemmbacken am Aufhängungs-Isolator befestigt. Die Drahtbruchgefahr ist hierdurch beseitigt





710. Abspannung einer Oberleitung auf der freien Strecke  
Die schrägen Ankerdrähte verhindern ein Verschieben der Oberleitung  
in der Gleisrichtung

711. Abspannung einer Endstelle



712. Abspannung der Oberleitung an einer Verzweigung



713. Aufhängung der Oberleitung über der Straße Unter den Linden  
Wegen des sehr weiten Abstands der Tragmasse mußten Hilfsstragdrähte ausgelegt werden



eine freie Spannweite von 60 Metern zu überwinden. Es war nicht möglich, den Fahrdrabt selbst so kräftig anzuziehen, daß er ohne allzustarken Durchhang hätte hinüberlaufen können. Darum wurden neben die Mitten der beiden Geleise Stahldrahtseile gelegt, die an den letzten Masten zu beiden Seiten der Straße verankert waren und eine sehr starke Spannung auszuhalten vermochten. An diesen Tragseilen befestigte man alsdann den Fahrdrabt mittels kurzer Querdrähte, die ausreichend geringe Abstände voneinander hatten. Diese Anordnung nähert sich schon sehr der Vielfachaufhängung, wie sie bei den elektrischen Vollbahnen üblich ist (Bilder auf Seite 316).

Eine recht schwierige Aufgabe ist es, eine Straßenbahn mit Oberleitung über eine Klappbrücke zu führen, die häufig geöffnet werden muß. Bei geschlossener Brücke werden die Fahrdrähte der hinüberlaufenden Straßenbahn von zwei schräg

die Schienenweichen verstellbare Zungen zu haben brauchen. Sie sind, in der Fahrtrichtung gesehen, hinter den Schienenverzweigungen angeordnet, so daß der Stromabnehmer, wenn er zu der Luftweiche gelangt, durch den Wagen bereits derart gestellt ist, daß er der neu eingeschlagenen Richtung zu folgen strebt. Es ist daher nur nötig, ihm einen Bauteil zur Verfügung zu stellen, über den er, frei gleitend, entweder in die gerade oder in die abzweigende Verlängerung des verlassenen Oberleitungsstücks hineingelangen kann.

Der obere Teil von Bild 717 läßt uns eine Luftweiche von unten her betrachten. Zwischen dem glatten Fahrdrabt und der Verzweigung befindet sich eine ebene Fläche. Beim Hinweggleiten unter ihr berührt die Rollenkerbe keinen Leitungsteil mehr. Der Kontakt wird vielmehr jetzt von den Rollenflanschen hergestellt. Unter dem Einfluß der Wagenstellung kommt dann die Kerbe wieder zum Anliegen auf



714. Oberleitung an einer Verzweigungsstelle

stehenden Auslegern gespannt gehalten, die zugleich eine elektrische Zusammenschaltung bewirken. Durch Gewichte, die in den nächststehenden Rohrmasten laufen, wird die Last dieser Ausleger ausgeglichen. Wenn die Fahrbahn der Brücke sich hebt, so stoßen die Plattformen gegen die Auslegerpfosten und nehmen sie beim weiteren Auseinandergehen mit. Die nun nach unten durchhängende Oberleitung wird durch einen selbsttätigen Ausschalter stromlos gemacht, während zugleich ein unter dem Wasser hindurchgeführtes Kabel die Weiterleitung des Stroms übernimmt. Ein solches Überbrückungskabel ist auch für die rückleitenden Fahrdrähte vorgesehen, die beim Aufziehen der Brücke ja gleichfalls voneinander getrennt werden.

Die Luftweichen, die den Stromabnehmern die Fortsetzung ihres Wegs sowohl auf dem durchlaufenden Draht wie auf dem abzweigenden ermöglichen müssen, können eine verhältnismäßig einfache Bauart haben, da sie nicht wie

dem zuerst schmalen, allmählich sich verbreiternden Rücken des Drahts, der in die gewählte Richtung führt. Um Entgleisungen zu verhüten, sind zu beiden Seiten des Freilaufstücks Führungslappen angeordnet.

Bei Kreuzungen wird in ähnlicher Weise verfahren. Eine fahrdrahtlose Platte ist eingeschaltet, die ein Hinweggleiten der Rolle in beiden sich kreuzenden Richtungen gestattet. Die Führungslappen der Weiche sind hier durch einen runden Dorn ersetzt, der genau im Kreuzungspunkt steht und ein Abgleiten der Rolle verhindert.

Das bisher über Weichen und Kreuzungen Gesagte gilt für Oberleitungen, die mit Stromabnehmern in Rollenform befahren werden. Der Bügel erfordert keine eigentliche Luftweichen-Anordnung. Für ihn genügt einfaches Anfügen des abzweigenden Drahts an den durchlaufenden; unter dem Einfluß des Wagens schlägt der Bügel dann mit Sicherheit die neue Richtung ein. Die Kreuzungen aber müssen auch

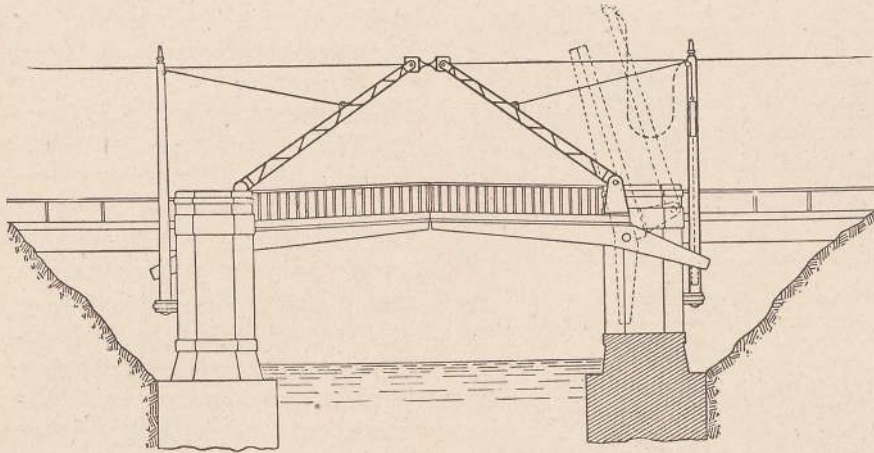


für den Bügelabnehmer sorgfältig durchgebildet werden. Es ist nicht möglich, die beiden einander kreuzenden Drähte glatt durchlaufen zu lassen, denn der Abnehmer würde in diesem Fall mit seiner breiten Oberkante an den zur Fahrtrichtung im Winkel stehenden Draht anschlagen. Eine Anordnung nach Bild 719 verhindert dies. Sie schafft durch Senken der Gleitebenen einen wirklichen Kreuzungspunkt, der nach allen Seiten hin freisteht.

Es kommt, besonders in kleineren Orten, nicht selten vor, daß in zweigeleisige Strecken Stücke mit nur Einem Gleis eingeschaltet sind. Man sieht in diesen Fällen meistens davon ab, die zwei Oberleitungsdrähte in einen zusammenzuführen, man läßt sie vielmehr in geringer Entfernung nebeneinander durchlaufen. Hierdurch wird das Einbauen von Luftweichen und die Ausbildung von Endverspannungen vermieden.

In Orten, in denen die Fernsprech- und Telegraphenleitungen oberirdisch geführt sind, müssen besondere Vorkehrungen getroffen sein, um jede Berührung der Schwachstrom-Drähte mit der Starkstrom führenden Oberleitung der Straßenbahn auszuschließen. Eine solche könnte beim Reißen eines der Postdrähte eintreten, und gefährliche Wirkungen auf die feinen Windungen der Apparate im Amt müßten die Folge sein. Wo Schönheits-Rücksichten ein solches Vorgehen nicht verbieten, wird unter einen kreuzenden Schwarm von Schwachstromdrähten ein Netz gespannt. Es genügt aber auch, schmale Holzleisten auf den Rücken der Fahrdrähte zu befestigen. Sie bilden eine Isolierung, die unmittelbare Berührung zwischen den feindlichen Leitungen unter allen Umständen ausschließt. An den Enden der Holzleisten sind Drahthälften befestigt, die ein seitliches Abgleiten der aufgestellten Leitung auf nicht isolierte Drahtteile verhindern.

Wir haben schon gehört, daß trotz aller Schutzmaßnahmen doch stets vagabundierende Ströme von den leitenden Fahr-schienen ins Erdreich übergehen. Abgesehen von der zersetzenden Wirkung, welche diese Ströme auf alle eisernen Gegenstände im Boden ausüben, werden sie unangenehm auch überall da



715. Führung der Oberleitung über eine Klappbrücke  
Grüne Brücke in Danzig

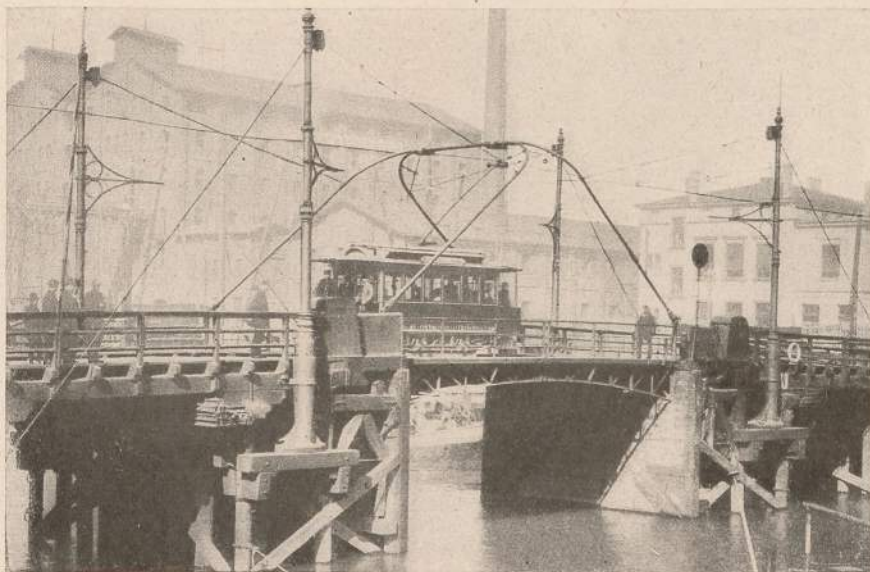
beruht, sind dort ständig im Gebrauch. Man mußte fürchten, daß jeder vorüberfahrende Wagen dadurch, daß er die Fahr-schienen mit Strom speiste, eine Veränderung in der Einstellung dieser Apparate herbeiführen und damit jede genaue Beobachtung unmöglich machen würde.

Die Charlottenburger Straßenbahn aber wollte auf die wichtige Verbindung durch die Marchstraße nicht verzichten. Man einigte sich deshalb dahin, daß auf dieser Strecke die Fahr-schienen nicht als Leitung benutzt werden sollten. Es wurde deshalb über jedem Gleis eine doppelpolige Oberleitung ausgelegt, deren eng benachbarte und von einander isolierte Zweige also sowohl die Hin- wie die Rückleitung des Stroms übernahmen. Die Wagen erhielten zwei Stromabnehmer, deren einer bei der Fahrt durch die anderen Straßen niedergezogen und in wagerechter Lage auf dem Dach festgehalten wurde. Nach Fortlegung zahlreicher Abteilungen der Reichsanstalt aus der Marchstraße ist dort die normale einpolige Oberleitung wieder eingerichtet worden.

Jede Oberleitungsanlage erfordert eine sehr sorgsame Aufsichtigung und Unterhaltung. Alle Teile sind ja den atmosphärischen Einflüssen, der fressenden Feuchtigkeit wie dem rüttelnden Anprall der Windstöße, ununterbrochen ausgesetzt. Es findet deshalb in Abständen von höchstens zehn Tagen immer wieder eine genaue Durchprüfung jedes Aufhängungspunkts statt.

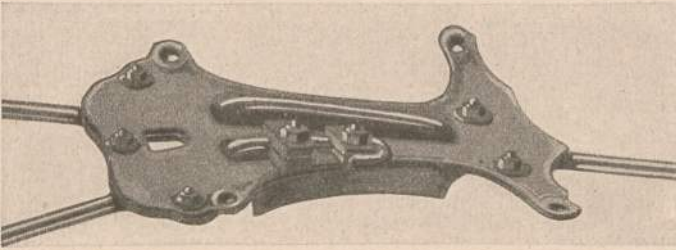
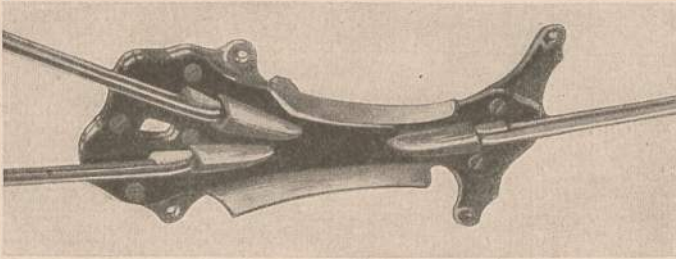
Damit man die hochliegenden Teile bequem erreichen kann, sind Fahrzeuge mit leicht hebbarer Plattform, sogenannte Turmwagen, ausgebildet worden.

Mit ihrem nicht allzu hohen festen Gestell können sie bequem durch die Straßen fahren. Für die Untersuchungsarbeit wird dann die Plattform bis dicht unter die Oberleitung hochgeklübelt. Die Beamten erreichen so die nachzusehenden



716. Führung der Oberleitung über eine Klappbrücke in Duisburg





717. Luftweiche

Vorrichtung zur Überführung der Rollen-Stromabnehmer an einer Verzweigung. Ansichten von unten und von oben

Aufhängungspunkte sehr bequem. Sie brauchen sich vor einer Berührung der Oberleitung nicht zu fürchten, da das Holzwerk des Wagens und eine besonders kräftige Lackierung des Plattformbodens eine genügende Isolierung gegen Erde darstellen. Bei Turmwagen, die motorisch angetrieben werden, kommt meist noch die günstige Zwischenschaltung der Gummibereifung dazu. Wo die Straßenbahn-Stromabnehmer in Rollenform besitzt, ist es günstig, der ausziehbaren Plattform eine seitliche Auskrantung zu geben. Man hat dann nicht nötig, das Untersuchungs-Fahrzeug jedesmal zur Seite zu schaffen, wenn ein Straßenbahnwagen naht, da der Abstand des Traggerüsts von dem Gleis genügend groß ist, um die Breite des Wagens durchzulassen, während der Rand der Auskrantung sich dicht an der Oberleitung befindet.

\*

Als die Feindschaft gegen die Oberleitung noch weit verbreitet und sehr scharf war, mußten die Straßenbahnen in vielen Orten unter Aufwendung großer Kosten versuchen, den mißliebigen Bauteil in den besseren Stadtteilen zu vermeiden. Es gab hierzu zwei Wege: die Anwendung von Speichervagen und den Einbau unterirdisch geführter Leitungen.

Der Gedanke, Straßenbahnwagen mittels Akkumulatoren anzutreiben, ist ungemein verlockend: werden die Fahrzeuge doch hierdurch auf ihren Geleisen vollkommen selbständig. Ohne jede elektrische Verbindung nach außen können sie

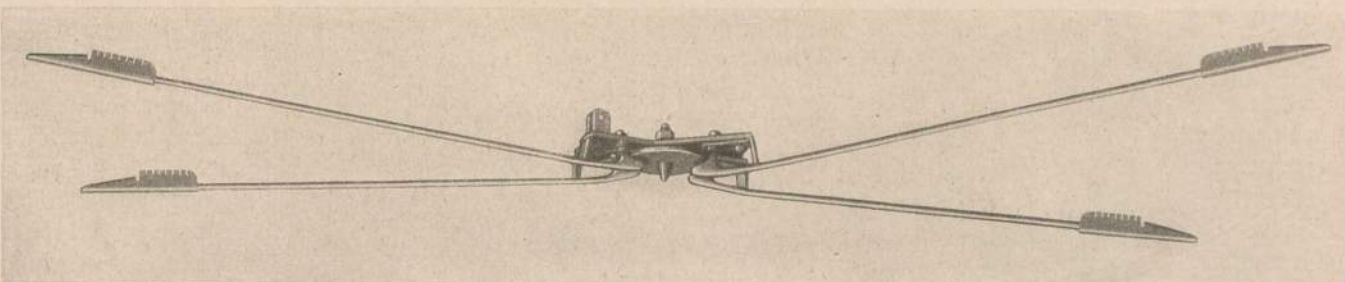
unter Anwendung der gleichen Steuerung, wie sie beim Leitungsbetrieb gebraucht wird, dahinfahren. Es hat sich jedoch gezeigt, daß ein Straßenbahnbetrieb solcher Art nicht aufrecht zu erhalten ist. Im Gegensatz zu den Triebwagen mit Akkumulatoren, die auf der Eisenbahn als Einzelfahrzeuge mit Erfolg angewendet werden, erwiesen sich die Wagen gleicher Art auf Straßenbahnlinien als unbrauchbar. Die Gründe hierfür sind das sehr hohe Gewicht der Speicherbatterien und die geringen Ladezeiten, die zur Verfügung stehen.

Während die Eisenbahn-Triebwagen nach jeder Fahrt über die immer hindernisfreie Strecke lange Ruhezeiten haben, die, wenn nötig, stets eine volle Neuaufladung der Batterien ermöglichen, sind die Straßenbahnwagen ununterbrochen im Betrieb. Die Aufenthaltszeit an den Endstellen genügt meist nicht zur Ergänzung der Ladung. Darum waren die Wagen so eingerichtet, daß auch während der Fahrt durch Straßen, in denen eine Oberleitung bestand, den Batterien Strom zugeführt werden konnte. Doch auch hierdurch kam man zu keinem günstigen Ergebnis. Es wird später, wenn wir die Geschichte der Großen Berliner Straßenbahn besprechen, erzählt werden, in welche argen Verlegenheiten diese Gesellschaft bald nach Einführung des elektrischen Betriebs durch die Speichervagen gekommen ist. Die dort angegebenen Gründe für das Versagen der Akkumulatoren sind allgemeingültig. Heute dürfte es nur noch ganz wenige Straßenbahnneße geben, auf denen Wagen mit dieser Einrichtung laufen.

Die Unterleitung aber wird noch immer hier und da in größerem Maß angewendet, wenngleich auch ihr eine grundsätzliche Bedeutung für den Straßenbahnbetrieb heute nicht mehr zukommt. Die Anlagen sind in den Zeiten, als jedes Ansuchen um die Erlaubnis zur Anlegung einer Unterleitung einen heftigen Kampf in den Stadtparlamenten entfesselte, mit großen Kosten in die Straßenkörper eingebaut worden, und man will wegen der hohen Ausgaben, die dafür einst aufgewendet werden mußten, an vielen Orten auch jetzt noch auf ihren Gebrauch nicht verzichten. Recht willkommene Gäste aber sind die unterirdischen Leitungen in den Straßenbahnneßen nie gewesen, und heute betrachtet man diese Leitungsbauart noch weit mehr als Verkehrerschwerung denn früher. Der Sieg der Oberleitung ist tatsächlich vollkommen.

Die Geschichte der Unterleitung, die kaum mehr ist als eine sich abrollende Kette schwerster Mißerfolge, zerfällt in zwei scharf voneinander getrennte Abschnitte. Das Schlagwort für den ersten Teil heißt: Straßenkanal ohne Schütz, der zweite ist zu benennen: Schützrohr im Boden.

Es herrschte große Freude, als eine an sich sehr hübsch erdachte Bauart zum erstenmal die Stromentnahme aus einer ganz in die Erde eingebetteten, nur hier und da in bescheidenster Form zutage tretenden Leitung gestattete. Nun, so meinte



718. Kreuzungsstelle in der Oberleitung  
zum Befahren mit Rollen-Stromabnehmern



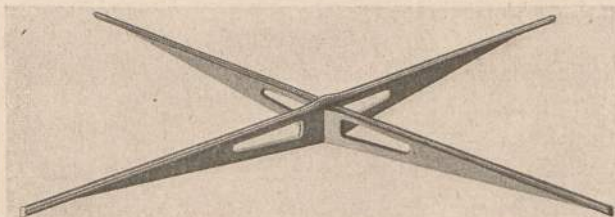
man, werde die gefürchtete Verunstaltung der Straßen durch die elektrischen Bahnen ein für allemal aufhören. Auf der Straße wurde nämlich nicht mehr als eine Reihe blanker Knöpfe sichtbar, die in Abständen von mehreren Metern zwischen den Schienen jedes Gleises in das Straßenpflaster eingelegt waren. Sie stellten Ausladungen einer Unterleitung dar, die selbst in zusammenhängendem Zug auf dem Boden eines eingebauten Kanals dahinflief. Die Schienen bildeten auch hier die Rückleitung.

Es ist klar, daß die Kontaktknöpfe nicht ständig stromführend sein durften. Denn sonst würden ja jeder Mensch und jedes Pferd, die dahinschreitende Schiene und Knopf zugleich berührten, einen gefährlichen Schlag erhalten haben. Durch die Einfügung besonderer Zwischenmittel in den Leitungskanal wurde deshalb dafür gesorgt, daß die Kontaktknöpfe mit der eigentlichen Unterleitung nur dann verbunden waren, wenn sich ein Straßenbahnwagen über ihnen befand und sie gegen Fremdbberührung abdeckte. Es mußte sich also unter jedem der Knöpfe eine Schalteinrichtung befinden, die den Knopfkörper entweder an das Kabel auf dem Grund des Kanals schaltete oder ihn elektrisch davon abtrennte.

Die einzige Möglichkeit, diese von der Außenwelt völlig getrennten Schalter zu bewegen, bot der Elektromagnetismus. Unter den Straßenbahnwagen wurden schwere Magnete angebracht, die ständig mit Strom versorgt waren und ein kräftiges Feld erzeugten. Sobald ein Wagen mit solchen Magneten (Bild 721) sich über einem der Kontaktknöpfe befand, wurde die Schaltvorrichtung drunten in Tätigkeit gesetzt, und der über den Knopf gleitende, unter dem Wagenkasten angebrachte Stromabnehmer vermochte nun die Motoren zu versorgen. Es mußten stets mindestens zwei Kontaktknöpfe gleichzeitig eingeschaltet sein, damit nie eine Unterbrechung in der Stromversorgung eintrat. Sobald der Wagenkörper einen Knopf nicht mehr überdeckte, war dieser stromlos und konnte ohne Gefahr berührt werden.

Diese schlitziöse Unterleitung war ein Lummelfeld schönster Art für die sogenannten Erfinder, das heißt für Leute, die auf dem Papier vortrefflich ein System zu bereiten verstehen, ohne sich von der praktischen Brauchbarkeit ein Bild zu machen. Letzten Endes liefen alle Bauarten darauf hinaus, bewegliche Eisenstücke durch die Wagenmagnete so einstellen zu lassen, daß sie eine leitende Verbindung zwischen dem blanken, auf Isolatoren verlegten Unterleitungskabel und den Knöpfen im Pflaster herstellten. Es erwies sich jedoch als unmöglich, den Straßenkanal völlig wasserdicht zu halten. Die Leitungstücke darin rosteten darum leicht und verloren ihre Beweglichkeit. Wenn es stark geregnet hatte, bildete das Wasser eine ständige Brücke zwischen Kabel und Knöpfen, und die über die Straße Gehenden erhielten unliebsame elektrische Schläge.

Die Firma Schuckert & Co. in Nürnberg machte den Versuch, die Schaltung nicht durch Einzelleiter mit empfindlichen Teilen, sondern mittels Eisen-Feilspänen hervorzurufen. Diese füllten den Kanal ungefähr bis zur Hälfte an. Wenn der Wagenmagnet seine Wirkung übte, wurden die Späne in Büscheln bis zu einer der darüber liegenden, von den anderen isolierten eisernen Abdeckplatten des Kanals hinaufgezogen. Aber auch diese Schalt-Einrichtung versagte bald, denn die selbst magnetisch gewordenen Feilspäne ballten sich zu einzelnen schweren Klumpen zusammen, so daß nicht immer Kontaktbildung eintrat. Und sobald die Spänchen verrostet waren, bildeten sie gar Isolatoren an Stelle von Leitern.



719. Kreuzungsstelle in der Oberleitung zum Befahren mit Bügel-Stromabnehmern

Der schlitziöse Unterleitungsbau ist heute völlig verlassen. Wo man noch unterirdische Stromzuführung verwendet, da liegt die Leitung in einem Straßenkanal, der mit der Oberwelt durch einen offenen Schlitz verbunden ist. Hiermit ist viel gebessert. Denn durch den Schlitz hindurch kann das blankte Kabel mittels eingeführter Stromabnehmer vom Wagen aus unmittelbar erreicht werden, während seine Berührung durch Straßengänger ausgeschlossen ist. Bewegliche, in den Kanal eingebaute Leitungstücke sind nun nicht mehr erforderlich.

Der erste Unterleitungsbau dieser neueren Gattung wurde von der Firma Siemens & Halske in Budapest ausgeführt. Wir wissen ja schon aus der Geschichte der Schnellbahnen, daß die Verwaltung der ungarischen Hauptstadt von jeher



720. Turmwagen

mit hebbarer Plattform. Es können Ausbesserungsarbeiten an der Oberleitung ausgeführt werden, während diese unter Strom steht, weil die Plattform vom Boden isoliert ist. Die Austragung ist lang genug, daß ein Straßenbahnwagen vorbeifahren kann, ohne daß der Turmwagen abgerückt zu werden braucht.

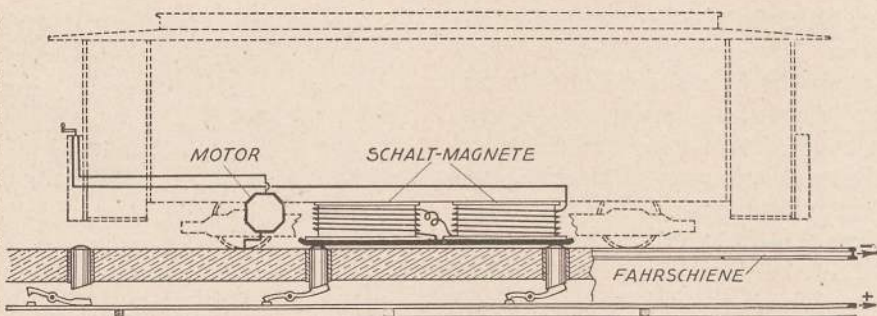


besonders empfindlich gegen die Errichtung von technischen Anlagen gewesen ist, die das Straßenbild stören könnten. Das gesamte Bahnnetz unter die Erde zu verweisen, wie es mit der Linie durch die Andrássy-Straße geschehen ist (Seite 356), ging natürlich nicht an. Es sollte aber wenigstens die Stromzuführung für die oberirdische Bahn unsichtbar sein. Die deutsche Firma wählte eine Bauart, die heute noch in Budapest in Gebrauch ist, ohne allzugroße Störungen zu verursachen. In gleicher Weise sind Unterleitungs-Führungen in anderen Städten, so auch in Berlin, ausgeführt worden.

Der Schütz-Kanal hat die Form, welche die Bilder 723 und 724

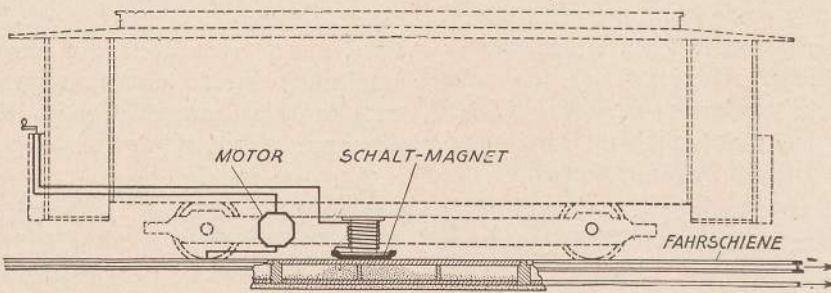
zeigen; er liegt auf einer Seite des Gleises unter einer der Fahrschienen. Gußeiserne Böcke, in kurzen Abständen auf einen Betonunterzug gesetzt, tragen die Fahrschiene, die nicht mehr ein zusammenhängendes Stück ist, sondern aus zwei Teilen besteht. Der Rille fehlt der untere Abschluß, so daß ein Schütz entsteht. Zwischen den Böcken wird ein eiförmiger Kanal aus Stampfbeton hergestellt, in dessen Wänden die Gußeisen-Körper als Rippen liegen. Der Kanal steht an einzelnen Stellen mit den städtischen Abwasser-Leitungen in Verbindung, damit das eindringende Wasser bequem abfließen kann.

An beiden Seiten des Kanals sind nun stromführende Schienen auf Isolatoren eingebaut. Diese stellen die Hin- und die Rückleitung dar; die Fahrschienen



721. Schützlose Unterleitung mit Kontaktknöpfen

Magnete, die unter dem Wagen hängen, schalten bei dessen Vorüberfahrt die aus dem Pflaster ragenden Knöpfe, welche als Stromzuführung dienen, mittels Drehhebeln an das auf dem Boden des Kanals liegende Stromkabel



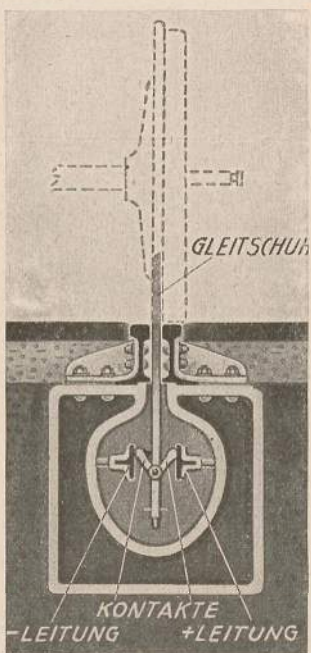
722. Schützlose Unterleitung mit Stromschaltung durch Eisenfeilspäne

Der unter dem Wagen liegende Magnet hebt ein Bündel von Eisenfeilspänen empor und schaltet so eine der eisernen Deckplatten des Kanals nach der anderen an das Stromkabel

einander und berühren die Stromschienen.

Die Zugänglichkeit des Kanals von oben her macht es möglich, ihn mit Hilfe besonderer Räumern zu säubern. Es kann jedoch nicht verhindert werden, daß bei sehr starken Regenfällen das Wasser bis zu den Stromschienen ansteigt und nun doch einen Kurzschluß hervorruft.

Besonders unangenehme Bauteile aber sind die Weichen. Bei dieser Form der Stromzuführung genügt nicht mehr das Umstellen der Weichenzungen allein, auch die Stromschienen müssen umlegbar sein, damit der Abnehmerschlitten den einen oder den anderen Weg einzuschlagen vermag. Der bewegliche Teil der Weiche wird darum sehr schwer, und es ist nicht daran zu denken, ihn vom Fahrer mit der leichten Stange umstellen



723. Querschnitt durch eine Schützunterleitung

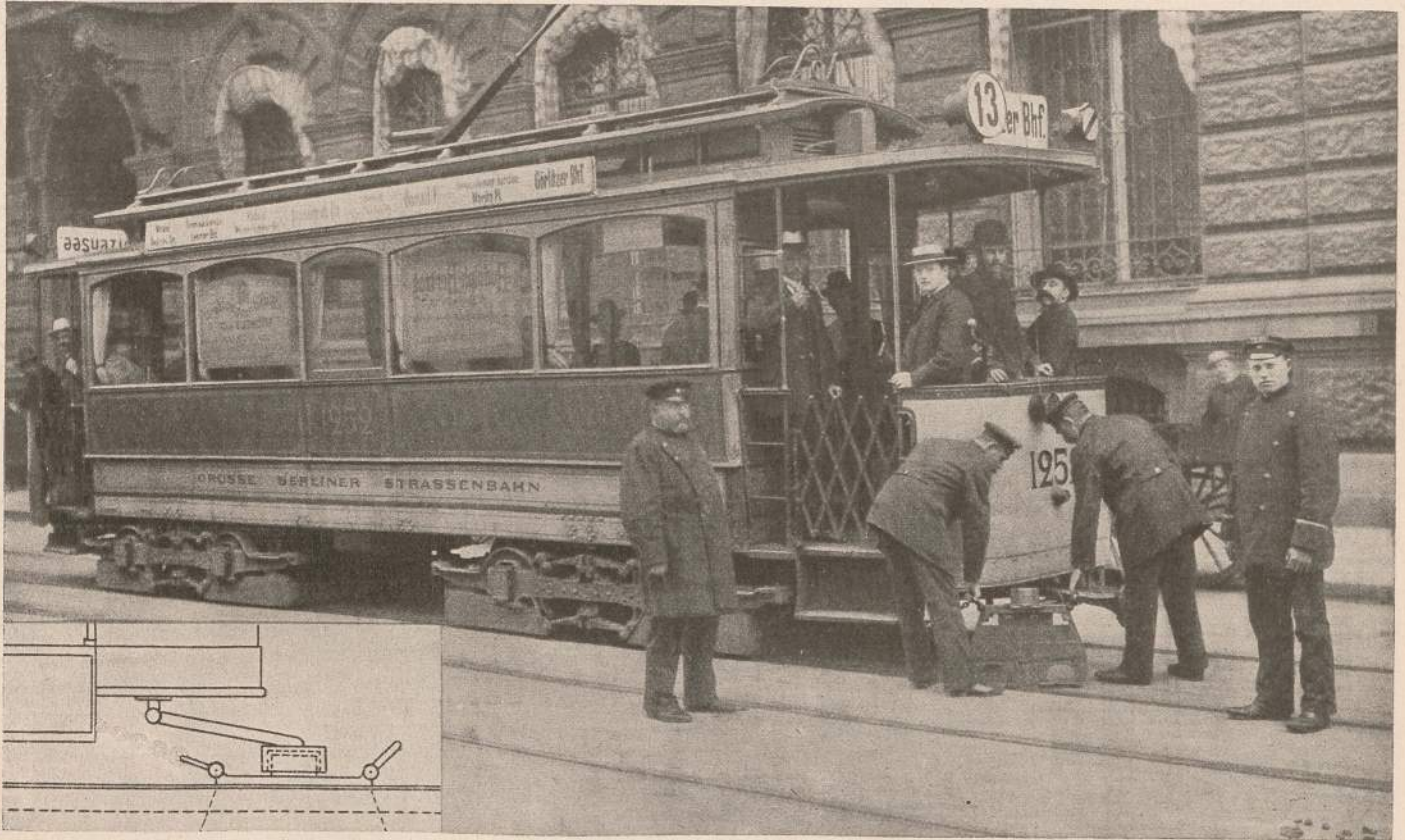
Ein von dem Wagen hinunterhängender Gleitschuh nimmt den Strom von zwei Leitungsschienen ab



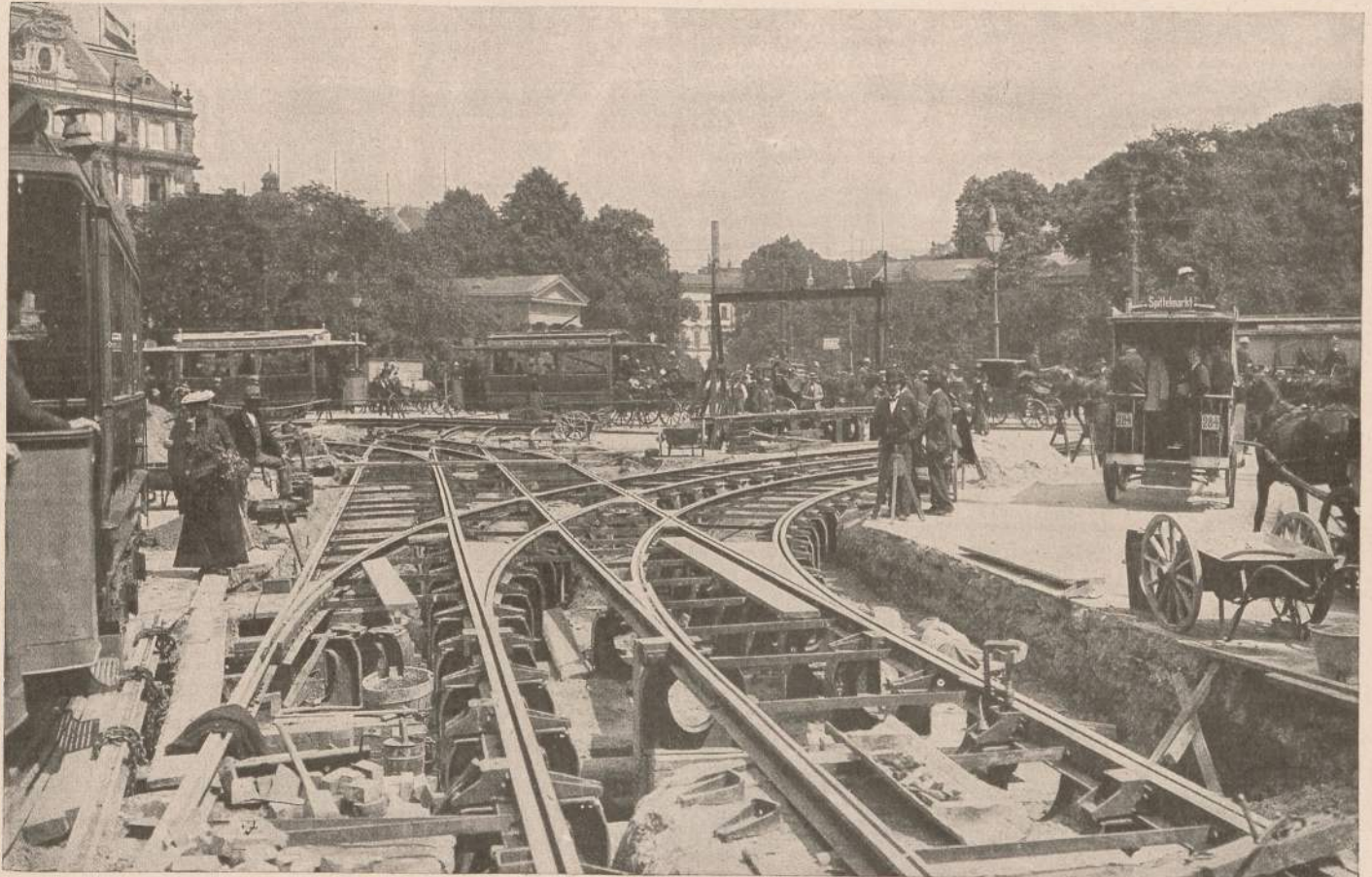
724. Schützunterleitung im Bau

Eiserner Tragbock für den Stromzuführungs-Kanal und Gleitschuh. Dieser berührt mit zwei federnden Auslegern die beiden Stromschienen. Die Betonwände des Schützkanals werden in Form der Tragbockwangen eingestampft. Bauart Siemens & Halske





725. Einsetzen eines Gleitschuhs in die Schützunterleitung vor der Kreuzung der Straße Unter den Linden  
 Links unten: Schema der Verbindung von Gleitschuh und Wagen. Dieser zieht den Stromabnehmer mittels eines eisernen Arms hinter sich



726. Einbau der unterirdischen Stromzuführung auf dem Potsdamer Platz in Berlin  
 Die Anlage, die im Jahre 1901 von Siemens & Halske erbaut wurde, ist längst außer Betrieb

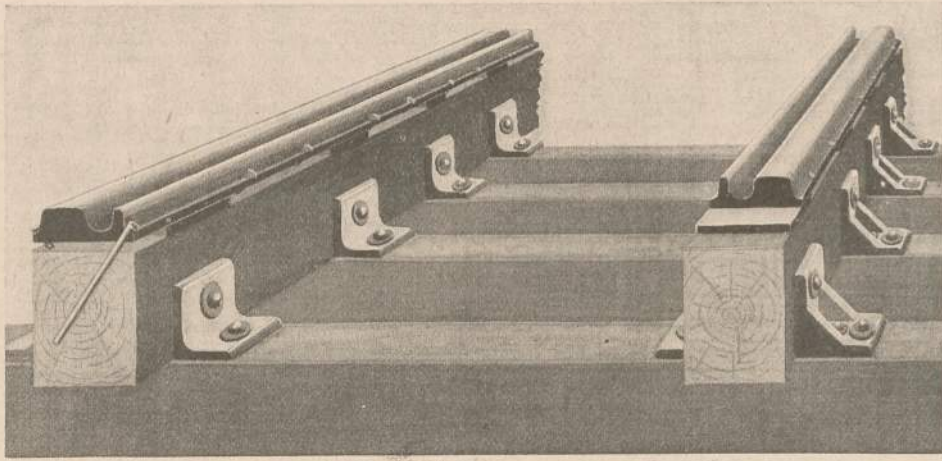


zu lassen, die an Abzweigungen gewöhnlicher Art benutzt wird. Es müssen vielmehr besondere Stellschienen einrichtungen vorgesehen und auch ständig mit Wärtern besetzt werden. Aber die Schwierigkeiten des Einbaus und die mannigfachen Störungen, die auch bei dieser Unterleitungsbauart unver-

meidlich sind, wird uns wiederum die Geschichte der Großen Berliner Straßenbahn Näheres berichten. Wo nur irgend der Widerstand überwunden werden kann, gehen die Straßenbahngesellschaften heute daran, auch die Unterleitung mit Schlitzkanal durch die oberirdische Stromzuführung zu ersetzen. Besonders weit verbreitet ist die Anordnung auch jetzt noch in Amerika, da sie sich vorzüglich zum Einbau in die Kanäle eignete, die ohnedies für die alten Kabelbahnen (Seite 427) geschaffen waren. Der Schlitz liegt dann nicht seitlich in einer Schiene, sondern inmitten des Gleises.

Die Stromabnehmer-Schlitten sind meist dauernd am Wagen angebracht und können durch ein Handrad am Fahrerstand aufgehoben und abgesenkt werden. Es kommt aber auch vor, daß sie als Sonderstücke erst im Augenblick des Gebrauchs mit dem Wagen verbunden und alsbald wieder weggenommen werden. In Berlin war eine Zeitlang der sehr lebhaft befahrene Strang, der die Straße Unter den Linden kreuzte, mit Unterleitung ausgerüstet. Die hier hinübergeführten Strecken hatten aber sonst ausschließlich oberirdische Stromzuführung. Es erschien nicht lohnend, in die sehr zahlreichen Wagen wegen der kurzen Einschaltung Abnehmerschlitten und das Bewegungsgestänge dazu mit großen Kosten fest einzubauen.

Statt dessen erhielt jeder Wagen nur unter jeder Plattform einen beweglichen eisernen Arm, der genau so an die Leitungszüge im Wagen geschaltet war wie der Stromabnehmer auf dem Dach. An der letzten Haltestelle vor den „Linden“ wurde von eigens hierfür aufgestellten Beamten ein Abnehmerschlitten hinter dem Wagen in den Kanalschlitz gesteckt und der bewegliche Arm, der in einen runden Kon-



727. Ältestes Pferdebahngleis in Berlin

Gußeiserner Schienen, die durch Nägel auf Längsschwellen befestigt waren

taktkopf endete, fest auf ein passendes Kontakstück am Schlitten gesteckt. Der Wagen zog nun den Stromabnehmer hinter sich her, und wenn er drüben angekommen war, wurde der Schlitten wieder weggenommen, der Arm in einen Traghaken gelegt. Die Einrichtung war sehr

\*



728. Querschnitte stählerner Rillenschienen

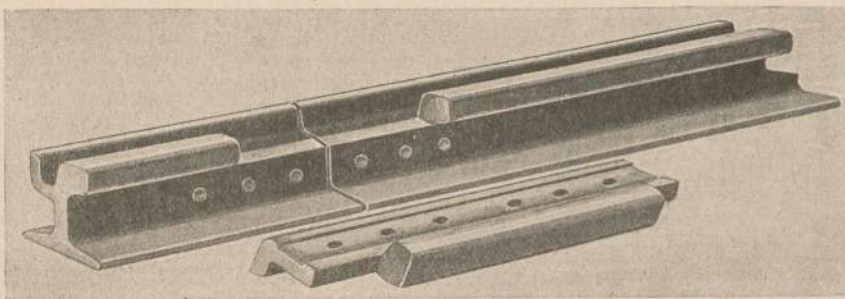
Zusammengesetzte Schiene nach Haarmann. — Walzschiene mit ungünstiger Lage des Stegs. — Heutige Straßenbahnschiene, bei welcher der Steg unter der Laufkante für die Räder steht

Der Grundbau, auf dem die Straßenbahnwagen fahren, hat mit dem Eisenbahn-Fahrkörper kaum mehr gemein als den Baustoff für die Schienen, die heute hier wie dort aus Stahl gewalzt sind. Der Grund für die Sondergestaltung ist, daß die Straßenbahn nicht wie ihre edlere Schwester den Grundbau mit vornehmer Zurückgezogenheit auf eigenem Gelände ausstrecken kann, sondern gezwungen

ist, ihr Verkehrsgebiet mit anderen Fahrzeugen zu teilen. Diese üben sogar einen ausschlaggebenden Einfluß auf Form und Lage der Schienen aus. In rücksichtsloser Weise wollen sie kreuz und quer über die Straßenbahngleise hinwegfahren und wünschen nicht, hierbei Hindernisse anzutreffen. Die über den Boden sich erhebende Eisenbahnschiene mußte daher auf den öffentlichen Straßen durch eine in das Pflaster versenkte Schiene ersetzt werden. Ihr Kopf hat bündig mit der Straßenkrone abzuschließen.

Infolge dieser unabwiesbaren Forderung nahm die Entwicklung der Straßenbahnschiene ihren eigenen Verlauf. Sie

trennte ihr Wesen von der Eisenbahnschiene in ähnlicher Art, wie das Eisenbahnrad sich von dem Rad des Straßenwagens sonderte, seit ihm der Spurkranz aufgezwungen wurde. Dieser Spurkranz, den auch jedes Rad des Straßenbahnwagens besitzen muß, findet im hochliegenden Eisen-



729. Stoßverbindung in einem Straßenbahngleis

Bauart Melan. Der an der Innenlasche (liegend) angebrachte Kopf führt die Räder als Brücke über die Stoßstelle der Schienenstücke



bahngleis ohne weiteres freien Raum. Bei eingebetteten Schienen aber muß dieser Platz eigens geschaffen werden. Es ist notwendig, das Pflaster von der Innenkante der Lauffschiene, welcher der Radkranz aufliegt, um  $1\frac{1}{2}$  bis 2 Zentimeter fernzuhalten. Aus dieser Forderung hat sich die Rillenschiene entwickelt, die der Straßenbahn eigentümlich ist.

Die ersten Pferdebahnwagen liefen auf gußeisernen Schienen, die zum Beispiel in Berlin die auf Bild 727 dargestellte Form hatten. Der gegen Stöße wenig widerstandsfähige Baustoff forderte das Unterlegen von Längsschwellen, und diese wurden noch einmal durch Querschwellen unterstützt, da die Festigkeit des Straßenoberbaus zu jener Zeit alles zu wünschen übrig ließ. Die Verbindung zwischen Schienen und Längsschwellen wurde durch Nagelung hergestellt. Sehr bald aber mußte auch im Straßenbahnbetrieb das Gußeisen verlassen werden, weil die Zahl der Brüche allzu häufig war. Man ging zur gewalzten schmiedeisenen Schiene über.

Nun aber machte die Herstellung der Rillenform, die beim Gießen leicht zu erhalten war, zunächst unüberwindliche Schwierigkeiten. Die schwer bewegliche Walztechnik war noch vor wenigen Jahrzehnten außerstande, einen so vielfach unter schnittenen Körper herzustellen. Man sah sich daher gezwungen, die Rille durch Zusammenschrauben von besonders geformten rillenlosen Schienen mit kräftigen Füßen und Köpfen herzustellen. Eine derartige von Haarmann angegebene Bauart zeigt Bild 728 links. Ein zwischen die Stahlschienen ge-



730. Herstellung einer Stoßverschweißung

mittels elektrischen Lichtbogens. Der Arbeiter im Zelt hält die eine Elektrode in der Hand, die durch eine Manschette gegen die strahlende Hitze geschützt ist. Die andere Elektrode ist der zu verschweißende Schienenstrang. Der Arbeiter blickt durch ein Schutzglas in die überaus helle Flamme. Im Hintergrund der Maschinenwagen, in dem ein Umformer den aus der Oberleitung entnommenen Strom von 500 Volt in niedrig gespannten Strom von höherer Stromstärke verwandelt

kopf ungefähr die gleiche Stärke, und die Rillenschiene entspricht in der Form, die Bild 728 rechts wiedergibt, allen Anforderungen. Wo das Straßenbahngleis auf eigenem Bahnkörper liegt, wird selbstverständlich auch heute die billigere Eisenbahnschiene angewendet.

Das fressende Übel der Stöße, das aus dem Eisenbahngleis wegen der Wärmedehnung nicht zu bannen ist (Seite 195), kann bei Straßenbahnschienen fast völlig beseitigt werden. Zwar besteht auch hier das Gleis aus den einzelnen Walz-

klemmter Gußeisenkloß hält zwischen den Schienenköpfen einen Raum für den Spurkranz frei. Als es dann zuerst der Phönix-Hütte gelang, die Rille auf der Walze in den Kopf zu pressen, konnte man die vierteilige Schiene verlassen, was natürlich sehr erwünscht war.

Die in einem Stück gewalzte Rillenschiene befriedigte jedoch zuerst noch nicht vollständig, weil der Steg in der Mitte lag, während er entsprechend der Beanspruchung genau unter der Lauffläche liegen soll. Man glaubte im Anfang auch, mit einer schmalen Gegenleiste auskommen zu können. Es zeigte sich jedoch, daß der seitliche Druck des Pflasters den dünnen Steg verbog. Heute haben Laufkopf und Gegen-



731. Schienenfeilen

Nach der Verschweißung des Stoßes werden die Erhöhungen, die sich auf den Schienen gebildet haben, mittels Handfeilen entfernt, die unter schweren Eisenklößen angebracht sind

stücken, die stumpf aneinander gestoßen und verlacht werden, es ist aber möglich, die Trennfuge auf der Lauffläche für das Rad verschwinden zu lassen. Die Eisenbahnschienen können verschweißt werden. Sie dehnen sich unter gleichem Wärmeinfluß sehr viel weniger aus als die Eisenbahnschienen, weil beinahe ihr ganzer Körper der Sonnenbestrahlung entzogen ist;



nur die Oberfläche liegt frei. Eine Verwerfung ist ausgeschlossen, da hierfür in der fest anschließenden Bettung kein Raum bleibt.

Auch der Bau der Stoßverbindungen für Straßenbahnschienen hat seine Entwicklung durchmachen müssen. Heute darf unter anderen als besonders gut bewährt die Bauart nach Melan gelten (Bild 729).

Bei ihrer Anwendung ist der Fahrkopf an jedem Schienenende auf eine gewisse Länge und Tiefe in seiner ganzen Breite weggeschnitten. Die auf solche Weise in der Fahrfläche gebildete Lücke wird durch den seitlich stark ausragenden Kopf der eingebrachten Außenlasche ausgefüllt, während der untere Teil der Außenlasche und die ganze Innenlasche beiderseits unter die Schienenköpfe greifen. Die Lasche mit Kopf ruht fest auf den oberen Fußflächen der beiden zusammengestoßenen Schienenenden und wird durch Laschenschrauben am Schienensteg festgehalten. Diese Lasche bildet also eine selbständige Zwischenschiene, deren Fahrfläche die Radlast vollständig aufnimmt und auf die oberen Fußflächen beider Schienenenden überträgt. Die Räder rollen daher auf der Fahrfläche des Laschenkopfs wie auf einer Brücke über die Stoßlücke hinweg, ohne die Schienenenden unmittelbar zu berühren. Die beiden Quersfugen zu Seiten der eigentlichen Stoßlücke, die durch die Lasche und den Schienenauschnitt gebildet werden, sind keine Stoßfugen im üblichen Sinn; sie gehen nur durch den Fahrkopf der Schiene, während Steg und Fuß unter ihnen unverletzt sind.

Nach dem Zusammenbau des Stoßes werden die Schienen häufig untereinander sowie mit den Laschen verschweißt, so daß alle Stoßteile ein zusammenhängendes Ganzes bilden. Die Hitze für das Schweißen wird durch chemische Verfahren oder mittels des elektrischen Lichtbogens erzeugt. Die Unebenheiten, die zunächst noch auf der Lauffläche vorhanden sind, werden durch Abfeilen beseitigt. Unter einem schweren Eisenstück ist zu diesem Zweck eine Feile angebracht, die entweder von Hand oder neuerdings mittels einer elektrisch angetriebenen, zwischen Oberleitung und Fahrchiene geschal-



732. Elektrisch angetriebene Schienenfeile

Ein mittels Karre verfahrbarer Elektromotor bewegt die Feile zum Glätten der Schienen an den Stoßstellen

teten Maschine hin- und herbewegt wird.

Die Unterstützung der Straßenbahnschienen muß in ebenso sorgfältiger Weise hergestellt werden, wie es beim Eisenbahngleis geschieht, denn auch das Gewicht der Straßenbahnwagen ist so hoch, daß es die Schienen fortwährend mit Wucht in den Grund preßt. Bei Steinpflaster werden eine sorgfältig festgewalzte Schottererschicht auf Packlage oder ein Betonstreifen untergelegt. Da die Steine in den Einschnitt zwischen Schienenkopf und Fuß nicht hineingreifen können, muß ein Ausstopfen zu beiden Seiten des Stegs stattfinden, damit die Schiene überall fest gelagert ist. Da Querschwellen fehlen, werden zwischen den Schienen eines Gleises eiserne Bänder eingelegt, die genaues Innehalten der Spurweite sichern.

Die höchsten Kosten verursacht das Verlegen der Straßenbahngeleise in Asphaltpflaster. Ein Anlaß zu fortwährenden Neuausgaben ist besonders die Stelle, an der die Asphaltdecke mit der Schienenoberfläche zusammentrifft, weil der Straßenbelag hier unausgesetzt zerkrümelt wird. Häufig findet man daher, daß zu Seiten jeder Schiene ein bis drei Reihen Steinpflaster gelegt sind, ja man geht so weit, den Raum zwischen den Schienen und beiderseits noch etwas darüber hinaus gänzlich auszupflastern. Dieses Verfahren wurde früher nur in Straßen von geringerer

Bedeutung angewendet, es ist aber in der Nachkriegszeit allgemein üblich geworden. Wo immer noch Wert auf Geräuschlosigkeit des Fahrverkehrs gelegt wird, da muß die Asphaltdecke durchlaufen. Häufige Ausbesserungen, die meist zu Lasten der Bahngesellschaften fallen, sind wegen der geringen Widerstandsfähigkeit des Asphalts an den Anschlußstellen alsdann unvermeidlich.

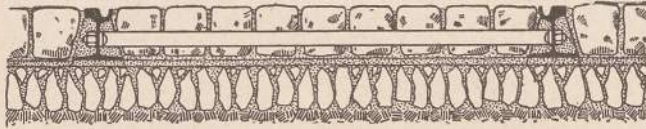
Die Betonplatte, auf der die Asphaltdecke stets zu ruhen pflegt, ist an sich vortrefflich als Unterlage für die Schienenfüße geeignet. Durch die stoßweise Belastung der Schienen, die von den fahrenden Wagen hervorgerufen wird, entstehen jedoch leicht Sprünge in der Platte. Man strebt daher an, den Beton in den Streifen, die unter den Schienenfüßen liegen, besonders zu verstärken. Am besten geschieht



das durch Eiseneinlagen, die sich ja mit dem Beton zu einem einheitlichen Körper vereinigen.

Es werden nach einer von der Großen Berliner Straßenbahn früher häufig verwendeten Bauart eisenbewaffnete quadratische Betonplatten von einem halben Meter Seitenlänge und zehn Zentimetern Stärke in Abständen von ein bis eineinhalb Metern unter den Schienenfuß gebracht und mit diesem verschraubt. Durch die nach allen vier Seiten hinausragenden Eiseneinlagen, die im Vordergrund von Bild 734 gut zu erkennen sind, verbinden sich die Platten äußerst fest mit dem Beton der umgebenden Straßendecke. Ein sehr sorgfältiges Untergießen der Platten ist notwendig, damit sie keine senkrechten Bewegungen ausführen können. An jedem Stoß werden zwei Platten mit geringem Zwischenraum angeordnet, und auch dort, wo Weichen und Kreuzungen liegen, ist geringerer Abstand erforderlich.

Wenn die eisenbewehrten Platten eine größere Längenausdehnung erhalten, so daß sie aneinander stoßen, dann entsteht ein sehr günstiger, freilich auch außerordentlich kostspieliger Eisenbeton-Unterbau von geschlossener Form. Die Anordnung nach Buisse-Reinhardt (Bild 735) gestattet hierbei, die Schienen vollständig vom Beton abzutrennen. Das ist wünschenswert,



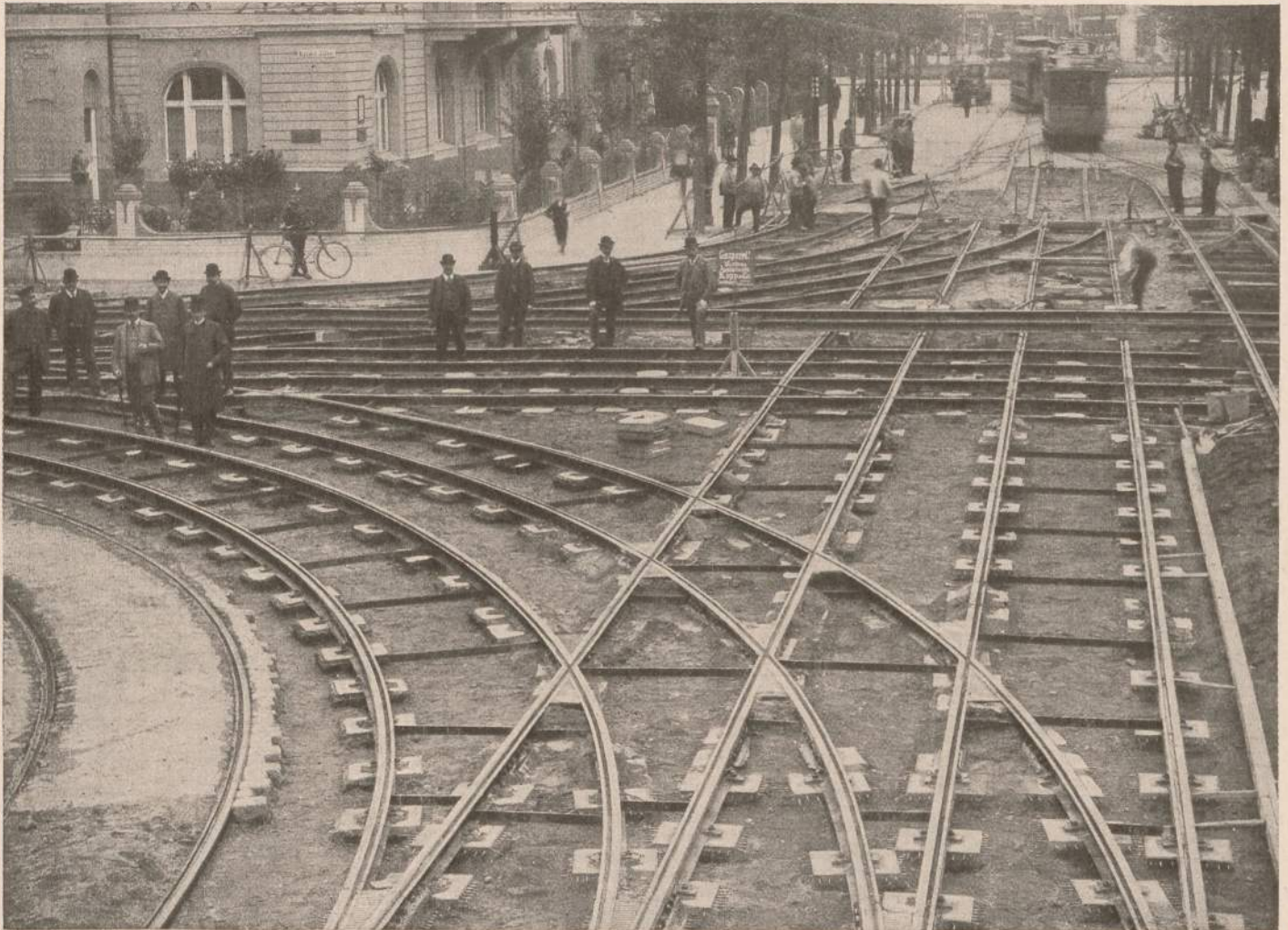
733. Straßenbahngleis in einer Pflasterstraße

Die Räume zwischen Schienenkopf und Schienenfuß sind mit Schotter ausgefüllt. Das Eisenband, das die beiden Schienen eines Gleises verbindet, sichert die Spurweite

weil alsdann ein Auswechseln des Gleises erfolgen kann, ohne daß es nötig ist, den Beton aufzuhacken. Nur der leichter brechbare Asphalt braucht bei Erneuerungsarbeiten entfernt zu werden. Die Schienen erhalten bei der Verlegung auf solchem Unterbau einen besonders niedrigen Steg. Ihre

Füße sind tief in Längsfugen der durchlaufenden Eisenbetonschwellen eingesetzt. Der Asphalt wird auch in diese Fugen eingestampft, so daß er die Schienen vollständig umgibt.

