

Biblioteka
Politechniki Wrocławskiej

N 2011

LEITFADEN
FÜR DEN
DAMPF-
LOKOMOTIV-
DIENST



Biblioteka
Politechniki Wrocławskiej

N. 2081 II

V

N. 2081 II

Leitfaden

für den

Dampflokomotivdienst

Von

Leopold Niederstraßer

Oberreichsbahnrat

6., neubearbeitete und erweiterte Auflage

Mit Genehmigung des Reichsverkehrsministeriums
(Eisenbahnabteilungen) verlegt

Leipzig



1941

Verkehrswissenschaftliche Lehrmittelgesellschaft

Reinhold Rudolph



Sm. 492.

Verlagsarchiv 428

Alle Rechte, auch das der Übersetzung, vorbehalten

Nachdruck, auch auszugsweise, nicht gestattet

Printed in Germany

Ako. / 492 / 1946

K.

Vorwort zur sechsten Auflage

Die Anregung zur Herausgabe des „Leitfadens für den Dampflokotivdienst“ wurde im Frühjahr 1934 gegeben, also zu einer Zeit, in der Anzeichen einer Verkehrsbelebung noch kaum spürbar waren. Der damalige Altersaufbau des Lokomotivpersonals ließ jedoch erkennen, daß auf jeden Fall in den kommenden Jahren Nachwuchs in größerer Zahl auszubilden sein würde. Für diese Ausbildung fehlte aber ein Lehrbuch der Lokomotivkunde, das einmal unter stärkerer Betonung der betrieblichen Seite die neueste Entwicklung einschloß, sodann auch für jeden Anwärter ohne großes Opfer erschwinglich war.

Hierzu kam die Überzeugung, daß die Tage der Stephenson'schen Dampflokomotive noch nicht gezählt sind und der Dampflokotivbetrieb bei dem zu erwartenden Aufschwung der Wirtschaft eine erhebliche Belebung erfahren würde. Von dieser Überzeugung ausgehend stellte der Verfasser seinem Vorwort zur ersten Auflage Gedanken voran, die auch heute ihre Gültigkeit noch nicht verloren haben und deshalb hier wiederholt werden sollen:

„Die Dampflokomotive hat eine Entwicklung von mehr als 100 Jahren hinter sich. Wenn man die heutigen Riesen des Schienenstranges mit jenem kleinen Fahrzeug vergleicht, mit dem Stephenson im Jahre 1829 die unerhörte Entwicklung des heute weltumfassenden Schienenverkehrs einleitete, so will es einem dünken, als hätten beide kaum etwas Gemeinsames. Und doch baut sich die Lokomotive der Neuzeit noch immer auf den Gedanken Stephenson's auf, wenn auch die Steigerung der Leistungen und die Einführung von Vervollkommnungen aller Art ihr Aussehen verändert haben. Zwar schien es vor einigen Jahren bereits einmal so, als würde die alte Dampflokomotive Stephenson'scher Bauart von den neuesten Errungenschaften der Technik, als da sind Hochdruck-, Turbinen- und Diesellokomotiven, überflügelt werden, doch ist sie bisher in dem scharfen Wettkampf Sieger geblieben. Eines hat sie nämlich vor allen Neuentwicklungen, wenn man einmal vom elektrischen Antrieb absieht, voraus: In bezug

auf Betriebstüchtigkeit hat sie sich bisher gegenüber allen Neuentwicklungen als überlegen gezeigt, da trotz aller Vervollkommnungen ihre einfache Grundform erhalten geblieben ist. Diese sichert auch Übersichtlichkeit und Zugänglichkeit, so daß es möglich ist, vorkommende Fehler leicht zu erkennen und verhältnismäßig schnell zu beseitigen.

Da Betriebstüchtigkeit bei einem Verkehrsmittel die am meisten geschätzte Eigenschaft ist, so wird die alte Dampflokomotive auch in Zukunft den Hauptanteil des Schienenverkehrs zu bewältigen haben, wenn sie auch aus Gründen, die zu erörtern hier nicht der Platz ist, einen Teil dem Triebwagen wird überlassen müssen.“

Die erste Auflage des „Leitfadens“ erschien im Juni 1935; die Auflagenhöhe war so bemessen, daß der Bedarf voraussichtlich für eine Reihe von Jahren gedeckt werden konnte. Bald darauf nahm aber der Verkehr infolge der überaus schnellen Ankurbelung des Wirtschaftslebens, die der aufbauenden Politik des Führers zu danken ist, derart zu, daß Anwärter in weit größerer Zahl als erwartet ausgebildet wurden. Das führte dazu, daß die zweite Auflage bereits drei Jahre nach der ersten, die dritte Auflage schon nach einem weiteren Jahr herausgegeben werden mußten. Die vierte und fünfte Auflage erschienen infolge der gesteigerten Nachfrage, die in der Vergrößerung des Deutschen Reiches und damit der Steigerung der von der Reichsbahn zu bewältigenden Verkehrsaufgaben ihre Erklärung findet, in noch kürzeren Zeitabständen.

Die vorliegende sechste Auflage wurde zwar gegenüber den früheren beträchtlich erweitert, da der Fortschritt der Technik zu berücksichtigen war, doch wurde nach den bewährten Grundsätzen verfahren, nach denen die ersten Auflagen bearbeitet waren; ich kann mich daher darauf beschränken, hier das Wesentliche zu wiederholen, was ich dazu im Vorwort zur ersten Auflage gesagt habe:

„Bei der Bearbeitung des Buches kam es mir außer einer der Vorbildung des angehenden Lokomotivführers angepaßten Darstellung vor allem darauf an, immer die wesentlichen und grundsätzlichen Dinge in erster Linie zu berücksichtigen, durch die das Verständnis für die Vorgänge in der Dampflokomotive wachgerufen wird. Demgegenüber wurden die verschiedenen Spielarten der einzelnen Bauteile sowie die Entwicklung im Laufe der Jahre im allgemeinen nicht berücksichtigt, weil dadurch einmal das Gedächtnis zu sehr belastet

würde, sodann jemand, der sich über die grundsätzlichen Dinge im klaren ist, später im Berufe schnell mit den verschiedenen Abweichungen in der Bauart vertraut wird. Übergangen wurden auch die Bauarten, die nur als Einzelercheinungen anzusehen sind, oder die heute im Aussterben begriffen sind.

Mit den wesentlichen, grundsätzlichen Dingen befaßt sich vor allem eingehend der vierte Teil „Theoretische Grundlagen“. Die Vorgänge bei der Dampferzeugung, in der Dampfmaschine und der Steuerung können nicht ausführlich genug behandelt werden, denn ohne die nötige Kenntnis von diesen Dingen wird der Lokomotivführer nicht in der Lage sein, die Lokomotive mit dem richtigen Verständnis zu behandeln und etwaige Störungen und Unregelmäßigkeiten schnell aufzufinden. Insbesondere gilt das von der Heusinger-Steuerung, die ja, von wenigen Ausnahmen abgesehen, heute als die einzige bei der Reichsbahn gebräuchliche anzusehen ist. Leider findet man auch heute noch so manchen bereits an der Steuerung stehen, der von ihrer Wirkungsweise recht unklare Vorstellungen hat. Und doch sind es nur ganz einfache Vorgänge, die sich da abspielen; ich habe versucht, sie an Hand von Schaubildern in vernunftgemäßer Reihenfolge abzuleiten. Allerdings möchte ich betonen, daß alle diese Vorgänge einmal ganz gründlich durchdacht werden müssen, wenn sie in Fleisch und Blut übergehen sollen.

Was über die Steuerung gesagt wurde, gilt in ähnlicher Weise auch für die im achten Teil beschriebenen Druckluftbremsen. Die Vorgänge in den einzelnen Bremseinrichtungen sind einfacher Natur, wenn die Teile selbst zunächst auch verwickelt erscheinen. Bei der Beschreibung kam es mir daher mehr darauf an, die Wirkungen zu veranschaulichen, die beim Bedienen des Führerbremssventiles in den verschiedenartigen Bremsapparaten ausgelöst werden, als nun bis ins einzelne alle Kanäle und Bohrungen aufzuzählen, durch die die Luft ihren Weg nimmt. Die Bohrungen und Kanäle vergißt der Lokomotivführer ja doch wieder, die Wirkungsweise dagegen muß ihm im Gedächtnis haften bleiben!

Bemerkt sei hierbei, daß es mir überhaupt bei der Bearbeitung aller Teile des Buches mehr darauf ankam, das Verständnis zu wecken, als Erklärungen zu geben, die auswendig gelernt werden sollen, wenn naturgemäß auf diese auch nicht ganz verzichtet werden konnte.“

Die sechste Auflage weist, abgesehen von der Anpassung aller Buch-

abschnitte an die neueste Entwicklung, gegenüber der dritten bis fünften Auflage folgende Änderungen bzw. Erweiterungen auf: Mehrfachen Anregungen folgend wurde bei der Erklärung der Wirkungsweise der Heusinger-Steuerung der Kolbenschieber in den Vordergrund gerückt, der Flachschieber, der im Betriebe immer mehr zurücktritt, nur zur Erläuterung der einfachsten Begriffe bei der Steuerung benutzt. Neu aufgenommen wurden verschiedene Einrichtungen, mit denen Lokomotiven der ehemaligen österreichischen Bundesbahnen ausgerüstet sind, wie z. B. die Einspritzvorwärmer und die Achslager mit Umlaufschmierung. Anwarter aus dem Altreich, die mit diesen Lokomotiven nicht in Berührung kommen, mögen diese Abschnitte überschlagen. Völlig neu bearbeitet wurde der achte Teil, der von den Bremsen handelt; die auf diesem Gebiet eingetretenen Änderungen machten einen anderen Aufbau nötig, der eine bessere Übersicht gibt. Der zehnte Teil über die Behandlung und Bedienung der Lokomotive wurde erheblich erweitert besonders hinsichtlich der Bremsbedienung. Ferner wurde eine größere Anzahl Abbildungen neu eingefügt, ein Teil durch bessere ersetzt. Das Verzeichnis der Dampflokomotiven wurde auf die Einheitslokomotiven und Reichsbahnbauarten beschränkt, da die Zahl der von den Länder- und Privatbahnen inzwischen übernommenen Lokomotiven so angewachsen ist, daß es eine unerwünschte Belastung des Buches bedeutet hätte, sie alle aufzuzählen.

Wie bei den früheren Auflagen so bin ich auch dieses Mal aus den Kreisen der einschlägigen Industrie durch Hergabe von Beschreibungen, Zeichnungen und Druckstöcken weitgehend unterstützt worden. Ihnen allen sage ich hiermit meinen besten Dank, denn auch diesmal war es mir nur durch diese Hilfe möglich, das Buch auf den neuesten Stand der Entwicklung zu bringen.

Möge so auch die neue Auflage wieder dazu beitragen, das Wissen und Können unserer deutschen Eisenbahner des Betriebsmaschinendienstes zu erhalten und zu steigern. Damit würde zugleich das Ziel erreicht sein, das dem Verfasser vorgeschwebt hat: mitzuhelfen an der weiteren Leistungssteigerung der deutschen Eisenbahner, die in dem neuen Europa unter Führung des von Adolf Hitler geschaffenen Großdeutschland Aufgaben umfangreichster und schwierigster Art zu erfüllen haben werden.

Berlin, im Mai 1941

Der Verfasser

Schriftennachweis

- Alexander, Die Lokomotive, ihr Bau und ihre Behandlung (Altona, Verlag Chr. Adolff, 1921).
- Amtliche Beschreibungen von Lokomotiven der Deutschen Reichsbahn.
- Brosius-Koch, Die Schule des Lokomotivführers, herausgegeben von Hans Nordmann. Erste Abteilung (Berlin, C. W. Kreidels Verlag, 1923); Zweite Abteilung (Berlin, Verlag Julius Springer, 1931).
- Der Eisenbahnfachmann, Sonderheft 4, Lokomotiven (Berlin, Ernst Steiniger, Druck- und Verlagsanstalt).
- DIN-Taschenbuch 4, Werkstoffnormen (Berlin, Beuth-Verlag, 12. Aufl. 1938).
- Druckschriften der Knorr-Bremse A.-G., Berlin-Lichtenberg, über Bremseinrichtungen, Vorwärmanlagen und Speisewasserkolbenpumpen.
- DV 464 I u. II, Vorschriften für den Bremsdienst (Brevo).
- DV 938, Dienstvorschrift für Dampflokomotiven (DV Lok).
- Einheitliche Benennung der Lokomotivteile (Lon 1, 5. Aufl. 1925).
- Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung (BO) vom 17. Juli 1928 unter Berücksichtigung der bis zum 21. Mai 1940 eingetretenen Änderungen.
- Eisenbahntechnik der Gegenwart, Die Lokomotiven (Wiesbaden, C. W. Kreidels Verlag, 1912).
- Flemming, Schnellverkehr mit Dampfzügen, Zeitschrift des VMEV (1936) Jahrg. LXXXVI Nr. 44.
- Flemming, Neue Tenderlokomotiven der Reichsbahn für Steigungsstrecken mit starken Krümmungen, Verkehrstechnische Woche (1936) Jahrg. 30, Heft 6.
- Garbe, Die Dampflokomotiven der Gegenwart, 2. Auflage (Verlag Julius Springer, 1920).
- Haas, Lagerkonstruktionen und Lagermetalle bei Eisenbahnfahrzeugen, Metallwirtschaft, Wissenschaft, Technik (1940), Heft 49.
- Handbuch für Kesselprüfer, Otto Elsner Verlagsgesellschaft, 1939.
- Heumann, Der praktische Lokomotivbeamte, 1. Teil: Die Lokomotive (Berlin, Verlag von Kurt Amthor, 1919).
- Hildebrand, Die Entwicklung der selbsttätigen Einkammer-Druckluftbremse bei den europäischen Vollbahnen (Berlin, Julius Springer, 1927).
- Lehrstoffhefte der Deutschen Reichsbahn. Lokomotivkunde Heft 1-6; Lokomotivbetrieb; Werkstoffkunde. Leipzig, Verkehrswissenschaftliche Lehrmittelgesellschaft Reinhold Rudolph.

- Lindermayer, Die Stoffwirtschaft der Deutschen Reichsbahn im Vierjahresplan, Verkehrstechnische Woche (1937) Jahrg. 31, Heft 52.
- Maey und Born, Verzeichnis der Dampflokomotivgattungen der Deutschen Reichsbahn, 1932 nebst Nachtrag 1936. Leipzig, Verkehrswissenschaftliche Lehrmittelgesellschaft Reinhold Rudolph.
- Merkbuch für die Fahrzeuge der Deutschen Reichsbahn, Ausg. 1938 mit Berichtigungen 1940.
- Metzeltin, Lokomotiven, Sammlung Göschen, Bd. 1073 (1933).
- Niederstraßer, Vereinheitlichung von maschinentechnischen Betriebseinrichtungen, Glasers Annalen (1939), Heft 23.
- Nordmann, Ist die Dampflokomotive veraltet? Sonderdruck Glasers Annalen 1934.
- Nordmann, Neuere Entwicklungslinien im Dampflokomotivbau, Glasers Annalen (1939), Heft 11.
- Nordmann, Theorie der Dampflokomotive auf versuchsmäßiger Grundlage, Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens (1930) Heft 10, S. 225.
- Nordmann, Versuche mit Dampflokomotiven für Hochgeschwindigkeiten, Verkehrstechnische Woche (1936) Jahrg. 30, Heft 39/40.
- Reutener, Betriebswerke für die Lokomotiv- und Wagenbehandlung. (Das deutsche Eisenbahnwesen der Gegenwart 1927. R. Hobbing, Berlin, Kapitel XVIII, Seite 210.)
- Roth, Fahrtechnik auf Schnellzuglokomotiven, „Voraus“ (1937) Nr. 23.
- Schröder, Bremsleistungen bei hohen Geschwindigkeiten, Reichsbahn-Beamten-Zeitung Nr. 6, Jahrg. 38.
- Schröder, Neuerungen auf dem Gebiet des Bremswesens, Glasers Annalen (1939) Heft 11 und 13.
- Wagner, R. P., Die neue Lokomotivtypenreihe der Reichsbahn für veränderlichen Achsdruck, Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens (1939) Heft 18.
- Wagner, R. P., Über Verbesserungen in der Lokomotivkesselspeisung bei der Deutschen Reichsbahn, Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens (1934) Heft 4, Seite 61.
- Wagner, R. P., Die 2' C 2'-Stromlinienlokomotive der Deutschen Reichsbahn, Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens (1936) Heft 3.
- Wagner und Muetzen, Heimstoffwirtschaft im deutschen Lokomotivbau, Glasers Annalen (1936) Band 118, Heft 4 u. 6.
- Witte, Die Planung neuzeitlicher Betriebswerke, Glasers Annalen (1938) Heft 23/24.
- Ziem, Die neuere Entwicklung der Schweißtechnik und ihre Anwendung im Eisenbahnfahrzeugbau, Glasers Annalen (1936) Band 119, Heft 18.

Inhalt

Vorwort	III
Schriftennachweis	VII
Verzeichnis der Bilder	XIX
Verzeichnis der Formelzeichen, Einheiten und Abkürzungen	XXVIII

Erster Teil

Rückblick auf die Entwicklung der Dampflokomotive

A. Die ersten Dampflokomotiven	1
B. Die Weiterentwicklung bis zur neuzeitlichen Dampflokomotive	7

Zweiter Teil

Einteilung, Nummerung und Anschriften

A. Einteilung	13
B. Nummerung	16
C. Anschriften	18

Dritter Teil

Stoffkunde

A. Die Betriebsstoffe des Lokomotivdienstes	
1. Die Brennstoffe	21
Feste und flüssige Brennstoffe - Vorkommen - Eigenschaften.	
2. Das Lokomotivspeisewasser	24
Beschaffenheit - Kesselsteinbildner - Wasserhärte.	
3. Die Schmieröle	26
Reibung - Verminderung der Reibung durch Schmieröl - Anforderungen an das Schmieröl - Ölsorten.	
B. Die wichtigsten Baustoffe des Lokomotivbaues	
1. Gesichtspunkte für die Auswahl der Baustoffe	30
2. Einiges über die Werkstoffnormung	31
3. Stahl und Eisen	31
4. Kupfer und seine Legierungen	37
5. Lagermetalle	39
6. Leichtmetalle und neue Werkstoffe	39

Vierter Teil

Theoretische Grundlagen

A. Übersicht über die Hauptbestandteile der Dampflokomotive	40
B. Der Dampfkessel	
1. Kurzer Überblick über die Wirkungsweise des Dampfkessels	40
2. Die Verbrennung	41
Rost – Saugzuganlage – Blasrohr – Vollkommene und unvollkommene Verbrennung – Verluste in der Feuerung.	
3. Die Dampferzeugung	46
Sieden – Dampfdruck – Wärmehalt – Nutzen höherer Dampfdrücke – Heizfläche – Heizflächenbelastung – Kesselgrenze.	
4. Der Wirkungsgrad des Lokomotivkessels	53
Kesselverluste – Verdampfungsziffer.	
5. Naßdampf und Heißdampf	54
Gesättigter Dampf – Nasser Dampf – Eigenschaften – Vorteile des Heißdampfes.	
6. Speisewasservorwärmung durch Abdampf	56
Wärmerückgewinn – Ersparnis – Leistungsgewinn – Oberflächenvorwärmer – Einspritzvorwärmer.	
7. Störungen und Gefahren im Dampfkesselbetrieb	
a) Das Überreißen von Wasser	59
b) Das Ausglühen von Kesselteilen	60
c) Dampfkesselzerknall	61
C. Die Dampfmaschine	
1. Der Fahrwiderstand des Zuges	62
2. Die Entstehung der Zugkraft	64
Die einfache Dampfmaschine – Kolbenkraft – Kurbeltrieb – Reibung zwischen Rad und Schiene – Reibungsgrenze.	
3. Die Dampfmaschine mit einstufiger Dampfdehnung	70
Volldruckmaschine – Dampfdehnung – Füllung – Dampfarbeit – Nutzen der Dampfdehnung – Mittlerer Kolbendruck – Nutzen hoher Eintrittsdrücke – Dampfdruckschaulinie – Schädlicher Raum – Leistung – Dampf- und Kohlenverbrauch.	
4. Die Verbundmaschine	82
Niederschlagverluste – Wirkungsweise der Verbundmaschine – Gewinn – Leistungssteigerung.	
5. Die Gleichstromdampfmaschine	84
D. Die Steuerung	
1. Allgemeines über die Arbeitsweise	85
2. Die innere Steuerung	85
Flachschieber – Schieberbewegung – Lineares Voreilen – Voreilwinkel – Steuerungspunkte im Dampfdruckschaubild – Kanalschieber – Kolbenschieber – Äußere und innere Einströmung.	
3. Die äußere Steuerung	
a) Ableitung der Heusinger-Steuerung	97
Schieberantrieb – Mittel zur Regelung der Füllung – Schwinge – Voreilhebel – Heusinger-Steuerung für äußere Einströmung.	
b) Fahrtrichtungswechsel (Umsteuerung)	103
c) Andere Steuerungen	107
Stephenson-Steuerung – Steuerungen von Gooch und Allan.	

Fünfter Teil

Einzelteile der Lokomotive

A. Die wichtigsten Grundlagen für den Lokomotivbau	110
Spurweite – Achsdruck – Begrenzung für Fahrzeuge – Regellichtraum.	
B. Der Lokomotivkessel	
1. Allgemeine Angaben	111
2. Der Langkessel	112
Kesselschüsse – Vernietung – Dampfdom – Speisedom.	
3. Der Hinterkessel	114
Stehkessel mit Feuerbüchse – Verankerung der Feuerbüchse mit dem Stehkessel – Stehbolzen – Heiz- und Rauchrohre – Sonstige Verankerungen des Kessels.	
4. Die Rauchkammer	123
Verbindung mit dem Kessel – Rauchkammerspritzrohr – Rauchkammertür – Schornstein.	
5. Die Kesselbekleidung	125
Luftschicht als Wärmeschutz – Wärmeschutzmatten.	
6. Der Überhitzer	125
Großrohr-, Kleinrohr- und Mittelrohrüberhitzer – Dampfsammelkasten – Befestigung der Überhitzereinheiten am Dampfsammelkasten.	
C. Die Kesselausrüstung	
1. Allgemeine Übersicht und gesetzliche Bestimmungen	128
Grob- und Feinausrüstung – Bestimmungen der BO.	
2. Die Feuertür	129
3. Der Rost	130
Freie und bedeckte Rostfläche – Kipprost – Feuerschirm.	
4. Der Aschkasten	131
Schutz gegen Brandgefahr – Aschkastenklappen – Bodenklappen – Aschkastenspritzrohr.	
5. Der Regler	132
Regleranordnung – Schieberregler – Ventilregler älterer und neuerer Bauart.	
6. Der Wasserabscheider	137
7. Dampfleitung und Blasrohr	137
Dampfzu- und -ableitung – Ausströmzweigrohr – Standrohr – Unveränderliches und verstellbares Blasrohr.	
8. Der Hilfsbläser	139
9. Der Funkenfänger	140
Schutz gegen Brandgefahr – Plattenfunkenfänger – Funkenfänger Thomas – Drahtkorbfunkenfänger.	
10. Die Speiseeinrichtung	141
Wirkungsweise der Dampfstrahlpumpe – Nichtsaugende und saugende Strahlpumpe – Leistung der gebräuchlichen Strahlpumpen.	
11. Das Kesselspeiseventil	144
12. Die Wasserstandanzeiger und Wasserstandprüfhähne	146
Wasserstandmarke – Prüfhähne – Wasserstandanzeiger – Kugelverschluß – Klinger-Wasserstandanzeiger – Prüfen des Wasserstandes – Scheinbarer und wirklicher Wasserstand.	
13. Das Kesselsicherheitsventil	150
Ramsbottomventil – Hochhubsicherheitsventile – Sicherheitsventil Bauart Ackermann.	

14. Die Dampfpeife	155
15. Das Lütewerk	155
16. Die Dampfheizeinrichtung	156
Dampfheizventil – Sicherheitsventil zur Dampfheizeinrichtung – Dreiwegehahn – Umschaltventil – Absperrhahn an der Heizleitung.	
17. Die Dampfentnahmestutzen	158
Stutzen auf der Stehkesseldecke – Stutzen der Einheitslokomotiven.	
18. Der Speiswasserreiniger	160
Winkelrost-Schlammfilter – Schlammfänger – Topfförmiger Speiswasserverteiler.	
19. Das Kesselablaßventil und der Abschlammschieber	162
Kesselablaßhahn – Abschlammschieber Bauart Strube – Anordnung der Abschlammschieber am Kessel – „Gestra“-Abschlammeinrichtung.	
20. Die Nässeinrichtungen	167
Rauchkammer- und Aschkastenspritzrohr – Kohlenspritzschlauch – Vierwegehahn – Dreifachventil – Tenderbrause – Radreifennässeinrichtung.	
21. Die Druckmesser	168
22. Das Heißdampferthermometer	169
D. Die Speiswasservorwärmanlage	
1. Die Speiswasservorwärmanlage mit Oberflächenvorwärmer Bauart Knorr	
a) Der Oberflächenvorwärmer Bauart Knorr	170
Rohrbündel – Vorwärmer mit geteilten Rohrwänden.	
b) Die Speiswasserkolbenpumpe Bauart Knorr	173
Schwungradlose Dampfmaschine – Schleppechiebersteuerung – Wasserpumpe – Entwässerung bei Frost – Leistung und Dampfverbrauch – Windkessel.	
c) Die Speiswasserkolbenpumpe Bauart Niebock-Knorr	178
Verbund-Dampfmaschine – Steuerung – Dämpfung – Förderleistung und Dampfverbrauch.	
d) Die Knorr-Kesselspeise-Verbundpumpe mit Tolken-Steuerung	181
Wirkungsweise der Steuerung – Förderleistung und Dampfverbrauch – Stoßdämpfer in der Speiseleitung.	
2. Die „Dabeg“-Lokomotivfahrpumpe mit Einspritz-Vorwärmer	187
Anordnung – Plungerpumpen – Antrieb – Regelventil.	
3. Die Vorwärmer-Speisepumpe Patent Heinel	189
Anordnung – Niederdruckvorwärmer – Hochdruckvorwärmer – Dampfstrahlpumpe – Vorwärmerpumpe – Warmwasserspeicher.	
E. Die Lokomotivdampfmaschine	
1. Die Steuerung	
a) Die äußere Steuerung	192
Beschreibung aller Bauteile – Hubscheibe und Gegenkurbelzapfen – Verschiedene Schwingenarten – Steinspringen – Schieberstangenkopf – Schieberstangenstichmaß – Festlegen des Schiebers.	
b) Die innere Steuerung	200
Flachschieber – Kolbenschieber – Abdichten der steuernden Kanten – Schieberbuchsen.	
c) Die Ventilsteuerungen	202
Mängel der Schiebersteuerungen – Lentz-Steuerung älterer und neuerer Bauart.	
2. Der Dampfzylinder mit Kolben und Kolbenstange	
a) Der Zylinderblock	206
Befestigung am Rahmen – Dampfkanäle – Bohrungen und Anschlußstutzen.	

b) Kolben und Stopfbuchsen	208
Kolbenringe – Kolbenstange – Zylinderdeckel – Gußeiserne Stopfbuchsen – Kolbenstangentragsbuchsen – Schmierung.	
c) Die Zylinderausrüstung	212
Schäden durch Wasser im Zylinder – Zylinderventile – Zylindersicherheitsventil – Zylindersaugventil – Druckausgleicher – Druckausgleichkolbenschieber – Bedienung der verschiedenen Einrichtungen.	
3. Das Triebwerk	221
Kreuzkopf – Gleitbahn – Treib- und Kuppelstangen – Stangenlager – Dünnguß- lager – Dreistofflager – Stangenlagerstellkeil – Walzenlager – Buchsenlager – Lagerschmierung – Treib- und Kuppelstangen mit Wälzlagern.	
F. Mehrzylinder- und Verbundlokomotiven	
1. Gründe für den Bau von Mehrzylinderlokomotiven	231
Vorteile der Zwillinglokomotiven – Zweizylinder-Verbundlokomotiven – Die baulichen Schwierigkeiten bei Unterbringung großer Leistungen – Ungleichmäßig- keit der Zughakenkräfte – Störende Bewegungen durch Massenkkräfte – Freie Flieh- kraft – Drillings- und Vierlingslokomotiven – Vierzylinder-Verbundlokomotiven.	
2. Die verschiedenen Zylinder- und Triebwerksanordnungen	236
Kurbelversetzungen bei Zwei- und Mehrzylinderlokomotiven – Einachsantrieb – Zweiachsantrieb – Mallet-Lokomotive.	
3. Die besonderen Bauteile der Mehrzylinder- und Verbundlokomotiven	239
Innenzylinder bei Drei- und Vierzylinderlokomotiven – Steuerung der Innenzylinder – Anfahrereinrichtungen.	
G. Das Fahrgestell	
1. Der Lokomotivrahmen mit Zubehör	247
Außen- und Innenrahmen – Blech- und Barrenrahmen – Rahmenverbindungen – Rauchkammerträger – Langkesselträger – Stehkesselträger – Schlingerstück – Schraubenkupplung – Zughaken – Stoßeinrichtung – Vorschriften der BO für Zug- und Stoßeinrichtung – Kupplung zwischen Lokomotive und Tender – Mittel- pufferkupplung.	
2. Das Laufwerk	263
Die Radsätze – Radreifen – Gegengewichte – Vorschriften der BO für die Rad- sätze – Achslager – Achslager mit Druckumlaufschmierung – Obergethmann-Lager – Mangold-Lager – Achslagerstellkeile – Achsgabelstege – Abfederung – Aus- gleichhebel – Abstützung der Lokomotive.	
3. Kurvenbewegliche Laufwerke	282
Feste Achsen – Schlingern der Lokomotiven – Anlaufwinkel – Anlaufdruck – Fester Achsstand – Seitenverschiebbliche Achsen – Lenkgestelle (Bisselachsen) – Rückstelleinrichtung – Adamsachsen – Zweiachsige Drehgestelle – Krauss-Helm- holtz-Drehgestell – Schwartzkopff-Eckhardt-Lenkgestell.	
H. Die sonstige Ausrüstung der Lokomotiven	
1. Das Führerhaus	297
Führerhaus bei Lokomotiven mit Tender – Anordnung der Bedienungseinrichtungen – Führerhaus bei Tenderlokomotiven – Windleitbleche.	
2. Die Schmierpumpen	299
Die frühere Einheitsschmierpumpe Bauart Michalk – Hochdruckpumpeneinheiten – Boschschmierpumpe der Einheitslokomotiven – Tropfenanzeiger – Ölsperren – Schmierpumpe De Limon für Luft- und Speisewasserkolbenpumpe.	
3. Die Beleuchtungseinrichtung	
a) Allgemeine Angaben über die Ausrüstung mit Laternen	307
b) Die Gasbeleuchtung	307
Anordnung auf der Lokomotive bzw. Tender – Gasbehälter mit Sicherheitsventil – Druckregler – Leitung mit Füllventil und Druckmesser.	
c) Die elektrische Beleuchtung	310
Anordnung auf der Lokomotive – Lichtmaschine – Bedienung der Anlage.	

4. Der Sandstreuer	312
Anordnung – Druckluftsandstreuer von Knorr und Borsig – Anstellhahn.	
5. Der Geschwindigkeitsmesser	315
J. Die stromlinienverkleidete Lokomotive	316
Luftwiderstand – Einfluß der Bauform – Anblaseversuche – Verkleidung – Leistungsgewinn.	

Sechster Teil

Die Vorratsbehälter der Lokomotiven

A. Der Tender	
1. Die Kohlen- und Wasserkästen	318
Aufbau des Wasserkastens – Wassereinlauf – Wasserentnahmeeinrichtung mit Absperrventil – Speisewasserkupplung – Kohlenkasten – Stromlinienverkleidung – Bauartkennzeichen für Tender.	
2. Der Rahmen	323
Rahmen der dreiachsigen Tender – Rahmen der Tender mit Drehgestellen – Zug-einrichtung am hinteren Tenderende – Geschweißte Tender.	
3. Das Laufwerk	326
Tenderradsatz – Achslager – Achslager mit Druckumlaufschmierung – Rollenlager – Abfederung – Fachwerkdrehgestelle – Einheitstender.	
B. Die Vorratsbehälter bei Tenderlokomotiven	332

Siebenter Teil

Die Sonderbauarten von Dampflokomotiven

A. Feuerlose Lokomotiven	334
Dampfpeicher – Füllen aus ortsfester Kesselanlage – Speichervermögen.	
B. Zahnradlokomotiven	336
Reiner Zahnradbetrieb – Gemischter Reibungs- und Zahnradbetrieb – Antriebsmaschine für das Zahnrad – Bremsrichtungen.	
C. Kohlenstaublokomotiven	337
Kohlenstaubfeuerung in ortsfesten Kesselanlagen – Verfeuerung minderwertiger Brennstoffe – Schwierigkeiten bei Anwendung auf der Lokomotive – Kohlenstaublokomotiven der Bauarten Stug und AEG.	
D. Hochdrucklokomotiven	341
Notwendigkeit einer abweichenden Bauform bei Verwendung von Hochdruckdampf – Erfahrungen mit Hochdrucklokomotiven.	
E. Turbinenlokomotiven	342
Erzeugung von Unterdruck durch Dampfnierschlag – Anwendung bei ortsfesten Anlagen – Schwierigkeiten bei Anwendung auf Kolbendampflokomotiven – Turbinenantrieb – Turbolokomotiven von Krupp und Maffei – Arbeitsweise von Turbine und Kühltender.	

Achter Teil

Die Bremsen

A. Allgemeine Wirkungsweise der Klotzbremsen	
1. Die verschiedenen Möglichkeiten der Bremsung	345
Vernichtung der lebendigen Kraft durch Reibungsarbeit – Gegendampfgeben – Gegendruckbremse.	
2. Der grundsätzliche Aufbau der Klotzbremsen	345
Bremsklötze – Klotzdruck – Reibungskraft – Gleiten der Räder – Rollgrenze – Bremsklötze – Ausgleichbremsgestänge – Bremsübersetzung – Abbremsung – Berechnung der Bremse – Gestängesteller.	
3. Die Einteilung der Klotzbremsen	353
Handbremsen – Mechanische Bremsen – Einzelbremsen – Durchgehende Bremsen.	

B. Handbremsen	
1. Die Schraubenspindelbremse	353
2. Die Wurfhebelbremse	354
C. Einteilung und grundsätzliche Wirkungsweise der Druckluftbremsen	
1. Die verschiedenen Arten der mit Luft betriebenen Bremsen.....	355
2. Die verschiedenen Abarten der Druckluftbremsen	356
Selbsttätige und nichtselbsttätige Bremsen – Einlösig- und mehrlösig- Bremsen – Durchschlagsgeschwindigkeit – Einfachwirkende und schnellwirkende Steuerventile – Die Bremsbauarten bei der Deutschen Reichsbahn.	
D. Die Erzeugung und Aufspeicherung der Druckluft	
1. Die Luftpumpen.....	361
Doppelwirkende einstufige und zweistufige Luftpumpen – Doppelverbund-Luftpumpe Bauart Nielebock-Knorr – Doppelverbund-Luftpumpe mit P-Steuerung – Schmierung.	
2. Druckregler für die Luftpumpe	370
E. Die Bremsausrüstung der Lokomotiven und Tender	
1. Allgemeine Anordnung der Regelbremsausrüstung.....	371
2. Die Bremsausrüstung der Lokomotiven	
a) Führerbremsventile	373
Drehschieber-Führerbremsventil Bauart Knorr – Die Vorgänge bei den verschie- denen Stellungen des Führerbremshebels – Leitungsdruckregler – Schnell- druckregler – Das selbsttätige Führerbremsventil Bauart Knorr.	
b) Die Hauptluftleitung	387
Leitung – Tropfbecher – Staubbänger – Luftperrhahn – Absperrhahn „Ackerr- mann“ – Bremskupplung.	
c) Das einfachwirkende Steuerventil	390
Wirkungsweise bei der Westinghouse- und Knorr-Bremse – Füll- oder Lösestellung – Bremsstellung – Bremsabschlußstellung – Stufenweises Bremsen – Vollbremsung.	
d) Der G-P-Umstellhahn für Lokomotiven	394
e) Die Bremszylinder	394
Bremskolben – Rückzugfeder – Kolbenhub – Kolbenkräfte – Löseventil.	
f) Führerbremsventil und Führerbremsahahn der Zusatzbremse	396
g) Doppelrückschlagventil und Sicherheitsventil der Zusatzbremse.....	397
3. Die Bremsausrüstung der Tender	
a) Die schnellwirkenden Steuerventile	399
Wirkungsweise bei der Westinghouse- und Knorr-Personenzugbremse – Füll- oder Lösestellung – Betriebsbremsstellung – Schnellbremsstellung – Absperrhahn.	
b) Das G-P-Wechselventil der Wpbr und Kpbr	401
Umstellhahn zur Verzögerung der Bremswirkung – Mindestdruckventil.	
c) Die Lastabbremung für Tender	403
d) Die selbsttätige Tenderlastabbremung	405
Höhe der Abbremung – Druckminderventil – Wirkung der Wasserlast.	
4. Die Bremsen für schnellfahrende Lokomotiven (Kssbr)	407
Höhe der Abbremung – Vorsteuerkammer – Druckübersetzer – Achslager-Brems- druckregler – Tenderbremse schnellfahrender Lokomotiven – Selbsttätige Lastab- bremung für Tender.	
F. Die Bremsausrüstung der Wagen	
1. Allgemeine Anordnung und Notbremse	413
2. Die selbsttätigen Westinghouse- und Knorr-Bremsen mit schnell- wirkendem Steuerventil (Wpbr und Kpbr).....	414
Bremszylinder mit Hilfsluftbehälter vereinigt – Löseventil – Stufenweises Lösen durch besonderes Löseventil.	

3. Die selbsttätigen Kunze-Knorr-Bremsen (Kkbr)	
a) Die grundsätzliche Wirkungsweise der Kunze-Knorr-Bremse für Güterzüge (Kkgbr)	416
Die drei Bremskammern – Einkammerbremskolben – Zweikammerbremskolben – Zusätzliche Wirkung des Zweikammerkolbens zur Lastabbremung – Steuer-ventil – Grund- und Abstufungsschieber – Übertragungskammer – Zwischen-ventil – Umstellhahn – Löseeinrichtung.	
b) Die Kunze-Knorr-Bremse für Personenzüge (Kkpbr)	425
Die Besonderheiten der Kkpbr – Steuerventil „P“ – Beschleunigungsventil „P“ – Steuerbehälter – Zusammenarbeiten von Steuerventil und Beschleunigungsventil – Betriebsbremsung – Stufenweises Bremsen – Stufenweises Lösen – Schnellbremsung – Umstellhahn und Löseeinrichtung.	
c) Die Kunze-Knorr-Bremse für Schnellzüge (Kksbr)	429
Die Besonderheiten der Kksbr und ihre Wirkungsweise – Steuerventil „S“ – Füllbehälter – Schnellbremsung – Beschleunigtes Lösen – Bremsdruckregler – Auslaßventil – Entlüften des Einkammerzylinders – Bremswirkung des Zweikammerkolbens – Umstellhahn, Absperrhahn und Löseeinrichtung.	
4. Die selbsttätigen Hildebrand-Knorr-Bremsen (Hikbr)	
a) Allgemeine Wirkungsweise der Hik-Bremsen	434
Dreidrucksteuerung – Haupt- und Nebensteuerventil – Vorratsbehälter – Stufenweises Bremsen und Lösen – Die verschiedenen Hik-Bremsen.	
b) Die Hik-Bremse für Güterzüge (Hikgr)	440
Besonderheiten des Steuerventils – Übertragungskammer – Umstellhahn.	
c) Die mechanische Lastabbremung	441
d) Die Lastabbremung durch Zusatzbremszylinder (Druckluft-Lastabbremung)	443
e) Die Hik-Bremse für Personenzüge (Hikpbr)	443
Steuerventil – Schnellbremsung – Umstellhahn.	
f) Die Hik-Bremse für Schnellzüge und schnellste Züge (Hikssbr)	445
5. Die selbsttätigen Bozic- und Drolshammer-Bremsen	448
G-P-Umsteller – Lastabbremung.	
G. Die fahrdienstliche Bewertung der verschiedenen Bauarten der Klotz- bremse	449
H. Die Gegendruckbremse	451
Vernichtung der lebendigen Kraft durch Verdichten von Luft – Absperrschieber im Blasrohr – Drosselventil – Schalldämpfer – Einspritzeinrichtung.	
J. Die Zugbeeinflussung	
1. Aufgabe und grundsätzliche Wirkungsweise der Zugbeeinflussung	454
2. Die induktive Zugbeeinflussung nach der Dreifrequenzbauart	456

Neunter Teil

Anlagen zur Behandlung der Lokomotiven im Betriebe

A. Begriffserläuterungen	464
Lokomotivbehandlungsanlagen – Lokomotivbahnhöfe – Bahnbetriebswerke.	
B. Lokomotivhallen	464
Ringhallen – Rechteckhallen – Hallentore – Rauchabführung.	
C. Drehscheiben	466
Drehscheiben mit durchlaufenden Hauptträgern – Gelenkdrehscheiben – Hauptabmesungen – Antrieb.	
D. Schiebebühnen	468
Unversenkte und halbversenkte Schiebebühnen – Schiebebühnen mit unterteilten Hauptträgern.	

E. Bekohlungsanlagen	469
Allgemeine Anordnung der Behandlungsanlagen – Anlagen mit Säulendrehkran – Sturzbühne – Anlagen mit Greiferdrehkran oder Verladebrücke – Vorratsbunker.	
F. Ausschlackanlagen	471
G. Wasserversorgungsanlagen	473
Wasserzulauf – Wasserpumpen – Wassertürme – Wasserkräne – Leistungsfähigkeit – Wasseraufbereitung – Arbeitsweise einer Anlage nach dem Kalk-Soda-Verfahren.	
H. Besandungsanlagen	477
J. Auswascheinrichtungen	478
K. Ausblaseeinrichtungen	479
L. Achswechseleinrichtungen	479

Zehnter Teil

Die Behandlung und Bedienung der Lokomotive durch das Lokomotivpersonal

A. Behandlung vor der Fahrt	
1. Das Anheizen des Lokomotivkessels	481
Anheizzeit – Vorsichtsmaßnahmen vor dem Anheizen – Behandlung des Feuers beim Anheizen.	
2. Das Abölen und Untersuchen von Lokomotive und Tender	483
Schmieren der bewegten Teile – Untersuchung – Prüfen der Schmierleitungen und Schmierpumpen – Prüfen der Speiseeinrichtungen.	
3. Die Behandlung der Bremsenrichtungen vor Antritt der Fahrt ...	484
Untersuchen und Prüfen der Bremse – Prüfen der Luftpumpe und der Druckmesser – Bremsprobe – Dichtigkeitsprüfung.	
4. Die Fahrt an den Zug	487
Anwärmen der Zylinder – Fahrt aus der Lokomotivhalle – Kuppeln mit dem Zug – Bremsprobe.	
B. Die Behandlung während der Fahrt	
1. Handhabung von Regler und Steuerung, Behandlung des Feuers, Bedienung verschiedener Einrichtungen	490
Anfahren – Verhalten beim Schleudern der Räder – Regler und Steuerung während der Fahrt – Wirtschaftliches Feuern.	
2. Die Fahrt im Leerlauf und im Gefälle	495
Übergehen in den Leerlauf – Geschwindigkeitsermäßigung – Bremsen im Gefälle – Verhalten bei fester Bremse.	
3. Das Anhalten des Zuges	497
Stufenweises Bremsen – Einfahren in Kopfbahnhöfe – Lösen der Bremsen – Überladen der Bremsen – Schnellbremsung – Anhalten in Gefährfällen – Bedienung der Zusatzbremse – Notbremsung – Bedienung der Bremse bei Vorspann- und Schiebedienst.	
4. Außergewöhnliche Vorkommnisse	501
Stehenbleiben der Luftpumpe – Schäden an der Druckluftbremse der Lokomotive und des Tenders – Unregelmäßigkeit an der Zugbremse – Undichte Heizrohre – Brüche an der Federaufhängung – Lahmlegen eines Teiles der Maschinenanlage.	
C. Die Behandlung nach der Fahrt	
1. Das Abrüsten	504
Fahrt vom Zug – Behandlung im Lokomotivbahnhof – Auffüllen der Vorräte – Untersuchen von Lokomotive und Tender – Ausbesserungszettel.	
2. Maßnahmen bei Frostgefahr	506

Elfter Teil

Untersuchungen und Ausbesserungen

Vorschriften der BO – Hauptuntersuchung – Zwischenuntersuchung – Planmäßige Erhaltung – Erhaltungsabschnitte – Schadgruppeneinteilung bei der Reichsbahn – Zwischenausbesserung – Betriebsausbesserung – Bedarfsausbesserung – Umfang der Arbeiten – Häufigkeit der Ausbesserungen – Kosten der Ausbesserungen und Untersuchungen		507
Anhang 1	Verzeichnis der Einheitslokomotiven und Reichsbahnbauarten	} Nach Seite 511
„ 2	Zusammenstellung der Hauptabmessungen der Einheitsloko- motiven und Reichsbahnbauarten	
„ 3–5	Zusammenstellungszeichnungen von Einheitslokomotiven und Reichsbahnbauarten, Bild 1–22	
Tafel 1	Lonormtafel 1: Einheitliche Benennung der Lokomotivteile. Gruppe: Kessel	} In Schlaufe am Schluß des Bandes
„ 2	Lonormtafel 2: Einheitliche Benennung der Lokomotivteile. Gruppe: Steuerung (Heusinger)	
„ 3	Schnitt einer 1' D 1' h 2 Güterzug-Tenderlokomotive, Bauart- reihe 86	
„ 4	Lonormtafel 4: Einheitliche Benennung der Lokomotivteile. Gruppe: Ausrüstung des Führerhauses	
„ 5	Lonormtafel 5: Einheitliche Benennung der Lokomotivteile. Gruppe: Blechrahmen mit Zubehör	
Sachverzeichnis		517

Verzeichnis der Bilder

		Seite
Bild	1. „Puffing Billy“, gebaut 1813	2
„	2. „Rocket“, gebaut 1829	3
„	3. Schnitt durch Kessel und Feuerbüchse der „Rocket“	4
„	4. Lokomotive „Adler“, gefahren zwischen Nürnberg und Fürth 1835	5
„	5. „Saxonia“, erste in Deutschland gebaute Lokomotive	5
„	6. Erste Borsig-Lokomotive, gebaut 1841	6
„	7. „Drache“ von Henschel, gebaut 1848	6
„	8. „Crampton“-Lokomotive von Maffei	8
„	9. 2'C3'-Stromlinienlokomotive Bauartreihe 61, gebaut 1939 von Henschel & Sohn	11
„	10. Anschriften am Führerhaus	13
„	11. Grundsätzlicher Aufbau eines Lokomotivkessels	41
„	12. Wärme im Dampf	47
„	13. Rauminhalt von Dampf bei verschiedenen Drücken	49
„	14. Wärmeinhalt des Dampfes und Wärmeausnutzung	51
„	15. Wirkungsweise der Kolbendampfmaschine mit Kurbeltrieb	65
„	16. Kolbendampfmaschine in Totpunktlage	66
„	17. Entwicklung der Zugkraft einer Dampflokomotive (tiefste Treib- zapfenstellung)	67
„	18. Entwicklung der Zugkraft einer Dampflokomotive (höchste Treibzapfenstellung)	68
„	19. Übersetzung in der Kraftübertragung während des Kolbenhubes	69
„	20. Arbeitsweise einer Volldruckdampfmaschine	71
„	21. Arbeitsweise einer Dampfmaschine bei Teilfüllung	72
„	22. Mittlerer Kolbendruck bei verschieden hohen Eintrittsdrücken ..	73
„	23. Arbeitsverlust durch Gegendruck	74
„	24. Zylinderfüllung und Austrittsspannung bei gleicher Dampfarbeit, aber verschieden hohen Eintrittsdrücken	75
„	25. Das Dampfdruckschaubild im Zylinder	77
„	26. Wirkungsweise der Verbundmaschine	83
„	27. Gleichstromdampfmaschine von Stumpf	84
„	28. Flachschieber in Mittelstellung	85
„	29. Schieberausschlag bei Totpunktlage des Kolbens	86
„	30. Schieberantrieb durch Gegenkurbel	87
„	31. Fehlerglied des Kurbeltriebes	88
„	32. Stellung der Gegenkurbel und Schieberwege bei der Füllung .	89
„	33. Schieberausschlag bei wechselnder Länge der Gegenkurbel ...	91
„	34. Stellung der Gegenkurbel und Schieberwege bei der Ausströmung ..	92
„	35. Kanalschieber	93

	Seite
Bild 36. Kolbenschieber mit äußerer Einströmung	94
„ 37. Kolbenschieber mit innerer Einströmung	95
„ 38. Zusammenhang zwischen den Steuerungspunkten im Dampfdruckschaubild und den Schieberstellungen	96
„ 39. Ersatz der Gegenkurbel durch Hubscheibe (Exzenter).....	97
„ 40. Füllungsänderung durch veränderliche Übersetzung	98
„ 41. Änderung des linearen Voreilens bei Änderung der Schwingenkurbellänge	99
„ 42. Wirkungsweise der Heusinger-Steuerung (Kolbentotpunkt).....	100
„ 43. Wirkungsweise der Heusinger-Steuerung (Mittelstellung des Kolbens)	102
„ 44. Heusinger-Steuerung für äußere Einströmung	103
„ 45. Versetzung der Gegenkurbel für Rückwärtsfahrt (Kolbentotpunkt)	104
„ 46. Versetzung der Gegenkurbel für Rückwärtsfahrt (Mittelstellung des Kolbens)	105
„ 47. Änderung der Fahrtrichtung (Umsteuerung) durch die Schwinge	106
„ 48. Heusinger-Steuerung für innere Einströmung	106
„ 49. Stephenson-Steuerung	107
„ 50. Steuerung von Gooch	108
„ 51. Steuerung von Allan	109
„ 52. Begrenzung für Fahrzeuge	111
„ 53. Doppellashennietung	113
„ 54. Lokomotivkessel	115
„ 55. Bodenanker	116
„ 56. Deckenstehbolzen	117
„ 57. Bügelankerstehbolzen	118
„ 58. Stehbolzen	119
„ 59. Rauch- und Heizrohre	120
„ 60. Große Waschluge	121
„ 61. Kleine Waschluge	122
„ 62. Eingeschweißtes Lukenfutter	122
„ 63. Befestigung der Rauchkammer am Langkessel mit Zwischenring	124
„ 64. Befestigung der Überhitzereinheiten am Dampfsammelkasten...	126
„ 65. Überhitzer für Lokomotiven mit langem Kessel	127
„ 66. Marcotty-Kipptür	129
„ 67. Aschkasten	132
„ 68. Regleranordnung	133
„ 69. Ventilregler Bauart Fritz Wagner & Co.	134
„ 70. Ventilregler Bauart Fritz Wagner & Co. — Einheitsbauart 1925	135
„ 71. Dampfleitungen am Zylinder	138
„ 72. Verstellbares Blasrohr	139
„ 73. Plattenfunkenfänger	140
„ 74. Funkenfänger Thomas	140
„ 75. Dampfstrahlpumpe (Einheitsbauart)	143
„ 76. Kesselspeiseventil und Feuerlöschstutzen	145
„ 77. Anordnung des Kesselspeiseventils am Speisedom	145

	Seite
Bild 78. Wasserstandanzeiger bei verschiedenen Stellungen	147
„ 79. Ausblasstellungen des Wasserstandanzeigers und Einsetzen eines Glases	148
„ 80. Klinger-Wasserstandanzeiger	149
„ 81. Ramsbottom-Kesselsicherheitsventil	150
„ 82. Schnitt durch das Ventilgehäuse des Ramsbottom-Ventils	151
„ 83. Hochhub sicherheitsventil (Coale)	152
„ 84. Ackermann-Kesselsicherheitsventil	153
„ 85. Dampfpeife der Einheitslokomotiven	155
„ 86. Druckluftläutewerk Knorr	156
„ 87. Dampfheizventil älterer Bauart nebst Sicherheitsventil	157
„ 88. Umschaltventil zur Dampfheizung	157
„ 89. Absperrhahn zur Heizleitung	158
„ 90. Dampfentnahmestutzen am Dom	159
„ 91. Vorderer Dampfentnahmestutzen der Lokomotiven Bauartreihe 01	160
„ 92. Speiswasserreiniger mit Winkelrost	161
„ 93. Topfförmiger Speiswasserverteiler	161
„ 94. Abschlammschieber Bauart Strube	163
„ 95. Anordnung der Abschlammschieber	164
„ 96. „Gestra“-Lokomotiv-Abschlammeinrichtung	165
„ 97. „Gestra“-Betätigungszylinder mit Membrankolben	166
„ 98. Pralltopf in der Schlammabflußleitung	167
„ 99. Röhrenfederdruckmesser	168
„ 100. Heißdampffernthermometer	169
„ 101. Anordnung der Speiswasservorwärmanlage	171
„ 102. Schnitt durch den Knorr-Vorwärmer mit geraden Rohren	172
„ 103. Vorwärmer mit geteilten Rohrwänden	173
„ 104. Speiswasserkolbenpumpe Bauart Knorr mit Schleppschieber- steuerung	174
„ 105. Steuerungsschaltbild der Speiswasserkolbenpumpe mit Schlepp- schiebersteuerung	175
„ 106. Deventer-Packung am ND-Zylinder der Speiswasserkolbenpumpe	177
„ 107. Schnitt durch die Verbundspeisepumpe Bauart Nielebock-Knorr	179
„ 108. Steuerungsschaubild der Nielebock-Knorr-Pumpe	180
„ 109. Tolkien-Steuerung der Verbundpumpe	182
„ 110. Geschnittene Knorr-Kesselspeise-Verbundpumpe mit Tolkien- Steuerung	185
„ 111. Anordnung des Stoßdämpfers an der Kesselspeise-Verbund- pumpe	186
„ 112. Anordnung der „Dabeg“-Lokomotivfahrpumpe	187
„ 113. „Dabeg“-Lokomotivfahrpumpe mit Einspritzvorwärmer	188
„ 114. Schaltbild der Vorwärmer-Speisepumpe Patent Heintl.	190
„ 115. Schwingenkurbel mit Vierkant	193
„ 116. Schwingenstange mit Hubscheibe	194
„ 117. Schlitzschwinde	195
„ 118. Taschenschwinde	196

	Seite
Bild 119. Aufhängung der Schieberschubstange mit Hängeeisen	197
„ 120. Schieberstangenkopf	198
„ 121. Äußere Steuerung und Triebwerk	199
„ 122. Kolbenschieber	201
„ 123. Kolbenschieberringe und Ringstoß	201
„ 124. Schnitt durch den Schieberkasten einer Einheitslokomotive	202
„ 125. Lentz-Steuerung älterer Bauart mit stehenden Ventilen	203
„ 126. Lentz-Steuerung neuerer Bauart mit liegenden Ventilen	204
„ 127. Lentz-Steuerung der ehemaligen österreichischen Bundesbahnen	205
„ 128. Zylinder einer Güterzuglokomotive	206
„ 129. Zylinderdeckel, Kolben, Zylindersicherheitsventil und Zylinder- ventil	209
„ 130. Kolbenringstoß	210
„ 131. Deck- und Dichtringe zur Kolbenstangenstopfbuchse	210
„ 132. Kolbenstangentragbuchse älterer Bauart	211
„ 133. Verstellbare Kolbenstangentragbuchse	212
„ 134. Druckausgleichventil alter Bauart	215
„ 135. Zylindersaugventil	216
„ 136. Stellungen des Anstellhahnes zum Zylindersaugventil	217
„ 137. Druckausgleicher mit Eckventilen	217
„ 138. Anstellhahn zum Druckausgleicher mit Eckventilen	218
„ 139. Vereinigtes Zylindersaug- und Druckausgleichventil	219
„ 140. Karl-Schulz-Schieber	220
„ 141. Kreuzkopf für einschienige Führung	222
„ 142. Kreuzkopfbolzen mit Fettschmierung	223
„ 143. Treibstangenköpfe und -lager	225
„ 144. Offener Kopf einer inneren Treibstange mit Keilverschluß	226
„ 145. Innere Treibstange mit Schnallenkopf	227
„ 146. Kuppelstange mit Buchsenlager	228
„ 147. Kuppelstange mit walzenförmigem Lager	229
„ 148. Stangenlagerschmiergefäße	230
„ 149. Treib- und Kuppelstangen mit Wälzlagern	231
„ 150. Verlauf der Zughakenkräfte bei einer Zwillingslokomotive wäh- rend einer Treibradumdrehung	232
„ 151. Verlauf der Zughakenkräfte bei einer Drillingslokomotive wäh- rend einer Treibradumdrehung	233
„ 152. Entstehen der Zuckbewegung einer Lokomotive	234
„ 153. Wirkung des Gegengewichtes im Treibrad	235
„ 154. Drehbewegung einer Lokomotive	236
„ 155. Einachsantrieb bei einer Drillingslokomotive mit geneigtem mittleren Zylinder	237
„ 156. Vierzylinder-Verbundlokomotive mit Einachsantrieb	237
„ 157. Vierzylinder-Verbundlokomotive mit Zweiachsantrieb	238
„ 158. Triebwerksanordnung bei einer Mallet-Lokomotive	239
„ 159. Zylinderanordnung einer Dreizylinderlokomotive	240

	Seite
Bild 160 a. Ableitung der Steuerungsbewegung für den Innenzylinder von den außen liegenden Steuerungen (Bauartreihe 58 ¹⁰⁻²¹)	241
„ 160 b. Ableitung der Steuerungsbewegung für den Innenzylinder von den außenliegenden Steuerungen (Bauartreihe 17 ²)	241
„ 161. Schwingenantrieb des Innenzylinders durch Hubscheibe	242
„ 162. Zylinderanordnung einer Vierzylinder-Verbundlokomotive	243
„ 163. Steuerung einer Vierzylinder-Verbundlokomotive mit gegenläufigem Triebwerk	244
„ 164. Anfahreinrichtung für Vierzylinder-Verbundlokomotiven	246
„ 165. Geschweißte Rahmenverbindung zwischen den Zylindern	249
„ 166. Mittlerer Zylinder als Rahmenverbindung und Rauchkammerträger	250
„ 167. Stehkesselträger	251
„ 168. Hintere Kesselauflagerung der Einheitslokomotiven	252
„ 169. Zugeinrichtung	253
„ 170 a. Abfederung des Zughakens (ältere Ausführung)	255
„ 170 b. Abfederung des Zughakens bei Einheitslokomotiven	255
„ 171. Hülsenpuffer mit Schneckenfeder	256
„ 172. Hülsenpuffer mit Ringfeder	257
„ 173. Kuppelkasten des Tenders	259
„ 174. Kupplung bei gegenseitiger Verschiebung von Lokomotive und Tender	260
„ 175. Kuppelkopf der Scharfenberg-Kupplung	261
„ 176. Radkörper eines Treibradsatzes	263
„ 177. Wirkungsweise des Gegengewichtes in den Rädern der Kuppelradsätze	264
„ 178. Radreifenbefestigung	265
„ 179. Auslauf eines Radsatzes aus der Krümmung ins gerade Gleis	265
„ 180. Vorgeschiedene Maße für Radsätze nach der BO	266
„ 181. Laufradsatz einer Lokomotive	268
„ 182. Treibradsatz einer Dreizylinderlokomotive (einfach gekröpfte Achse)	269
„ 183. Treibradsatz einer Vierzylinderlokomotive (zweifach gekröpfte Achse)	269
„ 184. Achslager mit unterer Abfederung	270
„ 185. Achslagerschale älterer Bauart	271
„ 186. Oberschmierung der Achslager	272
„ 187. Lokomotivachslager mit Druckumlaufschmierung Bauart Friedmann	273
„ 188. Treibachslager Bauart Obergethmann	274
„ 189. Treibachslager Bauart Mangold	274
„ 190. Achslagergleitplatte	275
„ 191. Achslagerführung, Stellkeil und Achsgabelsteg beim Blechrahmen	276
„ 192. Achslagerführungen beim Barrenrahmen	277
„ 193. Tragfederanordnung oberhalb und unterhalb der Achslager, Ausgleichhebel	278
„ 194 a. Dreieckfeder	279
„ 194 b. Geschichtete Dreieckfeder	279
„ 195. Nicken, Wogen und Wanken der Lokomotive	280

	Seite
Bild 196. Vierpunktaufhängung	282
„ 197. Dreipunktaufhängung	282
„ 198. Schlingern der Lokomotive	283
„ 199. Anlaufwinkel bei verschieden großem festen Achsstand	283
„ 200. Lokomotive mit zu großem festen Achsstand in der Krümmung	284
„ 201. Lokomotive mit seitenverschieblichen Kuppelradsätzen in der Krümmung (Bauart Gölsdorf)	284
„ 202. Klien-Lindner-Radsatz	285
„ 203. Luttermüller-Radsatz	286
„ 204. Einstellung des Lenkgestelles in der Krümmung	287
„ 205. Lenkgestell mit Federrückstelleinrichtung	288
„ 206. Lenkgestell mit Wiege und Pendelrückstelleinrichtung	289
„ 207. Adams-Achse	290
„ 208. Zweiachsiges Lokomotivdrehgestell	291
„ 209. Einstellung eines zweiachsigen Drehgestelles in der Krümmung	291
„ 210. Zweiachsiges Drehgestell neuerer Einheitslokomotiven	292
„ 211. Rückstelleinrichtung beim zweiachsigen Drehgestell	293
„ 212. Krauss-Helmholtz-Drehgestell	294
„ 213. Deichsellager des Krauss-Helmholtz-Drehgestelles	294
„ 214. Einstellung des Krauss-Helmholtz-Drehgestelles in Krümmungen	294
„ 215. Schwartzkopff-Eckhardt-Lenkgestell	295
„ 216. Lokomotive mit Schwartzkopff-Eckhardt-Lenkgestell (in der Krümmung)	296
„ 217. Einheitsschmierpumpe von Michalk	299
„ 218. Hochdruckpumpeneinheit der Michalkpumpe	300
„ 219. Hochdruckschmierpumpe Bauart Bosch-Reichsbahn	301
„ 220. Wirkungsweise der Bosch-Pumpe	302
„ 221. Tropfenanzeiger	303
„ 222. Ölsperre Bauart Woerner	304
„ 223. „Olva“-Membransperre	304
„ 224. De Limon-Schmierpumpe DK zur Luft- und Speisewasserkolbenpumpe	305
„ 225 a, b. Wirkungsweise der DK-Schmierpumpe	306
„ 226. Anordnung der Gasbeleuchtungseinrichtung an der Lokomotive	308
„ 227. Füllventil	308
„ 228. Sicherheitsventil am Gasbehälter	309
„ 229. Druckregler	309
„ 230. Anordnung der elektrischen Beleuchtungseinrichtung auf der Lokomotive	310
„ 231. Lichtmaschine Bauart AEG (Dampfturbine)	311
„ 232. Anordnung der Sandstreueinrichtung	313
„ 233. Sandstredüse Bauart Knorr	313
„ 234. Anstellhahn zum Druckluftsandstreuer Bauart Knorr	314
„ 235. Sandstreuer der Regelbauart	314
„ 236. Wirkungsweise des Geschwindigkeitsmessers	315
„ 237. Wasser- und Kohlenkasten	318

	Seite
Bild 238. Wasserentnahmeeinrichtung am Tender und Speisewasserkupplung	320
„ 239. Vierachsiger Einheitstender 2' 2' T 34	322
„ 240. Rahmen eines dreiachsigen Tenders	323
„ 241. Zughakenlagerung beim Tender mit Drehgestellen	324
„ 242. Zughakenlagerung beim Einheitstender mit Drehgestellen	325
„ 243. Unterseite des geschweißten Tenders 2' 2' T 34	325
„ 244. Tenderachslager	326
„ 245. Schmierpolster	327
„ 246. Tenderachslager mit Druckumlaufschmierung Bauart Friedmann	328
„ 247. Rollenlager für Tenderachsen	328
„ 248. Achs- und Federanordnung eines dreiachsigen Tenders	329
„ 249 a. Fachwerkdrehgestell eines Tenders	330
„ 249 b. Abstützung des Tenderrahmens auf dem Fachwerkdrehgestell	330
„ 250. Drehgestell der Einheitstender	331
„ 251. Abfederung der Drehgestelle der Einheitstender	332
„ 252. Vorratsbehälter bei Tenderlokomotiven	333
„ 253. Triebwerk einer Zahnradlokomotive für gemischten Reibungs- und Zahnradbetrieb	337
„ 254. Anordnung der Kohlenstaublokomotive der Bauart Stug	339
„ 255. Brausenbrenner der Kohlenstaublokomotive (Stug)	340
„ 256. Aufbau der Turbinenlokomotive von Krupp	343
„ 257. Aufbau des Kühltenders der Turbinenlokomotive von Krupp	343
„ 258. Wirkungsweise der Klotzbremse	346
„ 259. Doppelklotzbremse der schnellfahrenden Lokomotiven	347
„ 260. Zweiteiliger Bremsklotz	348
„ 261. Aufbau des Bremsgestänges eines Wagens	348
„ 262. Teil des Bremsgestänges von Bild 261	349
„ 263. Lokomotivbremsgestänge	352
„ 264. Wurfhebelbremse	354
„ 265. Grundsätzliche Wirkungsweise einer Druckluftbremse	355
„ 266. Grundsätzliche Wirkungsweise einer Saugluftbremse	356
„ 267. Grundsätzliche Wirkungsweise der nichtselbsttätigen Druckluft- bremse	357
„ 268. Grundsätzliche Wirkungsweise der selbsttätigen Druckluftbremse	357
„ 269. Grundsätzliche Wirkungsweise der Vereinigung der nichtselbst- tätigen mit einer selbsttätigen Druckluftbremse	358
„ 270. Zweikammer-Bremszylinder	359
„ 271. Wirkungsweise der zweistufigen Luftpumpe	362
„ 272. Zweistufige Luftpumpe mit Schleppschiebersteuerung	363
„ 273. Schaltbild der Doppelverbund-Luftpumpe Bauart Nielebock- Knorr	365
„ 274. Geschnittene Doppelverbund-Luftpumpe mit P-Steuerung	367
„ 275. Schaltbild der Knorr-Doppelverbund-Luftpumpe mit P-Steue- rung	369
„ 276. Druckregler für die Luftpumpe	370
„ 277. Anordnung der Druckluftbremse auf Lokomotive und Tender	372

	Seite
Bild 278 a, b. Drehschieber-Führerbremsventil Bauart Knorr	375/6
„ 279 a–f. Die verschiedenen Stellungen des Drehschieber-Führerbremsventils Bauart Knorr	377/9
„ 280. Leitungsdruckregler	380
„ 281. Schnelldruckregler	381
„ 282. Stellungen des Führerbremshebels des selbsttätigen Führerbremsventils	383
„ 283. Das selbsttätige Führerbremsventil Bauart Knorr	385
„ 284. Tropfbecher	388
„ 285 a. Zentrifugal-Staubfänger	388
„ 285 b. Schleuderfilter	388
„ 286. Luftabsperrrhahn mit Kegel	389
„ 287. Luftabsperrrhahn mit Kugelverschluß (Ackermann-Hahn)	390
„ 288. Kupplungsköpfe	390
„ 289 a–c. Schaltbild des Steuerventils der Knorr- und Westinghouse-Bremse	391/3
„ 290. G-P-Umstellhahn für Lokomotiven	394
„ 291. Leichtbremszylinder aus Stahl für Lokomotiven	395
„ 292. Löseventil	396
„ 293. Drehschieber-Führerbremsventil der Zusatzbremse	397
„ 294. Führerbremsbahn der Zusatzbremse	397
„ 295. Doppelrückschlagventil bei Einbau einer Zusatzbremse	398
„ 296 a. Sicherheitsventil in der Bremsleitung (alte Bauart)	399
„ 296 b. Sicherheitsventil in der Bremsleitung (neue Bauart)	399
„ 297 a–c. Schaltbild des schnellwirkenden Steuerventils der Westinghouse- und Knorr-Bremse	400
„ 298. Schnellwirkendes Steuerventil der Kpbr	401
„ 299. G-P-Wechselventil	402
„ 300 a–c. Druckverminderer für Tender	403/4
„ 301. Druckminderventil der selbsttätigen Tenderlastabbremung	406
„ 302. Bremse für schnellfahrende Lokomotiven	408
„ 303. Selbsttätige Lastabbremung für Tender schnellfahrender Lokomotiven	411
„ 304. Schaltbild der Kssbr der Lokomotiven der Bauartreihe 01 ¹⁰	412
„ 305. Notbremseinrichtung neuerer Ausführung für Personenwagen	414
„ 306. Notbremsventil neuerer Ausführung	414
„ 307. Bremszylinder der Kpbr mit Hilfsluftbehälter vereinigt	415
„ 308 a–c. Anordnung der Kunze-Knorr-Güterzugbremse	417
„ 309 a–c. Umstellhahn und Zwischenventil im Steuerventil der Kunze-Knorr-Güterzugbremse	419
„ 310 a, b. Schaltbild der Kunze-Knorr-Güterzugbremse	421
„ 311. Lastwechselschild	423
„ 312. Lastwechsel der Kunze-Knorr-Güterzugbremse	424
„ 313. Löseeinrichtung der Kunze-Knorr-Güterzugbremse	424
„ 314 a–c. Schaltbild der Kunze-Knorr-Personenzugbremse	426/8
„ 315 a–c. Schaltbild der Kunze-Knorr-Schnellzugbremse	430/2

	Seite
Bild 316. Reibungsabhängiger Bremsdruckregler	433
„ 317 a—c. Anordnung der Hildebrand-Knorr-Bremse	435/7
„ 318 a, b. Lastwechsel im Bremsgestänge	442
„ 319. Einfachbeschleuniger	444
„ 320. Koppelbeschleuniger	447
„ 321. Absperrschieber zur Gegendruckbremse	452
„ 322. Anordnung der Zugbeeinflussungseinrichtung auf der Lokomotive	454
„ 323. Grundsätzliches Schaltbild der induktiven Zugbeeinflussung ..	455
„ 324. Die zusätzlichen Druckluftbauteile der Zugbeeinflussung	458
„ 325. Tastenkasten der Zugbeeinflussungseinrichtung	460
„ 326. Aufzeichnungen des schreibenden Geschwindigkeitsmessers ...	462
„ 327. Ringhalle	465
„ 328. Rechteckhalle	465
„ 329. Drehscheibe mit durchlaufenden Trägern	466
„ 330. Lokomotiv-Gelenkdrehscheibe auf Betonfundament	467
„ 331. Lokomotiv-Gelenkdrehscheibe auf Schotterbett	467
„ 332. Halbversenkte Lokomotiv-Schiebebühne	468
„ 333. Lageplan einer Bekohlungs- und Ausschlackanlage	470
„ 334. Bekohlungsanlage mit feststehendem Drehkran	471
„ 335. Bekohlungsanlage mit Brückenkran und Kohlenbunker	471
„ 336. Ausschlackanlage mit Bockkran	472
„ 337. Ausschlackanlage mit Schlackensämpfen	472
„ 338. Wasserversorgungsanlage	474
„ 339. Wasserkran mit einfachem Ausleger	475
„ 340. Wasseraufbereitungsanlage nach dem Kalk-Soda-Verfahren ...	476
„ 341. Besandungsanlage	477
„ 342. Auswaschanlage	478
„ 343. Achssenke mit Hubtisch	480

Drei Schaltbilder der Hildebrand-Knorr-Bremse für Güterzüge nach Seite 436

Bildurhebernachweis

Berliner Maschinenbau-AG. vormalis L. Schwarzkopff (Bilder 54—57, 124, 128, 129, 168, 192, 215, 216, 235, 238), Borsig Lokomotiv-Werke GmbH. (Bilder 5, 6), Robert Bosch GmbH. (Bilder 219, 220), De Limon Fluhme & Co. (Bilder 224, 225), Fahrzeugbeleuchtung GmbH (Bild 231), Gustav F. Gerdts (Bilder 96—98), Henschel & Sohn (Bilder 7, 9, 60, 63, 66, 72, 91, 121, 143, 145—147, 254, 255), Rich. Klinger A.-G. (Bild 80), Knorr-Bremse A.-G. (Bilder 84, 86, 101—111, 134, 135, 272—320, 324, 325 und Schaltbildtafeln der Hkgrbr), Fried. Krupp A.-G. (Bilder 251, 256, 257), Kugelfischer (Bilder 149, 247), Maschinenbau und Bahnbedarf AG. (Bilder 117, 118, 202, 203), Metzeltin (Bild 1), Michalk (Bild 217), Reichsbahn-Lokomotivbild-Archiv (Bilder 4, 5, 8, 10), Fritz Wagner & Co. (Bild 70), Ziem, Glasers Annalen 1936 (Bilder 165, 239, 243).

Formelzeichen, Einheiten und Abkürzungen

%	vom Hundert	m/sec	Meter in der Sekunde
/	je 1, auf 1	km/h	Kilometer in der Stunde
°	Grad		
m	Meter	rd.	rund
km	Kilometer	z. B.	zum Beispiel
cm	Zentimeter	u. U.	unter Umständen
mm	Millimeter	d. h.	das heißt
cm ²	Quadratzentimeter	u. a.	unter anderem
l	Liter	z. T.	zum Teil
m ³	Kubikmeter		
h	Stunde	BO	Bau- und Betriebsordnung
min	Minute	Bw	Bahnbetriebswerk
t	Tonne	DV	Dienstvorschrift
kg	Kilogramm	FV	Fahrdienstvorschriften
mg	Milligramm = $\frac{1}{1000}$ Gramm	SB	Signalbuch
		SO	Schienenoberkante
kg/cm ²	Kilogramm auf ein Quadrat-	H	Heizfläche in m ²
	zentimeter	R	Rostfläche in m ²
at	Atmosphäre	p	Druck auf 1 cm ²
WS	Wassersäule	G	Gewicht in t
mkg	Meterkilogramm	G _R	Reibungsgewicht in t
PS	Pferdekraft	Σ	Summe
WE	Wärmeeinheit		

Erster Teil

Rückblick auf die Entwicklung der Dampflokomotive

A. Die ersten Dampflokomotiven

Für gewöhnlich werden das Jahr 1829 als das Geburtsjahr der Dampflokomotive und George Stephenson als ihr geistiger Vater angegeben. Beides stimmt nur bedingt, denn Dampflokomotiven wurden schon vor dieser Zeit gebaut, aber Stephenson entwickelte sie 1829 zu so großer Vollkommenheit, daß alle bis dahin bekannten Bauarten weit in den Schatten gestellt wurden.

Mit Pferden betriebene Bahnen auf eisernen Schienen gab es schon 1767, und da es gegen Ende des 18. Jahrhunderts gelungen war, Straßenfahrzeuge mit Dampfkraft zu betreiben, lag es nahe, derartige Fahrzeuge auch auf die Schienen zu setzen. Die erste Dampflok^{Erste Dampf-}omotive wurde 1804 von dem Engländer Trevithik gebaut; sie arbeitete bereits mit glatten Treibrädern, also Ausnutzung der Reibung zwischen Rad und Schiene. Bis 1808 baute Trevithik noch zwei weitere Lokomotiven, doch traf alle drei das gleiche Geschick: sie wurden nach kurzer Zeit aus dem Betriebe gezogen, weil sie für die damaligen Schienen zu schwer waren.

In den folgenden Jahren wurde die Entwicklung dadurch gehemmt, daß man allgemein annahm, die Reibung einer glatten Schiene genüge überhaupt nicht, um die zur Fortbewegung von mehreren Wagen erforderlichen Zugkräfte zu erreichen. Alle möglichen Versuche wurden gemacht, um die Reibung zu ersetzen. Zunächst nahm man aufgerauhte Radreifen, doch ergab sich hierbei ein untragbarer Verschleiß von Rad und Schiene. Darauf versuchte man es mit einer Zahnradlokomotive, dann mit einer Lokomotive, die sich mit Hilfe einer Trommel an einer längs der Strecke gespannten Kette fortbewegte, und endlich mit Gelenkstützen, die sich wie die Hinterbeine eines Pferdes gegen den Erdboden stemmten und die Lokomotive so fortbewegen sollten. Zum weiteren Fortschritt trug keiner dieser Versuche etwas bei.

Erst 1813 wies der Engländer Blakett durch Versuche nach, daß die Schienenreibung völlig ausreicht, um auch größere Anhängelasten zu befördern. Daraufhin erschien wieder eine Lokomotive mit glatten Rädern, die von Hedley gebaute „Puffing Billy“ (Bild 1), die als die erste brauchbare Lokomotive anzusehen ist. Sie arbeitete mit zwei stehenden Dampfzylindern über Schwinghebel und Treibstangen auf

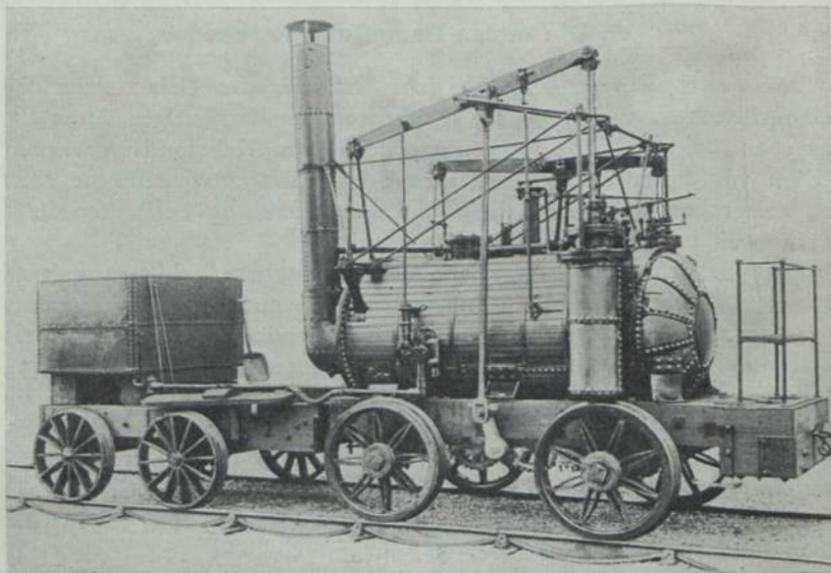


Bild 1. „Puffing Billy“, gebaut 1813

eine Blindwelle, die ein Zahnrad trug; dieses griff in weitere Zahnräder ein, die je auf einer Treibachse befestigt waren. Obwohl die „Puffing Billy“ viele Jahre in Betrieb gewesen ist, vermochte ihr Erbauer dem Lokomotivbau keinen stärkeren Anstoß zu geben.

Stephenson George Stephenson, geboren 1781 als Sohn eines einfachen Kohlenarbeiters, begann als Ingenieur eines Bergwerkes in Newcastle schon 1814 mit dem Bau einer Lokomotive. 1823 wurde er Ingenieur der Stockton-Darlington-Bahn, die 1825 als erste mit Dampf betriebene Bahn der Welt eröffnet wurde. Bis zu dieser Zeit hatte Stephenson bereits 16 Lokomotiven gebaut. Seine ersten Lokomotiven hatten

nur ein einziges, allerdings weites Flammrohr; die Heizfläche war jedoch zu klein und die Dampfentwicklung daher so schwach, daß nur geringe Geschwindigkeiten erreicht wurden. Es war daher eine wesentliche Verbesserung, als Séguin, der Direktor der französischen Bahn Lyon-St. Etienne, eine Lokomotive nach Stephen-

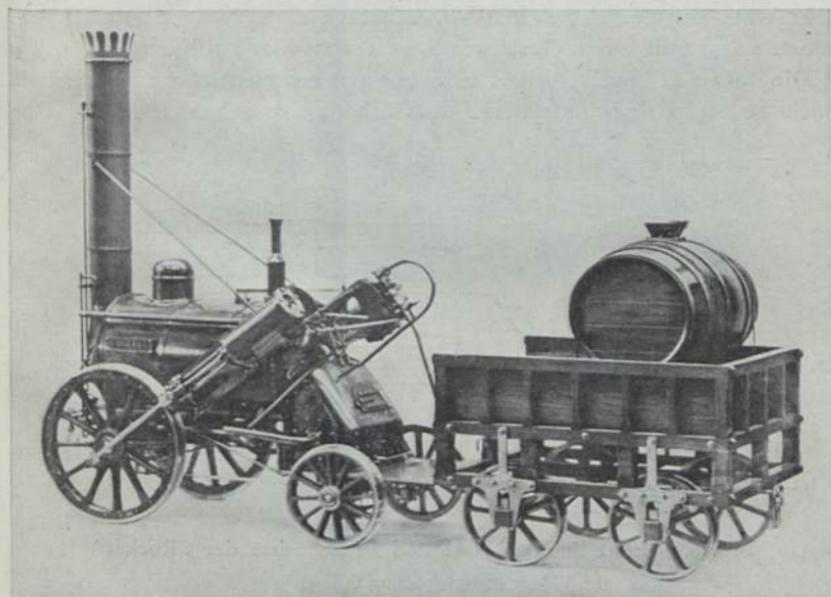


Bild 2. „Rocket“, gebaut 1829

sons Muster baute, bei der der Kessel nicht von einem großen Flammrohr, sondern von vielen engeren Heizrohren durchzogen wurde, somit eine größere Heizfläche erhielt, mit der größere Dampfmen gen erzeugt werden konnten. Da die Rauchgase in den engen Rohren einen stärkeren Widerstand fanden als bisher, genügte der natürliche Zug des Schornsteins nicht mehr, um die Rauchgase abzusaugen und so das Feuer anzufachen. Séguin erhöhte daher den Saugzug, indem er den Auspuffdampf in den Schornstein leitete (vgl. S. 42).

Alle diese Verbesserungen hatte Stephenson übernommen, als er sich an dem weltberühmten Wettbewerb am 8. Oktober 1829 be-

Der 8. Oktober 1829

teiligte, den die Manchester-Liverpool-Bahn veranstaltete, um für ihre 1830 zu eröffnende Bahn geeignete Lokomotiven zu bekommen. Von den vier an dem Wettbewerb beteiligten Lokomotiven konnte nur Stephenson's „Rocket“ (Bild 2) die gestellten Bedingungen erfüllen, nämlich das Dreifache des Eigengewichtes mit der Geschwindigkeit von 16 km/h zu ziehen. Stephenson's Versuchslokomotive, die 4,5 t wog, konnte am zweiten Versuchstage einen Wagen mit 30 Personen sogar mit einer Geschwindigkeit von 46,5 km/h ziehen.

Die „Rocket“ weist schon alle Hauptmerkmale auf, die wir noch heute an der modernen Dampflokomotive sehen (Bild 3): Be-

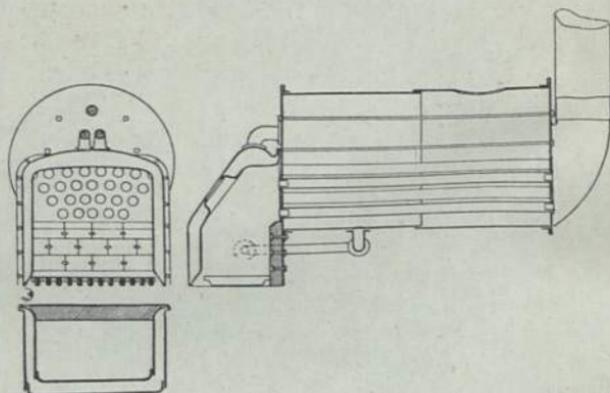


Bild 3. Schnitt durch Kessel und Feuerbüchse der „Rocket“

$$H = 12,8 \text{ m}^2, R = 0,56 \text{ m}^2$$

sondere wasserumspülte Feuerbüchse, Langkessel mit Heizrohren durchzogen und Feueranfandung durch den Auspuffdampf mit Hilfe des Blasrohres. Auch den unmittelbaren Kurbelantrieb sowie Abfederung des Rahmens auf den Achsen mit Stahltragfedern finden wir schon. Somit ist die „Rocket“ als die Stamm-mutter unserer heutigen Lokomotiven anzusehen. Bild 2 zeigt eine Außenansicht, Bild 3 einen Schnitt durch den Kessel.

Mit diesem Wettlauf begann gewissermaßen der Siegeszug der Eisenbahn über die ganze Erde. In Deutschland wurde die erste Eisenbahn zwischen Nürnberg und Fürth im Jahre 1835 eröffnet. Dann folgte Leipzig—Dresden 1836—1839, Berlin—Potsdam 1838.

Die Lokomotiven für die ersten deutschen Bahnen mußten noch

aus England bezogen werden, so z. B. „Adler“ für die Nürnberg-Fürther Bahn (Bild 4). 1838 konnte jedoch auf der Bahn Leipzig–

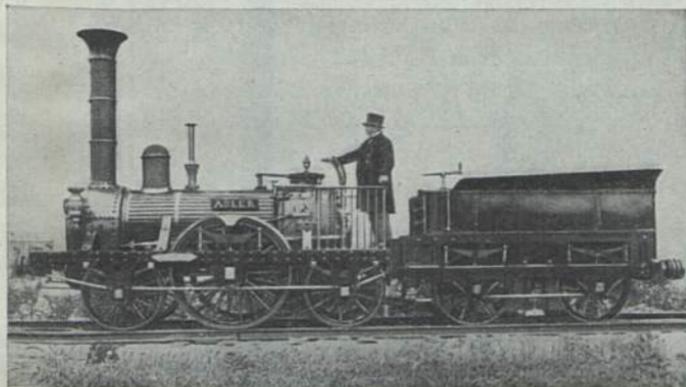


Bild 4. Lokomotive „Adler“, gefahren zwischen Nürnberg und Fürth 1835

Dresden die erste brauchbare deutsche Lokomotive eingesetzt werden; es ist die von der Aktienmaschinenfabrik Übigau bei Dresden

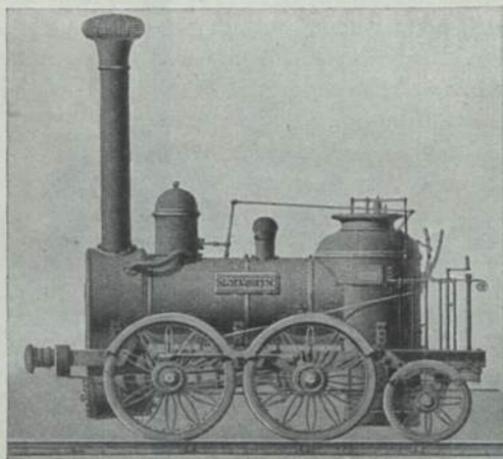


Bild 5. „Saxonia“, erste in Deutschland gebaute Lokomotive

$$H = 24,2 \text{ m}^2, R = 0,56 \text{ m}^2, p = 4,2 \text{ kg/cm}^2$$

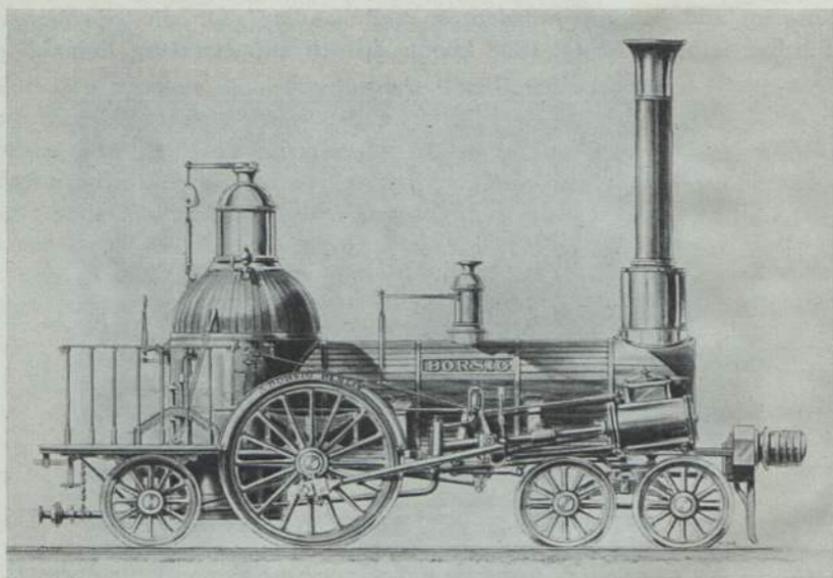


Bild 6. Erste Borsig-Lokomotive, gebaut 1841

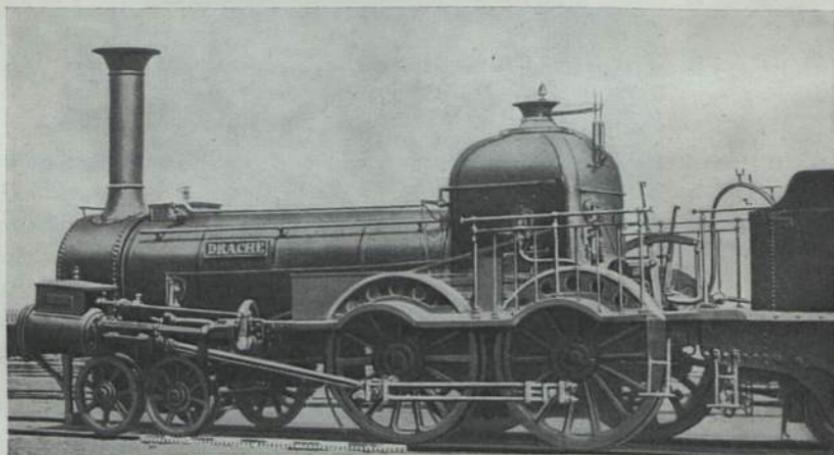


Bild 7. „Drache“ von Henschel, gebaut 1848

gebaute „Saxonia“ (Bild 5); ihr Kessel zeigt die von Amerika übernommene runde Feuerbüchse mit dem hohen Dampfraum, die später in Deutschland weit verbreitet war. Mit der weiteren Entwicklung der Eisenbahnen nahmen auch in Deutschland bald mehrere Fabriken den Bau von Lokomotiven auf: 1841 A. Borsig-Berlin (Bild 6), 1846 Egestorff-Hannover (später Hanomag), 1842 Maschinenfabrik Buckau in Magdeburg, 1848 Hartmann-Chemnitz und Henschel-Kassel (Lokomotive „Drache“, Bild 7). Diese Fabriken hielten sich zuerst an englische Vorbilder, gingen aber schon bald völlig eigene Wege.

B. Die Weiterentwicklung bis zur neuzeitlichen Dampflokomotive

Mit der Ausdehnung des Eisenbahnnetzes wurden die Ansprüche an Zugkraft und Geschwindigkeit größer, auch versuchte man bald, die Betriebskosten durch bessere Ausnutzung von Brennstoff und Dampf zu senken. Die Entwicklung, ausgehend von Stephenson's „Rocket“, war in großen Zügen folgende:

Zunächst vergrößerte man nur Antriebsmaschinen und Kessel. Dadurch wurde aber der Achsdruck für die damals üblichen schwachen Schienen zu groß, so daß starker Schienenverschleiß die Folge war. Als Abhilfe baute man eine dritte Achse ein, und zwar bei Lokomotiven für Personenzüge als Laufachse. Auch Lokomotiven, bei denen nach dem Vorschlag des Amerikaners Norris die beiden Laufachsen vorne zu einem Drehgestell vereinigt wurden, kamen frühzeitig auf, fanden jedoch in Europa wenig Anklang (Bild 6).

Güterzuglokomotiven nahmen eine andere Entwicklung. Wie wir später sehen werden (S. 67), ist die Zugkraft, die eine Lokomotive ausüben kann, von dem Druck abhängig, den die angetriebenen Achsen auf die Schienen ausüben. Bei Güterzuglokomotiven, bei denen erheblich größere Kräfte als bei Personenzuglokomotiven erforderlich sind, kam man bald mit einer einzelnen Treibachse nicht mehr aus. Man kuppelte daher eine oder mehrere Achsen durch Stangen, die an Kurbelzapfen angriffen, mit der Treibachse, weil dadurch ja das auf den angetriebenen Achsen ruhende Gewicht, das Reibungsgewicht, erhöht wird (Bild 5 und 7).

Kuppel-
achsen

1846 kam für Personenzuglokomotiven mit einer einzelnen angetriebenen Achse eine neue Bauart auf, die nach ihrem Erfinder

Crampton-
Lokomotive

genannte „Crampton“-Lokomotive*); sie war in Deutschland lange Zeit hindurch zu finden. Das Kennzeichen dieser Bauart (Bild 8) war, daß die Treibachse hinter die Feuerbüchse gesetzt wurde; sie konnte trotz niedriger Kessellage Räder mit großem Durchmesser erhalten (während heute eine hohe Kessellage erstrebt wird, hielt man früher eine tiefe Lage für wünschenswert). Diese Lokomotiven hatten einen für die damalige Zeit sehr ruhigen

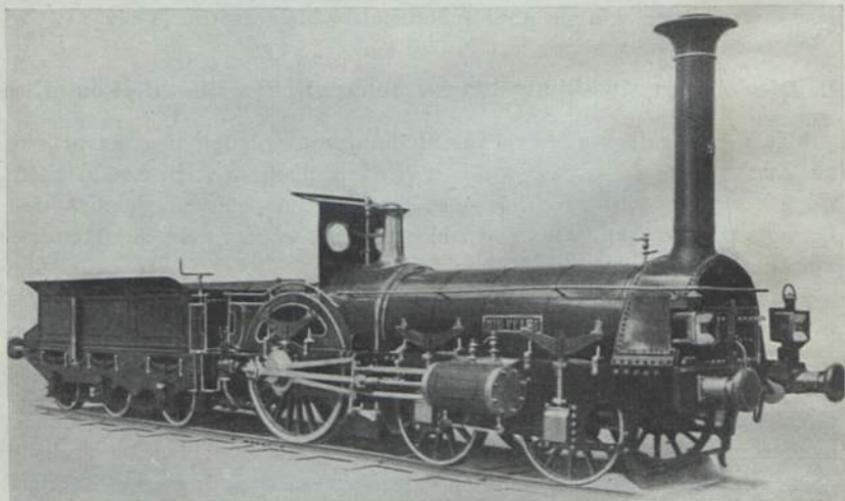


Bild 8. „Crampton“-Lokomotive von Maffei

Lauf, da die Zahl der Umdrehungen und Kolbenhöhe infolge des großen Treibraddurchmessers sehr gering war. Die „Crampton“-Bauart wurde besonders zur Beförderung leichter Züge mit großer Geschwindigkeit benutzt. Eine von Maffei gebaute „Crampton“-Lokomotive zeigt Bild 8.

Heute werden auch bei Personen- und Schnellzuglokomotiven die angehängten Lasten so groß, daß trotz der zugelassenen hohen Achsdrücke stets mehrere Kuppelachsen notwendig sind. Bei großen,

*) Siehe Gaiser, „Die Crampton-Lokomotive, besonders die deutschen Bauarten“, erschienen 1909. Vertrieb: Verkehrswissenschaftliche Lehrmittelgesellschaft Reinhold Rudolph, Leipzig.

leistungsfähigen Kesseln reichen diese aber nicht aus, um das ganze Lokomotivgewicht unterzubringen, so daß man außerdem noch Laufachsen einbauen muß; diese sind auch aus Gründen der Betriebssicherheit bei großer Geschwindigkeit notwendig. Laufachsen braucht man nicht so starr im Rahmen zu lagern wie die Antriebsachsen, sondern kann sie so anordnen, daß sie sich unter dem Rahmen seitlich verschieben und auch drehen können. Zwei Laufachsen vereinigt man meist zu einem Drehgestell, das sich unter dem Lokomotivrahmen ebenfalls drehen und seitlich verschieben kann. Infolge dieser Beweglichkeit sind auch die Lokomotiven großer Länge befähigt, scharfe Krümmungen ruhig und sicher zu befahren.

Laufachsen
und
Drehgestelle

Schon frühzeitig setzten Bestrebungen ein, den Brennstoff gut auszunutzen und den Dampfverbrauch herabzusetzen. Während die Heizgase der ersten Lokomotiven Stephensons noch mit über 400⁰ entwichen, konnte man sie 1842 infolge der Verlängerung der Kessel bereits bis unter 300⁰ ausnutzen. Um den Dampfverbrauch zu vermindern bzw. bei gleichbleibendem Dampfverbrauch größere Zugkräfte zu bekommen, wurden die Dampfdrücke erhöht, in Europa langsamer, in Amerika schneller. Schon 1836 wurden in Amerika Lokomotiven mit 8–9 kg/cm² Kesselüberdruck gebaut, während in Europa noch 3,5–4,1 kg/cm² üblich waren. Wie etwa die Entwicklung bei den deutschen Bahnen vor sich ging, zeigt die Zusammenstellung 1 auf S. 10.

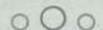
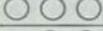
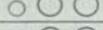
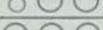
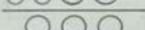
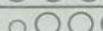
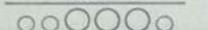
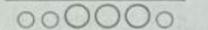
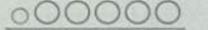
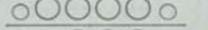
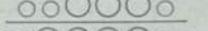
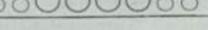
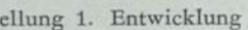
Kessel-
druck

Als ein Mittel, Dampf zu sparen, erwies sich auch die Einführung von Schiebersteuerungen mit Schwinge (siehe S. 98). Diese, ursprünglich nur gebaut, um die Dampfmaschine umsteuern zu können, gestatten, mit kleiner Dampfzuführung je Kolbenhub unter Ausnutzung der Dampfdehnung (siehe S. 71) zu fahren. Eine dieser Steuerungen, die Stephenson-Steuerung, wurde erstmalig 1842 gebaut. Die heute an den Lokomotiven der Reichsbahn übliche Steuerung von Heusinger von Waldegg stammt aus dem Jahre 1849.

Schwingen-
(Kulissen-)
Steuerung

Als die Kesseldrücke höher wurden, erkannte man, daß es Vorteile bringt, wenn man den Dampf nicht allen Zylindern mit vollem Druck zuführt und in ihnen ganz entspannt, sondern zuerst in dem einen Zylinder (Hochdruckzylinder) zu einem Teil, dann in dem zweiten (Niederdruckzylinder) weiter bis zur Drucklosigkeit arbeiten läßt. Die erste Lokomotive nach diesem Verfahren, die sogenannte Verbundlokomotive, wurde im Jahre 1876 von dem Schweizer Mallet gebaut.

Verbund-
wirkung

Baujahr	Achsanordnung vorn	Kesseldruck kg/cm ²	Achsdruck t	Heizfläche m ²
1835		3,3	6	18,2
40		4,5	8,5	42
44		6,3	8,25	68
45		7,0	7,3	80
53		7,14	13	98
63		7,14	12,33	113
67		8,5	13,13	100,5
74		10	12	100
75		12	14	125
91		12	14,35	125
1902		14	15,2	163
07		14	16,5	230
17		14	17,5	195
22		14	19	221
25		16	20	247
1938		20	20	289

Zusammenstellung 1. Entwicklung der deutschen Lokomotiven seit 1835

Einen gewaltigen Fortschritt in der Wirtschaftlichkeit der Dampflokomotive brachte zu Beginn des 20. Jahrhunderts die Einführung der Überhitzung des Dampfes, weil dadurch die Leistungen der Lokomotiven gesteigert und die Brennstoffkosten vermindert wurden.

Obwohl man schon lange Zeit versucht hatte, den aus dem Kessel kommenden Naßdampf zu überhitzen (siehe S. 55) bzw. wenigstens zu trocknen, gelang es doch erstmalig im Jahre 1898 dem Ingenieur Wilhelm Schmidt in Kassel, eine brauchbare Überhitzerbauart für Lokomotiven zu entwickeln, den sogenannten Rauchkammerüberhitzer. Dieser wurde seit 1904 durch den heute allgemein üblichen Rauchrohrüberhitzer verdrängt, der von demselben Erfinder stammt.

Eine Leistungssteigerung und Verminderung der Brennstoffkosten wurde auch durch die allgemeine Einführung der Speisewasservorwärmung durch Abdampf erreicht. Diese war in einfacher Form

schon früher vereinzelt angewendet worden, die Entwicklung einer betriebsbrauchbaren Form gelang aber erst nach der Jahrhundertwende.

Den erhöhten Geschwindigkeiten entsprechend mußte auch die Bremsen
Bremsen
Bremsen im Laufe der Zeit vervollkommen werden, damit die Betriebssicherheit gewahrt blieb. Ursprünglich waren nur Handbremsen vorhanden, die von besonderen Bremsern auf ein Zeichen

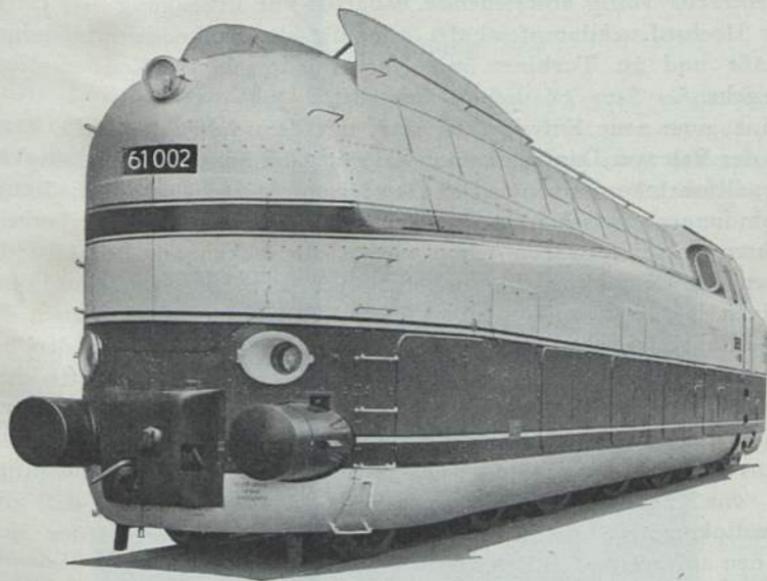


Bild 9. 2'C3' Stromlinienlokomotive Bauartreihe 61, gebaut 1939 von Henschel & Sohn

des Lokomotivführers in Tätigkeit gesetzt wurden. Dann kamen durchgehende Bremsen, die mit Hilfe eines über den ganzen Zug laufenden Seiles von der Lokomotive oder dem Packwagen aus in Tätigkeit gesetzt wurden. Jetzt ist auf großen Bahnen allgemein die selbsttätige Druckluftbremse eingeführt, bei der Reichsbahn sogar bei Güterzügen; sie wird vom Lokomotivführer bedient und tritt bei Zugtrennungen sofort von selbst in Tätigkeit.

Druckluft-
bremse

Um den heutigen Stand der Entwicklung zu kennzeichnen, sei auf die Daten der neueren Lokomotiven der Deutschen Reichsbahn verwiesen, die im Anhang 2 angegeben sind.

Auch heute ist die Entwicklung der Dampflokomotive noch keineswegs als beendet anzusehen. Abgesehen davon, daß die Geschwindigkeiten aller Züge immer höher und damit die eingebauten Leistungen immer größer werden, versucht man auch, sie weiter zu verbessern, indem man einerseits bei der alten Lokomotive Stephensonscher Bauart zu höheren Kesseldrücken übergeht (20 kg/cm^2), andererseits völlig abweichende Bauarten zur Erzeugung von Hoch- oder Höchstdruckdampf schafft, oder die alte Kolbendampfmaschine verläßt und zu Turbinen mit Dampfnierschlag (Kondensation) übergeht.

Eine ganz neue Entwicklung setzt mit dem Jahre 1933 ein, nämlich der Bau von Dampflokomotiven mit ganz hoher Geschwindigkeit (Schnellfahrlokomotiven). Den Forderungen nach schnellen Reiseverbindungen zwischen weit auseinanderliegenden Verkehrsknotenpunkten folgend, waren schon vorher die bekannten Schnelltriebwagen eingesetzt worden; mit ihnen sind nun auch die Dampflokomotiven in Wettbewerb getreten. Wie die Triebwagen sind auch die Schnellfahrlokomotiven in Stromlinienform ausgebildet, um den bei hohen Geschwindigkeiten besonders ins Gewicht fallenden Luftwiderstand herabzusetzen. Bild 9 zeigt die von Henschel gebaute Lokomotive der Bauartreihe 61, die einen Zug aus vier gleichfalls stromlinienverkleideten, leichten vierachsigen Wagen mit der Geschwindigkeit von 180 km/h zu ziehen vermag. Wir sehen also, daß die Dampflokomotive noch nicht veraltet ist und immer wieder sich den neu auftauchenden Betriebsaufgaben anpaßt.

Zweiter Teil

Einteilung, Nummerierung und Anschriften

A. Einteilung

Die Lokomotiven der Deutschen Reichsbahn sind eingeteilt in Betriebsgattungen. Das Betriebsgattungszeichen, an dem der Fachmann bereits die Haupteigenschaften einer Lokomotive ersehen kann, ist außen am Führerhaus angebracht; es besteht aus

Hoheitszeichen



Bild 10. Anschriften am Führerhaus

Buchstaben und Zahlen (Bild 10). Der Buchstabe kennzeichnet die Hauptgattung nach dem Hauptverwendungszweck, die Zahlen sagen etwas über die Achsanordnung und Stärke der Lokomotive aus.

Alle Regelspurlokomotiven, d. h. die mit der Regelspurweite von 1435 mm, werden entsprechend ihrem Hauptverwendungszweck nach folgenden Hauptgattungen unterschieden: Schnellzuglokomotiven —S—, Personenzuglokomotiven —P—, Güterzuglokomotiven —G—, Lokalbahnlokomotiven —L— und Zahnradlokomotiven —Z—.

In der Bauart ist die Schnellzuglokomotive gekennzeichnet durch den großen Durchmesser der Treib- und Kuppelräder, der erforderlich ist, damit auch bei hoher Geschwindigkeit die Drehzahlen in den für die Laufsicherheit erforderlichen Grenzen bleiben. Zur Hauptgattung der Schnellzuglokomotiven gehören alle Lokomotiven mit einem Treibraddurchmesser von 1800 mm und mehr sowie Geschwindigkeiten von 90 km/h und mehr; bis dahin reichen, abgesehen von einigen Ausnahmen, von 1500 mm aufwärts die Personenzuglokomotiven. Die Güterzuglokomotiven erhalten, abgesehen von einigen neueren Lokomotiven für den Güterschnellverkehr, kleinere Treibraddurchmesser, da einerseits die Geschwindigkeiten geringer sind, andererseits die Kolbenkräfte mit größerem Übersetzungsverhältnis wirken müssen, damit die größeren Zugkräfte erreicht werden (vgl. S. 69).

Die Unterscheidung nach Hauptgattungszeichen ist nicht ganz streng zu fassen; so gibt es Lokomotiven, die nach der vorstehenden Kennzeichnung zu den Personenzuglokomotiven rechnen, aber auch für den Schnellzugdienst geeignet sind, weil sie bei hohen Geschwindigkeiten noch ruhig laufen. Andere bauliche Merkmale spielen noch eine Rolle, die durch die oben angegebene Abgrenzung der Hauptgattungen nicht erfaßt werden. Ferner werden je nach den örtlichen Verhältnissen auch Lokomotiven für andere Dienste verwendet, als für die sie nach dem Hauptgattungszeichen bestimmt sind. Als Beispiel sei genannt, daß vielfach auf Nebenbahnen die Personenzüge von Güterzuglokomotiven befördert werden.

Haben die Lokomotiven einen Tender, so ist dies nicht weiter gekennzeichnet; bei Tenderlokomotiven wird dagegen dem großen Buchstaben des Betriebsgattungszeichens ein t angehängt. Man erhält dann als weitere Hauptgattungen: Schnellzug-Tenderlokomotiven —St—, Personenzug-Tenderlokomotiven —Pt— und Güterzug-Tenderlokomotiven —Gt—.

Besonders für den Verschiebedienst gebaute Lokomotiven fallen unter den Begriff der Güterzug-Tenderlokomotiven; zu diesem Dienst werden auch Lokomotiven anderer Gattungen herangezogen.

Schmalspurlokomotiven

Alle Schmalspurlokomotiven erhalten als Hauptgattungszeichen ein K, unabhängig davon, ob es sich um Spurweiten von 1000, 900, 785 oder 750 mm handelt, und unabhängig vom Verwendungszweck.

Die Zahlen im Betriebsgattungszeichen haben folgende Bedeu-

tung: Die erste Ziffer zeigt die Zahl der gekuppelten Achsen (Radsätze) an, die zweite die Zahl der vorhandenen Achsen. Die darauffolgende Zahl gibt den durchschnittlichen Achsdruck der angetriebenen Achsen in t an. Der durchschnittliche Achsdruck wird berechnet nach der Formel:

$$\frac{\text{Reibungsgewicht der betriebsfähigen Lokomotive}}{\text{Zahl der gekuppelten Achsen}}$$

35.17 heißt also: Es sind fünf Achsen vorhanden, davon drei miteinander gekuppelt, der mittlere Achsdruck der gekuppelten Achsen beträgt 17 t.

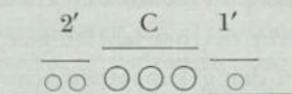
Aus dem Betriebsgattungszeichen kann man die größte Zugkraft am Zughaken der Lokomotive annähernd errechnen; diese ist abhängig von dem Reibungsgewicht (vgl. S. 67) und beträgt bei trockenen, glatten Schienen etwa $\frac{1}{5}$ davon. Bei dem oben angeführten Beispiel ist das Reibungsgewicht $3 \cdot 17$ t, mithin die größte Zugkraft, die die Lokomotive auszuüben vermag, $3 \cdot 17 \cdot \frac{1}{5} = 10,2 \text{ t} = 10\,200 \text{ kg}$.

Man kann die Lokomotiven noch nach anderen Gesichtspunkten in verschiedene Gruppen einteilen, und zwar unterscheidet man je nach Bauart des Kessels oder der Dampfmaschine: Heißdampflokomotiven und Naßdampflokomotiven, Lokomotiven mit einfacher und mit zweistufiger Dampfdehnung. Die Lokomotiven mit einfacher Dampfdehnung teilt man wieder je nach Zylinderzahl ein in Zwillings-, Drillings- und Vierlingsmaschinen, die mit zweistufiger Dampfdehnung in Zweizylinder-Verbund- und Vierzylinder-Verbund-Lokomotiven.

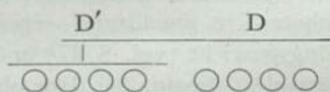
Einteilung
nach der
Bauart

Eine Kennzeichnungsweise, die auch die eben genannten Bauartunterschiede mit angibt, ist im Verein Mitteleuropäischer Eisenbahnverwaltungen (VMEV) üblich. Sie besteht zunächst aus einer Angabe über die Achsanordnung: von vorn beginnend wird die Zahl der vorderen Laufachsen mit Ziffern genannt, dann die Zahl der Treib- und Kuppelachsen mit großen lateinischen Buchstaben (A — eine, B — zwei usw. gekuppelte Achsen), zuletzt die Zahl der hinteren Laufachsen wieder mit Ziffern. Sind Achsen vorhanden, die nicht im Hauptrahmen gelagert sind, sondern unabhängig von diesem in einem besonderen Gestell (Adamsachse, Bisselachse, Laufachse des Krauss-Helmholtz-Drehgestells, Laufachsen der anderen Drehgestelle, Treibgestelle mit einer oder mehreren Treibachsen),

so werden die Kennzeichen dieser Achsen mit einem Beistrich versehen. 2'C1' bedeutet also: Vorn zwei Laufachsen in einem Drehgestell, dann 3 gekuppelte Achsen im Haupttrahmen, hinten eine Laufachse als Adams- oder Bisselachse.



D'D bedeutet: Vorn ein Treibgestell mit 4 gekuppelten Achsen, dann 4 gekuppelte Achsen im Haupttrahmen gelagert.



Weiter folgt nach diesem Bauartkennzeichen die Angabe, ob die Lokomotive mit Naßdampf —n— oder mit Heißdampf —h— arbeitet, wieviel Zylinder sie hat — 2, 3 oder 4 —, und das Zeichen v, sofern es sich um eine Verbundlokomotive handelt. h4v bedeutet also: Heißdampf-Vierzylinder-Verbundlokomotive. Bei einer derartigen Lokomotive, mit der Achsanordnung 2'C1' gebaut, würde nunmehr das ganze Bauartkennzeichen lauten: 2' C 1' h 4 v.

B. Nummerung

In den ersten Entwicklungsjahren erhielten alle Lokomotiven einen Namen. Mit dem größer werdenden Lokomotivpark war damit eine übersichtliche Kennzeichnung nicht mehr möglich, und die Länderbahnen gingen dazu über, ihren Lokomotiven Betriebsnummern zu geben. Als die Länderbahnen auf die Reichsbahn übergegangen waren, wurden alle Lokomotiven nach einheitlichen Gesichtspunkten neu genummert.

Die neue Betriebsnummer setzt sich zusammen aus einer Stammnummern zweistelligen Stammnummer und, durch einen Zwischenraum von ihr getrennt, einer drei- oder vierstelligen Ordnungsnummer (Bild 10). Die Stammnummern sind auf die Gattungen nach folgendem Plan verteilt:

Gattung	S	P	G	St u. Pt	Gt	Z	L	K
Stammnummer	01—19	20—39	40—59	60—79	80—96	97	98	99

Bei den Einheitslokomotiven — unter dieser Bezeichnung Einheitslokomotiven werden die Lokomotiven verstanden, die nach Zusammenschluß der Länderbahnen in der Deutschen Reichsbahn nach einheitlichen Gesichtspunkten und unter Verwendung möglichst vieler einheitlicher Bauteile gebaut werden — und sonstigen Reichsbahnbauarten*) ist im allgemeinen für die Nummerung maßgebend die Betriebsgattung und die Bauart. Lokomotiven mit gleichem Betriebsgattungszeichen erhalten also verschiedene Stammnummern, wenn sie in der Bauart verschieden sind. So hat die Reichsbahn z. B. zwei Einheits-Güterzuglokomotiven mit dem Betriebsgattungszeichen G 56.20, nämlich die Lokomotiven mit den Stammnummern 43 und 44, die folgende Bauartkennzeichen haben:

Bauart 43 1' E h 2

Bauart 44 1' E h 3

Sonderlokomotiven, die gebaut werden, um technische Neuerungen zu erproben, erhalten einen entsprechenden Zusatz vor der Stammnummer, z. B. T = Turbinenlokomotive Sonderlokomotiven
H = Hochdrucklokomotive.

Die Lokomotiven der früheren Länderbahnen (Länderbauarten) Länderbauarten sind innerhalb dieses Stammnummernplanes so geordnet, daß Lokomotiven mit gleicher Achsanordnung und gleicher Hauptgattung auch dieselben Stammnummern erhalten, unabhängig von ihrer sonstigen Bauart; beispielsweise haben alle Schnellzuglokomotiven der früheren Länderbahnen mit der Achsanordnung 2' C 1' die Stammnummer 18. Bei diesen Lokomotiven werden die drei- oder vierstelligen Ordnungsnummern dazu benutzt, die bei gleicher Achsanordnung Ordnungsnummern verschiedenen Bauarten zu kennzeichnen, indem man diesen bestimmte Tausender- oder Hunderterreihen (bei Schmal-

*) Mit Reichsbahnbauarten werden die Bauarten bezeichnet, die nicht im Vereinheitlichungsbüro entwickelt, sondern zu Versuchszwecken als Vorläufer zu künftigen Einheitsbauarten von einzelnen Firmen durchgebildet und in geringer Stückzahl gebaut wurden.

spurlokomotiven auch Zehnerreihen) zuteilt. Die Tausenderreihen werden zur Abkürzung nur mit den beiden ersten Ziffern angegeben, die Hunderterreihen mit der ersten Ziffer; 10–30 bedeutet die Reihen mit den Zahlen 1001–3099, 0–2 die Reihen mit den Zahlen 001–299. Fügt man diese abgekürzten Reihenbezeichnungen der Stammnummer an, so erhält man ein Kennzeichen für die Unterbauarten der in einer Stammnummer zusammengefaßten

Bauart- Lokomotiven, die sogenannte Bauartreihe.

reihe

Beispiel: Die Betriebsgattung P 35.17, alte preußische P 8, erhält wie alle 2 C-Personenzuglokomotiven die Stammnummer 38. An Ordnungsnummern sind dieser Bauart zugeteilt die Tausenderreihen 10–40, das sind die Nummern 1001–4099. Die Bauartreihe der P 8 heißt somit 38^{10–40}.

Die Ordnungsnummern zählten ursprünglich bei den regelspurigen Einheitslokomotiven der Deutschen Reichsbahn von 1 an; so hat die erste 01-Lokomotive die Nummer 01 001. In letzter Zeit ist man aber auch bei den Einheitslokomotiven dazu übergegangen, Abweichungen in der Bauart durch Zuweisung bestimmter Hunderter- oder Tausenderreihen zu kennzeichnen, z. B. die Reihe 01¹⁰ für die 01-Lokomotive mit drei Zylindern. Bei den Schmalspurlokomotiven, die alle die Stammnummer 99 erhalten, sind bestimmte Hunderterreihen von vornherein den verschiedenen Spurweiten zugewiesen.

Ein Verzeichnis der Einheitslokomotiven und Reichsbahnbauarten ist im Anhang 1 enthalten; Anhang 2 gibt deren Hauptabmessungen, Anhang 3–5 Zusammenstellungszeichnungen eines großen Teiles dieser Lokomotiven. Tafel 3 zeigt einen Schnitt durch eine Einheitslokomotive.

C. Anschriften

In der Eisenbahn-Bau- und -Betriebsordnung (abgekürzt BO), die alle Bestimmungen für die dem allgemeinen Verkehr dienenden Eisenbahnen Deutschlands enthält, schreibt der § 36 vor:

(3) Lokomotiven und Triebwagen müssen folgende Anschriften tragen:

- a) den Namen der Eigentumsverwaltung,
- b) die Betriebsnummer oder den Namen,

- c) den Namen des Herstellers, die Fabriknummer und das Jahr der Herstellung,
- d) die größte zulässige Geschwindigkeit,
- e) Angaben über die letzte Untersuchung je am Fahrgestell und Kessel,
- f) die Art der Bremse.

(4) Tenderlokomotiven und Triebwagen tragen außerdem folgende Anschriften:

a) das Bremsgewicht für die durchgehende Bremse, an Fahrzeugen mit verschiedenen Bremsstellungen das Bremsgewicht für jede Bremsstellung (vgl. S. 449).

b) das Gesamtgewicht, bei Tenderlokomotiven mit $\frac{2}{3}$, bei Triebwagen mit vollen Vorräten.

(5) Tender müssen folgende Anschriften tragen:

a) die Betriebsnummer oder den Namen,

b) den Namen des Herstellers, die Fabriknummer und das Jahr der Herstellung,

c) das Bremsgewicht für die durchgehende Bremse für Lokomotive und Tender zusammen, an Fahrzeugen mit verschiedenen Bremsstellungen das Bremsgewicht für jede Bremsstellung,

d) das Gesamtgewicht von Lokomotive und Tender mit $\frac{2}{3}$ Vorräten.

An Tenderlokomotiven und Tendara müssen außerdem der Inhalt der Wasserkästen in Kubikmeter und die Fassung des Kohlenraumes in Tonnen angeschrieben sein.

Darüber hinaus erhalten die Lokomotiven der Reichsbahn noch folgende Beschriftung:

1. Namen der Reichsbahndirektion und der Heimatdienststelle (Bw),
2. Betriebsgattungszeichen,
3. das Zeichen \triangle , wenn einzelne Teile die zulässige Umgrenzungslinie für Fahrzeuge nach der BO überschreiten. $\overline{\triangle}$ bedeutet, daß der Schornsteinaufsatz abgenommen werden kann, und die Lokomotive dann innerhalb der genannten Umgrenzungslinie bleibt,
4. Zeitpunkt der letzten Untersuchung der Druckluftbremse,
5. das Zeichen $\leftarrow \uparrow \rightarrow$ am Pufferträger, wenn die Lokomotive im Ausbesserungswerk genau vermessen und berichtigt wurde,

6. einen roten Punkt neben dem Betriebsgattungszeichen, wenn die Lokomotive mit einer Stahlfeuerbüchse ausgerüstet ist,

7. ein rotes H, wenn die Lokomotive unter Verwendung von Heimstoffen (vgl. S. 31) gebaut wurde.

Ferner sind alle Handgriffe und Bedienungshebel gekennzeichnet; auch tragen die verschiedenen Hilfsmaschinen und Behälter weitere Anschriften, die sich teils auf die Bedienung beziehen, teils zur Überwachung der Untersuchungsfristen dienen.

Dritter Teil

Stoffkunde

A. Die Betriebsstoffe des Lokomotivdienstes

Die wichtigsten Stoffe des Lokomotivdienstes sind Brennstoff, Wasser und Schmieröl.

1. Die Brennstoffe

Als Brennstoffe für Lokomotiven kommen in Frage: Kohle, Torf, Holz und Öl. Am besten ist für eine ortsbewegliche Maschine, die ihren Brennstoffvorrat mit sich schleppen muß, der Brennstoff geeignet, der auf die Gewichtseinheit bezogen den größten Heizwert (siehe S. 43) hat. Von diesem Gesichtspunkt aus ist an erster Stelle das Heizöl zu nennen, das einen Heizwert von etwa ^{Heizöl} 10 000 WE/kg hat. Heizöl ist entweder natürliches Rohöl, wie es aus der Erde kommt, oder aus einem solchen durch Erhitzen der leichtsiedenden Bestandteile (Benzin) gewonnen. Bei der Verwendung von Heizöl ergeben sich noch folgende Vorteile: die Übernahme des Brennstoffvorrates geht leichter und schneller vonstatten als bei festem Brennstoff, die Bedienung der Feuerung ist sehr leicht, da das Öl dem Brenner selbsttätig zugeführt wird, der Heizer also keine körperliche Arbeit wie bei Kohle zu leisten hat, und schließlich läßt sich die zu verbrennende Ölmenge fast augenblicklich der wechselnden Kesselbelastung anpassen. Das Vorkommen an Erdöl ist in Deutschland aber nicht so groß, daß es für die Lokomotivfeuerung in Frage kommt; ausländisches Öl zu verfeuern verbietet sich mit Rücksicht auf die heimische Kohlenindustrie und die hohe Frachtbelastung, die darauf ruht.

Als wichtiger deutscher flüssiger Brennstoff ist das Stein- ^{Stein-}_{kohlen-} ^{tee-}_{eröl} zu nennen. Es wird aus Steinkohlenteer durch Abdestillieren der niedrig siedenden Bestandteile (Benzol) gewonnen und hat einen Heizwert von rd. 9000 WE/kg. Wegen seines hohen Preises gegenüber der Kohle kommt es aber ebenfalls als Lokomotivbrennstoff im allgemeinen nicht in Frage.

Feste Brennstoffe Die wichtigsten festen Brennstoffe sind Holz, Torf, Braunkohle und Steinkohle; sie kommen in großen Mengen in Deutschland vor. Torf, Braunkohlen und Steinkohlen sind entstanden aus Pflanzen, die vor Urzeiten auf der Erde üppig wucherten und dann, durch gewaltige Erdkatastrophen verschüttet, unter ungeheurem Druck, teilweise auch bei hoher Temperatur, allmählich vermoderten (verkohlten). Der Torf ist der jüngste der genannten Brennstoffe, die Steinkohle der älteste. Mit dem Alter sinkt der Gehalt an gasförmigen Bestandteilen, weil diese im Laufe der Zeit in Form von Grubengas entwichen sind, und steigt der Heizwert, wie aus der Zusammenstellung auf S. 43 zu entnehmen ist. Holz und Torf sind wegen ihres geringen Heizwertes wenig geeignet und werden deshalb nur bei Feld- oder Waldbahnen verwendet. Die Verfeuerung von Rohbraunkohlen in der Lokomotive verlohnt sich nur in der Nähe des Gewinnungsortes selbst und scheidet daher für den regelrechten Eisenbahnbetrieb aus. Auch Braunkohlenbriketts machen in der Lokomotivfeuerung viel Schwierigkeiten, eignen sich vor allem nicht für größere Kesselbelastungen, so daß sie als normaler Brennstoff für Lokomotiven ausscheiden. Nur in Staubform (siehe S. 337) läßt sich die Braunkohle in der Lokomotive mit günstigem Wirkungsgrad und in hinreichender Menge in der Feuerbüchse der Regelbauart verbrennen.

Der Brennstoff, der in unserem Lokomotivbetrieb fast ausschließlich verwendet wird, ist die Steinkohle.

Steinkohle Steinkohle wird unterschieden: 1. nach ihrem Herkunftsort, 2. nach ihrem Verhalten beim Verbrennen und 3. ohne Rücksicht auf ihre Eigenschaften nach der Stückgröße.

Die wichtigsten Steinkohlengewinnungsorte in Deutschland sind: Westfalen, Oberschlesien (O/S), Niederschlesien (N/S), Saargebiet, Sachsen und Bayern. Das sich bis zum Niederrhein erstreckende sogenannte Rheinisch-Westfälische Kohlenrevier ist das bei weitem größte.

Brenneigenschaften Die Brenneigenschaften einer Kohle sind abhängig vor allem von dem Gehalt an flüchtigen (gasförmigen) Teilen, die beim Aufwerfen auf den Rost zuerst entweichen. Gasreiche Kohlen geben eine lange Flamme und brennen leicht an, gasarme geben eine kurze Flamme und entzünden sich schwer.

Die jüngste Kohle hat 45–50 % flüchtige Teile, doch ist in den Gasen noch viel Kohlensäure enthalten, so daß die Flamme zwar

lang, aber matt ist. Diese Kohle backt gar nicht zusammen und zerfällt leicht im Feuer; sie wird Sandkohle genannt. Da die Luft Sandkohle stets gut durch die Brennstoffschicht streichen kann, ist ein Luftmangel nicht zu befürchten. Gewinnungsort in Deutschland ist Niederschlesien.

Dem Alter nach folgt die Flammkohle aus der Saar und dem Flammkohle Oberschlesischen Kohlenrevier; sie hat 40—45 % Gasgehalt, brennt schnell durch und backt wenig zusammen, so daß die Luft wenig Widerstand findet.

Gaskohle mit 35 % flüchtigen Teilen liefert vor allem das Gaskohle Rheinisch-Westfälische Revier; sie brennt mit kürzerer, stark leuchtender Flamme, backt aber zu großen, festen Kuchen zusammen und brennt nur langsam durch.

Flammkohle und Gaskohle sind die Brennstoffe, die sich am besten zur Lokomotivfeuerung eignen.

Kohle mit etwa 20—30 % flüchtigen Teilen heißt Eßkohle; sie Eßkohle kommt im Rheinisch-Westfälischen Revier vor, backt nur wenig zusammen und brennt mit kurzer, heller Flamme. Je geringer ihr Gasgehalt, um so weniger eignet sie sich zur Lokomotivfeuerung.

Kohle unter 18 % Gasgehalt, sogenannte Magerkohle, ist zur Magerkohle Verfeuerung in Lokomotiven ungeeignet, dagegen gut verwendbar für ortsfeste Anlagen. Die bei der Förderung und Aufbereitung anfallende Magerfeinkohle findet schwer Absatz. Man stellt aus ihr daher unter Zusatz von Steinkohlenteerpech die Steinkohlen- Steinkohlen- briketts her, die in der Feuerbüchse gut brennen; ihr Heizwert briketts liegt nur wenig unter dem der Steinkohlen.

Während die bisher genannten Kohlsorten Heizwerte von rd. 7000—7500 WE haben, liegen die Werte für die sächsischen Steinkohlen darunter, die der bayrischen Kohlen, die eine gewisse Ähnlichkeit mit Braunkohlen haben, erheblich niedriger. Das bayrische Kohlenvorkommen hat nur örtliche Bedeutung.

Nach der Aufbereitung und Stückgröße unterscheidet man:

Förderkohlen — ein Gemisch der verschiedensten Korngrößen, wie eben die Kohlen aus der Grube kommen —,

abgesiebte Förderkohlen — sie sind über ein Sieb gelaufen, so daß die feinkörnigen Bestandteile entfernt sind —,

Stück-, Würfel-, Nuß-, Gieß- und Staubkohlen — je nach der Korngröße —,

melierte Kohlen — Förderkohlen, bei denen der Anteil an Stückkohlen einen bestimmten Betrag haben muß —.

Für Lokomotivfeuerung werden von der Reichsbahn folgende Korngrößen bezogen:

	Rhein.-Westf.	O/S	N/S	Saar	Sächs. Revier
abgesiebte Förderkohlen			über 30 mm		
Stückkohlen	über 80 mm	über 80 bis 130 mm*	über 100 bis 150 mm	über 80 mm	über 50 bis 75 mm
Würfelpkohlen		etwa zwischen 70 u. 100 mm	etwa zwischen 60 u. 100 mm		
Nußkohlen	zwischen 50 u. 80 mm	etwa zwischen 35 u. 70 mm	etwa zwischen 35 u. 60 mm		
bestmelierte Kohlen	mind. 50 ⁰ / ₀ Stücke				

* Die Mindestkorngrößen sind bei den einzelnen Gruben verschieden.

Die Kohlen in Größe der Würfelpkohlen eignen sich am besten für den Lokomotivrost; sie lassen genügend Luftspalten im Brennstoffbett und brennen gut durch. Kohlen größerer Abmessungen brennen schlecht durch, weil in das Kohleninnere keine Luft dringen kann; sie sollen daher vor dem Aufwerfen zerkleinert werden. Kohlen geringerer Korngrößen liegen zu dicht, lassen weniger Luft durch und neigen daher zu unvollkommener Verbrennung. Feinkohlen dürfen vor allen Dingen nicht in größerer Menge auf eine Stelle geworfen werden, weil sie sonst erst nach längerer Zeit durchbrennen, im ersten Augenblick aber das Feuer ersticken; sie dürfen nur in dünner Schicht über den Rost gestreut werden.

2. Das Lokomotivspeisewasser

Das Lokomotivspeisewasser wird aus Seen, Flüssen und Quellen (Oberflächenwasser) oder Brunnen entnommen. Wasser ist niemals ganz rein, sondern enthält andere Stoffe, entweder mechanisch beigemengt wie Sand, Ton, zersetzte Pflanzen- und Kleintier-

bestandteile oder in gelöstem Zustande wie Sauerstoff, Kohlensäure und Salze der Metalle, mit denen das Wasser auf seinem Wege in Berührung kommt, wie z. B. des Kalziums, des Magnesiums und des Eisens.

Die mechanischen Beimengungen können zum großen Teil durch Filter beseitigt werden; die gelösten Gase und Salze sind dagegen bedeutend unangenehmer, weil sie nicht so leicht zu entfernen sind und, wenn sie in den Kessel gelangen, Störungen hervorrufen. Die gelösten Gase, insbesondere Sauerstoff und Kohlensäure, begünstigen überall da, wo sich Gasblasen ansetzen können, das Anrosten. Anrostungen und Anfressungen an den Kesselblechen verursachen Unterhaltungskosten oder machen den Kessel frühzeitig unbrauchbar.

Durch die Menge der gelösten Kalzium- und Magnesiumverbindungen in 1 l, die man durch chemische Untersuchung feststellt, wird die Härte gekennzeichnet, die der hauptsächlichste Wertmesser für die Eignung eines Wassers zu Kesselspeisezwecken ist. Man gibt die Härte in Graden an, und zwar entsprechen 10 mg Kalziumoxyd (Verbindung des Kalziums mit Sauerstoff) oder 7,19 mg Magnesiumoxyd (Verbindung des Magnesiums mit Sauerstoff) in 1 l Wasser einem deutschen Härtegrad (1° d).