Da Straßenbahngleis und Straßenpflaster allermeist ein einheitliches Ganzes bilden müssen, kommen die Schienen nur allzuhäufig in eine sehr ungünstige Lage. Die Straßenoberfläche muß wegen der Entwässerung nach den Bordkanten hin abfallen. Bei Krümmungen im Gleis können daher fast niemals die richtigen Überhöhungen angebracht werden. Wir wissen aus der Darstellung des Gleisbaus auf der Eisenbahn (Seite 197), daß man in Krümmungen die Außenschiene höher legt, um der auf die Fahrzeuge wirkenden Fliehkraft entgegenzutreten. Bei der in Bild 737 gezeichneten Gleislage müßte die ganz rechts liegende Schiene in allen Linkskrümmungen der Straße höher gesetzt sein als die zugehörige. In Wirklichkeit liegt sie infolge der Straßenwölbung stets tiefer. Es ist also nicht nur keine Über-



734. Bau einer Gleiskreuzung in Straßen mit Asphaltpflaster

Unter den Schienen sind Betonklöße mit Drahteinlagen befestigt, die später Teile der Betonlage unter der Asphaltdecke bilden

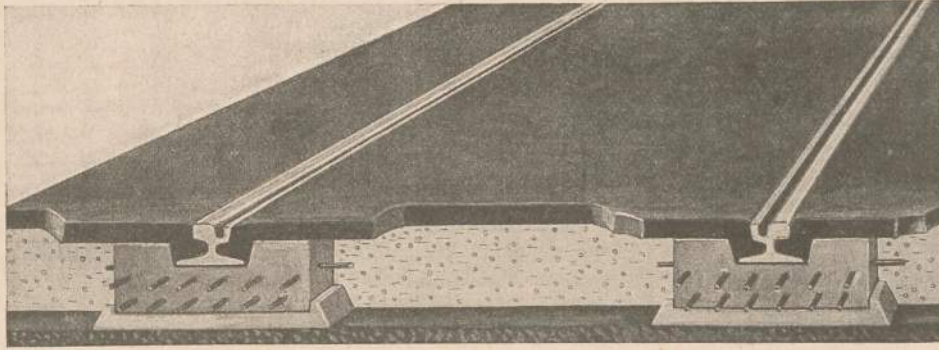


höhung, sondern sogar eine Senkung vorhanden. Die Folge ist, daß die Wagen, welche die Krümmungen durchfahren, mit ihren Spurkränzen sehr hart gegen den Außenrand der Rille schleifen. Hierdurch entsteht das Pfeifen in den Krümmungen, das auch durch Einbringen von Schmiermitteln niemals ganz beseitigt werden kann.

Wo das Gleis S-förmige Lage hat, ist es meist auch nicht möglich, eine Zwischengerade in die Gegenkrümmungen einzulegen. All das gibt Anlaß zu einem raschen Verschleiß der Schienen, so daß häufige Auswechslungen erforderlich sind. Insbesondere der Gegenkopf wird nur allzu geschwind dünner und dünner geschliffen, schließlich sogar verbogen.

Die beste Lage für Straßenbahngleise ohne gesonderten Bahnkörper ist die Mitte des Fahrdamms. Ihre Unterbringung an dieser Stelle ist jedoch nur möglich, wenn zu beiden Seiten zwischen äußerster Schiene und Bord-schwelle noch soviel Raum bleibt, daß dort zwei Wagen nebeneinander Platz haben. Andernfalls wäre ja die eine Straßenseite gesperrt, wenn vor einem Haus ein Wagen hält. In schmaleren Straßen werden die Geleise daher dicht an die eine Bordkante herangerückt, damit wenigstens auf der anderen Seite das Halten von Wagen möglich ist.

In der Berliner Straße zu Charlottenburg, die am Knie beginnt, sind die bisher dicht nebeneinander laufenden Geleise auseinandergelegt, so daß jedes einer Bordkante eng benachbart ist. Solche Seitenlage ist aber ungünstig für die Geleise. Die Schienen werden hier ständig von den Abwässern des Fahrdamms überflutet, so daß das Pflaster rasch zerstört wird, weil sehr viel Feuchtigkeit durch die niemals ganz dichten Fugen zwischen Straßenbelag und Schienen dringt. Unüber-trefflich günstig ist eine solche Anordnung aber für das Ein-



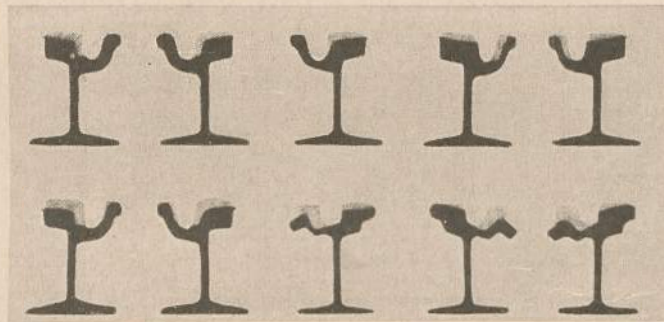
735. Gleiseinbau in einer Asphaltstraße

Bauart Busse-Reinhardt. Die Schienen, deren Steghöhe sehr gering ist, können ausgewechselt werden, ohne daß der Beton aufgebrochen zu werden braucht, weil sie vollständig von Asphalt umhüllt sind

sie nicht gut Obacht geben, Gefahr von anderen Fuhrwerken.

Den gleichen Nachteil, vereint mit den ungünstigen Entwässerungsverhältnissen, bringt die Gleislage zu beiden Seiten einer Mittelpromenade. Sie ist dazu noch als besonders unübersichtlich zu bezeichnen, da Personen, die aus der eng benachbarten Baumreihe plötzlich hervortreten, vor allem spielende Kinder, vom Fahrer erst im letzten Augenblick gesehen werden. Hierdurch geschehen immer wieder schwere Unfälle.

Um den Fahrgästen auch dort das Einsteigen möglichst bequem zu machen, wo die Straßenbahnwagen nur nach Überschreiten des Damms zu erreichen sind, werden immer häufiger Schutzinseln ausgebildet. Solche Anordnungen finden sich in vorbildlicher Weise auf dem Nollendorfplatz in Berlin. Doch auch in dem geraden Lauf einer breiten Straße ohne unterteilten Fahrdamm sind sie möglich. Das zeigt die in Bild 739 dargestellte Anlage in der Kaiser-Allee zu Berlin. Auf diesen Inseln



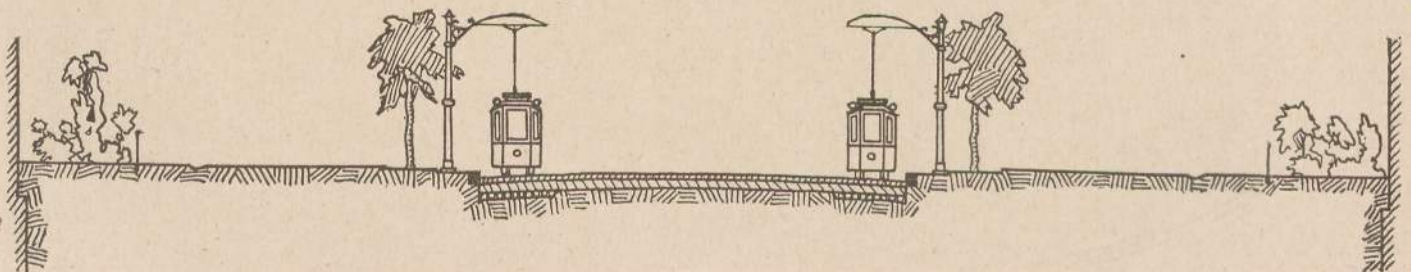
736. Verschleiß von Schienenköpfen in Krümmungen

Die ursprüngliche Form der Schienenköpfe ist leicht angedeutet

sind die Wartenden wie die Aussteigenden gesichert gegen Gefährdungen durch andere Fahrzeuge.

Große Vorteile erwachsen dem Betrieb überall dort, wo es angeht, die Geleise in einen ausschließlich für sie bestimmten Straßenstreifen einzulegen. An allen Stellen, wo der Abstand zwischen den Bürgersteig-Kanten dreißig Meter übersteigt, ist diese Anordnung möglich. Sie wird in den breiten Straßen, die in allen neueren Stadtanlagen für den Hauptverkehr vorgesehen werden, in immer steigendem Maß ausgenutzt. Die Wagen können auf dem gesonderten Bahn-

und Aussteigen. Die zukommenden und abgehenden Fahrgäste brauchen nicht ein weites Stück des Fahrdamms zu überschreiten, was bei der Gleislage in der Straßenmitte stets erforderlich ist. Immer droht dann den Einsteigenden und Aussteigenden, wenn



737. Lage der Straßenbahngleise in der Berliner Straße zu Charlottenburg

Die ein- und aussteigenden Fahrgäste brauchen nicht den Fahrdamm zu überschreiten

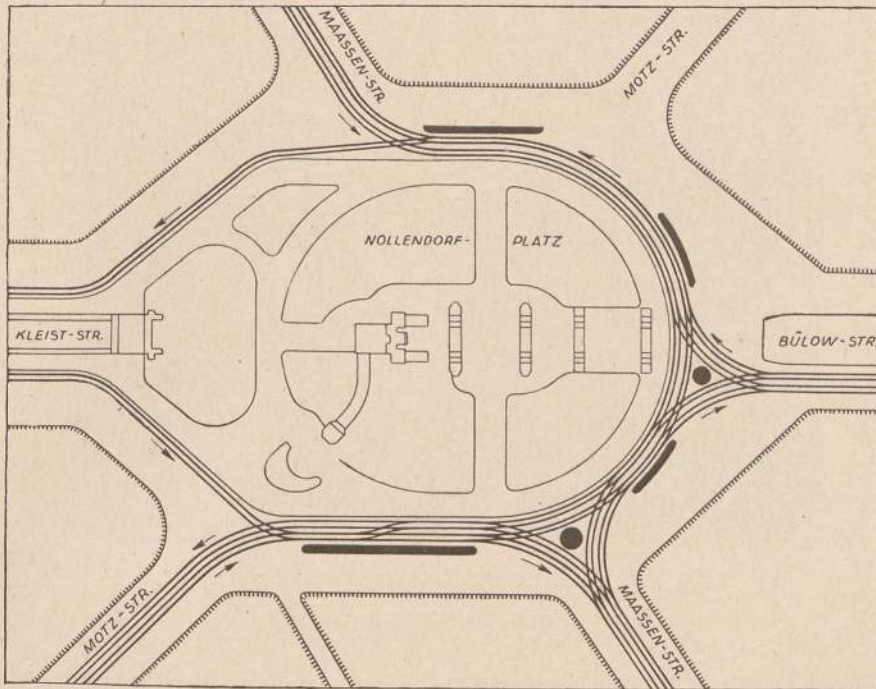


Körper eine sehr viel höhere Geschwindigkeit innehalten, weil nicht fortwährend Fahrthindernisse auftauchen. Das Aus- und Einsteigen geht rascher vor sich, weil Schutzinseln dicht neben den Geleisen mit Leichtigkeit vorgesehen werden können.

Da gewöhnliche Wagen den Straßenbahnstreifen nicht befahren dürfen, ist es möglich, ihn mit Rasen abzudecken. Hierdurch entsteht nicht nur eine Verringerung der Anlage- und Unterhaltungskosten, es wird auch ein freundlicheres Straßenbild

hervorgerufen und die Staubentwicklung gemindert. Das Geräusch, das die schweren Fahrzeuge hervorbringen, insbesondere bei unmittelbarer Einlegung der Geleise in eine zusammenhängende Asphaltplatte, ist in Rasenbettung stark abgedämpft. Der Grasboden muß fünf bis sechs Zentimeter unter der Oberkante der meist frei aufgesetzten Schienen liegen, und das Gras ist kurz zu halten, da es sich sonst auf die Fahrfläche der Geleise legt und die Wirkung der Bremsen in Frage stellt, weil die Räder leicht auf den zerquetschten Halmen ins Rutschen geraten.

Nicht allzu selten kommt es vor, daß in geräumige Straßenzüge Teile mit einer Fahrdammbreite von weniger als  $5\frac{1}{2}$  Metern eingelagert sind, durch welche die beiden Geleise in gewöhnlicher Lage nicht geführt werden können. Oft kann man sich dadurch helfen, daß der eine Schienenstrang durch eine gleichgerichtete Nachbarstraße geführt wird. So wurde die Judenstraße in Berlin zur Entlastung der Spandauer Straße herangezogen, bevor diese verbreitert war. Ist ein Hinauslegen des zweiten Gleises nicht möglich, dann wird eine Gleisverschlingung ausgebildet (Bild 742). Die beiden Geleise bleiben nach wie vor getrennt, sie sind aber so eng aneinandergerückt, daß jede der Innenschienen in dem Gleis für die andere Fahrtrichtung liegt. Die Verschlingung, die gleichzeitige Durchfahrt begegnender Wagen nicht gestattet, hat doch große Vorzüge vor der wirklichen Eingeleisigkeit, weil sie das Stellen von Weichen unnötig macht. Jeder Wagen findet am Ende der Verschlingung von selbst das richtige Gleis, während ihm bei tatsächlicher Zusammenführung die Ausfahrweiche von den entgegengesetzt fahrenden Wagen stets falsch gestellt würde.



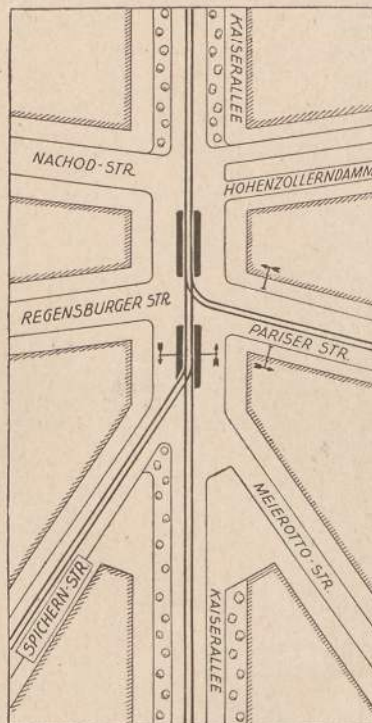
738. Schutzinseln auf dem Nollendorfsplatz zu Berlin

An der langgestreckten Insel unten halten die nach rechts fahrenden Straßenbahnwagen

vollziehen muß. Wird auch nur ein einziger Anhängewagen mitgeführt, dann ist schon eine Reihe von Verschiebewebungen notwendig. Bei der üblichen Anlage nach Bild 745 kommt der Straßenbahnzug auf dem unten liegenden Gleis an; der Anhängewagen bleibt zwischen den Weichen stehen, der Triebwagen fährt in das Endgleis. Hierauf wird er hinter die Weiche links gebracht, durchfährt diese rückwärts, bis er den Anhängewagen erreicht, und zieht diesen nun mit sich in das Abfahrgleis. Bei diesem Verfahren, das vier Verschiebewebungen erfordert, muß die Kuppelung gelöst, bald darauf neu hergestellt werden, der Rollen-Kontaktarm ist umzuwenden, der Fahrer muß seinen Stand wechseln, die Schutzgitter an den Plattformausgängen müssen umgehängt werden. Diese zahlreichen Arbeiten sind selbst dann kein angenehmes Geschäft, wenn sie in Ruhe vollzogen werden können. Werden aber die Züge an der Endstelle regelmäßig von einer großen Schar Fahrthungriger erwartet, die sich alsbald auf die Wagen stürzen, dann wird das Umlegen auf Stumpfgleisen nahezu unmöglich. Zum mindesten entsteht die dringende Gefahr, daß nicht alle Maßnahmen mit der nötigen Sorgfalt ausgeführt werden, so daß die Betriebssicherheit sinkt.

Als diese Unannehmlichkeiten können durch eine besondere Ausbildung der Gleisenden vermieden werden. Mehr und mehr wird es üblich, ihnen Schleifenform zu geben. Hierbei geht das Gleis, auf dem der Zug ankommt, durch eine stark gekrümmte Kehre glatt in das Abfahrgleis über.

Wo eine genügend große Fläche zur Anlage der Schleife fehlt, können auch mehrere benachbarte Straßen für ihre



739. Schutzinseln in der Kaiser-Allee zu Berlin

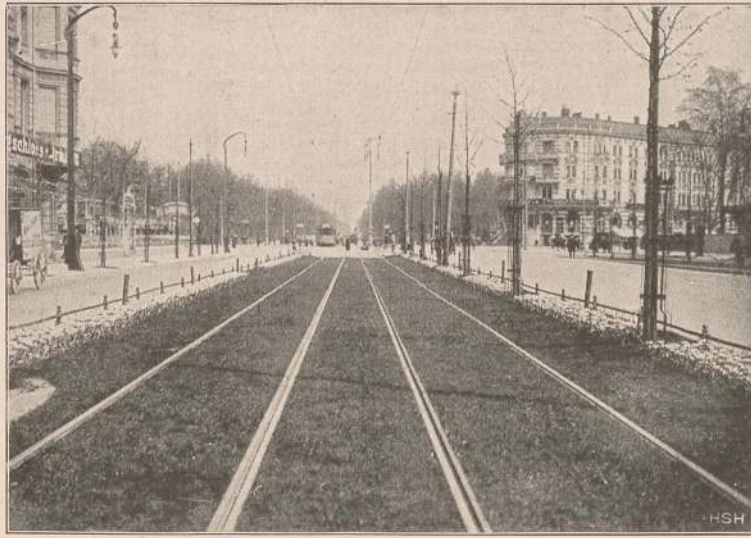
Die Pfeile zeigen die Stellungen der Haltestellen-Tafeln



Herstellung benutzt werden. Das ist in Berlin an der Behrenstraße am Ende einer von Treptow kommenden Linie geschehen. Die Wagen biegen, durch die Mauerstraße ankommend, in die Kanonierstraße ein und fahren dann ohne weiteres durch die Mauerstraße wieder zurück.

Wenn beide Enden einer Strecke als Schleife ausgebildet sind, dann stellen die beiden Fahrgeleise ein endloses Band dar, auf dem ein ununterbrochener Betrieb stattfinden kann. Lästige Pausen, während deren die Fahrzeuge nicht der Beförderung dienen, fallen ganz fort.

In Amerika gibt es zahlreiche Städte, in denen die Doppelschleifen-Anordnung auf Straßenbahnlinien grundsätzlich durchgeführt ist. Man hat dort Triebwagen geschaffen, die nicht mehr von beiden Seiten aus gesteuert werden können, sondern nur noch einen einzigen Fahrerstand besitzen. Die hierdurch entstehende Verbilligung im Bau der Fahrzeuge bringt keine Behinderung des Betriebs mit sich. Auch bei uns kommt die Endschleife mehr und mehr in Aufnahme. Die frühere Große Berliner Straßenbahn hat unter anderem in Treptow eine solche Anlage geschaffen, die



740. Straßenbahngleis auf eigenem Bahnkörper  
in Rasenbettung

bei dem sonntäglichen Andrang auf die ankommenden Züge geradezu erlösend wirkt. Die Möglichkeit, die Züge umlegen und auch Einsehwagen aufstellen zu können, ist nach wie vor durch das Vorhandensein von Stumpfschienen mit Weichenverbindungen gegeben.

In Amerika hat man an Stellen mit sehr starkem Verkehr mehrere Schleifen fächerförmig hintereinander angeordnet, damit haltende Züge der einen Linie die Durchführung von Wagen anderer Strecken nicht behindern. Wenn eine kürzere Linie

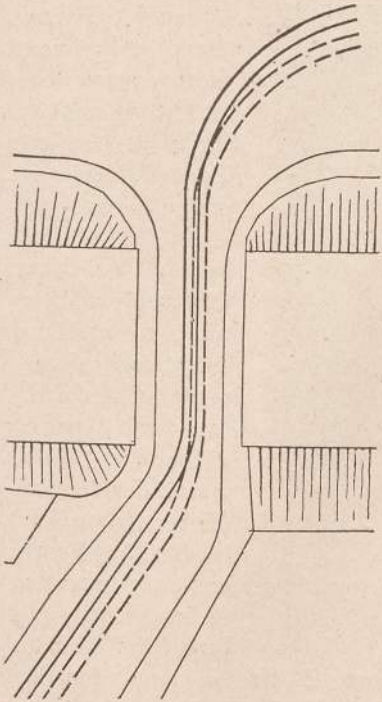
inmitten des Zugs einer Hauptstrecke endigen soll, so können die Wagen mittels einer Schleife bequem aus dem durchlaufenden Strang herausgezogen und wieder in diesen eingeführt werden. Beispiel ist eine hierfür dienende Anordnung am Friedrich Wilhelm-Platz zu Berlin-Friedenau.

Es wurde bereits davon gesprochen, daß Straßenbahngleise in Seitenlage von dem abfließenden Wasser, das entweder aus der Atmosphäre oder aus Sprengwagen stammt, stark überflutet werden. In etwas vermindertem Grad ist das aber auch bei allen Geleisen in Mittellage der Fall. Das Wasser strömt ja immer von der am höch-



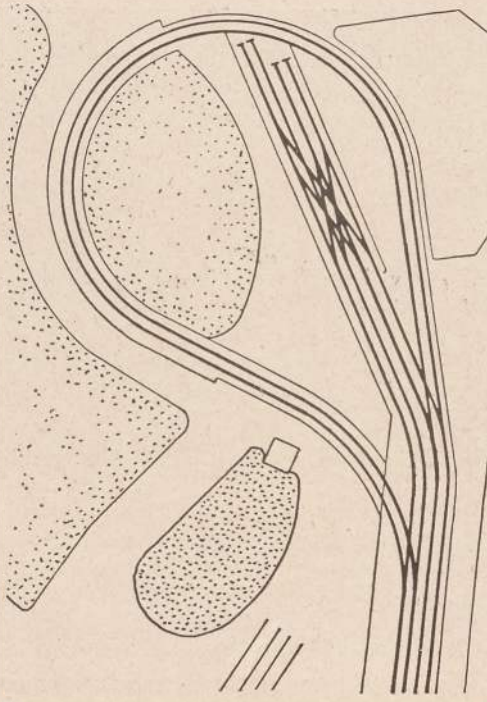
741. Haltestelle mit Schutzinsel  
zur Seite eines Gleises auf eigenem Bahnkörper





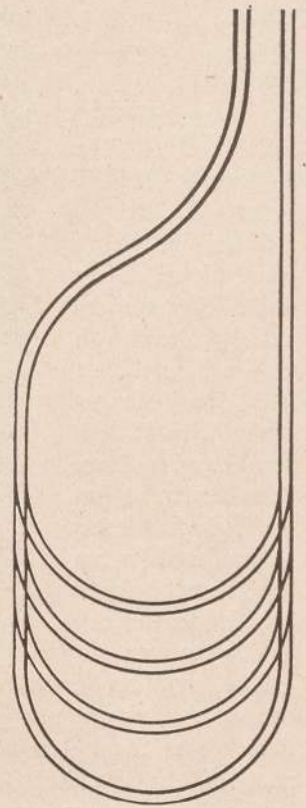
742. Gleisverschlingung

Die beiden Geleise sind an einer sehr schmalen Durchfahrtstelle ineinandergelegt. Die Wagen können in beiden Richtungen durchfahren, ohne daß es nötig ist, eine Weiche zu stellen

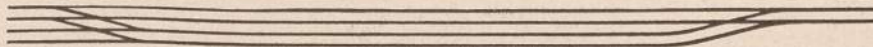


743. Endstelle mit Schleife und Stumpfgleisen

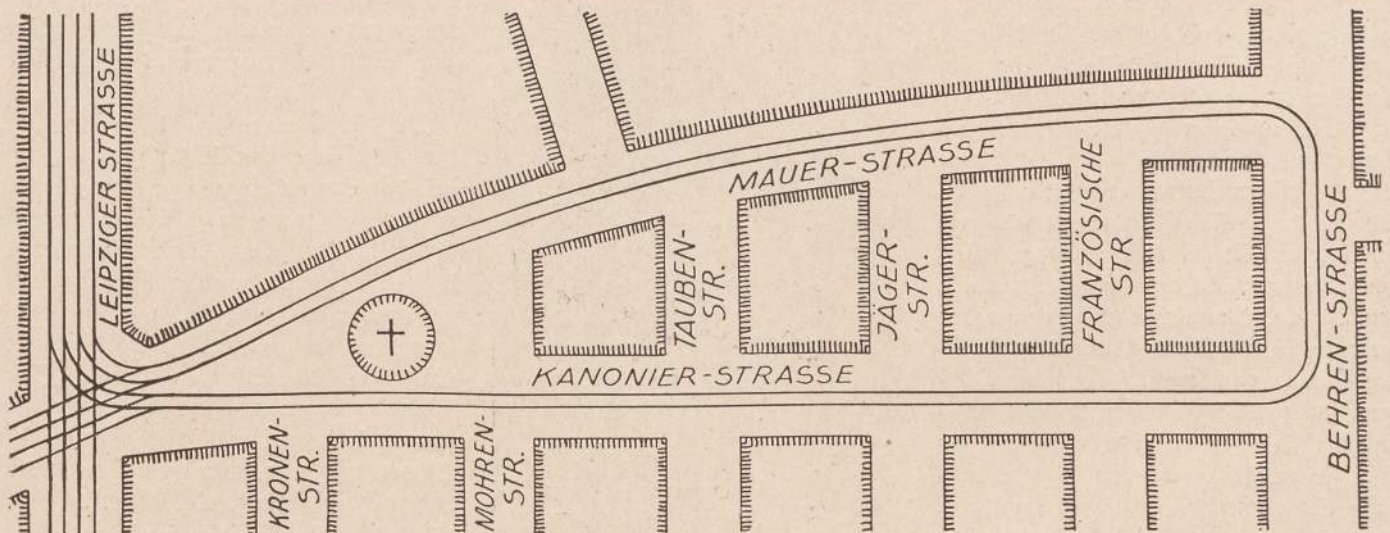
Ein Teil der Straßenbahnzüge fährt über die Schleife glatt durch, während andere auf den Stumpfgleisen aufgestellt und umgelegt werden können. Anlage im Treptower Park zu Berlin



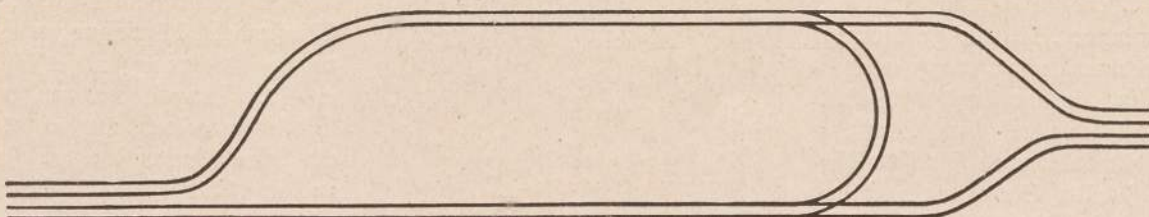
744. Endstelle mit mehrfacher Schleife



745. Endstelle mit Weichen und Stumpfgleis



746. Endstelle mit Schleife, die durch mehrere Straßen führt (Berliner Innenstadt)



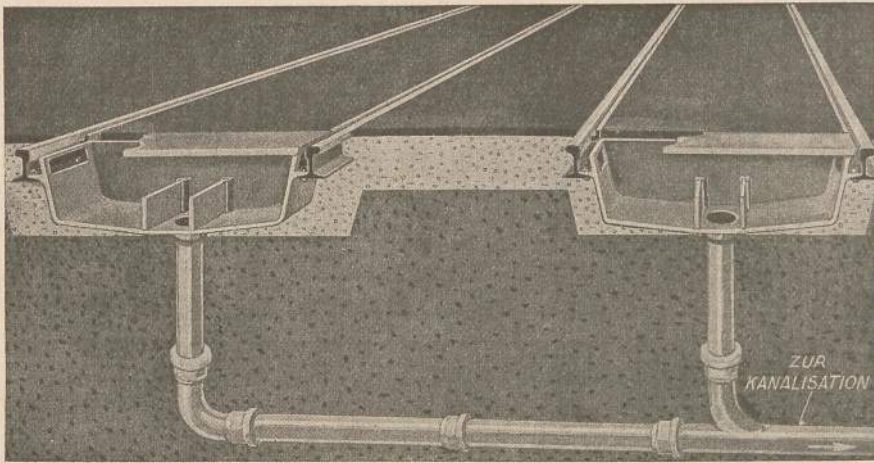
747. Endstelle mit Überführungsschleife zwischen zwei weiter laufenden Geleisen



sten liegenden Mittel-  
linie der Straße  
den Rinnsteinen zu.  
Eine glatte Asphalt-  
decke gestattet den  
bequemsten Abfluß.  
Sowie sie aber von  
Straßenbahngleisen  
geritzt ist, treten sehr  
starke Hemmungen  
auf. Wenn die  
Schienenlaufflächen  
auch im Anfang  
genau bündig mit  
der Straßenober-  
kante liegen, so sin-  
ken sie doch bald tie-  
fer ein, weil sie von  
den Schwergewichten  
der Wagen nieder-  
gepreßt werden.

Das von der Straßenmitte abfließende Wasser findet  
darum Höhlungen von ziemlich beträchtlicher Tiefe vor,  
über die es nicht ohne weiteres hinweg kann. Es beginnt  
nun, in den Schienenrillen den Punkten zuzufließen, die  
in der Längsrichtung am tiefsten liegen. Meistens sind das  
die Straßenkreuzungen, und es entstehen deshalb nach  
starken Regenfällen oder kräftiger Sprengung an solchen  
Stellen leicht Überschwemmungen. Um  
die hieraus sich ergebenden Unannehmlich-  
keiten hintan zu halten, ist es notwendig,  
in die Straßenbahnschienen Entwässe-  
rungsanlagen einzubauen. In gewissen  
Abständen ist der Rillenboden durch einen  
Schlit aufgetrennt oder der Gegenkopf  
fortgeschnitten, und das in die Öffnung  
einfallende Wasser wird durch einen in  
den Straßenboden eingebauten Topf, der  
als Schmutzfänger dient, der Kana-  
lisation zugeleitet. Bild 748 stellt eine  
solche Schienen-Entwässerungs-Anlage im  
Schnitt dar. Ganz besonders schwierig  
ist hierbei die Ausbildung der Ver-  
bindungen zwischen den Abflußrohren und  
den Töpfen. Denn diese werden ja wegen  
ihrer festen Verbindung mit den Schie-  
nen ständig erschüttert, so daß die Dich-  
tung sich fortwährend lockert.

Es ist eine noch nicht endgültig ge-  
löste Frage, ob es wirklich lohnt, künst-  
liche Schienenentwässerungen anzulegen,  
die dort besonders kostspielig werden, wo  
Kreuzungs- und Weichenanlagen be-  
stehen. Die Verwaltung der Großen  
Berliner Straßenbahn äußerte sich über  
diesen Gegenstand: „Mit den in Asphalt-  
straßen eingebauten Entwässerungsanlagen  
sind in Berlin günstige Ergebnisse nicht  
erzielt worden. Der auf dem Straßen-  
damm befindliche Schmutz (tierische Ab-  
fälle, Laub, Papier, Sand) verstopft bei  
Regenwetter und beim Besprengen der  
Straßen nicht allein die Eingangs-



748. Entwässerung eines Straßenbahngleises

Das in den Rillen fließende Wasser wird der Kanalisation zugeführt. Die Rippen zu  
beiden Seiten der Rohröffnungen halten den Schmutz in den mit abnehmbaren Deckplatten  
versehene Töpfen zurück. Nur das über den oberen Rand der Rippen strömende gereinigte  
Wasser kann ablaufen

durch Einfügung nachgiebiger Stoffe besonders kunstvoll  
ausgebildet ist, dürften sich besser bewähren.

Die Rillen der Schienen füllen sich nicht nur mit Wasser,  
sondern auch mit Schmutz an. Von Zeit zu Zeit muß dieser  
hinausgeschafft werden. Der „Ritzenschieber“ ist ja eine  
volkstümliche Erscheinung. Die Technik, die sich auch des  
Kleinsten annimmt, gibt ihm ein besonders ausgebildetes

Werkzeug in die Hand, das den Schmutz  
leicht aus den Rillen herausbringt und  
ihn zugleich auffängt, so daß er nicht  
mitten auf dem Pflaster liegen bleibt,  
sondern zur Seite abgelegt werden kann.  
Neuerdings sind Schienen-Reinigungs-  
Maschinen ausgebildet, die von Trieb-  
wagen gezogen werden und selbstverständ-  
lich sehr viel rascher und gründlicher  
arbeiten.

Bei Frostwetter ist das Freihalten  
der Fahrfläche von Eis notwendig, da-  
mit der Stromübergang von den Rädern  
zu den Schienen nicht behindert wird.  
Schnee, der im Straßenbahnbetrieb  
äußerst lästig ist, wird dadurch beseitigt,  
daß man aus besonderen Wagen, die  
langsam dahinfahren, durch Trichter  
Salz auf die Schienen streut. Salz-  
lösung hat einen tiefer liegenden Ge-  
frierpunkt als reines Wasser, der gesalzte  
Schnee taut also, wenn die Temperatur  
nicht allzu tief liegt, alsbald auf.

Die Weichen in Straßenbahn-Gleisen  
können sehr viel einfacher ausgebildet  
sein als die gleichen Vorrichtungen  
auf der Fernbahn (Seite 200). Da die  
Straßenbahn-Abzweigungen stets mit ge-  
ringer Geschwindigkeit befahren werden  
und die Zungenlagen von den Fahrern  
leicht beobachtet werden können, ist  
ein festes Anschließen der Zungen-  
spitzen an die Mutterschienen durch Verriegelung  
nicht notwendig. Auch kann man  
das sogenannte Aufschneiden der Weichen,



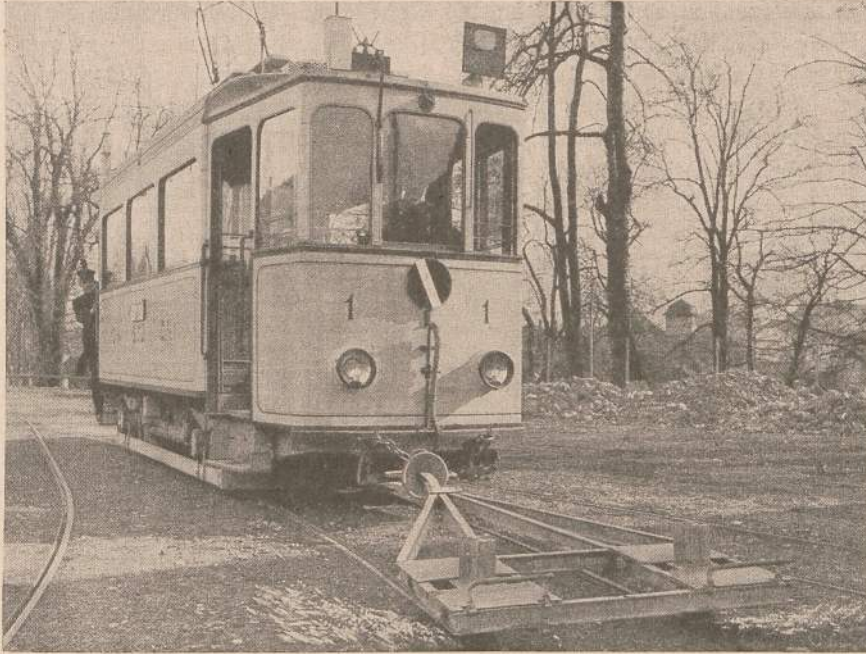
749. Der „Ritzenschieber“

Reinigen der Rillen von Straßenbahn-  
schienen mittels einer Vorrichtung, die den  
Schmutz aushebt und dessen Ablage an der  
Seite der Straße ermöglicht



die von hinten befahren werden, unbedenklich zulassen.

Auf den Fernbahngeleisen muß der Lokomotivführer, bevor er über das Herzstück einer Weiche fährt, sich stets genau darüber unterrichten, ob die Weichenzungen auch so liegen, daß er von seinem Gleis her frei hindurchfahren kann. Haben die Zungen die entgegengesetzte Lage, so werden sie von der Spurkränzen der Räder zwar umgelegt, es entsteht aber ent-



750. Reinigen von Straßenbahnschienen mittels einer Rillenegge

weder ein mechanischer Bruch an einer zu diesem Zweck schwach gehaltenen Stelle der Umlegevorrichtung oder eine Störung in der Stellwerkanlage.

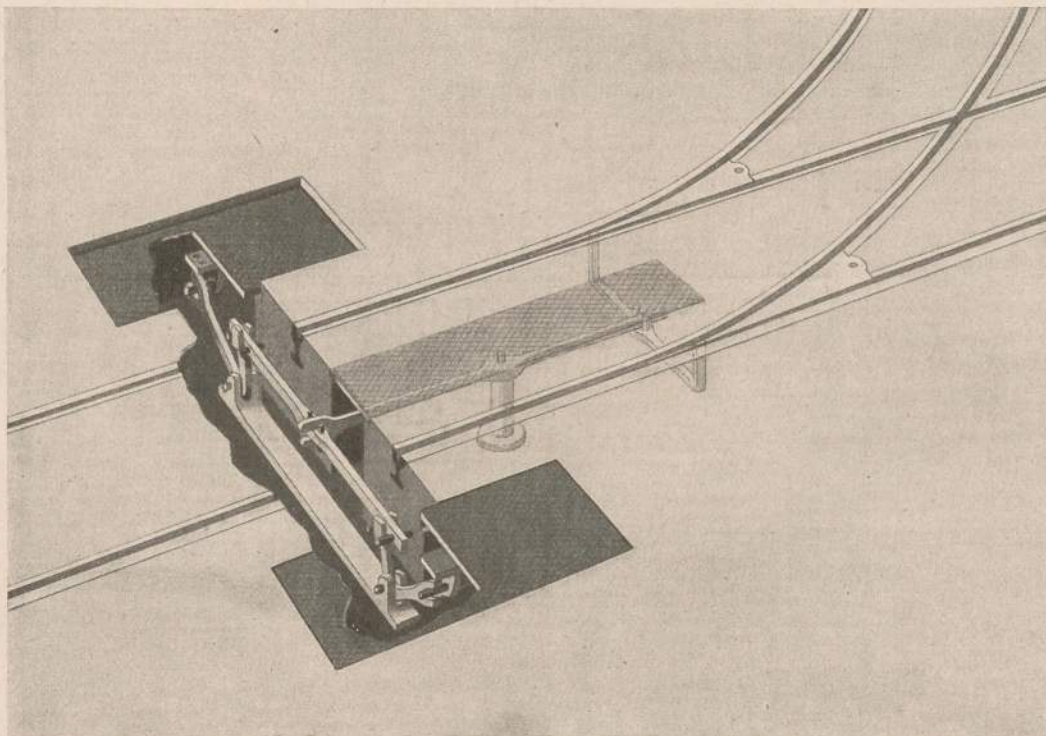
Die Spurkränze der Straßenbahnwagen drängen die Weichenzungen, wenn sie falsch liegen, einfach zur Seite. Der Fahrer muß sich freilich hüten, durch allzugewindes Durchfahren die Zungenspitzen so rasch gegen die Mutterbahnen zu schleudern, daß sie sich verbiegen.



751. Es war einmal!  
Der Alexanderplatz in Berlin mit Pferdebahnwagen



Bei den Pferdebahnen konnte man an den Abzweigungsstellen auf die Ausbildung beweglicher Zungen überhaupt verzichten. Es genügte, den Spurkränzen die Einfahrt nach beiden Richtungen zu ermöglichen. Je nachdem, ob der Kutscher die Pferde stark nach rechts oder weit nach links lenkte, zogen diese den Wagen in das eine oder das andere Anschlußgleis hinein. Da bei längeren Wagen aber immerhin die Gefahr auftrat, daß die Hinterachse nicht unbedingt dem von der Vorderachse eingeschlagenen Weg folgte, ging man zur Anbringung wenigstens einer beweglichen Zunge über. Der Schaffner mußte dann bei jeder Abzweigung nach vorn laufen, um die Zunge zu stellen. Denn der Kutscher konnte diese Maßnahme nicht selbst ausführen, da ihn die gespannten Pferde daran hinderten, und weil er die Zügel nicht loslassen durfte. Die Wagen mußten bei diesem Stellvorgang stets eine nicht unbeträchtliche Zeit vor der Weiche halten.



752. Das Pferd als Weichensteller

Die Berliner Pferdebahn besaß an vielbefahrenen Abzweigstellen eine Weichenstellvorrichtung der hier dargestellten Art. Wollte der Kutscher nach rechts abbiegen, dann lenkte er das Gespann so, daß das rechte Pferd die auf seiner Seite im Straßenpflaster liegende Eisenplatte niedertrat. Die Weichenzungen wurden alsdann nach links umgelegt.

An einzelnen besonders viel befahrenen Abzweigungen ist später versucht worden, den Kutscher durch eine sehr eigentümliche Anordnung selbständig zu machen. Die Zungenspitzen wurden mit einer Wippe verbunden, an deren Enden große Platten befestigt waren. Der Wippbalken war, senkrecht zur Gleisrichtung, in den Straßenrund eingebaut, und er legte je nach seiner Stellung die Zungenspitzen nach rechts oder nach links. Die beiden Endplatten lagen frei erreichbar im Straßenpflaster, jede dicht neben einer der Schienen des Gleises. Sollte die Weiche für Fahrt nach rechts gestellt werden, dann lenkte der Kutscher sein Gespann so, daß das rechte Pferd auf die Platte trat, wodurch diese gesenkt wurde. Der weiterfahrende Wagen fand dann die Zungen in der richtigen Lage.

Schon bei dieser Anlage waren stets Doppelzungen vorgesehen, die für die Lenkung der schweren Wagen mit

elektrischem Antrieb selbstverständlich sind. Die Zungenspitzen jeder Weiche im heutigen Straßenbahngleis sind durch eine kräftige Stange verbunden. Ein besonderer Kanal im Pflaster, der in sorgfältigster Weise sauber gehalten werden muß, gibt der Verbindungsstange Bewegungsfreiheit.

Der „elektrische“ Fahrer, der durch Pferde nicht behindert ist, stellt die Weichen selbst. Es ist jedoch nicht zu vermeiden, daß auch er zu diesem Zweck seinen Wagen jedesmal stillsetzen muß. Wenn die Plattform durch eine Glaswand abgeschlossen ist, wird das Stellen besonders unbequem, da jedesmal erst noch ein Fenster hinabgelassen werden muß. An stark befahrenen Verkehrspunkten werden deshalb besondere Weichensteller aufgestellt. Der Posten ist recht gefährvoll, da die Abzweigung meist an einer Stelle liegt, die auch von sehr vielen anderen Fahrzeugen berührt wird. Alle diese Unannehmlichkeiten lassen sich vermeiden, wenn elektromechanische Stelleinrichtungen für die Weichen vorgesehen sind. Ihr Einbau ist überall möglich, ihre Bewährung heute außer Frage. Wenn trotzdem zahlreiche Verwaltungen sich zur Anwendung solcher Anlagen noch nicht entschlossen haben, so hat das seinen Grund in der keineswegs unrichtigen Erwägung, daß eine Vermehrung der im Betrieb gebrauchten Apparate auch stets die Zahl der Störquellen wachsen läßt.

Es gibt zahlreiche Bauarten, die dem Fahrer gestatten, die Weiche aus genügendem Abstand richtig zu legen. Die Umstellung wird in einfachster Weise durch die Fahrkurbel bewirkt, auf der die Hand des Fahrers ja ohnedies stets liegt. In einer Entfernung von 12-18 Metern vor den Weichenzungen ist eine Stelle der Oberleitung durch ein Schild am Querdraht besonders gekennzeichnet. Der Fahrer hat bei der Durchfahrt unter dem unmittelbar dahinter liegenden Oberleitungsstück die Fahrkurbel in der Ausschaltstellung zu halten, wenn die Weiche schon richtig für ihn liegt; er hat eine Fahrstufe einzuschalten, wenn er die Zunge beim Durchfahren der Weiche umgelegt antreffen will.

Die Bewegung der Zungen erfolgt nicht durch Motoren, sondern durch Zugmagnete. Mittels eines Schaltwerks werden die Magnete so beeinflusst, daß sie ein Umlegen bewirken, wenn das gekennzeichnete Oberleitungsstück, das von dem durchgehenden Fahrdrabt isoliert ist, über die elektrische Ausrüstung des Wagens hinweg leitend mit den Fahr-schienen verbunden wird. Das ist immer dann der Fall, wenn die Fahrkurbel nicht in der Ausschaltstellung liegt. Der Strom für die Beleuchtung oder den Luft-



pumpenantrieb, der nicht durch die Fahrkurbel beeinflusst wird, ist zu schwach, um eine Wirkung zu üben.

Eine elektrische Weichenstellvorrichtung, System „Schwinge“ der AEG, ist schematisch auf Bild 753 dargestellt.

Von der normalen, also stets mit Strom versorgten Oberleitung führt ein Draht hinab zu der Wicklung eines kräftigen Elektromagneten und von dessen anderem Wicklungsende zu dem isolierten Schleifstück. Fährt ein Wagen mit der Kurbel in Ausschaltstellung darunter hinweg, so geschieht nichts. Wenn aber der Fahrshalter aus der Ruhelage gebracht ist, wird die Magnetwicklung vom Betriebsstrom durchflossen, da jetzt eine leitende Verbindung zwischen dem isolierten Schleifstück und den Fahrseilen hergestellt ist. Diese haben hier über einen ausreichenden Widerstand Anschluß an die Oberleitung. Der Magnet zieht seinen Anker an, und eine daran befestigte Stange legt mit Hilfe einer zweiten die Schwinge um. Hierdurch werden auch die Weichenzungen umgelegt.

Auf unserem Bild ist das in den beiden gezeichneten Lagen bereits geschehen, und die Stange im Ausschnitt der Schwinge hat sich unter dem Einfluß einer Feder bereits selbsttätig so innerhalb des Schwingenauschnitts verschoben, daß sie für die nächste Umlegung der Zungen bereit ist. Jeder Stromstoß, der in den Magneten hineingelangt, ändert also die Zungenlage.

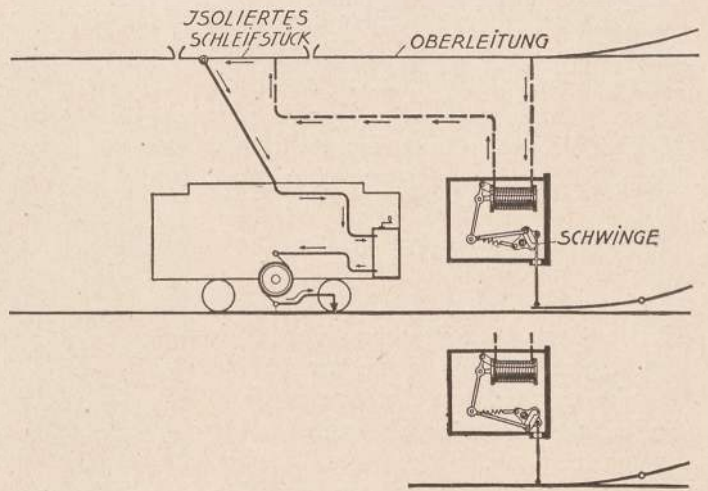
Bei Gebrauch von Rollen-Stromabnehmern liegt das isolierte Kontaktstück für die Umstellung in der Erstreckung des Fahrdrachts selbst, bei Bügelabnehmern bringt man zu beiden Seiten des Fahrdrachts kurze Schleifstücke an, die ein wenig tiefer liegen. Die Weichenzungen sind stets auch von Hand umstellbar.

Die Schaltvorrichtung, die eine größere Reihe von Einzelteilen besitzt, wird entweder in einem kleinen Häuschen über dem Straßenpflaster untergebracht oder in sorgfältig abgedichtetem Kasten unter die Straßendecke versenkt. Damit der Fahrer die Zungenstellung auch bei Dunkelheit stets genau erkennen kann, wird an einem geeigneten Mast ein Leuchtschild angebracht. Zwei Pfeile, von denen der eine nach rechts, der andere nach links weist, sind abwechselnd erhellt.

\*

Daß durch die Einführung des elektrischen Betriebs ein neues besseres Zeitalter im Straßenbahnbezirk angebrochen ist, tritt besonders deutlich hervor, wenn man einen der alten Pferdebahnwagen (Bild 803, Seite 488) mit einem neuzeitlichen Triebfahrzeug vergleicht. Dort eine niedrige, enge Kapsel, hier ein fahrender Palast mit hochgewölbter Decke, prächtiger Ausrüstung und mit Wänden, die nur noch aus Fenstern bestehen. Da die Untergestelle der Triebfahrzeuge mit den darauf gebetteten Maschinen ein sehr hohes Gewicht haben, ist es unerheblich, wenn die aufgesetzten Wagenkasten durch reiche Ausrüstung um ein paar Zentner schwerer werden. Beim Pferdeantrieb mußten leichte Fahrzeuge benutzt werden, wenn man auch nur mit halbwegs genügender Geschwindigkeit voran kommen wollte.

Im Anfang wurden die elektrischen Triebwagen nach dem Vorbild der Pferdebahnwagen mit nur zwei Achsen ausgerüstet. Diese waren fest mit dem Rahmen verbunden. Da wegen der scharfen Krümmungen der Abstand der unverschieblichen Achsen voneinander nur gering sein durfte (Seite 214), so hingen die Wagenkasten, denen man zwecks Ausnutzung der Motor-



753. Schematische Darstellung einer elektrischen Weichenstellvorrichtung

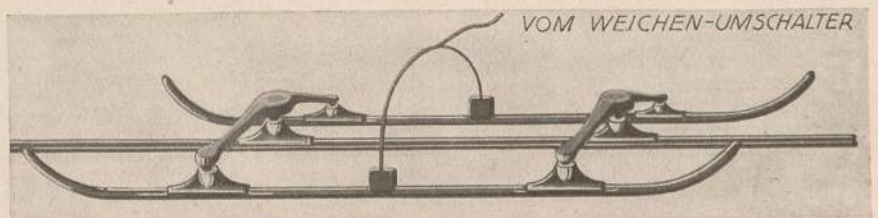
Bauart „Schwinge“ der AEG. Wenn der Wagen bei Nullstellung des Fahrhalters unter dem isolierten Schleifstück hindurchfährt, bleibt die Weichenlage unverändert; fährt er aber mit Strom hindurch, dann legt die Weiche sich um. Der Anschaulichkeit halber sind die Oberleitung (mit Ausnahme der Abzweigung) und der Wagen von der Seite gesehen, Stellvorrichtung und Gleis aber von oben gesehen dargestellt. Unten: Weiche auf Abzweigung gestellt

Kraft keinen zu geringen Fassungsraum geben wollte, weit nach vorn und hinten über. Fahrzeuge solcher Art laufen auch heute noch vielfach auf den Strecken; es ist keine Lust, in ihnen zu fahren. Die überstehenden Kasten verursachen ein unaufhörliches Schlingern und Nicken, das alle auf den Plattformen Stehenden zwingt, sich ständig festzuhalten.

Ein angenehmes Beförderungsmittel aber sind die neuen Vierachser mit Drehgestellen. Wie schon bei Besprechung der D-Wagen auseinandergesetzt wurde, ist das Drehgestell ein Sonderwägelchen, das zwei Achsen umschließt und mit dem Wagenkasten nur durch den Drehzapfen in Verbindung steht (Seite 231). Die hierdurch entstehende Beweglichkeit der Achsen im Gleis gestattet, die Drehgestelle weit auseinanderzuziehen, ohne daß ein Klemmen in den Krümmungen eintritt. Das überhängende Wagengewicht ist nun fast gänzlich beseitigt, so daß die Fahrzeuge einen ruhigen Lauf haben.

Von Amerika her ist eine Bauart auch zu uns herübergekommen, die sich von der älteren schon äußerlich dadurch unterscheidet, daß die vier Räder eines Drehgestells nicht mehr gleichen Durchmesser haben.

Die innenliegenden Achsen, die reine Laufachsen sind, tragen kleinere Räder, auf den beiden anderen, den Treibachsen, ruhen zwei Drittel des gesamten Wagengewichts. Diese ungleichmäßige Verteilung der Wagenlast wird dadurch bewirkt, daß die Drehzapfen nicht mehr in den Mitten



754. Schleifstück zur elektrischen Weichenstellvorrichtung für Bügel-Stromabnehmer



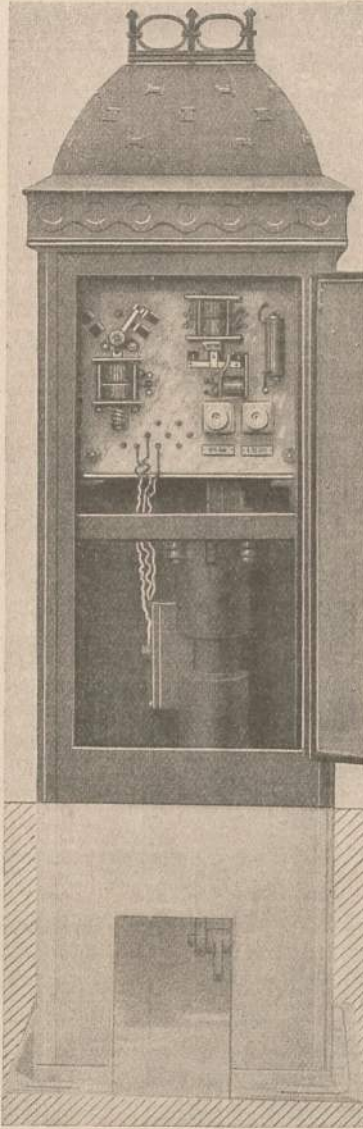
der Drehgestelle, sondern über den Treibachsen liegen. Die höhere Belastung dieser wirkt günstig, weil die stärkere Anhaftung auf den Schienen die Durchzugskraft der Motoren steigert. Gleichzeitig entsteht die Möglichkeit, größere Motoren einzubauen, weil die Mittelräume der Drehgestelle durch das Vorschieben der Drehzapfen frei geworden sind.

Allgemein üblich ist die Aufhängung der Motoren von Straßenbahn-Wagen an Lagenlagern. Ebenso wenig wie bei den elektrisch angetriebenen Kraftwagen ist es günstig, den Motoranker unmittelbar auf die angetriebene Achse zu setzen. Baulich entsteht dadurch allerdings eine große Einfachheit, aber der langsame Lauf, zu dem die Motoren alsdann gezwungen wären, würde einen hohen und sehr kostspieligen Stromverbrauch herbeiführen. Der Motor muß vielmehr rascher laufen können als die Räder, so daß die Zwischenschaltung eines Getriebes notwendig ist.

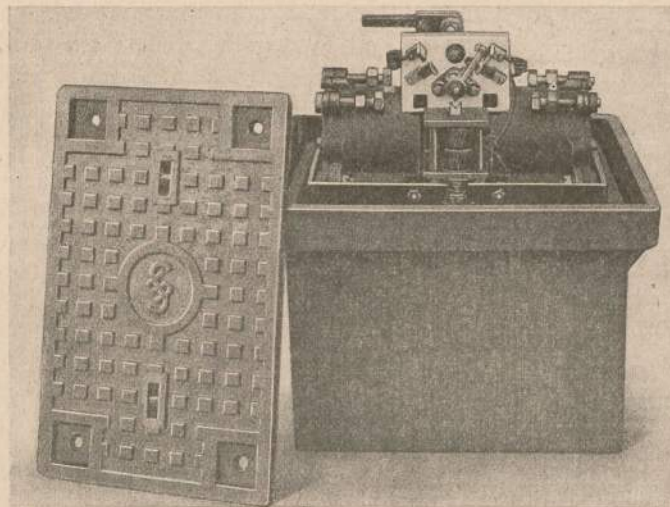
Wie die Bilder 760—762 zeigen, wird das Motorgehäuse auf der einen Seite von der angetriebenen Achse getragen; diese ist durch tagenförmige Ausleger hindurchgesteckt. Drüben ruht das Gehäuse mit nur einer Knagge auf dem Drehgestellrahmen oder, bei zweiachsigen Wagen, auf dem Untergestell. Nur auf dieser Seite ist die Einschaltung einer Federung möglich. Sie ist an den Enden des Querträgers angebracht, auf den die Knagge sich stützt. Die Dreipunkt-Aufhängung ist gleichfalls von Sprague erdacht, und sie hat zusammen mit seinem Stromabnehmer die Anwendung des elektrischen Betriebs auf den Straßenbahnen sehr stark gefördert.

Der Anker des Motors trägt ein kleines Zahnrad, Nizel genannt, das in ein auf der Wagenachse festgekeiltes großes Zahnrad eingreift. Durch diese Zwischenschaltung kann die Motorachse weit mehr Umdrehungen in der Minute machen als die Wagenachse. Treibendes Nizel und getriebenes Zahnrad sind von einem gemeinschaftlichen Schutzkasten umschlossen.

Die deutschen Straßenbahnverwaltungen haben sich bis jetzt damit begnügt, Motoren von 30 bis 35 Pferdestärken anzuwenden. Das Streben aber, immer mehr Personen mit einer Fahrzeugeinheit fortschaffen zu können, und die immer höher werdenden Ansprüche an die Fahrgeschwindigkeit zwingen dazu, Motoren von höherer Leistung, 50 Pferdestärken und mehr, einzuführen. Es ist



755. Elektrische Weichenstellvorrichtung im Schalthäuschen  
Bauart der Siemens-Schuckert-Werke



756. Elektrische Weichenstellvorrichtung im Kasten  
der in den Straßenboden eingesetzt wird. Bauart der Siemens-Schuckert-Werke

nun nicht möglich, dies durch Vergrößerung der Maschinen zu erreichen, denn die geringe Entfernung zwischen Kastenboden und Straßenoberfläche gebietet ein Halt. Ein Ausweg aber ist durch den Einbau scharf wirkender Lüftungen gefunden worden.

Die älteren Straßenbahn-Motoren sind allseitig gekapselt. Das Gehäuse läßt bei ihnen keine Öffnung frei, weil das Eindringen von Staub verhindert werden soll. Die so eingeschlossenen Wicklungen erhitzen sich jedoch beim Betrieb sehr stark, wodurch die Leistungsfähigkeit der Maschinen bedeutend gemindert wird. Ist man imstande, die Wicklungen kühl zu halten, dann kann man aus einem Motor gleicher Größe eine höhere Leistung gewinnen.

Für die Kühlung kann aber nur die zwischen Straßenoberfläche und Wagenfußboden schwebende Luft zugeführt werden, die sehr stark mit Staub angereichert ist. Dessen Fernhaltung ist nach wie vor notwendig. Sie wird dadurch erzielt, daß man die Eintrittsöffnungen für die durch Anker- und Schenkelspulzen zu blasende Luft sehr groß macht, so daß die Geschwindigkeit des Luftstroms an dieser Stelle gering ist, während die Luft in den engen Kanälen, welche die Maschine durchziehen, mit sehr großer Geschwindigkeit vorwärts getrieben wird, so daß der Staub keine Gelegenheit findet, sich abzusetzen. Die Luftbewegung wird durch ein Ventilatorrad erzeugt, das auf der Ankerachse sitzt.

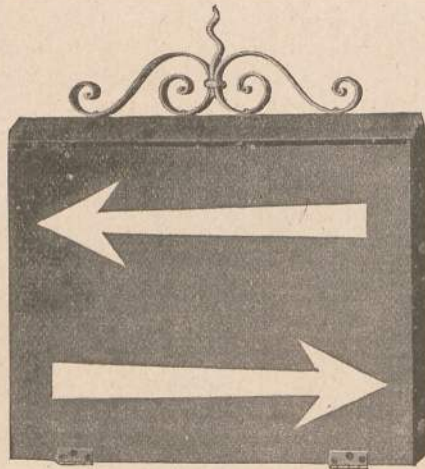
Der elektrische Aufbau der Motoren, die Spulenanordnung in ihnen, Form und Zusammenfügung der Einzelteile werden in den Abschnitten über den elektrischen Strom ausführlich behandelt werden. Hier sei nur gesagt, daß der Motor aus den ruhenden Schenkeln magneten besteht, die am Gehäuse befestigt sind, und dem Anker, der sich in dem zylindrischen Raum zwischen den Schenkeln magneten dreht, sobald sowohl er wie die Wicklungen der festen Magnete Strom erhalten.

Keine andere technische Einrichtung glaubt der Nichtfachmann so gut zu kennen wie den Fahrerstand der Straßenbahnwagen. Ihn aus nächster Nähe und in aller Ruhe zu betrachten ist Muße genug, ja bei oft wiederholten langen Fahrten mehr, als man wünscht. Wer auf der vorderen Plattform steht, sieht die wenigen Hebel, die der Fahrer zur Regelung des Wagenlaufs braucht, er beobachtet seine Handlungen, die mit geringer Abwechslung immer die gleichen sind,



und sagt sich: „Na, das ist aber eine einfache Geschichte! Nichts leichter, als den Lauf eines solchen Straßenbahnwagens zu regeln!“

Dieses Urteil ist so falsch wie möglich. Es hat seinen Grund in der Schamhaftigkeit der Technik, die immer danach strebt, ihr Innerstes zu verhüllen. Der Fahrgast auf der Plattform erblickt nur die offen daliegenden Betätigungsgriffe, und es scheint ihm, als bewirke ihre Bewegung immer das gleiche. Er nimmt weder wahr, welche kunstvoll gebauten Geräte in dem umhüllenden Kasten unter den Hebeln sich befinden, noch bemerkt er, daß mit ihnen eine große Zahl der verschiedensten Wirkungen hervorgebracht werden muß, wenn der Fahrer wirklich Beherrscher seines Wagens sein soll. Laßt Euch einmal an einer Endhaltestelle solch eine Plattformtür öffnen! Ihr werdet staunen, welche Fülle von Kontakten, Hebelchen, Rädern und Federn hinter ihrer Deckung untergebracht ist. Insbesondere der Bau des Fahr Schalters, der



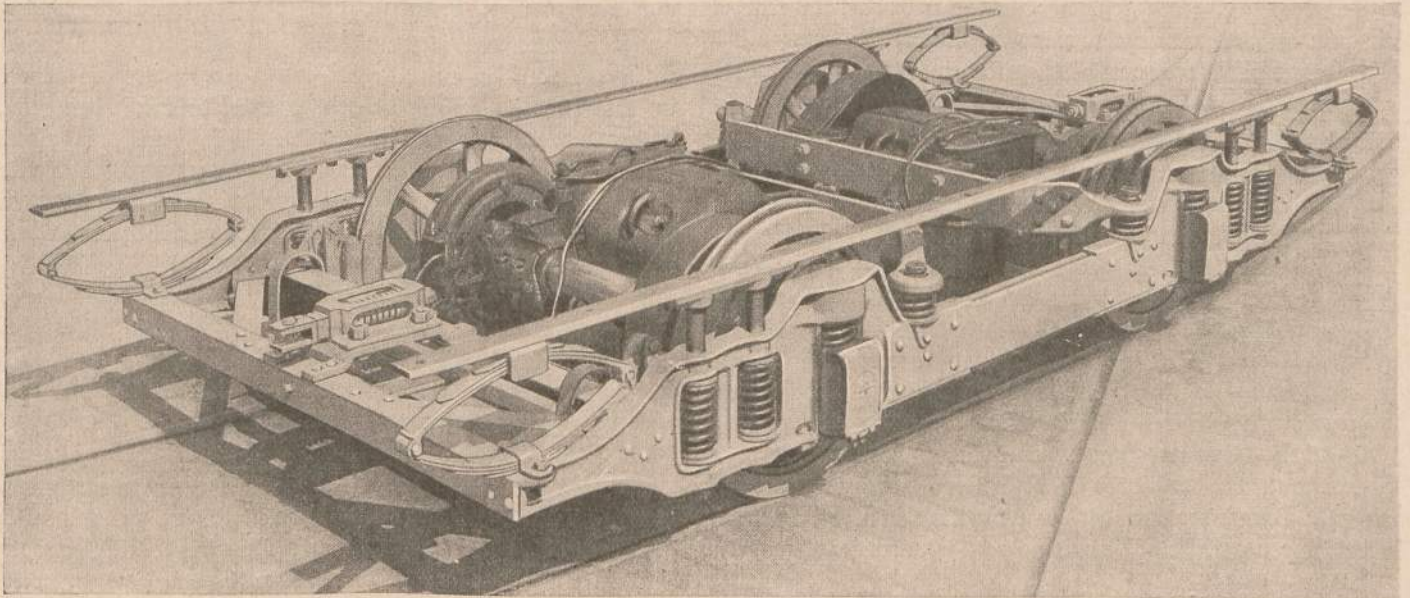
757. Richtungsweiser für elektrisch stellbare Weichen

Der Pfeil, der die von den Weichenzungen eingestellte Fahrtrichtung anzeigt, wird von hinten beleuchtet, so daß der Fahrer schon von weitem sehen kann, ob er die Weichenlage ändern muß oder nicht

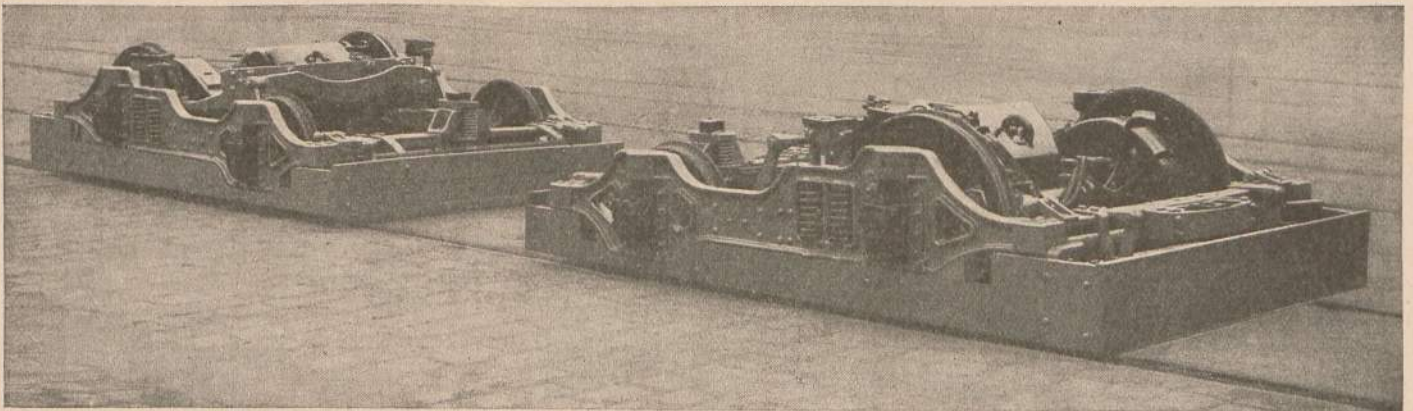
eine eigene technische Welt umschließt, wird Eure Bewunderung erregen!

Dieser Fahr Schalter, dessen heute allgemein benutzte Bauart zuerst von Thomson und Houston angegeben wurde, ist nach den Motoren der wichtigste Ausrüstungsteil des Straßenbahnwagens. Allein mit Hilfe dieses Werkzeugs, das die Bemeisterung der sehr verwickelten elektrischen Einrichtungen in einfachster Weise gestattet, konnte dem elektrischen Fahrzeug die Eroberung der Welt gelingen. Die Fahrkurbel und der daneben liegende kleine Schalterhebel, durch welche die Hauptteile des Schalters bewegt werden, leisten trotz ihrer geringen Bewegungsfähigkeit erstaunlich viel. Der Fahrer ist durch ihre Betätigung imstande, den Betriebsstrom ein- und auszuschalten, er kann die Anker der Motoren von geringer Umlaufgeschwindigkeit zu sehr rascher Drehung bringen, er vermag sie abwechselnd

mit Strom von halber und voller Spannung zu versorgen, sie vorwärts und rückwärts laufen zu lassen, und endlich ist



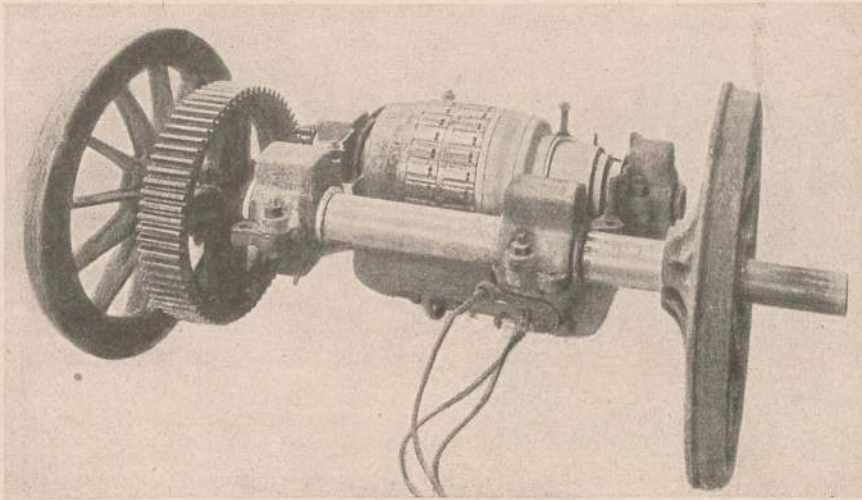
758. Untergestell eines zweiachsigen Triebwagens



759. Untergestell eines vierachsigen Triebwagens

Zwei zweiachsige Drehgestelle mit je einem Motor, der auf die Achse mit den größeren Rädern arbeitet



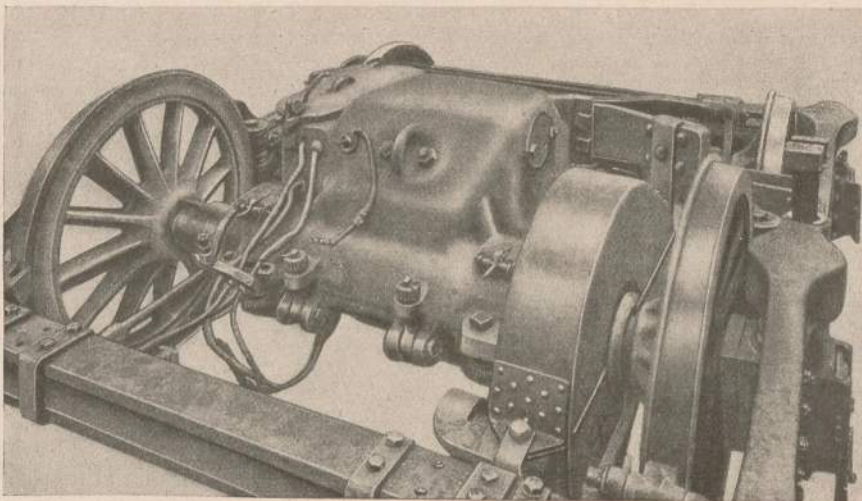


760. Motor und Treibachse

Der Motor ruht mit zwei Lagerslagern auf der Treibachse und mit einer Knagge auf einem abgefederten Querträger. (Siehe auch Bild 762.) Ein kleines Rad (Nügel) auf der Ankerachse treibt ein großes Zahnrad auf der Treibachse. Während das folgende Bild ein betriebsfertiges Gestell zeigt, sind hier das Motorgehäuse und die Schutzhäube über dem Zahnradvorgelege entfernt

er auch imstande, immer mit denselben Handgriffen, die lebendige Kraft, welche die Maschinen dem Wagen gegeben haben, durch Bremsen zu vernichten. Dabei ist die Anordnung so getroffen, daß jeder Fehlgriff ausgeschlossen ist. Fahrkurbel und Schalthebel verriegeln einander derart, daß nur sinnvolle, für die Motoren unschädliche Bewegungen möglich sind.

Man sieht, wenn die Plattformtür geöffnet und ein anderer deckender Teil, von dem wir noch zu sprechen haben werden, zurückgeklappt ist, unter der Fahrkurbel eine runde, bis zum Fußboden hinreichende drehbare Säule aus isolierendem Stoff, in die eine große Zahl von kupfernen Schleifstücken eingesetzt ist (Bild 766). Daneben befindet sich eine lange Reihe federnder Kontaktfinger. Unter dem Schalthebel ist eine kürzere Säule angebracht, wieder reich mit Kontaktstücken gespickt, und auch diese haben Gelegenheit, benachbarte leitende Federn zu berühren. Die lange Säule dient zur Geschwindigkeits-Regelung und für das elektrische Bremsen, die kleinere gibt Gelegenheit, Vorwärts- und Rückwärtslauf des Wagens oder Nullstellung der gesamten Fahrswitcher-Einrichtung zu bewirken. Damit der von der Hauptschalt säule in die Wageneinrichtungen gesendete Strom nicht mehr antreibend, sondern



761. Motor mit Gehäuse und Schutzhäube

bremsend auf die Motoren wirkt, muß eine dritte Säule umgelegt werden. Dies geschieht selbsttätig bei entsprechender Bewegung der Fahrkurbel.

Die große metallene Platte auf dem Deckel des Plattformkastens (Bild 768), über welche Fahrkurbel und Schalthebel bewegt werden können, zeigt Rippen, Anschläge und Ausschnitte, die uns ein Bild von dem Arbeiten der beiden Handgriffe geben. Der Schaft der Fahrkurbel ist von gewöhnlich sechzehn kleinen rippenförmigen Erhöhungen im Kreis umgeben. Zunächst stehen fünf von ihnen in gleichem Abstand hintereinander, dann folgt ein größerer Zwischenraum, an den sich vier weitere Erhöhungen anschließen. Wiederum nach einer größeren Lücke, in der sich ein Trennsteg befindet, sind die letzten sieben Rippen aufgesetzt. Zwischen der letzten und der ersten liest man das Wörtchen Aus. Dem Trennsteg gegenüber befindet sich ein Anschlag. Die Fahrkurbel kann von der Aus-Stellung her sechzehn

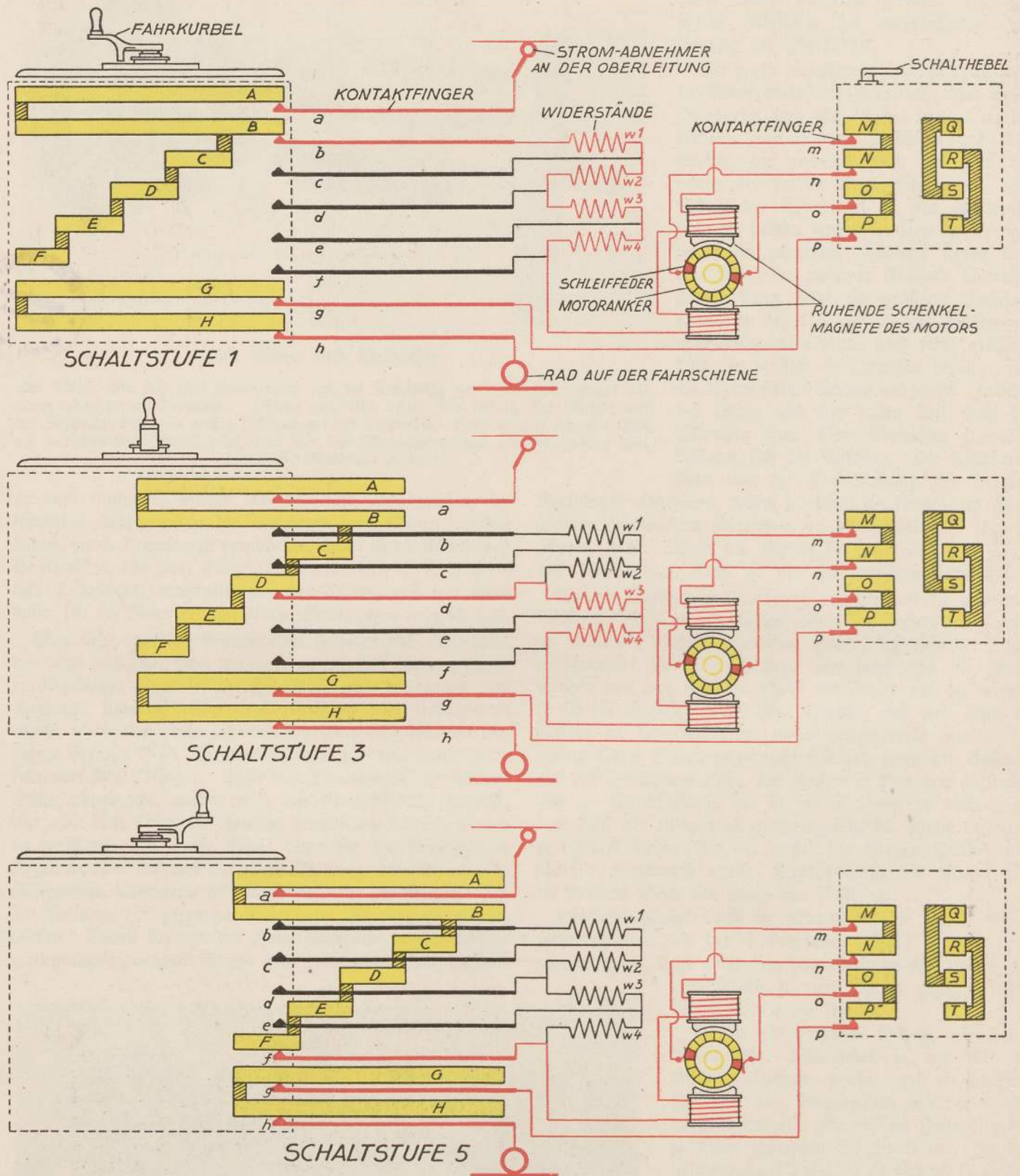
Stellungen einnehmen, wobei jedesmal ein kleines, an ihrem Schaft angebrachtes Zeigerchen auf eine andere der sechzehn Rippen weist. Wenn die Kurbel so steht, daß der Zeiger auf Aus deutet, dann ist der Betriebsstrom abgeschaltet.

Um die Motoren in Bewegung zu setzen und sie zu immer rascherem Lauf zu veranlassen, muß der Fahrer die Kurbel im Sinn des Uhrzeigers drehen. Hierbei bestreicht der Zeiger nacheinander die erste Gruppe von fünf und die zweite Gruppe von vier Rippen. Weist der Zeiger auf die neunte, so ist die Höchstgeschwindigkeit erreicht, und nun kann die Kurbel im Uhrzeiger-Sinn nicht weitergedreht werden, da ein an ihrem Schaft angebrachter Ansatz gegen den Anschlag auf der Grundplatte stößt. Der Fahrer ist aber auch imstande, von der Aus-Stellung her in der Richtung zu drehen, die dem Lauf des Uhrzeigers entgegengesetzt ist. Dann bestreicht der Zeiger sieben Rippen, wobei der Wagen schärfer und schärfer abgebremst wird. Hierauf stößt die Kurbel von der anderen Seite her gegen den Anschlag.

Der Schalthebel deckt in Mittellage eine zweite Kennzeichnung Aus auf der Grundplatte. Wenn er nach vorn gedrückt wird, liegt unter ihm das Weisungswort Vorwärts, und sobald er nach hinten gezogen wird, ist Rückwärts die Lösung.

Damit wir verstehen können, wie Fahrkurbel und Schalthebel in der Art zu wirken vermögen, welche durch die Weisungen auf der Grundplatte angedeutet ist, nehmen wir eine schematische Zerlegung der zu ihnen gehörigen Schaltteile vor. In der Zeichnung auf Tafel XXVI sind die federnden Kontaktfinger, die neben der großen Schalt säule liegen, als glatte, geradlinige Stücke mit dreieckigen Aufsätzen dargestellt. Links davon sieht man die auf der Säule selbst befindlichen Schleifkontakte, die hier zu ebenen Bändern aufgerollt sind. Zur Rechten ist die Ausrüstung der kleinen Schalt säule nebst ihren Kontaktfingern gezeichnet. Um uns die wechselnden Berührungen vorzustellen, denken wir jetzt nicht mehr an





### Schematische Darstellung des Fahrswitchers

Die in Wirklichkeit runden Kontaktstreifen auf der Hauptschaltsäule und der Umschaltsäule (rechts) sind als ebene Bänder dargestellt, die sich in der Bildebene verschieben. Die Teile, welche die feststehenden Kontaktfinger berühren können, sind glatt gelb gezeichnet. Die gestrichelten Streifen sind leitende Verbindungsstücke, die keinen Kontakt machen. Alle festen Leitungen, die bei den verschiedenen Schaltstufen Strom führen, sind rot, die stromlosen schwarz gezeichnet. (Zu Seite 464)



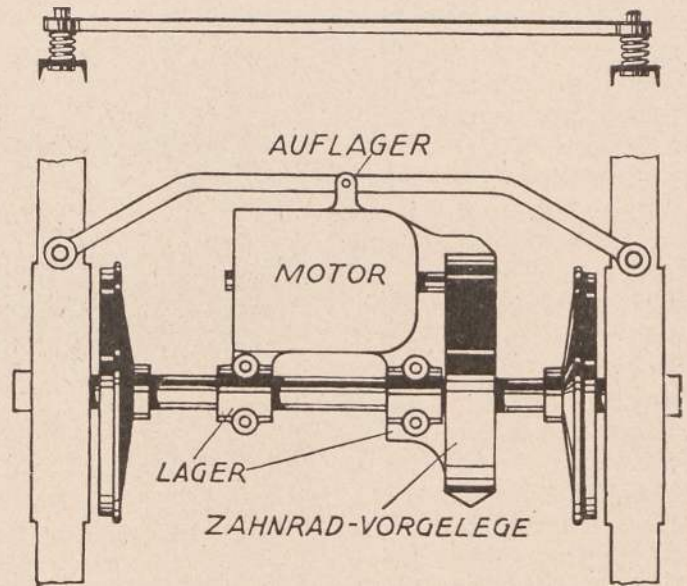
drehbare Säulen, sondern wir nehmen an, daß die beweglichen Kontakte auf verschiebbaren Platten angebracht sind. Alle mit Strichelung versehenen gelben Bänder liegen etwas vertieft unter den glatt gelben; sie stellen nur leitende Verbindungen ohne Kontaktwirksamkeit dar. Die rot gezeichneten Kontaktfinger, Widerstände und Leitungen führen Strom, die schwarzen sind stromlos.

Die vom Stromabnehmer her in Form eines Wagenkabels an den Fahrshalter herangeführte Stromleitung endet an dem Kontaktfinger a. Wenn die Fahrkurbel auf Aus steht, findet der Strom keine Möglichkeit, von hier zu den Motoren und weiter durch die Räder zu den Schienen vorzudringen, um seinen Kreis zu schließen. Sobald aber eine Verschiebung der großen Kontaktplatte in die oben gezeichnete Stellung eingetreten ist, die einer Drehung der Schaltsäule soweit entspricht, daß der Zeiger der Fahrkurbel auf die erste Rippe weist, kann der Strom von a über das lange Schleifstück A, die gestrichelte Verbindung und das lange Schleifstück B nach b übergehen. Von dort eröffnet sich ihm ein Weg, der durch vier Widerstände zu den feststehenden Schenkelwicklungen der Motoren führt. (Es ist nur eine der Maschinen gezeichnet.)

Damit der Strom vom Ende der Schenkelwicklungen weiter seinen Weg finden kann, muß der Schalthebel eingerückt sein; hier steht er in der Stellung Vorwärts. Dann berühren die Kontaktfinger m und n die Kontaktstücke M und N, die Kontaktfinger o und p die Kontaktstücke O und P. Der Strom vermag demgemäß vom Ende der Schenkelwicklung über m und M, N und n zum Anker zu fließen, durch diesen hindurchzugehen, über o nach O, P nach p und von dort zu dem Kontaktfinger g an der großen Schaltsäule zu gelangen. Durch G und H geht es weiter zu dem Finger h, der mit der Wagenachse und hierdurch über die Räder mit den Schienen verbunden ist. Der Stromkreis für Schenkelwicklungen und Ankerpulen des Motors ist also geschlossen, der Wagen fährt langsam an. Die Widerstände  $w_1$  bis  $w_4$ , Spiralen aus schlecht leitendem Draht, sind, wie wir wissen, meist auf dem Wagendach untergebracht.

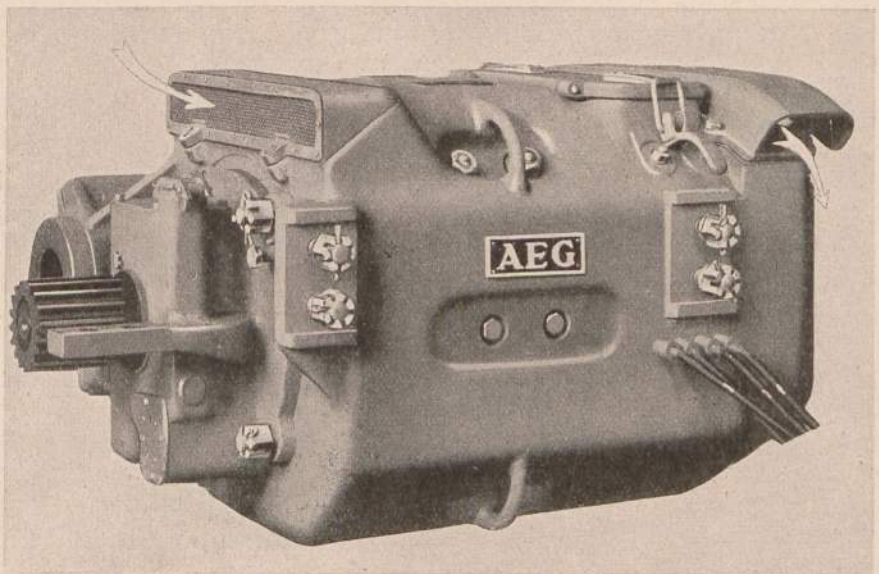
Wenn der Fahrshalter um zwei Stufen weitergedreht ist, dann kommt das Kontaktstück D mit dem Finger d in Berührung. An die Stelle der Widerstände  $w_1$  und  $w_2$  ist nun die breite kupferne Verbindung zwischen B und D getreten. Der Strom, der jetzt auf dem im übrigen gleichen Weg zu den Motoren gelangt, ist deshalb weniger geschwächt, der Wagen fährt rascher. Bei jeder weiteren Drehung des Fahrhalters wird ein weiterer Widerstand durch die Verbindungsstücke der großen Schaltsäule überbrückt, bis auf der fünften Stufe f von F berührt wird und damit der Weg von der Oberleitung zu den Motoren und weiter zu den Schienen widerstandsfrei ist. Denn der Strom fließt jetzt von a über A und B, die lang genug sind, um bei jeder Stellung des Fahrhalters Kontakt zu machen, ferner über C, D, E, F, f und weiter wie geschildert.

Unsere zur Bewirkung bester Übersicht möglichst einfach gehaltene Zeichnung läßt nicht erkennen, daß bei allen diesen fünf Stellungen der Fahrkurbel der Strom zuerst in den einen und alsdann in den anderen



762. Dreipunkt-Aufhängung des Straßenbahnmotors  
Gesfedert ist nur das Knaggenlager (oben). Der Querträger, auf dem es ruht, ist mit den seitlich liegenden Federn noch einmal gesondert in der Ansicht von vorn dargestellt

Motor hineingeht. Die Maschinen sind hintereinander geschaltet, und die Folge ist, daß jede von ihnen nur die halbe Spannung erhält, daß also jeder Motor nur mit 250 Volt betrieben wird. Sobald der Fahrer die Kurbel weiterdreht, so daß der Zeiger über den etwas größeren Zwischenraum von Rippe 5 zu Rippe 6 übergeht, ist mit Hilfe besonderer Schleifstücke die Schaltung so abgeändert, daß beide Motoren unmittelbar an den vom Fahrshalter herkommenden Strom gelegt sind. Damit ist Nebeneinanderschaltung bewirkt, jede Maschine wird mit der vollen Spannung des Betriebsstroms von 500 Volt gespeist, wodurch die Umlaufgeschwindigkeit der Anker bei gleichem Leitungswiderstand bedeutend vergrößert wird. Es sind auf Schaltstufe 6 wieder drei der Widerstände eingeschaltet, und die Weiterführung der Fahrkurbel bewirkt deren allmähliches Abschalten. Auf dem Kontakt 9 ist dann bei nebeneinander geschalteten Motoren und Überbrückung aller Widerstände die größte Schnelligkeit erreicht. Auf



763. Gelüfteter Straßenbahnmotor

Die Luft, die zur Kühlung durch die Wicklungen getrieben wird, tritt links in Richtung des Pfeils durch ein feines Sieb ein und rechts in Richtung des Pfeils wieder aus



diese Weise erzielt man bei Verwendung von nur vier Widerständen neun verschiedene Fahr- geschwindigkeiten.

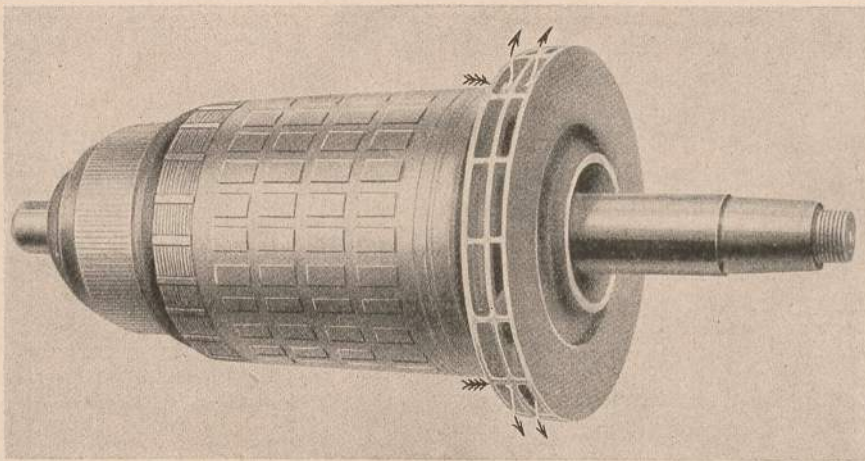
Wenn der Lauf der Motoren um- gekehrt werden soll, muß die Richtung des den Anker durch- fließenden Stroms umgekehrt werden, nicht aber auch der Speisestrom für die Schenkelwicklungen.

Die Umkehrung für den Anker geschieht durch Umlegen des Schalthebels nach Rückwärts. Dann werden m von Q, o von S, n von R und p von T berührt. Der von den Schenkelwicklungen nach m ge- langende Strom wird also nicht mehr wie vorhin nach n, sondern durch das anders gebildete Verbindungsstück nach o geführt, so daß er von der entgegengesetzten Seite her in den Anker eintritt.

Die Kunst des elektrischen Fahrens besteht darin, den Wagen mit möglichst geringem Stromverbrauch in der fahrplanmäßigen Zeit vom Anfang der Strecke bis zu ihrem Ende zu bringen. Ein guter Fahrer wird deshalb stets danach streben, die Kurbel während des Fahrens möglichst lange in den Schaltstellungen 5 oder 9 ruhen zu lassen. Denn nur bei Benutzung dieser Kontakte findet kein nutz- loser Stromverbrauch in den Widerständen statt.

Diese müssen vorhanden sein und benutzt werden, weil Geschwindigkeitsabstufungen notwendig sind, und weil über- haupt kein größerer Elektromotor ohne Anlaßwiderstände in Tätigkeit gesetzt werden kann. Der langsamere Lauf der Motoren bei Einschaltung der Widerstände bedeutet aber keine Verringerung des Stromverbrauchs gegenüber der Schnellfahrt, denn die Energiemenge, die den Motoren nicht zugute kommt, wird in den Widerständen vernichtet. Diese erwärmen sich unter Verbrauch von Betriebsstrom. Aufgabe der Straßenbahnwagen ist es jedoch nicht, die umge- benden Luftschichten zu heizen, sondern vorwärts zu kommen.

Darum stellen die Zwischenschaltstufen, also alle außer den Stellungen 5 und 9, nur Nothelfe dar, über welche die Kur- bel mit mäßiger Ge- schwindigkeit hinweg- geführt werden muß, auf denen sie aber niemals ruhen soll, wenn das nicht aus Sicherheitsgründen unbedingt notwendig ist. Schaltstufe 5 ist die Dauerstellung für mäßige Geschwindig- keit, da die Motoren dann nur mit halber



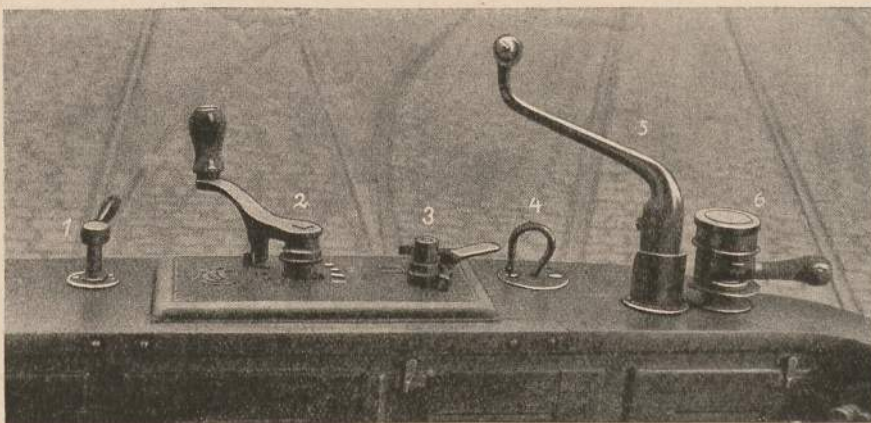
764. Motoranker mit Ventilatorrad  
das die Kühlluft durch die Wicklungen saugt

Spannung gespeist werden, Schaltstufe 9 ist die Dauerstellung für Höchstgeschwin- digkeit. Diese darf in Straßen mit nor- maler Verkehrsdichte nicht mehr als 30 bis 35 Stunden- Kilometer betragen. Dort, wo der Verkehr besonders lebhaft ist, wie zum Beispiel in der Leipziger Straße zu Berlin, sollen 16 Kilometer in der Stunde nicht über- schritten werden.

Die Schleifstücke auf der großen Schaltsäule sind so kurz gehalten, daß das eine sich bereits von dem zugehörigen Kontaktfinger entfernt hat, bevor das nächstfolgende den feinen erreicht. Die Fahrkurbel darf niemals in einer Zwischenstellung stehenbleiben, bei der kein Finger einem Kontaktstück aufliegt, weil dies einer Ausschaltung des Betriebsstroms gleich wäre. Es muß immer eine saubere Schaltung auf eine der Stufen stattfinden. Der Fahrer, dessen Aufmerksamkeit von dem Straßenverkehr ja sehr stark in Anspruch genommen wird, braucht aber nicht be- sonders darauf acht zu geben, daß der Fahrkurbelzeiger stets genau auf eine der Rippen weist. Diese Stellungen werden selbsttätig erzwungen. Dicht unter der Grundplatte, über welcher die Fahrkurbel kreist, ist auf den Schaft der Schaltsäule ein stumpf gezähntes Rad gesetzt, in das ein federndes Stück eingreift (Bild 768). Dieses Federstück zieht oder schiebt, an den schrägen Zahnflanken gleitend, die Kurbel stets in gute Schaltlage. Der Führer spürt beim Schalten diese Endstellungen oder Rasten, die er nur unter Überwindung eines deutlichen mechanischen Widerstands ver- lassen kann.

Rein leitungstechnisch betrachtet, findet aber bei jedem Wechsel der Schaltstufe ein Abschalten des Betriebsstroms statt, wenn es auch noch so kurz währt. Das Kontaktstück, das den zugehörigen Finger verläßt, zieht jedesmal einen Lichtbogen. Dieser muß, da seine sehr hohe Hitze sonst verheerend wirken könnte, möglichst rasch vernichtet wer- den. Es ist zu diesem Zweck am Fahrshalter ein Blasmagnet angebracht, den wir auf Bild 766 links sehen.

Um einen Eisen- kern, der senkrecht zur Bildebene steht, ist eine kräftige Drahtwicklung ge- legt. Sie wird im Augenblick des Über- schaltens vom vollen Betriebsstrom durch- flossen. Der Eisen-



765. Die Ausrüstung des Fahrerstands

1. Sandstreuer. 2. Fahrkurbel. 3. Schalthebel für Vorwärts- und Rückwärtsfahrt. 4. Aus- ziehbarer Haken zum Festlegen des Handbremshebels an der Hinterplattform. 5. Hand- bremshebel. 6. Handgriff für die Druckluftbremse und Druckmesser



fern ist dann sehr stark magnetisiert, und dieser Magnetismus überträgt sich auf die vordere Abschlußwand des Fahr Schalters, die aus Eisen besteht und auf einen sehr langen Polschuh, der auf Bild 766 vor der Hauptschalt säule zu sehen ist. Dieser Polschuh und die Vorderwand des Fahr Schalters sind also während des Überschaltens zwei kräftige entgegengesetzte Magnetpole, zwischen denen sich ein Kraftlinienzug so ausbildet, wie es in Bild 769 angedeutet ist. Ein solches Magnetfeld wirkt auf einen Lichtbogen, der als ein stromdurchflossener Leiter selbst ein Magnetfeld um sich hat, wie ein Windstoß auf einen Vorhang. Er bläst den Bogen in eine bestimmte Richtung, hier nach oben, und zwar so stark, daß er sofort abreißt. Damit nun der aufsteigende Bogen nicht das nächste Schaltstück verbrennt, ist an dem langen Magnet-Polschuh ein Fächer aus wasgereicht liegenden Asbestplatten angebracht. Wenn der Polschuh nicht, wie auf unserem Bild, abgeklappt ist, sondern dicht an der Schalt säule liegt, dann trennt der Asbestfächer jedes Schaltstück von allen anderen vollkommen feuersicher ab.

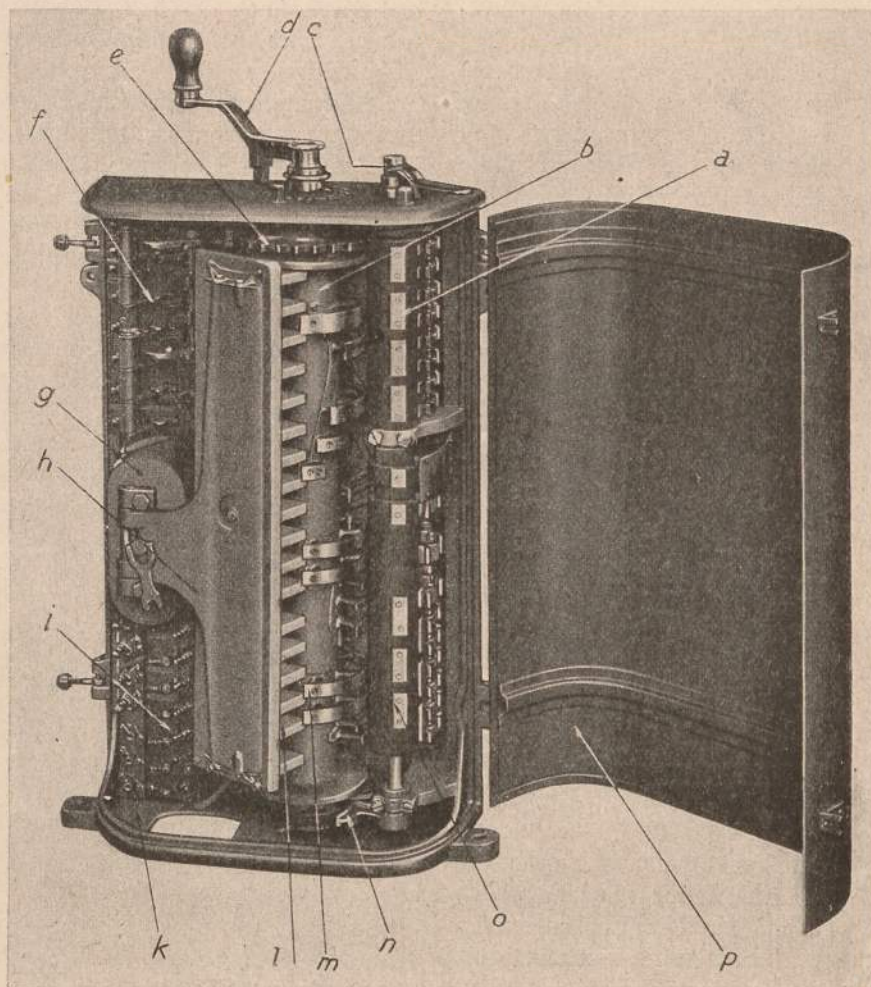
Die große Schalt säule steckt durch die Grundplatte eben ein vierkantiges Endstück hindurch, auf das die Fahrkurbel gesetzt wird. Der Querschnitt dieses Endstücks wäre ein Quadrat, wenn nicht die eine Seite durch eine runde Ausbuchtung verdickt wäre. Dieser Form entsprechend ist der Ausschnitt im Kurbelschaft gehalten. Es gibt also nur eine einzige Stellung, in der die Kurbel aufgeschoben werden kann; hierdurch wird bewirkt, daß diese immer die gleiche Lage zur Schalt säule einnimmt. Ferner sind das Aufstecken und das Abziehen der Kurbel nur möglich, wenn sich die Schalt säule in der Ausschalt-Stellung befindet. Denn eine auf der Grundplatte angebrachte Nase ragt nahe an das Schalt säulen-Endstück heran, und die Kurbel kann nur beim Auftreffen eines Ausschnitts in dem Kranz um ihren Schaft darüber hinweggleiten. Ist die Kurbel einmal aufgesetzt, so kann sie auch nur in der Ausschalt-Stellung wieder abgezogen werden; denn in allen anderen Lagen verhindert die

Nase das Anheben des Kranzes. Und das bedeutet eine sehr wichtige Sicherung, wie ein schwerer Unfall im Bereich der Großen Berliner Straßenbahn deutlich genug gelehrt hat.

Die Wagen, welche von dem Vorort Tegel in die Stadt fahren, werden in den Abendstunden schöner Sommertage stets von Ausflüglern gestürmt. Hierbei ist es infolge der rücksichtslosen Art, in der die Berliner sich ja leider Straßenbahnplätze zu erobern pflegen, einmal vorgekommen, daß der Fahrer, der die Hand auf der Kurbel hatte, von seinem Platz fortgestoßen wurde. Er riß hierbei unwillkürlich die Kurbel mit herum, so daß der Strom eingeschaltet wurde.

Dabei glitt die damals noch nicht durch die Nase und den Kranz am Schaft gesicherte Kurbel vom dem Schalt säulen-zapfen ab. Ehe der Fahrer wieder imstande war, die Kurbel aufzusetzen und den Strom abzuschalten, war der Wagen in einen Menschenhaufen hineingefahren und hatte mehrere Personen schwer verletzt. Ein solches Abrutschen der Kurbel in Fahrtstellung kann nun nicht mehr vorkommen.

Vorzügliche Sicherungswirkung hat ferner die gegenseitige Abhängigkeit, in welche die Fahrkurbel und der daneben liegende Schalt hebel gebracht sind. Das Aufstecken und Abziehen des Schalthebels kann nur in der Mittelstellung erfolgen, das heißt dann, wenn die kleine Schalt säule sich in Aus-Stellung be-

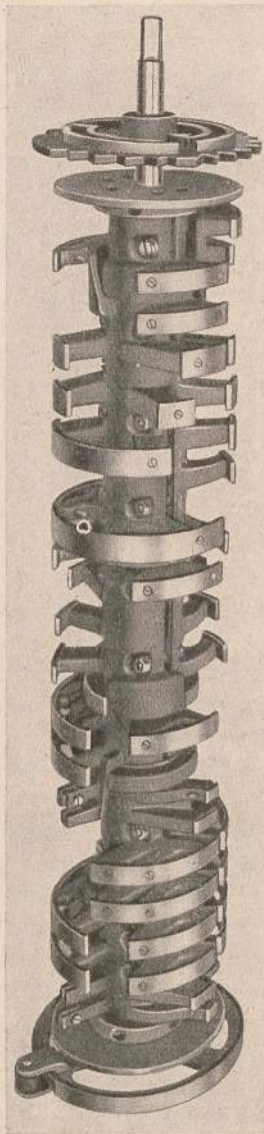


766. Der Fahrwechsler

a. Umschalt säule für Vorwärts- und Rückwärtsfahrt. b. Hauptschalt säule. c. Schalt hebel. d. Fahrkurbel. e. Raster. f. Leitungsanschlüsse. g. Blasmagnet. h. Funkenlöcher (abgeklappt). i. Leitungsanschlüsse. k. Gehäuse. l. Asbestfächer. m. Schleifkontakt der Hauptschalt säule. n. Schwenkvorrichtung für die Brems säule. o. Brems säule. p. Schutzblech. Bauart AEG

findet. Der Betriebsstrom ist in diesem Fall auch von hier aus abgeschaltet. Wie die auf Bild 768 unten dargestellte Niegelanordnung zeigt, kann bei dieser Stellung der kleinen Schalt säule die Fahrkurbel nicht bewegt werden. Andererseits aber ist der auf Vorwärts oder Rückwärts stehende Schalt hebel nur dann in die Mittelstellung zu bringen, wenn die große Säule auf Aus gestellt ist. Desgleichen verhindert eine mit der Fahrkurbel eingestellte Schaltstufe das Übergehen von Vorwärts auf Rückwärts oder umgekehrt. Dadurch ist es unmöglich gemacht, daß die mit Strom vorwärtslaufenden Motoren plötzlich Rückstrom erhalten, wodurch ihre Wicklungen wahrscheinlich sogleich zerstört würden. Will der Fahrer Gegenstrom geben,





767. Hauptschalt säule  
des Fahr Schalters

Oben: Rastenrad;  
unten: Anagge zum Wenden der  
Bremschalt säule

so muß er erst die Fahrkurbel auf Aus stellen; dann kann der Schalt hebel herumgeworfen werden.

In der Nähe des Fahr Schalters sind im Plattformkasten noch zwei besondere kleine Schaltvorrichtungen angebracht. Jede von ihnen gehört zu einem der Motoren. Es kann vorkommen, daß eine der Maschinen beschädigt ist und beim Einschalten der Fahrkurbel einen Kurzschluß des gesamten Betriebsstroms verursachen würde, so daß der Wagen bei ihrem Verbleiben im Stromkreis überhaupt nicht mit eigener Kraft bewegt werden könnte. In solchem Fall wird einer der Motoraus Schalter gedreht, und die beschädigte Maschine erhält keinen Strom mehr. Mit verringerter Geschwindigkeit kann der Wagen alsdann noch in den Bahnhof gebracht werden. Ist eine der Maschinen ausgeschaltet, so kann die Fahrkurbel nur noch bis zur Schaltstufe 5 bewegt werden. Es hätte ja auch keinen Zweck, die weiteren Stufen zu benutzen, da die einzige im Betrieb verbliebene Maschine ohnedies von vornherein die volle Spannung erhält.

\*

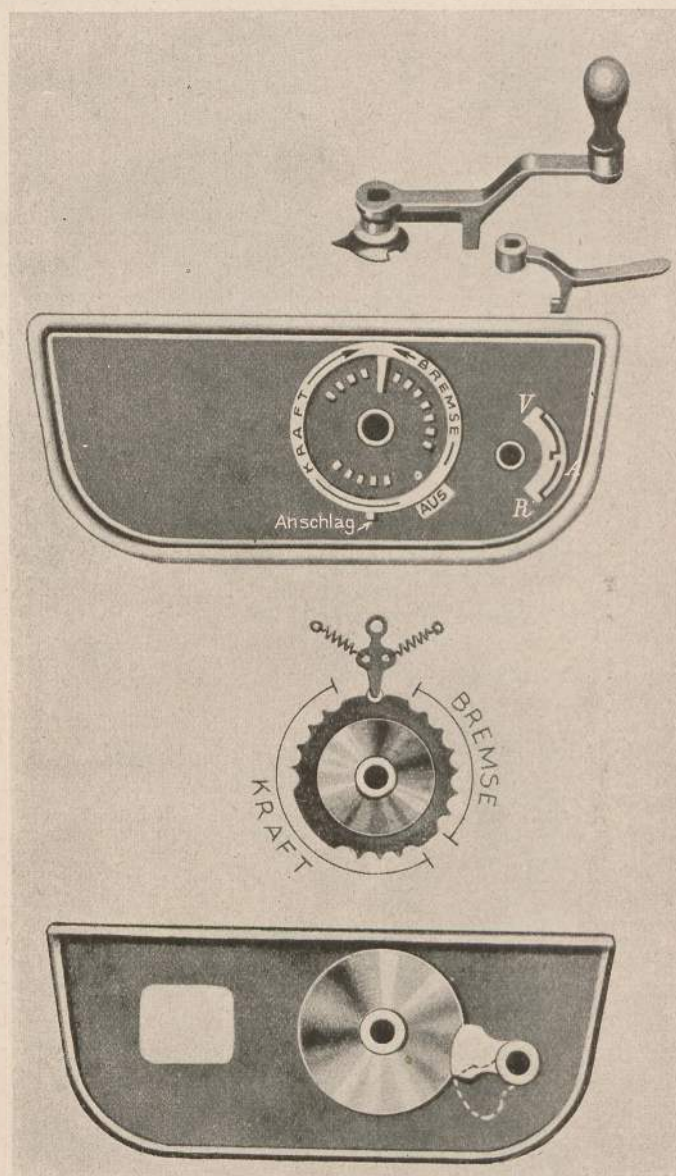
Wir wissen, daß der Fahr schalter auch zum Bremsen benutzt wird. Das geschieht jedoch nicht überall. Neben der elektrischen Bremse gibt es auch andere Hemmvorrichtungen. Wir wollen deshalb die Straßenbahnbremsen

gemeinsam betrachten und im Lauf dieser Erörterung die zur Bremsung dienenden Teile des Fahr Schalters besprechen.

Ange sichts der geringen Geschwindigkeit, mit der die Straßenbahnwagen fahren, und wegen der kleinen Anzahl von Fahrzeugen, aus denen die Züge in diesem Bezirk bestehen dürfen — es sind deren im Höchstfall drei: Triebwagen und zwei Anhänger — kann die Brems einrichtung sehr viel einfacher sein als bei den Eisenbahnen und Stadtschnellbahnen. Selbsttätige Wirkung des Bremsmittels ist hier unnötig. Man braucht nicht die verwickelten Einrichtungen für selbsttätige Wirkung einzubauen, von denen wir in Abschnitt 12 auf Seite 249 gesprochen haben. Notbremsen gibt es bei der Straßenbahn nicht, das Schadhaf twerden der Einrichtungen, welche die Bremskraft zu dem Anhänger oder zu den Anhängern hinüberführen, kann keine allzuschweren Folgen haben.

Man verwendet zum Bremsen Elektrizität, Druckluft oder die Muskelkraft des Fahrers. Gesehlich vorgeschrieben ist, daß jeder Triebwagen mit mindestens zwei Bremsen ausgerüstet sein muß, die völlig unabhängig voneinander zu arbeiten vermögen. Wenn die eine einmal versagt, ist dann immer noch die andere zur Hemmung des Wagens bereit.

Die elektrische Bremsung wird in vier Hauptformen benutzt. Sie sind alle dadurch gekennzeichnet, daß bei ihrer Anwendung keine Bremsflöße an die Räder gedrückt werden. Am einfachsten ist die Gegenstrombremse. Sie erfordert gar keine besonderen Einrichtungen am Fahr schalter. Soll der vorwärts laufende Wagen durch sie gehemmt werden, dann braucht der Fahrer nur die Kurbel auf Aus zu stellen, den Schalt hebel zurückziehen und mit der Kurbel von neuem einzuschalten. Die Motoren erhalten jetzt Gegenstrom, so daß der Wagen je nach der Schaltstufe, auf welche die Kurbel von neuem gestellt ist, mehr oder weniger scharf gehemmt wird. Obgleich bei diesem Vorgang der Durchgang durch Null von der Verriegelung zwischen Schalt hebel und Fahrkurbel erzwungen wird, hat eine solche Bremsung doch immer etwas Gewalttätiges an sich. Sie geht niemals stoßlos vor sich. Die Wicklungen des Motorankers und die Zahnräder des Getriebes werden sehr hart beansprucht und leicht beschädigt. Als Betriebsbremse wird deshalb die Gegenstromhemmung heute nirgend mehr benutzt. Sie soll nur im äußersten Notfall gebraucht werden, wenn ausschließlich durch sie ein Zusammenstoß oder Verletzung von Personen vermieden werden können.



768. Einzelstücke des Fahrgeräts

Fahrkurbel und Schalt hebel. — Schaltplatte. — Rastenrad mit Festhaltung. — Verriegelung zwischen Fahrkurbel und Schalt hebel



Die Gegenstrombremse wird durch den Betriebsstrom gespeist. Die übrigen elektrischen Bremsen aber benutzen eine andere Stromquelle. Sie ist auf dem fahrenden Wagen stets vorhanden, auch dann, wenn die Oberleitung einmal stromlos werden sollte. Der Elektromotor ist ja nichts anderes als eine Umkehrung der Dynamo-Maschine. Baulich sind die beiden Maschinen völlig gleich. Wenn der Straßenbahnmotor von der Oberleitung abgeschaltet ist, sein Anker aber durch die weiterlaufenden Räder noch gedreht wird, kann man Strom aus ihm entnehmen. Es ist zu diesem Zweck nur nötig, die abgeschalteten Enden der beiden zum Anker führenden Leitungen miteinander zu verbinden.

Die Erzeugung des jetzt auftretenden Stroms aber verbraucht Energie. Sie wird von dem immer noch sich drehenden Anker hervorgebracht, und die Folge ist, daß sein Umlauf und damit die Drehung der Räder erschwert wird. Schließt man die Leitungsenden unmittelbar aneinander, so hat der auftretende Strom große Stärke; der Wagen wird also rasch gehemmt. Schaltet man dagegen Widerstände ein, so erhält man einen schwächeren Strom, der langsamere Bremsung bewirkt. Man nennt diese Einrichtung Kurzschlußbremse, und sie wird wegen ihrer großen Einfachheit sehr viel benutzt.

Die Schaltung der Motoren für Erzeugung von Bremsstrom geschieht dadurch, daß die Fahrkurbel von der Aus-Stellung her entgegen dem Uhrzeigersinn bewegt wird. Sobald der Fahrer das Werkzeug in seiner Hand in dieser Richtung anrückt, macht die halbblange Schaltsäule rechts unten auf Bild 766 infolge mechanischer Kupplung mit der Hauptsäule eine Drehung und bewirkt so die nötigen elektrischen Umlagungen. Es sind zunächst sämtliche Widerstände in die Bremsleitung geschaltet, beim Weitergehen des Zeigers an der Fahrkurbel von Rippe zu Rippe werden sie in sechs Stufen allmählich überbrückt.

Eine früher häufiger als jetzt angewendete elektrische Hemmung ist die Magnetbremse in der Bauart Sperry. Man findet bei den für sie eingerichteten Wagen auf jede der Treibachsen eine eiserne Scheibe fest aufgekeilt. In der Nähe jeder dieser Scheiben sind auf einem Ring Elektromagnete befestigt. Die ganze Magnet-Einrichtung ruht gleichfalls auf der Achse, sie vermag sich jedoch nicht mit dieser zu drehen. Dagegen ist eine Verschiebung in Richtung der Achsen-Längserstreckung möglich. Eine Feder hält für gewöhnlich die Magnetpole in einiger Entfernung von der aufgekeilten Eisenplatte (Bild 770).

Erhalten die Magnete aber Strom, dann werden sie unter Überwindung der sich entgegenstimmenden Federkraft an die feste Scheibe herangezogen. Diese schleift nun,

während sie sich mit der auslaufenden Achse dreht, an den Magnetkernen. Es entsteht hierdurch zunächst eine sanfte Hemmung. Ihre Kraft wächst aber mehr und mehr an, wenn die Magnete durch das Abschalten von Widerständen sich immer fester ansaugen.

Der Strom wird auch hier den als Dynamo laufenden Motoren entnommen. Da diese jedoch immer weniger elektrische Energie in die Bremsenrichtung abgeben, je mehr sie durch diese gehemmt werden, läßt man häufig auf der letzten Kontaktstufe, wenn also der Fahrkurbelzeiger von der sechsten Bremsrippe zur siebenten übergeht, die Schaltung sich derart ändern, daß Frischstrom aus der Oberleitung entnommen wird. Wo das nicht der Fall ist, muß bei der Sperry-Bremse meist noch Handbremsung hinzutreten, die unmittelbar auf die Räder wirkt, da man sonst nicht in der Lage ist, den Wagen wirklich stillzusetzen.

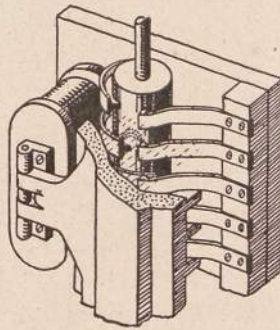
Neuerdings gelangt eine vierte Bauart der elektrischen Bremsen in Anwendung, bei der die magnetische Anziehung nicht mehr auf die Achsen, sondern auf die Schienen wirkt. Es ist hier ein sehr naheliegender und äußerst einleuchtender Gedanke verwertet. Unter dem Wagen hängt auf jeder Seite ein Elektromagnet derart, daß sein unterer Pol für gewöhnlich etwa ein Zentimeter über den Schienenköpfen schwebt. Sowie Erregerstrom in die Wicklungen geschickt wird, werden die Magnete auf die Schienen hinuntergezogen und verursachen durch ihr immer festeres Anhaften auf diesen eine Hemmung des Wagens. Gegenfedern ziehen die Magnete darauf wieder nach oben. Die Wirkung ist hier kräftiger als bei

der Anordnung nach Sperry. Selbstverständlich müssen die Magnete so an den Unterstellen angebracht sein, daß ihre Pole in Krümmungen nicht über dem Pflaster hängen; das geschieht am besten durch Befestigung in der Wagenmitte.

Obgleich alle diese elektrischen Straßenbahnbremsen den Vorzug großer mechanischer Einfachheit haben, da für ihre Betätigung kein Gestänge gebraucht wird, so wendet man trotzdem gern die Bremskloß-Hemmung mit ihren vielen beweglichen Teilen an, da durch diese

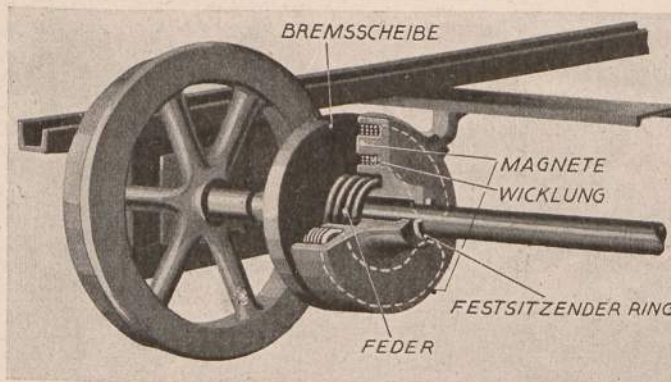
Anordnung unter allen Umständen Stillsetzung des Wagens gewährleistet ist. Das Anziehen erfolgt entweder durch den Arm des Fahrers oder unter Benutzung von Druckluft. Es ist auch möglich, Klotzbremsen elektrisch, durch kräftigen Magnetzug, zu bewegen, doch werden solche Bauarten seltener gebraucht.

Um der gesetzlichen Vorschrift der doppelten Hemmrichtung bei voller gegenseitiger Unabhängigkeit beider Bremsen zu genügen, haben die Wagen entweder elektrische Bremse und Handbremse oder Druckluft-Bremse und Handbremse.



769. Die Wirkung des Blasmagneten

Die vom vorderen zum hinteren Polschuh des Elektromagneten strahlenden Kraftlinien treiben den Lichtbogen nach oben, so daß er geschwindig abreißt. Der Bogen hat sich zwischen dem feststehenden Kontaktfinger und dem Kontakttück auf der Hauptschalt säule gebildet, die eben noch in Berührung miteinander gewesen sind



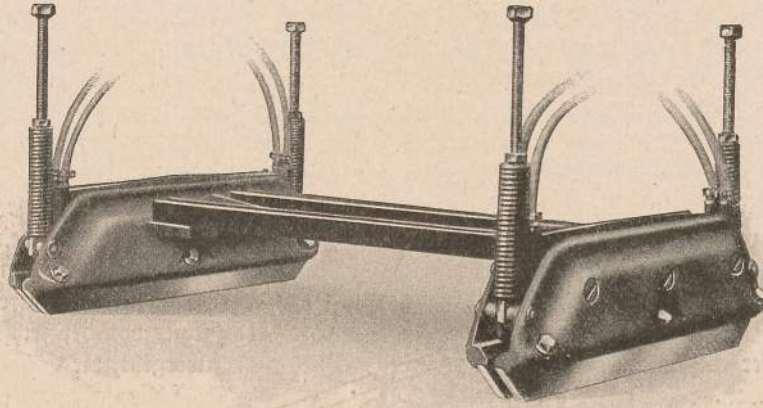
770. Sperry-Bremse

Elektrische Hemmvorrichtung, bei der eine auf die Achse gefeilte Eisenscheibe von Elektromagneten, die sich nicht zu drehen vermögen, festgehalten wird



Bei der Drehung des jedem bekannten langarmigen Handbremshebels wird auf das Ende der senkrecht hinunterführenden Spindel eine Kette aufgewickelt (Bild 773). Diese bewegt unter Überwindung des Zugs kräftiger Federn das Bremsgestänge derart, daß die Klöße an die Räder gepreßt werden. Damit der Fahrer die angezogene Bremse nicht ständig festzuhalten braucht, ist auf die Spindel unmittelbar über dem Plattformboden ein Sperr-Rad aufgesetzt, in das eine Klinke mit dem Fuß eingedrückt werden kann. Bei den Wagen mit verglasten Plattformen können die altüblichen Handbremshebel oft nicht mehr verwendet werden, weil für ihre Drehung nicht genügend Platz vorhanden ist. Sie sind dann ersetzt durch senkrecht stehende Handräder, deren Wirkung mittels Regelrädern auf die Bremsspindel übertragen wird.

Dem Fahrer, der seine ganze Aufmerksamkeit auf die Sicherung der Wagenfahrt zu richten hat, mutet man heute nicht mehr gern schwere körperliche Arbeit zu. Es würde ihn allzusehr ermüden und seine Aufmerksamkeit schwächen, wenn er die schweren Züge fortwährend mit der Kraft



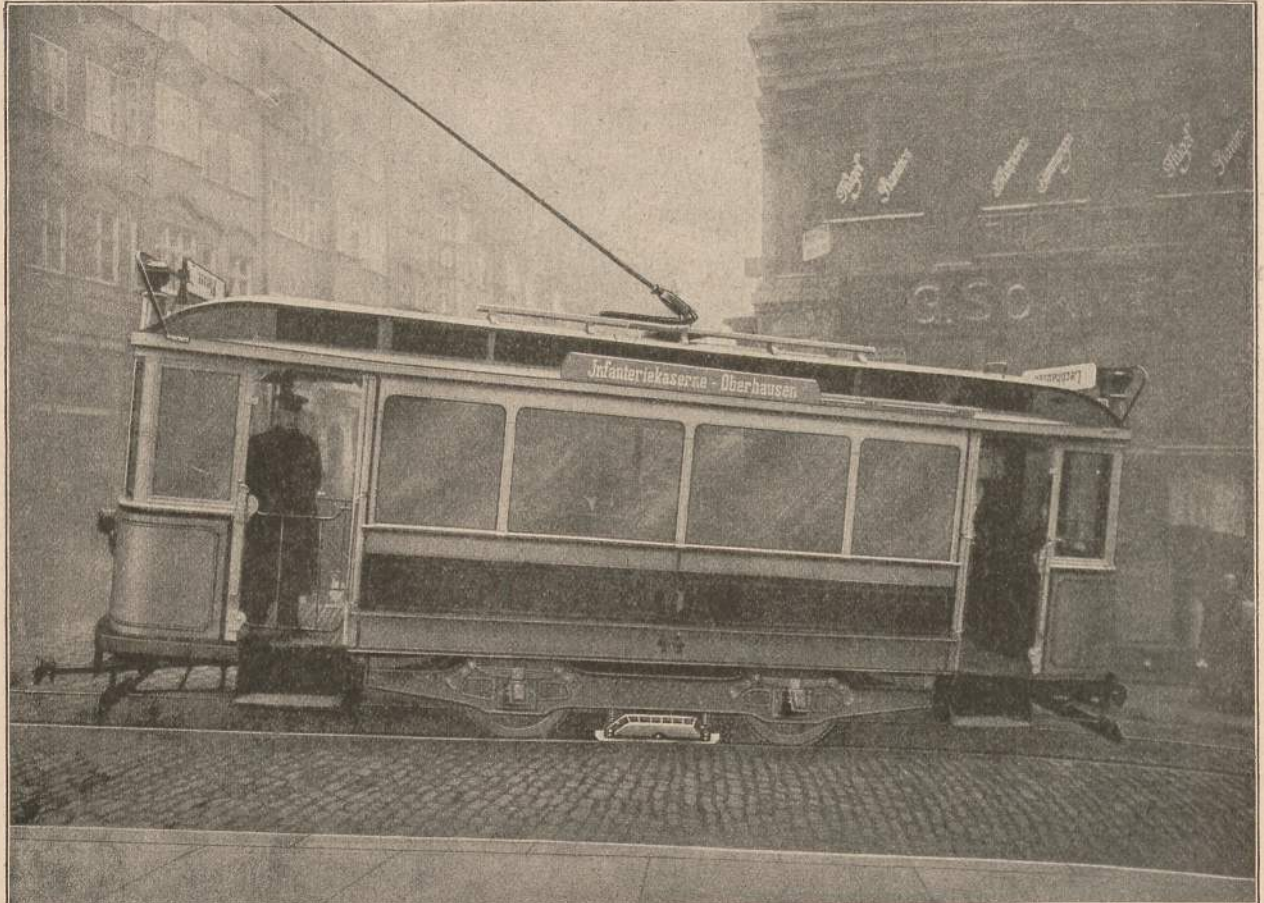
771. Elektromagnete für die Schienenbremse  
Magnetbremsen-Gesellschaft in Berlin

seines Arms zum Stillstand bringen müßte. Wo daher die elektrische Bremsung nicht wirksam genug erscheint, schaltet man zwischen das Bremsgestänge und die Hand des Fahrers Druckluft als Kraftlieferer ein. Die Druckluft-Bremse mit nicht selbsttätiger Wirkung, wie sie bei der Straßenbahn üblich ist, hat sich sehr gut bewährt.