Man unterscheidet vorübergehende und bleibende Härte. Die vorübergehende Härte besteht aus dem Gehalt an Kalzium- und Magnesiumverbindungen mit Kohlensäure; diese geben bei Erwärmung des Kesselwassers Kohlensäure ab und gehen in fast unlösliche Verbindungen über, die als Kesselschlamm ausgeschieden werden. Die entstehenden schwerlöslichen Verbindungen heißen Karbonate, weshalb man die vorübergehende Härte heute meist mit Karbonathärte bezeichnet. Der Schlamm kann sich, wenn er nicht rechtzeitig entfernt wird, festsetzen und den Wasserumlauf stören, auch zu Anfressungen am Bodenring und an den unteren Stehbolzenreihen Anlaß geben.

Die bleibende Härte besteht aus Kalzium- und Magnesiumsalzen anderer Säuren; sie scheiden sich nicht schon bei der Erwärmung ab, sondern fallen erst in Form von Kristallen aus, wenn durch Verdampfen des Wassers der Zustand der Sättigung überschritten ist. Die Kristalle lagern sich auf den heißeren Stellen, wie Feuerbüchse und Rohren, als fester Belag (Kesselstein) ab, durchsetzen auch den Kesselschlamm und verkitten ihn ebenfalls zu Kesselstein. Meistens

besteht die bleibende Härte aus Schwefelverbindungen (Sulfaten) und Salzsäureverbindungen (Chloriden), und zwar zur Hauptsache aus dem schwefelsauren Salz des Kalziums (Gips), das einen schwer zu entfernenden, harten Kesselstein ergibt. Das häufig vorkommende Magnesiumchlorid ist auch in geringer Menge äußerst schädlich, weil es bei der Erwärmung unter Druck Salzsäure abspaltet, die die eisernen Kesselwände zerstört.

Der Kesselsteinansatz behindert den Wärmeübergang vom Rauchgas zum Wasser und macht dadurch einen Mehraufwand an Brennstoff notwendig; um den Ansatz zu entfernen, sind erhebliche Kosten und Zeit aufzuwenden. Daß starker Kesselsteinansatz nicht ungefährlich ist, werden wir noch aus dem Abschnitt über die Unregelmäßigkeiten im Kesselbetriebe (siehe S. 61) erfahren.

Vorübergehende und bleibende Härte ergeben zusammen die Gesamthärte des Wassers. Wasser gilt im allgemeinen als gut geeignet zur Speisung von Lokomotiven bis zu einer Härte von 6 Graden, als noch brauchbar bis zu einer Härte von 12 Graden, doch sind bei der Beurteilung immer auch die sonstigen Bestandteile zu berücksichtigen.

Wasser mit einem höheren Härtegrad ist als Lokomotivspeisewasser meist ungeeignet und muß deshalb vor Verwendung in besonderen Anlagen aufbereitet (enthärtet) werden (vgl. S. 475). Versuchsweise werden neuerdings auf die Lokomotiven selbst Einrichtungen gesetzt, die dem Kesselspeisewasser ständig Sodalaug zusetzen und dadurch eine Enthärtung herbeiführen, ferner die sich bildenden Schlammengen aus dem Kessel abführen sollen.

3. Die Schmieröle

Wenn zwei feste Körper, beispielsweise zwei Maschinenteile, aufeinander gleiten, setzen sie der Bewegung einen Widerstand entgegen, der nur durch Aufwand von Kraft überwunden werden kann.

Reibung Den Widerstand, Reibung (Reibungswiderstand) genannt, kann man etwa dadurch erklären, daß selbst die feinstbearbeiteten Teile noch Unebenheiten aufweisen, mit denen sie sich gegenseitig festzuhalten versuchen, und zwar bei gleichbleibender Gleitflächenbeschaffenheit um so mehr, je stärker sie aufeinandergedrückt werden, also je größer der auf 1 cm² Fläche kommende Druck ist. Dagegen nimmt der Reibungswiderstand ab, je größer die Gleitgeschwindigkeit

ist, offenbar weil sich dann nur die höchsten Punkte der Unebenheiten berühren. Der Reibungswiderstand tritt zwischen zylindrischen Flächen, wie z. B. bei Achsen und Zapfen, die sich in ihren Lagern drehen, genau so auf (Zapfenreibung). Setzt man dagegen zwischen die Flächen zylindrische Rollen oder Kugeln, so wird das Gleiten in ein Wälzen oder Rollen verwandelt und die Reibung erheblich vermindert, denn bei der rollenden Reibung ist der Bewegungswiderstand weit geringer und fast unabhängig von der Geschwindigkeit. Dieser Gedanke führte zur Ausbildung von Rollen- und Kugellagern (Wälzlager), die allerdings wegen ihres größeren Außendurchmessers mehr Platz zum Einbau benötigen. Sie werden erst in letzter Zeit bei den Laufachslagern neuer Lokomotiv- und Tenderbauarten und versuchsweise als Treib- und Kuppelstangenlager verwendet.

Zapfen-
reibung

Die Reibung hat, wie alte Erfahrung lehrt, eine Erwärmung zur Folge; so hat man schon in grauer Vorzeit die Wärmewirkung der Reibung benutzt, um Feuer anzuzünden (Reibung von Holz auf Holz bis zum Glimmen). Gleiten Maschinenteile trocken aufeinander (Trockenreibung), so wird die Erwärmung so groß, daß Verschleiß und sogar Zerstörung eintreten.

Die Reibung und damit die Erwärmung wird vermindert, wenn man die aufeinandergleitenden Teile schmiert, d. h. durch eine Fett- oder Flüssigkeitsschicht trennt, die gewissermaßen die Unebenheiten ausfüllt, oder innerhalb deren sich nur die Schmiermittelteilchen gegeneinander und gegen die Maschinenteile bewegen, ohne daß diese selbst sich unmittelbar berühren.

An das Schmiermittel werden folgende Anforderungen gestellt: Es muß 1. an den Metallflächen gut haften, 2. in der mittleren Temperaturlage, die den Betriebsverhältnissen am besten entsprechende Zähflüssigkeit (Viskosität) haben, weil von ihr die Beständigkeit der Schmierschicht abhängt, 3. eine geringe Verdampfbarkeit und einen hohen Flammpunkt besitzen, der eine Verbrennung bei den in Frage kommenden Temperaturen ausschließt, 4. alterungsbeständig sein und darf Rückstandsbildner (Hartasphalt) nur in geringem Maße enthalten; es darf 5. keine mechanischen Verunreinigungen (Aschebildner), keine Feuchtigkeit und Säuren enthalten, die die Metalle angreifen.

Anfor-
derungen
an das
Schmier-
mittel

Die wichtigste Eigenschaft ist die Zähflüssigkeit. Man be-

Zäh-
flüssigkeit

stimmt sie, indem man eine vorgeschriebene Menge Schmieröl aus einem Gefäß von festgelegten Abmessungen und enger Ausflußöffnung bei bestimmter Temperatur ausfließen läßt. Die Ausflußzeit ist dann ein Maßstab für die Zähflüssigkeit und dient zur Errechnung einer Vergleichszahl, der Engler-Grade ($^{\circ}$ Engler). Dicke Öle werden langsam ausfließen, also eine hohe Zähflüssigkeit (Viskosität) haben, dünne Öle eine geringe Zähflüssigkeit. Sehr zähflüssige Öle eignen sich im allgemeinen für hohe Belastung und kleine Geschwindigkeit, leichtflüssige für gering belastete Flächen, die mit höherer Geschwindigkeit aufeinander gleiten. Bei Schmierölen, die in weiten Temperaturgrenzen schmierfähig bleiben müssen, darf sich die Zähflüssigkeit mit zu- oder abnehmender Temperatur nur wenig ändern, vor allem an den oberen und unteren Temperaturgrenzen nicht plötzlich ansteigen oder abfallen, damit auch bei hohen Temperaturen noch ein hinreichend fester Schmierfilm erhalten bleibt und bei tiefen Temperaturen das Öl nicht zu früh stockt (steif wird).

Als Schmiermittel wurden von alters her Öle und Fette verwendet, die aus Pflanzen und Tieren gewonnen wurden. Erst seit der zweiten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts führte der Aufstieg der Mineralölindustrie dazu, daß die Schmierstoffe für fast alle Zwecke billig und gut in Form von mineralischen Schmierölen und Maschinenfetten auf der Erdölgrundlage hergestellt werden, die sich erfreulicherweise in den letzten Jahren für Deutschland immer günstiger gestaltet hat.

Steinkohlenteere sind zur Herstellung hochwertiger Öle weniger geeignet, Braunkohlenteere können an sich als Ausgangsstoff dienen, doch ist es gesamtwirtschaftlich günstiger, sie als Dieselkraftstoff, Heizöl, Paraffin usw. zu verarbeiten. Zur Herstellung von Schmierölen auf synthetischem Wege (in einem chemischen Verfahren aus Kohle) stehen ausgetrobenete Arbeitsverfahren zur Verfügung, doch sind die Voraussetzungen zum Einsatz dieser begreiflicherweise kostspieligen Erzeugnisse im großen bisher nicht eingetreten.

Achsenöl Das Achsenöl, das ausschließlich aus mineralischen Grundstoffen hergestellt wird, muß den Temperaturverhältnissen angepaßt werden; man unterscheidet daher dünnere und bei tiefen Temperaturen noch flüssige Winteröle und dickerflüssige und demgemäß früher stockende Sommeröle. Die Deutsche Reichsbahn stellt dafür folgende Bedingungen:

	Sommeröl	Winteröl
Zähflüssigkeit in °Engler bei 50°	8—10	4,5—8
Kältebeständigkeit, im U-Rohr noch fließend bei ..	—5°	—20°
Flammpunkt mindestens	160°	140°

Mechanische Verunreinigungen und Metall angreifende Säuren dürfen die Öle nur in Spuren enthalten; sie müssen ferner praktisch frei von Wasser sein, da dies die Saugfähigkeit der Dochte beeinträchtigen würde. Auch der Gehalt an Hartasphalt ist begrenzt, weil die über sehr lange Zeiträume in den Achsbüchsen verbleibenden Öle ihren Asphaltgehalt im Betrieb stark anreichern.

Um die Schwierigkeiten zu vermeiden, die in der Ausgabe, Vorhaltung und Verwendung verschiedener Schmieröle für Dampflokomotiven liegen, wird mit den Achsenölen auch das ganze Triebwerk — mit Ausnahme der unter Dampf gehenden Teile — geschmiert.

An das Schmieröl für die unter Dampf gehenden Teile werden ganz andere Anforderungen gestellt. Hier werden vor allem hohe Flammpunkte und sehr geringe Anteile an Rückstandsbildnern gefordert, damit stärkere Verkrustungen im Betrieb, die zu Schwerlauf und Riefigwerden führen, vermieden werden. Da ihr Verhalten bei hohen Temperaturen wesentlich ist, werden die Werte für die Zähflüssigkeit bei 100° gemessen. Die Deutsche Reichsbahn stellt für diese sogenannten Zylinderöle folgende Bedingungen:

Zylinderöle

	Flammpunkt	Zähflüssigkeit
Sattdampfzylinderöl (früher Naßdampfzylinderöl genannt) ..	mind. 260°	3—6° Engler
Heißdampfzylinderöl	mind. 300°	5—8° Engler

Für einige besonders hoch beanspruchte Bauarten von Heißdampflokomotiven werden Öle mit einem Flammpunkt von nicht unter 335° verwendet; für diese darf sich die Zähflüssigkeit bei 100° zwischen 6—9° bewegen.

Während die Sattdampfzylinderöle schon seit Jahren restlos aus deutschen Erdölen hergestellt werden, wurden die Heißdampfzylinderöle regelmäßig aus dem Ausland (USA, besonders Pennsylvanien) eingeführt. Erst neuerdings werden brauchbare Heißdampfzylinderöle mit Flammpunkten von über 300° bis 315° auch aus deutschen Erdölen hergestellt.

Bei älteren Lokomotivbauarten wird, um an Öl zu sparen, noch in erhöhtem Umfange anstatt des reinen Heißdampfzylinderöles eine Emulsionsöl daraus hergestellte Emulsion — das sogenannte Emulsionsöl — verwendet, eine durch besondere Verfahren beständig gemachte Mischung von Heißdampfzylinderöl mit Kalkwasser und etwas Spindelöl.

Verdichteröl Die Luftzylinder der Luftpumpen mit selbsttätiger Schmiereinrichtung erhalten ein aus Erdöl gewonnenes besonderes Luftpumpenöl, das als Verdichteröl — früher Kompressorenöl — ausgegeben wird.

B. Die wichtigsten Baustoffe des Lokomotivbaues

1. Gesichtspunkte für die Auswahl der Baustoffe

Alle Bauteile müssen so bemessen sein, daß sie der Beanspruchung durch Zug, Druck, Biegung usw. standhalten, doch ist nicht allein die Größe der Kräfte maßgebend, sondern auch die Art ihrer Wirkung, wie ruhende oder zwischen Druck und Zug wechselnde Belastung, Stoß oder Schlag, durch Bewegung auf Verschleiß hinarbeitende Kräfte usw. An viele Baustoffe sind auch Sonderforderungen zu stellen, wie z. B. genügende Festigkeit noch bei hoher Temperatur und gute Wärmeleitfähigkeit bei Kesselbauteilen, gute Laufeigenschaften bei Lagerbaustoffen oder Rostbeständigkeit bei gewissen Pumpenteilen.

Meist stehen für jeden Verwendungszweck Baustoffe verschiedener Güte zur Verfügung, die natürlich im Preise verschieden sind. Im allgemeinen ist es wirtschaftlich, die geringste Güte zu wählen, die unter Berücksichtigung der geforderten Lebensdauer den Beanspruchungen genügt. Zwingen jedoch besondere Umstände zu einer Platz- oder Gewichtsbeschränkung, so ist diese nur durch Verwendung höherwertiger Baustoffe zu erreichen. Bei der Lokomotive liegen solche besonderen Verhältnisse vor; einmal macht die Beschränkung der zulässigen Achsdrücke eine Gewichtsbeschränkung erforderlich, sodann müssen die vielen bewegten Teile klein gehalten werden, um zusätzliche Kraftwirkungen zu vermeiden. Der Auswahl sind natürlich auch hier Grenzen gezogen, die durch die mit der Güte der Baustoffe wachsenden Kosten gegeben sind.

Selbstverständlich ist, daß man möglichst nur solche Baustoffe

wählt, die aus einheimischen Erzeugnissen bestehen, damit man nicht vom Auslande abhängig ist (Heimstoffe). Man vermeidet also Heimstoffe z. B. Stähle, die zur Erhöhung der Güte Zusätze wie Nickel, Chrom usw. erhalten, alles Stoffe, die nur gegen Hergabe ausländischer Zahlungsmittel bezogen werden können. Aus dem gleichen Grunde wird auch der Verbrauch an kupfer- und zinnhaltigen Metallen eingeschränkt und Blei und Zink bevorzugt. Schließlich werden da, wo es möglich ist, Leichtbaustoffe mit Magnesium als Grundbestandteil oder Kunstharzpreßstoffe verwendet.

2. Einiges über die Werkstoffnormung

Für die gebräuchlichsten Baustoffe bestehen seit einigen Jahren Normen, d. h. es sind Markenbezeichnungen, Güteeigenschaften, Reinheitsgrad, bei verschiedenen Stoffen auch Zusammensetzung u. a. m. genau festgelegt. Die Normvorschriften werden von einem besonders dafür eingesetzten Ausschuß, dem Deutschen Normenausschuß, im Benehmen mit den für Erzeugung und Verbrauch in Frage kommenden Kreisen bearbeitet und in Form von DIN-Blättern herausgegeben, so genannt nach dem Zeichen DIN, das sie tragen. Dieses Zeichen ist hervorgegangen aus der Abkürzung von „Deutsche Industrie Normen“, wird aber heute, nachdem die deutsche Normung das engere Gebiet der Industrie überschritten hat, gedeutet als: „Das ist Norm“.

Bestellt man also einen Stoff mit der Markenbezeichnung nach DIN-Norm, so liegt genau fest, welche Anforderungen man an den Stoff stellen kann. Auch die Prüfverfahren, mit denen man die Baustoffeigenschaften untersucht, sind genormt, so daß man eindeutig feststellen kann, ob nach Vorschrift geliefert wurde. DIN-Norm

Die Baustoffprüfungen werden bei der Reichsbahn von besonderen Abnahmebeamten vorgenommen, die außerdem die Aufgabe haben, die sachgemäße und maßhaltige Herstellung aller Bauteile bei den Lieferfirmen zu überwachen.

3. Stahl und Eisen

Die wichtigsten im Lokomotivbau verwendeten Baustoffe sind Stahl und Eisen. In dem Normenwerk umfassen diese Stoffe zur Hauptsache die Blätter 1600–1699. DIN-Blatt 1600 gibt eine Übersicht über die verschiedenen Stahl- und Eisenmarken und Be- Stahl und Eisen

griffserläuterungen. Danach werden unterschieden: Stahl — Stahlguß — Gußeisen — Temperguß.

Als Stahl (einschl. Stahlguß) gilt alles Eisen, das schmiedbar ist, ohne daß es vorher noch besonders behandelt zu werden braucht. Stahl, der in flüssigem Zustande (Bessemer-, Thomas-, Siemens-Martin- und Elektro-Verfahren) gewonnen wird, heißt Flußstahl; es ist dies heute der weitaus größte Anteil des Stahlverbrauches. Stahl, der in teiligem Zustande gewonnen wird (Puddelverfahren), heißt Schweißstahl.

Unlegierter Stahl, Kohlenstoffstahl Stahl wird unterschieden nach unlegiertem und legiertem Stahl. Unter unlegiertem Stahl oder Kohlenstoffstahl versteht man solchen, der, abgesehen von unvermeidlichen Unreinigkeiten wie Phosphor und Schwefel, nur Zusätze von Kohlenstoff, Mangan und Silizium hat. Die letztgenannten Stoffe, vor allem der Kohlenstoff, sind von großem Einfluß auf die Festigkeitseigenschaften und die Schmiedbarkeit, obwohl sie nur in ganz geringen Mengen enthalten sind. Mit steigendem Kohlenstoffgehalt nimmt die Festigkeit zu, bis sie bei einem Gehalt von 1% den Höchstwert erreicht hat und von da ab wieder sinkt. Mit Zunahme der Festigkeit sinkt aber die Schmiedbarkeit; Stahl mit mehr als 1% Kohlenstoff ist nur noch schwer schmiedbar. Die gebräuchlichen Stähle enthalten bis zu 0,60% Kohlenstoff.

Der Maschinenbau verwendet zur Hauptsache die unlegierten Stähle, die auf dem DIN-Blatt 1611 und, soweit es sich um gewalzte Profile handelt, auf Blatt 1612 aufgeführt sind. Stahl, auf den Gewinde geschnitten werden soll (Schraubeneisen), unterliegt einer verschärften Abnahme und ist auf dem DIN-Blatt 1613 angegeben.

Härten Für Sonderzwecke wird Stahl nach anderen Vorschriften verwendet. Sollen z. B. die Oberflächen aufeinander gleitender Teile besonders verschleißfest sein, so muß der Stahl gehärtet, d. h. verfestigt werden. Dazu erwärmt man ihn auf etwa 850° und kühlt ihn in Wasser oder Öl schnell ab (abschrecken). Je höher der Kohlenstoffgehalt ist, um so größere Härte kann erreicht werden; dabei wird der Baustoff aber immer spröder, so daß er für andere Beanspruchung als reine Druckbelastung ungeeignet wird. Meist will man nur eine harte Oberfläche haben, dagegen einen zähen Kern behalten; man nimmt deshalb kohlenstoffarmen Stahl und glüht ihn, eingebettet in Kohlenstoff abgebende Stoffe, bei etwa 900°; man nennt diesen

Vorgang „Einsetzen“. Der Kohlenstoff wandert dabei in den Stahl mehr oder weniger tief hinein, je nach Länge der Glühzeit. Schreckt man den Stahl in Öl oder Wasser ab, so bleibt der Kern weich und zähe. Dieser sogenannte Einsatzstahl muß von besonderer Güte sein.

Bauteile, die hohen, ständig wechselnden Beanspruchungen unterliegen, werden durch und durch vergütet und dadurch auf hohe Festigkeit gebracht, und zwar geschieht dies erst nach Fertigstellung, damit Schwierigkeiten bei der Bearbeitung vermieden werden. Zum Vergüten werden die Teile erst aus hoher Temperatur abgeschreckt und dann auf etwa 600° wieder erwärmt (angelassen). Auch hierfür muß der Stahl (Vergütungsstahl) besonders gut und rein sein.

Die Vorschriften für Einsatz- und Vergütungsstähle sind in dem DIN-Blatt 1661 enthalten.

Wo außerordentlich hohe, vor allem stoßartig wirkende Belastungen auftreten, verwendet man legierten Stahl; er enthält neben Kohlenstoff, Mangan und Silizium noch Nickel oder Nickel und Chrom, beides Stoffe, die die Festigkeit stark erhöhen; solcher Stahl heißt dann Nickel- oder Chrom-Nickelstahl. Angaben über die legierten Stähle sind auf dem DIN-Blatt 1662 enthalten. Neuerdings werden statt der Nickelstähle meist mit Molybdän oder Molybdän und Chrom legierte Stähle verwendet, die weniger devisa belastet sind; sie werden im DIN-Blatt 1663 behandelt.

Stahlguß wird im Blatt 1681 behandelt, Gußeisen im Blatt 1691 und endlich Temperguß (durch nachträgliches Glühen schmiedbar gemachtes Gußeisen) im Blatt 1692. Weitere Normblätter enthalten u. a. Bleche, Rohre, Schienen usw.

Als Haupteigenschaft wird auf den genannten DIN-Blättern die Zerreißeigenschaft angegeben. Sie wird ermittelt durch einen Zugversuch, bei dem ein Stab von genau vorgeschriebener Form so lange mit immer größer werdender Last gezogen wird, bis er zerreißt. Die Zerreißeigenschaft ist die zum Zerreißen notwendige Kraft, umgerechnet auf einen mm² des ursprünglichen Stabquerschnittes. Hat also ein Stab vor dem Zugversuch einen Durchmesser von 20 mm, was einem Querschnitt von 314 mm² entspricht, und beträgt die Zerreißeigenschaft 12 600 kg, so ist die Zerreißeigenschaft $\frac{12\,600}{314} = 40 \text{ kg/mm}^2$. Selbstverständlich darf man einen Bauteil nicht

bis zu diesem Wert belasten, sondern nur bis zu einem Bruchteil davon; als allgemeine Zahl kann gelten, daß man mit der Belastung auf etwa $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{5}$ der Zerreißfestigkeit geht, also eine 4—5fache Sicherheit hat.

Dehnung Als weitere wichtige Eigenschaft ist die Dehnung angegeben. Ein Stab aus zähem Baustoff wird bei steigender Beanspruchung gedehnt. Zunächst sind die Dehnungen elastisch, d. h. der Stab geht beim Zerreiversuch nach Entlastung auf seine ursprüngliche Länge zurück; bei höherer Belastung treten aber von einer bestimmten Belastung (Streckgrenze) an bleibende Längenänderungen ein, bis schließlich der Stab zerreißt. Unter Dehnung versteht man den Ausdruck

$$\frac{\text{Längenänderung im Augenblick des Bruches} \cdot 100}{\text{ursprüngliche Länge.}}$$

Hat ein Stab die ursprüngliche Länge von 200 mm und im Augenblick des Bruches die Länge von 240 mm, so ist die Bruchdehnung $\frac{40 \cdot 100}{200} = 20\%$.

Je größer die Dehnung, um so größer die Verformungsfähigkeit. Hohe Verformungsfähigkeit ist notwendig, damit bei einzelnen unvorhergesehenen Überbeanspruchungen nicht gleich ein Bruch eintritt. Selbstverständlich muß ein Bauteil so bemessen sein, daß die vorauszusetzende Beanspruchung unter der Streckgrenze liegt, damit nicht schon im Regelbetriebe bleibende Verformungen eintreten, die es unbrauchbar machen.

Die Markenbezeichnungen, die in den DIN-Blättern angewendet werden, bauen sich folgendermaßen auf:

Als erstes steht die Angabe der Werkstoffart in Buchstaben; für Eisen und Stahl sind das: Stahl = St, Stahlguß = Stg, Gußeisen = Ge, Temperguß = Te. Dann folgt bei Maschinenbaustahl, Stahlguß und Gußeisen die Angabe der Zerreißfestigkeit, die der Stoff mindestens haben soll. Es bedeutet also St 34 einen Stahl, mit einer Mindestzerreifestigkeit von 34 kg/mm². Bei Einsatz- und Vergütungsstahl folgt statt dessen die Bezeichnung C (Kohlenstoff), dann die Angabe des Kohlenstoffgehaltes. StC35 bedeutet einen Kohlenstoffstahl mit 0,35 % Kohlenstoffgehalt.

Bei Nickel- oder Chrom-Nickel, Molybdän- oder Chrom-Molybdnsthlen, die entweder als Einsatz- oder Vergütungsstähle

Marken-
bezeich-
nungen für
Stahl und
Eisen

verwendet werden, bedeutet E = Einsatzstahl, V = Vergütungsstahl, C, daß der Stahl mit Chrom, N, daß er mit Nickel, Mo, daß er mit Molybdän legiert ist. Bei den mit Nickel legierten Stählen kennzeichnet die Zahl hinter dem N den Nickelgehalt in Prozenten: EN 15 ist ein Einsatzstahl mit 1,5 % Nickelgehalt, VCN 35 ein Vergütungs-Chrom-Nickelstahl mit 3,5 % Nickelgehalt. Bei den mit Chrom legierten Einsatzstählen kennzeichnet die Zahl den Mindestgehalt an Chrom, bei den Vergütungsstählen die erste Ziffer der dreistelligen Zahl den mittleren Chromgehalt in Prozenten, die beiden folgenden Ziffern geben den mittleren Kohlenstoffgehalt in hundertstel Prozenten an. EC 60 ist ein Einsatzstahl mit 0,6 % Chrom, VCMo 135 ein Vergütungsstahl mit rd. 1 % Chrom und 0,35 % Kohlenstoff.

Durch einen Punkt getrennt von diesen Zahlen fügt man noch die DIN-Blattnummer an, und zwar nur die beiden letzten Ziffern, da, wie vorhin angegeben, für Stahl die Blätter der 1600er Reihe in Frage kommen. Demnach lautet eine eindeutige Bezeichnung, durch die der Stoff ganz genau gekennzeichnet ist, beispielsweise St 34.11 und bedeutet einen Stahl mit 34 kg Mindestfestigkeit nach DIN-Blatt 1611 (Maschinenbaustahl). StC 35.61 bedeutet einen Stahl mit 0,35 % Kohlenstoffgehalt nach DIN-Blatt 1661 (Vergütungsstahl).

Bei der Beschreibung der einzelnen Lokomotiveile sind die Baustoffe mit der Bezeichnung nach DIN angegeben; es handelt sich zur Hauptsache um folgende:

St 37.11 oder 37.12 (Walzprofile). Flußstahl in Normalgüte; ein bestimmter Reinheitsgrad wird nicht gewährleistet. Der Stoff wird vor allem für Teile verwendet, die nur geschmiedet und sonst kaum bearbeitet werden oder weniger beansprucht werden, da sie aus anderen Gründen mit größeren Abmessungen hergestellt werden müssen. Aus diesem Baustoff bestehen u. a. Handstangen, Zugstangen, Rohrhalter, Fangbügel für die Bremssteile, einfache Träger und Halter.

St. 34.11. Flußstahl in Sondergüte, für den ein bestimmter Reinheitsgrad gewährleistet wird. Er ist sehr zähe und daher geeignet für alle Teile, bei denen keine zu hohe Festigkeit verlangt wird, die aber bei der Herstellung und im Betrieb bleibende Verformung ertragen müssen, ohne zu zerreißen. Als Siemens-Martin- (SM-) Stahl ist er stets, als Thomas-Stahl jedoch nur unter bestimmten Bedingungen schweißbar. Er läßt sich leicht bearbeiten und wird daher gerne für allseitig zu bearbeitende Hebel und Gestänge sowie Teile verwendet,

die mit Gewinde versehen werden müssen. An der Lokomotive sind beispielsweise aus St 34.11 die Boden- und Feuerlochringe sowie in SM-Güte die Kesselverankerungen.

Kessel-
bleche

Für die Kesselbleche und die Rauch- und Siederohre bestehen besondere gesetzliche Bestimmungen (Werkstoff- und Bauvorschriften für Landdampfkessel), denen die Lieferbedingungen der Reichsbahn angepaßt sind. Während bisher die Kesselhaut im allgemeinen aus weichem Kohlenstoffstahl von etwa 36 kg/mm^2 Festigkeit und 20 % Dehnung bestand, wird bei den neueren Lokomotivbauarten, die Kesseldrücke bis 20 kg/cm^2 haben, ein Stahl verwendet, der eine größere Festigkeit insbesondere bei den hohen auftretenden Baustofftemperaturen besitzt (Warmfestigkeit); es ist dadurch möglich, bei großen Kesseln etwa 2 t an Gewicht zu sparen. Die Regel bildete bisher ein Molybdänstahl mit etwa 50 kg/mm^2 Festigkeit, an dessen Stelle aber heute der ausschließlich aus Heimstoffen bestehende Kohlenstoffstahl St 47 K (Kesselbaustahl) mit etwa der gleichen Festigkeit und 20 % Dehnung getreten ist. Bei der Feuerbüchse aus Stahl, die neuerdings an die Stelle der kupfernen tritt, muß der Baustoff ebenfalls sehr warmfest sein; es wird IZ-Stahl verwendet, der unlegiert ist, aber nach einem besonderen Verfahren mit hohem Reinheitsgrad hergestellt wird und mindestens 34 kg/mm^2 Festigkeit und 25 % Dehnung hat.

Für die Bleche zu Rahmenwangen hat die Reichsbahn Sondervorschriften. Die Baustoffe entsprechen im großen und ganzen dem St 34.11, nur die Abnahmebedingungen sind viel schärfer.

St 50.11 ist ein Stahl großer Festigkeit, der für höher beanspruchte Teile verwendet wird, vor allem dort, wo ein härterer Baustoff erwünscht ist, um Verschleiß zu vermeiden. Er ist sehr am Platze bei Wellen und Zapfen, die mit großer Umdrehungszahl unter starker Belastung laufen. An der Lokomotive sind aus St 50.11 die Triebwerksteile, hoch beanspruchte Schrauben, Druckplatten, Dampfkolben u. a. m.

St 60.11 für sehr hohe Beanspruchungen wie z. B. bei Kolbenstangen, Kolbenstangenkeilen, Bolzen und Buchsen zur Bremse, Zughaken und neuerdings Steuerungsbuchsen als Austauschwerkstoff für den früher verwendeten Rotguß.

Sonderstahl, d. h. Stahl, für dessen Lieferung Sonderbedingungen der Reichsbahn maßgebend sind, wird noch für besonders

hochbeanspruchte Teile verwendet, von denen die Betriebszuverlässigkeit und Betriebssicherheit abhängt. Es handelt sich u. a. um folgende Teile und Baustoffe: Achswellen aus Stahl mit einer Festigkeit von 50 kg/mm^2 , die ganz besonders durchgeschmiedet werden müssen, um Kropfachswellen aus Nickelstahl, neuerdings Chrom-Molybdänstahl, mit 60 kg/mm^2 Festigkeit.

St C 10.61. Dieser Einsatzstahl wird für alle zu härtenden Teile verwendet wie Kreuzkopfgleitbahnen, Treib- und Kuppelzapfen, Kreuzkopf- und Kuppelbolzen.

Nichtrostender Stahl mit etwa 14 % Chromgehalt wird für die rostgefährdeten Teile verwendet, die außerdem stark auf Verschleiß beansprucht werden. Solche Teile sind: die Kolbenstangen, Ventilspindeln und Laufbüchsen für die Wasserkolben der Speisewasserpumpen sowie die Rückschlagventile der Kesselspeiseventile.

Stg 38.81. Stahlguß wird für alle Teile verwendet, die zwar eine hohe Festigkeit haben müssen, aber wegen ihrer schwierigen Form nicht aus Stahl geschmiedet werden können. Es handelt sich u. a. um Achslagerkästen, Träger und Lagerböcke, Rahmenverbindungen, Kreuzköpfe und Armaturen.

Stg 50.81 wird für solche Stahlgußteile genommen, die sehr große Beanspruchungen auszuhalten haben, wie Radkörper, oder sehr verschleißfest sein müssen, wie die Achslagerführungen.

Ge 22.91 wird verwendet u. a. für die Dampfzylinder der Lokomotivmaschine, die Kolbenschieberkörper, die Gußkörper der Luft- und Speisewasserpumpen, ferner Teile der Feinausrüstung, soweit sie nicht, als unmittelbar mit Kesselwandungen in Verbindung stehend, aus Stg 38.81 bestehen müssen.

Die Schieberbüchsen sowie die Kolben- und Kolbenschieberringe sind aus Gußeisen nach besonderen Vorschriften.

Te 32.92 wird für Hebel, Vorreiber usw., auch für Schmiergefäße Temperguß (früher Rotguß) verwendet.

4. Kupfer und seine Legierungen

Nach Stahl und Eisen spielen im Lokomotivbau das Kupfer und seine Legierungen eine große Rolle. Kupfer hat eine sechsmal so hohe Leitfähigkeit wie Stahl, ist beständig gegen chemischen Angriff durch Feuergase und Feuchtigkeit; infolge seiner großen Zähigkeit bei tiefen Temperaturen läßt es sich leicht verarbeiten. Der Bau-

stoff ausgebauter Teile wird umgehüttet und ist dann wieder als neuwertig verwendbar.

Hüttenkupfer Hüttenkupfer mit höchstens 1 % Verunreinigung wird verwendet als Baustoff für die Feuerbüchse und die Stehbolzen, Kupfer mit höchstens 0,6 % Verunreinigung für die Kupferrohre.

Kuprodur Kuprodur, ein warmfeste Legierung von Kupfer mit Silizium und Nickel, wird für die Seitenteile der Feuerbüchsen in der Feuerzone verwendet. Es ist härter als Kupfer und unterliegt nicht einem so starken Abbrand; sein besonderer Vorzug ist, daß mit den hier verwendeten Stahlstehbolzen eine ausgezeichnete Abdichtung im Gewinde erreicht wird.

Gußbronze Gußbronze (Gbz 14) ist eine Legierung aus 86 % Kupfer, 14 % (daher die Bezeichnung) Zinn und geringem Zusatz von Phosphor; sie wird verwendet für Teile, die unter starker Belastung aufeinander gleiten, wie z. B. die Schwingensteine hochbeanspruchter Lokomotiven und die Gleitplatten an Lenk- und Drehgestellen.

Rotguß Rotguß (Rg 9 und Rg 5). Die Zahlenangaben in der Markenbezeichnung geben, wie bei Bronze, den Zinngehalt an. Rotguß unterscheidet sich von Bronze dadurch, daß das Kupfer außer mit Zinn noch mit Zink legiert wird. Rg 9 enthält 85 % Kupfer, 9 % Zinn und 6 % Zink, Rg 5 85 % Kupfer, 5 % Zinn, 7 % Zink und 3 % Phosphor. Rg 9 wird da angewendet, wo Notlaufeigenschaften verlangt werden müssen, nämlich bei den Lagerschalen der Achslager und Stangenlager, die mit besonderem Lagermetall ausgegossen werden. Aus Rg 5 sind u. a. alle übrigen Lagerschalen und die Kreuzkopfgleitplatten; an der Feinausrüstung (S. 128), die früher ganz aus Rg 5 bestand, sind jetzt nur noch bestimmte Teile wie z. B. Hahnkükten, Ventilkegel, Ventilsitze und Gewindebuchsen aus diesem Baustoff, während die Gehäuse aus Ge oder Stg sind. In besonderem Gußverfahren verfeinerter Rotguß (Rg 5 geschleudert) wird verwendet für die Buchsen der Steuerung (bei Neubaulokomotiven aber St 60.11) und die Schieberstangentragbuchsen.

Messing Messing (Ms) besteht aus einer Legierung von Kupfer und Zink; in der Zusammensetzung 55—60 % Kupfer, 40 % Zink, Rest (bis zu 5 %) Zusätze von anderen Metallen wird es viel für Rohrverschraubungen an Stelle des früher verwendeten Rotgusses benutzt.

5. Lagermetalle

Um die Reibung in den Stangen- und Achslagern gering zu halten, werden diese mit einem Metall ausgegossen, das gute Laufeigenschaften hat und die Zapfen und Achsschenkel sehr wenig angreift. Der Hauptbestandteil eines dieser Lagermetalle, des Weißmetall-^{Weißmetall}es, ist das Zinn; es ist in reinem Zustande zu weich und wird daher mit Kupfer und Antimon legiert, wodurch es härter wird. In den Lagern der Lokomotiven und Tender wird im allgemeinen das WM 80^{WM 80} verwendet; es besteht aus 80 % Zinn, 12 % Antimon, 6 % Kupfer und 2 % Blei. Die Achslager der geringer beanspruchten Lokomotiven haben Ausgüsse aus WM 10, bei dem durch Zusatz von Blei Zinn^{WM 10} gespart wird; es hat folgende Zusammensetzung: 10 % Zinn, 15,5 % Antimon, 1 % Kupfer, 73,5 % Blei.

6. Leichtmetalle und neue Werkstoffe

Um devisenzehrende Stoffe wie Messing und Rotguß zu sparen, werden Teile, die von minderer Bedeutung sind, oder an deren Festigkeit keine großen Anforderungen gestellt werden, aus Aluminium oder Leichtmetalllegierungen auf Magnesiumgrundlage hergestellt. Solche Teile sind z. B. Schilder, Deckel von Schmiergefäßen, Tropfenanzeiger und Abzweigkästen für elektrische Lokomotivbeleuchtung.

Neuerdings ist es aber auch gelungen, eine hochverschleißfeste Aluminiumgußlegierung herzustellen; sie wird mit Erfolg für die Schwingensteine der Steuerung verwendet und bewährt sich hier besser als Gbz 14, woraus diese Bauteile bisher gefertigt wurden.

Auch Kunstharzpreßstoff ist mit Erfolg als Austauschwerk-^{Kunstharz}stoff für Rotguß eingesetzt worden, und zwar bei den Achslagergleitplatten (vgl. S. 271), die zwar hoch beansprucht sind, bei denen aber die hohen Drücke bei geringen Gleitgeschwindigkeiten auftreten.

Der auf diesem Gebiete z. Zt. erreichte Stand kann noch nicht als endgültig bezeichnet werden, da weitere Versuche, auch mit anderen Werkstoffen, weiter laufen. Es ist natürlich, daß angesichts der hohen Beanspruchungen und der Forderung nach unbedingter Betriebszuverlässigkeit hier nur schrittweise vorgegangen werden kann.

Vierter Teil

Theoretische Grundlagen

A. Übersicht über die Hauptbestandteile der Dampflokomotive

Hauptteile der Dampflokomotive Die Dampflokomotive stellt gewissermaßen ein Dampfkraftwerk auf Rädern vor; dementsprechend kann man 3 Gruppen von Hauptteilen mit ganz getrennten Aufgaben unterscheiden:

1. den Dampfkessel, in dem durch Verbrennen von Kohle aus Wasser der Dampf erzeugt wird,
2. Die Dampfmaschine, die von dem Dampf angetrieben wird, d. h. also, in der die Energie des Dampfes in Kraft umgesetzt wird,
3. das Fahrgestell, auf dem die ganze Anlage ruht, und mit Hilfe dessen die in der Dampfmaschine entwickelte Kraft in eine fortschreitende Bewegung verwandelt wird.

Bevor die Bauteile eingehender beschrieben werden, ist es notwendig, einen Einblick in die chemischen und physikalischen Vorgänge bei der Verbrennung und der Dampf- und Kräfteerzeugung sowie in die mechanischen Vorgänge an einer Dampfmaschine zu geben.

Einleitend hierzu sei zunächst in großen Zügen ein Überblick über die Wirkungsweise des Dampfkessels gegeben, weil sich dann die in den nächsten Abschnitten behandelten Einzelvorgänge besser überschauen lassen.

B. Der Dampfkessel

1. Kurzer Überblick über die Wirkungsweise des Dampfkessels

In einer allseitig von Wasser umgebenen Feuerbüchse (Bild 11) befindet sich ein Rost, auf dem Kohle, durch ein Feuerloch aufgeworfen, verbrennt. Die heißen Rauchgase ziehen durch Heizrohre, die ebenfalls völlig von Wasser umgeben sind, in die Rauchkammer und von dort ins Freie. Die auf dem Rost entstehende Wärme wird

zu einem Teil durch Strahlung der hellen Flammen auf die Wände der Feuerbüchse übertragen, zum andern Teil von den heißen Rauchgasen durch Berührung an die Oberfläche der Feuerbüchse und der

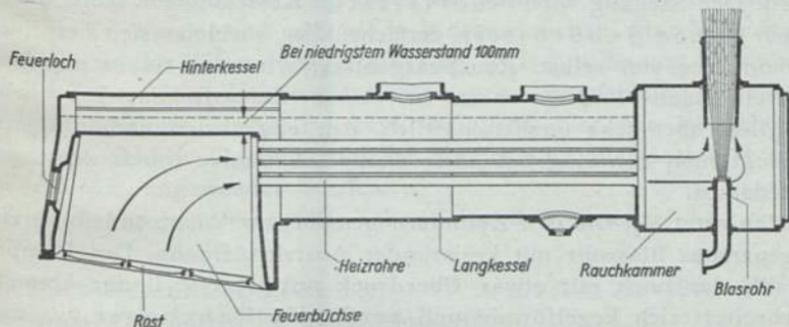


Bild 11. Grundsätzlicher Aufbau eines Lokomotivkessels

Heizrohre abgegeben. Die Wärme geht durch die Wände hindurch auf das zu erwärmende Wasser über und verwandelt dieses in Dampf.

2. Die Verbrennung

Die festen Brennstoffe bestehen zur Hauptsache aus den chemischen Grundstoffen Kohlenstoff und Wasserstoff. Außerdem sind enthalten in ganz geringen Mengen Schwefel, Sauerstoff und Stickstoff, ferner mineralische Bestandteile (Asche) und Wasser. Wird der Brennstoff bis auf seine Entzündungstemperatur erhitzt, so gehen die brennbaren Bestandteile unter Wärmeentwicklung eine innige Verbindung mit Sauerstoff ein, sofern dieser in ausreichender Menge zugeführt wird, d.h. sie verbrennen. Bei den gebräuchlichen Feuerungen genügt es, Luft zuzuführen, weil diese zu 21 % aus Sauerstoff besteht. (Die übrige Menge von rd. 79 % besteht aus unverbrennbarem Stickstoff.)

In der Lokomotive wird der Brennstoff in der Feuerbüchse auf dem Rost verbrannt (Bild 11); dieser besteht aus flachen gußeisernen Stäben, die hochkant so nebeneinander gelegt sind, daß durch die Zwischenräume die Luft gut an den Brennstoff gelangen kann, dieser jedoch nicht durch die Spalten fällt.

Über dem Rost muß ein genügender Saugzug (Unterdruck) herrschen, wenn das Feuer brennen soll. Sofern keine anderen Öff-

nungen und Undichtheiten vorhanden sind, drängt die Luft durch die Rostspalten und die vielen Zwischenräume in der Brennstoffschicht hindurch, so daß der Kohle der nötige Sauerstoff zugeführt wird. Der Saugzug wird bei ortsfesten Kesselanlagen meist durch einen hohen Schornstein erreicht; dies verbietet sich bei einer Lokomotive von selbst. Rauchgasgebläse, wie man sie in manchen Kesselanlagen findet, wären bei einer Dampflokomotive zwar möglich, aber sehr unwirtschaftlich. Am einfachsten und billigsten erzeugt man den Zug bei einer Dampflokomotive durch den Auspuffdampf.

Saugzug-
anlage

Man setzt auf die den Zylindern gemeinsame Ausströmleitung ein sogenanntes Blasrohr mit kreisrunder Austrittsöffnung. Der Dampfstrahl, der noch mit etwas Überdruck aus dem Zylinder kommt, verbreitert sich kegelförmig und reißt die Rauchgase aus der Rauchkammer durch den Schornstein ins Freie. Berührt der Dampfstrahl mit seinem ganzen Umfange den Schornsteinmantel, und ist die Rauchkammer ganz dicht, so daß von außen keine Luft eindringen kann, so entsteht in dieser ein Unterdruck, der sich durch die Heizrohre hindurch nach der Feuerbüchse zu fortpflanzt.

Blasrohr

Das Blasrohr hat die Eigenschaft, den Saugzug bei zunehmender Leistung der Lokomotive selbsttätig zu verstärken und damit die Dampferzeugung zu steigern. Wenn größere Zugkräfte auszuüben sind oder die Lokomotive schneller fährt, wird die ausströmende Dampfmenge größer; aber je mehr Dampf ausströmt, um so kräftiger werden die Rauchgase aus dem Schornstein gerissen, und um so größer wird die Luftverdünnung (Unterdruck), so daß die Luft stärker durch die Rostspalten dringt und mehr Kohle verbrannt wird. Allerdings ist die Kohlenmenge, die auf 1 m^2 Rostfläche verbrannt werden kann, nicht unbegrenzt.

Rost-
belastung

Teilt man die in einer Stunde insgesamt verbrannte Kohlenmenge durch die Größe der Rostfläche in m^2 , so erhält man die Rostbelastung, die angibt, wieviel kg eines Brennstoffes in einer Stunde auf 1 m^2 Rostfläche verbrannt werden. Diese Rostbelastung richtet sich vor allem nach der Beschaffenheit der Kohle und dem Zustand des Rostes; sind bei diesem nach längerer Fahrt die Rostspalten schon durch Schlacke zugesetzt, so tritt wenig Luft in die Feuerbüchse. Dasselbe ist der Fall, wenn überhaupt zuviel Kohle aufgeworfen wird. In beiden Fällen treten die Mängel auf, von denen an

späterer Stelle noch die Rede sein wird. Eine Menge von 450 kg/m^2 in der Stunde dürfte im allgemeinen als Höchstwert anzusehen sein, der nur vorübergehend innegehalten werden kann.

Die Wärmemenge, die 1 kg eines Brennstoffes abgibt, bezeichnet man als Heizwert und mißt sie in Wärmeeinheiten. Eine Wärme-einheit ist die Wärmemenge, die 1 kg Wasser aufnimmt, wenn es um 1° erwärmt wird. Die technisch richtige Bezeichnung ist heute Kilogrammkalorie, abgekürzt kcal, doch soll hier der Einfachheit halber die früher allgemein übliche Bezeichnung Wärmeeinheit, abgekürzt WE, angewendet werden.

Die bekanntesten Brennstoffe haben folgende Heizwerte:

	WE/kg
Rheinisch-Westfälische Steinkohlen	7200—7900
Rheinisch-Westfälische Steinkohlenbriketts	7400
Oberschlesische Steinkohlen	6800—7400
Oberschlesische Steinkohlenbriketts	6800
Rohbraunkohlen	2100—2900
Braunkohlenbriketts	4500—5100
Torf	3000—4800
Holz	3400—4100

Die angegebenen Wärmemengen entstehen aber nur, wenn die Brennstoffe vollkommen verbrennen; dazu muß ihnen eine genügende Luftmenge zugeführt werden. So braucht der Kohlenstoff, der den Hauptbestandteil der Steinkohle bildet, zur vollkommenen Verbrennung je kg eine Sauerstoffmenge von 2,67 kg, mit der er dann zu Kohlensäure unter Abgabe von 8080 WE verbrennt.

Wasserstoff braucht für jedes kg eine Sauerstoffmenge von 8 kg und verbrennt damit vollkommen zu Wasserdampf unter Entwicklung von 34000 WE.

Reicht die zugeführte Luftmenge nicht aus, so kann ein Teil des Kohlenstoffes nur unvollkommen verbrennen; es verbindet sich dann 1 kg Kohlenstoff nur mit 1,33 kg Sauerstoff, wobei ein noch brennbares Gas, das Kohlenoxyd, entsteht. Bei dieser unvollkommenen Verbrennung wird eine bedeutend geringere Wärmemenge als bei vollkommener Verbrennung entwickelt, nämlich nur 2470 WE/kg, so daß je kg Kohlenstoff ein Wärmeverlust von $8080 - 2470 = 5610$ WE eintritt.

Um vollkommene Verbrennung zu bekommen, genügt es aber nicht, nur die rechnungsmäßig notwendige Luftmenge zuzuführen, weil der Luftbedarf auf der ganzen Rostfläche nicht überall gleich ist; es muß stets ein gewisser Luftüberschuß vorhanden sein, damit auch an Stellen mit augenblicklichem Mehrbedarf genügend Sauerstoff zur Verfügung steht. Die übliche Steinkohle braucht etwa 8 m^3 Luft je kg; erfahrungsgemäß ist ein Überschuß von 40–50 % erforderlich, so daß 11–12 m^3 zugeführt werden müssen. Rostspalten und Aschkastenöffnungen sowie die ganze Saugzuganlage sind so bemessen, daß bei richtiger Feuerführung diese Luftmengen auch angesaugt werden.

Luftüberschuß

Luftmangel

Trotzdem kommt es vor, daß Luftmangel herrscht, und dann gehen große Wärmemengen durch den Schornstein ungenutzt ins Freie.

Auch Ruß, Rauch und Qualm stellen einen Verlust infolge unvollkommener Verbrennung dar. Aus frisch aufgeworfenem Brennstoff entweichen zunächst die gasförmigen Kohlenstoff-Wasserstoffverbindungen als Teernebel und verbrennen in der Regel als helle Flamme. Sind die aufgeworfenen Brennstoffmengen aber zu groß, so ist nicht genügend Luft zur Verbrennung der Gase da; diese zerfallen dann in Kohlenstoff und Wasserstoff und entweichen ungenutzt ins Freie, der Wasserstoff als unsichtbares Gas, der Ruß Kohlenstoff in fester Form als Ruß.

Rauch und Qualm

Ist dagegen genügend Luft vorhanden, aber die Temperatur in der Feuerbüchse so niedrig, daß die notwendige Entzündungstemperatur für die gasförmigen Kohlenstoff-Wasserstoffverbindungen nicht da ist, so entweichen diese als Rauch und Qualm. Eine derartige Abkühlung der Feuerbüchse tritt ein, wenn große Mengen Kohle auf einmal aufgeworfen werden. Meist treten beide Erscheinungen, Ruß und Qualm, gleichzeitig auf.

Abgesehen von dem Augenblick, in dem Kohle frisch aufgeworfen wird, entsteht noch Luftmangel, wenn der Unterdruck in der Rauchkammer oder der Feuerbüchse ungenügend ist. Das ist der Fall, wenn die Rauchkammertür undicht ist oder nicht genügend geschlossen wurde, und wenn Dampf durch Kesselundichtigkeiten in den Feuerraum gelangt. Luftmangel tritt auch ein, wenn die eintretende Luft einen zu großen Widerstand zu überwinden hat, wie z. B. zu hohe Feuerschicht, durch Schlacke zugesetzte Rostspalten und nicht genügend geöffnete Aschkastenklappen. Auch bei sehr groß-

stückiger Kohle kann nicht allen Teilen der zur Verbrennung notwendige Sauerstoff zugeführt werden.

Demnach kann als Mittel gegen unvollkommene Verbrennung angegeben werden: sauberer Rost, nicht zu hohes, sondern gut durchgebranntes, helles Feuer, kein Aufwerfen größerer Mengen Kohle auf einmal, sondern öfteres Beschicken mit kleineren Mengen nicht zu grober Kohle, ferner guter Unterhaltungszustand der Lokomotive sowie Sorgfalt beim Verschließen der Rauchkammer.

Die Rauchgase bestehen hauptsächlich aus den Verbrennungs-Rauchgase erzeugnissen Kohlendioxid und Wasserdampf, aus dem überschüssigen Sauerstoff sowie dem mit der Luft eingebrachten Stickstoff; sie verlassen das Brennstoffbett auf dem Rost mit einer Temperatur von rd. 1500°, geben den größten Teil ihrer Wärme an die von Wasser umgebenen Wandungen des Kessels ab und entweichen schließlich mit einer Temperatur von etwa 350° aus dem Schornstein. Die Wärme in den abziehenden Rauchgasen stellt einen Verlust dar (Abgasverlust Abgasverlust), doch verlohnt es sich bei der Lokomotive nicht, sie weiter auszunutzen. Der Abgasverlust wird größer, wenn der Übergang der Wärme an die Kesselwände und von da an das Wasser schlecht wird; die Rauchgastemperatur im Schornstein steigt dann an. Für einen guten Wärmeübergang sind saubere Heizflächen Vorbedingung; daher ist großer Wert auf die Reinigungsarbeiten wie Kesselauswaschen und Rußblasen in der Unterhaltungswerkstatt (Bahnbetriebswerk) zu legen.

Der Abgasverlust steigt auch, wenn die überschüssig mitgeschleppte Luftmenge größer wird als notwendig; denn dadurch wird die Rauchgasmenge, die unausgenutzt dem Schornstein entweicht, größer. Außerdem leidet durch die Abkühlung der Kessel, insbesondere die Stahlfeuerbüchse. Deshalb soll man Löcher im Brennstoffbett, durch die große Luftmengen eintreten können, rechtzeitig zuwerfen und bei schwerer Belastung, bei der der Saugzug stärker wird, mit höherer Brennstoffsicht fahren.

Ein weiterer Verlust entsteht in der Feuerung dadurch, daß Kohle Verlust durch Unverbranntes Verlust durch Unverbranntes in den Aschkasten fällt, Unverbranntes in der Schlacke bleibt und Brennstoffteilchen vom Saugzug mitgenommen in der Rauchkammer als Lösche anfallen oder als Funken durch den Schornstein Lösche, Funken Lösche, Funken gerissen werden. Die Höhe der einzelnen Verluste beträgt etwa:

Abgasverlust 18–20 %, in Asche und Schlacke 3–4 %, in Lösche und Funkenflug 1 %, also zusammen 22–25 %.

Damit das Unverbrannte in Asche und Schlacke gering bleibt, darf gegen Schluß der Fahrt nur mäßig gefeuert werden; während der Fahrt soll auch möglichst nicht mit dem Schürgerät im Feuer herumgearbeitet werden, weil dadurch viel Kohle so zerstoßen wird, daß sie in den Aschkasten fällt. Verlust durch Funkenflug und Lösche wird vermindert, wenn man Fahren mit zu großer Füllung (s. S. 74) vermeidet und feinkörnigen Brennstoff vor dem Aufwerfen gut näßt.

3. Die Dampferzeugung

Führt man in einem Raume, in dem der Luftdruck 1 kg/cm^2 beträgt, einer Wassermenge, die sich in einem offenem Gefäß befindet, durch Beheizen Wärme zu, so steigt die Wassertemperatur bis auf rd. 100° (genau sind es $99,09^\circ$). Weiter steigt die Wassertemperatur nicht, auch wenn man weiter Wärme zuführt, sondern von da ab dient diese nur dazu, das Wasser in Dampf zu verwandeln. In der ganzen Wassermasse entwickeln sich überall kleine Dampfblasen, steigen nach oben und treten durch die Oberfläche unter heftigem Wallen aus. Man nennt diesen Vorgang Sieden, die Temperatur, bei der der Siedevorgang beginnt und auch weiter verläuft, die Siedetemperatur. Auch der austretende Dampf hat eine Temperatur von rd. 100° . Die Geschwindigkeit, mit der das Wasser verdampft, hängt ab von der dem Wasser in der Zeiteinheit zugeführten Wärmemenge.

Sieden Einen Druck übt der entwickelte Dampf nicht aus, sondern im Gefäß herrscht derselbe Druck, auch Spannung genannt, von 1 Atmosphäre (abgekürzt at), den die uns umgebende Luft hat, und den man den absoluten Druck nennt. Genau genommen, beträgt der Luftdruck in Meereshöhe bei 0° $1,033 \text{ kg/cm}^2$ („physikalische Atmosphäre“), doch rechnet man in der Technik stets mit der runden Zahl von 1 kg/cm^2 als Druckeinheit; sie wird als die „technische Atmosphäre“ bezeichnet und ist festgelegt als der Druck, den eine Wassersäule von 10 m Höhe oder Quecksilbersäule von 735,6 mm Höhe bei einer Temperatur von 20° auf eine Fläche von 1 cm^2 ausübt.

Da also der Druck innerhalb des Gefäßes wie außerhalb der gleiche

ist, sagt man, der Überdruck ist 0. Bemerkt sei hier, daß man im allgemeinen, wenn man im praktischen Lokomotivbetriebe vom Druck spricht, den Überdruck gegenüber der Außenluft meint; die Druckanzeiger auf der Lokomotive zeigen auch alle nur den Überdruck an. Im folgenden Abschnitt wird jedoch stets zwischen Druck (gemeint absoluter Druck) und Überdruck unterschieden.

Nun soll gezeigt werden, welche Wärmemenge dem Wasser zugeführt werden muß, um es zu verdampfen bzw. welche Wärme der entstandene Dampf enthält (Bild 12).

Eine Wassermenge von 1 kg nimmt bei der Erwärmung von 0° auf 100° rd. 100 WE auf. Diese Wärmemenge, die man der Flüssigkeit zuführen muß, bis sie zu sieden beginnt, nennt man die Flüssigkeitswärme.

Soll das 1 kg Wasser, das bereits auf Siedetemperatur gekommen ist, im offenen Gefäß vollständig verdampfen, so muß eine weitere Wärmemenge von rd. 540 WE zugeführt werden, die man die Verdampfungswärme nennt.

Flüssigkeitswärme und Verdampfungswärme ergeben zusammen die Wärmemenge, die in dem aus 1 kg Wasser entstandenen Dampf enthalten ist, den Wärmehalt; dieser beträgt in dem obigen Beispiel $100 + 540 = 640$ WE/kg.

Nun ist aber, besonders im Sommer, die Speisewassertemperatur höher als 0° ; während der Wärmehalt in dem Dampf 640 WE beträgt, ist zur Erzeugung diese Wärmemenge gar nicht aufgewendet worden, vielmehr eine Wärmemenge, die um die Höhe der bereits vorhandenen Wassertemperatur geringer ist. Diese je kg verdampftes Wasser aufgewendete Wärmemenge nennt man die Erzeugungswärme. Ist z. B. bei der geschilderten Dampferzeugung im offenen Gefäß das Wasser mit 15° eingefüllt worden, so ist die Erzeugungswärme $640 - 15 = 625$ WE/kg.

Der Dampf, der aus 1 kg Wasser entsteht, wiegt ebenfalls 1 kg;

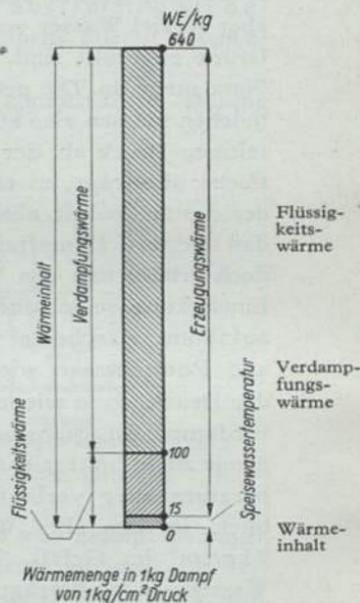


Bild 12.
Wärme im Dampf

er kann auch einen geschlossenen Raum ausfüllen, ohne daß sich ein Überdruck gegenüber der umgebenden Luft zeigt, wenn dieser Raum einen Inhalt von 1725 l hat. Der Dampf von 1 kg/cm^2 Spannung nimmt also einen etwa 1700mal größeren Raum ein als das 1 kg Wasser, aus dem er entstanden ist.

Entstehen
des
Dampf-
druckes

Verdampft man 1 kg Wasser in einem geschlossenen Gefäß, das nur 902 l Inhalt hat, so spielt sich anfangs der Verdampfungsvorgang so ab, wie vorhin beschrieben, bei einer Temperatur von 100° . Ist aber so viel Wasser verdampft, daß die 902 l mit Dampf von 1 kg/cm^2 Druck angefüllt sind,* so ist für weitere Dampfteilchen kein rechter Platz mehr da. Die neu entstehenden und schon vorhandenen Dampfteilchen müssen also zusammenrücken, und das geht nicht ohne gegenseitigen Druck ab, der sich auch auf die Wände und die Wasseroberfläche überträgt; es entsteht ein Druck im Gefäß, der höher ist als der der Außenluft, also ein Überdruck. Dieser verhindert zunächst, daß weitere Dampfteilchen aus der Wasseroberfläche heraustreten, doch erhöht nun das Wasser, wenn weitergeheizt wird, ohne äußere Einwirkung seine innere Spannung dadurch, daß es Wärme in sich aufnimmt, also heißer wird, bis der äußere Druck überwunden wird, und Dampfblasen wieder austreten können. Dadurch steigt wieder der Druck, dann wieder die Temperatur und so fort, bis alles Wasser verdampft ist. Selbstverständlich spielen sich die geschilderten Vorgänge nicht hintereinander stufenweise ab, sondern Druck- und Temperaturanstieg verlaufen pausenlos nebeneinander. In dem Augenblick, in dem alles Wasser verdampft ist, herrscht ein Druck von 2 kg/cm^2 im Gefäß. Die Temperatur der letzten verdampfenden Wassermengen beträgt rd. 120° .

Daß ein höherer Druck entstehen muß, wenn ein und derselben Dampfmenge nur ein geringerer Raum zur Verfügung gestellt wird, kann man sich auch auf andere Weise erklären; das Gefäß von 1725 l Inhalt denke man sich vollständig mit Dampf von 1 kg/cm^2 Druck angefüllt und mit einem Deckel oder dichten Kolben verschlossen, der im Innern des Gefäßes verschoben werden kann (Bild 13). Schiebt man den Kolben in das Gefäß hinein, so muß man den Dampf zusammendrücken; je weiter man kommt, um so größer wird der Widerstand des gedrückten Dampfes, d. h. mit um so mehr kg muß man auf den Deckel drücken.

Verdampft man 1 kg Wasser in einem Gefäß von nur 617 l In-

halt, so entsteht ein Überdruck von 2 kg/cm^2 , bei 181 l Inhalt von 10 kg/cm^2 . Die Siedetemperaturen kurz vor der Beendigung der Verdampfung betragen 133° bzw. 183° . Der Rauminhalt, den 1 kg Dampf bei einem bestimmten Druck einnimmt (spezifischer Rauminhalt), hat also eine durch das Naturgesetz bestimmte Größe, wie umgekehrt 1 m^3 Dampf bei einem bestimmten Druck ein ganz bestimmtes Gewicht hat. Ferner gehört zu jedem auf der Wasseroberfläche lastenden Druck eine ganz bestimmte Siedetemperatur. Alle diese Werte sind seit langem durch Versuche bekannt.

Spezi-
fischer
Raum-
inhalt

Im praktischen Betriebe wird in den Lokomotivkessel ständig

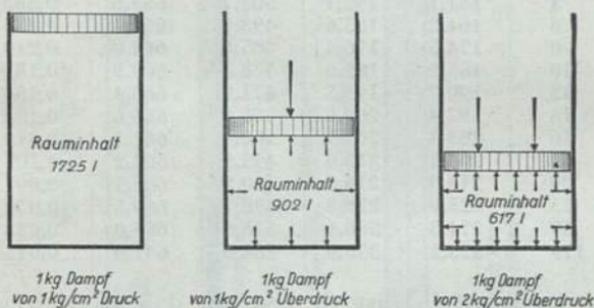


Bild 13. Rauminhalt von Dampf bei verschiedenen Drücken

ebensoviel Wasser zugespeist, wie ihm in Form von Dampf entzogen wird, und man führt dem Kessel so viel Wärme zu, daß die verbrauchte Dampfmenge immer wieder erzeugt wird. Der Druck und, dadurch festgelegt, die Siedetemperatur ändern sich dann nicht.

Vorhin wurde angegeben, daß einem kg Wasser von Siedetemperatur die Verdampfungswärme von 540 WE zugeführt werden muß, wenn es im offenen Gefäß vollständig verdampfen soll. Mit zunehmendem Druck wird die zuzuführende Verdampfungswärme kleiner; da aber die Siedetemperatur und damit die Flüssigkeitswärme in stärkerem Maße steigen, wird die Erzeugungswärme bzw. der Wärmeinhalt größer, wenigstens bei den Drücken bis zu 25 kg/cm^2 .

Siedetemperatur und Flüssigkeitswärme sind übrigens nicht ganz gleich; die Flüssigkeitswärme ist bei höheren Dampfdrücken um einige WE/kg größer, als die Siedetemperatur beträgt. Die genauen

Werte für Flüssigkeitswärme, spezifischen Rauminhalt, Gewicht je m^3 , Verdampfungswärme und Wärmeinhalt sind in der nachstehenden Zahlentafel 1 angegeben.

Zahlentafel 1. Tafel für Wasserdampf

Druck kg/cm^2	Überdruck kg/cm^2	Temperatur °	Flüssigkeitswärme WE/kg	Verdampfungswärme WE/kg	Wärmeinhalt WE/kg	Spezifischer Rauminhalt m^3/kg	Gewicht von 1 m^3 Dampf kg/m^3
1	0	99,1	99,1	539,4	638,5	1,725	0,579
2	1	119,6	119,9	525,9	645,8	0,902	1,107
3	2	132,9	133,4	516,9	650,3	0,617	1,621
5	4	151,1	152,1	503,7	655,8	0,382	2,618
7	6	164,2	165,6	493,8	659,4	0,278	3,597
9	8	174,5	176,4	485,6	662,0	0,219	4,566
11	10	183,2	185,6	478,3	663,9	0,181	5,525
13	12	190,7	193,5	471,9	665,4	0,154	6,49
15	14	197,4	200,6	466,0	666,6	0,134	7,47
17	16	203,4	207,1	460,4	667,5	0,119	8,40
19	18	208,8	213,0	455,2	668,2	0,107	9,35
21	20	213,9	218,5	450,2	668,7	0,097	10,3
26	25	225,0	230,8	438,7	669,5	0,079	12,7
60	59	274,3	288,4	376,6	665,0	0,033	30,2
120	119	323,2	353,9	288,0	641,9	0,015	68,5

Nutzen des
höheren
Dampf-
druckes

Aus der Zahlentafel 1 ist zu ersehen, daß zur Erzeugung von Dampf mit höherem Druck je kg mehr Wärme aufzubringen ist als für Dampf mit niedrigem Druck. Es ist leicht einzusehen, daß man mit Dampf von höherem Druck in der gleichen Dampfmaschine größere Kräfte entwickeln bzw. gleiche Kräfte mit einer kleineren Maschine erreichen kann. Die Frage ist, ob der Mehraufwand an Erzeugungswärme zum Gewinn in einem richtigen Verhältnis steht. Wir werden in einem späteren Abschnitt erfahren, daß der Dampf die Dampfmaschine mit einem Überdruck verläßt, der nur wenig höher ist als der Druck der umgebenden Luft; der einfacheren Betrachtung halber soll hier mit einem Überdruck = 0 gerechnet werden. Dieser drucklose Dampf hat nach Zahlentafel 1 einen Wärmeinhalt von rd. 639 WE/kg; diese gehen durch den Schornstein ins Freie. Angenommen, der Kesseldruck beträgt 5 kg/cm^2 , dann hat der Dampf beim Verlassen des Kessels einen Wärmeinhalt von rd. 656 WE/kg, und gleich groß ist auch die Erzeugungswärme, wenn man die Speisewassertemperatur mit 0° annimmt. Es können also im Dampfzylinder,

wenn man für die überschlägliche Rechnung von Verlusten in diesem absieht, nur $656 - 639 = 17$ WE/kg ausgenutzt werden; auf eine im Zylinder ausgenutzte WE entfallen also $\frac{656}{17} = 39$ WE Aufwand an Erzeugungswärme (Bild 14).

Hierbei mag eingeflochten sein, daß für jede WE, die man in einer Arbeitsmaschine, in diesem Falle der Dampfmaschine, aus-

Begriff der Arbeit

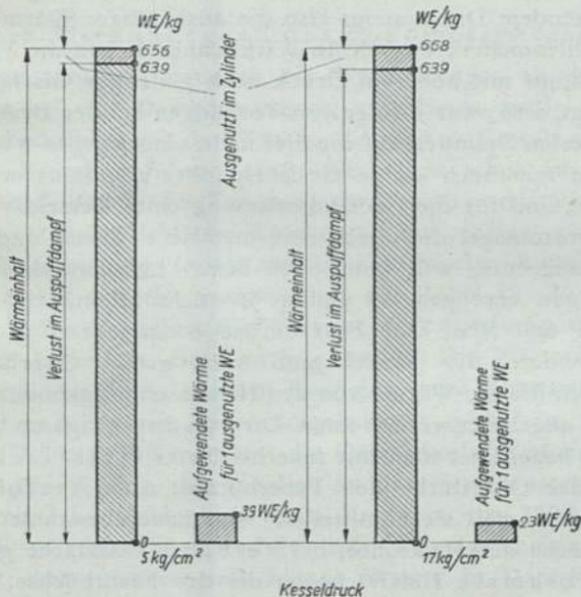


Bild 14. Wärmeinhalt des Dampfes und Wärmeausnutzung

nutzt, eine bestimmte mechanische Arbeit geleistet wird, und zwar entspricht eine WE einer Arbeit von 427 mkg. Jede WE, die in der Maschine dem Dampf entzogen wird, würde also 1 kg auf eine Höhe von 427 m oder 427 kg um 1 m heben können.

Für Dampf mit einem Druck von 17 kg/cm² sind bei der Erzeugung (Speiswassertemperatur 0°) rd. 668 WE/kg aufzuwenden, also 12 WE/kg mehr als für Dampf von 5 kg/cm² Druck. Im Zylinder der Dampfmaschine können aber $668 - 639 = 29$ WE/kg ausgenutzt werden, das sind $\frac{29}{17} = 1,7$ mal soviel je kg Dampf; auf eine aus-

genutzte WE entfallen hier nur rd. 23 WE an Erzeugungswärme. Demgegenüber ist der Kohlenmehrverbrauch gar nicht nennenswert; für die gleich große Dampfmenge werden $\frac{668}{656} = \text{rd. } 1,02$ mal mehr Kohle gebraucht; allerdings sind hierbei sonstige Kesselverluste, über die später noch gesprochen werden wird, nicht berücksichtigt worden, doch verschieben diese das Bild auch nur wenig.

Mit steigendem Druck steigt also die ausnutzbare Wärme schneller als der Kohlenmehrverbrauch. In Wirklichkeit liegen die Verhältnisse für den Dampf mit höherem Druck noch günstiger, als hier im Beispiel gezeigt, und zwar infolge von Vorgängen bei der Druckabnahme des Dampfes im Zylinder, auf die hier nicht eingegangen werden kann.

Es sollen nun noch einige Gesichtspunkte angeführt werden, die bestimmend sind für die Größenbemessung eines Kessels.

Die Wärmemenge, die durch eine metallene Wand hindurchgehen kann, ist begrenzt; will man, wie beim Lokomotivkessel, große Dampfmen gen erzeugen, so genügt es nicht allein, viel Kohle zu verbrennen und Rost und Feuerbüchse entsprechend groß zu bemessen, sondern der Kessel muß auch große Oberflächen erhalten, durch die die Wärme von den Heizgasen aufgenommen und an das Wasser abgeleitet werden kann. Die von den Heizgasen bestrichene Oberfläche bezeichnet man mit **Heizfläche**; sie besteht aus der Oberfläche der Feuerbüchse, unmittelbare Heizfläche genannt, weil sie unmittelbar vom Feuer bestrahlt wird, und der Oberfläche der Heizrohre, mittelbare Heizfläche genannt.

Die wirksamste Heizfläche ist die der Feuerbüchse, denn hier geht infolge der hohen Temperaturen im Feuerraum je m^2 Heizfläche in der Stunde mehr Wärme über als in den Rohren; dagegen ergeben diese wieder den größten Anteil an Heizfläche, weil sie den Wasser- raum des Kessels in großer Zahl durchziehen. Um ein Beispiel zu nennen: Bei der Schnellzuglokomotive Bauartreihe 01 ist die Heizfläche der Feuerbüchse 17 m^2 , die der Rohre 230 m^2 .

Da die in der Stunde durch 1 m^2 Oberfläche gehende Wärmemenge begrenzt ist, so ist auch die je m^2 und Stunde erzeugte Dampfmenge, Heizflächenbelastung genannt, begrenzt. Man ermittelt diese, indem man die in einer Stunde insgesamt erzeugte Dampfmenge durch die Größe der Heizfläche in m^2 teilt. Die Heizflächenbelastung soll mit Rücksicht auf die Lebensdauer des Kessels im

Heizfläche

Heizflächenbelastung

Dauerbetriebe nicht mehr als etwa 57 kg/m^2 und h betragen (Kesselgrenze). Wird dieser Wert häufig für längere Dauer überschritten, so sind undichte Stehbolzen und laufende Heizrohre die Folge. Zur Zeit ist man allerdings bestrebt, Lokomotivkessel zu entwickeln, die auch eine höhere Heizflächenbelastung im Dauerbetrieb zulassen. Wie man ein Überschreiten der Kesselgrenze verhindern kann, ist bei Beschreibung der Dampfmaschine auf S. 75 näher angegeben.

4. Der Wirkungsgrad des Lokomotivkessels

Im vorigen Abschnitt wurden die Wärmemengen angegeben, die das Wasser bei der Dampferzeugung aufnehmen muß; diese sind nicht gleichbedeutend mit der Wärme, die man in Gestalt von Brennstoff dem Kessel zuführen muß. Wir sahen schon im Abschnitt „Verbrennung“, daß in der Feuerung ein Verlust durch Unverbranntes in Asche, Schlacke, Lösche und Funkenflug sowie unvollkommene Verbrennung, ferner in den abziehenden Rauchgasen ein Abgasverlust entsteht, zusammen in der Regel 22–25 %. Hierzu kommt als weiterer Verlust die Wärmeabstrahlung des Kessels an die kalte Außenluft, die etwa 8 % beträgt. Die Wärmemenge, die man in Form von Kohle auf den Rost gibt, muß demnach um diese Verluste größer sein, oder umgekehrt, von der im Brennstoff steckenden Wärme muß man erst die Gesamtverluste abziehen, dann erhält man die Wärme, die wirklich an das Kesselwasser übergeht.

Gehen von 1 kg Kohle, das einen Heizwert von 7500 WE habe, insgesamt 30 % verloren, so sind das 2250 WE; das übrige, 5250 WE, verwandelt eine entsprechende Menge Wasser in Dampf. Hat der Dampf 17 kg/cm^2 Druck, das Speisewasser eine Temperatur von 10° , so beträgt die Erzeugungswärme nach der Zahlentafel 1: $668 - 10 = 658 \text{ WE/kg}$. Aus dem 1 kg Kohle werden also $\frac{5250}{658} = 8 \text{ kg}$

Dampf erzeugt. Diese Zahl, die angibt, wieviel kg Dampf aus 1 kg Brennstoff entstehen, nennt man die Verdampfungsziffer.

Unter dem Wirkungsgrad eines Kessels versteht man das Verhältnis von abgeführter Wärmemenge zu zugeführter Wärmemenge, das ist hier das Verhältnis der Wärme, die man im erzeugten Dampf wiederfindet, zu der Wärmemenge, die in Gestalt von Kohle auf den Rost gebracht wurde. In obigem Beispiel: Wärme in dem von 1 kg Kohle erzeugten Dampf = Verdamp-

fungsziffer · Erzeugungswärme = $8 \cdot 658 = \text{rd. } 5250 \text{ WE}$; hineingegeben wurden mit 1 kg Kohle aber 7500 WE/kg. Der Wirkungsgrad beträgt demnach $\frac{5250}{7500} \cdot 100 = \mathbf{70\%}$.

Der Kesselwirkungsgrad ändert sich einmal mit der Heizflächenbelastung; bei guten Lokomotiven beträgt er bei mittlerer Belastung rd. 80 % und fällt bei geringerer oder höherer Belastung bis auf rd. 70 %. Ferner hängt er ab vom Unterhaltungszustand der Lokomotive, der Güte der Kohle und besonders vom Heizer; dieser kann durch Aufmerksamkeit und Geschicklichkeit beim Feuern, sowie durch Beachtung aller örtlichen Verhältnisse (gute Streckenkenntnis), viel dazu beitragen, die Kohle besser auszunutzen.

5. Naßdampf und Heißdampf

Der Dampf, wie er im Kessel entsteht, heißt gesättigter Dampf oder Sattdampf; er füllt den über der Flüssigkeit stehenden Raum stets mit einer ganz bestimmten Menge (kg) an, die sich nur nach der Temperatur der Flüssigkeit richtet. Der Raum ist also vollständig mit Dampf gesättigt. Man kann den Dampf, solange er mit dem Flüssigkeitsspiegel in Verbindung steht, auch nicht auf eine höhere Temperatur oder einen höheren Druck bringen, ohne daß zuvor die Temperatur der Flüssigkeit erhöht wird. Die Dampfmenge in dem Raum kann man mit Hilfe der Zahlentafel 1 ermitteln. Befindet sich über einer Wassermenge, die unter einem Druck von 5 kg/cm^2 steht, ein Raum von 3 m^3 Inhalt, so enthält dieser $3 \cdot 2,6 = 7,8 \text{ kg}$ Dampf.

Meist werden jedoch bei der Verdampfung Flüssigkeitsteilchen mit dem Dampf mitgerissen, die als Tröpfchen schweben. Der Dampf ist dann nicht trocken, sondern naß (Naßdampf). Er hat eine Eigenschaft, die bei Verwendung als Antriebsmittel unangenehm ist: er gibt seine Wärme sehr leicht an kältere Wandungen ab. Dabei geht nicht seine Temperatur im ganzen herunter, sondern einzelne Dampfteilchen geben ihre Verdampfungswärme ab und werden zu Wasser, das in Form von Nebel im Dampf weiterschwebt; der Dampf wird also noch feuchter. Wird der Dampf zu feucht, so scheiden sich auch Wassertropfen an den Wandungen ab. Da jedes Wasserteilchen einen vielfach kleineren Raum einnimmt als die gleiche Gewichtsmenge Dampf, so wird eine in den Dampfzylinder gegebene Dampfmenge schnell an Druck einbüßen und geringe Druckerarbeit verrichten kön-

nen. Der Dampfverbrauch der mit Naßdampf betriebenen Lokomotiven ist daher sehr hoch.

Führt man Sattdampf, der den Kessel bereits verlassen hat, also mit der Wasseroberfläche nicht mehr in Verbindung steht, Wärme zu, indem man ihn auf seinem Wege zu der Dampfmaschine durch besondere, von außen beheizte Rohrschlangen leitet, so steigt seine Temperatur. Naßdampf wird in diesen Rohrschlangen erst getrocknet, dann nimmt er ebenfalls eine höhere Temperatur an.

Man nennt den Vorgang der Temperaturerhöhung des Dampfes außerhalb des Kessels Überhitzen, die beheizten Rohrschlangen Überhitzer. Der Dampf heißt Heißdampf, wenn seine Temperatur um mindestens 100° über die Sattdampf temperat ur gestiegen ist. Der Temperaturunterschied zwischen dem Heißdampf und dem Sattdampf heißt Überhitzung. Wenn beispielsweise Dampf von 16 kg/cm^2 Überdruck auf die Temperatur von 350° gebracht wird, beträgt die Überhitzung $350 - 203 = 147^{\circ}$.

Natürlich nimmt der Wärmehalt des Heißdampfes mit der Temperatur zu, und zwar für jedes $^{\circ}$ um einen Betrag, der für die üblichen Temperaturen von $300-400^{\circ}$ etwa den nachstehend angegebenen Werten entspricht:

Überdruck kg/cm^2	5—6	7—8	9—10	11—12	13—14	15—16
Wärmezuwachs WE/kg°	0,51	0,52	0,53	0,54	0,55	0,56

Wird also Sattdampf von 16 kg/cm^2 Überdruck, der nach Zahlen-
tafel 1 einen Wärmehalt von rd. 668 WE/kg und eine Temperatur
von 203° hat, auf 350° überhitzt, so wächst sein Wärmehalt um
 $(350-203) \cdot 0,56 = \text{rd. } 82 \text{ WE/kg}$; sein Wärmehalt beträgt demnach
 750 WE , seine Erzeugungswärme bei Annahme von 10° Wasser-
temperatur im Tender 740 WE/kg . Da der Wärmezuwachs aber aus
den Rauchgasen genommen werden muß, so nimmt bei gleichen
Kesselverlusten wie beim Sattdampfkessel die Verdampfungsziffer ab;
bei Kohle mit 7500 WE/kg und 30% Kesselverlust ist sie $\frac{5250}{740} =$
 $7,1$ fach (vgl. S. 53).

Heißdampf nimmt andere Eigenschaften an als Naßdampf. Mit
zunehmender Temperatur wird der Rauminhalt, den 1 kg ein-
nimmt, immer größer (bei Dampf von 16 kg/cm^2 Überdruck bei

350° Überhitzung um mehr als 30 %); eine gleich große in den Zylinder gegebene Dampfmenge wiegt also bei Heißdampf weniger als bei Naßdampf. Ferner ist Heißdampf ein schlechter Wärmeleiter, gibt daher nicht so leicht seine Wärme an kältere Wandungen ab. Allerdings nimmt er auch Wärme schwer an, so daß es Schwierigkeiten gemacht hat, einen Überhitzer zu entwickeln, mit dem eine genügend hohe Temperatur erreicht wird. Sein Hauptvorteil liegt aber darin, daß er bei Abkühlung, die sich auf dem Wege zum Zylinder nicht ganz vermeiden läßt, in seiner Menge ziemlich erhalten bleibt, da nur seine Temperatur zurückgeht. Infolgedessen wird, wenigstens bei den üblichen Drücken, im Zylinder kein Wasserniederschlag eintreten, ja, der Dampf wird sogar noch etwas überhitzt austreten.

Vorteile Rechnerisch lassen sich die Vorteile des Heißdampfes kaum erfassen, doch weiß man aus Versuchen und dem praktischen Betriebe, daß die Dampf- und damit Wasserersparnis gegenüber Naßdampflokomotiven gleicher Leistung bis zu 30 %, die Kohlenersparnis bis zu 20 % beträgt. Die Heißdampflokomotive gleicher Größe gibt daher eine erhebliche Mehrleistung. Wegen des geringeren Wasserverbrauches können Heißdampflokomotiven auch längere Strecken als die Naßdampflokomotiven ohne Aufenthalt zum Wassernehmen durchfahren.

Eine für den Betrieb unangenehme Begleiterscheinung der Verwendung des Heißdampfes ist aber, daß infolge der hohen Temperatur das Schmieröl schnell verdampft. Die Zylinderwände müssen daher besser geschmiert werden, und das Schmieröl muß hochwertiger sein als bei Naßdampf. Gerade die Schmierfrage ist es auch gewesen, die lange Zeit Schwierigkeiten gemacht hat und der schnelleren Einführung des Heißdampfes im Lokomotivbetrieb entgegenstand.

6. Speisewasservorwärmung durch Abdampf

Der Abdampf, der den Zylindern entweicht, enthält noch eine erhebliche Wärmemenge (vgl. S. 50). Diese kann man teilweise zurückgewinnen, indem man die Ausströmleitung anzapft und eine bestimmte Dampfmenge zum Vorwärmen des Speisewassers benutzt. Leitet man den Auspuffdampf über Oberflächen, die wassergekühlt sind, z. B. über Rohrschlangen, durch die kaltes Wasser fließt,

so wird ihm die Verdampfungswärme entzogen, und er verwandelt sich wieder in Wasser (schlägt nieder). Das Kühlwasser nimmt die abgegebene Wärme auf, wird also selber angewärmt. Eine derartige Einrichtung, Oberflächenvorwärmer (vgl. S. 170) genannt, benutzt man auf der Lokomotive, um das Kesselspeisewasser vorzuwärmen. Da die Temperatur des niedergeschlagenen Wassers (Kondensates) und des Abdampfes 100°, bei größerer Lokomotivanstrengung auch noch mehr beträgt, kann man das Speisewasser auf 95–100° vorwärmen.

Hat das Wasser im Tender eine Temperatur von 10°, so nimmt es im Vorwärmer 100–10=90 WE/kg auf. Die Verdampfungswärme, die 1 kg Abdampf beim Niederschlagen abgibt, beträgt rd. 540 WE, mithin können damit $\frac{540}{90} = 6$ kg Wasser vorgewärmt werden. Es wird

aber nur soviel Speisewasser für den Kessel gebraucht, wie Dampf aus den Zylindern auspufft, daher kann von jedem kg Auspuffdampf nur $\frac{1}{6}$ verwendet, also auch nur $\frac{1}{6}$ der Wärme zurückgewonnen werden. Eine größere Dampfmenge darf man im übrigen auch dem Auspuff nicht abzapfen, weil sonst kein genügender Saugzug erzeugt würde.

Die Brennstoffersparnis durch Speisewasservorwärmung durch Abdampf wird folgendermaßen ermittelt:

Die Erzeugungswärme von Satttdampf mit 16 kg/cm² Überdruck beträgt bei 10° Wassertemperatur im Tender 668–10=658 WE/kg. Wird das Wasser auf 100° vorgewärmt, so sind an Erzeugungswärme im Kessel nur 668–100=568 WE/kg aufzuwenden, erspart werden 658–568=90 WE/kg. Auf S. 54 wurde angegeben, daß bei 70% Kesselwirkungsgrad je kg Kohle 5250 WE zur Dampferzeugung ausgenutzt werden; bei Vorwärmung auf 100° können daher $\frac{5250}{568} = 9,25$ kg Wasser von 1 kg Kohle verdampft werden, und für 1 kg Dampf sind $\frac{1}{9,25} = 0,108$ kg Kohle erforderlich. Bei dem Beispiel auf S. 53 wurde eine Verdampfungsziffer von 8 errechnet; dabei werden für 1 kg Dampf $\frac{1}{8} = 0,125$ kg Kohle gebraucht. Die Ersparnis beträgt somit 0,125–0,108=0,017 kg, gleich 13,6%. Im Betriebe wird etwas weniger erreicht; zwar steigt der Kesselwirkungsgrad um einige %, da

Oberflächen-
vorwärmerErsparnis
durch den
Abdampf-
vorwärmer

der Kessel weniger beansprucht wird, doch entsteht ein zusätzlicher Wärmeverbrauch für die beim Oberflächenvorwärmer meist verwendete Antriebsdampfmaschine zur Speisepumpe in Höhe von 2–3 % der Kesselleistung (vgl. S. 173), auch muß ja mitunter gespeist werden, wenn der Regler geschlossen ist, oder kann nicht immer gespeist werden, wenn der Regler offen ist. Immerhin kann man bei gut unterhaltenen Vorwärmern mit 10 % rechnen. Um einen Geldwert anzugeben: Eine Lokomotive der Bauartreihe 38^{10–40} verbraucht im Jahre etwa 1200 t Kohle; da die t Kohle etwa 21 RM kostet, betragen die Gesamtkohlenkosten rd. 25 000 RM. Die Ersparnis von 10 % ergibt dann 2500 RM/Jahr. Berücksichtigt man allerdings die Unterhaltungskosten der Vorwärmanlage, so vermindert sich die ersparte Summe etwas.

Da bei Speisewasservorwärmung für jedes kg Dampf weniger Wärme im Kessel aufzuwenden ist als ohne Vorwärmung, und mit der gleichen Kohlenmenge eine größere Menge Dampf erzeugt werden kann, so ist eine Lokomotive mit dieser Einrichtung um rd. 10 % leistungsfähiger.

Man kann das Speisewasser auch vorwärmen, indem man es unmittelbar mit dem Abdampf in Berührung bringt; dazu spritzt man es mit einer Kaltwasserpumpe in einen Raum, in den ständig Abdampf aus der Ausströmleitung nachströmt (Einspritz- oder Mischvorwärmer). Das Wasser wird durch Aufnahme der Verdampfungswärme des niederschlagenden Abdampfes auf etwa 95° erwärmt und mit einer Warmwasserpumpe in den Kessel gedrückt (vgl. S. 188). In diesem Fall wird nicht nur das niedergeschlagene Wasser wiedergewonnen, was eine Ersparnis an Tenderwasser von etwa 15 % bedeutet, sondern auch noch dessen Flüssigkeitswärme (rd. 100 WE/kg), die beim Oberflächenvorwärmer verlorengeht.

Eine andere Vorwärmerbauart arbeitet mit Vorwärmung in zwei Stufen. Das kalte Speisewasser wird von einer Dampfstrahlpumpe in einen Mischvorwärmer gespritzt, in den der Abdampf der Lokomotivmaschine strömt und der infolgedessen unter dessen geringem Druck steht (Niederdruckvorwärmer) (vgl. S. 190). Da nur ein geringer Druck zu überwinden ist, verbraucht auch die Dampfstrahlpumpe nur eine geringe Dampfmenge, die das Wasser kaum erwärmt. Aus dem Niederdruckvorwärmer, in dem es eine Temperatur von rd. 95° annimmt, wird das Speisewasser von einer Warmwas-

Einspritz-
vorwärmer

Nieder-
druck-
vorwärmer

serpumpe in einen zweiten Mischvorwärmer gefördert, in den der Abdampf der Pumpenantriebsmaschine strömt und in dem ein Druck von einigen kg/cm^2 (je nach Anstrengung der Pumpe) herrscht (Hochdruckvorwärmer). Hier wird das Wasser um weitere 10–20° erwärmt und sodann von der Heißwasserkolbenpumpe, die von derselben Dampfmaschine wie die Warmwasserpumpe angetrieben wird, in den Kessel gedrückt. Da für die Wasserförderung selbst nur wenig Wärme in Arbeit verwandelt wird, geht fast die ganze Dampfwärme an das Speisewasser über, so daß dieses so gut wie ohne Dampfverbrauch in den Kessel gefördert wird.

Hochdruck-
vorwärmer

7. Störungen und Gefahren im Dampfkesselbetrieb

Beim Dampfkesselbetrieb sind eine Reihe von Vorschriften zu beachten, damit Störungen und Gefahren vermieden werden; die wichtigsten Störungen sind das Überreißen von Wasser, das Ausglühen von Kesselteilen und der Dampfkesselzerknall.

a) Das Überreißen von Wasser

Beim Verdampfungsvorgang treten die Dampfblasen auf der ganzen Wasseroberfläche aus. Der höchste Wasserstand im Kessel wird beim Entwurf der Lokomotive von dem Gesichtspunkt aus festgelegt, daß bei größter Anstrengung der Lokomotive, d. h. bei der größten Dampferzeugung, die durch 1 m^2 Wasseroberfläche tretende Dampfmenge einen günstigen Erfahrungswert nicht übersteigt. Infolge des kreisförmigen Kesselquerschnittes nimmt die Wasseroberfläche sehr schnell ab, wenn in den Kessel zuviel Wasser gespeist wird; es muß dann durch 1 m^2 der Wasseroberfläche eine zu große Dampfmenge treten, und das wirkt sich so aus, daß vom Dampf größere Mengen Wasser mitgerissen werden. Im allgemeinen ist das der Fall, wenn der Wasserspiegel im oberen Hahnkopf des Wasserstandanzeigers verschwunden ist. Das Überreißen wird begünstigt, wenn das Wasser sehr verunreinigt ist. Die übergerissenen Wassermengen gelangen z. T. in die Dampfzylinder, wo sie Anlaß zu Zerstörungen an Kolben und Zylindern geben, wenn sie nicht schnell genug durch die dafür vorgesehenen Sicherheitsventile am Zylinder entweichen können; sie werden auch mit dem Auspuffdampf durch den Schornstein ins Freie gerissen, wobei sie Ruß und Lösche mit sich nehmen und dadurch u. U.

Reisende auf den Bahnsteigen beschmutzen können. Z.T. wird das mitgerissene Wasser im Überhitzer verdampft. Wichtig ist zu wissen, daß die so im Überhitzer entstehende Dampfmenge nicht durch Schließen des Reglers abgesperrt werden kann, sondern in die Dampfmaschine geht, wenn ihr nicht ein anderer Weg ins Freie geöffnet wird (vgl. S. 216).

Man wird verstehen, daß das Überreißen eine Ursache für Betriebsunfälle sein kann, wenn es gerade an Stellen vorkommt, an denen besonders vorsichtig gefahren werden muß, z. B. in Lokomotivschuppen oder beim Befahren von Drehscheiben und Schiebepöhlen.

Wird Wasser häufig in kleinen Mengen übergerissen, so hat das eine andere Betriebsstörung zur Folge, die sich nicht sogleich bemerkbar macht: Sind in dem Wasser Kesselsteinbildner (s. S. 25) und gelangen in die Überhitzerrohrschlangen, so setzen sie sich an den heißesten Stellen fest und verengen allmählich den Querschnitt. Dadurch wird der Dampfdurchgang stark behindert (Drosselung), auch können die Rohre an diesen Stellen erglühen und reißen.

Besonders gefördert wird das Überreißen von Wasser, wenn der Dampfregler plötzlich stark aufgerissen wird, weil dann der Druck im Kessel bestrebt ist, den hinter dem Regler liegenden drucklosen Raum mit großen Dampfmen gen schnell aufzufüllen. Deshalb stets den Regler langsam und vorsichtig öffnen!

Stärkeres Überreißen kann man an Heißdampflokomotiven daran erkennen, daß der Zeiger des Meßgerätes für die Überhitzertemperatur (s. S. 169) schnell auf niedrige Temperaturanzeige zurückgeht.

b) Das Ausglühen von Kesselteilen

Das Wasser im Kessel muß so hoch stehen, daß alle vom Feuer oder heißen Rauchgasen berührten Teile bedeckt sind. Am meisten gefährdet ist bei Wassermangel die Decke der Feuerbüchse, besonders wenn sie aus Kupfer besteht, weil die Festigkeit dieses Baustoffes bei Temperaturen über 350° so stark abnimmt, daß Einbeulen oder Einreißen mit verheerenden Folgen zu befürchten ist.

Hat man den Wasserstand zu tief (vgl. S. 146) absinken lassen, so darf man auf keinen Fall Wasser einspeisen, weil dadurch eine große Gefahr hervorgerufen würde. Kommt nämlich Wasser auf eine genügend heiße Wand, so bildet sich zwischen dieser und dem

Wasser eine ständig sich erneuernde Dampfschicht, die isolierend wirkt und eine starke Verdampfung verhindert; indes wird die Wand immerhin schon etwas gekühlt. In dem Augenblick, in dem die Temperatur so weit abgesunken ist, daß die Dampfschicht nicht mehr schnell genug gebildet werden kann, kommt die ganze heiße Fläche mit Wasser in Berührung, und es setzt eine so starke Verdampfung ein, daß durch den plötzlich entstehenden Druck Kesselwände aufreißen können.

Glühen der Feuerbüchse oder -wände kann auch auftreten, wenn sich starke Kesselsteinnester in den Zwischenräumen festgesetzt haben, so daß das Wasser nicht überall zutreten und die Wärme abführen kann. Daher ist es notwendig, besonders den Hinterkessel sorgfältig auszuwaschen und vom Kesselsteinansatz zu befreien.

Kommen Teile der Feuerbüchse zum Erglühen, so muß, unter welchen Umständen es auch immer sei, das Feuer vom Rost gezogen und der Dampf auf dem schnellsten Wege abgelassen werden. Die Lokomotive darf erst wieder in Betrieb genommen werden, wenn durch Untersuchung in der Unterhaltungswerkstatt festgestellt ist, daß die Feuerbüchse keinen Schaden genommen hat, und etwaige Kesselsteinnester beseitigt worden sind.

c) Dampfkesselzerknall

Mit Dampfkesselzerknall (Explosion) bezeichnet man die Zerstörung eines Kessels, wenn dessen Wandung durch den Betrieb in solchem Umfang aufgerissen wird, daß durch das Ausströmen von Wasser und Dampf ein plötzlicher Ausgleich der Spannungen innerhalb und außerhalb des Kessels eintritt. Ursachen sind unzulässige Abnutzung einzelner Kesselteile, Baustoff- oder Herstellungsfehler, Ausglühen von Kesselteilen und Auftreten zu hoher Kesseldrücke. Genaue Überwachung und Baustoffuntersuchung durch staatlich vorgeschriebene Stellen schon bei der Herstellung und Untersuchungen des Kesselinnern in bestimmten Zeitabständen tragen viel dazu bei, daß heute Zerknalle zu den Seltenheiten gehören. Zu hoher Kesseldruck kann im allgemeinen nicht auftreten, da die Kessel mit Sicherheitsventilen ausgerüstet sind, durch die der Dampf entweicht, wenn der Druck die für den betreffenden Kessel festgesetzte Grenze überschreitet. Die Sicherheitsventile werden bei der Untersuchung

richtig eingestellt: Änderungen an der Einstellung vorzunehmen, ist dem Lokomotivpersonal streng untersagt.

Die zerstörenden Folgen eines plötzlichen Druckabfalles im Kessel lassen sich folgendermaßen erklären: Bei höheren Kesseldrücken ist im Kesselwasser eine große Wärmemenge gespeichert, nämlich die Flüssigkeitswärme; bei einem Druck beispielsweise von 13 kg/cm^2 sind das $193,5 \text{ WE}$ in 1 kg Wasser. Fällt der Druck durch das Trennen von Kesselwänden plötzlich auf 1 kg/cm^2 ab, so werden, da diesem Druck nur eine Flüssigkeitswärme von 100 WE/kg entspricht, $193,5 - 100 \text{ WE} = 93,5 \text{ WE}$ je kg Wasser frei; bei einem Kessel mit 6500 kg Wasserinhalt, wie ihn Lokomotiven mittlerer Größe haben, sind das insgesamt $93,5 \cdot 6500 = 610\,000 \text{ WE}$. Diese freiwerdende Wärmemenge verwandelt im Augenblick eine entsprechende Menge Wasser in Dampf, und zwar erzeugen immer je 540 WE 1 kg Dampf.

Im angeführten Beispiel entstehen $\frac{610\,000}{540} = 1100 \text{ kg}$ Dampf. Diese

Menge würde bei einer Spannung von 1 kg/cm^2 einen Raum von $1100 \cdot 1,727 = 1900 \text{ m}^3$ beanspruchen. Wenn auch durch das Kesselsicherheitsventil und die in der Kesselwand entstandenen Öffnungen viel Dampf abströmen kann, so reicht das bei weitem nicht aus, so ungeheure Mengen im Augenblick entweichen zu lassen. Man kann sich also vorstellen, daß in dem begrenzten Dampfraum, der zunächst zur Verfügung steht, wieder ein ganz gewaltiger Druck entsteht, der sich nur durch Zerstörung des Kessels frei machen kann.

C. Die Dampfmaschine

1. Der Fahrwiderstand des Zuges

Jedes Fahrzeug setzt der Bewegung einen Widerstand entgegen, bewegt sich also erst, wenn es mit einer Kraft gestoßen oder gezogen wird, die größer ist als dieser sogenannte Fahrwiderstand. Da dieser zur Hauptsache vom Fahrzeuggewicht abhängig ist, wird er auch hierauf bezogen und als sogenannte Widerstandsziffer w in kg/t angegeben. Der Fahrwiderstand setzt sich aus mehreren Anteilen zusammen, und man unterscheidet demnach verschiedene Widerstandsziffern: den Laufwiderstand auf gerader ebener Strecke (w_0), den Krümmungswiderstand (w_k), den Steigungswiderstand (w_s) und den Beschleunigungswiderstand (w_b).

Wider-
stands-
ziffer

Im Laufwiderstand ist der Luftwiderstand mit einbe-
griffen, der mit wachsender Geschwindigkeit erheblich zunimmt und
außerdem von der Form der Fahrzeuge abhängig ist. Es ist leicht
verständlich, daß ein Zug aus langen D-Zug-Wagen bei gleicher Ge-
schwindigkeit einen geringeren Luftwiderstand hat als ein gleich-
schwerer Zug mit leeren offenen Güterwagen, an denen sich die Luft
überall fangen kann. Ohne die Unterschiede durch die Bauform der
Wagen zu berücksichtigen, kann für den Geschwindigkeitsbereich bis
100 km/h der Laufwiderstand nach der folgenden Formel berechnet
werden: $w_0 = 2,4 + \frac{V^2}{1300}$, worin V die Geschwindigkeit in km/h be-
deutet. Für die verschiedenen Geschwindigkeiten ausgerechnet er-
gibt sich:

$$\begin{array}{cccc} V = & 40 & 60 & 80 & 100 \text{ km/h,} \\ w_0 = & 3,6 & 5,15 & 7,3 & 10,1 \text{ kg/t.} \end{array}$$

Um einen 400 t schweren Zug mit 60 km/h zu ziehen, würde demnach eine Zugkraft von $400 \cdot 5,15 = 2060$ kg notwendig sein.

Der Krümmungswiderstand ist um so größer, je kleiner der Krümmungshalbmesser ist; die Widerstandsziffer w_k beträgt etwa $\frac{650}{R-55}$, worin R den Krümmungshalbmesser in m bedeutet. Ausgerechnet ergeben sich die Werte:

$$\begin{array}{cccc} R & 200 & 300 & 500 & 1000 \text{ m,} \\ w_k & 4,5 & 2,65 & 1,5 & 0,7 \text{ kg/t.} \end{array}$$

In einer Kurve mit 500 m Krümmungshalbmesser muß also bei einem 400 t schweren Zug eine um 600 kg höhere Zugkraft ausgeübt werden, wenn die Fahrgeschwindigkeit erhalten bleiben soll.

Der Steigungswiderstand beträgt für jedes m, um das die Strecke auf 1000 m steigt, 1 kg/t. Auf der Steigung 1:400 (1 m Steigung auf 400 m Streckenlänge), das sind 2,5 m Steigung auf 1000 m Streckenlänge, beträgt der Steigungswiderstand für den 400 t schweren Zug: $400 \cdot 2,5 = 1000$ kg.

Der gesamte Widerstand des 400-t-Zuges auf der Steigung 1:400 und in der Krümmung mit 500 m Krümmungshalbmesser beträgt bei der Geschwindigkeit von 60 km/h demnach $2060 + 600 + 1000 = 3660$ kg; eine gleich große Zugkraft muß also die Lokomotive am Zughaken entwickeln.

Beschleunigungs-
widerstand

Der Beschleunigungswiderstand, der zu überwinden ist, wenn ein Zug aus dem Stillstand auf der Streckenlänge l (m) bis zur Geschwindigkeit V (km/h) beschleunigt werden soll, beträgt:

w_b (kg/t) = $4 \frac{V^2}{l}$. Er ist verschieden hoch anzusetzen, je nachdem,

um was für eine Zuggattung es sich handelt. Stadtschnellbahnen müssen eine größere Beschleunigung erhalten als Schnell- und Personenzüge, diese wiederum stärker als Güterzüge beschleunigt werden. Die erforderlichen Beschleunigungskräfte stehen dadurch zur Verfügung, daß der Laufwiderstand bei geringer Geschwindigkeit noch klein ist, außerdem aber gerade bei geringer Geschwindigkeit im Dampfmaschinenzylinder durch Fahren mit großer Füllung (vgl. S. 74) die größten Kräfte erzeugt werden können. Bei größerer Fahrgeschwindigkeit muß die Füllung kleiner und damit die Kraft im Dampfmaschinenzylinder geringer werden, weil der Kessel die für die großen Zylinderfüllungen erforderlichen Dampfmengen nicht mehr liefern könnte.

2. Die Entstehung der Zugkraft

Die Zugkraft der Lokomotive wird in einer Dampfmaschine mit Kurbeltrieb auf folgende Weise entwickelt:

In einem Zylinder (Bild 15) mit Ein- und Austrittskanälen für den Dampf befindet sich ein scheibenförmiger Kolben fest auf einer Kolbenstange; mit dieser ist durch Auge und Bolzen eine Treibstange verbunden, die mit ihrem anderen Ende an einem außerhalb der Treibachsmittle (exzentrisch) sitzenden Zapfen des Treibrades, genannt Treib- oder Kurbelzapfen, angreift. Von der Lokomotivsteuerung (s. S. 85) wird mit einem Schieber abwechselnd je auf eine der Kolbenseiten Dampf gegeben, der andere Zylinderraum dagegen mit der Ausströmung und dem Blasrohr in Verbindung gebracht.

Wird Dampf beispielsweise in den rechten Zylinderraum gegeben, so übt er einen Druck auf den Kolben aus, und es entsteht die Kolbenkraft K , die gleich der Kolbenfläche mal dem Dampfüberdruck ist. Beträgt der Kolbendurchmesser 50 cm, so ist seine Fläche $\frac{50 \cdot 50 \cdot 3,14}{4} = \text{rd. } 1965 \text{ cm}^2$; bei einem Dampfüberdruck von

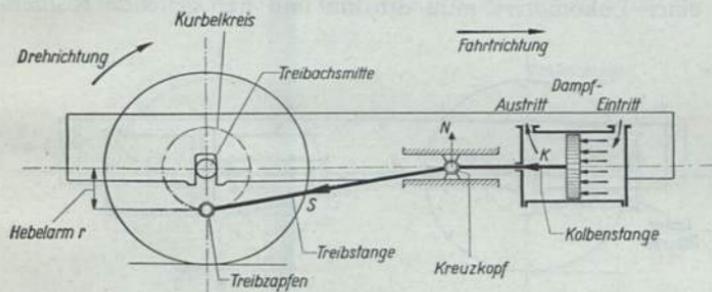
12 kg/cm² ist die Kolbenkraft dann $1965 \cdot 12 = \text{rd. } 23\,600 \text{ kg} = 23,6 \text{ t}$.

Die Kolbenkraft wird durch Kolbenstange und Treibstange weiter

Kolben-
kraft

auf den Treibzapfen übertragen. An der Verbindungsstelle zwischen beiden Stangen entsteht dabei eine senkrechte Seitenkraft N , die bei Vorwärtsfahrt (Bild 15) nach oben, bei Rückwärtsfahrt nach unten wirkt. Damit die Kolbenstange dadurch nicht verbogen und ihre Abdichtung im Zylinderdeckel nicht zerstört wird, muß die Seitenkraft besonders aufgefangen werden. Man bildet daher das Verbindungsstück, Kreuzkopf genannt, mit Gleitflächen aus, die auf Führungsschienen (Gleitbahnen) laufen.

Bei einer ortsfesten Dampfmaschine setzt die Stangenkraft S eine Kurbelwelle, auf der meist ein Schwungrad sitzt, in Drehbewegung,



K Kolbenkraft, S Treibstangenkraft, N vertikale Seitenkraft im Kreuzkopf

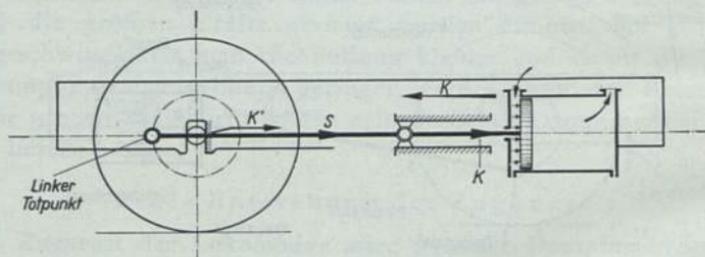
Bild 15. Wirkungsweise der Kolbendampfmaschine mit Kurbeltrieb

wobei von der Welle oder dem Schwungradumfang Kräfte, sei es mit Zahnrädern oder mit Riemenscheiben, abgeleitet werden können. Es wird also durch den Kurbeltrieb die gradlinige Bewegung des Kolbens in eine Drehbewegung verwandelt.

Die Bewegung hört auf, wenn der Kolben am linken Zylinderende angekommen ist, also einen ganzen Kolbenhub zurückgelegt hat. Läßt man den Dampf mit Hilfe des Schiebers in diesem Augenblick in Freie entweichen, so daß der rechte Zylinderraum drucklos wird, und gibt Frischdampf aus dem Kessel in den linken Zylinderraum, so ändert sich die Richtung der Kolben- und damit der Stangenkraft. War der Kolben in der äußersten Stellung ganz zum Stillstand gekommen (Bild 16), so vermag die Stangenkraft das Rad nicht weiter zu drehen, da sie nicht, wie es in Bild 15 der Fall war, gegenüber der Radachse einen Hebelarm hat. Man nennt diese Kolben- bzw. Treibzapfenstellung die Totpunktlage. Eine Dampfmaschine,

die nur einen Zylinder hat, kann aus dieser Stellung heraus nur durch äußere Einwirkung, z. B. durch Drehen am Schwungrad, wieder in Gang gebracht werden. Bei einer schon in schnellerem Lauf befindlichen Maschine wird der Totpunkt durch die Schwingkraft des Rades überwunden, und das Kolbenspiel geht in der Richtung von links nach rechts weiter, bis am anderen Totpunkt die Kraftrichtung wieder wechselt. Der Treibzapfen beschreibt während eines Hin- und Herganges des Kolbens einen Kreis um die Radachse, den sogenannten Kurbelkreis, der einen Durchmesser gleich dem Hube des Kolbens hat.

Bei einer Lokomotive muß die hin und her gehende Kolbenkraft



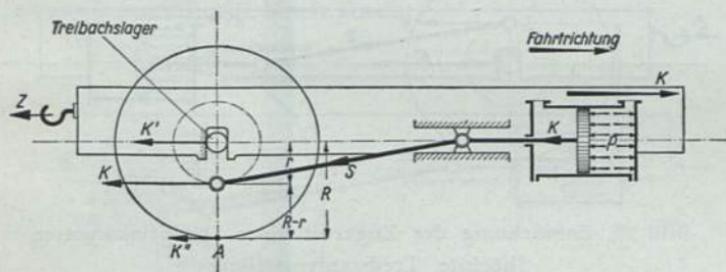
K' Druck auf den Rahmen im Achslager

Bild 16. Kolbendampfmaschine in Totpunktlage

Zugkraft in eine fortschreitende, am Rahmen angreifende Zugkraft umgewandelt werden; die Vorstellung, daß die Kolbenkraft das Rad dreht, genügt nicht zur Erklärung der Zugkraft. Man muß dazu alle von der Dampfmaschine auf den Rahmen ausgeübten Kräfte untersuchen. Der Einfachheit halber sollen nur die höchste und die tiefste Kurbelzapfenstellung sowie die dazu um 90° versetzten Totpunktstellungen betrachtet werden. Denkt man sich eine Lokomotive, an deren Zughaken eine Schlepplast hängt (Bild 17), nicht fest auf den Schienen stehend, sondern etwas angehoben, so werden durch die Kolbenkräfte nur die Räder gedreht, wie bei einer ortsfesten Dampfmaschine das Schwungrad; wird die Lokomotive dann auf die Schienen abgesenkt, so würde sich hierin nichts ändern, und die Räder würden offenbar auch nur gedreht werden, ohne daß die Lokomotive zu fahren beginnt, wenn nicht eine Kraft da wäre, die den Radumfang auf den Schienen festhalten würde. Eine solche

Kraft ist aber in der Reibung zwischen Rad und Schiene Reibung vorhanden. Selbst die glatteſten Räder und Schienen erscheinen, unter ſtarker Vergrößerung betrachtet, noch ſo rauh, daß man deutlich erhabene Stellen und Vertiefungen feſtſtellen kann. Dieſe Unebenheiten halten, wenn von oben das Lokomotivgewicht drückt, das Rad auf der Schiene feſt.

Die Reibung iſt gleich dem Druck der angetriebenen Raſätze auf die Schienen (Reibungsgewicht G_R) mal der ſogenannten Reibungsgewicht
Reibungsziffer Reibungsziffer r_s zwiſchen Rad und Schiene. Letztere iſt je nach der Oberflächenbeſchaffenheit verſchieden und beträgt bei glatten Schienen, ſeien es naſſe oder trockene, rd. $\frac{1}{6}$, doch wird ſie höher,



K'' Stützkraft am Radumfang, Z Zugkraft

Bild 17. Entwicklung der Zugkraft einer Dampflokomotive
(tiefste Treibzapfenstellung)

wenn die Oberfläche rauh iſt, etwa durch Streuen von Sand, und wird niedriger, wenn die Oberflächen verſchmiert ſind, etwa durch feuchten Staub oder Schmieröl. Durch Einbau guter Sandstreueinrichtungen hat man heute erreicht, daß zum Anfahren und zum Befahren von Steilrampen eine Reibungsziffer bis zu $\frac{1}{3}$ erreicht wird.

Nimmt man wegen der vorhandenen Reibung den Berührungspunkt zwiſchen Rad und Schiene A (Bild 17) mal als feſten Stützpunkt für das Rad an, ſo ſieht man, daß die Kolbenkraft K über Kreuzkopf und Pleuellſtange auf den Rahmen im Lager der Pleuellachſe eine Kraft K' ausübt, und zwar iſt dieſe Kraft kleiner als K entſprechend der Hebelüberſetzung, die ſich aus den verſchiedenen Halbmessern des Kurbelkreiſes und des Pleuellrades (r und R) ergibt; K' hat die Größe $K \frac{R-r}{R}$ und wirkt nach rückwärts.

dar, wie auch der Mensch oder das Tier sich gegen den Boden stemmen, wenn sie schwer zu ziehen haben. K'' beträgt $K \frac{r}{R}$ nach rückwärts, ist also ebenso groß, nur entgegengesetzt der Kraft, die die Lokomotive vorwärts treibt. Der Wert K'' darf die größtmögliche Reibung (Reibungsgrenze) nicht überschreiten, sonst haben die Räder nicht genügenden Halt, gleiten also, und die Lokomotive kommt, wie man sagt, ins Schleudern.

Reibungs-
grenze

Reicht die Reibung nur vorübergehend, beispielsweise beim Anfahren mit schwerer Last in ungünstigen Gleisstücken oder bei schlüpfrigen Schienen, nicht aus, so erhöht man die Reibungsziffer durch Streuen von Sand. Muß die Reibung dauernd erhöht werden, so bleibt nur übrig, das auf den angetriebenen Achsen ruhende Gewicht, also das Reibungsgewicht (vgl. S. 7 und 67), zu erhöhen.

3. Die Dampfmaschine mit einstufiger Dampfdehnung

Wir sahen, daß die aus der Dampfmaschine kommende, vorwärts treibende Kraft und damit auch die Zughakenkraft in ihrer Größe infolge des beim Kurbeltrieb veränderlichen Hebelverhältnisses während eines Kolbenhubes schwankt, selbst wenn die Kolbenkraft gleichbleibend wäre. Gleichbleibende Kolbenkraft erhält man, wenn man während des ganzen Kolbenhubes s Dampf in den Zylinder gibt, d. h. mit Vollfüllung arbeitet (Bild 20). Gegen Hubende muß der Dampf dann mit hohem Druck und hohem Wärmeinhalt ins Freie gelassen werden, damit die nach dem Hubwechsel von der anderen Seite wirkende Kolbenkraft keinen Widerstand findet. Mit Vollfüllung arbeitende sogenannte Volldruckdampfmaschinen gab es nur bei den allerersten Lokomotiven.

Voll-
füllung

Volldruck-
dampf-
maschine

Der Dampfverbrauch wird geringer, wenn man nur während eines kleinen Teiles f des Kolbenhubes s (Bild 21) Dampf einströmen läßt, d. h. mit Teilfüllung arbeitet. Der Dampf drückt nach Absperren des Dampfeinlaßkanales zwar weiter auf den Kolben; wenn sich dieser aber weiterbewegt, wird der dem Dampf zur Verfügung stehende Raum im Zylinder immer größer. Wir haben auf S. 49 gesehen, daß Raum und Druck voneinander abhängig sind, demnach der Druck p abnehmen muß, wenn die abgeschlossene Dampfmenge von bestimmtem Anfangsdruck einen immer größeren Raum ausfüllt. Man

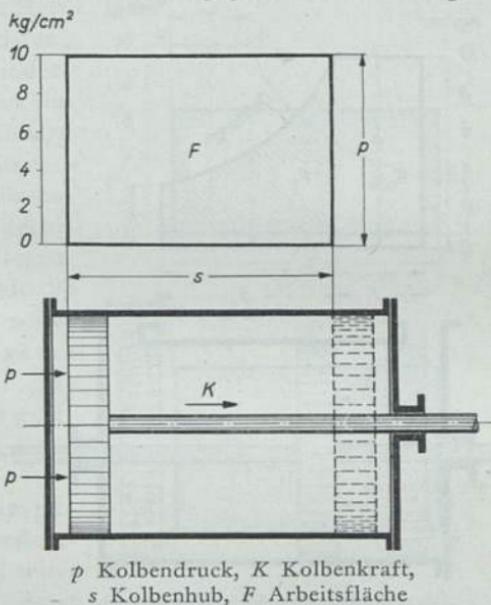
Teilfüllung

nennt den Vorgang der Raumzunahme verbunden mit Druckabnahme Dampfdehnung, auch Expansion. Am Ende des Kolbenhubes hat der Dampfdruck im Zylinder (Kolbendruck) eine Höhe, die abhängt von dem Anfangsdruck p und der Wegstrecke f , während der Dampf eingefüllt wird. Die Strecke f wird die Füllung genannt und in Zehntel oder auch in % des Kolbenhubes angegeben. Der Anfangs-

druck ist wegen der unvermeidlichen Strömungsverluste in den Rohrleitungen um etwa 1 kg/cm^2 kleiner als der Kesseldruck. Je länger der Kolbenweg d ist, auf dem der Dampf sich dehnen kann (Dehnungsvorgang kurz Dehnung), um so mehr sinkt der Dampfdruck, d. h. um so besser wird der Dampf ausgenutzt, doch ist eine Grenze gesetzt: Der Dampf muß bei Hubwechsel noch einen so großen Druck haben, daß er die Arbeit der Saugzugerzeugung im Schornstein leisten kann. Abgesehen vom Anfahren und bei Fahrten auf Steigungen wird die Füllung im allgemeinen so gewählt, daß der Druck am Ende des Dehnungsvorganges noch $1,2\text{--}1,5 \text{ kg/cm}^2$ beträgt, der Dampf also fast restlos ausgenutzt wird.

Den Verlauf des Kolbendruckes p im Zylinder stellt man durch eine Linie dar, die sogenannte Dampfdruckschaulinie. Da Kolbendruck mal Kolbenfläche gleich der Kolbenkraft ist, so ist die Dampfdruckschaulinie auch ein Bild des Verlaufes der Kolbenkraft während des Kolbenhubes.

Unter Arbeit versteht man das Produkt Kraft mal Weg; sie wird ausgedrückt in cmkg. Die im Zylinder während eines Kolben-



p Kolbendruck, K Kolbenkraft,
 s Kolbenhub, F Arbeitsfläche

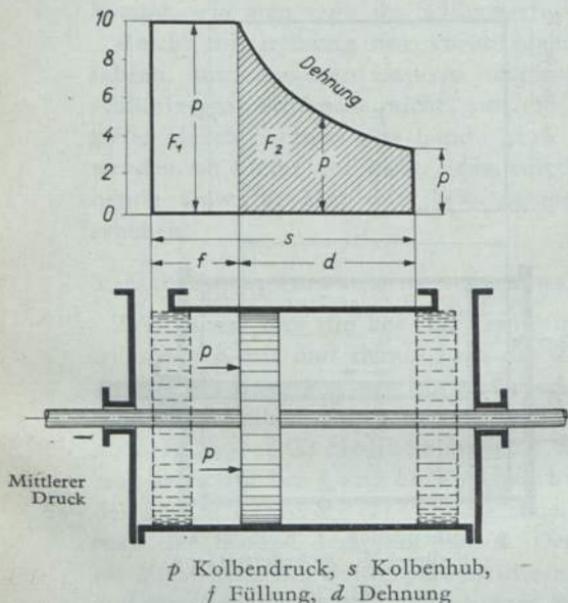
Bild 20.

Arbeitsweise einer Volldruckdampfmaschine

Dampfdruck-schaulinie

Dampf-
arbeit
hubes geleistete Dampfarbeit ist gleich der Kolbenkraft K (kg) mal dem Kolbenhub s (cm). Man kann sie bei einer mit Volldruck arbeitenden Dampfmaschine sehr leicht errechnen. Da hier der Kolbendruck p während des Kolbenhinganges gleich bleibt, ist das Dampfdruckschaubild eine gerade Linie (Bild 20); mithin wird auch das Produkt Kolbendruck mal Kolbenfläche, das ist die Kolben-

kg/cm²



p Kolbendruck, s Kolbenhub,
 f Füllung, d Dehnung

Bild 21. Arbeitsweise einer Dampfmaschine bei Teilfüllung

ein Kolbendruck p_m mit Vollfüllung arbeiten würde, d. h. gleich p_m mal Kolbenfläche mal Kolbenhub s .

An dieser Betrachtung wird auch nichts geändert, wenn man folgende, bisher vernachlässigte Tatsache berücksichtigt: Während der Dampf im linken Zylinderraum Arbeit leistet, entweicht zwar der Dampf aus dem rechten Zylinderraum, doch geht der Dampfdruck hier nicht auf 0 zurück, es bleibt vielmehr ein geringer Überdruck p_3 von etwa 0,2—0,8 kg/cm², der auf die Widerstände in der Aus-

Gegen-
druck

strömleitung zurückzuführen ist (Bild 23). Von diesem Gegendruck

kraft K , durch eine gerade Linie dargestellt. Die Dampfarbeit in cmkg ist hier gleich der Rechteckfläche F (Arbeitsfläche), die aus Kolbenkraft und Kolbenhub gebildet wird.

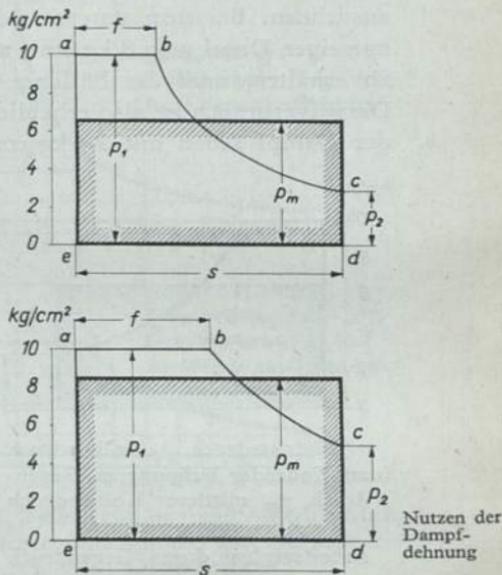
Arbeitet die Maschine mit Teilfüllung, also mit veränderlicher Kolbenkraft, so kann man sich die Arbeitsfläche $a b c d e$ (Bild 22) unter der Dampfdruckschaulinie in ein flächengleiches Rechteck mit dem gleichen Hub s und einem mittleren Druck p_m verwandelt denken. Die im Zylinder von dem Dampf mit der Eintrittsspannung p_1 geleistete Arbeit $a b c d e$ ist dann ebenso groß, als wenn in der Maschine

p_3 rührt eine auf der rechten Kolbenseite wirkende Gegenkraft her, so daß der wirksame Druck auf der linken Kolbenseite nicht der jeweilige Kolbendruck p ist, sondern $p - p_3$, und dementsprechend die wirksame Arbeitsleistung im linken Zylinderraum vermindert wird. Auch der wirksame mittlere Kolbendruck p_m wird um den Gegendruck p_3 geringer.

In gleicher Weise wird nach Hubwechsel auch die Arbeitsleistung des Dampfes im rechten Zylinderraum durch den Gegendruck im linken Zylinderraum vermindert. Die Arbeit, die in jedem Zylinderraum während jedes Kolbenhubes verlorenggeht, ist gleich der Rechteckfläche, die unter der Gegendrucklinie p_3 liegt (in Bild 23 kreuzschraffiert). Es bleibt somit als die nach außen wirksame Arbeitsleistung die von der geschlossenen Dampfdruckschaulinie begrenzte Fläche übrig.

Der Nutzen der Dampfdehnung ist aus Bild 21 ersichtlich. Die ganze Arbeitsfläche unter der Dampfdruckschaulinie setzt sich zusammen aus einer Volldruckarbeit während der Dampfeinströmung, gleich der nichtschraffierten Fläche F_1 über dem Füllungsweg f , und der Dehnungsarbeit während des Dehnungsvorganges, gleich der schraffierten Fläche F_2 über der Strecke d . Die schraffierte Fläche stellt die Arbeit dar, die durch die Anwendung der Dehnung gegenüber einer mit Volldruck arbeitenden Dampfmaschine mit dem Kolbenhub f gewonnen wird.

Durch Vergleich verschiedener Dampfdruckschaubilder kann man den Nutzen hoher Eintrittsdrücke ebenfalls nachweisen, den

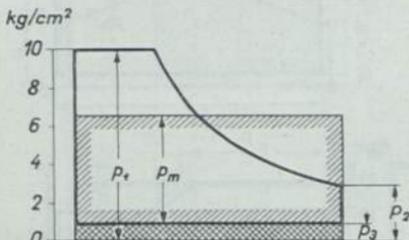


f Füllung, p_1 Eintrittsdruck, p_2 Kolbendruck am Ende der Dehnung, p_m mittlerer Kolbendruck

Bild 22. Mittlerer Kolbendruck bei verschiedenen hohen Eintrittsdrücken

Nutzen
hoher
Eintritts-
drücke

wir bereits durch Gegenüberstellung von Erzeugungswärme und Wärmeausnutzung auf S. 50 kennengelernt haben. Bild 24 zeigt zwei Dampfdruckschaubilder mit völlig gleichen Flächen A und B, demnach gleicher Arbeit des Dampfes in der Maschine; bei dem oberen Schaubild wird der Dampf von 16 kg/cm² Druck auf $\frac{1}{10}$ des Kolbenweges eingefüllt (10% Füllung); er kann sich bis auf 1,6 kg/cm² Druck ausdehnen. Bei dem unteren Schaubild hat der eintretende Dampf nur einen Druck von 8 kg/cm²; um die gleiche Arbeitsfläche wie oben zu erhalten, muß die Füllung $\frac{3}{10}$ des Kolbenweges betragen. Der Dampfverbrauch ist also erheblich höher. Am Ende der Dehnung muß der Dampf schon mit 2,4 kg/cm² Überdruck aus dem Zylinder gelassen werden, so daß er gar nicht ausgenutzt wird. Man sieht hieraus, daß es sehr unwirtschaftlich ist, mit nicht ganz geöffnetem Regler zu fahren oder den Kesseldruck während der Fahrt nicht an seiner höchsten zulässigen Grenze zu halten.



p_1 Eintrittsdruck, p_2 Kolbendruck am Ende der Dehnung, p_3 Gegenruck, p_m mittlerer Kolbendruck

Bild 23.

Arbeitsverlust durch Gegenruck

Steigerung
der
Zugkraft

Werden beim Anfahren oder beim Befahren von Steigungen sowie bei großen Anhängelasten von der Lokomotive größere Zugkräfte verlangt, so muß in den Zylindern eine größere Arbeit geleistet werden; das ist möglich durch Vergrößerung der Füllung. Bild 22 zeigt, daß bei gleichbleibender Eintrittsspannung der mittlere Kolbendruck p_m und damit die Arbeitsfläche durch die größere Füllung wachsen. Selbstverständlich wird dadurch auch der Druck des Auspuffdampfes höher, so daß die Maschine dann unwirtschaftlich arbeitet. Man wird also stets versuchen müssen, den Fahrplan unter Anwendung der kleinsten Füllung innezuhalten, soweit es die Rücksicht auf die Bauart der Maschine zuläßt; man darf jedoch mit der Füllung nicht so weit heruntergehen, daß die Dampfmaschine anfängt zu stoßen.

Die Größe der Füllung wird nach oben nur begrenzt durch die Leistungsfähigkeit des Kessels. Über die Kesselgrenze hinaus (vgl. S. 53) vermag der Kessel nur ganz vorübergehend Dampf zu liefern,

ohne daß er Schaden leidet. Dem Lokomotivführer werden neuerdings Zahlentafeln in die Hand gegeben, aus denen er sehen kann, bis zu welcher Füllung er bei den verschiedenen Geschwindigkeiten für längere Zeit die Steuerung auslegen kann, ohne den Kessel zu überanstrengen (s. S. 491).

Die wirksamen mittleren Kolbendrücke p_m (vgl. S. 72), die bei den verschiedenen Füllungen erreicht werden, sind abhängig vom Kesseldruck, der Höhe der Überhitzung und aus Gründen, die später noch erörtert werden, von der Ein- und Ausströmgeschwindigkeit des Dampfes, die wiederum abhängt von den Zylinder- und Steuerungsabmessungen und der Fahrgeschwindigkeit (vgl. S. 97). Bei Zwillingslokomotiven mit 1750 mm Treibraddurchmesser, 12 kg/cm² Kesseldruck und 350–400° Überhitzungstemperatur treten bei 60 km/h Geschwindigkeit etwa folgende mittlere Kolbendrücke auf:

Füllung f	20	30	40	50 %
p_m	3,8	4,6	5,1	5,4 kg/cm ² .

Die während eines Kolbenhubes wirkende mittlere Kolbenkraft K ist nach Vorstehendem bedeutend geringer als die auf S. 64 errechnete größte Kolbenkraft, die nur während der Füllung auftritt; sie beträgt unter den oben genannten Verhältnissen bei 50 cm Kolbendurchmesser bei den verschiedenen

Füllungen f	20	30	40	50 %
	7450	9000	10 000	10 200 kg.

Aus dieser mittleren Kolbenkraft K kann man auch die am Zug-

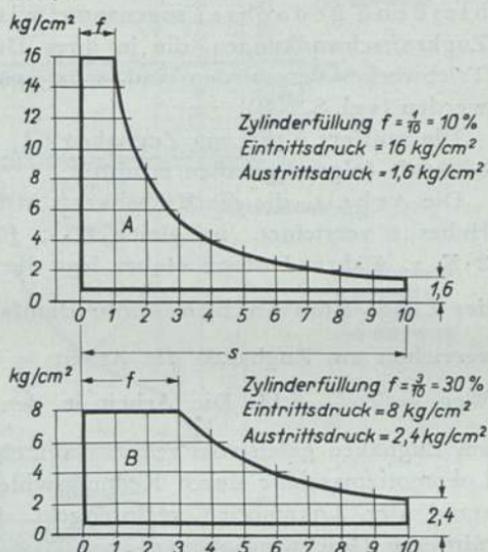


Bild 24. Zylinderfüllung und Austrittsdruck bei gleicher Dampfleistung, aber verschiedenen hohen Eintrittsdrücken

haken wirkenden Kräfte errechnen. Wie schon auf S. 69 angegeben, wirkt die Kolbenkraft auf den Rahmen mit einer Übersetzung, die sich während eines Kolbenhubes ständig ändert; die Zughakenkräfte ändern sich infolgedessen auch und schwanken um eine gleichbleibend gedachte, sogenannte mittlere Zugkraft. Auf die Zugkraftschwankungen, die in ihrer Höhe je nach der Bauart des Triebwerkes verschieden sind, wird später noch näher eingegangen werden (vgl. S. 232).