Es ist reizvoll, die Straßenbahn-Druckluft-Bremse mit der Eisen-

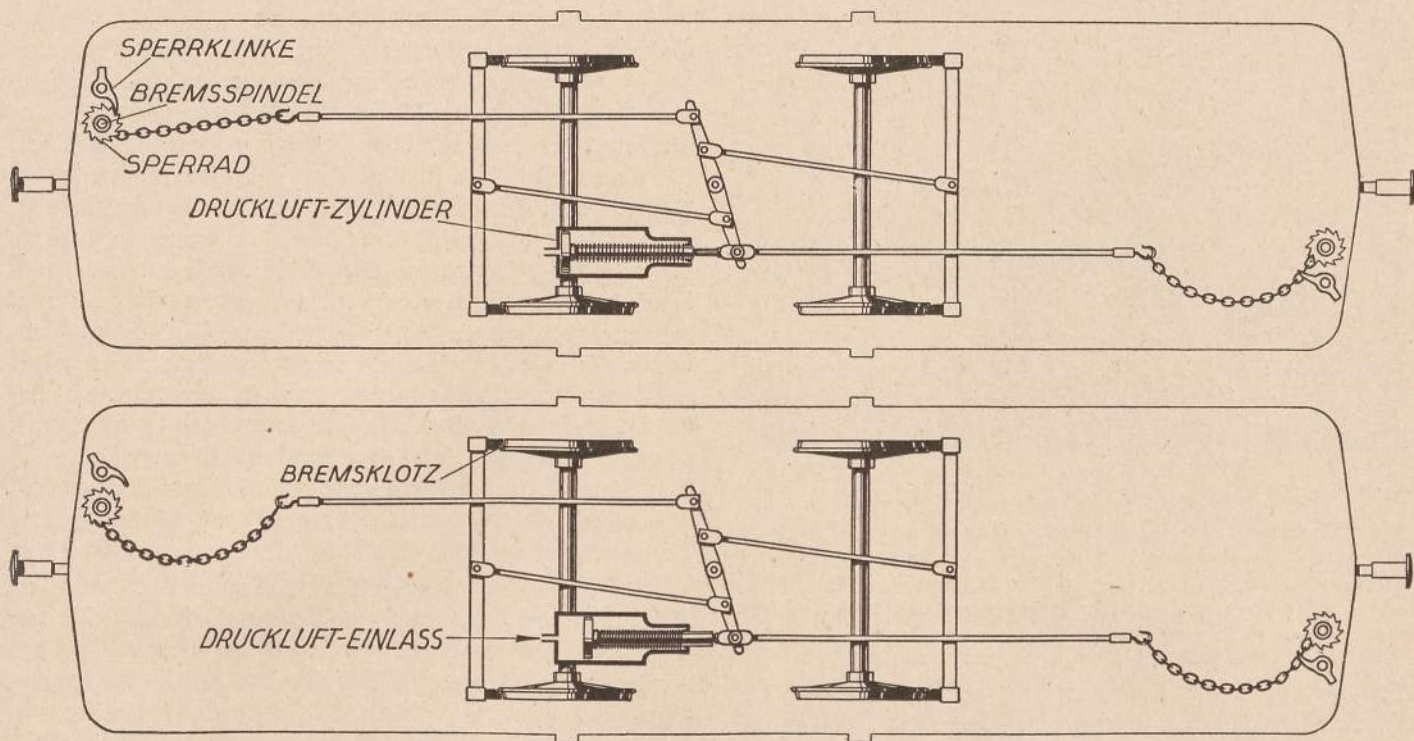
bahn-Bremse zu vergleichen, die wir auf den Seiten 246 bis 255 besprochen haben. Dort sehr verwickelte Einrichtungen, weil selbsttätiges Ansprechen der Hemmvorrichtung beim Undichtwerden eines Verbindungsschlauchs oder Zerreißen des Zugs gefordert wird, und weil bei den langen Zügen ein gleichzeitiges Anziehen aller Klöße nur durch Einbau kniffliger Zwischenschaltungen zu erreichen ist. Auch die Einrichtung der Notbremse, die das Anhalten des Zugs von jedem Wagen aus gestattet, erfordert Rücksichtnahme.

Die Eisenbahnbremse muß mittelbar wirkend sein; bei ihr strömt Druckluft in die Bremszylinder, wenn Luft aus der durchlaufenden Hauptleitung hinausgelassen wird. Bei der Straßenbahn, die sich aus den bereits angegebenen



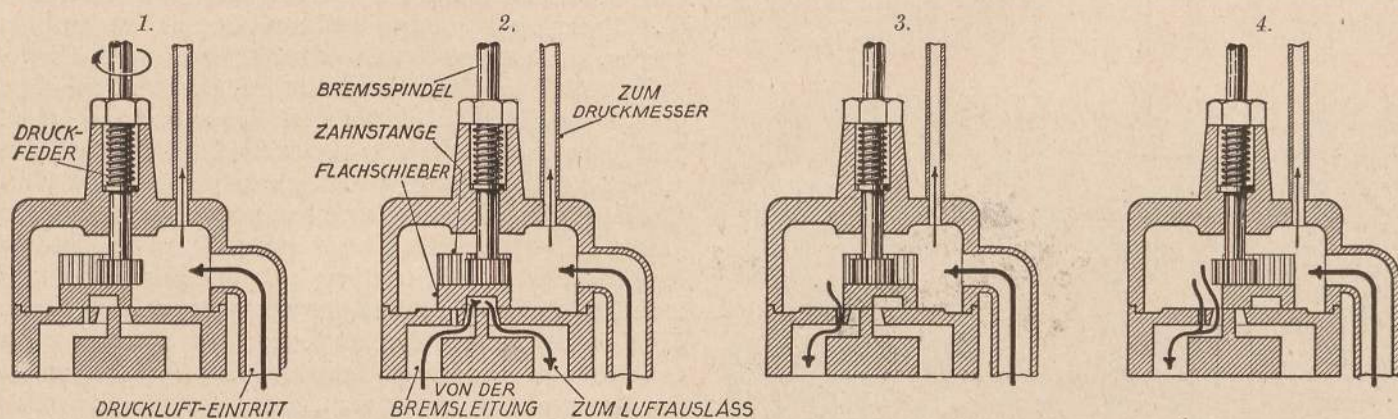
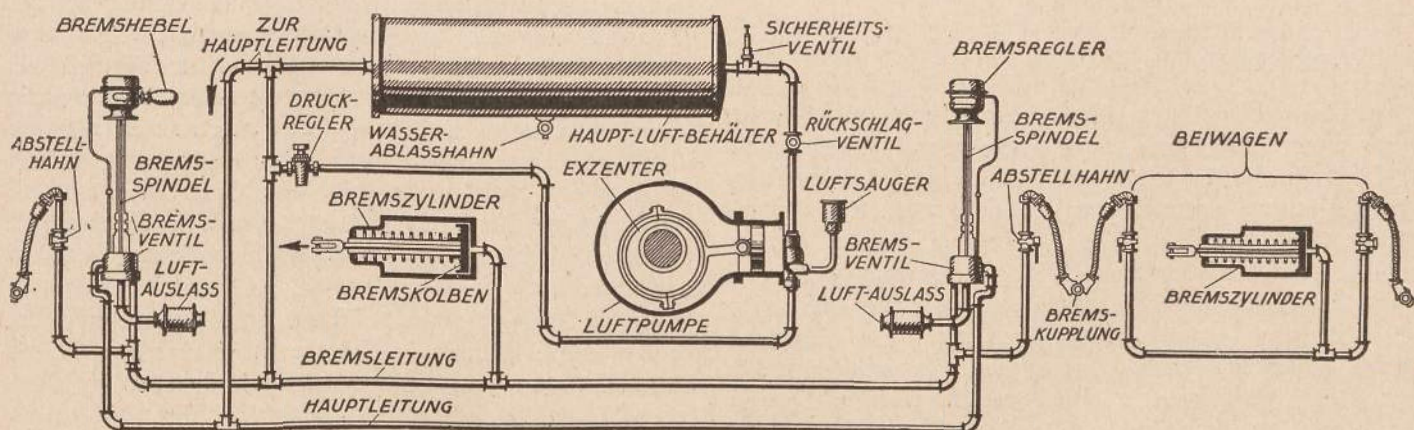
772. Wagen mit elektromagnetischer Schienenbremse  
Magnetbremsen-Gesellschaft in Berlin





### 773. Backen-Bremseinrichtung am Straßenbahnwagen

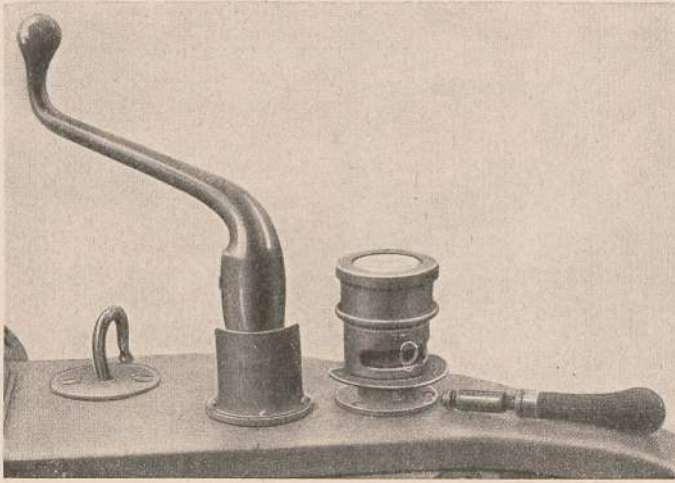
Oben: Gestänge mit der Handbremse angezogen; unten: Gestänge mit der Druckluftbremse angezogen



### 774. Druckluftbremse, Bauart Böker,

am Triebwagen und am Beiwagen. Unten vier Stellungen eines Steuerventils: 1. Abschlußstellung, 2. Fahrt- und Lösestellung, 3. Gewöhnliche Bremsstellung, 4. Notbrems-Stellung





775. Die Bremshebel am Fahrerstand

Links: Handbremshebel; rechts: Betätigungsverrichtung für die Druckluftbremse. Der ausgezogene Bremsgriff kann nur dann eingesteckt oder herausgenommen werden, wenn die Hülse, die an der Bremsspindel befestigt ist, zwischen den Aussparungen im Bremskopf steht. Oben der Glasdeckel über dem Druckmesser

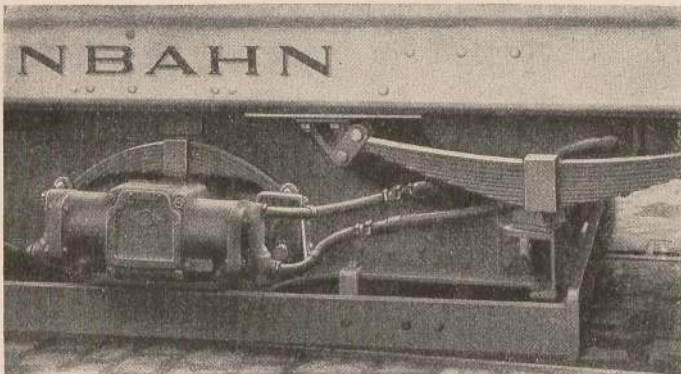
Gründen mit unmittelbarer Wirkung begnügt und auch auf die Selbsttätigkeit der Bremse verzichten darf, können die Vorkehrungen für die Druckluft-Hemmung sehr viel einfacher sein. Das Fahrer-Bremsventil zum Beispiel hat nur drei Stellungen, im Gegensatz zum Führer-Bremsventil auf Lokomotiven, das sechs Schaltungen zulässt. Es ist eben bei den Straßenbahnen nichts weiter notwendig als

1. Fahrt- und Lösestellung,
2. Bremsstellung,
3. Abschlußstellung.

Betriebs-Bremse und Notbremse sind im Grunde gleicher Art, nur durch den Einstellungsgrad unterschieden.

Wir besprechen die Einrichtung der Straßenbahn-Druckluft-Bremse unter Zugrundelegung der viel verwendeten Bauart Böker (Bild 774).

Die Druckluft wird durch eine Pumpe erzeugt, die von einer Wagenachse durch Zahnradübertragung oder durch eine Scheibenkurbel (Erzenter) angetrieben wird. Das Ansaugen der zusammenzudrückenden Luft erfolgt nicht unmittelbar aus der Atmosphäre, sondern durch eine Saugvorrichtung hindurch, die den Staub zurückhält. Der Sauger birgt Blechsiebe, zwischen welche Putzwolle in loser Anordnung gestopft ist. Es wird hierdurch ein vortrefflicher Filter gewonnen.



776. Achsbuchs-Kompressor

Luftpumpe für die Bremse, die leicht zugänglich an einem Achslager befestigt ist

Die durch die Arbeit des Pumpenkolbens zusammengepreßte gereinigte Luft wird dem Hauptluftbehälter, einem Hohlzylinder aus Stahlblech, zugeführt. In der Leitung zwischen Pumpe und Luftbehälter befinden sich ein Rückschlag- und ein Sicherheitsventil. Das Rückschlagventil gestattet den Durchtritt der Luft nur in der Richtung Pumpe—Behälter; es kann also kein Zurückströmen stattfinden, wenn im Pumpenraum kein Druck vorhanden ist. Das Sicherheitsventil spricht an, sobald der Druck im Haupt-Luftbehälter die zulässige Höchstgrenze überschreitet. Vom Haupt-Luftbehälter führt ein Verbindungsrohr zu der Hauptleitung, die unter der ganzen Länge des Wagens hindurchgeht und in den Gehäusen der beiden Bremsventile endet; diese liegen an den Fahrerständen unter dem Plattformboden. Die Bremsventile sind ferner miteinander durch die Bremsleitung verbunden, mit welcher der Bremszylinder in Verbindung steht. Außerdem führt aus jedem Bremsventil ein Auslaßrohr ins Freie. Darauf ist ein Blechgefäß als Schalldämpfer gesetzt.

Aber jedem der Ventilgehäuse und mit ihm durch ein Rohr verbunden, das nur ein Schutzmantel und nicht zur Luftführung bestimmt ist, befindet sich ein Bremsregler, der von der Hand des Fahrers betätigt wird. Ein seitlich hinausragender abnehmbarer Handhebel (Bild 775) ist hier mit einer senkrechten Spindel verbunden, die um ihre Achse gedreht werden kann und luftdicht in das Ventilgehäuse eingesetzt ist. Sie trägt an ihrem unteren Ende ein kleines Zahnradchen, das in eine Zahnstange eingreift (Bild 774 unten). Wenn der Handhebel gedreht wird, verschiebt sich diese Zahnstange, und ein Flachschieber wird mitgenommen. Aussparungen in diesem können die Bremsleitung entweder mit der Außenluft oder mit der Hauptleitung verbinden. In einer dritten Stellung sind alle Ventilöffnungen abgeschlossen.

Ein dünnes Röhrchen führt außerdem noch von der Hauptleitung, dort wo sie im Ventilgehäuse endet, zu einer Haube über dem Bremsregler hinauf. In diese Haube ist ein Druckmesser eingesetzt. Er trägt eine Skala, über der ein Zeiger spielt. Zwei rote Striche geben den Mindestdruck und den Höchstdruck an, der in der Hauptleitung herrschen muß oder darf.

Da die Luftpumpe von der Wagenachse angetrieben wird, ist ihr Kolben ständig in Bewegung, solange der Wagen läuft. Es wäre nun unsinnig und höchst unwirtschaftlich, fortwährend Preßluft in den Hauptluftbehälter zu senden, auch wenn der zulässige Höchstdruck in diesem bereits erreicht ist. Unausgesetzt würde hierdurch Energie verschwendet werden, und das Sicherheitsventil müßte fortwährend abblasen. Es ist deshalb eine Einrichtung getroffen, die einen Leerlauf der Pumpe herbeiführt, sobald der Behälter genügend gefüllt ist. Wir sehen kurz hinter dem Haupt-Luftbehälter, links von diesem, eine Abzweigung an das Hauptrohr gelegt. Sie führt zum Druckregler. Dieser ist außerdem mit einem Ventil an der Pumpe verbunden. Sobald der Höchstdruck im Hauptbehälter erreicht ist, hebt die Luftpressung einen Verschuß im Druckregler an. Die Druckluft kann jetzt zum Pumpenventil strömen, öffnet dieses, und der Druckraum der Pumpe, der bis dahin verschlossen war, ist nun mit der Außenluft verbunden. Der Pumpenkolben läuft zwar weiter, leistet aber keine Verdichtungsarbeit mehr, so daß der Energieverbrauch gering ist.

Bei der auf Bild 774 gezeichneten Anordnung wird die Bremse von dem links liegenden Fahrerstand aus bedient. Das Bremsventil des rechten Fahrerstands steht in Abschluß-Stellung und muß diese Lage innehaben, weil der kleine Hand-



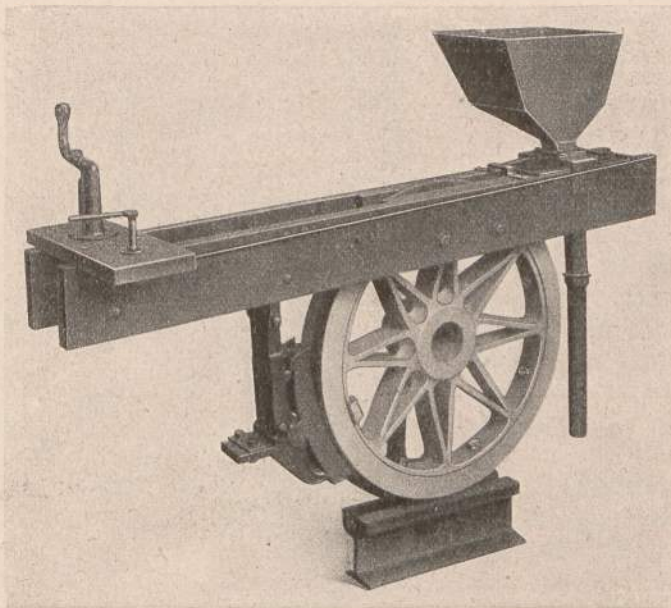
hebel nicht im Bremskopf steckt. Während der vorhergehenden Fahrt, bei welcher der Beiwagen sich hinter dem anderen Fahrerstand befand, wurde die Bremse von rechts aus bedient. Der Fahrer konnte den Handhebel erst abziehen, nachdem er das Ventil auf Abschluß gestellt hatte; denn nur in diesem Fall vermochte er den Hebel durch eine Aussparung in seinem Bewegungsschlitz zu entfernen (Bild 775). Gleichzeitig sprang hinter dem hinausgleitenden Handhebelstiel ein Federchen hinaus, das die Spindel unbeweglich machte. Die Abschluß-Stellung des Schiebers im Ventil rechts bewirkt, daß jetzt, also bei Fahrt nach links, alle Öffnungen in dem Bremsventil rechts verschlossen sind. Durch dieses hindurch kann keine Druckveränderung in irgendeinem Rohr stattfinden.

Wir sehen den Handhebel in dem linken Bremskopf stecken. Er ist bei Abschluß-Stellung des Ventils eingesetzt und konnte nur bei dieser Lage eingeführt werden. Der Hebel hat beim Einstecken die Verschlusfeder der Bremspindel ausgehoben, so daß die Spindel jetzt um ihre Achse gedreht werden kann. Der Fahrer legte den Hebel zuerst nach vorn, das heißt in Fahrt- und Lösestellung. Denn nun ist durch die Drehung der senkrechten Spindel der Schieber im Ventil so gestellt, daß die in das Ventilgehäuse eingeführte Bremsleitung mit dem ins Freie führenden Rohr verbunden ist. Die Bremsklöße sind abgehoben. Wir nehmen an, daß im Haupt-Luftbehälter der notwendige Druck von 2,2 bis 2,8 Atmosphären herrscht.

Der Straßenbahnzug, zu dem unsere Bremsanordnung gehört, nähert sich einer Haltestelle. Der Fahrer hat die Schaltkurbel auf Aus gestellt und will die lebendige Kraft des Wagens nun abbremsen. Zu diesem Zweck zieht er den Handhebel zu sich heran. Die dadurch hervorgerufene Drehung der senkrechten Spindel bewirkt, daß der Schieber im Ventil sich umstellt, und zwar so, daß nun die Bremsleitung von der Außenluft abgetrennt und mit der im Schiebergehäuse endenden Hauptleitung verbunden ist. Es strömt Druckluft in die Bremsleitung hinein, sie gelangt in den Bremszylinder hinter den Kolben und schiebt ihn unter Überwindung des Drucks der Gegenfeder vor. Die Kolbenstange bewegt das Bremsgestänge und bewirkt das Anpressen der Klöße gegen die Räder genau in der gleichen Weise, wie wenn durch die Handbremse eine der Zugketten aufgerollt würde (Bild 773 unten).

Die Stärke der Bremsung, die Kraft also, mit der die Klöße gegen die Radreifen gedrückt werden, hängt ganz von der Zeit ab, während welcher der Fahrer den Handhebel in der Bremsstellung stehen läßt. Es ist nämlich nur ein sehr schmaler Verbindungskanal zwischen Hauptleitung und Bremsleitung geöffnet; die Druckluft kann hier nur allmählich hindurch. So entsteht, wenn der Fahrer bloß für ganz kurze Zeit auf Betriebsbremsung schaltet, ein leichtes Anziehen der Klöße. Wird die Bremse dann gleich wieder auf Abschluß gestellt, bleibt die leichte Bremsstufe bestehen. Dreht der Fahrer von neuem auf Betriebsbremsung, verstärkt sich der Druck im Bremszylinder, und ebenso wächst dieser an, wenn längere Zeit in Betriebs-Bremsstellung verweilt wird.

Das Bremsen geht nun tatsächlich so vor sich, daß der Fahrer zunächst eine kleine Druckstufe gibt und sofort wieder in Abschluß-Stellung zurückgeht. Er wartet ganz kurze Zeit, bis die Stufe in Wirksamkeit getreten ist. Dann gibt er nach Bedarf eine zweite Stufe, eine dritte usw., bis der Wagen steht. Es kommt gar nicht darauf an, mit welcher Geschwindigkeit er immer wieder von der Abschluß-Stellung in die Bremsstellung geht, sondern ausschließlich darauf, wie lange er den Handhebel jedesmal in der Bremsstellung verweilen läßt.

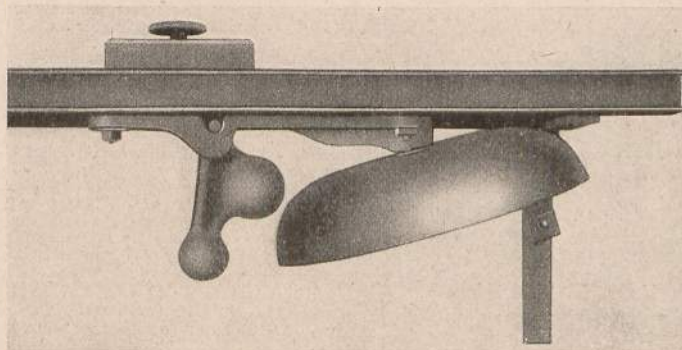


777. Sandstreu-Vorrichtung

Ziehen an dem Griff neben dem Handbremshebel bewegt eine Klappe unter dem Streusandgefäß, so daß Sand durch das senkrechte Rohr auf die Schienen fällt. Übungsmodell aus der Fahrerschule der Berliner Straßenbahn. In den Wagen ist das Streusandgefäß unter einem der in der Fahrtrichtung vorn liegenden Sitze angebracht; von dort führt eine schräge Rinne zu dem Fallrohr.

Wenn der Wagen hält, dann liegt der Handhebel in Abschluß-Stellung. Infolge der zugehörigen Lage des Schiebers im Ventil findet nun keine Druckveränderung statt; die Klöße bleiben also angelegt, und zwar mit einer Kraft, die der Summe der nacheinander gegebenen Bremsstufen entspricht. Sobald der Schaffner das Abfahrt-Zeichen gegeben hat, legt der Fahrer den Handhebel wieder nach vorn über. Jetzt ist die Hauptleitung abgeschlossen, die Bremsleitung mit der Außenluft verbunden. Die Druckluft entweicht aus der Bremszylinder-Kammer, die Feder schiebt den Kolben in diese zurück, und das Gestänge hebt die Klöße wieder von den Radreifen ab.

Es besteht die Möglichkeit, den Handhebel noch über die Betriebs-Bremsstellung hinaus nach hinten zu ziehen. Diese Stellung ist an dem Bremskopf mit dem Wort „Notbremse!“ bezeichnet. Es geschieht bei ihrer Benutzung nichts weiter, als daß die senkrechte Spindel an Stelle der ganz schmalen Verbindung zwischen Druckleitung und Bremsleitung einen



778. Fußglocke

Beim Niederdrücken des Treters schlägt der Klöppel gegen die Glockenschale. Darüber ein Anguß, dessen Gewicht den Klöppel immer wieder zurückdrückt und den Treter emporhebt.



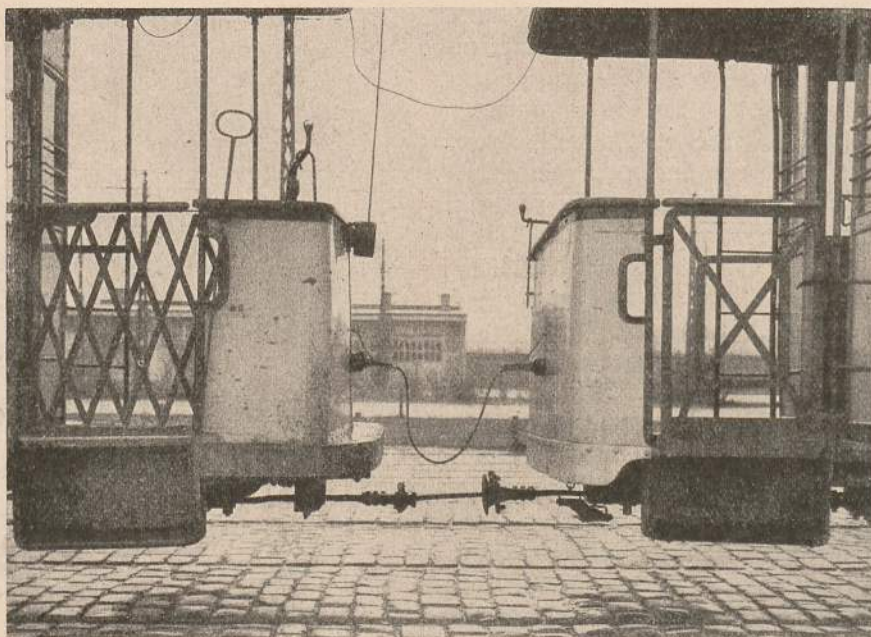
geräumigeren Durchflußkanal durch weiteres Umlegen des Schiebers öffnet. Die Preßluft aus dem Hauptbehälter stürzt nun in großen Massen in den Bremszylinder und bewirkt rasches und sehr kräftiges Vorschieben des Kolbens. An manchen Wagen kann der Handhebel auch noch über die Notbrems-Stellung hinausgebracht werden. Er öffnet dann den Sandstreuer, und der auf die Schienen fallende Sand verstärkt die Bremswirkung weiter.

Im gewöhnlichen Betrieb wird vor Beginn der Bremsung der Hauptbehälter voll gefüllt sein, der Druckregler also die Verbindung zwischen der Preßkammer in der Pumpe und der Außenluft geöffnet haben, so daß die Pumpe wirkungslos arbeitet. Das Bremsen verursacht unter allen Umständen ein Sinken des Drucks im Hauptbehälter, da aus diesem ja eine bedeutende Luftmenge entnommen wird.

Damit nun nicht schon nach Einstellung der ersten leichten Bremsstufen ein zu starkes Absinken des Drucks eintritt, ist für sofortige Ergänzung der Druckluft gesorgt. Wir sehen auf Bild 774 eine gesonderte Verbindung zwischen der Bremsleitung und dem Druckregler. Sobald die Bremsleitung Druck erhält, also immer beim Beginn jeder Bremsung, wird der Druckregler so umgeschaltet, daß er das Auslaßventil an der Pumpe schließt. Diese nimmt dann sofort ihre Ergänzungsarbeit auf. Der Vorgang ist auch wirtschaftlich günstig, da er die lebendige Kraft des stromlos auslaufenden Wagens zur Bereitung von Bremsluft heranzieht.

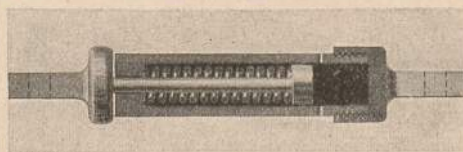
Die Bremskraft wird — wie übrigens auch bei den elektrischen Hemmeinrichtungen — stets auf den Anhänger übertragen. Dies ist unbedingt erforderlich, weil der Beiwagen sonst bei jeder Bremsung auf den Triebwagen auflaufen und dann durch die Kupplungsfedern zurückgeschleudert würde, so daß ein unerträgliches Zucken in den Zügen entstände. Durch Verbindungsschläuche, die an den Vorderwänden der Plattformen angebracht sind, wird die Bremsleitung des Triebwagens mit der Bremsleitung am Anhänger verbunden. An dessen Untergestell ist gleichfalls ein Bremszylinder befestigt, der bei auftretendem Druck ebenso arbeitet wie der Bremszylinder am Triebwagen.

Das Ende jedes nicht gekuppelten Schlauchs kann in eine Blindkupplung an der Plattformwand eingesetzt werden, die ihn luftdicht abschließt. Damit Undichtigkeiten in den Schläuchen unschädlich gemacht werden können, ist vor den Ansatz eines jeden ein Abstellhahn geschaltet, der in einer



779. Kupplung zwischen Triebwagen und Beiwagen

Zwischen den Plattformen Kabel zur Überführung des Bremsstroms. Darunter mechanische Kupplung mit Zugeisen. Die Handbremshebel sind durch Haken festgehalten



780. Kupplungsfeder

Die Vorrichtung ist in jede der an den Wagen angebrachten Kupplungsstangen eingebaut, damit der Beiwagen sanft angezogen wird

feiner Stellungen das eiserne Bremsrohr abdichtet. Die Bremswirkung erstreckt sich dann freilich nur bis zu diesem abgeschlossenen Hahn. Neuerdings wird vor jedem Schlauchansatz noch ein selbsttätiges Ventil eingebaut, das sich bei einseitiger Entlastung sofort schließt, beim Undichtwerden eines Schlauchs also die eiserne Hauptleitung des Triebwagens unter allen Umständen arbeitsfähig erhält.

Die Kolbenstange des Bremszylinders besteht nicht aus einem Stück, sondern

aus einem Hohlzylinder, in den eine Stange verschiebbar eingesetzt ist (Bild 773). Diese Stange wird, während der Kolben und der hohlzylindrische Teil in Ruhe bleiben, ausgezogen, wenn das Gestänge durch die Handbremse bewegt wird. Beim Lösen gleitet die Stange wieder zurück, da durch besondere Gegenfedern ja dann Rücklegung des gesamten Gestänges erfolgt.

Die in den Hauptbehälter gepreßte Luft enthält stets einen gewissen Prozentsatz Feuchtigkeit, die sich in Form von Wassertropfen niederschlägt. Bevor der Wagen aus dem Bahnhof auf die Strecke geht, wird daher für kurze Zeit ein am tiefsten Punkt des Behälters angebrachter Abflaßhahn geöffnet, durch den das angesammelte Wasser entweicht.

Der Druckmesser in der Haube des Bremskopfs besitzt öfter statt eines Zeigers deren zwei. Der zweite, der auf einem besonderen Zahlenkreis spielt, zeigt dann dem Fahrer den in der Bremsleitung herrschenden Druck, also die eingestellte Bremsstufe an, während der erste ja, wie wir wissen, zur Beobachtung des Drucks in der Hauptleitung und damit im Hauptbehälter dient.

Statt die Luftpumpe unmittelbar von der Wagenachse antreiben zu lassen, kann man ihr auch einen eigenen Elektromotor geben. Der Druckregler wirkt alsdann so, daß er bei zu tief gesunkenem Druck im Behälter den Motor selbsttätig einschaltet und ihn nach Schaffung genügend hohen Drucks wieder stillsetzt. Die von einer Wagenachse angetriebene Pumpe wird neuerdings häufig außerhalb des Rahmens in unmittelbarer Nähe eines Lagers angebracht. Dadurch wird kostbarer Raum unter dem Wagenkasten frei, und der Achsbuchs-Kompressor ist in allen Teilen leicht zugänglich.

Mit Hilfe von drei Handgriffen — der Fahrkurbel, des Schalthebels und des Bremshebels — beherrscht der Fahrer seinen Wagen vollständig. Nur für besondere Fälle ist ihm noch ein vierter Handgriff zur Verfügung gestellt. Genau wie bei der Eisenbahn verlängern schlüpfrige Schienen auch



im Straßenbahnbetrieb den Bremsweg, und sie erschweren hier wie dort das Anfahren, indem sie die Räder zum Schleudern bringen. Wenn der Fahrer den vierten Handgriff bewegt, so bewirkt er, daß Sand auf die Schienen fällt, wodurch die Reibung zwischen diesen und den Rädern erhöht wird.

Die Sandstreu-Vorrichtung an Straßenbahnwagen kann einfachster Art sein. In der Nähe jeder Plattform, meist unter einem der Sitze im Inneren des Wagens, ist gut getrockneter feinkörniger Sand untergebracht. Er kann durch eine schräge Rinne und ein anschließendes bewegliches Rohrstück auf die Schienen fallen, sobald eine Klappe fortgezogen ist. Das Auslaufrohr muß unmittelbar vor einer Achse angebracht sein, weil nur dadurch die Lage seiner Öffnung über dem Schienenkopf gesichert ist. Die Wagenkasten stellen sich ja in den Krümmungen schräg ein. Sie würden also Streurohre, die weit vorn liegen, oft ungünstig verschieben.

Die kleine Pferdebahnklingel, die, an der Plattformdecke hängend, vom Kutscher mit der Hand betätigt wurde, ist bei den elektrischen Wagen durch eine großschalige Fußglocke ersetzt. Die Wirkung dieser Umlagerung der Warnglocke ist nicht unwichtig, weil sie die Hände des Fahrers, die ja durch das Schalten und Bremsen voll beansprucht sind, von der Betätigung einer weiteren häufig gebrauchten Sicherheits-Vorrichtung entlastet. Der Glockenklöppel liegt außerhalb der Schale und ist an einem zweiarmigen Hebel angebracht. Auf einen dieser Arme wirkt der Tretknopf, der andere ist durch einen Anguß so stark belastet, daß er den Klöppel ständig von der Schale abzieht.

Man hat oft versucht, die Signalglocke, die zur Verständigung zwischen Schaffner und Fahrer dient, elektrisch betätigen zu lassen. Hier und da hat sich die Anordnung mit Druckknopfschaltung auch bewährt, meist aber pflegen die ja mit vielen zarten Einzelteilen ausgerüsteten elektrischen Glocken durch die Erschütterungen, die sie bei raschem Fahren

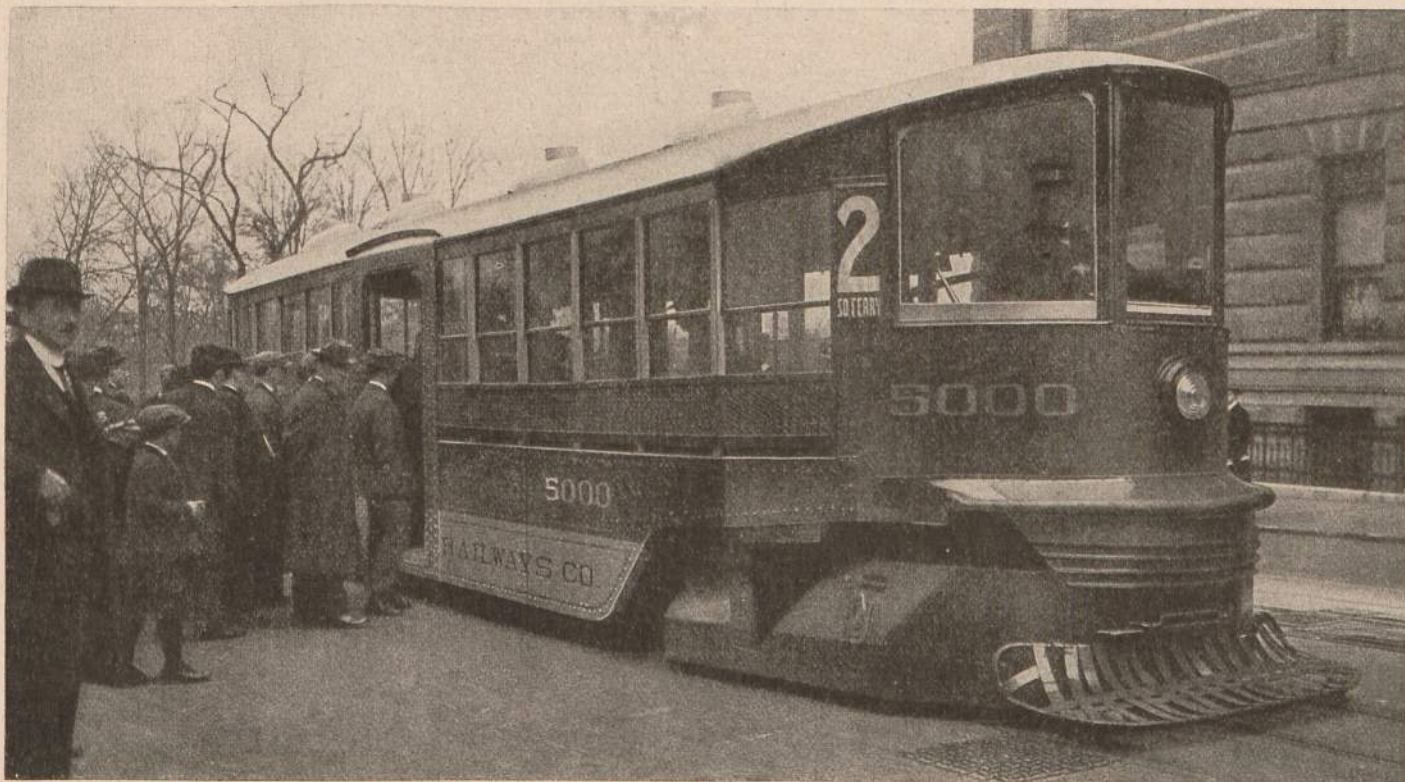
erleiden, rasch zu versagen. Die einfache Klingel mit Riemenzug ist daher für Straßenbahnwagen immer noch das beste.

Der Schaffner kann mit ihrer Hilfe drei verschiedene Befehle zum Fahrerstand gelangen lassen: Abfahren, Stillsetzen des Wagens an der nächsten Haltestelle und sofortiges Halten; dieses letzte Zeichen wird nur in Gefahrfällen gegeben. Der Fahrer benutzt die Signalglocke, um dem Schaffner anzuzeigen, daß ein Fahrgast die Vorderplattform betreten hat, damit von diesem das Fahrgeld erhoben wird. Ferner meldet der Fahrer durch Klingelzug, daß er rückwärts fahren will, etwa weil er in eine falsch gestellte Weiche geraten ist; in diesem Fall hat der Schaffner die dem Wagen folgenden Fahrzeuge zu warnen.

\*

Ein Straßenbahn-Triebwagen kann, gleich einer Lokomotive, trieblose Wagen hinter sich herziehen. In verkehrsreichen Städten wird meist nur ein Anhänger zugelassen, da längere Züge den querenden Verkehr stören würden. Mehr als drei Straßenbahnwagen vereint, sind aber auch in stillen Gegenden nur äußerst selten anzutreffen.

Wenn man auf der Vorderplattform eines Anhängers steht und seine Bewegungen genauer beobachtet, kann man leicht zu der Überzeugung gelangen, daß es kein dümmeres Geschöpf auf Erden gibt als einen solchen Straßenbahn-Beiwagen. Viele tausend Male kann er eine Strecke durchfahren haben, er wird trotzdem bei jeder Abzweigung immer wieder geradeaus laufen wollen. Der Triebwagen muß seinen Begleiter jedesmal erst durch einen kräftigen Ruck in die rechte Richtung zwingen. Die Insassen des Anhängers werden hierbei in unangenehmer Weise durcheinander geschüttelt, so daß sie alle Ursache haben, die mangelnde Gedächtniskraft des Fahrzeugs zu verwünschen. Die technische Ursache für dieses törichte Benehmen der Beiwagen ist die allzu einfache Form



781. Straßenbahnwagen mit Mitteleinstieg

dessen Schwelle in geringer Höhe über dem Straßenboden liegt. Wagen einer amerikanischen Linie. Vorspringende Fangvorrichtungen der Art, wie sie hier verwendet ist, werden bei uns nicht gebraucht, da sie mehr Gefahr als Nutzen bringen

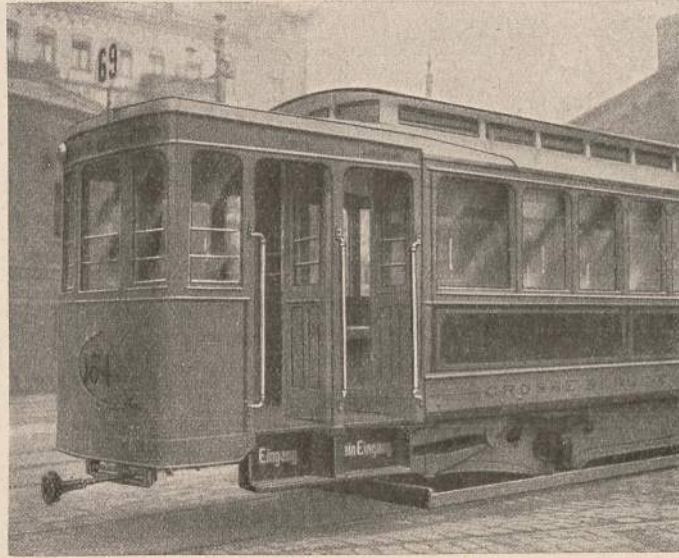


der Kupplung, durch die sie an den Triebwagen und einer an den anderen geschlossen sind.

Während bei allen Eisenbahnzügen für Personenbeförderung eine feste Verspannung sämtlicher Fahrzeuge gegeneinander stattfindet, da die Schraubenkupplung die Pufferteller zusammendrückt (Seite 244), wird bei der Straßenbahn nur eine unverspannte Verbindung hergestellt. Ein Zugeisen wird diesseits und jenseits durch Bolzen mit dem Kupplungsgestänge verbunden, und damit ist die Vereinigung vollendet. Da Beinwagen, den aufblutenden und abebbenden Verkehrswellen folgend, öfter inmitten der Strecke eingestellt und abgehängt werden, so bleibt für sorgfältigere Herstellung der Kupplung keine Zeit; auch an den Endhaltestellen kann man sich hiermit nicht allzulange beschäftigen. Die einzige rücksichtsvolle Maßnahme ist die Einschaltung eines federnden Stücks in jedes der fest an den Wagen angebrachten Kupplungsgestänge.

Diese weisen, da sie aus mehreren nicht feinmechanisch ineinander gepaßten Teilen zusammengesetzt sind, stets etwas toten Gang auf. Der Anhänger wird daher immer erst mitgenommen, wenn der Triebwagen schon eine gewisse Geschwindigkeit erlangt hat, und bei gänzlich unelastischer Kupplung würde bei jedem Anziehen und auch bei jedem Halten ein übermäßig harter Ruck entstehen. Die eingeschaltete Feder bremst den Stoß ab, indem sie das Anziehen ein wenig verzögert, das Auflaufen beim Anhalten dämpft. Um das Verstauben zu verhüten, sind die Kupplungs- = Federn meist in Kapseln gelagert.

Es gibt Anhänger, die sehr schön und luftig gebaut sind, nicht selten aber werden als solche noch die einfachen alten Pferdebahnwagen benutzt, bei denen nur die Befestigung für das Pferdegeschirr durch die Einrichtung für das Zusammenkuppeln ersetzt wurde.

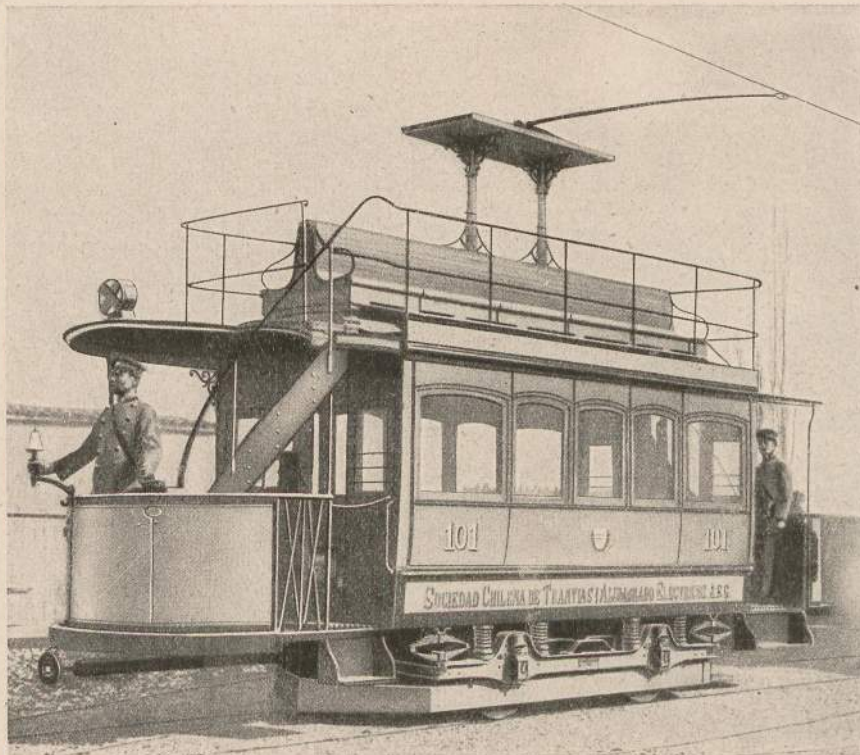


782. Wagen der Berliner Straßenbahn mit Doppelseinstieg  
Das Ein- und Aussteigen kann gleichzeitig stattfinden, was die Wartezeiten an den Haltestellen erheblich verkürzt und den Wagenumlauf beschleunigt

wird. Mindestens eine gepolsterte Bank ganz für sich allein möchte er haben, er will aus großen Fenstern hinaussehen, und am Abend soll eine Flut von Licht seine Zeitung bestrahlen.

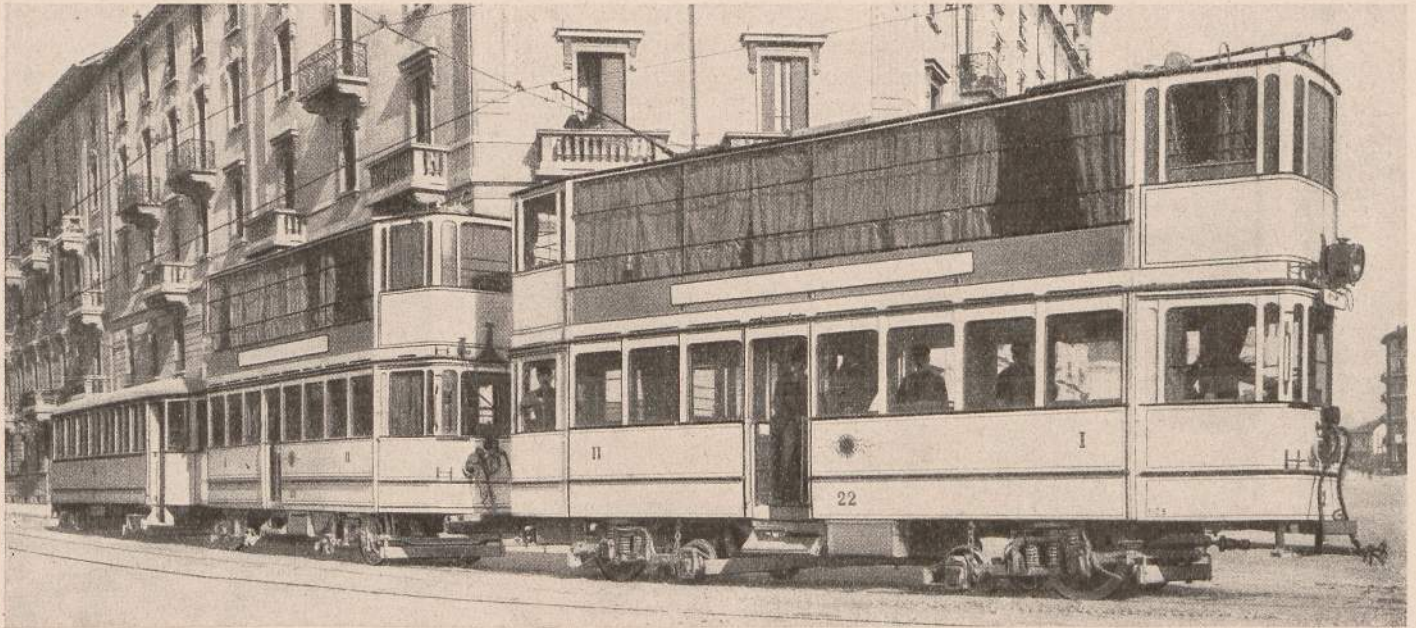
Die Straßenbahn-Gesellschaften entsprechen auch allen solchen Forderungen, soweit es möglich ist, aber die Ansprüche gehen immer sofort über das Gebotene hinaus. Man hat niemals gehört, daß es einer Straßenbahn-Gesellschaft in irgendeiner Stadt gelungen wäre, sich Beliebtheit bei der Bevölkerung zu erringen. Es ist nun einmal nicht möglich, einem jeden Fahrgast einen Sonderwagen zur Verfügung zu stellen, der ihn regelmäßig von dem Haus, das er verläßt, genau bis zum Eingangstor des Gebäudes führt,

das er aufsuchen will. Die Fahrgäste sollten sich mit den heutigen Einrichtungen der Wagen zufrieden fühlen, die nur möglich sind, weil die Maschinen in ihrer Gutmütigkeit ein paar Hundert Kilo Mehrbelastung ohne Murren mitnehmen. Fahrten in überfüllten Fahrzeugen, wie sie während des Krieges und unter dessen Nachwirkungen bei uns die Regel geworden waren, können freilich nicht als Unnehmlichkeit empfunden werden. Denn die schönsten Polstersitze nützen demjenigen nichts, der eng eingepreßt im Mittelgang stehen muß.



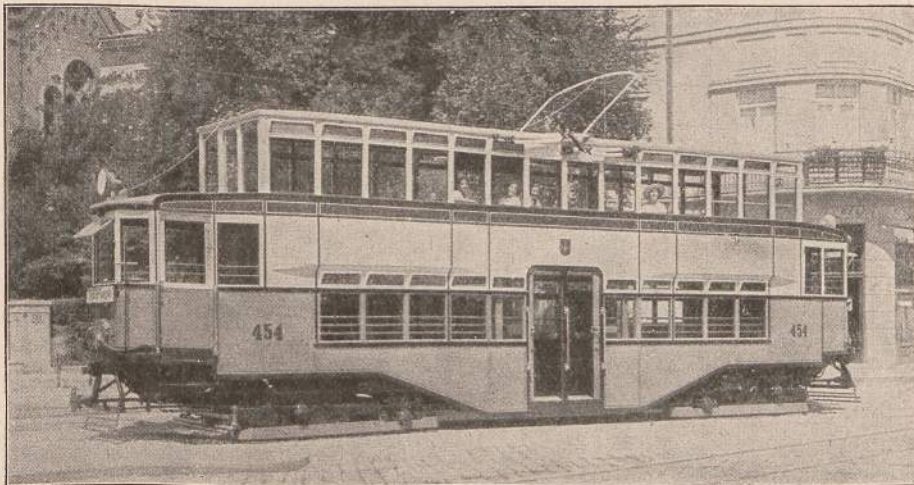
783. Triebwagen mit Decksitzen  
einer Linie zu Santiago in Chile. Der Stromabnehmer ist gegen Berührung geschützt





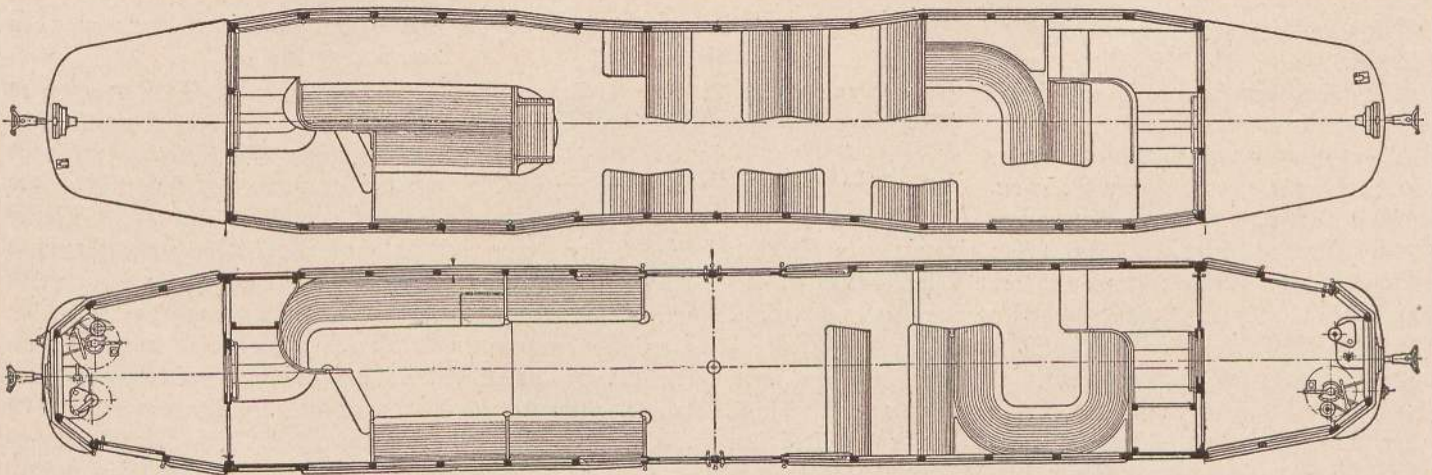
784. Wagen mit Oberstock

einer italienischen Linie. Der Oberstock konnte in voller Höhe auf das glatte Deck des unteren Stockwerks gesetzt werden, weil auf der Strecke keine niedrig liegenden Bahnüberführungen zu unterfahren sind



785. Oberstockwagen der Wiener Straßenbahn

Der Oberstock ist tief in den unteren hineingezogen, damit unter niedrig liegenden Bahnüberführungen hindurchgefahren werden kann



786. Sitzanordnung in einem Wiener Oberstockwagen

Die Sitze im oberen Stock liegen über den Gängen im unteren Stock, so daß diese ausreichende Höhe haben. Über den Sitzen sind die Decken ganz niedrig, so daß die Gesamthöhe des Wagens ausreichend gering gehalten werden konnte



Die ältesten Triebwagen zeigten noch sämtlich die gleiche Anordnung der Sitzbänke, wie sie in den Pferdebahnwagen üblich war. Die Sitze zogen sich längs der Seitenwände hin. Diese Badewannen-Form, wie der Straßenbahner treffend zu sagen pflegt, ist dann zugunsten der sehr viel bequemeren Quersitze verlassen worden. Diese gestatten einen ruhigeren Aufenthalt, da nicht so viele Menschen nebeneinander gepfercht werden, und die Knie der Sitzenden Raum in stilleren Seitengassen finden.

Die Querbänke stehen entweder zu zweien gegeneinander gerichtet, oder man ordnet sie so an, daß alle Fahrgäste in der Fahrrichtung sitzen können. Diese letzte Aufstellungsart ist sicherlich die bequemste, da man dann niemals einen Nachbarn dicht vor sich hat, der, nach der Gewohnheit mancher schlecht erzogenen Menschen, seinem Gegenüber fortwährend ins Gesicht starrt, und weil man die Beine bequem ausstrecken kann. Da die meisten Wagen aber ohne zu wenden in beiden Richtungen fahren, setzt diese Aufstellung der Bänke die Anbringung umklappbarer Lehnen voraus. Dort, wo die Wagen an den Endhaltestellen oft gestürzt werden, ist diese Einrichtung unbrauchbar, weil die Fahrgäste den Schaffnern keine Zeit für das Umstellen der Lehnen lassen. Die Große Berliner Straßenbahn hatte darum auf die Einführung von Wagen mit Klapplehnen verzichtet, während sie auf den stilleren, von der Stadt Berlin eingerichteten Linien gute Dienste leisteten.

Das Ein- und Aussteigen erfolgt auch heute noch wie bei den alten Pferdebahnwagen zu allermeist über Plattformen an den Wagenenden. Langsam nur beginnt man sich der Mittelflur-Bauart zuzuwenden. Die Anbringung der Eingangstür in der Wagenmitte hat jedoch mancherlei Vorteile. Der Einstieg kann hier sehr niedrig gehalten werden, da der freie Raum zwischen den Achsen zur Verfügung steht, die Schaffner haben nicht nötig, zur Abgabe des Abfahrtszeichens immer wieder den ganzen Wagen zu durchmessen. Auch die Fahrgäste können zum größten Teil auf kürzeren Wegen zu ihren Plätzen und zum Ausgang gelangen. Durch Anbringung von Doppelschiebetüren, zwischen denen sich ein schmaler Pfeiler befindet, kann man Eingang und Ausgang getrennt halten.

Diese Maßnahme ist jetzt auch bereits an vielen Plattformwagen zu finden, da die Größe der Plattformen gegen früher stark gewachsen ist und Raum für eine Verdopplung der Türen gewährt. Der Aufenthalt an den Haltestellen wird bedeutend abgekürzt, wenn bereits eingestiegen werden kann, während der Strom der Aussteigenden noch fließt. Freilich wird der Nutzen der Einrichtung durch das törichte Benehmen der Fahrgäste leider meist wieder vernichtet.

Es ist lohnend geworden, den Plattformen einen größeren Raum zuzuweisen, weil sie immer häufiger durch eine Glaswand nach vorn abgeschlossen werden, so daß auch empfindliche Fahrgäste sich nun dort aufhalten können. Zugleich schützt die Glaswand den Fahrer gegen Sturm und Regen. Das Stellen der Weichen freilich wird etwas unbequemer.

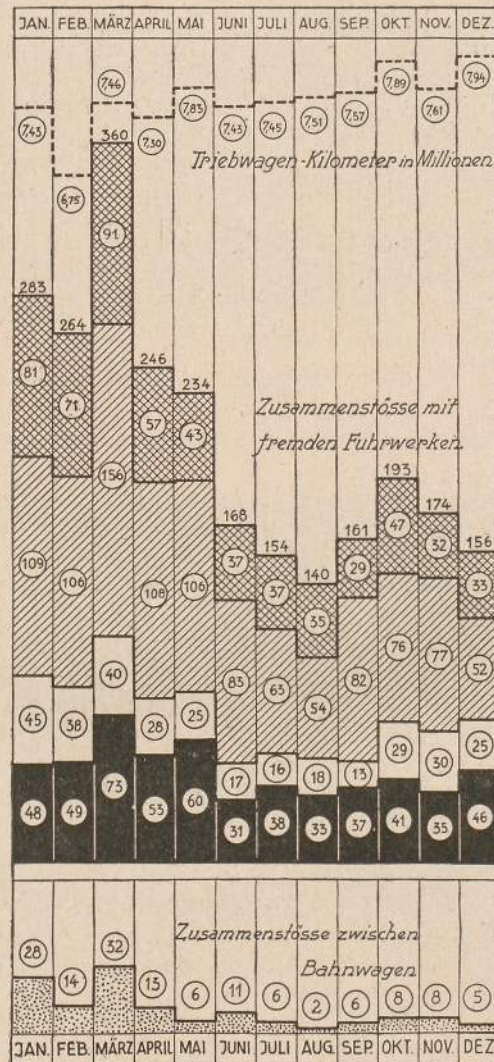
Die zur Pferdebahnzeit sehr beliebten Decksitze sind seit Einführung des elektrischen Betriebs bei uns fast völlig verschwunden. An den Triebwagen wurden sie beseitigt, weil die Unterbringung des Stromabnehmers Schwierigkeiten machte. Daß aber doch eine bequeme Anordnung der Stange ohne Gefährdung für die droben Sitzenden möglich ist, zeigt die Darstellung eines ausländischen Wagens auf Bild 783.

Bei den Anhängern bestanden diese Schwierigkeiten nicht, und dennoch werden auch sie in Deutschland durchgängig ohne Decksitze gebaut. Hierbei läßt man sich mehr von der Erkenntnis leiten, daß der Oberstock in unserem Klima bei der immerhin beträchtlichen Fahrgeschwindigkeit der elektrischen Wagen doch während des allergrößten Teils des Jahres unbenutzt bleibt. Niemand fühlt sich verlockt, bei Regenwetter oder in den Wintermonaten die ungedeckten Plätze einzunehmen. Die Ausgabe für den Aufbau und die Erhöhung des Wagen gewichts, die er bewirkt, erscheinen daher nicht wirtschaftlich. Anders liegen die Dinge, wenn auch der Oberstock mit einer Decke und allseitig abschließenden Wänden ausgerüstet werden kann.

In England und Amerika findet man Straßenbahnwagen mit geschlossenem Oberstock nicht selten. Auch die Wiener Straßenbahn hat einige von ihnen bereits vor dem Krieg in Betrieb genommen. Der Bau ist nicht ganz einfach durchzuführen, weil es keineswegs damit getan ist, nur einen zweiten Kasten auf den unteren zu stellen.

In allen großen Städten gibt es Bahnstrecken, die über die Straßen hinwegführen. Die Durchfahrhöhe ist nicht groß; durchschnittlich beträgt sie weniger als fünf Meter.

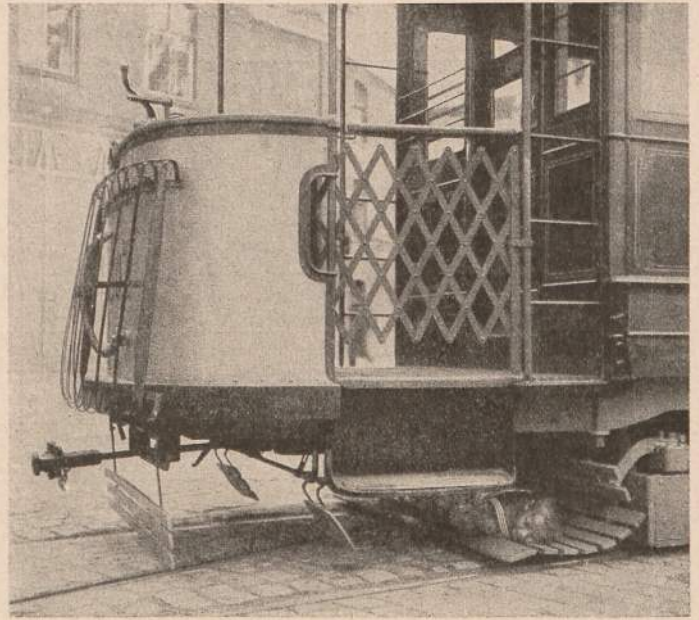
Eine Verdopplung der üblichen Wagenhöhe ist daher nicht möglich, denn derart gebaute Fahrzeuge könnten nicht mehr unter den Überführungen hindurchkommen. In Wien hat man sich durch einen Kunstgriff geholfen, indem eine Einschachtelung des Oberstocks in den Unterstock vorgenommen wurde. Nur über den Gängen hat der Unterstock die volle Höhe; über den Bänken wurde das Dach stark hinuntergezogen, was angängig ist, da der sitzende Mensch ja beträchtlich weniger Platz über sich braucht als der stehende. Die Sitzplatten des Decks liegen unmittelbar auf den normalen hohen Teilen des Unterstock-Dachs, die eingezogenen Teile



787. Statistik der Zusammenstöße auf den Linien der Großen Berliner Straßenbahn

Zusammenstöße: ■ zwischen Bahnwagen, ■ mit Kraftwagen aller Art, □ mit Pferdewagen für Personenbeförderung, ▨ mit schweren Lastwagen, ▩ mit leichten Lastwagen





### 788. Fangvorrichtungen

an Wagen der Dresdner und der Berliner Straßenbahn. Wenn das vorn liegende Fühlbrett an einen im Gleis liegenden Körper stößt, fällt der weiter hinten liegende Fangkorb hinunter und greift den Gefährdeten auf. Leider arbeitet der Fänger nur in allergünstigsten Fällen so ideal, wie es hier in der Herrichtung für die photographische Aufnahme gezeigt ist. Vor der Plattform des Berliner Wagens eine Schutzweste

gewähren den droben sitzenden Fahrgästen Platz zur Unterbringung der Beine. Auf diese Weise ist es gelungen, die Wagen genügend niedrig zu halten. Auch die Berliner Straßenbahn plante 1914 die Einführung derart gebauter Fahrzeuge, obgleich man sich gewisser Bedenken ihnen gegenüber nicht verschließen kann.

Die Wagen mit Oberstock bieten den gewichtigen wirtschaftlichen Vorteil, daß die Kraft der Motoren besser ausgenutzt werden kann, weil in diesen Fahrzeugen 90 bis 100 Personen untergebracht werden können. Bei gleicher Besetzung der Geleise schaffen sie eine weit größere Zahl von Fahrgästen fort als die gewöhnlichen Wagen. Aber die Aufenthaltzeit an den Haltestellen wird nicht unwesentlich vergrößert, weil die im Oberstock sitzenden Fahrgäste meist verspätet an der Ausgangstür eintreffen. Das wirkt wiederum ungünstig auf den Wagenumlauf ein. Ferner ist es meist notwendig, daß der Oberstock einen zweiten Schaffner erhält, dessen Gehalt aber nur bei andauernd guter Besetzung der oben liegenden Plätze eingebracht werden kann. Endlich ist auch in den Wagen mit Deckbenutzung das sonst übliche Stehen in den Gängen wegen der überall vorspringenden niedrigen Dachkanten kaum möglich.

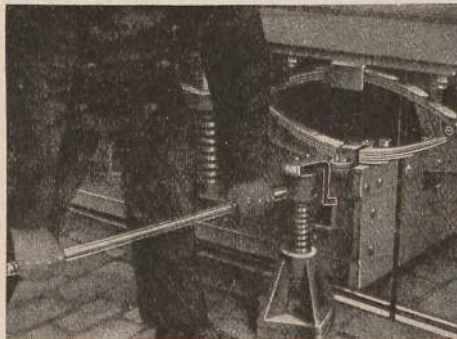
Die Oberstockwagen werden überall mit Mittelflur gebaut. Zwei bequeme Treppen, die eine für den Auf-, die andere für den Abstieg, liegen zwischen den Stockwerken. Die Plattformen, die nach wie vor Stehplätze enthalten, sind ganz geschlossen. Ihre Fußböden liegen sehr hoch, wodurch die Unterbringung der schweren und deshalb umfangreichen Drehgestelle erleichtert wird. Die seitlichen Plattformtüren dienen nur als Notausgänge und der Benutzung durch Fahrer und Schaffner. Hohe Stufen sind also hier zulässig.

Die Wagen der elektrischen Straßenbahn erachtet jeder Groß- und Mittelstädter heute als friedliche Mitbürger. In den Anfangszeiten aber, als die Pferdebahnen erst zum Teil durch die neue Betriebsart abgelöst waren, erschienen dieselben Fahrzeuge wie wilde Tiere, die rasend und brüllend durch die Straßen tobten. Kaum in der Ferne aufgetaucht, waren sie auch schon heran, und mancher, der geglaubt hatte, noch vor dem Wagen die Schienen kreuzen zu können, geriet in die Fänge des böß zupackenden Ungeheuers. Die Zahl der Unfälle stieg in erschreckender Weise an, und wie immer in solchen Fällen verlangten zahlreiche weitblickende Stadtparlamente die Abschaffung der Neuanlage, die, wie sie meinten, nur schädlich sei und gar keinen Nutzen bringe.

Es gelang aber, das Unheil auf ein erträgliches Maß hinabzumindern, ohne daß die Kraft der Pferde wieder an die Stelle der elektrischen Pferdestärken gesetzt, und ohne daß die Oberleitungsmaße ausgerissen zu werden brauchten. Vor allem mußte die Öffentlichkeit an das geschwindere Schrittmäß des neuen Verkehrsmittels gewöhnt werden, was auch überall in überraschend kurzer Zeit gelang. Man

nahm sich eben beim Überschreiten der Geleise mehr in acht. Auch die Fahrgäste begannen alsbald einzusehen, daß man die elektrischen Wagen nicht an jeder beliebigen Stelle besteigen und verlassen könne, wie man das von dem ruhigeren Pferdebetrieb her gewöhnt war. Das Auf- und Abspringen während der Fahrt ist zwar auch heute noch eine böse Krankheit im Straßenbahnwesen, aber sie erscheint längst nicht mehr so ausgebreitet wie im Anfang.

Die Einführung rasch hemmender Bremsen tat weiter gute Wirkung, und die immer höher gestiegene Ausbildung der Fahrer sowie ihre



### 789. Hochwinden eines Straßenbahnwagens

mit der in jedem Wagen vorrätig gehaltenen Schraubwinde



		Fahr g ä s t e												Fu ß g ä n g e r												
Art der Verletzung	Aus- steigen		Ein- steigen		Zu- sammen- stöße		Ohne einen durch den Be- trieb ge- gebenen Grund vom Wagen gefallen	Zu starkes Bremsen und schnelles Durchfahren von Weichen u. Krümmung.		Ent- glei- sungen	Elek- trische Stö- rungen	Aus dem Wagen gelehrt und an nahen Gegenstand gestoßen	Son- stige Ur- sachen	Ohne Schuld des Führers				Mit Schuld des Führers				wischen Wagen und nahen Gegenstand geraten	Durch stehende Pferde	Sonstige Ursachen	Zu- sam- men	
	Eigene Schuld	Haftpflcht	Eigene Schuld	Haftpflcht	zw. Straßen- bahnwagen mit fremden Fahrzeugen	nicht betrunken		betrunken	Kinder					Erwachsene	Betrunkene	bei Zusam- menstößen	Kinder	Erwachsene	Kinder	Erwachsene						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
schwer . . . .	341	34	275	13	175	27	20	12	1	21	1	1	40	187	270	—	2	75	—	—	—	2	3	3	41	1544
tödlich . . . .	58	2	63	1	6	2	7	5	—	2	—	1	8	194	139	1	4	27	—	—	—	—	—	2	16	538
Summe . . .	399	36	338	14	181	29	27	17	1	23	1	2	48	381	409	1	6	102	—	—	—	2	3	5	57	2082

ständige Überwachung auf der Strecke erwiesen sich ebenfalls als treffliche Heilmittel. Die elektrische Straßenbahn gilt heute nicht mehr als übermäßig gefährlich; vielen fahren die Wagen sogar zu langsam. Dennoch verursachen ihre Fahrzeuge in jedem Jahr zahlreiche Unfälle. Diese sind eben vom Maschinenbetrieb untrennbar, wobei jedoch nicht vergessen werden darf, daß auch den Pferdebahnen alljährlich nicht wenige Menschen zum Opfer gefallen sind.

Sorgfältig geführte Zahlen-Zusammenstellungen geben Aufschluß über die Unfall-Ursachen und die Unfallziffern. Bild 787 veranschaulicht die Zahl der Zusammenstöße, die im Jahre 1910 zwischen Bahnwagen und mit fremden Fuhrwerken im Bereich der Großen Berliner Straßenbahn stattgefunden haben.

Wir sehen, daß die Zusammenstöße zwischen Bahnwagen verschwindend klein sind gegenüber dem Anrennen an fremde Fuhrwerke. Und von diesen sind es besonders häufig die von Pferden gezogenen Lastwagen, die mit der Straßenbahn in unangenehme Berührung kommen. Der Grund hierfür ist, daß die Lastwagenkutscher keinen Befähigungsnachweis beizubringen brauchen und daher sehr schlecht ausgebildet sind. Droschkenlenker dagegen und die Kraftwagenführer müssen eine gewisse Geübtheit nachweisen, bevor sie auf die Straße hinausdürfen. In noch weit höherem Maß ist das bei den Straßenbahnfahrern der Fall, und so erklärt sich sinnvoll die Stufenfolge auf unserem Bild.

Der Verein Deutscher Straßenbahn- und Kleinbahn-Verwaltungen, in dem 173 Betriebe zusammengeschlossen sind, führt seit mehr als zwei Jahrzehnten eine genaue Statistik über die Unfälle, bei denen Personen verletzt oder getötet wurden. Nach seiner Zusammenstellung, die nahezu das ganze Deutsche Reich umfaßt, ereigneten sich im Jahre 1918 durch Straßenbahnen 2082 Unfälle, von denen 1544 schwere Verletzungen, 538 den Tod der Betroffenen zur Folge hatten. Die Zahlen erscheinen, roh betrachtet, erschreckend hoch. Sie verlieren jedoch ihre Furchtbarkeit fast ganz, wenn man bedenkt, daß in dem genannten Jahr auf den deutschen Straßenbahn-Geleisen

636 703 621 Wagen-Kilometer gefahren worden sind. Erst auf 305 813 Wagen-Kilometer kommt ein Unfall. Die Wahrscheinlichkeit, eine Verletzung zu erleiden, ist also für jeden einzelnen Straßenbahnfahrergast äußerst gering. In den letzten Jahren vor dem Krieg war die Unfallziffer infolge lebhafter Vorbeugungs-Maßnahmen aller Verwaltungen ständig zurückgegangen. Es kamen im Jahre

1911 auf 498 285 Wagen-Kilometer 1 Unfall  
1912 „ 524 034 „ „ 1 „  
1913 „ 588 832 „ „ 1 „

Seit dem Kriegsbeginn war dann aus den bekannten Ursachen die Ziffer wieder gestiegen, so daß im Jahre

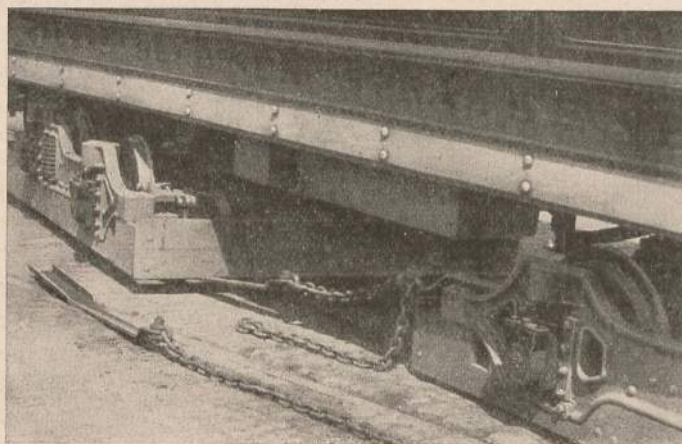
1917 auf 287 551 Wagen-Kilometer 1 Unfall

kam. Seitdem ist wieder eine anhaltende Besserung eingetreten, die auch in der oben angegebenen Unfallzahl für 1918 ausgedrückt ist.

Es pflegten in früheren Zeiten stets mehr Fußgänger als Fahrgäste durch Straßenbahnwagen verletzt zu werden. Auch das hat sich im Lauf des Kriegs geändert. Die Jahre 1917 und 1918 zeigten ein Überwiegen der Unfälle bei den Fahrgästen. Ursache war die außerordentliche Verkehrszunahme und die ständige Überfüllung der einzelnen Wagen. Eine vorzügliche Darstellung der Unfälle im Jahre 1918, nach Ursachen geordnet, gibt die obestehende Zusammenstellung aus der Statistik des Vereins Deutscher Straßenbahn- und Kleinbahn-Verwaltungen.

Das Wort „Haftpflcht“ in den Spalten 2 und 4 der Zusammenstellung bedeutet, daß die Straßenbahnverwaltungen, in deren Bereichen sich die Unfälle zutrugen, für die entstandenen Schäden haften müssen, weil die Unfälle durch den Betrieb ohne Schuld der Verletzten veranlaßt worden waren.

Bei den Fahrgästen überwiegen als Unfallursachen bei weitem das Aussteigen und Einsteigen während der Fahrt. 19,17 und 16,23 v. H. aller Unfälle sind im Jahre 1918 hierdurch entstanden. Jeder Leser möge sich diese erschreckenden Ziffern vor Augen halten und fortan nicht nur sich selbst dieser



790. Eingleisen eines Drehgestells mit Kette und Schuß



## Unfälle aus „sonstigen Ursachen“ im Jahre 1918.

## I. Fahrgäste.

a) Erwachsene		Durch ein auf der Vorder-	
schwer verletzt	40	plattform umfallendes Ge-	
Auf dem Trittbrett eines		päckstück . . . . .	1
überfüllten Wagens stehend		Zurückklagen der (Hand-)	1
durch einen Straßenmast,		Bremskurbel . . . . .	1
Straßenbahnwagen oder		Durch elektrischen Schlag	
ein Straßenfuhrwerk beim		beim Berühren eines Licht-	1
Vorbeifahren hinabgerissen	5	kabels mit Isolationsfehler	
Vom überfüllten Wagen ge-		An der Endhaltestelle beim	
fallen oder gestoßen . . .	11	Rückwärtslaufen des nicht	
Mit der losgelösten Platt-		angebremsen Anhängewa-	
formverschlußtür vom Wa-		gens vom Trittbrett ge-	
gen gefallen . . . . .	2	fallen . . . . .	1
Beim Anfahren im Wagen-			40
innern gefallen . . . . .	3		
Beim Bremsen fiel die im		b) Erwachsene töd-	
Plattformkasten aufbe-		lich verletzt . . . . .	8
wahrte Winde auf den		Vom überfüllten Wagen ge-	
Fuß eines Fahrgastes . . .	1	fallen . . . . .	2
Aus Angst vor Entgleisung		Aus Angst vor Zusammen-	
oder aus Schreck (Kurz-		stoß vom Wagen gesprun-	2
schluß) vom Wagen ge-	6	gen . . . . .	
sprungen . . . . .		Durch einen während der	
Durch einen Wagenruck von		Fahrt abspringenden Fahr-	
der Hinterplattform ge-	2	gast vom Wagen gerissen	1
schleudert . . . . .		Mit der losgelösten Platt-	
Durch Zuschieben der Wa-		formverschlußtür vom Wa-	
gentür . . . . .	1	gen gefallen . . . . .	1
Durch Herabfallen des Wa-		Auf dem Trittbrett eines	
genfensters . . . . .	1	überfüllten Wagens stehend	
Durch einen während der		durch Straßenfuhrwerk im	
Fahrt abspringenden Fahr-	3	Vorbeifahren hinabgerissen	2
gast vom Wagen gerissen			8
Durch den hinunterfallenden			
Stromabnehmer . . . . .	1		

## II. Fußgänger.

a) Erwachsene		Oberleitungsdraht in Be-	
schwer verletzt	12	rührung kam . . . . .	1
„Blinde Passagiere“ vom			29
linksseitigen Trittbrett im			
Fahren hinabgefallen (da-		c) Erwachsene töd-	
von durch den Anhängewagen verletzt: 3) . . . . .	9	lich verletzt . . . . .	5
Im Gedränge zwischen Trieb-		„Blinde Passagiere“ vom	
und Anhängewagen gesto-		linksseitigen Trittbrett im	
ßen . . . . .	1	Fahren hinabgefallen und	
Auf dem Puffer des An-		vom Anhängewagen über-	
hängewagens eines vollbe-		fahren . . . . .	2
setzten Zugs stehend, durch		Durch Rückwärtsfahren . . .	1
einen auffahrenden Zug . . .	1	Im Gedränge zwischen Trieb-	
Entgleisung . . . . .	1	und Anhängewagen gesto-	
	12	ßen . . . . .	1
		Soldat, auf einem Eisen-	
b) Kinder schwer		bahnzug stehend, an einer	
verletzt . . . . .	29	(höhengleichen) Kreuzung	
„Blinde Passagiere“ vom		durch Berührung mit der	
linksseitigen Trittbrett oder		Oberleitung . . . . .	1
von der Kupplung im			5
Fahren hinabgefallen (da-		d) Kindertödlich	
von durch den Anhängewagen verletzt: 10) . . . . .	27	verletzt . . . . .	11
Entgleisung . . . . .	1	„Blinde Passagiere“ vom	
Anabe, der einen hinunterge-		linksseitigen Trittbrett im	
fallenen Telephondraht in		Fahren hinabgefallen (da-	
der Hand hielt, erhielt		von durch den Anhängewagen überfahren: 6) . . .	9
einen elektrischen Schlag,		Entgleisung . . . . .	2
als der Telephondraht			11
beim Vorbeifahren eines			
Straßenbahnzugs mit dem			

Dinge enthalten, sondern auch warnend in seinem Kreis wirken. Es ist doch wirklich mehr als Torheit, geradezu ein Verbrechen, um einer Zeitersparnis von wenigen Minuten willen seine Gesundheit, ja sein Leben in allerschwerster Gefahr zu bringen!

Auf einen Straßenbahnwagen, der die Haltestelle bereits verlassen hat, folgt ganz bestimmt ein anderer, der zum gleichen Ziel fährt. Man hat unbedingt Zeit, ihn abzuwarten; denn wenn man mit abgequetschten Beinen fortgeschafft werden muß, entsteht ein weit beträchtlicherer Zeitverlust, der doch auch ertragen wird. Noch weniger lohnend ist es, an einer Straßenkreuzung abzuspringen, an der sich keine Haltestelle befindet; man kann eine ganz kurze Spanne Zeit gewinnen, setzt aber Ungeheures dafür ein. An einer Lotterie mit derartigen Ausichten würde sich kein vernünftiger Mensch beteiligen.

Die Spalten 13 und 25 der Übersicht auf der vorigen Seite fassen eine größere Zahl verschiedener Unfallursachen zusammen. Viele von diesen, die in einer besonderen Statistik einzeln aufgeführt werden, sind sehr belehrend.

Die obige Aufstellung möge so gelesen werden, als stünde sie auf einer Warnungstafel!

Man sieht, daß die Unsitte, auf dem linken Trittbrett, also dort, wo die Verschlußtür eingehängt ist, mitzufahren, eine sehr erhebliche Anzahl schwerer und tödlicher Verletzungen zur Folge hatte. Es sollte insbesondere in den Schulen aufs schärfste hiergegen eingewirkt werden. Denn während des Kriegs und auch nachher ist gerade die Zahl der infolge dieses Unfugs verletzten und getöteten Kinder in geradezu entsetzlicher Weise gestiegen. In den Jahren 1911, 1912 und 1913 waren es nur je vier Kinder, die auf diese Weise verunglückten. Das Jahr 1917 aber zeigt die Zahl von 47,

das Jahr 1918 von 36 solcher bejammernswerten Opfer.

Von den 966 im Jahre 1918 im Bereich der deutschen Straßenbahnbetriebe verletzten und getöteten Fußgängern sind 276 dadurch verunglückt, daß sie von der Stirn des Triebwagens niedergestoßen und zwischen die Schienen geworfen wurden. Immer wieder werden die Betriebsleitungen aus den Kreisen ihrer Fahrgäste und auch von den Stadt-Verwal-



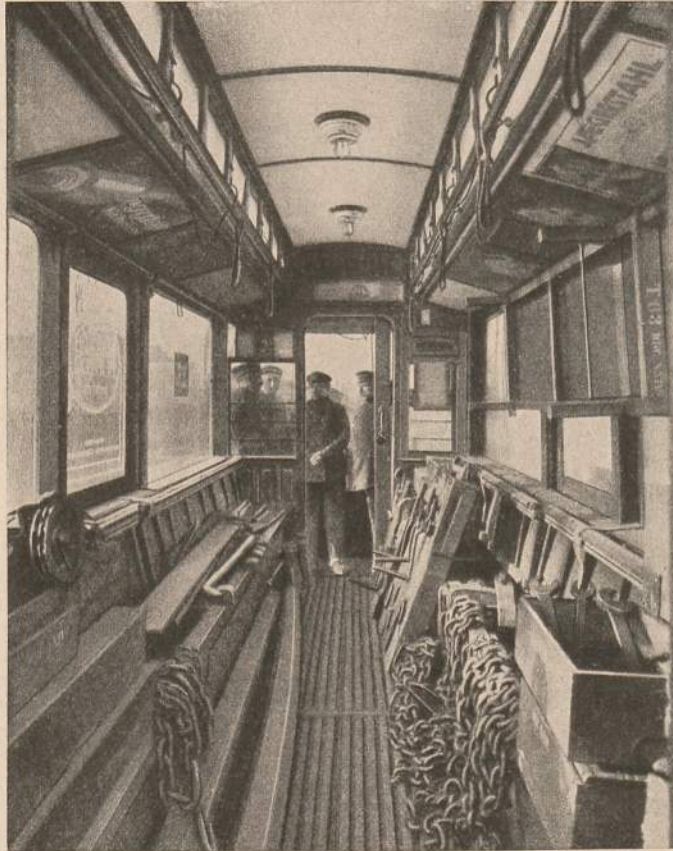
791. Rettungswagen der Berliner Straßenbahn



tungen aufgefordert, durch Anbringen von Fangvorrichtungen doch wenigstens diese Gefahrenquelle zu verstopfen. Die Bemühungen der Verwaltungen auf diesem Gebiet sind in allen Ländern seit langem rege, ohne daß es bisher gelungen wäre, eine wirklich zuverlässig wirkende Fangvorrichtung herzustellen. Es muß leider gesagt werden, daß die Lösung der Aufgabe nahezu unmöglich ist, so leicht sie dem flüchtigen Blick des Außenstehenden erscheint.

Es gelingt allenfalls, die schlimmste Wirkung zu vermeiden, nämlich das Zermalmen von Körperteilen des Niedergeworfenen dadurch, daß die Räder über ihn hinweggehen. Vor den Rädern und zu ihren Seiten sind Bretter angebracht, die einen geschlossenen, bis dicht über die Straßenoberkante reichenden Schutzrahmen bilden. Das Überfahren im letzten Sinn des Worts wird hierdurch in ein Vorwärts- oder Fortstoßen verwandelt, das allerdings bei hoher Geschwindigkeit des Wagens auch oft genug die schwersten Folgen hat. Es ist naheliegend, dem vorderst liegenden Teil des Schutzrahmens an Stelle der abweisenden Form die Gestalt eines aufnehmenden Fangkorbs zu geben. Wenn man sich aber die beste Bauart hierfür überlegt — und das haben die Straßenbahn-Ingenieure bereits tausendfach getan — so zeigt sich zugleich eine unentrinnbare Kette der größten Schwierigkeiten.

Zu verwerfen ist jede Fangvorrichtung, die im ganzen oder mit Teilen vor die Stirnwand ragt. Sie vergrößert die Länge des Wagens und bringt manchen zu Fall, der ohne ihr Vorhandensein vielleicht noch vor dem Wagen hätte vorübergelangen können. Aus dem gleichen Grund hat man die früher weit vorstehenden Kuppelstangen heute derart verkürzt, daß sie an der Stirnwand abschneiden. Der Fangkorb muß so weit nach hinten gelegt werden, wie es irgend möglich ist. Denn es bedarf stets einer gewissen, wenn



792. Blick in das Innere des Rettungswagens der Berliner Straßenbahn

wirken, wie ihr Name es verlangt. Arme oder Beine geraten darunter, der Korb wird angehoben und streicht über den Körper straff hinweg, wobei böse Verletzungen unvermeidlich sind. Soll also ein wirkliches Aufnehmen stattfinden, so muß der Korb in der Zeit gesenkt werden, die zwischen dem Erscheinen des Gefährdeten unmittelbar vor der Wagenstirnwand und seiner Berührung mit der Vorderkante der Fangvorrichtung vergeht. Deshalb also ist diese soweit wie möglich zurückzulegen.

Aber selbst wenn die Sicherheitsstrecke, das ist die Entfernung zwischen Wagenstirnwand und Vorderkante des am Drehgestell eines langen Wagens aufgehängten Fängers, zweieinhalb Meter beträgt, währt bei einigermaßen hoher Geschwindigkeit die Zwischenzeit nicht länger als eine halbe Sekunde. Falls die Senkung durch die Hand des Fahrers geschehen muß, wird sie in der weitaus größten Zahl der Fälle zu spät kommen. Denn glücklicherweise kann ein Fahrer jahrelang seinen Wagen lenken, ohne daß er die Schutzvor-



793. Marmbereite Turmwagen in einem Bahnhof der Berliner Straßenbahn



richtung auszulösen braucht. Er ist daher an die Ausföhrung des Griffs nicht gewöhnt, zwischen der Erfassung des Vorgangs und der Handlung wird Zeit vergehen, deren Verlust deshalb besonders schwerwiegend ist, weil ja zwischen dem Niederdrücken des Handgriffs und dem tatsächlichen Hinunterfallen des Korbs auch noch eine Frist liegt.

Es wird wenig an diesem Zustand geändert, wenn der Fänger derart mit der Bremse verbunden ist, daß er hinunterfällt, sobald der Bremshebel über die Notbremsstellung hinausgedreht wird. Denn auch hier muß der Fahrer ja den Entschluß fassen, die Über-Notbremsung eintreten zu lassen. Hinzu kommt, daß alle am nichtfedernden Teil des Wagens angebrachten Fänger eines verwickelten Gestänges zur Verbindung mit dem Senkgriff bedürfen. Denn dieser macht ja fortwährend die Bewegungen des Wagenkastens mit, denen der Fänger selbst nicht unterworfen ist. Das sehr selten benutzte Gestänge wird bei noch so sorgfältiger Unterhaltung der Wagen doch oft nicht voll betriebsbereit sein, so daß die Wirkung der ganzen Einrichtung im Bedarfsfall versagt.

Die Große Berliner Straßenbahn und auch andere Verwaltungsgesellschaften hatten an ihren Wagen eine Schutzvorrichtung angebracht, bei der ein selbsttätiges Senken des Fängers eintritt (Bild 788). Die Auslösung erfolgt durch einen Anschlag, der plattenförmig ist und, über die ganze Wagenbreite reichend, unmittelbar unter der Stirnwand liegt. Sobald der Anschlag einen Gegenstand berührt — und das kann nur ein Körper sein, der zwischen den Schienen liegt — schlägt er nach hinten, wodurch das Hinabfallen des Korbs bewirkt wird. Die Überlegungszeit für den Fahrer fällt hier-

Nr. 7912		Paul Schulze		Früherer Beruf				
Bhf. 24		geb. 18. 6. 94. Fahrer seit 25. 5. 19.		Fuhrmann				
Fahr-Ergebnisse			Ausgesetzte Wagen.	Betriebs-Vorkommnisse.	Strafen			
1919 27.5.	III <sup>o</sup> 19	1 <sup>o</sup> 207	1919 27.5.	S	1919 27.5.	U	1919 27.7.	Verwarnung wegen Dienstversäumnis.
30.6.	II <sup>o</sup> 19	I <sup>o</sup> 18	31.5.	L	7.8.	E		
6.6.	3 <sup>o</sup> 49	II <sup>o</sup> 158	2.6.	L				
7.6.	19	1 <sup>o</sup> 7.9	4.6.	L				
9.6.	II <sup>o</sup> 19	1 <sup>o</sup> 11.9						
12.6.	2 <sup>o</sup> 31	I <sup>o</sup> 309						
20.6.	1 <sup>o</sup> 12							
21.6.	2 <sup>o</sup> 19							

#### 794. Fahrer-Beobachtungskarte der Berliner Straßenbahn

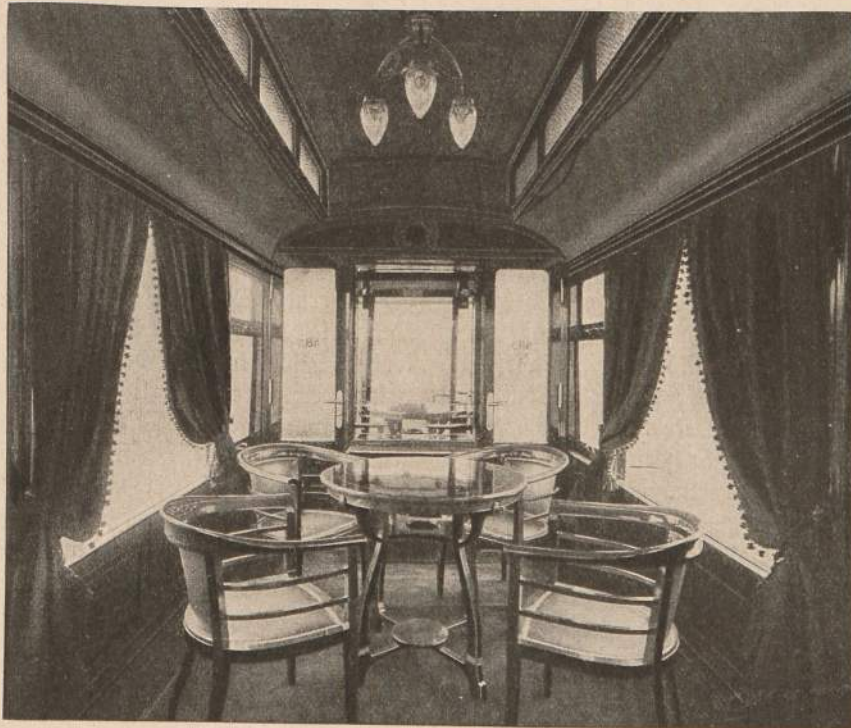
Die Tätigkeit der Fahrer auf den Strecken wird dauernd von Fahrmeistern beobachtet, die teils Uniform, teils Zivilleidung tragen. Die Ergebnisse der Beobachtungen werden in Formblätter der hier wiedergegebenen Art eingetragen, und zwar mit den Bewertungsnummern 1, 2, 3. Ist die Beobachtung durch einen Fahrmeister in Uniform erfolgt, dann wird die Bewertung mit römischer Ziffer eingeschrieben, sonst mit arabischer Ziffer. Das Zeichen ° bedeutet, daß der vom Fahrer geführte Wagen Luftdruckbremse hatte. Steht kein Zeichen neben der Bewertungsziffer, dann hatte der Wagen elektrische Bremse. Die Zahl rechts unterhalb der Bewertungsziffer ist die Nummer des beobachtenden Fahrmeisters. S zeigt an, daß der Fahrer einen Wagen wegen häufigen Durchschmelzens der Sicherung aus dem Betrieb gezogen hat, L, daß dies wegen schlechten Arbeitens der Luftdruckbremse geschehen ist. U bedeutet Unfall, E Entgleisung. Die umrahmte Zahl 19 bedeutet, daß der Fahrer von dem Fahrmeister 19 noch einmal über einen besonderen Teil des Dienstes belehrt worden ist

eigentlichen Fangeinrichtung noch die Schutzweste, ein aus Eisenblech hergestelltes Gitter, das vor die Stirnwand gehängt wurde. Es sollte die Härte des Zusammenstoßes zwischen Körper und Wagen ein wenig mildern. Zu dem gleichen Zweck ist oft auch die vorderste Leiste des Wagenkastens

gepolstert. Möglicher als für diese zweifelhafte Wirkung ist die Schutzweste dadurch, daß sie dem Gefährdeten die Möglichkeit gewährt, sich am Wagen selbst anzuklammern und so von diesem mitschleifen zu lassen. Hierdurch kann manchmal das Niederstoßen vermieden werden, durch das allein allermeist schon schwere Schädelverletzungen entstehen.

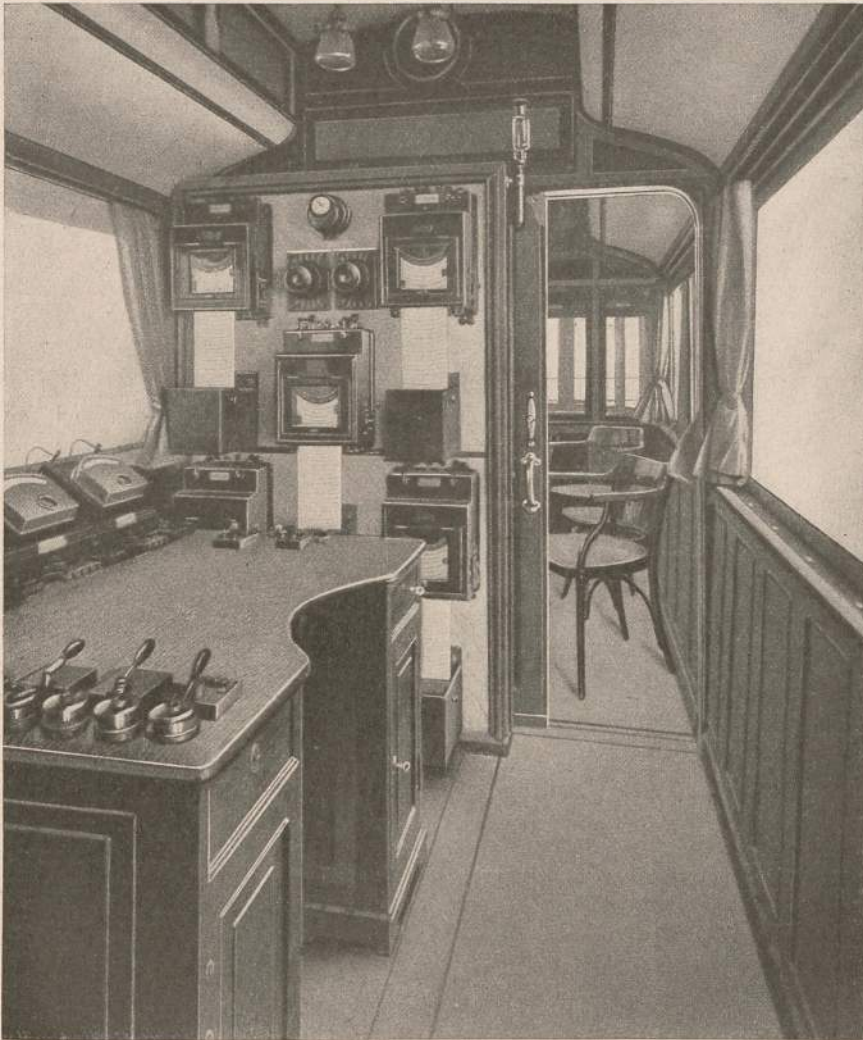
Das Ergebnis dieser ganzen Betrachtung ist wenig erfreulich.

Schutzvorrichtungen an Straßenbahnwagen können in manchen Fällen segensreich wirken, es geschieht aber auch kaum weni-



795. Aufenthaltsraum im Mefswagen der Berliner Straßenbahn





796. Blick in den Meßwagen der Berliner Straßenbahn

Vorn das Abteil mit den Prüfungseinrichtungen. Erbaut von Siemens & Halske

ger oft, daß sie die Gefahr noch vergrößern. Unter diesen Umständen fällt die Betriebserschwerung ins Gewicht, die durch das Anbringen der Vorrichtung an den Wagen verursacht wird.

Erfolgreicher läßt sich eine andere Gefahrenquelle verstopfen. Es ereignet sich immer wieder, daß Personen, die eben von der Hinterplattform abgestiegen sind, in die Lücke zwischen Triebwagen und Anhänger hineintreten und beim Anfahren des Zugs von dem Beiwagen überfahren werden. Weil nämlich der Triebwagen sehr häufig auch allein fährt, gewöhnen sich die Benutzer daran, sogleich hinter ihm das Gleis zu überschreiten. Dieses Verhalten ist unter allen Umständen verwerflich, da die Möglichkeit, Fahrzeuge wahrzunehmen, die aus entgegengesetzter Richtung kommen, hierdurch in gefährlicher Weise vermindert wird. Aber die Menschen sind nun einmal allzu tapfer gegenüber Gefahren, an die sie im Augenblick nicht denken.

Das Hineintreten in die Lücke kann durch Anbringen von Schutzgittern zwischen Trieb- und Anhängewagen verhindert werden. Bei vielen Betrieben sind solche Schutzvorrichtungen im Gebrauch. Sie erschweren freilich sehr das Umlegegeschäft an den Haltestellen, da hierbei jedesmal auch die beiden Gitter umgehängt werden müssen. Die wagerechten Teile der Vorrichtung dürfen nicht starr sein, sondern müssen Längenveränderungen leicht zulassen, die durch das Arbeiten der Ruppungsfedern und in den Krümmungen fortwährend eintreten.

Hat sich ein Unfall zugetragen, dann gilt es vor allem, den Verunglückten möglichst rasch unter dem Wagen hervorzuziehen. Oft kann dies erst geschehen, nachdem das schwere Fahrzeug angehoben worden ist. Die Mannschaften sind durch zahlreiche Belehrungen und Übungen für solche Hilfeleistungen geschult. Hilfsgeräte führt jeder Wagen mit sich. Es sind das insbesondere Brechstangen, Stichsägen zum raschen Zerlegen des Schutzrahmens, Holzklöße und eine Winde. Zu dieser gehört noch ein Winkelhaken, der ein bequemes Ansetzen der Winde gestattet, indem er an niedrig liegenden, besonders bezeichneten Stellen des Rahmens untergehaft werden kann.

Die Holzklöße dienen als Untersätze für die Winde, falls der Angriffspunkt für ihren Kopf sehr hoch liegt. Es wird auf diese Weise kostbare Zeit gespart, die ein lang währendes Ausdrehen der Winde unnötig verbrauchen würde. Um genügenden Bodenzwiderstand auf einem Streckenstück hervorzurufen, das in Rasen gebettet ist, wird eine der Klappen herausgenommen, die lose im Wagenboden liegen und die Schmierstellen für die Motoren zugänglich machen. Genügt Eine Winde zum Anheben nicht, so wird eine zweite von dem nächsten auf dem gleichen oder dem Nachbargleis herankommenden Wagen entnommen. Auch das schwerste Fahrzeug kann mit Hilfe dieser Vorkehrungen in drei bis vier Minuten angehoben werden.

Nicht nur verunglückter Menschen hat der Straßenbahner sich anzunehmen, auch der Wagen selbst heischt seine Hilfe, wenn ihm ein Unheil widerfahren ist. Es ist unvermeidlich, daß hier und da einmal ein Straßenbahnwagen durch Zusammenprall mit einem seiner Genossen oder mit fremdem Fahrzeug aus dem Gleis geworfen wird. Ursache hierfür kann auch zu rasches Durchfahren einer engen Krümmung oder schlechtes Anliegen einer Weichenzunge sein, durch welche die Hinterachse in die falsche Rille geleitet wird.

Das Eingleisen der Zweiachser mit festen Achsen ist verhältnismäßig leicht. Es gelingt fast immer nach einigem Hin- und Herfahren. Schwieriger aber ist es, ein ausgesprungenes Drehgestell wieder in die Spur zu schaffen. Denn dieses folgt nicht der Lenkung durch den Wagenkasten, sondern schlottert um den Drehzapfen hin und her. Zur Erleichterung des Eingleisens von Drehgestellen führen die damit ausgerüsteten Wagen einen eisernen Schuh mit, an dem eine Kette befestigt ist. Diese wird an das andere Drehgestell gehängt, das ja meist im Gleis verbleibt, und der Schuh unter eins der ausgesprungenen Räder geschoben. Das entgleiste Drehgestell fährt nun wie auf einem Schlitten, seine Einstellung wird durch das andere Drehgestell bestimmt, so daß meist sehr rasch alles wieder in Ordnung ist.

Wenn umfangreichere Hilfe notwendig ist, dann wird durch Fernsprecher der nächste Straßenbahnhof benachrichtigt, der sogleich den Rettungswagen ausschickt. Dieser, durch ein besonderes Merkmal gekennzeichnet, hat ein unbeschränktes Vorfahrtrecht vor allen anderen Fahrzeugen auf den Geleisen.



Er steht immer abfahrtsbereit im Bahnhof. Auf ein Klingelzeichen der Bahnhofsleitung wird der Wagen sogleich von geschulter Mannschaft besetzt und fährt ohne Aufenthalt so dicht wie möglich an die Unfallstelle heran. Der Rettungswagen enthält Werkzeuge aller Art, besonders starke Winden, Ketten, Beile, Hämmer, Schraubenschlüssel, leicht auslegbare Schienenstücke und auch einen großen Verbandkasten. Zur raschen Ausbesserung zerstörter Oberleitungsteile werden Turmwagen alarmfertig gehalten.

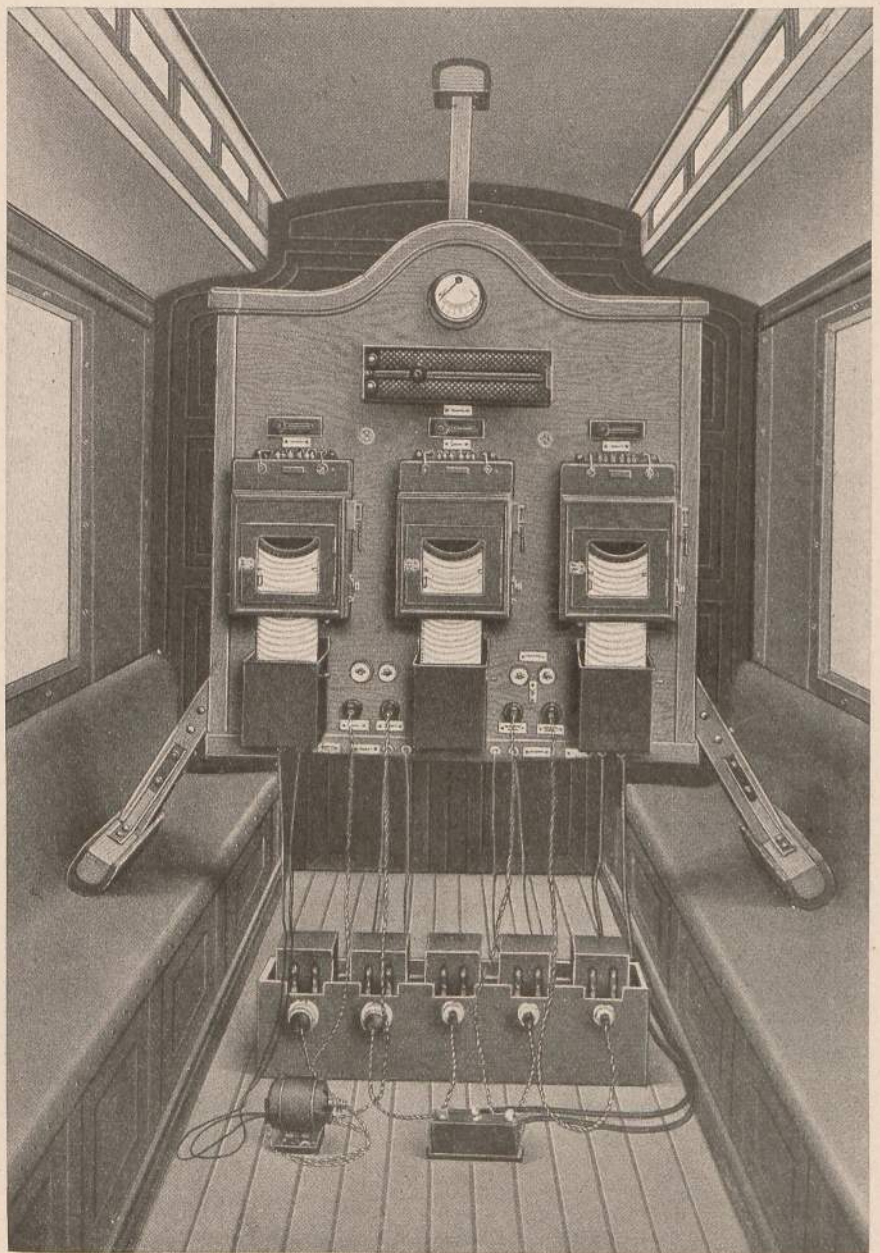
Die Straßenbahn-Unfälle, die niemals ganz auszurotten sind, lassen sich doch in ihrer Zahl durch gründliche und sinnvolle Ausbildung der Fahrer hinabmindern. Es darf niemals übersehen werden, daß der Lenker eines Straßenbahnwagens ein Maschinenwärter ist. Die Art seiner Tätigkeit unterscheidet sich durchaus von der eines Kutschers. Dieser kann die lebendige Triebkraft seines Wagens nach dem Gefühl steuern. Der Fahrer muß eine gründliche Schulung durchgemacht haben, bis er die Motoren wirklich zu meistern versteht, die zwar unbelebt sind, aber trotzdem eine feinere Empfindlichkeit haben als die Pferde. Vor allem aber muß der Fahrer verstehen, die hohe in dem schweren Wagen aufgespeicherte Bewegungs-Energie auf kürzestem Weg und doch stoßlos abzubremfen. Er muß ferner helfend eingreifen können, wenn an dem Wagen irgend etwas in Unordnung gerät, während er sich auf der Strecke befindet. Nicht jedes außergewöhnliche Ereignis darf den Lenker gleich aus der Fassung bringen.

Die Große Berliner Straßenbahn hatte verbildliche Einrichtungen zur Ausbildung und Schulung der Fahrer getroffen. Der Unterricht und die daran anschließenden Prüfungen und Überwachungen, die bis heute von der Stadtverwaltung fortgeführt werden, leisten Gewähr dafür, daß kein Fahrer ohne genügende Ausbildung auf die Strecke kommt, daß jeder vielmehr seinen Wagen als einen ihm zugehörigen Gegenstand kennt und ihn daher umsichtig und überlegt durch die Straßen steuert.

Bevor ein Anwärter in die eigentliche Fahrerschule aufgenommen wird, muß er sich erst einer Befähigungs-Prüfung, der psychotechnischen Untersuchung unterziehen. Denn der Fahrer braucht für die Wahrnehmung von Fahrt-Hindernissen ein gutes Auge und ein scharfes Gehör. Zur schnellen und richtigen Ausführung der Bedienungstätigkeit in Gefahrenfällen muß er schnelle Entschlußfähigkeit besitzen, die nicht durch Schreck-Einwirkungen beeinflusst werden darf. Die richtige Einschätzung der Entfernungen, Steigungen, Krümmungen und sonstigen Streckenverhältnisse verlangt ein gutes Augenmaß und Gedächtnisfähigkeit, damit der Fahrer bei der Bedienung der Fahrkurbel und der Bremse die örtlichen Streckenverhältnisse im voraus berücksichtigen kann. Eine gewisse technische Begabung und Widerstandsfähigkeit des Körpers, die gestattet, auch einen lang dauernden Dienst bei ungünstiger

Bitterung ohne Minderung der Latenzkraft durchzuhalten, sind weitere Bedingungen. Leute, bei denen durch die Befähigungs-Prüfung ein Mangel an solchen Eigenschaften festgestellt ist, werden gar nicht erst in die Fahrerschule aufgenommen.

Mit Hilfe sehr fein ersonnener Prüf-Einrichtungen werden die Sehtüchtigkeit, das Farbenunterscheidungs-Vermögen der Anwärter untersucht, und es wird auch eine Prüfung auf Nachtblindheit vorgenommen. Die Untersuchung des Ohrs erstreckt sich auf Hörschärfe, Gehörumfang, Erkennung der Schallrichtung und der Geräuschunterscheidung. Besonders wichtig ist das Ausmessen der Zeit, die der einzelne braucht, um nach dem Eintreten einer gefahrdrohenden Erscheinung die nötigen Gegenmaßnahmen vorzunehmen. Diese „Reaktionszeiten“ werden mit Hilfe einer Uhr gemessen, die tausendstel Sekunden anzeigt. Sie wird durch das Reizmittel ausgelöst und durch die entsprechende Bedienungsbewegung selbsttätig stillgesetzt. So läßt man zum Beispiel plötzlich eine Kurzschlußflamme erscheinen und



797. Meßtafel

zur Beobachtung des Arbeitens der verschiedenen Wageneinrichtungen, die in jedem gewöhnlichen Wagen aufgestellt werden kann. Siemens & Halske

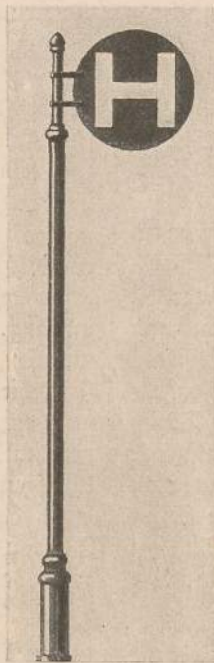


beobachtet, wie lange es dauert, bis der Prüfling die ihm vorher gezeigte Maßnahme zur Abschaltung des Stroms vornimmt. Zur Feststellung der technischen Begabung hat der Anwärter bestimmte Aufgaben an Modellen zu lösen, die einfache Zahnradgetriebe und Hebel-Übersetzungen darstellen.

Wer diese Vorprüfungen zur Zufriedenheit bestanden hat, kommt in die eigentliche Fahrerschule. Hier sind nebeneinander sechzehn voll ausgerüstete Fahrerstände aufgestellt (Tafel XXVII). Sie gestatten, in Ruhe und unter scharfer Beobachtung durch die Fahrmeister einen Griff nach dem anderen fest einzuüben. Früher kam der Lehrling sogleich auf einen fahrenden Wagen, so daß er die Bedienungsgriffe, die Gewöhnung an die Wagenbewegung und die Beobachtung der Streckenverhältnisse zugleich erlernen mußte. Es zeigte sich, daß es nicht möglich ist, so vieles zu gleicher Zeit aufzufassen. Auf den Schulständen kann unter der Leitung eines erzieherisch begabten Oberfahrmeisters jede Einzelheit unabhängig von allen anderen so lange geübt werden, bis sie fest sitzt. Das gleichzeitige Üben ganzer Gruppen belebt außerdem die Aufmerksamkeit und stachelt den Ehrgeiz an.

Die Übungsstände enthalten außer dem Fahrshalter, dem Schalthebel, der Druckluftbremse, der Handbremse und dem Sandstreuer auch Einrichtungen, die das vorschriftsmäßige Stellen von Weichen ermöglichen. Es kann das Eintreten eines Wagenbrands vorgetäuscht werden, worauf die Lehrlinge die Notbremsung auszuführen und den Deckenausshalter zurückzulegen haben. Ferner ist es möglich, durch heftige Erschütterung der Fußböden an den einzelnen Ständen eine Entgleisung vorzutäuschen. Auf diese Art wird der Lehrling an gefährliche und erschreckende Erscheinungen gewöhnt, wie sie auf der Strecke auftreten können. Er lernt, die Gegenhandlungen fast unbewußt zu vollziehen, und wird daher später bei einem wirklichen Vorkommnis solcher Art nicht kopflos sein.

Die Befehle zur Ausführung der einzelnen Übungshandlungen werden teils mündlich gegeben, teils durch bildliche Darstellungen übermittelt. Vor den Übungsständen befindet sich eine große Tafel, die eine zweigeleisige Strecke darstellt und mit allen vorkommenden Streckensignalen ausgerüstet ist. Durch Einschalten von Lampen hinter durchscheinenden Bildteilen kann angedeutet werden, daß der Wagen sich einer Haltestelle nähert, daß er sogleich ein Gefälle zu befahren haben wird, daß ein Fahrthindernis plötzlich in



798. Zwangshaltestelle

An Orten, wo dieses Zeichen aufgestellt ist, muß jeder Wagen unbedingt halten

nächster Nähe auftaucht oder in einiger Entfernung sichtbar wird.

Dem Anwärter werden in der Schule auch alle Teile der Oberleitung und der Wagen an dort übersichtlich aufgestellten Stücken erklärt, und alsdann muß er eine Prüfung ablegen. Darauf beginnen die eigentlichen Fahrübungen auf dem Wagen. Hierbei werden unter Beaufsichtigung durch Fahrmeister Auslauf- und Bremsversuche gemacht, damit der Lehrling von vornherein eine richtige Vorstellung von den Wagenbewegungen erhält. Es folgen Übungen in der Beurteilung der Wagenlauffähigkeit mit leicht und schwer rollenden Wagen und auch solchen, bei denen die Bremse nicht mit ganzer Kraft arbeitet. Durch Abfahren einer bestimmten Übungsstrecke, die den Lernenden den verschiedensten schwierigen Verhältnissen und Vorkommnissen gegenüberstellt, wird er an den praktischen Betrieb gewöhnt. Auch Übungen in der Befreiung Verunglückter, im Eingleisen von Wagen und in der Behebung von Verkehrsstörungen werden ausgeführt. Nach der letzten Prüfung auf einem normalen Wagen bei gewöhnlichen Streckenverhältnissen ist alsdann die Ausbildung vollendet.

Nachdem die derart während dreier Wochen vorgebildeten Leute in den Fahrer-

dienst eingestellt worden sind, setzt die Überwachung durch die Fahrtechnische Abteilung ein. Die Beobachtung wird mit Hilfe von zahlreichen technisch ausgebildeten und besonders bewährten Fahrmeistern in planmäßiger Weise durchgeführt. Die Überwacher tragen teils Uniform, teils üben sie den Dienst in unauffälliger Weise in Zivilkleidung aus. Für jeden Fahrer wird eine besondere Karte angelegt, in welche die Beobachtungsergebnisse durch die Fahrmeister eingetragen werden. Bild 794 zeigt eine solche Karte.

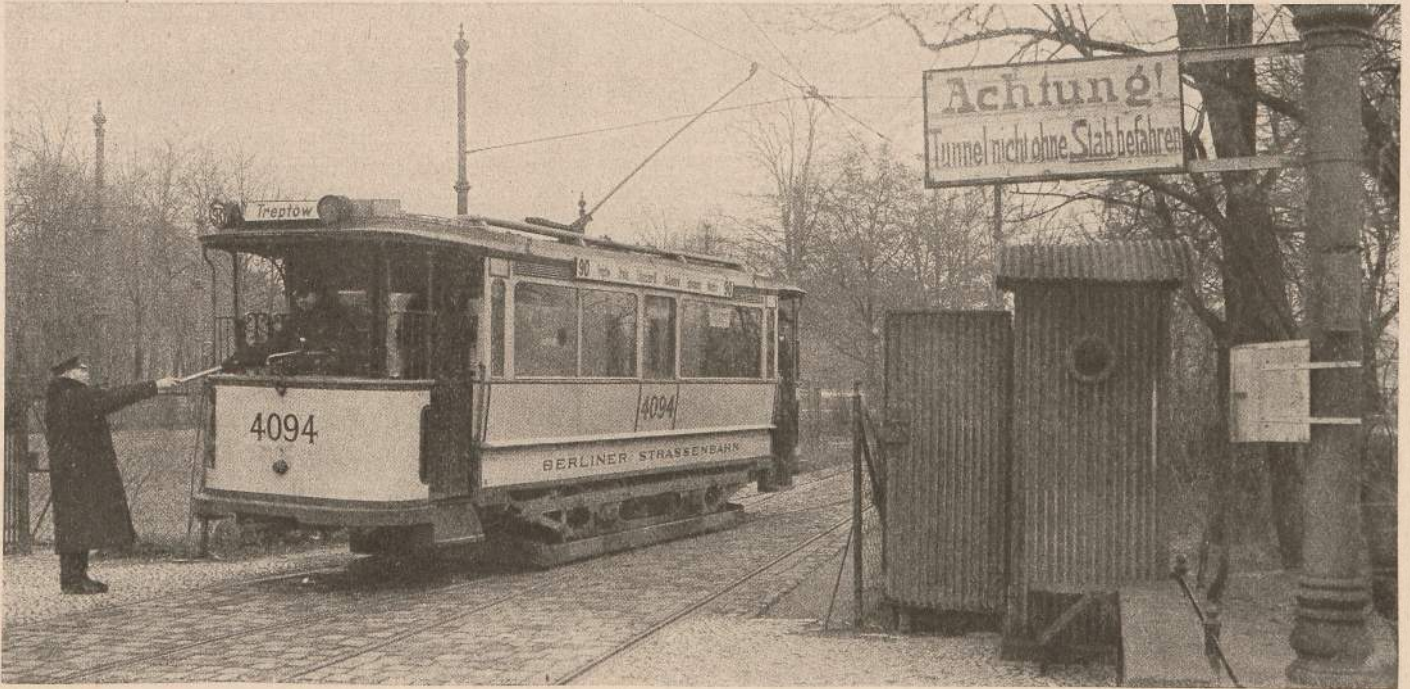
Vorschriftsmäßiges Fahren wird mit 1, mittelmäßiges mit 2 und schlechtes Fahren mit 3 bezeichnet. Die Beobachtungen der Fahrmeister in Uniform werden mit römischen, die Feststellungen, die in Zivilkleidung gemacht worden sind, mit arabischen Ziffern eingetragen. Außerdem sind in den Karten auch alle sonst beobachteten Betriebsvorkommnisse zu vermerken, insbesondere das Aussetzen von Wagen und die Ursachen hierfür. Der Fahrer, dessen Karte hier wiedergegeben ist, hat auffallend viele Wagen wegen Störungen an der Druckluftbremse ausgesetzt. Aus der Häufigkeit dieses Vorkommnisses dürfte geschlossen werden, daß der Mann die Bremse nicht richtig bediene. Er wurde daher besonders darüber belehrt und dann erneut wiederholt überwacht.