Mittlere
Zugkraft

Die mittlere Kraft am Zughaken (Z) wird aus der mittleren Kolbenkraft folgendermaßen ermittelt:

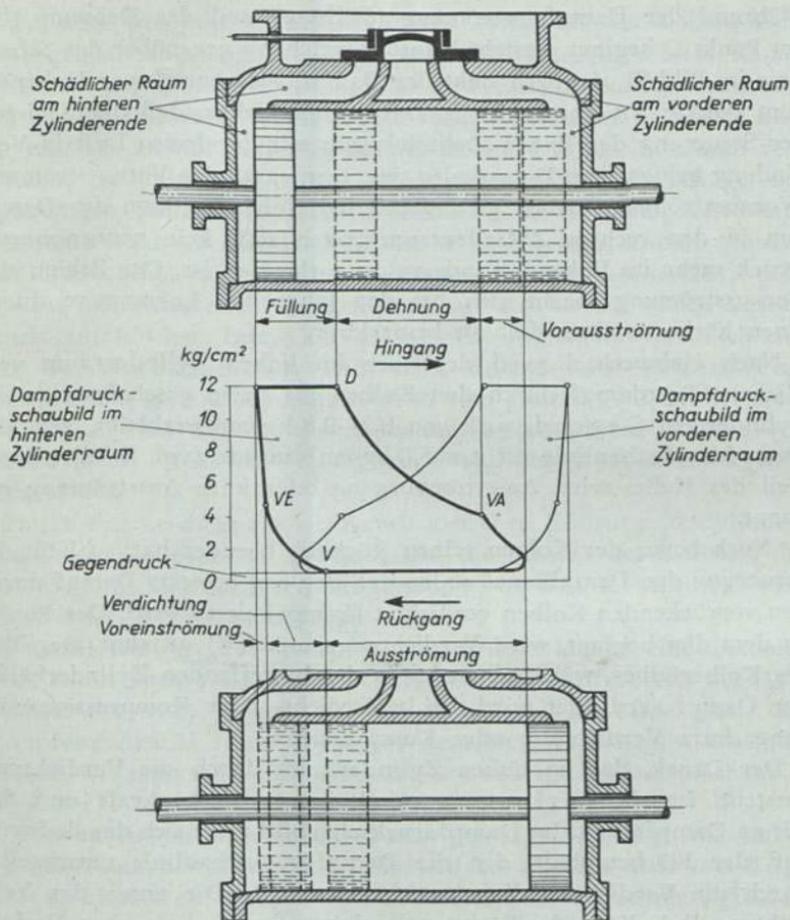
Die Arbeit, die die Kolbenkraft in einem Zylinder während des Hubes s verrichtet, ist gleich $K \cdot s$, für eine Zwillingslokomotive $2 \cdot K \cdot s$. Während dieses Hubes legt die Lokomotive einen Weg von der Länge eines halben Treibradumfangs $= \frac{D}{2} \cdot 3,14$ zurück und verrichtet am Zughaken die Arbeit = mittlere Zughakenkraft mal Weg $= Z \cdot \frac{D}{2} \cdot 3,14$. Die Arbeit in den Zylindern muß gleich der am Zughaken geleisteten sein bis auf einen kleinen Teil, der in der Lokomotivmaschine durch Reibungswiderstand und den Fahrwiderstand der Lokomotive verlorengeht. Dieser Verlust beträgt bei mittleren Geschwindigkeiten etwa 20 %, so daß der Wirkungsgrad vom Dampfzylinder bis zum Zughaken rd. 80 % ist. Es ist also $Z \cdot \frac{D}{2} \cdot 3,14 = 2 \cdot K \cdot s \cdot 0,80$ oder ausgerechnet $Z = \frac{4 \cdot K \cdot s}{3,14 \cdot D} 0,80$.

Bei einer Lokomotive mit dem üblichen Kolbenhub $s = 660$ mm und einem Treibraddurchmesser von 2000 mm ergeben sich aus den oben angegebenen Kolbenkräften folgende mittlere Zughakenkräfte:

Füllung f	20	30	40	50 %
	2500	3050	3370	3440 kg.

Die bisher betrachteten Dampfdruckschaulinien waren rein theoretisch aufgestellt; der wirkliche Druckverlauf im Zylinder ist etwas anders. Man kann ihn mit einem Schreibgerät, Indikator genannt, ermitteln, der an eine Bohrung im Zylinderdeckel angeschlossen wird. Der Druck im Zylinder überträgt sich auf einen kleinen Kolben im Schreibgerät, der einen Schreibstift trägt und damit die Druckschaulinie während eines Kolbenhin- und -herganges aufzeichnet.

Indikator



D Dehnungspunkt, VA Vorausströmungspunkt, V Verdichtungspunkt, VE Voreinströmungspunkt

Bild 25. Das Dampfdruckschaubild im Zylinder

Eine solche Schaulinie würde, bei langsamer Fahrt aufgenommen, etwa der im Bild 25 dargestellten entsprechen. Betrachten wir zunächst den Hub des Kolbens, während dessen im linken Zylinderraum Arbeit geleistet wird (Arbeitshub des linken Zylinders). Arbeitshub

Während der Dampfeinströmung (Füllung) und der Dehnung, die am Punkt D beginnt, besteht keine Abweichung gegenüber der Schaulinie im Bild 21, dagegen sinkt der Dampfdruck bereits vor Hubende, vom Punkte VA an, stark ab. Das kommt daher, daß der Schieber der Steuerung den linken Zylinderraum mit der freien Luft in Verbindung bringt, dem Dampf also, wie man sagt, eine Vorausströmung (Vorausströmungspunkt) gibt, damit bei Hubende, wenn der Dampf nun in den rechten Zylinderraum treten soll, kein nennenswerter Druck mehr im linken Zylinderraum vorhanden ist. Der Beginn der Vorausströmung macht sich bei der fahrenden Lokomotive durch einen hörbaren Dampfschlag bemerkbar.

Vorausströmung

Nach Hubwechsel wird der noch im linken Zylinderraum verbliebene Restdampf durch den Kolben ins Freie geschoben; da im Zylinder ein Gegendruck von 0,2–0,8 kg/cm² verbleibt, geht die Dampfdruckschaulinie nicht auf 0 kg/cm² zurück (vgl. S. 72). Dieser Teil des Hubes wird Ausströmvorgang oder kurz Ausströmung genannt.

Gegendruck

Noch bevor der Kolben seinen Rückhub beendet hat, schließt die Steuerung den Dampfkanal ab, so daß der eingespernte Dampf durch den vorrückenden Kolben verdichtet (komprimiert) wird. Der Punkt, an dem dies beginnt, wird Verdichtungspunkt (V) genannt. Der Teil des Kolbenhubes, während dessen in der betreffenden Zylinderhälfte der Dampf verdichtet wird, heißt Verdicht- oder Kompressionsvorgang, kurz Verdichtung oder Kompression.

Verdichtung (Kompression)

Der Druck, der im linken Zylinderraum durch die Verdichtung entsteht, ist ein Verlust an wirksamer Kolbenkraft und damit an Dampfarbeit. Im Dampfdruckschaubild zeigt sich das dadurch, daß der Flächeninhalt, den die Dampfdruckschaulinie umschreibt, durch die Verdichtungslinie verkleinert wird. Die unter der Verdichtungslinie liegende Fläche stellt demnach den genannten Verlust dar; er wird in Kauf genommen, weil dadurch andere Vorteile erreicht werden.

Wie im Bild 25 dargestellt, geht der Dampfkolben nicht bis dicht an die Zylinderdeckel heran, sondern es bleibt noch ein Zwischenraum von 10–15 mm, der notwendig ist, damit einmal der Dampf zwischen Zylinderdeckel und Kolben treten kann, sodann der Kolben nicht an die Zylinderdeckel stößt. Das könnte sonst vorkommen, wenn sich auf dem Kolben durch verbranntes Schmieröl eine Ölkruste

bildet, oder wenn durch Nachstellen am Triebwerk der Kolben nicht seine genaue ursprüngliche Lage beibehält. Wäre in diesem Raum, dem noch der Inhalt der Dampf- und -ausströmkanäle zuzurechnen ist, bei Hubwechsel kein Druck mehr vorhanden, so müßte man ihn erst mit Dampf voller Spannung füllen. Die je Kolbenhub verbrauchte Dampfmenge würde also größer. Da aber infolge des frühzeitigen Schlusses des Ausströmkanals im Zylinder Restdampf bleibt und wieder verdichtet wird, ist bei Hubwechsel in dem genannten Raum schon ein Druck von einigen kg/cm^2 vorhanden; man braucht daher nur noch wenig Dampf, um ihn bis auf vollen Kesseldruck aufzufüllen. Immerhin wirkt sich der Raum schädlich auf den Dampfverbrauch aus und heißt deshalb der schädliche Raum; man gibt seinen Inhalt in % vom ganzen Zylinderhubraum an. Üblich sind bei neueren Lokomotiven schädliche Räume von rd. 10 % bei 16 kg/cm^2 Kesseldruck und rd. 9 % bei 20 kg/cm^2 Kesseldruck.

Schädlicher Raum

Durch die Verdichtung wird auch zwischen Kolben und Zylinderdeckel ein Dampfpolster gebildet, das die Massen des Kolbens, der Kolbenstange und der Treibstange schon vor der Richtungskehr am Totpunkt abfängt.

Das Einströmen des Dampfes beansprucht immer eine geraume Zeit; damit auch bei größerer Fahrgeschwindigkeit bereits bei Hubwechsel der volle Druck auf den Kolben wirkt, öffnet man den Dampfeinlaßkanal schon etwas vor dem Hubwechsel, gibt also dem Dampf, wie man sagt, eine Voreinströmung. Im Dampfschaubild ist dieser Punkt mit VE bezeichnet.

Voreinströmung

Wir haben im vorstehenden nur den Druckverlauf im linken Zylinderraum betrachtet; die Lokomotiven arbeiten aber mit doppeltwirkenden Dampfmaschinen, d. h. im rechten Zylinderraum spielt sich derselbe Vorgang ab, nur daß hier der Dampf Arbeit leistet, wenn im linken Zylinderraum der Dampf geschoben und gegen das Ende des Hubes verdichtet wird. Das Schaubild des rechten Zylinderraumes ist also gerade das Spiegelbild des linken Schaubildes, versetzt gegen dieses um die Breite des Kolbens.

Doppeltwirkende Dampfmaschine

Hat eine Lokomotive zwei Zylinder, so sind vier arbeitende Zylinderräume vorhanden. Die Flächen aller vier Dampfdruckschaubilder ergeben zusammen die bei einer Radumdrehung (gleich zwei

Kolbenhüben) geleistete Arbeit in cmkg oder, wenn man bei der Berechnung alle Werte in m einsetzt, in mkg. Hieraus läßt sich die Leistung einer Lokomotive berechnen. Unter Leistung versteht man die in einer Sekunde geleistete Arbeit; als Einheit gilt die Arbeit, die notwendig ist, um 75 kg in der Sekunde um 1 m zu heben, genannt die Pferdekraft, abgekürzt PS. Die Leistung, die man aus dem Dampfdruckschaubild errechnet, heißt die indizierte Leistung (PS_i), weil man die Schaubilder mit dem Indikator aufnimmt. Die Leistung am Zughaken oder effektive Leistung (PS_e) ist kleiner als die indizierte, weil von dieser ein Betrag für den Fahrwiderstand der Lokomotive einschließlich der Reibungsverluste im Triebwerk aufgewendet werden muß. Die Leistung am Zughaken wird ermittelt aus Zughakenkraft mal Weg in der Sekunde (Geschwindigkeit). Ist v die Geschwindigkeit in m/sec, Z die Zughakenkraft in kg, so ist die Zughakenleistung $L_e = \frac{Z \cdot v}{75}$. Setzt man die Geschwindigkeit als V in km/h ein, so wird, da $v = \frac{V \cdot 1000}{3600} = \frac{V}{3,6}$ ist, $L_e = \frac{Z \cdot V}{270}$. Beispiel: Eine Lokomotive, die am Zughaken bei 100 km/h noch eine Zugkraft von 4000 kg ausübt, gibt eine Leistung von $\frac{4000 \cdot 100}{270} = 1480 PS_e$ her.

Die Dampfmenge in kg, die eine Lokomotive für je 1 PS Leistung in der Stunde verbraucht, wird als Wertmesser für ihre Güte angesehen; sie ist nicht über den ganzen Leistungsbereich der Lokomotive gleichbleibend, sondern fällt mit zunehmender Leistung bis zu einem günstigen Wert, um von da an wieder zu zunehmen.

Man kann den Verbrauch auf die indizierte oder auf die Zughakenleistung beziehen und erhält dementsprechend Dampfverbrauch (D) je PS_i h oder PS_e h. Der Unterschied zwischen beiden Werten wird mit zunehmender Geschwindigkeit immer größer, weil aus dem Verbrauch für die indizierte Leistung im Fahrwiderstand neben den sonstigen Widerständen und Verlusten auch der Luftwiderstand zu decken ist, der mit wachsender Geschwindigkeit erheblich zunimmt.

Will man in den Wertmesser noch den Wirkungsgrad des Kessels

einbeziehen, so muß man vom Kohlenverbrauch in der Stunde (K) ausgehen und diesen für die Leistungseinheit — K_i für die indizierte und K_e für die Zughakenleistung — ermitteln. Kohlen-
verbrauch

Ältere Lokomotiven der üblichen Bauart, d. h. solche, die vor der Einführung der Einheitslokomotiven gebaut wurden, haben, von Ausnahmen abgesehen, bei Leistungen an der Kesselgrenze (vgl. S. 53) einen günstigsten Dampfverbrauch von 7 bis 7,5 kg/PS_ih, neuere Lokomotiven infolge der höheren Kesseldrücke und höheren Überhitzung einen Dampfverbrauch von etwa 6 kg/PS_ih. Die Geschwindigkeiten, bei denen diese Werte erreicht werden, liegen bei schnellfahrenden Lokomotiven bei 80, 100 und mehr km/h, bei Güterzuglokomotiven etwa bei 60 km/h. Der günstigste Dampfverbrauch bezogen auf die Zughakenleistung liegt zwischen 8,2 und 9 kg/PS_eh bei älteren, zwischen 7 und 8 kg/PS_eh bei neueren Lokomotiven. Der günstigste Kohlenverbrauch bei Leistungen an der Kesselgrenze liegt etwa bei 0,8 bis 0,9 kg/PS_ih und rd. 1 kg/PS_eh.

Diese Zahlen sagen dem Lokomotivbauer sehr viel, dem Lokomotivführer aber recht wenig, einmal weil es Versuchswerte sind, die unter Verhältnissen ermittelt werden, wie sie der Betrieb nicht kennt, nämlich bei gleichbleibender Kraft am Zughaken und gleichbleibender Geschwindigkeit, ferner, weil man den Bezugswert, die Leistung, im Betriebe nicht messen kann. Eine im Betriebe feststellbare Bezugsgröße ist durch die Lokomotivleistungs-Tonnen-Kilometer (tkm) gegeben, jedoch erfährt der Lokomotivführer diese Werte erst immer nachträglich. Als einfachster Vergleichswert wird daher vom Lokomotivführer der auf 1000 km bezogene Verbrauchswert benutzt, da er ihn selbst jederzeit ermitteln kann.

Im Betriebe werden die Verbrauchswerte beeinflusst durch die wechselnde Zuglast, die Steigungsverhältnisse, die Häufigkeit der Halte, die Wärmeverluste durch das Anheizen und Ausschlacken sowie bei Ruhe im Feuer, ferner durch den Zustand der Lokomotive, den Heizwert der Kohle, endlich Geschicklichkeit von Heizer und Führer; sie bilden daher einen brauchbaren Vergleichsmaßstab nur für die Lokomotiven, die im gleichen oder zum mindesten sehr ähnlichen Dienstplan laufen. Um jedoch einen allgemeinen Anhaltspunkt zu geben, sind in Zahlentafel 3 einige auf 1000 km bezogene Verbrauchswerte angegeben.

Zahlentafel 3.

Kohlenverbrauch einiger Lokomotivgattungen in Tonnen auf
1000 Lokomotivkilometer im Monatsdurchschnitt

Lokomotivbauart	17 ¹⁰⁻¹²	03		01		39 ⁰⁻²	
Heimatdienststelle	Gesundbrunnen	Frankfurt/M	Stargard	Erfurt	Potsd. Bf.	Potsd. Bf.	Erfurt
Februar.....	10.30	14.91	13.02	13.47	12.76	13.01	14.96
Juni.....	11.05	13.09	12.69	12.16	11.35	12.47	14.16
September.....	10.95	14.05	12.64	12.75	11.91	12.92	14.83
Dezember.....	13.14	16.12	15.45	14.82	14.28	15.24	16.70
Jahresdurchschnitt	11.09	14.38	13.32	13.14	12.51	13.24	15.02

Lokomotivbauart	38 ¹⁰⁻⁴⁰		57 ¹⁰⁻⁴⁰		58 ¹⁰⁻²¹		44
Heimatdienststelle	Görlitzer Bf.	Saalfeld	Angermünde	Stargard	Gießen	Cottbus	Rothenkirchen
Februar.....	12.25	14.57	17.82	19.73	19.69	20.21	20.77
Juni.....	11.91	13.42	16.37	18.48	17.71	18.39	21.14
September.....	12.13	13.69	15.00	15.01	18.41	18.56	22.95
Dezember.....	14.46	14.75	18.42	18.50	21.66	20.74	28.83
Jahresdurchschnitt	12.71	13.92	16.64	17.56	19.24	19.40	22.42

4. Die Verbundmaschine

Der Dampf verläßt den Zylinder durch denselben Dampfkanal, durch den er hineingelangt ist, wechselt also nach Beendigung eines Kolbenhubes im Zylinder seine Richtung; man nennt die Dampfmaschine der Lokomotiven der Regelbauart deshalb auch Wechselstromdampfmaschine. Da der Dampf beim Ausströmen aus dem Zylinder nur eine Temperatur von wenig mehr als 100° hat, so kühlt er die Wandungen des Zylinders und der Dampfkanäle ab; dem nach Hubwechsel frisch eintretenden Dampf wird infolgedessen ein Teil seiner Wärme entzogen. Auf Seite 54 sahen wir, daß Abkühlung bei feuchtem Dampf zu Wasserniederschlag und starker Einbuße an Rauminhalt und Druck führt (Kondensationsverlust). Je größer der Temperaturunterschied zwischen eintretendem und austretendem Dampf ist, um so größer ist der Abkühlungsverlust. Das Bestreben, diese Verluste zu verringern, führte zum Bau von Maschinen mit zweistufiger Dampfdehnung (Verbundmaschinen, Bild 26): Frischdampf aus

Wechselstromdampfmaschine

Nieder-schlags-(Kondensations-)Verlust

dem Kessel führt man nur dem einen Zylinder (Hochdruckzylinder) zu, läßt ihn hier nicht ganz entspannen, sondern noch mit einem Druck von mehreren kg/cm^2 in einen Speicherraum, den sogenannten Verbinder, treten. Von hier gelangt der Dampf in einen zweiten Zylinder, den Niederdruckzylinder, in dem er nun völlig entspannt wird.

Mit der Verteilung der Dehnungsarbeit auf zwei Zylinder wird der Temperaturunterschied zwischen austretendem und eintretendem Dampf geringer. Beträgt beispielsweise bei der üblichen Zweizylindermaschine (Zwillingslokomotive) der Eintrittsdruck 17 kg/cm^2 , so ist der genannte Temperaturunterschied laut Zahlentafel 1: $203,4 - 100 = 103,4^\circ$. Wird dagegen der Dampf bei einer Verbundmaschine in einem HDZ von 17 nur bis auf 5 kg/cm^2 Druck entspannt, so ist der Temperaturunterschied $203,4 - 151,1 = 52,3^\circ$; im NDZ wird der Dampf von 5 auf 1 kg/cm^2 Druck entspannt, der Temperaturunterschied beträgt $151,1 - 100 = 51,1^\circ$.

Da der Dampf im HDZ nur zum Teil ausgenutzt wird, muß die Kolbenfläche etwas größer sein als bei einer Zwillingslokomotive gleicher Leistung. Im NDZ ist der mittlere Druck p_m (s. S. 72) erheblich geringer, da ihm nur Dampf niederer Spannung zugeführt wird; soll die gleiche Dampfleistung wie im Zylinder einer Zwillingsmaschine bzw. im HDZ geleistet werden, so muß der Zylinderdurchmesser erheblich größer werden. Das Verhältnis der Zylinderräume HD/ND wird zu etwa $1:2,5$ gewählt.

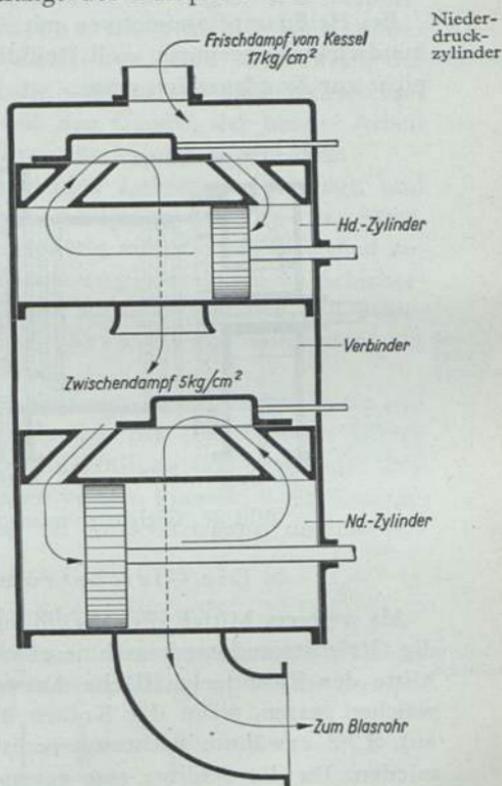


Bild 26.
Wirkungsweise der Verbundmaschine

Gewinn
durch
Verbund-
wirkung

Der Gewinn durch die Anwendung der Verbundwirkung beträgt bei Naßdampflokomotiven etwa 15 %; um denselben Betrag werden Verbundmaschinen leistungsfähiger als Zwillingsmaschinen gleicher Größe.

Bei Heißdampflokomotiven mit Auspuff sind die Vorteile der Verbundwirkung geringer, weil Heißdampf weniger leicht abkühlt, auch nicht zur Kondensation neigt.

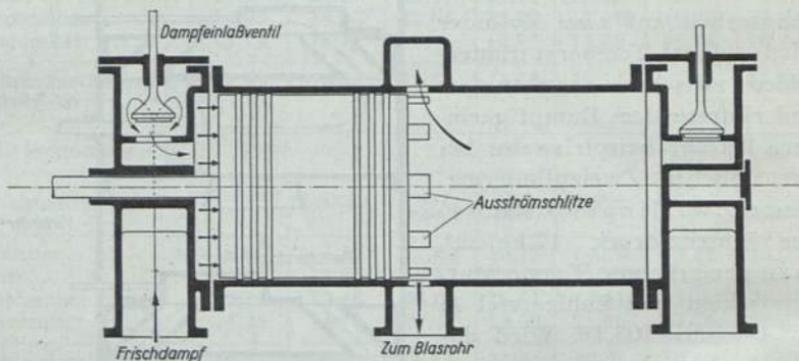


Bild 27. Gleichstromdampfmaschine von Stumpf

5. Die Gleichstromdampfmaschine

Als weiteres Mittel, die Abkühlungsverluste zu verringern, sei noch die Gleichstromdampfmaschine erwähnt (Bild 27). Hier sitzen in der Mitte der Zylinderlauffläche Ausströmschlitze, die den Dampf entweichen lassen, wenn der Kolben über sie hinweggegangen ist. Der auf S. 82 erwähnte Richtungswechsel des Dampfes wird also vermieden. Da die Schlitze erst gegen Ende des Pleuellhubes geöffnet werden sollen, müssen die Zylinder fast die doppelte Länge des Hubes haben und die Pleuellringe sehr breit sein. Die Gleichstromdampfmaschine wird meist in Verbindung mit Ventilsteuerung gebaut. Im Lokomotivbetrieb hat sie sich nicht bewährt; es mag daher dieser kurze Hinweis genügen.

D. Die Steuerung

1. Allgemeines über die Arbeitsweise

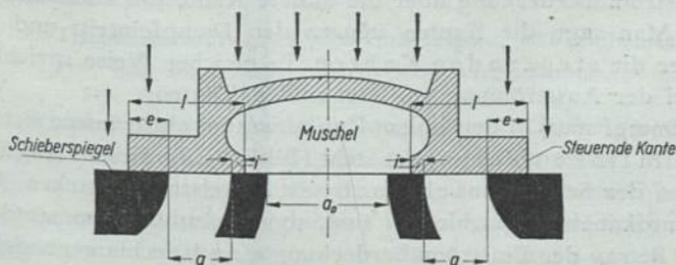
Der Dampf gelangt aus dem Kessel über ein Regel- und Absperrventil (Regler) zunächst in den Schieberkasten, der am Zylinder sitzt; im Schieberkasten wird der Schieber (Bild 25) bewegt, der den Frischdampf abwechselnd auf die vordere und nach Hubwechsel auf die hintere Kolbenseite leitet und den Dampf, der bereits Arbeit geleistet hat (Abdampf), in die Ausströmleitung treten läßt.

Der Schieber wird von der fahrenden Lokomotive bewegt, und so der Dampf ein- und -auslaß, wie man sagt, gesteuert. Sämtliche Bauteile, die an der Dampfverteilung mitarbeiten, faßt man zusammen unter der Bezeichnung Steuerung; unter den im Schieberkasten aufeinander arbeitenden Teilen, nämlich Schieber und Schieberspiegel, versteht man die innere Steuerung, unter den Antriebsteilen die äußere Steuerung.

Die Steuerung muß folgenden Bedingungen entsprechen: 1. sie soll jeweils entsprechend den Kolbenstellungen die Dampfkanäle öffnen und schließen; 2. man muß die Zylinderfüllung und damit die Leistung der Maschine in weiten Grenzen ändern können; 3. die Dampfmaschine muß von Vorwärtsgang in Rückwärtsgang umgesteuert werden können.

2. Die innere Steuerung

Bild 28 zeigt die grundsätzliche Form eines sogenannten Flach- oder Muschelschiebers in der Mittelstellung, in der die Dampf-

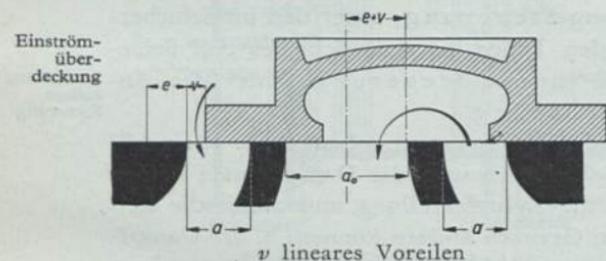


i Schieberlappen, e Einströmüberdeckung, i Ausströmüberdeckung,
 a Dampfkanal, a_0 Ausströmkanal

Bild 28. Flachschieber in Mittelstellung

kanäle abgeschlossen (überdeckt) sind. Von außen lastet auf dem Schieber der Dampfdruck. Die Schieberlappen l ragen beiderseits über die zu den Arbeitsräumen des Zylinders führenden Dampfkanäle a hinaus; die überragenden Teile nennt man Überdeckungen. Die innere Schieberhöhlung heißt Muschel. Die Fläche, auf der der Schieber gleitet, nennt man den Schieberspiegel, auch Schieberrost; in diesen laufen rechts und links die Dampfkanäle a aus, dazwischen befindet sich die Öffnung einer zum Blasrohr führenden Ausströmleitung a_0 .

Bewegt man den Schieber um den Betrag der äußeren Überdeckung e aus der Mittelstellung, beispielsweise nach rechts, so beginnt der Dampf in den linken Zylinderraum einzuströmen; diese



v lineares Voreilen

Bild 29.

Schieberausschlag bei Totpunktlage
des Kolbens

Überdeckung heißt daher die Einströmüberdeckung. Bei dieser Schieberbewegung wird gleichzeitig der rechte Dampfkanal mit der Ausströmleitung verbunden, wenn der Schieber den Weg gleich der inneren Überdeckung i zurückgelegt hat; letztere heißt daher die Ausströmüberdeckung.

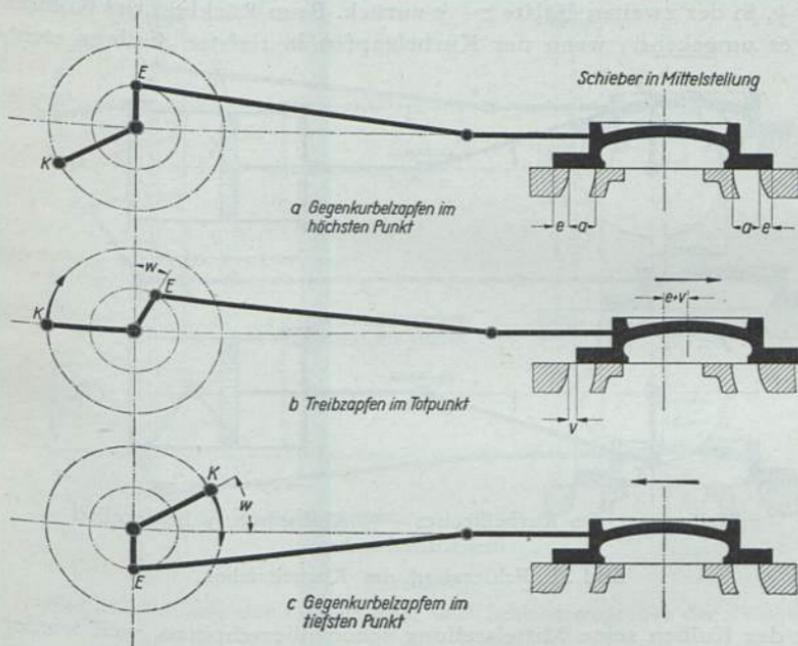
Bewegt man den Schieber, nachdem der linke Dampfkanal geöffnet war, zurück, so wird dieser wieder abgeschlossen, wenn die Kante der Einströmüberdeckung über die äußere Kante des Dampfkanals a gleitet. Man sagt, die Kanten steuern den Dampfeintritt und nennt sie daher die steuernden Kanten. In gleicher Weise spricht man auch bei der Ausströmung von steuernden Kanten.

Der Dampf muß in den linken Zylinderraum einströmen, wenn der Kolben im linken Totpunkt steht (Bild 16). In diesem Augenblick darf also der Schieber nicht mehr in Mittelstellung stehen, in der die Dampfkanäle abgeschlossen sind, sondern muß schon mindestens um den Betrag der Einströmüberdeckung e nach rechts gegangen sein (Bild 29), ja sogar noch etwas mehr, da man dem Dampf zweckmäßig eine Voreinstromung gibt (s. S. 79). Der Betrag, um den der Kanal im Kolbentotpunkt bereits geöffnet sein muß, heißt „lineares

Lineares
Voreilen

Voreilen“. Der Gesamtbetrag, den der Schieber aus seiner Mittelstellung heraus zurückgelegt hat, ist also gleich der Einströmüberdeckung $e +$ linearem Voreilen v .

Der Antrieb für den hin und her gehenden Schieber wird von einer Kurbel hergeleitet, die auf der Treibachse aufgekeilt ist (Gegenkurbel E, Bild 30).



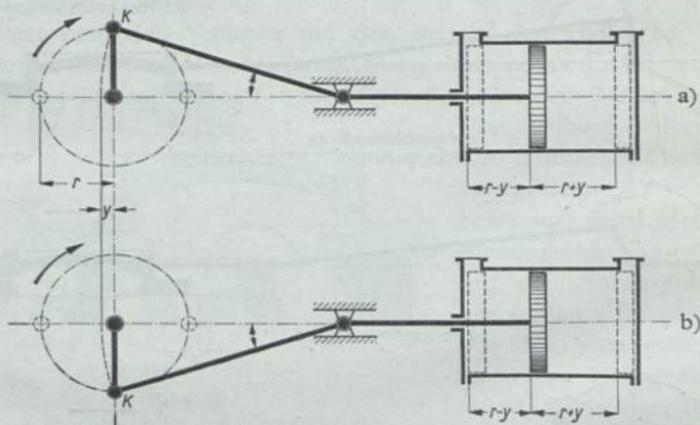
K Treibkurbelzapfen, E Gegenkurbelzapfen, w Voreilwinkel

Bild 30. Schieberantrieb durch Gegenkurbel

Der Schieber steht in Mittelstellung, wenn sich die Gegenkurbel im höchsten oder tiefsten Punkt befindet (Bild 30a und c). Allerdings ist hier ein Fehler vernachlässigt, der eine Eigentümlichkeit aller Kurbeltriebe ist und in der gleichen Weise auch beim Triebwerk der Dampfmaschine auftritt.

Wenn der Kurbelzapfen im höchsten Punkt steht, hat der Kolben seine Mittelstellung noch nicht erreicht, weil die Treibstange zur Zylinderachse unter einem Winkel geneigt steht (Bild 31 a). Die

Strecke y , um die der Kolben zurückgeblieben ist, nennt man das Fehlerglied des Kurbeltriebes. Kurbelzapfen und Kolben gelangen aber beide zur gleichen Zeit im rechten Totpunkt an, der Kolben muß sich also trotz gleichbleibender Drehgeschwindigkeit des Kurbelzapfens in der zweiten Hälfte des Hubes schneller bewegen als in der ersten Hälfte. In der ersten Hälfte des Hubes legt er den Weg $r - y$, in der zweiten Hälfte $r + y$ zurück. Beim Rücklauf des Kolbens ist es umgekehrt; wenn der Kurbelzapfen in tiefster Stellung steht,



r Halbmesser des Kurbelkreises = $\frac{1}{2}$ Kolbenhub, y Fehlerglied des Kurbeltriebes

Bild 31. Fehlerglied des Kurbeltriebes

hat der Kolben seine Mittelstellung schon überschritten, weil wieder die Pleuellagerzapfen geneigt steht (Bild 31 b). Durch diese ungleiche Bewegung wird eine Ungenauigkeit in die Pleuellagerverteilung gebracht, die allerdings durch entsprechende Bemessung einzelner Pleuellagersteile zum Teil wieder ausgeglichen werden kann. Wichtig ist, daß der Fehler geringer wird, je länger die Pleuellagerzapfen im Verhältnis zum Kurbelhalbmesser gemacht wird, weil dann der Neigungswinkel kleiner wird.

In der Totlage des Pleuellagers (Bild 30 b) muß der Pleuellager also (nach S. 87) aus der Mittelstellung um den Betrag $e + v$ nach rechts gegangen sein; das ist der Fall, wenn die Pleuellager gegen die Pleuellagerkurbel versetzt ist. Den Winkel, um den die Pleuellager 90° überschritten werden, nennt man den Voreilwinkel w .

Voreilwinkel

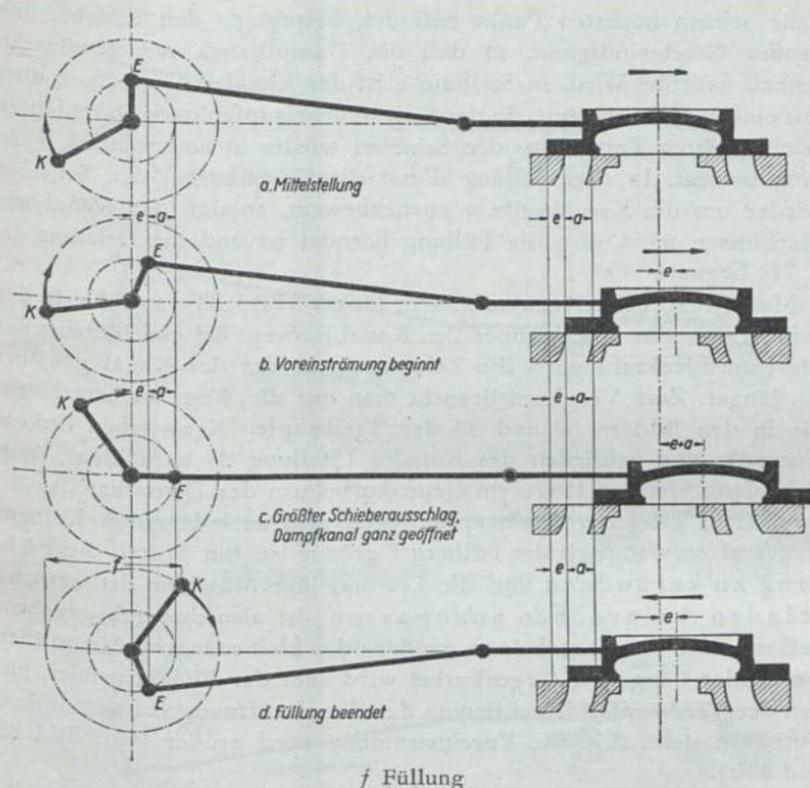


Bild 32. Stellung der Gegenkurbel und Schieberwege bei der Füllung

Um den Dampfkanal vollständig zu öffnen, muß der Schieber aus der Mittelstellung heraus den Weg Einströmüberdeckung $e + \text{Kanalbreite } a$ zurücklegen (Bild 32); das geschieht, wenn der Halbmesser des Kurbelkreises, den der Zapfen der Gegenkurbel beschreibt, mit anderen Worten, der Kurbelarm der Gegenkurbel ebenfalls die Länge $e + a$ hat.

Die zueinander gehörenden Gegenkurbel- und Schieberstellungen sind im Bild 32 dargestellt. In der Stellung b hat der Schieber den Weg e zurückgelegt und beginnt den Kanal zu öffnen (Voreinströmung beginnt); der Pleuelzapfen und damit der Pleuellagerer stehen noch kurz vor dem linken Totpunkt. Da sich der Pleuellagerer noch

nahe seinem höchsten Punkt befindet, bewegt er den Schieber mit großer Geschwindigkeit, so daß der Dampfkanal, wie erwünscht, schnell geöffnet wird. In Stellung c ist der Kanal voll geöffnet, aber nur eine ganz kurze Zeit, da der Gegenkurbelzapfen nach Durchlaufen seines rechten Totpunktes den Schieber wieder in umgekehrter Richtung bewegt. In der Stellung d hat die Gegenkurbel den Schieber wieder um die Kanalbreite a zurückbewegt, so daß der Kanal abgeschlossen wird, also die Füllung beendet ist und die Dehnung (s. S. 71) beginnt.

Macht man den Gegenkurbelarm länger (Bild 33), so schleift der Schieber um das Stück x über den Kanal hinweg. Bei gleichbleibender Maschinendrehzahl wird die Zeitspanne, in der der Kanal geöffnet ist, länger. Zum Vergleich braucht man nur die Wege zu betrachten, die in den Bildern 32 und 33 der Treibzapfen K zwischen linkem Totpunkt und Schließen des Kanales (Stellung d) zurücklegt. Man sieht dann, daß bei längerem Gegenkurbelarm der Dampfkanal während eines größeren Treibzapfenweges, also auch längeren Kolbenweges offen, demnach die Füllung f größer ist. Ein Mittel, die Füllung zu verändern und die Leistung der Maschine den wechselnden Ansprüchen anzupassen, ist also dadurch gegeben, daß man den Gegenkurbelarm größer oder kleiner macht. Mit größer werdender Länge der Gegenkurbel wird aber der Winkel größer, um den der Treibzapfen K bei Beginn der Kanaleröffnung vor dem linken Totpunkt steht, d.h. die Voreinströmung wird größer (vgl. Bild 32 und 33 b).

Bei seinem Rücklauf erreicht der Schieber wieder die Mittelstellung e (Bild 34), in der alle Kanäle abgeschlossen sind; wird er von der Gegenkurbel weiter zurückgeschoben um die Strecke i , gleich der Ausströmüberdeckung, so öffnet er diesmal den linken Kanal a nach der Schiebermuschel zu, so daß der Dampf in die Ausströmleitung a_0 entweichen kann. In diesem Augenblick ist die Dehnung beendet (Bild 34 f). Der Treibzapfen hat noch nicht ganz den rechten Totpunkt erreicht, so daß also die auf S. 78 erwähnte Vorausströmung vorhanden ist. Der Dampfkanal a wird beim Weiterlauf der Gegenkurbel weiter geöffnet und bleibt so lange mit der Ausströmung a_0 verbunden, bis die steuernde Kante der Ausströmüberdeckung ihn wieder abschließt (Bild 34 g); in diesem Augenblick beginnt die Verdichtung.

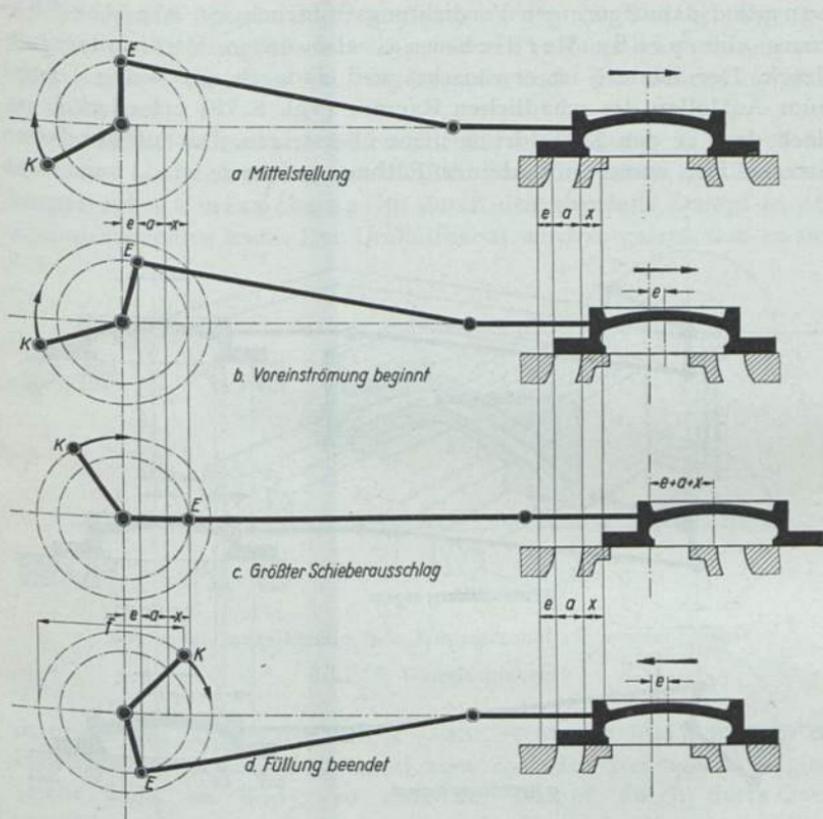


Bild 33. Schieberausschlag bei wechselnder Länge der Gegenkurbel

Auch hier wird bei gleichbleibender Drehzahl der Maschine die Zeitspanne, in der der Dampfkanal mit der Ausströmung verbunden ist, länger, wenn der Gegenkurbelarm vergrößert wird. Andererseits wird die Verdichtung, die sich an die Ausströmung anschließt, mit größer werdender Füllung, d. h. mit größerem Kurbelarm kleiner, da die drei Vorgänge: Ausströmung, Verdichtung und Voreinströmung nach Bild 25 zusammen den Hub ergeben, die Voreinströmung aber, wie oben angegeben, gleichfalls größer wird.

Wir haben also bei großer Füllung eine kleine Verdich-

tung und damit geringen Verdichtungsenddruck, bei kleiner Füllung eine große Verdichtung, also hohen Verdichtungsenddruck. Der letztere ist erwünscht, weil dadurch nur wenig Dampf zum Auffüllen des schädlichen Raumes (vgl. S. 79) erforderlich ist, doch darf er den Kesseldruck nicht übersteigen. Da auf der freien Strecke fast immer mit kleiner Füllung gefahren wird, kann man

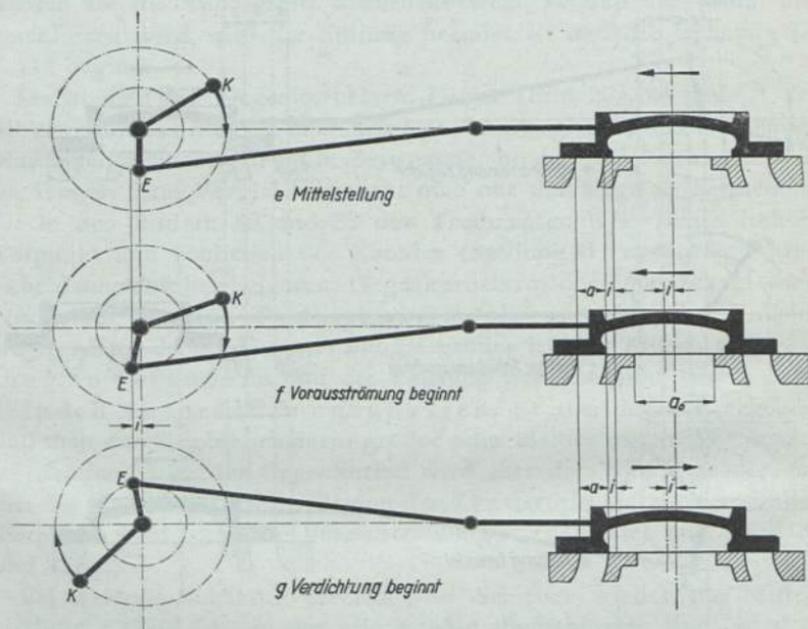
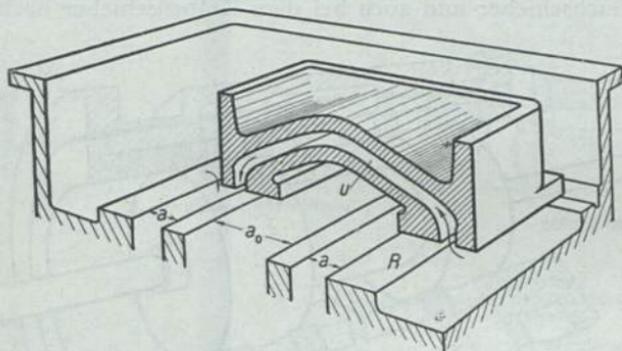


Bild 34. Stellung der Gegenkurbel und Schieberwege bei der Ausströmung

ermessen, wie wichtig die richtige Größe der Verdichtung für den Dampfverbrauch ist. Der hohe Druck im schädlichen Raum ist auch erwünscht, um die bei größerer Fahrgeschwindigkeit mit größerer Wucht hin und her gehenden Massen der Dampfmaschine durch ein starkes Dampfpolster schon vor dem Hubwechsel aufzufangen. Das ist notwendig, weil sich beim Übergang von einer Bewegungsrichtung in die andere ein Druckwechsel in den Lagern des Triebwerkes vollziehen muß. Ohne das Dampfpolster würde der Druckwechsel im Totpunkt plötzlich unter starkem Stoß auf die Lager durch den

einströmenden Frischdampf bewirkt werden (s. S. 214). Der geringere Verdichtungsdruck bei größerer Füllung kann hingenommen werden, da dann im allgemeinen auch die Geschwindigkeit geringer ist.

Der bisher betrachtete Flachschieber wird häufig in der Abart als Kanalschieber verwendet (Bild 35); hier erhält der Schieber-^{Kanal-}körper einen Umlaufkanal u , durch den ebenfalls Dampf in den Zylinder strömen kann. Der Umlaufkanal wird so gelegt, daß er sich



a u. a_0 = Dampfkanäle, u = Umlaufkanal, R = Schieberrost

Bild 35. Kanalschieber

in demselben Augenblick öffnet (siehe rechts im Bild), in dem die Einströmüberdeckung den Kanal zum Zylinder freizugeben beginnt (siehe links im Bild), so daß der Dampf durch drei Querschnitte zugleich einströmen kann, infolgedessen bei Beginn und Ende der Füllung nicht so stark gedrosselt wird wie beim einfachen Schieber.

Die Flachschieber sind für höhere Drücke und höhere Temperaturen nicht geeignet. Da der Dampf von oben auf dem Schieber lastet, sind zu seinem Antrieb große Kräfte nötig. Außerdem verziehen sich bei hohen Temperaturen die aufgeschliffenen Flächen, so daß die Kanäle nicht mehr genügend gegeneinander abgedichtet werden. Man mußte daher bei Einführung höherer Dampfdrücke und der Dampfüberhitzung zu einer anderen Schieberbauart übergehen.

Den erhöhten Anforderungen entspricht der Kolbenschieber^{Kolben-}

(Bild 36), den alle neuzeitlichen Lokomotiven haben. Die Grundbegriffe wie Schieberspiegel, Schieberlappen und Überdeckungen können wir auch hier anwenden. Der Schieberspiegel wird durch die geschliffenen Schieberbüchsen ersetzt, deren Wandungen von den Dampfkanälen durchbrochen werden. Da sich die Öffnungen als Ringflächen ganz herumziehen, so sind die Querschnitte, durch die der Dampf ein- und austreten kann, größer als bei Flachschiebern. An die Stelle der Schieberlappen I tritt bei dem Kolbenschieber die Breite der Kolben.

Beim Flachschieber und auch bei dem Kolbenschieber nach Bild 36

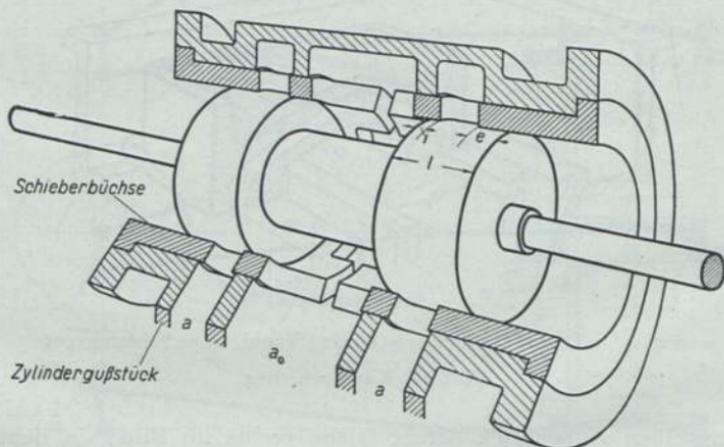


Bild 36. Kolbenschieber mit äußerer Einströmung

lastet der Druck von außen auf dem Schieberkörper oder -kolben; der Dampf strömt demnach von außen in die Dampfkanäle ein.

Man sagt, der Schieber arbeitet mit äußerer Einströmung. Die Antriebsstangen für die Schieber (Schieberstangen) müssen an der Durchtrittsstelle durch die Schieberkastenwände gut abgedichtet werden, damit kein Dampf verlorengeht. Um die kostspieligen Stopfbüchsen und die Ausgaben für deren Unterhaltung im Betriebe zu sparen, führt man bei Kolbenschiebern den Dampf im allgemeinen durch die innere Schieberhöhle zu; man sagt dann, der Schieber

arbeitet mit innerer Einströmung. Bei den Niederdruckzylindern von Verbundlokomotiven wendet man allerdings auch bei Kolbenschiebern äußere Einströmung an, um eine einfache Dampfleitung

vom Dampfaustritt des Hochdruckzylinders zum Dampfeintritt des Niederdruckzylinders zu bekommen. Flachschieber kann man nicht für innere Einströmung bauen, da der Dampfdruck in der Muschel den Schieber stets anheben würde.

Bei Schiebern mit innerer Einströmung muß die Einströmüberdeckung mit der Ausströmüberdeckung vertauscht werden (Bild 37a). Auch die Bewegungsrichtung des Schiebers muß

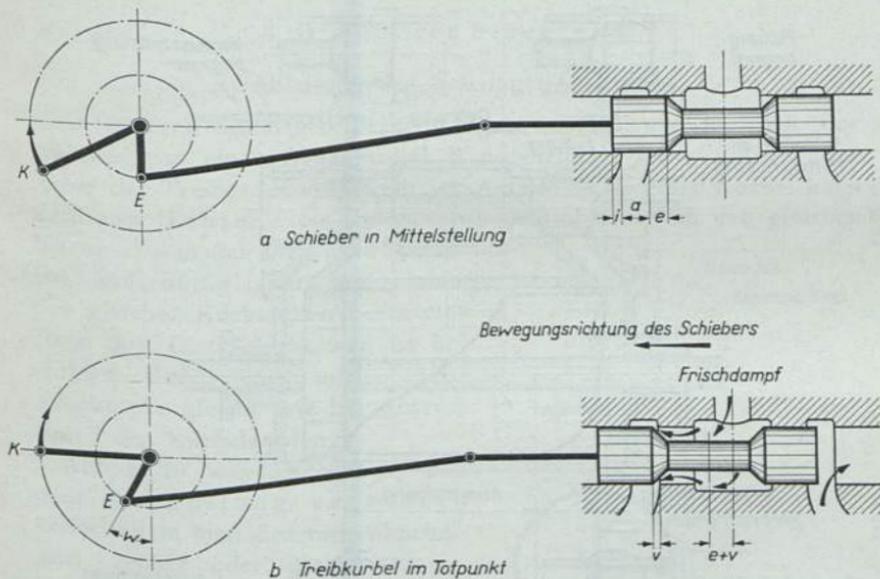


Bild 37. Kolbenschieber mit innerer Einströmung

umgekehrt werden, wie ein Vergleich der Bilder 30b und 37b zeigt, denn in der linken Totpunktlage des Dampfmaschinenkolbens muß der linke Dampfkanal schon um das lineare Voreilen v offen sein, und er muß, wenn sich dieser Kolben von links nach rechts weiter bewegt, noch weiter geöffnet werden. Damit das geschieht, wird die Pleue E so gegenüber der Pleue K versetzt, daß sie ihr nacheilt. Wieder tritt der Winkel w auf, der hier ebenfalls Voreilwinkel heißt, weil er die Ursache dafür ist, daß der Pleue schon bei Pleuentotpunkt um das lineare Voreilen v geöffnet ist.

Bild 38 zeigt die Stellungen eines Pleuenschiebers für innere Ein-

strömung im Augenblick des Öffnens und Schließens der Dampfkanäle und das zugehörige Dampfdruckschaubild, in dem die einzel-

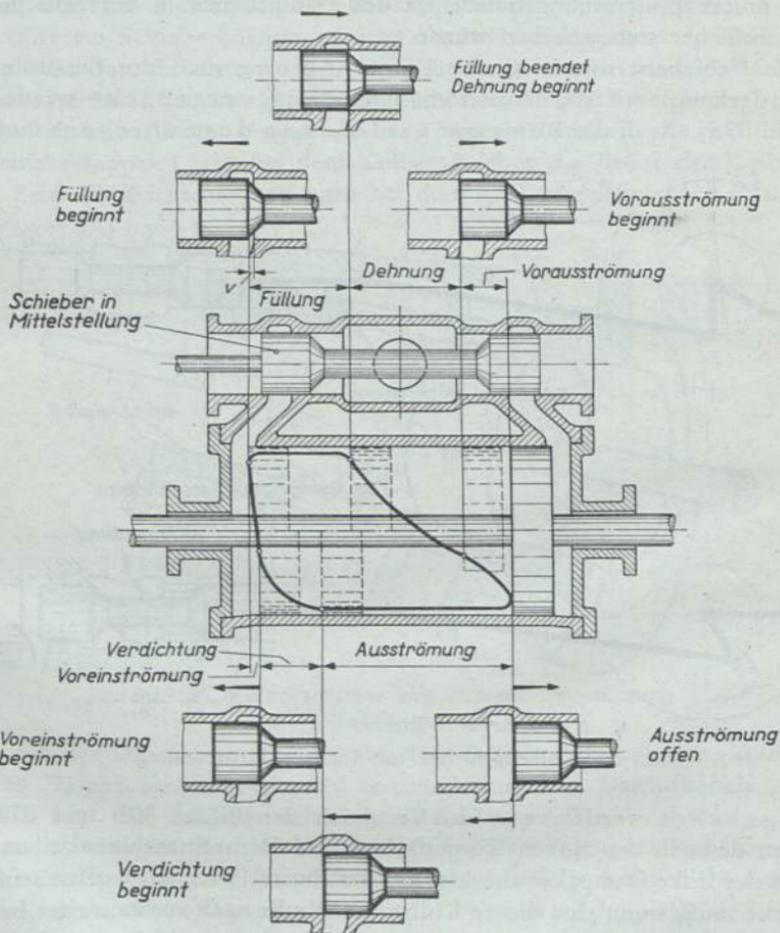


Bild 38. Zusammenhang zwischen den Steuerungspunkten im Dampfdruckschaubild und den Schieberstellungen

Steuerungspunkte

nen Steuerungspunkte besonders kenntlich gemacht sind. Das Dampfdruckschaubild weicht von dem in Bild 25 gezeigten insofern ab, als die Kanten an den Steuerungspunkten stark abgerundet sind. Das

kommt daher, daß bei einiger Fahrgeschwindigkeit der Dampf gedrosselt wird, wenn die Kanäle nicht ganz geöffnet sind, und das ist doch vor oder nach jedem Steuerungspunkt der Fall. Je höher die Fahrgeschwindigkeit, um so höher die Dampfgeschwindigkeit und infolgedessen die Drosselung bei Ein- und Austritt, so daß mit zunehmender Geschwindigkeit der mittlere Kolbendruck p_m abnimmt (vgl. S. 75).

3. Die äußere Steuerung

a) Ableitung der Heusinger-Steuerung

In unseren bisherigen Betrachtungen nahmen wir an, daß der Schieber von einer Gegenkurbel E angetrieben wird, die auf der Achse des Treibrades aufgekeilt ist. An die Stelle einer Kurbel kann auch eine Hubscheibe treten, deren Mittelpunkt um den gleichen Betrag r' wie der Gegenkurbelzapfen außermittig sitzt und daher den gleichen Kurbelkreis beschreibt (Bild 39). Der Schieberweg ist bei Antrieb durch eine solche Hubscheibe der gleiche wie bei Antrieb durch den Kurbelzapfen.

Auf S. 90 war angegeben, daß man die Füllung verändern kann, indem man den Gegenkurbelarm größer oder kleiner macht. Bei Lokomotiven stößt aber die Verwendung von Steuerungen mit veränderlicher Gegenkurbel auf große Schwierigkeiten, weil die Grenzen, innerhalb deren die Füllungen geregelt werden müssen, sehr weit auseinanderliegen. Ein Mittel, veränderliche Schieberwege durch Kurbel oder Hubscheibe mit unveränderlichem Kurbelarm herbeizuführen, besteht darin, daß man in den An-

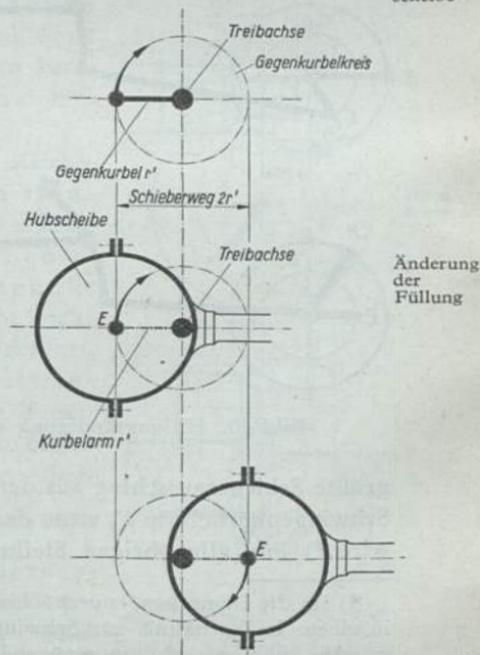


Bild 39. Ersatz der Gegenkurbel durch Hubscheibe (Exzenter)

Schwinge trieb zum Schieber eine Hebelübersetzung in Gestalt einer Schwinge einfügt (Bild 40), die durch Heben oder Senken des Punktes X, an dem die Schieberschubstange angreift, verändert werden kann. Eine derartige Steuerung nennt man dann Schwingensteuerung, und die Pleuelkurbel erhält die Bezeichnung Schwingenkurbel. Der

Schwingen-
steuerung

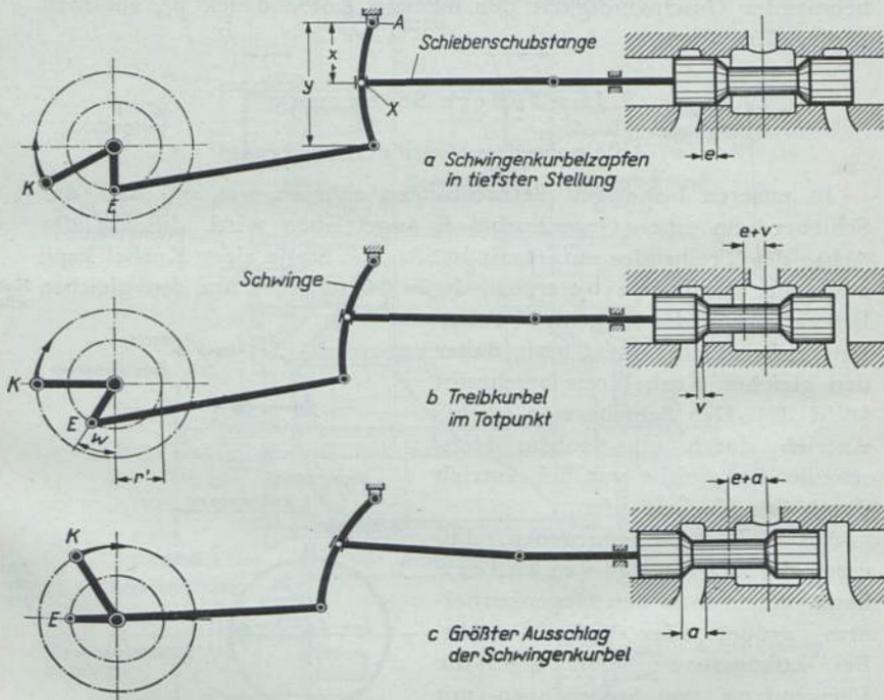


Bild 40. Füllungsänderung durch veränderliche Übersetzung

größte Schieberausschlag aus der Mittelstellung heraus ist gleich dem Schwingenkurbelarm r' , wenn der Punkt X ganz nach unten geschoben wird.*) Für alle übrigen Stellungen des Punktes X ist der größte

*) Da die Dampfkanäle und Schieberüberdeckungen der Deutlichkeit halber in einem im Verhältnis zur Schwingenkurbel zu großen Maßstab gezeichnet wurden, mußten auch, um genügend große Schieberausschläge zu bekommen, die Schwinge entsprechend groß dargestellt und ihr Aufhängungspunkt A höher als in der Wirklichkeit üblich gelegt werden.

Schieberausschlag aus der Mittelstellung heraus $r' \frac{x}{y}$, also kleiner. Rückt der Punkt X ganz nach oben, so wird der Schieberweg und damit die Füllung gleich 0.

Die Wirkung der Übersetzung ist also genau so, als wenn man den Schwingenkurbelarm r' in der Länge verändert (Bild 41). Durch Verlängern oder Verkürzen des Schwingenkurbelarmes tritt aber, sofern der Voreilwinkel gleich bleibt, eine unangenehme Folgeerscheinung auf, es ändert sich nämlich auch das lineare Voreilen v , und zwar wird es gerade mit abnehmender Füllung kleiner, verschwindet vielleicht sogar ganz (Bild 41c). Das darf aber nicht sein, denn gerade bei kleiner Füllung muß eine ausreichende Voreinströmung vorhanden sein, weil sonst der volle Dampfdruck erst nach dem Hubwechsel auf den Kolben wirkt; man muß also zu anderen Mitteln greifen.

Bei der heute bei der Deutschen Reichsbahn fast ausschließlich gebrauchten Heusinger-Steuerung wird der bei allen Füllungen gleichbleibende Schieberausschlag im Kolbentotpunkt $e + v$ (s. Bild 30b) überhaupt nicht mehr durch die Schwingenkurbel E herbeigeführt, sondern diese ohne den Voreilwinkel w , also nur um 90° , gegen die Treibkurbel versetzt (Bild 42a). Dagegen erhält die Schieberstange über eine zweite Übersetzung $\frac{n}{m+n}$ einen zweiten Antrieb,

der nur die Aufgabe hat, den Schieberausschlag $e + v$ im Kolbentotpunkt herbeizuführen (Bild 42c und d). Man leitet diesen Antrieb vom Kreuzkopf ab, weil dieser mit dem Kolben gleichläuft,

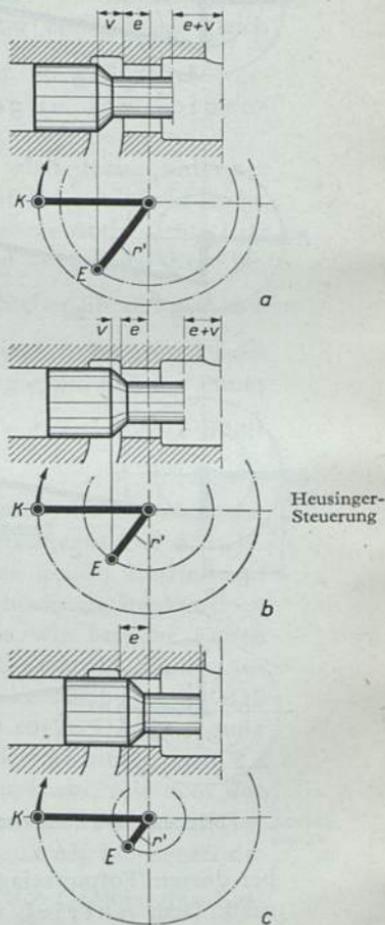


Bild 41. Änderung des linearen Voreilens bei Änderung der Schwingenkurbellänge

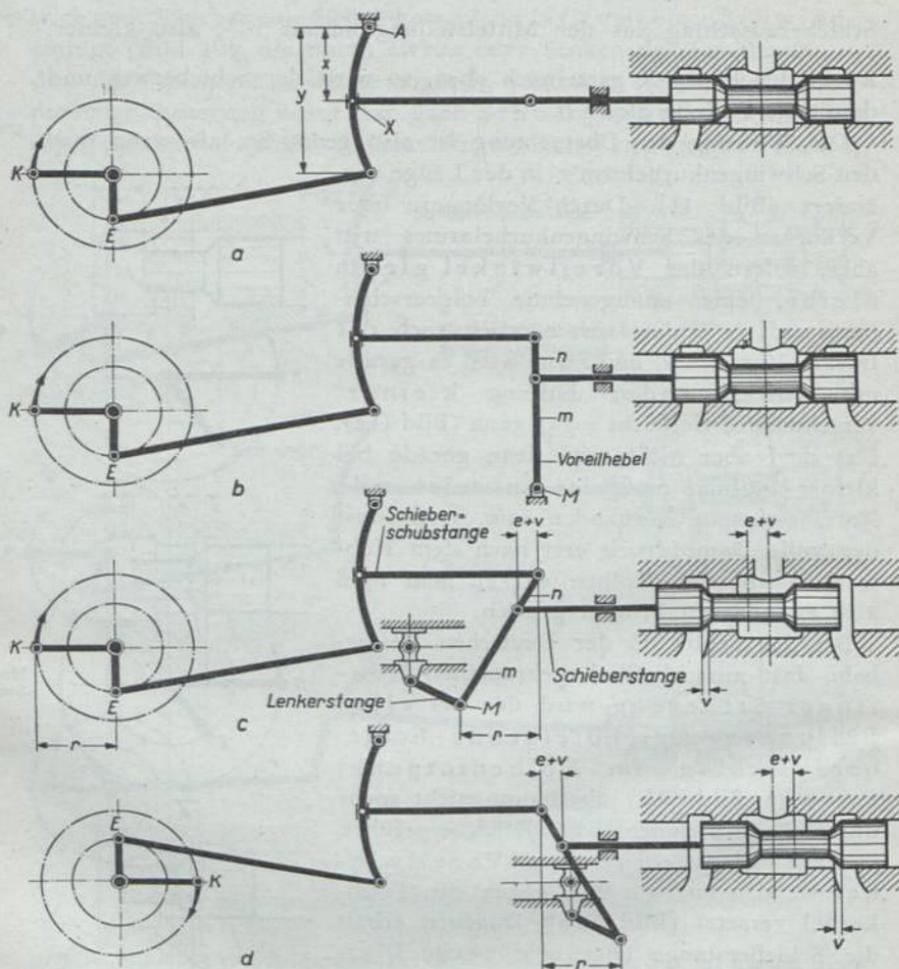


Bild 42. Wirkungsweise der Heusinger-Steuerung (Kolbentotpunkt)

bei dessen Totpunktlage der Schieberausschlag $e+v$ vorhanden sein muß. Dem Antrieb von der Schwingenkurbel her verbleibt die Aufgabe, die Füllungen über die Übersetzung $\frac{x}{y}$ zu verändern.

Der Einfluß beider Antriebe auf die Schieberstellung im Kolbentotpunkt ist in Bild 42 dargestellt. In Bild 42 a (linke Kolbentotpunktlage) ist die Übersetzung $\frac{n}{m+n}$ zunächst fortgelassen; der Schieber steht, weil kein Voreilwinkel vorhanden, in Mittelstellung. Die Schwinge (Übersetzung $\frac{x}{y}$) ist nach einem Halbmesser gleich der Länge der Schieberschubstange gekrümmt, so daß durch Verlegen des Punktes X die Schieberstellung in der Kolbentotpunktlage nicht verändert wird.

In Bild 42 b ist ein Hebel $m+n$ eingefügt; wird dessen unterster Punkt M zunächst festgehalten, so daß der Hebel senkrecht steht, so verändert sich die Mittelstellung des Schiebers noch nicht. Erst wenn man den Punkt M nach links bewegt (Bild 42 c), wird diese Bewegung mit der Übersetzung $\frac{n}{m+n}$ auf den Schieber übertragen, der also gleichfalls aus der Mittelstellung heraus nach links geht. Damit die nötige Voreilung erreicht wird, muß der Weg r , um den der Punkt M verschoben wird, so groß sein, daß $r \cdot \frac{n}{m+n} = e + v$ ist. Der Übersetzungshebel wird Voreilhebel genannt.

In der rechten Kolbentotlage (Bild 42 d) muß der Schieber aus der Mittelstellung um $e + v$ nach rechts gerückt sein. Die Schwingenkurbel hat bei dieser Kolbenstellung wieder keinen Einfluß auf die Schieberstellung; sie steht jetzt zwar im höchsten Punkt, doch ist die Stellung der Schwinge wieder dieselbe wie bei der linken Totpunktlage. Um das richtige Voreilen zu bekommen, muß diesmal der Voreilhebel aus seiner Mittellage so verschoben sein, daß der Punkt M um den Betrag von r nach rechts rückt. Die Bewegung des Punktes M um den Betrag von r nach jeder Richtung, also $2r$ während eines Kolbenhubes, geht vom Kreuzkopf aus, mit dem der Voreilhebel durch die sogenannte Lenkerstange verbunden ist. Dadurch, daß der Weg $2r$ gleich dem Kolbenhub ist, liegen die Maße für die Übersetzung $\frac{n}{m+n}$ fest, sofern die Größen der Ein-

Voreilhebel

Lenkerstange

strömüberdeckung e und des linearen Voreilens v bekannt sind. Bei der Heusinger-Steuerung ist also das lineare Voreilen ganz unabhängig von der Größe der Füllung und allein

bestimmt durch den Kolbenhub $2r$ und die gewählten Abmessungen m und n des Voreilhebels.

Der Einfluß beider Schieberantriebe auf die Schieberstellung in der Mittellage des Kolbens geht aus Bild 43 hervor. Mit dem Kolben steht auch der Kreuzkopf auf der Mitte des Hubes, hat demnach vom linken Totpunkt aus den Weg r zurückgelegt. Der Voreilhebel würde senkrecht stehen, der Schieber in Mittelstellung, wenn nur der Kreuzkopf als Antrieb da wäre (s. Bild 42b). Die Schwingenkurbel hat aber jetzt ihren größten Ausschlag nach links gemacht und auch den Schieber nach links bewegt, so daß der Dampfkana! geöffnet ist.

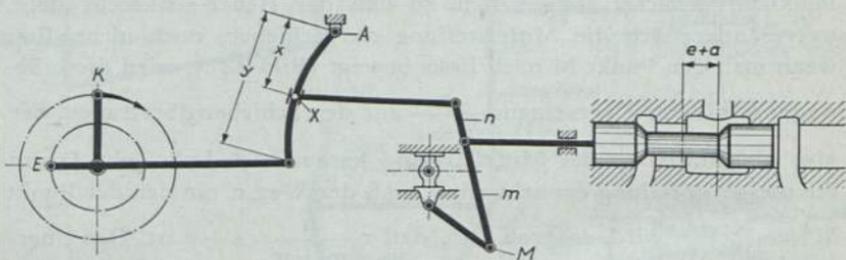


Bild 43. Wirkungsweise der Heusinger-Steuerung (Mittellage des Kolbens)

In den beiden angeführten Kolbenlagen, Totpunktlage und Mittellage, ist also jeweils der Einfluß des einen Antriebes ausgeschaltet; bei allen übrigen Kolbenstellungen wird dagegen die Schieberbewegung von beiden Antrieben gemeinsam beeinflusst. Sobald sich z. B. der Kolben aus der Mittellage weiterbewegt, wird der Schieber über die Schwinke wieder nach rechts zurückgeschoben; der Voreilhebel beschleunigt noch diese Bewegung, da der Angriffspunkt M bei der gezeichneten Drehrichtung nach rechts bewegt wird.

Heusinger-
Steuerung
für äußere
Ein-
strömung

Für einen Schieber mit äußerer Einströmung muß, wie aus Bild 30b hervorgeht, die Schieberbewegung zu Beginn des Kolbenhubes umgekehrt sein und der Schieber bei der linken Kolbentotpunktlage aus seiner Mittelstellung um $e+v$ nach rechts, bei der rechten Totpunktlage nach links verschoben sein. Bei einer Heusinger-Steuerung für äußere Einströmung wird daher die Schwingenkurbel gegenüber dem Treibzapfen um 90° voreilend versetzt, das richtige Voreilen dadurch erreicht, daß die Gelenkpunkte, an

denen Schieberschubstange und Schieberstange am Voreilhebel angreifen, vertauscht werden (Bild 44). Die Abmessungen m und n werden so gewählt, daß $r \cdot \frac{n}{m} = e + v$ ist.

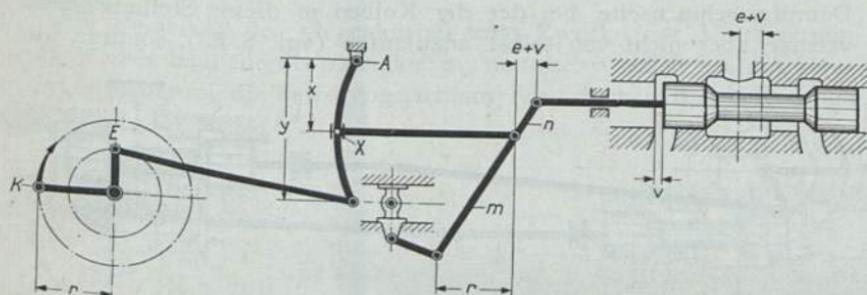


Bild 44. Heusinger-Steuerung für äußere Einströmung

b) Fahrtrichtungswechsel (Umsteuerung)

Die Steuerung muß so ausgebildet sein, daß man die Dampfmaschine umsteuern, das heißt die Fahrtrichtung ändern kann. Wechsel der Fahrtrichtung tritt ein, wenn man die Schieberbewegung umkehrt, wie aus nachstehender Überlegung hervorgeht. Bild 45a zeigt einen Kolbenschieber mit innerer Einströmung im linken Kolbentotpunkt. Bei Vorwärtslauf ist der Dampfkanal bereits um das lineare Voreilen geöffnet, muß aber beim Weiterlauf der Maschine noch weiter geöffnet werden, damit der linke Zylinderraum eine genügende Füllung erhält. Der Schieber muß dazu nach links gehen. Die gezeichnete Schieberstellung bleibt auch für die Kolbentotlage bei Rückwärtslauf der Maschine richtig, doch würde sich gleich darauf der Schieber nach rechts bewegen, so daß der Kanal geschlossen wird und der linke Zylinderraum keinen Dampf mehr erhält (Bild 45b). Offenbar ist die Schieberbewegung falsch; das sieht man auch daran, daß die Gegenkurbel für die Drehrichtung nach rückwärts der Treibkurbel nicht mehr nach-eilt, wie es bei innerer Einströmung notwendig ist, sondern voreilt. Man muß also die Gegenkurbel gegenüber der Treibkurbel anders versetzen, und zwar so, daß sie in der neuen Richtung (Rückwärtsfahrt) nach-eilt (Bild 45c). Dann ist die Bewegung des Schiebers nach Über-

windung des Kolbentotpunktes für die Rückwärtsfahrt richtig, denn der Dampfkanal wird vom Schieber beim Weitergang der Maschine weiter geöffnet. An der Schieberstellung selbst wird im Kolbentotpunkt nichts geändert, das lineare Voreilen bleibt genau so; die Dampfmaschineneseite, bei der der Kolben in dieser Stellung steht, vermag aber nicht von selbst anzulaufen (vgl. S. 65), sondern die

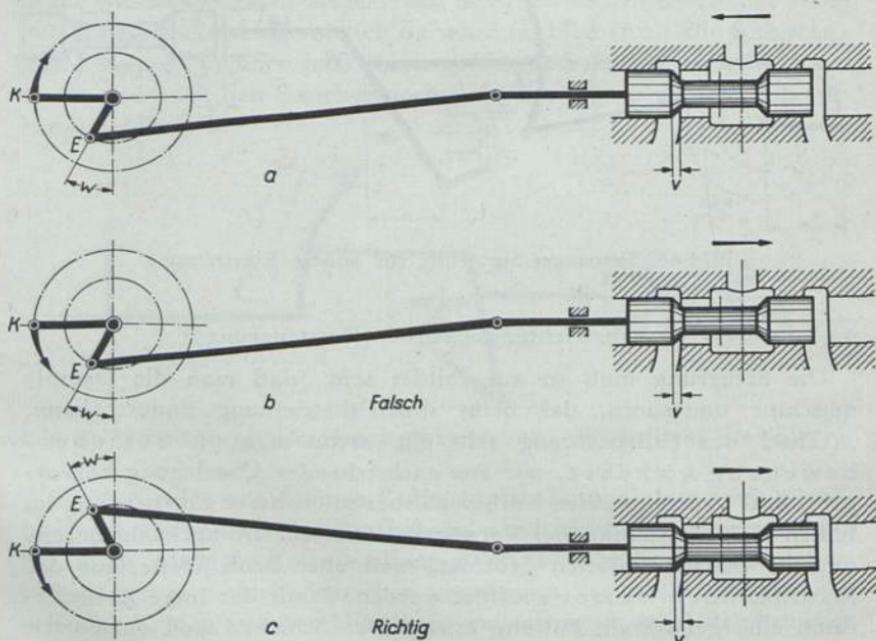


Bild 45. Versetzung der Gegenkurbel für Rückwärtsfahrt (Kolbentotpunkt)

Drehrichtung muß ihr vom anderen Zylinder aufgezwungen werden, der in einer günstigeren Stellung stehen muß.

Betrachtet man die Steuerung bei Mittelstellung des Kolbens (Bild 46), so kommt man zu demselben Ergebnis wie oben. In Bild 46 a ist der Voreilwinkel noch nicht geändert; die Schieberstellung ist offenbar für Rückwärtsfahrt wieder falsch, denn statt des rechten bekommt der linke Zylinderraum Frischdampf. Wird nun die Gegenkurbel bei Stillstand der Treibkurbel in die richtige Voreilstellung gedreht (Bild 46 b), so nimmt sie den Schieber mit, der nun den

rechten Dampfkanal öffnet, so daß der Kolben in der neuen Drehrichtung (rückwärts) angetrieben wird. Die Dampfmaschine, bei der die Treibkurbel im höchsten oder tiefsten Punkt steht, läuft also von selber an und bestimmt auch ihre Drehrichtung selber.

Das Versetzen der Gegenkurbel zum Zwecke der Umsteuerung macht aber bauliche Schwierigkeiten; man kehrt daher bei der Heusinger-Steuerung die Bewegungsrichtung des Schiebers um, indem man

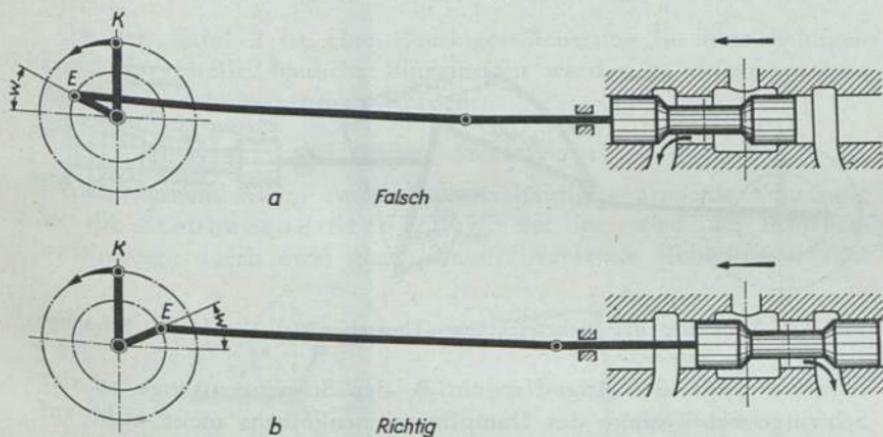


Bild 46. Versetzung der Gegenkurbel für Rückwärtsfahrt
(Mittelstellung des Kolbens)

die durch die Schwinge verkörperte Übersetzung $\frac{x}{y}$ ändert. Das geschieht in einfacher Weise dadurch, daß man die Schwinge über ihren Aufhängungspunkt hinaus nach oben verlängert. Schiebt man den Punkt X auf die obere Schwingenhälfte, so wird die antreibende Bewegung von der Schwingenkurbel her genau umgekehrt, demnach der Schieber entgegengesetzt bewegt (Bild 47 a). In der Kolbentotpunktlage tritt eine Veränderung der Schieberstellung dadurch nicht ein, dagegen wird bei dem Zylinder, dessen Kolben in der Nähe der Mittelstellung steht, der Schieber so verschoben, daß die Kolben-seite Dampf erhält, die die Maschine nach rückwärts antreibt (Bild 47 b).

Infolge des großen Abstandes des Schieberkastens von der Zylinder-

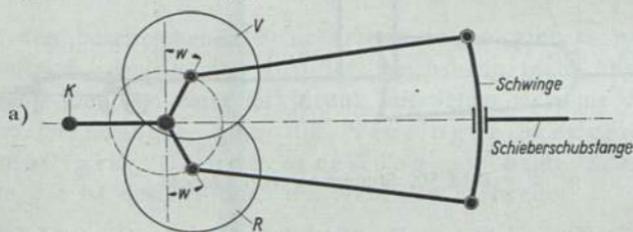
kreises ist also gegen die Zylinderachse um einen Winkel b geneigt, so daß die mittlere Bewegungsrichtung des Punktes B ebenfalls geneigt ist. Damit hieraus kein Steuerungsfehler entsteht, wird die Schwingenkurbel nicht, wie auf S. 99 angegeben, um 90° gegen die Treibkurbel versetzt, sondern so, daß der Schwingenkurbelarm bei Totlage des Dampfmaschinenkolbens auf der Linie $0-B$ senkrecht steht, also bei innerer Einströmung um einen Winkel $90^\circ + b$ der Treibkurbel nacheilt, bei äußerer Einströmung um $90^\circ - b$ voreilt.

In der Tafel 2 ist eine Heusinger-Steuerung in ihrer heutigen Form dargestellt; bauliche Einzelheiten werden in einem späteren Abschnitt noch besprochen werden.

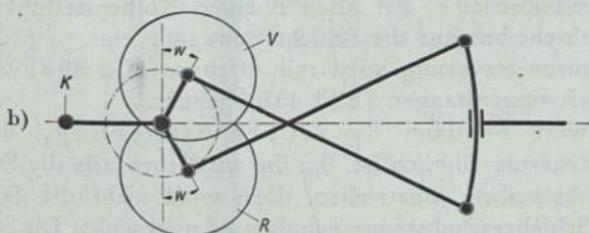
c) Andere Steuerungen

Eine besonders im Ausland noch häufig gebrauchte Steuerung ist die Stephenson-Steuerung. Bei ihr wird die Schieber-
 schubstange durch zwei gegeneinander versetzte Hubscheiben über

Stephenson-
Steuerung



Treibkurbel K im linken Totpunkt



R -Rückwärtshubscheibe
 V -Vorwärtshubscheibe

Bild 49. Stephenson-Steuerung

a) mit offenen Stangen, b) mit gekreuzten Stangen

Fünfter Teil

Einzelteile der Lokomotive

Vorbemerkung. Die Benennung der Lokomotivbauteile ist heute einheitlich festgelegt in sogenannten Lonorm- (Lokomotiv-Normen-) Tafeln, die von dem Ausschuß zur Normung der Lokomotivbauteile aufgestellt wurden. Die Lonorm-Tafeln 1, 2, 4 und 5 sind im Anhang beigefügt, auch sind in der Erläuterung zur Schnittzeichnung einer Lokomotive (Tafel 3, 1'D 1'h 2 Güterzug-Tenderlokomotive, Bauartreihe 86) sowie bei der Beschreibung der Einzelteile stets die Normenbezeichnungen angewandt.

A. Die wichtigsten Grundlagen für den Lokomotivbau

Die Leistung, die beim Bau der Lokomotive für die Bemessung der Größenverhältnisse die Grundlage bildet, richtet sich nach der anzuhängenden Last, den Steigungsverhältnissen der Strecke und der verlangten Geschwindigkeit. Die heute vom Verkehr geforderten Leistungen einzubauen, macht gewisse Schwierigkeiten, da man nicht nur in den Breiten- und Höhenmaßen sowie den Gewichten beschränkt ist, sondern auch abhängig von der Spurweite, der Tragfähigkeit des Oberbaues (Schienen und Brücken) und den gesetzlichen Bestimmungen.

Spurweite Die Spurweite ist das lichte Maß zwischen den Schienenköpfen, 14 mm unter der Schienenoberkante und senkrecht zur Gleisachse gemessen; sie beträgt bei den meisten Bahnen 1435 mm (Regelspur). Andere häufiger vorkommende Spurweiten sind:

1067 mm (Kapspur) in Südafrika, Japan, Java und z. T. Australien u. a.,

1524 mm in Sowjet-Rußland und Finnland,

1600 mm in Irland, Brasilien, Australien,

1676 mm in Spanien, Portugal, Indien, Chile und Argentinien.

Die Deutsche Reichsbahn hat neben den regelspurigen Bahnen auch verschiedene Schmalspurnetze mit den Spurweiten 1000, 900, 785 und 750 mm in Betrieb.

Die zulässigen Achsdrücke betragen in Deutschland bei den regelspurigen Bahnen 12 t bei Lokalbahnen, 15 t bei Nebenbahnen, 18 t bei weniger bedeutenden Hauptbahnen und 20 t bei den schwerst-belasteten Hauptbahnen.

Über die bei regelspurigen Bahnen einzuhaltenden Höhen- und Breitenabmessungen gibt die BO bindende Vorschriften. So dürfen die Fahrzeuge bei Mittelstellung im geraden Gleis die im Bild 52 dargestellte Begrenzung (Anlage E der BO) nicht überschreiten, Zulässige Achsdrücke
Begrenzung für Fahrzeuge

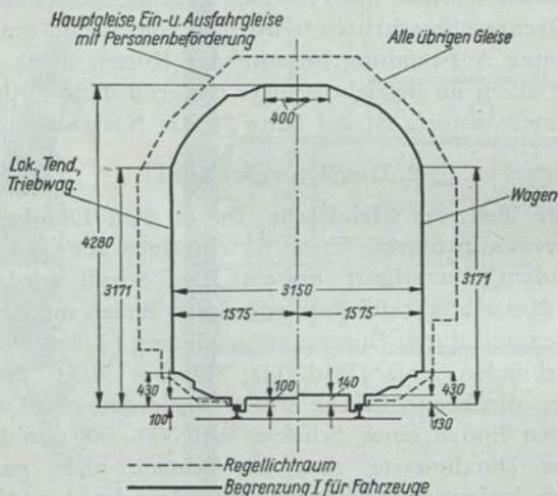


Bild 52. Begrenzung für Fahrzeuge (Anlage E der BO)

abgesehen von bestimmten Ausnahmen, die in der BO besonders genannt sind. Diese strengen Bauvorschriften sind notwendig, weil zu beiden Seiten und über dem Gleis nur ein beschränkter lichter Raum (Regellichtraum) frei gehalten wird, der ebenfalls in der BO (Anlage B) vorgeschrieben ist. Regellichtraum

B. Der Lokomotivkessel

1. Allgemeine Angaben

Den allgemeinen Aufbau eines Lokomotivkessels der bei der Reichsbahn üblichen Regelbauform zeigen die Tafeln 1 u. 3. Wenn in den

folgenden Abschnitten auf Darstellungen in diesen Tafeln hingewiesen werden soll, so ist dies mit Zahlen in Klammern () angegeben.

Der Kessel besteht aus den drei Hauptteilen:

Hinterkessel, Langkessel und Rauchkammer.

Die Dampfdrücke betragen bei den älteren Lokomotiven der Deutschen Reichsbahn 12–14 kg/cm² (Überdruck), bei neueren Lokomotiven 14 und 16 kg/cm², bei den nach 1933 entworfenen z. T. 20 kg/cm². Versuchsweise sind auch Kessel mit Drücken von 22 und 25 kg/cm² gebaut worden, doch hat sich gezeigt, daß damit die wirtschaftliche Grenze überschritten worden ist, da Stehbolzen und Heizrohre nur unter Aufwendung bedeutender Kosten dicht zu bekommen und vor allem im Betriebe schwer dauernd dicht zu halten sind. Über die Kesselbaustoffe ist auf Seite 36 das Nötige gesagt.

2. Der Langkessel

Der größte Teil der Heizfläche ist in dem Langkessel untergebracht, der aus mehreren (meist 2) einzelnen Kesselschüssen mit kreisrundem Querschnitt besteht. Der Schuß wird aus einer rechteckigen Kesselblechtafel gebogen, deren Enden meist stumpf aneinanderstoßen und durch Doppellaschennietung (Längsnaht) miteinander verbunden sind (Bild 53); hierbei liegt die schmale Lasche außen, die breite Lasche innen. Außerdem wird die Längsnaht an beiden Enden eines Schusses auf 300–500 mm Länge verschweißt. Im Durchmesser sind die Schüsse nicht ganz gleich, damit man sie ineinanderstecken und die Rundnaht (4) ohne Laschen vernieten kann. Bild 53 zeigt auch diese zweireihige Zickzacknietung.

Die Blechdicke richtet sich nach Dampfdruck, Kesseldurchmesser und Kesselbaustoff. Beispielsweise haben die aus weichem Kohlenstoffstahl bestehenden Kessel der Bauartreihe 38¹⁰⁻⁴⁰ bei 12 kg/cm² Überdruck und 1600 mm Durchmesser 16 mm, die der Bauartreihe 01 bei 16 kg/cm² Überdruck und 1900 mm Durchmesser 20 mm Wanddicke, während diese bei den Lokomotiven der Bauartreihe 05 bei 20 kg/cm² Kesseldruck, 1900 mm Durchmesser und CMo-Stahl als Baustoff 17,5 mm beträgt.

Nach vorn wird der Langkessel gegen die Rauchkammer durch die Rauchkammerrohrwand (98) abgeschlossen. Diese wird aus Stahl mit Umbug gepreßt und entweder in den Langkessel eingeschoben

(Tafel 3) oder vor den Langkessel gesetzt und mit Winkelring vernietet (Tafel 1).

Auf einem, meist dem hinteren Kesselschuß sitzt ein Dampf-^{Dampfdom} dom, der mit dem Kessellinnern durch einen Kesselausschnitt in Verbindung steht und den Regler enthält. Auch die Rohre, die Dampf zu den verschiedenen Hilfseinrichtungen (siehe später) führen, nehmen hier ihren Anfang, also an der höchsten Stelle des Dampf-

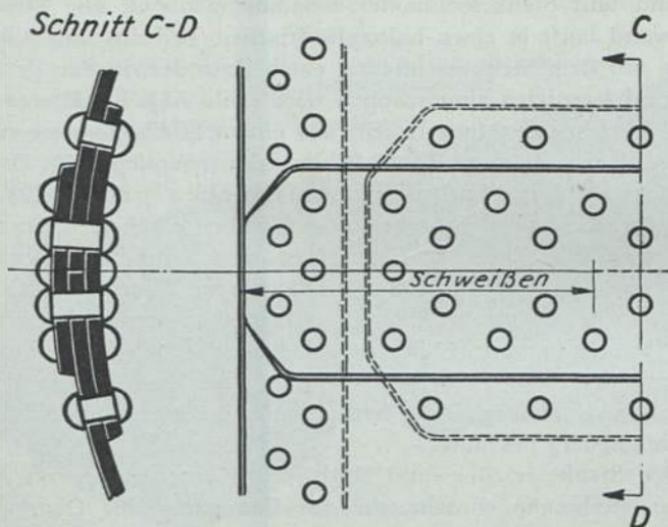


Bild 53. Doppellaschenietung

raumes. Dadurch soll erreicht werden, daß der aus dem Kessel abströmende Dampf möglichst trocken ist.

Auf dem vorderen Kesselschuß sitzt bei neueren Lokomotiven ein zweiter Dom, in den das Speisewasser gepumpt wird (^{Speisedom} Speisedom); er enthält einen Speisewasserreiniger. Unter diesem Dom befindet sich meistens ein Schlamm-sammler, der durch einen Abschlammschieber entleert werden kann (s. S. 162).

Die Dome bestehen aus Domober- und -unterteil. Das Ober- teil ist auf dem Unterteil dampfdicht aufgeschliffen, und beide Teile sind mit Winkelringen versehen, die miteinander durch die Dom- schrauben verbunden werden. Da bei Kesseln mit ganz großem Durch- messer die Dome nur niedrig ausgeführt werden können, tritt hier

an die Stelle des Oberteiles ein aufgeschliffener Deckel, der über einen winkelförmigen Druckring mit Stiftschrauben auf dem Unter-
teil befestigt ist.

3. Der Hinterkessel

Stehkessel Der Hinterkessel besteht aus dem Stehkessel und der Feuerbüchse. Der Stehkessel ist aus Stehkesselvorderwand, Stehkesselrückwand und Stehkesselmantel zusammengenietet. Die Stehkesselvorderwand läuft in einen halbzyklindrischen Teil aus und bildet zusammen mit dem Stehkesselmantel einen Zylinder, in den der Langkessel zum Vernieten eingeschoben wird (Bild 54). Bei älteren Lokomotiven besteht der Mantel nicht aus einem Stück, sondern aus der Stehkesseldecke (16) und den Stehkesselseitenwänden (15). Die Stehkesselrückwand hat einen Ausschnitt, das Feuerloch, und trägt die Feuertür. Kessel mit ganz breiter Feuerbüchse haben mitunter auch zwei Feuerlöcher. Zwischen Feuerbüchs- und Stehkesselrückwand ist hier der Feuerlochring mit rechteckigem Querschnitt (27) aus St 34.11 gelegt; Wände und Ring sind miteinander vernietet. Kesselbleche, Feuerlochring und die Nietreihe werden, meist allerdings nur im unteren Teil des Feuerloches, durch einen gußeisernen Feuerlochschröner (28) gegen Abbrand und Beschädigung beim Bearbeiten des Feuers geschützt.

Feuerloch

Feuerlochschröner

An der Stehkesselrückwand sind ferner eine Reihe von Kesselausrüstungsteilen angebracht, die zur Bedienung des Dampfkessels und der Lokomotive gebraucht werden (siehe später).

Die Wände sind je nach Kesseldruck 14—19 mm, Stehkesseldecken bei älteren Lokomotiven 20 mm dick. Bei neueren Lokomotiven wird der Stehkesselmantel innen durch aufgenietete Bleche verstärkt, damit die Deckenstehbolzen noch mit einer zum Abdichten genügenden Anzahl voller Gänge eingeschraubt werden können (s. Bild 56).

Feuerbüchse Die Feuerbüchse ist als großer kofferförmiger Raum ausgebildet und besteht ebenfalls aus drei Teilen: Feuerbüchsmantel, -rohrwand und -rückwand. Diese Teile wurden früher miteinander vernietet, neuerdings werden sie zusammengeschweißt. Bei Lokomotiven, die auf stärkeren Steigungen fahren müssen, ist die Feuerbüchsdecke nach hinten geneigt, damit sie auch bei niedrigem Wasserstand noch bedeckt bleibt.

Bei dem größten Teil der Lokomotiven ist die Feuerbüchse noch aus

Kupfer; an die Seitenteile der Feuerbüchsmäntel schweißt man neuerdings Vorschuhe aus Kuproduer an (s. S. 38). Kupfer (vgl. S. 37) ist durch seine große Zähigkeit für den vorliegenden Zweck besonders gut geeignet. Die Feuerbüchse hat nicht nur die größten Temperaturen auszuhalten, sondern auch die größten Temperaturunterschiede, wenn man den kalten und warmen Zustand der Lokomotive betrachtet. Die Temperaturunterschiede rufen ein dauerndes Dehnen und Wiederzusammenziehen der Wände hervor, wodurch

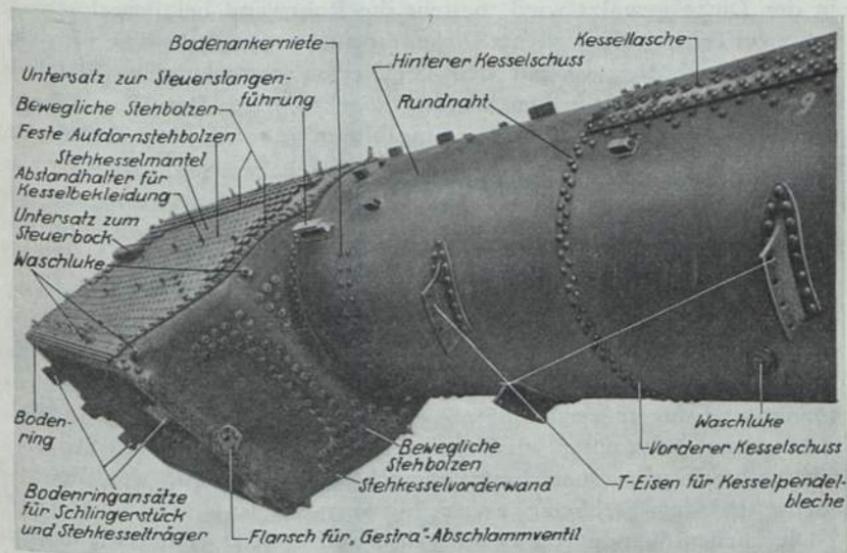


Bild 54. Lokomotivkessel

insbesondere alle Umbüge immer wieder starke Biegungskräfte aufnehmen müssen. Bei einem Baustoff, der nicht genügend zähe ist, treten bald Risse auf, die die Feuerbüchse unbrauchbar machen. Während des Weltkrieges mußten stählerne Feuerbüchsen eingebaut werden, weil nicht genügend Kupfer vorhanden war, doch haben sie keine große Lebensdauer gehabt und im Betriebe viel Schwierigkeiten gemacht. Erst in den letzten Jahren konnte man wieder zur Stahlfeuerbüchse übergehen und dadurch das devisenzehrende Kupfer durch einen Heimstoff ersetzen, weil jetzt im IZ II-Stahl von Krupp ein besser geeigneter Baustoff gefunden war. Auch

Feuerbüchsen aus Stahl

bauliche Maßnahmen wie z. B. das Schweißen der Feuerbüchse trugen dazu bei, eine befriedigende Lebensdauer zu erreichen.

Bei kupfernen Feuerbüchsen sind die Rohrwände im oberen Teil 26 mm, im unteren Teil sowie alle übrigen Wände meist 16 mm dick. Bei Stahlfeuerbüchsen haben die Wände geringere Wanddicken, damit die Wärmeübertragung trotz der geringeren Leitfähigkeit noch gut ist; die Rohrwände sind im oberen Teil 15–23 mm, im unteren Teil 10–13 mm, die übrigen Wände 10–11 mm dick. Während bei Kupfer die Abstufung in der Dicke gewalzt wird, besteht die Rohrwand bei Feuerbüchsen aus zwei Teilen verschiedener Dicke, die zusammengeschweißt werden.

Die Feuerbüchse ist mit dem Stehkessel so verbunden (Tafel 1 u. 3), daß sie allseitig vom Wasser umgeben wird. Der Wasserraum wird so weit gehalten, daß die Dampfblasen gut nach oben abströmen

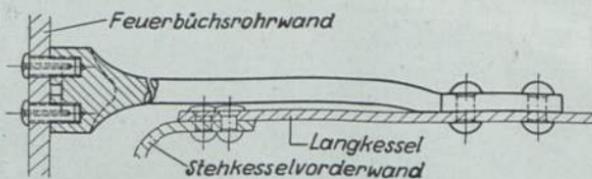


Bild 55. Bodenanker

können und das zu verdampfende Wasser ungehindert wieder hinzutreten kann. Nach unten wird er durch den Bodenring aus St 34.11 mit rechteckigem Querschnitt abgeschlossen, der mit der Feuerbüchse und dem Stehkessel zweireihig vernietet ist.

Die ebenen Wände von Feuerbüchse und Stehkessel müssen gegen die Wirkung des Dampfdruckes gut verankert und gegeneinander abgesteift werden. Die gesamte Verankerung des Hinterkessels ist in Tafel 1 und 3 gezeigt. Die Feuerbüchsenrohrwand wird, abgesehen von den eingezogenen Rohren, durch die Bodenanker (Bild 55) versteift, die einerseits mit dem Langkessel vernietet, andererseits mit ihr durch Nietschrauben verbunden sind. In Feuerbüchs- und Stehkesseldecke sind Deckenstehbolzen (Bild 56) aus Stehbolzenstahl (ein dem St C 10.61 ähnlicher SM-Stahl) mit 22–26 mm Schaftdicke eingeschraubt. Die Entfernung voneinander (Feldteilung) beträgt etwa 100 mm. Das Gewinde, das zunächst etwas Spiel hat, wird nach dem Einschrauben aufgedornt, so daß sich die Gewindegänge dampfdicht aneinander legen. Das Aufdornen geschieht mit Stahl-

dornen, die mit Drucklufthämmern in Bohrungen an den Enden der Stehbolzen eingetrieben und dann wieder entfernt werden. Die im Innern der Feuerbüchse überstehenden Gewindeenden sind durch sogenannte Brandmuttern geschützt.

Die vorderen Deckenstehbolzen (ein oder zwei Reihen) sind anders ausgebildet, und zwar aus folgendem Grunde: Die Rohrwand dehnt sich stärker aus als die übrigen Feuerbüchswände; wären die vorderen Stehbolzen starr, so würde die Feuerbüchse im vorderen Umbug stärker gebogen werden, was zu Ribbildung führen kann. Werden die vorderen Stehbolzen aber durch Bügelanker (Bild 57) gehalten, die sich vorne auf den Umbug der Rohrwand und hinten drehbar auf die erste Reihe der festen Deckenstehbolzen (Bügelanker-Deckenstehbolzen), und zwar auf dort aufgeschraubte Muttern in T-Form, stützen, so kann ein größerer Teil der Feuerbüchse der Ausbiegung folgen, ohne daß die Versteifung gegen den Dampfdruck geringer wird.

Die übrigen Wände werden durch Stehbolzen gegeneinander abgesteift, die bei kupfernen Wänden aus

hohlgewalztem Kupfer, bei stählernen Feuerbüchsen und Wänden aus Kuprodur aus Stahl (IZ I-Stahl oder Stehbolzenstahl) bestehen und mit 80–90 mm Feldteilung angeordnet werden (Bild 58). Die gebräuchlichen Abmessungen sind: bei Kupfer 20 mm Schaftdurchmesser und 26 mm Gewindedurchmesser bei neuer Feuerbüchse, bei Stahl 17 mm Schaft- und 26 mm Gewindedurchmesser. In Kupfer- und Kuprodurwänden hat das Gewinde 10 Gang auf 1", in Stahlwänden 12 Gang auf 1", da dieses bei der geringen Wanddicke besser abdichtet. Die Stehbolzen werden ebenfalls aufgedornet (vgl. S. 116).

Aus den in der Feuerbüchse überstehenden Gewindeenden wird ein gut anliegender Ringkopf gebildet (Bild 58 a), bei kupfernen Stehbolzen in Kupferwänden und Stahlstehbolzen in Stahlwänden unter-

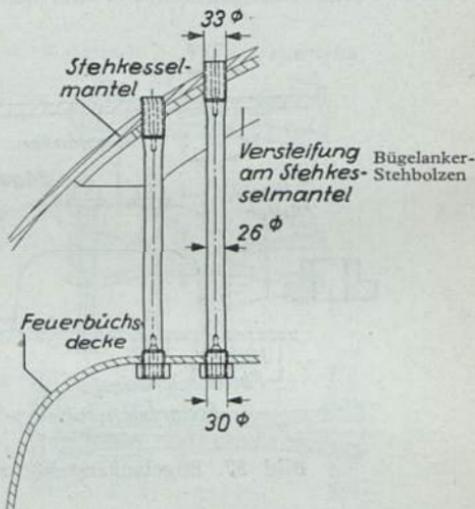


Bild 56. Deckenstehbolzen Stehbolzen

bleibt dies jedoch in der Feuerzone, und die Stehbolzen werden hier mit der Wand verschweißt (Bild 58 c). Von außen werden die Bolzen mit Kappen verschlossen; dadurch wird verhindert, daß überflüssig Luft in die Feuerbüchse tritt, auch wird erreicht, daß sich ein Stehbolzenbruch durch Austreten von Wasser in die Feuerbüchse bemerkbar macht. Ein gerissener Stehbolzen muß dann zunächst auch innen durch einen Stift verschlossen werden, ist aber so bald wie möglich auszuwechseln. Nur bei kupferner Feuerbüchse brauchen Bolzen erst erneuert zu

Gerissene Stehbolzen

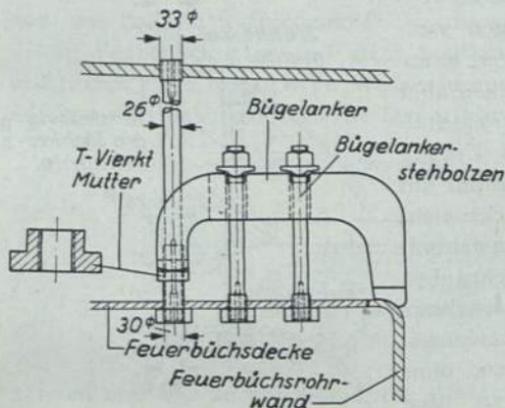


Bild 57. Bügelanker-stehbolzen

werden, wenn mehr als zwei benachbarte gebrochen sind.

Stehbolzenbrüche treten zur Hauptsache im oberen und vorderen Teil der Feuerbüchse durch Biegebungsbeanspruchungen (infolge der Längenänderung der Wände) und über dem Bodenring durch Anfresungen (infolge angreifender Bestandteile im Kesselschlamm) ein; sie sind bei stählernen Stehbolzen häufiger als bei kupfernen. In den Zonen der stärkeren

Biegebungsbeanspruchungen baut man deshalb neuerdings bewegliche (Gelenk-)Stehbolzen ein, die den Längsdehnungen der Wände besser folgen können (Bild 54). Die Köpfe dieser Stehbolzen werden mit kugeligter Mutter in einem Gehäuse gehalten; der dampfdichte Abblechanker schluß wird durch einen eingeschweißten Deckel erreicht (Bild 58 c).

Die Stehkesselrückwand wird durch waagerechte Blechanker (59) Längsanker versteift, die mit ihr und den Seitenwänden vernietet sind. Kessel mit sehr breiter Feuerbüchse haben mitunter auch noch Längsanker (56), die einerseits mit den Blechankern verbunden sind, andererseits Queranker in Trägern sitzen, die mit dem Langkessel vernietet sind. Oberhalb der Feuerbüchse schützen Queranker (57) aus Rundeisen von 40 bis 45 mm Durchmesser den Stehkessel gegen seitliches Aufbiegen. Die Anker werden in ein oder zwei Reihen angeordnet und in außen aufgenietete oder aufgeschweißte Untersätze eingeschraubt.

Häufig wird die Stehkesseldecke noch mit sicnelförmigen Versteifungen (61) versehen, die mit ihr mit Hilfe von Winkeleisen vernietet sind.

In ähnlicher Weise wie die Stehkesselrückwand wird auch die Rauchkammerrohrwand durch Blechanker (60) versteift.

Die Feuerbüch- und Rauchkammerrohrwände sind durch die Rohre genügend versteift. Die Naßdampflokomotiven haben nur die sogenannten Heizrohre (Bild 59), die einen möglichst kle-

nen Durchmesser bekommen, damit eine Größtmenge an Heizfläche untergebracht werden kann. Selbstverständlich darf der Durchgangsquerschnitt nicht zu eng sein, damit die durchziehenden Rauchgase keinen großen Widerstand finden. Der Innendurchmesser richtet sich nach der Länge des Kessels zwischen den Rohrwänden; bei kürzeren Kesseln mit etwa 4 m Rohrwandabstand beträgt er 42 bis 54 mm, bei langen Kesseln (7 m beispielsweise) bis zu 83 mm. Die Rohre sind aus weichem Flußstahl (St 35.29) nahtlos mit 2,5–3,25 mm Wanddicke gewalzt. Heiß-

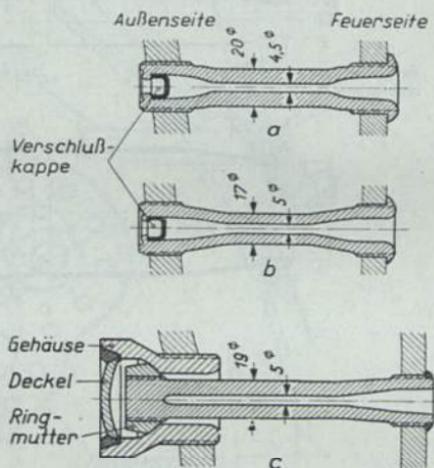


Bild 58. Stehbolzen

a Kupferner Stehbolzen, b Stählerner Stehbolzen, c Gelenkstenbolzen

dampflokomotiven erhalten außer den Heizrohren noch die sogenannten Rauchrohre aus demselben Baustoff (21), in denen die Überhitzerrohrschlangen untergebracht sind. Die Rauchrohre haben meist 4–5 mm Wanddicke und einen Durchmesser, der von verschiedenen Umständen, wie gewünschte Überhitzung und Länge des Kessels, abhängt. Üblich sind Rauchrohre mit 118–185 mm innerem Durchmesser.

Die Zahl der Rohre richtet sich nach der Größe der Heizfläche und dem Durchmesser der Rohre. Heißdampflokomotiven erhalten 20–40 Rauchrohre und bis 180 Heizrohre. Die Lokomotiven der Bau-

artreihe 01 mit 6,8 m langem Kessel haben beispielsweise 24 Rauch- und 106 Heizrohre.

Die Rauchrohre werden in waagerechten Rohrreihen angeordnet; bei den Heizrohren sind die senkrechten Rohrreihen in der Höhe jeweils um eine halbe Rohrteilung gegeneinander versetzt (Tafel 1), weil so zwischen den Löchern in den Rohrwänden mehr Baustoff Rohrstege (Rohrstege) stehenbleibt. Die Rohre dürfen auch nicht zu eng

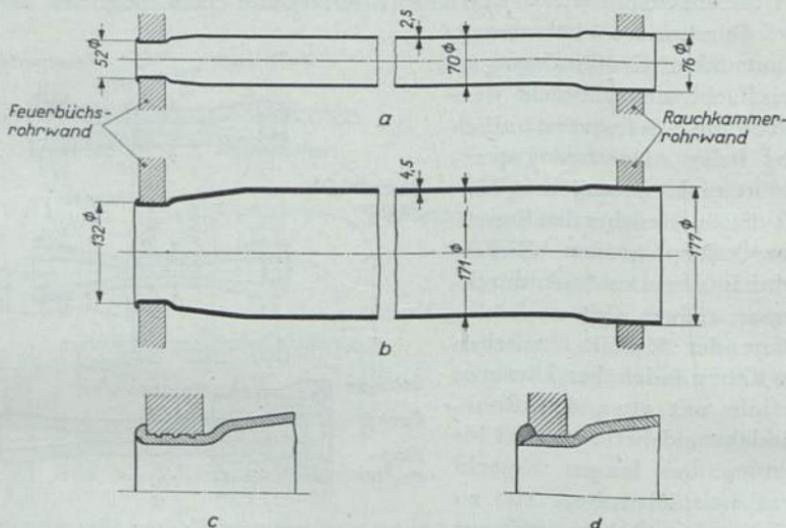


Bild 59. Rauch- und Heizrohre

- a) Heizrohr, b) Rauchrohr, c) Rauchrohr in kupferner Wand, d) Rauchrohr in Stahlwand, verschweißt

stehen, damit sich zwischen ihnen keine Kesselsteinnester festsetzen. Die Rohrstege müssen vor allem an der Feuerbüchsenrohrwand genügend groß sein, weil hier häufig Nacharbeiten wie Nachwalzen der Rohre und Nachdrehen der Rohrlöcher notwendig sind. Deshalb werden die Rohre an diesem Ende um mehrere mm im Durchmesser eingezogen; dabei entsteht eine sogenannte Rohrbrust, die sich beim Eintreiben der Rohre gegen die Feuerbüchsenrohrwand legt. Damit die Rohre auch bei Kesselsteinansatz leicht ein- und ausgebracht werden können, sind die Rohrlöcher in der Rauchkammerrohr-

wand im Durchmesser um einige mm größer als das Rohr gehalten, und dieses dementsprechend an dem vorderen Ende etwas aufgeweitet.

Die Rohre werden in die Rohrwände eingewalzt, wobei die Walzen die Rohrbrust dicht an die Feuerbüchsenwand ziehen, damit schon hier ein dampfdichter Abschluß entsteht. Die überstehenden Rohrenden werden auf der Feuerbüchseseite noch umgebördelt, bei

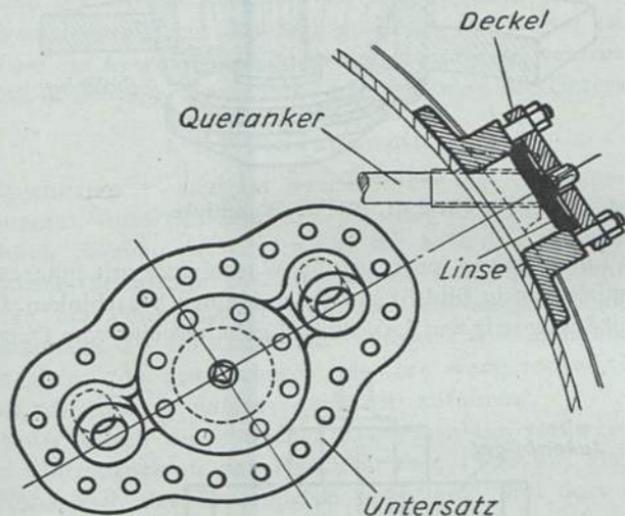


Bild 60. Große Waschlücke

Stahlfeuerbüchsen verschweißt (Bild 59 d). Die Rauchrohre haben bei Verwendung in kupfernen Rohrwänden auf der Feuerbüchseseite eingedrehte Rillen, in die beim Einwalzen das Kupfer eindringt (Bild 59 c).

Damit der Kessel durch Auswaschen gereinigt und vom Kesselstein befreit werden kann, sind Waschlücken eingebaut.

Große Waschlücken befinden sich im oberen Teil des Steh-^{Waschlücken} kesselmantels, bei neueren Lokomotiven auch unterhalb des Speisedomes und, sofern kein Schlammsammler eingebaut ist, am Bauch des vorderen Kesselschusses. Bei älteren Lokomotivbauarten werden sie mit äußeren Lukenpilzen (Linsen) verschlossen, die mit aufgeschraubten Deckeln befestigt sind; in die Untersätze werden meist die Queranker eingeschraubt (Bild 60).

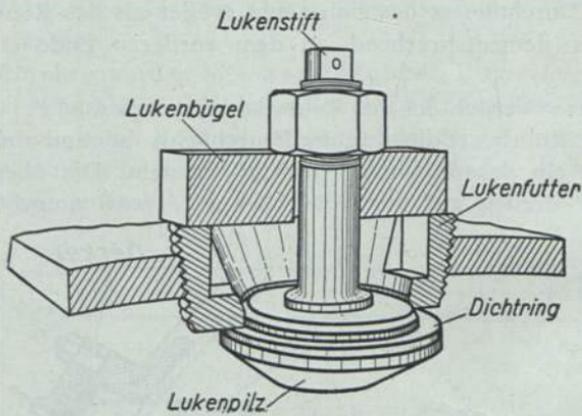


Bild 61. Kleine Waschlucke

Neuere Lokomotiven haben große Waschlucken mit inneren Lukenpilzen, ähnlich den in Bild 61 gezeigten kleinen Waschlucken. Die Pilze werden mit Lukenstift und Lukenbügel gehalten und vom Dampfdruck

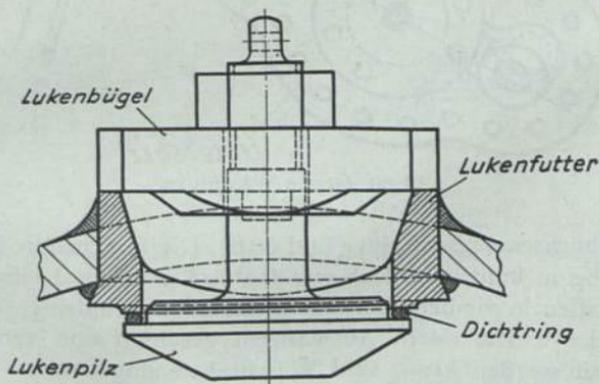


Bild 62. Eingeschweißtes Lukenfutter

auf den eingelegten Dichtring (Kupfer mit Asbesteinlage) gepreßt; sie sind oval, damit sie eingebracht werden können, und ebenso wie die aufgenieteten oder eingeschweißten Lukenfutter aus St 34.

Kleine Waschlucken (Bild 61) befinden sich in der Rauchkammerrohrwand, über der Feuertür, am Schlammsammler, in den Umbügen

der Stehkesselrück- und Stehkesselvorderwand und in den Stehkesselseitenwänden dicht über dem Bodenring. Die Lukenfutter sind entweder eingeschraubt (Rotguß) oder eingeschweißt (Stahl, Bild 62).

Überall da, wo sich am Steh- und Langkessel größere Öffnungen befinden, z. B. für die großen Waschluker, für die Verbindung mit dem Dampfdom oder zur Entnahme von Dampf für Hilfseinrichtungen, sind bei älteren Lokomotiven **Untersätze** aus Kesselbaustoff aufgenietet, teils um den hier geschwächten Kessel zu verstärken, teils um die Ausrüstungsteile gut mit dem Kessel verschrauben zu können (73 u. 90—93). Neuerdings schweißt man die Untersätze auf.

4. Die Rauchkammer

Die Rauchkammer wird im wesentlichen aus Rauchkammerrohrwand, -mantel, -türwand und -tür gebildet und ist mit dem Langkessel durch Nietung verbunden; in ihr befinden sich außer dem Ausströmrohr (Standrohr) mit Blasrohr die Dampfeinströmröhre, der Hilfsbläser, der Funkenfänger und, bei Heißdampflokomotiven, der Dampfsammelkasten. Im Rauchkammermantel neuerer Lokomotivbauarten ist oben, vor dem Schornstein, eine waagerechte Quernische eingebaut, die den Abdampfvorwärmer aufnimmt.

Damit der durch die einzelnen Dampfschläge stoßweise hervorgerufene Unterdruck in der Rauchkammer (Seite 42) sich nicht in voller Höhe nach der Feuerbüchse fortpflanzt und dort das Feuer aufreißt, wird die Rauchkammer recht groß gemacht und damit erreicht, daß die Unregelmäßigkeit des Saugzuges einigermaßen ausgeglichen, die Feueranfachung also eine gleichmäßigere wird. Bei Kesseln mit kleinem Durchmesser wird zwischen Langkessel und Rauchkammermantel ein Zwischenring (Bild 63) eingeschoben, oder der Mantel ist mit dem Umbug der Rohrwand verbunden (Tafel 1), so daß eine recht große Rauchkammer entsteht.

In die Rauchkammer werden während der Fahrt glühende Brennstoffteilchen (Lösche) übergerissen, die von Zeit zu Zeit durch Einspritzen von Wasser abgelöscht werden müssen; dazu befindet sich quer in der Rauchkammer ein **Spritzrohr** (108). Der Rauchkammerboden könnte also einerseits leicht von den glühenden Rückständen ausgeglüht werden, andererseits würde er durch die Einwirkung des Wassers stark rosten. Um ihn zu schützen, wird er mit

Zement ausgegossen und mit leicht auswechselbaren Schutzblechen (Rauchkammerbodenschutz 110) verkleidet.

Am Boden ist ferner ein Entwässerungsstutzen (119) angebracht, damit beim Auswaschen des Kessels das Wasser abfließen kann.

Rauchkammertür

Die Rauchkammertür legt sich gegen eine besondere Dichtfläche an der Rauchkammertürwand und kann durch einen Mittelverschluß (112), der hinter den Rauchkammerverschlußbalken (113) greift, sowie eine Reihe von Vorreibern luftdicht abgeschlossen wer-

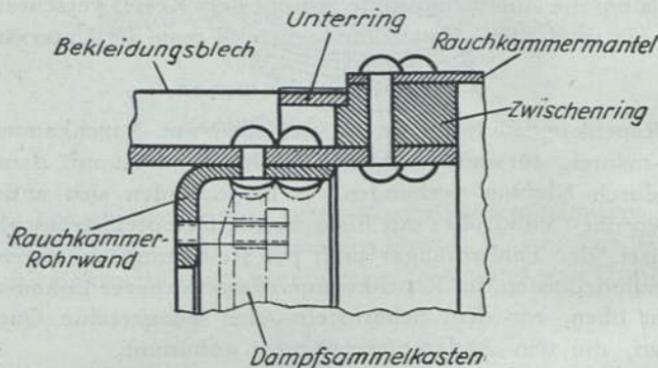


Bild 63. Befestigung der Rauchkammer am Langkessel mit Zwischenring

den; sie ist ebenfalls mit einem leicht ersetzbaren Schonerblech versehen.

Schornstein

Der Schornstein ist schwach kegelig ausgebildet und besteht aus Gußeisen; er stützt sich mit einem angegossenen Flansch auf den Rauchkammermantel und ragt tief in die Rauchkammer hinein. Damit die Sicht nicht durch niederschlagenden Rauch beeinträchtigt wird, haben Lokomotiven mit hoher Kessellage, die auf Hauptbahnen verkehren, einen Schornsteinaufsatz, der bis 4550 mm über SO, also über die Begrenzungslinie für Fahrzeuge (s. S. 111) reicht; Lokomotiven mit hoher Geschwindigkeit erhalten außerdem Windleitbleche (s. S. 299). Der Schornsteinaufsatz kann abgenommen werden, wenn diese Lokomotiven auf Nebenbahnen mit beschränktem lichten Raum verwendet werden sollen.

5. Die Kesselbekleidung

Der ganze Kessel wird mit dünnen Blechen bekleidet, die aber nicht dicht aufliegen, sondern auf Unterringen mit Abstandhaltern befestigt sind, so daß eine Luftschicht von 30—40 mm entsteht, die die Wärmeabstrahlung des Kessels vermindert (Bild 63 und Tafel 3). Die Luftschicht erfüllt aber nur dann ihren Zweck, wenn sie ruhend ist, d. h. wenn die eingeschlossene Luft nicht abströmen kann. Im Betriebe muß deshalb stets darauf gehalten werden, daß die Verkleidung überall dicht abschließt. Im Führerhaus wird der Kessel mit Wärmeschutzmatten aus Glasgospinst bekleidet, die wirksamer sind als die Luftschicht.

6. Der Überhitzer

Der Dampf wird außerhalb des eigentlichen Kessels überhitzt; man leitet ihn zu diesem Zweck durch ein Röhrensystem, Überhitzerrohrsatz genannt, das durch die Rauchgase beheizt wird (124). Die einzelnen Röhrenschlangen, Flußstahlrohre mit etwa 30 mm Innendurchmesser und 4 mm Wanddicke, heißen Überhitzereinheiten; sie sind bei dem bei der Reichsbahn üblichen Großrohrüberhitzer dreimal U-förmig umgebogen, so daß der Dampf dreimal seine Richtung ändert, und werden in den vorhin erwähnten Rauchrohren untergebracht. Bei kleineren Kesseln findet man auch Klein- und Mittelrohrüberhitzer; hier tauchen die Überhitzereinheiten nacheinander in mehrere Heizrohre kleineren oder mittleren Durchmessers ein, jedoch in jedes nur mit einmaliger Umkehr.

Überhitzerrohrsatz

Überhitzereinheit

Die Überhitzereinheiten dürfen ihre Lage in den Rauch- oder Heizrohren nicht verändern, damit sie von den Rauchgasen gleichmäßig umspült werden, und damit sich keine Ecken bilden, an denen sich Flugasche und Löße festsetzen; sie erhalten deshalb Abstandhalter und werden durch Schellen mit Unterstützungsfüßen zusammengehalten (Bild 65 oben links).

Aus dem Kessel gelangt der Dampf über den Regler zunächst in den Dampfsammelkasten aus Ge 22.91, und zwar erst in die Nassdampfkammer, durch die er auf die Überhitzereinheiten verteilt wird. Nachdem er die Überhitzereinheiten durchströmt und eine Temperatur von 300—400° erreicht hat, gelangt er in die Heiß-

Dampfsammelkasten

dampfkammer und weiter durch die angeflanschten Dampfströmröhre in den Schieberkasten. Der Dampfsammelkasten liegt in der Rauchkammer auf seitlichen Konsolen auf.

Die beiden Enden jeder Überhitzereinheit sind in einen gemeinsamen Flansch eingewalzt, der entweder mit Stiftschrauben oder mit Vierkantschrauben befestigt wird, die in T-förmige Nuten des Überhitzerkastens eingeschoben werden (Bild 64a). Zwischengelegte Ringe aus Kupfer mit Asbesteinlage dichten die Rohre völlig ab.

Bei neueren Lokomotiven werden Naß- und Heißdampfkammer

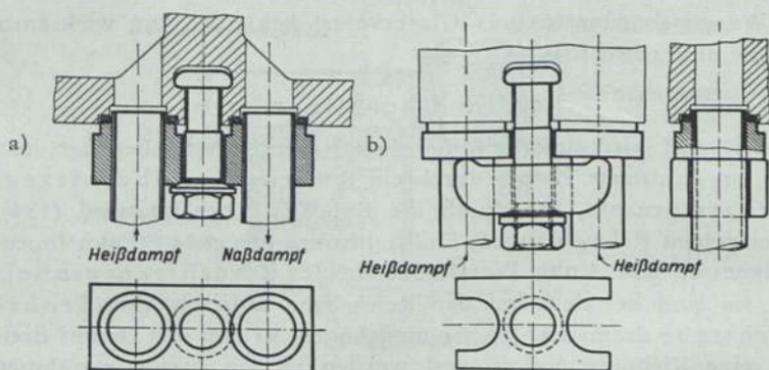


Bild 64. Befestigung der Überhitzereinheiten am Dampfsammelkasten

a) Befestigung mit Vierkantschrauben, b) Befestigung mit Druckbügeln

voneinander getrennt ausgeführt (Bild 65), damit der Heißdampf durch den Naßdampf nicht wieder rückgekühlt wird; die Kammern greifen mit ihren Anschlußkanälen fingerförmig ineinander und sind mit Schrauben in Langlöchern so miteinander verbunden, daß sie frei den unterschiedlichen Wärmedehnungen folgen können.

Eine völlig neue Überhitzeranordnung (Bauart Wagner) erhalten die ganz langen Kessel der Einheitslokomotiven (Bild 65). Jede Überhitzereinheit besteht aus drei U-förmig gebogenen Überhitzerrohren; die Rohrenden sind in zwei Sammelrohre eingeschweißt, die mit den Sammelkästen verbunden sind. Der Dampf durchströmt die Einheiten also nur mit einmaliger Umkehr an der Feuerbüchsenwand, doch genügt das bei den langen Kesseln vollständig, um Temperaturen bis über 400° zu erreichen. Bei dieser Bauart wirkt sich der

Unterschied in der Wärmedehnung zwischen den wärmeren und den kälteren Rohren jeder Rohrschlinge bedeutend stärker aus als bei dem alten Überhitzer mit der dreimaligen Richtungsumkehr, so daß häufig die Sammelrohre an den gemeinsamen Flanschen abreißen; die Sammelrohre erhalten daher in letzter Zeit getrennte Flansche, die von gabelförmigen Druckbügeln am Überhitzerkasten gehalten

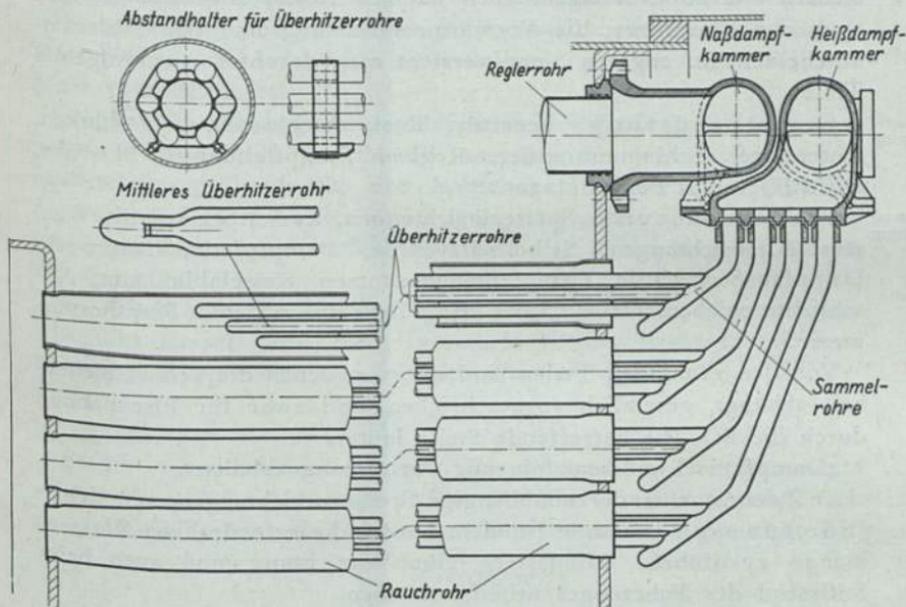


Bild 65. Überhitzer für Lokomotiven mit langem Kessel

werden (Bild 64b). Auf diese Weise kann man auch die Rohre gleicher Temperatur, also gleicher Wärmedehnung, d. h. einerseits die Naßdampf führenden, anderseits die Heißdampf führenden Rohre gemeinsam befestigen.

Um die Heißdampf Temperatur überwachen zu können, wird in einem Schieberkasten ein Wärmemeßgerät eingebaut, das auf einen Anzeigeapparat im Führerhaus wirkt (Heißdampfernthermometer s. S. 169).

C. Die Kesselausrüstung

1. Allgemeine Übersicht und gesetzliche Bestimmungen

Zum Betrieb des Kessels sind verschiedene Einrichtungen notwendig, die man unter dem Namen Kesselausrüstung zusammenfaßt. Unter Kesselausrüstung kann man in weiterem Sinne alles verstehen, was an dem eigentlichen nackten Kessel angebaut ist, also auch den Überhitzer, die Vorwärmeeinrichtung und den Schlammabscheider. Im engeren Sinne versteht man darunter etwa folgende Teile:

Grobaus-
rüstung Grobausrüstung: Feuertür, Rost, Aschkasten, Waschluker, Untersätze, Schlamm-sammler, Regler, Dampfleitungen, Blasrohr, Hilfsbläser und Funkenfänger.

Feinaus-
rüstung Feinausrüstung: Speiseeinrichtungen, Kesselspeiseventil, Wasserstandeinrichtungen, Sicherheitsventile, Dampfpeife, Lätewerk, Dampfabsperrentile, Dampfentnahmestutzen, Kesselablaßhahn, Abschlammschieber, Nässeinrichtungen, Druckmesser und Fernthermometer.

Von den genannten Teilen sind die, von denen die Betriebssicherheit abhängt, gesetzlich vorgeschrieben, und zwar für Eisenbahnen durch die BO. Die betreffende Stelle lautet:

„Dampfkessel müssen folgende Ausrüstung erhalten:

a) Zwei voneinander unabhängige Speisevorrichtungen, von denen jede für sich imstande ist, dem Kessel die erforderliche Wassermenge zuzuführen. Mindestens eine Vorrichtung muß auch beim Stillstand des Fahrzeuges arbeiten können.

b) An jeder Einmündung einer Speiseleitung in den Kessel ein Speiseventil, das den Wasser- oder Dampfabfluß aus dem Kessel selbständig verhindert. Die Speiseventile müssen auch von Hand geschlossen werden können, oder es muß zwischen Kessel und selbständigem Speiseventil eine besondere, von Hand zu betätigende Absperrvorrichtung eingeschaltet werden.

c) Wenigstens zwei voneinander unabhängige Vorrichtungen zum zuverlässigen Erkennen des Wasserstandes. Mindestens eine dieser Vorrichtungen muß ein Wasserstandglas sein.

d) Am Wasserstandglas und an der Kesselwand Marken für den festgesetzten niedrigsten Wasserstand, die mindestens 100 mm über dem höchsten wasserbenetzten Punkt der Feuerbüchse liegen.

e) Zwei Sicherheitsventile, die so eingerichtet sein müssen, daß ihre Belastung nicht ohne Lösen des Bleisiegelverschlusses oder Verändern der Kontrollhülse über das bestimmte Maß hinaus gesteigert werden kann. Die Sicherheitsventile müssen so ausgestaltet sein, daß sie vom strömenden Dampf nicht fortgeschleudert werden können, wenn eine unbeabsichtigte Entlastung eintritt.

f) Einen Kesseldruckmesser, der den Dampfdruck des Kessels fortwährend anzeigt und auf dessen Zifferblatt der festgesetzte höchste Dampfüberdruck durch eine unverstellbare, in die Augen fallende Marke bezeichnet ist.

g) Eine Einrichtung zum Anschließen eines Prüfungsdruckmessers.

h) Ein Fabrikschild aus Metall, aus dem der jeweils festgesetzte höchste Dampfüberdruck, der Name des Herstellers, die Fabriknummer und das Jahr der Anfertigung angegeben sind, und das so am Kessel befestigt ist, daß es auch nach der Bekleidung des Kessels sichtbar bleibt.“

Es sollen nun die Ausrüstung im engeren Sinne, soweit sie im Abschnitt Kessel noch nicht behandelt wurde, sowie die übrigen Hilfseinrichtungen des Kessels besprochen werden.

2. Die Feuertür

Es gibt verschiedene Arten von Feuertüren: Schiebetüren, um eine senkrechte Achse nach außen drehbare Türen und nach innen aufklappbare Kipptüren. Hauptvorteil der Kipptür ist, daß

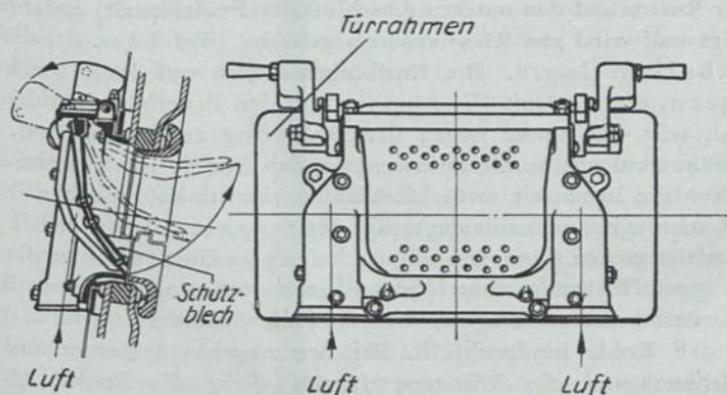


Bild 66. Marcotty-Kipptür

sie bei plötzlich auftretendem stärkerem Überdruck in der Feuerbüchse, wie er bei Platzen von Heiz- oder Überhitzerrohren entstehen kann, zuschlägt; der Drehtür ist sie insofern noch überlegen, als sie den Heizer beim Feuern oder Bearbeiten des Feuers mit dem Schürgerät nicht behindert.

Mit Dreh- oder Schiebetüren sind noch ältere Lokomotiven der ehemaligen Länderbahnen ausgerüstet. Alle neueren Lokomotiven erhalten die nach innen aufschlagende Marcotty-Kipptür (Bild 66). Sie wird mittels eines Gewichtshebels bewegt und in geschlossenem, geöffnetem und halbgeöffnetem Zustande (zum Bearbeiten des Feuers) durch Rasten festgehalten. Gegen Abbrand ist sie durch ein besonderes, innen angebrachtes Blech geschützt. Seitlich der Tür befinden sich im Türrahmen (Türgeschränk) Luftkanäle, durch die Luft hinter der geschlossenen Tür in die Feuerbüchse treten kann (Oberluft). Da, wo die Luft von unten in die Kanäle tritt, sind diese durch Drosselklappen abgedeckt; diese sind jedoch so leicht gehalten, daß sie nach innen aufklappen und Luft hindurchlassen, wenn der Unterdruck in der Feuerbüchse zu groß wird. Das ist der Fall bei stark verschlacktem Feuer oder zu hoher Brennstoffschicht, wenn also Luftmangel herrscht, und zur vollkommenen Verbrennung die zusätzliche Oberluft dringend gebraucht wird, ferner bei den starken Dampfschlägen, die beim Anfahren auftreten.

3. Der Rost

Der Rost bildet den unteren Abschluß der Feuerbüchse; er ist leicht geneigt und wird aus Roststäben gebildet (Tafel 1 u. 3), die auf Rostbalken lagern. Die Rostbalken ruhen auf Rostbalkenträgern, die teils mit Nietschrauben an den Feuerbüchswänden befestigt, teils von unten gegen den Bodenring geschraubt sind. Die Roststäbe sind aus Sondergußeisen; an den Enden, sowie meist noch in der Mitte haben sie seitliche Ansätze, damit sich zwischen ihnen, wenn man sie aneinanderlegt, ein Rostspalt bildet, durch den die Luft streichen kann. Es gibt auch Doppelroststäbe, die aus zwei unter Wahrung eines Luftspaltes zusammengewachsenen Roststäben bestehen. Selbstverständlich darf die Spaltweite nicht so groß sein, daß Kohle hindurchfällt. Bei den neueren Lokomotiven der Reichsbahn sind die Roststäbe 16 mm dick, die Spalte 14 mm breit, so daß der Durchtrittsquerschnitt für die Luft, die sogenannte

freie Rostfläche, etwa 43 %, der Rest, die sogenannte bedeckte Rostfläche, etwa 57 % beträgt. Freie und bedeckte Rostfläche bilden zusammen die Gesamtröstfläche. Bei der Reichsbahn sind Rostflächen bis zu rd. 5 m² ausgeführt.

Bei langen Feuerbüchsen sind die Roststäbe in der Länge unterteilt, so daß sich mehrere Rostfelder ergeben. Bei den meisten Lokomotiven ist eins dieser Felder, entweder das vorderste oder das zweite oder dritte von vorn, als Kipprost (Tafel 1 und 3) ausgebildet, um das Ausschlacken zu erleichtern. Der Kipprost besteht aus einem mit Roststäben belegten Rahmen, der drehbar auf der Kipprostwelle sitzt und mit Hilfe einer Spindel im Führerhaus nach unten geschwenkt werden kann.

Im Zusammenhang mit dem Rost ist auch der Feuerschirm (65) zu erwähnen; er wird aus feuerfesten Steinen zusammengesetzt und hat die Aufgabe, durch seine strahlende Hitze die frisch aufgeworfenen Kohlen schnell zu entgasen und zu entzünden, ferner die auf dem vorderen Rostteil entwickelten Verbrennungsgase nach hinten abzulenken, so daß alle Rauchgase durcheinandergewirbelt und innig mit der im Überschuß vorhandenen Luft vermengt werden; dadurch wird eine gute Verbrennung erreicht. Außerdem schützt der Feuerschirm die Rohrwand vor Abbrand und beim Abrüsten der Lokomotive durch die in ihm gespeicherte Wärme vor einer zu schnellen schädigenden Abkühlung.

Die äußeren Feuerschirmsteine werden mit einer Längsnut auf Flacheisen (Feuerschirmträger) gesetzt; diese werden an der Feuerbüchsenwand mit Schraubenbolzen gehalten, die durch hohlgebohrte Stehbolzen hindurchgeführt sind.

4. Der Aschkasten

Unterhalb des Rostes befindet sich ein Aschkasten (Bild 67 und Tafel 5), der die Brennstoffrückstände aufnimmt, die während der Fahrt durch die Rostspalten fallen oder beim Reinigen des Rostes hingeworfen werden. Er ist aus Blechen zusammengenietet oder -geschweißt und am Bodenring mit Spaltvorsteckern befestigt, die in Schlitz von Stiftschrauben sitzen. Vorne und hinten, mitunter auch seitlich, befinden sich drehbare Luftklappen, mit denen das Feuer geregelt werden kann; sie können vom Führerhaus aus mit Handzügen bedient werden. Wenn das Feuer auf dem Rost kräftig brennen

Aschkasten-klappen soll, wird die der Fahrtrichtung entsprechende Aschkasten-klappe geöffnet, soll das Feuer gedämpft brennen, wird die Klappe mehr oder weniger geschlossen. Damit auf die Strecke keine glühenden Kohlenstücke fallen, sind innen über den Klappen abweisende Schutzbleche und vor den Klappen Funkensiebe. Am Boden des Aschkastens befinden sich mehrere Entleerungsklappen, die vom Führerhaus aus mit einem gemeinsamen Handzug bedient werden. Damit diese Bodenklappen während der Fahrt nicht geöffnet

Bodenklappen

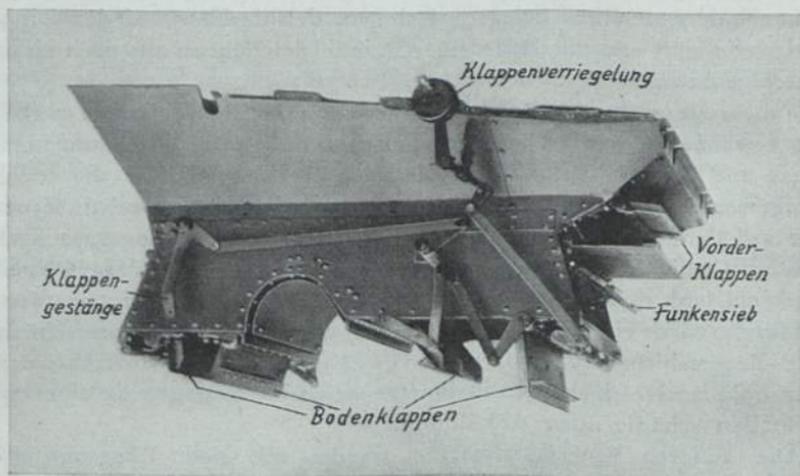


Bild 67. Aschkasten

werden können, sind sie durch eine Daumenwelle, die nur vom Erdboden aus bedient werden kann, verriegelt. Aschkästen für größere Lokomotiven erhalten häufig noch seitliche Reinigungsklappen. Ferner befinden sich im Aschkasten Rohre mit feinen Bohrungen, durch die Wasser eingespritzt werden kann, um die glühenden Rückstände abzulöschen (Aschkastenspritzrohre).

Aschkasten-spritzrohre

5. Der Regler

Der Dampf gelangt aus dem Kessel in die zur Dampfmaschine führenden Rohrleitungen über den im Dampfdom sitzenden Regler; mit ihm wird die Dampzufuhr je nach Bedarf in der Menge

geregelt oder ganz abgesperrt. Der Regler wird vom Führerhaus aus durch ein Reglergestänge betätigt, dessen Einzelteile in Bild 68 dargestellt sind. Die Reglerwelle dringt durch die Stehkesselrückwand in das Kessellinnere und wird durch eine Stopfbuchse im Reglerbock abgedichtet; innerhalb des Kessels wird sie in einem Lager getragen, das am Reglerknierrohr angegossen ist.

Es gibt Regler mit Schieber (Schieberregler) und Regler mit Schieberregler

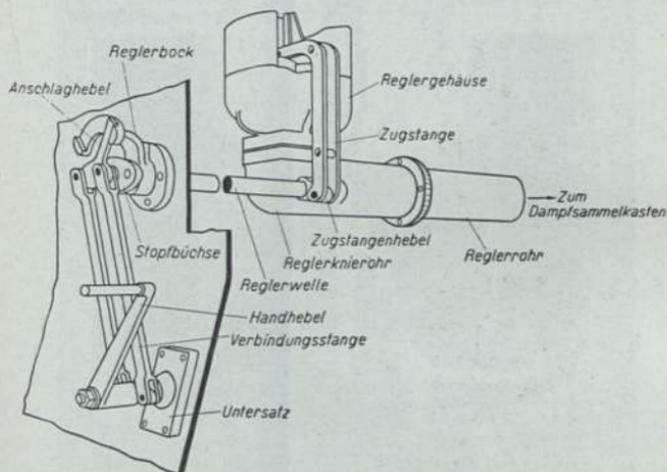


Bild 68. Regleranordnung

Ventil (Ventilregler). Mit dem Schieberregler sind die Naßdampf-Ventilreglerlokomotiven alter Bauarten ausgerüstet. Aus der Abschlußstellung heraus wäre der Regler schwer zu bewegen, weil auf der einen Seite der volle Kesseldruck auf einer großen Schieberfläche lastet, während auf der anderen Seite gar kein Druck vorhanden ist. Es wird daher auf dem Rücken des Schiebers ein Hilfsschieber eingebaut, der beim Bewegen des Reglerhandhebels zunächst geöffnet wird und in die dahinter liegende Leitung Dampf durch kleine Schlitz im Schieber (Hauptschieber) eintreten läßt, so daß dieser entlastet wird. Da der Hilfsschieber nur kleine Öffnungen abschließt, läßt er sich leicht bewegen. Zu demselben Zweck wird beim Ventilregler, der bei den Heißdampflokomotiven verwendet wird, im Hauptventil ein

Hilfsventil eingebaut. Bei der von der Reichsbahn viel verwendeten Bauart Fritz Wagner & Co. (Bild 69) wird vom Lokomotivführer überhaupt nur ein Hilfsventil bewegt, während das Hauptventil vom Dampfdruck selbst gesteuert wird.

Das Hauptventil ist mit einem Führungskolben mit Dichtring versehen. Der Führungszylinder ist mit einem Deckel abgeschlossen, so

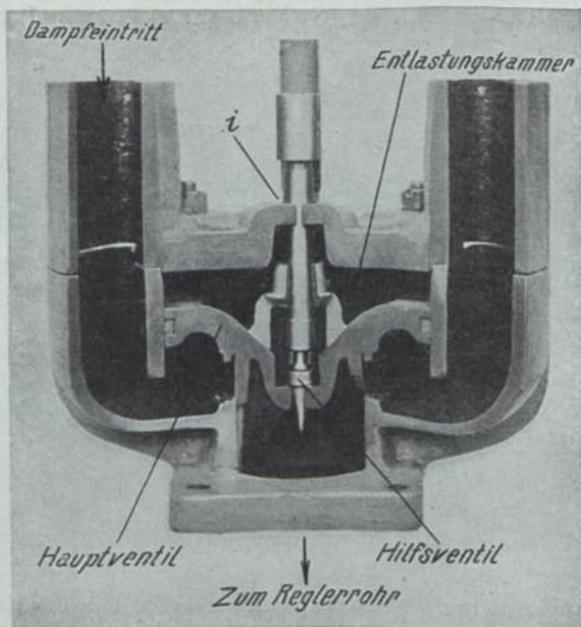


Bild 69. Ventilregler Bauart Fritz Wagner & Co.

Entlastungskammer daß über dem Führungskolben eine Kammer, die sogenannte Entlastungskammer, gebildet wird. In diese gelangt Dampf unmittelbar aus dem Dom über einen Ringspalt *i*. Im Hauptventil ist eine Bohrung, die durch ein Hilfsventil dampfdicht abgeschlossen werden kann. In der geschlossenen Stellung wird das Hauptventil fest auf seinen Sitz gedrückt, weil die von oben wirkende Kraft größer als die von unten wirkende ist; oben lastet Kesseldruck auf der ganzen Kolbenfläche, unten nur auf der äußeren Ringfläche.

Wird das Hilfsventil angehoben und die Bohrung im Hauptventil etwas freigegeben, so fließt Dampf aus der Entlastungskammer in das Reglerrohr ab; da durch den Ringspalt *i* aber nur wenig Dampf nachströmt, sinkt der Druck in der Entlastungskammer. Ist er so weit gesunken, daß schließlich die von unten wirkende Kraft,

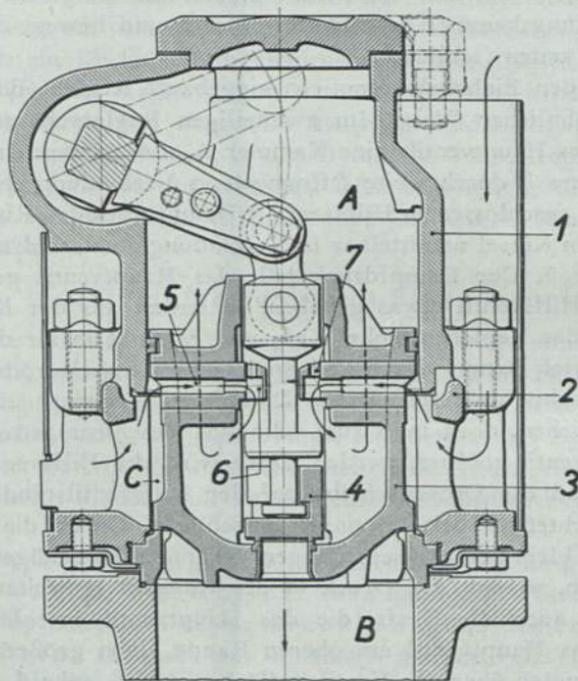


Bild 70. Ventilregler Bauart Fritz Wagner & Co. — Einheitsbauart 1925

die ja gleich bleibt, überwiegt, so öffnet sich das Hauptventil. Dabei nähert es sich wieder dem Hilfsventil und schließt die Bohrung im Hauptventil wieder etwas. Infolgedessen strömt durch den Ringspalt *i* mehr Dampf zu, als das Hilfsventil abfließen läßt, so daß der Druck in der Entlastungskammer wieder ansteigt und das Hauptventil zum Stillstand bringt. In dieser neuen Lage strömt durch die noch verbliebene Öffnung im Hilfsventil gerade so viel Dampf ab, als durch den Ringspalt *i* zufließt; dabei bleibt aber der Druck in

der Entlastungskammer immer noch etwas unter dem Kesseldruck. Wird die Stellung des Hilfsventils durch den Führer über das Reglergestänge geändert, so ändert sich auch die abfließende Dampfmenge; wird das Hilfsventil gehoben, so sinkt der Druck in der Entlastungskammer, und das Hauptventil folgt dem Hilfsventil nach oben (öffnet), wird das Hilfsventil gesenkt, so steigt der Druck in der Entlastungskammer bis auf Kesseldruck und bewegt das Hauptventil nach unten (schließt).

Einheits-
regler

Der bei den Einheitslokomotiven eingebaute Regler (Bild 70) arbeitet in ähnlicher Weise. Im zweiteiligen Reglergehäuse 1, 2 ist oberhalb des Hauptventils eine Kammer A, die mit dem Inneren des Ventilkörpers 3 durch weite Öffnungen in Verbindung steht; in sie gelangt bei geschlossenem Hilfsventil 4 Dampf über den Ringkanal C, der mit dem Kessel unmittelbar in Verbindung steht, und zwei kleine Speiserohre 5. Der Dampfdruck hält das Hauptventil geschlossen. Wird das Hilfsventil etwas gehoben, so strömt aus der Kammer A Dampf in das Reglerknierrohr B ab, und es sinkt in ihr der Druck, bis ebensoviel Dampf durch die Speiserohre 5 nachströmt, wie ins Reglerknierrohr abströmt. Diese Dampfmenge genügt schon zum ersten Anziehen, doch muß zum schnellen Beschleunigen des Zuges das Hauptventil geöffnet werden. Dazu wird das Hilfsventil so weit gehoben, daß die Drosselscheibe auf der Hilfsventilspindel die abwärts gerichteten Speiseöffnungen 6 schließt. Durch die aufwärts gerichteten kleineren Speiseöffnungen 7 kann nicht genügend Dampf nachströmen, so daß der Druck in der Kammer A weiter nachläßt und damit auch die Kraft, die das Hauptventil geschlossen hält. Nun hat das Hauptventil am oberen Rande einen größeren Durchmesser als unten über der Ventilsitzfläche, so daß, sobald der Druck in der Kammer A genügend gesunken ist, durch den im Ringraum C wirkenden vollen Kesseldruck eine nach oben gerichtete Kraft wirksam wird, die das Hauptventil öffnet. Durch dessen Aufwärtsbewegung werden aber sofort die Speiseöffnungen 6 freigegeben, in der Kammer A der Druck erhöht und dadurch das Hauptventil abgebremst, bis es nach Eintreten eines Gleichgewichtszustandes in den Kräften stehen bleibt. Wenn die Hilfsventilspindel nach dem Kräfteausgleich wieder auf- oder abbewegt wird, folgt ihr das Hauptventil sofort, und in beiden Richtungen hört die Bewegung auf, wenn die Spindelbewegung unterbrochen wird.

6. Der Wasserabscheider

Um möglichst wenig mitgerissenes Wasser in die Dampfleitung zu bekommen, setzt man zwischen den Dampfraum und die Dampfeintrittsstelle in den Regler einen Wasserabscheider (41). Die am häufigsten vorkommende Bauart besteht aus zwei ineinandergesetzten Blechzylindern mit verschiedenem Durchmesser, von denen der äußere oben durch ein Deckblech abgeschlossen ist. Der Dampf prallt auf seinem Wege zum Regler gegen das Abdeckblech, wird abgelenkt und strömt durch den Ringraum zwischen beiden Zylindern, der nach unten abgeschlossen ist, in den Dom. Die Wassertropfen können infolge ihrer Schwere der schnellen Richtungsumkehr nicht folgen, bleiben am Deckblech haften und fallen schließlich wieder in den Kessel zurück.

7. Dampfleitung und Blasrohr

Unter der zur Kesselausrüstung gehörenden Dampfleitung versteht man nur die Hauptdampfrohre, nämlich die Dampfzuleitung, die den Dampf vom Regler zum Schieberkasten leitet, und die Dampfableitung, die den Dampf, nachdem er im Zylinder Arbeit geleistet hat, in die Rauchkammer führt. Die übrigen Dampfleitungen haben als Zubehör zu den einzelnen Hilfseinrichtungen zu gelten.

Die Dampfzuleitung (Tafel 1) besteht aus dem Reglerknierohr aus Ge 18.91, dem Reglerrohr, nahtlos aus Stahl gewalzt, bei Naßdampfmaschinen einem Kreuzrohr, und den beiden Einströmröhren, ebenfalls aus Flußstahl gewalzt. Das Reglerknierohr trägt den Regler und ist selber mit einem angegossenen Fuß auf der Domöffnung aufgelagert. Das Reglerrohr ist an beiden Enden mit Flanschen versehen (eingewalzt und vernietet), die linsenförmig abgedreht sind (Reglerrohrlinsen); am Knierohr ist es mit Haken-schrauben befestigt, wobei die hintere Linse abdichtet. Das Kreuzrohr bei Naßdampfmaschinen, der Überhitzerkasten bei Heißdampfmaschinen werden durch Schrauben gegen die doppelseitig ausgebildete vordere Reglerrohrlinse und auch gegen die Rauchkammerrohrwand gepreßt (Bild 65). Die Einströmröhre sind mit dem Kreuzrohr oder dem Überhitzerkasten einerseits sowie mit dem Schieberkasten andererseits mittels Flansch verschraubt; um dampfdichten

Linsenringe Abschluß zu bekommen, sind Linsenringe, bei Naßdampf aus Rotguß, bei Heißdampf aus Stahl, dazwischengelegt.

Dampfableitung Die Dampfableitung besteht aus den Ausströmröhren und, je nach Bauart der Lokomotive, aus einem Ausströmzweigrohr (Bild 71), in dem die Ausströmungen beider Zylinder zusammengeführt werden, oder dazu noch einem Standrohr, wenn die Ausströmungen schon außerhalb der Rauchkammer vereinigt wurden.

Blasrohr Auf dem Zweigrohr oder Standrohr sitzt das Blasrohr; dieses

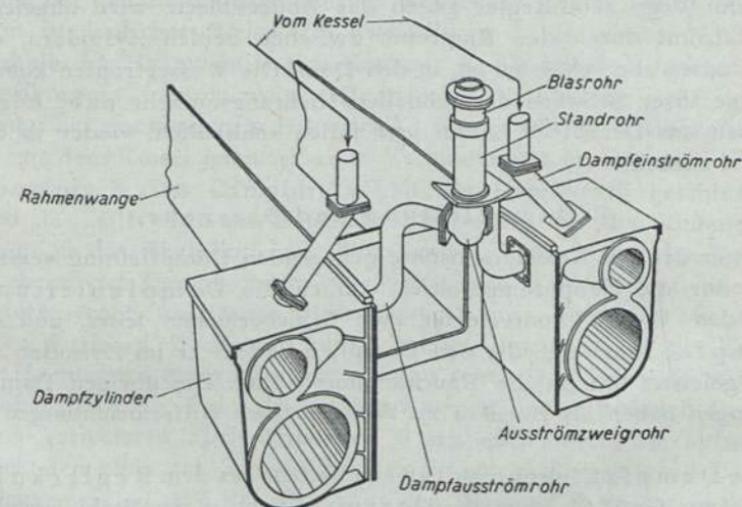


Bild 71. Dampfleitungen am Zylinder

arbeitet nur einwandfrei, wenn es genau senkrecht unter dem Schornstein und gleichmässig mit diesem steht. Bei ungenügender Dampfentwicklung ist daher auch die Stellung des Blasrohres nachzuprüfen.

Bei einigen Bauarten der ehemaligen Länderbahnen sind verstellbare Blasrohre im Gebrauch; z. B. kann der Austrittsquerschnitt durch einen beweglichen Kegelring (Bild 72) während der Fahrt verändert werden. Durch Verengen des Querschnittes entsteht ein stärkerer Gegendruck im Zylinder (Auspuffdruck), der den Saugzug verstärkt, so daß das Feuer lebhafter brennt. Ein stärkerer Gegendruck hat selbstverständlich einen erhöhten Dampfverbrauch

zur Folge. Mit Rücksicht darauf, daß das verstellbare Blasrohr falsch angewendet werden kann, haben die neueren Lokomotiven der Reichsbahn ausnahmslos ein unveränderliches Blasrohr.

Zweigrohr, Standrohr und Blasrohr sind aus Ge 18.91, die Ausströmleitung aus Flußstahl.

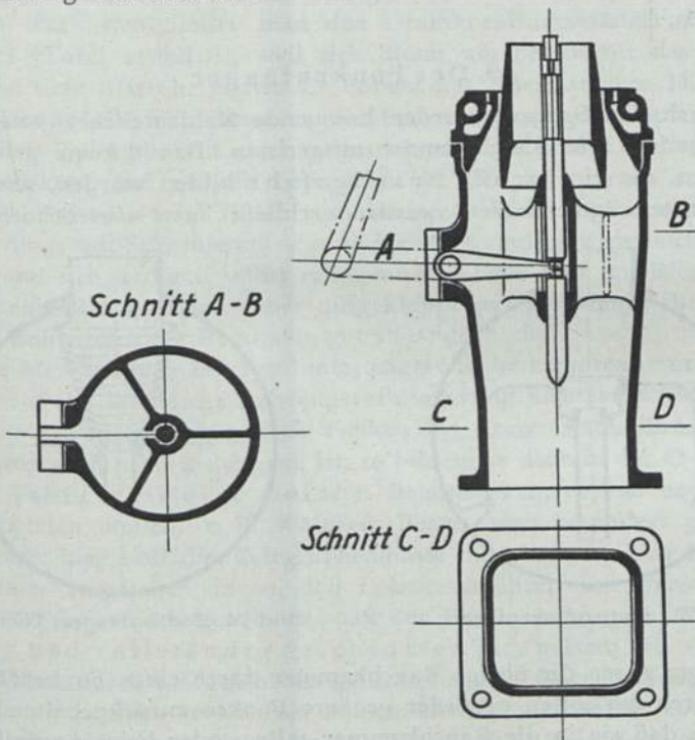


Bild 72. Verstellbares Blasrohr

8. Der Hilfsbläser

Der Hilfsbläser (106) dient dazu, auch bei Stillstand der Lokomotive Saugzug erzeugen zu können. Er besteht aus einem Ringrohr mit feinen Bohrungen, das meist um die Blasrohrmündung gelegt wird. Gibt man über ein besonderes Absperrventil, das Hilfsbläserventil, Dampf in den Hilfsbläser, so verteilen sich die austretenden Strahlen kegelförmig, füllen den ganzen Schornstein aus und

reißen Luft und Rauchgase ins Freie. Wenn kaltstehende Lokomotiven schnell angeheizt werden sollen, muß der Hilfsbläser an eine andere Dampfquelle, entweder eine unter Dampf stehende Lokomotive oder eine ortsfeste Anlage angeschlossen werden. Deshalb kann die Hilfsbläserleitung mit der Heizleitung verbunden werden.

9. Der Funkenfänger

Durch den Saugzug werden brennende Kohlenteilchen vom Rost los- und in die Rauchkammer mitgerissen. Damit keine größeren Funken, die eine große Brandgefahr bilden würden, aus dem Schornstein geschleudert werden, schließt man die Schornstein-

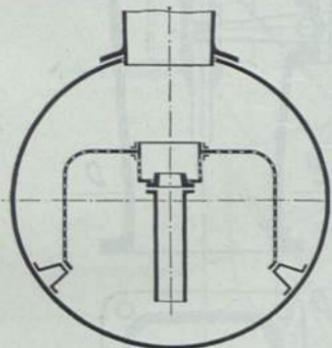


Bild 73. Plattenfunkenfänger

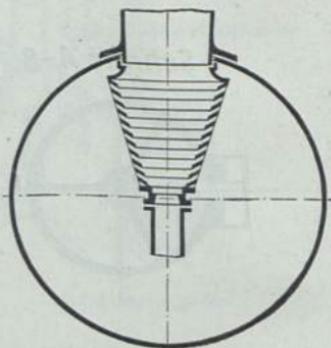


Bild 74. Funkenfänger Thomas

mündung gegen die übrige Rauchkammer durch einen Funkenfänger ab. Durch ihn sollen entweder größere Funken zurückgehalten werden, so daß sie in die Rauchkammer fallen, oder beim Anprall auf den Funkenfänger so zertrümmert werden, daß nur kleine, schnell verlöschende Teilchen ins Freie gelangen können.

Aus der Fülle der verschiedenen Bauarten sollen nur einige herausgegriffen werden:

Der Plattenfunkenfänger (Bild 73) besteht aus gelochten Blechen, die seitlich am Rauchkammermantel anschließen und von der Rauchkammerrohrwand bis zur Rauchkammertür reichen. Der Funkenfänger Thomas (Bild 74) besteht aus Flacheisenstäben, die jalousieartig mit Zwischenraum übereinandergreifend angeordnet sind, so

Platten-
funken-
fänger

Bauart
Thomas

daß Funken nicht unmittelbar in den Schornstein gelangen können, sondern erst ihre Bewegungsrichtung ändern müssen. Dabei prallen sie aber infolge ihres Beharrungsvermögens gegen die Stäbe, fallen entweder in die Rauchkammer oder werden in kleine Teilchen zertrümmert.

Am häufigsten findet man den Drahtkorbfunkenfänger Holz-^{Drahtkorb-}apfel (Tafel 1 und 3), weil sich dieser am besten für das heute ^{funken-}übliche tiefe Blasrohr eignet. Er besteht aus einem starken Draht-^{fänger}maschensieb, hat entweder die Form eines Kegelstumpfes oder die eines Zylinders mit unten angesetztem Kegelstumpf, umfaßt den Blasrohrkopf und schließt oben dicht an den Schornstein an. Der Drahtkorb ist aus zwei Teilen zusammengesetzt, die am Schornstein — neuerdings mit Scharnieren — so aufgehängt sind, daß sie leicht pendeln und sich dadurch selbst reinigen. Die Teile sind mit Riegel zusammengehalten, können aber aufgeklappt werden, damit die mittleren Rohrreihen zur Reinigung gut zugänglich sind.

Die Maschenweite beträgt 6 mm; engere Siebe kann man mit Rücksicht auf die erhebliche Leistungsverminderung nicht verwenden. Es gelangen also immerhin noch Funken ins Freie; wenn ihre Zündwirkung auch nicht mehr groß ist, so bilden sie doch in der trockenen Jahreszeit eine Gefahr. Bahnstrecken, die an besonders ^{Brandgefahr}gefährdeten Stellen, z. B. Wäldern, liegen, sind besonders gekennzeichnet; hier sind die Telegraphenmaste mit einem weißen Streifen versehen. Abgesehen davon, daß Lokomotivführer und Heizer stets sorgsam darauf achten müssen, daß der Funkenfänger in Ordnung und vollständig geschlossen ist, müssen sie während der Fahrt durch als gefährdet gekennzeichnete Gegenden alles vermeiden, was einen vermehrten Funkenauswurf verursacht. Vor allem darf unter keinen Umständen das Feuer mit dem Schürzeug bearbeitet werden; auch Aufwerfen von Kohle soll möglichst vermieden werden.

10. Die Speiseeinrichtung

Dem Lokomotivkessel muß für den in der Dampfmaschine verbrauchten Dampf wieder Wasser zugeführt werden. Das Wasser wird in einem Schlepptender oder in Behältern auf der Lokomotive selbst (Tenderlokomotive) mitgeführt und läuft unter eigenem Druck der Saugleitung der Speiseeinrichtung zu.

Die ersten Lokomotiven hatten Plungerpumpen, die von einer Achse angetrieben wurden (Fahrpumpen). Bei Stillstand der Lokomotive konnte also nicht gespeist werden, und bei Aufhalten mußte im Bedarfsfalle die Lokomotive losgekuppelt werden und im Bahnhofe hin und her fahren.

Die gebräuchlichsten Speiseeinrichtungen sind jetzt die Dampfstrahlpumpe (Injektor) und die durch eigene Dampfmaschine angetriebene Kolbenpumpe.

Dampf-
strahlpumpe

Die Dampfstrahlpumpe ist die einfachste und eigentlich immer betriebsbereite Speiseeinrichtung, weil sie keine bewegten Teile hat; sie arbeitet folgendermaßen: Man läßt Dampf aus einer Düse 1 (Bild 75) in eine Mischdüse 2 strömen; in der Dampf Düse 1 nimmt der Druck des Dampfes ab, dagegen seine Geschwindigkeit ganz erheblich zu, so daß das in gleicher Richtung eintretende Wasser in die Düse 2 mitgerissen und mit dem Dampf vermischt wird. Dabei schlägt der Dampf infolge der Abkühlung nieder, das Wasser wird dagegen erwärmt (60—70°). Der Wasserstrahl strömt nun in die Druckdüse 3; hier spielt sich der umgekehrte Vorgang ab wie in der Dampf Düse. Der mit großer Geschwindigkeit eintretende Wasserstrahl verringert seine Geschwindigkeit, wobei sein Druck derart zunimmt, daß schließlich das Rückschlagventil aufgestoßen und das Wasser in den Kessel gefördert wird.

Zwischen Mischdüse 2 und Druckdüse 3 befinden sich Öffnungen, durch die beim Ingangsetzen der Pumpe, solange der Kessel druck noch nicht überwunden ist, das Wasser-Dampf-Gemisch in eine sogenannte Schlabberkammer und von da ins Freie fließen kann. Zieht die Pumpe, so hört das Überlaufen (Schlabbern) auf.

Fließt das Wasser der Pumpe von einem hochgelegenen Behälter zu, so genügt eine nichtsaugende Pumpe mit ganz einfachem Dampfabsperrentil. Vielfach werden aber die Pumpen, um sie vor Frost zu schützen, ins Führerhaus gesetzt, so daß das Wasser nicht von selber zufließen kann (s. Tafel 4, 39); sie müssen dann als saugende mit einem besonders dafür ausgebildeten Dampfregelventil gebaut sein. Gibt man nämlich beim Ansetzen einer saugenden Pumpe gleich einen starken Dampfstrahl aus der Düse 1, so stößt er sich in der Mischdüse 2, und die Pumpe kommt nicht in Gang. Die saugenden Pumpen (Bild 75) erhalten daher ein auf einer Spin-

Nicht-
saugende
Pumpe

Saugende
Pumpe

del gleichachsrig mit den Düsen sitzendes Ventil 4, das die Düse 1 absperrt und gestattet, durch eine kleine Drehung am Handgriff zunächst einen feinen Dampfstrahl zu geben; dieser strömt durch die seitlichen Öffnungen der Mischdüse in die Schlabberkammer und weiter über das Schlabberventil 5, das aufgestoßen wird, in den Überlauf. Der Dampf reißt die Luft aus der Wasserkammer mit sich fort und erzeugt so in ihr einen Unterdruck, durch den das Wasser angesaugt wird. Das erste angesaugte Wasser tritt ebenfalls

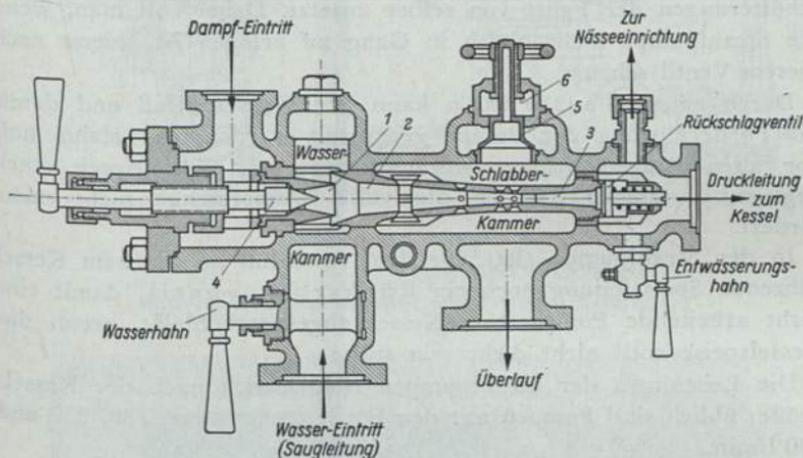


Bild 75. Dampfstrahlpumpe (Einheitsbauart)

über das Schlabberventil ins Freie, da der feine Dampfstrahl den Kesseldruck nicht zu überwinden vermag. Dadurch, daß der Dampf bei dem Zusammentreffen mit dem Wasser in der Mischdüse niederschlägt, bleibt der Unterdruck in der Wasserkammer nicht nur erhalten, sondern er pflanzt sich auch nach der Schlabberkammer fort. Ist das geschehen, so schlägt das Schlabberventil mit einem den Lokomotivbeamten vertrauten Ton zu; wird nun durch weiteres Drehen am Handgriff der volle Dampfstrahl gegeben, so fließt das Wasser nicht mehr durch die Öffnungen der Mischdüse ins Freie, sondern wird in der oben beschriebenen Weise in den Kessel gedrückt.

Der Dampf schlägt um so schneller nieder, je kälter das Wasser ist; bei warmem Wasser saugt die Pumpe schlechter, heißes über

50° fördert sie überhaupt nicht, weil kein genügender Unterdruck entsteht.

Das Schlabberventil kann mit einer Spindel 6 fest auf seinen Sitz gepreßt werden; die Pumpe zieht dann nicht, sondern der Kesseldampf strömt durch die Saugleitung in den Wasserbehälter. Man kann auf diese Weise überschüssigen Dampf zum Vorwärmen verwenden oder bei Frost die Saugleitung gegen Einfrieren schützen. Es kommt auch vor, daß sich das Schlabberventil durch die Erschütterungen der Fahrt von selber zusetzt. Daher soll man, wenn die Strahlpumpe nicht gleich in Gang zu bringen ist, zuerst nach diesem Ventil sehen.

Wasserhahn Durch einen Wasserhahn kann der Wasserzufluß und damit die Förderleistung der Pumpe gedrosselt werden; der Hahn muß vor allen Dingen benutzt werden, wenn der Kesseldruck stark abgesunken ist, so daß er die volle Wassermenge nicht mehr fördert.

Rückschlagventil In der Strahlpumpe sitzt vor dem Anschluß an die zum Kessel führende Speiseleitung noch ein Rückschlagventil, damit eine nicht arbeitende Pumpe vom Kessel abgesperrt bleibt, wenn das Kesselspeiseventil nicht dicht sein sollte.

Pumpenleistung Die Leistungen der Strahlpumpen richten sich nach der Kesselgröße; üblich sind Pumpen mit den Fördermengen von 150, 250 und 300 l/min.

Zweite Speiseeinrichtung Als zweite Speiseeinrichtung dient entweder eine zweite Strahlpumpe oder eine Kolbenpumpe in Verbindung mit einem Speisewasservorwärmer. Die Kolbenpumpe wird im Zusammenhang mit der Speisewasservorwärmanlage (S. 170) besprochen werden.

11. Das Kesselspeiseventil

Nach der Forderung der BO (s. S. 128) ist das Kesselspeiseventil ein vereinigtges Absperr- und Rückschlagventil (Bild 76). Wenn nicht gespeist wird oder durch einen Rohrbruch der Druck in der Speiseleitung sinkt, wird das Rückschlagventil durch den Kesseldruck auf seinen Sitz gedrückt, so daß der Kessel abgesperrt ist. Arbeitet die Speiseeinrichtung, so wird das Rückschlagventil durch den Druck in der Speiseleitung aufgestoßen. Das Absperrventil muß geschlossen werden, wenn das Rückschlagventil schadhaf ist.

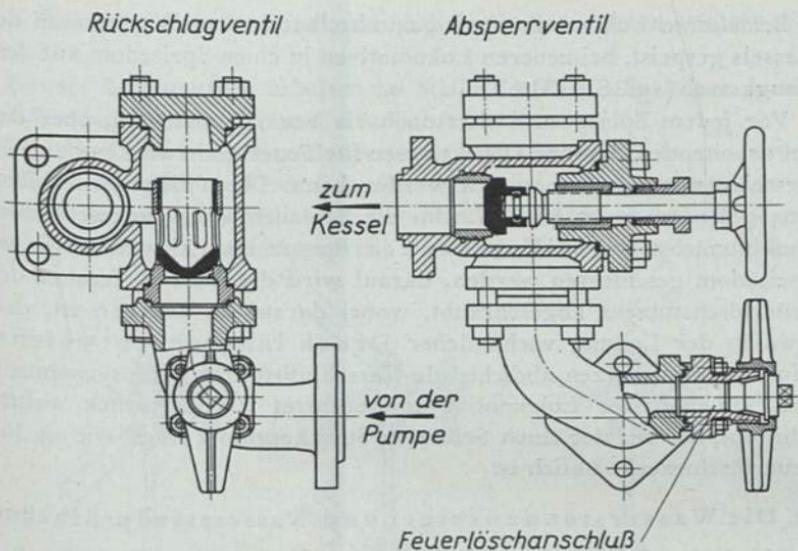


Bild 76. Kesselspeiseventil und Feuerlöschstutzen

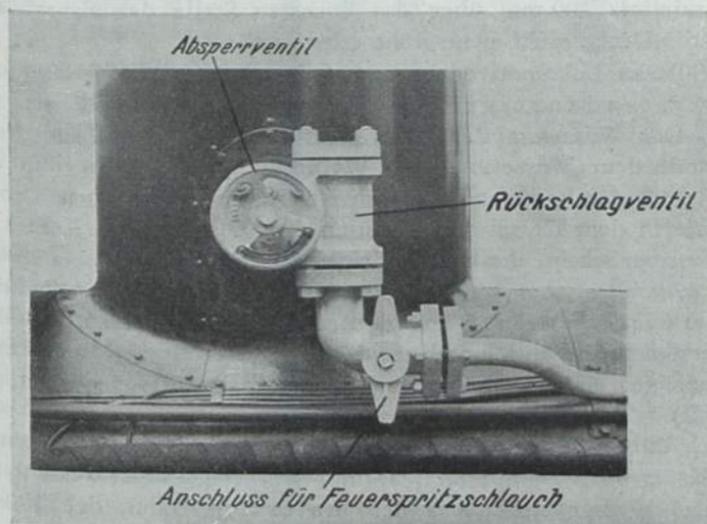


Bild 77. Anordnung des Kesselspeiseventils am Speisedom

Bei älteren Lokomotiven wird unmittelbar in den Wasserraum des Kessels gespeist, bei neueren Lokomotiven in einen Speisedom auf dem Langkessel (vgl. S. 113).

Vor jedem Speiseventil sitzt noch ein Feuerlöschstutzen, über den bei arbeitenden Pumpen Druckwasser für Feuerlöschzwecke oder zum Kesselauswaschen entnommen werden kann. Die übliche Anordnung am Speisedom zeigt Bild 77. Um die Schlauchleitung anzuschließen, muß zunächst bei stillstehender Pumpe das Absperrventil am Speisedom geschlossen werden; darauf wird die Überwurfmutter des Feuerlöschstutzens abgeschraubt, wobei darauf zu achten ist, daß etwa in der Leitung vorhandener Druck langsam entweicht, dann der den Stutzen abdichtende Verschlußstopfen herausgenommen und ein auf der Lokomotive mitgeführtes Zwischenstück aufgeschraubt, das auf der einen Seite eine Storzkupplung trägt, wie sie für Feuerlöschzwecke üblich ist.

12. Die Wasserstandanzeiger und Wasserstandprüfhähne

Die Höhe des Wasserspiegels im Kessel muß während des Betriebes dauernd überwacht werden; der Wasserstand darf nicht niedriger sein als 100 mm über der höchsten Stelle der Feuerbüchse, damit die Decke nicht ausgeglüht wird (s. S. 60).

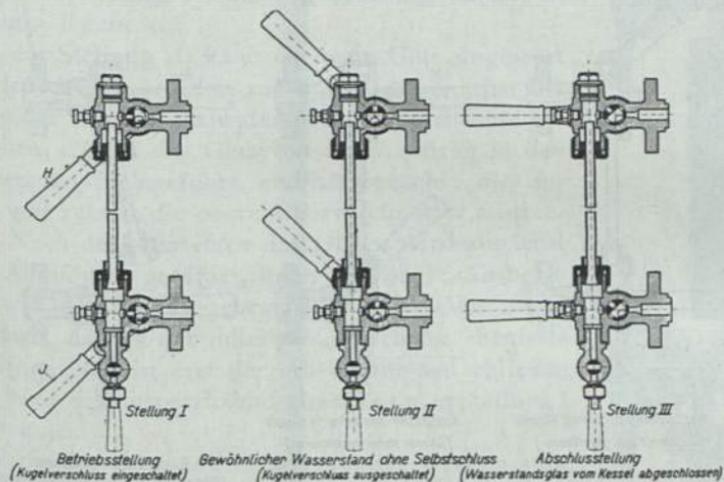
Die älteren Lokomotiven haben an der Stehkesselrückwand einen Wasserstandanzeiger aus Glas und drei Prüfhähne (Tafel 4). Der Wasserstandanzeiger steht oben mit dem Dampfraum, unten mit dem Wasserraum in Verbindung, so daß in ihm nach dem Gesetz der kommunizierenden Röhren das Wasser stets ebenso hoch wie in dem Kessel steht. Hinter dem Glase ist am Kessel eine Marke angebracht, die den niedrigsten zulässigen Wasserstand anzeigt, außerdem eine weiße Platte, die den mit Wasser gefüllten Teil des Glases besser erkennen läßt. Damit beim Platzen des Glases das Personal nicht durch Splitter verletzt wird, ist vor den Wasserstandanzeiger ein Schutzrahmen mit dickem Drahtglas gesetzt (Tafel 4, 49).

Durch Öffnen der Prüfhähne kann man erkennen, je nachdem ob nur Wasser oder Dampf oder Dampf-Wasser-Gemisch austritt, wie hoch das Wasser steht. Aus dem untersten Hahn, der 100 mm über der Feuerbüchse sitzt, muß stets Wasser austreten. Aus dem obersten Hahn soll stets Dampf austreten, sonst ist

der Wasserspiegel zu hoch und die verdampfende Oberfläche zu klein.

Neuere Lokomotiven erhalten an Stelle der Prüfhähne einen zweiten Wasserstandanzeiger auf der Führerseite.

Das Glas des Wasserstandanzeigers (Bild 78) sitzt oben und unten in Gehäuseköpfen und wird in deren Stopfbuchskammern durch je einen Gummiring abgedichtet, der vom Dampfdruck selbst gegen die zu dichtenden Flächen gepreßt wird. Die Kammern werden durch



H und J Absperrhähne mit Kugelverschluß

Bild 78. Wasserstandanzeiger bei verschiedenen Stellungen

Überwurfmuttern mit Blecheinlagen abgeschlossen; die untere Mutter hat eine halsartige Verlängerung, deren oberer Rand gleichfalls den niedrigsten Wasserstand anzeigt. Das untere Ende des Glases ist kegelig aufgebogen und damit die genügende Eintauchtiefe in die Stopfbüchsen sichergestellt.

Die Gehäuseköpfe sind mit je einem Absperrhahn (H und J) versehen und völlig durchbohrt; nach Lösen einer vorderen Reinigungsschraube kann man, selbstverständlich nur bei drucklosem Kessel, die Kanäle durchstoßen und von Kesselsteinansatz befreien. Damit beim Platzen eines Glases der Kessel sofort dampfdicht abgesperrt wird, ist in die Hahnküken ein Kugelverschluß eingebaut. Eine Kugelverschluß

Messingkugel liegt unten im Hahnküken; will in der Betriebsstellung I (Bild 78) bei Glasbruch der Dampf oder das Wasser aus dem Kessel entweichen, so wird die Kugel mitgerissen und vor die Bohrung im Hahnküken gepreßt. In Stellung II ist der Durchgang durch das Küken ebenfalls frei, die Kugel kann ihn aber infolge ihrer tieferen Lage nicht absperren. In Stellung III ist der Wasserstand völlig abgesperrt. Unter dem Wasserstandglas befindet sich noch ein Abflaßhahn, der den Kessel mit der freien

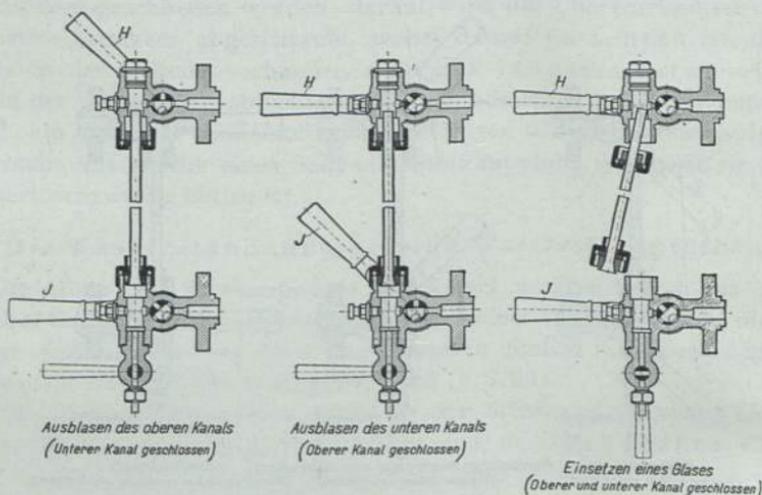


Bild 79: Ausblasstellungen des Wasserstandanzeigers und Einsetzen eines Glases

Luft verbindet, wenn sein Handgriff waagrecht steht; er wird benutzt beim Prüfen des Wasserstandes und beim Durchblasen der Kanäle.

Bei Antritt des Dienstes auf einer unter Dampf stehenden Lokomotive hat sich das Personal von dem ordnungsmäßigen Zustand der Wasserstandanzeiger und der Prüfhähne zu überzeugen. Hierzu müssen sämtliche Hähne geöffnet und wieder geschlossen werden, also sowohl die oben erwähnten drei Prüfhähne wie auch die Hähne des Wasserstandanzeigers. Mit dem Prüfen des Wasserstandanzeigers wird gleichzeitig auch das Ausblasen der Kanäle verbunden, damit sich keine Verunreinigungen in ihnen festsetzen. Man geht dabei

Prüfen der
Wasser-
stand-
anzeiger

Ausblasen

folgendermaßen vor: Zuerst werden beide Absperrhähne geschlossen (Stellung III), dann der Ablasshahn, darauf der obere Hahn geöffnet (Stellung II). Diese Stellung der Hähne zeigt Bild 79; an dem starken Ausströmgeräusch erkennt man, daß der Kanal nicht verstopft ist. Nachdem der obere Hahn wieder geschlossen ist, wird der untere Hahn in der gleichen Weise geprüft. Nach dem Schließen des unteren Hahnes J wird auch der Ablasshahn geschlossen und werden die beiden Absperrhähne zunächst in Stellung II, dann gleichzeitig schnell in Stellung I gebracht.

In der Stellung III kann ein neues Glas eingesetzt werden; hierzu werden auf das Glas zunächst die Teile der unteren, dann der oberen Stopfbuchse geschoben, darauf das Glas von unten schräg in den oberen Kopf eingeführt, endlich zunächst die untere und zuletzt die obere Überwurfmutter angezogen. Nach dem Einsetzen des Glases wird zunächst der Ablasshahn geöffnet, dann der obere Absperrhahn in Stellung II gebracht, um das Glas anzuwärmen, darauf der untere Absperrhahn ebenfalls geöffnet. Nun ist erst der Ablasshahn zu schließen und sind die Absperrhähne gleichzeitig in Stellung I zu bringen.

Wenn das Glas äußerlich gereinigt werden soll, müssen vor dem Abnehmen des Wasserstandsches die Absperrhähne in Stellung III gebracht und der Ablasshahn auf Ausblasen gestellt werden. Sonst Unfallgefahr!

An Lokomotiven, die von den ehemaligen bayrischen Staatsbahnen übernommen wurden, werden Wasserstände mit Klinger-Gläsern (Bild 80) verwendet. Diese Wasserstände haben keine Glasröhren, sondern die beiden Wasserstandköpfe werden durch ein Rohr verbunden, das in der Mitte als eine vorn offene, längliche Kammer ausgebildet ist; diese wird durch ein in der Längsrichtung geriffeltes Glas abgedeckt, hinter dem der mit Wasser gefüllte Teil der Kammer dunkel, der übrige Teil hell erscheint.

Der Wasserstand stellt sich im Kessel verschieden hoch ein,

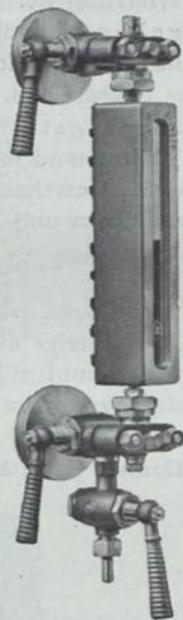


Bild 80.
Klinger-Wasserstandanzeiger

Klinger-Wasserstandanzeiger

Schein-
barer und
wirklicher
Wasser-
stand

je nachdem der Regler geöffnet oder geschlossen ist. Bei geöffnetem Regler ist das Wasser durch und durch mit aufwärts steigenden Dampfbläschen durchsetzt, so daß es einen größeren Rauminhalt einnimmt und sein Wasserspiegel sich höher einstellt. Man nennt den Wasserstand, der sich bei geöffnetem Regler einstellt, den scheinbaren Wasserstand im Gegensatz zum wirklichen Wasserstand, der sich bei geschlossenem Regler einstellt. Maßgebend für die Notwendigkeit, Wasser in den Kessel zu speisen, ist nur der wirkliche Wasserstand.

Führer und Heizer sind beide dafür verantwortlich, daß der niedrigste Wasserstand nie unterschritten wird. Ist der Wasserstand unter die niedrigste Marke gesunken, so ist die Gefahr eines Kesselzerknalles gegeben; das Feuer ist sofort vom Rost zu entfernen und der Dampf aus dem Kessel abzulassen.

13. Das Kesselsicherheitsventil

Übersteigt die dem Wasser zugeführte Wärmemenge die in Form von Dampf abgeführte, so nimmt der Druck im Kessel zu. Der für den Kessel festgesetzte Höchstdruck darf nicht überschritten werden, weil sonst der Kessel gefährdet ist. Es muß also der überschüssige Dampf selbsttätig ins Freie geleitet werden. Das geschieht durch

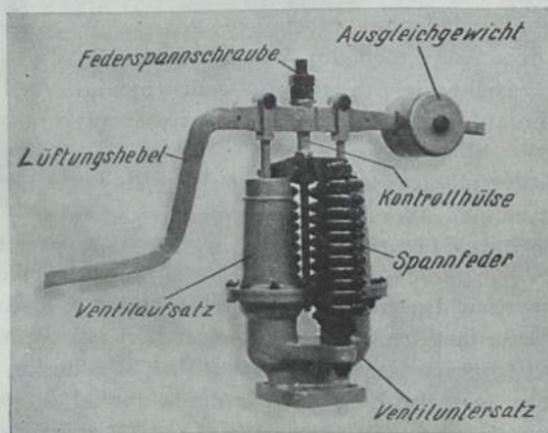


Bild 81. Ramsbottom-Kesselsicherheitsventil

Sicherheitsventile, die sich öffnen, wenn der zulässige Höchst-
druck erreicht ist.

An den älteren Lokomotiven wird meist das Ramsbottom-^{Rams-}
Ventil (Bild 81 und 82) verwendet. Die Auslaßventilteller werden ^{bottom-}
von zwei Spannfedern auf ihren Sitz gedrückt; diese greifen an einem ^{Ventil}
Federtraghebel an, der über eine Federspannschraube einen Be-
lastungshebel niederzieht, an dem wiederum die Druckstützen für
die Federteller angelent sind. Der Belastungshebel dient gleichzeitig als Lüf-
tungshebel, mit dem man durch Anheben oder Niederdrücken feststellen
kann, ob die Ventile leicht ansprechen; er ist deshalb bis in das Führerhaus
hinein verlängert.

Mit der Federspannschraube kann die Span-
nung der Federn und damit
die Dampfspannung, bei
der das Ventil öffnet, ver-
ändert werden. Zwischen
Federtraghebel und Be-
lastungshebel (Lüftungs-
hebel) sitzt eine Kon-
trollhülse, die erst ein-
gesetzt wird, nachdem die

Spannschraube bei der Kesselprüfung auf den richtigen Kesseldruck
(unter Vergleich mit einem Prüfdruckmesser) eingestellt ist. Die
notwendige Höhe der Kontrollhülse wird durch Messen des verblei-
benden Zwischenraumes zwischen Federtraghebel und Belastungshebel
ermittelt. Die Hülse wird an den Stirnseiten gestempelt, damit
man unbefugte Änderung jederzeit feststellen kann.

Die Ventilaufsätze dienen als Schalldämpfer; sie haben im Inne-
ren Nasen, die verhindern, daß die Ventilteller fortgeschleudert wer-
den, wenn eine Druckstütze brechen sollte.

Das Ramsbottom-Ventil hat den Nachteil, daß der Druck noch

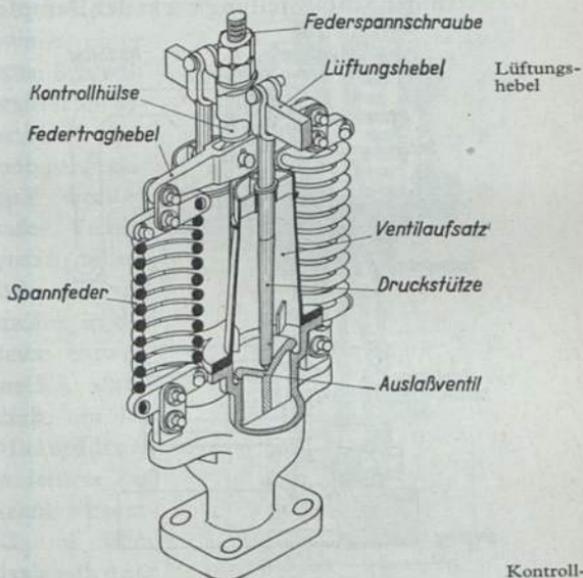


Bild 82. Schnitt durch das Ventilgehäuse
des Ramsbottom-Ventils

Kontroll-
hülse

Hochhub-
sicherheits-
ventile

Coale-
Ventil

während des Abblasens weiter ansteigen kann, weil sich die auf die Unterseite des Ventiltellers wirkende Kraft mit der Federkraft schon das Gleichgewicht hält, wenn der Ventilhub erst gering ist. Diesen Mangel sollen die Hochhubsicherheitsventile, auch „Pop“-(Puff-)Ventile genannt, beheben, von denen die Bauarten Coale und Ackermann an Reichsbahnlokomotiven angebaut sind. Das Coale-Ventil (Bild 83) wirkt folgendermaßen:

In der Schlußstellung wirkt der Dampfdruck nur auf die untere Kreisringfläche unterhalb des Ventilsitzes. Übersteigt der Dampfdruck den festgesetzten Höchstdruck, so wird die Spannkraft der Feder überwunden, und das Ventil öffnet sich. Der entweichende Dampf wird nicht gleich entspannt, sondern staut sich zunächst in einer ringförmigen Kammer und stößt hier auf eine zusätzliche Belastungsfläche am Ventilkörper. Es entsteht dadurch eine zusätzliche Auftriebskraft, so daß die Feder stärker zusammengedrückt und das Ventil höher gehoben wird.

Durch einen Stelling kann der Staudruck verändert werden; wird der Ring hochgeschraubt, so verringert sich der Spalt zwischen Stelling und zusätzlicher Belastungsfläche. Der Staudruck wird infolge der stärkeren Drosselung höher und damit der Ventilhub größer.

Der Dampf entweicht aus dem Ventil durch die Löcher in der aufgeschraubten Schalldämpferhaube. Die Spannkraft der Feder wird durch eine Schraubspindel eingestellt; damit diese nicht durch Unbefugte verstellt wird, ist sie durch eine plombierte Kappe geschützt. Durch einen Wälzhebel kann über eine Spindel die Feder angespannt und damit der Ventilteller entlastet werden, so daß man feststellen kann, ob das Ventil leicht beweglich ist.

Ein Nachteil des Coale-Ventils ist, daß es infolge der zusätz-

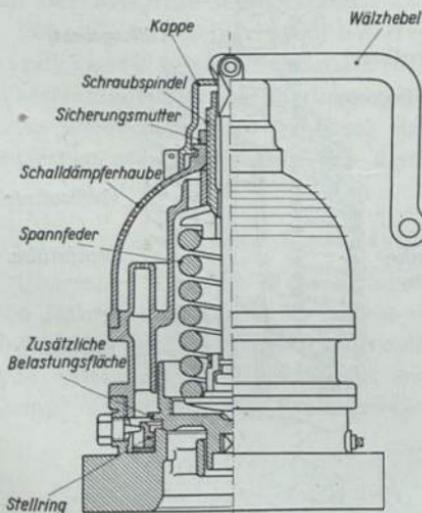


Bild 83.

Hochhubsicherheitsventil (Coale)

lichen Auftriebskraft nicht gleich wieder schließt, wenn der Kesseldruck auf die festgesetzte Höchstgrenze zurückgegangen ist, sondern erst, wenn diese unterschritten ist. Es bläst also mehr Dampf ab als nötig.

Das Ackermann-Sicherheitsventil (Bild 84), mit dem die neueren Reichsbahnlokomotiven ausgerüstet werden, vermeidet die Nachteile der beiden bisher beschriebenen Bauarten; es arbeitet folgendermaßen: Der Ventilkörper 2 dichtet auf dem Ventilsitz 1 nur mit einer schmalen Dichtungsleiste ab. Die Schließkraft wird durch eine Ventildfeder 3 erzeugt und auf den Ventilkörper über eine gehärtete Kugel 4 übertragen, damit er nicht einseitig belastet werden kann. Der Ventilsitz und der Ventilkörper sind so ausgebildet, daß hinter der eigentlichen Dichtungsfläche eine um 45° geneigte Ringkammer entsteht, in der sich bei geöffnetem Ventil der entweichende Dampf staut; es erhält dann der Ventilkörper auch auf diese um 45° geneigte Zusatzfläche Dampfdruck und damit eine nach oben gerichtete Zusatzkraft, die die Feder stärker zusammendrückt, so daß der Dampf über einen großen Ventilquerschnitt entweichen kann. Der Dampf strömt durch die Bohrungen 5 der Haube 6 ins Freie.

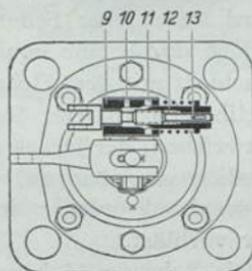
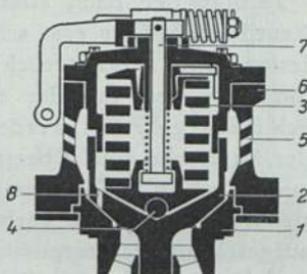


Bild 84.
Ackermann-
Kesselsicherheitsventil

Das Ventil arbeitet in der beschriebenen Weise erst, wenn ein Kesseldruck vorhanden ist, der um einen bestimmten Betrag über dem zulässigen Höchstdruck liegt. Vorher, beim Erreichen des Höchstdruckes, wird nur ein kleiner Ventilquerschnitt geöffnet, so daß eine ganz geringe Dampfmenge unter gedämpftem Geräusch austritt; das Ventil bläst vor und zeigt dem Lokomotivpersonal an, daß der Dampfdruck ermäßigt werden muß. Der Betrag, um den der Höchstdruck auf diese Weise überschritten wird, bis das Ventil voll öffnet, hängt von dem Querschnitt der vorher genannten Ring-

Kesselsicherheits-
ventil
Ackermann

Vorblasen

kammer ab, weil hierdurch die Höhe des Staudruckes und damit der Zusatzkraft bestimmt wird. Die Ventile für große Kessel (60 mm Durchmesser im Ventilsitz) sind für $0,6 \text{ kg/cm}^2$ Vorblasen, die für kleinere Kessel (45 mm Durchmesser im Ventilsitz) für $0,3$ bis $0,4 \text{ kg/cm}^2$ ausgebildet.

Durch einen Anlüftbolzen 7 kann in bekannter Weise festgestellt werden, ob das Ventil leicht beweglich ist.

Infolge der beim Abblasen auftretenden Zusatzkraft kann das Ventil von selber erst schließen, wenn der Kesseldruck unter den festgesetzten Höchstdruck gefallen ist; es ist aber mit einer Einrichtung versehen, mit der es vom Führerhaus aus schon früher zum Schließen gebracht werden kann. Der Ventilkörper 2 hat oberhalb der Sitzfläche zwei Überströmbohrungen 8, durch die beim Abblasen auch Dampf in das Innere des Federgehäuses gelangt. Von hier strömt er durch eine Verbindungsleitung in die auf das Federgehäuse aufgeschraubte Einstelleinrichtung 9 und deren Entlüftbohrungen 10 und 11 ins Freie. Die Bohrung 10 ist ständig offen, die Bohrung 11 wird durch eine Feder zwar für gewöhnlich offen gehalten, kann jedoch durch eine konische Stellmutter 12 geschlossen werden; dies geschieht mit dem Hebel „Feineinstellung“ im Führerhaus über einen Stellbolzen 13. Der Dampf kann dann nur durch die Öffnung 10 entweichen; der Druck im Federgehäuse steigt dadurch und wirkt zusätzlich von oben auf das Ventil und schließt es bereits, wenn der Kesseldruck wieder um $0,1 \text{ kg/cm}^2$ gesunken ist, so weit, daß es nur vorbläst.

Die Bohrung 11 kann mit der Mutter auf dem Stellbolzen 13 geändert werden; sie wird so eingestellt, daß das Ventil bei $0,2 \text{ kg/cm}^2$ unter Höchstdruck wieder völlig schließt.

Beispiel: Bei einem großen Kessel mit 16 kg/cm^2 Höchstdruck tritt „Vorblasen“ des Ventils ein, sobald dieser Druck erreicht ist; steigt der Druck auf $16,6 \text{ kg/cm}^2$, so öffnet das Ventil voll. Ist der Druck auf $16,5 \text{ kg/cm}^2$ gesunken, so kann der Hebel „Feineinstellung“ gezogen werden, worauf das Ventil sich wieder auf Vorblasen einstellt. Ist der Druck auf $15,8 \text{ kg/cm}^2$ gesunken, so schließt das Ventil, auch wenn es vorher nicht auf „Vorblasen“ eingestellt wurde.

14. Die Dampfpeife

Die Wirkungsweise der Dampfpeife (Bild 85) beruht darauf, daß Dampf aus einem Ringspalt gegen eine scharfe Schneide einer Glocke strömt; diese gerät dadurch in schnelle Schwingungen, die sich als Pfeifton äußern. Betätigt wird die Peife über ein Ventil, das meist im Pfeifenuntersatz selbst sitzt und durch eine Feder geschlossen gehalten wird; durch einen Handzug im Führerhaus wird es geöffnet. Die Einheitslokomotiven erhalten Pfeifen, mit denen man einen lauten Vollton und einen schwachen, sogenannten Halbton für Bahnhofssignale geben kann. Hierzu befindet sich in dem Hauptventil ein Zusatz- oder Hilfsventil, das über Bohrungen im Hauptventil nur eine geringe Dampfmenge durchläßt. Wird die Peife durch Anheben der Ventilspindel betätigt, so lüftet diese erst das Hilfsventil; nach einem Hub von 5 mm wird dann das Hauptventil durch einen Bund auf der Spindel mitgenommen.

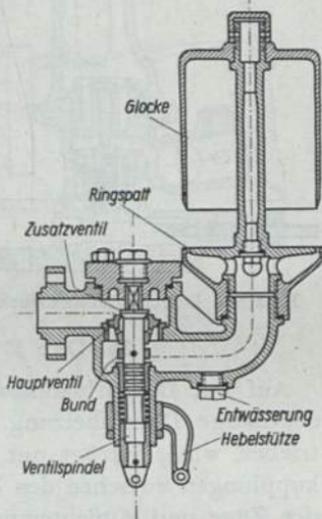


Bild 85. Dampfpeife der Einheitslokomotiven

15. Das Lätewerk

Lokomotiven, die auf Bahnen mit unbeschränkten Wegeübergängen verkehren (Nebenbahnen), müssen mit einem Lätewerk, entweder einem festen oder abnehmbaren, ausgerüstet sein. Da infolge Ausrüstung mit Druckluftbremse heute auf fast allen Lokomotiven Druckluft vorhanden ist, wird meist ein Druckluftlätewerk verwendet. Das Lätewerk der Bauart Knorr (Bild 86) arbeitet folgendermaßen:

Druckluft strömt aus dem Hauptluftbehälter nach Öffnen eines besonderen Anstellventils über eine Düse mit feiner Bohrung in eine Kammer unterhalb eines federbelasteten Rückschlagventiles. Dieses wird angehoben, wenn der Druck in der Kammer genügend ansteigen ist. Da durch die Düse die Luft nur langsam nachströmt,

Druckluft-
lätewerk
Bauart
Knorr

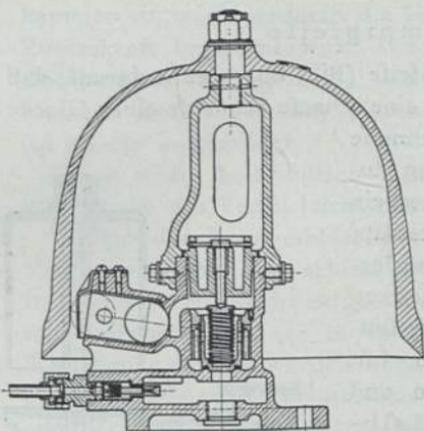


Bild 86. Druckluftläutewerk Knorr neuem.

gleicht sich der Druck über und unter dem Ventil aus, so daß das Ventil sich wieder unter dem Federdruck schließt. Die über dem Ventil stehende Luft treibt eine Stahlkugel vor sich her; hat diese die Glockenwand erreicht und zum Tönen gebracht, so kann die Luft durch eine von der Kugel freigegebene Öffnung ins Freie entweichen. Inzwischen ist der Druck in der Kammer wieder angestiegen und hebt das Rückschlagventil von

16. Die Dampfheizung

Auf mit Dampflokomotiven betriebenen Strecken haben die Personenzüge Dampfheizung. Der höchste Druck, mit dem diese betrieben wird, beträgt mit Rücksicht auf die Haltbarkeit der Heizkupplungen zwischen den Fahrzeugen nur $4,5 \text{ kg/cm}^2$. Je nach Länge der Züge und Außentemperatur muß sich auch noch ein geringerer Druck einstellen lassen. Dazu dient das Dampfheizventil (Bild 87), das bei älteren Lokomotiven unmittelbar auf den Kessel aufgesetzt oder an einen Dampfentnahmestutzen angeflanscht ist (Tafel 4), bei neueren Lokomotiven mit mehreren anderen Ventilen zusammen in einem Dampfverteilkasten vereinigt ist. Hinter dem Ventil sitzt ein Druckmesser angeschlossen, der den Druck in der Heizleitung anzeigt, und ein Sicherheitsventil, das abbläst, wenn der Druck von $4,5 \text{ kg/cm}^2$ überschritten wird. Vom Heizventil führt die Heizleitung zu einem Dreiweghahn auf der linken Führerhausseite, mit dem man wahlweise Dampf zu dem vorderen oder hinteren Heizanschluß geben kann. Bei den Einheitslokomotiven wird ein Umschaltventil (Bild 88) verwendet, bei dem in einer Zwischenstellung auch Dampf in geringer Menge gleichzeitig in beide Leitungen zum Schutz gegen Einfrieren gelassen werden kann.

Umschalt-
ventil

Als Verbindung zwischen Lokomotive und Tender dient bei älteren

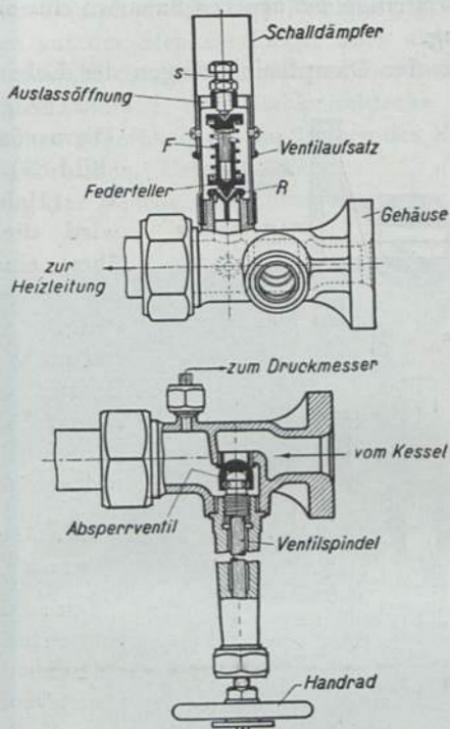


Bild 87. Dampfheizventil älterer Bauart nebst Sicherheitsventil

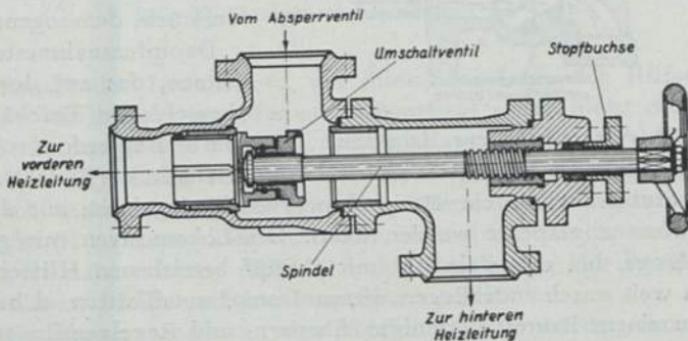


Bild 88. Umschaltventil zur Dampfheizung

Bauarten eine zweiteilige, bei neueren Bauarten eine einteilige Gummischlauchkupplung.

An den Enden der Dampfheizleitungen der Lokomotiven, Tender

und Wagen sitzt je ein Dampfabsperrhahn (Bild 89). In der Stellung II (Hahn geschlossen) wird die Heizkupplung über eine Bohrung mit der freien Luft verbunden. Stellung III wird am letzten Wagen des Zuges benutzt, so daß der entspannte Dampf und das Niederschlagwasser entweichen können.

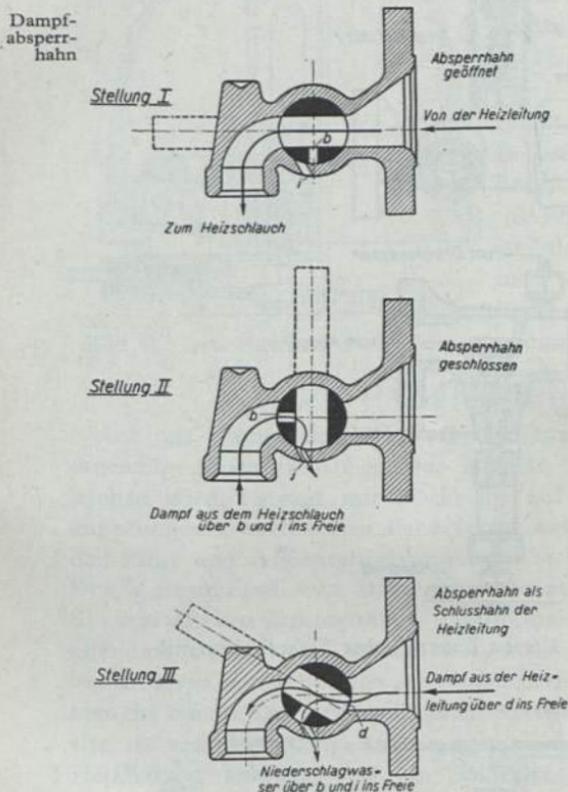


Bild 89. Absperrhahn zur Heizleitung

17. Die Dampfentnahmestutzen

Der Dampf für die vorstehend beschriebenen Hilfseinrichtungen wird Dampfventilen entnommen, die entweder einzeln am Reglerdom oder zu mehreren an einem Verteilerstück, dem sogenannten Dampfentnahmestutzen sitzen, das auf der Stehkesseldecke (Tafel 4) oder am Reglerdom angeflanscht ist (Bild 90). Meist

ist im Stutzen selber ein Hauptabsperrrventil eingebaut, mit dem er als Ganzes abgesperrt werden kann. Bei Lokomotiven mit großer Kessellänge, bei denen ja die mit Dampf betriebenen Hilfseinrichtungen weit auseinanderliegen, sitzen Dampfverteilkästen, d. h. mehrere zu einem Bauteil vereinigte Absperr- und Regelventile, seitlich vom Kessel; sie werden ebenfalls mit Entnahmestutzen bezeich-

net und erhalten Dampf durch eine Rohrleitung, die von Dampfentnahmeventilen auf der Stehkesseldecke oder auf dem Langkesselrücken ausgeht. Sowohl diesen Dampfentnahmeventilen wie auch den Dampfentnahmestutzen auf der Stehkesseldecke wird trockener Dampf durch Rohre zugeführt, die im Innern des Kessels liegen und in den Reglerdom reichen (Tafel 3, 127).

Die Anordnung der Ventile und Entnahmestutzen richtet sich nach

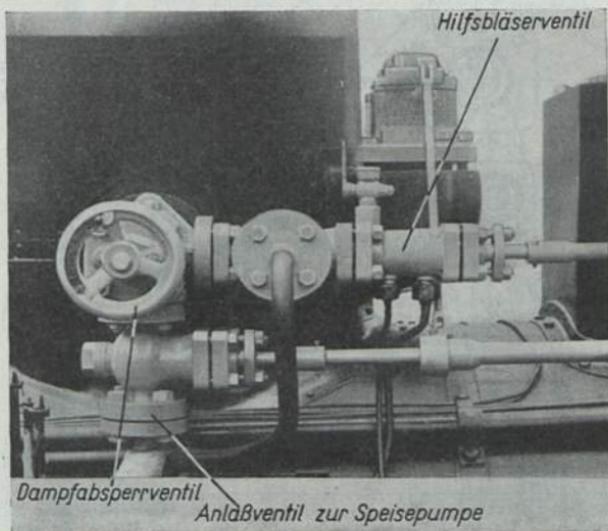


Bild 90. Dampfentnahmestutzen am Dom

der Bauart der Lokomotive, vor allem der Lage der Hilfseinrichtungen. Am Stutzen im oder am Führerhaus sitzen meist die Ventile für Strahlpumpe und Heizung, mitunter auch für die Lichtmaschine, während die Ventile für Luft- und Speisepumpe am Reglerdom angebracht sind. Als Beispiel für eine andere Anordnung sei die Bauartreihe 01 genannt; hier sitzt vorn links (vor dem Speisedom) ein Dampfentnahmestutzen (Bild 91), der Ventile für die Pumpen, den Hilfsbläser, Pfeife und Lichtmaschine enthält.

Alle Absperrventile zu den Hilfsmaschinen werden durch Züge oder Handräder im Führerhaus (Tafel 4) betätigt. Bei Ventilen, die

fein eingestellt werden müssen, ist auf den Ventilteller ein Drosselkegel gesetzt, der in die Dampfdurchtrittsöffnung hineinragt und eine feine Regelung des Dampfdruckes ermöglicht.

Alle Dampfleitungen, ebenfalls die Heißwasser führenden Leitungen, sind mit Glasgespinst gegen Wärmeverlust umhüllt und durch Drahtgazeüberzüge gegen Beschädigung geschützt.

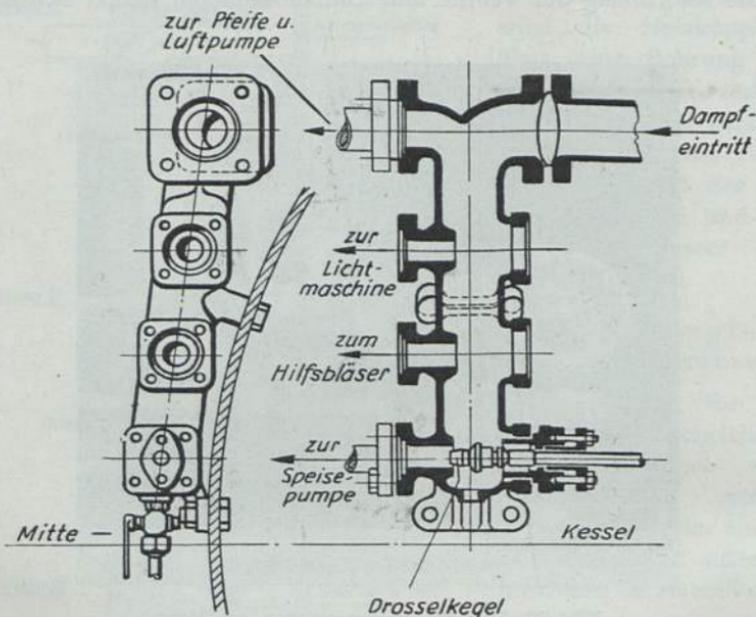


Bild 91. Vorderer Dampfentnahmestutzen der Lokomotiven Bauartreihe 01

18. Der Speiswasserreiniger

Alle neueren Kessel sind mit Speiswasserreinigern, auch Schlammabscheider genannt, ausgerüstet; diese haben den Zweck, das Wasser gleich nach dem Eintritt in den Kessel von der vorübergehenden Härte zu befreien, damit die anfallenden Schlammengen möglichst an Stellen gesammelt werden, an denen sie leicht zu entfernen sind.

Da die in Frage kommenden Härtebildner (vgl. S. 25) bei Temperaturen bis etwa 150° ausgeschieden werden, muß das Speiswasser

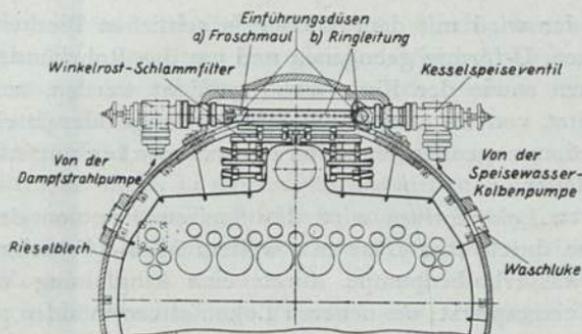


Bild 92. Speiswasserreiniger mit Winkelrost

zuerst so hoch erwärmt werden; man spritzt es daher fein zerteilt auf ein Winkelrost-Schlammfilter, das im Speisedom oder, Winkelrost-Schlammfilter bei beschränkten Raumverhältnissen, unter diesem eingesetzt ist

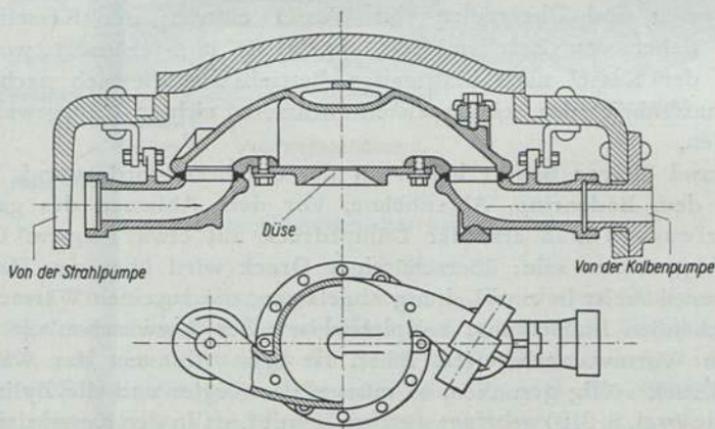


Bild 93. Topfförmiger Speiswasserverteiler

(Bild 92). Es besteht aus nach oben offenen, kreuzweise verschweißten Winkeleisen und kann zur Reinigung leicht herausgenommen werden. Das Wasser scheidet beim Durchfließen des Winkelrostes die Bildner der vorübergehenden Härte als Schlamm aus; dieser setzt sich z. T. schon

hier fest oder wird mit dem Wasser in seitlichen Blechtaschen, die aus einzelnen, U-förmig gebogenen und um das Rohrbündel gelegten Rieselblechen sowie der Kesselwand gebildet werden, zum Kesselbauch geleitet, von wo er zum Stehkessel gelangt oder in einen unter dem Speisedom angeordneten Schlamm-sammler mit Abschlammschieber gleitet.

Schlamm-sammler

Topf-förmiger Verteiler

Bei älteren Lokomotiven wird das Speisewasser von der Dampfstrahlpumpe durch eine Düse mit weitem Maul (Froschmaul), von der Speisewasserkolbenpumpe durch eine Ringleitung mit feinen Bohrungen eingespritzt; bei neueren Lokomotiven münden neuerdings die beiden Speiseleitungen in einen topfförmigen Verteiler (Bild 93), durch dessen untere Öffnung (Düse) das Wasser ebenfalls fein zerstäubt austritt (vgl. auch Tafel 3, 46).

19. Das Kesselablaßventil und der Abschlammschieber

Das Kesselwasser reichert sich allmählich, auch bei Kesseln mit Schlammabscheider, mit Schlamm und Salzen an, wodurch Schäumen und Überreißen von Wasser eintritt; der Kesselinhalt muß daher von Zeit zu Zeit abgelassen und erneuert werden, auch der Kessel nach bestimmter Betriebszeit, die sich nach der Beschaffenheit des eingespeisten Wassers richtet, ausgewaschen werden.

Kessel älterer Bauart haben an der Stehkesselvorderwand, dicht über dem Bodenring, Ablaßhähne. Vor dem Ablassen des ganzen Kesselwassers muß erst der Dampfdruck auf etwa 1 kg/cm^2 Überdruck gesunken sein; überschüssiger Druck wird über das Dampfheizventil meist in eine Leitung abgelassen, die zu einer Wärmeverbrauchenden Einrichtung, beispielsweise einer Auswaschanlage oder einem Warmwasserbereiter, führt. Ist beim Ablassen des Wassers der Druck völlig gesunken, so müssen der Regler und die Zylinderventile (vgl. S. 212) geöffnet werden, damit Luft in den Kessel dringen kann.

Die Betriebsdauer von einem Auswaschtag zum anderen kann verlängert werden, wenn der Kessel in kürzeren Zwischenräumen entschlamm und entsalzt wird. Dazu ist aber eine Abschlammeinrichtung erforderlich, die auch bei häufiger Benutzung immer wieder dicht zu bekommen ist, auch wenn sich harter Kesselstein in der Absperr-einrichtung festsetzt.

Viele Lokomotiven sind daher mit dem Abschlammschieber der Bauart Strube ausgerüstet. Ein gleicher Schieber wird auch unter dem Schlammsammler angebaut. Beide Schieber sollen einmal am Tage für einige Sekunden geöffnet werden.

Abschlammschieber
Bauart
Strube

Der Schieber (Bild 94) arbeitet folgendermaßen:

Verschlussstücke sitzen in einem Führungsgehäuse und können mit diesem mittels einer Ventilspindel auf und ab bewegt werden. Um dichten Abschluß zu bekommen und etwa zwischen die Dichtflächen gelangten Kesselstein zu zermahlen, müssen die Verschlussstücke, nachdem sie in die Abschlußlage gebracht sind, fest gegen ihre Dicht-

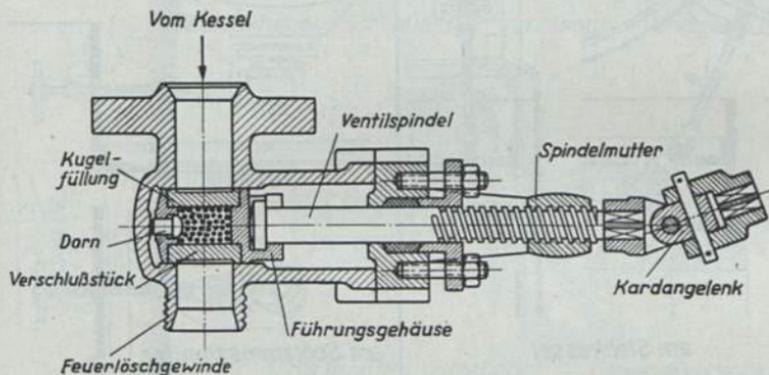


Bild 94. Abschlammschieber Bauart Strube

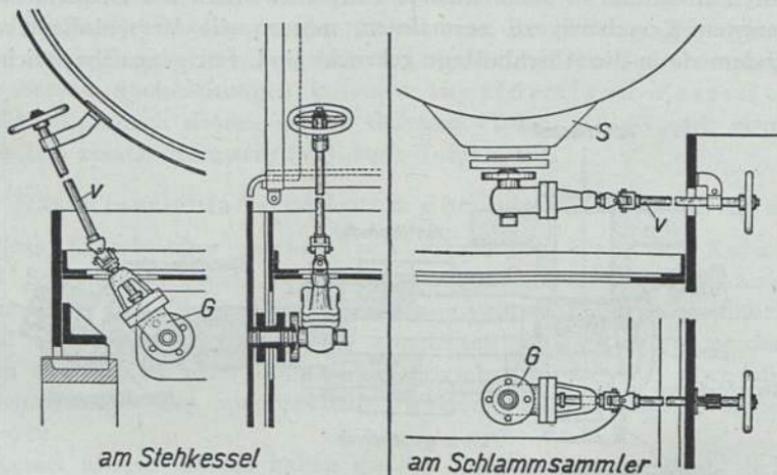
fläche im Schiebergehäuse gepreßt werden. Zu diesem Zwecke ist der Raum zwischen den Verschlussstücken mit kleinen Stahlkugeln angefüllt, und von unten ragt ein Dorn in die Kugelfüllung hinein. Wird durch weiteres Niederschrauben der Spindel das Führungsgehäuse mitsamt den Verschlussstücken abwärts bewegt, so preßt sich der Dorn in die Kugelfüllung, so daß der von der Spindel ausgeübte Druck in einen allseitig, also auch auf die beiden Verschlussstücke wirkenden Druck verändert wird.

Die Schieber werden von einem Handrad aus über ein allseitig bewegliches Gelenk (Kardangeln) bedient. Die übliche Anordnung an der Lokomotive zeigt Bild 95.

Über die Ablaßhähne oder -schieber werden die Kessel auch ge-

füllt; auf den ins Freie führenden Stutzen wird dazu mittels Knebelmutter ein Schlauch geschraubt.

Seit einigen Jahren werden, insbesondere bei Neubaulokomotiven, Schnellschlußventile eingebaut, die während der Fahrt vom Führerhaus aus bedient werden können; sie lassen sich schlagartig öffnen und schließen, so daß, abgesehen von der reinen Abschlammezeit, keine Verluste an Wärme entstehen. Die meistverwendete Bau-



S = Schlamm-sammler, V = Schieberspindel, G = Abschlammschieber

Bild 95. Anordnung der Abschlammschieber

Gestra- art ist die „Gestra“-Abschlammeinrichtung, die nach-
Abschlamm- stehend beschrieben wird.

Hauptmerkmal des „Gestra“-Abschlammeinrichtung
Schnell- mit Kniehebel („Schließkraftmulti-
schluß- plikator“), der die Kraft der Schließfeder in eine so große Schließ-
einrichtung kraft verwandelt, daß auch die härtesten Kesselsteinteilchen zwischen
den Dichtungsflächen des Ventils zermalmt werden.

Das Ventilgehäuse wird mit dem Kessel durch einen Rohrkrümmer verbunden. Der Ventilsitz besteht ebenso wie der Ventilkegel aus einem rost- und laugenbeständigen legierten Stahl von sehr hoher Festigkeit und außerordentlich großer Härte. Im sogenannten

Kopfstück sitzt eine Feder, die die Schließkraft erzeugt. Die Federkraft von 300 kg wirkt nicht unmittelbar auf die Ventilspindel, sondern über den Federkolben auf einen, die Ventilspindel umfassenden Kniehebel; dieser stützt sich einerseits auf einem Rollenpaar am Kopfstück ab und ist anderseits mit Bolzen an der Druckmuffe gelagert. Durch die Kniehebelwirkung entsteht eine in Richtung der Spindelachse wirkende Schließkraft von etwa 2000 kg, die von der Druckmuffe über eine Spindelbuchse auf die auf dem Spindelkopf sitzende Spindelmutter übertragen wird. Kniehebelwirkung

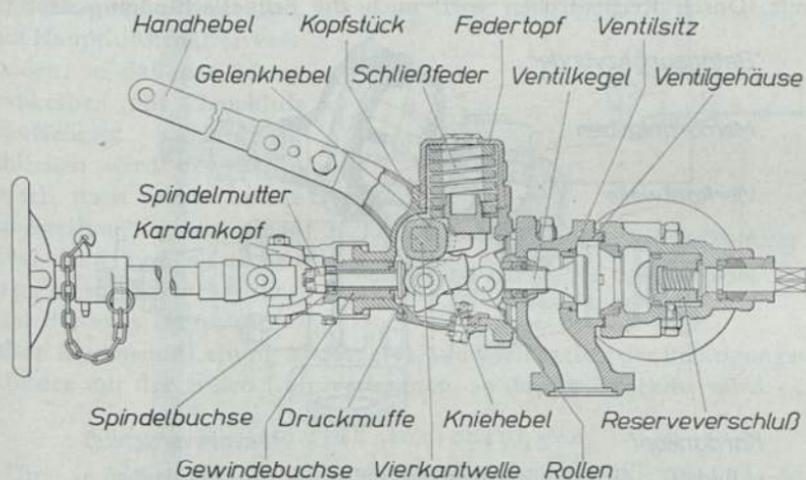


Bild 96. „Gestra“-Lokomotiv-Abschlammeinrichtung

Bild 96 zeigt eine Ausführung, bei der das Ventil mit Handhebel geöffnet wird; die Kraft wird über Gelenkhebel und Druckmuffe auf die Ventilspindel übertragen. Der Gelenkhebel ist mit der Druckmuffe durch Bolzen verbunden und trägt einen Auslösebaumen, der beim Öffnen des Ventils die Schließfeder anlüftet, so daß sie keinen Druck auf den Kniehebel ausüben kann.

Bei den Reichsbahnlokomotiven werden die „Gestra“-Ventile vom Führerhaus aus mit Druckluft betätigt; statt des Handhebels ist auf die Vierkantwelle ein Hebel gesetzt, auf den ein mit Druckluft beaufschlagter Membrankolben wirkt. Die Druckluft wird mit einem Dreiwegventil gesteuert (Bild 97).

Nieder-
schraub-
einrichtung

Um die Schnellschlußeinrichtung außer Tätigkeit setzen und das Ventil zum Ablassen oder Füllen des Kessels öffnen zu können, ist noch eine Niederschraubeinrichtung vorhanden. Sie besteht aus einem Kardankopf und einer mit ihm fest verbundenen Gewindebuchse. Auch hiermit kann eine große Schließkraft erreicht werden. Durch Rechtsdrehen wird das Ventil geschlossen, indem die Gewindebuchse nach Überwindung eines toten Hubes an der Spindelmutter angreift, durch Linksdrehen geöffnet, indem die Gewindebuchse an der Druckmuffe angreift. Durch Rechtsdrehen wird auch die Schnellschlußeinrichtung

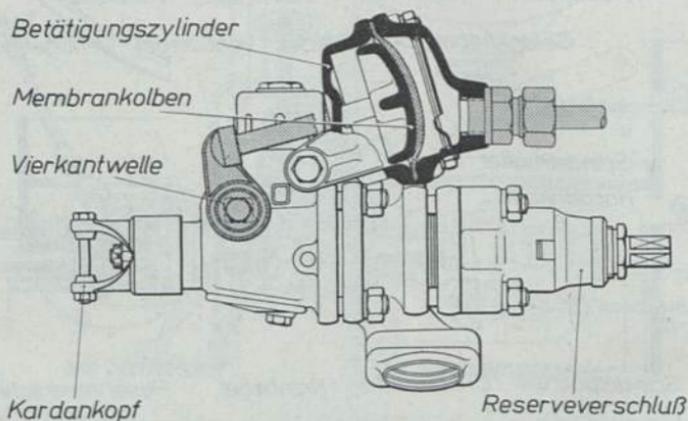


Bild 97. „Gestra“-Betätigungszyylinder mit Membrankolben

außer Wirkung gesetzt. Es hat dies zu geschehen, wenn z. B. unter der Lokomotive gearbeitet werden soll, damit nicht unbefugterweise das Ventil geöffnet wird und die Arbeitenden gefährdet werden.

Reserve-
verschluß

Um Sicherheit auch für den Fall zu haben, daß ein Fremdkörper das Schließen des Abschlammentils verhindert, wird in den Rohrkrümmer ein Reserveverschluß eingebaut, der mittels Handrad betätigt werden kann.

Um die Ausströmenergie zu vernichten und das Geräusch zu dämpfen, wird das Schlammwasser am Ende der Schlammabflußleitung durch eine Ringdüse schirmartig gegen die Wandung eines zylindrischen Pralltopfes geschleudert (Bild 98); es tritt aus diesem

fein zerstäubt und ohne Druck aus, so daß die Bettung nicht zerstört und die Lokomotive nicht verschmutzt wird.

Der Schlamm muß abgelassen werden, bevor er erhärtet; deshalb soll das Abschlammventil etwa alle Stunde 2—3 Sekunden lang geöffnet werden. Längeres Offenhalten ist zwecklos und bringt nur Wärmeverluste. Zum Öffnen wird der Hebel des Steuer-ventils rasch ganz nach links gelegt; hierdurch wird der Betätigungszyylinder mit dem Hauptluftbehälter verbunden, so daß der Membrankolben mit Druckluft beaufschlagt wird. Zum Schließen wird der Hebel schnell nach rechts in die Ruhestellung gelegt und dabei kräftig nachgezogen; in dieser Stellung wird die vom Hauptluftbehälter kommende Leitung abgesperrt und gleichzeitig der Betätigungszyylinder mit der freien Luft verbunden, so daß er drucklos wird.

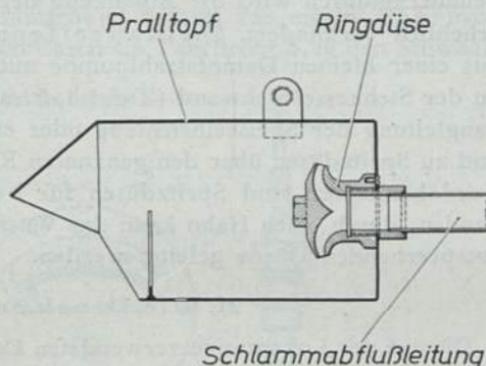


Bild 98. Pralltopf in der Schlammabflußleitung

20. Die Nässeinrichtungen

Um je nach Bedarf dem Rauchkammerspritzrohr, dem Aschkastenspritzrohr oder der Kohlenspritze im Führerhaus Wasser unter Druck zuführen zu können, befindet sich an der Stehkesselnrückwand ein Vierwegehahn (Tafel 4, 60), in dessen Hahnküken das Wasser von unten eintritt, und dessen einseitige Hahnbohrung mit einem Handgriff je auf eine zu den genannten Einrichtungen führende Leitung eingestellt werden kann. Das Wasser kommt von den Druckleitungen der Strahl- und der Kolbenpumpe; in jede dieser Leitungen ist kurz vor dem Vierwegehahn ein Rückschlagventil eingebaut (Tafel 4, 62).

Bei den Einheitslokomotiven wird für die Nässeinrichtung ein Dreifachventil eingebaut; es wird mit einem Dreivegehahn entweder mit der Druckleitung der Kolbenpumpe oder der der Strahlpumpe verbunden. In der Leitung zur Kohlenspritze sitzt bei den

neuesten Lokomotiven mit Tender ein weiterer Dreiwegehahn, mit dem man auch Druckwasser zu einer Nässeinrichtung auf dem Tender, der Tenderbrause, leiten kann.

Tender-
brause

Bei Lokomotiven, die auf kurvenreichen Strecken verkehren, werden auch die Radreifen der führenden Achsen während der Fahrt genäßt; dadurch wird die Abnutzung der Spurkränze der Radreifen erheblich vermindert. Die Radreifennässeinrichtung besteht aus einer kleinen Dampfstrahlpumpe mit besonderem Absperrventil an der Stehkesselrückwand (Tafel 4, 52 und 53), die Wasser aus der Saugleitung der Speiseeinrichtung oder einem Wasserkasten ansaugt und zu Spritzdüsen über den genannten Radreifen fördert. Bei Tenderlokomotiven sind Spritzdüsen für beide Fahrtrichtungen vorhanden; durch einen Hahn kann das Wasser in die der Fahrtrichtung entsprechenden Düsen geleitet werden.

Radreifen-
nässein-
richtung

21. Die Druckmesser

Die auf der Lokomotive verwendeten Dampf- und Luftdruckmesser (Manometer) sind meist Röhrenfederdruckmesser (Bild 99), die folgendermaßen arbeiten: Eine kleine, ringförmig gebogene Metallröhre wird an dem einen Ende festgehalten und hier an die Druck-

Röhren-
feder-
druck-
messer

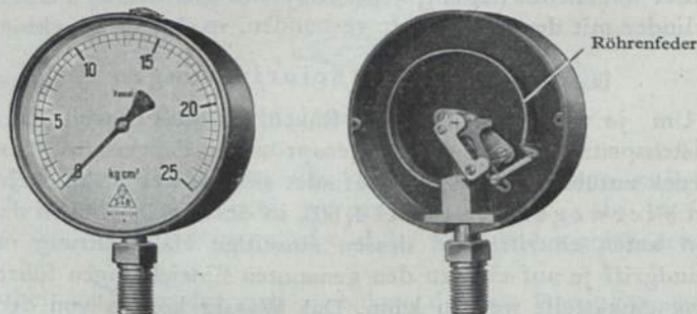


Bild 99. Röhrenfederdruckmesser

leitung angeschlossen; das andere, freie Ende ist verschlossen. Unter der Wirkung des Druckes versucht sich die Röhre zu strecken und biegt sich infolgedessen etwas auf, und zwar je nach der Höhe des Druckes mehr oder weniger. Die Röhre arbeitet also wie eine Feder und wird daher auch Röhrenfeder genannt. Das freie, sich

aufbiegende Ende wird über ein Hebelwerk mit einem Zeiger verbunden; das Zifferblatt erhält eine Einteilung in kg/cm^2 , und zwar wird der Überdruck angezeigt.

22. Das Heißdampferthermometer

Die Heißdampftemperaturen werden mit dem elektrischen Fernthermometer (Bild 100) gemessen; es besteht aus einem Thermoelement 1—2, das, geschützt durch ein Tauchrohr 3, in den Schieber-

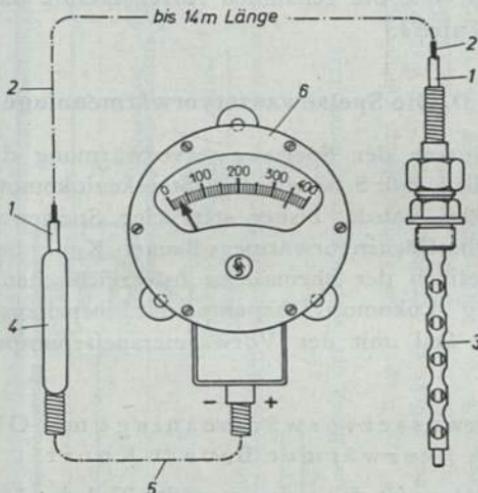


Bild 100. Heißdampferthermometer

kasten eintaucht, und einem als Anzeigergerät 6 dienenden Spannungsmesser. Das Thermoelement besteht aus einem Kupferrohr 1 und einem darin isoliert liegenden Konstantandraht 2. Draht und Rohr sind an einem Ende miteinander zur „warmen Lötstelle“ verlötet, am anderen Ende in einer Hülse 4 mit dem zum Anzeigergerät führenden Kabel 5 verbunden.

Die Wirkungsweise ist folgende: Erhitzt man die Verbindungsstelle zweier miteinander verlöteter Teile aus verschiedenen Metallen (hier Draht und Rohr), so entsteht eine elektrische Spannung, die man mit einem Spannungsmesser messen kann. Da die Größe der Spannung von dem Temperaturunterschied zwischen der „warmen Löt-

stelle“ und den Anschlußenden des Kabels 5 im Spannungsmesser („kalte Lötstelle“) abhängt, kann das Zifferblatt unmittelbar nach Temperaturgraden geeicht werden.

Das Fernthermometer sowie die verschiedenen Druckmesser, die der Lokomotivführer während der Fahrt beobachten muß, sind auf einem besonderen Halter auf der Führerseite vereinigt. Andere Druckmesser, die auch vom Heizer ständig überwacht werden müssen, sind einzeln gesetzt, z. B. der Kesseldruckmesser oder der Druckmesser vom Heizventil. Wie die genannten Anzeigergeräte meist angeordnet werden, zeigt Tafel 4.

D. Die Speisewasservorwärmanlage

Über den Nutzen der Speisewasservorwärmung durch Abdampf siehe Vierter Teil, B 6, S. 57. Bei den Streckenlokomotiven der Deutschen Reichsbahn wurde bisher stets eine Speisewasservorwärmanlage mit Oberflächenvorwärmer Bauart Knorr eingebaut. Die Streckenlokomotiven der ehemaligen österreichischen Bundesbahnen sind mit „Dabeg“-Lokomotivfahrpumpe mit Einspritzvorwärmer oder, zum kleineren Teil, mit der Vorwärmerspeisepumpe Patent Heintl ausgerüstet.

1. Die Speisewasservorwärmanlage mit Oberflächenvorwärmer Bauart Knorr

Mit dieser Anlage ist der weitaus größte Teil der Lokomotiven der Deutschen Reichsbahn ausgerüstet. Zur Einrichtung gehören: eine Kesselspeise- (Speisewasserkolben-) Pumpe mit Antriebsdampfmaschine, der Vorwärmer und die Wasser- und Dampfleitungen. Die grundsätzliche Anordnung auf der Lokomotive zeigt Bild 101.

a) Der Oberflächenvorwärmer Bauart Knorr

Der Oberflächenvorwärmer ist ein von außen durch den Abdampf beheiztes Rohrbündel (Bild 102), das aus nahtlos gewalzten Messingrohren mit 19 mm Innendurchmesser und 1,5 mm Wanddicke besteht, die in eiserne Rohrwände eingewalzt sind. Die beheizte Rohroberfläche beträgt beim Vorwärmer der früheren Regelbauart 13,4 m². Das Rohrbündel wird in einen Mantel geschoben, in den der Abdampf geleitet wird; die vordere Rohrwand ist fest mit dem Flansch

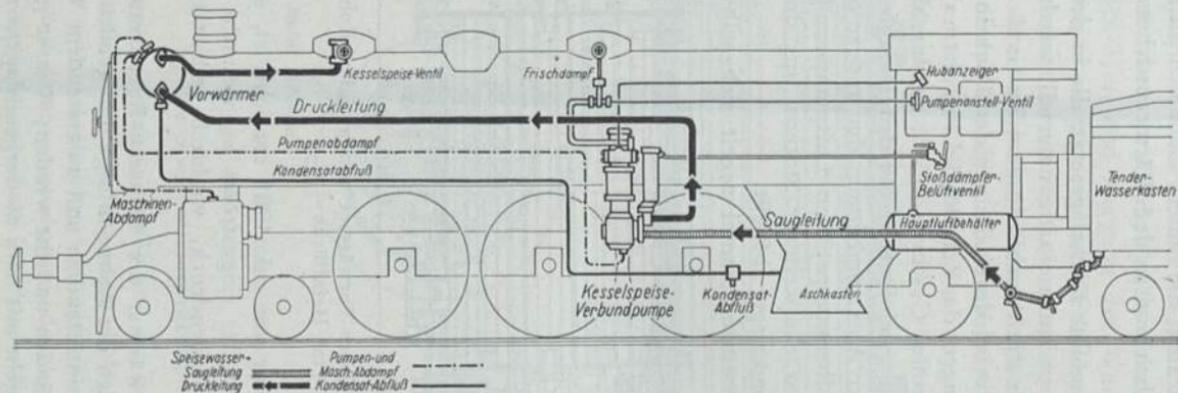


Bild 101. Anordnung der Speiswasservorwärmanlage

Die Kesselspeise-Verbundpumpe saugt das Wasser durch die Saugleitung aus dem Tender und drückt es durch die Druckleitung zum Vorwärmer und von hier über das Kesselspeiseventil in den Speisedom. Der Vorwärmer wird mit Abdampf aus der Lokomotivmaschine und den mit Dampf betriebenen Hilfseinrichtungen beheizt. Das Niederschlagwasser (Kondensat) fließt vom tiefsten Punkt des Vorwärmers ab; bei neueren Lokomotiven wird es zusammen mit etwa nicht niederge-

schlagenem Dampf einem sogenannten Kondensstropf zugeführt, in dem sich Wasser und Dampf trennen. Der Dampf strömt in den Aschkasten und kühlt hier die Roststäbe, das Wasser fließt auf die Strecke.

Die Antriebsmaschine zur Speisepumpe erhält gesättigten Frischdampf über den Dampfentnahmestutzen oder ein besonderes Ventil am Reglerdom; die Dampfzufuhr wird mit dem Anstellventil vom Führerhaus aus geregelt.

des Vorwärmermantels verschraubt, die hintere kann sich im Mantel in der Längsrichtung verschieben und so der Wärmeausdehnung der Rohre folgen.

Auf die Rohrwände sind gewölbte Deckel gesetzt, die in der Wölbung durch querlaufende Rippen kammerartig unterteilt werden; am vorderen Deckel befinden sich die Anschlüsse zum Zu- und Ablauf des Speisewassers. Das Wasser wird durch die von den Deckeln gebildeten Umkehrkammern gezwungen, das Rohrbündel in achtmaligem Hin- und Hergang mit großer Geschwindigkeit zu durchlaufen.

Oben auf dem Mantel sitzen zwei Stutzen für den Dampfeintritt, einer für den Abdampf aus der Ausströmleitung, der andere für den Abdampf der Speisewasserkolbenpumpe, der Luftpumpe und der Lichtmaschine. Am Boden sitzt ein weiterer Stutzen, aus dem das niedergeschlagene Wasser (Kondensat) abfließt.

Die Abdampfmenge im Vorwärmermantel regelt sich selbsttätig:

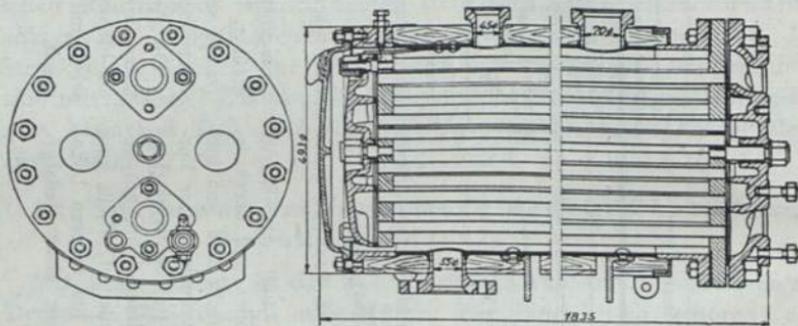


Bild 102. Schnitt durch den Knorr-Vorwärmer mit geraden Rohren und $13,4 \text{ m}^2$ Heizfläche

sobald eine Vorwärmtemperatur von rd. 100° erreicht ist, schlägt nicht mehr aller Dampf nieder, der eingeströmt ist, vielmehr bildet sich im Abdampfmantel ein Gegendruck, wodurch selbsttätig die Abdampfmenge zurückgeht.

Der eben beschriebene Vorwärmer der früheren Regelbauart hat insofern Mängel gezeigt, als sich die Rohre infolge der großen Temperaturunterschiede zwischen eintretendem und austretendem Wasser ungleich längen und in den Wänden undicht werden; Wasser gelangt dann in den Dampfraum und geht mit dem niedergeschlagenen Was-

ser verloren. Die Vorwärmer werden deshalb jetzt mit geteilten Rohrwänden und -deckeln gebaut (Bild 103), die nur einen vierfachen Hin- und Hergang des Wassers haben. Die Heizflächen dieser Bauart betragen $8,4 \text{ m}^2$ für Lokomotiven bis 130 m^2 Kesselheizfläche und $10,45 \text{ m}^2$ für Lokomotiven von $130\text{--}250 \text{ m}^2$ Kesselheizfläche; sie erhalten einen dritten Stutzen auf dem Mantel, durch den der Abdampf aus der Lichtmaschine zugeführt wird.

Vorwärmer mit geteilten Rohrwänden

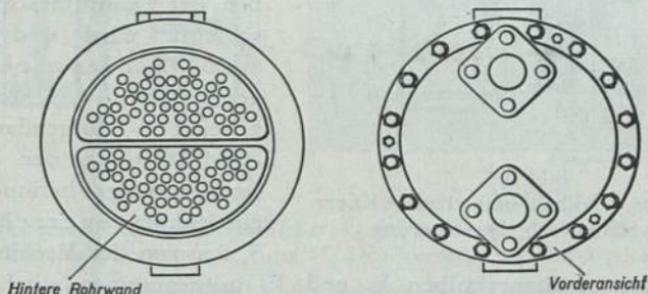
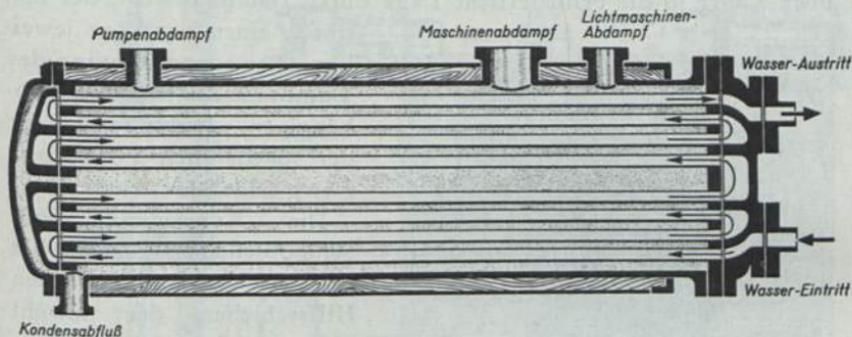


Bild 103. Vorwärmer mit geteilten Rohrwänden

b) Die Speisewasserkolbenpumpe Bauart Knorr

Die Speisewasserkolbenpumpe (Bild 104) wird durch eine besondere Dampfmaschine angetrieben. Pumpe und Dampfmaschine sind zu einem Bauteil derart vereinigt, daß die Kolben beider Maschinen auf einer gemeinsamen, durchgehenden Kolbenstange sitzen. Es sind drei Bauarten im Gebrauch: eine (ältere) Bauart Knorr mit

Schleppschiebersteuerung und einzylindriger Dampfmaschine, und die beiden Bauarten mit Verbund-Dampfmaschine Nielebock-Knorr und Knorr-Tolkien.

Die Dampfmaschine ist schwungradlos und arbeitet mit Vollfüllung. Der Dampf wird auf die Zylinderräume durch einen Hauptschieber in besonderer Steuerkammer verteilt. Der Hauptschieber selbst wird bei den Bauarten mit Schleppschiebersteuerung und Nielebock-Knorr in die erforderliche Lage durch Dampf bewegt, der ihm durch einen von der jeweiligen Bewegungsrichtung des Dampfmaschinenkolbens abhängigen Hilfschieber der sogenannten Vorsteuerung zugeführt wird.

Hauptschieber
Hilfschieber Vorsteuerung
Bauart Knorr mit Schleppschiebersteuerung

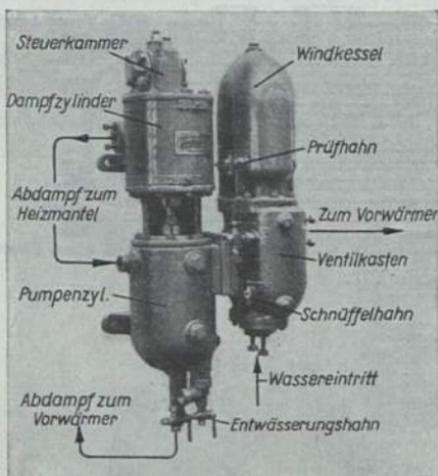


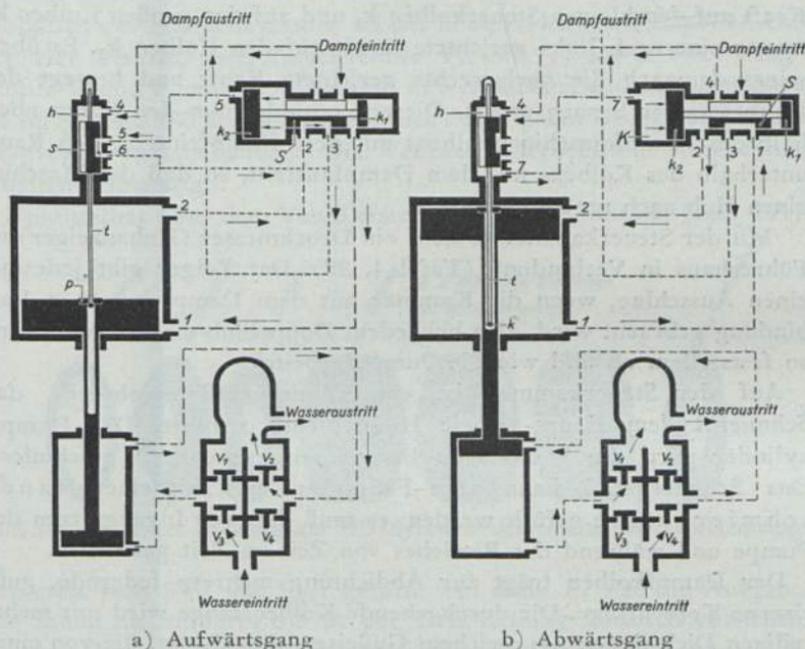
Bild 104.

Speisewasserkolbenpumpe Bauart Knorr mit Schleppschiebersteuerung

Die Knorrpumpe mit Schleppschiebersteuerung hat in der Vorsteuerung einen Hilfschieber, der sowohl auf- wie abwärts vom Kolben der Dampfmaschine geschleppt wird und daher auch Schleppschieber genannt wird. Die Steuerung arbeitet folgendermaßen (Bild 105): In der Hauptsteuerkammer befindet sich ein Hauptsteuerschieber S, der von der Verbindungsstange zweier Steuerkolben k_1 und k_2 mitgenommen wird. Wenn Dampf in die Hauptsteuerkammer gelassen wird (Dampfeintritt), wirkt ein Druck gleicher Höhe auf die Flächen beider Steuerkolben; da aber der Kolben k_2 einen größeren Durchmesser hat, überwiegt die auf ihm lastende Kraft und bewegt den Hauptschieber nach links (Bild 105 a). Dieser öffnet den Kanal 1, durch den Frischdampf unter den Kolben der Pumpendampfmaschine gelangt und ihn aufwärts treibt. Gleichzeitig verbindet der Schieber den Raum oberhalb des Dampfkolbens über die Bohrungen 2 und 3 mit dem Vorwärmer (Dampfaustritt), so daß der Raum drucklos wird.

Die Knorrpumpe mit Schleppschiebersteuerung hat in der Vorsteuerung einen Hilfschieber, der sowohl auf- wie abwärts vom Kolben der Dampfmaschine geschleppt wird und daher auch Schleppschieber genannt wird. Die Steuerung arbeitet folgendermaßen (Bild 105): In der Hauptsteuerkammer befindet sich ein Hauptsteuerschieber S, der von der Verbindungsstange zweier Steuerkolben k_1 und k_2 mitgenommen wird. Wenn Dampf in die Hauptsteuerkammer gelassen wird (Dampfeintritt), wirkt ein Druck gleicher Höhe auf die Flächen beider Steuerkolben; da aber der Kolben k_2 einen größeren Durchmesser hat, überwiegt die auf ihm lastende Kraft und bewegt den Hauptschieber nach links (Bild 105 a). Dieser öffnet den Kanal 1, durch den Frischdampf unter den Kolben der Pumpendampfmaschine gelangt und ihn aufwärts treibt. Gleichzeitig verbindet der Schieber den Raum oberhalb des Dampfkolbens über die Bohrungen 2 und 3 mit dem Vorwärmer (Dampfaustritt), so daß der Raum drucklos wird.

Frischdampf (Steuerdampf) gelangt auch durch den Kanal 4 in die Hilfsschieberkammer *h*, in der sich der Hilfsschieber *s* befindet. Dieser sitzt auf der Stoßstange *t*, die am unteren Ende mit einem Knopf *k* versehen ist. Beim Abwärtsgang des Dampfmaschinenkolbens wurde die in der hohlgebohrten Kolbenstange geführte Stoß-



S Hauptsteuerschieber, *s* Hilfsschieber, k_1 und k_2 Steuerkolben, *K* Steuerkammer, *h* Hilfsschieberkammer, V_1 und V_2 Druckventile, V_3 und V_4 Saugventile

Bild 105. Steuerungsschaltbild der Speisewasserkolbenpumpe Bauart Knorr mit Schleppschiebersteuerung

stange *t* von einer Platte *p*, die an dem Knopf angreift, nach unten mitgenommen. Dadurch wurde der Raum *K* links vom Steuerkolben k_2 über die Kanäle 5, 6 und 3 mit dem Dampfaustritt verbunden, also drucklos gemacht. Der Raum rechts vom Kolben k_1 steht über eine Bohrung ständig mit dem Dampfaustritt in Verbindung.

Beim Aufwärtsgang des Dampfmaschinenkolbens stößt kurz vor

Hubende die Kolbenstange auf den Knopf der Stoßstange und bewegt den Hilfsschieber s nach oben (Bild 105b). Dadurch wird die Verbindung der Kanäle 5 und 6 unterbrochen, dagegen der Kanal 7 freigegeben, durch den Dampf in die Kammer K gelangt. Nun wirken auf die Steuerkolben folgende Kräfte: Eine nach rechts gerichtete Kraft auf den kleinen Steuerkolben k_1 und auf den großen Kolben k_2 , ferner eine nach links gerichtete Kraft auf den Kolben k_2 . Es überwiegt demnach die nach rechts gerichtete Kraft und bewegt den Hauptschieber S nach rechts. Dieser verbindet nun den Raum oberhalb des Dampfmaschinenkolbens mit dem Dampftritt, den Raum unterhalb des Kolbens mit dem Dampfaustritt, so daß die Maschine einen Hub nach unten ausführt.

**Hub-
anzeiger** Mit der Steuerkammer K steht ein Druckmesser (Hubanzeiger) im Führerhaus in Verbindung (Tafel 4, 29). Der Zeiger gibt jedesmal einen Ausschlag, wenn die Kammer mit dem Dampftritt in Verbindung gebracht wird, also bei jedem Doppelhub einmal. Man kann so feststellen, ob und wie die Pumpe arbeitet.

Auf der Steuerkammer ist ein Schmiergefäß angebracht, das Schmieröl dem Haupt- sowie Hilfsschieber zuführt. Der Dampfzylinder wird durch das vom Dampf mitgerissene Öl geschmiert. Das Schmiergefäß kann vom Führerhaus aus mit einer Hand-schmierpumpe gefüllt werden; es muß dies vor Ingangsetzen der Pumpe und während des Betriebes von Zeit zu Zeit geschehen.

Der Dampfkolben trägt zur Abdichtung mehrere federnde, gußeiserne Kolbenringe. Die durchgehende Kolbenstange wird mit mehrteiligen Dichtringen aus weichem Gußeisen abgedichtet, die von einer Schlauchfeder gegen die Stange gepreßt werden (Deventer-Packung, Bild 106). Über die Wirkungsweise vgl. die Kolbenstangenstopfbuchsen der Lokomotivdampfmaschine auf S. 210.

Am Boden des Dampfzylinders sitzt ein selbsttätiges Entwässerungsventil, das von einer Feder geöffnet wird, wenn im Zylinder kein Druck herrscht, die Pumpe also abgestellt ist, und sich beim Ansetzen der Pumpe unter dem Dampfdruck wieder schließt.

**Wasser-
pumpe** Die Wasserpumpe ist doppelwirkend, das heißt, beim Aufwärts- wie beim Abwärtsgang wird Wasser gefördert. Der Kolben läuft in einer Büchse aus Rotguß (neuerdings nichtrostendem Stahl) und ist mit Dichtungsringen aus Hartgummi versehen; damit man diese gut aufbringen kann, ist der Kolben mehrteilig. Die Kolben-

stange ist wegen der Rostgefahr und der starken Beanspruchung auf Verschleiß aus rostfreiem Stahl. Um Einfrieren vorzubeugen, ist der Pumpenzylinder mit einem Hohlraum umgeben, durch den der Abdampf aus der Pumpendampfmaschine geht, bevor er in den Vorwärmer strömt.

Seitlich am Pumpenzylinder ist der Ventilkasten angeflanscht, der vier Ventile, zwei Druckventile V_1 und V_2 sowie zwei Saugventile V_3 und V_4 enthält; diese sind in Wirklichkeit anders angeordnet, als im Schema 105 angegeben, nämlich zu je einem Druck- und einem Saugventil nebeneinander. Die Ventile, federbelastete Ringventile, arbeiten selbsttätig.

Unmittelbar über dem Ventilkasten sitzt ein Windkessel (Bild 104), Windkessel

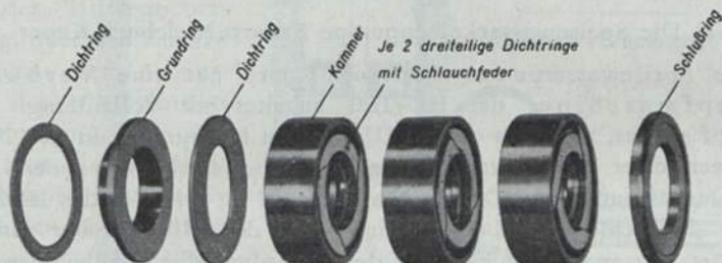


Bild 106. Deventer-Packung am ND-Zylinder der Speisewasserkolbenpumpe

der stets zum Teil mit Luft gefüllt sein muß. Er hat die Aufgabe, die Stöße zu mildern, die in der Druckleitung dadurch entstehen, daß bei Hubende der Kolben plötzlich aufhört zu fördern, nach Hubwechsel aber gleich wieder damit beginnt. Der Windkessel arbeitet folgendermaßen:

Drückt die Pumpe das Wasser zu Vorwärmer und Kessel, so wird die Luft im Windkessel zusammengedrückt; unterbricht bei Hubwechsel der Kolben die Förderung, dann dehnt sich die zusammengepreßte Luft aus, fördert das Wasser weiter, so daß der Druck in der Speiseleitung nicht so stark absinkt.

Das unter Druck stehende Wasser nimmt begierig Luft in sich auf; ist nicht mehr genügend Luft im Windkessel vorhanden, so fängt die Pumpe an, hart zu gehen. An einem Prüfhahn am Windkessel kann man erkennen, ob noch genügend Luft vorhanden ist; öffnet man ihn, so muß abwechselnd Luft und Wasser Prüfhahn am Windkessel

Schnüffel- hahn austreten. Tritt nur Wasser aus, so muß die Luft ergänzt werden, indem man den Schnüffelhahn am Saugraum des Ventilkastens öffnet, durch den Luft eingesaugt und in den Windkessel gefördert wird.

Ent- wässerung Unter dem Hohlraum der Wasserpumpe sowie dem Saugraum befinden sich Entwässerhähne; sie sind zu öffnen, wenn bei Frost die Lokomotive kalt abgestellt wird, damit die Pumpenhohlräume nicht durch sich im Inneren bildendes Eis gesprengt werden.

Förder- leistung und Dampf- verbrauch Die Förderleistung der Knorrpumpe mit Schlepsschiebersteuerung beträgt 250 l/min bei 40 Doppelhüben; sie kann durch Drosseln des Anstellventiles herabgesetzt werden. Der Dampfverbrauch der Pumpe beträgt bei mittlerer Leistung etwa 1,8 kg für 100 l Wasser.

c) Die Speisewasserkolbenpumpe Bauart Nielebock-Knorr

Die Speisewasserpumpe Nielebock-Knorr hat eine Verbund-Dampfmaschine; der HD-Teil arbeitet mit Vollfüllung. Der Dampf strömt, nachdem er den HD-Kolben bewegt hat, in den NDZ und verrichtet hier weiter Arbeit, sich dabei stark entspannend, da der Dampfraum des NDZ dreimal so groß ist wie der des HDZ.

Bei der Schlepsschiebersteuerung wird der Hilfsschieber sowohl aufwärts wie auch abwärts durch den Dampfmaschinenkolben bewegt; bei der Steuerung Nielebock-Knorr (Bild 107) wird der Hilfsschieber dagegen nur aufwärts durch den Dampfmaschinenkolben, abwärts durch Dampf aus dem Arbeitsraum eines der Pumpendampfzylinder bewegt.

Der Hauptsteuerschieber S (Bild 108) ist ein hohler Kolbenschieber, der auf seinem dünneren Teil zwei durch Kolbenringe abgedichtete Ringräume r_1 und r_2 enthält und an seinem dickeren Ende, dem Schieberkopf, durch eine Stirnwand geschlossen ist. Der Schieberkopf ist auf seinem Umfange mit Bohrungen versehen.

Der Kolbenschieber verbindet je nach seiner Stellung einen der zum HDZ führenden Kanäle 1 oder 2 mit dem Frischdampftritt und jeweils den anderen über die Kanäle 3 oder 4 und einen der Ringräume mit einem der Arbeitsräume des NDZ, ferner einen der Arbeitsräume des NDZ mit dem Dampfaustritt 5, der über den Vorwärmer ins Freie führt.