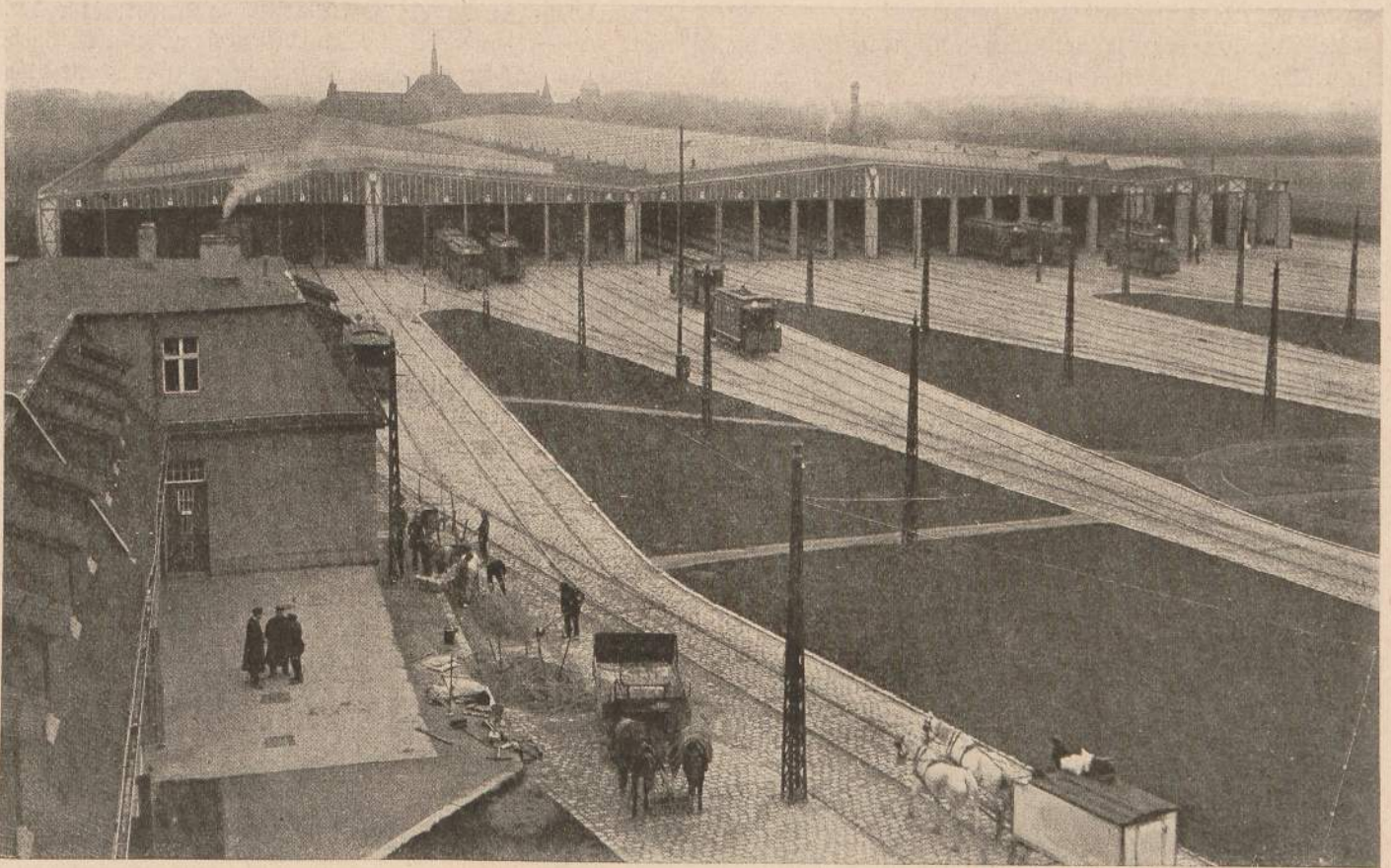
799. Kreuzungslaterne

der Dresdner Straßenbahn. Jeder Wagen, der sich in dem abgebildeten Straßenzug der unübersichtlichen Straßenkreuzung nähert, schaltet die Lampen hinter den Haltscheiben rechts und links ein, um die Wagen zu warnen, die sich auf einem kreuzenden Gleis nähern. Wenn die Kreuzung unbedenklich befahren werden kann, schießt jeder Fahrer eine beleuchtete grüne Scheibe in der Laterne





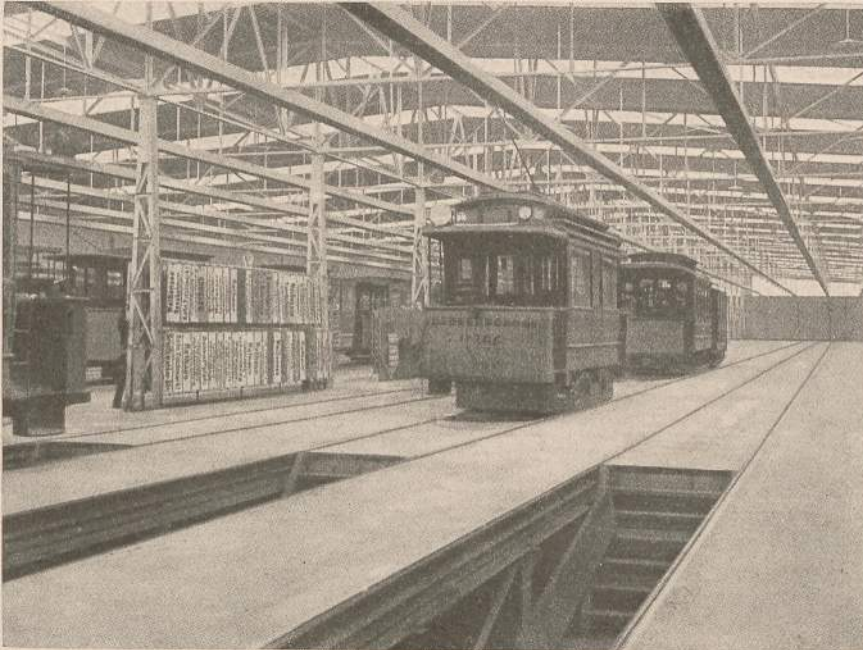
800. Sicherungseinrichtung für das Befahren des eingleisigen Tunnels unter der Spree zwischen Stralau und Treptow  
Nur derjenige Fahrer darf in den Tunnel einfahren, der einen bestimmten, nur in Einem Stück vorhandenen Stab in seinem Stand hat. Diese einfache Einrichtung hat das Aufstellen einer Signalanlage unnötig gemacht. Das Bild zeigt das Abgeben des Stabs an den Wärter vor dem Tunnelmund auf der Treptower Seite



801. Bahnhof Lichtenberg der Berliner Straßenbahn

Die Anlage ist eine der allergrößten ihrer Art. Auf 26 unter den Hallendächern liegenden Geleisen von je 192 Metern Länge können 500 Wagen aufgestellt werden. Die Breite des Bahnhofshauses beträgt 106 Meter, die Gesamtlänge der darinliegenden Geleise  $5\frac{1}{2}$  Kilometer. Außerhalb der Hallen liegen ferner noch drei Gleisstränge von je 190 Metern Länge zum Abstellen von Wagen. Die Gleisanlage vor den Hallen ist so eingerichtet, daß auf dem 151 Meter langen Vorplatz Wagen-Umsetzungen von einer Halle zur anderen stattfinden können, ohne daß die Straße berührt wird. Von dieser aus führen fünf Gleiskurven zum Vorplatz, über welche Züge aus- und eingesetzt werden können. Die Untersuchungsgruben zwischen den Schienen jedes Gleises (siehe das nächste Bild) sind 14 Meter lang.





802. Untersuchungsgruben in einem Straßenbahnhof

Von den Gruben aus können alle Einrichtungen an den Untergeräten der Wagen nachgesehen und schadhafte Motoranker ausgewechselt werden

Die Belehrung ist in der Karte durch Umrahmung der Fahrmeister-Nummer gekennzeichnet. Das Aufhören der Bremsstörungen an den Wagen, die der Fahrer steuerte, zeigt, daß der Unterricht fruchtbar gewesen ist.

Die Art, wie der Fahrer seinen Wagen lenkt, ist nicht nur wichtig für die Sicherung des Betriebs, es wird hierdurch auch ein sehr bedeutender Einfluß auf den Stromverbrauch ausgeübt. Jede Fahrt zwischen zwei Haltestellen setzt sich aus drei Abschnitten zusammen:

1. Anfahrzeit, in welcher der Wagen allmählich beschleunigt wird,
2. Fahrt unter Strom mit der zugelassenen Höchstgeschwindigkeit,
3. Fahrt ohne Strom und Abbremsen der lebendigen Kraft.

Während der Anfahrzeit hat der Wagen den höchsten Stromverbrauch. Ein guter Fahrer wird daher die Beschleunigung schnell, wenn auch ohne Übertreibung, vor sich gehen lassen, um darauf lange mit Vollgeschwindigkeit zu fahren. Er wird auch so zeitig die Fahrkurbel auf Ausstellen, daß er beim Eintreffen an der Haltestelle nicht mehr zuviel lebendige Kraft durch die Bremse zu vernichten hat. Wer seinen Wagen immer nur ganz langsam in Schwung bringt und mit allzuhoher Geschwindigkeit an die Haltestelle

heranfährt, ist ein Stromverschwender. Besser als durch menschliche Beaufsichtigung können solche Fahrer durch Zähluhren ermittelt werden, die in den Wagen angebracht sind. Die kostspielige Anschaffung so vieler Zählwerke ist lohnend, da es mit ihrer Hilfe tatsächlich gelingt, den Stromverbrauch stark hinunterzudrücken. Der Fahrer fühlt sich durch die Uhren ständig überwacht, er muß das Schalten so einrichten, wie es wirtschaftlich am günstigsten wirkt, damit er Verweisen oder Bestrafungen entgeht. Besser als die Bestrafung von Fahrern, die übermäßig viel Strom verbrauchen, wirkt jedoch die Belohnung solcher Leute, die unter dem zugelassenen Maß bleiben.

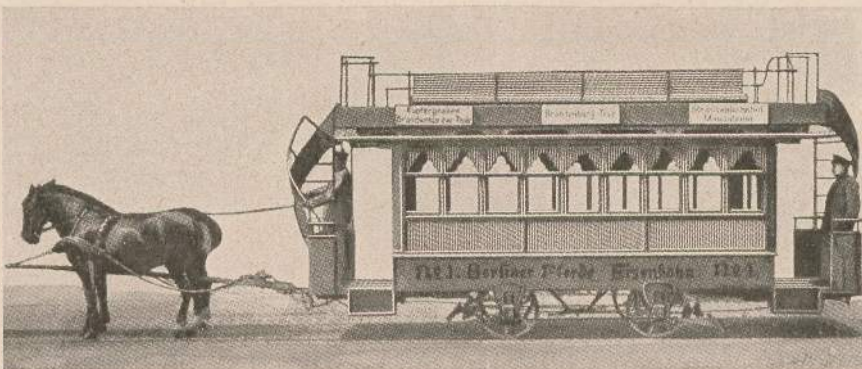
Die Zähluhren stellen in ihrer einfachsten Form nur die Zeit fest, während deren die Fahrkurbel auf einer Schaltstufe gewesen ist. Ob der Energieverbrauch in dieser Zeit hoch oder niedrig war, wird nicht angegeben. Diese Uhren treiben die Fahrer tatsächlich an, auf rasche Beschleunigung und rechtzeitiges Ausschalten zu achten. Sie haben jedoch den Nachteil, daß sie die Wagen-

führer veranlassen, allzu geschwind anzufahren, wodurch die Motoren stark abgenutzt werden. Vermieden wird diese Wirkung durch einen Zähler, der den wirklich verbrauchten Strom mißt. Denn ein zwar länger dauernder, aber doch nicht zu weit ausgehentener Anlauf verbraucht nicht mehr Strom als eine kurze, heftige Beschleunigung; er schont dabei aber die Motoren. Derart messende Stromuhren sind jedoch sehr teuer, und ihre feinen Einrichtungen zeigen sich den Erschütterungen durch den Wagenlauf nicht immer gewachsen. So werden denn die reinen Zeitähler immer noch am häufigsten verwendet.

In New York sind sie so eingerichtet, daß sie in sinnvoller Umkehrung nicht die Einschaltzeiten messen, sondern die Zeiträume, in denen ohne Strom gefahren worden ist. Es sind hierdurch gute Ergebnisse erzielt worden; die besten Fahrer erreichen Freilaufzeiten bis zu 45 vom Hundert der gesamten Fahrzeiten.

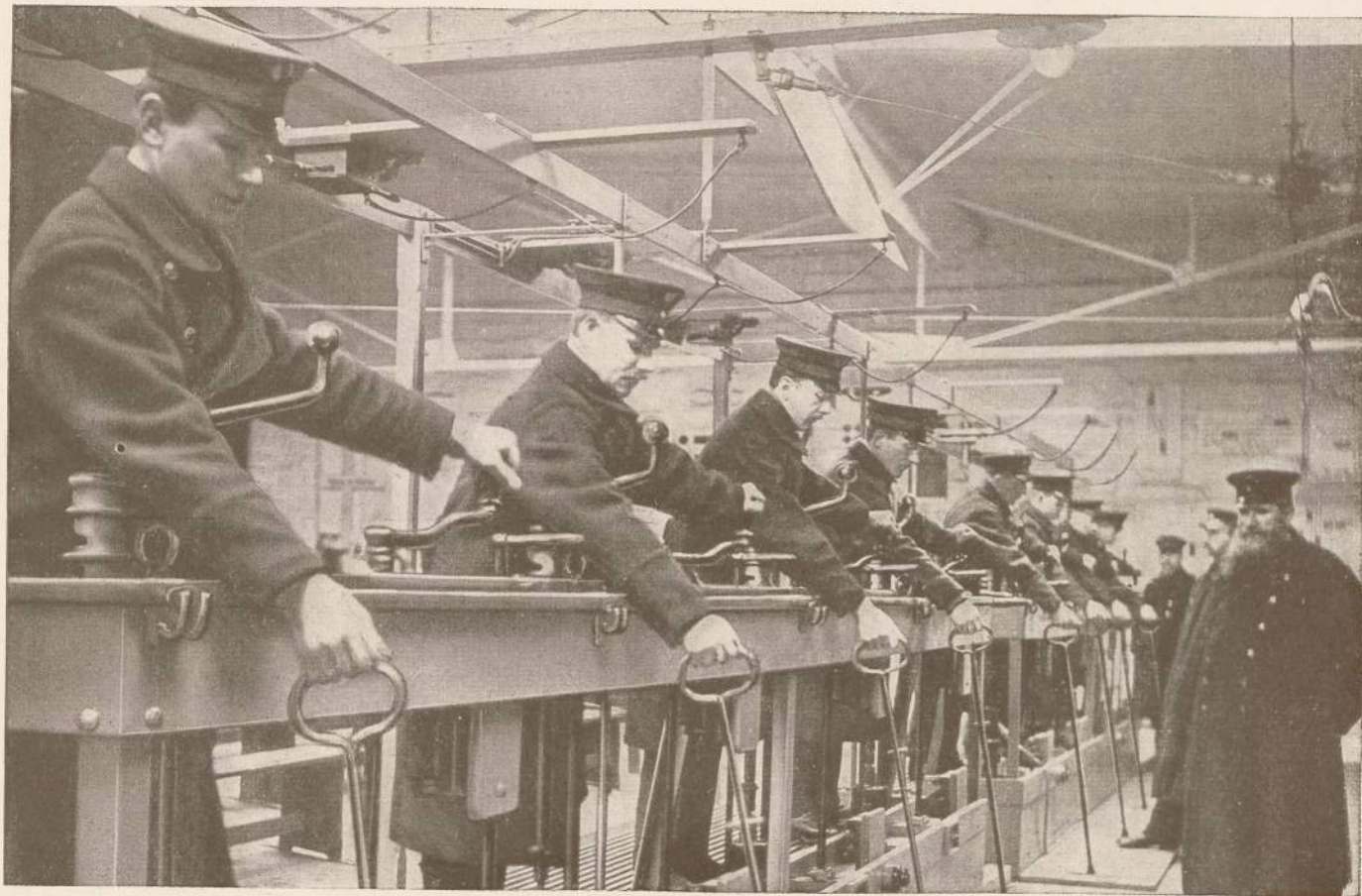
Damit die Fahrer in jeder Hinsicht richtig erzogen werden, müssen vor allem die Aufsichtsbeamten genaue Kenntnisse über die beste Bedienungsart aller Wagen-Einrichtungen besitzen. Um ihnen hiervon eine gute Anschauung zu geben, werden Meßwagen benutzt, die mit einer großen Zahl bester Anzeige- und Aufzeichnungs-Vorrichtungen ausgerüstet sind.

Der Meßwagen der Großen Berliner Straßenbahn, der äußerlich die Form eines der gewöhnlichen Fahrzeuge hat, ist in zwei Räume eingeteilt: das Aufenthaltszimmer und das Meßzimmer. In diesem befinden sich eine Schalttafel und der Meßtisch. Ein hierauf angebrachter Geschwindigkeitsanzeiger dient dazu, das richtige Schätzen von Geschwindigkeiten zu üben. Elektrische Meßinstrumente führen die verschiedenen Stromstärken vor Augen, die bei schnellem und langsamem Schalten auf ebener Strecke und in wechselnden Gefällen, beim Durchfahren von Krümmungen und bei mehr oder weniger guter Beschaffenheit der Geleise auftreten. An Zähluhren kann

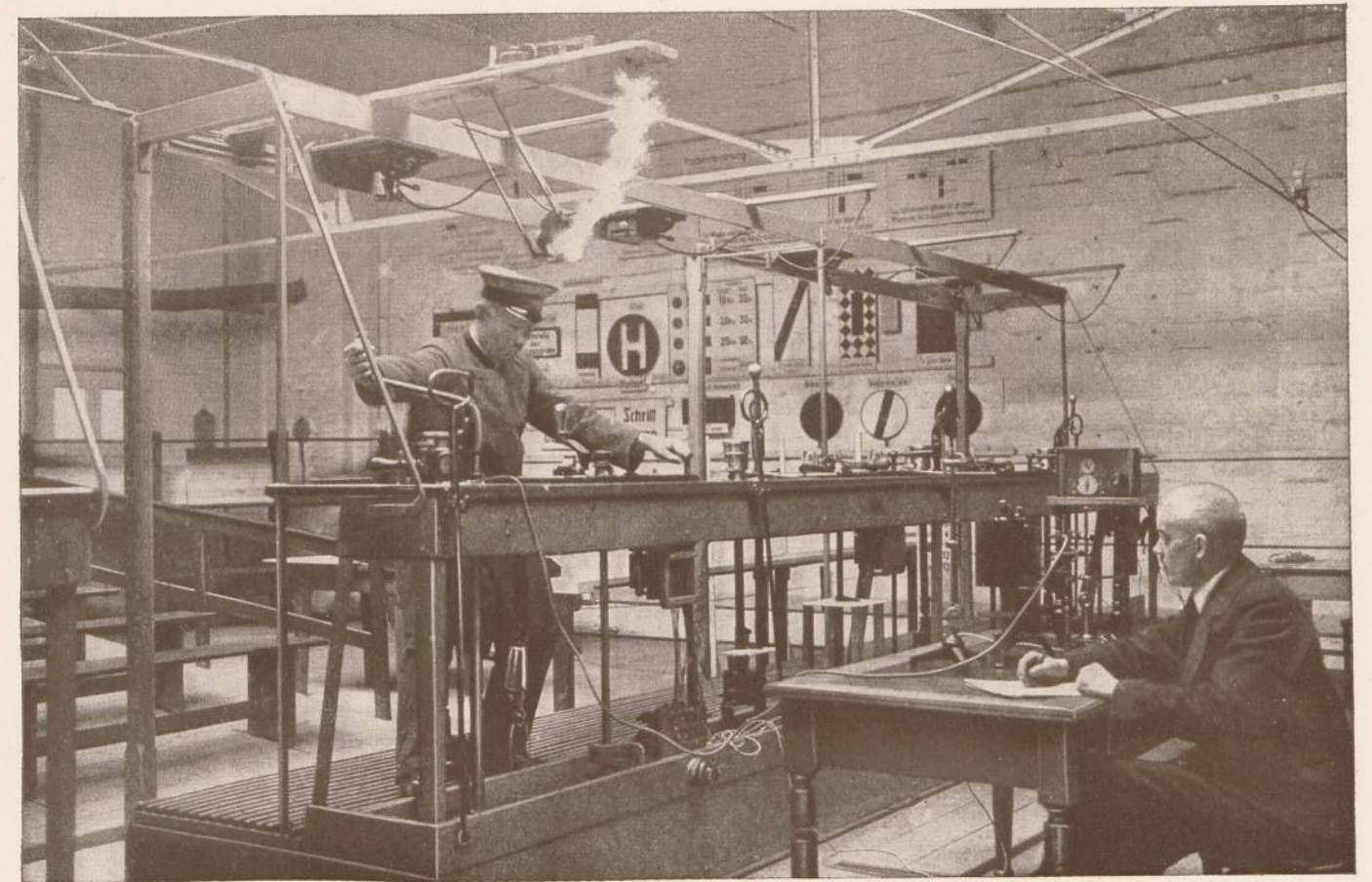


803. Ältester Wagen der Berliner Pferdeeisenbahn  
aus dem Jahre 1865





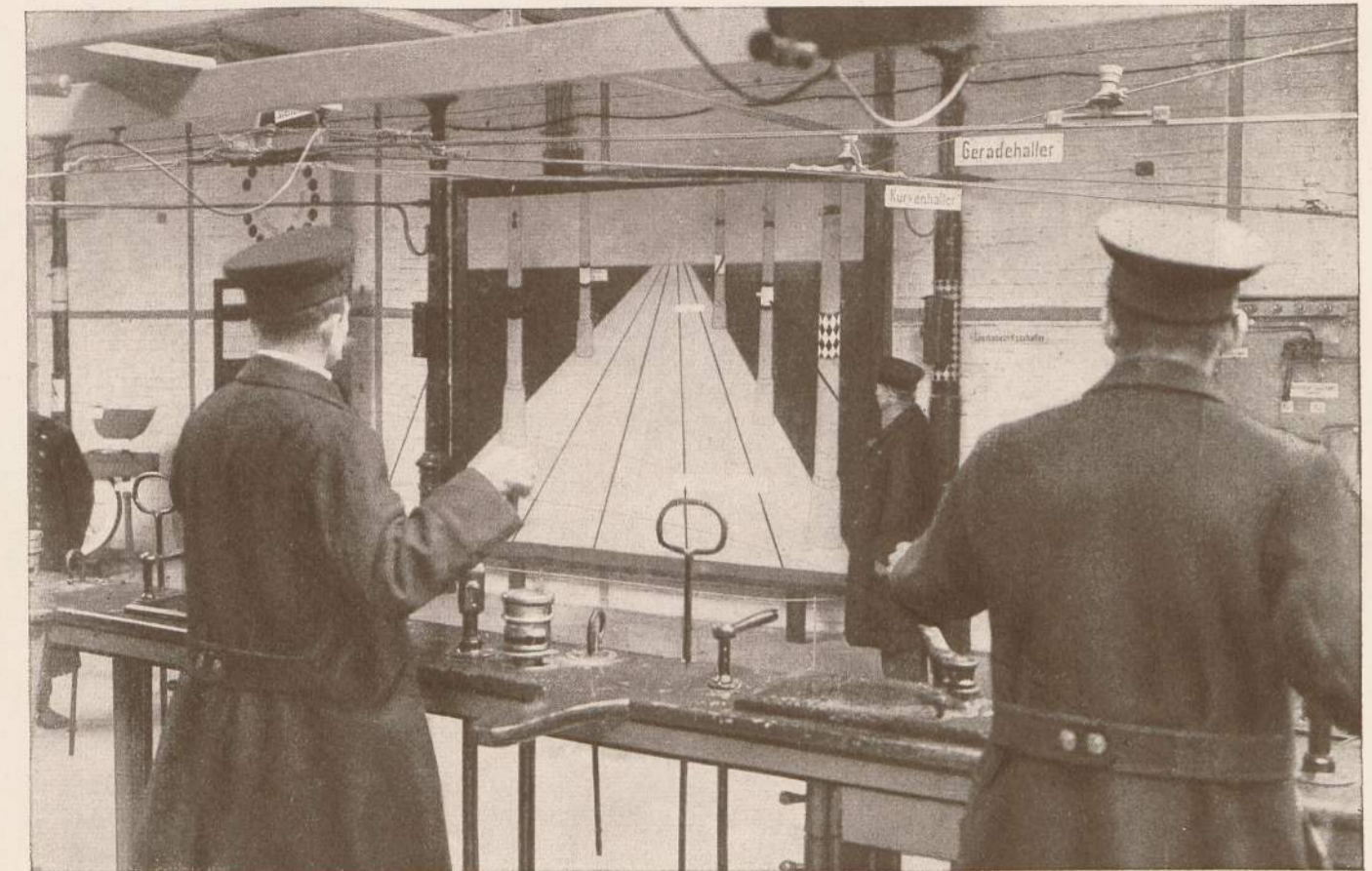
1. Weichenstellen



3. Notbremsung. Durch Erzeugen einer Kurzschlussflamme wird ein Wagenbrand vorgetäuscht



2. Einüben der Bedienung von Fahr- und Handbremskurbel von dem hier rechts sichtbaren Pult aus erfolgt auch das Einschalten der Lampen hinter der Streckenschautafel auf Bild 4



4. Die Befehle an die übenden Fahrer werden durch Einschalten von Lampen hinter verschiedenen Ausschnitten einer Streckenschautafel gegeben. Es können angedeutet werden: Hindernis in der Nähe; Hindernis in der Ferne; Haltestelle; Beginn eines Gefälles; Zwangshaltestelle usw.

In der Fahrerschule der Berliner Straßenbahn

Auf sechzehn nebeneinander liegenden, voll ausgerüsteten Fahrerständen werden die Wagenführer unter der Anleitung von Fahrmeistern ausgebildet. Es sind ferner im Schulraum Modelle aller wichtigen Teile der Wagenausrüstung und der Oberleitung aufgestellt. (Zu Seite 486)



unmittelbar beobachtet werden, wie jedes unnütze Einschalten den Stromverbrauch beträchtlich vermehrt.

Der Wagen besitzt ferner drei voneinander unabhängige Bremsen: eine Handbremse, eine elektrische Bremse und eine Druckluftbremse. Hierdurch wird es möglich, die verschiedenen Wirkungen dieser Vorrichtungen an ein und demselben Fahrzeug zu beobachten und sie miteinander zu vergleichen. Die Neigungen der durchfahrenen Strecke werden hierbei durch ein Pendel angezeigt, das über einem Zahlenkreis spielt. Eine Zug-Messvorrichtung, die in die Kupplung eingelegt werden kann, gibt den Kraftverbrauch durch den Beiwagen an. Abnehmbare Klappen im Fußboden gestatten das Beobachten der Motoren während der Fahrt. Man kann ferner feststellen, welche Wirkung das Schleudern der Räder auf schlüpfrigen Schienen übt. Eine Fernsprech-Verbindung mit lautsprechenden Apparaten gestattet, vom Messtisch aus dem Fahrer und dem Schaffner jeden gewünschten Befehl zu erteilen.

Zur Ausführung einfacherer Beobachtungen ist von der Firma Siemens & Halske eine Messtafel erbaut worden, die auf die Bänke eines gewöhnlichen Wagens gestellt und durch einen ausziehbaren Halter gegen die Decke versteift werden kann.

\*

Die Linienführung der Straßenbahnen zeigt im Gegensatz zu den Stadt-Schnellbahnen sehr zahlreiche und umfangreiche Verkettungen. Diese lassen sich hier bequem und gefahrlos durchführen. Sie wirken aber auch in diesem Bezirk hemmend auf die Reisegeschwindigkeit der einzelnen Wagen ein. Es ist für die Fahrgäste angenehm, wenn die meisten Strecken Durchmesserlinien sind und den am häufigsten aufgesuchten Stadt-Mittelpunkt durchqueren; denn es besteht alsdann die Möglichkeit, diesen Mittelpunkt von jeder Stadtstelle aus ohne Umsteigen zu erreichen. In Berlin sind freilich durch Führung sehr vieler Linien auf solche Art die Potsdamer und Leipziger Straße derart überlastet, daß bei der geringsten Störung auf den hier liegenden Geleisen Verkehrsunterbrechungen eintreten, die den größten Teil aller Strecken in Mitleidenschaft ziehen. Durch den Abschnitt der Potsdamer Straße, der zwischen dem gleichnamigen Platz und der Lützowstraße liegt, fuhren bei Kriegsbeginn 39 Linien.

Neben den Durchmesser-Linien spielen bei den Straßenbahnen auch die Ringlinien eine große Rolle, die, wie der Felgenkranz eines Rads, die vom Mittelpunkt speichenartig aus-



804. Die Ring'sche Apotheke auf dem Potsdamer Platz

Ein weit vorspringendes Gebäude, das 1880 bei Anlegung der Pferdebahnlinie Potsdamer Platz—Leipziger Straße—Spittelmarkt abgebrochen wurde

strahlenden Durchmesserlinien miteinander verbinden. In Berlin weisen diese Ringlinien einen kaum zu bewältigenden Verkehr auf.

Die liebe alte Pferdebahn hielt in älteren Zeiten überall dort an, wo der Arm eines Fahrlustigen dem Rutscher entgegenwinkte. Die stolzere elektrische Straßenbahn ist, wenn sie die Möglichkeit ihrer höheren Fahrgeschwindigkeit ausnützen will, an feste Haltestellen gebunden. Deren Entfernung voneinander ist bedeutend kürzer als die Gleisstrecke zwischen zwei Schnellbahnhöfen. Denn es ist Aufgabe der Straßenbahn, jeden Fahrgast möglichst nahe an den Punkt heranzubringen, den er erreichen will. Man darf freilich die Haltestellen-Abstände keinesfalls zu kurz machen, da die Reisegeschwindigkeit dadurch allzusehr hin-



805. Die Spittelkirche auf dem Spittelmarkt

Abgebrochen 1880

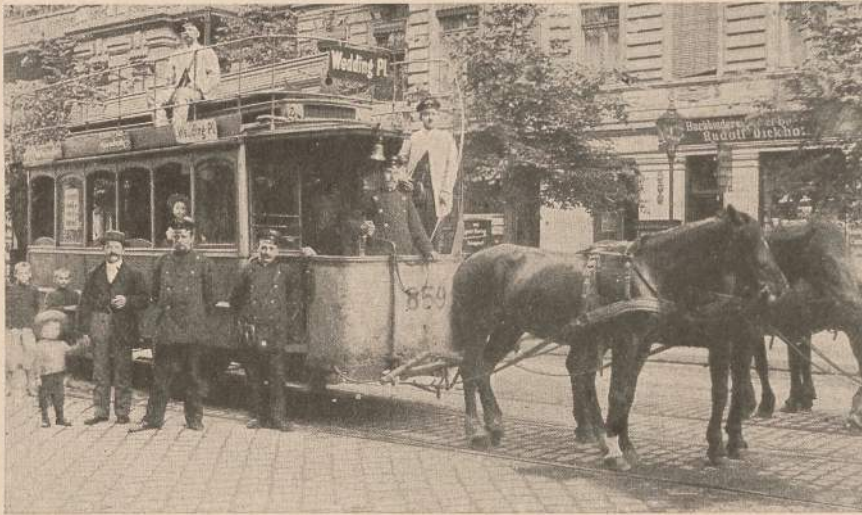


abgemindert würde. Giese sagt, daß eine Haltestellen-Entfernung von 600 bis 650 Metern am günstigsten ist. In der Innenstadt läßt sich das jedoch nicht durchführen, da hier wichtige Straßenzweigungen sehr rasch aufeinander folgen. In Berlin beträgt der durchschnittliche Haltestellen-Abstand 400 Meter. Man hat in letzter Zeit hier eifrig Haltestellen gesetzt und dadurch merkbare Erhöhungen der Reisegeschwindigkeit erreicht.

Ein Meinungskampf herrscht immer noch darüber, ob die Haltestellen vor oder hinter den Straßenzweigungen liegen sollen. Sind sie dahinter angeordnet, so erwächst der Vorteil, daß für zwei aus verschiedenen Richtungen ankommende, und auf gemeinschaftlichem Gleis weiterfahrende Linien nur eine Tafel vorgesehen zu werden braucht. Der Fahrgast, der danach strebt, denjenigen Wagen zu besteigen, der zuerst ankommt, braucht dann nicht zwischen zwei Haltestellen hin- und herzulaufen.

Dem steht aber der Nachteil gegenüber, daß nun die Wagen beider Richtungen auf demselben Gleis stehen bleiben, also an der Haltestelle nur nacheinander abgefertigt werden können. Herankommende Wagen werden auch hier und da gezwungen sein, auf der Straßenzweigung selbst zu halten, dann nämlich, wenn der Vorgänger später, als sie es erwartet haben, sich in Bewegung setzt. Auch wird die Zahl derjenigen, die den Wagen vor dem Halten verlassen, größer sein. Man legt daher heute wohl meist die Haltestellen dort, wo zwei Straßen von gleicher Verkehrsbedeutung einander treffen, vor die Kreuzung; wenn die Straße, in die eingefahren wird, geringere Verkehrsbedeutung besitzt, wird die Tafel hier und da hinter die Kreuzung gesetzt.

Sorgfältigen Erwägungen entsprossen ist die Lage der Haltestellen am Potsdamer Platz in Berlin. Sie sind sehr weit in die zuführenden Straßen zurückgerückt, und das erscheint vielen Fahrgästen, deren Fahrziel der Platz selbst ist, eine unnötige Behinderung. Die Anordnung hat sich aber als notwendig erwiesen, seitdem die Polizei nicht mehr zuläßt, daß die auf dem Potsdamer Platz sich Kreuzen-



806. Der letzte Pferdebahnwagen in Berlin

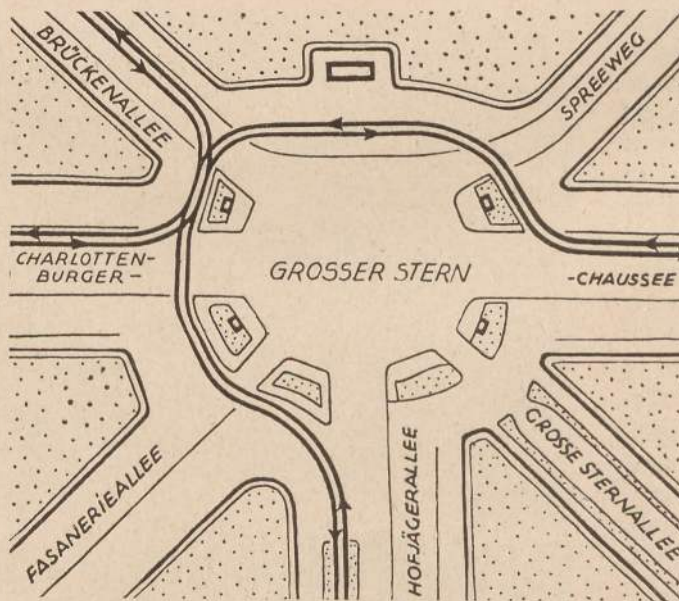
Ende August 1902 wurden nur noch die Wagen der Linie Großgörschenstraße (Ecke Potsdamer Straße) — Weddingplatz mit Pferden befördert. Der letzte von Pferden gezogene Wagen fuhr über die Strecke am Abend des 28. August

Wagen bereit, mit der nötigen Geschwindigkeit den Platz zu überqueren, denn der nächstfolgende könnte erst nach der Abfahrt des Vorgängers an die Haltestelle heranrücken. Durch das Zurückschieben der Tafeln aber sind stets mehrere Wagen zur Verfügung, den Platz aufenthaltslos zu überqueren.

An einzelnen Stellen sind die Haltestellen mit einem besonderen Zeichen, meist einem H, versehen. Dieses Zeichen ist auch nicht selten an einem besonderen Pfahl angebracht. Es bedeutet, daß der Fahrer hier seinen Wagen unter allen Umständen stillzusetzen hat, auch wenn niemand ein- oder aussteigt. Diese Zwangshaltestellen stehen immer vor Punkten, an denen Gefahr entstehen könnte, wenn der Wagen mit hoher Geschwindigkeit weiterfährt. Kreuzungen, an denen Bauwerke, zum Beispiel Bahn- oder Brückenpfeiler, die Fernsicht verdecken, so daß ein von der Seite herankommender Wagen erst im letzten Augenblick sichtbar wird, sehr scharfe Krümmungen, besonders aber auch der Beginn

steiler Gefälle, zwingen zur Anbringung solcher Signale. Durch das Halten ist Gewähr dafür gegeben, daß der Wagen die nächsten zehn bis zwanzig Meter langsam durchfährt. In der kurzen Veteranenstraße zu Berlin, die sehr steil ist, stehen nicht weniger als drei H-Tafeln.

In besonderem Maß müssen die Stellen gesichert sein, an denen die Straßenbahn höhen- gleich über Eisenbahn-Gleise hinweggeht. Außer der Zwangshaltestelle bringt man hier oft noch eine Schalteinrichtung an, die für gewöhnlich das über den Gleisen liegende Stück der Oberleitung stromlos hält. Der Schaffner muß mit einem besonderen Schlüssel einen Schalter bewegen, der sich



807. Lage der Straßenbahngeleise am Großen Stern im Tiergarten

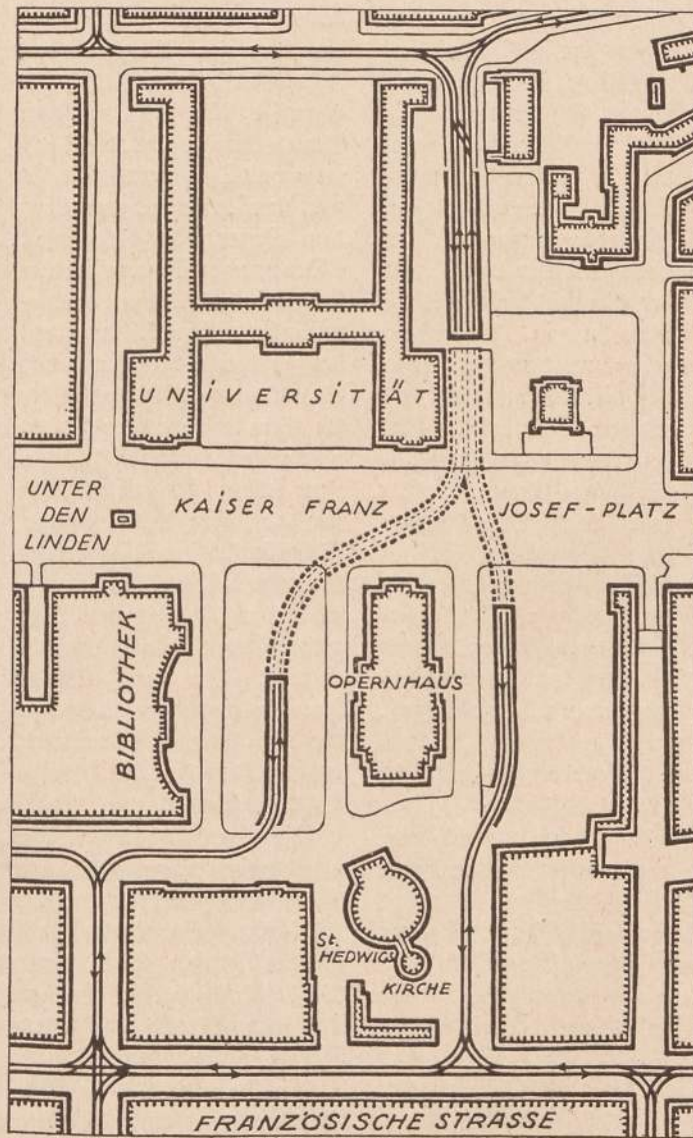
Die stark umrahmten Rechtecke zeigen die Standorte der von der Straßenbahn-Gesellschaft gestifteten Bronze-Jagdgruppen



unmittelbar vor den Eisenbahnschienen befindet, um den Strom für das Kreuzungsstück einzuschalten. Es ist anzunehmen, daß er hierbei seine ganze Aufmerksamkeit der Eisenbahnstrecke zuwenden und den Straßenbahnwagen nicht weiter fahren lassen wird, wenn ein Zug sich nähert, die Schranke aber dennoch versehentlich nicht geschlossen sein sollte. Sobald der Wagen hinübergefahren ist, macht er von selbst das verlassene Oberleitungsstück wieder stromlos.

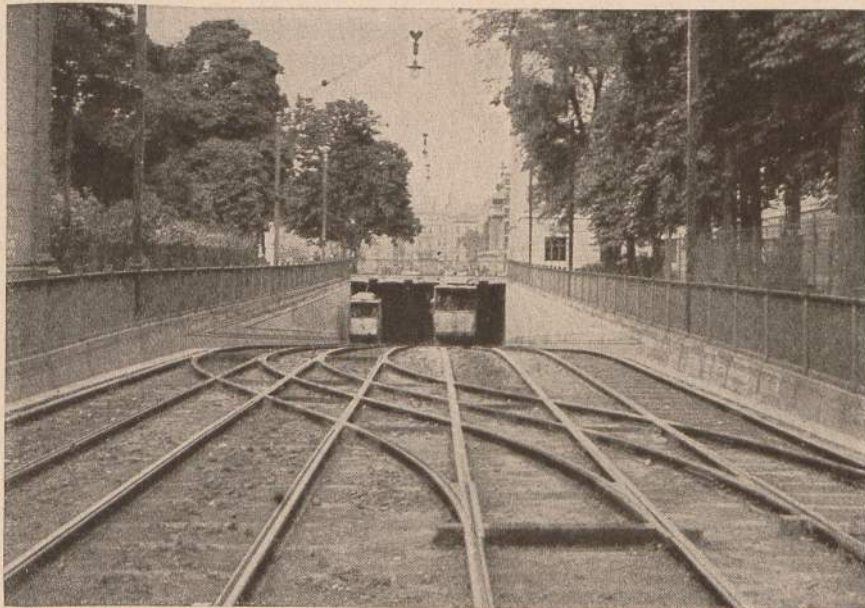
In Städten mit engen Straßen schaltet jeder Wagen, der sich einer vielbefahrenen Kreuzung nähert, in einer über dem Mittelpunkt der Kreuzung hängenden Laterne Lampen hinter einer roten, mit der Aufschrift Halt versehenen Glasscheibe ein, um die aus der querenden Richtung kommenden Wagen aufzuhalten. Bei freiem Streckenabschnitt brennen Lampen hinter einer weißen oder grünen Scheibe. In längere eingeleisige Strecken, die in verkehrsreiche Doppelgleis-Anlagen eingeschaltet sind, darf der Wagenlenker nur einfahren, wenn er ein grünes Licht sieht. Dieses schaltet der herannahende Wagen selbsttätig ein, wenn die eingeleisige Strecke frei, also nicht von einem entgegenkommenden Wagen besetzt ist.

In einfacherer Weise wird eine solche Sicherung in dem eingeleisigen Straßenbahntunnel unter der Spree zwischen Stralau und Treptow bewirkt. Ein Wagen darf in die Tunnelöffnung nur dann einfahren, wenn der Fahrer einen Stab in seinem Stand hat, der in eigentümlicher Weise mit Metallstücken beschlagen ist.



808. Lageplan des Lindentunnels

Unterirdische Kreuzung des Kaiser Franz Josef-(Opern-)Platzes, einer Verlängerung der Straße Unter den Linden durch die Straßenbahn. Die Anlage ist viergeleisig. Die Rampen liegen zu beiden Seiten des Opernhauses und neben der Universität. Erbaut in den Jahren 1914–1916



809. Viergeleisige Rampe des Berliner Lindentunnels neben der Universität

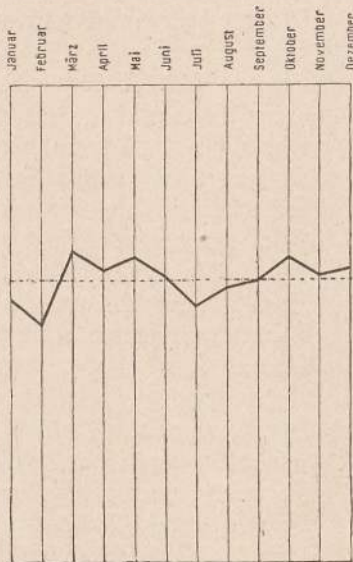
Dieser Freigabestab wird dem Fahrer von einem Wärter zugereicht. Drüben gibt er ihn einem zweiten Wärter wieder zurück. Da nur ein einziger Stab solcher Art vorhanden ist, so ist auf diese schlichte Art vortrefflich dafür gesorgt, daß niemals zwei Wagen im Tunnel aufeinander rennen können.

Jede noch so übersichtliche Kreuzung von Straßenbahngleisen wäre ein Gefahrpunkt, wenn sich der Verkehr darauf gänzlich ungeregt abspielen dürfte. Mancher Fahrer würde sich dann vom Sportteufel zu dem Versuch treiben lassen, noch im letzten Augenblick vor dem querenden Wagen vorbeizukommen, wodurch nicht selten ein Zusammenstoß entstehen würde. Um solche Vorkommnisse zu verhindern, ist ein Vorfahrtsrecht festgesetzt. Die Formel dafür ist sehr einfach; sie lautet: zum Vorfahren berechtigt ist derjenige Fahrer, der rechts von sich keinen Wagen erblickt. Durch Beobachtungen kann jeder feststellen, daß hierdurch eine klare Lage geschaffen ist. Nur wenn vier Wagen gleichzeitig an der Kreuzung ankommen, könnte ein

Zweifel entstehen, weil dann nämlich jeder Fahrer einen Wagen zu seiner Rechten hat. In solchen Fällen darf derjenige zuerst fahren, welcher die höchste Wagennummer führt.

Die Bahnhöfe der Straßenbahnen dienen nicht dem öffentlichen Verkehr, sie sind vielmehr reine Betriebsanlagen. Sie bieten den Wagen Unterkunft in den Betriebspausen und enthalten Einrichtungen für die Reinigung, Überprüfung sowie für kleine





810. Schaulinie des Berliner Straßenbahnverkehrs in den einzelnen Monaten des Jahres 1913

Einzelteile zur Instandsetzung beschädigter Wagen sind gestapelt, desgleichen Sand für die Streuvorrichtungen und Viehsalz für den Winter zum Auftauen des Schnees.

Zwischen den Schienen jedes Gleises ist eine Grube vorgesehen, tief genug, daß ein Mann darin aufrecht stehen kann. Von hier aus können die Untergestelle der Wagen nachgesehen und ausgebessert werden. Die Motorgehäuse sind nach unten aufklappbar, so daß beschädigte Anker mittels besonderer Vorrichtungen leicht herausgenommen und durch neue ersetzt werden können. Größere Wiederherstellungsarbeiten werden in der Hauptwerkstatt ausgeführt.

\*

Die Große Berliner Straßenbahn, die 1920 in das städtische Gesamtnetz aufgegangen ist, war eines der allergrößten Unternehmen ihrer Art auf der Erde. Eine kurze Schilderung ihrer Entwicklungsgeschichte führt zurück in das längst dahingefunkene Zeitalter der Pferdebahn und zeigt an einem lebendigen Beispiel das Werden des elektrischen Betriebs, die Kämpfe, welche ausgefochten werden mußten, bis das Heutige ward.

Die erste Pferdebahn-Linie auf Groß-Berliner Gebiet wurde im Jahre 1865 eröffnet. Sie war zugleich die erste Anlage ihrer Art in Deutschland. Die von ihr befahrene Strecke ist nicht auf Grund eines zufälligen Bedürfnisses herausgesucht worden, sondern war von jeher vorbestimmt. Zwischen Berlin und dem wichtigsten seiner früheren Vororte, Charlottenburg, liegt der Tiergarten, für jeden, der nicht darin spazieren gehen will, ein Zwischenstück, an dem er möglichst rasch vorbeizukommen wünscht. Die erste Schienestrecke führte demgemäß vom Mausoleum in Charlotten-

Ausbesserungs = Arbeiten. Das Eine bis zum Einfahrt-Tor führende Gleis spaltet sich in eine große Zahl von Schienensträngen, die nebeneinander unter einem Hallendach liegen. Eine der umfangreichsten Anlagen dieser Art ist von der Großen Berliner Straßenbahn in Lichtenberg erbaut worden; der Bahnhof bietet Raum für 500 Wagen. Er enthält außerdem geräumige Werkstätten sowie Aufenthaltszimmer für die Arbeiter und die Wagenmannschaften. Ein Kassenraum dient zur Entgegennahme des eingesammelten Fahrgelds und der übrig gebliebenen Fahrscheine nach Betriebschluß.

burg über den Luisen-Platz, die Berliner Straße, das Knie, die Charlottenburger Chaussee, den Platz vor dem Brandenburger Tor, die Sommer- und Dorotheenstraße bis zum Kupfergraben, gegenüber dem Westende der Spreinsel.

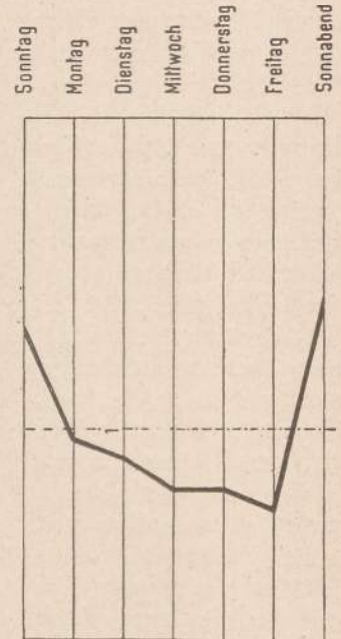
Der neu gegründeten Pferde-Eisenbahn-Gesellschaft war zuerst in Aussicht gestellt worden, daß sie ihre Wagen durch das Brandenburger Tor und über die Straße Unter den Linden würde laufen lassen können. Im letzten Augenblick entstanden jedoch sehr berechtigte Bedenken diesem Plan gegenüber, und die Linie mußte in die eng benachbarte Dorotheenstraße abgelenkt werden. In der Straße Am Kupfergraben, in welche die Dorotheenstraße mündet, endeten noch im Jahre

1922 zahlreiche aus Charlottenburg kommende Strecken.

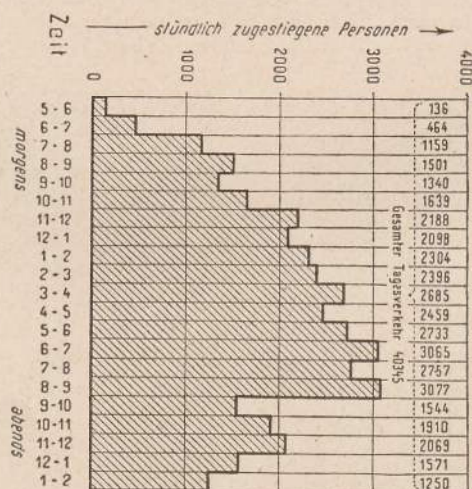
Die Pferdebahn-Gesellschaft mußte eine Reihe von Verpflichtungen übernehmen, unter anderem hatte sie ein jährliches Chaussee-Geld in der Höhe von 24 000 Mark zu entrichten. Es wurde zunächst nur ein Gleis ausgelegt, das in großen Abständen mit Ausweichen versehen war. Bald jedoch mußte zum durchgehenden zweigleisigen Ausbau der Strecke geschritten werden, da der Verkehr sich lebhaft entwickelte.

Im Jahre 1875 entstand die erste Zweiglinie, die vom Großen Stern durch die Fasanerie- und Lichtenstein-Allee zum Tiergarten-Eingang des Zoologischen Gartens führte. Unter dem Namen Berlin-Charlottenburger Pferde-Eisenbahn und später Berlin-Charlottenburger Straßenbahn-Gesellschaft hat die Verwaltung eine größere Reihe von Linien in dem von ihr versorgten Vorort mit weitgreifenden Einführungen in Berlin selbst gebaut. Sie ist es auch gewesen, die den ersten Versuch einer elektrisch betriebenen Straßenbahn mit Oberleitung machte. Wir wissen von Seite 429 her, daß dieser Probetrieb auf der Hügelsecke zum Spandauer Berg an der Form der Oberleitung, Doppeldraht mit darauf laufenden Kontaktwagen, scheiterte.

In Berlin selbst bildete sich erst im Jahre 1871, also unmittelbar nach Errichtung des Reichs, die erste Gesellschaft zum Betrieb von öffentlichen Fahrzeugen auf Schienen. Die Große Berliner Pferde-Eisenbahn, in welche die ältere Charlottenburger Gesellschaft später aufgegangen ist, begann ihre Wirksamkeit mit 141 Pferden. Im Jahre 1897 wurde der Höchstbestand



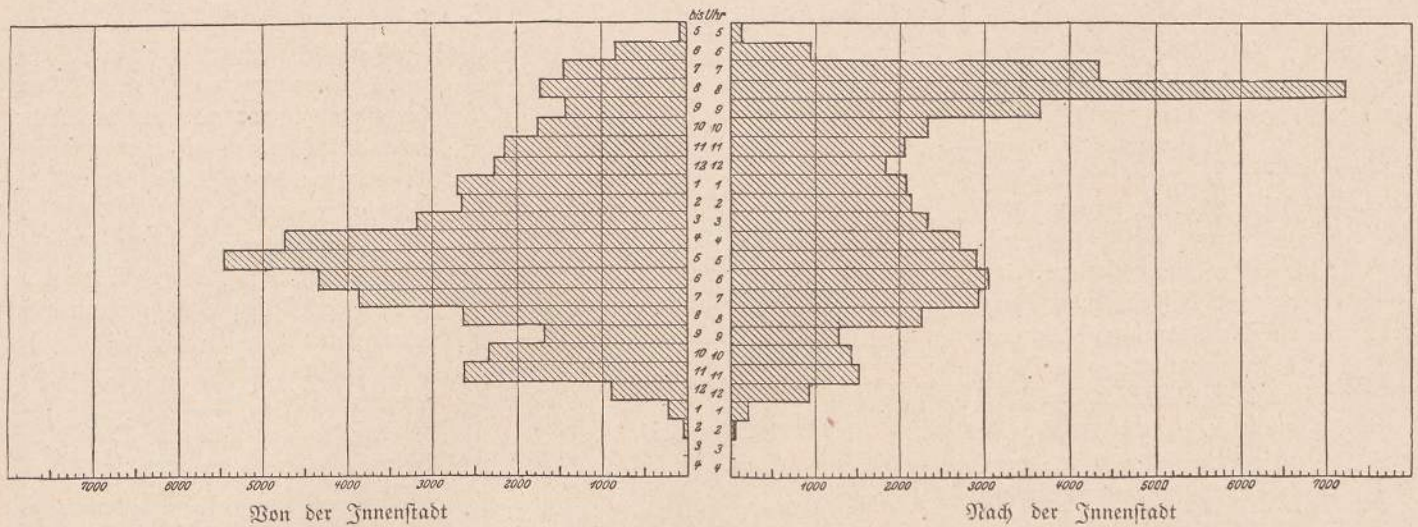
811. Schaulinie des Berliner Straßenbahnverkehrs während einer Woche



812. Stündliche Schwankungen des Straßenbahnverkehrs am Potsdamer Platz

ermittelt durch Zählungen der an den Haltestellen rings um den Potsdamer Platz Eingestiegenen während mehrerer Tage des Jahres 1915 und Errechnung des Tagesdurchschnitts. Aus Giese „Das zukünftige Schnellbahnnetz für Groß-Berlin“





813. Stündliche Schwankungen in der Besetzung der Straßenbahnwagen am Hermannplatz in Neukölln.  
Die Gegend ist hauptsächlich von Arbeitern bewohnt

dieser lebenden Antriebsmittel erreicht; die Gesellschaft besaß damals 7328 Pferde.

Am 8. Juli 1873 konnte nach Überwindung sehr erheblicher Schwierigkeiten die erste Linie vom Rosenthaler Tor zur Badstraße eröffnet werden. Bis zum Gesundbrunnen, wo eigentlich die Endhaltestelle liegen sollte, vermochte man noch nicht vorzudringen, da die Eisenbahngleise, welche die Badstraße kreuzen, noch nicht wie heute in einem Einschnitt lagen. Es wurde also eine höhengleiche Kreuzung notwendig, gegen welche sich die Eisenbahn-Gesellschaft wehrte. Ein Jahr dauerte es, bis dieser Einspruch fallen gelassen wurde. Wie groß aber das Fahrbedürfnis schon damals war, geht aus der Angabe hervor, daß die erste Pferdebahnlinie bereits am Eröffnungstag von 4403 Personen benutzt wurde, die 728 Mark an Fahrgeldern entrichteten.

In rascher Folge schlossen sich weitere Strecken an; so zunächst die Linien Schönhauser Tor—Pankow, Brandenburger Tor—Potsdamer Tor, vom Oranienburger Tor nach Moabit und zum Wedding. Am Ende des Jahres 1873 waren bereits 780 782 Personen befördert, von denen ein großer Teil die besonders lebhaft in Anspruch genommene kurze Strecke Potsdamer Tor—Halleisches Tor benutzt hatte.

Das Jahr 1876 brachte die Gründung eines Wettbewerbsunternehmens, der Neuen Berliner Pferde-Eisenbahn, die gleichfalls eine Anzahl wichtiger Linien erbaute und erst im Jahre 1900 mit der älteren Gesellschaft verschmolzen wurde. Das wichtigste Stück des ganzen Liniennetzes, die Strecke Potsdamer Platz—Leipziger Straße—Spittelmarkt, konnte nicht vor dem Jahre 1880 eröffnet werden, da hierfür mancherlei Regelungen der sehr ungünstigen

Straßenführung vorzunehmen waren. So mußten die Ringsche Apotheke

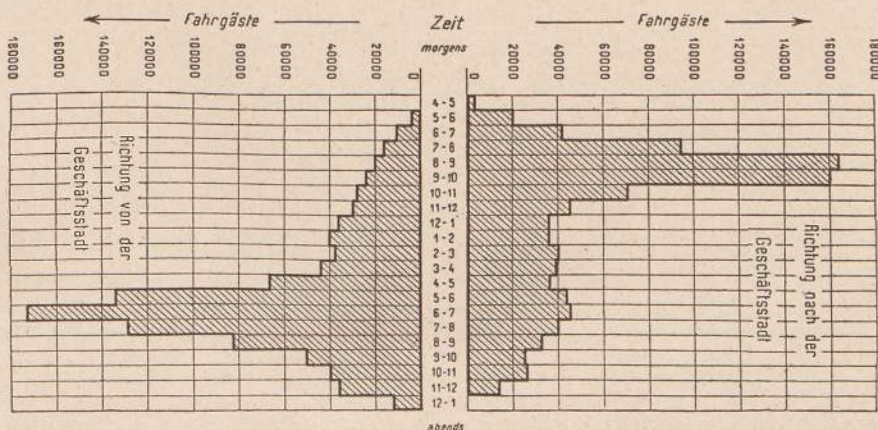
auf dem Potsdamer Platz und die Spittelkirche abgebrochen werden. Die Große Berliner Pferde-Eisenbahn-Gesellschaft hat dann bis zu ihrer eigenen Verstädtlichung noch die Südliche, Nordöstliche und Westliche Berliner Vorortbahn aufgenommen.

Der Betrieb der letztgenannten Gesellschaft zeigte eine besondere Eigenart dadurch, daß mehrere Linien mit Dampfzügen befahren wurden. Die Strecken Zoologischer Garten—Halensee, Zwölf Apostel-Kirche—Schmargendorf, Zoologischer Garten—Kaiserallee—Steglitz, die damals zum größten Teil noch über freies Gelände führten, wurden von den merkwürdigen Fahrzeugen bedient, in denen der Lenker zugleich Heizer war. Immerhin haben die Dampfzüge bis zum Jahre 1898, in dem sie durch den elektrischen Antrieb abgelöst wurden, recht Günstiges geleistet.

Im Jahre 1896 hatte das Gesamtnetz aller Pferdebahn-Gesellschaften in Groß-Berlin die sehr beträchtliche Länge von 193 Kilometern. Der Verkehr hatte sich bis dahin auf die alte Art gut bewältigen lassen, Berlin war damals im Besitz des besten öffentlichen Fuhrwesens. Nun aber stand die Eröffnung der Gewerbe-Ausstellung im Treptower Park bevor, und es wurde befürchtet, daß die Pferdewagen dem Massenandrang nicht würden genügen können. Das gab den ersten Anstoß zur Einführung des elektrischen Betriebs, der ja durch die Zusammenfügung von Triebwagen und

Anhängewagen zu Zügen und durch die Erhöhung der Fahrgeschwindigkeit das Fortschaffen sehr viel größerer Massen gestattet.

Vom Zoologischen Garten und vom Dönhofsplatz wurden Oberleitungstrecken nach Treptow hinausgeführt. Zwei Jahre später war die Linie Alexanderplatz—Schöneberg für den elektrischen Betrieb umge-



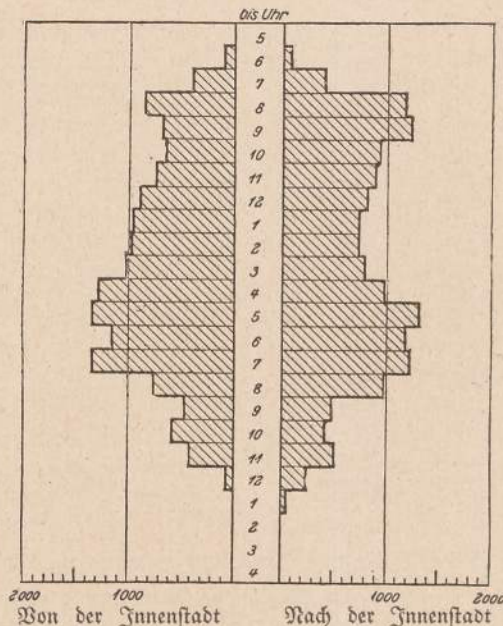
814. Stündliche Schwankungen des Gesamtverkehrs nach und von der Innenstadt zu London

Aus Giese „Das zukünftige Schnellbahnnetz für Groß-Berlin“



wandelt, als erste der den Stadtkern berührenden Strecken. Im gleichen Jahr änderte die Gesellschaft ihren Namen in Große Berliner Straßenbahn um, da die gänzliche Ersetzung des Pferdeantriebs durch den elektrischen beschlossen war. Das Jahr 1902 sah die Vollendung dieses Umbaus, der für die Entwicklung Berlins, insbesondere für das Aufblühen der Vororte, von höchster Bedeutung geworden ist. Am 28. August 1902 zog das letzte Pferdegespann einen Wagen der Linie Großgörschenstraße—Weddingplatz.

Noch bevor das letzte Pferd verschwunden war, hatte eine besondere Gattung des elektrischen Betriebs ihre gänzliche Unzulänglichkeit bewiesen. Durch die alte Feindschaft gegen die Oberleitung war die Große Berliner Straßenbahn gezwungen gewesen, auf mehreren Strecken mit einer Gesamtlänge von 16,5 Kilometern Akkumulatoren-Wagen laufen zu lassen. Insbesondere hatte die Behörde gerade in dem am stärksten befahrenen Straßenzug von der Potsdamer Brücke bis zum

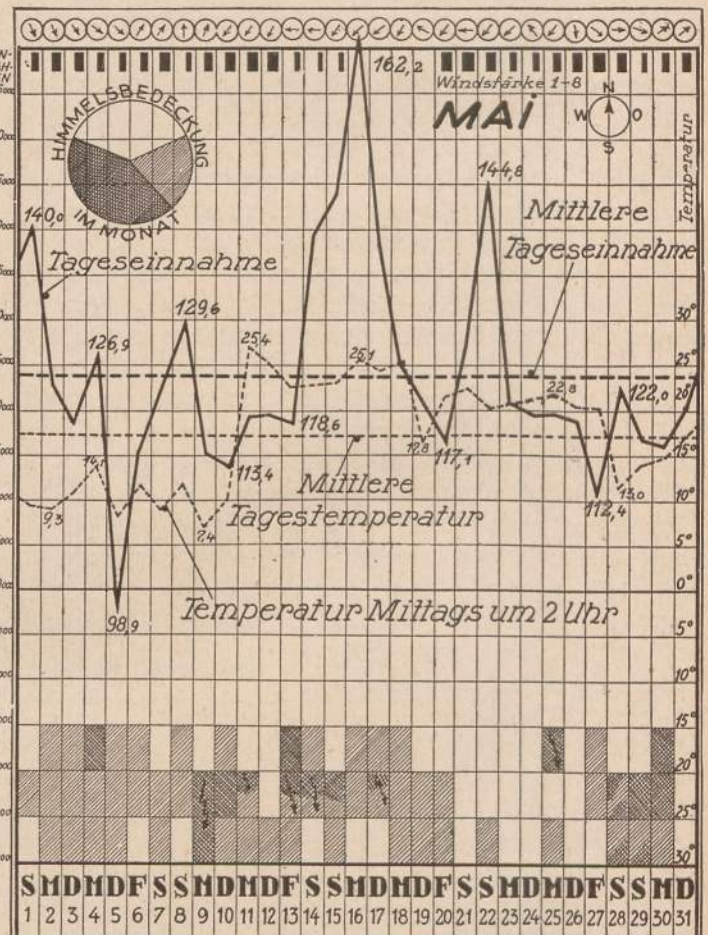
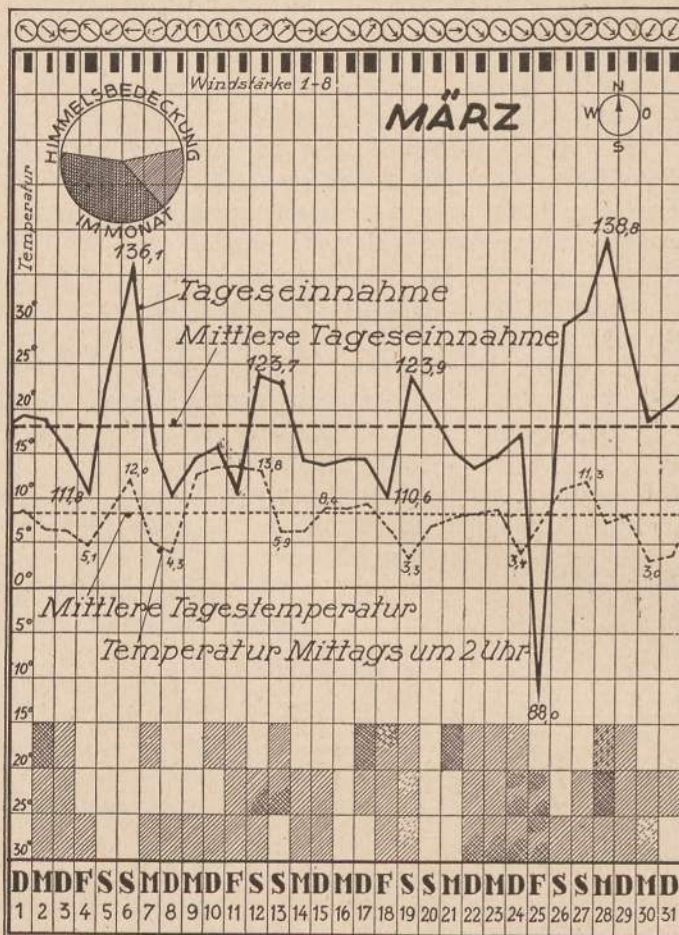


815. Stündliche Schwankungen des Verkehrs am Prager Platz in Wilmersdorf, einem westlichen Bezirk Berlins

Spittelmarkt die Oberleitung nicht zugelassen. Die unter den Längsbänken der „Badewannen“ aufgestellten Speicherezellen wurden während der Fahrt unter den Oberleitungstrecken geladen. Es zeigten sich alsbald die größten Schwierigkeiten.