Der Schieberkopf bewegt sich in einer Schieberkammer K, die entweder vom Hilfsschieber s über die Kanäle 9, 6 und 7 mit dem

HDZ verbunden wird (Bild 108a), so daß sie unter Frischdampfdruck steht, oder über die Kanäle 9 und 10 mit dem Dampfaustritt, so daß sie drucklos wird.

Der Hilfsschieber hat zwei Kolben; die Kolbenstange ragt in den oberen Arbeitsraum des NDZ (N_0) hinein. Der Raum über dem oberen Hilfsschieberkolben steht über die Kanäle 6 und 7 ständig, der unter dem unteren Kolben stehende Raum zeitweilig, je nach der Hilfsschieberstellung, über den Kanal 8 mit einem der Arbeitsräume des HD-Zylinders in Verbindung, so daß beide also bald Hochdruckdampf erhalten oder Dampf, der schon im HDZ Arbeit geleistet hat (Zwischendampf) und nach dem NDZ überströmt.

Hilfsschieber und Hauptschieber arbeiten folgendermaßen zusammen:

Der Hilfsschieber *s* wird vom ND-Kolben beim Aufwärtsgang kurz vor Hubende nach oben mitgenommen (Bild 108b); der untere Hilfsschieberkolben

legt den Kanal 8 frei, so daß Hochdruckdampf aus H_0 in die untere Hilfsschieberkammer treten kann. Es lastet dann also auf den Kolben von oben und unten derselbe Druck. Dem Gewicht des Hilfsschiebers wirkt der auf seiner Kolbenstange im Inneren des NDZ lastende Druck entgegen, so daß er in seiner Lage festgehalten wird. Die Steuerkammer *K* ist jetzt über die Kanäle 9 und 10 entlüftet; auf den Hauptschieber

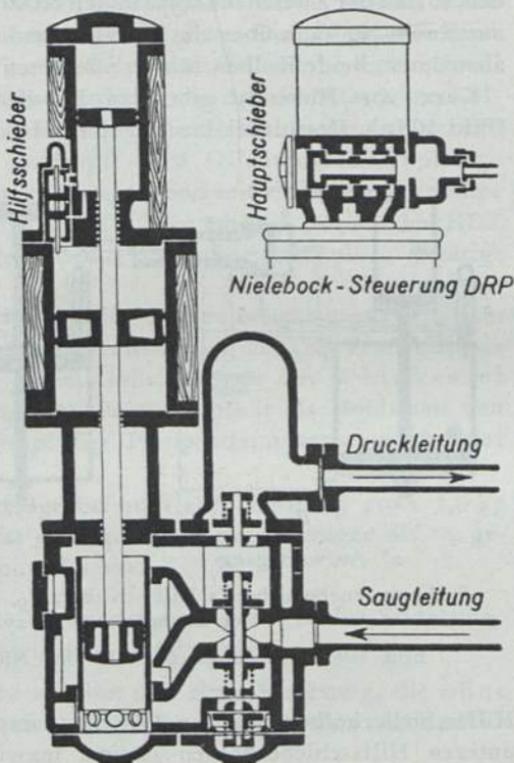
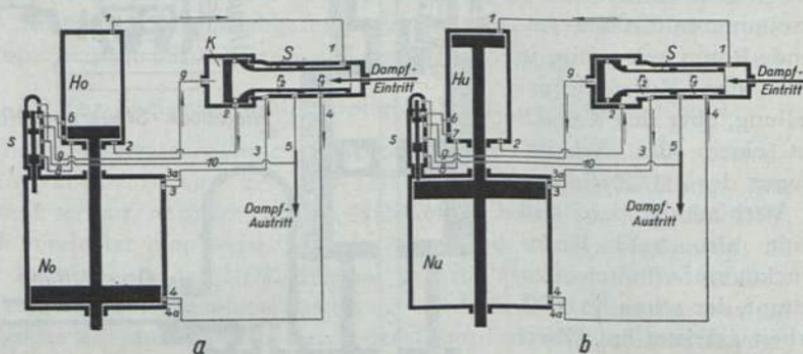


Bild 107. Schnitt durch die Verbundspeisepumpe Bauart Nielebock-Knorr

wirkt also der Frischdampfdruck nur von innen auf die Schieberkopf-
fläche und die rechte Stirnfläche und bewegt ihn nach links. Dadurch
kann Hochdruckdampf durch den Kanal 1 in den Arbeitsraum H_o strömen,
und H_u wird vom Schieber S über die Kanäle 2 und 3 mit N_o verbun-
den, so daß der Zwischendampf in den NDZ übertreten kann. Der Dampf
aus Raum N_u kann über die Kanäle 4 und 5 durch den Dampfaustritt
abströmen. Beide Kolben führen nun einen Arbeitshub nach unten aus.

Kurz vor Hubende gibt der HD-Kolben die Bohrung 6 frei
(Bild 108 a); Hochdruckdampf gelangt in den Raum über dem oberen



a) Aufwärtsgang

b) Abwärtsgang

S Hauptsteuerschieber, s Hilfschieber, H_o , H_u , N_o , N_u Arbeitsräume
der Dampfmaschinenzylinder

Bild 108. Steuerungsschaltbild der Nielebock-Knorr-Pumpe

Hilfsschieberkolben. Da der Zwischendampf, der von unten auf dem
unteren Hilfsschieberkolben lastete, inzwischen entspannt ist, geht
der Hilfsschieber in seine untere Stellung und gibt den Kanal 9 frei,
durch den Dampf aus H_o in die Steuerkammer K strömt; hier wird
nun die von links auf die ganze Stirnfläche des Schieberkopfes wir-
kende Kraft größer als die von rechts wirkende und bewegt den
Schieber nach rechts.

Frishdampf gelangt jetzt durch die Bohrungen im Schieberkopf
und den Kanal 2 nach H_u ; H_o und N_u werden über die Kanäle 1 und 4
miteinander, N_o über die Kanäle 3 und 5 mit der Dampfausströmung
verbunden, so daß die Maschine einen Arbeitshub nach oben ausführt.

Kurz nach Hubbeginn geht beim Aufwärtsgang Hochdruckdampf durch die Bohrung 7 in den Raum über dem oberen Kolben des Hilfsschiebers und hält diesen in seiner unteren Lage fest.

Die Einmündung der Kanäle 3 und 4 in den NDZ verzweigt sich ^{Dämpfung} in zwei Bohrungen; die größeren Bohrungen 3 und 4 werden schon vor Hubende vom ND-Kolben abgeschlossen. Der Abdampf kann durch die verbleibenden kleineren Öffnungen 3a und 4a nicht schnell genug abströmen und wird etwas verdichtet, so daß die Massen von Kolben und Kolbenstange in den Endlagen elastisch aufgefangen werden und die Bewegungsumkehr gedämpft wird (Niederdruckdämpfung).

Die neueren Nielebock-Knorr-Pumpen sind mit einer Schmierpumpe ^{Schmierpumpe} Bauart De Limon ausgerüstet, die auf dem oberen Deckel des HDZ sitzt und vom aufwärts gehenden Dampfmaschinenkolben betätigt wird (vgl. S. 304).

Der Wasserteil der Nielebock-Knorr-Pumpe weicht etwas von dem ^{Wasserpumpe} der Bauart Knorr mit Schleppechiebersteuerung ab. Das Ventilgehäuse besteht mit der Pumpe aus einem Gußstück, nur der Windkessel ist aufgesetzt. Der Saugraum der Pumpe umfaßt als Hohlraum den Pumpenzylinder, der Abdampf der Pumpendampfmaschine beheizt hier das Ventilgehäuse.

Der Dampfverbrauch beträgt bei mittlerer Leistung etwa 1,3 kg ^{Dampfverbrauch} Dampf für 100 l Wasser, ist demnach um etwas weniger als $\frac{1}{3}$ geringer als bei der alten Knorr-Pumpe.

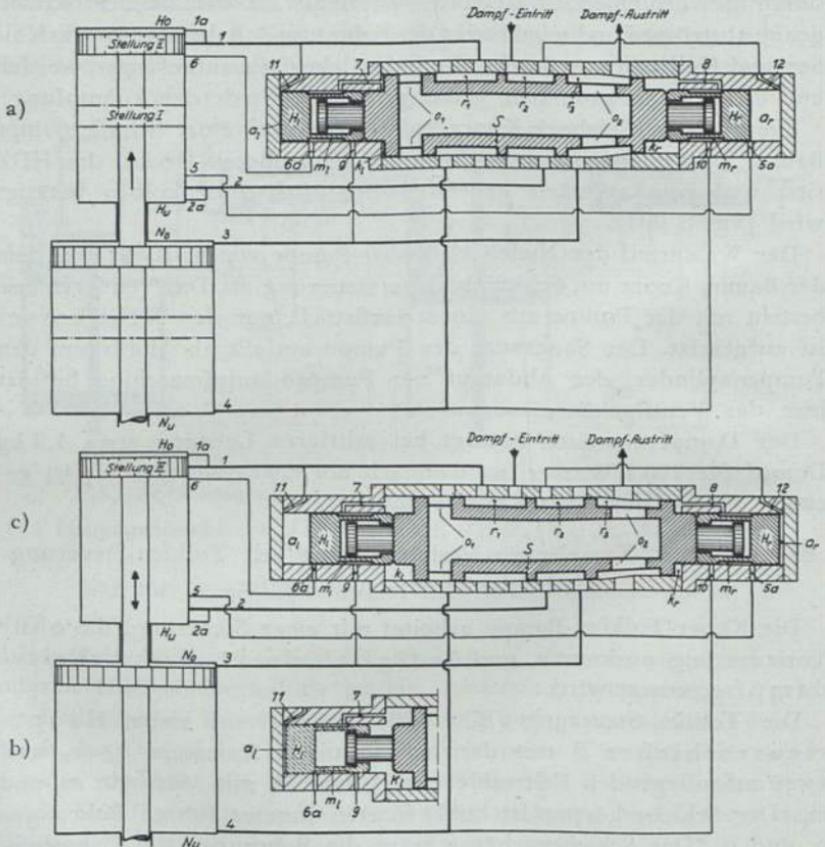
d) Die Knorr-Kesselspeise-Verbundpumpe mit Tolken-Steuerung und Schwimmer-Stoßdämpfer

Die Knorr-Tolken-Pumpe arbeitet mit einer Steuerung, die ohne Vorsteuerung auskommt und lediglich durch den Arbeitsdampf gesteuert wird.

Die Tolken-Steuerung (Bild 109) besteht aus einem Hauptsteuerschieber S mit drei ringförmigen Kammern r_1 — r_3 und zwei außenliegenden Hilfsschiebern H_1 und H_r mit Muscheln m_1 und m_r . Der Schieberkörper ist hohl; in sein Inneres führen Bohrungen o_1 und o_2 . Das Schiebergehäuse trägt die Bohrungen für Dampf- und -austritt und die zu den Arbeitsräumen der Zylinder führenden Kanäle, ferner die Bohrungen, die die Arbeitsräume mit den vier Steuerkammern verbinden. Es sind vorhanden zwei Hauptsteuerkammern k_1 und k_r in den Räumen zwischen Haupt- und Hilfsschieber

und zwei Hilfsschieberkammern a_l und a_r in den zylindrischen Räumen zwischen den Hilfsschiebern und den Steuerkammerdeckeln.

Beim Aufwärtsgang der Dampfmaschinenkolben (Bild 109 a, Stellung I) sind die Hauptsteuerkammern k_l und k_r und die linke Hilfssteuerkammer a_l mit Zwischendampf gefüllt, die rechte Hilfssteuerkammer a_r dagegen mit dem Frischdampf eintritt verbunden



a) Aufwärtsgang, b) und c) Abwärtsgang (c Hilfsschieber nachgerückt)

S Hauptsteuerschieber, H_l und H_r Hilfsschieber, k_l und k_r Hauptsteuerkammern, a_l und a_r Hilfsschieberkammern

Bild 109. Tolkien-Steuerung der Verbundpumpe

(k_1 über die Bohrungen und Kanäle 6, 6 a, m_1 und 7; k_r über 4, 10, m_r und 8; a_1 über 1 und 11; a_r über r_2 und 12); es überwiegt die von rechts wirkende Kraft und hält den Hauptschieber in seiner linken Endlage fest. Der Frischdampf strömt über r_2 und 2 in den unteren HD-Zylinderraum (H_u); der obere HD-Zylinderraum (H_o) und der untere ND-Zylinderraum (N_u) sind über r_1 miteinander, der obere ND-Zylinderraum (N_o) über r_3 mit dem Dampfaustritt verbunden.

Hat der Kolben die Stellung II erreicht, so gibt er die Bohrung 6 frei, so daß Hochdruckdampf über 6 a, m_1 und 7 in die Hauptsteuerkammer k_1 gelangt; dadurch überwiegt die nach rechts gerichtete Kraft, und der Hauptsteuerschieber wird nach rechts geschoben, der Hilfsschieber H_r mitgenommen. Der Hilfsschieber H_1 bleibt zunächst stehen (Bild 109 b); dabei wird zwar H_u vom Dampfeintritt abgeschnitten und über r_2 mit N_o verbunden, so daß die Kammer k_1 keinen Frischdampf mehr erhält, doch strömt dieser nun über r_1 und 11 in die linke Hilfssteuerkammer a_1 , während die rechte Hilfssteuerkammer a_r über 2, r_2 und 12 und die rechte Hauptsteuerkammer k_r über 5, 5 a, m_r und 8 nur Zwischendampf erhalten. Der Hilfsschieber H_1 rückt dem Hauptschieber nach, schiebt ihn ganz nach rechts und hält ihn in dieser Lage fest (Bild 109 c). Der Abdampf aus N_u entweicht über die Bohrungen o_1 und o_2 zum Dampfaustritt.

Das Spiel geht in der umgekehrten Richtung, sobald der HD-Kolben die Bohrung 5 überschliffen hat, wodurch in die rechte Hauptsteuerkammer k_r über 5, 5 a, m_r und 8 Frischdampf gelangt.

Die Hilfsschieber haben noch die Aufgabe, die Bewegung des Hauptsteuerkolbens zu dämpfen, das heißt, vor der Endlage elastisch aufzufangen. Das geschieht dadurch, daß die Kanäle 11 und 12, durch die der Dampf die Hilfssteuerkammern a_1 und a_r bei der Bewegung des Hauptschiebers verlassen muß, sehr klein bemessen sind, so daß der Dampf nur sehr langsam ausströmen kann, also etwas verdichtet wird und als Dampfpolster wirkt.

Ältere Nielebock-Knorr-Pumpen, bei denen nur der HD-Teil durch die Bauart Knorr-Tolkien ersetzt ist, behalten die Dämpfung der Arbeitskolben im Niederdruckteil (s. S. 181) bei; sie dürfen nicht mehr als 60 Doppelhübe/min machen und haben dabei je nach Größe eine Förderleistung von 125, 250 und 350 l/min. Neue Knorr-Tolkien-Pumpen erhalten Dämpfung im HDZ, die eine größere Hubzahl zuläßt. Diese Pumpen können mit fast 100 Doppelhüben/min

Förderleistung

betrieben werden und leisten entsprechend mehr: die Pumpe KT 3 125—200 l/min, die Pumpe KT 1 250—400 l/min.

Dampfverbrauch Der Dampfverbrauch beträgt 1,25 kg Dampf für 100 l eingespeistes Wasser bei 16 kg/cm² Kesseldruck und 60 Doppelhüben/min. Besondere Schmierpumpen werden bei der 125-l-Pumpe vom HDZ, bei der 250-l-Pumpe vom NDZ angetrieben.

Stoßdämpfer Der Wasserteil wurde ebenfalls geändert (Bild 110): Die Ventile liegen leicht zugänglich neben dem Wasserzylinder, rechts die Saugventile, links die Druckventile, auf den Ventilkörpern mit S und D gekennzeichnet. Der Wasserkolben ist einteilig und trägt sieben Kolbenringe aus nichtrostendem Stahl. Der Windkessel in der Druckleitung wird durch einen Stoßdämpfer ersetzt, der im übrigen auch an den älteren Speisewasserpumpen Nielebock-Knorr angebaut werden kann.

Die Druckwindkessel haben den Nachteil, daß die Luft umständlich zu ersetzen ist (s. S. 178). Diesen Übelstand vermeidet der Stoßdämpfer (Bild 111). Er besteht aus einem zylindrischen, mit Druckluft gefüllten Kessel, in dem ein Schwimmkolben mit geringem Spiel auf und ab gleitet. Der Schwimmkolben ist unten als Ventil ausgebildet, so daß er bei Stillstand der Pumpe den Stoßdämpfer gegen Pumpe und Druckleitung abschließen und so den Übertritt von Druckluft in die Speisewasserdruckleitung verhindern kann. Prallrippen am Mantel des Schwimmkolbens verhindern, daß Wasser in den Luftraum spritzt und die Luft in sich aufnimmt.

Die zum Betriebe notwendige Luft wird über einen Absperrhahn und ein Belüftungsventil dem Hauptluftbehälter für die Druckluftbremse entnommen. Das Belüftungsventil schließt selbsttätig, gibt also den Durchgang nur frei, wenn es betätigt wird. Unmittelbar vor dem Stoßdämpfer sitzt noch ein zweifaches Rückschlagventil, damit keine Luft aus dem Stoßdämpfer entweichen kann. Etwa in die Verbindungsleitung zwischen Stoßdämpfer und Belüftungsventil gedrungenes Wasser kann durch eine Entlüftungsbohrung entweichen, die geöffnet wird, wenn man das Belüftungsventil losläßt.

Vor Ingangsetzen der Pumpe ist erst die Speisewasserdruckleitung zwischen Vorwärmer und Pumpe mit der freien Luft zu verbinden; das geschieht durch Öffnen des Hahnes oder eines der Ventile der Nabeinrichtung (vgl. S. 167). Dadurch sinkt der Schwimmkolben nach unten und schließt den Luftraum des Stoßdämpfers ab.

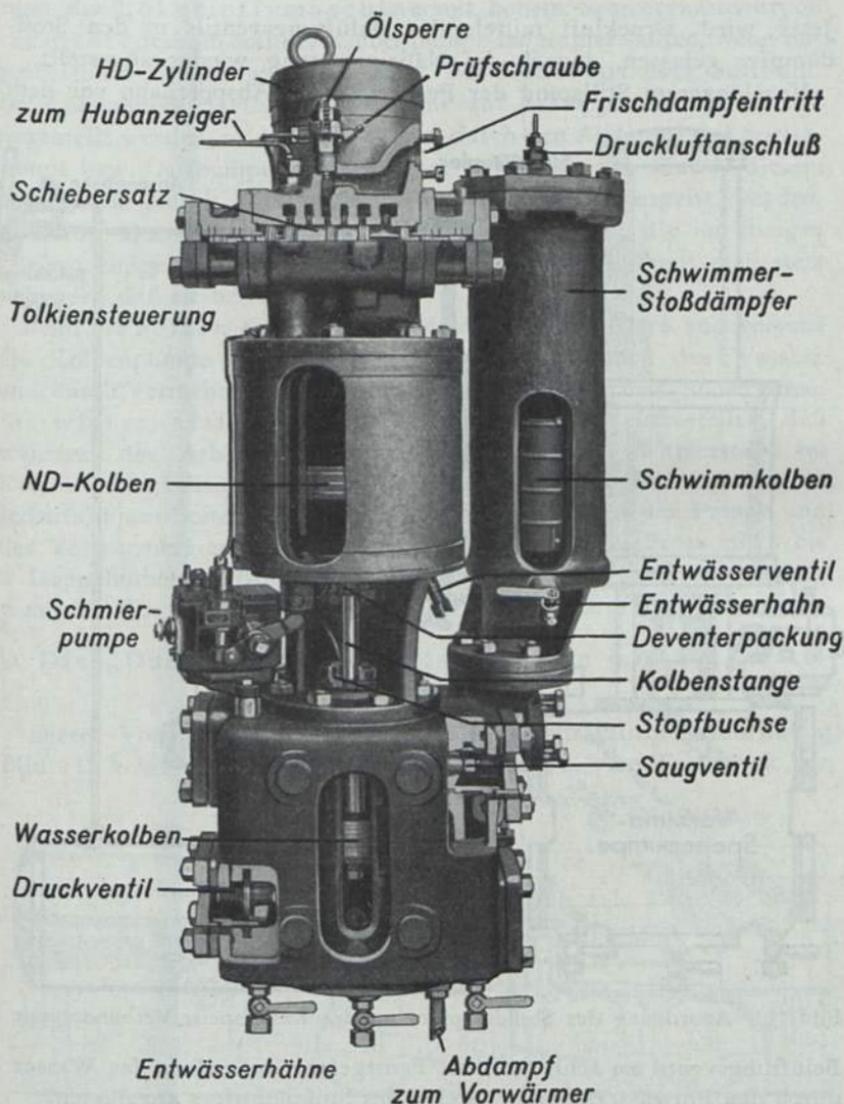


Bild 110.

Geschnittene Knorr-Kesselspeise-Verbundpumpe mit Tolken-Steuerung
 (aufgestellt im Verkehrs- und Baumuseum Berlin)

Jetzt wird Druckluft mittels des Belüftungsventils in den Stoßdämpfer gelassen, danach die Nässeinrichtung wieder abgestellt.

Vor längerem Stillstand der Pumpe ist der Absperrhahn vor dem

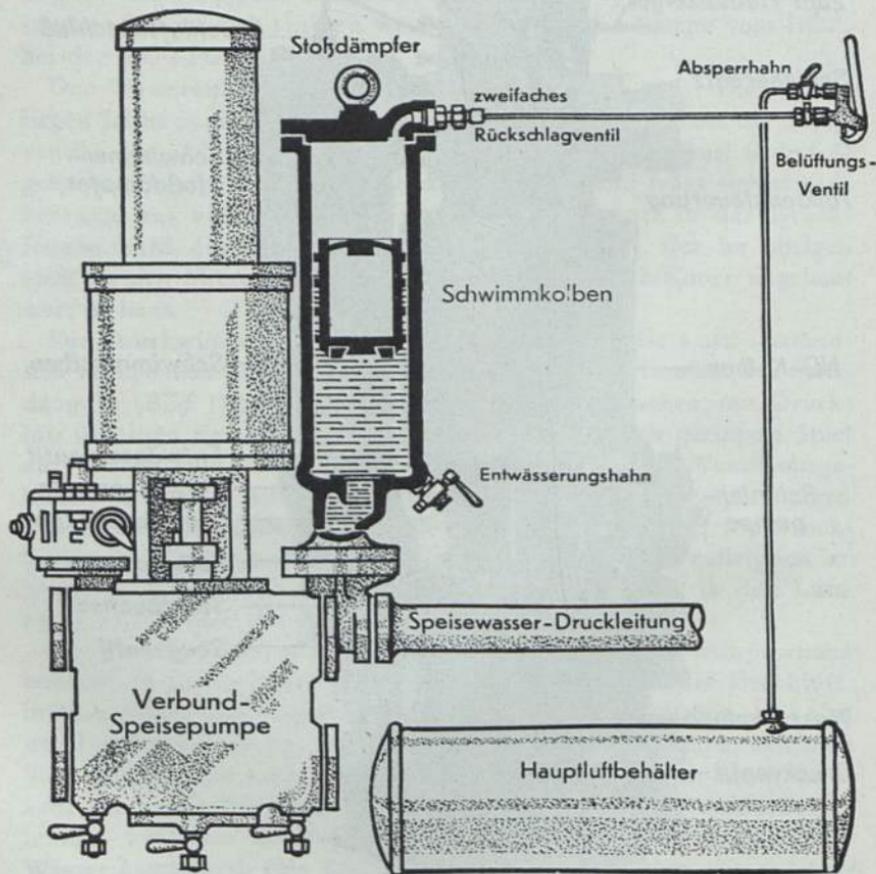


Bild 111. Anordnung des Stoßdämpfers an der Kesselspeise-Verbundpumpe

Belüftungsventil zu schließen, bei Frostgefahr außerdem das Wasser durch den Entwässerungshahn am Boden des Stoßdämpfers abzulassen.

Für die beschriebenen Bauarten gelten noch folgende Betriebsvorschriften:

Große Speiswassermengen werden im Vorwärmer nur erwärmt,

wenn die Lokomotivmaschine mit hohem Schieberkastendruck arbeitet; deshalb soll die Kolbenpumpe langsamer laufen, wenn mit gedrosseltem Regler gefahren wird. Bei Leerlauf oder Stillstand der Lokomotive darf die Pumpe nur auf 4 Doppelhübe je Minute eingestellt werden, so daß das Wasser durch den Abdampf der Speisepumpe bzw. Luftpumpe auch genügend erwärmt wird. Muß in diesem Augenblick jedoch eine größere Wassermenge eingespeist werden, so ist die Dampfstrahlpumpe zu benutzen, die im übrigen sowieso einige Male für kurze Zeit anzusetzen ist, damit man stets sicher ist, daß sie betriebsbereit ist.

Beim Arbeiten der Lokomotivdampfmaschine darf andererseits die Kolbenpumpe nicht stillstehen, um Kochen des Wassers und damit vermehrten Kesselsteinansatz im Vorwärmer zu verhüten. Am wirtschaftlichsten ist es, die Pumpe so einzustellen, daß während des Arbeitens der Dampfmaschine der Wasserstand im Kessel auf gleicher Höhe bleibt; die Abdampfwärme wird so jedenfalls am besten ausgenutzt. Um das Einfrieren der Pumpe und des Vorwärmers zu vermeiden, muß die Pumpe bei Frost mit 1 bis 2 Doppelhüben je Minute auch dann in Betrieb gehalten werden, wenn für den Kessel kein Wasser gebraucht wird.

2. Die „Dabeg“-Lokomotivfahrpumpe mit Einspritz-Vorwärmer

Diese Vorwärmeeinrichtung, deren grundsätzliche Anordnung Bild 112 zeigt, besteht hauptsächlich aus zwei, vom Triebwerk der

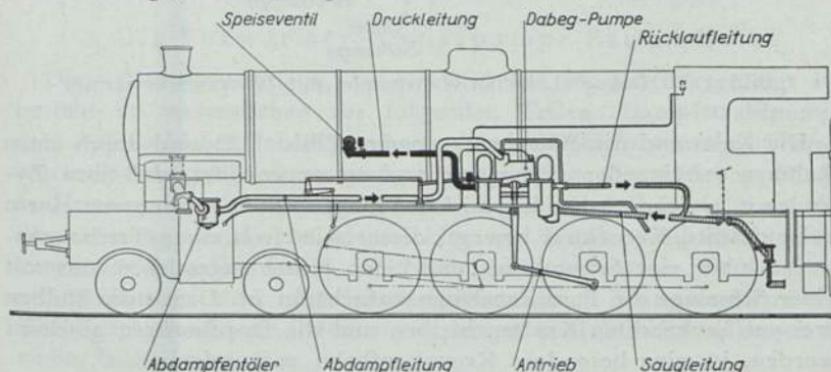


Bild 112. Anordnung der „Dabeg“-Lokomotivfahrpumpe

Lokomotive bewegten, einfachwirkenden Kolbenpumpen, dem dazwischen geschalteten Einspritzvorwärmer, der Saugleitung, der Druckleitung, der Rücklaufleitung und der Abdampfleitung von der Ausströmung der Dampfmaschine mit dem Abdampfentöler. Die grundsätzliche Arbeitsweise wurde bereits auf S. 58 beschrieben.

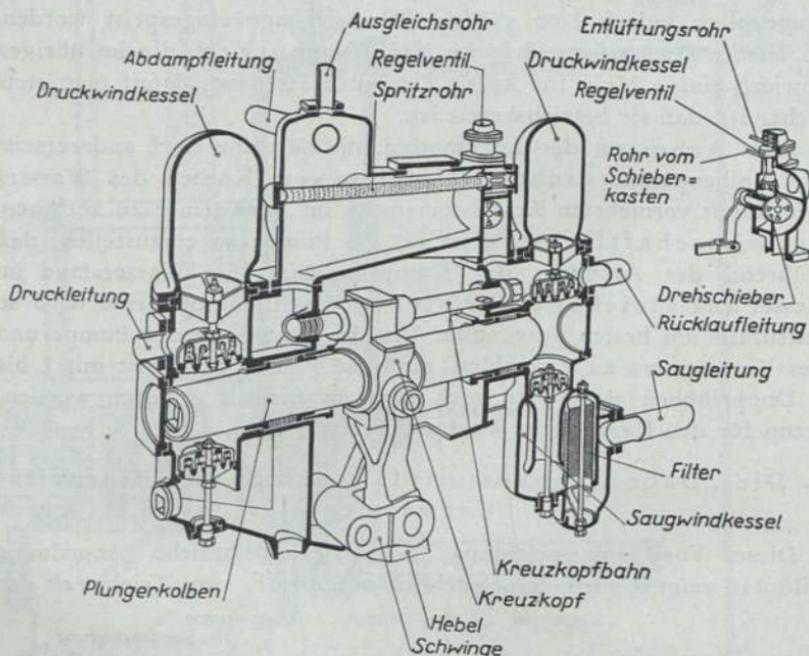


Bild 113. „Dabeg“-Lokomotivfahrpumpe mit Einspritzvorwärmer

Kalt- und
Warm-
wasser-
pumpe

Die Kalt- und die Warmwasserpumpe (Bild 113) sind durch einen Rahmen miteinander verbunden und so angeordnet, daß ihre Zylinder in gleicher Achse liegen. Die Plungerkolben werden von einem gemeinsamen Kreuzkopf bewegt; dieser wird von einer Triebwerkskurbel über eine Schubstange und einen Hebel angetrieben, der mit einer Schwinge am Pumpenrahmen aufgehängt ist. Damit die Kolben frei von senkrechten Kräften bleiben und die Stopfbuchsen geschont werden, ist eine besondere Kreuzkopfbahn vorhanden.

Beide Pumpen haben Plattenventile, die Kaltwasserpumpe hat Saug-

und Druckwindkessel, die Warmwasserpumpe nur Druckwindkessel. Die Kaltwasserpumpe saugt das Speisewasser aus dem Tender über ein Filter und drückt es über einen Drehschieber, ein Regelventil und ein Spritzrohr in den Einspritzraum, in dem es durch den Abdampf vorgewärmt wird. Die Durchflußöffnungen des Drehschiebers werden von dem Gestänge, mit dem die Steuerung geregelt wird, je nach deren Stellung mehr oder weniger freigegeben, das Regelventil wird von dem im Schieberkasten herrschenden Druck mehr oder weniger geöffnet; beide Einrichtungen bewirken, daß immer nur eine dem augenblicklichen Dampfverbrauch entsprechende Wassermenge in den Vorwärmer gedrückt wird. Das übrige von der Kaltwasserpumpe geförderte Wasser fließt über ein Rückschlagventil und eine Rücklaufleitung in die Saugleitung zurück.

Einspritzraum

Rücklaufleitung

Den besonderen Verhältnissen jeder Lokomotive wird die dem Vorwärmer zuzuführende Wassermenge bei der ersten Inbetriebnahme durch ein Regelventil in der Saugleitung von Hand angepaßt.

Ein Ausgleichrohr, das zum Aschkasten geführt ist, leitet die aus dem Speisewasser bei der Erwärmung ausgeschiedenen Gase (Kohlensäure und Sauerstoff) sowie die etwa nicht niedergeschlagene Abdampfmenge ab.

Sämtliche Wasser führenden Räume sind an tiefster Stelle mit Entwässerhähnen versehen, die bei Frost zu öffnen sind, wenn die Anlage stillsteht; diese Hähne können auch durch eine Zugstange vom Führerhaus aus geöffnet werden.

3. Die Vorwärmer-Speisepumpe Patent Heini

Diese Vorwärmanlage, die im Bild 114 im Schema gezeigt ist, besteht im wesentlichen aus folgenden Teilen: Dampfstrahlpumpe mit Anlaßschieber im Führerhaus, Niederdruckvorwärmer, Warmwasserspeicher, Vorwärmerpumpe, Saugleitung, Druckleitung, Rücklaufleitung zur Dampfstrahlpumpe und Abdampfleitung von der Ausströmung der Lokomotivmaschine mit Entöler und Rückschlagventil vor dem Eintritt in den Niederdruckvorwärmer. In der Vorwärmerpumpe sind Antriebsdampfmaschine, Warmwasserpumpe, Hochdruckvorwärmer, Heißwasserpumpe und Druckwindkessel zu einem Bauteil vereinigt.

Mit dem Anlaßschieber werden Dampfstrahlpumpe und

Vorwärmerpumpe gleichzeitig in Gang gesetzt. Die Strahlpumpe drückt das aus dem Tender kommende Wasser über den Speicher durch ein siebartiges Rohr in den Niederdruckvorwärmer, so daß es fein verteilt mit dem von der Lokomotivmaschine kommenden

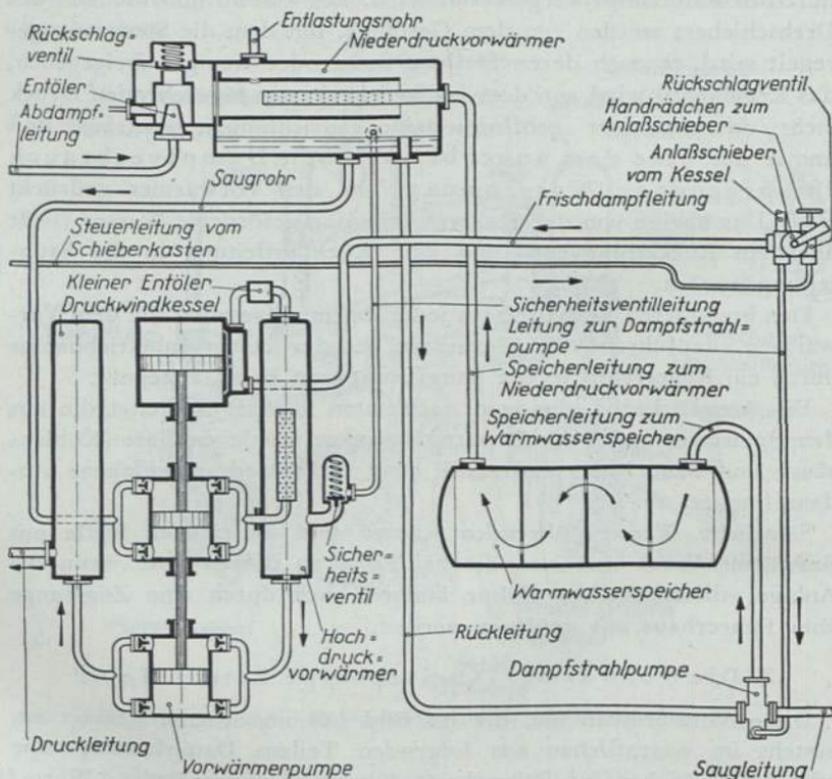


Bild 114. Schaltbild der Vorwärmer-Speisepumpe Patent Heint

Abdampf vermischt wird. Etwa überschüssiger Abdampf entweicht durch ein Entlastungsrohr zugleich mit den aus dem Wasser bei der Erwärmung frei werdenden Gasen. Durch eine Stauscheibe in der Abdampfleitung wird bei der ersten Inbetriebsetzung die Abdampfmenge so begrenzt, daß bei voll ausgelasteter Lokomotive, also bei größter Abdampfmenge, das Wasser im Nieder-

druckvorwärmer noch nicht siedet, weil sonst die Förderleistung der Warmwasserpumpe geringer wird, auch Wasser durch das Entlastungsrohr ausgeworfen wird. Bei nicht voll ausgelasteter Lokomotive ist infolgedessen die Vorwärmtemperatur und damit der Wärmerückgewinn etwas geringer.

Die Warmwasserpumpe drückt das warme Speisewasser in den Hochdruckvorwärmer, in dem es mit dem Abdampf der Pumpen-
antriebsmaschine vermischt und um weitere 10—20° vorgewärmt wird. Die Heißwasserpumpe endlich fördert das heiße Speisewasser über die Druckleitung, in die ein Windkessel eingebaut ist, in den Kessel. Hochdruck-
vorwärmer

Die Strahlpumpe fördert stets eine größere Wassermenge, als die Warmwasserpumpe dem Niederdruckvorwärmer entnimmt; das zuviel geförderte und bereits vorgewärmte Wasser fließt durch eine Rückleitung wieder der Strahlpumpe zu und wird, vermischt mit dem aus dem Tenderwasserkasten zufließenden Wasser, erneut gefördert. Der Speicher füllt sich so allmählich mit warmem Wasser auf, so daß auch bei geschlossenem Regler zunächst noch eine Zeitlang genügend vorgewärmtes Wasser gespeist werden kann.

Um einen Teil der Abdampfwärme auch auszunutzen, wenn bei Fahrt mit offenem Regler nicht gespeist wird, erhält die Strahlpumpe vom Schieberkasten her über ein Rückschlagventil Dampf auch bei geschlossenem Anlaßschieber; es wird dadurch eine geringe Wassermenge in den Niederdruckvorwärmer gefördert, die nach Erwärmung durch den Abdampf wieder in den Speicher gelangt. Dieser läßt sich dadurch selbsttätig mit warmem Wasser auf, das nun gespeist werden kann, wenn kein Abdampf zum Vorwärmer zur Verfügung steht, wie z. B. beim Halt. Das oben genannte Rückschlagventil kann durch ein Handrädchen am Anlaßschieber abgesperrt und damit die Aufspeicherung unterbunden werden, wenn die Temperatur des Wassers im Speicher zu hoch wird. Wenn der Warmwasserspeicher aus Gewichtsgründen nicht auf der Lokomotive selbst untergebracht werden kann, wird er nach dem Tender verlegt.

Die Dampfmaschine der Speisewasserpumpe ist, wie die bekannten Knorr-Pumpen, schwungradlos und arbeitet mit Vollfüllung. Die Dampfsteuerung arbeitet mit zwei Kolbenschiebern, dem Hilfs- und dem Hauptschieber. Der Hilfsschieber wird mit Dampf aus dem Arbeitsraum der Dampfmaschine umgesteuert, indem der Dampfmaschinenkolben kurz vor Hubende eine zum Hilfsschieber Dampf-
steuerung

führende Steueröffnung in der Zylinderwand überschleift. Der Hilfschieber steuert den Hauptschieber um, der nun in den einen Zylinderraum Frischdampf gibt, den anderen Zylinderraum mit dem Auslaß verbindet.

Mit dem Dampfauslaß steht der Hochdruckvorwärmer durch einen kleinen Kanal in Verbindung, durch den der Dampf nach seiner Arbeitsleistung übertritt. In dem Kanal ist ein kleiner Entöler; das abgeschiedene Öl strömt aus einer kleinen Düse zusammen mit einer kleinen Menge Dampf ab. Um zu verhindern, daß der Wasserstand im Hochdruckvorwärmer zu sehr ansteigt, ist an ihm ein Sicherheitsventil eingebaut, das bei Überschreiten eines bestimmten Druckes Wasser in den Niederdruckvorwärmer zurückfließen läßt.

Sicherheitsventil

Die Wasserpumpen sind doppelwirkend, ihre Zylinder gleich groß; die Kolben der Pumpenantriebsmaschine sowie der Wasserpumpen sitzen auf einer gemeinsamen Kolbenstange.

Die Steuerung und der Dampfzylinder werden durch eine auf der Pumpe sitzende, mit Kolben angetriebene Schmierpumpe mit Öl versorgt. Ein Druckmesser im Führerhaus ist mit dem Hochdruckvorwärmer verbunden und zeigt den Gang der Vorwärmerpumpe an. Alle Dampf und Wasser führenden Räume der Vorwärmanlage können bei Einfriergefahr durch Entwässerhähne entwässert werden; Schieberkasten der Antriebsmaschine und der untere Zylinderraum werden selbsttätig entwässert.

Zum Inbetriebsetzen ist der Anlaßschieber langsam zu öffnen; die Fördermenge ist durch Einstellen des Schiebers zu regeln. Die Pumpen werden für die stündlichen Fördermengen von 4, 8, 10 und 15 m³ gebaut.

E. Die Lokomotivdampfmaschine

Zur Dampfmaschine gehören: Die Steuerung, der Dampfzylinder mit Kolben und Kolbenstange und das Triebwerk.

1. Die Steuerung

a) Die äußere Steuerung

Die Wirkungsweise der Schwingensteuerungen ist im vierten Teil eingehend behandelt worden, so daß übrigbleibt, die einzelnen Bauteile zu beschreiben. Die Lonormtafel 2 im Anhang zeigt die übliche

Ausführungsform einer Heusinger-Steuerung für eine Zwillingsmaschine; Hinweise auf diese Tafel sind in der folgenden Beschreibung mit eingeklammerten Zahlen gegeben.

Die Dampfschieber werden von einem der angetriebenen Radsätze bewegt; ob die Bewegung von einem außermittig sitzenden Zapfen oder einer Hubscheibe abgeleitet wird, hängt ab von den baulichen Verhältnissen. Bei den Steuerungen von Stephenson, Allan und Gooch, bei denen jede Schwinde von zwei Schwingenstangen bewegt wird, werden vorzugsweise Hubscheiben benutzt; bei der Heusinger-Steuerung (vgl. S. 97) für innenliegende Zylinder findet man, sofern dafür ein besonderer Antrieb vorgesehen ist, häufig eine Hubscheibe oder, wenn diese wegen ihres großen Durchmessers schlecht unterzubringen ist, Antrieb durch eine gekröpfte Achse.

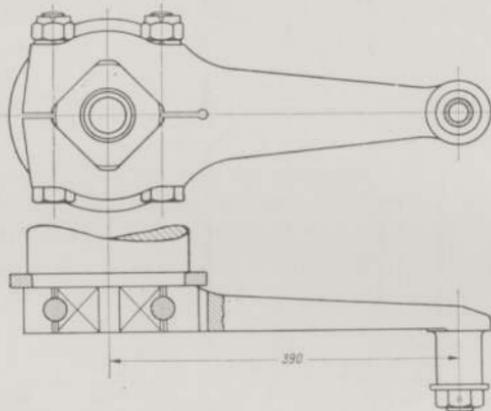


Bild 115. Schwingenkurbel mit Vierkant

Bei der außenliegenden Heusinger-Steuerung wird dagegen die Schwingenstange durch einen außermittig sitzenden Zapfen angetrieben, der auf einem Kurbelarm (Schwingen- oder Gegenkurbel) sitzt; dieser ist entweder mit der Treibkurbel aus einem Stück geschmiedet oder auf diese aufgesetzt. Bei den neueren Lokomotiven sitzt die Schwingenkurbel auf einem Vierkant des einen Treibzapfens (Bild 115); das Kurbelauge ist geschlitzt und wird durch zwei Schrauben zusammengezogen.

Gegenkurbel

Die Schwingenstange ist entweder an dem hinteren Ende als Hubscheibenring (Bild 116) ausgebildet oder trägt bei Antrieb durch außermittigen Zapfen (35) das Auge für das mit WM ausgegossene Zapfenlager. Bei Antrieb durch gekröpfte Achse ist das hintere Lager ebenfalls zweiteilig, ähnlich dem der Hubscheibe ausgebildet; es ist natürlich erheblich kleiner. Das vordere Stangenende umfaßt meist gabelförmig den unteren Teil der Schwinde und ist mit dieser durch einen Bolzen verbunden.

Schwin-
genstange

Die Schwinge wird entweder als Schlitz- oder als Taschen-
 Schlitz- schwinge ausgebildet. Bei der Schlitzschwinge sind in dem
 Mittelstück die kreisbogenförmigen Gleitflächen (Bild 117) ausge-
 gearbeitet; das Mittelstück wird Schwingenschleife genannt und besteht
 meist aus St 34.11. Zwischen den Gleitflächen, die im Einsatz gehärtet
 werden, bewegt sich der Schwingenstein, der von der Schieber-
 Schwingenstein schubstange (26) gabelförmig umfaßt und mit dieser durch einen

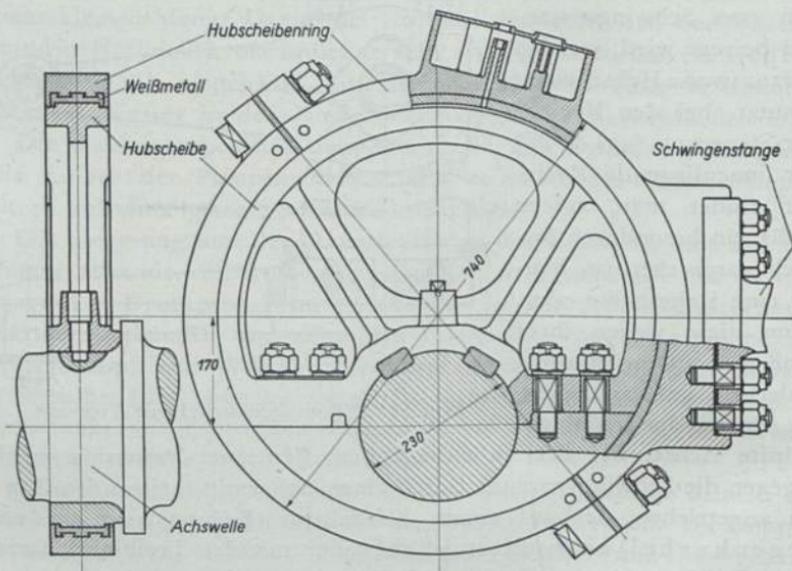


Bild 116. Schwingenstange mit Hubscheibe

Bolzen verbunden ist. Seitlich sind auf die Schwingenschleife die
 Schwingenschilde aus St 50.11 geschraubt, die die Schieberschubstange
 in senkrechter Richtung führen; an ihnen sitzen Zapfen, mit denen
 die ganze Schwinge im Schwingenlager (37) ruht.

Taschen- Die Taschenschwinge (Bild 118) besteht aus zwei Taschen,
 Taschen- d. h. kreisbogenförmig ausgefrästen Führungsstücken, die mit der
 Ausfräsung nach innen mit bestimmtem Abstand voneinander zu-
 sammengeschraubt sind. In jeder Tasche gleitet ein Stein oder viel-
 mehr eine Steinhälfte. Beide Hälften sind mit Bolzen an der Schieber-

schubstange befestigt, die in dem Spalt zwischen beiden Taschenhälften auf und ab bewegt werden kann.

Je nach der gewünschten Füllung oder Fahrtrichtung muß der Schwingenstein gehoben oder gesenkt werden. Das geschieht mit einer Steuerschraube im Führerhaus über die Steuerstange (41). Die Steuerschraube ist im Steuerbock, der am Rahmen oder neuerdings am Kessel befestigt ist, so gelagert, daß sie sich in der Längsrichtung nicht verschieben kann. Wird sie mit Handkurbel oder Handrad gedreht, so wird die Steuermutter (47), die sich nicht drehen kann, in der Längsrichtung verschoben. Auf dem Steuerbock ist ein Zifferstreifen befestigt; ein Zeiger auf der Steuermutter zeigt an, auf welche Füllung die Steuerung eingestellt ist. Im allgemeinen ist die Steuerung so gebaut, daß sich die Steuermutter bei Vorwärtsfahrt nach vorn und bei Rückwärtsfahrt nach hinten bewegt.

Durch Klinke oder Stift, die in eine mit der Steuermutter verbundene Riegelscheibe eingreifen, kann die Steuerung in jeder Lage festgehalten werden.

An der Steuermutter sitzt zu jeder Seite ein Zapfen, an dem die hinten gabelförmig ausgebildete Steuerstange angreift; diese dreht die Steuerwelle (38), auf der der Aufwerfhebel (39) aufgekeilt ist. Der Aufwerfhebel trägt das hintere Ende der Schieberschubstange

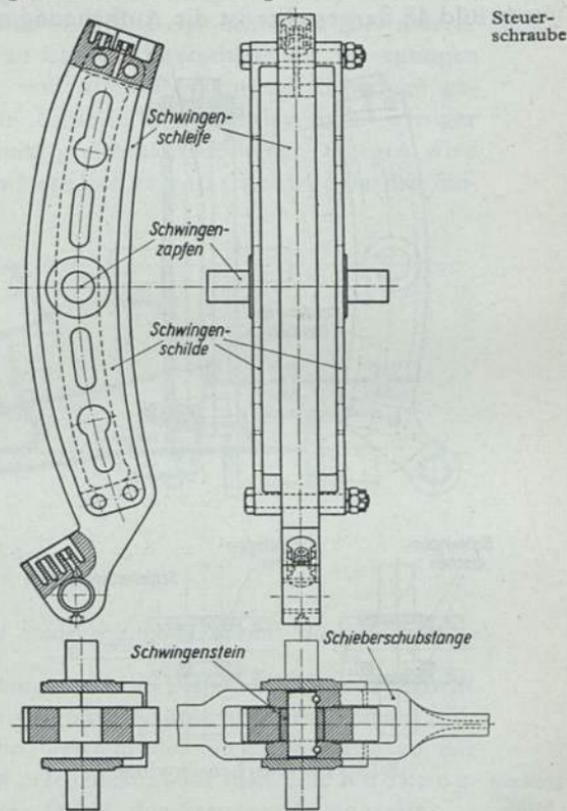


Bild 117. Schlitzschwinde

und hebt oder senkt diese und mit ihr zugleich den Schwingenstein, wenn die Steuermutter bewegt wird.

Für die Aufhängung der Schieberschubstange sind vorzugsweise zwei Bauarten im Gebrauch. Die auf der Tafel 2 und im Schema Bild 48 dargestellte ist die Aufhängung mit Kuhnscher Schleife,

wobei die nach hinten verlängerte Schieberschubstange in einem Schlitz (Schleife) von einem am Aufwerfhebel drehbar befestigten Stein (ähnlich dem Schwingenstein) geführt wird. Infolge dieser Führung kann die Schieberschubstange, wenn sie von der Schwinge angetrieben wird, mit ihrem hinteren Ende nur eine gradlinige Bewegung machen, während jeder Punkt der Schwinge sich auf einem Kreisbogen um das Schwingenlager (37) bewegt. Hieraus ergibt sich, daß der Schwingenstein während der Fahrt ständig auf den Führungsflächen der Schwinge etwas auf und ab gleitet. Man nennt diese Bewegung das „Stein-

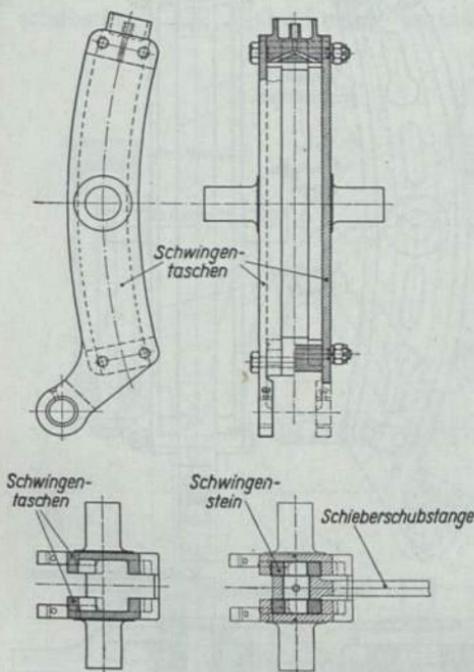


Bild 118. Taschenschwinge

Stein-
springen

springen“. Die Dampfverteilung wird dadurch ungünstig beeinflusst, so daß die beiden Arbeitsräume ein und desselben Zylinders ungleiche Füllungen erhalten. Auf das Steinspringen ist auch die starke Abnutzung des Schwingensteines zurückzuführen. Die Aufhängung mit Kuhnscher Schleife gibt aber für Vorwärts- wie für Rückwärtsfahrt gleiches Steinspringen, also gleiche Dampfverteilung bei beiden Fahrtrichtungen; sie wird deshalb für Tenderlokomotiven bevorzugt.

Bei Lokomotiven, die vorzugsweise vorwärts fahren, wird die Schieberschubstange meist an Hängeeisen aufgehängt (Bild 119). Hier bewegt sich das hintere Ende der Schieberschubstange auf einem Bogen um den Aufhängepunkt des Hängeeisens. Befindet sich der Schwingenstein auf der unteren Hälfte der Schwinge (bei innerer Einströmung Vorwärtsfahrt), so ist der Unterschied der Bewegungen zwischen Schieberschubstange und allen Punkten der Schwinge geringer als bei der Kuhnschen Schleife, so daß der Stein weniger springt und die Dampfverteilung gleichmäßiger wird. Dagegen wird das Steinspringen bei Rückwärtsfahrt sehr stark, da das hin-

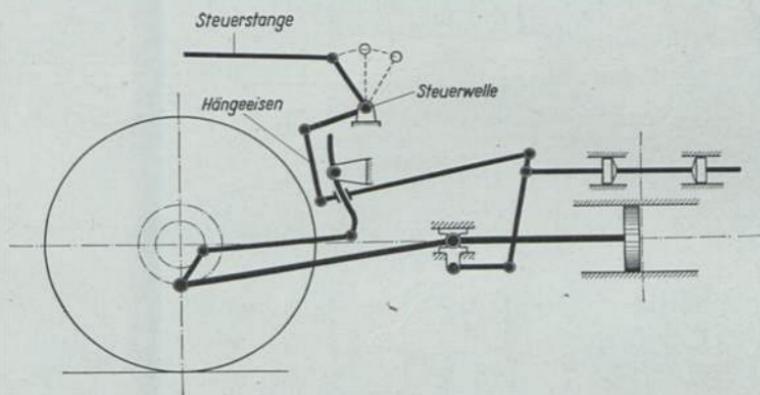


Bild 119. Aufhängung der Schieberschubstange mit Hängeeisen

tere Ende der Schieberschubstange und die Punkte der oberen Schwingenhälfte Bögen von entgegengesetzter Krümmung beschreiben.

Um die Steuerung von dem Gewicht der Steuerungsteile zu entlasten und so das Bewegen zu erleichtern, baut man eine Rückzugfeder (44) ein, die an einem Hebel der Steuerwelle angreift.

Die Schieberschubstange gabelt sich am vorderen Ende und ist mit einem Gelenkbolzen mit dem Voreilhebel (27) verbunden; dieser, vom Kreuzkopf über die Lenkerstange angetrieben, umfaßt den Kreuzkopf zur Schieberstange (15) (neuerdings Schieberstangenkopf genannt) ebenfalls mit einer Gabelung und ist an Zapfen an diesem aufgehängt.

Die Schieberstange wird in den Schieberkastendeckeln von besonderen Tragbuchsen (Bild 124) aus Rg 5 (geschleudert) getragen, die bei Schiebern mit innerer Einströmung gleichzeitig gegen den

Auspuffdampf abdichten. Wo gegen höheren Druck abzudichten ist, wie bei der Ausströmung der Hochdruckzylinder von Verbundlokomotiven oder bei äußerer Einströmung, müssen besondere Stopfbuchsen vorhanden sein; diese sind ähnlich den Kolbenstangenstopfbuchsen (s. S. 210). Die Tragbuchsen erhalten Schmieröl bei älteren Lokomotiven durch besondere Dochtschmiergefäße, bei neueren Lokomotiven von einer Schmierpumpe im Führerhaus (vgl. S. 299).

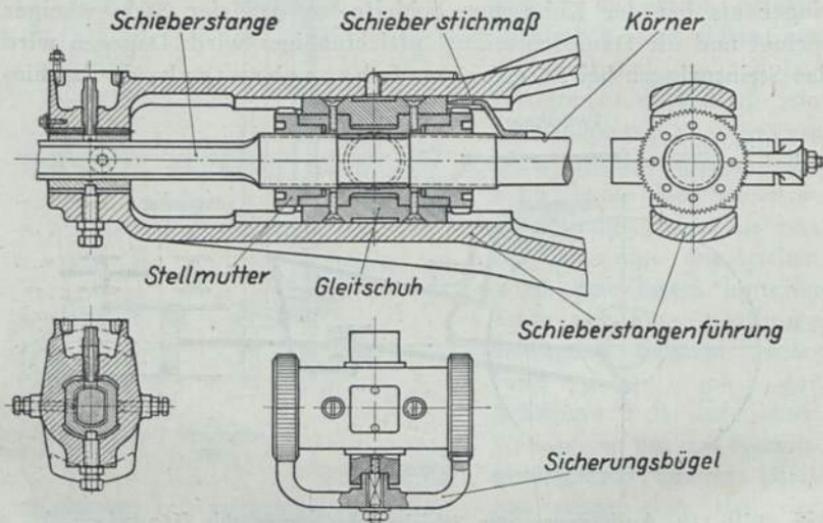


Bild 120. Schieberstangenkopf

Die durch den Schieberantrieb ausgeübten senkrechten Kräfte werden von dem Schieberstangenkopf (Bild 120) aufgenommen, der bei neueren Lokomotiven in einer Führung läuft, die am Schieberkastendeckel angegossen ist.

Der Schieberstangenkopf der neueren Reichsbahnlokomotiven hat oben und unten Gleitschuhe aus Gußbronze (Gbz 14). Die Schieberstange ist hinten mit Gewinde versehen, und Stellmuttern verbinden sie mit dem Schieberstangenkopf. Mit diesen kann die Schieberstangenlänge beim Einregeln der Steuerung so lange verändert werden, bis der Schieber für beide Zylinderhälften möglichst gleiche Kanalöffnungen und damit gleiche Füllungen gibt. Damit die Schieberstange nach Instandsetzungsarbeiten immer wieder auf die

richtige Länge eingestellt werden kann, ist auf ihr eine Körnermarke eingeschlagen. Der Lokomotive wird ein Stichmaß beigegeben, das die genaue Entfernung zwischen dem genannten Körner und einem zweiten auf dem Schieberstangenkopf oder einem festen Anschlag auf diesem angibt.

Schieberstangenstichmaß

Die Stellmuttern müssen gegen unbeabsichtigtes Lösen gesichert sein; sie sind deshalb mit einer Verzahnung versehen, in die ein am Schieberstangenkopf befestigter Sicherungsbügel eingreift.

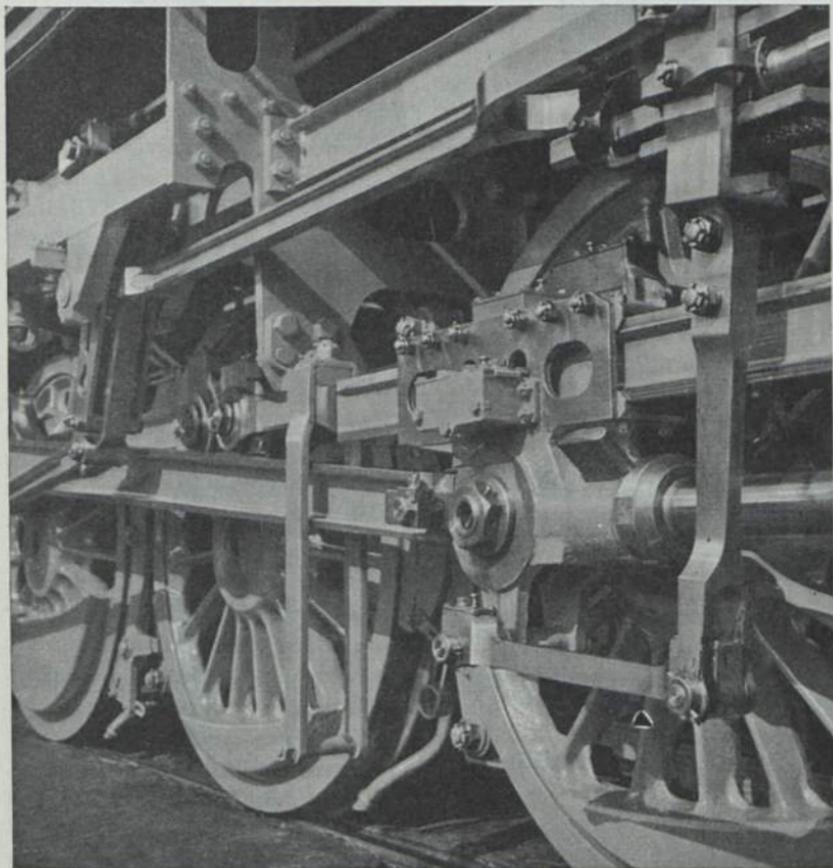


Bild 121. Äußere Steuerung und Triebwerk

Um seitliche Beanspruchungen von der Schieberstange fernzuhalten, wird sie hinter dem Schieberstangenkopf als Vierkant ausgebildet oder seitlich abgeflacht und gleitet in einem in die hintere Schieberführung eingesetzten, entsprechend geformten Rotgußstück. An diesem befindet sich eine Stellschraube, die man in einen besonderen Körner auf der Schieberstange einschrauben und diese dadurch in Mittelstellung des Schiebers festlegen kann, wenn bei Beschädigung eine Maschinenseite stillgelegt werden muß (vgl. S. 502).

Festlegen
des
Schiebers
in Mittel-
stellung

Mit Rücksicht auf die hohe Beanspruchung bei den großen Geschwindigkeiten werden heute alle Teile der äußeren Steuerung mit Ausnahme der Steuerstange aus St 50.11 hergestellt. Die Zapfen sind aus St 34 und gehärtet, die Stangen sämtlich mit Buchsen aus Rg 5 (geschleudert), neuerdings St 60.11 versehen. Alle Lager, Gelenkbuchsen und Gleitflächen werden von besonderen Schmiergefäßen, die meist in die Teile selbst eingearbeitet sind, mit Öl versorgt. Die festen Schmiergefäße haben Dochtschmierung, die der bewegten Teile, soweit möglich, Schmierung mit Nadel oder Schmierkegel (s. S. 229).

Bild 121 läßt wesentliche Einzelheiten der äußeren Steuerung erkennen.

b) Die innere Steuerung

Flach-
schieber

Die Schieberstange bewegt den Schieber. Bei Flachschiebern wird die Schieberstange vorne zu einem rechteckigen Rahmen ausgebildet, der den Schieber umfaßt. Der Schieberkörper ist meist aus Rotguß, weil dieser Baustoff gute Laufeigenschaften hat, oder hat zumindest Rotgußschuhe. Da Flachschieber heute für Lokomotiven der Reichsbahn nicht mehr gebaut werden, mögen diese kurzen Angaben genügen.

Kolben-
schieber

Beim Kolbenschieber (13) sitzen die beiden Schieberkörper aus Gußeisen (Ge 22.91) unmittelbar auf der Schieberstange, die der Gewichtersparnis wegen meist hohlgebohrt ist (Bild 122 und 124). Die Schieberkörper werden mit Muttern gegen Bunde auf der Stange gepreßt und gegen Verdrehen durch Keile gesichert; sie sind sehr dünnwandig, um schwere hin und her gehende Massen zu vermeiden, und im Durchmesser etwas kleiner als die Schieberbuchsen, in denen sie laufen. Zur Abdichtung sind sie mit federnden Kolbenschieberringen aus einem besonderen Gußeisen versehen, doch gelten als steuernde Kanten die Kanten des Schieberkörpers.

Kolben-
schieber-
ringe

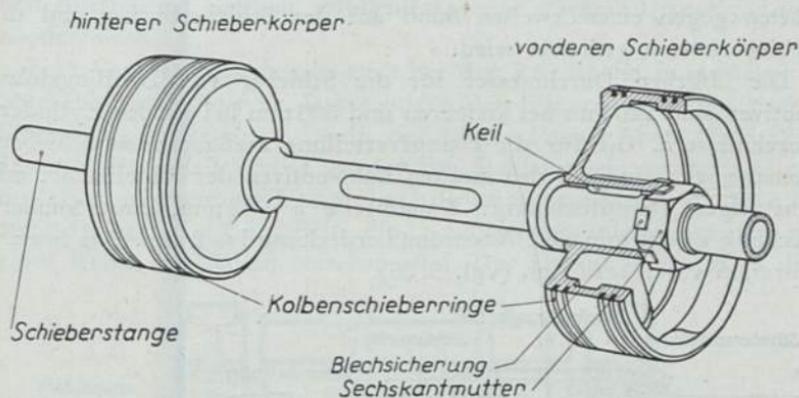
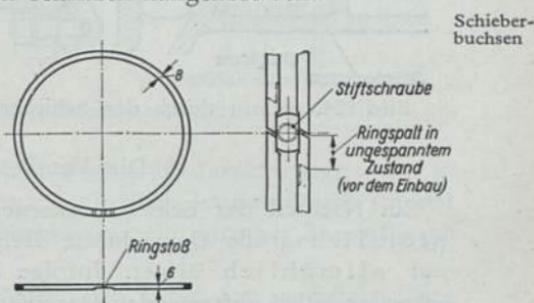


Bild 122. Kolbenschieber

Die Kolbenschieberringe (Bild 123), bei der Regelbauart je zwei für jede steuernde Kante, also vier für jeden Schieberkörper, liegen in Nuten und werden durch versenkte Schrauben so festgelegt, daß der Ringstoß stets nach unten kommt. In den Schieberbuchsen sind die Dampfkanäle unten durch besonders breite Stege überbrückt, auf denen die Ringstöße laufen; die Ringe können dadurch nicht auseinander federn und nicht in den Schlitz hängenbleiben.

Die Schieberbuchsen aus Gußeisen (Ge 22) sind in die Schieberkästen lose eingesetzt und durch einen Stift gegen Verdrehen gesichert. Sie tragen auf dem Umfange einen Bund (Bild 124), mit dem sie von den auf die Schieberkästen aufgeschraubten Ausströmkästen gegen eine Dichtfläche im Schieberkasten gepreßt werden. Bund und Dichtfläche sind aufeinander geschliffen, so daß die Dampfkanäle zum Zylinder gegen die Einströmung völlig abgedichtet sind. Gegen die Ausströmung dichtet ein Ring aus besonderem Dichtungsbaustoff, der vom Ausström-

Bild 123
Kolbenschieberringe und Ringstoß

kasten gegen einen zweiten Bund auf der Schieberbuchse und die Schieberkästen gedrückt wird.

Die üblichen Durchmesser für die Schieber von Zwillingslokomotiven sind 220 mm bei kleineren und 300 mm bei großen Zylinderdurchmessern. Die für die Dampfverteilung maßgebenden Schieberabmessungen sind bei den meisten Lokomotiven der Regelbauart mit einstufiger Dampfdehnung: Kanalbreite $a = 52$ mm, Einströmüberdeckung $e = 38$ mm und Ausströmüberdeckung $i = 2$ mm. Das lineare Voreilen v beträgt 5 mm (vgl. S. 86).

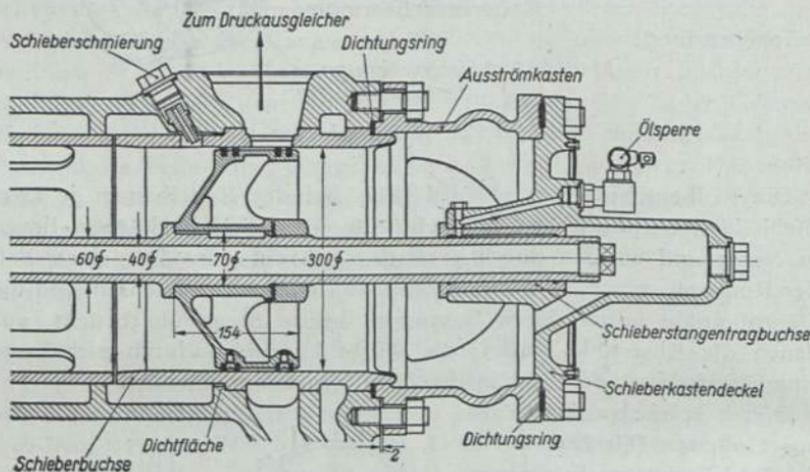


Bild 124. Schnitt durch den Schieberkasten einer Einheitslokomotive

c) Die Ventilsteuerungen

Ein Nachteil der Schiebersteuerung ist, daß der Schieber nicht plötzlich große Querschnitte freigibt, sondern die Dampfkanäle nur allmählich öffnet. Infolge der dadurch insbesondere bei schneller Fahrt auftretenden Drosselung (vgl. S. 97) wird die Arbeitsfläche kleiner und die bei jedem Hube geleistete Arbeit geringer.

Die Ventilsteuerung soll hier Abhilfe schaffen; die einzelnen Dampfventile stellen, verglichen mit dem Schieber, nur eine kleine Masse dar und können daher in ganz kurzer Zeit genügend weit geöffnet werden, so daß dem Dampf auch bei schnellfahrender Lokomotive gleich nach Ventilöffnung ein großer Querschnitt zum Ein-

und Ausströmen gegeben, infolgedessen eine stärkere Drosselung vermieden wird.

Eine Ventilsteuerung, die auch bei der Reichsbahn in größerer Stückzahl, und zwar bei Lokomotiven der früheren Oldenburgischen Staatsbahn, vertreten ist, ist die der älteren Bauart Lentz (Bild 125). Die vier Doppelsitzventile werden von Stahlspindeln getragen, die je mit einer sogenannten Labyrinthdichtung versehen sind; diese besteht darin, daß die Spindeln, die in gußeisernen Buchsen gleiten, mit einer Reihe von Rillen versehen sind. Der Dampf, der sich in dem

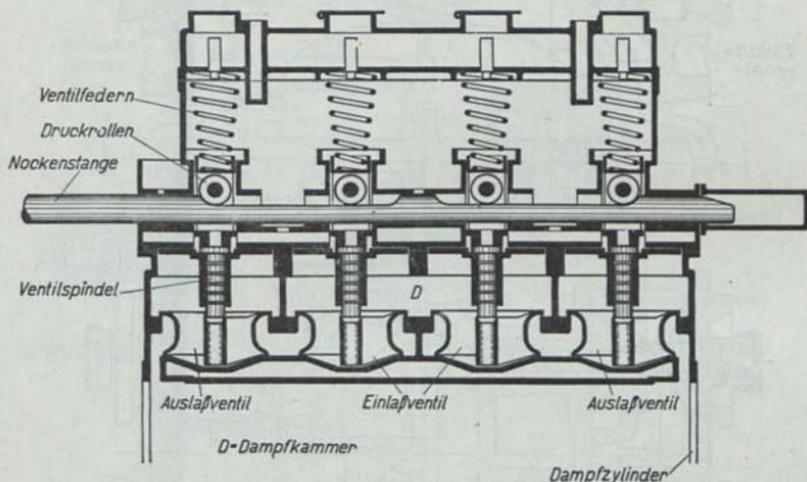


Bild 125. Lentz-Steuerung älterer Bauart mit stehenden Ventilen

engen Spalt zwischen Spindel und Buchse hindurchzwängt, wird in jeder der Rillen weiter entspannt; schließlich ist der Druck so weit gesunken, daß am Ende der Buchse nur ein geringer Dampfhauch austritt.

Die Ventile werden durch Federn auf ihren Sitz gedrückt. Eine Nockenstange, die von einer Heusinger-Steuerung genau so wie die Schieberstange bei der Schiebersteuerung bewegt wird, ist mit sogenannten Hubkurven (Nocken) versehen und hebt hiermit die Ventile über Druckrollen, die an den Ventilspindeln sitzen, hoch. Um Verschleiß möglichst zu vermeiden, sind die Nockenstangen und Druckrollen gehärtet und geschliffen, außerdem alle arbeitenden

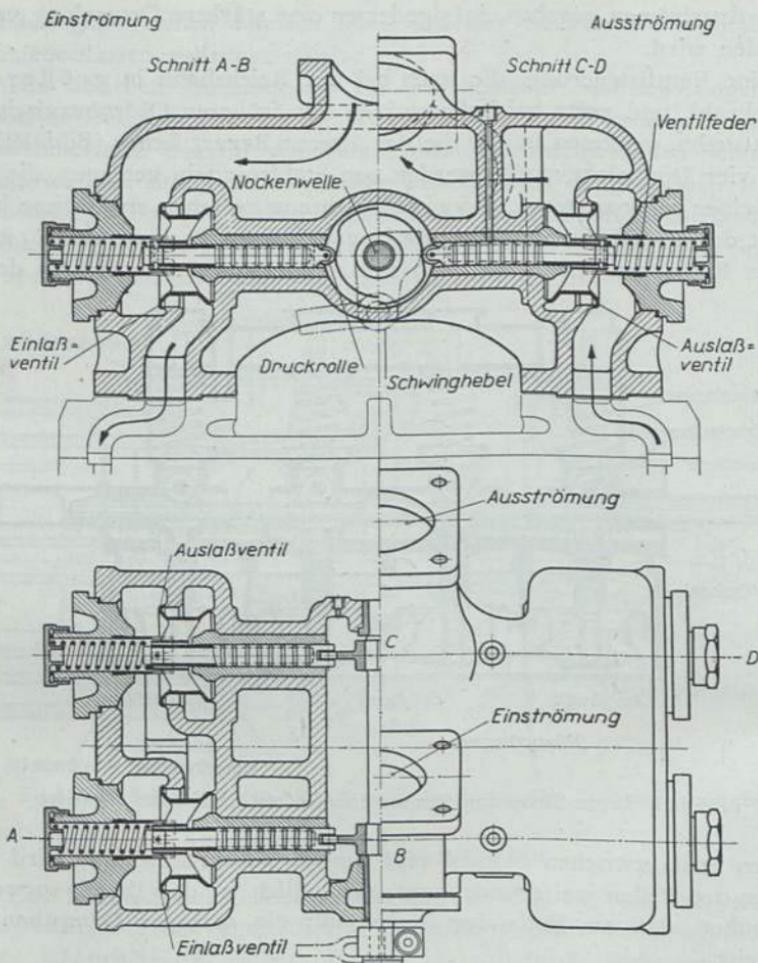


Bild 126. Lenz-Steuerung neuerer Bauart mit liegenden Ventilen

Steuerungsteile in einem nach außen vollkommen abgedichteten Kasten untergebracht. Auf dem Kasten sitzt ein Ölbehälter, aus dem jedem Ventil das Schmieröl mit Schmierdochten zugeführt wird.

Bei der neueren Ausführung der Lenz-Steuerung (Bild 126) sind die Ventile liegend angeordnet und werden von einer quer-

liegenden Nockenwelle angehoben, die, von der hin und her gehenden Schieberschubstange über einen Schwinghebel angetrieben, Winkelausschläge in beiden Drehrichtungen ausführt.

Eine große Anzahl ostmärkischer Lokomotiven ist mit einer von den ehemaligen österreichischen Bundesbahnen entwickelten Lentz-Steuerung ausgerüstet. Sie arbeitet ebenfalls mit querliegender Nockenwelle, doch wurden zwischen Nocken und Ventilspindeln einarmige Hebel geschaltet (Bild 127), die die auf den Nocken lau-

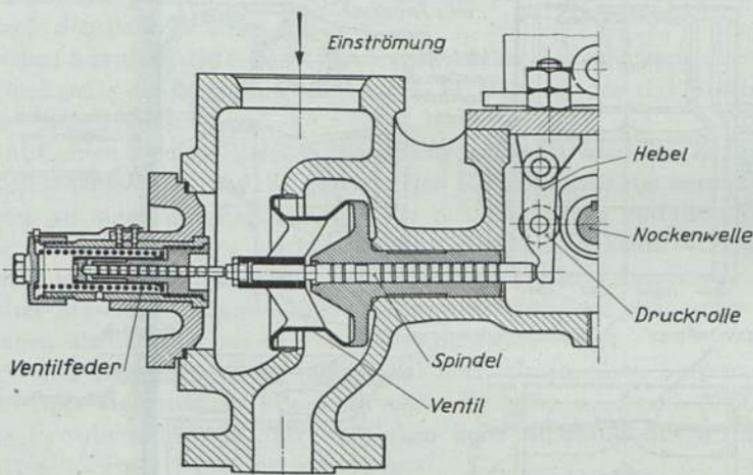


Bild 127. Lentz-Steuerung der ehemaligen österreichischen Bundesbahnen

fenden Rollen tragen und am Deckel des Nockenraumes gelagert sind; mit dem freien Ende drücken sie gegen die Spindeln. Die zwischengeschalteten Hebel bewirken, daß bei kleinen Füllungen, bei denen ja die Winkelausschläge der Nocken nur gering sind, der Ventilhub das 1,5fache der Steuerung ohne die genannten Hebel beträgt. Bei der neuesten Ausführung sind ferner die Ventilfedern von außen nachstellbar gemacht und außerdem der schädigenden Einwirkung des Dampfes dadurch entzogen, daß sie außerhalb der Ventilkastendeckel gelegt sind.

Gegenüber der Ausführung der Kolbenschiebersteuerung der Deutschen Reichsbahn hat sich die Ventilsteuerung nicht überlegen gezeigt.

2. Der Dampfzylinder mit Kolben und Kolbenstange

a) Der Zylinderblock

Dampfzylinder und Schieberkasten bilden zusammen ein Gußstück, den Zylinderblock; der Baustoff ist Gußeisen (Ge 22.91). Bei

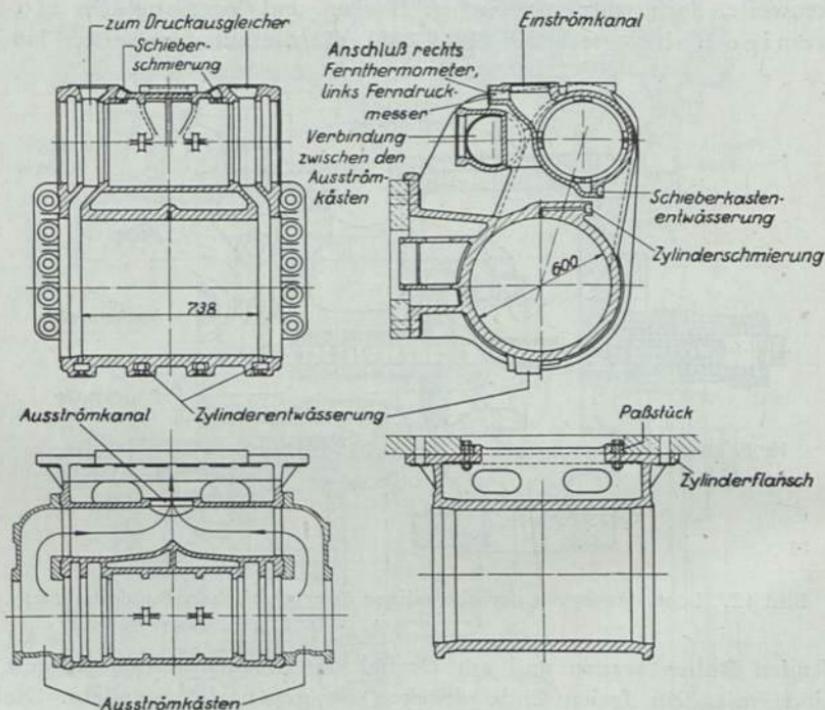


Bild 128. Zylinder einer Güterzuglokomotive

neueren Lokomotiven sind der rechte und der linke Zylinder völlig gleich (Bild 128), damit man mit einem einzigen Modell auskommt und für beide Maschinenseiten auch nur ein Ersatzstück vorzuhalten braucht.

Der Zylinder ist mit einer Reihe von Flanschen, Kanälen und Bohrungen versehen; sie sollen an Hand des Bildes 128 besprochen werden, das den Zylinder einer Heißdampf-Zwillingslokomotive der

Bauartreihe 50 darstellt, deren Steuerung mit innerer Einströmung arbeitet.

Da ist zunächst der große Flansch, mit dem der ganze Zylinderblock seitlich gegen den Rahmen geschraubt wird; oben hat er eine Leiste, mit der er sich auf den Rahmen legt. Damit sich der Zylinder nicht in der Längsrichtung verschieben kann, sind an ihm Winkelleisten angegossen, die in einen Ausschnitt des Rahmens greifen, und Paßstücke sind zwischen Leisten und Kanten des Rahmenausschnittes gesetzt. Außerdem wird die feste Lage des Zylinders durch die Paßschrauben gesichert.

Oben auf der Mitte des Zylindergußstückes befindet sich der Einströmkanal; die Mündung trägt einen Flansch, an den das Einströmrohr angeschlossen wird. Kanäle im Zylinder

Auf einen zweiten Flansch des Einströmkanals wird ein Zylinder-(Luft-)Saugventil (S. 213) gesetzt. Der Einströmkanal erweitert sich unten zu einer Ringkammer, der die Schieberbuchse umfaßt, so daß der Dampf auf deren ganzen Umfang durchtreten kann. Von unten gehen in diese Ringkammer zwei Bohrungen, durch die das sich bei kalter Maschine bildende Niederschlagwasser über angeflanschte Leitungen abfließen kann (Schieberkastenentwässerung).

Weiter führt in den Einströmkanal noch ein in einen Stutzen auslaufender kleiner Kanal; der im rechten Zylinder wird zum Anschluß des Fernthermometers, der im linken zum Anschluß des Schieberkasten- (Fern-) Druckmessers benutzt.

Die zu den Zylinderräumen führenden Dampfkanäle umfassen ebenfalls als Ringkammern die Schieberbuchsen. Von diesen beiden Ringkammern führen bei älteren Lokomotiven noch Schaulöcher nach außen; durch sie kann man beim Einregeln der Steuerung die Stellung der steuernden Kanten des Schiebers beobachten. Im Betriebe sind die Schaulöcher durch Deckel verschlossen.

Oben auf dem Schieberkasten (etwa auf den letztgenannten Ringkammern) münden die Kanäle, an die der Druckausgleicher (vgl. S. 218) angeschlossen wird, ferner sitzen daneben Stutzen, durch die den Schiebern das Schmieröl zugeführt wird.

Die Zylinderlauffläche ist geschliffen; ihre Länge ist nicht ganz gleich dem Betrage von Kolbenhub + Kolbenbreite, da der Kolben an beiden Seiten etwas überschleifen kann. Bei dem im Bild 128 gezeigten Zylinder ist der Kolbenhub 660 mm, die Kolben-

breite, wie in der Regel, 120 mm. An beiden Enden ist der Zylinderdurchmesser erweitert, damit sich bei der unvermeidlichen Zylinderabnutzung keine Stufe bildet, auch die Kolben leichter eingebracht werden können.

Die Wände des eigentlichen Dampfzylinders sind etwa 35 mm dick; das ist mehr, als mit Rücksicht auf die Festigkeit notwendig ist, und wird gemacht, weil die Laufflächen im Betriebe häufiger nachgeschliffen werden müssen.

Weiter sitzen auf dem Scheitel des Dampfzylinders eine Schmierbohrung, durch die der Kolben Öl erhält, und je unterhalb der Dampfkanäle Stützen mit Bohrungen zum Abführen des Niederschlagwassers. Auf diese beiden Stützen wird je ein Zylinderventil geschraubt, das später noch beschrieben wird. Unten am Zylinder sitzen noch weitere Stützen, die ebenfalls je ein Zylinderventil tragen, aber nicht in den Zylinder führen, sondern seitlich durchbohrt sind; an sie werden die vorhin schon genannten, vom Schieberkasten kommenden Entwässerungsbohrungen mit Rohren angeschlossen.

Der dem Zylinder nach Arbeitsleistung entweichende Dampf strömt durch die Schieberbuchsen nach außen ab. Auf die Schieberkästen sind die Schieberkastendeckel nicht unmittelbar gesetzt, sondern erst die Ausströmkästen, die den Abdampf über den Ausströmkanal zum Ausströmrrohr führen. Dieses ist vielfach nicht, wie im Bild 128 angegeben, auf Zylindermitte angeflanscht, sondern an einem der Ausströmkästen; als Verbindung mit dem anderen Ausströmkasten ist dann ein Rohr im Zylindergußstück eingewalzt.

b) Kolben und Stopfbuchsen

Der Kolben (Bild 129) hat die hohen Dampfdrücke aufzunehmen, muß aber leicht gehalten sein, damit die bei jedem Hube hin und her bewegten Massen nicht zu groß werden; er wird deshalb aus hochwertigem Stahl (St 50.11) geschmiedet oder gepreßt. Im Schnitt gesehen bilden bei der neueren Ausführungsform der Kolbenflansch, die Kolbenscheibe und die Nabe ein —Z—. Der Kolben ist im Durchmesser etwas kleiner als die Zylinderbohrung, so daß er die Zylinderlauffläche nicht berührt.

Um beide Arbeitsräume eines Zylinders dampfdicht abzuschließen, trägt der Kolben mehrere (3 oder 5) Kolbenringe (Bild 130), die je in einer Nut des Flansches liegen. Die Ringe bestehen aus be-

sonders weichem Gußeisen, sind aufgeschnitten und federn nach außen durch, so daß sie sich ständig an die Zylinderlauffläche anlegen. Ihre Breite beträgt 20 mm, neuerdings nur 8 mm, ihre Höhe je nach dem Zylinderdurchmesser 12–16 mm. Damit die Ringstöße nicht einmal alle zufällig hintereinander stehen, und der Dampf sich hier einen Weg sucht, werden sie um einen bestimmten Winkel, bei-

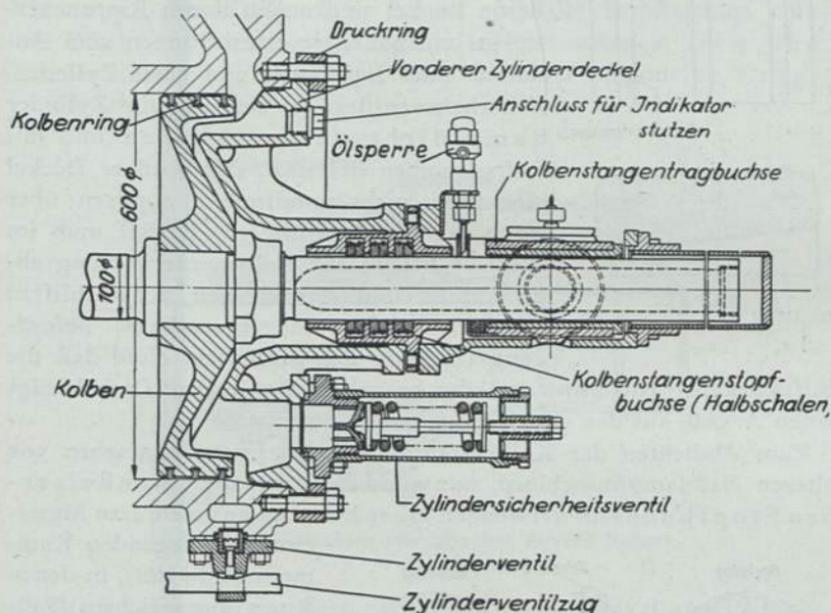


Bild 129. Zylinderdeckel, Kolben, Zylindersicherheitsventil und Zylinderventil

spielsweise 60° , gegeneinander versetzt eingebaut und mit Stiftschrauben oder eingepaßten Sicherungsblechen festgelegt.

Der Kolben ruht nicht auf den Kolbenringen, sondern schwebt, von der Kolbenstange getragen, im Zylinderraum. Die Kolbenstange besteht mit Rücksicht auf die starken, stets wechselnden Kräfte, die sie zu übertragen hat, aus ganz besonders hochwertigem Stahl (St 60.11); der Kolben wird hydraulisch aufgepreßt, seine Lage durch eine vernietete Mutter gesichert.

Der Zylinder ist auf beiden Seiten mit je einem Deckel (Bild 129) verschlossen, durch den die Kolbenstange hindurchgeführt, und in

Zylinder-
deckel

dem sie gegen den Dampfdruck mit Stopfbuchsen abgedichtet wird. Die Deckel sind der Form des Kolbens angepaßt, damit der schädliche Raum (s. S. 92) klein wird, und bestehen aus Stahlguß (Stg 38.81). Der Abstand zwischen Kolbenkörper und Deckel beträgt bei neueren Lokomotivbauarten vorn 16 mm, hinten 12 mm.

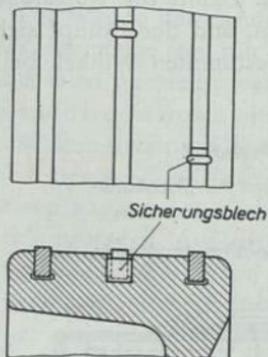


Bild 130.
Kolbenringstoß

Beide Deckel sind außen durch Rippen verstärkt und haben je einen Stutzen zum Anschluß eines Indikators und eines Zylindersicherheitsventiles; sie sind auf die Zylinderdampfdicht aufgeschliffen und mit Stiftschrauben befestigt, der vordere Deckel allerdings nicht unmittelbar, sondern über einen Druckring. Dieser Deckel muß im Betriebe häufig zur Kolbenuntersuchung abgenommen und danach neu aufgeschliffen werden; infolge der besonderen Befestigungsart kann das geschehen, ohne daß die

Stiftschrauben entfernt zu werden brauchen. Der hintere Deckel trägt einen Anguß, auf den die Gleitbahn aufgesetzt ist.

Zum Abdichten der Kolbenstangen werden heute, abgesehen von älteren Naßdampfmaschinen, nur noch die sogenannten gußeisernen Stopfbuchsen verwendet. Diese bestehen aus mehreren hinter-

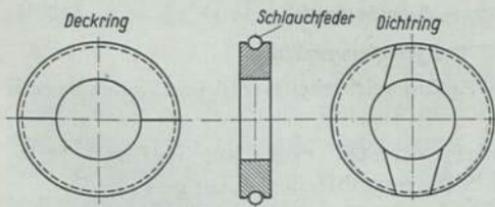


Bild 131. Deck- und Dichtringe zur Kolbenstangenstopfbuchse

einander liegenden Kammern (Bild 129), in denen Ringe aus weichem Gußeisen liegen. Die eigentlichen Dichtringe sind mehrteilig (Bild 131), ihre einzelnen Segmente mit den Berührungsflächen aufeinander geschliffen und durch eine Schlauchfeder auf die Stange gepreßt, so daß an deren Umfang kein Dampf entweichen kann. Damit dieser nun nicht durch die Teilfugen geht, wird auf jeden Dichtring ein zweiteiliger Deckring gelegt, der ebenfalls durch eine Schlauchfeder zusammengehalten wird. In jeder Kammer liegen ein

Dicht- und ein Deckring hintereinander, der Dichtring nach der Dampfseite zu. Die üblichen Stopfbuchsen enthalten drei Kammern, Stopfbuchsen für Lokomotiven mit höheren Kesseldrücken entsprechend mehr. Die Ringkammern werden aus zwei dampfdicht aufeinander geschliffenen Halbschalen gebildet, die durch Schrauben zusammengehalten werden.

Genau wie die Kolbenringe dienen auch die Stopfbuchsen nur zum Dichten, nicht zum Tragen der Kolbenstange. Diese wird vielmehr hinten vom Kreuzkopf, vorn von einer besonderen Trag-
Tragbuchse

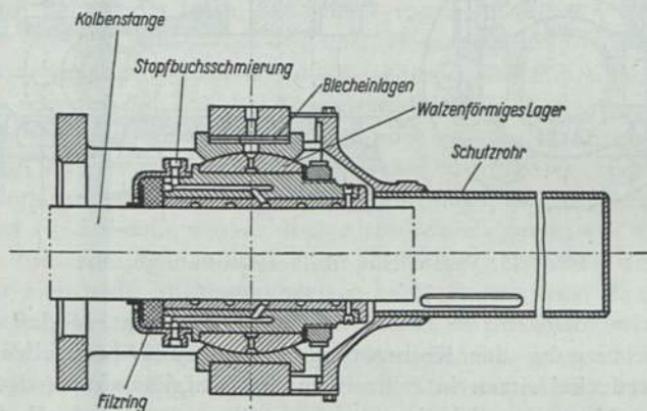


Bild 132. Kolbenstangentragbuchse älterer Bauart

buchse getragen, die an dem vorderen Zylinderdeckel angeschraubt ist. Die Tragbuchse besteht aus Gbz 14 und ist walzenförmig gelagert (Bild 132), so daß sie sich nach dem nicht ganz zu vermeidenden Durchhang der Kolbenstange einstellen kann. Über der Lager- schale, in der die Walze sitzt, liegen Blecheinlagen; ist die Trag- buchse etwas verschlissen, so nimmt man ein Blech von oben ab und legt es unter die untere Schale.

Am Halter für die Tragbuchse ist noch das Schutzrohr für das vordere Kolbenstangenende befestigt. Zum Schmieren der Kolben- stange saßen bisher außerhalb der Stopfbuchsen Filzringe, denen das Öl von einer Schmierpumpe im Führerhaus zugeführt wurde (s. S. 299). Neuerdings werden die Filzringe ausgebaut, weil sie das Riefigwerden der Kolbenstangen begünstigen, und das Öl wird über ein Schmier-

rohr mit Holzröhrchen zugeführt, das oben auf der Kolbenstange schleift (vgl. auch Bild 129).

Die neuesten Einheitslokomotiven erhalten Kolbenstangentragsbuchsen, die wesentlich einfacher nachzustellen sind (Bild 133); die eigentliche Tragsbuchse a besteht aus Tragsbuchsenkörper a_1 und Verschleißbuchse a_2 . Der Tragsbuchsenkörper ist an seitlichen Zapfen

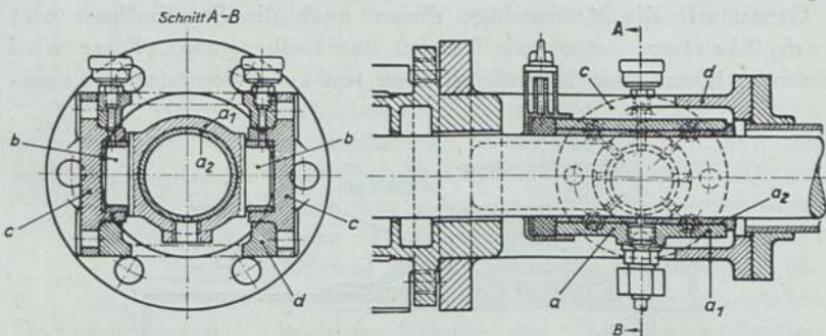


Bild 133. Verstellbare Kolbenstangentragsbuchse

fen b frei schwingend in Lagerdeckeln c aufgehängt, so daß er sich der Durchbiegung der Kolbenstange entsprechend einstellen kann. Die Lagerdeckel sitzen in Bohrungen des Tragskörpers d , doch sind diese zur Mitte der Schwingzapfen außermittig; durch Drehen der Lagerdeckel kann also die Tragsbuchse in der Höhe um das Maß des Verschleißes verstellt werden. Damit die Lagerdeckel stets übereinstimmend stehen, sind ihre Stellungen gekennzeichnet. Der WM-Ausguß der Verschleißbuchse ist nur $1\frac{1}{2}$ mm dick, so daß selbst beim Ausschmelzen des Ausgusses der Kolben nicht im Zylinder auflaufen kann. Auch hier fällt jetzt die Schmierung mit Filzring fort.

c) Die Zylinderausrüstung

Zur Zylinderausrüstung gehören die Zylinderventile, Zylindersicherheitsventile, die Druckausgleicheinrichtung und Zylindersaugventile.

Wie bereits auf S. 208 angegeben, werden die Schieberkästen und Zylinderräume über die Zylinderventile entwässert. Es sind dies kleine Ventilchen (Bild 129), die für gewöhnlich vom Dampfdruck geschlossen gehalten werden, aber mit einer Nockenstange über einen

Zylinder-
ventile

bis ins Führerhaus reichenden Hebelzug geöffnet werden können. Das Gehäuse des Zylinderventils hat unterhalb des Ventilsitzes eine Bohrung, durch die bei geöffnetem Ventil zugleich mit dem Dampf auch das Wasser ausgeblasen wird.

Die Zylinderventile müssen geöffnet werden

1. wenn die Lokomotive nach Beendigung des Dienstes abgestellt wird,

2. wenn die Zylinder angewärmt werden sollen,

3. wenn Wasser im Zylinder ist.

Die Arbeiten, die beim Anwärmen sowie Abstellen vorgenommen werden müssen, sind auf S. 487 und 505 angegeben.

Wasser gelangt in den Zylinder während der Fahrt durch Überreißen oder bildet sich bei längerem Stillstehen aus dem bei Abschluß der vorhergehenden Fahrt noch im Zylinder befindlichen Dampf. Wenn auch am Zylinderdeckel die später beschriebenen Zylindersicherheitsventile sitzen, so kann bei größerer Geschwindigkeit das Niederschlagwasser doch nicht schnell genug aus dem engen Raum zwischen Kolben und Zylinderdeckel abgeführt werden. Da Wasser sich nicht zusammenpressen läßt, so entstehen dann die sogenannten Wasserschläge, durch die Beschädigungen an Zylindern, Zylinderdeckeln und auch Rahmenbrüche auftreten können.

Wasserschlag

Der Zweck der Zylindersicherheitsventile ist, zu verhüten, daß im Zylinder ein zu hoher Druck entsteht. Naßdampfmaschinen haben übrigens keine Zylindersicherheitsventile, da bei zu hohem Druck die Schieber einfach abklappen. Die Ventilkörper der Zylindersicherheitsventile (Bild 129) werden durch eine Feder auf ihren Sitz gedrückt und öffnen, wenn in den HDZ der Kesseldruck, in den NDZ ein jeweils vorgeschriebener Druck erreicht wird.

Zylindersicherheitsventil

Das Zylindersaugventil, auch Luftsaugventil genannt, und die Druckausgleichsrichtung dienen zur Hauptsache dazu, Verluste im Leerlauf der Lokomotive zu vermeiden.

Zylindersaugventil und Druckausgleichsrichtung

Wenn aus der Fahrt unter Dampf zum Leerlauf übergegangen werden soll, wird der Regler geschlossen. Der im Zylinder verbliebene Dampfrest wird bei jedem Hub durch den Kolben verdichtet, und zwar um so mehr, je kleiner die Füllung ist. Wie wir auf S. 78 sahen, ist die Fläche unter der Verdichtungslinie ein Arbeitsverlust; im Leerlauf wird dieselbe Verdichtungsarbeit von der fahrenden Maschine aufgewendet und dadurch die im fahrenden Zug

steckende Energie aufgezehrt, d. h. der Lauf gehemmt. Man muß also den Verdichtungsdruck so gering wie möglich halten; das wird z. T. dadurch erreicht, daß man die Steuerung in der entsprechenden Fahrtrichtung voll auslegt.

Auch aus einem anderen Grunde muß der Verdichtungsdruck im Leerlauf gering sein: Die hin und her gehenden Triebwerksmassen werden vor dem Totpunkt durch das Dampfpolster zwischen Kolben und Zylinderdeckel elastisch aufgefangen. Solange der Regler offen ist und bei Beginn der Voreinströmung der Dampf auf den Kolben mit Kesselspannung drückt, vollzieht sich der Hubwechsel stoßlos. Wenn aber der Regler geschlossen ist, so entweicht in dem Augenblick, in dem der Schieber die Einströmung öffnet, der Verdichtungsdruck in die Einströmleitung, es verschwindet also das Dampfpolster plötzlich, und die Folge ist, daß die Triebwerksmassen im Totpunkt unter starkem Stoß auf Zapfen und Lager schlagen.

Nach dem Hubwechsel saugt der Kolben die Dampfeinströmung leer, wobei ein Unterdruck in der betreffenden Zylinderhälfte und ebenfalls ein Arbeitsverlust entsteht. Wenn dann der Schieber gegen Hubende die Ausströmung öffnet, wird Ruß und Lösche aus der Rauchkammer gesaugt. Dazu kommt, daß bei dem Unterdruck das Schmieröl schneller verdunstet. Verschmutzte und verkrustete Schieber, Schieberringe, Kolben und Kolbenringe sowie riefige Laufflächen sind die Folge des Unterdruckes.

Die gezeigten Mängel werden vermieden, wenn beide Arbeitsräume des Zylinders im Leerlauf miteinander durch einen Kanal verbunden werden, so daß der Zylinderinhalt von einer Zylinderhälfte in die andere geschoben wird. Hierzu dient die Druckausgleichsrichtung; das ist eine Verbindungsleitung, die bei älteren Lokomotiven auf der Rückseite der Zylinder (zwischen den Rahmenwangen) auf zwei unmittelbar zum vorderen und hinteren Arbeitsraume führende Kanäle gesetzt wird. Während der Fahrt unter Dampf muß selbstverständlich die Verbindung abgesperrt sein; deshalb ist in die Verbindungsleitung das mit Druckluft vom Führerhaus aus gesteuerte Druckausgleichsventil (Druckausgleicher) gesetzt (Bild 134).

Da bei höherer Geschwindigkeit die Querschnitte des Druckausgleichers nicht ausreichen, um jeden Unterdruck im Zylinder zu vermeiden, werden außerdem meist noch die Zylindersaugventile

Druckausgleichs-
einrichtung

Zylindersaugventile

(Bild 135) auf die Einströmleitung gesetzt; sie werden bei Leerlauf zugleich mit dem Druckausgleichsventil geöffnet, so daß Luft aus dem Freien in die Zylinder gesaugt wird.

Bei dem Zylindersaugventil und dem Druckausgleichsventil alter Bauart wird der Ventilteller durch eine Schließfeder an den Sitz gezogen, jedoch erst durch den Dampfdruck fest geschlossen ge-

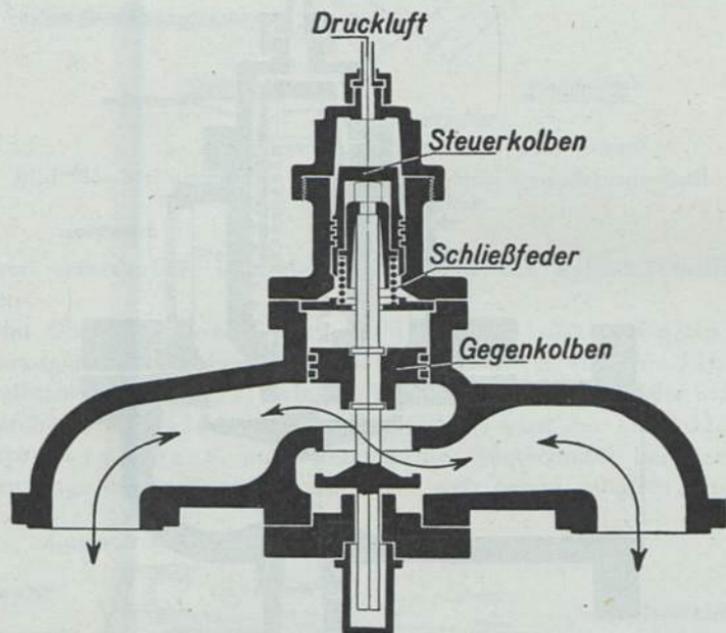


Bild 134. Druckausgleichsventil alter Bauart

halten; beim Druckausgleichsventil dient hierzu ein Gegenkolben, der einen größeren Durchmesser als der Ventilteller hat, also eine überschüssige Schließkraft ergibt.

Mit einem Anstellhahn im Führerhaus kann durch eine für Anstellhahn beide Ventile gemeinsame Leitung Druckluft aus dem Hauptluftbehälter auf die die Ventile steuernden Kolben gegeben werden, so daß sie öffnen. Sollen die Ventile wieder schließen, damit man unter Dampf weiterfahren kann, muß die Druckluft entweichen können.

Der Anstellhahn (Bild 136) hat demnach zwei Stellungen: In der Stellung I (Leerlaufstellung) gelangt Druckluft durch die Hahnbohrung b vom Hauptluftbehälter zu den Ventilen, in der Stellung II (Fahrstellung) ist der Hauptluftbehälter abgesperrt, dagegen kann

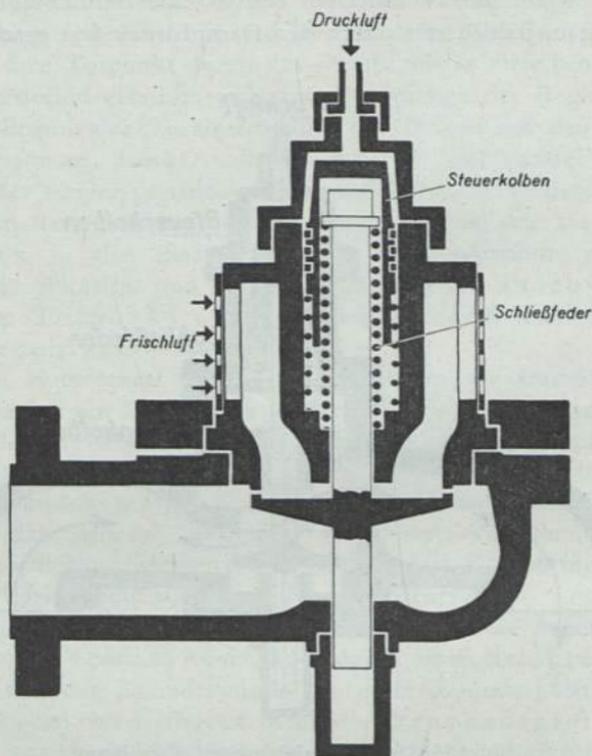


Bild 135. Zylindersaugventil

die Luft aus beiden Ventilen über die kleine Bohrung im Hahnküken sowie die Ausblasebohrung a ins Freie entweichen.

Übergang
in Leerlauf

Beim Übergang in den Leerlauf ist folgendermaßen zu verfahren: Absperrn des Dampfes durch Schließen des Reglers, Steuerung voll auslegen, dann Anstellhahn in Stellung I legen.

Beide Ventile sind auch zu öffnen, wenn der Dampf schnell aus der Einströmung gelassen werden soll, wie es z. B. bei Überreißen von

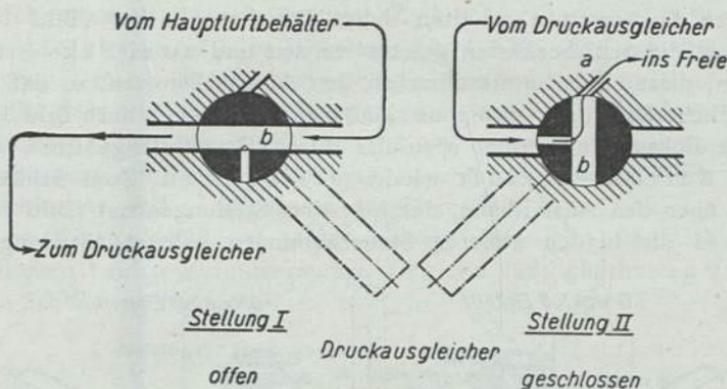


Bild 136. Stellungen des Anstellhahnes zum Zylindersaugventil und Druckausgleicher

Wasser erforderlich ist; gleichzeitig sind die Zylinderventile zu öffnen.

Beim Übergang vom Leerlauf in Fahrt unter Dampf ist so vorzugehen: Einziehen der Steuerung auf die gewünschte Füllung, Anstellhahn in Stellung II bringen, langsam den Dampfregler öffnen.

Durch die Kanäle des Druckausgleichers wird der schädliche Raum vergrößert, auch können die Querschnitte bei der beengten Lage hinter dem Zylinder nicht weit genug gehalten werden.

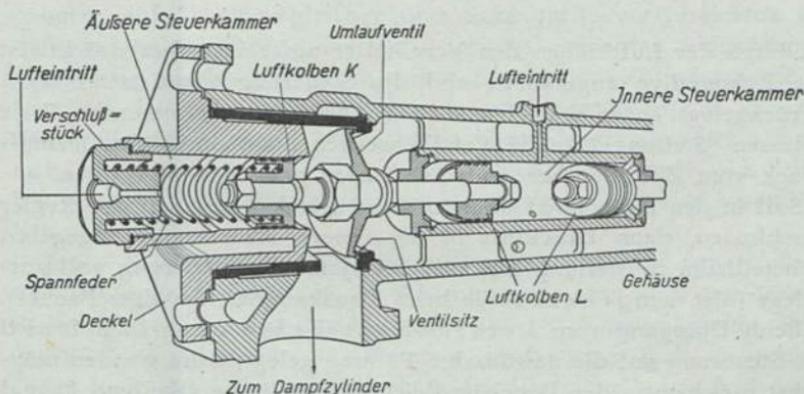


Bild 137. Druckausgleicher mit Eckventilen

Neuere Lokomotiven erhalten daher Druckausgleicher (Bild 137), die auf die Schieberkästen gesetzt werden und zwei Eckventile haben; diese sitzen unmittelbar an den Anschlußstutzen, so daß der schädliche Raum nur wenig vergrößert wird (vgl. auch Bild 124).

Die Eckventile werden ebenfalls durch Druckluft geöffnet, aber auch durch Druckluft wieder geschlossen. Zum Schließen wird über den Anstellhahn, der hier drei Stellungen hat (Bild 138), Luft in die beiden äußeren Steuerkammern geleitet (Stellung I),

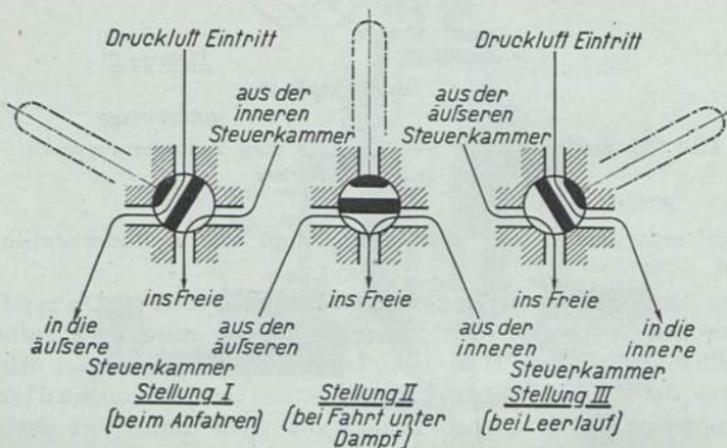


Bild 138. Anstellhahn zum Druckausgleicher mit Eckventilen

wodurch der Luftkolben den Ventilteller auf seinen Sitz drückt. Ist die Lokomotive angefahren und die Steuerung schon unter 50 % zurückgelegt, so wird Luft aus der äußeren Steuerkammer ins Freie gelassen (Stellung II); die Ventile werden dann durch den Dampfdruck vom Zylinder her und eine Feder geschlossen gehalten.

Soll in den Leerlauf übergegangen werden, so wird der Regler geschlossen, dann Druckluft in die innere Steuerkammer gegeben (Anstellhahn in Stellung III) und erst jetzt die Steuerung voll ausgelegt (also umgekehrt wie beim Druckausgleicher alter Bauart).

Beim Übergang vom Leerlauf zur Fahrt unter Dampf wird die Steuerung auf die gewünschte Füllung gelegt, dann werden möglichst gleichzeitig der Druckausgleicher geschlossen (Stellung I) und der Regler geöffnet.

Vereinzelt sind auch vereinigte Zylindersaug- und Druckausgleichventile im Gebrauch (Bild 139), die nur durch den Dampfdruck im Schieberkasten gesteuert werden. Beim Öffnen des Reglers wird der Ventilkörper durch den Dampfdruck im Schieberkasten gegen die Sitzflächen *m* und *o* gehoben und damit die Verbindung der beiden Zylinderräume unterbrochen; wird der Regler geschlossen, und verschwindet der Dampfdruck, so fällt das Ventil durch Eigengewicht auf seinen unteren Sitz, gibt die Verbindung zwischen beiden Zylinderräumen frei und läßt gleichzeitig Luft in den Schieberkasten treten.

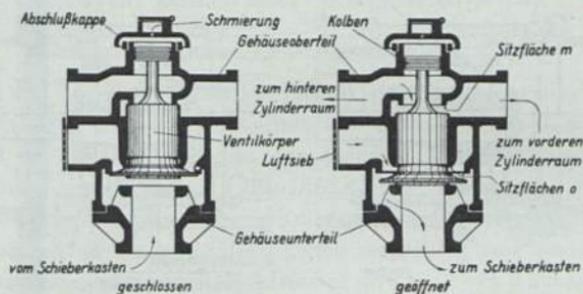


Bild 139. Vereinigtes Zylindersaug- und Druckausgleichventil

In letzter Zeit ist man in größerem Umfange dazu übergegangen, auf Druckausgleicher und Saugventile zu verzichten und dafür einen Schieber einzubauen, der die genannten Einrichtungen überflüssig macht, indem er selber die beiden Zylinderräume im Leerlauf der Lokomotive miteinander verbindet. Von den verschiedenen Bauarten dieser sogenannten Druckausgleichkolbenschieber soll hier der Karl-Schulz-Schieber (früher Nicolai-Schieber genannt, Bild 140) besprochen werden, der jetzt fast ausschließlich gebaut wird.

Jeder Schieberkörper besteht aus zwei Teilen, dem äußeren Kolbenkörper, der fest auf der Schieberstange sitzt, und dem inneren Kolbenkörper, der auf der Nabe des äußeren Körpers gleitet. Beide Teile bilden zusammen eine Kammer, in der eine starke Schraubenfeder liegt, die sie auseinanderhält. In dieser Stellung (Bild 140b) schließt der Schieber die Dampfkanäle überhaupt nicht ab, sondern

Druckausgleichkolbenschieber
Schulz-Schieber

der Zylinderinhalt wird über die Ausströmkanäle von einer Zylinderseite in die andere geschoben.

Sobald der Regler geöffnet wird, lastet der Dampfdruck auf dem inneren Kolbenkörper und schiebt ihn gegen den äußeren (Bild 140 a), so daß gewissermaßen nur noch ein Schieberkörper vorhanden ist, der in der gleichen Weise arbeitet wie ein Schieber der Regelbauart. Der Schieber klappt bereits bei einem Schieberkasten-druck von weniger als 1 kg/cm^2 zusammen.

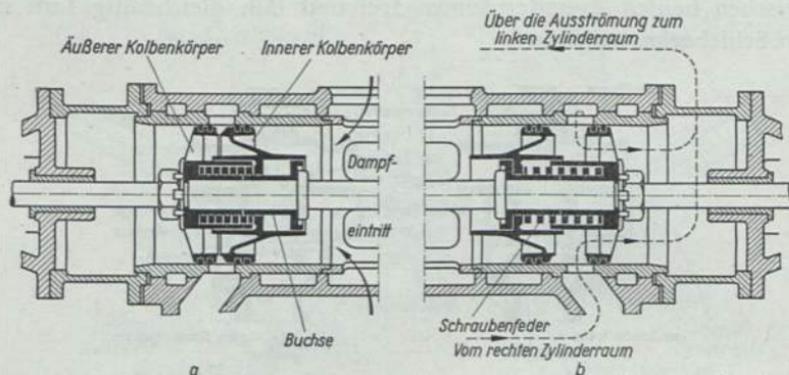


Bild 140. Karl-Schulz-Schieber

a) Arbeitsstellung, b) Ruhe- und Leerlaufstellung

Bei Lokomotiven mit Schulz-Schieber fallen das Zylinder-Sicherheitsventil und das Zylindersaugventil weg; wenn während der Fahrt durch Wasser im Zylinder ein zu hoher Druck in diesem entsteht, klappt der innere Schieberkörper ab, so daß das Wasser in die Ausströmung entweichen kann.

Behandlung Lokomotiven mit Schulz-Schieber sind etwas anders zu behandeln als Lokomotiven mit Regelschieber:

1. Beim Anfahren ist der Regler ganz langsam zu öffnen, damit der Schieber ganz ohne Schlag zusammenklappt.

2. Nach dem Schließen des Reglers soll die Steuerung ganz langsam ausgelegt werden, damit die Schieberteile langsam auseinandergehen. Bei vielen Lokomotivbauarten wird der beste Druckausgleich nicht bei voll ausgelegter Steuerung erreicht, sondern bei etwa 60 % Füllung.

3. Während der Fahrt darf unter keinen Umständen bei voll ausgelegter Steuerung Dampf gegeben werden, weil sonst der Schieber unter starkem Schlag zusammenklappt und beschädigt werden kann. Es ist erst die Steuerung auf Mitte zu legen, dann der Regler zu öffnen, zuletzt die Steuerung in die gewünschte Füllung zu legen.

4. Bei Lokomotiven mit Schulz-Schieber kann der Dampf nicht, wie bei den Lokomotiven der Regelbauart, schnell durch Öffnen des Druckausgleichers und des Zylindersaugventiles ins Freie gelassen werden. Es ist daher besonders darauf zu achten, daß vor Fahrthindernissen kein Wasser übergerissen wird.

3. Das Triebwerk

Die Bauteile, die die Kolbenkraft von der Kolbenstange auf die Kurbelzapfen übertragen, faßt man zusammen mit der Bezeichnung Triebwerk. Es sind dies der Kreuzkopf mit Gleitbahn und die Treib- und Kuppelstangen (vgl. Bild 121).

Der Kreuzkopf ist das Verbindungsglied zwischen Kolbenstange Kreuzkopf und Treibstange; er ist mit Gleitplatten versehen, mit denen er die hier auftretenden senkrechten Kräfte auf die Gleitbahn Gleitbahn überträgt. Da diese Kräfte je nach der Fahrtrichtung nach oben oder unten wirken (bei der meist üblichen Triebwerksanordnung bei Vorwärtsfahrt nach oben, bei Rückwärtsfahrt nach unten), wurde früher je eine Leitschiene oberhalb und unterhalb des Kreuzkopfes angeordnet. Heute ist allgemein die einschienige Gleitbahn üblich, die oberhalb des Kreuzkopfes liegt und einerseits auf dem hinteren Zylinderdeckel aufgelagert, andererseits an einem Querträger des Rahmens mit Paßschrauben befestigt ist (Tafel 2); ihr Querschnitt ist I-förmig, und als Baustoff ist Einsatzstahl (StC10.61) verwendet, da die Gleitflächen gehärtet und geschliffen sein müssen.

Der Kreuzkopf aus Stahlguß umfaßt die Gleitbahn völlig. Damit er aufgebracht werden kann, ist er geteilt ausgeführt; entweder hat er seitlich eine Deckplatte, die nachträglich aufgeschraubt wird, oder, wie Bild 141 zeigt, ein Zwischenstück, das den Kreuzkopfkörper oben abschließt und mit ihm durch Paßschrauben verbunden ist. Die Gleitplatten aus Rg5 haben Weißmetallausguß und sind mit dem Kreuzkopfkörper und dem Zwischenstück verschraubt; außerdem umfassen sie mit Leisten die Kreuzkopfteile vorn und hinten.

Zwischen Kreuzkopfgleitbahn und Kreuzkopfgleitplatte soll das Spiel möglichst gering sein, weil der Kreuzkopf sonst eckt, und zwar bei Hin- und Hergang verschieden, so daß die Kolbenstange auf Verbiegen beansprucht wird und schließlich infolge der vielen Biegungsschwingungen zu Bruch geht. Bei den zur Hauptsache vorwärts fahrenden Lokomotiven wird besonders die untere Gleitplatte abgenutzt. Ist eine Abnutzung von 1 mm erreicht, so kann sie durch Hinterlegen von 1 mm dicken Beilagen ausgeglichen werden.

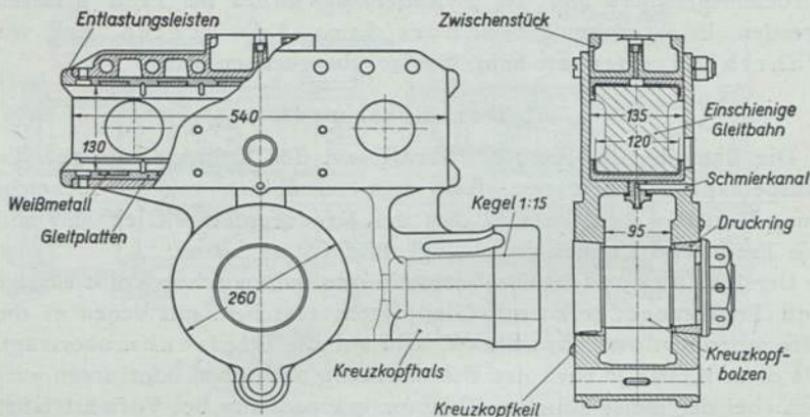


Bild 141. Kreuzkopf für einschienige Führung

Die Kolbenstange ist am Kreuzkopf durch Keil befestigt; die Stange hat am hinteren Ende einen geschliffenen Kegel 1:15, mit dem sie durch den Keil in den sogenannten Kreuzkopfhals hineingetrieben wird.

Kreuzkopfbolzen

Die Treibstange wird mit dem Kreuzkopf durch den Kreuzkopfbolzen verbunden; dieser besteht aus einem kegelförmigen Kopf, einem zylindrischen Schaft, der vom vorderen Treibstangenlager umfaßt wird, und einem kegeligen Schaftende, an das sich ein Gewindegewinde anschließt. Der Bolzen wird dadurch befestigt, daß zwischen dem Kegel am Schaftende und der kegeligen Bohrung in der äußeren Wange des Kreuzkopfkörpers ein gespaltener, kegelförmiger Druckring gelegt und durch eine Mutter fest in die Bohrung gedrückt wird.

Lenkeransatz

Unterhalb des Kreuzkopfbolzens befindet sich der Lenkeransatz, an dem der Bolzen mit Zapfen für die Lenkerstange sitzt.

Oben auf dem Kreuzkopf (bei neueren Lokomotiven also im Zwischenstück) befindet sich ein Ölgefäß, das die beiden Gleitflächen mit Schmieröl versorgt. Der unteren Gleitfläche fließt das Öl durch zwei Bohrungen an den Enden der Gleitbahn zu. Das Bolzenlager (vorderes Treibstangenlager) erhält bei älteren Lokomotiven Öl aus einem außen auf den Kreuzkopf geschraubten Schmiergefäß. Das Öl wird durch einen waagerechten Kanal nach innen geleitet und tropft in die Ölmulde im Stangenkopf (Bild 143), von der aus ein Schmierloch zum vorderen Treibstangenlager führt. Da das Schmierloch zu hoher Baustoffbeanspruchung führt und daher Ausgangspunkt vieler Treibstangenbrüche ist, erhält das vordere

Treibstangenlager neuerdings eine Fettschmierung (Bild 142), die im Kreuz-

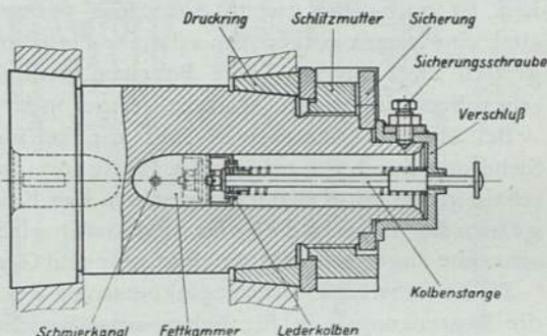


Bild 142. Kreuzkopfbolzen mit Fettschmierung

kopfbolzen eingebaut ist. Ein unter Federdruck stehender Kolben drückt das Fett durch Schmierkanäle im Bolzen der Lagerstelle zu. Die Fettkammer wird durch einen Deckel verschlossen, der mit Bajonettverschluß aufgesetzt und mit Schraube gesichert wird.

Die Treib- und Kuppelstangen (Tafel 2, 30—32) werden aus St 50 geschmiedet und erhalten im Schaft durch Ausfräsen einen I-förmigen Querschnitt, so daß sie trotz geringem Gewicht sehr widerstandsfähig sind. Die Stangenköpfe (Bild 143), die die Zapfen umfassen, werden im allgemeinen geschlossen ausgeführt; offene, d. h. erst durch besondere Bauteile geschlossene Köpfe werden eigentlich nur bei innen liegendem Triebwerk angewendet, wo man geschlossene Köpfe nicht verwenden kann (Bild 144 und 145).

In sämtlichen Stangenköpfen sind besondere Lager aus Rotguß, die, außer beim vorderen Treibstangenlager, mit einem Weißmetallausguß versehen sind. Der Baustoff der Lager ist Rg 9, beim vorderen Treibstangenlager Rg 5. Die Lagerschalen im hinteren Treibstangenkopf (Bild 143) bestehen aus zwei Hälften, von denen die

Treib- und Kuppelstangen

Stangenlager

Hinteres Treibstangenlager

eine nachstellbar ist; sie haben vorn einen Bund, der sich gegen die Wange des Stangenkopfes legt, hinten nur seitliche Lappen. Bei der vorderen Lagerschale greifen also Bund und Lappen um den Stangenkopf, so daß sie in der Querrichtung völlig festliegt. In der hinteren Lagerschale liegt zwischen Bund und Lappen ein keilförmiges Druckstück, gegen das sich ein Stellkeil legt. Dieser hat einen angeschmiedeten Gewindeansatz und kann durch eine Mutter angezogen und durch Gegenmutter gesichert werden. Für den Stellkeil ist noch eine zweite Sicherung vorhanden. Im Stangenschloß sitzt eine genau eingepaßte schmale Platte mit Schlitz; durch diesen greifen zwei durch je eine Bohrung im Stellkeil gehende Vierkantschrauben, die durch Muttern festgezogen werden.

Stangen-
lagerstellkeil

Bei älteren Lokomotiven fällt die keilförmige Beilage und die Sicherung durch die eingepaßte Platte fort; hier ist die hintere Lagerschale gleich mit Keilfläche versehen. Der Keil selbst hat eine durchgehende Gewindebohrung und wird durch eine Stellkeilschraube angezogen, die durch Mutter und Gegenmutter gesichert wird.

Da bei schweren Güterzuglokomotiven der Treibstangenkopf unten die Begrenzungslinie für Fahrzeuge überschreiten würde, wird hier die Keilnachstellung an die vordere Lagerschale verlegt.

Weißmetall-
ausguß

Damit der Weißmetallausguß festsitzt, haben die Lagerschalen Schwalbenschwanz-Ringnuten, in denen sich das Lagermetall festklammert (Bild 144). Der Ausguß ist nicht ganz um den Zapfen herumgeführt, sondern hört schon etwas vor dem Lagerstoß auf; es entstehen so Querleisten, die hinter dem Ausguß zurückstehen müssen, damit sie den Zapfen nicht berühren. In den Ausguß werden neuerdings Nuten eingefräst, die Filzstreifen als Schmierpolster aufnehmen.

Dünn-
gußlager

Während der WM-Ausguß früher eine Dicke von 5 mm hatte (Bild 144), werden heute Dünngußlager mit Ausgußdicken von 1,5 bis 2 mm eingeführt (Bild 143). Das W-Metall wird entweder mit feinem Gewinde oder kleinen Schwalbenschwänzen mit der Lagerschale verklammert. Durch Einführung dieser Lager sind erhebliche Mengen an dem Hauptbestandteil des WM, dem Zinn, eingespart worden, das ja aus dem Ausland bezogen wird. Beispielsweise werden bei der Bauart 03 statt bisher 205 kg WM nur rd. 50 kg für den Ausguß sämtlicher Achs- und Stangenlager benötigt. Ein weiterer Vorteil ist, daß infolge des Gußverfahrens (Guß unter Stickstoffdruck oder im Schleuderverfahren) das Gefüge des WM ein feineres ist; in Verbin-

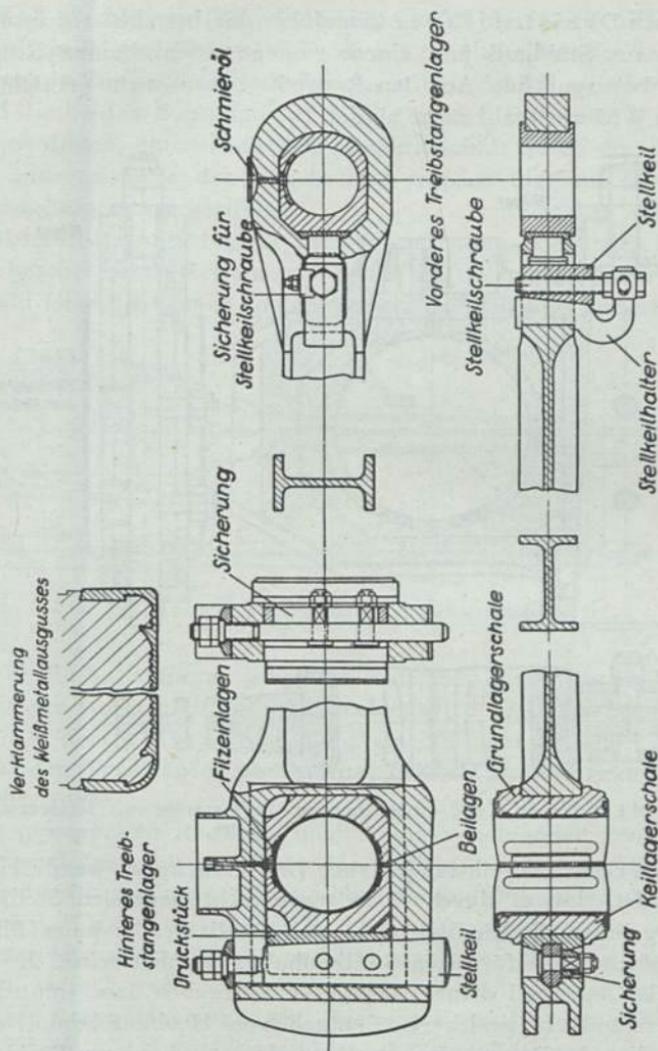


Bild 143. Treibstangenköpfe und -lager

derung mit der rascheren Wärmeabfuhr infolge der geringeren Ausgußdicke ergibt sich eine wesentlich längere Betriebsdauer.

Die Dünngußlager erfordern aber einen unnötigen Aufwand an dem teuren und ebenfalls devisenzehrenden Rotguß; es werden des-

Dreistoff-
lager halb auch Dreistofflager eingeführt. Sie bestehen aus dem Lagerkörper aus Stahlguß und einem eingegossenen dünnen Rotgußteil, der WM-Ausguß hat. Auf den Rotgußteil kann nicht verzichtet werden, da WM mit Stahl nicht bindet.

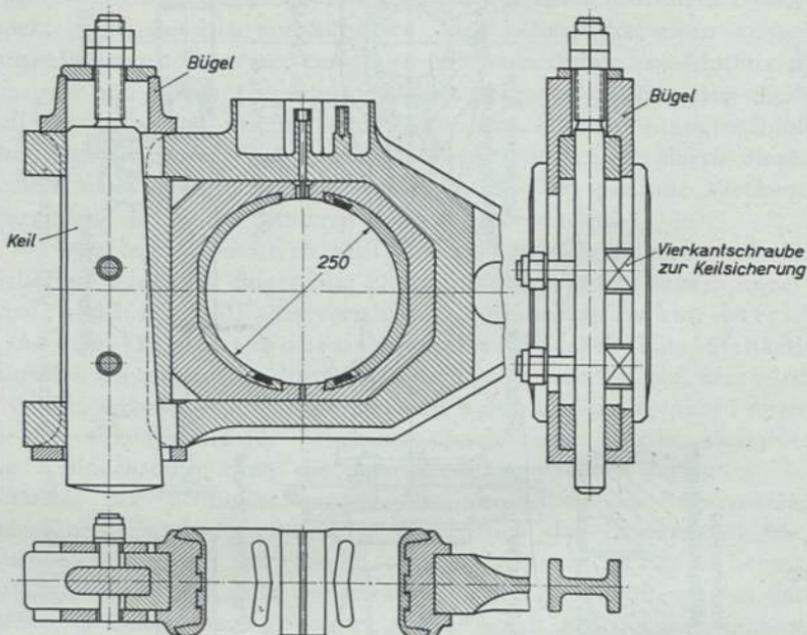


Bild 144. Offener Kopf einer inneren Treibstange mit Keilverschluss

Vorderes
Treib-
stangen-
lager Das vordere Treibstangenlager (im Kreuzkopf) wurde bisher so ausgebildet, daß es durch einen waagrecht liegenden Stellkeil mit durchgehender Stellkeilschraube nachgestellt werden kann (Bild 143), die in einem bügelförmigen Stellkeilhalter geführt wird, der gleichzeitig als Gegenkeil dient. Die Stellkeilschrauben bzw. -mutter sind selbstverständlich gesichert. Stangen von Neubaulokomotiven und solche, die als Ersatz eingebaut werden, sind ohne Keilnachstellung als Buchsenlager (s. S. 229) ausgeführt, um den Keilaußschnitt zu vermeiden, der ebenfalls eine Ursache von Stangenbrüchen ist (Bild 145).

Offene Köpfe der inneren Treibstangen werden durch einen

starken Keil geschlossen (Bild 144). Damit sich der Kopf nicht aufbiegt, wird ein Bügel übergesteckt; dieser erhält beiderseits Schlitzte. Schrauben mit Vierkantkopf werden durch den Schlitz auf der einen Seite und die beiden Bohrungen im Keil gesteckt, legen sich mit dem Kopf gegen diesen, greifen mit dem Gewindenschaft durch den Schlitz auf der anderen Seite des Bügels und werden hier mit Kronenmuttern angezogen und gesichert.

Bei Lokomotiven mit kleinem Treibraddurchmesser würden Köpfe der eben beschriebenen Art unten über die Begrenzungslinie für Fahrzeuge (Bild 52) hinausragen; daher verwendet man hier andere Bau-

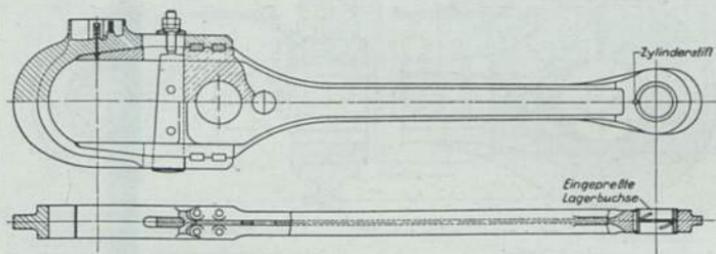


Bild 145. Innere Treibstange mit Schnallenkopf

arten, z. B. die sogenannten Schnallenköpfe, bei denen die Keilnachsstellung in die vordere Lagerschale verlegt wird (Bild 145).

Durch die Kuppelstangen wird ein Teil der von der Treibstange auf den Treibzapfen übergeleiteten Kraft auf die gekuppelten Achsen übertragen. Kuppelstangen

Da die gekuppelten Radsätze unabhängig voneinander den Gleisunebenheiten folgen, können einteilige Stangen nur zum Kuppeln des Treibradsatzes mit einem benachbarten Radsatz verwendet werden (Tafel 2, 31); müssen weitere Radsätze gekuppelt werden, so sind die weiteren Kuppelstangen (30 und 32) immer mit der vorhergehenden durch Gelenk verbunden (Bild 146), so daß sie sich um eine waagerechte Achse drehen können. Das eine Kuppelstangenende wird zu dem Zweck als Gabel ausgebildet, die einen dünner gehaltenen Ansatz am Kopf der vorhergehenden Stange umfaßt. Die Gelenkbolzen werden ebenso ausgebildet wie die Kreuzkopfbolzen und auch in derselben Weise befestigt.

Bei Lokomotiven mit vielen gekuppelten Radsätzen ist es notwendig,

den ersten und letzten Kuppelradsatz seitenverschieblich (vgl. S. 284) zu machen; man bildet dann den Zapfen länger aus als das Lager, so daß trotz der Seitenbewegung des Radsatzes die Stange nicht abgebowen wird.

Wenn es nicht möglich ist, den Zapfen länger zu machen, weil er sonst bei Seitenbewegung des Radsatzes an andere Teile, z. B. den Kreuzkopf, stoßen würde, werden die Stangenlager um eine senkrechte Achse drehbar gemacht. Die Lagerschalen umfassen walzen-

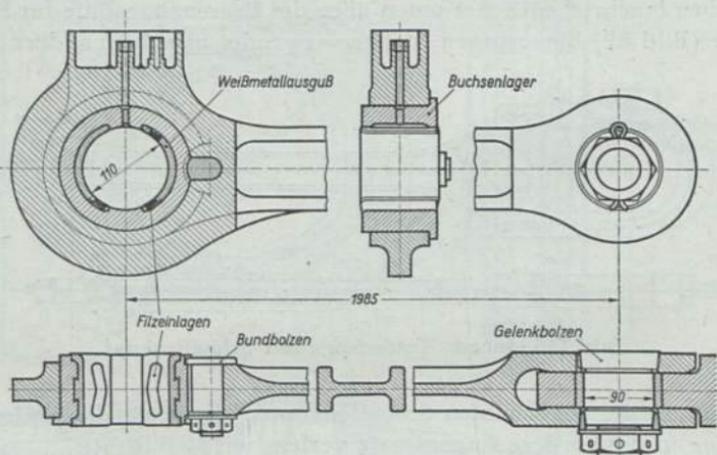


Bild 146. Kuppelstange mit Buchsenlager

förmige Gelenkstücke, die sich im Stangenkopf auf der einen Seite gegen einen Schuh, auf der anderen gegen eine Beilage legen (Walzenlager, Bild 147). Die Kuppelstangen werden dann ebenfalls mit den benachbarten horizontal schwenkbar verbunden.

Die Kuppelstangenlager sind bei älteren Lokomotiven ebenfalls mit Keilnachstellung ausgebildet, die Lagerschalen mit einem WM-Ausguß versehen.

Im Betriebe nutzt sich der WM-Ausguß vor allem in der Richtung der Stangenkraft ab, die Lagerbohrung wird also länglich, und das Lager fängt an zu schlagen. Ein Nachziehen des Stellschrauben wäre zwecklos, wenn die Stoßkanten der beiden Lagerschalen aneinander stoßen. Um nun im Betriebe die Abnutzung stets wieder ausgleichen zu können, werden bei neu ausgegossenen Treib- und Kuppel-

Stangenlagern in die Stoßfugen Beilagen aus Messingblech von 3 bis 4 mm Dicke gelegt. Ist merkliches Zapfenspiel eingetreten, so werden, und zwar bei den Kuppelstangen an allen Lagern gleichzeitig, die Beilagen herausgenommen und durch um $\frac{1}{2}$ mm dünnere ersetzt, dann die Stangenstellkeile wieder gleichmäßig fest angezogen. Damit der Abstand der Stangenlagermitten (Stichmaß) hierbei nicht ver-

Stangen-
lager-
beilagen

Stichmaß

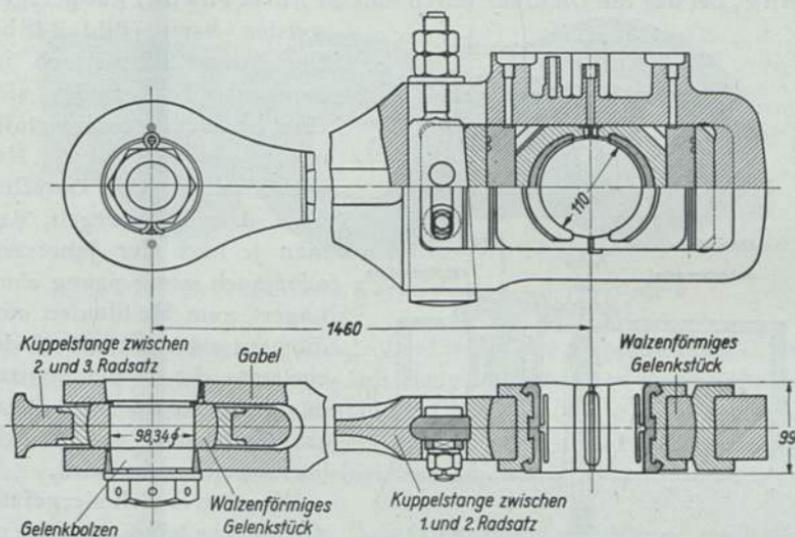


Bild 147. Kuppelstange mit walzenförmigem Lager

ändert und etwa Klemmen der Stange verursacht wird, liegen die Stellkeile bei allen Kuppelstangenlagern an derselben Seite, entweder vorn oder hinten. Nach dem Nachstellen der Keile sollen Treib- sowie Kuppelstangen sich bei kräftigem Zupacken noch auf dem Zapfen hin und her schieben lassen.

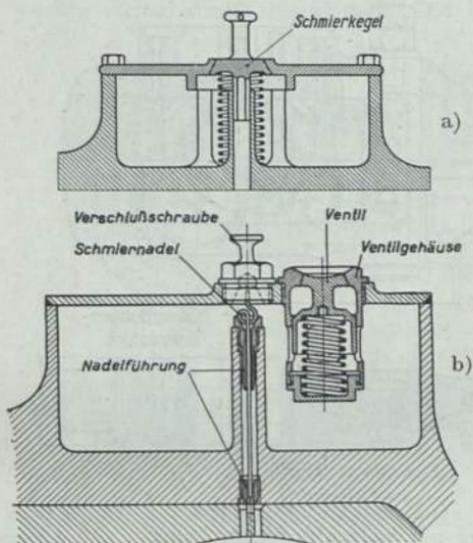
Bei den neueren Einheitslokomotiven werden in den Kuppelstangen die sogenannten Buchsenlager (Bild 146) verwendet, die in den Stangenkopf eingepreßt und gegen Verdrehen durch einen Bundbolzen gesichert sind.

Buchsen-
lager

Die Stangenlager erhalten Öl aus Schmiergefäßen, die im Oberteil der Stangenköpfe eingefräst und durch Deckel verschlossen sind (Bild 148 a); letztere werden, um Ölverluste zu vermeiden, neuer-

Schmier-
rung der
Stangen-
lager

dings aufgeschweißt. Die Einfüllöffnung in dem Deckel wird durch einen Kegel verschlossen. Der Führungsstift des Kegels bewegt sich in einer Führungstülle, die bis zum Lager durchgebohrt ist, und ist seitlich abgefast, so daß das Öl, wenn es bei der Bewegung der Lokomotive herumgeschleudert wird, durch diesen kleinen Querschnitt fließen kann. Neuere Lokomotiven erhalten Nadelschmierung, bei der die Ölzufuhr durch eine Schmiernadel gut geregelt werden kann (Bild 148b).



a) ältere Bauart, b) neuere Nadelschmierung

Bild 148. Stangenlagerschmiergefäße

sonst kein Öl abfließen kann. Bei der Nadelschmierung verhindert die in den Ölraum ragende Wandung des Ventilgehäuses, daß das Gefäß völlig gefüllt wird; es verbleibt über der Schmiernadel stets ein Luftraum.

Wälzlager Versuchsweise werden für Treib- und Kuppelstangen auch Wälzlager benutzt, die einen erheblich geringeren Reibungswiderstand haben. Ihre Verwendung gibt zwar gewisse bauliche Schwierigkeiten, weil infolge der größeren Lagerabmessungen die Stangenköpfe und, dadurch bedingt, die Gegengewichte schwerer werden, bietet aber andererseits den Vorteil, daß die Unterhaltungskosten und der

Über dem Schmierloch im Stangenkopf befindet sich eine besondere Schmiertülle mit 2 eingeschraubten Nadelführungen. Der Ölzufluß wird dadurch geregelt, daß man je nach der Jahreszeit oder auch der Neigung eines Lagers zum Heißlaufen eine dünnere oder dickere Nadel einsetzt; die Nadel ist zugänglich, wenn die Verschlusschraube im Deckel herausgeschraubt wird.

Die älteren Schmiergefäße dürfen nie bis zum Überlaufen gefüllt werden, sondern es muß immer noch ein kleiner Luftraum unter dem Schmierkegel verbleiben, weil

Schmierölverbrauch im Betrieb gering werden. Die Lager werden beim Einbau mit Fett gefüllt, das infolge der besonderen Abdichtung nicht verlorenght. Es ist auch zu erwarten, daß die Betriebstüchtigkeit durch diese Lager gehoben wird, da Heißläufer hier ausgeschlossen sind.

Bild 149 zeigt die Ausführung für eine Lokomotive der Bau-

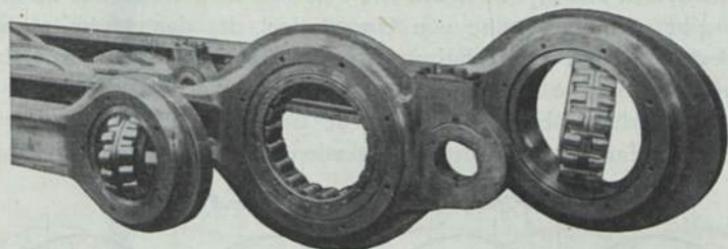


Bild 149. Treib- und Kuppelstangen mit Wälzlagern

art 01, links das Fischer-Pendelrollenlager einer Kuppelstange, in der Mitte das Zylinderrollenlager am Hauptkuppelzapfen und rechts das Pendelrollenlager der Treibstange. Die Pendelrollen gestatten, daß sich die Treib- und Kuppelzapfen folgend dem Federspiel schief zur vertikalen Stangenebene einstellen können.

F. Mehrzylinder- und Verbundlokomotiven

1. Gründe für den Bau von Mehrzylinderlokomotiven

Für die Beschreibung der Einzelteile einer Lokomotivdampfmaschine wurde die heute am häufigsten vorkommende Bauart gewählt, nämlich die der Zweizylinderlokomotive mit einstufiger Dampfdehnung (Zwillingslokomotive) mit außen liegendem Triebwerk und außen liegender Steuerung.

Zwillingslokomotive

Zwillingslokomotiven mit innen, d. h. zwischen den Rahmenwangen liegenden Zylindern sind in Deutschland wenig gebaut worden, im Gegensatz zum Ausland, wo diese Anordnung heute noch viel anzutreffen ist. Zwillingslokomotiven mit außen liegendem Triebwerk und innen liegender Steuerung wurden dagegen auch bei uns früher viel gebaut.

Die oben genannte, heute für Zwillingslokomotiven meist gebräuch-

liche Anordnung hat den in Deutschland schon frühzeitig erkannten Vorteil, daß alle Triebwerks- und Steuerungsteile leicht zugänglich sind, daher im Betriebe gut überwacht und gewartet werden können.

Zwei-
zylinder-
Verbund-
lokomotive

Die Zweizylinder-Verbundlokomotive (über Verbundwirkung vgl. S. 82) unterscheidet sich von der Zwillinglokomotive in der Triebwerks- und Steuerungsanordnung nicht. In Deutschland ist es üblich, den HD-Zylinder auf die rechte Lokomotivseite zu legen.

Es gibt nun eine Reihe von Umständen, die dazu führen, die in Anschaffung und Unterhaltung verhältnismäßig billigere Zweizylinderlokomotive zu verlassen und zu Lokomotiven mit mehr als zwei Zylindern überzugehen. Solche Gründe sind:

1. Die verlangten Zugkräfte werden so groß, daß verschiedene

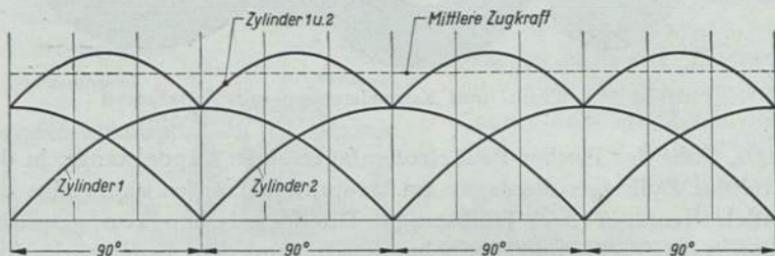


Bild 150. Verlauf der Zughakenkräfte bei einer Zwillinglokomotive während einer Treibradumdrehung (4 arbeitende Kolbenseiten)

Bauteile nicht mehr innerhalb der Begrenzungslinie für Fahrzeuge nach der BO untergebracht werden können. Das sind vor allem die ND-Zylinder der Verbundlokomotiven oder, was besonders für Güterzuglokomotiven mit kleinem Raddurchmesser in Frage kommt, die Treibstangenköpfe. Werden die Zugkräfte auf mehr als zwei Zylinder verteilt, so können selbstverständlich die Bauteile der einzelnen Dampfmaschinen kleiner gehalten werden.

2. Es wird eine gleichmäßige Zugkraft verlangt; das ist insbesondere für Lokomotiven auf Strecken mit starker Steigung erforderlich. Wir sahen auf Seite 70, daß die während einer Treibradumdrehung ausgeübte Zugkraft schwankt; sie weist Höchst- und Kleinstwerte entsprechend der Zahl der arbeitenden Zylinderräume auf. Im Bild 150 sind beispielsweise die Verhältnisse für eine Zwillinglokomotive dargestellt. Es sind die von jedem der Zylinder her-

rührenden Zugkräfte angegeben, darüber die Summe der Kräfte aufgetragen, die während einer Treibradumdrehung, gleich zwei Kolbenhüben, am Zughaken wirksam ist. Entsprechend den vier arbeitenden Zylinderräumen sind vier Höchst- und vier Kleinstwerte vorhanden.

Rüstet man eine Lokomotive von gleicher Leistung wie die Zwillingslokomotive mit drei Zylindern aus, so werden diese natürlich im Durchmesser kleiner, und die von jedem Zylinder entwickelte Zugkraft ist um $\frac{1}{3}$ geringer. Bildet man wieder die Summe der Einzelkräfte (Bild 151), um die Gesamtzugkraft zu bekommen, so entstehen entsprechend den sechs arbeitenden Zylinderräumen sechs Höchst- und sechs Kleinstwerte, nur ist der Unterschied zwischen Höchst- und Kleinstwert bedeutend geringer.

Drillingslokomotive

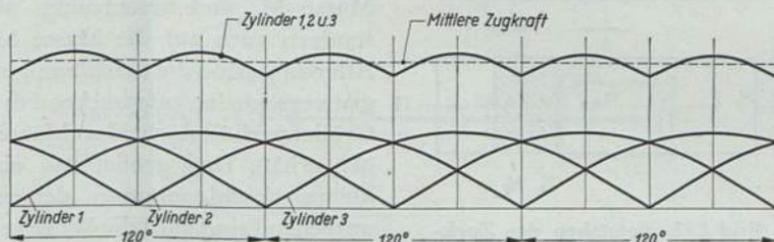


Bild 151. Verlauf der Zughakenkräfte bei einer Drillingslokomotive während einer Treibradumdrehung (6 arbeitende Kolbenseiten)

Auch im Anfahren zeigt eine Dreizylinderlokomotive mit einfacher Dampfdehnung Vorteile, da, falls der eine Kolben im Totpunkt steht, immer die beiden anderen sich in einer für das Anfahren günstigen Stellung befinden.

Das bessere Anfahrvermögen und die geringeren Zugkraftschwankungen machen also die Dreizylinderlokomotive für den Dienst auf starken Steigungen besonders geeignet.

3. Man will die durch die hin und her gehenden Triebwerksmassen hervorgerufenen, sogenannten störenden Bewegungen der Lokomotive, das Zucken und das Drehen, vermindern, weil durch sie ein größerer Verschleiß aller Lokomotivteile herbeigeführt wird.

Störende Bewegungen durch Massenkräfte

Das Zucken kommt folgendermaßen zustande: Man denke sich eine kleine Masse M_1 mit dem Schwerpunkt S_1 liegend auf einer großen, freischwebend gedachten Masse M_2 mit dem Schwerpunkt S_2 (Bild 152). Der gemeinsame Schwerpunkt S liegt auf der Verbindungs-

linie zwischen beiden Schwerpunkten S_1 und S_2 . Nun soll M_1 durch eine Kraft, die nicht von außen kommt, etwa durch die Kraft einer an M_2 befestigten, gespannten Feder aus Stellung I in Stellung II gebracht werden, so daß sich der Schwerpunkt S_1 um die Strecke a verlegt. Nach einem Gesetz der Mechanik muß dabei die Lage des gemeinsamen Schwerpunktes S erhalten bleiben, da die Gesamtmasse $M_1 + M_2$ keinen Antrieb von außen bekommen hat; also muß sich

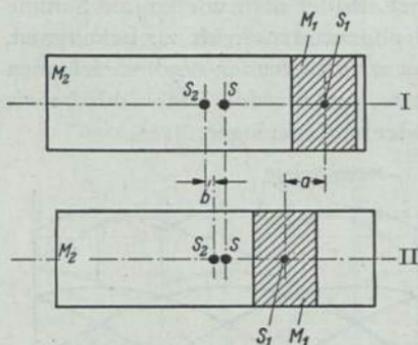


Bild 152. Entstehen der Zuckbewegung einer Lokomotive

der Schwerpunkt S_2 entgegengesetzt verlegen, d. h. M_2 um das Stück b verschieben. Das ist leicht einzusehen, denn die Kraft der Feder wirkt nicht nur auf die Masse M_1 und beschleunigt sie, sondern auch auf die Masse M_2 . Allerdings sind die Beschleunigungen verschieden entsprechend dem Größenverhältnis beider Massen. M_1 erhält eine große, M_2 eine kleine Beschleunigung; dementsprechend sind auch die Wege verschieden. Nach dem Gesetz ist $M_1 \cdot a = M_2 \cdot b$.

„Zucken“
der Lokomotive

Zwar gilt das Gesetz in vollem Umfange nur für freischwebende Massen, doch äußert es sich auch bei der fahrenden Lokomotive, und zwar in einem Zucken.

Die kleine Masse besteht aus den hin und her gehenden Triebwerksteilen (man rechnet hierzu außer Kolben, Kolbenstange und Kreuzkopf noch $\frac{2}{5}$ der Treibstange), die um den Weg a gleich dem Kolbenhub verlegt werden; die große Masse, die den Zuckweg b zurücklegt, ist die Lokomotive ohne die genannten Triebwerksteile. Aus dem Gesetz kann man noch herauslesen, daß der Zuckweg geringer wird, wenn man die große Masse vergrößert: aus diesem Grunde wird die Lokomotive mit dem Tender unter Zwischenschaltung von Federn, die stets unter Spannung stehen, so fest gekuppelt, daß beide zusammen eine Masse bilden.

Gegen-
gewicht

Die Zuckwirkung kann man verringern, indem man in das Treibrad ein Gegengewicht setzt, das entgegengesetzt dem Treibzapfen angebracht ist. In der Zeit, in der die hin und her gehen-

den Massen um den Kolbenhub verschoben werden, wird das Gegengewicht in entgegengesetzter Richtung bewegt, arbeitet also der Wirkung der den Zuckweg hervorrufenden Triebwerksmassen entgegen.

Leider kann man das Gegengewicht nicht so groß machen, daß die hin und her gehenden Massen vollständig ausgeglichen werden. Die beiden gegeneinander arbeitenden Kräfte wären nämlich nur im Kolbentotpunkt in der Größe gleich und in der Richtung entgegengesetzt (Bild 153). In jeder anderen Treibkurbelstellung würde der Fliehkraft des Gegengewichts, die ja stets vom Radmittelpunkt fort gerichtet ist, keine genügende Massenkraft aus dem Triebwerk entgegenarbeiten; bei höchster und tiefster Treibzapfenstellung fällt so-

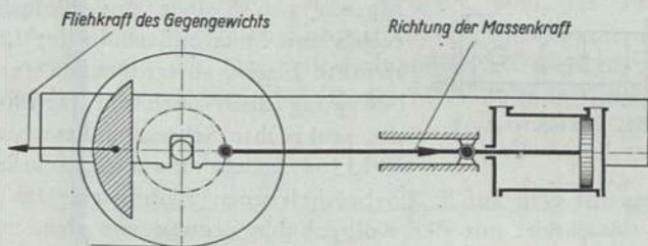


Bild 153. Wirkung des Gegengewichts im Treibrad

gar jede entgegengesetzte Kraft fort. Das Gegengewicht würde also bei höchster Treibzapfenstellung mit seiner vollen Fliehkraft auf die Schienen hämmern, diese und den Oberbau stark beanspruchend, und bei tiefster Treibzapfenstellung in unzulässiger Weise den Rad-
druck verringern. Aus diesem Grunde ist in der BO vorgeschrieben, daß der Ausgleich durch die Gegengewichte nur so groß sein darf, daß bei der Höchstgeschwindigkeit durch die hämmern-
de Wirkung der Gegengewichte (freie Fliehkraft) 15 % des Raddruckes bei stillstehender Maschine nicht überschritten werden dürfen. In-
folge dieser Bestimmung können bei Schnellzuglokomotiven nur etwa 15—20 %, bei Güterzuglokomotiven 30—40 % der hin und her gehen-
den Massen ausgeglichen werden; es verbleibt demnach ein Rest, die freie Massenkraft, die das Zucken hervorruft.

Bei einer Dreizylinderlokomotive, bei der die Treibkurbeln um 120° versetzt werden, ist überhaupt keine freie Massenkraft vorhanden, die ein Zucken verursachen kann, da sich die Massenkraft der drei Triebwerke gegenseitig das Gleichgewicht halten.

Freie
Fliehkraft

Bei einer Vierzylinderlokomotive mit einfacher Dampfdehnung (Vierlingslokomotive) werden die genannten Massenkräfte ebenfalls völlig ausgeglichen, wenn je zwei nebeneinander liegende Triebwerke gegenläufig, d. h. um 180° gegeneinander versetzt sind, so daß sich die hin und her gehenden Triebwerksmassen stets in entgegengesetzter Richtung bewegen. Zum Bau dieser Lokomotiven besteht aber kaum Anlaß, da sich die größten Leistungen in einer Drillingsmaschine unterbringen lassen und die Vierlingslokomotive unnötig teuer wird.

Die zweite störende Bewegung, das Drehen, entsteht auf folgende Weise: Wenn M_1 nicht, wie bei dem im Bild 152 gezeigten Beispiel, auf der Längsmittle von M_2 liegt, sondern außerhalb davon, so wie die

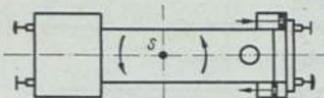


Bild 154. Drehbewegung einer Lokomotive

Massen von Kolben und Kolbenstange rechts und links außerhalb der Lokomotivmitte liegen, so tritt außer der Zuckbewegung auch noch ein Drehen um die senkrechte Schwerachse S ein (Bild 154). Nicht zu verwechseln ist diese

Bewegung mit dem auf S. 283 beschriebenen Schlingern. Das Drehen geht im Gleichtakt mit der Kolbenhubbewegung vor sich, während die Schwingungsdauer der Schlingerbewegung länger ist. Das Drehen wird ebenfalls durch die Gegengewichte in den Rädern verringert.

Andere störende Bewegungen, die vom Laufwerk herrühren, werden im Abschnitt G, S. 280, besprochen werden.

2. Die verschiedenen Zylinder- und Triebwerksanordnungen

Bei den Zwillings- und Zweizylinder-Verbundlokomotiven sind die Treibkurbeln um 90° gegeneinander versetzt; dabei ist es üblich, die rechte Treibkurbel der linken voraus eilen zu lassen. Welche Achse bei Lokomotiven mit mehreren gekuppelten Achsen angetrieben wird, hängt von der Bauart der Lokomotive ab, insbesondere der Lage der Zylinder. Die Triebstange darf weder zu lang werden wegen der mit der Länge wachsenden Beanspruchung auf Knicken, noch zu kurz, weil dadurch die Kreuzkopfdücke und Unregelmäßigkeiten in der Dampfverteilung (vgl. S. 65 und 88) größer werden.

Bei den Drei- und Vierzylinderlokomotiven unterscheidet man Ein- und Zweiachs-antrieb.

Einachs-antrieb

Beim Einachs-antrieb sitzen die Zylinder alle nebeneinander,

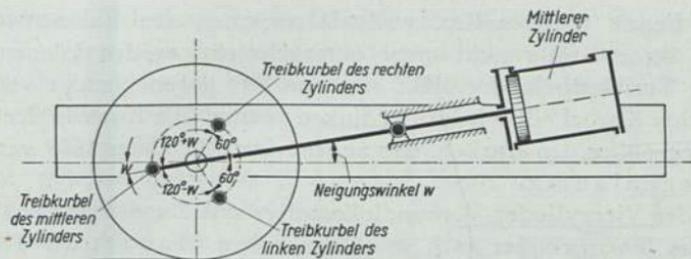


Bild 155. Einachsanztrieb bei einer Drillingslokomotive mit geneigtem mittleren Zylinder

die mittleren Zylinder häufig etwas geneigt, weil das Triebwerk über die Achse des vordersten Kuppelradsatzes hinwegkommen muß.

Die Pleuelarme der Dreizylinderlokomotiven werden um 120° gegeneinander versetzt; wenn jedoch der Mittelzylinder geneigt liegt,

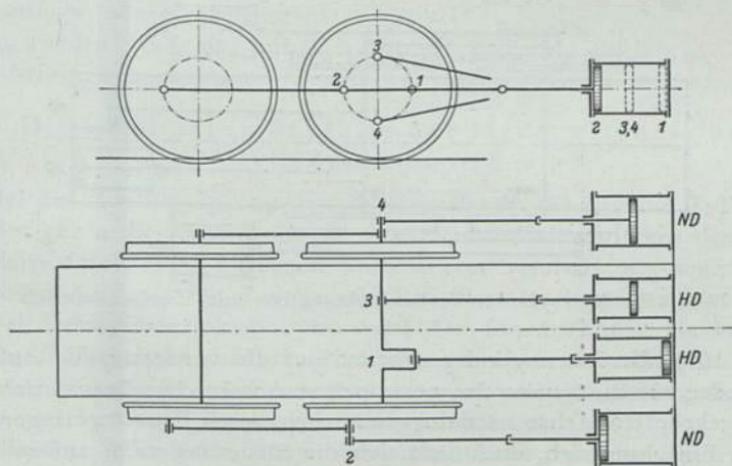


Bild 156. Vierzylinder-Verbundlokomotive mit Einachsanztrieb

wird dessen Pleuelarm um den Neigungswinkel w derart verschoben, daß der mittlere Pleuelarm im Totpunkt steht, wenn die anderen Pleuelarme unter einem Winkel von 60° gegen ihre zugehörige Zylinderachse geneigt stehen (Bild 155).

Vierzylinder-Verbundlokomotiven werden vielfach als sogenannte Bauart v. Borries mit Einachsanztrieb (Bild 156) ausgeführt. Die

NDZ liegen meist außen, weil sie zwischen den Rahmenwangen wegen ihrer Größe nicht mehr untergebracht werden können. Die beiden Treibkurbeln der HDZ sind um 90° gegeneinander versetzt, die rechte Kurbel eilt wieder der linken voraus. Die Kurbeln der NDZ sind gegenüber den Kurbeln der zugehörigen HDZ um 180° versetzt, also gegenläufig.

Zweiachs-
antrieb Bei der Vierzylinder-Verbundlokomotive mit Zweiachs-antrieb sind die Innenzylinder nach vorn verschoben (Bauart de Glehn,

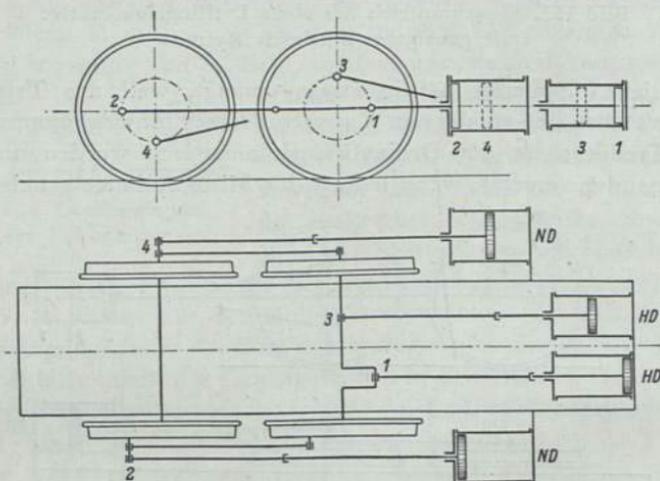


Bild 157. Vierzylinder-Verbundlokomotive mit Zweiachs-antrieb

Bild 157), die Innenzylinder arbeiten auf die vorderste, die Außenzylinder auf die zweite der gekuppelten Achsen. Die Beanspruchung der gekröpften Achse ist naturgemäß bei dieser Bauart geringer als beim Einachs-antrieb, doch läßt sich die Steuerung nicht auf so einfache Weise ausbilden wie bei diesem, da die Zylinder nicht nebeneinander liegen.

Mallet-
Loko-
motiven Zum Schluß sei noch eine Triebwerksanordnung angegeben, die gestattet, Lokomotiven mit einer Vielzahl von gekuppelten Achsen kurvenbeweglich zu machen, nämlich die Bauart Mallet (Bild 158). Außer einer Dampfmaschine üblicher Bauweise ist hier ein vorderes Drehgestell mit Dampfmaschine und einer Anzahl gekuppelter Achsen vorhanden; das Drehgestell ist mit dem hinteren Gestell

durch einen Gelenkzapfen verbunden. Der Kessel ist auf dem hinteren Teil fest, auf dem vorderen Dampfdruckgestell dagegen so gelagert, daß dieses nach beiden Seiten ausschwenken kann. Die Zuführung von Hochdruckdampf zum Dampfdruckgestell macht gewisse Schwierigkeiten, da gelenkige Verbindungen nötig sind; die Mallet-Lokomotiven werden deshalb vor allem als Verbundlokomotiven gebaut, wobei das Dampfdruckgestell die NDZ trägt. Für große Geschwindigkeiten sind diese Lokomotiven allerdings wenig geeignet und werden daher nur auf Steilstrecken verwendet.

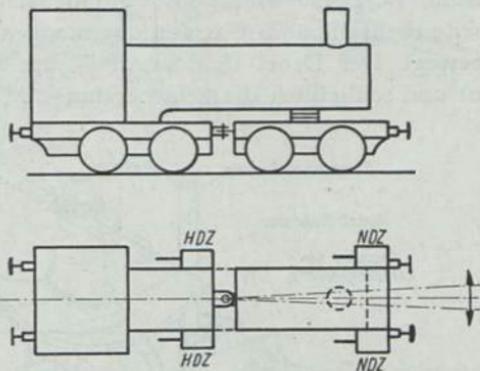


Bild 158.
Triebwerksanordnung bei einer
Mallet-Lokomotive

3. Die besonderen Bauteile der Mehrzylinder- und Verbundlokomotiven

Bei der Zwillingslokomotive üblicher Bauart werden die Zylinder außen gegen die Rahmenwangen gesetzt und diese zwischen den Zylindern durch einen kräftigen Kastenträger versteift, der meist das vordere Auflager für den Kessel (Rauchkammerträger) bildet.

Bei Dreizylinderlokomotiven wird der Innenzylinder als besonderes Gußstück ausgeführt (Bild 159), das mit dem Rahmen und den Außenzylindern fest verschraubt wird und gleichzeitig Rauchkammerträger und Rahmenversteifung bildet.

Die drei Zylinder haben je einen besonderen Dampfschieber, doch gibt man dem Innenzylinder nicht immer eine besondere äußere Steuerung, sondern leitet die Schieberbewegung von den Steuerungsantrieben der beiden Außenzylinder ab. Die im Bild 160 gezeigte Bauart ist bei den Lokomotiven der Bauartreihe 58¹⁰⁻²¹ angewandt; sie wirkt folgendermaßen:

Vom Voreilhebel V auf der rechten Lokomotivseite wird über Übertragungsstangen G und Übertragungshebel U die dreifach gelagerte Übertragungswelle Z bewegt. Auf dieser Welle sind zwei

Steuerung
des Innen-
zylinders
der Dreizylinder-
lokomotive

Doppelhebel D um 180° gegenüber dem Hebel U versetzt aufgekeilt, kehren also die Bewegung vom rechten Voreilhebel her um; gleichzeitig tragen sie die Lager für eine zweite Welle, die Schwingwelle W. Diese wird vom Voreilhebel auf der linken Lokomotivseite ebenfalls über Übertragungsstangen G und Übertragungshebel U bewegt. Der Hebel H, der auf W um 180° gegenüber U aufgekeilt ist und schließlich die Schieberstange M bewegt, unterliegt also zwei

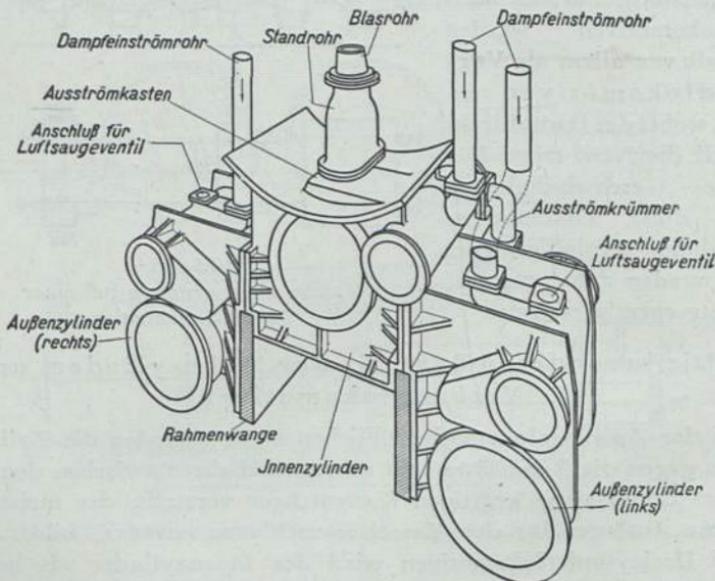
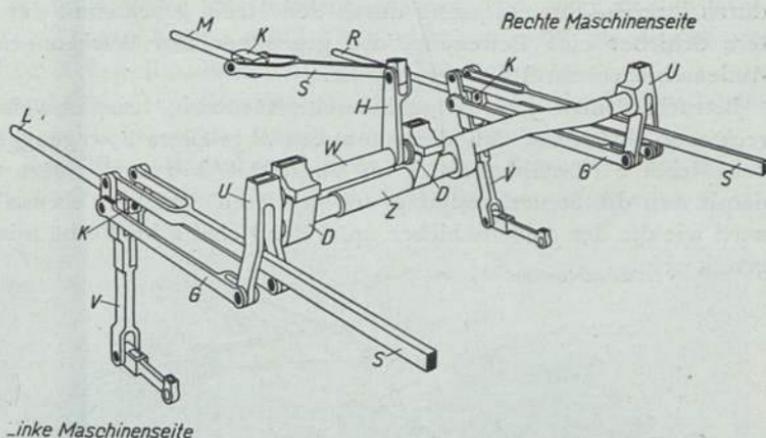


Bild 159. Zylinderanordnung einer Dreizylinderlokomotive

von je einem der Voreilhebel ausgehenden, um 120° versetzten Bewegungen, die, in der Richtung umgekehrt und zusammengesetzt, die richtige Schieberbewegung ergeben.

Eine andere Steuerungsbauart zeigt Bild 160b; sie wird bei den Lokomotiven der Bauartreihe 17² angewandt. Die Außensteuerungen arbeiten unter 120° Kurbelversetzung; ihre Bewegungen werden von den äußeren Schieberstangenköpfen über die Hebel a, b, und c auf den mittleren Schieberstangenkopf übertragen. Da die Hebel a in Punkt A gelagert sind, werden die Bewegungen zunächst umgekehrt;



D = Doppelhebel
 G = Übertragungsstangen
 H = Schwinghebel
 K = Schieberstangenköpfe
 L, M, R = Schieberstangen: links, Mitte, rechts
 U = Übertragungshebel
 V = Voreilhebel
 W = Schwingwelle
 Z = Übertragungswelle
 S = Schieberschubstangen

Bild 160 a. Ableitung der Steuerungsbewegung für den Innenzylinder von den außen liegenden Steuerungen (Bauartreihe 58¹⁰⁻²¹)

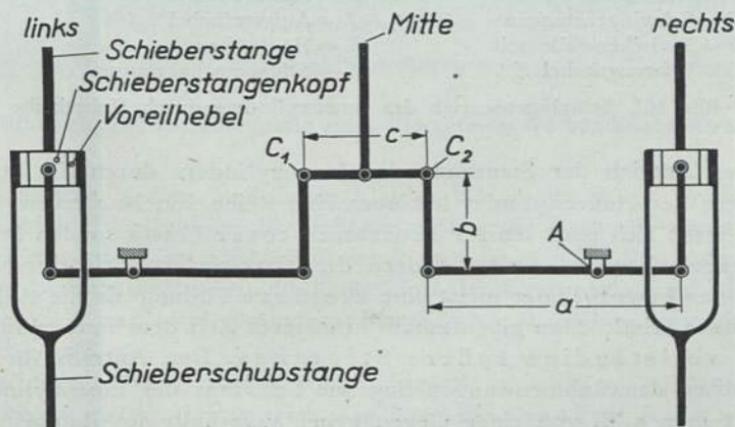
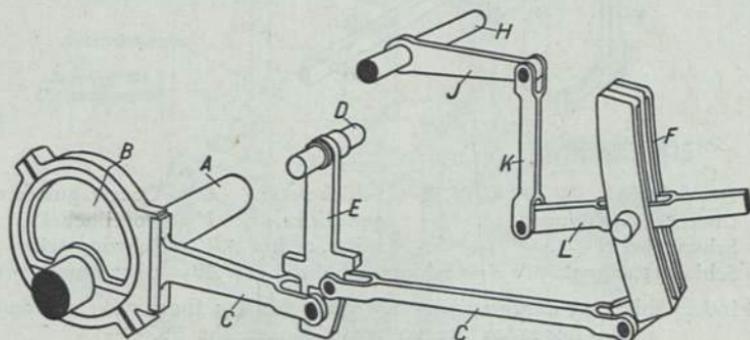


Bild 160 b. Ableitung der Steuerungsbewegung für den Innenzylinder von den außen liegenden Steuerungen (Bauartreihe 17²)

durch ihre Zusammenfassung durch den Hebel *c* bekommt der mittlere Schieber eine Bewegung, die gegenüber den Bewegungen der Außenschieber um 120° versetzt ist.

Betrachtet man jede Maschinenseite für sich, beispielsweise die rechte, so sieht man, daß die von außen abgeleitete Bewegung durch den Hebel *c* (Drehpunkt C_1) im Verhältnis 2:1 verkleinert wird; damit nun die Steuerbewegung des mittleren Schiebers ebenso groß wird wie die der Außenschieber, muß der Hebel *a* im Verhältnis 1:2 geteilt sein.



A = Kuppelachse
 B = Hubscheibe
 C = Schwingenstangen
 D = Zwischenwelle mit
 Führungshebel E

F = Schwinge
 H = Steuerwelle
 J = Aufwerfhebel
 K = Hängeeisen
 L = Schieberschubstange

Bild 161. Schwingenantrieb des Innenzylinders durch Hubscheibe

Der Antrieb der Steuerung des Innenzylinders durch die Steuerungen der Außenzylinder hat aber eine Reihe von Nachteilen. Einmal stellt sich nach einiger Betriebszeit toter Gang in den Steuerungsgelenken ein, sodann federn die einzelnen Bauteile durch, so daß der Innenzylinder meist eine kleinere Füllung als die Außenzylinder erhält. Man gibt deshalb in neuerer Zeit dem Innenzylinder eine vollständige äußere Steuerung. Den Antrieb für die zwischen den Rahmenwangen liegende Schwinge des Innenzylinders leitet man z. B. von einer Gegenkurbel außerhalb des Rahmens ab und mit Übertragungshebeln, die auf einer quer zum Rahmen liegenden Welle sitzen, zur Schwinge. Bei den Einheitslokomotiven mit

drei Zylindern wird der Schwingenantrieb von einer innen liegenden Hubscheibe (Bild 161) oder von einer besonderen gekröpften Achswelle abgeleitet. In die Schwingenstange ist hier ein Führungshebel E eingeschaltet worden, um über die Achswelle des davorliegenden Kuppelradsatzes hinwegzukommen.

Bei den Vierzylinderlokomotiven werden entweder die beiden Innenzylinder zu einem Gußstück (Bild 162) vereinigt, oder je ein

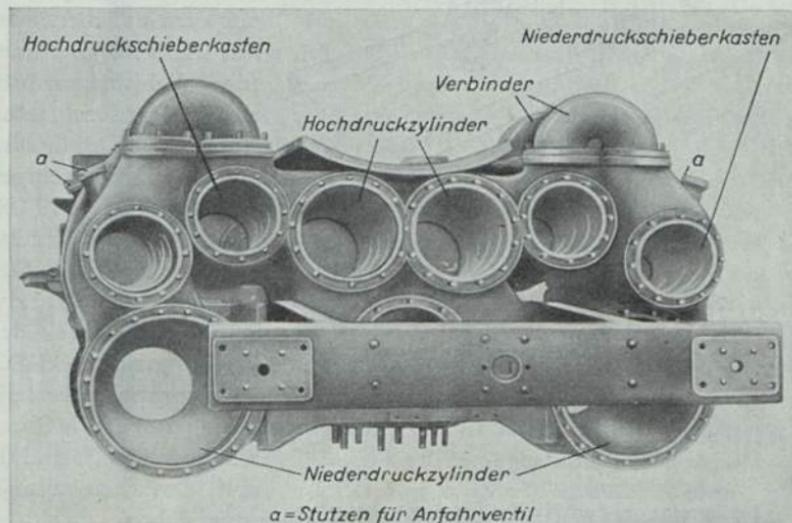


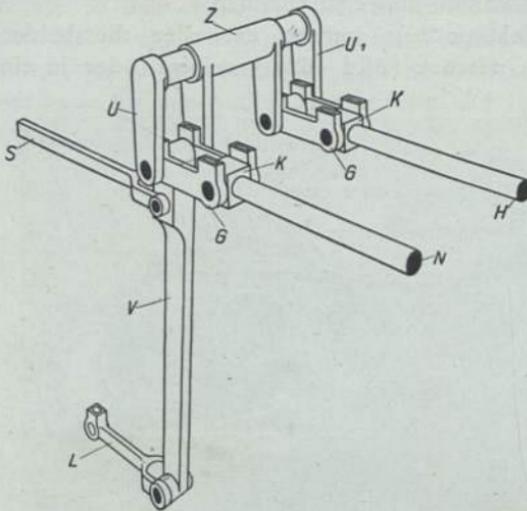
Bild 162. Zylinderanordnung einer Vierzylinder-Verbundlokomotive

benachbarter Außen- und Innenzylinder bilden ein Stück. Im letztgenannten Falle müssen die Gußstücke über die Rahmenwangen geschoben werden. Ein Nachteil dieser Bauart ist, daß bei Beschädigung eines Außenzylinders, ein Fall, der doch häufiger vorkommt, gleich ein teurer, aus zwei Zylindern bestehender Bauteil ausgewechselt werden muß.

Bei den Vierzylinder-Verbundlokomotiven mit gegenläufigem Triebwerk macht der Antrieb der innenliegenden Steuerungen vom Steuerungsantrieb der Außenzylinder her keinerlei Schwierigkeiten, sofern die Schieber der Innenzylinder die gleiche Bewe-

Steuerung der Innenzylinder bei Vierzylinder-Verbundlokomotiven

gungsrichtung haben wie die der Außenzylinder. Das ist der Fall, wenn z. B. die innenliegenden HDZ mit innerer Einströmung arbeiten, die außenliegenden NDZ dagegen mit äußerer Einströmung, die hier ohnehin erwünscht ist, um möglichst kurze Dampfwege zwischen HD-Ausströmung und ND-Einströmung zu bekommen. Da die Übertragungshebel nur kurz und überhaupt nur wenige Bauteile erforderlich sind, ist hier ein Fehler durch toten Gang oder Durchfederung der Hebel weniger zu befürchten. Bild 163 zeigt eine derartige Steuerung.



- G = Gelenkstücke
 H = Hochdruckschieberstange
 K = Schieberstangenkopf
 L = Lenkerstange der Niederdrucksteuerung
 N = Niederdruckschieberstange
 S = Schieberschubstange der Niederdrucksteuerung
 V = Voreilhebel der Niederdrucksteuerung
 Z = Zwischenwelle mit Übertragungshebel U u. U₁

Einrichtungen zum Anfahren
 Bild 163. Steuerung einer Vierzylinder-Verbundlokomotive mit gegenläufigem Triebwerk

Die Übertragungshebel nur kurz und überhaupt nur wenige Bauteile erforderlich sind, ist hier ein Fehler durch toten Gang oder Durchfederung der Hebel weniger zu befürchten. Bild 163 zeigt eine derartige Steuerung. Die Schieberstange H für die Steuerung eines der innenliegenden HDZ wird vom Schieberstangenkopf über die Übertragungshebel U und U₁ und Zwischenwelle Z angetrieben.

Als Sondereinrichtungen der Verbundlokomotiven sind noch die Einrichtungen zum leichteren Anfahren zu nennen.

Während die Lokomotiven mit einstufiger Dampfdehnung im allgemeinen aus jeder Stellung heraus anfahren können, ist das bei den Verbundlokomotiven nicht der Fall. Wenn bei der Zweizylinder-Verbundlokomotive der HD-Kolben im Totpunkt steht, wäre ein Anfahren völlig ausgeschlossen, da der ND-Kolben, der an sich in günstiger Anfahrstellung steht, noch keinen Dampf aus dem leeren Verbinder

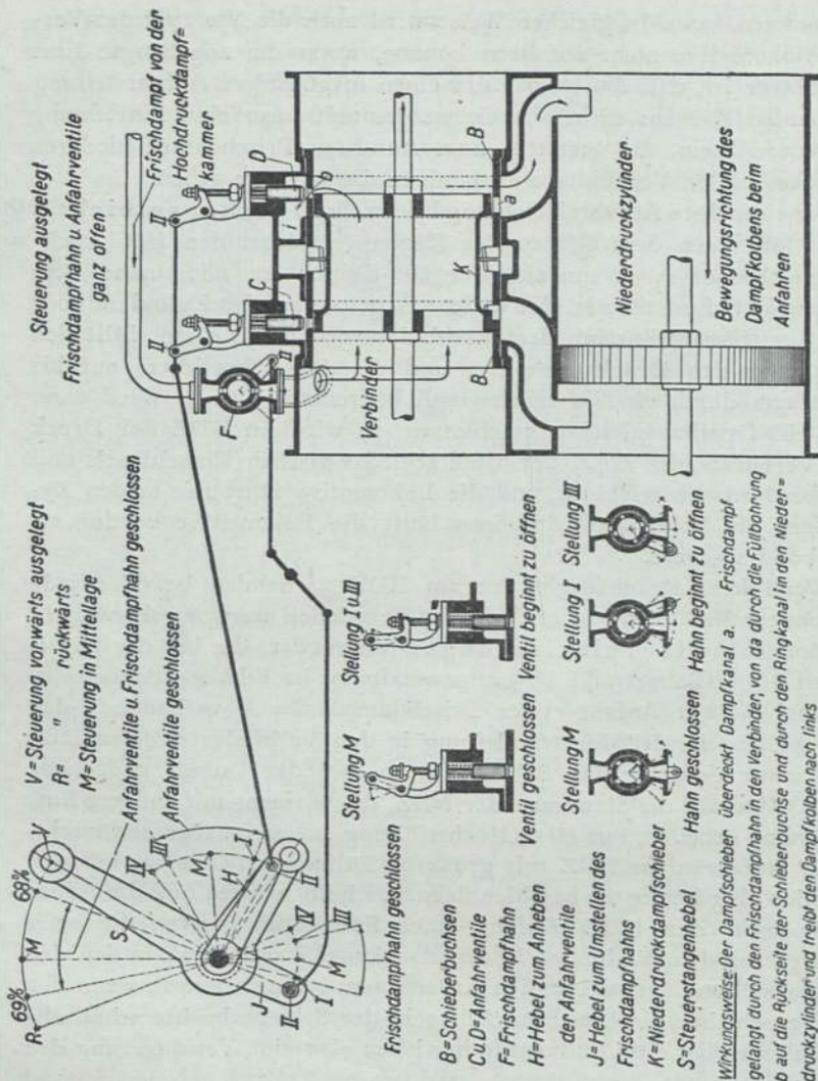
bekommen kann. In gleicher Weise wird auch die Vierzylinder-Verbundlokomotive nicht anfahren können, wenn die angehängte Last so schwer ist, daß die Kräfte des einen in günstiger Anfahrstellung stehenden Kolbens nicht ausreichen. Es muß also eine Einrichtung vorhanden sein, die gestattet, zum Anfahren Frischdampf niederen Druckes in den Verbinder und damit in die NDZ zu geben.

Die einfachste Anfahrereinrichtung bilden die Druckausgleicher. Man läßt nach dem Öffnen des Reglers zunächst den HD-Druckausgleicher offen. Wenn sich der HD-Kolben im oder nahe dem Totpunkt befindet, so ist der andere Arbeitsraum des Zylinders über die Ausströmschlitze mit dem Verbinder verbunden; dieser füllt sich also über den Druckausgleicher und die Ausströmschlitze auf bis zu einem durch ein Sicherheitsventil begrenzten Druck. Wird dann der HD-Druckausgleicher geschlossen, so wird im NDZ der Druck im Verbinder, im HDZ der Unterschied zwischen Kesseldruck und Verbinderdruck wirksam, und die Lokomotive fährt mit beiden Zylindern an. Nach dem Anfahren läuft die Lokomotive wieder als Verbundmaschine.

Druckausgleicher als Anfahrereinrichtung

Wenn kein Druckausgleicher am HDZ vorhanden ist oder jede besondere Betätigung beim Anfahren vermieden werden soll, werden besondere Anfahrereinrichtungen verwendet; die bei der bayrischen S 3/6 (Bauartreihe 18^b) angewandte ist im Bild 164 dargestellt. Einmal ist ein Anfahr- oder Frischdampfahh F vorhanden, der Dampf aus der HD-Einströmleitung in den Verbinder strömen läßt, und zwar durch kleine Bohrungen, so daß der Dampf gedrosselt wird. Nun läßt die Steuerung der NDZ, die übrigens mit äußerer Einströmung arbeiten, nur 80 % Höchstfüllung zu; es ist aber erwünscht, beim Anfahren im NDZ mit größerer Füllung arbeiten zu können, um den Zug besser zu beschleunigen. Deshalb werden auf die Schieberbuchsen der NDZ Anfahr- oder Füllventile gesetzt, die noch Dampf aus dem Verbinder in den Ringkanal i und damit in den der Kolbenstellung entsprechenden Arbeitsraum strömen lassen, wenn der Kolbenschieber die Einströmschlitze in der Schieberbuchse schon abgeschlossen hat. Die Füllventile bewirken also eine Verlängerung der Füllung.

Die Hebel, mit denen das Gestänge zu den Anfahrventilen und dem Frischdampfahh betätigt wird, sind auf der Steuerwelle aufgekeilt. Hahn und Ventile werden selbsttätig geöffnet, wenn die

Bild 164. Anfahrereinrichtung für Vierzylinder-Verbundlokomotiven (Baureihe 18^b)

Steuerung auf mehr als etwa 70 % ausgelegt wird. Wird die Steuerung nur auf eine kleinere Füllung ausgelegt, so bewegt sich das Gestänge zwar auch mit, doch arbeitet dann der Doppelhebel an den

Anfahrventilen leer, und beim Frischdampfahh findet der Dampf keinen Durchgang. Erst bei Füllungen über etwa 70 % hebt der Doppelhebel die Anfahrventile und werden im Frischdampfahh die Drosselbohrungen geöffnet. Die NDZ arbeiten dann so lange mit Füllungen über 80%, bis die Steuerung wieder unter 70% zurückgelegt wird.

G. Das Fahrgestell

Das Fahrgestell, auch Lokomotivwagen genannt, besteht aus zwei Gruppen von Bauteilen, dem Rahmen und dem Laufwerk.

1. Der Lokomotivrahmen mit Zubehör

Der Rahmen ist das Fundament für den Kessel und die Dampfmaschine, nimmt die Achslager auf, mit denen die ganze Lokomotive auf dem Laufwerk ruht, und überträgt die entwickelte Zugkraft auf den angehängten Zug.

Man unterscheidet Außen- und Innenrahmen. Beim Außenrahmen liegen die Hauptlängsträger (Rahmenwangen) und damit auch die Achslager außerhalb der Räder, beim Innenrahmen dagegen innerhalb der Räder.

Außenrahmen werden nur noch in Sonderfällen angewendet, z. B. bei Lokomotiven mit ganz kleiner Spurweite, oder wenn ein großer lichter Raum zwischen den Rahmenwangen zum Einbau von umfangreichen Triebwerken benötigt wird, wie es z. B. bei Zahnradlokomotiven der Fall ist.

Der Rahmen (Tafel 5 und 3) besteht aus den beiden Rahmenwangen und den Rahmenverbindungen. Je nach der Bauform der Rahmenwangen unterscheidet man Blechrahmen und Barrenrahmen. Beim Blechrahmen (Tafel 5) sind die Rahmenwangen aus hohen gewalzten Blechträgern von 25–30 mm Dicke, beim Barrenrahmen (Tafel 3) aus rechteckig gewalzten Stahlbarren von verhältnismäßig geringer Bauhöhe und 70–100 mm Dicke (vgl. auch Bild 192). Ferner gibt es noch zusammengesetzte Blech- und Barrenrahmen, z. B. bei Verbündlokomotiven, wo der Vorderteil des Rahmens als Barren ausgebildet wird, um eine einfache Verbindung mit den Zylindergußstücken zu bekommen, oder bei Lokomotiven großer Länge, wo der Barrenrahmen mit Blechplatten vorgeschuht werden muß, um Raum für die Ausschläge der vorderen und hinteren

Laufachse zu gewinnen. Der Baustoff der Rahmen ist bei Reichsbahnlokomotiven allgemein St 34.12.

Der Blechrahmen wurde früher sehr viel, bei der ehemaligen Preußisch-Hessischen Staatsbahn fast ausschließlich, verwendet, weil man beim Barrenrahmen immer viel mit Rahmenbrüchen zu kämpfen hatte. Inzwischen hat man aber gelernt, auch dem Barrenrahmen durch entsprechende Formgebung eine große Lebensdauer zu geben. Die Reichsbahn verwendet ihn wegen seiner betrieblichen Vorzüge jetzt bei allen ihren Neubauten. Seine Hauptvorzüge sind: Infolge seiner geringen Bauhöhe sind die meisten Lokomotivteile, vor allem solche, die zwischen den Rahmenwangen liegen, übersichtlicher und viel zugänglicher als beim Blechrahmen. Der Barrenrahmen kann hinten so tief gehalten werden (s. Einheitslok. Anhang 3—5), daß der Bodenring des Kessels über Rahmenoberkante liegt; da die Stehkesselbreite in diesem Falle nicht mehr durch die Rahmenwangen begrenzt wird, kann der Kessel die leichter zu beschickende und für die Verbrennung günstigere breite Feuerbüchse erhalten. Weiter besitzen die Wangen beim Barrenrahmen infolge der größeren Dicke eine größere Seitensteifigkeit, so daß weniger Rahmenverbindungen eingebaut zu werden brauchen. Endlich ist einer der wichtigsten Vorzüge, daß ein Barrenrahmen mit viel größerer Genauigkeit hergestellt werden kann, da die Barren allseitig bearbeitet werden, während die nur an den Kanten bearbeiteten Träger eines Blechrahmens die Ungenauigkeiten vom Walzvorgang her behalten. Der Barrenrahmen eignet sich daher besonders gut, wenn, wie das bei den Einheitslokomotiven der Fall ist, alle Bauteile nach den Regeln des Austauschbaus hergestellt werden. (Unter Austauschbau versteht man das Verfahren, die Bauteile unabhängig voneinander mit so geringen Maßabweichungen [Toleranz] herzustellen, daß die zusammengehörigen Teile miteinander verbunden und auch beschädigte Teile gegen Ersatzstücke ausgetauscht werden können, ohne daß Paßarbeit erforderlich wird.)

Beim Blech- wie auch beim Barrenrahmen erhalten die Rahmenwangen Ausschnitte, die verschiedenen Zwecken dienen: die Achslagerausschnitte nehmen die Achslagergehäuse auf, andere Ausschnitte sind dazu da, die zwischen den Wangen liegenden Bauteile zugänglich zu machen, andere wieder nur, um Gewicht zu sparen.

Die Rahmenwangen werden miteinander gut versteift; die vor-^{Rahmen-}derste Verbindung ist der kastenförmige Pufferträger aus Preß-^{ver-}blech (Tafel 5, 85, Tafel 3, 174), in dem der Zughaken sitzt und der ^{bindungen}die Stoßpuffer trägt. Die hinterste Versteifung ist der Kuppelkasten (Tafel 5, 1), in dem sich die Kupplungen zur Verbindung



Bild 165. Geschweißte Rahmenverbindung zwischen den Zylindern

der Lokomotive mit dem Tender befinden; er ist entweder aus einzelnen Blechen zusammengenietet oder besteht aus einem Stahlgußstück. Tenderlokomotiven haben diesen Kuppelkasten nicht, sondern hinten ebenfalls einen Pufferträger. Weiter befinden sich Rahmenverbindungen in der Nähe der Treib- und Kuppelachslager, weil hier die größten Kräfte auftreten; sie bestehen aus senkrecht stehenden Blechen, die mit den Rahmenwangen mit Hilfe von Winkeleisen verbunden werden (Tafel 5, 69—72, Tafel 3, 167). Diesen Rahmenverbin-

dungen fallen mitunter noch andere Aufgaben zu; eine Verbindung wird z.B. häufig als hinterer Gleitbahnträger und gleichzeitig als vorderes Auflager für die Träger ausgebildet, die die Schwingen- und Steuerwellenlager aufnehmen. Bei Barrenrahmen sind die Rahmenwangen noch durch Flacheisen in Höhe des unteren Rahmengurtes (Rahmenstrebe, 170) versteift. Ferner dienen waagrecht liegende Bleche (Tafel 5, 75, 76, Tafel 3, 169) als Versteifung gegen Kräfte, die quer zur Lokomotivlängsachse auftreten. Bei Tender-

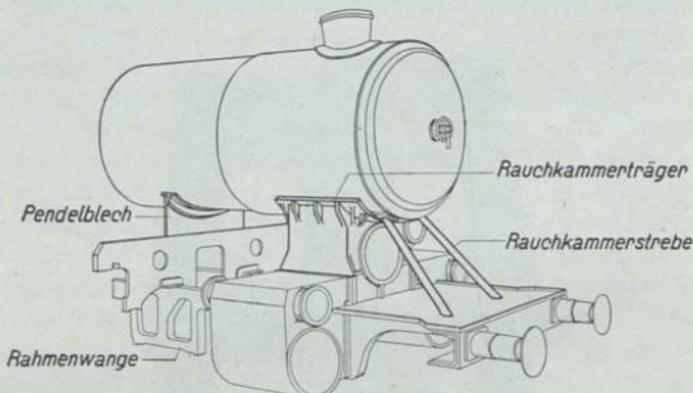


Bild 166. Mittlerer Zylinder als Rahmenverbindung und Rauchkammerträger

lokomotiven werden diese waagerechten Rahmenverbindungen häufig so ausgebildet, daß sie gleichzeitig die unteren Wasserkästen bilden (vgl. S. 332). Im übrigen werden die Rahmenversteifungen ebenfalls mit großen Ausschnitten versehen.

Eine besonders kräftige Rahmenverbindung ist zwischen den Zylindern notwendig; diese wird entweder aus einzelnen Blechen zusammengenietet, neuerdings meist geschweißt, oder besteht aus einem Stahlgußstück. Wie schon auf S. 239 angegeben, dient diese Rahmenverbindung meist als vordere Kesselauflagerung (Rauchkammerträger).

Die auf Tafel 3 dargestellte Lokomotive hat als Rahmenverbindung zwischen den Zylindern (172) ein Stahlgußstück, während Tafel 5 eine bei Blechrahmen übliche Verbindung zeigt (74), die aus Blechen und einem Stahlgußstück für die Aufnahme des Drehgestellzapfens zusammengesetzt ist. Bild 165 zeigt die geschweißte Aus-

führung für die Lokomotiven der Bauartreihe 50. Bei Dreizylinderlokomotiven wird der mittlere Zylinderblock als Rahmenverbindung und gleichzeitig als Rauchkammerträger ausgebildet (Bild 166). Vielfach wird der vordere Rahmenteil noch gegen die Rauchkammer durch eine schräggehende Rauchkammerstrebe (Tafel 3, 173) versteift.

Da sich der Kessel bei der Erwärmung ausdehnt, wird er nur an einer Stelle, und zwar mit der Rauchkammer unverrückbar fest

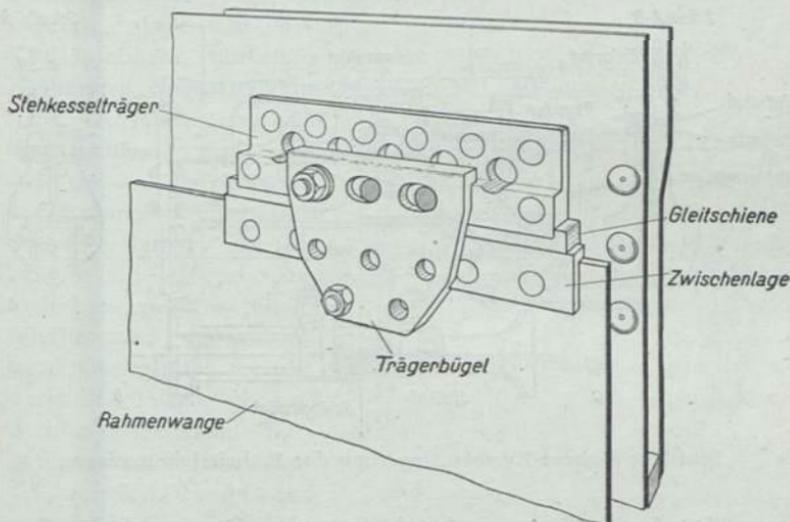


Bild 167. Stehkesselträger

mit dem Rahmen verbunden; alle übrigen Kesselaufleger, es sind dies die Langkessel- und Stehkesselträger, müssen so ausgebildet sein, daß sich der Kessel ungehindert ausdehnen kann.

Die Langkesselträger älterer Bauart sind nur am Rahmen befestigt; der Kessel liegt lose auf, kann sich also ungehindert verschieben. Bei der heute üblichen hohen Kessellage ist es möglich, die Langkesselträger mit Rahmen und Kessel fest zu verbinden. Die dünnen Trägerbleche, Pendelbleche (Tafel 5, 80 und Tafel 3, 168) genannt, können infolge ihrer größeren Länge federnd nachgeben, wenn der Kessel sich verschiebt; sie sind an den Rahmenquerverbindungen befestigt.

Stehkessel-träger

Die Stehkesselträger sind verschieden ausgebildet, je nachdem der Stehkessel zwischen den Rahmenwangen liegt oder über dem Rahmen. Reicht er zwischen die Rahmenwangen, so erhalten die Stehkesselseitenwände Träger (Bild 167), die sich auf die Rahmenoberkante abstützen; durch eine Rotgußgleitschiene, die besonders geschmiert wird, ist dafür gesorgt, daß kein Festfressen eintritt und das Gleiten des Kessels nicht behindert werden kann.

Eine Zwischenlage auf Rahmenoberkante verhütet ferner, daß

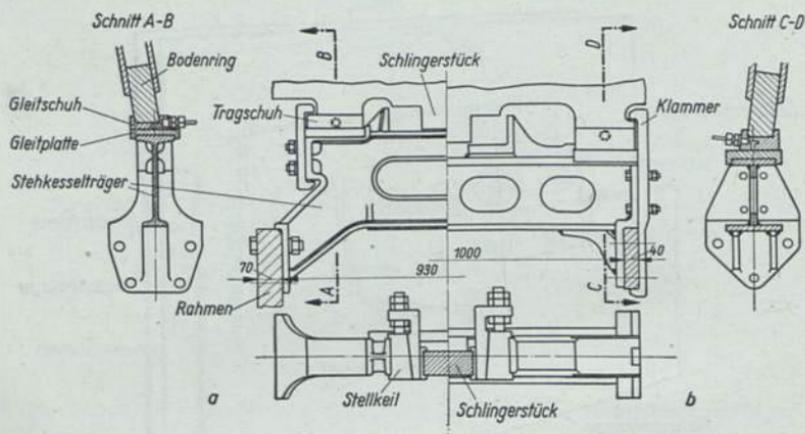


Bild 168. Hintere Kesselauflagerung der Einheitslokomotiven

diese selbst durch Abnutzung beschädigt wird. Damit sich der Kessel nicht vom Rahmen abhebt, greift über Stehkesselträger und Zwischenlage ein Trägerbügel (Klammer), der mit dem Rahmen und dem Stehkesselträger verschraubt ist; die oberen Bohrungen im Trägerbügel sind länglich, damit durch die Stiftschrauben, die ihn mit dem Stehkesselträger verbinden, die Längsverschiebung des Kessels nicht behindert wird. Damit der Kessel auf dem Rahmen keine seitlichen Bewegungen ausführen kann, wird am Bodenring ein sogenanntes Schlingerstück angeschmiedet (Tafel 1 und 3, 64), das sich in einer Führung auf einer Rahmenverbindung nur in der Längsrichtung verschieben kann. Damit eine im Laufe des Betriebes eingetretene Abnutzung ausgeglichen werden kann, bewegt sich das Schlingerstück zwischen Gleitplatten aus St50.11, die mit Stellkeilen

Schlinger-stück

nachgestellt werden können. Bei großen Kesseln sowie den Kesseln der Einheitslokomotiven werden zwei Schlingerstücke angeordnet, das eine unter der Stehkesselvorderwand (Bild 168 a), das andere unter der Stehkesselrückwand (Bild 168 b).

Liegt der Stehkessel über Rahmenoberkante, so wird der Bodenring zur Auflagerung des Kessels benutzt; er erhält dann rechts und links von den Schlingerstücken je weitere angeschmiedete Ansätze, Tragschuhe genannt, die sich auf besondere Rahmenverbindungen unter dem Stehkessel abstützen (Bild 168). Um zu verhindern, daß sich der

Kessel abhebt, umfassen Klammern einerseits seitliche Ansätze an den Tragschuhen, andererseits Ansätze an den genannten Rahmenverbindungen oder greifen in Ausfräsungen am Rahmen. Dazwischen gelegte Gleitschuhe und auswechselbare Gleitplatten verhindern, daß Tragschuhe und Stehkesselträger selbst abgenutzt werden. Den Gleitflächen wird Öl von Dochtschmiergefäßen zugeführt, die sich an der Stehkesselrückwand befinden.

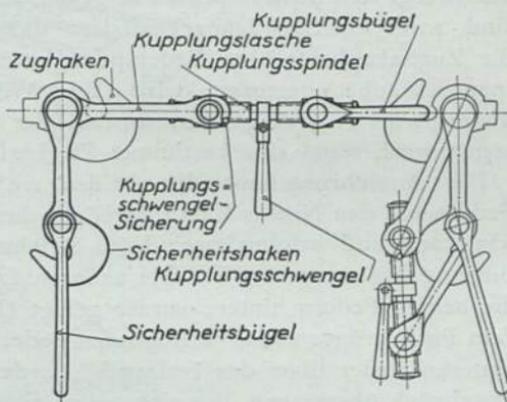


Bild 169. Zugeinrichtung

Zum Rahmen gehören noch die Zug- und Stoßeinrichtungen sowie einige Sicherheitseinrichtungen.

Die Zugeinrichtung vorn an der Lokomotive (bei Tenderlokomotiven auch hinten) und hinten am Tender besteht aus dem abgefederten Zughaken mit der Schraubekupplung (Hauptkupplung) und der Sicherheitskupplung (Bild 169). Bei Fahrzeugen, die an die Hauptluftleitung angeschlossen werden, wird nur einfach gekuppelt; dazu wird der Kupplungsbügel über den Zughaken des zu kuppelnden Fahrzeuges gelegt, darauf die Kupplungsspindel, die Links- und Rechtsgewinde hat, mit dem Kupplungsschwengel so weit angezogen, daß sich die Puffer fest berüh-

ren, der Kupplungsschwengel sodann auf den dafür vorgesehenen Daumen (Kupplungsschwengelsicherung) gelegt. Bei Fahrzeugen, die an die Hauptluftleitung nicht angeschlossen werden, muß auch die Sicherheitskupplung eingelegt werden. Dazu wird der Kupplungsbügel des zu kuppelnden Fahrzeuges in den Sicherheitshaken der Lokomotive gelegt; der Sicherheitsbügel der Lokomotive soll sich hierbei auf die Hauptkupplung des angehängten Fahrzeuges legen.

Der Zughaken hat einen Vierkantschaft, der dazu dient, ihn in einer besonderen Führung im Pufferträger zu führen. Der Zughakenschaft legt sich nicht unmittelbar gegen den Pufferträger, sondern es sind zwei kräftige Schneckenfedern dazwischengeschaltet, auf die die Zughakenkraft über Federspannplatte (Querhaupt) und Federspannschraube übertragen wird (Bild 170 a). Die Federn sind mit Vorspannung eingesetzt, so daß der Zughaken erst herausgezogen wird, wenn eine bestimmte Zugkraft überschritten wird.

Die Ausführung mit den beiden nebeneinander liegenden Federn hat den Nachteil, daß der Zughaken seitlich nicht ausschwenken kann und infolgedessen beim Befahren von Krümmungen auf Biegung beansprucht wird. Bei neueren Lokomotiven werden daher die beiden Federn hintereinander gelegt (Bild 170 b). Die Kraft der dem Pufferträger zunächst liegenden Feder wird unmittelbar, die der hinteren Feder über das Federgehäuse der vorderen Feder auf ein Sattelstück übertragen, das sich gegen ein schneidenförmiges Widerlager des Pufferträgers legt. Wird nun dem Zughakenschaft in der Führung ein seitliches Spiel gegeben, so kann sich der Zughaken beim Befahren von Krümmungen um die Schneide des Widerlagers drehen.

Stoßeinrichtung

Die Stoßeinrichtung hat einmal den Zweck, die beim Gegen-einanderfahren von Fahrzeugen auftretenden Stöße federnd auf den Rahmen zu übertragen, sodann soll sie es ermöglichen, die Fahrzeuge unter Spannung miteinander zu kuppeln, ohne daß dadurch die Beweglichkeit der einzelnen Fahrzeuge gegeneinander, vor allem beim Befahren von Krümmungen, behindert wird. Das Kuppeln unter Vorspannung ist notwendig, damit beim Anfahren, beim Bremsen sowie bei Geschwindigkeitsveränderungen keine Stöße und Zerrungen im Zuge entstehen.

Die Stoßeinrichtung besteht aus den zwei Stoßpuffern, von denen der eine einen flachen Teller, der andere (der rechte vom Fahr-

zeug aus gesehen) einen gewölbten Teller hat, so daß sich die gegenüberstehenden Puffer zweier Fahrzeuge immer nur an einer Stelle berühren, die in der Nähe des Tellermittelpunktes liegt; es wird dadurch erreicht, daß beim Befahren von Krümmungen die Stoßkraft

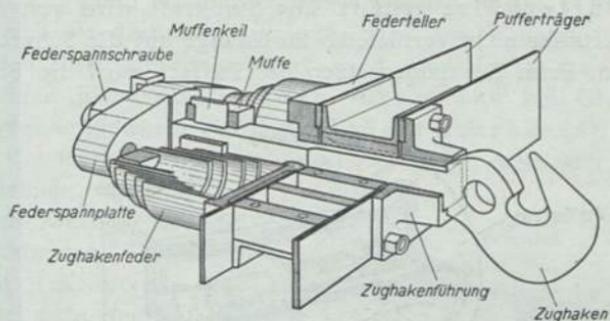


Bild 170 a. Abfederung des Zughakens (ältere Ausführung)

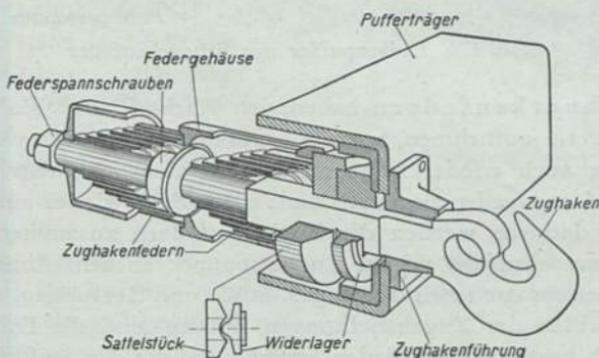


Bild 170 b. Abfederung des Zughakens bei Einheitslokomotiven

nicht von den Kanten der Pufferteller übertragen wird und die Puffer nicht so leicht verbogen werden.

Bei dem früher bei der Deutschen Reichsbahn üblichen Stangenpuffer (Tafel 5, 86), der heute fast ganz verschwunden ist, sitzt der Pufferteller auf einer verhältnismäßig dünnen Pufferstange; er war den höher gewordenen Anforderungen des Betriebes nicht mehr gewachsen. Pufferstangen und Pufferteller wurden häufig vermehrt

Stangenpuffer

Hülsen-
puffer
bogen, so daß viel Instandsetzungskosten anfielen. Es wurde daher der Hülsenpuffer (Bild 171) eingeführt, bei dem der Pufferteller auf einem starken zylindrischen Stößel sitzt, der gegen Verbiegen sehr widerstandsfähig ist. Der Stößel wird in einer ebenfalls starken Pufferhülse geführt. Die Stoßkraft wird von einer mit dem Pufferteller nicht vernieteten Stoßstange auf die Schneckenfeder übertragen. Beim Zusammensetzen des Puffers wird die Feder vorgespannt.

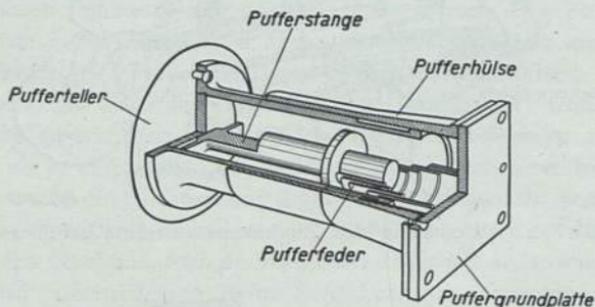


Bild 171. Hülsenpuffer mit Schneckenfeder

Die Schneckenfedern haben den Nachteil, daß sie die Stoßarbeit, die sie aufnehmen, wenn sie zusammengedrückt werden, bei Entlastung auch wieder abgeben. Laufen also in einem Zuge die Wagen auf, so werden sie durch die Federn auch wieder auseinander gestoßen; dadurch werden die Zughakenfedern zusammengedrückt, die sich nun ebenfalls wieder zu entspannen suchen. Ähnlich ist es bei ruckweisem Anziehen des Zuges. Stöße und Zerrungen, die häufig zum Zerreißen der Zugeinrichtungen führen, sind die Folgen. Man ist deshalb bestrebt, eine Feder einzubauen, die die Stoßkraft nicht, oder wenigstens nicht in der gleichen Höhe, wieder abgibt. Eine solche Feder ist die Ringfeder (Bild 172); sie besteht aus ungeschlitzten Ringen, kleineren Innen- und größeren Außenringen. Auf einen Innenring folgt immer ein Außenring; die gegenseitigen Berührungsflächen sind kegelartig abgedreht, so daß beim Zusammendrücken der Feder die Innenringe durch die Außenringe im Durchmesser verkleinert, die Außenringe dagegen aufgeweitet werden. Bei dieser Verformungsarbeit treten große Druckkräfte zwischen den Berührungsflächen auf, die bei dem, wenn auch nur geringen Inein-

anderschieben der Ringe eine Reibungsarbeit verrichten, die die Stoßkraft aufzehrt. Wird diese Feder entspannt, so werden nur ganz geringe Kräfte dadurch frei, daß die im Durchmesser veränderten Ringe wieder ihre ursprüngliche Form annehmen.

Für die Zug- und Stoßeinrichtungen werden in der BO bestimmte Höchst- und Mindestmaße vorgeschrieben, um sicherzustellen, daß 1. die Betriebssicherheit gewahrt wird, vor allem die Puffer in Krümmungen nicht aneinander vorbei und bei Gleisunebenheiten sowie ungleichem Pufferstand nicht übereinander greifen, 2. die Zugeinrichtungen aller Fahrzeuge, auch der verschiedener Bahnen, miteinander verbunden werden können. Die wichtigsten Vorschriften sind (es werden die Unterabschnitte der BO angegeben):

- a) Höhe der Mittelebene über Schienenoberkante
 mindestens 940 mm
 höchstens 1065 mm
- b) Abstand von Mitte Puffer zu Mitte Puffer
 als Regel 1750 mm
 mindestens 1740 mm
 höchstens 1770 mm

- c) Länge der Schraubenkupplung von der Stirn der nicht eingedrückten Puffer bis zum Angriffspunkt des Einhängebügels bei ganz ausgeschraubter und gestreckter Kupplung
 mindestens 450 mm
 höchstens 550 mm

- f) Abstand des Zughakens von den Puffern, gemessen vom Angriffspunkt des nicht angezogenen Hakens bis zur Ebene der nicht eingedrückten Puffer
 mindestens 345 mm
 höchstens 395 mm

- g) Abstand der vorderen Pufferfläche von der Kopfschwelle (Pufferträger) bei völlig eingedrückten Puffern
 mindestens 425 mm

- h) Durchmesser der Zugstangen (bei Wagen)
 mindestens 42 mm

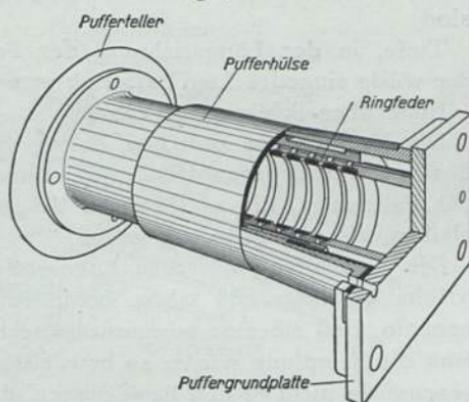


Bild 172. Hülsenpuffer mit Ringfeder

- i) Durchmesser des Bügels der Schraubenkupplung am Berührungspunkt mit dem Zughaken mindestens 30 mm
- k) Durchmesser der Pufferscheiben mindestens 340 mm
- Die Höhe der Wölbung des nicht abgenutzten Puffertellers muß 25 mm betragen.

Freie Räume Ferner müssen nach der BO bestimmte Räume neben der Zugeinrichtung freigelassen werden, damit die Bediener beim Kuppeln der Fahrzeuge nicht gefährdet werden:

Breite, von den äußeren Teilen der Zugeinrichtung ab gemessen (bei ausschwenkbaren Zugeinrichtungen, wenn sie voll ausgeschwenkt sind) mindestens 400 mm

Tiefe, in der Längsrichtung der Fahrzeuge von der Stoßfläche der völlig eingedrückten Puffer ab gemessen mindestens 300 mm

Höhe über Schienenoberkante mindestens 2000 mm

Kupplung zwischen Lokomotive und Tender Die Kupplungen zwischen Lokomotive und Tender werden von den vorstehend genannten Bestimmungen nicht berührt, da nach der BO Fahrzeuge, die im Betriebe dauernd miteinander verbunden bleiben, als ein Fahrzeug gelten.

Die Verbindung zwischen Lokomotive und Tender soll, wie wir bereits auf Seite 234 sahen, beide Fahrzeuge so starr miteinander kuppeln, daß sie eine zusammenhängende Masse bilden. Andererseits muß die Kupplung wieder so beweglich sein, daß sich die Fahrzeuge gegenseitig nicht in den Bewegungen, die ihnen durch das Gleis aufgezwungen werden, behindern.

Die Lokomotive zieht den Tender und damit den ganzen Zug mit einem starken Hauptkuppelleisen, das im Kuppelkasten der Lokomotive wie auch des Tenders (Bild 173) je durch einen Hauptkuppelbolzen gehalten wird. Zu beiden Seiten liegt je ein Notkuppelleisen, das durch Notkuppelbolzen gehalten wird (siehe auch Tafel 5).

Die Augen der Kuppelleisen sind nicht nach einem Zylinder bearbeitet, sondern oben und unten so aufgeweitet, daß eine ballige Anlagefläche entsteht. Lokomotive und Tender können sich daher auch in senkrechter Richtung gegeneinander bewegen; derartige Bewegungen treten auf bei Gleisunebenheiten, Veränderung der Vorräte auf dem Tender und Befahren von Drehscheiben und Schiebepöhlen. Die Augen der Notkuppelleisen sind auf der Lokomotivseite als Langlöcher ausgebildet, so daß die Notkuppelbolzen große

res Spiel haben und die Bewegungen von Lokomotive und Tender gegeneinander nicht stören. Um die Verbindung genügend starr zu machen, erhält der Tender zwei Stoßpuffer, die Lokomotive und Tender mit einer so großen Kraft auseinander drücken, daß das Hauptkuppelisen niemals ganz entlastet wird, sondern stets unter Spannung steht, selbst wenn die Lokomotive leer läuft. Die Stoßpuffer haben keilförmige Köpfe (Bild 174), die von einer im Kuppelkasten des Tenders mit einer Vorspannung von mehreren 1000 kg eingesetzten und drehbar gelagerten Stoßfeder (Blatt-

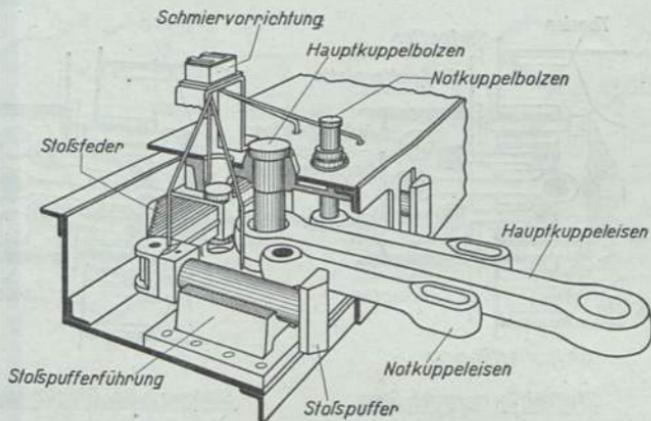


Bild 173. Kuppelkasten des Tenders

feder) gegen Stoßpufferplatten am Kuppelkasten der Lokomotive gedrückt werden. Der Stoßfeder wird die Vorspannung beim Kuppeln von Lokomotive und Tender gegeben. Mit einer am Kuppelkasten der Lokomotive einzuhängenden Spanneinrichtung (Tafel 5, 9), deren Bügel man um den Kopf des Hauptkuppelbolzens im Tender legt, werden Lokomotive und Tender aneinander gezogen und damit die Stoßfeder gespannt.

Die Stoßpuffer laufen beim Befahren von Krümmungen sowie bei waagerechten Bewegungen (Schlingern) beider Fahrzeuge gegeneinander auf die geneigten Stoßpufferplatten, wodurch die Stoßfeder stärker gespannt wird. Den Schlingerbewegungen wird durch die stärker werdende Federspannung ein Widerstand entgegengesetzt, der sie erheblich dämpft. Die Stoßpufferplatten sind von Hand zu schmie-

ren, falls nicht, wie z. B. bei den Einheitslokomotiven, besondere Schmiergefäße dazu im Führerhaus sind.

Als Sicherheitseinrichtungen befinden sich im Rahmen: die Notfangbügel, die Bahnräumer und die Kupplerhandgriffe.

Die Notfangbügel, einfache gebogene Flacheisen, haben den Zweck, solche Teile aufzufangen, die bei Bruch herunterfallen und Entgleisungen herbeiführen können. Meist werden auf diese Weise das Bremsgestänge durch Bügel unterhalb des Rahmens und die Treibstange durch Bügel am hinteren Ende der Gleitbahn gesichert.

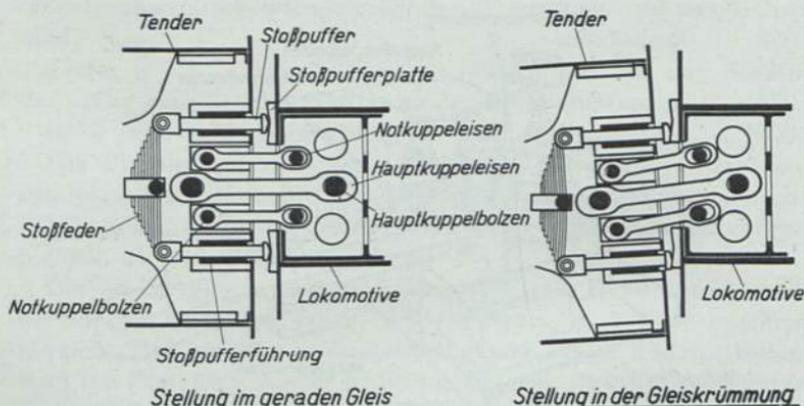


Bild 174. Kupplung bei gegenseitiger Verschiebung von Lokomotive und Tender

Die Bahnräumer dienen dazu, auf den Schienen liegende Hindernisse zu beseitigen; sie bestehen aus starken Blechen und sind bei Tenderlokomotiven vorn und hinten, bei Lokomotiven mit Schlepptender vorn am Rahmen und hinten am Tender unterhalb oder hinter dem Pufferträger angebracht. Da sie nur wirksam sein können, wenn sie genügend tief stehen, dürfen sie (nach BO) bis auf 65 mm über Schienenoberkante herabreichen (Regelmaß bei der Reichsbahn ist 70 mm). Weil die Räder sich im Betriebe um 50 mm im Halbmesser abnutzen können, der Rahmen somit um diesen Betrag im Laufe des Betriebes tiefer kommt, müssen die Bahnräumer verstellbar sein; sie sind deshalb mit Stiftschrauben befestigt, die Löcher im Bahnräumer aber als Langlöcher ausgebildet.

Schließlich sind unterhalb der Stoßpuffer noch Kupplerhandgriffe

angebracht, die zum Festhalten beim Durchkriechen in den Raum zwischen den Puffern dienen.

Gewisse Fahrzeugbauarten, die in geschlossenen Sonderverkehren eingesetzt sind, haben statt der getrennten Zug- und Stoßeinrichtungen eine Scharfenberg-Mittelpufferkupplung; sie ermöglicht, wie z. B. bei Stadtbahn- und Schnelltriebwagen oft aus verkehrlichen Gründen erforderlich, besonders schnell zu kuppeln, und das ohne Gefahr.

Scharfenberg-Kupplung

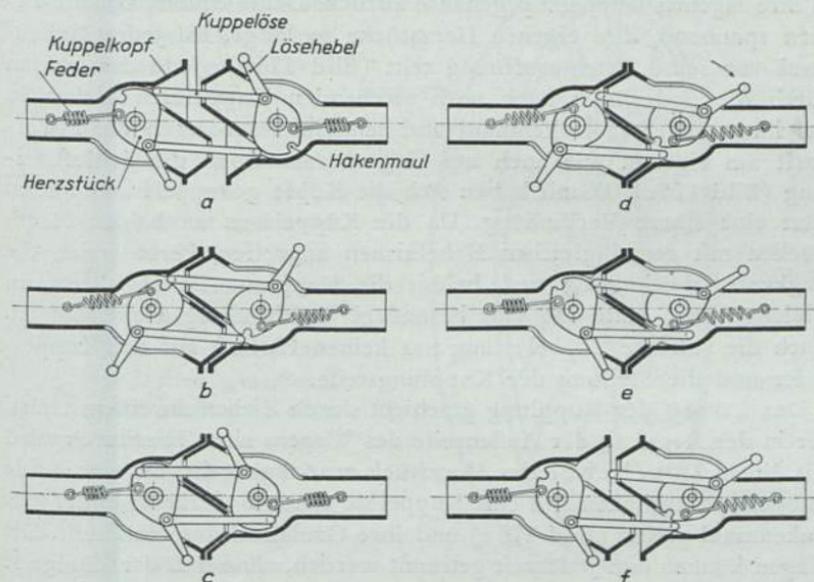


Bild 175. Kuppelkopf der Scharfenberg-Kupplung
a Grundstellung, b während des Kuppelns, c gekuppelt, d während des Lösens, e gelöst, f während des Trennens

Die Scharfenberg-Kupplung besteht, abgesehen von der Aufhängung, aus dem Kuppelkopf und der damit verbundenen Zug- und Stoßeinrichtung. Der Kuppelkopf bildet den Mittelpuffer; die Stoßfläche ist zur Hälfte trichterförmig, zur Hälfte kegelförmig ausgebildet. Beim Kuppeln greift immer ein Kegel in den Trichter der Gegenkupplung (Bild 175). Damit die Kuppelköpfe auch bei Unterschieden in der Höhenlage ineinander greifen, sind sie noch mit hörnerartigen Greifern ausgerüstet.

In jedem Kupplungskopf ist ein um einen Bolzen drehbares Herzstück, an dem auf der einen Seite eine Kuppelöse angreift, während die andere Seite mit einem Hakenmaul versehen ist.

Kuppeln Das Kuppeln vollzieht sich völlig selbsttätig. Treffen zwei Kuppelköpfe aufeinander, so finden die aus den Kegeln hervorstehenden Kuppelösen in den gegenüberstehenden Trichtern Widerstand (Bild 175 a) und gleiten beim weiteren Zusammenschieben der Köpfe in ihre eigenen Kuppelkopfgehäuse zurück. Dabei drehen sie, die Federn spannend, ihre eigenen Herzstücke so lange, bis jedes Hakenmaul vor seine Trichteröffnung tritt (Bild 175 b). Jede der beiden durch die Federkraft nach vorn strebenden Kuppelösen gleitet in das ihr zugekehrte Hakenmaul und schnell dann durch die Federkraft am eigenen wie auch am Gegenherzstück in die Schlußstellung (Bild 175 c). Damit haben sich die Köpfe gekuppelt und bilden jetzt eine starre Verbindung. Da die Kuppelösen an beiden Herzstücken mit genau gleichen Hebelarmen angreifen, verteilt sich die Zugkraft gleichmäßig auf beide; die Kupplung ist also stets im Gleichgewicht, ohne daß eine besondere Verriegelung notwendig ist. Auch die stärkste Zugbelastung hat keinen Einfluß auf die Kuppelfeder und die Stellung der Kupplungsteile.

Lösen Das Lösen der Kupplung geschieht durch Ziehen an einem Griff, der in der Regel an der Außenseite des Wagens sitzt. Hierdurch wird mit einem Lösehebel das Herzstück zurückgedreht, bis sich beide Kuppelösen aushaken und eine Kuppelöse durch Federkraft hinter das Hakenmaul gleitet (Bild 175 e) und ihre Grundstellung einnimmt. Die Wagen können nun jederzeit getrennt werden, ohne daß der Lösegriff erneut betätigt zu werden braucht. Nach dem Trennen sind beide Kuppelösen wieder in Grundstellung, die Kupplung also wieder kupplbereit.

Bei den neuesten Ausführungen werden mit der Hauptkupplung auch Luftleitungen und elektrische Kabel gekuppelt; das Lösen geschieht mit Druckluft, die über ein Löseventil einem Lösezylinder zugeführt wird.

Die Zug- und Stoßeinrichtung besteht aus einer auf Druck und Zug gleichmäßig beanspruchten Feder, deren Schutzhülle je nach der Wagenbauart mit dem Kupplungskopf beweglich oder starr verbunden ist. Die an der Feder angreifende Zugstange ist durch Kreuz- oder Kugelgelenk am Wagenuntergestell befestigt.

2. Das Laufwerk

Zum Laufwerk der Lokomotive gehören die Radsätze, die etwa vorhandenen Lenk- und Drehgestelle sowie alle Bauteile, mit denen sich der Rahmen auf die Radsätze abstützt; es sind dies die Achslager, die Achslagergehäuse, die Tragfedern und die Ausgleichhebel. Endlich rechnet man hierzu noch die Achslagerführungen, obgleich sie mit dem Rahmen fest verbunden sind.

Man unterscheidet Treib-, Kuppel- und Laufwheelsätze. Jeder Radsatz besteht aus zwei Rädern und der Achswelle; die Räder werden mit großem Druck aufgefressen und mit Keilen gegen Verdrehen gesichert.

Die Radkörper der Lokomotivradsätze werden bei der Reichsbahn ausschließlich als Speichenräder durchgebildet. Seit 1940 werden der Stahlersparnis wegen bei den Tenderwheelsätzen

auch aus Stahl gepresste Scheibenräder verwendet. Der Radkörper der Speichenräder besteht aus der Radnabe, den Speichen und dem Unterreifen (Bild 176); er wird auch mit Radstern bezeichnet. Bei den Rädern der Treib- und Kuppelwheelsätze wird der Kurbelarm gleich an die Radnabe angegossen. Die Treib- und Kuppelzapfen werden unter starkem Druck eingepreßt, die Treibzapfen außerdem durch Keile gesichert, damit beim Einpressen die Gegenkurbeln auf keinen Fall ihre Lage verändern. Ferner werden bei Treib- und Kuppelwheelsätzen die Gegengewichte in die Radsterne eingegossen.

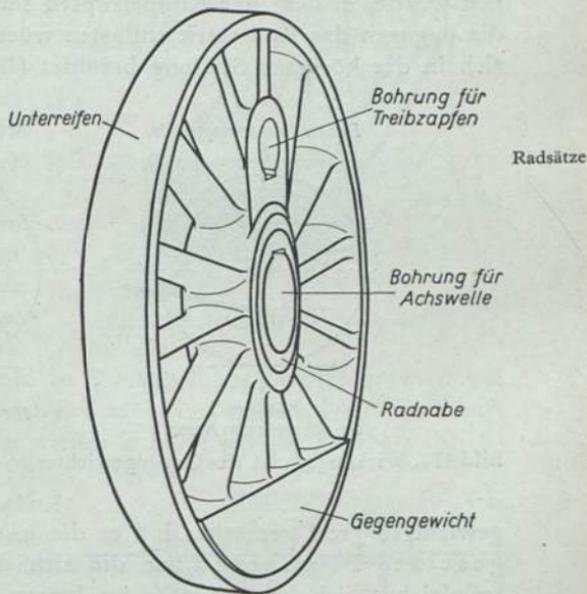


Bild 176. Radkörper eines Treibradsatzes

Gegen-
gewichte

Die Gegengewichte in den Rädern der Kuppelradsätze dienen dazu, die sich drehenden, am Rade außermittig sitzenden Massen auszugleichen; dies sind der Kurbelarm, der Kuppelzapfen und die Kuppelstange. Diese Massen rufen eine stets nach außen gerichtete Kraft, die Fliehkraft, hervor, die bei jeder Radumdrehung in dem Augenblick wie ein Schlag auf die Schienen wirken würde, in dem der Kuppelzapfen seine tiefste Stellung erreicht, die dagegen das Rad stark entlasten würde, wenn der Kuppelzapfen sich in der höchsten Stellung befindet (Bild 177). Wird das Gegen-

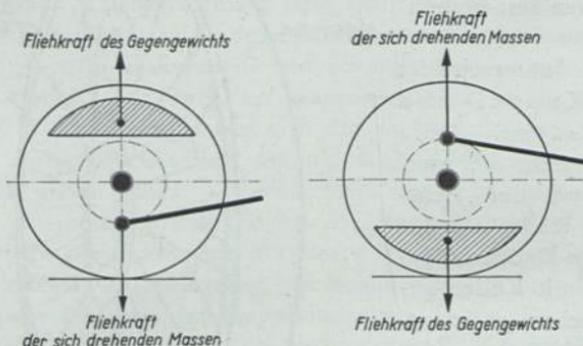


Bild 177. Wirkungsweise des Gegengewichtes in den Rädern der Kuppelradsätze

gewicht so groß gemacht, daß es die gleiche, aber entgegengesetzte Fliehkraft wie die sich drehenden Massen erzeugt, so gleichen sich beide Kräfte im Innern des Rades völlig aus, und nach außen ist keine Wirkung zu spüren. Bei den Rädern der Treibradsätze ist außer dem Gegengewicht zum Ausgleich der sich drehenden Massen, zu denen auch $\frac{3}{5}$ der Treibstange rechnen, noch ein Gegengewicht zum Ausgleich der hin und her gehenden Massen erforderlich (vgl. S. 234); beide Gegengewichte werden zu einem großen Gewicht vereinigt.

Die Laufflächen der Räder werden sehr hoch beansprucht, vor allem beim Befahren der Schienenstöße und Gleisunterbrechungen in Weichen und Kreuzungen, und nutzen sich stark ab. Die Räder erhalten daher auswechselbare Radreifen aus ganz besonders festem Stahl (Bild 178). Die Radreifen, die im Neuzustand 75 mm dick sind, werden mit Schrumpfmaß warm aufgezogen. Damit sich

der Reifen nicht vom Unterreifen herunterschieben kann, falls er lose wird oder an einer Stelle bricht, wird er noch besonders gesichert: Der Unterreifen legt sich an der Außenseite des Rades gegen eine schwalbenschwanzförmig gestaltete Fläche; auf der Innenseite wird ein geschlitzter Ring, der sogenannte Sprengring, in eine Nute des Radreifens gelegt und festgewalzt.

Die Lauffläche des Radreifens ist nach einem Kegel abgedreht und auf der Innenseite durch einen Spurring begrenzt. Der Kegel hat folgenden Zweck: Bekommt ein Radsatz vom Gleis her gegen das eine Rad einen seitlichen Stoß, so läuft es infolge des Spieles im Gleis mit dem anderen Rad

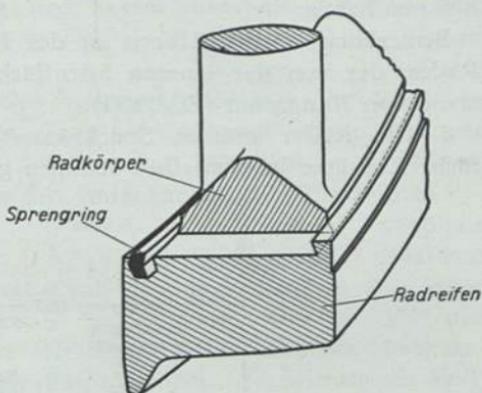


Bild 178. Radreifenbefestigung

an den Schienenkopf an. Infolge der kegeligen Lauffläche wird auf den Radsatz so lange eine nach der Mitte des Gleises gerichtete Kraft ausgeübt, bis sich beide Räder wieder auf Kreisen mit gleichem Durchmesser bewegen (Bild 179).

Dasselbe tritt ein beim Auslauf eines Fahrzeugs aus einer Krümmung in die gerade Strecke. Man nennt dies Bestreben der Radsätze, sich während der Fahrt in der Geraden so einzustellen, daß Mitte Radsatz mit Mitte Gleis zusammenfällt, Selbstspurung.

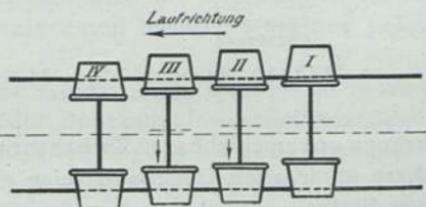


Bild 179. Auslauf eines Radsatzes aus der Krümmung ins gerade Gleis

Die BO gibt für die Radsätze der regelspurigen Fahrzeuge (Spurweite 1435 mm) eine Reihe von Vorschriften, die auch genaue Maßangaben enthalten:

1. Die Räder eines Radsatzes dürfen auf der Achswelle seitlich nicht verschiebbar sein.
2. Der lichte Abstand der Räder eines Radsatzes beträgt zwischen

Selbst-
spurung
Vor-
schriften
der BO

den Radreifen 1360 mm. Abweichungen sind nur bis zu 3 mm über oder unter dieses Maß zulässig.

3. Die Radreifen der Schlepptender und Wagen müssen in abgenutztem Zustande im Laufkreis einen Durchmesser von mindestens 850 mm haben.

Bemerkung: Der Laufkreis ist der Kreis auf der Lauffläche des Rades, der von der inneren Stirnfläche des Radreifens einen Abstand von 70 mm hat (Bild 180).

4. Die Räder müssen Spurkränze haben. Sind aber drei oder mehr Radsätze in demselben Rahmen gelagert, so können die Spur-

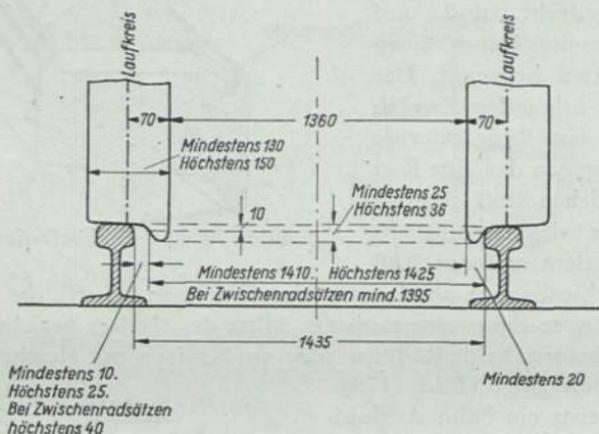


Bild 180. Vorgeschriebene Maße für Radsätze nach der BO

kränze unverschiebbarer Zwischenradsätze weggelassen werden, wenn diese unter allen Umständen eine genügende Auflage auf den Schienen finden.

5. An den Rädern müssen folgende Maße eingehalten werden:

- | | | |
|--|------------|--------|
| a) Breite der Radreifen | mindestens | 130 mm |
| | höchstens | 150 mm |
| b) Dicke der Radreifen, in der Ebene des Laufkreises gemessen, | mindestens | 25 mm |
| c) Höhe des Spurkranzes über dem Laufkreise | mindestens | 25 mm |
| | höchstens | 36 mm |

d) Dicke des Spurkranzes, gemessen 10 mm außerhalb des Laufkreises
 mindestens 20 mm

e) Spielraum der Spurkränze im Gleise von 1,435 m Spurweite, gemessen nach Verschiebung der Achse bis zum Anlauf an der einen Schiene (Gesamtverschiebung) und 10 mm außerhalb der Laufkreise
 mindestens 10 mm
 höchstens 25 mm

und bei den Zwischenradsätzen von drei oder mehr in demselben Rahmen gelagerten Radsätzen, wenn sie überhaupt mit Spurkränzen versehen sind,
 höchstens 40 mm

und die Entfernung zwischen den Anlaufstellen der Spurkränze
 höchstens 1425 mm
 mindestens 1410 mm

und bei den Zwischenradsätzen von drei und mehr in demselben Rahmen gelagerten Radsätzen
 mindestens 1395 mm

Über die Vorschriften der BO hinaus gelten für die Reichsbahn noch eine Reihe weiterer Bestimmungen; die wichtigsten sind: Vorschriften der Reichsbahn

Die Radreifen müssen nachgedreht, d. h. die ursprüngliche Form von Spurkranz und Kegel wiederhergestellt werden, wenn

1. sich in der Lauffläche durch Abnutzung eine Hohlkehle von mehr als 2 mm Tiefe (falscher Spurkranz) gebildet hat,
2. sich an einem Spurkranz eine scharfe Kante gebildet hat,
3. die Lauffläche flache Stellen von mehr als 3 mm Pfeilhöhe bei Güterzuglokomotiven, und mehr als 2 mm bei den sonstigen Lokomotiven hat.

Bei Güterzuglokomotiven, die mit Geschwindigkeiten bis zu 75 km/h fahren, ist das Wiederherstellen der Spurkranzform und das Beseitigen von Flachstellen auch durch Auftragsschweißen gestattet.

Ein Radreifen muß ausgewechselt werden, wenn

1. er lose sitzt oder sich auf der Radfelge seitlich verschoben hat,
2. er gesprungen ist,
3. seine Dicke im Laufkreis gemessen bei gebremsten Rädern nur noch 30 mm (bei ungebremsten 25 mm) beträgt.

Ein Radreifen ist fest, wenn er beim Anschlagen mit dem Hammer hell klingt; er ist lose, wenn er klirrt oder dumpf klingt, sich auf dem Radkörper gedreht hat, oder Roststaub oder Eisenspäne deutlich sichtbar an der ringsumlaufenden Fuge zwischen Unter- und Radreifen austreten.

Um feststellen zu können, ob sich ein Radreifen auf dem Unterreifen gedreht hat, ist an allen Rädern in die äußere Felge zwischen Radreifen und Unterreifen ein Körner eingeschlagen. Er ist in der Verlängerung einer Speiche angebracht, die mit einem einfachen Pfeil oder Strich in gelber Ölfarbe gezeichnet ist.

Die Laufkreisdurchmesser richten sich nach dem Verwendungszweck der Radsätze. Für voranlaufende Laufradsätze sind 850, 1000 und 1100 mm im Neuzustande üblich, für gezogene (genannt

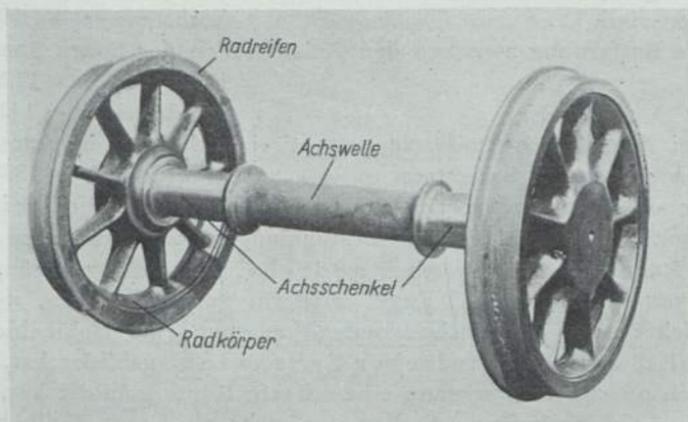


Bild 181. Laufradsatz einer Lokomotive

Schleppachsen) bis 1250 mm. Der Durchmesser der Räder von Treib- und Kuppelradsätzen richtet sich nach dem Verwendungszweck (vgl. S. 14) und der Höchstgeschwindigkeit. Die Güterzuglokomotiven haben im allgemeinen 1400 mm, Personenzuglokomotiven 1750 mm und Schnellzuglokomotiven 2000 mm Laufkreisdurchmesser. Neuerdings geht man für ganz schnell fahrende Lokomotiven (bis 180 km/h) auf 2300 mm.

Die folgenden Bilder zeigen einige Beispiele von Radsätzen. Bild 181 zeigt den Laufradsatz einer Lokomotive. Die Achsschenkel, auf denen das Gewicht der Lokomotive ruht, sind durch einen Bund begrenzt. Auf Bild 182 ist der Treibradsatz einer Dreizylinderlokomotive dargestellt. Die Treibachswelle ist ein-fach gekröpft. Der Treibzapfen des außen liegenden Triebwerks

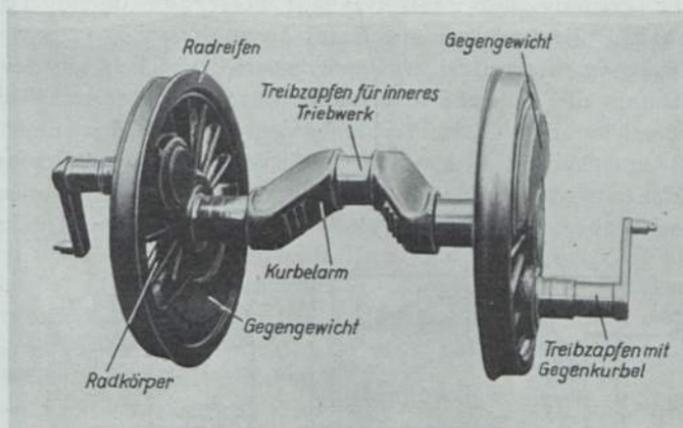


Bild 182. Treibradsatz einer Dreizylinderlokomotive (einfach gekröpfte Achse)

hat zwei Lagerflächen; auf der dicht am Radstern liegenden läuft das Lager der Kuppelstange, auf der außen liegenden das Lager der Treibstange.

Bild 183 zeigt den Radsatz einer Vierzylinderlokomotive für Einachsantrieb mit der zweifach gekröpften Achswelle.

Bei neueren Lokomotiven sind die Achsen zur Gewichtersparnis

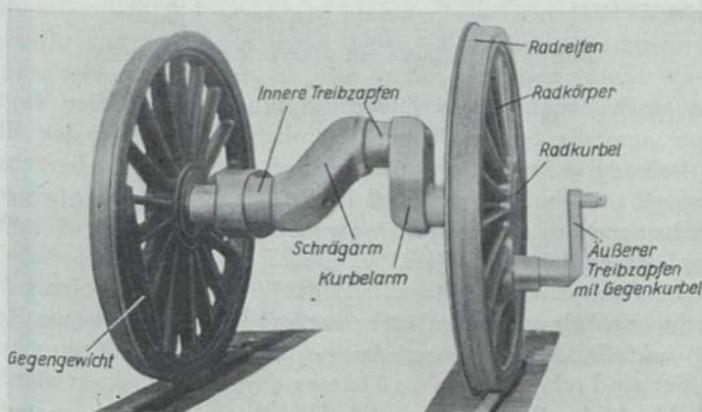


Bild 183. Treibradsatz einer Vierzylinderlokomotive (zweifach gekröpfte Achse)

und zur Prüfung des Baustoffes auf Fehler im Innern durchbohrt (siehe die Radsätze auf Tafel 3).

Achslager Der Rahmen ruht mit Achslagern auf den Schenkeln der Radsätze. Damit die während der Fahrt durch die Gleisunebenheiten (Schienenstöße und Gleisunterbrechungen bei Weichen und Kreuzungen) entstehenden senkrechten Stöße, die auf das Fahrzeug und die Schienen zerstörend einwirken, nicht in vollem Maße auf die Lokomotive übertragen werden, sind zwischen Rahmen und Achslager

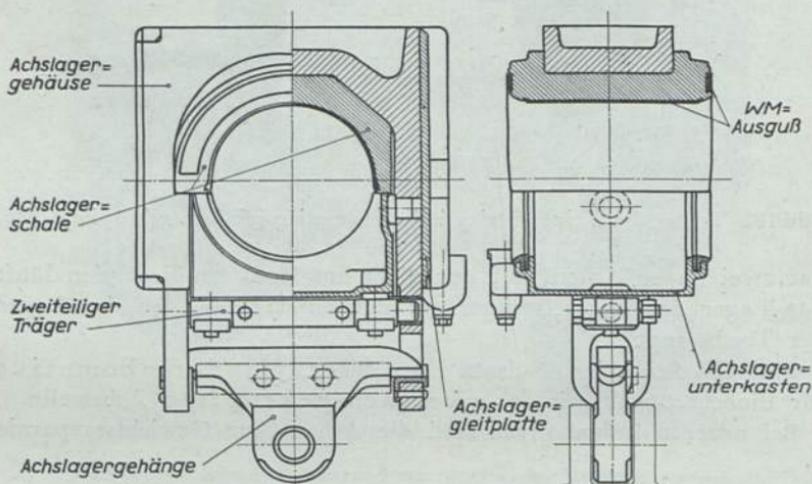


Bild 184. Achslager mit unterer Abfederung

Federn geschaltet. Dadurch, daß diese durchfedern, fallen die Stöße geringer aus; die Stoßkraft wird nämlich teilweise in den Federn durch Reibung aufgezehrt und daher auf den Rahmen abgeschwächt weitergegeben. Der Rahmen muß infolge der Abfederung gegenüber den Achslagern senkrechte Bewegungen von der Größe des Federspieles ausführen können.

Den Aufbau eines Achslagers zeigt Bild 184. Die obere Hälfte des Achsschenkels wird von einer Achslagerschale aus Rotguß (Rg 9) umfaßt, die mit einem Ausguß aus Weißmetall versehen ist. Auch hier sind schon Dünngußlager (vgl. S. 224) in großem Umfange eingeführt. Versuche mit Bleibronzeausgüssen in Stützlagerschalen aus Stahl sind z. Z. im Gange; diese Lager sind ge-

Bleibronze

eignet, den Verbrauch an devisenzehrenden Stoffen gegenüber Dünngußlagern noch weiter herabzusetzen. Über die Lagerschale ist das Achslagergehäuse gesetzt, das entweder aus Stahl gepreßt wird oder aus Stahlguß (Stg 38.81) besteht.

Damit sich die Lagerschalen im Gehäuse nicht drehen, sind ihre Außenflächen eckig gestaltet; ein Verschieben in Richtung der Achse verhindern Bunde, die das Gehäuse umfassen, oder, bei älteren Bauarten, Lappen, die in Aussparungen im Inneren des Gehäuses eingreifen (Bild 185). An den Gehäusen sind unten die Achslagergehänge pendelnd aufgehängt, an denen die Tragfedern mit Bolzen befestigt sind, oder aber die Federn stützen sich von oben auf die Gehäuse mit Federstützen ab (Bild 193 und Tafel 5). An

den Seiten ist das Achslagergehäuse mit auswechselbaren Gleitplatten aus Rg 5 (neuerdings versuchsweise aus Kunstharzpreßstoff) versehen (Bild 190).

Um den Achsschenkel zu schmieren und Unreinigkeiten fernzuhalten, ist gegen ihn von unten der Achslagerunter-

kasten (Bild 184) gesetzt, in dem sich ein Schmierpolster, ähnlich dem im Bild 246 gezeigten, befindet. Der Unterkasten wird mit Öl gefüllt und hat dazu meist einen angegossenen Öltrichter mit Klappdeckelverschluß; an tiefster Stelle wird neuerdings eine Entwässerungsschraube angebracht, damit eingedrungenes Wasser leicht abgelassen werden kann.

Der Unterkasten wird entweder durch das Achslagergehänge gehalten oder durch Druckschrauben, die durch einen besonderen Unterkastenträger gehen. Ein besonderer Unterkastenträger ist auf jeden Fall notwendig, wenn sich die Feder von oben auf das Achslagergehäuse abstützt. Bei den Einheitslokomotiven ist auch bei unterer Federaufhängung ein besonderer, und zwar zweiteiliger Träger vorhanden, damit man den Unterkasten wegnehmen kann, ohne die Feder abnehmen zu müssen.

Achslager mit dicken WM-Ausgüssen haben auch noch Oberschmierung; das Schmieröl wird von Dochtschmiergefäßen zu-

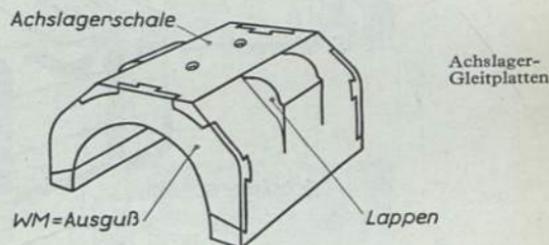


Bild 185. Achslagerschale älterer Bauart

Achslager-
gehäuse

Trag-
federn

Achslager-
Gleitplatten

WM=Ausguß

Lappen

Ober-
schmierung

geführt, die am Rahmen befestigt sind. Bei älteren Lokomotiven ist hierzu das Oberteil des Achslagergehäuses als Ölraum (Bild 186) ausgebildet; diesen schließt ein Blech mit Klappdeckel nach oben ab. Der Ölraum wird von Hand gefüllt. Die Achslagergleitplatten sind bei älteren Lokomotiven ebenfalls von Hand zu schmieren; bei neueren Lokomotiven wird ihnen Schmieröl von Dochtschmiergefäßen zugeführt, die sich am Rahmen befinden.

In der Ostmark läuft eine größere Anzahl von Lokomotiven der ehemaligen österreichischen Bundesbahnen, deren Achslager mit

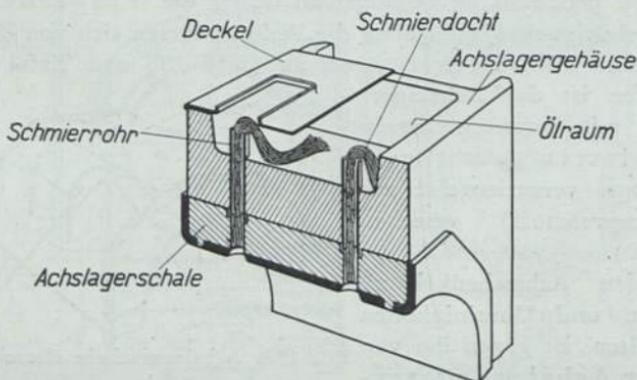


Bild 186. Oberschmierung der Achslager

Druck-
umlauf-
schmierung Druckumlaufschmierung Bauart Friedmann ausgerüstet sind (Bild 187). Diese arbeitet folgendermaßen: Auf der Achse ist eine Fördertrommel aufgepreßt, die sich während der Fahrt in dem feststehenden Ölfördergehäuse dreht und bei Bewegung im Uhrzeigersinne Öl in die gezeigte Staunut fördert, die im Ölfördergehäuse eingearbeitet ist. Da das mitgerissene Öl nach keiner Seite ausweichen kann, steht es in der Nut unter Druck; vom Ende der Staunut wird es durch einen Schmierkanal zu den Lagergleitflächen gedrückt. Überschüssiges Öl fließt durch den Rücklaufkanal auf die andere Seite der Lagerschale und von da wieder dem Ölvorrat zu. Durch mit der Achse umlaufende Spritzringe wird Ölaustritt vermieden. An der einen Seite vermeiden eine Labyrinthdichtung, an der anderen eine mehrteilige Staubabdichtung Eintritt von Wasser und Staub. Bei Fahrt in entgegengesetzter Richtung wird das Öl in die spiegelbildlich

angeordnete zweite Staunut gefördert. Durch eine mit Schraube verschlossene Prüföffnung kann der Ölstand mit Peilstab festgestellt werden.

Da das gewöhnliche Achslager die Achsschenkel nur auf der oberen Hälfte umschließt, ist es wenig geeignet, waagerechte Kräfte aufzunehmen. Man verwendet daher bei den Treibachsen, deren Lager die großen von der Dampfmaschine herrührenden waage-

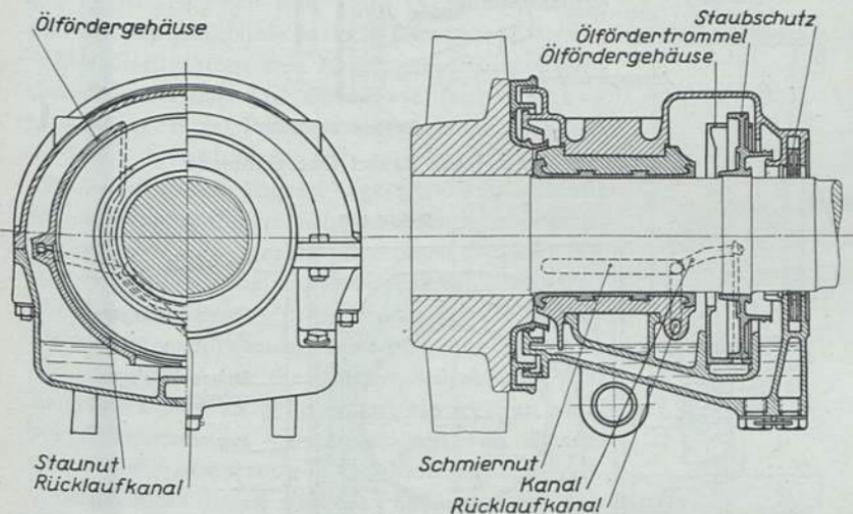


Bild 187. Lokomotivachslager mit Druckumlaufschmierung
Bauart Friedmann

rechten Kräfte aufnehmen müssen, eine nach ihrem Erfinder als Obergethmann-Lager bezeichnete Bauart, bei der der Achsschenkel auch zum Teil auf seiner unteren Hälfte umfaßt wird (Bild 188). Außer der oberen Lagerschale sind hier untere Lagerschalen, ebenfalls mit WM-Ausguß versehen, eingebaut, die vom Achslagerunterkasten gegen den Schenkel gedrückt werden. Der Unterkasten wird entweder mit durchgehenden Schrauben oder durch Druckschrauben gehalten, die in einem Unterkastenträger sitzen. Zwischen oberer und unterer Lagerschale liegen Bleche verschiedener Dicke, die bei Verschleiß herausgenommen werden, damit die unteren Lagerschalen wieder fest an den Schenkel gedrückt werden

Obergethmann-Lager

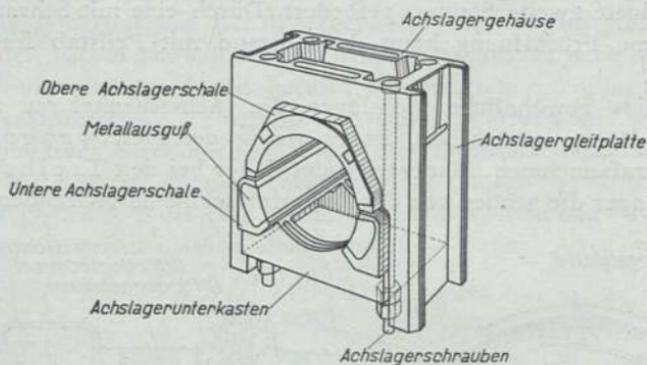


Bild 188. Treibachslager Bauart Obergethmann

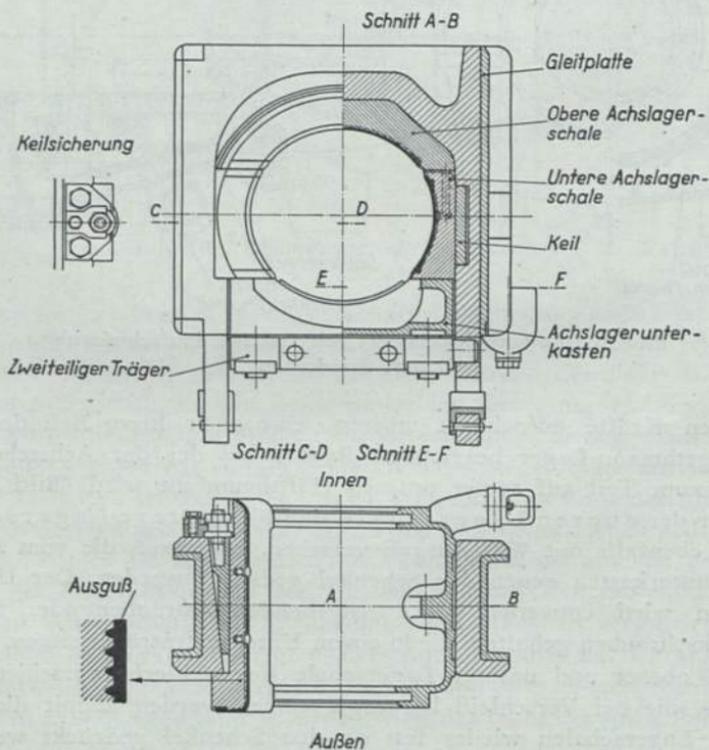


Bild 189. Treibachslager Bauart Mangold

können. Da das Nachstellen wegen der darunterliegenden Tragfeder umständlich ist, verwendet man neuerdings die verbesserte Bauart, das Mangold-Lager, bei dem die unteren Lagerschalen von der Seite nachgestellt werden. Hierzu dienen Stellkeile, die sich gegen Keilflächen in Aussparungen des Achslagergehäuses legen und die Lagerschalen an die Achsschenkel drücken (Bild 189). Das Bild zeigt auch die bei Achslagern schon verwendeten Dünngußlager und ihre Verklammerung mit der Rotgußschale mittels Gewinde.

Die Gleitplatten der Achslagergehäuse haben seitliche Leisten, mit denen sie Achslagerführungen am Rahmen umfassen. Die Leisten sind im Anschluß an ein gerades Mittelstück oben und unten abgeschrägt (Bild 190), damit die Achslagergehäuse sich unabhängig voneinander auf und ab bewegen, die Achsen sich also bei einseitigen Gleisunebenheiten vertikal schieben können. Die Achslagerführungen sind bei Blechrahmen notwendig, um eine genügend breite Auflagerfläche für die großen Stützkkräfte vom Triebwerk her zu bekommen; sie werden auch bei Barrenrahmen verwendet, um von diesem selbst jede Abnutzung fernzuhalten.

Beim Blechrahmen sind die Führungen meist zu einem starken, rahmenartigen Stahlgußstück (Bild 191) vereinigt, das gleichzeitig den im Rahmenausschnitt stark geschwächten Rahmen verstärkt.

Damit sich der Rahmen im Achslagerausschnitt nicht aufbiegt, wird er unterhalb des Achslagergehäuses durch einen Achsgabelsteg zusammengehalten, der in Ansätze am Rahmen eingepaßt und durch Paßschrauben befestigt wird.

Gleitplatten und Achslagerführungen werden im Betriebe stark abgenutzt; unruhiger Lauf der Lokomotive ist die Folge. Um den Verschleiß ständig ausgleichen zu können, erhält jeder Achsausschnitt einen Achslagerstellkeil aus gehärtetem oder naturhartem Stahl (Bild 191). Die Keile liegen bei allen Ausschnitten auf derselben Seite des Achslagergehäuses (meist hinten), damit beim Nachstellen die Achsentfernung (Stichmaß) nicht verändert wird; sie werden mit

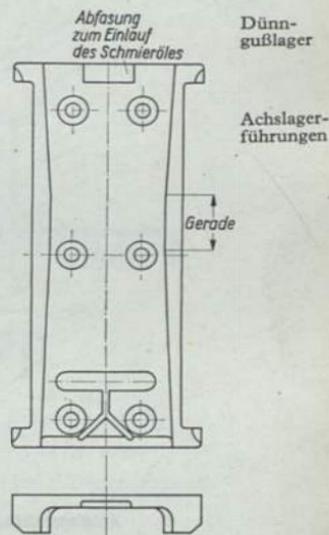


Bild 190.
Achslagergleitplatte

Achsgabelsteg

Achslagerstellkeil

der Achslagerstellkeilschraube nachgestellt, die durch ein Auge am Achsgabelsteg geht. Eine Schraubensicherung verhütet unbeabsichtigtes Lösen im Betriebe. Die Stellkeile dürfen niemals zu stark angezogen werden, damit die Achslagergehäuse ungehindert

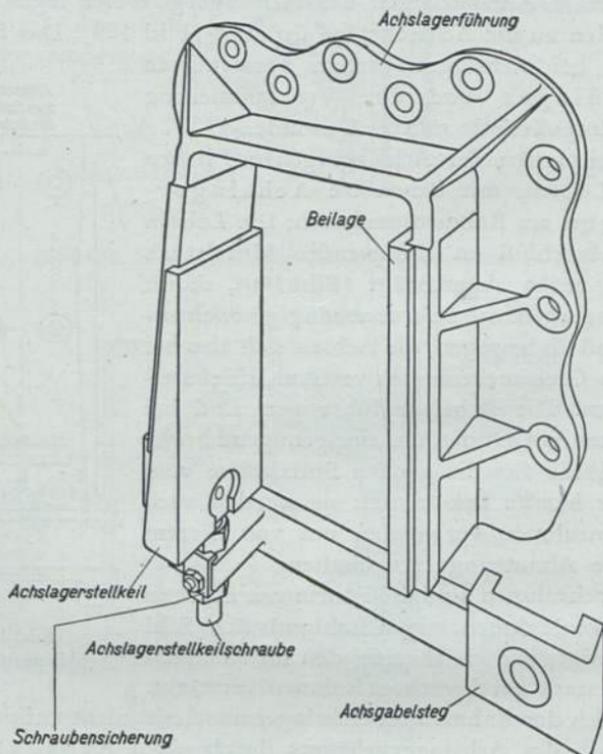


Bild 191. Achslagerführung, Stellkeil und Achsgabelsteg beim Blechrahmen

dem Federspiel folgen können. Beim Nachstellen wird deshalb folgendermaßen verfahren: Man zieht den Stellkeil zunächst ganz fest und löst ihn dann wieder etwas, indem man die Stellkeilschraube um einen Gang zurückdreht.

Beim Barrenrahmen bestehen die Achslagerführungen nur aus Stahlplatten (St 60.11), die mit Leisten um die seitlichen Flächen des Achslagerausschnittes fassen und mit Schrauben befestigt sind (Bild

192). Die Achsgabelstege bestehen entweder aus einem Stück und werden von unten gegen den Rahmen gesetzt, wobei Ansätze am Rahmen in Aussparungen am Steg greifen, oder es sind zwei Stege vorhanden, die von innen und außen um Ansätze am Rahmen unterhalb der Achslagergehäuse greifen, und von denen der äußere den Ansatz für die Stellkeilschraube hat.

Als Tragfedern werden die sogenannten Blattfedern verwendet, die aus einer größeren Anzahl aufeinander geschichteter Federblätter bestehen, deren Länge von unten nach oben zunimmt (Bild 194 b).