Die Verwendung so großer Mengen von Schwefelsäure, in welche die Bleiplatten der Zellen eintauchen müssen, verursachte sehr erhebliche Unzutraglichkeiten in den Bahnhöfen, und die unvermeidliche Gasentwicklung verdarb die Luft in den Wagen. Sobald der Betrieb sich nicht mit vollster Regelmäßigkeit abspielte, genügte die Ladezeit bei der Fahrt unter der Oberleitung nicht. Die Folge war, daß die Speichervagen bei der selbständigen Fahrt stecken blieben und eine Unsicherheit und Unzulänglichkeit des Verkehrs herbeiführten, die eine Zeitlang die Fortführung des gesamten Betriebs bedrohten. Der Winter von

1899 zu 1900 mit seiner strengen Kälte und starken Schneefällen brachte so viele Störungen mit sich, daß die Aufsichts-



816. Berliner Straßenbahnverkehr und Wetterstatistik

Die Berliner Straßenbahn besitzt Aufzeichnungen, die zusammen mit den Tageseinnahmen, aus denen die Verkehrsstärke hervorgeht, das Wetter jedes Tages kennzeichnen. Es sind sehr starke Abhängigkeiten zwischen Witterung und Verkehr zu erkennen. Hier sind die Aufzeichnungen für die Monate März und Mai des Jahres 1910 wiedergegeben. Die Pfeile oben deuten die Windrichtung an. Die Breite der darunterstehenden Rechtecke kennzeichnet die Windstärke in 8 Stufen. Unten ist die Himmelsbedeckung in 3 Stufen, und zwar für den Abend, den Nachmittag und den Vormittag gekennzeichnet. Die weißen Felder bedeuten wolkenlosen Himmel, die anderen Bewölkung, die mit der Dichtigkeit der Schraffierung zunimmt. Die Einnahmen sind in Tausenden von Mark angegeben.

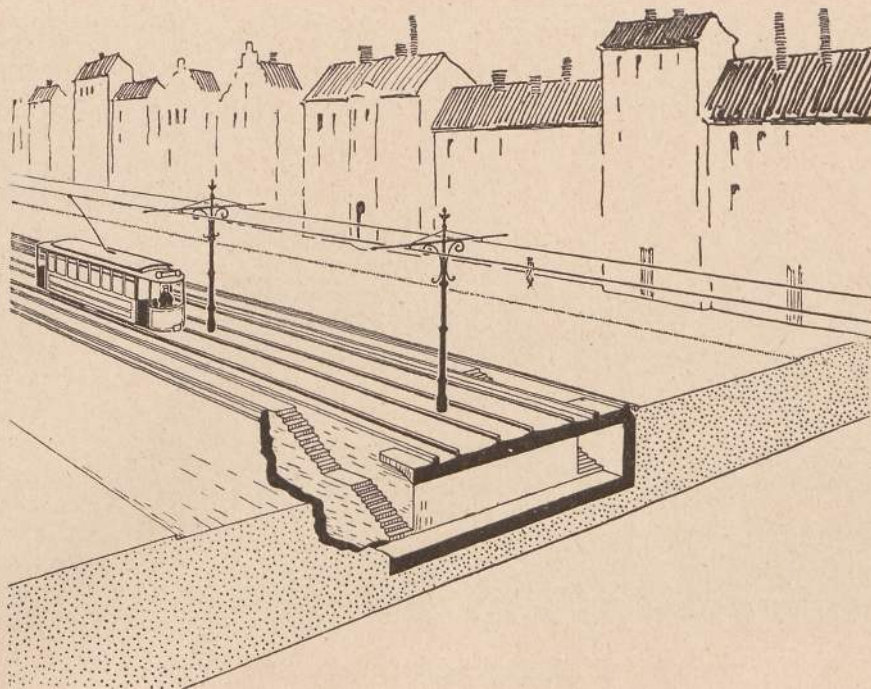


behörden endlich dem vielfachen Ersuchen der Gesellschaft nach weiterer Durchführung der Oberleitung stattgaben. Es hatte sich gezeigt, daß der Stromverbrauch der Speichervagen in jenen Wintertagen das Fünf- bis Sechsfache des gewöhnlichen Bedarfs betrug, wodurch die Spannungsverhältnisse im ganzen Leitungsnetz aufs ungünstigste beeinflusst waren.

In den Jahren 1900 bis 1902 verschwanden die Akkumulatortwagen vollständig. Die Oberleitung wurde aber trotzdem auf der Strecke Potsdamer

Platz—Brandenburger Tor—Reichstag sowie für die Kreuzung der Straße Unter den Linden und auf dem Schloßplatz nicht zugelassen. Hier mußte Unterleitung nach dem auf Seite 448 geschilderten Muster eingebaut werden. Das Ausstrecken von Luftdrähten über dem Großen Stern im Tiergarten wurde erst genehmigt, nachdem die Geleise in einen seitlichen Umfahrungs-Halbkreis gelegt waren und die Gesellschaft außerdem zur Ausschmückung der Heckenanlage, hinter der die Bahn sich verstecken mußte, fünf bronzene Jagddenkmäler gestiftet hatte. Es entstand hier eine verkehrstechnisch höchst ungünstige Gleislage, die noch heute vorhanden ist.

Auch der Unterleitungsbetrieb zeigte grundsätzliche Mängel. Der ganze Bau war, obgleich die einzelnen Teile sehr kräftig ausgeführt wurden, zu verwickelt, als daß eine andauernde, einwandfreie Benutzung möglich gewesen wäre. Die Betonkanäle und Tragböcke konnten den starken Beanspruchungen durch den Druck der schweren Wagen auf die Dauer nicht widerstehen. Lockerungen der Böcke und Abnutzung der Schienen, die geringste Verschiebung der Bauteile innerhalb der Weichen, führten zu schweren Betriebsstörungen, da die



817. Schnellstraßenbahn mit Fußgänger-Tunnel

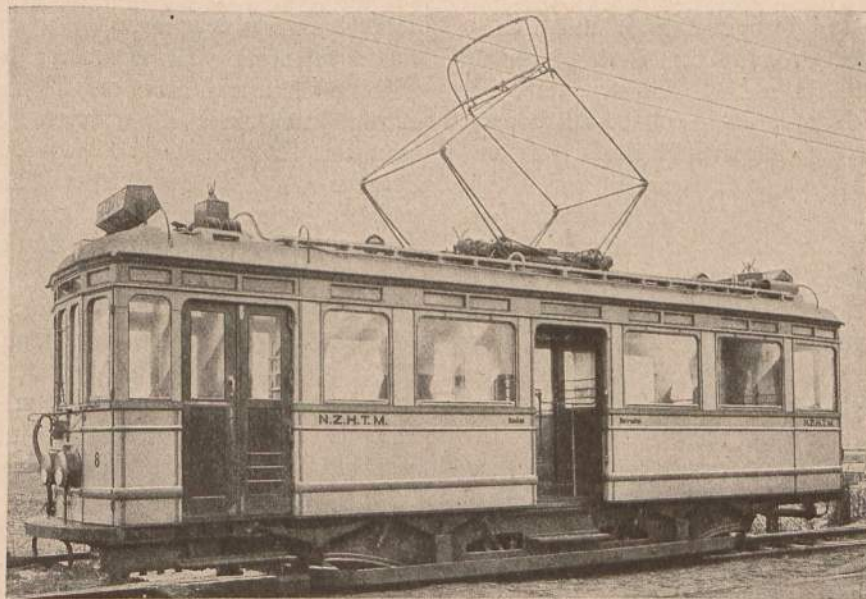
wie sie nach den Plänen von Giese an Straßenkreuzungen mit geringem Verkehr eingebaut werden sollen, damit die Wagen lange Strecken mit voller Geschwindigkeit durchfahren können

derer Fremdkörper, durch Zufall oder Böswilligkeit in den Schliß gebracht, verursachten ein Abbrechen der schmalen und daher wenig widerstandsfähigen Stromabnehmer. Plötzlich eintretender Witterungswechsel führte zu Rauheisbildung auf den Stromschienen und verursachte das Auftreten eines wahren Feuerwerks von Funken oder Kurzschlüsse.

Alle diese Umstände wogen um so schwerer, als bei dem überaus starken Verkehr nur wenige Nachtstunden für die Ausbesserungsarbeiten zur Verfügung standen. Es gelang nach Jahren, die Führung von Oberleitungsdrähten auch über den Schloßplatz und die Straße Unter den Linden sowie auf dem größten Teil der Strecke Potsdamer Platz—Reichstag zu erreichen. Nur für das kurze Streckenstück,

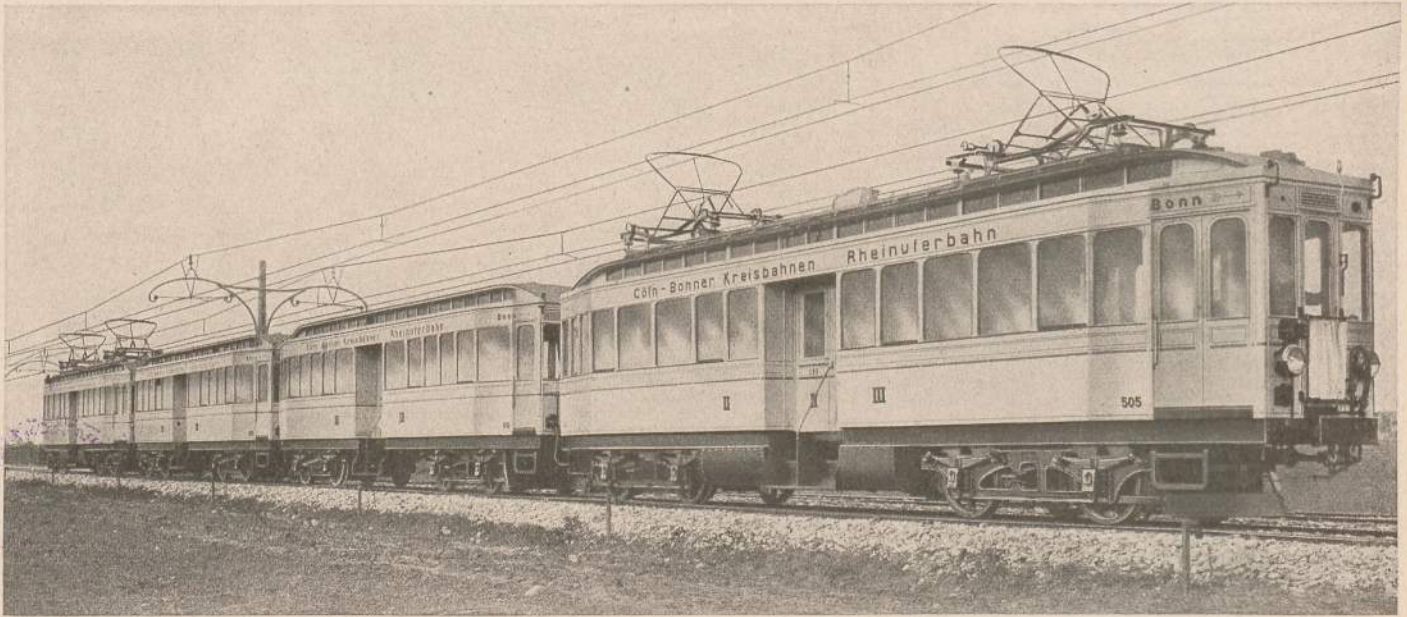
Lage der Stromschienen zu den Fahr-schienen geändert und hierdurch der Kontakt mit den Stromabnehmern verhindert wurde. Im Sommer sowohl wie im Winter traten durch Ausdehnung oder Zusammenziehung der Fahr-schienen Schlißverengungen auf, welche die Stromabnehmer entweder festzugen ließen oder verhinderten, daß sie wieder ausgezogen werden konnten. Ein locker gewordener Laschenbolzen, eine Schraubenmutter, die unbeachtet von einem Straßenbahnwagen hinabgefallen waren, irgendein an-

das am Brandenburger Tor vorbeiläuft, mußte die Unterleitung bis zum Beginn des Kriegs beibehalten werden. Es waren jedoch Vorrichtungen getroffen, die bei eintretenden Betriebsstörungen einen sofortigen Ersatz durch Oberleitung gestatteten. Zu diesem Zweck waren in den Boden unter den Schutzinseln vor dem Brandenburger Tor Betonkästen mit senkrechten, runden Höhlungen eingelassen, in denen die Masse



818. Wagen der Überland-Straßenbahn Leiden—Katwijk—Noordwijk mit Scheren-Stromabnehmer. Erbaut von den Siemens-Schuckert-Werken





819. Zug der Rheinufer-Straßenbahn Köln—Bonn  
Erbaut von den Siemens-Schuckert-Werken

geschwindigkeit aufgestellt und befestigt werden konnten. Jetzt herrscht in Berlin ausschließlich der Oberleitungsbetrieb.

Das gesamte Liniennetz der Großen Berliner Straßenbahn erstreckte sich im Jahre 1920 über 425 Kilometer Straßenlänge. Die Gleislänge betrug 885 Kilometer, die Zahl der betriebenen Linien 137. Es wurde von den Wagen ein Gebiet durchzogen, das in der Richtung West—Ost 22,2 Kilometer, in der Richtung Nord—Süd 21,4 Kilometer breit war. Tafel XXVIII zeigt den spinnenartig gestalteten Gesamtplan. Die Breite der darin eingezeichneten Linien entspricht der Verkehrsstärke. Deutlich sieht man die gewaltige Zusammenballung von Linien in der Mittelstadt, insbesondere der Potsdamer Straße, mit 33 Linien, in der Leipziger Straße mit 26 Linien. Auch die Gertraudenstraße, die König- und Rosenthaler Straße mit je 24 und die Belle Alliance-Straße mit 22 Linien weisen eine sehr weit getriebene Verkettung auf. Die ausgedehnteste aller Einzellinien ist die Strecke 10 (Ring Groß-Berlin), die 34 553 Meter lang ist und in 135 Minuten durchfahren wird. Die zweitlängste Erstreckung hat die Linie 8 (Grunewaldring) mit 30 548 Metern. Die Gesellschaft bewältigte den Verkehr, der ihr im Durchschnitt der letzten Jahre 750 Millionen Fahrgäste zubachte, mit 2600 Triebwagen und 1800 Anhängewagen.

Nach der Bildung der Einheitsgemeinde Berlin, die auch sämtliche Vororte umfaßt, ging die Aktiengesellschaft Große Berliner Straßenbahn in den Besitz der Stadt über. Ihre Strecken wurden mit den bis dahin selbständigen Außenlinien vereinigt. Die gesamte Betriebslänge der vom Stadtbauamt für den Verkehr einheitlich geleiteten Berliner Straßenbahnen beträgt heute 1250 Gleiskilometer, gleich der Entfernung Eydtkuhnen—Berlin—Frankfurt a. M. Zum Vergleich sei gesagt, daß in ganz Deutschland rund 5500 Kilometer Straßenbahngleis liegen.

An zwei Stellen verlassen die Wagen der heutigen Berliner Straßenbahn ihr gewohntes Wirkungsgebiet, die Straßenoberfläche: die Spree wird zwischen Stralau und Treptow, die Straße Unter den Linden am Opern- oder Kaiser Franz Josef-Platz im Tunnel unterfahren. Über das erste Bauwerk sind wir aus dem vorhergehenden Abschnitt über die Stadt-Schnellbahnen bereits unterrichtet (Seite 375). Es ist

hier nur noch hinzuzufügen, daß die Wagen bei der Ausfahrt aus dem Tunnel auf der Treptower Seite eine richtige Bahnschleife durchziehen müssen, wie sie sonst nur in Gebirgsgegenden vorkommt. Der Grund hierfür ist der, daß der große Höhenunterschied zwischen Tunnelsohle und Straßenoberfläche zwischen zwei nahen Punkten überwunden werden muß. Die Strecke dazwischen ist deshalb künstlich verlängert, das Ende der Ausfahrt liegt nahezu senkrecht über dem Tunnelort.

Die unterirdische „Linden“-Kreuzung mußte erbaut werden, weil Rücksicht auf die häufig hier vorbeifahrenden Hofwagen eine freie Entwicklung des Verkehrs auf der Straßenoberfläche nicht zuließ. Die Behinderung hat von jeher bestanden. Erst im Jahre 1894 wurde die Auslegung von Pferdebahngleisen über die „Linden“ nach schweren Kämpfen gestattet. Die Anzahl der Wagen, die stündlich hier hinüberfahren durften, blieb jedoch beschränkt. Die später zugelassenen elektrischen Wagen mußten ohne Anhänger kreuzen, wodurch viele Strecken in ihrer gesamten Leistungsfähigkeit stark beeinträchtigt wurden.

Als besonders störend wurde die Drosselwirkung der „Linden“-Kreuzung aber deshalb empfunden, weil sie die Durchführung vieler sehr wichtiger Linien zwischen dem nördlichen und südlichen Stadtteil unmöglich machte. Obwohl die Strecken nur als Durchmesser-Linien ihre volle Wirkung entfalten konnten, mußten sie Halbmesser-Linien bleiben, damit nur ja kein zu starker Straßenbahnverkehr über die „Linden“ hinwegginge. Die Große Berliner Straßenbahn entschloß sich endlich, in Gemeinschaft mit der Stadt Berlin die Untertunnelung auszuführen, die alle Behinderungen aufhob.

Der Bau ist während des Kriegs, in den Jahren 1914—16, ausgeführt worden. Um die schon in sehr hohem Maß in Anspruch genommene Französische Straße nicht noch mehr zu belasten, mußten die aus der Markgrafenstraße (links unten auf Bild 808) kommenden Strecken durch einen besonderen Rampenzweig eingeführt werden, der unter dem Platz zwischen der alten königlichen Bibliothek und dem Opernhaus hindurchgeht. So entstand eine viergeleisige Tunnelanlage. Die Rampen weisen außerordentlich scharfe Krümmungen auf; die übermäßig steilen Steigungen mit





### Die „Spinne“

Plan des Liniennetzes der Berliner Straßenbahn im Jahre 1914. Die Verkehrstärke auf den einzelnen Strecken ist durch die Breite der Linien, die Anzahl der in einer Stunde nach beiden Richtungen zusammen verkehrenden Wagen durch die beigeschriebenen Zahlen angedeutet. Die besonders befahrenen Straßenzüge, Potsdamer Straße, Leipziger Straße, Gertraudenstraße, Königstraße, Rosenthaler Straße, Belle-Alliance-Straße, treten deutlich hervor; sie bilden den Leib der „Spinne“. Aus Giese „Das zukünftige Schnellbahnnetz für Groß-Berlin“. (Zu Seite 496)



dem Gefälle 1:20 zwingen zu vorsichtigstem Befahren. Die Gesamtanlage ist als ein Noterzeugnis zu betrachten und kann verkehrstechnisch nicht als vollwertig bezeichnet werden. Ein gehässiges Schicksal wollte es, daß der Tunnel in dem Augenblick, als er fertig wurde, unnötig war. Denn seit dem November 1918 fahren ja in Berlin keine Hofswagen mehr.

Die von der Großen Berliner Straßenbahn sorgfältig geführten Verkehrsaufzeichnungen gestatten einen unvergleichlichen Blick in das Leben der Weltstadt. Werden doch durch die Straßenbahn immer noch bei weitem die meisten Personen befördert. Bild 810 zeigt die monatlichen Schwankungen im Jahre 1913. Wäre der Verkehr immer gleichmäßig gewesen, so würde er an Stelle der gebrochenen durch eine gerade Linie gekennzeichnet sein, so wie sie zur Darstellung des Durchschnitts eingepunktet ist. Man sieht sofort, daß der Monat Februar der verkehrsschwächste ist, weil die Zahl seiner Tage geringer ist als die jedes der anderen Monate. Der Juli fällt in die Ferienzeit, und er zeigt deshalb gleichfalls einen starken Abfall. März und Oktober bringen als die Monate, in denen das Geschäftsleben am lebhaftesten pulst, die höchsten Verkehrsspitzen.

Die Darstellung auf Bild 811 lehrt, daß innerhalb einer Woche der Freitag der verkehrssärmste Tag ist. Den größten Massenzustrom pflegte infolge des sehr lebhaften Ausflugsverkehrs früher der Sonntag zu bringen, er war aber in den letzten Jahren vor dem Krieg durch den Sonnabend überflügelt, eine Folge des berühmten und berühmten Berliner Nachtlebens. Auffallend ist das stetige Absteigen der Verkehrslinie zwischen dem Sonntag und dem Freitag.

Genauer noch läßt die Beobachtung der Verkehrswellen innerhalb eines Tags die Lebensführung der Berliner Bevölkerung erkennen. Überfüllung und Leere der Wagen wechselten in den gewöhnlichen Zeiten vor dem Krieg miteinander ab und minderten das geldliche Ergebnis aus dem Gesamt-

betrieb. Die Zählungen lieferten an verschiedenen Punkten sehr verschiedene Ergebnisse. Bild 812 stellt die wechselnden Zahlen der Fahrgäste dar, die an einem Tag des Jahres 1915 in den Stunden von fünf Uhr morgens bis zwei Uhr nachts an den Haltestellen am Potsdamer Platz zugestiegen sind. Die Höchstzahlen liegen in den Stunden von sechs bis sieben und acht bis neun Uhr abends. Der sehr lebhafteste Zugang in dieser Zeit ist wohl darauf zurückzuführen, daß um sechs und um acht Uhr sehr viele Geschäfte und Büros geschlossen wurden. Deutlich erkennbar ist, daß zwischen zehn und zwölf Uhr zahlreiche Theaterbesucher nach Hause gefahren sind. Obgleich der Verkehr am Potsdamer Platz von fünf Uhr morgens bis zur Mittagszeit nur langsam ansteigt, ist hier doch noch eine einigermaßen gleichmäßige Verteilung über den ganzen Tag zu bemerken, da über diesen Brennpunkt sowohl der Geschäfts- wie der Vergnügungsverkehr hinweggehen.

Ganz anders sieht das Verkehrs-Bild der Linien aus, die von draußens her in die Stadt hineinführen. Bild 813 stellt die Schwankungen am Hermannplatz in Neukölln dar, einem Vorort, in dem fast ausschließlich arbeitende Bevölkerung wohnt. Die rechte Seite des Bilds gilt für die nach der Innenstadt fahrenden, die linke für die von der Innenstadt kommenden Wagen. Gewaltig, alle anderen Tagesstunden weit hinter sich lassend, ist der Ansturm in den Zeiten von sieben bis acht Uhr morgens auf die nach der Innenstadt fahrenden Wagen, während es gerade dann in der entgegengesetzten Richtung still ist. Die Zahl der Fahrgäste wächst in der genannten Stunde auf das Dreifache des Tagesdurchschnitts an. Um diese Zeit fahren eben die Werkleute zu ihren Arbeitsstätten. Daß nur wenige von ihnen mittags in ihre Wohnungen zurückkehren, zeigt das geringe Anschwellen des Verkehrs um die zwölfte Stunde auf der linken Seite. Das Ansteigen der Abendlinie links bleibt sehr erheblich gegen das Aufbluten der Morgenlinie



820. Zug der Überland-Straßenbahn Bonn—Königswinter auf der Rheinbrücke



rechts zurück, es verteilt sich aber über eine größere Anzahl von Stunden. Man ersieht daraus, daß der Arbeits-schluß in den Fabriken in weiterem Maße gestaffelt ist als der Arbeitsbeginn.

Giese hat in seinem Werk „Das zukünftige Schnellbahn-netz für Groß-Berlin“ ein Bild des Londoner Gesamt-verkehrs neben diese Neuköllner Darstellung gesetzt. Die Ähnlichkeit der Schwankungen ist sehr bemerkenswert. Nur er-scheint die Anspannung der Verkehrsmittel in London zur Zeit des Geschäftsbeginns und des Geschäftsschlusses, der hier überall gleichzeitig eintritt, noch viel stärker. Es ist selbst-verständlich, daß einem derartigen Ansturm kein Verkehrs-unternehmen gewachsen sein kann. Das Fahren in über-mäßig besetzten Wagen ist zu solchen Zeiten unvermeidlich, da nicht genügend Verkehrsmittel bereitgehalten werden können. Sie wür-den ja während des größten Teils des Tags unbefetzt blei-ben und dadurch jeg-liche Ertragsfähig-keit der Verkehrs-an-stalten unterbinden.

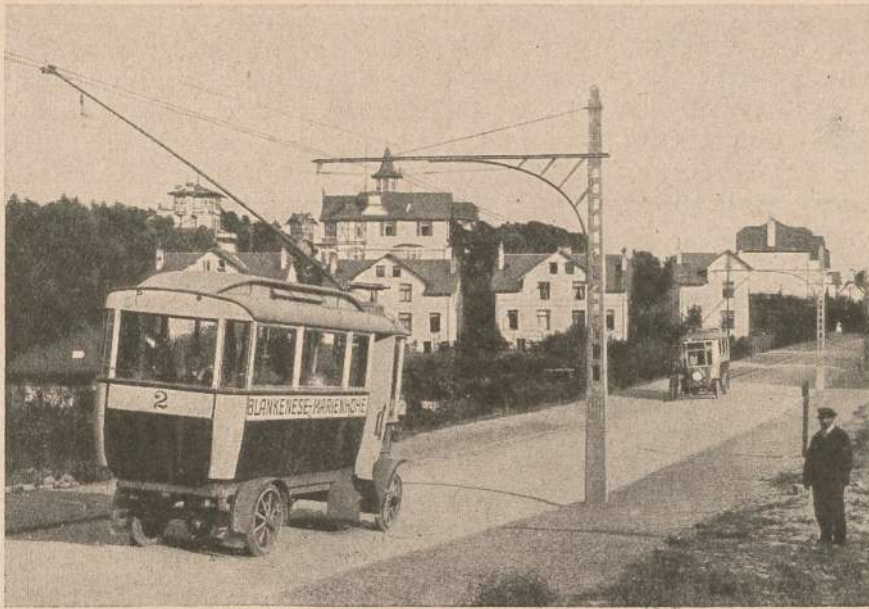
Das stillere Leben der Bevölkerung im Berliner Westen zeigt Bild 815, das nach Zählungen der am Prager Platz Eingestiegenen hergestellt ist. Der Verkehr in der Richtung nach der Innenstadt ist in der Zeit zwischen 8 und 9 Uhr mor-gens am stärksten, woraus zu ersehen ist, daß man im Westen später auf-steht als in dem östlichen Vorort Neukölln. Eine ausgesprochene Verkehrs-spitze fehlt, allenfalls ist eine größere Steigerung zwischen 4 und 5 in der Richtung nach der Innenstadt zu beobachten, in der Stunde, wenn viele Damen hineinfahren, um Einkäufe zu machen.

Besonders fesselnd ist die auf Bild 816 wiedergegebene Darstellung der täglichen Verkehrsschwankungen im Bereich der Großen Berliner Straßenbahn während zweier Monate des Jahres 1910. Dadurch, daß auch die Tagestemperatur, Windrichtung, Windstärke und Himmelsbedeckung einge-zeichnet sind, kommt man zu aufschlußreichen Folgerungen. Ungünstige Witterung mindert die Zahl der Fahrgäste, weil dann viele, die nicht unbedingt hinaus müssen, zu Hause bleiben. Die heiteren Sonn- und Feiertage heben sich mit ihren Verkehrsspitzen deutlich heraus. Das schlechte Wetter, das am Karfreitag (25. März) bis zum Abend herrschte, bringt einen außerordentlichen Abfall, während der zweite Osterfeiertag (28. März) mit seiner geringeren Bewölkung eine hohe Spitze emportreibt. Einen sehr starken Verkehr weist der zweite Pfingst-Feiertag (16. Mai) mit seinem schönen Vormittag auf, und auch am folgenden vom Wetter begün-stigten Sonntag sind sehr viel Berliner ins Freie gefahren. Deutlich schlägt in den Verkehrsadern der Puls der Weltstadt.

Neben den Straßenbahnen gewöhnlicher Art, wie sie mit ziemlich gleichbleibender technischer Durchbildung überall auf der Erde in den größeren und großen Städten anzu-treffen sind, bilden sich mehr und mehr Sondergattungen für besondere Zwecke aus.

Giese tritt sehr lebhaft für den Bau von Schnellstraßen-bahnen, zunächst in der Umgebung von Berlin, ein. Nach-dem er in seinem Werk „Das zukünftige Schnellbahnnetz für Groß-Berlin“ die Verkehrsbedürfnisse der dichtbesiedelten inne-ren Stadt behandelt hat, sagt er weiter: „Nun ist es aber selbstverständlich, daß der Groß-Berliner sich in Zukunft auch außerhalb der Grenzen des Schnellverkehrsgebiets und in den Maschen des Schnellbahn- und Vorortbahn-Netzes an-siedeln wird. Die bestehenden Ansiedlungen haben sich zu-nächst fast ausnahmslos an den Vorortbahnen entwickelt.

Zwischen diesen ist die weitere Um-ggebung Berlins nur sehr schwach besöl-kert. Die geplanten Schnellbahnen schiez-ben sich zwischen die nach allen Seiten ausstrahlenden Vor-ortbahnen, wobei sie aber nicht so weit in die Außengebiete hinausführen wie diese. Die sonach noch übrig bleibende Aufgabe, die außer-halb des angenom-menen Einflußge-biets der Schnell-bahnen und die zwi-schen den einzelnen Linien der Schnell- und Vorortbahnen gelegenen Gebiete an das Verkehrsnetz



821. Gleislose Straßenbahn  
mit doppelpoliger Oberleitung. Erbaut von M. Schiemann & Co., Wurzen in Sachsen

Groß-Berlins anzuschließen, soll durch ein Netz weitverzweigter mit möglichst großer Geschwindigkeit fahrender Straßen-bahnen, sogenannter Schnellstraßenbahnen, gelöst werden.“

Die neue Gattung in Straßenhöhe fahrender Bahnen soll also ein billigerer Ersatz für eigentliche Schnellbahnen sein, deren Bau für die weiteren Außengebiete zu teuer ist.

Giese denkt sich den Querschnitt einer Straße mit Schnell-straßenbahnen so, wie Bild 817 ihn zeigt. Die Bahn in der Mitte in der Straße liegt auf einem neun Meter breiten, besonderen Bahnkörper, der von Bäumen und Zierhecken eingefaßt ist. Die Zahl der Übergänge über den Bahnkörper soll möglichst gering sein, damit die Höchst-Fahrgeschwindig-keit ohne Gefährdung des übrigen Verkehrs auf möglichst weiten Strecken innegehalten werden kann. Es werden also nicht sämtliche Querstraßen eine Überführung erhalten, son-dern nur die wichtigsten der Kreuzenden Wege.

Damit der Körper der Schnellstraßenbahn keine allzu lästige Trennlinie bildet, können immerhin häufiger Fuß-gänger-Überführungen vorgesehen werden. Es wäre jedoch besser, für die belebteren von ihnen schmale Tunnel unter den Geleisen zu erbauen. Bei einer Höchstgeschwindigkeit von 30 bis 35 Kilometern in der Stunde könnten die Schnell-straßenbahnen eine Reisegeschwindigkeit von 22,5 Kilometern



erzielen. Diese wäre nur um 10 v. H. niedriger als die mittlere Reisegeschwindigkeit auf den Berliner Schnellbahnen.

Nach dem Vorbild von Boston (Seite 345) sollten die Schnellstraßenbahnen möglichst eng mit den Endbahnhöfen der Schnellbahnlinien verbunden werden, deren Fortsetzungen sie darstellen. Größte Bequemlichkeit gewährt die Ausbildung des Richtungsverkehrs, bei dem die hinausfahrenden Straßenbahnwagen an demselben Bahnsteig halten wie die aus dem Inneren ankommenden Schnellbahnzüge, die zubringenden Straßenbahnwagen aber den gleichen Bahnsteig berühren wie die zur Stadt abfahrenden Schnellbahnzüge. Die Schnellstraßenbahnlinien können hier enden, es ist aber ebenso gut möglich, sie als Linien gewöhnlicher Art, mit geringerer Fahrgeschwindigkeit, in die Stadt weiterlaufen zu lassen.

Mit Recht erklärt Giese für sehr wichtig, einen wirklich zusammenhängenden Verkehrskörper dadurch herauszubilden, daß der Übergang von Schnellbahn auf Schnellstraßenbahn und umgekehrt ohne Lösung neuer Fahrkarten erfolgen kann. Eine solche Einrichtung besteht in Berlin bereits seit einigen Jahren zwischen den gewöhnlichen Straßenbahnen und den elektrischen Schnellbahnen.

Eine Stellung zwischen den Straßenbahnen und den Vollbahnen nehmen die Überlandbahnen oder Städtebahnen ein, deren Beliebtheit in der letzten Zeit immer mehr gewachsen ist. Sie durchfahren, auf eigenem kreuzungsfreien Bahnkörper liegend, weite Strecken mit sehr hoher Geschwindigkeit. Die leichtere Bauart der Züge, die ganz einfache Durchbildung der Haltestellen gestatten häufigeres Anhalten und eine raschere Zugfolge, als sie auf den Vollbahnen durchgeführt werden können. So schaffen die Bahnen dieser Art einen vorzüglichen verkehrlichen Zusammenschluß des ganzen zwischen zwei großen Orten liegenden Gebiets.

Der Betrieb erfolgt meistens mit hochgespanntem Gleichstrom, dessen Voltzahl dort stark hinuntergesetzt wird, wo die Strecke in den Raum mit enger städtischer Bebauung einmündet. Sie geht dann als gewöhnliche Straßenbahn



822. Doppelpoliger Stromabnehmer

für einen Wagen der gleislosen Straßenbahn. Bauart Schiemann

bis ins Stadttinnere weiter und gestattet auf diese Art ihren Fahrgästen, die verschiedensten Zielpunkte unmittelbar zu erreichen, während die Vollbahnen ja nur ganz wenige, weit auseinanderliegende Haltepunkte haben können.

Die Fahrleitung der Überlandbahnen wird entweder mit Vielfachaufhängung verlegt wie auf den elektrischen Vollbahnen (Seite 316) oder nach der einfacheren Straßenbahnart. Die Stromabnehmer haben meist Scherenform, die, weil sie ein federndes Heben und Senken gestattet, besonders geeignet ist, bei der hohen Fahrgeschwindigkeit die Unebenheiten der Fahrdrahtlage unmerkbar zu machen. Die Züge pflegen drei bis sechs Wagen zu führen, wobei dann mehrere Triebfahrzeuge im Zug laufen. Sie werden sämtlich vom Fahrerstand des vordersten Wagens aus gesteuert.

Es ist dafür zu sorgen, daß trotz des Spannungswechsels in der Oberleitung beim Übergang von Innens zum Außenbezirk und umgekehrt gewisse Einrichtungen in den Wagen, so die Beleuchtung und der Motor zur Bedienung der Bremsluftpumpe, stets Strom von gleicher Spannung erhalten. Zu diesem Zweck ist eine selbsttätig arbeitende Schaltvorrichtung angeordnet, die beim Durchfahren einer spannungslosen Zwischenstrecke Widerstände ein- oder ausschaltet, je nachdem ob von der hohen Spannung auf die niedrige oder umgekehrt übergegangen wird. Die Züge der Städtebahnen führen mehrere Klassen sowie Raucher-Abteile. Sie dienen häufig auch zur Beförderung von Gütern.

Die älteste Städtebahn in Deutschland ist die Rhein-Uferbahn zwischen den Städten Köln und Bonn. Sie wird auf der Überlandstrecke mit 1000 Volt Gleichstrom betrieben; in den Straßen von Köln und Bonn beträgt die Spannung 550 Volt. Die Linie wurde im Jahre 1906 eröffnet und ist von den Siemens-Schuckert-Werken erbaut worden. Die höchste fahplanmäßige Geschwindigkeit auf der freien Strecke beträgt 70 Kilometer in der Stunde. Ein Zug von vier Wagen vermag 240 Personen zu befördern. Von Bonn aus gehen Strecken gleicher Art weiter nach Königswinter und Siegburg.



823. Wagen der gleislosen Straßenbahn  
als Schlepper in einer steil ansteigenden Straße am Hafen von Altona



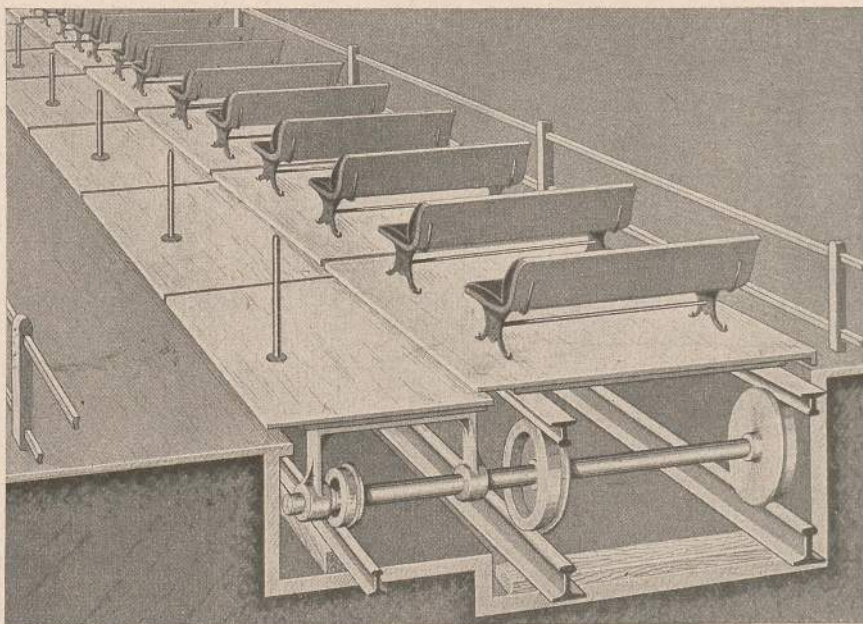
Eine Überlandbahn ist ferner zwischen Berchtesgaden und Salzburg in Betrieb. Sie berührt also sowohl deutschen wie österreichischen Boden. Die Höchstgeschwindigkeit beträgt 40 Kilometer. Es verkehren auf der Strecke neben häufiger haltenden Personenzügen auch noch Schnellzüge, die nur an der Landesgrenze eine für die Überwindung ja notwendige Fahrtunterbrechung haben.

Als weitere Städtebahnen seien nur noch erwähnt die holländische Linie Leiden—Rottvisk—Noordvisk und die Strecke Cassellamare—Sorrent, die am Ufer des Meerbusens von Neapel entlangfährt.

Wenn zwischen zwei Orten ein so reger Austauschverkehr sich herausgebildet hat, daß häufige und regelmäßige Fahrten zwischen ihnen notwendig werden, die Auslegung von Schienen aber nicht lohnend ist, dann kommen sogenannte gleislose elektrische Bahnen in Anwendung. Die Bezeichnung „Bahn“ ist für eine derartige Einrichtung eigentlich nicht zulässig, da das Hauptmerkmal fehlt, nämlich die zwangsläufige Fesselung der Fahrzeuge an eine schmale, vorzüglich eingeebnete Spur. Die Wagen sind nur an bestimmte Straßen gebunden, weil ihre Motoren die Triebkraft aus einer fest verlegten Oberleitung entnehmen; es steht ihnen aber die ganze Breite des Damms zu freier Verfügung. Die Baukosten einer solchen gleislosen Anlage betragen etwa ein Viertel der Ausgaben, die für eine Straßenbahn gewöhnlicher Art aufgewendet werden müssen. Die Fahrzeuge stellen im Grunde elektrische Kraftwagen dar, deren Motoren nicht aus mitgeführten Akkumulatoren, sondern von draußen her versorgt werden.

Die Oberleitung muß stets aus zwei parallel laufenden und gegeneinander isolierten Drähten bestehen, da ja die Möglichkeit der Stromrückleitung durch die Schienen fortfällt. Die Abnehmerstange, die sehr lang und ganz leicht drehbar ist, wird am Ende doppelteilig ausgebildet. Eine besondere Formung der Gleitstücke sorgt dafür, daß die Stange nicht entgleist, wenn der Wagen Bewegungen im Winkel zur Oberleitung macht. Bei Begegnungen muß eines der Fahrzeuge den Stromabnehmer hinunterziehen.

Hier und da wird zur Beförderung von Personen über Strecken nicht gewöhnlicher Art eine Bahngattung verwendet, die recht absonderliche Bauformen zeigt. Dieses Beförderungsmittel ist zwar kaum mehr als eine Merkwürdigkeit, es muß jedoch hier erwähnt werden, da es bereits von Hunderttausenden zur rascheren Zurücklegung ziemlich weiter Wege benutzt worden ist. Bei dieser Bahn fahren keine einzelnen Wagen, sie besteht vielmehr aus zusammenhängenden Plattformen, die sich in ständiger Bewegung befinden.



824. Stufenbahn

Diese eigentümliche Bahnanlage wurde einige Male auf weit gedehnten Ausstellungsgeländen zur Beförderung von Besuchern benutzt. Die Plattform links steht fest, die mittlere läuft mit geringer, die rechte mit höherer Geschwindigkeit. Die Plattformen bilden in sich zurücklaufende Bänder. Die Fahrgäste können in jedem Augenblick auf- und absteigen

Stufenbahn ist ihr gut gewählter Name, denn über Stufen muß jeder steigen, der mit der Höchstgeschwindigkeit fahren will.

Der Querschnitt durch die Streckenanlage zeigt drei Plattformen, die nebeneinander liegen, jede um etwa vier Zentimeter höher als die andere. Die niedrigste Plattform steht still, die anschließende läuft mit geringer, die letzte mit einigermaßen beträchtlicher Geschwindigkeit. Die beiden bewegten Plattformen oder Bänder müssen selbstverständlich so angelegt sein, daß sie eine in

sich zurückkehrende Bahn bilden. Die Anlage von Kreuzungen in gleicher Höhe ist nicht möglich.

Die Bewegung kann nur im ganzen ausgeführt oder aufgehoben werden. Hierdurch bleibt die Stufenbahn auf Ausnahmefälle beschränkt. Sie kann etwa zur Überkreuzung breiter Flüsse, besonders zweckmäßig aber auf weiten Ausstellungsgeländen verwendet werden, wobei sie dann selbst einen sehenswerten Ausstellungsgegenstand darstellt. Ihr Vorzug ist, daß man an jedem Streckenpunkt die Bahn besteigen und verlassen kann, daß man niemals auf Beförderung zu warten braucht, sondern, solange die Anlage überhaupt in Betrieb ist, stets sofort Fahrgelegenheit vorfindet.

Da das höchstgelegene Band, das der eigentlichen Beförderung dient, sich nicht zu langsam bewegen darf und ständig läuft, so muß zwischen ihm und dem feststehenden Streifen ein Zwischenglied vorhanden sein, das ein gefahrloses, auch für ungewandte Personen bequemes Aufsteigen ermöglicht. Hierzu dient das Mittelband, ein Streifen, der sowohl der feststehenden wie der rascher laufenden Plattform gegenüber eine nur geringe Geschwindigkeit hat. Man steigt vom festen Boden bequem auf das erste, langsam laufende Band und, wenn man einen Augenblick auf diesem gefahren ist, ebenso leicht auf das zweite über. Hier sind Sitzbänke angeordnet. Das Absteigen geht in umgekehrter Reihenfolge mit gleicher Bequemlichkeit vor sich.

Die Stufenbahn ist zuerst auf der Welt-Ausstellung in Chicago im Jahre 1893 angewendet worden. Deutschland sah sie auf der schon mehrfach erwähnten Gewerbe-Ausstellung, die 1896 bei Berlin stattfand. Die größte Anlage solcher Art war das trottoir roulant, das von den Besuchern der Pariser Welt-Ausstellung 1900 lebhaft bestaunt und benutzt wurde. Es hatte eine Gesamtlänge von 3400 Metern.

Durch eine sehr geschickte Anordnung wird bewirkt, daß die beiden mit verschiedener Geschwindigkeit laufenden Bänder auf den gleichen Achsen ruhen, also gemeinschaftlichen,



meist elektrischen Antrieb haben können. Es ist hierdurch auch die Sicherheit geschaffen, daß niemals eine Veränderung des Geschwindigkeits-Unterschieds zwischen ihnen eintreten kann. Läuft das eine Band ein wenig rascher, so folgt das andere im gleichen Verhältnis.

Bild 824 zeigt, daß die niedrigere, also langsamere Plattform unmittelbar auf die Achsen der Laufräder gesetzt ist. Die höhere Plattform aber ruht auf den Radkränzen. Sie wird nicht nur von den weiterlaufenden Achsen, sondern auch von dem Umfangskreis jedes Rads vorwärts getrieben. Der Antrieb setzt sich also aus der Achsgeschwindigkeit und der Umlaufgeschwindigkeit der Radkränze zusammen.

Bei der Berliner Ausstellungsbahn lief die erste Plattform mit einer Geschwindigkeit von  $11\frac{1}{2}$  Metern in der Sekunde, die etwa der Geschwindigkeit des Fußgängers entspricht. Die zweite Plattform legte 3 Meter in der Sekunde, das sind 11 Kilometer in der Stunde, zurück. Die Gesamtbreite der Anlage betrug 3,75 Meter, wovon 1,50 Meter auf die feste Plattform, 1 Meter auf das mittlere und 1,25 Meter auf das zweite bewegte Band entfielen.

Ein Vorzug der Anordnung ist, daß bei ihrem Betrieb kein Anhalten, kein Bremsen und Wiederanfahren notwendig sind. Hierdurch wird eine Stromersparnis erzielt. Die ununterbrochene Bewegung ermöglicht durch das Fortfallen der Wartezeiten eine schnellere Beförderung selbst bei geringer Fahrgeschwindigkeit. Dadurch aber, daß bei starker Besetzung wie bei geringster Benutzung immer ziemlich die gleichen Maschinenkräfte in Tätigkeit sein müssen, da keine Unterteilung, keine Anpassung an den Verkehr stattfinden können, werden diese Vorteile vollkommen aufgehoben. Die Unmöglichkeit, Überquerungen der Bahn ohne Errichtung von Sonderbauwerken anzulegen, kommt hinzu, so daß die Stufenbahn niemals ein Verkehrsmittel auf öffentlichen Straßen werden kann. Dies hindert jedoch nicht, daß sie in Zukunftsphantasien immer wieder als Ersatz der stillstehenden Bürgersteige erscheint.

Die Straßenbahn der gewöhnlichen, allgemein benutzten Art hat heute wohl ihre Blütezeit. Es dürfte nur noch wenige Orte mit einigermaßen beträchtlicher Ausdehnung der bebauten Fläche geben, die keine Verkehrsanlage solcher Art besitzen. Aber gerade in den größten Städten macht sich

eine gewisse Feindschaft gegen die Straßenbahn bemerkbar. Man empfindet das Zusammendrängen sehr vieler Linien auf der Gleisspur als störend. Insbesondere in Berlin ist eine Überlastung der Hauptstraßenzüge, so der Potsdamer, der Leipziger, der Rosenthaler Straße, nicht fortzuleugnen. Bleibt hier einmal ein einzelner Wagen stecken, so verbreitet sich die Störung sehr geschwind über einen großen Teil des Gesamtnetzes. Die Fahrzeuge sind eben wie die Perlen auf einer Schnur hintereinander aufgereiht und können nicht aneinander vorbeifahren.

Daneben aber läuft der vom Benzinmotor angetriebene Kraft-Omnibus, der sich nicht darum kümmert, wenn einer seiner Kameraden einmal wrack geworden ist. Der Lenker dreht die Steuerung ein wenig herum, und ohne Aufenthalt geht es an dem Niedergebrochenen vorbei. Der heute trefflich durchgebildete Kraft-Omnibus beginnt mehr und mehr ein gefährlicher Wettbewerber der Straßenbahn zu werden. Seine Räder entbehren zwar der wohlgeglätteten Unterlage, welche die Schienen bieten, aber die meist mit Asphalt belegten Kronen der Straßen in den Stadtkernen lassen diesen Unterschied nicht mehr als sehr belangreich erscheinen. Es ist darum denkbar, daß in einigen Jahren die Zahl der Straßenbahnstrecken, die durch das Innerste der deutschen Großstädte führen, durch Anlegung von Kraftomnibus-Linien stark vermindert sein wird. London und Paris sind hierfür ausgezeichnete Vorbilder. In den Außenbezirken freilich und für die Verbindung mit den Vororten wird die Straßenbahn nach wie vor in allen Ländern wichtigstes Verkehrswerkzeug bleiben.

Wer an besonders verkehrsreichen Tagen in einem Straßenbahnwagen durch eine der Hauptstraßen Berlins fährt, wird den Eindruck nicht los, daß er auf den hier im Übermaß in Anspruch genommenen Geleisen nicht rascher vorwärts kommt als früher auf der Pferdebahn. Die Wagen rücken nur langsam voran, minutenlanges Stillliegen zwischen den Haltestellen ist nichts Seltenes. Diese Unannehmlichkeit muß sich bei weiterem Anwachsen des Verkehrs noch steigern. Greifen die schienenfreien Kraft-Omnibusse hier nicht rechtzeitig helfend ein, so ist es möglich, daß ein neues Spottlied entsteht:

Es fährt sich so gemütlich auf der Straßenbahn;

Der eine Motor zieht nicht, der andre läuft nicht an!



825. Ein Invalide







# Stichwörter = Verzeichnis

(Die mit \* versehenen Zahlen geben die Seiten an, auf denen die zum Stichwort gehörenden Abbildungen sich befinden; die römischen Zahlen verweisen auf die Tafeln)

- Abdichtung, 82; 82\*.  
Abfahrtzeichen, 203, 339.  
Abhängigkeit von Signalen und Weichen, 277, 278.  
Abkürzungen für Wagenbezeichnung, 257.  
Ablaufanlage, selbsttätige, 264.  
Ablaufberg, 262; 260\*, 261\*.  
Ablaufsignal, 262; 263\*.  
Abreißzündung, 89; 89\*.  
Abspannung, 319, 442; 317\*, 443\*, 444\*.  
Abstellbahnhof, 256, 258.  
Abstufbarkeit der Bremsen, 249.  
Abt, 305, 307.  
Abteile, Anordnung der, 256.  
Abteilungs-Isolatoren, 433, 442; 431\*, 432\*.  
Abteilwagen, 232.  
Achsen, 44, 45, 50, 99, 116, 117, 206, 212—214, 217, 231; 44\*, 46\*, 50\*, 51\*, 108\*, 115\*—117\*, 213\*, 214\*, 217\*, 231\*.  
Achsanordnung der Lokomotiven, 228.  
Achsbuchsen-Kompressor, 474; 472\*.  
Achsdruck, 214.  
Achsholz, 50; 50\*.  
Achsenkessel, 50, 117; 50\*, 117\*.  
Achsstand, 197, 230.  
Achszahl, 214, 238.  
Adams, 192.  
Adamsachse, 215; 217\*.  
„Ader“, 150, 163; 163\*.  
AEG-Tunnel, 380—383; 381\*—383\*, 385\*.  
Afrikas Durchquerung im Kraftwagen, 136; 136\*.  
Akkumulatoren, 120, 446, 494.  
Albula-Bahn, 180.  
Alexanderplatz, Bahnhof, 388, 390, 391; 390\*, 391\*.  
Alpen-Fahrten, 133.  
Anden-Bahn, 180, 310.  
Andrehkurbel, 83, 92, 119; 119\*.  
Anfahren, 106, 203; 204\*.  
Anhalter Bahn, 167.  
Anhänger, 474, 475, 476; 474\*, 477\*.  
Anlaßdüse, 87; V.  
Anlaßmotor, 93, 119, 120; 119\*.  
Anschlußbahnhöfe, 268.  
Anschnitt, Straße im, 17; 12\*.  
Anstoß an Hindernisse, 117; 116\*.  
Anstrich, 300, 314.  
Anwerfen des Motors, 83, 92, 93, 119, 120; 119\*.  
Asolipile, 120.  
Appische Straße, siehe: Via Appia.  
Arbeitswagen, 49.  
Arlberg-Tunnel, 180, 182; 183\*.  
Asbestfächer, 467; 467\*.  
Aschkasten, 206, 226; 210\*; X.  
Aschkroft, 192.  
Asphaltpflaster, 36, 37, 452, 453; 35\*, 453\*, 454\*.  
Astorianabe, 65; 65\*.  
Auffahren der Weichen, 288; 279\*, 280\*.  
Aufhängungsisolator, 440; 437\*.  
Aufpumpvorrichtung, 114.  
Aufschließungsbahn, 360, 366.  
Auftrieb bei Tunnelröhren, 22.  
Aufzüge, 21.  
Ausfahrtsignal, 275, 296, 407; 273\*, 295\*.  
Ausgleichgetriebe, 107, 109—111, 121, 127; 109\*.  
Ausgleichventil, 251.  
Ausleger-Brücke, 174; IX.  
Ausleger-Maste, 440; 440\*, 441\*.  
Auspuff, 88, 121, 128; 89\*.  
Ausshalter, selbsttätiger, 435; 434\*; XXV.  
Außenbahnsteige, 395; 351\*, 360\*.  
Außenbremse, 115.  
Außenkupplung, 100; 100\*.  
Aussteigeschacht, 372; 372\*.  
Ausweiche für Seilbahnen, 309; 309\*.  
Automobil, siehe: Kraftwagen.  
Automobil-Klub, Deutscher, 130.  
Automobilstraßen, 29; 30\*, 31\*.  
Avus, 29, 135; 30\*, 31\*.  
Baader, 162.  
Bacon, 70.  
Bahnhöfe, 169, 266—272, 335—338, 342, 344, 345, 349—351, 355, 360, 362, 380, 388, 389, 391, 491, 492; 156\*, 166\*, 168\*, 266\*—271\*, 329\*, 334\*, 335\*, 340\*—351\*, 353\*, 361\*, 362\*, 380\*, 390\*—393\*, 395\*, 406\*, 487\*, 488\*.  
Bahnhofsblokung, 284.  
Bahnhofsfahrordnung, 296; 295\*.  
Bahnhofshallen, 271; 266\*, 270\*, 271\*.  
Bahnhofkörper, eigener, 455; 456\*.  
Bahnmeisterei, 297.  
Bahnräumer, 298.  
Bahnsteige, 270, 336—338, 344, 345, 350, 351, 354, 395; 267\*, 271\*, 334\*, 344\*, 347\*, 350\*, 351\*, 380\*.  
Bahnwärter, 297, 298.  
Bankett an Straßen, 25; 26\*.  
Barlow, 20.  
Bäume an Straßen, 25.  
Bauverfahren bei Untergrundbahnen, 336, 368—374; 362\*, 367\*—374\*; XX.  
Bartlett, 113.  
Baukosten der Schnellbahnen, 333, 365.  
Bayeux, Wandteppich von, III.  
Beanspruchung eines Balkens, 173; 174\*.  
Befestigung der Schienen auf den Schwellen, 191, 195—198; 191\*, 193\*, 199\*.  
Beiwagen, siehe: Anhänger.  
Beladen der Güterwagen, 241.  
Beleuchtungskabel, 411.  
Benz, 76, 77; 76\*, 77\*.  
Benzin, 79.  
Benzindüse, 86, 87; VI.  
Benzinförderung, 84—88; 87\*; VI.  
Benzinmotor-Lokomotive, 229; 227\*.  
Benzinverbrauch, 85; 87\*.  
Benzol, 79.  
Benzwagen, ältere, 76, 77, 123; 76\*, 77\*, 122\*.  
Beobachtungskarte, 486; 483\*.  
Bereitschaftswagen, 256.  
Bergbahnen, 304—312; 303\*—313\*.  
Bergstüge, 116; 115\*.  
Berlin, 330, 332, 356—420, 428—498; 331\*, 356\*—418\*, 425\*—495\*; XX bis XXIV, XXVIII.  
Berlin—Potsdam, erste preussische Strecke, 166; 167\*, 168\*.  
Berline, 46.  
Berliner Stadteisenbahngesellschaft, 416.  
Beschleuniger, 85, 86; 112\*.  
Beton-Unterbettung, 36.  
Betrieb, gemischter, 308.  
Betriebsbremsung, 248, 251, 252, 468, 472, 473.  
Betriebsdichte, 419.  
Betriebsordnung, 297.  
Betriebsstrom, 401, 410, 411, 419.  
Bettung, 170, 191, 194, 197, 198; 170\*, 192\*.  
Bierwagen, 239.  
Blasmagnet, 466, 467; 467\*, 469\*.  
Blasrohr, 157, 158, 209; 209\*; X.  
Blattstoß, 196; 196\*.  
Blenkinsops Lokomotive, 150; 147\*.  
Blindwelle, 322.  
Blitzableiter, 434, 435; 433\*; XXV.  
Blitz-Benz, Höchstleistung des, 135.  
Blocken und Blockeinrichtung, 275, 276, 282—287, 296, 396—400; 275\*, 277\*, 287\*, 399\*—404\*.  
Böcker, 472.



- Bollée, 74.  
 Booth, 157.  
 Bordwagen, 240.  
 Borghese, Fürst, 136.  
 Bosch, 89.  
 Boscherze, siehe Zündkerze.  
 Böschungswinkel, 170; 170\*.  
 Boston, 345, 499; 331\*, 346\*, 347\*;  
 XVII.  
 Bouch, 174.  
 Bouffet, 364, 386.  
 Braunkohle für den Bahnbetrieb, 313.  
 Breitsprecher'sche Wagen, 241.  
 Breitspurschiene, 190; 190\*.  
 Breitspurgleis, 241.  
 Bremsachsanzahl, 303.  
 Bremsbefehl, 248.  
 Bremsbüsen-Vergaser, 87; VI.  
 Bremsen und Bremsung, 52, 65, 114—116,  
 238, 246—255, 308, 310, 412, 413,  
 468—475; 64\*, 65\*, 112\*—115\*,  
 247\*, 250\*, 251\*, 308\*—310\*, 413\*,  
 467\*—472\*; XI, XII, XXVII.  
 Bremskopf, 473, 474; 472\*.  
 Bremsloß, 246, 247, 308; 247\*.  
 Bremskupplungen, 251.  
 Bremsprobe, 253.  
 Brems Schlüssel, 115; 114\*.  
 Bremsstrom, 411; 411\*.  
 Bremsstafeln, 247.  
 Bremsweg, 405.  
 Bremswirkung, 247.  
 Brems-Zahnrad, 308; 308\*, 309\*, 310\*.  
 Brennerbahn, 178, 180.  
 Britannia-Brücke, 172, 173; 175\*.  
 Brooklyn-Brücke, 18; 15\*.  
 Brown, 405.  
 Brücke, erste eiserne, 172; 174\*.  
 Brücken, 7, 18—20, 171—177; 14\*—17\*,  
 171\*—179\*; IX.  
 Brücken, unterirdische, 370, 391; 394\*; XX.  
 Brückenuntersuchung, 299.  
 Brügge, Großer Markt in, 33; 33\*.  
 Brunel, 20, 173.  
 Brunton, 150.  
 Brustschild, 20, 22, 375, 376; 20\*; XXII.  
 Budle, 144.  
 Budapest, 356; 355\*; XVII.  
 Buenos Aires, 347; XVII.  
 Bügel-Stromabnehmer, 438, 439; 435\*.  
 Bürgerstock, 309\*.  
 Bürgersteige, 34.  
 Busse-Reinhardt, 453.  
 Calais—Dover, Tunnel, 186—188; 187\*.  
 Cardan siehe Kardan.  
 Cardanus, Hieronymus, 107; 107\*.  
 Carpenter-Bremse, 249.  
 Chicago, 346; 331\*, 347\*, 348\*; XVII.  
 Chinesische Straßen, 5, 6; 4\*, 5\*.  
 Chromnickelstahl, 123.  
 Church's Dampfwagen, 74; V.  
 City und Citybildung, 330, 333, 335, 340,  
 427.  
 Coalebrookdale, 172; 174\*.  
 Cochem, 177; 180\*.  
 Comper, 62.  
 Cubell-Vergaser, 86; VI.  
 Eugnot, 71.  
 Curr-Schiene, 189; 190\*.  
 Daimler, 75, 76; 74\*.  
 Dämme, 8, 17, 18; 12\*.  
 Dampfdom, 205, 208; X.  
 Dampfleitungen, biegsame, 218.  
 Dampfstraßenbahn, 425, 493.  
 Dampf-Untergrundbahn, 332.  
 Dampfwagen, 70, 72, 74, 126; 69\*,  
 71\*—73\*; V.  
 Dampfwalze, 25; 28\*.  
 Darby, 172.  
 Daytona, Rennen zu, 135.  
 Deckenanker, 206; 363\*; X.  
 Deckenträger, 372; XX.  
 Deckswagen, 478; 476\*.  
 Deckverfahren im Straßenbau, 27, 28.  
 Denis, 163.  
 Deutscher Automobil-Klub, 130.  
 Deutscher Staatsbahnen-Verband, 259.  
 Dichtung der Untergrund-Tunnelröhren, 371,  
 372; XX.  
 Dickinson-Stromabnehmer, 439; 436\*.  
 Dienstfahrplan, 300; 302\*.  
 Dieselkraften-Tunnel, 178, 181\*.  
 Differential, siehe: Ausgleichgetriebe.  
 Dirksen, 416.  
 Döberitzer Heerstraße, 17, 34; 34\*.  
 Dolen, 26.  
 Doppelseinstiegswagen, 478; 476\*.  
 Doppel T-Anker, 90; 90\*; VII.  
 Drahtbruch, siehe: Oberleitung.  
 Drahtseile, 310; 310\*.  
 Drahtzüge, 288, 289; 280\*, 281\*—283\*,  
 288\*.  
 Drainage, 26; 26\*.  
 Drais von Sauerbronn, 57; 58\*; Beilage.  
 Draisine, 297.  
 Drehbrücken, 176, 339; 179\*.  
 Drehgestell, 215, 216, 231, 461; 231\*,  
 234\*, 463\*, 480\*.  
 Drehscheiben, 199; 199\*, 200\*.  
 Drehschmelz, 241, 435; 239\*, 435\*.  
 Drehschieber, 85.  
 Drehstrom, 322.  
 Dreipunkt-Aufhängung, 462; 465\*.  
 Dreirad mit elektrischem Antrieb, 127; 128\*.  
 Drei-Zylinder-Motor, 128.  
 Dresden-Loschwitz, Schwebebahn, 310.  
 Droschke, 46, 50; 41\*, 51\*.  
 Drosselklappe, 85, 86, 93, 101; VI.  
 Drosselspule, 434; 433\*; XXV.  
 Drosselstoß, 401; 399\*.  
 Druckluftanlage für Schiebetüren, 396.  
 Druckluftantrieb von Signalen, 406.  
 Druckluft-Bremse, siehe: Bremse.  
 Druckluft-Lokomotiven, 229; 227\*.  
 Druckluft-Straßenbahn, 427.  
 Druckluftverfahren, 22, 359, 375, 380;  
 381\*; XXII.  
 Druckmesser, 114, 227, 249—253, 472,  
 474; 225\*, 413\*, 466\*, 472\*.  
 Druckregler, 249—253, 472, 474.  
 Dükerung, 373, 374; 374\*.  
 Dunlop, 113.  
 Durchfahrtsignale, 407.  
 Durchfahrung von Häusern, 387—389;  
 388\*, 390\*.  
 Durchgangs-Wagen (D-Wagen), 230,  
 232—236, 243, 248; 234\*.  
 Durchmesserlinien, 332, 365, 368, 394.  
 Dynamo, 329, 428.  
 Einfahrtsignal, 407.  
 Einflußbereich der Verkehrsmittel, 330;  
 330\*.  
 Eingleisen, 484; 480\*.  
 Eingriff, unmittelbarer, 104; 102\*, 103\*.  
 Einscheren des Weichenhebels, 288; 280\*.  
 Eisenbahnenbahn, 323, 324.  
 Einschnitt, Straße im, 17; 12\*.  
 Einschnittbahn, 333, 366, 393, 394; 366\*.  
 Einspurigkeit, Vorteile der, 55; 63\*.  
 Einstellbarkeit der Achsen, 215, 216, 231;  
 217\*, 231\*.  
 Einwohnerzahlen, 330; 331\*.  
 Ein-Zylinder-Motor, 80, 128; 129\*.  
 Eisenbahn, Bedeutung der, 143—148.  
 Eisenbahn, Entwicklung der, 148—167;  
 143\*—169\*; VII.  
 Eisenbahn, statistische Übersichten, 145—148.  
 Eisenbahnbrücken, 171—177; 171\*—179\*;  
 IX.  
 Eisenbahnfähre, 242, 243; 241\*—243\*.  
 Eisenbahngemeinschaft, preuß.-hessische, 167.  
 Eisenbahntunnel, die ersten, 156; 157\*.  
 Eisenbahnwagen, 229—241; 228\*—240\*;  
 VIII.  
 Eisenbahnwelle, 191, 200; 191\*.  
 Elberfelder Schwebebahn, 351—355; 352\*  
 bis 353\*; XVII, XIX.  
 Elbtunnel, Hamburger, 21, 22; 21\*, 22\*,  
 23\*.  
 Elektrische Strecken, 315—317.  
 Elektrischen Eisenbahn, Ausbau der, 312 bis  
 325; 314\*—324\*.  
 Elektrischen Fernbahnbetriebs, Vorteile des,  
 312—315.  
 Elektrischer Betrieb der Berliner Stadt-,  
 Ring- und Vorortbahnen, 418, 419.  
 Elektromobil, 126, 127; 126\*—128\*.  
 Elektromotor, siehe: Motor, elektrischer.  
 Empfangsgebäude, 270.  
 Endbahnhöfe, 267.  
 Endbefestigung für das Stromabnehmerseil,  
 439; 436\*.  
 Endschleife, 355, 456; 353\*, 457\*.  
 Endstelle, 442, 455; 443\*, 457\*.  
 Entwässerung, 9, 18, 24, 26, 37, 187,  
 456; 26\*, 458\*.  
 Entwicklung des Fahrrads, 58—61; 58\*  
 bis 62\*.  
 Eselsrücken, siehe Ablaufberg.  
 Evans, 71.  
 Expansion, 79.  
 Explosionsmotor, siehe: Verpuffungsmotor.  
 Fangedamm-Verfahren, 377—379, 383;  
 376\*—378\*.  
 Fangvorrichtung, 482, 483; 475\*, 479\*.  
 Fährboote, 19, 341; 337\*.  
 Fährdienst, 294—297; 295\*.  
 Fährdraht, siehe: Oberleitung.  
 Fahrerschule, 485, 486; XXVII.  
 Fahrersitz, 118; 112\*.  
 Fahrerstand, 314, 462; 323\*, 466\*; XXV.  
 Fahrordnung, allgemeine, 296.  
 Fahrplan, 300—304; 302\*; XVI.  
 Fahrrad, das, 55—66; 55\*—63\*; IV.  
 Fahrrad mit Hilfsmotor, 129; 131\*.  
 Fahrradbau, 66.  
 Fahrrads, Vorläufer des, 55—57; 56\*,  
 57\*; IV.



Fahrshalter und Fahrkurbel, 412, 463 bis 467; 412\*, 413\*, 466\*—469\*; XXV, XXVI.  
 Fahrtschiff, 242, 243; 241\*—243\*.  
 Fahrtsperre, 404, 412; 401\*—403\*.  
 Fahrstraßenabdeckung, 278; 273\*, 274\*.  
 Fahrstraßenfestlegung, siehe: Blocken.  
 Fahrstreifen, 25.  
 Fahrstühle, 337, 344, 349; 335\*, 342\*.  
 Fahrt freistellung, 281; 273\*, 274\*; XIII.  
 Fahrt um die Erde (Koeppen), 137—139; 136\*—138\*.  
 Fahrtreppe, 338, 349.  
 Farbsignale, 280.  
 Farfler, Stephan, 56; 57\*.  
 Faschinen, 17.  
 Favre, 184.  
 Federnde Aufhängung des Motors, 127; 127\*.  
 Federung, 48, 51, 99, 210, 231; 52\*, 99\*, 231\*.  
 Felge und Felgenkranz, 51, 113; 51\*.  
 Fernbedienung von Weichen und Signalen, 279—294; 273\*—294\*.  
 Fernbahn, die, 143—325; 143\* bis 325\*; VIII—XVI.  
 Fernverkehr auf der Berliner Stadtbahn, 417; XIV.  
 Fettgas, 236.  
 Feuerkiste, 205, 206; 208\*; X.  
 Feuerschirm, 209; 210\*; X.  
 Feuertür, 222; 224\*, 225\*.  
 Fiaker, 46; 41\*.  
 Firth of Forth-Brücke, 174, 175; IX.  
 Firth of Tay-Brücke, 174.  
 Fischbauchform, 173, 174; IX.  
 Fischer, 58.  
 Fiskwagen, 239.  
 Flammenszündung, 88.  
 Flammrohrkessel, 150, 157, 208, 209, 220; 159\*, 208\*—210\*, 222\*, 223\*; X.  
 Fließbetrieb im Straßenbau, 27, 28.  
 Flügelschiene, 201, 202; 200\*, 202\*.  
 Flurschäden, 314.  
 Folgeschaltung, 105; 104\*.  
 Ford-Werke, 140; 139\*.  
 Formosa, Karren von, 45; 44\*.  
 Formsignale, 280; 273\*, 274\*.  
 Fowler, 174, 175.  
 Freigabestab, 491; 487\*.  
 Freilauf, 64, 65; 64\*, 65\*.  
 Friedrichstraße, Bahnhof, 418; 418\*.  
 Frischen, 287.  
 Führer-Bremsventil, 205, 250; 225\*, 251\*.  
 Führerstand, 221; 225\*.  
 Fuhrwerkschienen, 24; 25\*.  
 Funkenfänger, 209, 221; 209\*; X.  
 Funkenlöcher, 433; 432\*, 433\*.  
 Fürstehof-Unterfahrgang, 384—386; 386\*.  
 Fußbremse, 114; 112\*, 113\*.  
 Fußgänger-Tunnel, 498; 495\*.  
 Fußglocke, 475; 473\*.

Gang (Schaltung), 101, 104, 106; 102\*, 103\*.  
 Gamond, 187.  
 Gasbehälter-Wagen, 236; 235\*.  
 Gasdrossel, 85, 86, 93, 101, 119; 91\*; VI.

Gashebel, 86.  
 Gefahrsignal, 408; 405\*.  
 Geflügelwagen, 239; 238\*.  
 Gegengewichte, 213; 213\*, 214\*, 216\*.  
 Gehen des Menschen, Das, 41; 41\*.  
 Geleise, siehe: Gleis.  
 Gelenkessel, 216; 220\*.  
 Gelenkwellenantrieb, 107.  
 Gemeinschaftsbahnhöfe, 345; 346\*.  
 Gepäckbahnsteige, 270.  
 Gerber, 174.  
 Geschiebe, 104; 102\*, 103\*.  
 Geschwindigkeiten, 66, 81, 158, 238, 256, 304, 305, 322, 323, 330, 466; 330\*.  
 Geschwindigkeitsregelung, selbsttätige, 412.  
 Gesellschaft für den Bau von Untergrundbahnen, 359, 368.  
 Gefänge zum Stellen von Signalen und Weichen, 289.  
 Getriebe, 100—111; 101\*—109\*.  
 Getriebbremse, 115; 113\*.  
 Gemölbe-Bauarten, 171, 172; 171\*.  
 Giesbach-Eisbahn, 309; 308\*.  
 Giese, 330, 393, 394, 498, 499.  
 Gittermaße, 319; 315\*—318\*.  
 Gitterträger, 173; 173\*.  
 Glasgow, 356; 354\*.  
 Gleichstoß, 192.  
 Gleichstrom, 317.  
 Gleis, 6, 24, 25, 143, 148—151, 188—202, 425, 450—458; 25\*, 188\* bis 203\*, 426\*, 450—458\*, 490\*.  
 Gleisbremse, 262, 263; 264\*.  
 Gleisdreieck, 341, 344, 359—364, 388; 339\*, 347\*, 358\*, 361\*, 362\*.  
 Gleislose Bahn, 500; 498\*, 499\*.  
 Gleissperre, 279; 286\*.  
 Gleitbahn, 210; 212\*.  
 Gleitschuh, 114.  
 Gliederung der Straße, 24.  
 Glockensignale, 293; 294\*.  
 Glührohrzündung, 88.  
 Gölfschiffbrücke, 172; 171\*.  
 Gordon-Bennett-Rennen, 132; 132\*.  
 Gotthardbahn, 180, 182, 184, 185; 181\* bis 186\*, 321\*.  
 Gotthardstraße, 18, 19; 14\*, 19\*.  
 Grack, 136.  
 Grand Prix, 132, 134; 133\*, 134\*.  
 Grauguß, 82.  
 Gregory, 280.  
 Grenander, 365.  
 Große Berliner Straßenbahn, Entwicklung u. Verkehr, 492—498; 492\*—495\*.  
 Großstädte mit Schnellbahnbefuß (Pläne), 334; 331\*, 419\*; XVII—XXIII.  
 Grundwasser, Bedeutung u. Bekämpfung, 356, 358, 359, 368, 369, 371, 378, 379, 383; 360\*, 367\*—369\*.  
 Gruppenausgleichstellen, 259, 260.  
 Gruppenbremsen, 247.  
 Gurney, 74.  
 Güterbahn, unterirdische, 346; 348\*.  
 Güterbahnhöfe, 265.  
 Güterverkehr, 258—265; 260\*—264\*.  
 Güterwagen, 238—241; 236\*—240\*; VIII.  
 Güterzüge, 256, 261—265.  
 Güterzugbremse, durchgehende, 254.

Güterzugverkehr auf der Berliner Stadtbahn, 417; XXIV.  
 Guyer-Zeller, 310; 312\*.  
 Haarmann, 451.  
 Hafennagel und Hafenplatte, 195; 194\*.  
 Hafenweichenschloß, 287; 278\*.  
 Halbmesserlinien, 394.  
 Haltestellen (Straßenbahn), 454, 455, 489, 490; 455\*, 456\*.  
 Haltezeichen, 281; 273\*, 274\*.  
 Hamburg, 350, 351, 399; 351\*.  
 Hancock, 73, 74.  
 Handaussschalter, 436; 434\*; XXV.  
 Handbremse, 115, 248, 253, 468, 470, 474; 113\*, 471\*.  
 Hängebrücke, 172; 175\*.  
 Hängedrähte, 319; 316\*, 317\*.  
 Hardy-Bremse, 253.  
 Harfort, 160, 161, 162; 162\*.  
 Hartwig, 416.  
 Harzbahn, 305.  
 Hauenstein-Tunnel, 182; 183\*.  
 Hauptbahn, 167.  
 Hauptkurbel, 210; 212\*.  
 Hauptmeldung über Wagenbedarf, 260.  
 Hauptsignale, 281; 273\*.  
 Hauptuntersuchung, 229, 300.  
 Hauptwagenamt in Berlin, 259, 260.  
 Hausanker, 440; 437\*.  
 Haufsch, 56; 55\*.  
 Hebley, 150.  
 Heimatbahnhof, 257.  
 Heine, 143.  
 Heißdampf, 218—220; 222\*—224\*; X.  
 Heißdampf-Speicher-Lokomotiven, siehe: Lokomotiven außergewöhnlicher Bauart.  
 Heizer, 204, 205, 222, 224.  
 Heizrohre, siehe: Flammrohrkessel, 220.  
 Heizung der Eisenbahnfahrzeuge, 226, 236, 314, 315.  
 Hemmschuh, 52.  
 Herkomer-Fahrt, 133.  
 Heron von Alexandria, 70.  
 Herztück, 201, 202; 201\*—203\*.  
 Hilfsanlasser, 119.  
 Hilfsgeräte für Unfälle, 484; 478\*, 482\*.  
 Hilfstagrdrähte, 442, 443; 443\*.  
 Hilfszüge, 240, 297.  
 Hinterachsbremse, 114, 115; 113\*.  
 Hintereinstieg, 123; 122\*.  
 Hobrecht, 358.  
 Hochbahnen, 339, 341—346, 351—359, 388, 394, 414—421; 339\*, 344\* bis 349\*, 352\*, 353\*, 356\*, 357\*, 361\* bis 365\*, 388\*, 389\*, 395\*, 420\*.  
 Hochrad, 59; 60\*, 61\*.  
 Hochspannungszündung, 89—93; 90\*; VII.  
 Höchstleistung eines Kraftwagens, 135.  
 Hoch- und Untergrundbahn, Berliner, 356 bis 413; 356\*—413\*.  
 Hoheitsstöcke, 28.  
 Höhenlinie, 14, 15.  
 Hohlglaswagen, 239.  
 Höllentalbahn, 307.  
 Holzgleis, 188, 189; 188\*—190\*.  
 Holzpfaster, 35, 36.  
 Houston, 463.  
 Hubbrücke, 176; 176\*.  
 Hudson-Brücke, 18, 19; 16\*, 17\*.



Hudsonfluß, 340; 337\*—339\*.

Humber, 61.

Hund (Förderhund), 188; 188\*.

Hüpfen, 412.

Indianerschleife, 43; 43\*.

Innenbahnsteige, 395; 380\*, 391\*.

Innenbremse, 115; 113\*, 114\*.

Innenkupplung, 100; 100\*.

Isolatoren, 318—320; 315\*—317\*.

Isolierstoß, 400—404; 399\*, 402\*.

Jansen, Hermann, 31.

Jeffop-Schiene, 189; 190\*.

Jungfraubahn, 306, 310—312; 306\*, 312\*, 313\*.

Kabelbahnen, 430.

Käfig des Kugellagers, 63; 63\*.

Kaliberborn, 124; 125\*.

Kängururad, 60; 60\*.

Kardan-Antrieb, 107—109, 121; 105\*, 106\*.

Kardanische Aufhängung, 107; 106\*.

Karosserie, siehe: Wagenkasten.

Kastenschiene, Bochumer, 24.

Kegekkupplung, 100; 100\*.

Kehren (Straßenbau), 16, 19; 11\*, 19\*.

Kehrmaschine, 37; 36\*, 37\*.

Kehrschleife, 355; 352\*, 353\*.

Kehrtunnel, 180; 181\*, 182\*.

Kemmann, 336, 360, 399.

Kessel, 150, 157, 205—209, 229; 159\*, 208\*, 210\*, 223\*.

Kesselstein, 229.

Kesselwagen, 240; 235\*.

Ketten-Antrieb, 60, 63, 84, 107, 108; 63\*, 105\*.

Kettenloses Fahrrad, 63.

Kiesbahn, 23.

Klappbrücken, 176, 339, 444; 176\*, 177\*, 445\*.

Klapplehnen, 478.

Kleinauto, 127; 128\*.

Kleinbahn, 167.

Kleineisenzeug, 195; 194\*.

Kleinpflaster, 24, 34; 25\*.

Klemmplatten, 195; 195\*.

Klinkersteine, 24.

Klosterstraße, Bahnhof, 389; 391\*.

Knochenstützler, 59; 59\*.

Knorr-Bremse, 250—253; 250\*, 251\*; XI, XII.

Knüppelweg, 9, 23, 24; 24\*.

Koeppen, 137—139.

Kohle-Einnahme, 258; 255\*.

Kohlern-Schwebelbahn, 311\*.

Kolben, 78, 80—84, 205, 210; 78\*, 81\*—84\*, 211\*.

Kolbenmaschine, 78; 78\*.

Königstuhl, 199; 200\*.

Kontaktfinger, 464—468; 467\*—469\*; XXVI.

Kontaktwagen, 429; 429\*.

Kopfbahnhöfe, 268.

Körting-Bremse, 253.

Kraftdroschke, älteste Berliner, 123; 123\*.

Kraftfahrzeuge, Die, 69—140; 69\* bis 139\*; V, VI, VII.

Kraftomnibus, 501.

Krafträder, 76, 128, 129; 75\*, 129\* bis 131\*.

Kraftwagen, 74—127; 74\*—128\*; V, VI, VII.

Kraftwagen, ältere, 74—77, 123; 74\* bis 77\*, 122\*, 123\*.

Kraftwagen, Zahl der, 139; 139\*.

Kraftwagenfedern, 99; 99\*.

Kraftwagenmotor, siehe: Verpuffungsmotor.

Kraftwagenpumpen, 95; 95\*.

Kraftwagenräder, 111; 110\*.

Kraftwagenrennen, 130—136; 133\*, 134\*.

Kraftwerke, 313, 318, 388, 410, 431; 314\*, 315\*; XXIII.

Kragbau, 171; 171\*.

Kreiselform (Fahrrad), 58, 59.

Kreiß, 386.

Kreuzkopf, 210, 212\*.

Kreuzungen, 29, 32, 200—202, 268, 298, 320, 434, 444, 445, 490, 491; 29\*, 200\*—203\*, 318\*, 432\*, 446\*, 447\*.

Kreuzungsbahnhof, 268, 337, 362, 392; 361\*, 395\*.

Kreuzungslaterne, 491; 486\*.

Kriegswagen, 45; 45\*.

Kronenbreite, 170; 170\*.

Krönungswagen, 46; 48\*.

Kropfchse, 212; 213\*, 214\*; X.

Krümmung, Durchfahren einer, 109, 117, 197, 198, 214—216; 109\*, 116\*, 117\*, 196\*, 217\*, 220\*.

Krümmungen, 16, 31, 196, 197.

Krümmungshalbmesser, zulässige, 167.

Krümmungstafel, 197; 198\*.

Kübelwagen, 240; 239\*.

Kugellager, 62; 63\*.

Kühler und Kühlung, 82, 93—98, 121; 91\*—94\*.

Kühlung elektrischer Motoren, 462; 465\*, 466\*.

Kulissen-Schaltung, 105, 106; 104\*.

Kulissen-Stein, 211; 212\*.

Kunze, 254.

Kunze-Knorr-Bremse, 254; 251\*.

Kuppelachse, 213—216, 218; 213\*, 214\*, X.

Kuppelstangen, 322.

Kupplungen, 100, 106, 244, 245, 308, 411, 476; 100\*, 101\*, 243\*—246\*, 411\*, 474\*.

Kurbel, 206, 210; 212\*, 213\*.

Kurbelantrieb, 58, 63; 59\*, 63\*.

Kurbelgehäuse, 82; 80\*.

Kurbelwelle, 82, 83; 80\*—84\*.

Kurswagen, 256, 257.

Kurzkupplung, 245, 411; 244\*, 411\*.

Kurzschließer, 411; 409\*, 410\*.

Kurzschluß, 432, 433, 435; XXVII.

Kurzschlußbremse, 469.

Kutschken, 46; 48\*, 49\*.

Ladegewicht, 238; 237\*.

Laderampen, 265.

Lamellenkühler, 94; 92\*.

Lamellenkupplung, 100; 101\*.

Landauer, 48; 50\*.

Landwehrkanal-Tunnel, 384.

Langbaum, 50, 51; 50\*.

Langen, 352.

Längenentwicklung, künstliche, 177—180; 181\*.

Langholzwagen, 240; 239\*.

Langschwellen, 191.

Lapplandbahn, 321\*, 322\*.

Larssen-Eisen, 382; 383\*.

Laschenverbindung, 24.

Last, tote, 238.

Lastwagen, 49—52; 50\*—52\*; III.

Laufachse, 213, 214, 228; 207\*, 218\*, 219\*.

Laufmaschinen, 57, 58; 58\*.

Launhardt, 14.

Lautenschlager, 132, 134; 133\*, 134\*.

Lauter, 359, 362.

Läutwerk, 293, 294; 294\*.

Lavinschutz-Anlagen, 18; 13\*.

Lawson, 60.

Leerlauf, 92.

Leipzig—Dresden, Erbauung der Strecke, 165.

Leipziger Hauptbahnhof, 271, 272, 351; 268\*—271\*.

Leistungsbezeichnung der Kraftwagen, 124.

Leiterwagen, 49.

Leitrollen, 427; 310\*.

Leitstelle, oberste, 259.

Leitungen, bahneigene, 295.

Lenkfrad, Hinterrad als, 59; 60\*.

Lenkschemel, 45, 50; 50\*.

Lenkung von Fahrzeugen, 59, 61, 118; 60\*, 62\*, 117\*, 118\*.

Leonardo da Vinci, 70.

Lenoir, 75.

Levavassor, 76.

Lichtsignale, 281, 292, 293, 406; 401\*, 405\*; XIII, XIV.

Liegewagen, 233.

Linden-Tunnel, 496; 491\*.

Linienbetrieb, 269, 393.

Linienführung der Straßen, 13.

Linienform von Brückenträgern, 173.

List, 164, 165; 164\*, 165\*.

Liverpool, 154—160, 339, 340; 156\*, 157\*; XVII.

Locher, 307.

Lokomotive, älteste elektrische, 428, 429; 425\*.

Lokomotive (Dampf), 148—150, 157, 158, 163, 202—229, 258, 307, 313, 314, 315, 317, 332, 418; 145\*—150\*, 153\*, 159\*, 161\*, 163\*, 204\*—227\*, 255\*, 259\*, 299\*, 307\*, 325\*; X, XIV.

Lokomotive (elektrische), 314, 315, 317, 318, 320; 320\*—324\*.

Lokomotive, Entwicklung der, 148—160, 203; 145\*—150\*, 155\*, 159\*, 161\*, 163\*, 204\*, 205\*; VIII, X.

Lokomotiven außergewöhnlicher Bauart, 229, 307; 227\*, 307\*.

Lokomotivarten, Bezeichnung der, 227.

Lokomotivführer, 203, 294, 295, 314.

Lokomotivgewicht, 203, 214, 216, 321; X. Lokomotiv-Rennen zu Rainhill, 157, 158; 143\*, 159\*, 161\*.

Lokomotivschuppen, 199, 258; 199\*.

London, 335—339, 409; 331\*, 333\* bis 335\*, 406\*, 407\*; XVII.

Lebbarkeit der Bremsen, 249, 250, 254.

Leß, 6; 4\*.



Lößberg-Tunnel, 180, 182; 183\*.  
 Luftbremse, siehe: Bremse.  
 Luftkühlung, 96, 128, 462; 465\*, 466\*.  
 Luftpumpe, 85, 250; 250\*.  
 Luftreifen, 65, 66, 111—114; 110\*, 111\*.  
 Luftweichen, 439, 444; 446\*, 447\*.  
 Lünzschleibe, 50; 51\*.

Mac Adam, 23.

Makadamstraßen, 23; 27\*.

Madrid, 356; XVII.

Magnetapparat und Magnetzündung, siehe:  
 Zündmaschine und Zündung.

Magnetbremse, 469; 470\*.

Mallet, 216, 217, 218.

Manchester-Liverpool, 154—160, 183,  
 191; 155\*—157\*, 191\*; VIII.

Manometer, 227; 225\*.

Marcotty, 221, 222.

Marcus, 75.

Mariensfelde-Bosjen, Schnellfahrversuche bei  
 322; 324\*.

Maßenkran, 441; 439.

Maybach, 75, 167.

Meilen- und Kilometersteine, 8, 10, 28; 6\*.

Melaun, 452.

Melbefarte, 295.

Menai-Straße, 172; 175\*.

Merckel, 5.

Merksfähle, 202; 203\*.

Messstapel, 489; 485\*.

Messwagen, 488; 483\*, 484\*.

Meyer, 59.

Michaux, 59.

Michelin, 113.

Miliarium aureum, 8.

Mittleinstieg, 478; 475\*.

Mittelsteine, Kraftwerk, 316; 314\*.

Mont Cenis-Tunnel, 180, 182; 183\*.

Moorgelände, 17, 372; 371\*; XX.

Moselbahn, 177; 180\*, 182\*.

Motor, Elektrischer, 127, 317, 321, 322,  
 329, 428; 322\*, 323\*; XXV, XXVI.

Motor für Kraftfahrzeuge siehe Ver-  
 puffungsmotor.

Motor (Straßenbahn), 428, 462, 465,  
 466; 464\*, 465\*, 466\*; XXV, XXVI.

Motoren, ventillose, 84.

Motors, Lage des, 77, 121; 75\*—77\*,  
 120\*—122\*.

Motorabdeckung, 96.

Motorboot, 129.

Motorgewicht, 76.

Motorläufer, 129; 131\*.

Motor-Prüfung, 124; 125\*.

Motorrad, siehe: Krafttrad.

Motorschaltung, 464—468; XXVI.

Mount Washington-Bahn, 305.

Müngstener Brücke, 175; IX.

Murdoch, 72, 73.

Mutterlenkung, 118; 118\*.

Naben, 50, 62—64, 213; 51\*, 64\*, 65\*.

Nabenmotoren, 127; 127\*.

Nachrücksignale, 407.

Nachstellvorrichtung, 63; 63\*.

Nachtsignale, 281, 292, 293; XIII, XIV.

Nebenbahn, 167.

Neigung, siehe: Steigung.

Neigungszeiger, 197; 198\*.

Newton, 70; 71\*.

New York, 340—345; 329\*, 331\*, 336\*  
 bis 345\*; XVII.

Niederrad, 60; 61\*, 62\*.

Nieder-Salzbrunn, 315\*.

Nockenwelle, 83, 84; 86\*.

Nollendorfsplatz, Bahnhof, 392; 395\*.

Nord-Süd-Bahn-Tunnel, 383—384; 385\*.

Notbremse, 252, 308; XI, XII.

Notbremsung, 473, 474, 483; 471\*;  
 XXVII.

Notleine, 253.

Nürnberg-Gürth-Bahn, 162, 164; 163\*.

Oberbau, 22—29, 168, 194—198, 299;  
 24\*—28\*, 170\*.

Oberflächen-Vergasen, 85; VI.

Oberleitung, 318, 319, 430—432, 438 bis  
 446, 495; 316\*, 317\*, 319\*, 430\* bis  
 432\*, 437\*—447\*.

Oberstockwagen, 414, 478, 479; 417\*, 477\*.

Olleitung, 227.

Ölpumpe, 98; 95\*.

Ordnungsplan, 257, 258.

Orth, 416.

Ortsstafeln, 28.

Otto, 75.

Packlage, 23, 24, 29, 35; 24\*.

Packwagen, 234, 240, 261.

Parallel-Träger-Bauart, 173; IX.

Paris, 348—350, 380, 381; 331\*, 349\*,  
 350\*, 380\*, 381\*; XVII, XVIII.

Papfegel, 100; 100\*.

Pauli, 174.

Peking-Paris, Kraftwagenfahrt, 136.

Pendelaufhängung, 99.

Personenverkehr, 256—258.

Personenwagen, 154, 229—238; 154\*,  
 228\*—234\*; VIII.

Personenzüge, 256—258; VIII.

Pfad, 3; 3\*.

Pferd, Leistungsfähigkeit des, 52, 426.

Pferdebahn, 425, 426, 451, 460, 492,  
 493; 450\*, 459\*, 460\*, 488\*—490\*.

Pferdeomnibusse, 338, 348; 338\*.

Pferdestärke, 52.

Pflaster, 9, 24, 34, 35, 36, 37; 7\*, 24\*,  
 25\*, 35\*.

Philadelphia, 346, 347; 331\*, 349\*; XVII.

Philo, 107.

Pikes Peak-Bahn, 308, 310.

Pilatusbahn, 306, 307; 305\*, 306\*.

Pilzschiene, 189, 192; 190\*.

Planeten- oder Sternräder, 110; 109\*.

Plattform-Wagen, 240.

Plätze, 32, 33; 33\*.

Postkutsche, 48; 49\*.

Postwagen, 233, 234.

Potsdamer Platz, 374; 332\*; XXI.

Präzisionsarbeit beim Kraftwagenbau, 124,  
 125\*.

Prinz Heinrich-Fahrten, 133.

Prüfshöhne, 224; 225\*.

Prüfstand für Kraftwagen, 124; 125\*.

Puffer, 243, 244; 243\*.

Pullmann-Wagen, 233; 232\*, 233\*.

Pyrometer, 220; 225\*.

Quer durch Afrika, Kraftwagenfahrt, 136;  
 135\*.

Querdrahtaufhängung, 440, 442; 437\*.

Querschnitte von Straßen, 22, 30; 7\*, 12\*,  
 13\*, 24\*, 25\*, 26\*, 31\*, 34\*.

Querschwellenbau, 189, 191; 189\*, 201\*,  
 202\*.

Rachenlehre, 124; 125\*.

Räder, 41, 42, 44, 50, 111, 211—213,  
 232; 45\*, 51\*, 52\*, 110\*, 215\*, 216\*.

Radlenfer, 201; 200\*—202\*.

Radreifen, nahtlose, 212, 213; 215\*.

Radfäße, auswechselbare, 241.

Radstand, 196, 197, 214; 193\*.

Rahmen, 59, 60, 61, 98, 205, 209;  
 62\*, 98\*, 99\*; X.

Rainhill, Lokomotivrennen bei, 157—158;  
 143\*, 154\*, 161\*.

„Rakete“, Stephensons, 157, 158; 143\*,  
 159\*, 161\*.

Rammträger, 370—373; XX.

Rampen, 351, 380, 383, 388, 390, 496;  
 349\*, 361\*, 379\*, 389\*, 491\*.

Randsteine, 9, 28, 37.

Rastenrad, 466; 467\*, 468\*.

Rathenau, Emil, 322.

Rauchbelästigung, 185, 314.

Rauchkammer, 205, 208, 226; 209\*; X.

Rauchverbrennung, 221, 222; 224\*.

Ravel, 75.

Read, 71.

Reglerhebel, 204, 208; 225\*; X.

Reiß- oder Lenkscheit, 50; 50\*.

Reise um die Erde im Kraftwagen, 137  
 bis 139; 136\*—138\*.

Reisen in alter und neuer Zeit, 144.

Relais für selbsttätige Signalanlage, 403;  
 400\*.

Rennen, 66, 130—136; 66\*, 133\*, 134\*.

Rettungswagen, 484; 481\*, 482\*.

Rettungswege, 350, 372; 372\*.

Richtlampe, 184; 184\*.

Richtstollen, 183.

Richtungsbetrieb, 269, 393, 499.

Riecken, 135.

Riegekrulle, 289, 290; 285\*.

Riemen-Aufhängung, 46; 48\*, 49\*.

Riggenbach, 305, 308.

Rigi-Bahn, 305; 303\*, 306\*, 307\*.

Rillenege, 458; 459\*.

Rillenschiene, 451; 450\*.

Rimrott, 218.

Ringbahn, Berliner, 414—417; 415\*,  
 417\*.

Rio Mulato-Potosi-Bahn, 180, 310.

Rippenbauart, 122.

Rogenschieber, 458; 458\*.

Roentgen, 217.

Röhrenbahnen, 336—338, 341—347; 334\*,  
 335\*, 338\*, 339\*, 347\*, 348\*.

Röhrenfühler, 94, 95; 91\*.

Rollböcke, 241; 240\*.

Rollen-Stromabnehmer, 438, 439, 440;  
 435\*; XXV.

Rollwagen, 49.

Römer-Straßen, 8—12; 6\*—8\*; I, II.

Rosbahre, 46; 46\*.

Rückstoßwagen, 70; 71\*.

Rücktrittbremse, 65; 64\*, 65\*.



- Rückwärtsgang, 104, 129; 102\*, 104\*.  
 Rumpfer-Tropfen-Auto, 121, 122; 120\*, 121\*.  
 Rund um die Erde, Kraftwagenfahrt, 137 bis 139; 136\*—138\*.  
 Rundfahren, 178; 181\*.
- S**  
 Salzstreuwagen, 458.  
 Sammelfstellen, 259.  
 Sandkasten, 205, 226; X.  
 Sandstreuer, 475; 466\*, 473\*.  
 Sänfte, 11, 43; 41\*, 42\*, III.  
 Sankental-Brücke, 156; 155\*.  
 Sattel, 59, 61; 59\*, 62\*, 63\*.  
 Saugbrunnen, 368, 369, 372, 379, 383; 367\*—369\*, 383\*; XX.  
 Säulentransport, 44; 44\*.  
 Säurewagen, 240; 238\*.  
 Sauvage, 46.  
 Schalldämpfer, 440; 437\*.  
 Schalthebel, 463—467; 466\*—468\*.  
 Schaltsäule, 466, 469; 467\*, 468\*; XXVI.  
 Schartenberg-Kupplung, 245; 245\*, 246\*.  
 Scharrer, 162.  
 Scheibenrad, 45, 111; 45\*, 110\*.  
 Schere, 50; 50\*.  
 Schiebebühne, 199.  
 Schieber, 210; X.  
 Schienen, siehe: Gleis.  
 Schienenbremse, elektromagnetische, 469; 470\*.  
 Schienen-Entwässerung, 458; 458\*.  
 Schienenfeile, 452; 451\*, 452\*.  
 Schienenlänge, 195.  
 Schienenreinigung, 458; 458\*, 459\*.  
 Schienenstoß, 192, 196, 434, 451, 452; 192\*, 195\*, 196\*, 450\*, 451\*.  
 Schienen-Stromschleifer, 284, 286; 275\*.  
 Schienenwandern, 196.  
 Schiffszug, 9.  
 Schlafwagen, 233, 237; 232\*, 233\*.  
 Schlammtopf, X.  
 Schlauchventil, 114; 111\*.  
 Schleifbügel, 319, 322; 319\*—322\*, 324\*.  
 Schleife (Indianerschleife), 43; 43\*.  
 Schleife, 180, 182, 344—346, 349, 350, 355, 455, 456, 496; 181\*, 346\*, 349\*, 352\*, 353\*, 457\*; XIX.  
 Schleifstück, 461; 461\*.  
 Schleifische Strecken, 314; 315\*.  
 Schleudern des Kraftwagens, 115; 115\*.  
 Schleuderpumpe, 95; 93\*.  
 Schleusenammer, 375; XXII.  
 Schlitten, 42, 43; 42\*.  
 Schlickkanal-Leitung, siehe: Unterleitung mit Schlickkanal.  
 Schlickrohr-Oberleitung, 429; 427\*, 428\*.  
 Schlußlampe, 120.  
 Schlußzeichen, 291, 292; XIV.  
 Schmalspurgleis, 241; 240\*.  
 Schmidt, 219.  
 Schmierstoffversorgung, 226.  
 Schmiervorrichtungen, 96, 98; 96\*.  
 Schnäbeln der Weichenzungen, 299.  
 Schneeabseitung, 38, 298; 38\*, 299\*; XV.  
 Schneeschuß, 171.  
 Schneidebrenner, 382; 384\*.  
 Schnellbahn, 322, 323, 341, 342, 358, 359; 324\*, 358\*, 388\*.
- Schnellbahn, Erkennungsmerkmale der, 333.  
 Schnellbahnwagen, 336, 394—396, 411; 334\*, 351\*, 396\*—398\*, 411\*.  
 Schnellbremsung, 248, 249, 251.  
 Schnellstraßenbahnen, 498, 499; 495\*.  
 Schnellverkehr, beschleunigter, 342.  
 Schnellverkehr im Altertum, 7, 10—12.  
 Schnellzüge, 256.  
 Schornstein, 209; 209\*; X.  
 Schotter, 23, 24, 26, 28.  
 Schrankenbäume, 298.  
 Schraubenkupplung, 244; 243\*.  
 Schraubwinde, 484; 478\*.  
 Schrittmacher, 66; 66\*.  
 Schubstange, 78, 82, 205, 210, 322; 78\*, 80\*, 82\*, 207\*, 212\*, 320\*—322\*; X.  
 Schuß der Schwachstromleitungen, 445.  
 Schußdecke, 381—383; 382\*, 383\*, 385\*.  
 Schütze, 412.  
 Schutzzitter, 484.  
 Schuttsinseln, 454, 455; 455\*, 456\*.  
 Schuttsstrecke, 405; 402\*.  
 Schutzweiche, 279.  
 Schutzweste, 483; 479\*.  
 Schwanenhals-Träger, 232; 231\*.  
 Schwebebahnen, 310, 351—356, 399; 311\*, 352\*, 353\*; XIX.  
 Schwebefähre, 19; 18\*.  
 Schwebender Stoß, 192; 192\*.  
 Schwellen, 189—191, 194, 195, 198, 200; 189\*, 191\*—193\*.  
 Schwellenschraube, 195; 194\*.  
 Schwellenteilung, 194, 198.  
 Schwengel, 50; 50\*.  
 Schwenkhebel, 117; 117\*.  
 Schwenkfran, 266; 259\*.  
 Schwicken, 16.  
 Schwimmer, 86; VI.  
 Schwimmsand, 359, 368, 371.  
 Schwingen u. Schwingenstein, 211; 212\*; X.  
 Schwungrad, 77—80, 83; 76\*, 78\*, 81\*.  
 Sechszylinder-Motor, 80; 97\*.  
 Segelwagen, 70; 70\*.  
 Segmentlenkung, 118; 118\*.  
 Séguin, 157.  
 Seiltrieb, 356; 354\*.  
 Seilbahnen, 309, 310; 306\*, 308\*—311\*.  
 Seilsfänger, 432; 436\*.  
 Seilzug-Straßenbahn, 427.  
 Seineunterfahung, 380; 380\*, 381\*.  
 Seiteneinstieg, 123.  
 Seitenspiel, 214, 231; 217\*, 231\*.  
 Selbstlaufkühlung, 95; 94\*.  
 Selbstlüftung, 185.  
 Selbsttätigkeit der Bremse, 249—254.  
 Semmering-Bahn, 182; 183\*.  
 Sicherheitsventil, 226, 472; 226\*, 471\*; X.  
 Sicherung, 436; 434\*; XXV.  
 Sickerschliche (Dolen), 26.  
 Siemens, Werner, 329, 357, 358.  
 Signale, 203, 204, 262, 264, 272 bis 294, 296, 406; 263\*, 273\*, 283\*, 285\*, 295\*, 401\*; XIII, XIV.  
 Signale am Zug, 292; XIV.  
 Signalanlage, selbsttätige, 396—407; 301\* bis 404\*.  
 Signalantrieb, elektrischer, 291, 292; 290\*, 291\*.  
 Signalglocke, 475.  
 Simpson-Tunnel, 185, 186; 183\*.
- Sitzanordnung, 478; 477\*.  
 Spannungsgewichte, 319; 317\*.  
 Spann- oder Reibnagel, 50; 50\*.  
 Spannvorrichtung, 289; 281\*, 282\*.  
 Spannung, 317, 318.  
 Spätzündung, 93; 91\*; VII.  
 Speichen, 51, 61, 62; 51\*, 62\*.  
 Speichensturz, 51; 51\*.  
 Speicher-Batterie, 120.  
 Speicherwagen, 446, 494.  
 Speisefabel, 318, 431—433; 315\*.  
 Speisewagen, 233.  
 Speisewasser-Reiniger, X.  
 Speisewasserpumpe, 220, 227.  
 Speisewasser-Vorwärmer, 220; 224\*; X.  
 Sperrklinke, 116; 115\*.  
 Sperrung des Ausgleichgetriebes, 111.  
 Sperry-Bremse, 469; 469\*.  
 Spezialwagen, 239—241, 260; 236\* bis 240\*.  
 „Spinne“, die, 496; XXVIII.  
 Spiritus, 79.  
 Spitzkehre, 177, 178; 181\*.  
 Splint, 50.  
 Sprague, 430.  
 Spreunterfahrungen, 359, 374—384; 374\*—385\*.  
 Sprengring, 213.  
 Sprengwagen, 37; 36\*.  
 Spritzdüsenvergaser, 85, 128; VI.  
 Spundwände, 370, 381, 382, 383; 377\*, 382\*, 383\*; XX.  
 Spurband, 452.  
 Spurfranz, 189, 213, 227, 309; 193\*.  
 Spurnägel, 188; 189\*.  
 Spurränder, 189; 190\*.  
 Spurweite, 192, 193, 196, 197, 241, 455.  
 Stadtbahn, Berliner, 332, 358, 395, 414 bis 420; 396\*, 397\*, 415\*—418\* XXIV.  
 Stadtbahnwagen, 395, 419; 397\*, 417\*, 418\*.  
 Stadtschnellbahnen, die, 329—421; 329\* bis 421\*.  
 Stadtstraßen, 30—38; 32\*—38\*.  
 Stammwagen, 256.  
 Stationswagen, 260.  
 Staubbekämpfung, 27, 37; 36\*, 37\*.  
 Stauferbüchse, 98; 96\*.  
 „Stechenpferd der Damen“, IV.  
 Stehbolzen, 206, 208; 208\*; X.  
 Stehfessel, 206; 208\*; X.  
 Steigerung des Verkehrs, 330.  
 Steigung, 15, 16, 167, 197, 198, 305, 309, 334; 197\*.  
 Steinschlagbau, 23, 29.  
 Stellwerke, 279, 291, 398, 406, 409; 282\*, 287\*, 288\*, 293\*, 399\*, 404\*, 407\*.  
 Stephenson, Georg, 151—155, 172, 193; 151\*.  
 Stephenson, Robert, 172.  
 Stern des Rades, 212, 213; 216\*.  
 Steuerfurbel, 211; 212\*.  
 Steuerpferdezahl, 126.  
 Steuerrad und Steuerfäule, 83, 93, 118, 119, 127; 91\*, 112\*, 118\*.  
 Steuerschalter, 292; 289\*.  
 Steuerung, 205, 211.  
 Steuerung, selbsttätige, 413.  
 Steuerventil, 250, 252, 473; 471\*.



- Stevens, 190.  
 Stevin, 70.  
 Stockton-Darlington, 153, 154, 192; 152\*, 153\*.  
 Stopfbüchse, 210.  
 Stopfhacke, 198; 199\*.  
 Stoß, siehe: Schienenstoß.  
 Stoßlückenblech, 198.  
 Stoßscheibe, 50.  
 Strahlapparat, 220; 225\*.  
 Straße 1—38; 3\*—38\*; I, II.  
 Straße, Entstehung des Wortes, 5.  
 Straße, Entwicklung, 3—12; 3\*—9\*; I, II.  
 Straßen im Altertum, 5—12; 4\*—8\*; I, II.  
 Straßen im Mittelalter, 12; 9\*.  
 Straßenachse, 13, 14, 23, 24, 26, 35.  
 Straßenaufreißer, 25; 28\*.  
 Straßenbahn, 329, 330, 341, 425—501; 330\*, 339\*, 425\*—501\*.  
 Straßenbahn-Entwicklung, 425—430; 425\* bis 429\*.  
 Straßenbahn, gleislose, 500; 498\*, 499\*.  
 Straßenbahnverkehr, siehe: Verkehrsschwankungen.  
 Straßenbahnwagen, 476—479; 471\*, 475\*, 476, 501; XXV.  
 Straßenbau, neuzeitlicher, 12—29; 10\* bis 28\*.  
 Straßenführung, 14, 30, 31, 32, 33; 10\* bis 12\*, 32\*.  
 Straßengliederung, 34; 34\*.  
 Straßengräben, 26.  
 Straßenkreuzung, 32.  
 Straßennetz in Mitteleuropa, 139.  
 Straßennetzdichte in Europa, 13.  
 Straßenreinigung, 37, 38; 36\*—38\*.  
 Straßenwalze, 24, 25, 37; 27\*, 28\*.  
 Streckenbau, 197, 198.  
 Streckenbewachung und -unterhaltung, 297 bis 300; 297\*.  
 Streckenfernsprecher, 296.  
 Streckengestaltung, 169.  
 Streckenplan, 406; 404\*.  
 Streckentafel, 486; XXVII.  
 Stromkabel, 432—434; 431\*; XX.  
 Stromuhren, 488.  
 Stromverbrauch, 488, 495.  
 Stromzuführung, 318—320, 322, 401, 410, 428—450, 499, 500; 314\* bis 324\*, 408\*, 409\*, 426\*—429\*, 431\*, 432\*, 435\*—449\*, 495\*—499\*; XXV, XXVI.  
 Strub, 306.  
 Stundenbenennung, fortlaufende, 304.  
 Stufenbahn, 500, 501; 500\*.  
 Stumpfgelände, 455, 456; 457\*.  
 Stützmauer, 18; 13\*.  
 Stützräder, 129; 131\*.  
 Sumpf, Gründung im, 372; 371\*, XX.  
 Suviray, 62.  
 Symingtons Dampfwagen, 71; 71\*.  
 Takte der Verpuffungsmaschine, 83; 81\*, 84\*, 86\*.  
 Taster Sperre, 286, 287.  
 Tadelnager, 462; 464\*.  
 Taunus-Rennen, 132.  
 Telford, 172.  
 Tender, 206, 216, 217; 143\*, 153\*, 161\*, 163\*, 221\*.  
 Teufelsbrücke, 18; 14\*.  
 Themse-Tunnel, 20, 21; 20\*, 21\*.  
 Thermosiphon, 95; 94\*.  
 Thévenon, 112.  
 Thomson, 112, 463.  
 Tiefenlage der Tunnel, 336, 337; 333\*.  
 Tiefadewagen, 241; 240\*.  
 Topfwagen, 240; 238\*.  
 Torpedonabe, 65; 64\*.  
 Tower-Brücke, 18, 20; 15\*.  
 Tragfedern, 48, 99, 231; 52\*, 99\*, 231\*.  
 Tragjoch, 319; 318\*.  
 Tragmast, 441; 438\*—441\*.  
 Tragseil, 310; 310\*.  
 Training des Rennfahrers, 135.  
 Transformatoren, 317, 318.  
 Treibachse des Kraftwagens, 100; 99\* bis 103\*, 105\*.  
 Treibachse der Lokomotive, siehe: Kuppelachse.  
 Treptom-Tunnel, 374—377; 375\*; XXII.  
 Tretkurbel, 55, 58; 59\*.  
 Trevithick, 20, 72, 73, 148, 149; 144\*.  
 Triebwagen, Straßenbahn, 456, 461—468; 463\*—466\*; XXV.  
 Triebwagenzüge, 333.  
 Triebwerk, 205, 210, 211, 322; 212\*.  
 Tropfenform-Auto, 121, 122; 120\*, 121\*.  
 Tubes, siehe: Röhrenbahn.  
 Tunnel, 19—22, 156, 177—188, 300, 341, 374—384, 491, 496; 19\* bis 23\*, 157\*, 180\*—187\*, 337\*, 338\*, 375\*—385\*, 393\*, 487\*, 491\*; XXII.  
 Tunnel der Untergrundbahnen, siehe: Untergrundbahn.  
 Tunnelbeleuchtung, 410, 411.  
 Tunneluntersuchungswagen, 300; 301\*.  
 Turbo-Lokomotive, 228.  
 Türen, Anordnung der, 395, 396; 396\* bis 398\*.  
 Türen, selbständiges Schließen der, 396.  
 Turmbahnhof, 268, 388; 361\*.  
 Turmhäuser, 340, 342—344; 336\*.  
 Turmwagen, 445, 446, 485; 447\*, 482\*.  
 Überblattungsstoß, 192; 192\*.  
 Überführungsschleife, 456; 457\*.  
 Übergänge, siehe: Kreuzungen.  
 Übergangsverkehr, 345.  
 Überhitzer, siehe: Heißdampf.  
 Überhöhung, 197.  
 Überland-Straßenbahn, 498—500; 495\* bis 499\*.  
 Übersetzung, 60, 63, 64.  
 Überwacher, 486.  
 Überwachungswagen, 319\*.  
 Umformer, 317.  
 Umgrenzung des lichten Raumes, 170.  
 Umlaufkühlung, 94; 93\*, 94\*.  
 Umlagen von Straßenbahnzügen, 455, 456; 457\*.  
 Umkehrvorrichtungen, 241; 240\*.  
 Umsteigebahnhof, 338; 349\*.  
 Umsteigeverkehr, 269.  
 Unfälle bei der Eisenbahn, 296.  
 Unfälle bei der Straßenbahn, 478—484; 501\*.  
 Unterachfung, 50; 51\*.  
 Unterbau, 6—12, 17, 22, 23, 170, 197, 450—461; 7\*, 24\*—26\*, 450\*—458\*.  
 Unterbrecher, 89; VII.  
 Unterfahrgang von Bauwerken, 384—390; 385\*—387\*.  
 Untergestell, 234, 461; 463\*.  
 Untergrundbahnen, 335—351, 356, 358 bis 396; 333\*—344\*, 347\*—351\*, 354\*, 355\*, 358\*—395\*; XX.  
 Unterhaltungsarbeiten, 299, 300.  
 Unterlagplatten, 195; 194\*, 195\*.  
 Unterleitung mit Eisen-Seilspannen, 447; 448.  
 Unterleitung mit Schlitze Kanal, 446—450; 448\*, 449\*.  
 Unterleitung, schlitze, 447; 448\*.  
 Untersuchungsgruben, 492; 488\*.  
 Urner Loch, 19; 19\*.  
 Vagabundierende Ströme, 445.  
 Ventilator, 96, 121; 94\*.  
 Ventile, 83, 84; 85\*.  
 Verbund-Lokomotive, 217, 218; 218\*.  
 Verdampfungskühler, 94.  
 Vereins-Lenkachse, 231; 231\*.  
 Vergaser, 84—88; 88\*; VI.  
 Verkehrsbedichte, 344, 362, 394, 397.  
 Verkehrsschwankungen, 497, 498; 492\* bis 494\*; XXVIII.  
 Verkehrsstörungen, 298.  
 Verkehrsstraße, 31.  
 Verkettung des Verkehrs, 334, 349, 364, 367, 489.  
 Verknüpfungsanlagen, 388.  
 Verpuffungshöhe, 82.  
 Verpuffungsmotor, 79—84, 126, 229; 78\* bis 84\*, 95\*—98\*, 227\*; VI, VII.  
 Verschiebebahnhof, 262; 260\*.  
 Verschieben, 261—265; 260\*—264\*.  
 Verschlusplan, 277.  
 Versorgungsnetze, 370, 373.  
 Verspätungen, 296, 303.  
 Verstärkungswagen, 256.  
 Verteiler, 89—91, 93; 91\*; VII.  
 Verzinsung der Stadtschnellbahnen, 334.  
 Verzweigungsbahnhof, 360, 389, 391; 391\*.  
 Ververs, 56; 56\*.  
 Via Appia, 6, 8, 9, 10; 8\*; I, II.  
 Viehwagen, 239.  
 Vierachser, 461; 463\*.  
 Vierfelderblok, 399.  
 Vierradbremse, 115.  
 Viertaktmotor, 75, 83; 81\*, 84\*.  
 Vier-Zylinder-Lokomotiven, 210, 218; 211\*, 218\*.  
 Vier-Zylinder-Motor, 80, 83, 128; 78\* bis 80\*, 83\*, 84\*, 86\*, 96\*—98\*.  
 Vorachfung, 50, 117; 51\*.  
 Vorarbeiten für den Bahnbau, 168, 169.  
 Vorderachse, 116, 117; 115\*—117\*.  
 Vorerlaubnis, 168.  
 Vorfahrtrecht, 491.  
 Vormeldung, 275.  
 Vorortlinien, 330, 417, 418; 408\*.  
 Vorsignale, 282; 274\*; XIII.  
 Vorzündung, 92; 91\*; VII.  
 Vulkanisieren, 113.



- Wagen**, 41—52, 108, 117; 41\*—52\*, 116\*; III.  
**Wagen im Altertum**, 45; 45\*, 46\*; III.  
**Wagen**, offene, 240.  
**Wagenburgen**, 45; 47\*.  
**Wagenbüro**, 260.  
**Wagenkasten**, 50, 123, 234; 124\*, 234\*.  
**Wagenlänge**, 234.  
**Wagensatz**, 257.  
**Wagenumlaufplan**, 257, 258.  
**Wallstraße-Tunnel**, 377—380; 376\* bis 380\*.  
**Walzenfahrzeuge**, 43, 44; 43\*, 44\*.  
**Wärmelücke**, 195.  
**Wärmeschuß**, 209.  
**Wärmeschußwagen**, 239.  
**Warnungstafeln für Kraftwagen**, 29, 139; 29\*.  
**Wärter signale**, 292; XIII.  
**Wasen**, 180; 181\*, 182\*.  
**Wasserballast**, 309.  
**Wasser-Einnahme**, 258; 259\*.  
**Wasserkraftwerke**, 315.  
**Wasserkühlung**, 94—96; 91\*—94\*.  
**Wasserstand-Anzeiger**, 224; 225\*.  
**Wasserturm**, 265, 266; 265\*.  
**Watt**, 70, 71.  
**Wechselgetriebe**, 101, 104, 106, 121, 128; 102\*, 103\*, 128\*.  
**Wechselstoß**, 192.  
**Wechselstrom**, 317, 320.  
**Begweiser**, 28, 338.  
**„Weiche aufgefahren“**, 288; 279\*.  
**Weiche und Weichenantrieb**, 200—202, 277—292, 307, 354, 355, 406, 407, 458—461; 200\*—203\*, 278\*—293\*, 352\*, 353\*, 460\*—463\*; XXVII.  
**Weichenantrieb**, elektrischer, 291, 292, 460, 461; 291\*, 292\*, 461\*—463\*.  
**Weichenlaterne**, 290; 285\*.  
**Wechselbrücke bei Dirschau**, 173; IX.  
**Weidendammer Brücke**, 383; 385\*.  
**Welch**, 113.  
**Weltstadtgebiete**, 329; 331\*.  
**Wendegetriebe**, 129.  
**Wendepplatten**, 16; 12\*.  
**Westinghouse-Bremse**, 250.  
**Widerstände**, 436, 465, 466; 434\*; XXV, XXVI.  
**Wiege**, siehe: Drehgestell.  
**Wien**, 420, 421, 478; 419\*—421\*, 477\*.  
**Winkelschiene**, 189; 190\*.  
**Wippbrücke**, 176; 178\*.  
**Wittenbergplatz, Bahnhof**, 390—392, 393; 392\*, 393\*.  
**Wittfeld**, 320.  
**Wittig**, 385.  
**Wohnstraße**, 31.  
**Wolkenkratzer**, siehe: Turmhäuser.  
**Wundstreifen**, 170.  
**Wuppertal-Bahn**, 351—355; 352\*, 353\*; XIX.  
**Zähluhren**, 488.  
**Zahnbahnen**, 305—309, 311; 303\* bis 307\*, 311\*.  
**Zahnflanken**, geschweifte, 111; 109\*.  
**Zahnräder**, 101—105, 110, 111, 124; 101\*—103\*, 109\*.  
**Zahnradpumpe**, 98; 95\*.  
**Zahnstange**, 305—307, 310; 305\*—307\*.  
**Zangenbremse**, 306; 306\*.  
**Zenith-Vergaser**, 87; 88\*; VI.  
**Zischhähne**, 82.  
**Zuführungsgebiete**, 260.  
**Zug auf falschem Gleis**, 296.  
**Zugabstanduhren**, 408.  
**Zugbegleiter**, 294, 339, 413.  
**Zugbeleuchtung**, 154, 236—238, 410; 235\*, 409\*.  
**Zugbildung**, 255—265; 255\*, 259\*—264\*.  
**Zugdeckung**, 296.  
**Zugfolge**, Steigerung der, 407—410.  
**Zugführer**, 295.  
**Zugheizung**, siehe: Heizung.  
**Zugkraft**, 214.  
**Zugnummer**, 303.  
**Zugrichtungsanzeiger**, 409; 406\*, 407\*.  
**Zugseile**, 310.  
**Zugstämmen**, 256.  
**Zugstange**, 244; 244\*.  
**Zugverkehr**, selbsttätiger, 413.  
**Zündkerze**, 89—91; 90\*; VII.  
**Zündmaschine**, 84, 89, 90, 128; 86\*, 90\*; VII.  
**Zündung**, 85, 88—93; 89\*—91\*; VII.  
**Zündzeitpunkts, Wechsel des**, 89, 93; VII.  
**Zunge**, siehe: Weiche.  
**Zungenprüfung**, 289.  
**Zusammenführungsbahnhof**, 390, 391; 392\*.  
**Zusatzbremse**, 252.  
**Zusatzluft**, 86, 87.  
**Zwangshaltestelle**, 490; 486\*.  
**Zwangsschiene**, 197; 197\*.  
**Zweiachser**, 461; 463\*.  
**Zweikammer-Bremse**, 249, 253.  
**Zwei-Zylinder-Lokomotive**, 212, 217.  
**Zwei-Zylinder-Motor**, 80, 128; 130\*.  
**Zwischenbahnhöfe**, 267.  
**Zylinder**, 78, 80, 82, 205, 210; 78\*, 79\*, 81\*, 84\*, 85\*, 206\*, 211\*; X.



# Verzeichnis der Tafeln

I. Via Appia, die Prachtstraße der römischen Kaiserzeit . . . . .	vor Seite	1
II. Die Straßenbauten der Römer . . . . .	nach „	8
III. Sänfte und Wagen aus dem elften Jahrhundert . . . . .	„ „	38
IV. Das „Steckenpferd der Damen“ . . . . .	„ „	52
V. Alter englischer Dampf-Kraftwagen . . . . .	„ „	66
VI. Vorrichtungen zur Bereitung des Brennstoffs (Gemischs) für die Maschine des Kraft- wagens: Vergaser . . . . .	„ „	88
VII. Bosh-Zündmaschine für Kraftwagen . . . . .	„ „	96
VIII. Aus der Jugendzeit der Eisenbahn . . . . .	„ „	140
IX. Eisenbahn-Brücken . . . . .	„ „	176
X. Die Lokomotiven Nr. 1 und Nr. 11 000 aus der Fabrik von A. Borsig in Berlin . . . . .	„ „	224
XI. Druckluft-Bremse I . . . . .	„ „	256
XII. Druckluft-Bremse II . . . . .	„ „	256
XIII. Signalbilder und Wärtersignale . . . . .	„ „	280
XIV. Signale am Zug . . . . .	„ „	288
XV. Schneeräumung auf einer Eisenbahnstrecke . . . . .	„ „	296
XVI. Bildlicher (graphischer) Fahrplan . . . . .	„ „	304
XVII. Die Städte mit Schnellbahnbesitz . . . . .	„ „	326
XXVIII. Der Schnellbahnhof unter dem Opernplatz in Paris . . . . .	„ „	344
XIX. Die Elberfelder Schwebebahn . . . . .	„ „	352
XX. Der Bau von Schnellbahntunneln in Berlin . . . . .	„ „	368
XXI. Leitungsanlage unter dem Potsdamer Platz . . . . .	„ „	376
XXII. Bau des ersten Tunnels unter der Spree zwischen Stralau und Treptow . . . . .	„ „	384
XXIII. Schnellbahnplan von Berlin . . . . .	„ „	400
XXIV. Die Gleisanlagen der Reichsbahn in und um Berlin . . . . .	„ „	416
XXV. Die elektrische Ausrüstung eines Straßenbahnwagens . . . . .	„ „	440
XXVI. Schematische Darstellung des Fahr Schalters . . . . .	„ „	464
XXVII. In der Fahrerschule der Berliner Straßenbahn . . . . .	„ „	488
XXVIII. Die „Spinne“ . . . . .	„ „	496
Beilage: Brief des badischen Forstmeisters Carl Friedrich Christian Ludwig Drais von Sauerbronn . . . . .		
	„ „	56



Ullstein Druckerei  
Berlin







5/3 266

92









BIBLIOTEKA GŁÓWNA

348909L/1