Blattfedern werden an dieser Stelle verwendet, weil sie einen großen Teil der auf sie einwirkenden Stoßkraft durch Reibung zwischen den einzelnen Federlagen aufzehren, daher nach einem eingeleiteten Stoß schnell wieder zur

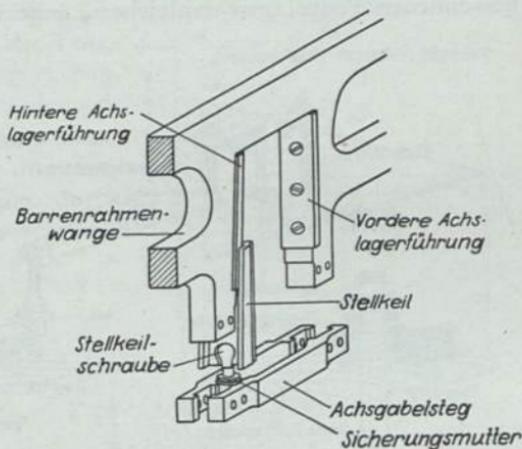


Bild 192. Achslagerführungen beim Barrenrahmen

Ruhe kommen, während Wickel- und Schneckenfedern längere Zeit schwingen würden.

Die Federblätter sind aus besonderem Federstahl und werden sorgfältig gehärtet; ihre Abmessungen sind: entweder 90 mm Breite und 13 mm Dicke oder neuerdings 120 mm Breite und 16 mm Dicke. Die Federlagen haben auf der Oberseite eine über die ganze Länge laufende Rille, auf der Unterseite eine Rippe; Rippe liegt in Rille, so daß die Lagen sich nicht in der Querrichtung verschieben können. In der Mitte werden die Federblätter von einem Federbund zusammengefaßt und in ihm durch Beilagen und Tragfederkeil gehalten; damit sie sich in der Längsrichtung nicht verschieben, sind sie hier auf der Oberseite mit einer Vertiefung, auf der Unterseite mit einer Warze versehen.

Die eigentümliche Form der Feder ist auf eine einlagige, an einem Ende eingespannte Dreieckfeder zurückzuführen. Eine solche

Dreieckfeder wird durch die an einem Ende angreifende Last P überall gleichmäßig beansprucht und biegt sich nach einem Kreisbogen durch (Bild 194 a); die Durchbiegung nimmt gleichmäßig mit der Belastung zu. Zerlegt man die Feder in eine Anzahl gleich breiter Streifen a und a_1 , b und b_1 usw. und setzt die Streifen gleicher Länge (a mit a_1 , b mit b_1 usw.) aneinander, so ergibt sich die bekannte zugespitzte Form der einzelnen Federblätter. Schichtet man die so gewonnenen Federlagen ungleicher Länge übereinander (Bild 194 b),

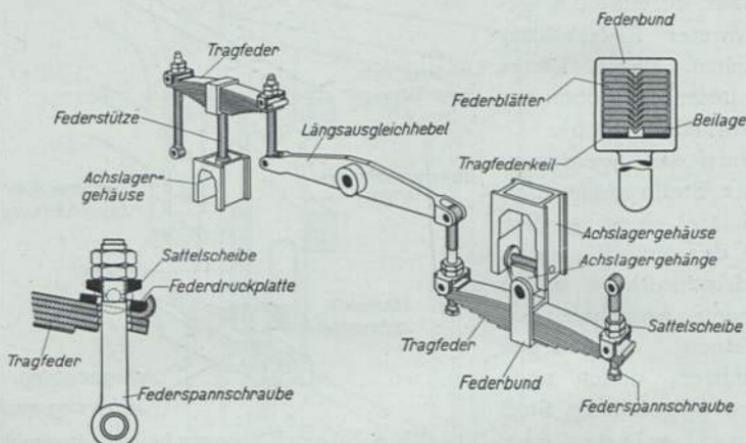


Bild 193. Tragfederanordnung oberhalb und unterhalb der Achslager, Ausgleichs- hebel

so berühren sie sich auf ihrer ganzen Länge auch bei Belastung, so daß diese stets von Federblatt zu Federblatt völlig gleichmäßig übertragen wird. Wird die Feder bei Belastungsänderung gebogen, so verschieben sich die berührenden Oberflächen etwas gegeneinander, so daß zwischen den Lagen ein Teil der eingeleiteten Stoßkraft durch Reibung aufgezehrt wird.

Die Federbunde ruhen entweder mit Federstützen auf den Achslagern oder hängen an den Achslagergehängen. Die Last des Rahmens wird auf die Federn mit Spannschrauben übertragen, die am Rahmen oder an Ausgleichhebeln mit Bolzen befestigt sind (Bild 193). Die Spannschrauben gehen mit Spiel durch Langlöcher in den oberen Federlagen und übertragen die Last mit Spann-

Feder-
spann-
schrauben

muttern, Sattelscheiben und Druckplatten. Mit Hilfe der Spannmutter kann man durch stärkeres oder schwächeres Anziehen das auf die einzelnen Radsätze entfallende Gewicht der Lokomotive in gewissem Umfange beeinflussen.

Die im Stillstand der Lokomotive vorhandene Lastverteilung bleibt während der Fahrt nicht erhalten, sondern verändert sich, wenn durch die Unebenheiten des Gleises Stöße auftreten. Erhält der vorderste Radsatz einen senkrechten Stoß nach oben, so wird dieser, wenn auch durch die Tragfedern gedämpft, weitergegeben. Rahmen und Kessel werden an ihrem vorderen Ende also ebenfalls aufwärts gestoßen und drehen sich hierbei um eine durch ihren gemeinsamen Schwerpunkt S

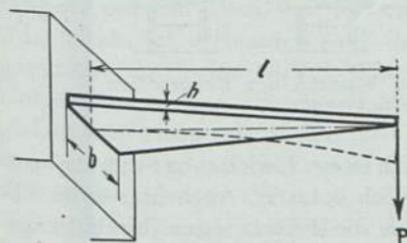


Bild 194a. Dreiecksfeder

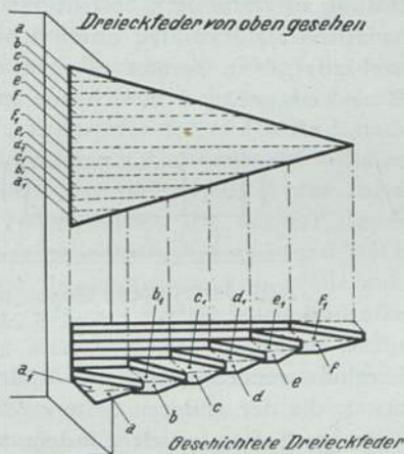


Bild 194b. Geschichtete Dreiecksfeder

gelegte waagerechte Querachse, so daß sie demnach am hinteren Ende der Lokomotive eine Bewegung nach unten ausführen (Bild 195). Es ist klar, daß durch diese Bewegung, die man mit Nicken bezeichnet, die vorderen Federn entlastet, die hinteren stärker belastet werden. Die zusätzliche Belastung der hinteren Federn führt nun wieder dazu, daß sich diese zu entspannen versuchen, indem sie Kessel und Rahmen zurückschwingen, wobei jetzt die hinteren Federn entlastet, die vorderen zusätzlich belastet werden. Das Spiel zwischen den Federn geht so lange hin und her, bis die ursprüngliche Stoßkraft durch die Reibung aufgezehrt ist. Eine zu große Entlastung des führenden Radsatzes muß bei dieser Bewegung vermieden werden, weil sonst Entgleisungsgefahr besteht.

In Krümmungen und, wie wir später sehen werden, auch zeit-

weilig in der Geraden laufen die Räder mit ihren Spurkränzen (vgl. S. 283) an die Schienen seitlich an, wobei an der Berührungsstelle ein starker Anlaufdruck entsteht. Dieser hat das Bestreben, das Rad auf die Schiene aufsteigen zu lassen, wird jedoch durch die auf dem Radsatz ruhende Last daran gehindert. Würde der führende Radsatz dagegen gerade in dem Augenblick zu stark entlastet, in dem das Rad anläuft, so würde er aufsteigen und entgleisen.

Anlaufdruck

Ein Mittel, zu starke Entlastung und zu große zusätzliche Belastung zu verhindern, besteht darin, daß man die Tragfedern mehrerer benachbarter Radsätze durch Längsausgleichhebel (Bild 193) verbindet. Nun kommt es aber auch vor, daß die Lokomotive ins Wanken gerät, d. h. sich um ihre Längsachse dreht (Bild 195).

Längsausgleichhebel

Wanken

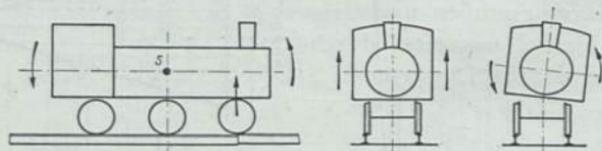


Bild 195. Nicken, Wogen und Wanken der Lokomotive (vgl. S. 236 und 283)

Hierbei werden sämtliche Räder einer Lokomotivseite entlastet, die der anderen Seite zusätzlich belastet. Auch hier kann Abhilfe geschaffen werden, indem man die Federn oder durch Längsausgleichhebel verbundenen Federgruppen beider Lokomotivseiten miteinander durch Querausgleichhebel verbindet.

Querausgleichhebel

Wogen

Bei dieser Gelegenheit sei noch eine weitere, seltener vorkommende störende Bewegung erwähnt, das Wogen, das darin besteht, daß die Lokomotive in allen Federn zugleich auf und ab bewegt wird.

Die Ausgleichhebel sind mit Bolzen am Rahmen drehbar gelagert; der auf dem Bolzenlager ruhende Gewichtsanteil der Lokomotive wird im Verhältnis der Hebelarmlängen auf die beiden zugehörigen Radsätze übertragen. Sollen beide Radsätze gleiche Anteile erhalten, so sind die Hebelarme gleich; soll ein Radsatz einen geringeren Anteil erhalten, wie das z. B. der Fall ist, wenn die Federn eines Lauf-radsatzes mit denen eines Kuppelradsatzes durch Ausgleichhebel verbunden werden sollen, so muß der Hebelarm, an dem die Tragfeder des weniger zu belastenden Radsatzes angreift, länger als der andere sein.

Es gibt auch Lokomotiven, bei denen das Hebelverhältnis im Betriebe geändert werden kann, und zwar durch einfaches Umstecken von Bolzen in den Ausgleichhebeln. Zum Beispiel wird bei den Lokomotiven der Bauartreihen 41 und 45 auf diese Weise der Achsdruck der gekuppelten Radsätze von 20 auf 18 t herabgesetzt, wenn sie auf Strecken mit leichterem Oberbau verkehren sollen; die Laufachsen werden in diesem Falle natürlich stärker belastet.

Die Ausgleichhebel wirken folgendermaßen (Bild 193):

Läuft eine Lokomotive, die mit Ausgleichhebeln versehen ist, mit dem vorderen Radsatz über eine Gleisunebenheit, die einen nach oben gerichteten Stoß herbeiführt, so biegt sich zwar die Tragfeder des ersten Radsatzes durch, jedoch wird gleichzeitig der Ausgleichhebel gedreht und der Stoß auch auf die Feder des folgenden Radsatzes übertragen. Der Stoß, den die Feder des ersten Radsatzes auf Rahmen und Kessel weitergibt, wird also nicht nur von einer Feder abgefangen, sondern auch von allen folgenden, die mit ihr durch Ausgleichhebel verbunden sind, daher gleichmäßig verteilt und stark gemildert; auch das Nicken tritt nur in abgeschwächtem Maße auf. Umgekehrt werden alle durch Ausgleichhebel verbundenen Radsätze gleichzeitig entlastet; die Entlastung jedes einzelnen Radsatzes bleibt dann so gering, daß sie keinen Anlaß zum Aufsteigen eines anlaufenden Rades gibt.

Die durch Ausgleichhebel zu einem System vereinigten Tragfedern bezeichnet man als einen Abstützungspunkt. Die im Bild 196 Abstützungspunkt dargestellte Federanordnung würde man als Vierpunktaufhängung bezeichnen. Hier sind aus baulichen Gründen die Federn von Lauf- radsatz und erstem Kuppelradsatz durch Winkelausgleich- Winkelausgleichhebel hebel und Verbindungsstange verbunden. Bild 197 zeigt eine Federanordnung, bei der die auf beiden Lokomotivseiten liegenden Federn der vorderen drei gekuppelten Achsen durch einen Querausgleichhebel verbunden sind und dieser selbst in der Mitte an einem zur Tragfeder des vorderen Laufradsatzes führenden Längsausgleichhebel aufgehängt ist. Die Federn der vier ersten Radsätze bilden also zusammen nur einen Abstützungspunkt; da die Federn der beiden letzten Kuppelradsätze auf jeder Lokomotivseite für sich durch Längsausgleichhebel zusammengefaßt sind und somit zwei Abstützungspunkte ergeben, ist diese Lokomotive als in drei Punkten aufgehängt anzusehen.

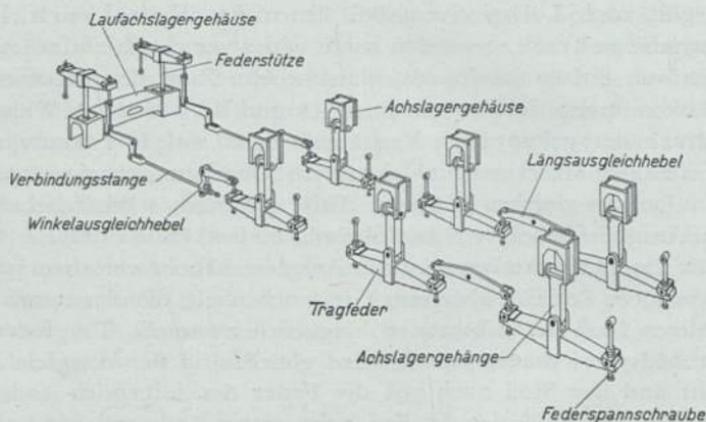
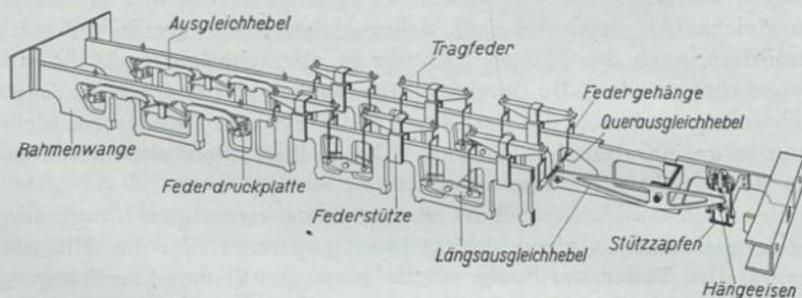


Bild 196. Vierpunktaufhängung

Bild 197. Dreipunktaufhängung (Bauartreihe 58¹⁰—21)

Damit die Ausgleichshebel durch Festfressen im Lager nicht wirkungslos werden, müssen sie ständig geschmiert werden; das geschieht entweder durch besondere kleine Dochtschmiergefäße oder von Hand durch Schmierbohrungen.

3. Kurvenbewegliche Laufwerke

Ein Fahrzeug bewegt sich auch auf gerader Strecke nicht nur in der Fahrtrichtung, sondern führt infolge des Spielraumes der Spurkränze im Gleis kleine Bewegungen quer zur Fahrtrichtung aus. Bekommt nämlich ein Rad durch eine Ungenauigkeit in der Gleislage vom Schienenkopf her einen seitlichen Stoß,

so läuft der betreffende Radsatz an die gegenüberliegende Schiene an. Dadurch entsteht selbstverständlich ein neuer Stoß, unter dessen Einwirkung die Achse wieder an die erste Schiene anläuft, worauf das Spiel von neuem beginnt.

Sind bei einer Lokomotive alle Radsätze im Rahmen so gelagert, daß sie sich gegenüber diesem in der Querrichtung nicht verschieben können (sogenannte feste Achsen), so sind es die Räder der ersten und letzten Achse, die

im geraden Gleis anlaufen. Bekommt ein Rad des vordersten Radsatzes einen seitlichen Stoß gegen den Spurkranz, so folgt die Lokomotive vorn den oben geschilderten Bewegungen und dreht sich dabei um eine senkrechte, durch ihren Schwerpunkt S gelegte Achse, macht also mit ihrem hinteren Ende einen Ausschlag in der entgegengesetzten Richtung. Diese drehenden Querbewegungen, die man mit „Schlingern“ (Bild 198) bezeichnet, kommen von selber wie-
 der zum Stillstand, wenn nicht weitere Gleisunebenheiten Anlaß zu neuen Stößen geben (vgl. S. 236 und 280).

Wie aus dem Bild 199 hervorgeht, wird der Winkelausschlag der Drehbewegung (Anlaufwinkel) um so größer, je kürzer der feste Achsstand, d. h. die Entfernung zwischen vorderster und hinterster fester Achse ist, und um so kleiner, je größer der feste Achsstand ist.

Der beim Schlingern entstehende Anlaufdruck hängt ab von der Größe des Stoßes, der die Schlingerbewegung einleitet. Es ist klar, daß

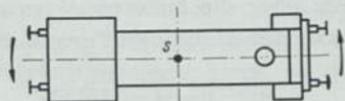
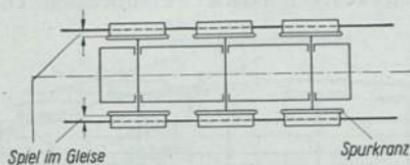
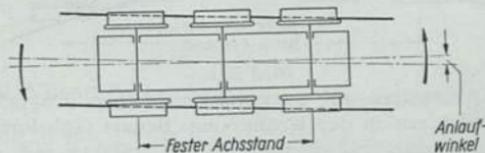
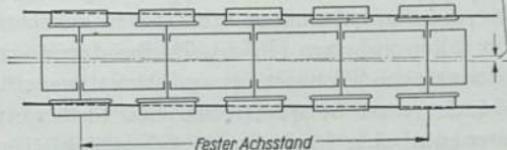


Bild 198.

Schlingern der Lokomotive

Feste
Achsen

Schlingern

Anlauf-
winkelFester
AchsstandBild 199. Anlaufwinkel bei verschieden großem
festen Achsstand

solche Stöße vom Gleis her um so größer sein werden, je schneller die Lokomotive fährt. Ferner wird der Anlaufdruck größer, je größer der Winkelausschlag ist, und je größer die Massen sind, die über die äußeren Achsen überhängen. Bei Lokomotiven, die kurzen Achsstand und große überhängende Massen haben, treten die

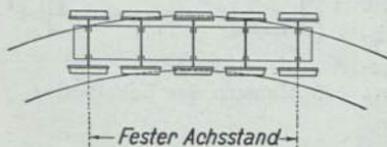


Bild 200. Lokomotive mit zu großem festem Achsstand in der Krümmung

Schlingerbewegungen schon bei geringen Stößen vom Gleis her auf und verschwinden viel langsamer wieder; solche Lokomotiven können daher nur für geringe Geschwindigkeiten verwendet werden.

Abhilfe gegen zu starkes Schlingern würde also dadurch ge-

schaffen, daß man den festen Achsstand groß und die überhängenden Massen klein hält. Das ist aber nicht immer möglich, denn eine Lokomotive mit großem festem Achsstand kann, wie Bild 200 zeigt, nicht durch Krümmungen mit kleinem Halbmesser

Seitenverschiebliche Radsätze

fahren. Soll das jedoch möglich sein, so muß man seitenschiebliche Radsätze anordnen. Die Seitenverschieblichkeit wird



Bauart Gölsdorf

Bild 201. Lokomotive mit seitenschieblichen Kuppelradsätzen in der Krümmung (Bauart Gölsdorf)

dadurch erreicht, daß man zwischen den Stirnflächen der Lagerschalen und den Bunden auf dem Achschenkel ein Spiel von der Größe der gewünschten Seitenverschieblichkeit läßt (Bauart Gölsdorf).

Selbstverständlich muß man auch die Kuppelzapfen entsprechend länger

machen, damit sich die Kuppelstangen seitlich verschieben können, oder die Kuppelstangen mit Lagern ausrüsten, die ein seitliches Ausschwenken zulassen (Bild 147). Bei der Reichsbahn sind Radsätze mit Seitenverschieblichkeit bis zu 30 mm ausgeführt.

Macht man beispielsweise bei fünf gekuppelten Radsätzen den ersten und den fünften seitenschieblich, so vermag die Lokomotive durch die Krümmungen zu fahren (Bild 201). Mitunter ist es noch notwendig, um jedes Zwängen zu vermeiden, entweder auch den

mittelsten Radsatz seitenverschieblich zu machen oder an seinen Rädern den Spurkranz etwas schwächer zu drehen (Höchstmaß 15 mm).

Der feste Achsstand oder, wie man es auch bezeichnet, die geführte Länge, rechnet bei einer solchen Lokomotive nur vom zweiten bis vierten Radsatz, ist also verhältnismäßig klein, so daß

Spurkranzschwächung

Geführte Länge

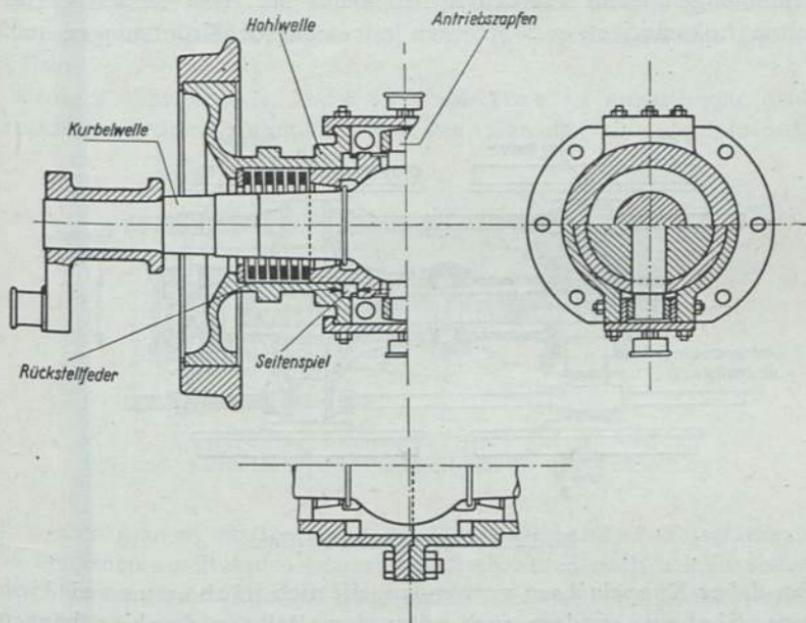


Bild 202. Klien-Lindner-Radsatz

eine derartige Lokomotive bei größerer Geschwindigkeit sehr zum Schlingern neigt; der mittelste Radsatz ist ein zwischen zwei festen Achsen gelagerter Zwischenradsatz, für dessen Spiel im Gleis in der BO besondere Ausnahmbedingungen gegeben sind (vgl. S. 267). Da man als führende Achse die bezeichnet, die in der Fahrtrichtung als erste feste Achse läuft, so ist in diesem Fall entweder die zweite (bei Vorwärtsfahrt) oder die vierte Achse (bei Rückwärtsfahrt) die führende; lediglich in Krümmungen kann, je nach der Fahrtrichtung, die erste oder fünfte Achse zur führen-

Führende Achsen

den werden, wenn nämlich ihre Seitenverschieblichkeit bereits erschöpft ist.

Bei der eben beschriebenen Anordnung drehen sich die Achsen gegenüber dem Rahmen nicht; infolgedessen laufen die Spurkränze unter einem Winkel gegen die Schiene an. Eine starke Abnutzung der Spurkränze ist die Folge, auch steigen die Räder in starken Krümmungen leicht auf den Schienenkopf auf. Bei vielfach gekuppelten Lokomotiven auf Strecken mit scharfen Krümmungen muß

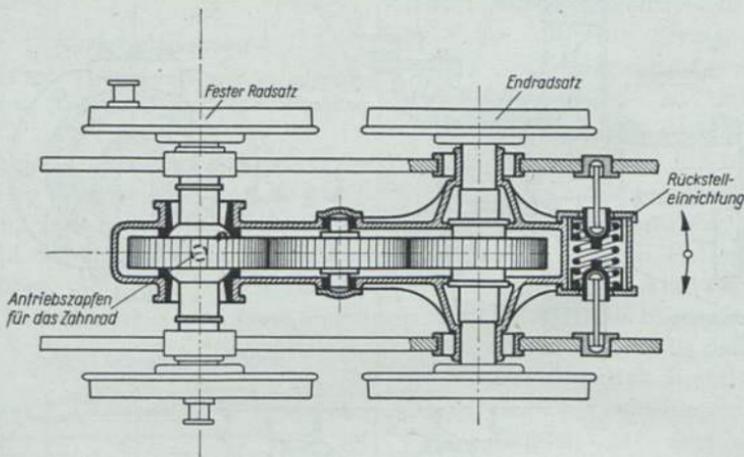


Bild 203. Luttermöller-Radsatz

man daher Kuppelachsen verwenden, die sich nicht nur seitlich verschieben, sondern auch unter dem Rahmen drehen können oder durch eine Deichsel lenkbar sind.

Die bekanntesten Bauarten sind Klien-Lindner und Luttermöller. Bei Klien-Lindner (Bild 202) wird durch die Kuppelstange eine Kurbelwelle angetrieben, die unverschieblich im Rahmen sitzt. Die Räder sind durch eine Hohlwelle verbunden, in der die Kurbelwelle kugelig gelagert ist. Die Hohlwelle kann sich also gegenüber der Kurbelwelle drehen und hat außerdem gegenüber dem kugligen Lager Spiel, so daß sie sich auch seitlich verschieben kann; kräftige Federn führen sie stets wieder in die Mittellage zurück. Die Antriebskraft wird auf die Hohlwelle durch Zapfen übertragen, die durch das kugelige Lager mit dem nötigen Spiel hindurchgehen.

Klien-
Lindner-
Radsatz

Bei der Bauart Luttermöller (Bild 203) wird ein Endradsatz mit dem benachbarten festen durch ein Zahnradgetriebe gekuppelt, das aus je einem Zahnrad auf beiden miteinander zu kuppelnden Achsen und einem Zwischenzahnrad besteht. Der Getriebekasten und das Zahnrad auf der festen Achse sind drehbar gelagert, die Antriebskraft wird auf dieses Zahnrad durch einen Zapfen übertragen. Der Endradsatz kann um das Kugelgelenk nach beiden Seiten ausschwenken, der Getriebekasten stellt also gewissermaßen eine Deichsel dar.

Weniger schwierig ist es, Laufradsätze so anzuordnen, daß sie sich nach der Krümmung einstellen. Einzelne laufende Laufrad-

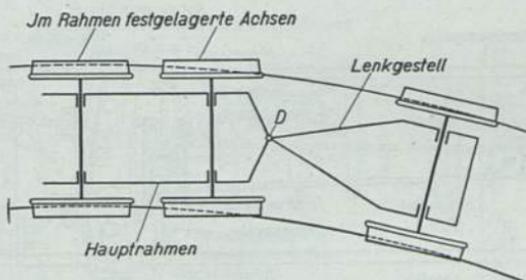


Bild 204. Einstellung des Lenkgestelles in der Krümmung

sätze setzt man in ein Lenkgestell mit Deichsel (Bisselachse), das um einen am Rahmen befestigten Drehzapfen nach beiden Seiten ausschwenken kann. Bild 204 zeigt die Einstellung eines Lenkgestelles in der Krümmung, Bild 205 das Schema einer Ausführungsform. Die beiden Achslagergehäuse sind zu einem unten offenen Stahlgußstück vereinigt, das von Rad zu Rad reicht und ebenfalls mit Achslagergehäuse bezeichnet wird; dieses bildet den Träger, auf dem sich der Rahmen abstützt. Die Federstützen stehen mit Sattelstücken auf Gleitplatten in je einem der Ölräume im Oberteil des Achslagergehäuses, so daß das Lenkgestell ungehindert ausschwenken kann (vgl. auch Bild 207 und 212). Die Deckel der Ölräume des Achslagergehäuses bestehen hier aus verschiebbaren Blechen.

Damit die Deichsel im Gewicht leicht gehalten werden kann, wird sie dadurch von schiebender Kraft entlastet, daß das Gestell von

Pendelstangen gezogen wird, die vorn am Rahmen befestigt sind. Bei Rückwärtsfahrt soll indes die Deichsel ziehen; die Augen der Pendelstangen sind deshalb mit Langlöchern ausgebildet, so daß sie dann keine schiebende Kraft ausüben können.

Die Deichsel umfaßt den Drehzapfen mit einem kugelig gestalteten Lager, weil Rahmen und Lenkgestell infolge des Feder-spieles senkrechte Bewegungen gegeneinander ausführen.

Wird der seitliche Ausschlag des Lenkgestelles nicht begrenzt, so ist die erste feste der folgenden Kuppelachsen die führende; der feste Achsstand wird dadurch verkleinert, was, wie wir bereits früher sahen, unerwünscht ist. Um nun auch das Lenkgestell an der

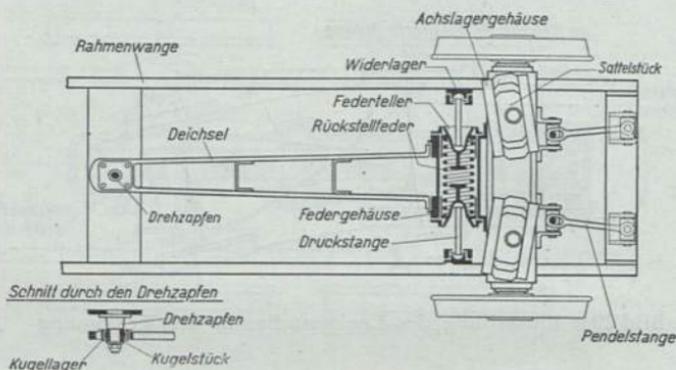


Bild 205. Lenkgestell mit Federrückstelleinrichtung

Führung zu beteiligen und den Anlaufdruck des ersten gekuppelten Radsatzes zu verringern, versieht man es mit einer Rückstelleinrichtung; als solche dient bei Lenkgestellen neuerer Bauart eine starke Rückstellfeder, die beim Ausschwenken des Lenkgestelles zusammengedrückt wird. Bei der im Bild 205 gezeigten Bauart geschieht das dadurch, daß das Federgehäuse die Schwenkbewegung mitmacht, der Federteller dabei durch Druckstange und Widerlager am Rahmen festgehalten wird. Je größer der Ausschlag, um so größer die Spannkraft der Feder und um so größer auch der Anlaufdruck des Lenkgestelles, durch den die erste feste Achse entlastet wird. Der Lenkgestellausschlag wird dadurch begrenzt, daß schließlich die beiden Ansätze an den Federtellern im Inneren des Federgehäuses aneinanderstoßen; das geschieht in sehr starken

Krümmungen, und das Lenkgestell übernimmt dann die Führung ganz.

Die Feder, die mit Vorspannung eingesetzt wird, versucht selbstverständlich sich möglichst weit zu entspannen und hat daher das Bestreben, das Lenkgestell immer in Mittellage zu halten (Rückstellkraft); sie führt es also nach dem Verlassen der Krümmung wieder in diese Lage zurück. Ferner fängt die Feder auch die seitlichen vom Gleise herrührenden Stöße auf, so daß die Schlingerbewegungen im geraden Gleis gedämpft werden.

Bei einer anderen Lenkgestellbauart wird die Rückstellkraft durch herbeigeführt, daß die Lokomotivlast am Gestell mit Wiege

Rückstell-
einrichtung
mit
Wiege und
Pendel

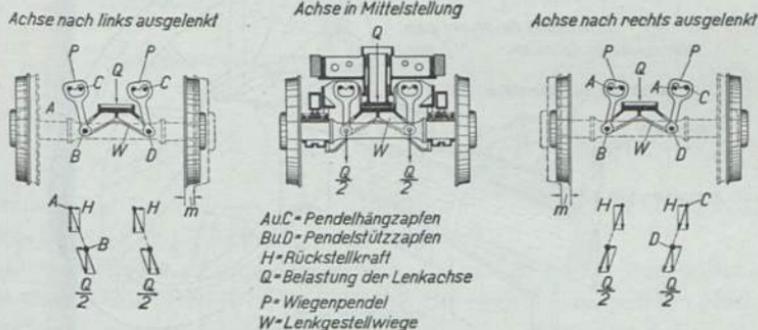


Bild 206. Lenkgestell mit Wiege und Pendelrückstellvorrichtung

und Pendeln aufgehängt wird (Bild 206). Das auf das Lenkgestell entfallende Lokomotivgewicht Q wird durch einen am Rahmen sitzenden Mittelzapfen auf eine Wiege W übertragen, die mit Pendeln am Hauptträger des Lenkgestelles, dem Achslagerkasten, aufgehängt ist. Die Pendel hängen je an zwei Pendelhängzapfen. Verschiebt sich der Radsatz seitlich gegenüber dem Rahmen, so stellen sich die Pendel schräg, drehen sich um je einen der Hängzapfen und werden dabei etwas angehoben. Es entsteht in den Punkten B und D eine Rückstellkraft H , die um so größer wird, je größer der seitliche Ausschlag des Lenkradsatzes ist.

Häufig wird statt des Lenkgestelles eine sogenannte Adams-Achse verwendet; vor allem ist das der Fall bei den Laufradsätzen, die bei Lokomotiven mit Schleptendern hinter dem Stehkessel an-

Adams-
Achse

geordnet sind (sogenannte Schleppachsen), weil hier wegen des Aschkastens kein Platz für Deichsel und Drehzapfen vorhanden ist.

Die Adams-Achse (Bild 207) wird auf folgende Weise im Kreisbogen geführt: Das Achslagergehäuse ist seitlich mit Gleitplatten versehen, die nach einem Kreisbogen abgedreht oder gefräst sind, und zwar wird der Halbmesser des Kreisbogens so groß gemacht wie die Länge der Deichsel beim Lenkgestell. Die Achslagerführungen im Rahmen werden nach demselben Kreisbogen gestaltet. Die Lokomotivlast wird auf das Achslagergehäuse mit Sattelstücken auf Gleitplatten in den Ölräumen des Achslagergehäuses übertragen.

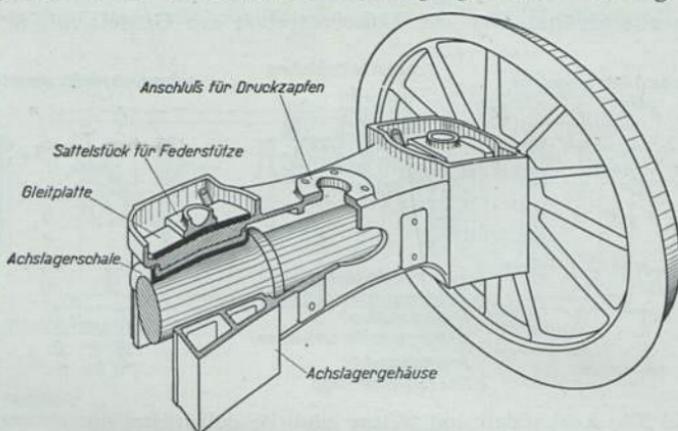


Bild 207. Adams-Achse

Die Adams-Achsen erhalten Rückstelleinrichtung, die ebenso arbeitet wie die des oben beschriebenen Lenkgestelles.

Lenkgestelle und Adams-Achsen sollen als führende Achsen nur bei Lokomotiven mit Höchstgeschwindigkeiten bis zu 80 km/h verwendet werden; bei höheren Geschwindigkeiten geben nur Drehgestelle einen ruhigen Lauf. Es gibt Drehgestelle, bei denen zwei oder drei Laufradsätze zusammengefaßt werden, und solche, bei denen ein oder mehrere gekuppelte Radsätze und ein Laufradsatz vereinigt werden.

Zwei-
achsiges
Dreh-
gestell

Bei den gewöhnlichen zweiachsigen Drehgestellen (Bild 208 und 210) sitzen die Radsätze mit ihren Achslagergehäusen in einem Drehgestellrahmen, der von einem am Hauptrahmen befestigten Dreh-

zapfen geführt wird. Früher wurden die Drehgestelle so gebaut, daß sie sich unter dem Rahmen nur drehen konnten, während bei der heute üblichen Bauart die Kurvenbeweglichkeit dadurch verbessert worden ist, daß sich das Drehgestell auch seitlich gegenüber dem

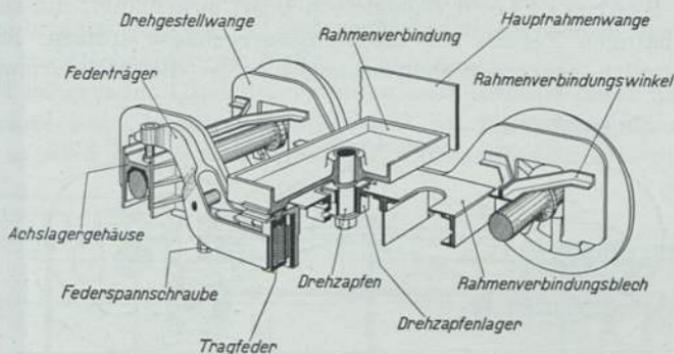
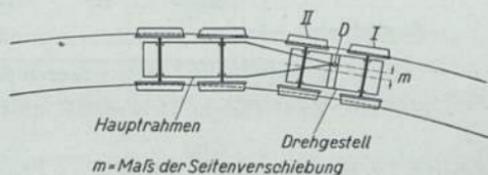


Bild 208. Zweiachsiges Lokomotivdrehgestell

Drehzapfen verschieben kann. Die Einstellung eines derartigen Drehgestelles in der Krümmung zeigt Bild 209.

Der Drehgestellrahmen besteht aus den beiden Drehgestellwangen, die durch Winkelstreben und Bleche miteinander verbunden sind. Der Drehzapfen sitzt fest in einer Verbindung des Hauptrahmens; er wird entweder von einem Drehzapfenlager umfaßt, das außen kugelig ist, oder einer Lagerbuchse, die innen oben und unten ballig erweitert ist, damit sich das Drehgestell ungehindert nach den Unebenheiten des Gleises einstellen kann.



$m = \text{Maß der Seitenverschiebung}$
Einstellung eines zweiachsigen Drehgestelles in der Krümmung

Die Lokomotivlast wird nicht vom Drehzapfen übertragen, sondern die Wangen oder eine Verbindung des Hauptrahmens ruhen mit Gleitplatten auf den Tragfedern des Drehgestelles, wobei lediglich Federbügel dazwischen gelegt sind, die am Drehgestellrahmen befestigt sind; so ist also auch dieser abgedeutert auf-

gehängt. Oben tragen die Federbügel Gleitplatten, auf die sich der Hauptrahmen aufsetzt, unten stützen sie sich auf den ballig gehaltenen Federbund. Die Tragfedern sind mit ihren äußeren Enden bei älteren Ausführungen mit Federspannschrauben an schwanenhalsartigen Federträgern (Ausgleichhebeln) aufgehängt, die sich mit einem balligen Zapfen auf die Achslagergehäuse stützen. Bei den Drehgestellen neuerer Einheitslokomotiven ist die Abfederung noch

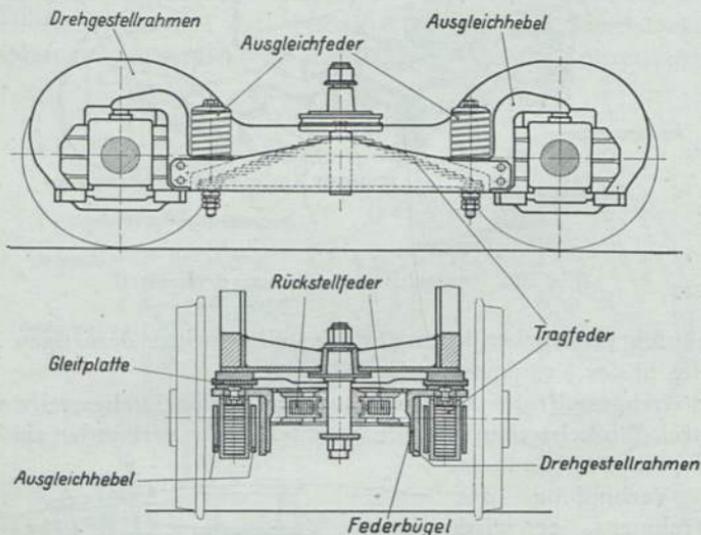


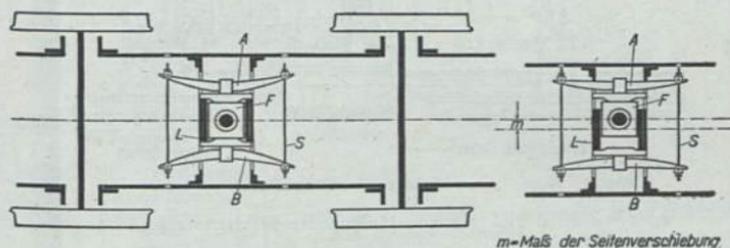
Bild 210. Zweiachsiges Drehgestell neuerer Einheitslokomotiven

dadurch verbessert, daß zwischen Tragfedern und Federträgern Wickelfedern als Ausgleichfedern geschaltet sind (Bild 210).

Drehgestelle, die seitenverschieblich sind, haben eine Rückstell-einrichtung (Bild 211). Das Drehzapfenlager F ist in dem mit dem Drehgestellrahmen fest verbundenen Lagergehäuse L quer zur Fahrzeuglängsachse verschieblich; die Rückstellfedern A und B, die schon mit Vorspannung eingesetzt werden, sind durch Federspannschrauben S miteinander verbunden und legen sich mit ihren Federbunden, die unten seitlich verbreitert sind, sowohl gegen das Drehzapfenlager als auch gegen das Lagergehäuse. Die Federn selbst liegen auf einer Querverbindung des Drehgestellrahmens auf. Verschiebt

sich das Drehgestell quer zur Fahrzeuglängsachse, so wird jeweils eine der Federn vom Lagergehäuse mitgenommen (im Bilde Feder B), die andere Feder über die Spannschrauben aber mitgespannt, da ihr Federbund fest am Drehzapfenlager anliegt. Es entsteht so eine Kraft, die in Wechselwirkung einerseits das Drehgestell wieder in die Mittel-lage zu bringen bestrebt ist, anderseits den Hauptrahmen der Lokomotive am Drehzapfen zu lenken versucht.

Wird im geraden Gleis der voranlaufende Radsatz unter der Wirkung eines von Gleisunregelmäßigkeiten herrührenden Stoßes abgelenkt, so wird dieser Stoß durch die Rückstellfedern elastisch auf-



F Drehzapfenlager, *L* Lagergehäuse, *A* und *B* Rückstellfedern,
S Federspannschrauben

Bild 211. Rückstelleinrichtung beim zweiachsigen Drehgestell

gefangen und an den Lokomotivrahmen nur stark abgeschwächt weitergegeben, so daß die Laufruhe des Fahrzeuges gewahrt bleibt. Das Drehgestell selbst wird durch die Rückstellwirkung in die Mittel-lage zurückgeführt.

Beim Einlauf in einen Gleisbogen wird zunächst der voranlaufende Drehgestellradsatz abgelenkt und dreht das Drehgestell, bis auch der zweite Radsatz außen anläuft. Bei der Weiterfahrt wird der Drehgestellrahmen unter dem Hauptrahmen quer verschoben; die Rückstellfedern werden dabei angespannt und üben auf den Drehzapfen eine Richtkraft aus, die den Fahrzeugrahmen in seine Stellung in der Krümmung lenkt und gleichzeitig den Anlaufdruck des ersten gekuppelten Radsatzes an der Außenschiene mindert. Das Fahrzeug läuft dadurch sanft ohne Stoß in den Bogen ein.

In diesem Falle führt also das Drehgestell mit dem Drehzapfen; die geführte Länge rechnet daher vom Drehzapfen bis zur

letzten festen Achse oder, falls auch ein nachlaufendes Drehgestell vorhanden ist, bis zu dessen Drehzapfen.

Krauss-Helmholtz-Drehgestelle (Bild 212) werden angewandt, wenn nur ein voranlaufender Laufradsatz vorhanden ist. Die

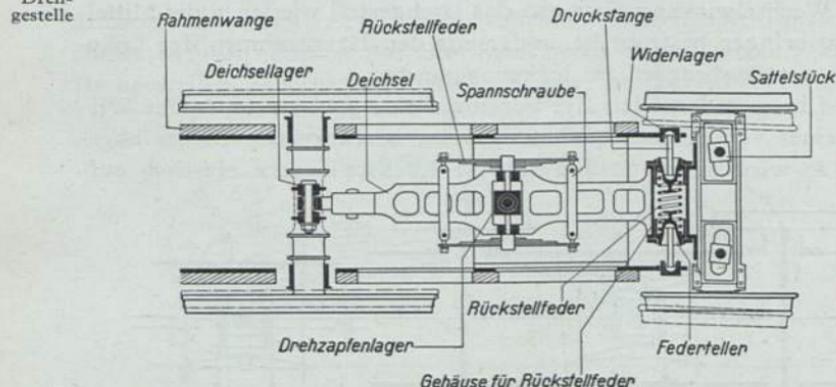


Bild 212. Krauss-Helmholtz-Drehgestell

Laufachse wird wie beim Lenkgestell durch eine Deichsel im Kreisbogen geführt und erhält eine Rückstellvorrichtung, die dazu dient, Schlingerbewegungen zu dämpfen. Die Deichsel wird nach hinten über den Drehzapfen hinaus, der wieder fest am Haupttrahmen sitzt,

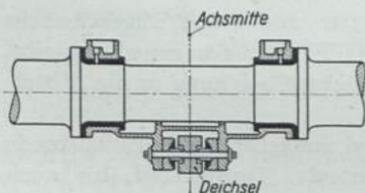
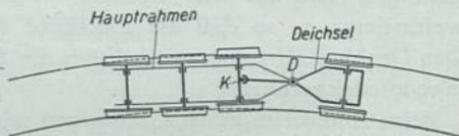


Bild 213. Deichsellager des Krauss-Helmholtz-Drehgestelles



K-Deichsellager, D Drehzapfenlager

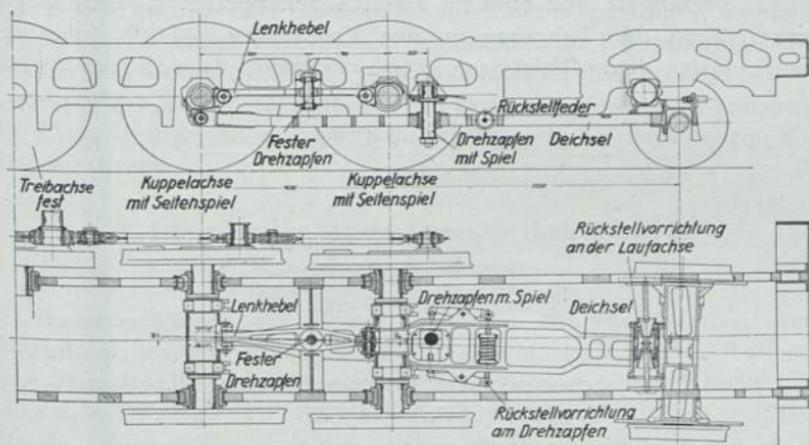
Bild 214. Einstellung des Krauss-Helmholtz-Drehgestelles in Krümmungen

verlängert und greift mit einem Kugelgelenk an dem Deichsellager auf der Kuppelachse an, die nur quer zur Fahrzeuglängsachse verschieblich ist. Das Deichsellager ist ein Gußstück, das auf besonderen Lagerstellen (Bild 213) auf der Kuppelachse (neben den Achsschenkeln) ruht und entweder oberhalb oder unterhalb der Achswelle den Ansatz trägt, an dem das Kugelgelenk der Deichsel angreift; die

Lagerstellen sind durch Bunde begrenzt. Die Kuppelachslager haben auf den Schenkeln das nötige Seitenspiel; die Kuppelstangenlager haben entweder das gleiche Spiel, oder sie werden so ausgeführt, daß sie sich um eine senkrechte Achse drehen können (vgl. Bild 147).

Um ein stoßloses Einfahren in Gleisbögen zu erreichen, wird dem Drehzapfen seitliches Spiel gegenüber der Deichsel gegeben und eine starke Rückstellvorrichtung eingebaut.

Beim Einlaufen in eine Gleiskrümmung wird zunächst der Lauf-



Z.Nr. 164429

Bild 215. Schwartzkopff-Eckhardt-Lenkgestell

radsatz abgelenkt. Es ist nun nicht so, wie vielfach angenommen wird, daß der Laufradsatz einfach den im Drehgestell laufenden gekuppelten Radsatz quer zur Fahrzeuglängsachse verschiebt, sondern dieser läßt sich infolge der Reibung zwischen Rad und Schiene gar nicht querverschieben, vielmehr läuft er so lange geradeaus, bis er an der Außenschiene anläuft. Durch das Ausschwenken des Laufradsatzes werden aber die Rückstellfedern am Drehzapfenlager angespannt und es wird auf den Drehzapfen eine Richtkraft ausgeübt, die den Fahrzeugrahmen entsprechend der Gleiskrümmung lenkt.

Für normalspurige Lokomotiven, die ganz scharfe Krümmungen befahren müssen, ist in letzter Zeit das Schwartzkopff-Eckhardt-Lenkgestell entwickelt worden (Bild 215 und 216). Es

Schwartzkopff-Eckhardt-Lenkgestell

besteht aus einem durch eine Deichsel im Gleisbogen geführten Lauf-
radsatz und den beiden folgenden gekuppelten Radsätzen, die ent-
sprechend dem Krümmungshalbmesser quer verschoben werden. Die
Deichsel des Lauf-
radsatzes kann sich in gleicher Weise wie bei dem
Krauss-Helmholtz-Drehgestell mit seitlichem Spiel um einen am Rah-
men gelagerten Drehzapfen drehen und erhält hier eine starke Rück-
stellfeder. Im geraden Gleis sorgt eine Rückstelleinrichtung an der
Laufachse für ruhigen Lauf. Die Deichsel ist über den Drehzapfen
hinaus verlängert und an dem zweiten gekuppelten Radsatz ange-
lenkt. Wenn das Fahrzeug in eine Krümmung einläuft, folgt der
Lauf-
radsatz dem Gleisbogen und schwenkt, da sich der zweite

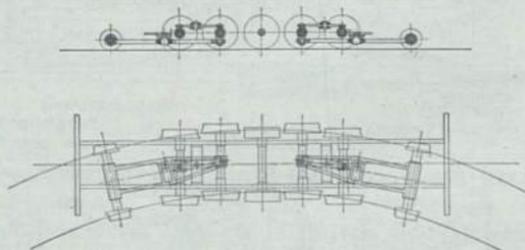


Bild 216. Lokomotive mit Schwartzkopff-Eckhardt-Lenkgestell
(in der Krümmung)

Kuppelradsatz infolge der Reibung zwischen Rad und Schiene nicht
durch ihn verschieben läßt, die Deichsel um den Drehpunkt an der
zweiten Kuppelachse. Hierdurch wird die Rückstellfeder am Dreh-
zapfen stärker angespannt und auf diesen eine Richtkraft aus-
geübt, die das Fahrzeug quer zu verschieben versucht. Läuft nun
der erste gekuppelte Radsatz im Bogen an der Außenschiene an,
so wird er querverschoben und leitet, unterstützt durch die Rück-
stellkräfte, mittels des Lenkhebels zwischen dem ersten und zwei-
ten Kuppelradsatz über den festen Drehzapfen die Schwenkung des
Fahrzeuges in den Gleisbogen ein. Kommt dann auch der zweite ge-
kuppelte Radsatz an der Außenschiene zum Anlaufen, so übernehmen
beide gekuppelten Radsätze das Einschwenken; auch die Anlaufdrücke
verteilen sich auf beide Radsätze.

Eine 1'E1' Lokomotive (s. Anhang 5 und Bild 216), die mit einem
derartigen Lenkgestell vorn und hinten ausgerüstet ist, und deren

mittlere Achse Räder ohne Spurkränze hat, ist in der Lage, Krümmungen bis zu 85 m Halbmesser anstandslos zu befahren. Eine derartige Lokomotive hat keinen festen Achsstand, doch kann man als solchen den Abstand zwischen den festen Drehzapfen ansehen.

Damit sich beim Seitenausschlag des ersten und des letzten Kuppelradsatzes die Kuppelstangen entsprechend einstellen können, sind ihre Lager walzenförmig ausgebildet (vgl. Bild 147) und die Kuppelstangen des ersten und zweiten Radsatzes am Hauptkuppellager um eine senkrechte Achse schwenkbar angelenkt. Die Kuppelzapfen des zweiten und vierten Radsatzes sind entsprechend dem größten Seitenausschlag der Kuppelstangenlager verlängert. Außerdem gestatten die Kuppelstangen in üblicher Weise auch vertikale Bewegungen der Kuppelradsätze.

H. Die sonstige Ausrüstung der Lokomotiven

1. Das Führerhaus

Lokomotivführer und Heizer bedienen die Lokomotive vom Führerhaus aus, das hinten am Stehkessel aufgebaut ist. Das Führerhaus (Tafel 4) ist bei Lokomotiven mit Schlepptendern hinten offen, bei Tenderlokomotiven allseitig geschlossen. Die Wände bestehen aus 3—4 mm dicken Blechen und sind mit Holz versteift; sie ruhen zur Hauptsache auf Kragträgern, die seitlich am Rahmen befestigt sind. Die Führerhausvorderwand stützt sich außerdem auf den Stehkessel, doch ist sie mit dessen Bekleidung in keiner Weise verbunden, weil ja der Kessel der Wärmeausdehnung folgt. Der Führerhausboden besteht aus Holz und ist vor der Feuertür durch Blechbekleidung geschützt.

In der Vorderwand sind je rechts und links vom Stehkessel um eine senkrechte Achse drehbare Fenster eingebaut; gleich große Fenster sind bei Tenderlokomotiven auch in der Rückwand. In den Seitenwänden sind meist je zwei Fenster, vorn je ein festes, dahinter je ein Schiebefenster. Damit Führer und Heizer auch die Strecke beobachten können, wenn die Fenster in der Vorderwand bei Schnee und Regen undurchsichtig sind, bringt man außerhalb des Führerhauses seitliche Schutzfenster an (bei Tenderlokomotiven für beide Fahrrichtungen). Die äußeren Umrisse dieser Scheiben ent-

sprechen meist den größten nach der BO zugelassenen Breitenabmessungen für Fahrzeuge; ein Hinauslehnen über die Außenkanten bringt daher Lebensgefahr!

Zum Besteigen des Führerstandes sind Trittstufen vorhanden. Die Türen sind als Drehtüren in den Seitenwänden meist nur bis in Höhe der Fensterbrüstung ausgebildet; nur die Lokomotiven einiger Länderbauarten sowie die mit Stromlinienverkleidung haben hohe Türen mit herablaßbaren Fenstern. Lokomotiven mit Schlepptender haben, soweit ihre Führerhäuser nicht durch Stromlinienverkleidung völlig geschlossen sind, hinten einen Segeltuchvorhang. Bei neueren Einheitslokomotiven sind außerdem schmale Rückwandbleche mit Fenstern eingebaut, die dem Personal einen besseren Schutz insbesondere bei Rückwärtsfahrt geben. Zum gleichen Zweck haben Lokomotiven mit Schlepptender, die auch rückwärts mit größerer Geschwindigkeit fahren dürfen, hinten, aufgebaut auf dem Tender, eine Schutzwand mit kleinem Schutzdach und aufklappbaren Fenstern. Tenderlokomotiven haben Seitenvorhänge, durch die die Öffnung über den Seitentüren geschlossen werden kann.

In dem hölzernen Dach, das mit verzinktem Stahlblech verkleidet wird, befindet sich ein Lüftungsaufsatz mit mehreren Lüftungsklappen, die durch einen Zug bewegt werden können. Ferner sind noch zwei Klapp- oder Drehsitze an den Seitenwänden angebaut. Der Spalt zwischen Lokomotive und Tender wird durch eine Klappe aus Riffelblech, die sogenannte Tenderbrücke, abgedeckt; sie ist an der Lokomotive befestigt.

Die Anordnung aller Bedienungseinrichtungen zeigt die Tafel 4.

Bei Tenderlokomotiven hat die Rückwand verschiedene Aufgaben zu erfüllen, die bei Lokomotiven mit Schlepptender fortfallen oder vom Tender übernommen werden. So begrenzt die Rückwand den hinten aufgesetzten Kohlenkasten nach vorn; in ihrem oberen Teil ist meist eine zweiflügelige Tür eingebaut, durch die man die Kohlen nach vorn ziehen kann, wenn die Vorräte gering geworden sind. Unten liegt die Kohlenentnahmeöffnung, die ebenfalls durch Türen geschlossen werden kann.

Um den Kessel herum ziehen sich vom Führerhaus bis vorn zum Pufferträger Laufbleche, die auf seitlichen Trägern des Rahmens liegen. Tritte und Handstangen dienen dazu, dem Personal beim Besteigen und Arbeiten an der Lokomotive die nötige Sicherheit zu geben.

Ferner sei an dieser Stelle erwähnt, daß rechts und links neben der Rauchkammer Windleitbleche angebracht sind, die verhindern, daß Dampf und Rauch längs des Kessels abströmen und dadurch die Sicht behindern (siehe Anhang 3 u. 4). ^{Wind-}leitbleche

2. Die Schmierpumpen

Den Teilen der Dampfmaschine, die unter Dampf laufen, wird das Schmieröl von einer Schmierpumpe im Führerhaus zugeführt.

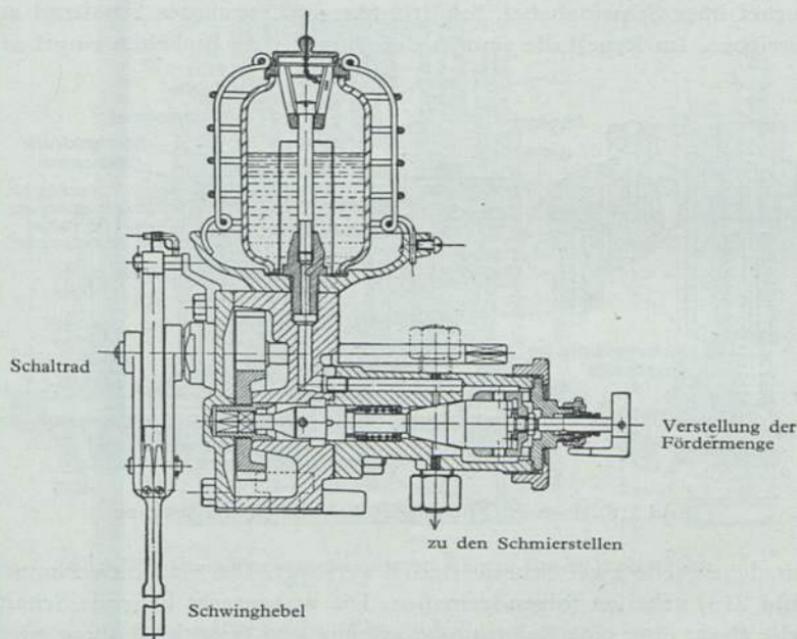


Bild 217. Einheitsschmierpumpe von Michalk

Bei älteren Lokomotiven sind an jedem Zylinder drei Schmierstellen, eine für den Zylinder und zwei für die Schieberbuchsen. Bei den Einheitslokomotiven sind außerdem die Kolbenstangen und Schieberstangenträgbuchsen an die gemeinsame Schmierpumpe angeschlossen. Früher glaubte man mit Pumpen auskommen zu können, die nur gegen wenig höhere Drücke als die im Schieberkasten auftretenden arbeiten konnten. Es hat sich jedoch gezeigt, daß bei verkrusteten Öl-

leitungen Drücke von 200 und mehr kg/cm^2 auftreten können, denen die Pumpen gewachsen sein müssen.

Aus der Vielzahl der verwendeten Bauarten können hier nur wenige beschrieben werden.

Die am häufigsten anzutreffende Schmierpumpe ist die frühere Einheitspumpe Bauart Michalk (Bild 217), die mit Hochdruckpumpeneinheiten für einen Grenzdruck von 300 kg/cm^2 ausgerüstet ist. Die Pumpe wird vom letzten Kuppelradsatz durch Gegenkurbel über Schwinghebel, Schaltklinke und gezahntes Schaltrad angetrieben. Im Regelfalle sind in der Pumpe drei Einheiten eingebaut,

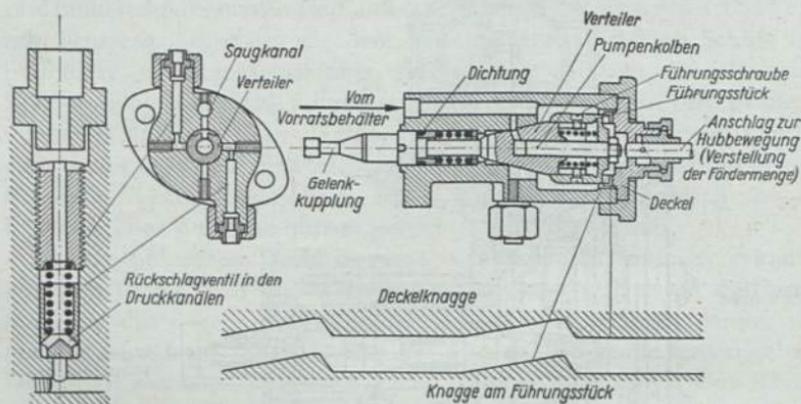


Bild 218. Hochdruckpumpeneinheit der Michalkpumpe

von denen jede zwei Schmierstellen versorgt. Die einzelnen Pumpen (Bild 218) arbeiten folgendermaßen: Die waagrecht liegende Schaltwelle dreht über eine Zahnradübersetzung und Gelenkkupplung einen konischen Verteiler, der von einer Feder in seinen Sitz gedrückt wird. Der Verteiler ist mit einer größeren Bohrung versehen, die den Pumpenzylinder darstellt und in dem der Pumpenkolben sitzt; dieser trägt an seinem hinteren Ende ein Führungsstück, das mit Knaggen mit abgeprägten Flächen versehen ist. Kleine Führungsschrauben an diesem Führungsstück fassen in Schlitze am Verteiler, so daß der Pumpenkolben bei dessen Drehbewegung mitgenommen wird. Der Pumpenkolben und mit ihm das Führungsstück mit den Knaggen wird durch eine Feder gegen den Deckel der Pumpe gepreßt, der

innen ebensolche abgeschrägte Knaggen trägt. Bei der Drehbewegung des Pumpenkolbens gleiten dessen Knaggen an denen des Deckels aufwärts und auch wieder abwärts, so daß eine regelrechte Hubbewegung entsteht, und zwar kommen auf eine Umdrehung des Verteilers zwei Hübe. Der Verteiler verbindet den Raum unter dem Kolben mit dem Ölvorratsbehälter, wenn der Kolben unter dem

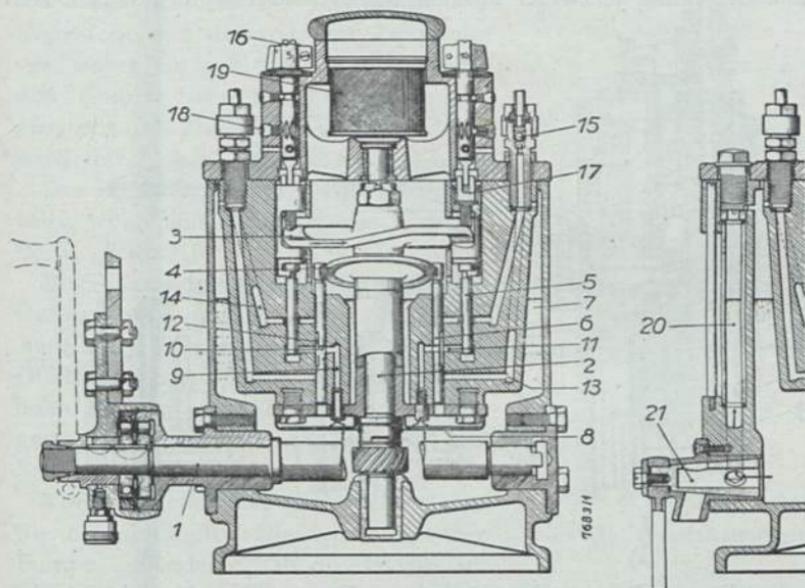


Bild 219. Hochdruckschmierpumpe Bauart Bosch-Reichsbahn

Druck der Feder zurückgeht (Saughub), und jeweils mit einem der Druckkanäle, die über Rückschlagventile zu den angeschlossenen Schmierleitungen führen, wenn der Kolben vorgeht (Druck- oder Förderhub).

Der Saughub kann durch einen Anschlag, der von außen zu verstellen ist, begrenzt werden; damit ändert sich die Ölmenge für beide Schmierstellen gleichzeitig.

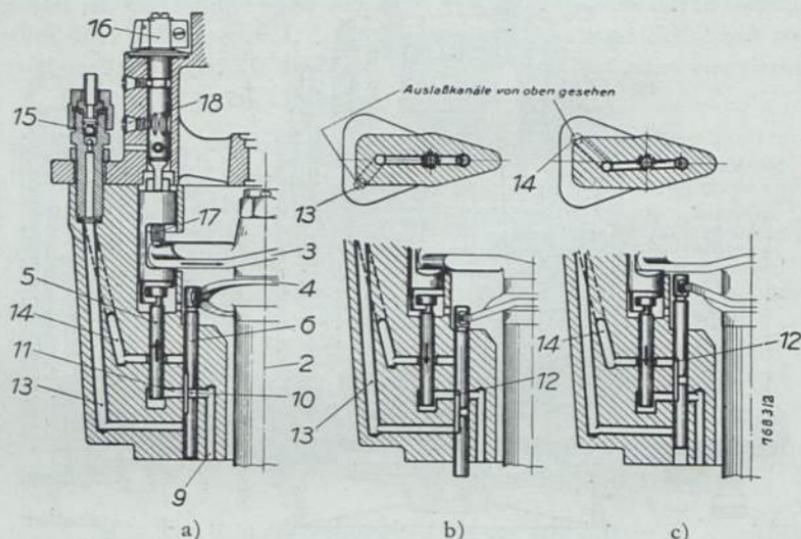
Die Einheitslokomotiven erhalten Hochdruckpumpen der Bauart Bosch-Reichsbahn (Bild 219). Diese arbeiten folgendermaßen:

Eine quer liegende Welle 1 wird von einem Radsatz aus über ein

Einheits-
schmier-
pumpe
Bauart
Bosch-
Reichsbahn

Rollenschaltwerk angetrieben. Welle 1 dreht über ein Schraubenräderpaar eine im Ölbehälter senkrecht stehende Welle 2, auf der Taumelscheiben 3 und 4 aufgekeilt sind. Diese Taumelscheiben geben einer Anzahl Kolben, die im Kreise um die Welle 2 angeordnet sind, eine senkrechte Hubbewegung; Scheibe 3 bewegt die Förderkolben 5 und Scheibe 4 die Verteilerkolben 6.

Die Bewegung je zweier zusammenarbeitender Kolben wird durch



a) Saugstellung, b) Druckstellung für linken, c) Druckstellung für rechten Auslaß
Bild 220. Wirkungsweise der Bosch-Pumpe

die Taumelscheiben so gesteuert, daß der Kolben 5 bei seinem Aufwärtsgang (Bild 220 a) Öl aus dem Behälter 7 durch Sieb 8, Kanal 9 und weiter durch die Bohrung 10 im Kolben 6 und Kanal 11 saugt. Beim Abwärtsgang drückt er das Öl über Kanal 11, Muschel 12 und Kanal 13 (Bild 220 b) oder 14 (Bild 220 c), je nach der Stellung des Verteilerkolbens 6; von dort gelangt das Öl dann weiter über ein Rückschlagventil 15 in die oben am Gehäuse angeschlossenen Ölleitungen.

Bei einer vollen Umdrehung der Welle 2 macht der Förderkolben 5 je zwei Saug- und Druckhübe, während der Verteilerkolben 6 nur

einen Doppelhub ausführt; es werden in dieser Zeit also von einem Kolben zwei Schmierstellen (über die Kanäle 13 und 14) mit Öl versorgt.

Der Hub des Kolbens 5 kann geändert werden und damit die Fördermenge. Durch Drehen des Knebels 16 auf dem Pumpengehäuse wird die Höhe des Zapfens 17 verschieden eingestellt und dadurch der Zeitpunkt verschoben, in dem die Taumelscheibe den Kolben beim Saughub mitzunehmen beginnt. Die jeweilige Einstellung wird durch die Schraube 18 gesichert.

Der Behälter 7 wird von oben gefüllt, wobei das Öl durch das Sieb 19 fließt (Bild 219).

Ein Ölstandglas 20 zeigt den jeweiligen Ölstand an. Bei Glasbruch kann der Behälterinhalt gegen den Ölstandanzeiger durch den Dreiweghahn 21 abgeschlossen werden; dieser gestattet in einer anderen Stellung, den Behälterinhalt abzulassen.

Von den einzelnen Anschlüssen für die Schmierstellen fließt das von der Pumpe geförderte Öl durch die im Führerhaus angebrachten Tropfenanzeiger (Bild 221) hindurch, die durch Schaugläser die Zahl der geförderten Öltropfen erkennen lassen. Die Tropfenanzeiger sind mit gesättigtem Salzwasser gefüllt, in dem der Öltropfen infolge seines kleineren spezifischen Gewichtes aufsteigt und in die Schmierrohre geleitet wird. Vor und hinter dem Tropfenanzeiger sind Kugelrückschlagventile A und B eingebaut.

Damit die Schmierleitungen nicht leer laufen und kein Dampf eindringen kann, sitzt unmittelbar vor jeder Schmierstelle eine Öl-Sperre. Eingeführt sind u. a. bei älteren Lokomotiven die von Woerner (Bild 222), bei neueren Lokomotiven die Membranölsperre von Woerner und die „Olva“-Membransperre von De Limon (Bild 223). Bei der Woerner-Sperre sind zwei hintereinanderliegende Ventile N und V vorhanden, die durch Federn belastet sind. Die „Olva“-Sperre

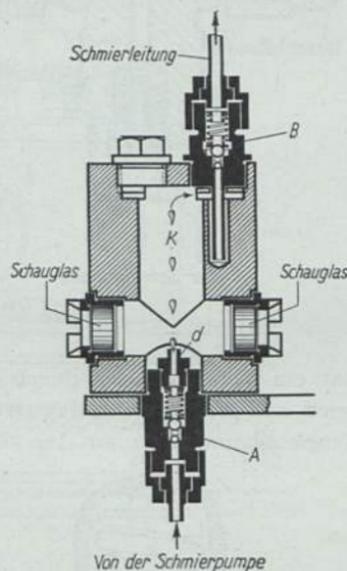


Bild 221. Tropfenanzeiger

Tropfen-
anzeiger

Öl-Sperre

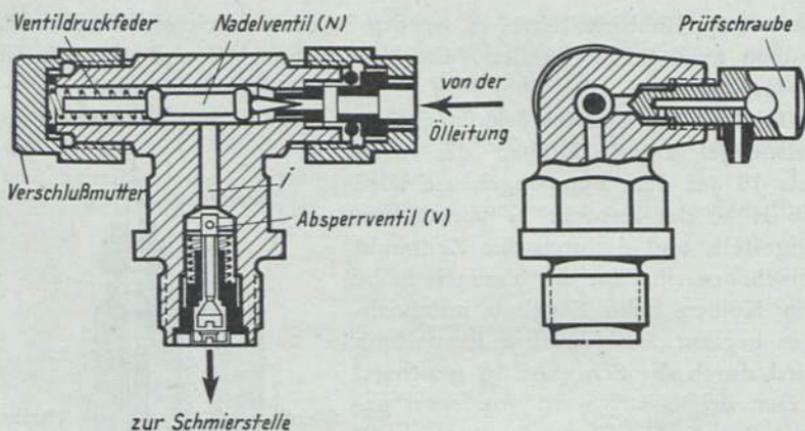
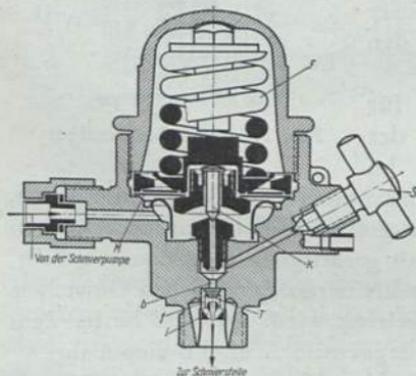


Bild 222. Ölsperre Bauart Woerner

hat ein Ventil K, das durch eine Feder gegen seinen Sitz gedrückt wird und öffnet, wenn der Druck unter der Federplatte M den Federdruck überwindet; an der Ölaustrittsstelle sitzt ein federbelastetes Rückschlagventil T. An beiden Ölsperren ist eine Prüfschraube; lüftet man sie an (1—2 Gänge), so muß bei arbeitender Pumpe Öl aus der Tülle treten, andernfalls erhält die Schmierstelle kein Öl.



M Federplatte, K Ventil, F Schließfeder,

S Prüfschraube, T Rückschlagventil

Bild 223. „Olva“-Membransperre

Selbst-
tätige
Schmier-
pumpe
De Limon

pen De Limon (Bild 224), die auf einem Deckel der zu schmieren-
den Pumpe sitzen und von dessen Dampfkolben angetrieben werden.
Die Zahl der Ölschlüsse ist verschieden; es erhalten

die Speisewasserkolbenpumpen 2 Anschlüsse,
 die zweistufigen Luftpumpen 3 „
 die Doppelverbundluftpumpen 5 „

Die Schmierpumpen fördern das Öl mit mehreren nebeneinanderlie-

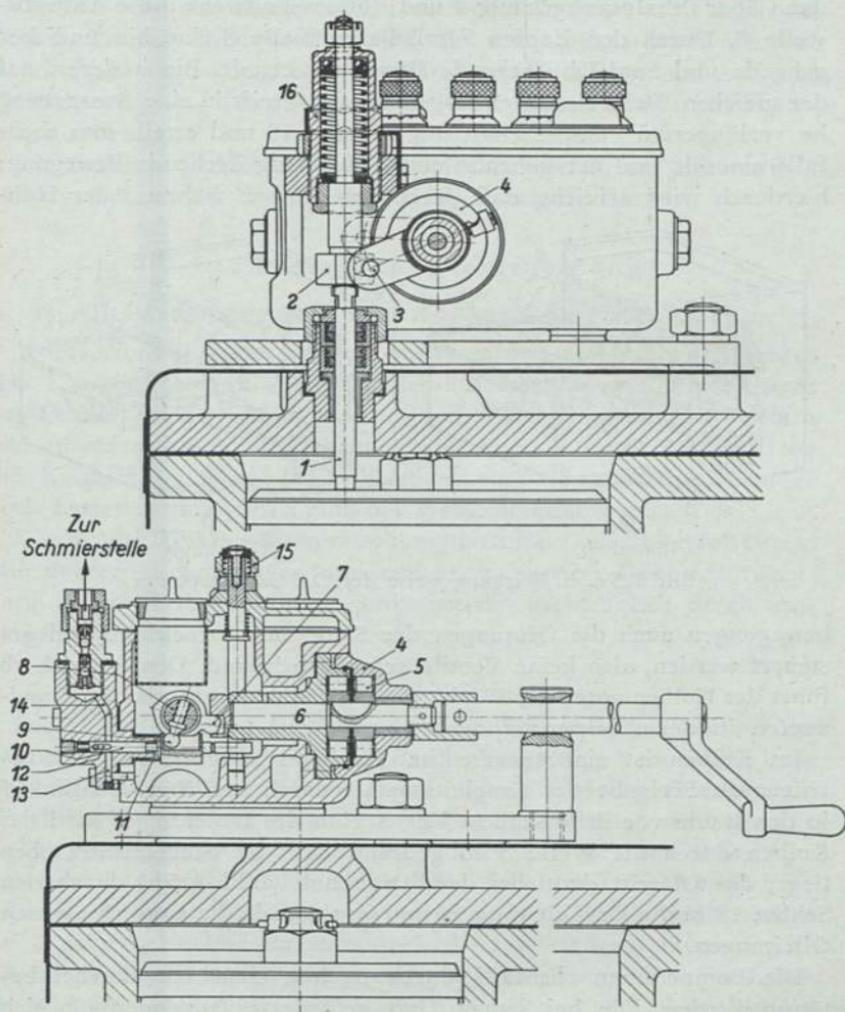


Bild 224. De-Limon-Schmierpumpe DK zur Luft- und Speisewasserkolbenpumpe

genden Kolben 10 (Bild 225), die durch Kugelzapfen 9 von der Welle 8 angetrieben werden. Bei jedem Hub des Dampfkolbens wird die Hubmuffe 2 (Bild 224) durch eine Spindel 1, die dampfdicht in das Innere des Dampfzylinders ragt, nach oben gedrückt. Der Bolzen 3 dreht dann über Schaltwerkgehäuse 4 und Rollenschaltwerk 5 die Antriebswelle 6. Durch den Zapfen 7 wird der Welle 8 eine hin und her gehende und zugleich drehende Bewegung erteilt. Ein anderer, auf der gleichen Welle sitzender Kugelzapfen 9 greift in eine Aussparung im verlängerten Pumpenschaft des Kolbens 10 und erteilt ihm ebenfalls eine hin und her gehende und gleichzeitig drehende Bewegung; hierdurch wird erreicht, daß durch den Kolben während der Hub-

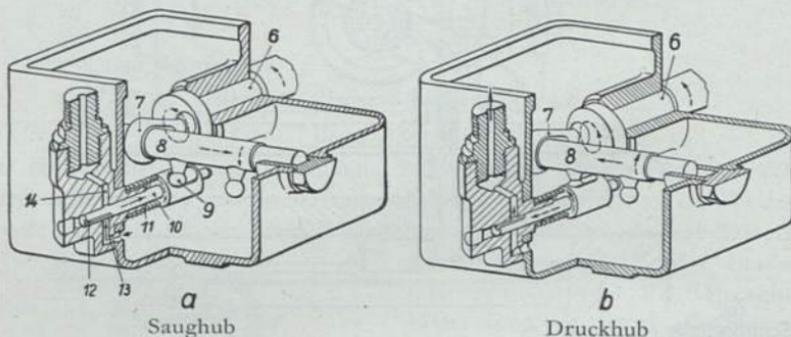


Bild 225 a, b. Wirkungsweise der DK-Schmierpumpe

bewegungen auch die Öffnungen der Saug- und Druckleitungen gesteuert werden, also keine Ventile erforderlich sind. Den Rückhub führt der Kolben unter der Wirkung einer Feder 11 aus, da der Kugelzapfen in der Aussparung nach hinten Spiel hat.

Im Kolben ist ein Steuerschlitz 12. Beim Saughub (Bild 225 a) tritt nach Freigabe der Saugleitung 13 durch den Steuerschlitz Öl in den Raum vor dem Kolben. Vor Beginn des Druckhubes wird der Kolben durch die Welle 8 so gedreht, daß der Steuerschlitz oben liegt; das Öl tritt dann bei dem Druckhub (Bild 225 b) durch den Schlitz 12 in die Druckleitung 14 und von dort in die angeschlossenen Ölleitungen.

Die Pumpe kann ebenfalls durch Drehen einer Handkurbel be-
 Regelung der Ölmenge
 Regulation der Ölmenge

auf dem Deckel begrenzt wird (nur bei laufender Pumpe verstellen). Ferner kann durch Verstellen der Federhülse 16 die Umdrehungszahl der Welle 6 geändert werden, jedoch wird damit die Ölmenge für alle Schmierstellen zugleich geregelt.

Gefüllt wird die Pumpe durch eine oder mehrere Öffnungen im Deckel, die mit Sieb versehen sind. Bei Luftpumpen sind zwei Abteilungen vorhanden, eine für Satttdampfzylinderöl und eine für Verdichteröl. Es darf unter keinen Umständen Seifenwasser eingefüllt werden.

Die äußeren Getriebeteile wie die Hubspindel 1, die Hubmuffe 2 und das Schaltwerk 5 sind regelmäßig zu schmieren.

3. Die Beleuchtungseinrichtung

a) Allgemeine Angaben über die Ausrüstung mit Laternen

Jede Lokomotive hat auf dem vorderen und hinteren Pufferträger (bei Lokomotiven mit Schlepptender auf dem hinteren Pufferträger des Tenders) je zwei Signallaternen rechts und links über den Puffern und je einen Anschluß für eine dritte Signallaterne etwa in Höhe der Kesselmitte, ferner im Führerhaus eine Deckenlampe, mitunter noch Laternen zur Beleuchtung des Wasserstandanzeigers.

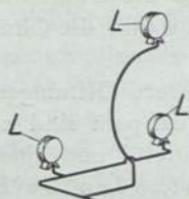
Der größte Teil der älteren Lokomotiven hat Gasbeleuchtung; alle neueren Lokomotiven erhalten elektrische Beleuchtung, auch ist ein Teil der älteren Lokomotiven nachträglich damit ausgerüstet worden.

b) Die Gasbeleuchtung

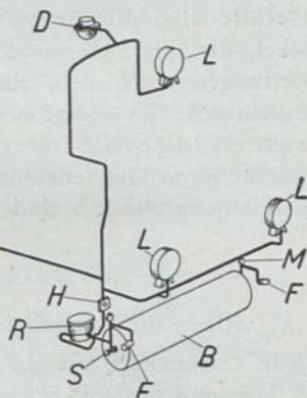
Die Gasbeleuchtung arbeitet nicht mit dem üblichen Steinkohlengas, sondern mit Ölgas, das durch Vergasung von Gasöl oder Braunkohlenteerölen gewonnen wird. Dieses Gas hat eine größere Leuchtkraft und greift die eisernen Rohre und Behälter nicht an.

Zur Gasbeleuchtungseinrichtung (Bild 226) gehören außer den Lampen ein Gasbehälter von 300 l Inhalt mit Sicherheitsventil an dessen Boden, ein Druckregler, Haupthahn sowie die Leitungen und daran anschließend an jeder Lokomotivseite ein abspergbares Füllventil und ein Druckmesser. Bei Lokomotiven mit Schlepptender ist der Gasbehälter auf dem Tender untergebracht.

Vorderes Ende der Lokomotive



Hinteres Ende der Lokomotive



- B* Gasbehälter, *S* Sicherheitsventil,
F Füllventil, *R* Gasdruckregler,
H Gashaupthahn, *D* Deckenlampe,
M Gasdruckmesser, *L* Signallaternen

Bild 226. Anordnung der Gasbeleuchtungseinrichtung an der Lokomotive

Das Gas wird über das Füllventil (Bild 227) mit einem Druck von 6 kg/cm^2 in den Behälter geleitet; die 300 l stellen in dem fast entspannten Zustande, in dem das Gas verbraucht wird, eine Menge

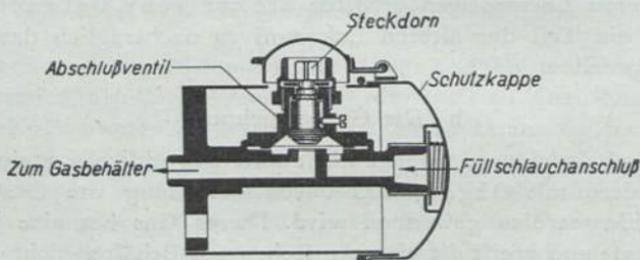


Bild 227. Füllventil

von $300 \cdot 6 = 1800 \text{ l}$ dar, die bei drei brennenden Lampen etwa für 60 Stunden ausreicht.

Das Gas gelangt in den Behälter über ein Sicherheitsventil am Behälterboden (Bild 228), in dem es das Einlaßventil *V* aufstößt und durch die Bohrungen *o* einströmt. Zu den Verbrauchsstellen

gelangt das Gas über die feine Düse y im Ventil V . Übersteigt aber der Verbrauch das normale Maß, z. B. bei Bruch einer Leitung, so wird durch den entstehenden großen Druckunterschied eine Ventilkugel von der Öffnung d abgehoben und vor die Ausströmöffnung d^1 gedrückt, so daß das Gas abgesperrt ist. Hat die Kugel

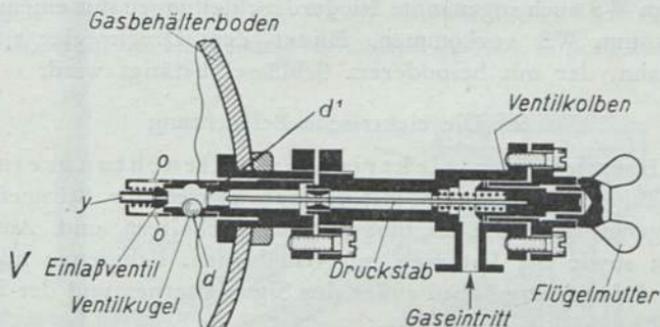
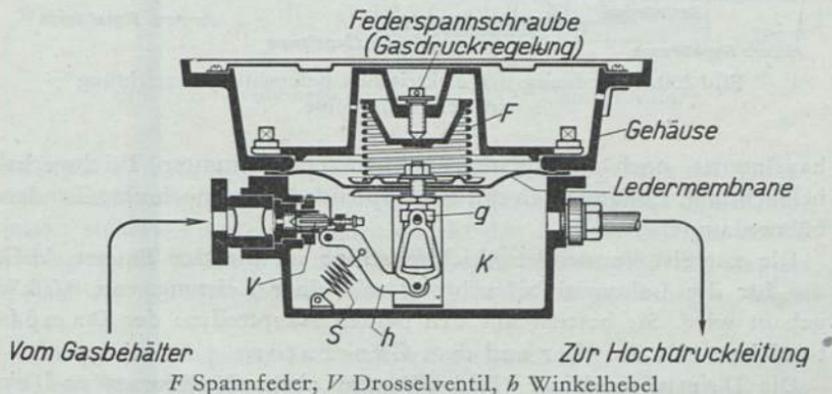


Bild 228. Sicherheitsventil am Gasbehälter

angesprochen, so ist die Flügelmutter am Sicherheitsventil abzuschrauben und der dann sichtbar werdende Kolben von Hand bis zum Anschlag hineinzudrücken, wodurch die Kugel zurückgestoßen wird und den Weg wieder freigibt.

In der Leitung liegt ein Druckregler (Bild 229), der das Gas bis auf 1500 mm WS, das sind $0,15 \text{ kg/cm}^2$, entspannt. Der Gasstrom



F Spannfeder, V Drosselventil, h Winkelhebel

Bild 229. Druckregler

vom Behälter durch den Druckregler wird von einer Membrane geregelt, die das Drosselventil V weiter öffnet oder schließt, je nachdem der auf der Membrane lastende Druck die 1500 mm über- oder unterschreiten will. Die Leitung zu den Verbrauchsstellen wird Hochdruckleitung genannt, weil an Wagen neben dem Druck von 1500 mm WS auch sogenannte Niederdruckleitungen mit einem Druck von 130 mm WS vorkommen. Hinter dem Druckregler sitzt der Haupthahn, der mit besonderem Schlüssel betätigt wird.

c) Die elektrische Beleuchtung

Die Hauptteile der elektrischen Beleuchtungseinrichtung (Bild 230) sind ein mit Dampf betriebener Stromerzeuger (Turbogenerator), die Leitungen nebst Schaltern und Anschlußsteckern sowie die Laternen mit Glühbirnen. Fahrzeuge mit elektrischer Beleuchtung haben außer den Signallaternen und der Führer-

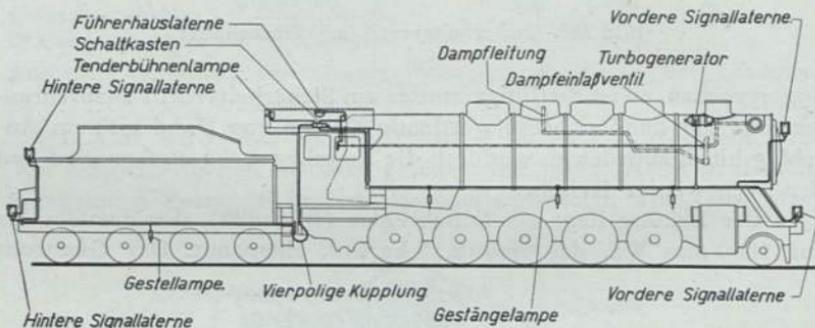


Bild 230. Anordnung der elektrischen Beleuchtungseinrichtung auf der Lokomotive

hauslaternen noch Wasserstandlaternen und mitunter Triebwerksbeleuchtung, Lokomotiven mit Schlepptender meist noch eine Tenderbühnenlampe.

AEG-Lichtmaschine

Die zumeist verwendete Lichtmaschine ist die der Bauart AEG, die für die Lokomotivbeleuchtung mit einer Leistung von 0,5 kW gebaut wird. Sie besteht aus den beiden Hauptteilen: der Dampfturbine mit Regler und dem Generator.

Die Dampfturbine (Bild 231) hat einen Düsenkranz und ein Laufrad. Der vom Turbinenregler kommende Dampf wird in den

Düsen bis auf Abdampfdruck entspannt, dabei auf hohe Geschwindigkeit gebracht, durchläuft das Laufrad in Richtung der Achse (Pfeil) und treibt es dabei an; die Umkehrschaufeln führen den Dampf ein zweites Mal dem Rade zu. Das Laufrad ist auf der Welle des Generators freifliegend aufgekeilt.

Geregelt wird die Turbine durch einen Fliehkraftregler, der die Drehzahl bei allen Dampfdrücken zwischen 4,5 und 20 kg/cm²

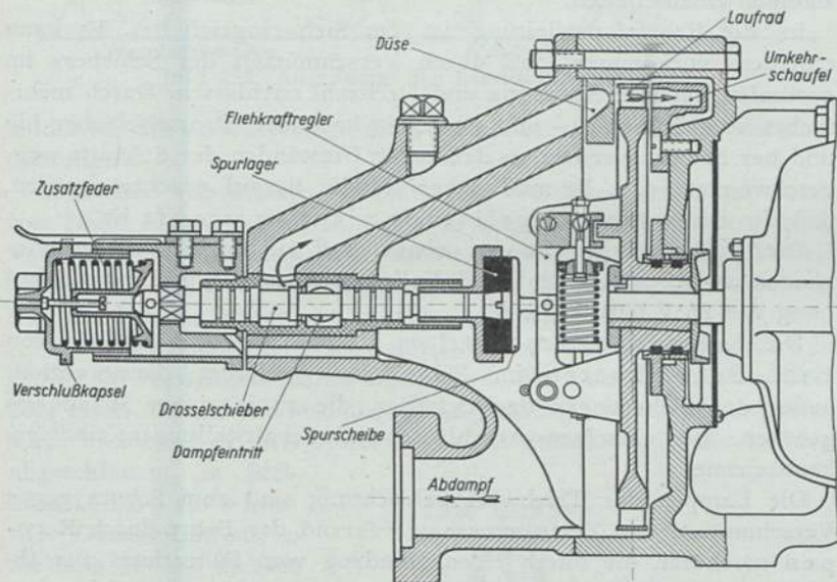


Bild 231. Lichtmaschine Bauart AEG (Dampfturbine)

auf etwa 3600 U/min hält; er liegt in der Verlängerung der Hauptwelle und betätigt einen Drosselschieber, der unmittelbar den Dampfeintritt steuert. Eine Zusatzfeder drückt den Drosselschieber, der ein Spurlager aus Kohle hat, stets gegen eine Spurscheibe des Reglers, so daß der Schieber dessen Ausschlag in beiden Richtungen folgen muß.

Vom Lokomotivpersonal darf am Drehzahlregler nichts gestellt werden, da die Gefahr besteht, daß bei unrichtiger Einstellung die Turbine durchgeht und dabei zerstört wird.

Der Turbine wird der Frischdampf von einem Dampfnahmestutzen aus zugeführt, der meist am Reglerdom sitzt. In der Leitung sitzt ein selbsttätiges Entwässerungsventil. Das Dampfventil wird über einen Zug durch Handrad im Führerhaus angestellt. Das Ingangsetzen muß vorsichtig geschehen, vor allem soll erst eine Minute lang bei wenig angestelltem Ventil angewärmt werden. Die Turbine soll nie leer anlaufen; es sind daher vor dem Anstellen einige Lampen einzuschalten.

In die Frischdampfleitung ist ein Sieb eingeschaltet. Es kann trotzdem vorkommen, daß durch Verschmutzen des Schiebers im normalen Betriebe Spannung und Drehzahl nachlassen. Durch mehrfaches vorsichtiges An- und Abstellen kann der Drosselschieber hin und her bewegt werden, so daß unter Umständen der Schmutz weggeschwemmt wird. Es muß daher ständig darauf geachtet werden, daß die Entwässerungsleitung nicht verstopft ist.

Die Lichtmaschine ist so gebaut, daß sie bei Belastungsänderungen zwischen Leerlauf und Vollast nahezu die gleiche Spannung von 25 V hält.

Die Leitungen zu den einzelnen Verbrauchsstellen werden von einem Schaltkasten im Führerhaus geschaltet; dieser enthält außer den Sicherungen drei Schalter, die zu je einem Stromkreis gehören. Die einzelnen Anschlüsse und Schaltstellungen sind gekennzeichnet.

Die Lampen der Triebwerksbeleuchtung sind zum Schutz gegen Verschmutzen und Zertrümmerung während der Fahrt durch Kappen geschützt, die durch einen Handzug vom Führerhaus aus abgeklappt werden können.

4. Der Sandstreuer

Bei schlüpfrigen Schienen reicht die Reibung zwischen Rad und Schiene nicht aus, um größere Zugkräfte zu erreichen (vgl. S. 67), man muß sie daher durch Streuen von Sand erhöhen. Auf dem Langkessel (Bild 232) befindet sich ein Behälter, der mit feinem, trockenem Sand gefüllt wird; an ihn sind die Sandabfallrohre angeschlossen, die möglichst dicht an die Berührungsstelle zwischen Rad und Schiene herangeführt werden. (Nach der BO dürfen sie bis 55 mm über Schienenoberkante herabreichen.) Man sandet möglichst alle angetriebenen Räder, die Lokomotiven mit Schleppl-

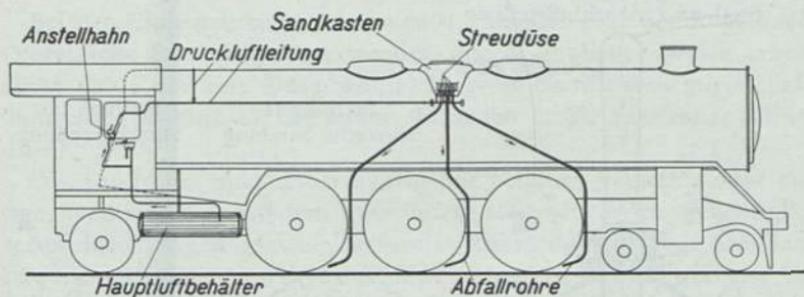
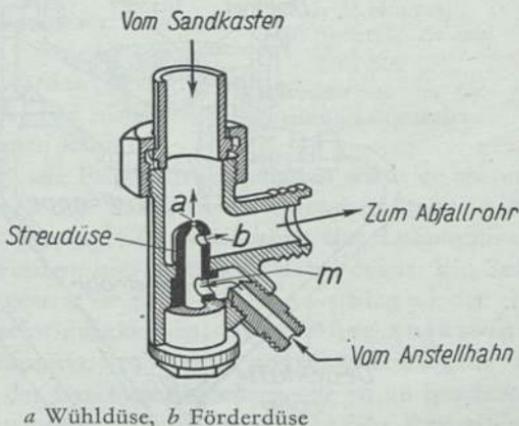


Bild 232. Anordnung der Sandstreuereinrichtung

tender für die Vorwärtsfahrt, die Tenderlokomotiven für beide Fahrtrichtungen.

Abgesehen von älteren Lokomotiven, bei denen der Sand durch von Hand betätigte Einrichtungen in die Sandrohre geführt wird, werden Druckluftsandstreuer verwendet, die den Vorteil haben, daß sie den Sand unmittelbar an die Berührungsstelle von Rad mit Schiene blasen, wo er gebraucht wird.

An älteren Lokomotiven wird der Druckluftsandstreuer von Knorr (Bild 233) verwendet. Er hat eine Düse, die vom Hauptluftbehälter über einen Anstellhahn im Führerhaus (Bild 234) Druckluft zugeführt wird, und zwar in zwei Abstufungen. In Stellung I ist die Leitung abgeschlossen, in Stellung II wird ein schwacher Druckluftstrom, in Stellung III ein starker Luftstrom gegeben; dementsprechend ist auch die Besandung schwach oder stark. Die Sandstredüse hat zwei Öffnungen; der Sand wird durch die Luft, die aus der kleinen Öffnung *a* strömt, aufgewirbelt und durch die Luft, die durch die größere Öffnung *b* geht, in die Sandrohre gejagt.



a Wühdüse, b Förderdüse

Bild 233. Sandstredüse Bauart Knorr

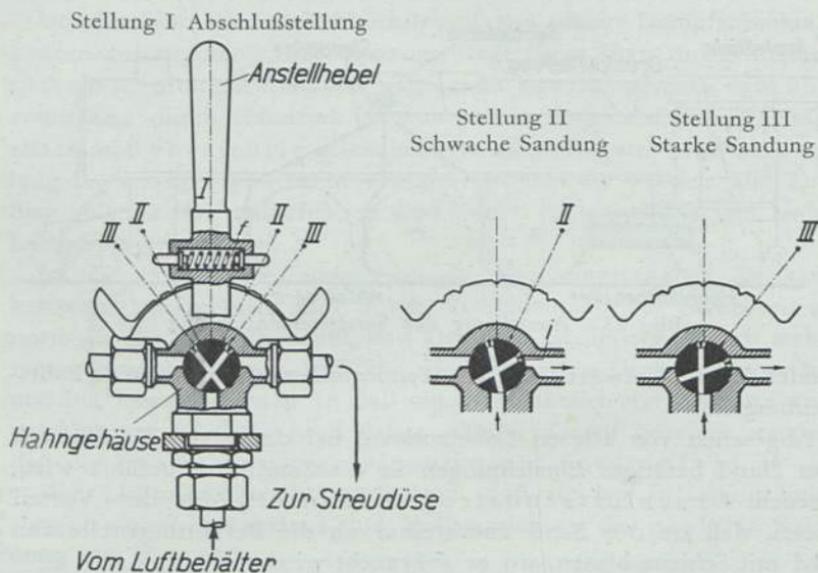


Bild 234. Anstellhahn zum Druckluftsandstreuer Bauart Knorr

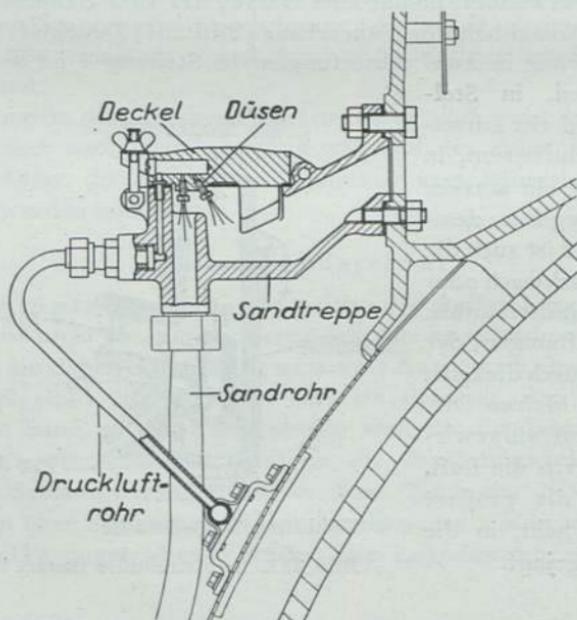


Bild 235. Sandstreuer der Regelbauart der Reichsbahn

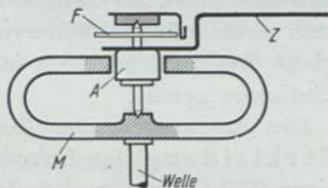
Bei den Einheitslokomotiven wird der Sandstreuer der Regelbauart (Borsigsche Sandtreppe) verwendet, der in ähnlicher Weise arbeitet (Bild 235); die eine Düse wühlt den vom Sandkasten zurieselnden Sand auf (Wühldüse), die andere bläst ihn in die Sandrohre (Druckdüse).

Sand-
streuer
der Regel-
bauart

Die Sandrohre sind unten häufig mit Schuhen versehen oder auch nur aufgeweitet; trotzdem verstopfen sie sich, wenn Feuchtigkeit, sei es durch Regen oder ein leckendes Rohr, hineingelangt. Der Sandstreuer muß daher vor jeder Fahrt untersucht werden; Verstopfungen sind zu beseitigen. Es empfiehlt sich, auch beim letzten Halt vor einer Fahrt auf schwieriger Steigungsstrecke noch einmal den Sandstreuer nachzusehen.

5. Der Geschwindigkeitsmesser

Der Geschwindigkeitsmesser (Bauart Deuta) befindet sich im Führerhaus auf der Seite des Lokomotivführers. Er wird von einer Achse durch biegsame Welle angetrieben und arbeitet folgendermaßen (Bild 236): In seinem Inneren wird einem Magnet *M* dieselbe Drehzahl erteilt, wie sie die Antriebswelle hat; zwischen den Polen des Magnets ist ein Anker *A* aus Aluminium drehbar gelagert, der durch eine Spiralfeder *F* in seiner Ruhelage gehalten wird. Durch den drehenden Magnet werden Wirbelströme erzeugt, die den Anker mitnehmen wollen. Mitlaufen kann dieser aber nicht, da er durch die Feder zurückgehalten wird; er spannt diese aber mehr oder weniger, je nachdem die erzeugten Ströme entsprechend der Umdrehungszahl (Geschwindigkeit der Lokomotive) stärker oder schwächer werden, und dreht sich dabei etwas. Ein Zeiger *Z*, der auf den Anker gesetzt ist, zeigt dessen Ausschlag an, der ein Maßstab für die Fahrgeschwindigkeit ist. Die größte zulässige Geschwindigkeit der Lokomotive ist mit einer roten Marke gekennzeichnet. Bei Fahrten an der Geschwindigkeitsgrenze ist zu beachten, daß der Geschwindigkeitsmesser auf einen mittleren Radreifen durchmesser geeicht ist; er zeigt also bei neu aufgezogenen Radreifen



A Anker, *M* Magnet,
F Spiralfeder, *Z* Zeiger

Bild 236.

Wirkungsweise des Geschwindigkeitsmessers

zu wenig, bei abgenutzten zu viel an. Damit die Geschwindigkeit auch bei Dunkelheit abgelesen werden kann, sind Zeiger und Geschwindigkeitsmarken mit einer Leuchtmasse belegt.

J. Die stromlinienverkleidete Lokomotive

Einen wesentlichen Anteil am Fahrwiderstand eines Zuges hat der Luftwiderstand (vgl. S. 63), und zwar besonders der der Lokomotive, weil diese mit ihrer Querschnittsfläche die Luftmasse gewissermaßen aufspaltet und beiseite drängt. Mit Zunahme der Geschwindigkeit V wird der Anteil des Luftwiderstandes immer größer.

Als die Deutsche Reichsbahn daran ging, Lokomotiven für Züge mit Hochgeschwindigkeiten zu bauen, ließ sie zunächst den Einfluß der äußeren Bauform auf den Widerstand durch Anblasen von kleinen hölzernen Modellen verschiedener Lokomotivformen im Windkanal feststellen. Zwar war es ohne weiteres klar, daß eine stark zerklüftete Form mit Vorsprüngen, Ecken und Winkeln einen höheren Widerstand geben muß als eine gut abgerundete glatte Außenfläche, doch waren die Ansichten über die Höhe dieses Einflusses geteilt.

Die Anblaseversuche ließen einen erheblichen Gewinn durch Verkleidung der Lokomotive erhoffen, praktische Versuche mit einer 03-Lokomotive, bei der die Rauchkammer durch eine parabolische Haube und das Triebwerk durch eine am Pufferträger abgerundete und bis zum Tender durchgeführte Schürze verkleidet waren, bestätigten diese Erkenntnis.

Inzwischen sind schon eine Reihe von stromlinienverkleideten Lokomotiven in Dienst gestellt und erprobt worden: die Bauartreihen 01¹⁰, 03¹⁰, 05, 06 und 61.

Im wesentlichen ist es nur die äußere Erscheinung, die den Unterschied von den Regelbauformen ausmacht. Den besonderen Ansprüchen bei hoher Geschwindigkeit mußten natürlich Triebwerk, Laufwerk und die Steuerung angepaßt werden. So erhielten die Lokomotiven z. T. größere Treibraddurchmesser, größeren Kolbenhub und andere Steuerungsmaße. Durch die Änderung der Steuerung wird erreicht, daß Dampf- und -auslaß schnell mit großem Querschnitt öffnen und dadurch stärkere Leistungsverluste durch Dampfdrosselung vermieden werden.

Den größten Gewinn bringt natürlich die völlige Verkleidung, die stromlinienförmig die ganze Lokomotive umschließt (vgl. Bild 9 und Anhang 3 und 4, Bild 2, 4, 5 und 12) und mit der die ersten Stromlinienbauarten auch ausgerüstet waren; er beträgt z. B. bei der völlig verkleideten 03-Lokomotive gegenüber der unverkleideten bei einer Geschwindigkeit von 120 km/h 290 PS = 27 % der verfügbaren Leistung, bei 140 km/h 385 PS = 48,2 %. Im Betriebe zeigte eine verkleidete 03-Lokomotive im Durchschnitt eines einjährigen Betriebes einen um 15,2 % geringeren Kohlenverbrauch als eine im gleichen Dienstplan laufende unverkleidete Lokomotive gleicher Bauart. Die Höchstgeschwindigkeit betrug hierbei 140 km/h, die mittlere Reisegeschwindigkeit 115 km/h. Der Gewinn ist also so beträchtlich, daß er die Verkleidung bei allen Lokomotiven rechtfertigt, die mit hohen Geschwindigkeiten fahren.

Leistungs-
gewinn

Die völlige Verkleidung bringt jedoch gewisse betriebliche Nachteile wie z. B. erschwerte Wartung des Triebwerks; man wird daher in Zukunft doch auf einen kleinen Anteil des erreichbaren Gewinns verzichten und die Lokomotive nur halbverkleidet bauen, d. h. das Triebwerk wird offen bleiben. Die Lokomotive erhält dadurch auch ein gefälligeres Aussehen.

Sechster Teil

Die Vorratsbehälter der Lokomotiven

A. Der Tender

1. Die Kohlen- und Wasserkästen

Der Vorrat an Wasser und Kohlen wird entweder auf einem besonderen Fahrzeug, dem Tender, mitgeführt oder auf der Lokomotive selbst, die dann als sogenannte Tenderlokomotive ausgebildet wird. Für den Fernverkehr werden Lokomotiven mit Schlepp-

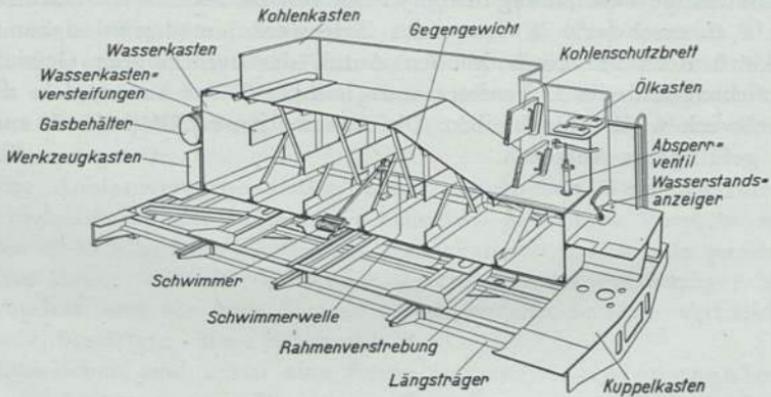


Bild 237. Wasser- und Kohlenkästen

tender verwendet, um Ergänzen der Vorräte unterwegs möglichst zu vermeiden, Tenderlokomotiven dagegen, die nicht so große Vorräte mitnehmen können, für den Nahverkehr, den Verschiebedienst und auf Strecken, an deren Endpunkten keine Drehscheiben eingebaut sind.

Der Tender besteht aus den Vorratsbehältern für Wasser und Kohle, dem Rahmen und dem Laufwerk.

Wasser-
kasten

Der Wasserkasten (Bild 237) ist aus 6 mm dicken Blechplatten und Winkel- sowie T-Eisen aufgebaut; seine Decke bildet den Boden des Kohlenkastens. Im Kasteninnern befinden sich Quer-

fachwerke oder Querwände, die den Kasten versteifen und die Last der Kohle von der Decke auf den Rahmen überleiten. Bei TENDERN mit großem Fassungsraum sind außerdem Längsfachwerke unmittelbar über den Hauptlängsträgern des Rahmens angeordnet. Die Querwände sind mit großen Ausschnitten versehen, doch sind diese mit gelochten Blechen abgedeckt, die als Schwallwände dienen, d. h. die Wasserbewegung beim schnellen Anfahren oder starken Bremsen dämpfen.

Die Wassereinläufe befinden sich hinten oder an den Seiten; die großen Tender der Einheitslokomotiven haben außer den Haupt-einläufen, die 3000 mm über SO liegen, noch Noteinläufe in 2750 mm Höhe. Diese Noteinläufe müssen benutzt werden, wenn Strecken zu befahren sind, auf denen noch ältere Wasserkräne mit einer Auslaufhöhe von nur 2850 mm über SO stehen. (Bei Wasserkränen, die neu aufgestellt werden, muß die Auslaufhöhe laut BO mindestens 3100 mm über SO liegen.)

Zu jeder Saugleitung der Speisewassereinrichtungen der Lokomotive führt eine Speisewasserkupplung, das ist eine mit Drahteinlage versehene Gummischlauchleitung, die einerseits an einem Krümmer der Wasserentnahmeeinrichtung am Tender (Bild 238), andererseits mit leicht lösbarer Verschraubung an dem mit der Saugleitung verbundenen Kupplungsstück befestigt ist. Die Verschraubung wird durch ein Gewicht, das an der Überwurfmutter befestigt ist, gegen Lösen gesichert. An der tiefsten Stelle der Speisewasserkupplung, das ist am Anschlußstück, ist ein Entwässerungshahn, auch kann hier bei neueren Lokomotiven der zur Kolbenpumpe führenden Saugleitung zum Schutz gegen Einfrieren Dampf zugeführt werden.

Damit bei niedrigem Wasserstand im Tender infolge von Wirbelbildung keine Luft in die Saugleitung gerissen wird, sind an den beiden Entnahmestellen am Boden des Wasserbehälters versenkte Saugkästen; an deren Boden befindet sich eine Ablassschraube und sind die vom Führerhaus aus bedienbaren Absperr-(Saugkasten-) Ventile eingebaut. Ein Sieb verhindert das Eindringen von Verunreinigungen in die Saugkästen.

Die Wassermenge, die sich im Tender befindet, kann an einem Wasserstandanzeiger, den ein Schwimmer betätigt, abgelesen werden (Bild 237).

Kohlen- Der Kohlenkasten wird aus der Wasserkastendecke und Blech-
kasten wänden gebildet, die an den Seiten und hinten gegenüber den Wasser-

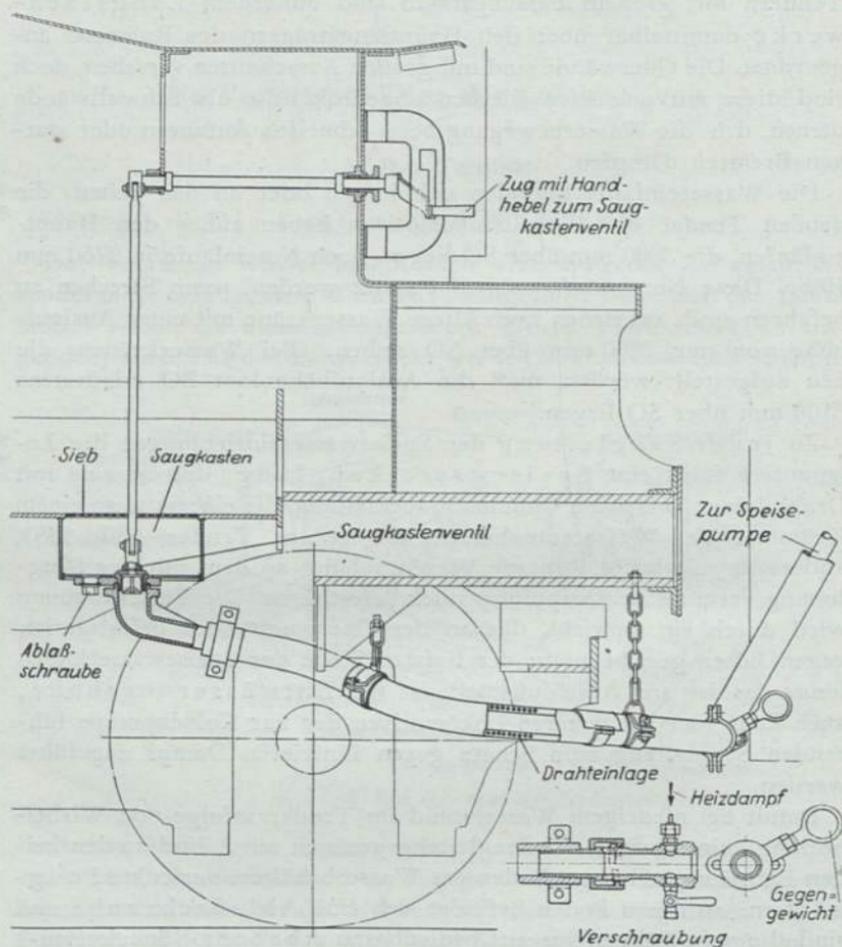


Bild 238. Wasserentnahmeeinrichtung am Tender und Speisewasserkupplung

kastenwänden zurücktreten. Damit die Kohlen nach vorn nachrutschen, ist die Wasserkastendecke bis zur Kohlenentnahmestelle geneigt; Kohlenschutzblecher oder nach innen zu öffnende

Schleusentüren mit Kohlenentnahmespalt schließen den Kohlenkasten nach dem Führerhaus zu ab.

Auf dem Tender werden vor dem Wasserkasten zu beiden Seiten Schränke oder Kästen für Kleider, Werkzeuge und Ölkannen untergebracht, ferner befindet sich meist ein Kasten für das große Werkzeug an der Rückseite des Wasserkastens.

Die Geräte zum Bearbeiten des Feuers werden rechts und links neben dem Kohlenkasten gelagert; um sie zu benutzen, müssen sie erst gewendet werden. Hierbei ist allergrößte Vorsicht anzuwenden, wenn man mit den Geräten über die Umgrenzungslinie der Fahrzeuge hinaus kommen muß. Feuergerät erst wenden, wenn man sicher ist, daß man nicht an entgegenkommende Züge oder neben den Gleisen befindliche Gegenstände stößt! Auf Strecken mit elektrischem Betrieb dürfen lange Feuergeräte überhaupt nicht gewendet werden, weil der erforderliche Sicherheitsabstand von der Fahrleitung nicht gewahrt werden kann! Auf unvorsichtige Handhabung der Feuergeräte sind schon viele tödlich verlaufene Unfälle zurückzuführen.

Bei Einheitslokomotiven wird neuerdings ein besonderer Behälter für das Feuergerät eingebaut, bestehend aus einem Rohr, das unterhalb der Kohlenentnahmestelle nach hinten geneigt in den Wasserkasten ragt; er gestattet, die Feuergeräte zu benutzen, ohne daß sie gewendet zu werden brauchen.

Die Tender der Stromlinienlokomotiven erhalten ebenfalls Stromlinienverkleidung. Der Kohlenkasten wird durch zwei fernrohrartig übereinandergreifende Rolldächer überdeckt, die auf seitlichen Laufschienen mit Hilfe von Kurbeln so verschoben werden können, daß zum Bekohlen die volle Öffnung freigegeben wird. Da der Heizer infolge der Verkleidung während der Fahrt die Wasserkastendecke nicht besteigen kann, um die Kohle nach vorn zu holen, diese aber trotz des durchweg geneigten Bodens nicht selbsttätig nachrutscht, wird auf den hinteren Teil des Kohlenraumes ein Wagen gesetzt, der keine Vorderwand hat und auf niedrigen Rollen läuft. Er enthält nach dem Bekohlen $\frac{1}{3}$ bis $\frac{2}{5}$ des Kohlenvorrats und wird zunächst in der Stellung weit hinten festgehalten. Ist die mit der Schaufel erreichbare Kohle verbraucht, so wird der Wagen ausgeklinkt und rollt nun allmählich nach vorn, kann auch

Tender mit
Stromlinien-
verkleidung

von Hand vorgezogen werden, wenn er durch Kohlenstücke festgeklemmt wird.

Die Größe der Tender, d. h. der Rauminhalt des Wasserkastens und des Kohlenkastens, richtet sich nach der Länge der ohne Aufenthalt zu durchfahrenden Strecke und der Leistungsfähigkeit der Lokomotive. Nach der Tendergröße richtet sich auch das Laufwerk; so erhalten kleine Tender drei Achsen, größere vier Achsen, wobei je

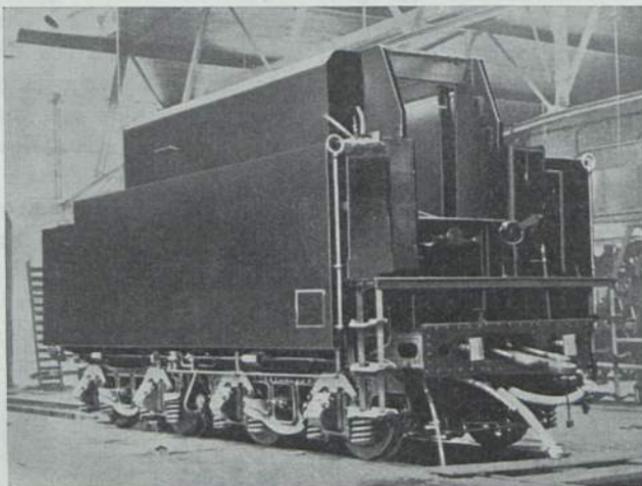


Bild 239. Vierachsiger Einheitstender 2'2'T 34

zwei meist zu einem Drehgestell vereinigt sind (Bild 239), oder 5 Achsen, von denen 3 als feste Achsen ausgebildet, die beiden vorderen in einem Drehgestell zusammengefaßt sind (Anhang 3, Bild 4).

Bauart-
kenn-
zeichen
der Tender

Hier sei eingefügt, daß das Bauartkennzeichen der Tender außer dem Zeichen „T“ = Tender die Zahl der Achsen und den Inhalt des Wasserkastens enthält; im Hauptrahmen aufeinanderfolgende Achsen werden dabei in einer Ziffer, die in einem Hilfsgestell (z. B. Drehgestell) laufenden in einer Ziffer mit Beistrich angegeben. 2'3T 38 bedeutet: 2 Achsen in einem Drehgestell, dahinter 3 feste Achsen, 38 m³ Wassereinhalte. Tender mit Stromlinienverkleidung erhalten die zusätzliche Bezeichnung „St.“

Im Bereich der ehemals Preußisch-Hessischen Staatsbahnen waren

folgende Tenderbauarten weit verbreitet: 3 T 16,5 mit 7 t Kohle, 3 T 20 mit 6 t Kohle, 2'2' T 21,5 und 2'2' T 31,5, beide mit je 7 t Kohle. Einheitslokomotiven haben im allgemeinen entweder Einheitstender 3 T 16 mit 6 t Kohle oder 2'2' T 32 mit 10 t Kohle, neuerdings die geschweißten Tender 3 T 17 und 2'2' T 34. Für die Bauartreihe 50 wurde ein neuer Tender 2'2' T 26 entwickelt.

Die Stromlinienlokomotiven der Reihen 01¹⁰, 03¹⁰, 05 und 06 sind mit Tendern in Stromlinienverkleidung 2'3 T 38 St, die Lokomotiven der Reihe 45 mit dem gleichen Tender ohne Stromlinienverkleidung — 2'3 T 38 — ausgerüstet.

2. Der Rahmen

Der Rahmen besteht bei dem dreiachsigen Tender (Bild 240) aus zwei Rahmenwangen, die durch längs- und querliegende Ra h - Drei-
achsiger
Tender

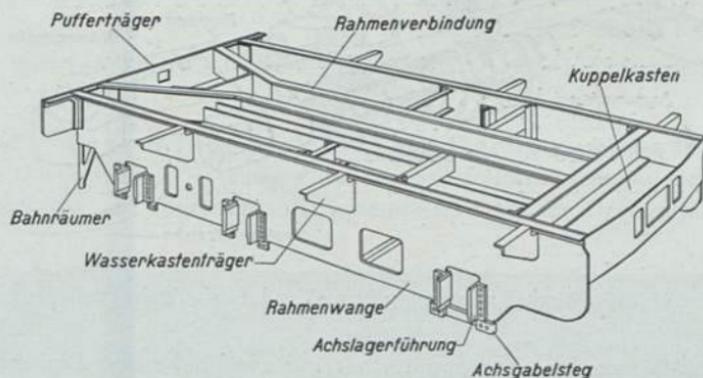


Bild 240. Rahmen eines dreiachsigen Tenders

menverbindungen versteift werden. Die Rahmenwangen nehmen die Radsätze auf und übertragen die Tenderlast auf diese; sie sind in ähnlicher Weise durchgebildet wie die Wangen des Blechrahmens bei der Lokomotive: sie haben Achslagerausschnitte, die unten von Achsgabelstegen zusammengehalten werden und mit Achslagerführungen versehen sind. Die Radsätze haben wie die Wagenradsätze außen liegende Achsschenkel, weshalb auch der Rahmen außerhalb der Räder liegt (Außenrahmen).

Die vorderste Querverbindung zwischen den Rahmenwangen

Kuppel-
kasten

bildet der Kuppelkasten (Bild 173), bestehend zur Hauptsache aus einem kräftigen Querträger aus Blechen und Formeisen sowie zwei waagerechten Blechplatten, die oben und unten den Kuppelkasten abschließen und mit den Rahmenwangen durch Nietung verbunden sind. Die zur Verbindung von Lokomotive und Tender dienenden Bauteile sind bereits auf S. 258 eingehend beschrieben.

Die hinterste Querverbindung bildet der Pufferträger; die

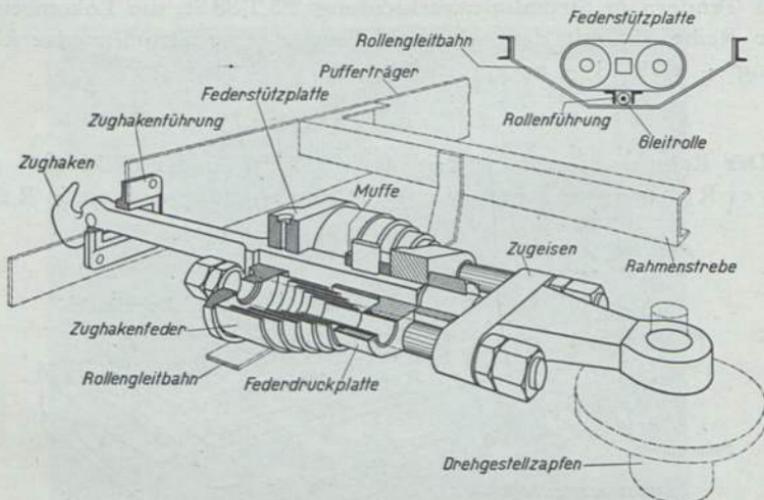


Bild 241. Zughakenlagerung beim Tender mit Drehgestellen

Pufferstöße werden aber unmittelbar auf zwei nahe der Tendermitte liegende Rahmenlängsverbindungen übertragen, die zu diesem Zweck hinten auseinander laufen und mit dem Pufferträger da vernietet sind, wo außen die Stoßpuffer angeschraubt sind.

Als weitere Querverbindungen befinden sich U-Eisenträger zwischen Rahmenwangen und den Längsverbindungen; außerdem sind auf die unteren Flansche der Rahmenlängsverbindungen als weitere Versteifungen mit Ausschnitten verschene, waagrecht liegende Bleche genietet.

Auf den Rahmenwangen, den Rahmenlängsverbindungen und einigen Kragträgern (Wasserkastenträgern), die an den Rahmenwangen befestigt sind, ruht der Wasserkasten.

Bei den Tendern mit Drehgestellen sind als Hauptlängsträger vier durchlaufende U-Eisen von 300 mm Höhe vorhanden. Kräftige

Tender mit Drehgestellen

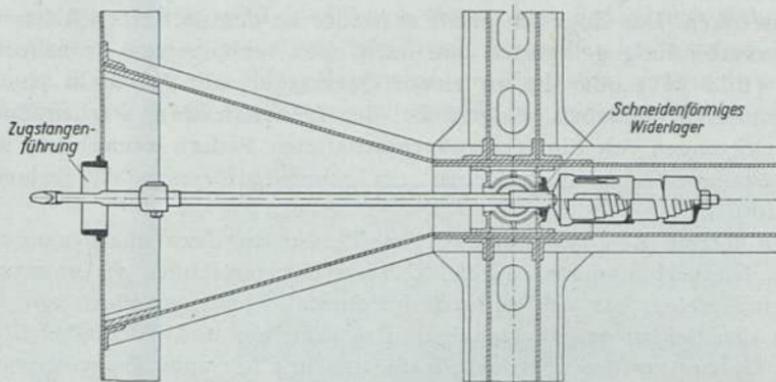


Bild 242. Zughakenlagerung beim Einheitstender mit Drehgestellen

Querträger befinden sich über den Drehgestellmitten und auf Tendermitte. Die Träger auf Drehgestellmitte nehmen den Drehzapfen auf und übertragen die gesamte Last auf die Drehgestelle.

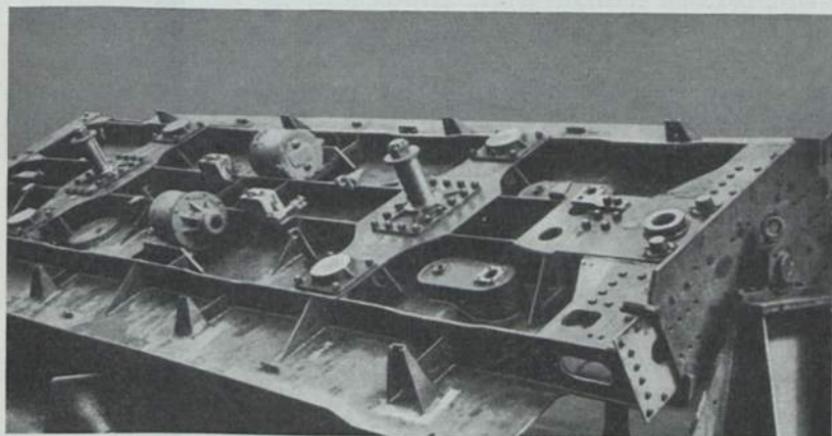


Bild 243. Unterseite des geschweißten Tenders 2' 2' T 34

Zug-
ein-
richtung
am
hinteren
Tender-
ende

Die Zugeinrichtung am hinteren Tenderende ist ähnlich der vorn an der Lokomotive sitzenden; die Zugstange hat seitliches Spiel in der Führung und kann beim Befahren von Krümmungen ausschwenken. Das Zugeisen greift entweder an dem auf einer Rahmenquerverbindung gelagerten und nach oben verlängerten Drehzapfen an (Bild 241) oder ist an einem Querträger mit Bolzen in einem besonderen Gußstück gelagert. Bei den Einheitstendern werden Zugeinrichtungen mit hintereinandergeschalteten Federn verwendet; die Zugstangen legen sich gegen ein schneidenförmiges Widerlager (Bild 242).

Geschweißte
Tender

In letzter Zeit ist man auch im Tenderbau dazu übergegangen, die Nietverbindungen durch Schweißverbindungen zu ersetzen. Grundsätzlich hat sich dadurch im Aufbau nichts geändert, nur ist aus den beiden gesonderten Bauteilen Rahmen- und Vorratsbehälter ein Ganzes geworden, wobei die Blechwände mit zum Tragen herangezogen werden. Infolge der durch die neue Bauweise eingetretenen Gewichterleichterung konnte der Wasservorrat vergrößert werden, bei den Einheitstendern von 16 auf 17 m³ und von 32,5 auf 34 m³. Die Unterseite der geschweißten Tender 2'2' T 34 zeigt Bild 243.

3. Das Laufwerk

Die Radsätze der Tender haben außen liegende Achsschenkel; die Radreifen sind ebenfalls warm aufgezo-gen.

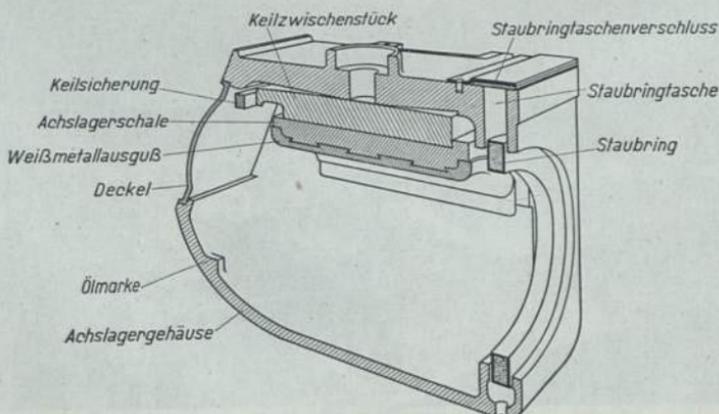


Bild 244. Tenderachslager

Die Achslagerschalen sind ähnlich denen der Lokomotiven aus Achslager Rg 9 mit WM-Ausguß und umfassen nicht ganz die obere Hälfte der Schenkel. Die Achslagergehäuse (Bild 244), auf die sich die Tenderlast abstützt, sind vorn durch einen unter Federdruck stehenden Deckel abgeschlossen und hinten mit einer Tasche versehen, in die ein Staubring aus Filz gelegt wird, um Eintreten von Staub und Schmutz und damit Heißläufer zu vermeiden. Zwischen Achslager-

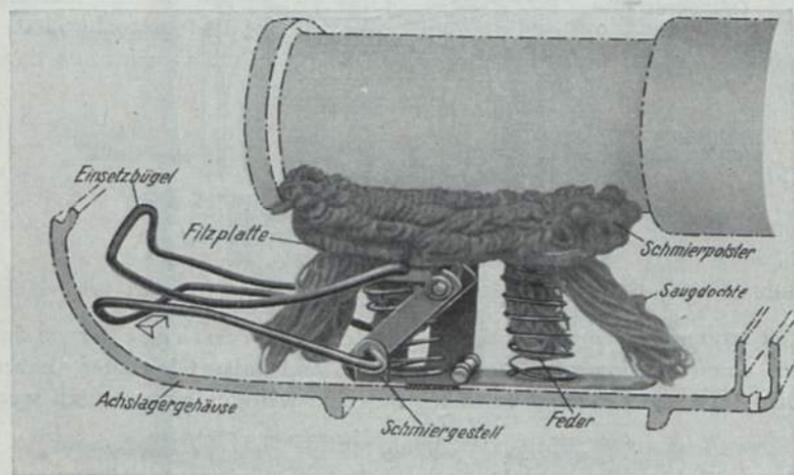


Bild 245. Schmierpolster

schale und Gehäuse ist noch ein Keilzwischenstück geschoben, das oben ballig ausgebildet ist, damit die Last immer auf Mitte Achsschenkel ruht; es wird durch einen Quersteg in seiner Lage gehalten (Keilsicherung).

Geschmiert wird der Achsschenkel durch ein Schmierpolster (Bild 245), das in dem unten mit Öl gefüllten Achslagergehäuse sitzt, durch Federn an den Schenkel gepreßt wird und das Öl mit Dochten ansaugt. Im Gehäuseinnern ist vorn eine Ölmarke angegossen; nur bis zu dieser darf das Öl eingefüllt werden, damit es nicht hinten zwischen Schenkel und Staubring wieder ausläuft.

An Tendern der ehemaligen österreichischen Bundesbahnen sind die Achslager vielfach mit Druckumlaufschmierung, ähnlich der auf S. 272 beschrieben, ausgerüstet (Bild 246). Hier wird eine

Ölförderscheibe, die im Achslagerdeckel drehbar gelagert ist, vom Achsschenkel mit Zapfen angetrieben. Die Staunuten, die im Deckel eingearbeitet sind, und die Schmierkanäle sind doppelt vorhanden, je einmal für jede Fahrtrichtung.

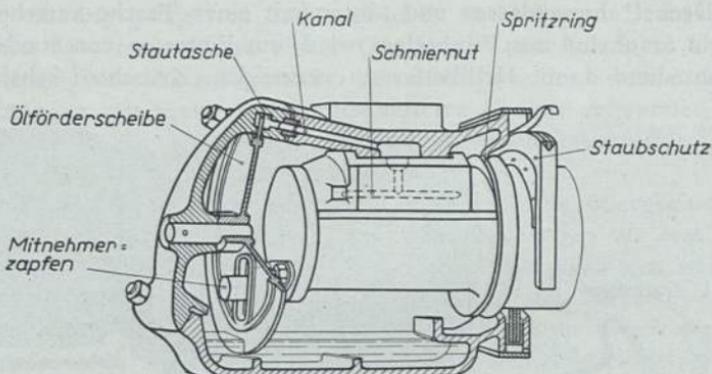


Bild 246. Tenderachslager mit Druckumlaufschmierung Bauart Friedmann

Rollen-
lager

In letzter Zeit werden bei den Tendern Rollenlager verwendet, die einen geringeren Reibungswiderstand als Gleitlager haben (Bild 247); sie brauchen auch im Betriebe weniger gewartet zu wer-

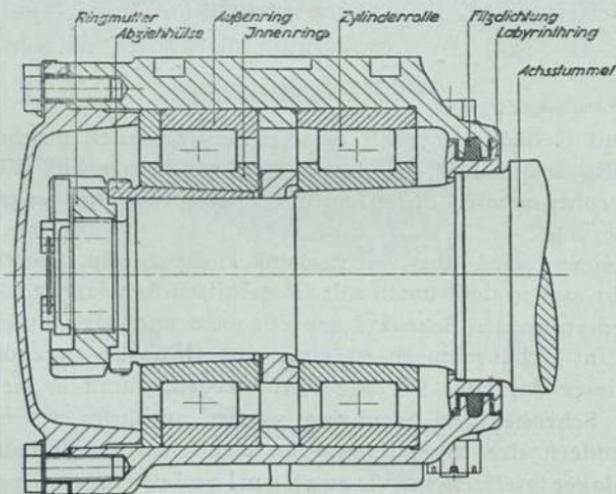


Bild 247. Rollenlager für Tenderachsen

den, weil die Fettfüllung von einer Hauptausbesserung zur anderen vorhält.

Die Achslagergehäuse sind, abgesehen von den bei Fachwerkdrehgestellen verwendeten, wie die der Lokomotiven mit Gleitplatten versehen, die mit Leisten die Achslagerführungen am Tenderrahmen umfassen.

Die Last wird auf die Achslagergehäuse mit Tragfedern übertragen.

Beim dreiachsigen Tender stützen sich die Tragfedern von oben auf dem Gehäuse ab (Bild 248). Die beiden hinteren Achsen

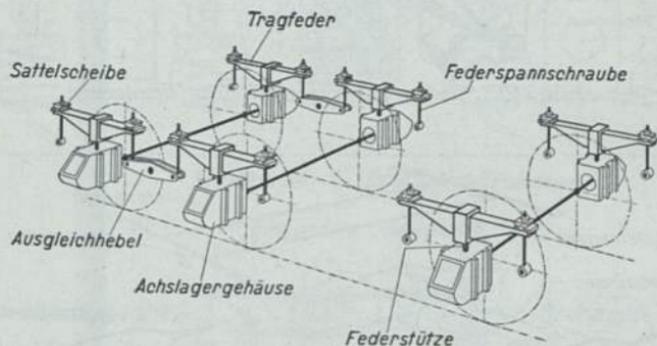


Bild 248. Achs- und Federanordnung eines dreiachsigen Tenders

sind durch Ausgleichhebel miteinander verbunden, weil bei Rückwärtsfahrt der hinterste Radsatz zum führenden wird.

Die vierachsigen Tender laufen auf zwei Drehgestellen, die fünfachsigen Tender haben ein voranlaufendes Drehgestell und hinten drei im Rahmen festgelagerte Achsen, die durch Ausgleichhebel miteinander verbunden sind. Bei den Drehgestellen unterscheidet man zur Hauptsache zwei Bauarten: Drehgestelle mit Fachwerkrahmen (früher „amerikanisch“ genannt) und die Tenderdrehgestelle der Einheitsbauart.

Bei den Fachwerkdrehgestellen (Bild 249a u. b) besteht der Rahmen aus zwei dicken Flacheisen, die als obere und untere Gurtung weit auseinandergezogen und durch Rahmenstreben verbunden sind.

Der Drehzapfen, der ballig ausgebildet ist, dient nur zur Führung und trägt nicht. Die Last wird vielmehr in vier Stützpunkten zu-

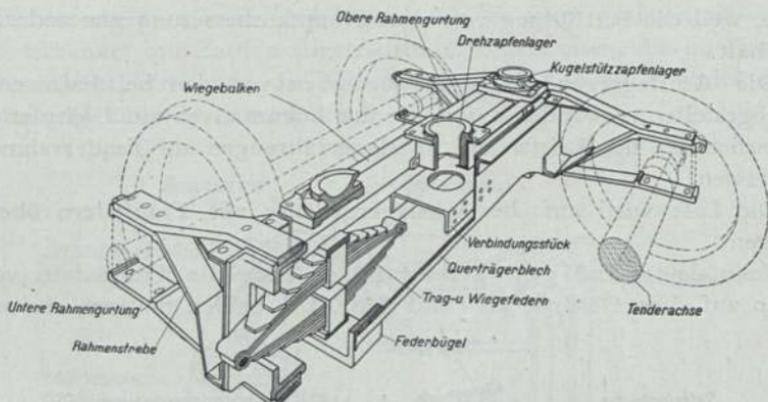


Bild 249 a. Fachwerkdrehgestell eines Tenders

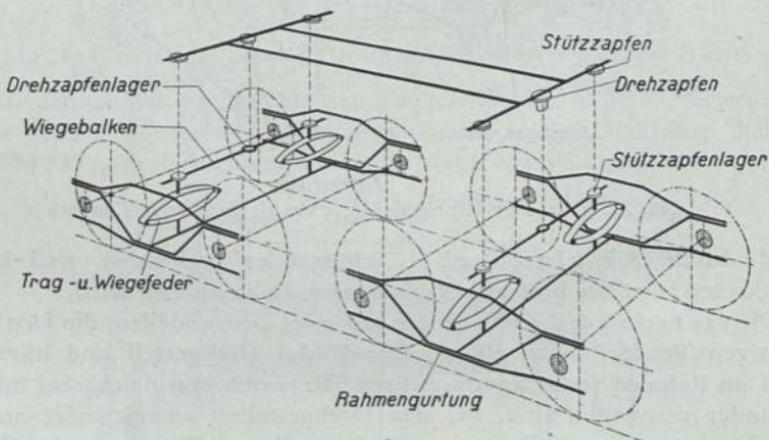


Bild 249 b. Abstützung des Tenderrahmens auf dem Fachwerkdrehgestell

nächst auf zwei quer liegende Wiegebalken übertragen, und zwar durch kugelige Stützapfen über Stützapfenlager, die sich auf den Wiegebalken entsprechend den Ausschlägen des Drehgestelles verschieben können. Jeder Balken trägt auf seiner Mitte das Drehzapfenlager und ruht unter Zwischenschaltung von elliptischen Doppeltragfedern und Federbügeln auf dem aus Blechen und Formeisen

zusammengesetzten Querträger, der die einzige Verbindung zwischen den beiden Fachwerken eines Drehgestelles bildet. Die Fachwerke übertragen die Tenderlast entweder unmittelbar auf die Achslagergehäuse, die mit durchgehenden Schrauben mit oberer und unterer Gurtung fest verbunden sind, oder es ist, wie z. B. beim Tender 2'2'T 31,5 eine Abfederung zwischen Fachwerk und Achsbüchse in Form zweier Schraubenfedern vorhanden.

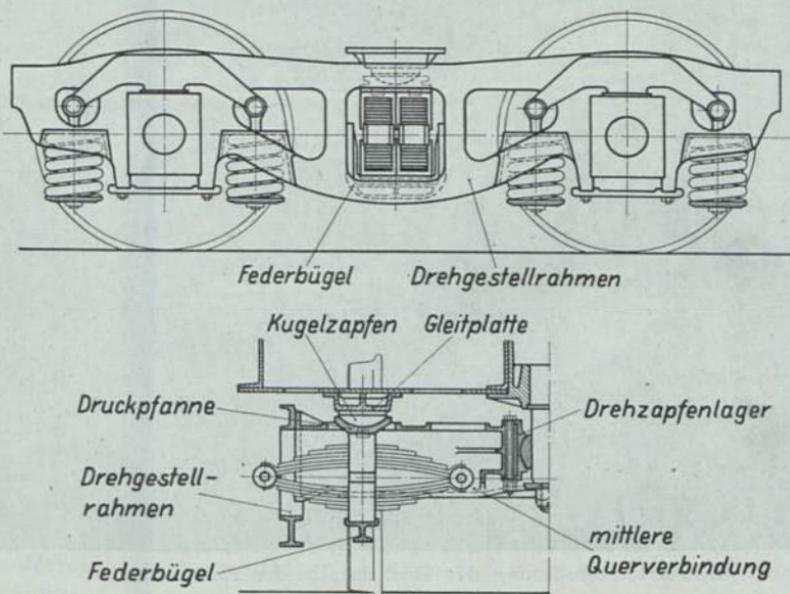


Bild 250. Drehgestell der Einheitstender

Die Drehgestelle der Einheitstender (Bild 250) haben Rahmen, die aus einzelnen Stahlgußstücken, nämlich den Langträgern und drei Querverbindungen, zusammengeschraubt sind oder aus Blechen vollkommen geschweißt werden. Die mittlere Querverbindung trägt das Lager, das den Drehzapfen umfaßt; es ist als Kugellager ausgebildet und gleitet senkrecht auf dem Drehzapfen, der zylindrisch ist. Einheitsbauart

Die Last des Tenders wird nicht unmittelbar auf die mittlere Querverbindung übertragen, sondern der Tenderrahmen legt sich mit Gleitplatten aus Stahlguß auf die oben eben gestalteten Lagerflächen

gußeiserner Kugelzapfen, die in Druckpfannen auf den Federbunden je zweier querliegender elliptischer Doppeltragfedern ruhen. Die Federn übertragen die Last in gleicher Weise, wie Bild 249 a zeigt, mit Federbügeln auf den Querträger und damit auf die Drehgestellangsträger. Diese wiederum hängen an flachen Bügeln, die sich auf die Achslagergehäuse stützen (Bild 251). Zwischen Drehgestellrahmen

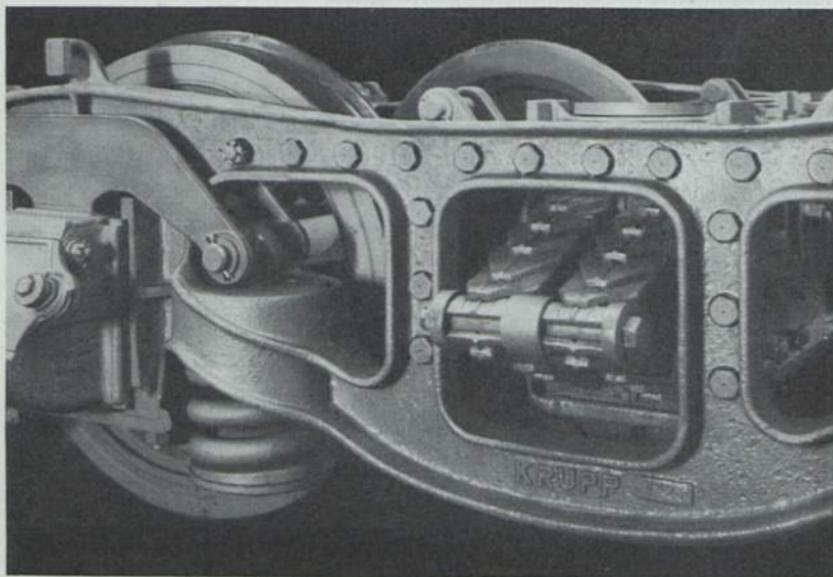


Bild 251. Abfederung der Drehgestelle der Einheitstender

und den flachen Bügeln sind Schraubenfedern je rechts und links neben jedem Achslager geschaltet; die oberen Federteller sind am Drehgestellangsträger mit angegossen oder angeschweißt, die unteren hängen mit Federgehängen an den Bügeln. Die Achslager können in Führungen der Rahmenlangträger in senkrechter Richtung gleiten.

B. Die Vorratsbehälter bei Tenderlokomotiven

Bei den Tenderlokomotiven wird der Wasservorrat in Wasserkästen untergebracht, die vor dem Führerhaus zu beiden Seiten des Langkessels, dann zwischen den Rahmenwangen und hinter dem

Führerhaus oberhalb des Rahmens eingebaut werden (Bild 252). Die seitlichen Wasserkästen lagern auf Kragträgern des Rahmens und können je als Ganzes abgehoben werden; die Wasserkästen zwischen dem Rahmen bilden gleichzeitig Rahmenversteifungen. Alle Kästen sind untereinander durch Rohre verbunden. Die Speisepumpen saugen aus einem tiefliegenden gemeinsamen Saugkasten; die Saugrohre haben Saugrohre mit Sieben.

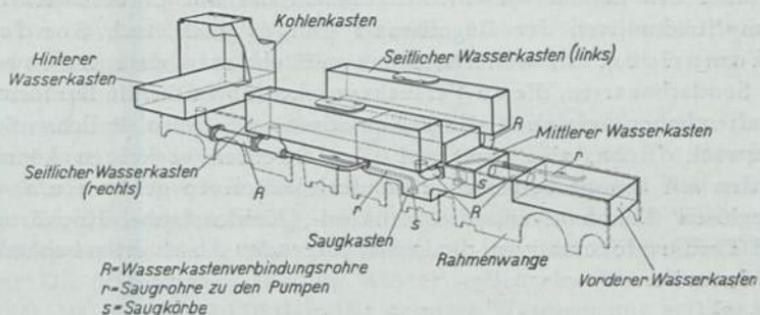


Bild 252. Vorratsbehälter bei Tenderlokomotiven

Der Kohlenkasten ist hinter dem Führerhaus aufgebaut; die Decke des hinteren Wasserkastens bildet seinen Boden. ^{Kohlenkasten} Oben ist er nach der Mitte zu eingezogen, damit die Aussicht durch die hinteren Führerhausfenster nicht behindert wird.

Um ein Bild von der Größe der Vorräte zu geben, die die neueren Tenderlokomotiven mitführen können, seien einige Zahlenangaben gemacht:

Bauartreihe 62: 4,3 t Kohle, 14 m³ Wasser,

Bauartreihe 64: 3 t Kohle, 9 m³ Wasser,

Bauartreihe 93⁵⁻²⁰: 4,5 t Kohle, 14 m³ Wasser.

Siebenter Teil

Die Sonderbauarten von Dampflokomotiven

Außer den in den vorstehenden Teilen des Buches beschriebenen Dampflokomotiven der Regelbauart gibt es auch noch Sonderlokomotiven. Im weiteren Sinne versteht man darunter sowohl die Sonderbauarten, die zu Versuchszwecken abweichende Bauformen erhalten haben, wie auch alle Lokomotiven, die einem örtlichen Sonderzweck dienen, also nicht auf allen Strecken verkehren können. Zu den mit Dampf betriebenen Sonderlokomotiven gehören u. a. die feuerlosen Lokomotiven, die Zahnrad-, Kohlenstaub-, Hochdruck- und Turbinenlokomotiven, die in den folgenden Abschnitten behandelt werden sollen.

A. Feuerlose Lokomotiven

In Betrieben, in denen wegen der Feuers- oder Explosionsgefahr nicht mit Feuer umgegangen werden darf, werden feuerlose Lokomotiven verwendet; bei ihnen tritt an die Stelle des Dampfkessels ein Dampfspeicher, der während der Fahrt den Dampf zum Antrieb der Dampfmaschine liefert. Der Speicher besteht aus einem kesselförmigen Behälter, der zum größten Teil mit Wasser gefüllt ist; er wird aufgeladen, indem Dampf aus einer ortsfesten Kesselanlage in das Wasser geleitet wird. Während man in einem bloßen Raumspeicher (ohne Wasserfüllung) nur geringe Dampfmen gen speichern kann (nach Zahlentafel 1, S. 50, faßt ein Raum von 10 m^3 bei einem Überdruck von 12 kg/cm^2 nur $10 \cdot 6,49 = \text{rd. } 65 \text{ kg}$), stellt das Wasser einen vorzüglichen Speicher dar, der große Dampfmen gen aufnehmen kann. Die Speicherfähigkeit beruht darauf, daß sich beim Einleiten genügender Dampfmen gen die Flüssigkeitswärme des Wassers so lange erhöht, bis der Wert erreicht ist, der dem Druck des eingeleiteten Dampfes entspricht. Ist beispielsweise der Überdruck des Dampfes 12 kg/cm^2 , so kann, abgesehen von Verlusten, die Flüssigkeitsmenge des Wassers im Speicher auf rd. 194 WE/kg

Dampf-
speicher

steigen (siehe Zahlentafel 1, S. 50). Der eingeleitete Dampf schlägt selbstverständlich nieder und vermehrt so die Wassermenge. In dem verbleibenden Dampfraum über der Speicherwassermenge stellt sich schließlich ein Überdruck von ebenfalls 12 kg/cm^2 ein. Von diesem Augenblick an kann kein Dampf weiter gespeichert werden.

Während des Betriebes geht durch die Entnahme des Dampfes zum Antrieb der Dampfmaschine der Druck im Speicher allmählich wieder zurück; man baut meist die Dampfmaschine so, daß die Lokomotive noch bei 1 kg/cm^2 Überdruck zur Füllstelle fahren kann. Bei diesem Druck hat das Wasser nach Zahlentafel 1 noch eine Temperatur von rd. 120° .

In einer Wassermenge von ursprünglich 1000 kg mit einer Temperatur von 120° können 156 kg Dampf von 12 kg/cm^2 Überdruck gespeichert werden, wie folgende Rechnung ergibt: Der Wärmeinhalt des Einfüllampfes beträgt nach Zahlentafel 1 rd. 670 WE/kg ; die 156 kg stellen somit eine Wärmemenge von $156 \cdot 670 = 105\,000 \text{ WE}$ dar. Die ursprünglich 1000 kg Wasser stellen eine Wärmemenge von $1000 \cdot 120 = 120\,000 \text{ WE}$ dar. Die gesamte Wärmemenge beträgt demnach nach dem Einfüllen $225\,000 \text{ WE}$, die in den nunmehr 1156 kg Wasser steckt. Auf jedes kg kommen $\frac{225\,000}{1156} = \text{rd. } 194 \text{ WE/kg}$; das

Wasser hat also die einem Überdruck von 12 kg/cm^2 entsprechende Flüssigkeitsmenge angenommen. Ein Speicher von $10 \text{ m}^3 = 10\,000 \text{ kg}$ Fassungsvermögen kann demnach $10 \cdot 156 = 1560 \text{ kg}$ Dampf speichern, wenn man von Verlusten durch Wärmeabstrahlung absieht.

Wird der Regler geöffnet, so strömt Dampf zu den Zylindern; während der Fahrt sinkt der Kesseldruck allmählich, doch findet immer wieder eine Nachverdampfung statt, weil bei abnehmendem Speicherdruck Flüssigkeitswärme frei wird, die immer wieder neuen Dampf, wenn auch geringeren Druckes, erzeugt. Die gesamte mit dem Dampf eingefüllte Wärmemenge ist in Form von Dampf mit anfänglich 12 , dann abnehmend bis zu 1 kg/cm^2 Überdruck wieder aus dem Speicher gegangen, wenn in diesem die Flüssigkeitswärme auf 120 WE/kg zurückgegangen ist.

B. Zahnradlokomotiven

Auf steilen Strecken wird der Fahrwiderstand sehr groß (vgl. S. 63); die Reibung reicht dann nicht mehr aus, um schwere Lasten zu befördern. Die fehlende Reibung wird dadurch ersetzt, daß auf der Lokomotive Zahnräder angetrieben werden, die in Zahnstangen eingreifen; diese liegen zwischen den Schienen und sind fest mit den Schwellen verbunden. Es gibt Bahnen, auf denen auf der ganzen Länge mit Zahnradern gefahren werden muß, und solche, auf denen zwischen Strecken mit Reibungsbetrieb nur einige Teilstrecken mit Zahnradbetrieb eingeschaltet sind (gemischter Zahnrad- und Reibungsbetrieb).

Lokomotiven für reinen Zahnradbetrieb Bei reinem Zahnradbetrieb erhalten die Lokomotiven eine Dampfmaschine, die während der Fahrt auf der Strecke nur das Zahnrad antreibt; die Radsätze sind als Laufachsen ausgebildet und erhalten von der Dampfmaschine her nur einen Notantrieb über eine bedienbare Kupplung, damit sich das Fahrzeug wenigstens von und zum Schuppen ohne Zahnstange bewegen kann.

Lokomotiven für gemischten Betrieb Bei Lokomotiven für gemischten Betrieb werden Treib- und Kuppelradsätze in üblicher Weise angetrieben. Die außen liegenden Antriebszylinder arbeiten bei Reibungsbetrieb in Zwillingwirkung, d. h. der Auspuffdampf wird über das Blasrohr ins Freie geleitet. Zwischen den Rahmenwangen liegt ein Innentriebwerk mit zwei Dampfzylindern, das über eine Übersetzung von etwa 1:2 auf ein oder mehrere miteinander gekuppelte Zahnräder arbeitet. Die innen liegenden Dampfzylinder sind NDZ und erhalten bei arbeitendem Zahnrad den Abdampf aus den Außenzylindern, der ihnen über ein besonderes Wechselventil zugeführt wird; es handelt sich dabei um eine tatsächliche Verbundwirkung, obwohl die Innenzylinder im Durchmesser nicht größer als die Außenzylinder sind, also scheinbar das bei Verbundlokomotiven übliche Zylinderraumverhältnis von HD:ND von rd. 1:2,5 nicht vorhanden ist; es läuft aber das Innentriebwerk infolge des Vorgeleges zum Antriebszahnrad mit etwa doppelt so hoher Umdrehungszahl wie das Außentriebwerk, so daß auf eine Füllung eines Außenzylinders zwei Füllungen eines Innenzylinders kommen, demnach das Zylinderraumverhältnis von etwa 1:2 gewahrt ist. Damit den NDZ der Dampf noch mit ge-

nügender Spannung zuströmt, muß bei arbeitendem Zahnrad die Füllung der Außenzylinder stark erhöht werden.

Das Bild 253 zeigt den grundsätzlichen Aufbau des Triebwerks einer Zahnradlokomotive für gemischten Reibungs- und Zahnradbetrieb. Die Innenzylinder arbeiten auf das hintere Zahnrad. Das vordere Zahnrad ist lediglich ein Bremszahnrad; auf seiner Achse sitzen eine oder mehrere Bremsstrommeln, auf die eine Bandbremse

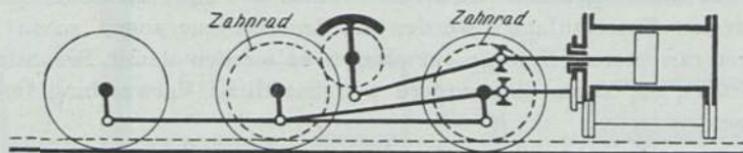


Bild 253. Triebwerk einer Zahnradlokomotive für gemischten Reibungs- und Zahnradbetrieb

arbeitet. Außerdem erhalten diese Lokomotiven die übliche Klotzbremse, sowie eine Gegendruckbremse (vgl. S. 451).

Bei der Reichsbahn gibt es nur noch zwei mit Zahnradlokomotiven betriebene Strecken, da sich in den letzten Jahren gezeigt hat, daß mit genügend schweren Lokomotiven und guter Besandung auf Strecken bis zur Steigung $1:16\frac{2}{3}$ ein reiner Reibungsbetrieb durchgeführt werden kann.

C. Kohlenstaublokomotiven

Zur Verfeuerung auf dem Lokomotivrost eignet sich nur stückreiche Kohle mit ziemlich hohem Heizwert. Kohlen minderer Güte, wie z. B. Rohbraunkohle, feinkörnige Steinkohlen oder solche mit höherem Aschengehalt, können aus folgenden Gründen nicht verwendet werden: 1. Bei Brennstoffen mit geringem Heizwert sind viel größere Vorräte mitzuschleppen, bei Rohbraunkohle beispielsweise 3–4mal soviel, auch müßten die Rostflächen viel größer sein. Derartige Roste sind aber nicht unterzubringen. Ferner würde die Leistung eines Heizers zur Bewältigung so großer Brennstoffmengen nicht mehr ausreichen. 2. Bei feinkörnigen Brennstoffen fällt ein großer Teil durch die Rostspalten, auch wird viel durch den Saugzug ins Freie gerissen. Der Rost müßte auch hier größer sein, da

feinkörnige Brennstoffe langsamer verbrennen. 3. Bei Brennstoffen mit hohem Aschengehalt muß öfter ausgeschlackt werden, da die Aschen- und Schlackenmengen die Rostspalten bald zusetzen würden.

In der Kohlenstaubfeuerung hat man nun ein Mittel, solche Brennstoffe minderer Güte ohne Schwierigkeiten zu verfeuern. Die grundsätzliche Arbeitsweise dieser Feuerung besteht darin, daß fester Brennstoff, fein vermahlen, mit der Verbrennungsluft zusammen in den Feuerraum geblasen wird, wo er etwa wie ein Gas verbrennt. In ortsfesten Kesselanlagen werden Kohlenstaubfeuerungen schon seit Jahren mit bestem Erfolge verwendet; es werden damit Brennstoffe verfeuert, die kaum eine andere wirtschaftliche Verwendung finden können.

Bei der Übertragung der Staubfeuerung auf die Lokomotive hat sich allerdings gezeigt, daß in dem im Verhältnis zu ortsfesten Kesseln sehr kleinen Verbrennungsraum der Lokomotiven auch in Staubform kaum Brennstoffe verfeuert werden können, die als regelrecht minderwertig anzusprechen sind. Einen größeren Verbrennungsraum zu schaffen ist aber nicht angängig, weil die Lokomotiven allgemein verwendbar sein und gegebenenfalls auch wieder als Rostlokomotiven arbeiten müssen. Hochwertige Brennstoffe zu vermahlen bietet keinen wirtschaftlichen Anreiz, da einmal die Vermahlung Geld kostet, außerdem die Ausrüstung der Lokomotiven verhältnismäßig teuer ist. Zwar fallen in der Braunkohlenindustrie größere Staubmengen als Abfall an, doch sind sie nicht alle verwendbar. In vielen Braunkohlen ist Schwefel, der sich in den Abgasen als schweflige Säure unangenehm durch seinen Geruch bemerkbar macht; andere haben die Eigenschaft, daß sich ihre Schlacke in Form von sogenannten Schwalbennestern an die Rohrwände ansetzt und sogar die Rohre zusetzt. Die Menge der brauchbaren Staubsorten ist also beschränkt. Unter diesen Umständen sind die Aussichten auf baldige größere Anwendung der Staubfeuerung auf Lokomotiven gering.

Einen großen betrieblichen Vorteil, der gerade bei hoher Geschwindigkeit von Bedeutung ist, hat allerdings die Kohlenstaublikomotive: der Heizer wird wesentlich entlastet und kann sich mehr der Beobachtung der Signale zuwenden, auch kann er die Feuerung viel besser der wechselnden Leistung der Dampfmaschine anpassen. Man kann also wohl daran denken, daß bei sehr schnell

fahrenden Zügen und solchen, bei denen in Zukunft die Leistung eines Heizers nicht mehr ausreicht, also ohnehin eine mechanische Rostbeschickung notwendig wird, sich der Kohlenstaubfeuerung ein größeres Anwendungsgebiet erschließt.

Die Hauptbestandteile der Kohlenstaubfeuerungseinrichtung sind: Ein luftdicht abgeschlossener Kohlenstaubbehälter auf dem Tender, eine Kohlenstaubförderschnecke, ein mit Dampfturbine angetriebenes Luftgebläse und die Brenner in der Feuerbüchse.

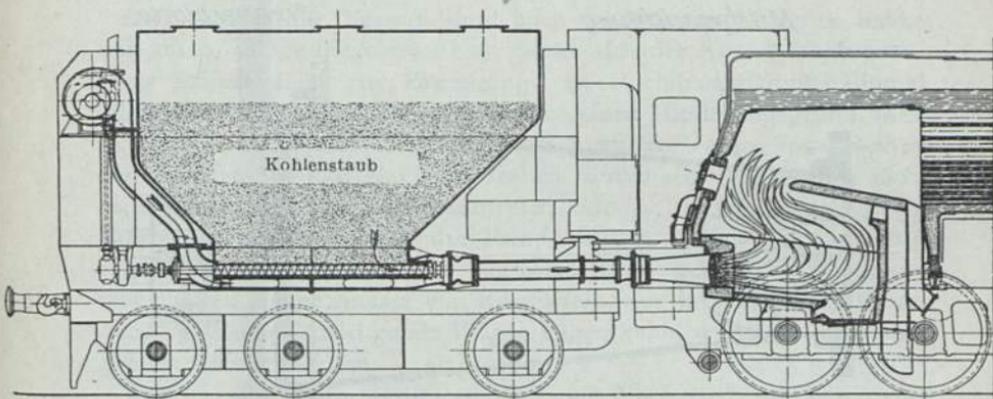


Bild 254. Anordnung der Kohlenstaublokomotive der Bauart Stug

Bild 254 zeigt die Anordnung der von der Studiengesellschaft für Kohlenstaubfeuerung auf Lokomotiven (Stug) entworfenen Staubfeuerung. Der Kohlenstaub, der fast die Eigenschaft einer Flüssigkeit hat, wird aus einem ortsfesten Bunker oder besonderen Kohlenstaubwagen mittels Druckluft in den Behälter auf dem Tender gefördert. Von hier fließt er Mulden am Boden zu und wird von Förderschnecken, die entweder von einer besonderen Dampfmaschine oder von der Turbine für das Luftgebläse angetrieben werden, in die Förderleitung geschoben, von der Gebläseluft ergriffen und in den Brenner in der Feuerbüchse geblasen. Der Brenner (Bild 255) besteht aus einem kegelstumpfförmigen Rohrstück, das vorn durch eine Platte mit vielen kleinen düsenartigen Öffnungen abgeschlossen ist. Wegen seines Aussehens wird der Brenner mit Brausenbrenner bezeichnet.

Bauart
Stug

Brausen-
brenner

Die aus der Düsenplatte austretende Flamme wird durch den Feuerschirm zur Umkehr gezwungen; sie hat also bis zur Rohrwand einen langen Weg zurückzulegen, der bei geeigneten Brennstoffen zum vollständigen Ausbrennen der Kohle und Abkühlen der Schlacke unter den Schmelzpunkt ausreicht, so daß sich keine Schwalbennester an den Rohren ansetzen. Der untere Teil des Aschkastens ist wegen der hohen Temperaturen mit feuerfesten Steinen ausgemauert. Die Verbrennung wird noch dadurch günstig beeinflußt, daß nicht

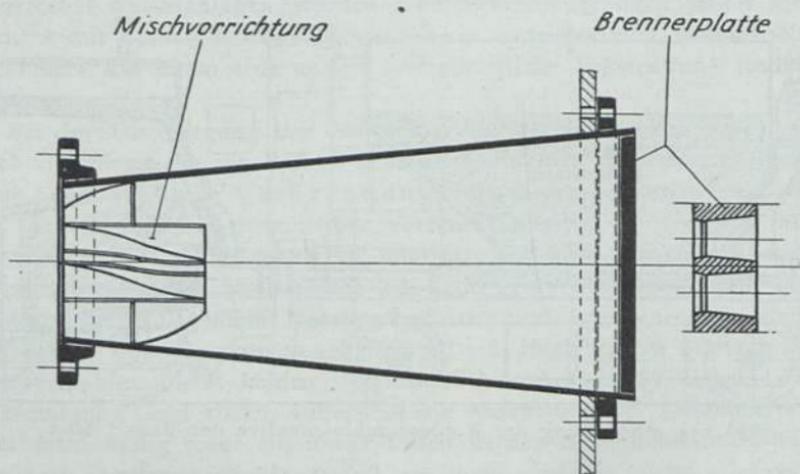


Bild 255. Brausenbrenner der Kohlenstaublokomotive (Stug)

die ganze Menge der zur Verbrennung nötigen Luft mit dem Brennstoff zusammen eingeblasen wird (Erstluft), sondern ein Teil als Zweitluft von vorn unter den Feuerschirm tritt; diese Zweitluft vermischt sich innig mit den Brenngasen, wirbelt sie durcheinander und sorgt so dafür, daß der Staub restlos und vollkommen verbrennt.

Es sind zwei Brenner vorhanden, die einzeln abschaltbar und einzeln regelbar sind. Damit bei Leerlauf der Lokomotive die Wärmeverluste durch Strahlung und der Dampfbedarf für die Luftpumpendampfmaschine gedeckt werden können, ist noch ein kleiner Hilfsbrenner eingebaut.

Hilfsbrenner

Bauart AEG

Eine zweite Bauart der Kohlenstaublokomotiven, die der AEG, unterscheidet sich von der eben beschriebenen hauptsächlich durch

andere Brennerformen. Es sind wieder zwei Brenner vorhanden; diese liegen rechts und links unterhalb der Feuerbüchsenwände und bestehen aus einer großen Anzahl senkrecht nebeneinander stehender Düsenslitze. Die Brenner blasen gegeneinander, so daß die Flammen in der Mitte der Feuerbüchse zusammenstoßen und gut durcheinander gewirbelt werden.

D. Hochdrucklokomotiven

Den Nutzen der Verwendung hoch gespannten Dampfes haben wir auf S. 73 kennengelernt. Nun eignet sich der Kessel Stephensonscher Bauart nicht zur Erzeugung von Hochdruckdampf. Einmal bilden die vielen Stehbolzen und Rohre einen Hinderungsgrund, weil sie bei hohen Drücken nicht mehr dichtzuhalten wären, sodann würden größere Wanddicken erforderlich, durch die die Wärme nicht mehr genügend schnell hindurchtreten könnte. Infolge des schlechten Wärmeüberganges würden die Temperaturen an der feuerberührten Seite sehr hoch, so daß die Baustoffe keine genügende Festigkeit mehr hätten. Jeder Ansatz von Kesselstein, der ja schon beim Kessel der Regelbauart schädigende Folgen haben kann, würde hier zu einer großen Gefahr werden.

Von verschiedenen Erfindern sind nun Verfahren zur Erzeugung von Hochdruckdampf entwickelt worden, bei denen mit den heißen Feuergasen nur Rohre kleinen Durchmessers in Berührung kommen, die trotz hoher Drücke genügend dünnwandig ausgeführt werden können und deshalb den Wärmedurchgang nicht behindern. Außerdem werden bei derartigen Dampferzeugern größere Wasserräume vermieden, so daß, wenn wirklich einmal ein Rohr reißen sollte, dies ohne Gefahr ist, weil keine großen Wassermengen da sind, die plötzlich ihre Flüssigkeitswärme abgeben (vgl. Dampfkesselzerknall S. 61).

Die Reichsbahn hat vor etwa 10 Jahren zwei Hochdrucklokomotiven bauen lassen, die eine von Henschel mit Dampferzeugung nach dem Verfahren von Wilhelm Schmidt (60 kg/cm^2), die andere von Schwartzkopff, die nach dem Löfflerverfahren arbeitete (120 kg/cm^2).

Bei beiden Hochdrucklokomotiven sind die gehegten Erwartungen nicht in Erfüllung gegangen, insbesondere hat sich gezeigt, daß die Ersparnis gegenüber den neuesten Lokomotiven der Regelbau-

form zu gering ist, um eine verwickelte und damit anfälliger Bauart zu rechtfertigen. Es wird daher davon abgesehen, Bauart und Wirkungsweise der Lokomotiven zu beschreiben.

E. Turbinenlokomotiven

Bei ortsfesten Dampfmaschinen wird seit langem der Dampf in den Zylindern nicht nur bis auf die Spannung der umgebenden Luft ausgenutzt, sondern bis zu einem Druck entspannt, der erheblich darunter liegt. Man läßt zu dem Zweck den Abdampf aus den NDZ in einen Raum austreten, in dem eine Luftleere (Unterdruck) erzeugt wird. Dieser Raum, der sogenannte Konden-
sator, wird von einem durch durchfließendes Wasser gekühlten Rohrbündel durchzogen, so daß der Abdampf niedergeschlagen wird. Der Unterdruck entsteht hauptsächlich durch die Raumverminderung, die beim Niederschlagen des Dampfes eintritt, außerdem werden Dampf und eingedrungene Luft ständig durch eine Pumpe abgesaugt. Es ist klar, daß die Arbeitsleistung des Dampfes im Zylinder viel größer werden muß, wenn auf der einen Kolbenseite statt des üblichen Gegendruckes von $1,2-1,5 \text{ kg/cm}^2$ nur ein solcher von vielleicht $0,2$ oder $0,3 \text{ kg/cm}^2$ herrscht. Die Brennstoffersparnis durch Anwendung des Dampfnierschlages beträgt bei ortsfesten Dampfmaschinen etwa 25 bis 30 %.

Leider kann eine Kolbenmaschine mit Dampfnierschlag auf der Lokomotive als Antriebsmaschine nicht verwendet werden; einmal können die erforderlichen großen NDZ nicht innerhalb der Begrenzungslinie untergebracht werden, sodann ist es kaum möglich, den Unterdruck aufrecht zu erhalten, da im rauhen Lokomotivbetrieb die Kolbenstangen und Stopfbuchsen nie so dicht halten, daß bei Unterdruck im Zylinder keine größeren Luftmengen eindringen. Will man also den Dampfnierschlag bei Lokomotiven verwenden, so muß man schon zur Turbine greifen.

Die Deutsche Reichsbahn besitzt zwei Turbo-Lokomotiven, von denen die eine von Krupp-Essen, die andere von Maffei-München gebaut wurde. Grundsätzlicher Aufbau und Wirkungsweise sollen an Hand des Bildes 256 besprochen werden.

Der Dampf gelangt aus dem Überhitzer in eine Turbine, die bei hoher Fahrgeschwindigkeit mit Drehzahlen bis zu mehreren

Tausend läuft. Über ein Zahnradgetriebe, Blindwelle und Stange wird das Maschinendrehmoment auf die Treibachsen übertragen.

Der Abdampf aus der Turbine gelangt in einen Kondensator, der aus Platzgründen aus zwei gleichartigen Teilen besteht, wird hier niedergeschlagen und durch eine Speisepumpe wieder in den Kessel gefördert. Abgesehen von einer geringen Menge Zusatzwasser, die wegen unvermeidlicher kleiner Verluste erforderlich ist, wird also

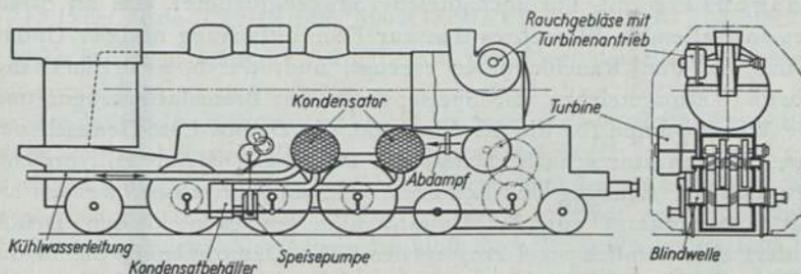


Bild 256. Aufbau der Turbinenlokomotive von Krupp

stets wieder dasselbe Wasser verwendet, wodurch sich außer der Wasserersparnis der Vorteil ergibt, daß der Kessel fast frei von Kesselstein bleibt.

Das Wasser, das zum Kühlen der Rohrschlangen im Kondensator dient, wird von einer Kühlwasserumwälzpumpe auf der Lokomotive dem Tender entnommen und durch den Kondensator hindurch wieder zum Tender (Bild 257) gefördert. Da es im Kondensator Wärme aufgenommen hat, muß es rückgekühlt werden und wird deshalb durch Spritzrohre fein verteilt in den Tenderkammern

Kühl-
tender

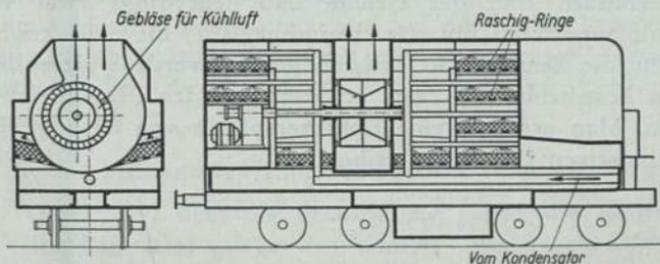


Bild 257. Aufbau des Kühltenders der Turbinenlokomotive von Krupp

über Raschig-Ringe (kleine Metallzylinder, die bei geringem Gewicht eine große Oberfläche ergeben) geleitet.

Durch die Kammern hindurch wird entgegengesetzt dem Wasserstrom Kühlluft durch ein Gebläse angesaugt und durch einen Stutzen wieder ins Freie ausgestoßen. Kühlwasserumwälzpumpe und Gebläse werden von einer besonderen Turbine auf dem Tender angetrieben.

Als weitere Hilfsmaschinen kommen noch hinzu: Ein Rauchgasgebläse mit Turbinenantrieb (Saugzugturbine), das an Stelle des fortfallenden Blasrohres den zur Feueranfischung nötigen Unterdruck in der Rauchkammer erzeugt, und, durch gemeinsame Turbine angetrieben, die Speisepumpe, ein Bremslufterzeuger und die Wasserpumpe für die Strahlpumpe, die Dampf-Luft-Gemisch aus dem Kondensator schafft. Damit die Leistungen dieser Hilfsmaschinen sich der Leistung der Lokomotive ständig anpassen, werden sie mit Anzapfdampf aus der Hauptturbine betrieben; dessen Druck ändert sich nämlich stets entsprechend der Dampfmenge, die in die Hauptturbine geschickt wird.

Für Rangierfahrten (vorwärts und rückwärts) sowie zur Unterstützung beim Anfahren ist noch eine Hilfsturbine von rd. 400 PS Leistung eingebaut, die über ein Getriebe und eine lösbbare Kuppelung auf das Hauptgetriebe arbeiten kann.

Die beschriebene Turbinenlokomotive, die, als die erste ihrer Art in Deutschland, bis zu ihrer jetzigen Bauform mehrfach umgebaut wurde, fährt sehr schnell an, läuft auch bei hoher Geschwindigkeit sehr ruhig und erreicht eine Kohlenersparnis von rd. 20 % gegenüber der Bauartreihe 01.

Die guten Laufeigenschaften in Verbindung mit günstigem Kohlenverbrauch sind der Grund, daß neuerdings zwei weitere Turbinenlokomotiven für Geschwindigkeiten bis 170 km/h von Krupp für die Deutsche Reichsbahn gebaut werden; sie sollen aus 8 Wagen bestehende FD-Züge im Fahrplan der Schnelltriebwagen befördern. Man erwartet eine Kohlenersparnis von 30 % gegenüber den Lokomotiven der Bauartreihe 05.

Achter Teil

Die Bremsen

A. Allgemeine Wirkungsweise der Klotzbremsen

1. Die verschiedenen Möglichkeiten der Bremsung

Den Bremsen fällt die Aufgabe zu, den Lauf des Eisenbahnzuges bis zum Stillstand zu verzögern, d. h. die lebendige Kraft, die in den laufenden Fahrzeugen steckt, zu vernichten; das kann z. B. dadurch geschehen, daß man die lebendige Kraft in Reibungsarbeit umsetzt. Bei den Eisenbahnfahrzeugen dienen hierzu im allgemeinen Bremsklötze, die gegen die Radreifen gepreßt werden (Klotzbremse). Versuchsweise sind auch Bremsen in Betrieb, bei denen Bremsbacken mit Belägen aus Kunstreibstoff gegen Trommeln oder Scheiben gepreßt werden, die auf den Achsen oder Rädern befestigt sind. Klotz-
bremse

Bei Dampflokomotiven kann man die lebendige Kraft auch vernichten, indem man Gegendampf gibt, d. h. die Steuerung entgegengesetzt der Fahrtrichtung voll auslegt und den Regler unter gleichzeitigem Sandgeben öffnet; der Dampfdruck wirkt dann auf den Kolben entgegengesetzt der Drehrichtung der Lokomotive, hemmt also den Lauf. Da bei dieser Art der Bremsung das Triebwerk sehr stark beansprucht wird, darf sie nur in Notfällen angewendet werden. Gegen-
dampf

Weiter kann man die lebendige Kraft aufzehren, indem man im Dampfmaschinenzylinder Luft verdichten läßt (siehe Gegendruckbremse, S. 451). Bei Fahrzeugen mit elektrischem Antrieb ist es ebenfalls möglich, die lebendige Kraft in den Antriebsmaschinen zu vernichten. Gegen-
druck-
bremse

2. Der grundsätzliche Aufbau der Klotzbremsen

Der Druck, mit dem die Bremsklötze gegen die Radreifen gepreßt werden, darf einen bestimmten Wert nicht übersteigen, daher kann die Bremswirkung auch nicht beliebig gesteigert

werden. Der Grund dafür ist folgender: Wenn der Klotz gegen den Radreifen gepreßt wird, tritt an der Berührungsstelle eine Reibungskraft R_K auf, die gleich dem Klotzdruck P mal einer Reibungsziffer r_K ist. r_K ändert sich, abgesehen von verschiedenen Einflüssen wie z. B. Art der aufeinander reibenden Stoffe und Größe des auf 1 cm^2 Reibfläche entfallenden Klotzdruckes (spezifischer Klotzdruck), mit der Fahrgeschwindigkeit. Bei einer Geschwindigkeit von 25 km/h beträgt beispielsweise die Reibungsziffer zwischen Radreifen aus Stahl und gußeisernen Bremsklötzen etwa $0,12$, bei 100 km/h etwa $0,07$. Die Reibungskraft R_K versucht, das Rad festzuhalten, wirkt also entgegengesetzt der Drehrichtung (Bild 258). Zwischen Rad und Schiene tritt als größte Kraft die bekannte Reibungskraft $R_S = G_R \cdot r_s$ (vgl. S. 67) auf; die Reibungsziffer r_s wird bei der Berechnung der Bremse aus Sicherheitsgründen nur mit $0,15$ angenommen. Das Rad hört auf, sich zu drehen, wenn die beiden Kräfte R_K und R_S gleich werden (Rollgrenze) oder R_K sogar größer als R_S wird, und gleitet dann auf der Schiene. Beispielsweise kommt ein Rad, das auf

Rollgrenze
Gleiten
der Räder

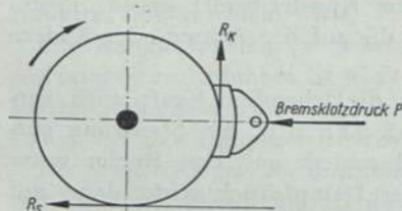


Bild 258. Wirkungsweise der Klotzbremse

die Schiene einen Druck von 10000 kg ausübt, zum Gleiten, wenn es bei einer Geschwindigkeit von 25 km/h mit einem Klotzdruck von 12500 kg abgebremst wird, weil dann R_K ebenso groß ist wie R_S ($R_K = 12500 \cdot 0,12$, $R_S = 10000 \cdot 0,15$; beide gleich 1500 kg).

Abgesehen davon, daß beim Gleiten in die Radreifen flache Stellen geschliffen werden, wird da-

bei auch die Bremswirkung erheblich vermindert. Die Reibungsziffer beim Gleiten der Räder

bei auch die Bremswirkung erheblich vermindert. Die Reibungsziffer zwischen Rad und Schiene ist beim Gleiten viel geringer als während der Drehbewegung, und zwar beträgt sie nur etwa $0,07$. War also in dem oben gewählten Beispiel die bremsende Kraft kurz vor dem Schleifen der Räder noch nahezu 1500 kg , so sinkt sie beim Gleiten, jetzt unabhängig von der Höhe des Bremsklotzdruckes, auf $10000 \cdot 0,07 = 700 \text{ kg}$ herab. Dieser große Unterschied erklärt auch, daß dann die Bremswege erheblich länger werden.

Bei schlüpfrigen Schienen und sonst beim scharfen Bremsen kann

man durch Streuen von Sand die Reibung erhöhen und ist dann in der Lage, einen größeren Klotzdruck anwenden zu können, ohne daß die Räder schleifen. Wichtig ist ferner, daß die Reibungsziffer r_K zwischen Rad und Bremsklotz und damit auch die Reibungskraft R_K , die das Rad festzuhalten versucht, mit abnehmender Fahrgeschwindigkeit zunimmt und kurz vor dem Stillstand einen Höchstwert erreicht. Die Reibung zwischen Rad und Schiene bleibt jedoch bei jeder Geschwindigkeit nahezu gleich. Daher kommt es, daß die Räder so leicht schleifen, kurz bevor das Fahrzeug ganz zum Stillstand kommt. Bei neueren Bremsbauarten werden verschiedene zusätzliche Einrichtungen eingebaut, um das Schleifen zu verhindern (vgl. S. 432).

Erhöhen
der
Reibung
durch
Sand-
streuen

Die Bremsklötze werden meist zu zweien an einem Rade, einander gegenüberstehend, angeordnet. Wenn möglich, sollen die Klötze auf Radmitte wirken; durch Klötze, die unterhalb der Radmitte liegen, werden die gebremsten Räder etwas angehoben, also entlastet, während die ungebremsten Räder desselben Fahrzeuges in diesem Falle zusätzlich belastet werden.

Brems-
klötze

Die Treib- und Kuppelachsen der Lokomotiven sind im allgemeinen nur einseitig abgebremst, weil zwischen den Rädern nur wenig Platz ist; bei schnellfahrenden Lokomotiven ist aber doppel seitige Abbremmung erforderlich. Die Bremsklötze werden bei diesen Lokomotiven daher an scherenartigen Gehängen derart aufgehängt, daß

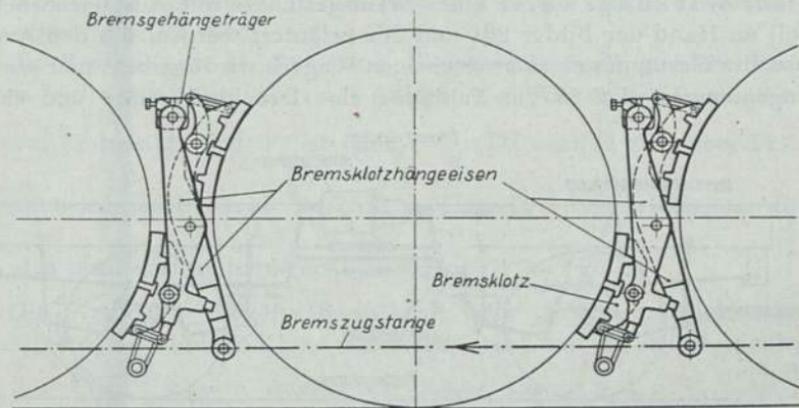


Bild 259. Doppelklotzbremse der schnellfahrenden Lokomotiven

sie an jedem angetriebenen Rad oberhalb und unterhalb der Achsmittle einander gegenüberstehen (Bild 259, Doppelklotzbremse).

Die Bremsklötze sind aus Gußeisen; durch diesen Baustoff wird einmal eine verhältnismäßig günstige Reibungsziffer zwischen Klotz und Rad, verbunden mit erträglicher Lebensdauer, erreicht, sodann werden die Radreifen geschont. Neuerdings bestehen die Bremsklötze aus zwei Teilen, dem Halter und der Sohle (Bild 260). Schnellfahrende Lokomotiven und solche Wagen, die mit Bremsen für schnellfahrende Züge ausgerüstet sind, erhalten Doppelbremsklötze, bestehend aus einem Halter und zwei Sohlen (vgl. Bild 259).

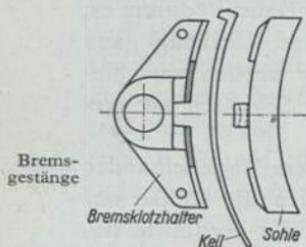


Bild 260. Zweiteiliger Bremsklotz

Das Bremsgestänge (Bild 261) hat die Aufgabe, die zum Bremsen nötige Kraft von der Kraftquelle so zu übertragen, daß der Bremsklotzdruck bei allen Rädern eines Fahrzeuges gleich ist; es wird deshalb mit Ausgleichhebeln versehen. Sind an einem Fahrzeug mehrere Bremsen vorhanden, so dürfen diese sich selbstverständlich nicht gegenseitig behindern. Ist z. B. neben einer Druckluftbremse eine Handbremse vorhanden, so greift die letztere mit einer Schleife am Gestänge an (Bild 262), so daß sich die Kolbenstange der Druckluftbremse frei bewegen kann.

Die Wirkungsweise eines Bremsgestänges mit Ausgleichhebeln soll an Hand der Bilder 261 und 262 erläutert werden, die den Aufbau des Gestänges eines zweiachsigen Wagens wiedergeben; hier wird angenommen, daß in das Fahrzeug eine Druckluftbremse und eine

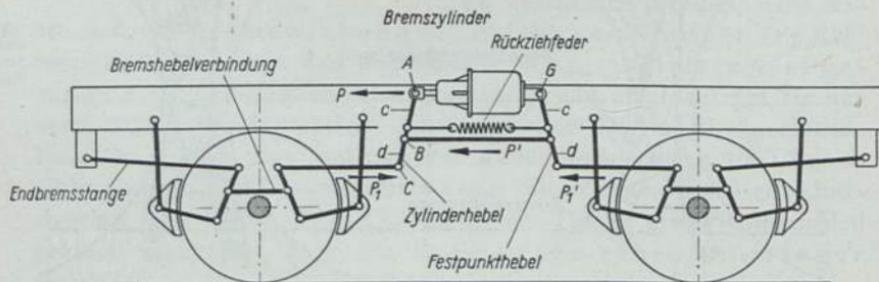


Bild 261. Aufbau des Bremsgestänges eines Wagens

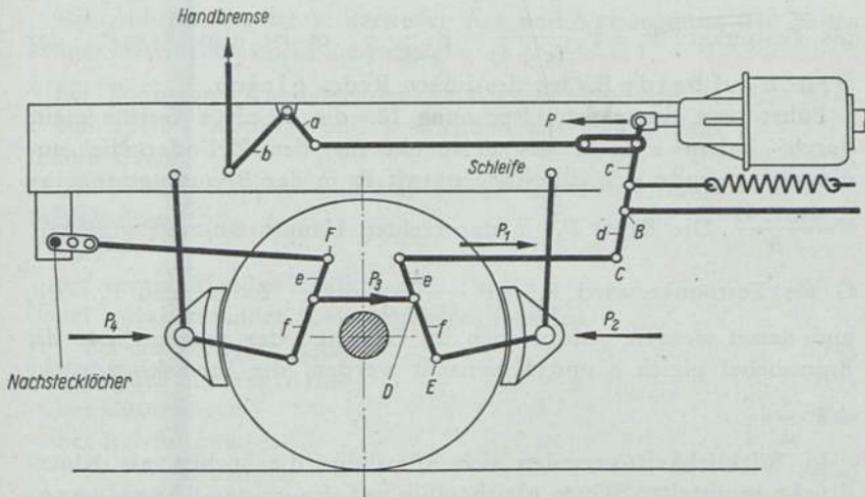


Bild 262. Teil des Bremsgestänges von Bild 261

Handbremse eingebaut sind. Der Kolben eines Bremszylinders greift am Gestänge im Punkt A an. Bei Beginn des Bremsvorganges bewegt der Kolben über den Zylinderhebel das Gestänge, bis alle Bremsklötze anliegen, dann übt er auf das Gestänge die Kraft P aus, die über den Zylinderhebel und den Festpunkthebel mit den Armen c und d weiter auf die linke und rechte Hälfte des Bremsgestänges geleitet wird.

Die Kraft P_1 , die an der linken Hauptbremszugstange zieht, kann man leicht ermitteln, weil nach Anlegen der Klötze der Punkt B zu einem Festpunkt wird. P_1 ist dann $P \cdot \frac{c}{d}$. Da auch D zu einem Festpunkt wird, ist die Kraft am rechten Klotz $P_2 = P_1 \cdot \frac{e}{f}$; setzt man für P_1 den oben ermittelten Wert ein, so wird $P_2 = P \cdot \frac{c}{d} \cdot \frac{e}{f}$.

Die Kraft P_3 , die die Bremskraft über die Bremshebelverbindung auf den linken Klotz überträgt, wird mit E als Festpunkt: $P_3 = P_1 \cdot \frac{(e+f)}{f}$. Statt P_1 wieder $P \cdot \frac{c}{d}$ gesetzt, ergibt $P_3 = P \cdot \frac{c}{d} \cdot \frac{(e+f)}{f}$. Endlich die Kraft P_4 , die auf den linken Bremsklotz wirkt, mit F

als Festpunkt: $P_4 = P_3 \cdot \frac{e}{(e+f)} = P \cdot \frac{c}{d} \cdot \frac{e}{f}$; es ist also $P_2 = P_4$, der Druck auf beide Klötze des linken Rades gleich.

Führt man die gleiche Rechnung für die rechte Gestängeseite durch, indem man C als Festpunkt für den Zylinderhebel annimmt, so ergibt sich die Stangenkraft P' in der Bremszugstange zu $P \cdot \frac{(c+d)}{d}$. Die Kraft P_1' in der rechten Hauptbremszugstange mit

G als Festpunkt wird $P_1' = P' \cdot \frac{c}{(c+d)} = P \cdot \frac{c}{d}$. Es ist also $P_1 = P_1'$, und damit werden, sofern auch im Gestänge der rechten Seite die Bremshebel gleich e und f gemacht werden, die Bremsklotzdrücke $= P \cdot \frac{c}{d} \cdot \frac{e}{f}$.

In Wirklichkeit verteilen sich allerdings die soeben als Klotzdrücke ermittelten Werte gleichmäßig auf die gegenüberliegenden Räder eines Radsatzes, so daß auf jeden Klotz nur die Hälfte entfällt (also $P \cdot \frac{c}{d} \cdot \frac{e}{f} \cdot \frac{1}{2}$). Am ganzen Wagen wirken dann 8 dieser

Über- Klotzdrücke, also $P \cdot \frac{c}{d} \cdot \frac{e}{f} \cdot \frac{8}{2}$. Den Ausdruck $\frac{c}{d} \cdot \frac{e}{f} \cdot \frac{8}{2}$ bezeichnet man
setzung
der
Bremse mit Übersetzung R der Bremse.

Summe Die Summe aller 8 Bremsklotzdrücke eines Wagens sei an
aller
Bremss- Hand eines Beispieles ermittelt: Haben die Hebel die Längen
klotz- c = 294, d = 226, e = 190 und f = 190 mm, so wird der Druck
drücke

P_2 oder $P_4 = P \cdot \frac{294}{226} \cdot \frac{190}{190}$, und die Summe aller Klotzdrücke

$\Sigma P = P \cdot \frac{8}{2} \cdot \frac{294}{226} = P \cdot 5,2$. Die Übersetzung R der Bremse beträgt hier also 5,2, d.h. auf alle Räder zusammen wirkt das 5,2fache der Kraft des Bremszylinderkolbens.

Ab- Die Summe der Bremsklotzdrücke ins Verhältnis zum Eigen-
bremsung gewicht des Fahrzeuges gesetzt, bezeichnet man mit Abbremsung des Fahrzeuges. Beträgt bei der oben errechneten Übersetzung von 5,2 der Druck des Bremskolbens 1750 kg, so ist die Summe der Drücke auf alle 8 Bremsklötze $\Sigma P = 1750 \cdot 5,2 = 9100 \text{ kg} = 9,1 \text{ t}$. Wenn der Wagen ein Eigengewicht von 11,5 t hat, so beträgt die Abbremsung $9,1/11,5 = 0,79$ oder 79 %.

Die Abbremsung ist je nach der Art und Verwendung der Fahrzeuge verschieden hoch; sie beträgt:

bei Treib- und Kuppelachsen der Güterzuglokomotiven	65—80 %
bei Treib-, Kuppel- und Laufachsen der Schnellzuglokomotiven	bis 130 %
bei Treib-, Kuppel- und Laufachsen der Schnellfahrlokomotiven	200 %
aber	
bei voranlaufenden Laufachsen	50 %
bei voranlaufenden Lokomotivdrehgestellen:	
bei der vorderen Achse	50 %
bei der hinteren Achse	80 %
bei Güterwagen	bis 80 %
bei Reisezugwagen:	
in Personenzügen	85 %
in Eil- und Schnellzügen	bis 130 %
in Zügen mit Hochgeschwindigkeiten (180 km/h)	200 %

Bei der Berechnung einer Bremse geht man folgendermaßen vor: Aus dem Fahrzeuggewicht G und der gewünschten Höhe der Ab-

bremsung b ermittelt man die Summe der Klotzdrücke $\Sigma P = \frac{G \cdot b}{100}$,

darauf aus der Größe der Kolbenkraft P , die entsprechend dem Durchmesser des Bremszylinderkolbens einzusetzen ist, und unter Berücksichtigung eines Wirkungsgrades von 0,9 die Übersetzung der

Bremse $R = \frac{\Sigma P}{p \cdot 0,9}$, nach der nun die Hebellängen im Bremsgestänge festgesetzt werden.

Wenn die Bremsklötze abgenutzt sind, wird der Hub des Kolbens im Bremszylinder größer; dadurch kann die Bremswirkung beeinträchtigt oder überhaupt behindert werden. Das Gestänge muß daher von Zeit zu Zeit nachgestellt (verkürzt) werden, so daß die Bremsklötze wieder näher an die Radreifen kommen. Hierzu dienen entweder Nachstecklöcher in den Endbremsstangen oder Spannschlösser mit Rechts- und Linksgewinde im Gestänge. Bei Wagen mit neueren Bremsbauarten werden selbsttätige Gestängesteller eingebaut, die, von der Bremskolbenstange der Druckluftbremse bewegt, das Gestänge ständig nachstellen, so daß der Ab-

Nachstellen des Bremsgestanges

Selbsttätige Gestängesteller

stand zwischen Klotz und Radreifen und der Kolbenhub der Bremse stets das gleiche, einmal eingestellte Maß behalten.

Bei Lokomotiven muß das Gestänge anders angeordnet werden, auch sind häufig zwei Bremszylinder vorhanden, von denen jeder auf das Gestänge einer Lokomotivseite arbeitet (Bild 263). Das ganze Bremsgestänge hängt einerseits an Hebeln auf der Bremswelle und liegt andererseits auf den Bremsbalken auf, die auf Zapfen der Bremsklotzhängeisen sitzen. Damit sich die Bremsen beider Lokomotiv-

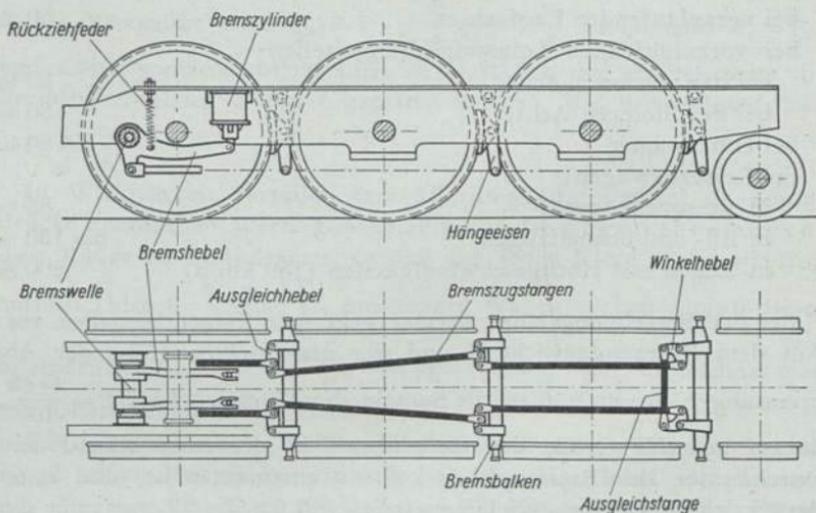


Bild 263. Lokomotivbremsgestänge

seiten nicht gegenseitig behindern, ist bei neueren Lokomotiven auf der Bremswelle nur der Hebel des einen Bremszylinders aufgekeilt, während der Hebel des zweiten Zylinders sich auf dieser frei bewegen kann. Bei älteren Lokomotiven sind beide Hebel auf der Bremswelle aufgekeilt; in diesem Falle müssen die Gestänge beider Seiten durch Winkelhebel und Ausgleichstange miteinander verbunden sein, damit beide Lokomotivseiten gleichmäßig stark abgebremst werden. Durch die kleinen Ausgleichshebel in beiden Gestängen wird erreicht, daß sich auf jeder Lokomotivseite die Bremskräfte gleichmäßig auf alle Klötze verteilen.

Ist nur ein Bremszylinder vorhanden, so arbeitet er auf die Gestänge beider Lokomotivseiten ebenfalls über einen Ausgleichhebel.

3. Die Einteilung der Klotzbremsen

Der Druck, mit dem die Bremsklötze über das Gestänge gegen die Radreifen gepreßt werden, kann von Hand oder mechanisch erzeugt werden. Von Handbremsen werden die Spindelbremse und die Wurfhebelbremse verwendet. Mechanische Bremsen sind Gewichtsbremsen, Dampfbremsen, Saugluftbremsen und Druckluftbremsen. Gewichtsbremsen und Dampfbremsen werden nachstehend nicht behandelt, da sie bei der Reichsbahn im allgemeinen nicht mehr verwendet werden.

Weiter unterscheidet man Einzelbremsen und durchgehende Bremsen. Einzelbremsen wirken nur auf ein einziges Fahrzeug; mit durchgehenden Bremsen werden von einer Stelle des Zuges, im Regelfalle der Lokomotive, alle Fahrzeuge eines Zuges gebremst.

B. Handbremsen

1. Die Schraubenspindelbremse

Hauptbestandteil der Schraubenspindelbremse, mit der die Wagen (bei älteren Lokomotiven in der Ostmark auch die Tender) ausgerüstet sind, ist eine mit Gewinde versehene Spindel, die mit Handkurbel oder Handrad gedreht wird; eine Mutter auf der Spindel wird durch eine Führung am Drehen gehindert und wandert infolgedessen auf ihr, wobei sie das Bremsgestänge mit Laschen und Hebeln mitnimmt. Die Bremse wird durch Drehen im Sinne des Uhrzeigers angezogen.

Da man an der Kurbel nur eine Kraft von etwa 50 kg ausüben kann, muß, um eine genügend große Bremskraft zu bekommen, eine große Übersetzung vorhanden sein. Nun ist das Verhältnis von Kurbelhalbmesser zu Gewindehalbmesser auf der Spindel schon ziemlich groß; außerdem wird in das Gestänge (Bild 262) eine weitere Übersetzung mit den Hebeln a und b gesetzt.

Infolge der großen Übersetzung dieser Bremse sind aber viele Kurbelumdrehungen notwendig, und vergeht geraume Zeit, bis die Bremse voll zur Wirkung kommt.

2. Die Wurfhebelbremse

Die Tender und Tenderlokomotiven werden nach der Forderung der BO mit einer Handbremse ausgerüstet, auch wenn eine andere Bremsenrichtung vorhanden ist; sie erhalten eine Wurfhebelbremse (Bild 264), die den oben gezeigten Mangel der Spindel-

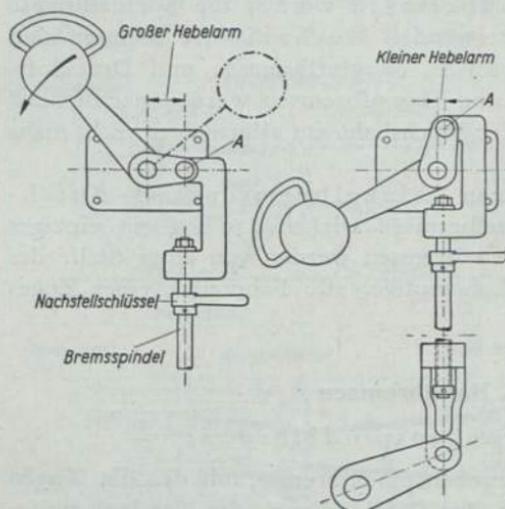


Bild 264. Wurfhebelbremse

bremsen nicht aufweist und gestattet, die volle Bremskraft in ganz kurzer Zeit auszuüben. Die schnelle Wirkung wird dadurch erreicht, daß die Übersetzung an sich klein (großer Hebelarm) ist, so daß durch die anfängliche Bewegung des Wurfhebels der Bremsklotz schon ziemlich zum Anliegen gebracht wird; nähert sich aber der Punkt A, an dem die Bremspindel mit dem kleinen Hebel auf der Wurfhebelwelle verbunden ist, dem oberen Tot-

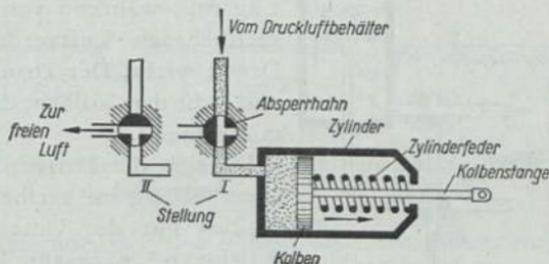
punkt, so wird die Übersetzung ungeheuer groß (kleiner Hebelarm), und die geringe Kraft am Wurfhebel ruft einen großen Klotzdruck hervor. Die Bremse wirkt in der gezeigten Weise nur, wenn sie immer genügend nachgestellt ist. Die Nachstelleinrichtung ist deshalb gleich unterhalb des Wurfhebels eingebaut; sie besteht aus einer Bremspindel, die mit einem Sechskantschlüssel in eine Spindel-mutter geschraubt wird.

C. Einteilung und grundsätzliche Wirkungsweise der Druckluftbremsen

1. Die verschiedenen Arten der mit Luft betriebenen Bremsen

Es gibt zwei Möglichkeiten, Bremsen mit Luft zu betreiben, nämlich mit Druckluft oder mit Saugluft. Man unterscheidet demnach Druckluft- und Saugluftbremsen.

Bei der Druckluftbremse (Bild 265) sitzt in einem nur nach einer Seite geschlossenen Zylinder ein Kolben auf einer Kolbenstange, die mit dem Bremsgestänge verbunden ist. In den durch den Kolben abgeschlossenen linken Arbeitsraum



Stellung I: Bremsen, Stellung II: Lösen

Bild 265. Grundsätzliche Wirkungsweise einer Druckluftbremse

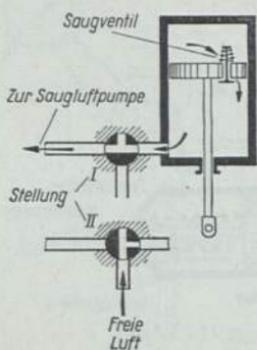
gefüllten Behälter in Verbindung steht. In der Leitung sitzt ein Dreiweghahn; verbindet man durch diesen den Zylinder mit dem Luftbehälter (Stellung I), so strömt Druckluft in die linke Arbeitskammer und bewegt den Kolben nach rechts. Die Luft übt eine Kraft auf das Gestänge aus, die sich nach der Höhe des Luftdruckes und dem Durchmesser des Bremskolbens richtet. Angewendet werden Drücke bis zu 10 kg/cm^2 .

Verbindet man den Zylinder über den Hahn mit der freien Luft (Stellung II), so entweicht die Druckluft, und der Kolben wird von einer Zylinderfeder in seine Lösestellung (linke Endlage) gebracht.

Bei der Saugluftbremse (Bild 266) befindet sich der Kolben in einem nach beiden Seiten abgeschlossenen Zylinder. Die Leitung, die zum unteren Arbeitsraum führt, wird an eine Saugluftpumpe angeschlossen, die in der Leitung einen Unterdruck erzeugt.

Mit dem Hahn kann man in Stellung I den Zylinder mit der Saugluftpumpe, sodann in Stellung II mit der freien Luft verbinden. Im

Kolben befindet sich ein Saugventil. Wird der Zylinder mit der Saugluftpumpe verbunden, so wird in dem unteren Arbeitsraum und über das Saugventil auch in dem oberen ein Unterdruck erzeugt; der Kolben sinkt durch die eigene Schwere abwärts und zieht die Bremsklötze von dem Radreifen ab. Legt man den Hahn in Stellung II, so tritt Luft in den Zylinder, allerdings nur in den unteren Arbeitsraum, da ihr der Weg in den oberen Arbeitsraum durch das Ventil jetzt versperrt wird. Auf dem Bremskolben lastet dann von unten der Druck der uns umgebenden Luft mit 1 kg/cm^2 , während von oben infolge der noch verbliebenen Luftverdünnung ein geringerer Druck wirkt. Der Druck von unten überwiegt und hebt den Kolben, dabei das Bremsgestänge mitnehmend.



Stellung I: Lösen,
Stellung II: Bremsen

Bild 266. Grundsätzliche
Wirkungsweise einer
Saugluftbremse

Da sich die Luftverdünnung nur auf höchstens $0,55 \text{ kg/cm}^2$ treiben läßt, so wird auf den Kolben nur der Unterschied von $1 - 0,55 = 0,45 \text{ kg/cm}^2$ wirksam. Um gleiche Bremskraft wie bei der Druckluftbremse zu erreichen, sind daher viel größere oder mehrere Bremszylinder erforderlich.

Bei der Deutschen Reichsbahn sind auf Regelspurbahnen ausschließlich Druckluftbremsen in Gebrauch. Saugluftbremsen (Bauarten Hardy und Körting) werden bei Bahnen des Auslandes, Schmalspur- und Kleinbahnen verwendet.

2. Die verschiedenen Abarten der Druckluftbremsen

Allen Druckluftbremsen sind gemeinsam eine Luftpumpe auf der Lokomotive nebst einem Vorratsbehälter (Hauptluftbehälter), die Bremseinrichtungen an den einzelnen Fahrzeugen sowie eine Hauptluftleitung, die über ein Führerbremssventil auf der Lokomotive zu den Bremseinrichtungen der Fahrzeuge führt.

Nicht-
selbst-
tätige
Bremsen

Man unterscheidet nichtselbsttätige und selbsttätige Druckluftbremsen. Sie unterscheiden sich dadurch, daß bei Zugtrennungen die nichtselbsttätige Bremse nicht selbsttätig wirkt, so daß die getrennten Zugteile nur mit der Handbremse zum Halten

gebracht werden können, während die selbsttätige Bremse in jedem der damit ausgerüsteten Fahrzeuge in dem Augenblick selbsttätig wirkt, in dem eine Zugtrennung eintritt.

Bei der nichtselbsttätigen Bremse (Bild 267) kommt eine

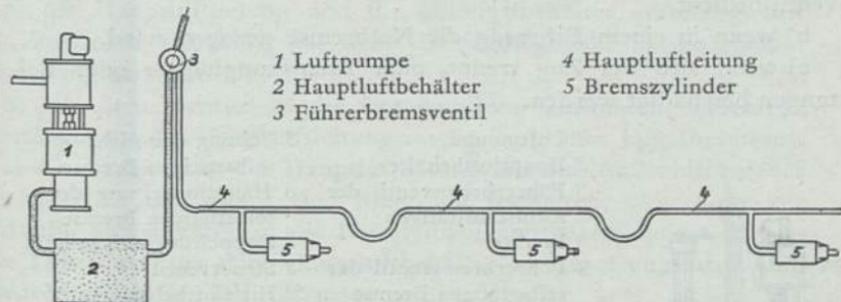


Bild 267. Grundsätzliche Wirkungsweise der nichtselbsttätigen Druckluftbremse

Bremung dadurch zustande, daß der Führer mit dem Führerbremsventil unmittelbar Druckluft aus dem Hauptluftbehälter in die Bremszylinder der Fahrzeuge gibt. Die Bremsen werden wieder gelöst, indem die Hauptluftleitung mittels des Führerbremsventils mit der freien Luft verbunden wird.

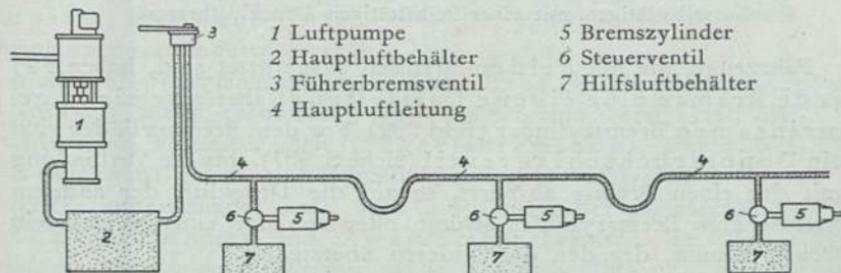


Bild 268. Grundsätzliche Wirkungsweise der selbsttätigen Druckluftbremse

Bei der selbsttätigen Druckluftbremse (Bild 268) ist der Bremszylinder nicht unmittelbar mit der Hauptluftleitung verbunden, sondern nur über ein Steuerventil, an dem ein Hilfsluftbehälter angeschlossen ist; dieser wird über die Hauptluftleitung mit Druckluft gefüllt. Sobald an irgendeiner Stelle der Hauptluft-

leitung Luft ausgelassen wird, läßt das Steuerventil Druckluft aus dem Hilfsluftbehälter in den Bremszylinder überströmen.

Luft wird aus der Hauptluftleitung gelassen:

- a) ordnungsmäßig, wenn der Lokomotivführer das Führerbremsventil bedient,
- b) wenn in einem Fahrzeug die Notbremse gezogen wird,
- c) wenn sich der Zug trennt, oder Bremskupplungen oder Leitungen beschädigt werden.

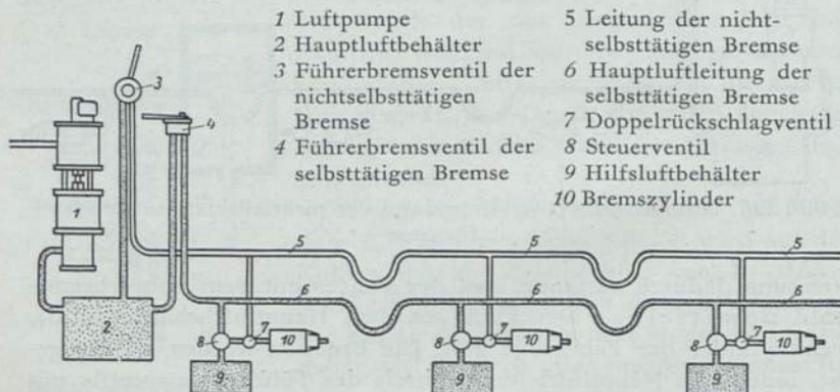


Bild 269. Grundsätzliche Wirkungsweise der Vereinigung der nichtselbsttätigen mit einer selbsttätigen Druckluftbremse

Ver-
einigung
der nicht-
selbst-
tätigen
mit der
selbst-
tätigen
Bremse

Fahrzeuge, die mit beiden Bremsen ausgerüstet sind, haben für jede Bremse eine eigene Luftleitung, aber nur einen gemeinsamen Bremszylinder (Bild 269). Vor dem Bremszylinder sitzt ein Doppelschlagventil (siehe S. 397), das die Verbindung mit der einen Bremse absperrt, sobald die Druckluft der anderen Bremse zum Bremszylinder strömt, oder von der einen Bremse ein Druck kommt, der den der anderen übersteigt.

Für die nichtselbsttätige Bremse hat der Lokomotivführer ein besonderes Führerbremsventil; er kann damit

- a) Druckluft aus dem Hauptluftbehälter in die Luftleitung der nichtselbsttätigen Bremse und die Bremszylinder einströmen lassen (bremsen),
- b) den Bremszylinder von der Außenluft absperren und so eine Bremsung festhalten,

c) Druckluft aus der Luftleitung der nichtselbsttätigen Bremse und aus den Bremszylindern ins Freie auslassen (lösen).

Mit dem Führerbremseventil der selbsttätigen Bremse kann der Lokomotivführer

a) die Hauptluftleitung und die Hilfsluftbehälter erstmalig füllen, indem er Druckluft aus dem Hauptluftbehälter in die Hauptluftleitung strömen läßt,

b) die Steuerventile in die Bremsstellung umsteuern, indem er Druckluft aus der Hauptluftleitung ins Freie strömen läßt (bremsen),

c) die Verbindung der Hauptluftleitung mit der Außenluft wieder unterbrechen und damit eine Bremsung festhalten,

d) die Steuerventile in die Lösestellung umsteuern, indem er wieder Druckluft aus dem Hauptluftbehälter in die Hauptluftleitung einströmen läßt. Die Bremsen werden dann wieder gelöst und sind betriebsbereit, sobald die Hilfsluftbehälter gefüllt sind.

Wird der Druck in der Hauptluftleitung langsam und mäßig vermindert, so entsteht eine geringe Bremswirkung (Betriebsbremsung). Wird der Druck langsam, aber ohne Unterbrechung vermindert, so erhält

man die volle Bremswirkung (Vollbremsung). Wird der Druck plötzlich stark vermindert, so entsteht eine verstärkte Vollbremsung in kürzester Zeit (Schnellbremsung). Durch Notbremsung wird immer eine Schnellbremsung herbeigeführt.

Weiter unterscheidet man nach der Bauart der Bremszylinder Einkammerbremsen und Zweikammerbremsen. Im Bremszylinder der Einkammerbremse wirkt die Druckluft nur, wie im Bild 265 gezeigt, auf eine Seite des Kolbens; es ist nur eine Arbeitskammer vorhanden. Im Bremszylinder der Zweikammerbremse (Bild 270) steht Druckluft auf beiden Seiten des Kolbens. Beim Bremsen wird aus der einen Kammer Druckluft abgelassen, und die Druckluft in der anderen treibt den Kolben vor, da sie nicht so schnell über die Füllnut entweichen kann.

Bei allen Bremsarten läßt sich die Bremskraft innerhalb be-

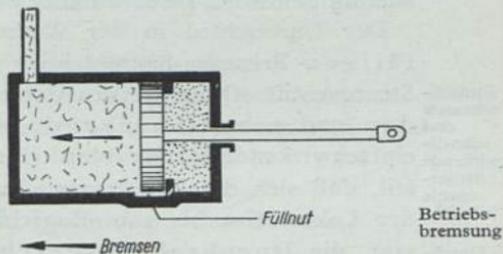


Bild 270. Zweikammer-Bremszylinder

stimmter Grenzen beliebig verstärken. Man kann mit kleinen Bremskräften anfangen und sie stufenweise bis zum Höchstwert steigern.

Die Bremskraft kann bei einigen Bremsbauarten nicht stufenweise gelöst werden; hat man einmal begonnen zu lösen, so lösen sie vollständig. Derartige Bremsen heißen einlösig. Bei diesen Bremsen kann der Druck im Hilfsluftbehälter, wenn wiederholt gelöst und unmittelbar darauf gebremst wird, so weit sinken, daß er schließlich keine ausreichende Bremskraft mehr gibt; diese Bremsen sind also erschöpfbar.

Andere Bremsbauarten gestatten, die Bremskraft stufenweise zu vermindern; man nennt sie mehrlösig. Bei ihnen ist die beim Bremsen verbrauchte Luft ersetzt, wenn die Bremse vollständig gelöst ist; sie sind daher unerschöpfbar.

Der Unterschied in der Wirkungsweise liegt bei den selbsttätigen Bremsen hauptsächlich in der verschiedenen Bauart des Steuerventils. Diese werden unterschieden nach einfachwirkenden und schnellwirkenden Steuerventilen. Die Bremsen mit einfachwirkendem Steuerventil (Einfachsteuerventil) haben den Nachteil, daß sich die Druckverminderung in der Hauptluftleitung von der Lokomotive bis zum Zugschluß zu langsam fortpflanzt; man sagt, die Durchschlagsgeschwindigkeit ist zu gering. Die Zeit vom Beginn der Bremsung auf der Lokomotive bis zum Anlegen der Bremsklötze am letzten Wagen, genannt die Durchschlagszeit, ist also zu lang. Das macht sich besonders bemerkbar, wenn plötzlich stark abgebremst werden muß. Während der vordere Zugteil schon stark gebremst ist, laufen die hinteren Wagen noch mit unverminderter Geschwindigkeit auf den vorderen Zugteil auf, wodurch Stöße und Zerrungen im Zuge entstehen. Schnellwirkende Steuerventile haben dagegen Einrichtungen, die die Durchschlagsgeschwindigkeit erhöhen, so daß auch die Bremsen der letzten Wagen schnell anlegen. Nicht berührt wird durch diese Unterscheidung die Zeit, in der sich der Druck im Bremszylinder vom ersten Anspringen bis zum Höchstdruck entwickelt. Nur die erste der unten angegebenen Bremsbauarten hat ein einfachwirkendes Steuerventil.

Folgende Bremsbauarten werden bei der Deutschen Reichsbahn bei Lokomotiven, Tendern, Reisezug- und Güterwagen verwendet:

Einlösige Bremsen:

die selbsttätigen Druckluftbremsen Bauart Westinghouse und Knorr mit Einfachsteuerventil = Wbr und Kbr,

die selbsttätigen Druckluftbremsen Bauart Westinghouse und Knorr mit schnellwirkendem Steuerventil = Wpbr und Kpbr.

Mehrlösige Bremsen:

die nichtselbsttätigen Druckluftbremsen Bauart Westinghouse und Knorr,

die selbsttätigen Kunze-Knorr-Bremsen für Güterzüge = Kkgbr, für Personenzüge = Kkpbr und für Schnellzüge = Kksbr,

die Druckluftbremse Knorr für besonders schnellfahrende Lokomotiven = Kssbr,

die selbsttätigen Hildebrand-Knorr-Bremsen für Güterzüge = Hikgbr, für Personenzüge = Hikpbr und für Schnellzüge = Hikssbr,

die selbsttätigen Einkammerbremsen mit Löseventil.

Außerdem sind in Wagen fremder Verwaltungen, die Strecken der Reichsbahn befahren, folgende mehrlösige Bremsbauarten eingebaut:

die selbsttätigen Drolshammer-Bremsen (Schweiz),

die selbsttätigen Bozic-Bremsen (chem. Tschecho-Slowakei).

D. Die Erzeugung und Aufspeicherung der Druckluft**1. Die Luftpumpen**

Die Druckluft wird in einer doppeltwirkenden Luftpumpe erzeugt, die von einer Dampfmaschine angetrieben wird. Bei einfachen Verhältnissen werden Pumpen verwendet, deren Luftteil einstufig arbeitet. Als Regelbauart werden zweistufige Pumpen benutzt, die einen geringeren Dampfverbrauch haben. Die Wirkungsweise der zweistufigen Luftpumpe geht aus Bild 271 hervor:

Zwei-
stufige
Luft-
pumpen

Bewegen sich beide Kolben, die auf einer gemeinsamen Kolbenstange sitzen, nach unten, so wird in die Kammer D freie Luft gesaugt. Die Luft in der Kammer C wird verdichtet und in die Kammer B übergeleitet. Die Luft in der Kammer A, die beim vorhergehenden Arbeitsspiel in Kammer D vorgepreßt wurde, wird weiter verdichtet und zum Hauptluftbehälter gedrückt. Die Stellung der Saug- und Druckventile ist aus dem Bild ersichtlich.

zeugen. Der Dampfverbrauch beträgt für 1000 l angesaugter Luft etwa 5,7 kg.

Eine Schmierpumpe De Limon (vgl. S. 304) mit drei Anschlüssen (Dampfzylinder, Luftzylinder, Kolbenstange) versorgt die Luftpumpe mit Öl. Bei älteren Lokomotiven wird der Dampfteil dieser

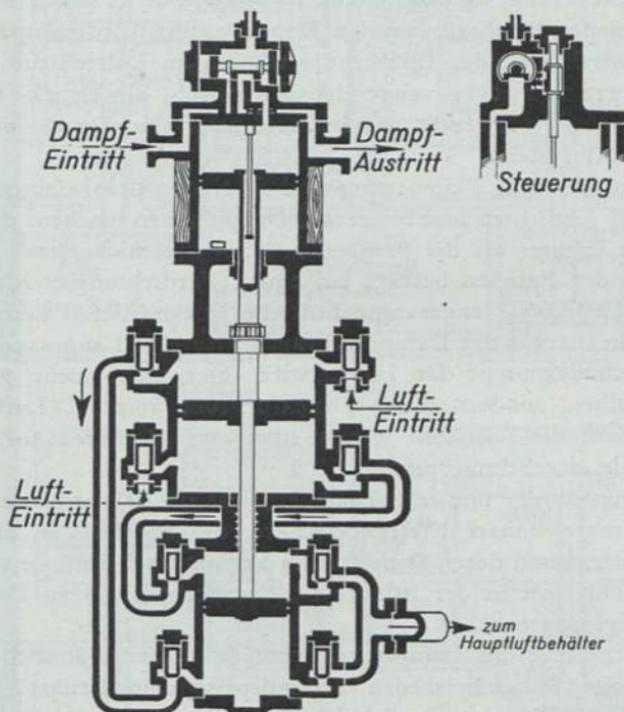


Bild 272. Zweistufige Luftpumpe mit Schlepfschiebersteuerung

Pumpen z. T. noch wie der der Speisewasserkolbenpumpe (vgl. S. 176) mit einer Handölpumpe geschmiert, die sich im Führerhaus befindet. In diesem Falle wird auch den Luftzylindern das Schmiermittel (Seifenlauge) noch durch Schmierhähne am HDZ und NDZ zugeführt. Auf der Kolbenstange sitzt zwischen den Stopfbuchsen ein Filzring, der von einem Dochtschmiergefäß mit Öl getränkt wird. Zu beachten ist, daß Luftpumpen kalt abzustellender Lokomotiven,

wenn sie im Betriebe mit Seifenwasser geschmiert wurden, kurze Zeit vor dem Abstellen der Lokomotiven mit Verdichteröl zu schmieren sind, damit sich an den Zylinderwandungen ein Ölfilm bildet, der das Rosten verhindert.

Die neuere Ausführung der zweistufigen Pumpe erhält eine einfache Steuerung, die sogenannte P-Steuerung, deren Wirkungsweise bei der Beschreibung der Doppelverbund-Luftpumpe (S. 367) erklärt wird. Statt der Hohlventile werden im Luftteil die einfacheren Plattenventile verwendet, die sowohl als Druck- wie auch als Saugventile verwendet werden, und zwar sind Druck- und Saugventile völlig gleich.

Die Pumpen mit P-Steuerung und Plattenventilen können bis auf 10 kg/cm^2 verdichten und bis zu 140 Doppelhüben machen; dabei sind sie 75 kg leichter als die Pumpen mit Schleppechiebersteuerung. Die Leistung der Pumpen beträgt bei einem Verdichtungsdruck von 8 kg/cm^2 bis 2000 l angesaugte Luft; bei der mittleren Leistung von 1200 l/min beträgt der Dampfverbrauch 5 kg/1000 l angesaugter Luft.

Die Schmierpumpe De Limon wird hier nicht mehr vom HD-Dampfkolben, sondern durch Druckluftstöße vom ND-Luftzylinder angetrieben; die Luftstöße wirken über eine Membran auf die Antriebswelle der Schmierpumpe.

Leistungsfähiger und wirtschaftlicher ist die Doppelverbund-Luftpumpe Bauart Nielebock-Knorr, die ebenfalls in zwei Stufen verdichtet und deren Dampfteil in Verbund arbeitet; sie verdichtet etwa 3000 l Luft in der Minute und verbraucht $3,8 \text{ kg}$ Dampf für 1000 l angesaugter Luft.

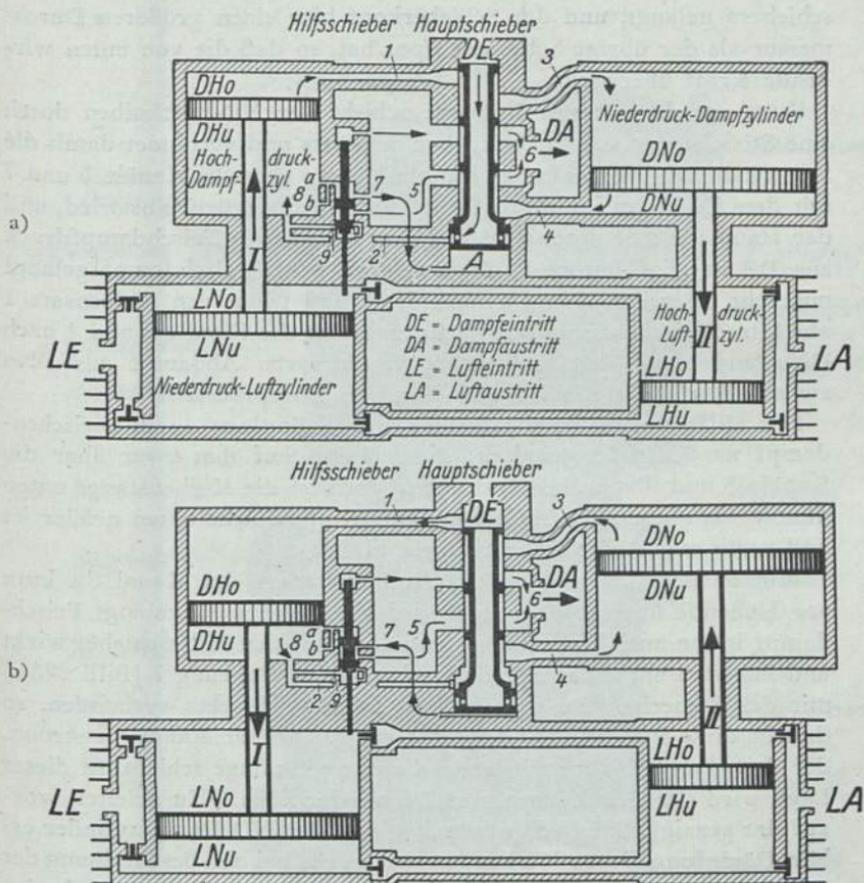
Die Steuerung des Dampfmaschinenteiles arbeitet ähnlich wie die der auf Seite 178 beschriebenen Verbundspeisepumpe Bauart Nielebock-Knorr. Bild 273 zeigt ein Schaltbild dieser Steuerung. Es sind ein Hauptschieber und ein Hilfsschieber vorhanden; letzterer steuert den Hauptschieber, wird selbst aber durch den Dampfdruck im HDZ sowie den ND-Kolben der Luftpumpe gesteuert.

Beim Aufwärtsgang des Kolbensatzes I (Bild 273 a) wird Frischdampf aus dem Dampfeintritt (DE) über den hohlen Hauptschieber, eine Bohrung im Schieberkopf und Kanal 2 in den Arbeitsraum unterhalb des Dampfhochdruckkolbens (DHu) geleitet; gleichzeitig gelangt Zwischendampf (Abdampf aus dem HD-Teil, der im vorangegangenen Arbeitsspiel den HD-Kolben abwärts getrieben hatte) aus dem

P-Steuerung

Doppel-
verbund-
Luft-
pumpe

Raum oberhalb des Hochdruckkolbens (DHo) über Kanal 1, eine Verteilkammer des Hauptschiebers und Kanal 3 in den Raum oberhalb des Niederdruckkolbens (DNo) und treibt den ND-Kolben ab-



a) Aufwärtsgang des Kolbensatzes I b) Abwärtsgang des Kolbensatzes I

Bild 273. Schaltbild der Doppelverbund-Luftpumpe Bauart Nielebock-Knorr

wärts; Abdampf tritt aus dem Raum unterhalb des Niederdruckkolbens (DNu) über die Kanäle 4 und 6 in den Dampfaustritt (DA) und von da in den Vorwärmer.

Der Hauptschieber wird in der gezeigten oberen Endlage gehalten, weil Frischdampf aus DHu über Kanal 8, eine Verteilkammer im Hilfsschieber und Kanal 7 in die Steuerkammer unterhalb des Hauptschiebers gelangt, und der Schieberkopf hier einen größeren Durchmesser als der übrige Schieberkörper hat, so daß die von unten wirkende Kraft überwiegt.

Kurz vor dem oberen Hubende schiebt der ND-Luftkolben durch eine Stößelstange den Hilfsschieber aufwärts und verbindet damit die Steuerkammer unterhalb des Hauptschiebers über die Kanäle 5 und 7 mit dem Dampfauslaß (Bild 273 b), so daß diese drucklos wird, und der Hauptschieber unter dem von oben wirkenden Frischdampfdruck aus DE in seine untere Endlage bewegt wird. Frischdampf gelangt nunmehr über den Kanal 1 nach DHo und treibt den Kolbensatz I abwärts. Zwischendampf aus DHu tritt über die Kanäle 2 und 4 nach DNu und treibt den Kolbensatz II aufwärts. Abdampf aus DNo strömt über die Kanäle 3 und 6 in den Dampfaustritt.

Der Hilfsschieber wird in seiner oberen Endlage durch Zwischendampf aus DHu festgehalten; dieser lastet auf ihm zwar über die Kanäle 8 und 9 von oben und unten, doch ist die Kolbenstange unten dünner als oben, so daß die wirksame Kolbenfläche unten größer ist und somit eine Auftriebskraft übrig bleibt.

Wird beim Abwärtsgang des Kolbensatzes I der Kanal 8 a kurz vor Hubende überschliffen und wieder freigelegt, so gelangt Frischdampf in ihn aus DHo, der nun von oben auf den Hilfsschieber wirkt und ihn nach unten bewegt; dadurch wird die Bohrung 7 (Bild 273 a) mit der Steuerkammer unterhalb des Hauptschiebers verbunden, so daß in diese Frischdampf zunächst aus DHo über Kanal 8 a strömt, der den Hauptschieber wieder in die obere Endlage schiebt. In dieser Lage wird der Frischdampf aus DE wieder nach DHu geleitet, worauf das gezeigte Spiel von neuem beginnt. Der ND-Dampfzylinder erhält Dämpfung, deren Wirkungsweise bereits bei der Beschreibung der Nielebock-Knorr-Speisewasserkolbenpumpe (S. 181) erklärt worden ist.

Schmier-
pumpe

Die Doppelverbund-Luftpumpen erhalten eine selbsttätige Schmierpumpe De Limon, die vom Dampfhochdruckkolben angetrieben wird. Die Wirkungsweise ist bereits auf Seite 304 erklärt worden. Die Schmierpumpe hat fünf Anschlüsse für folgende Stellen: Hochdruckdampfzylinder (Frischdampfeintritt), die beiden Luftzylinder und die beiden Kolbenstangen.

In letzter Zeit sind eine größere Anzahl neuer Lokomotiven mit Doppelverbund-Pumpen mit P-Steuerung ausgerüstet worden, die P-Steuerung nachfolgend beschrieben wird (Bild 274 und 275).

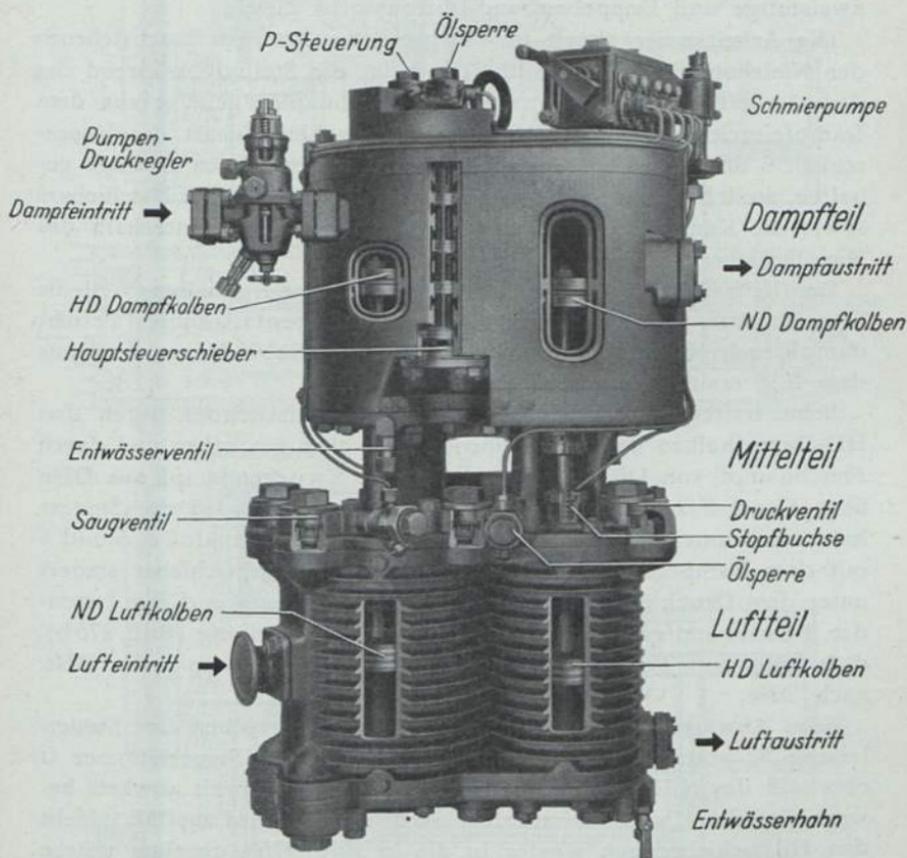


Bild 274. Geschnittene Doppelverbund-Luftpumpe mit P-Steuerung

Bei der P-Steuerung wird ein Hauptschieber ebenfalls von einem Hilfsschieber bewegt, doch wird dieser nicht vom ND-Luftkolben, sondern unmittelbar vom HD-Dampfkolben aufwärts geschoben und liegt

daher besser zugänglich im oberen Dampfdeckel. Gegenüber der Nielebock-Steuerung fallen eine Reihe von Teilen wie Stößelstange, Führungsbuchse usw. fort, so daß die Steuerung einfacher wird. Der Hilfsschieber ist außerdem für alle Pumpenbauarten (einstufige, zweistufige und Doppelverbund-Luftpumpen) gleich.

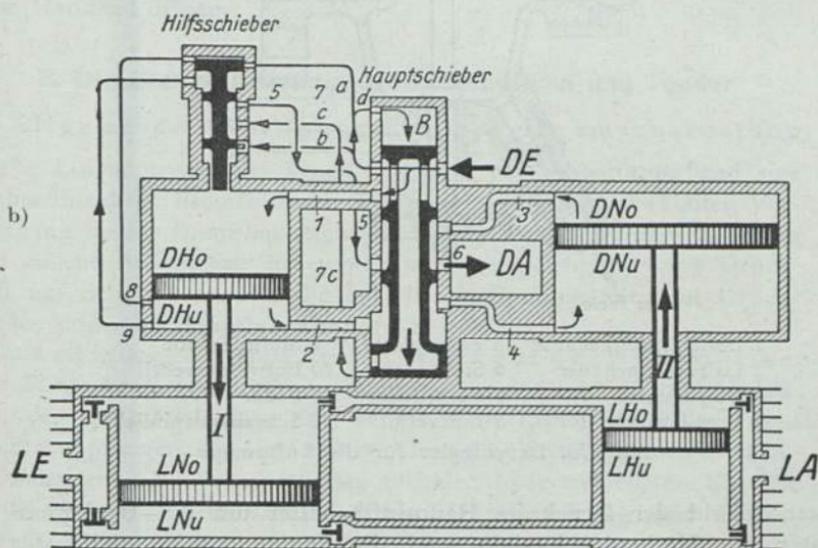
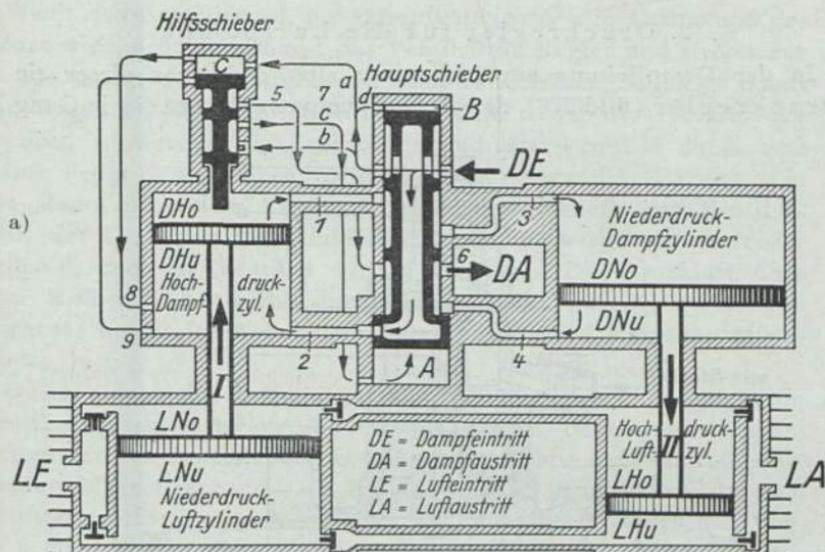
Die Arbeitsweise ähnelt im übrigen sehr der eben beschriebenen der Nielebock-Steuerung. Bild 275 a zeigt die Stellung während des Aufwärtsganges des Kolbensatzes I. Frischdampf gelangt aus dem Dampfeintritt (DE) nach DHu über den hohlen Schaft des Hauptschiebers und Kanal 2; dieser selbst wird in der oberen Endlage gehalten, weil Frischdampf über eine Verteilkammer des Hilfsschiebers sowie die Kanäle 7b und c in die Steuerkammer A unterhalb des Hauptschiebers gelangt.

Der Hilfsschieber wird in der unteren Endlage gehalten, weil die Steuerkammer C über seinem oberen Kopf ebenfalls unter Frischdampfdruck (Kanal 7a) steht. Alle übrigen Verbindungen sind aus dem Bild ersichtlich.

Beim weiteren Aufwärtsgang wird der Hilfsschieber durch den HD-Dampfkolben kurz vor Hubende nach oben geschoben und durch Frischdampf von DE über Kanal 7b und Zwischendampf aus DHu über Kanal 9 in dieser Stellung gehalten. Dabei wird die Steuerkammer A unterhalb des Hauptschiebers über die Kanäle 7c, 5 und 6 mit dem Dampfauslaß (DA) verbunden. Der Hauptschieber steuert unter dem Druck des von oben in Kammer B ständig auf ihm lastenden Frischdampfes um und ändert die Dampfverteilung (Bild 275 b), d. h. gibt nun Frischdampf nach DHo, Zwischendampf aus DHu nach DNu.

Beim Abwärtsgang überschleift der HD-Dampfkolben eine Steuerleitung 8, wodurch Frischdampf aus DHo in die Steuerkammer C oberhalb des Hilfsschiebers gelangt und diesen so weit abwärts bewegt, daß der Kanal 7a freigelegt wird; Frischdampf aus DE schiebt den Hilfsschieber nun wieder in die in Bild 275 a gezeigte untere Endlage, in der er wieder Frischdampf über die Kanäle 7b und c in die Steuerkammer A unterhalb des Hauptschiebers gelangen läßt und diesen dadurch in die obere Endlage umsteuert.

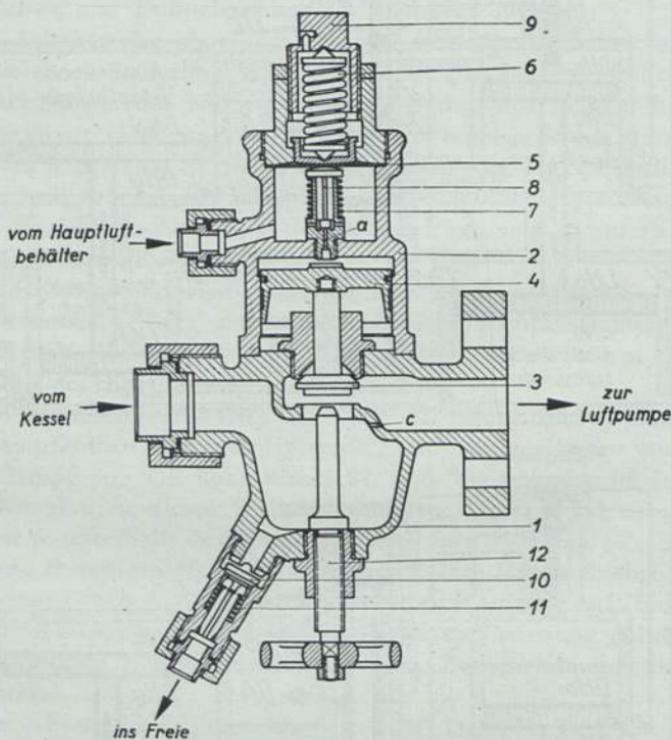
Diese Pumpe vermag ebenfalls 3000 l angesaugte Luft in der Minute zu verdichten; bei mittleren Leistungen beträgt der Dampfverbrauch 3,5 kg je 1000 l angesaugter Luftmenge.



a) Aufwärtsgang des Kolbensatzes I b) Abwärtsgang des Kolbensatzes I
Bild 275. Schaltbild der Knorr-Doppelverbund-Luftpumpe mit P-Steuerung

2. Druckregler für die Luftpumpe

In der Dampfleitung zur Luftpumpe sitzt dicht vor dieser ein Druckregler (Bild 276), der die Luftpumpe selbsttätig in Gang



- | | | |
|----------------------|----------------|---------------------|
| 1 Dampfventilgehäuse | 5 Federplatte | 9 Stellschraube |
| 2 Luftventilgehäuse | 6 Stellfeder | 10 Entwässerventil |
| 3 Dampfventil | 7 Ventillfeder | 11 Feder |
| 4 Ventilkolben | 8 Luftventil | 12 Schraubenspindel |

Bild 276. Druckregler für die Luftpumpe

setzt, sobald der Druck im Hauptluftbehälter um $0,3-0,4 \text{ kg/cm}^2$ unter den Höchstdruck sinkt, und die Pumpe anhält, sobald der Höchstdruck erreicht ist. Der Druckregler wird vom Druck im Hauptluftbehälter gesteuert und arbeitet folgendermaßen:

Wenn das Anstellventil zur Dampfleitung für die Luftpumpe geöffnet wird, hebt der Dampf das Ventil 3 im Regler und strömt zur Pumpe. Steigt der Luftdruck im Hauptluftbehälter, so steigt damit der Druck im Raum unter der Federplatte 5. Ist der Höchstdruck erreicht, so werden die Federplatte und das Ventil 8 durch eine kleine Feder 7 angehoben, Druckluft kann über die Bohrung a in den Raum über dem Kolben 4 treten und schließt das Ventil 3. Fällt der Druck im Hauptluftbehälter, so überwiegt die Kraft der Feder 6, und das Ventil 8 wird geschlossen. Die Druckluft über dem Kolben 4 entweicht durch eine kleine Bohrung (nicht gezeichnet) ins Freie, so daß der Dampf das Ventil 3 wieder öffnen kann.

Durch eine kleine Bohrung c tritt auch Dampf zur Pumpe, wenn Ventil 3 geschlossen ist; die Pumpe arbeitet dann ganz langsam weiter. Ist das Anstellventil geschlossen, so kann das sich bildende Niederschlagwasser durch ein Entwässerventil 10 abfließen, das sich selbsttätig öffnet, wenn kein Druck auf ihm ruht. Hat sich das Ventil 3 einmal festgesetzt, so kann man es durch die Spindel 12 mit dem Handrad öffnen.

E. Die Bremsausrüstung der Lokomotiven und Tender

1. Allgemeine Anordnung der Regelbremsausrüstung

Die Lokomotiven und Tender erhalten eine selbsttätige und eine nichtselbsttätige Bremse in der Form der auf S. 358 erwähnten Vereinigung beider Bremsbauarten (Bild 277). Beide Bremsen benutzen die gleiche Anlage zur Erzeugung und Aufspeicherung von Druckluft auf der Lokomotive, die aus der Luftpumpe mit dem Druckregler und den Hauptluftbehältern besteht.

Zur selbsttätigen Bremse gehören weiter auf der Lokomotive: das Führerbremsventil mit Leitungsdruckregler und Ausgleichbehälter, die Hauptluftleitung mit Tropfbecher, Luftabsperrröhren und Bremskupplungen, die einfach wirkenden Steuerventile mit Hilfsluftbehältern, die Bremszylinder mit den Löseventilen, endlich die Druckmesser für Hauptluftbehälter, Hauptluftleitung und Bremszylinder.

Damit der Lokomotivführer auch den Zug zum Halten bringen kann, wenn der Handgriff des Führerbremshebels abbrechen sollte,

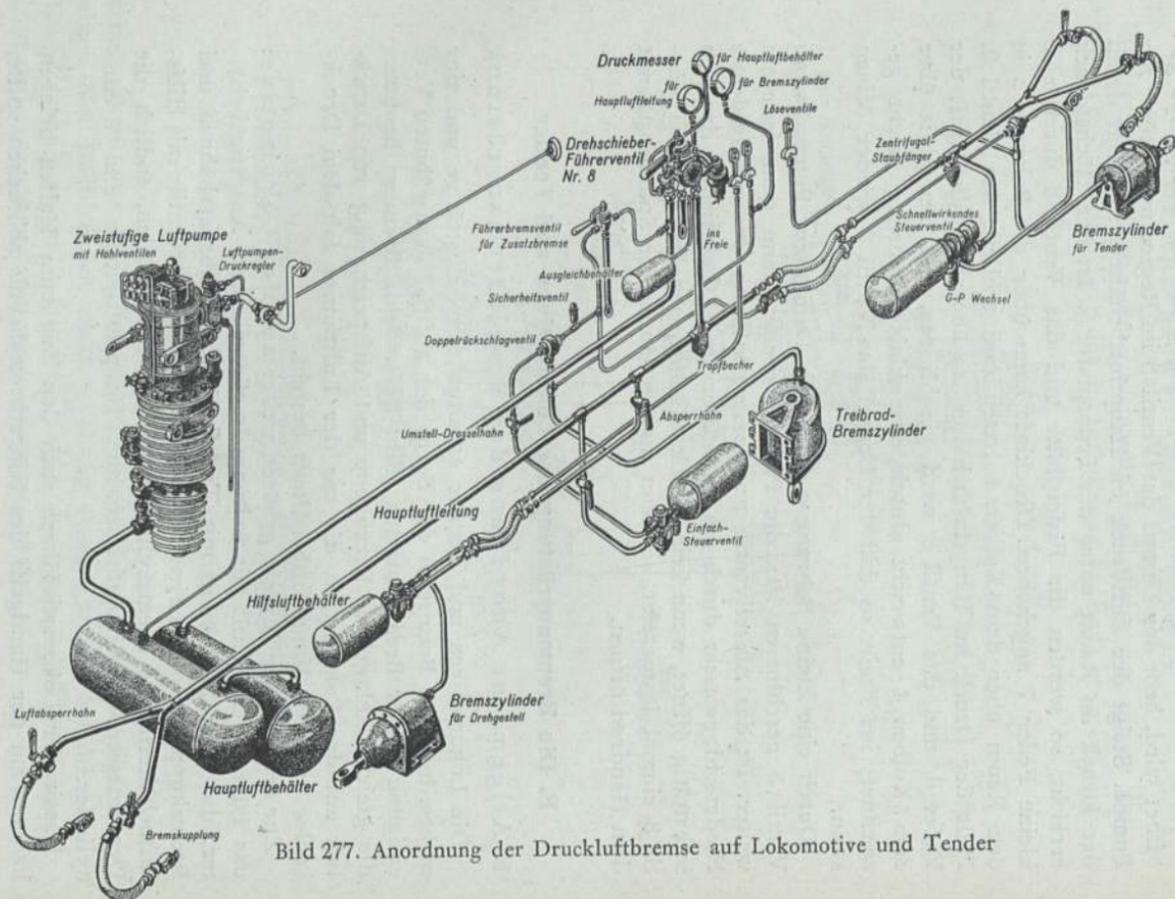


Bild 277. Anordnung der Druckluftbremse auf Lokomotive und Tender

ist auf der Lokomotive in die Hauptluftleitung noch ein Notbremsventil eingebaut (vgl. S. 414).

Gebremste Laufradsätze mit geringer Seitenverschieblichkeit werden vom Bremszylinder der Treib- und Kuppelradsätze gebremst; Laufradsätze mit großer Seitenverschieblichkeit sowie Drehgestelle erhalten je für sich ein Steuerventil mit Hilfsluftbehälter und einen Bremszylinder mit Löseeinrichtung. In diesem Fall spricht man von Treibradbremse, Laufradbremse und Drehgestellbremse; ihre Bremswirkung kann einzeln durch Absperrhähne in der Abzweigung von der Hauptluftleitung zu den Steuerventilen ausgeschaltet werden. Bei der Treibradbremse ist in die Leitung vom Steuerventil zum Bremszylinder noch ein Umsteldrosselhahn (G-P-Umstellhahn) eingebaut.

Die selbsttätige Tenderbremse besteht aus der Hauptluftleitung mit Staubfänger, Absperrhahn und Bremskupplungen, dem schnellwirkenden Steuerventil mit G-P-Wechselventil und Hilfsluftbehälter sowie einem oder mehreren Bremszylindern mit Löseventil.

Die zusätzliche Einrichtung für die nichtselbsttätige Bremse auf der Lokomotive besteht aus dem Führerbremsventil für diese sogenannte Zusatzbremse, dem Dopperrückschlagventil und einem Sicherheitsventil in der Leitung zum Bremszylinder. Die Zusatzbremse dient dazu, die Lokomotive abzubremsen, wenn sie allein fährt; ferner soll durch sie die Abbremsung der Lokomotive erhöht werden zum Ausgleich der bei hoher Fahrgeschwindigkeit kleinen Reibungsziffer zwischen Rad und Bremsklotz (vgl. S. 346).

Die Zusatzbremse wirkt nur auf die Treibrad- und Tenderbremszylinder; der Tender hat hierfür eine besondere abschaltbare Luftleitung sowie ebenfalls ein Dopperrückschlagventil.

2. Die Bremsausrüstung der Lokomotiven

a) Führerbremsventile

Bei den Lokomotiven der Deutschen Reichsbahn wird zur Hauptsache das Drehschieber-Führerbremsventil von Knorr verwendet, in geringerer Zahl noch das Führerbremsventil von Westinghouse. Da in der Wirkungsweise und Bremsbedienung keine grundsätzlichen Unterschiede sind, soll nur das Knorr-Ventil beschrieben werden.

Das Führerbremsventil Bauart Knorr besteht aus dem eigent-

lichen Ventil und einem Leitungsdruckregler, der bei neueren Lokomotiven als Schnelldruckregler ausgebildet ist. Das Ventil hat sechs Stellungen: 1. Füll- oder Lösestellung, 2. Fahrtstellung, 3. Mittelstellung, 4. Abschlußstellung, 5. Betriebsbremsstellung und 6. Schnellbremsstellung. Die Bilder 278 a und b zeigen das Ventil in verschiedenen Schnitten.

Das Gehäuse des Ventils enthält den mit dem Führerbremshebel 5 verbundenen Drehschieber 2 und eine darunterliegende Ausgleich-einrichtung, bestehend aus dem Ausgleichkolben 6 und dem mit ihm fest verbundenen Ausgleichschieber 7 sowie einem Ausgleichbehälter mit mehreren Litern Rauminhalt. Die Ausgleich-einrichtung dient folgendem Zweck: Um einen bestimmten Druck im Bremszylinder und damit eine bestimmte Bremskraft zu bekommen, muß der Druck in der Hauptluftleitung um einen bestimmten Betrag gesenkt werden. Dazu muß aber je nach der Länge des Zuges mehr oder weniger Luft ausgelassen werden; bei der jeweiligen Zuglänge stets die richtige Luftmenge auszulassen, würde ein sehr feines Gefühl des Lokomotivführers voraussetzen. Die Ausgleich-einrichtung senkt den Druck in der Hauptluftleitung unabhängig von der Zuglänge um ein bestimmtes, vom Lokomotivführer gewolltes Maß, ohne daß hierzu eine große Geschicklichkeit erforderlich wäre.

Die Wirkungsweise des Führerbremsventils soll nun an Hand der Schnittbilder 278 a und b sowie besonderer Schaltbildskizzen (Bild 279) besprochen werden, die die zueinander gehörigen Stellungen von Schieber und Ausgleich-einrichtung bei den verschiedenen Bremshebelstellungen zeigen.

Der Drehschieber wird durch eine Feder auf den Schieberspiegel gedrückt; er hat eine durchgehende Bohrung b, die zu dem Raum A über dem Drehschieber führt. Ferner erhält er einen großen Hohlraum O, der ständig über dem Kanal o mit der freien Luft in Verbindung steht und außerdem an zwei Stellen nach dem Schieberspiegel zu mit Öffnungen versehen ist, nämlich einem sektorförmigen Ausschnitt s_1 und einem Langloch s_2 . Weiter ist in den Drehschieber eine Langlochmuschel m mit der Öffnung nach dem Schieberspiegel zu eingearbeitet.

In den Schieberspiegel münden fünf Kanäle: Kanal o zur freien Luft, Kanal e zur Hauptluftleitung, f zum Raum B und damit zum

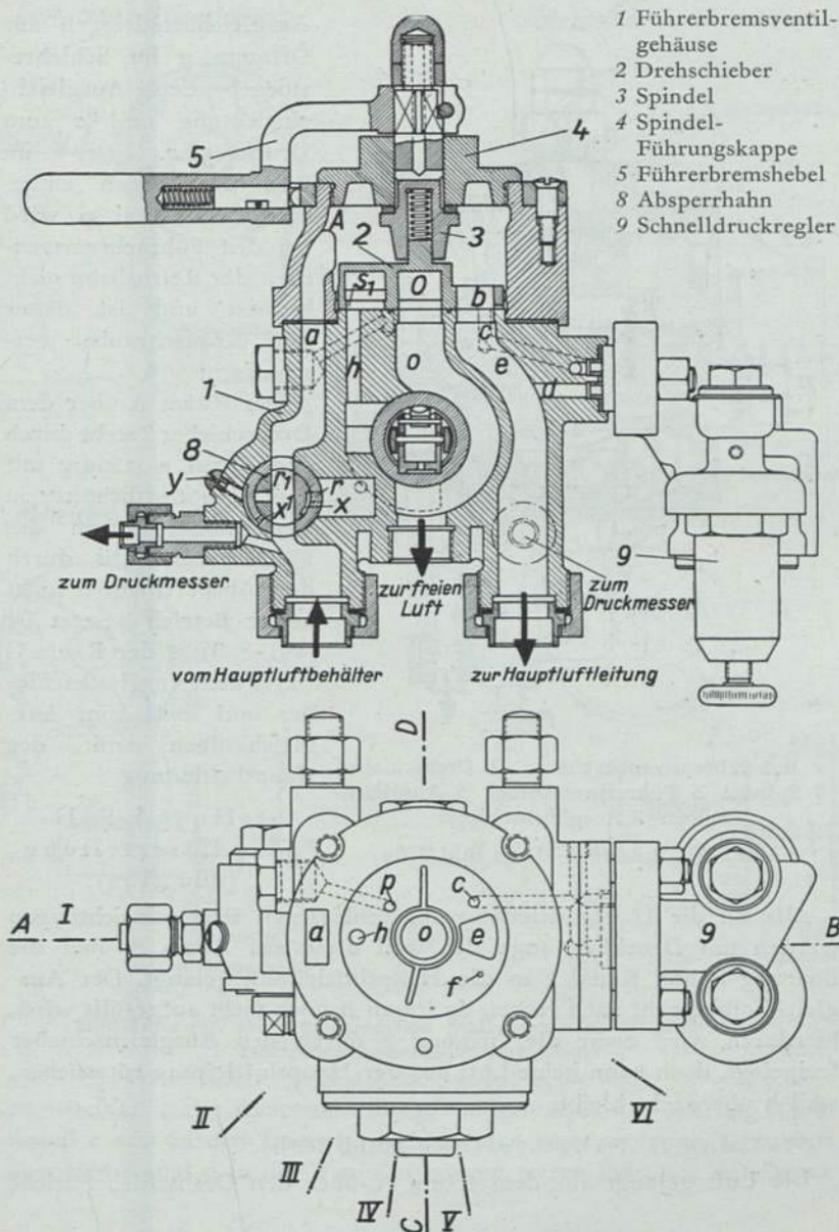
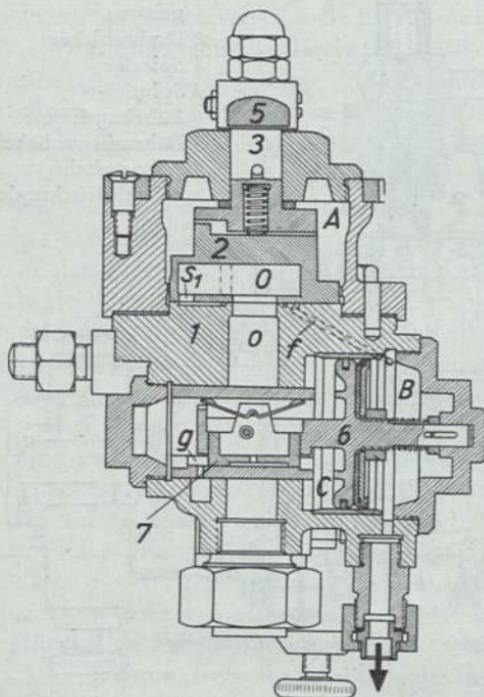


Bild 278 a. Drehschieber-Führerbremsventil Bauart Knorr



1 Führerbremsventilgehäuse 2 Drehschieber
3 Spindel 5 Führerbremshebel 6 Ausgleich-
kolben 7 Ausgleichschieber

Bild 278b. Schnitt C—D zu Bild 278a

Alle an die Hauptluftleitung angeschlossenen Bremsrichtungen werden mit Druckluft angefüllt, weil diese aus Raum A über die Bohrung b und Kanal e in die Hauptluftleitung gelangt. Der Ausgleichkolben geht nach rechts, da Raum B noch nicht aufgefüllt wird; hierdurch wird zwar die Öffnung g durch den Ausgleichschieber freigelegt, doch kann keine Luft aus der Hauptluftleitung entweichen, weil h überdeckt bleibt.

Stellung II, Fahrtstellung (Bild 279b):

Die Luft gelangt aus dem Raum A über den Drehschieber nicht

Ausgleichbehälter, h zur Öffnung g im Schieber-spiegel der Ausgleich-einrichtung und c zum Druckregler. Der im Bild 278a noch eingezeichnete Kanal p wird bei den Führerbremsventilen der Reichsbahn nicht benutzt und ist daher mit Kopschraube verschlossen.

Der Raum A über dem Drehschieber 2 steht durch den Kanal a ständig mit dem Hauptluftbehälter in Verbindung, sofern das Führerbremsventil durch den Absperrhahn 8 nicht außer Betrieb gesetzt ist (vgl. S. 379), der Raum C (über dem Ausgleichschieber und links vom Ausgleichkolben) mit der Hauptluftleitung.

Stellung I, Füll-
oder Lösestellung
(Bild 279a):

Füll- oder Lösestellung

Fahrtstellung

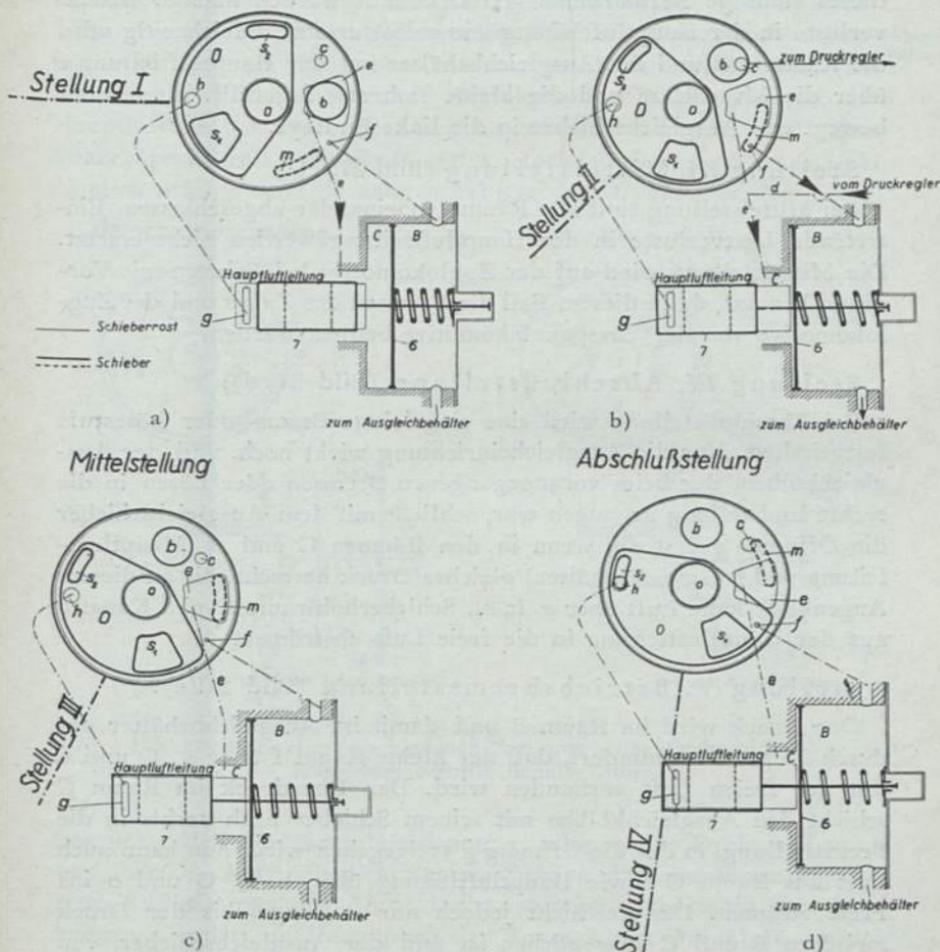


Bild 279 a—d. Die verschiedenen Stellungen des Drehschieber-Führerbremsventils Bauart Knorr

unmittelbar in die Hauptluftleitung, sondern über die Bohrung b und Kanal c erst in den Druckregler, der nur so lange Druckluft über den Kanal d in die Hauptluftleitung treten läßt, wie der Druck

in dieser unter dem vorgeschriebenen von 5 kg/cm^2 liegt. Durch dieses ständige Nachströmen von Druckluft werden mäßige Druckverluste in der Hauptluftleitung von selbst ersetzt. Gleichzeitig wird die Kammer B und der Ausgleichbehälter aus der Hauptluftleitung e über die Muschel m und die kleine Bohrung f gefüllt. Eine Feder bewegt den Ausgleichschieber in die linke Endlage.

Stellung III, Mittelstellung (Bild 279 c):

Bei Mittelstellung sind alle Räume voneinander abgeschlossen. Eintretende Luftverluste in der Hauptluftleitung werden nicht ersetzt. Die Mittelstellung wird auf der Zuglokomotive bei Fahrten mit Vorspann benutzt, da in diesem Fall die Bremsen des Zuges und der Zuglokomotive von der Vorspannlokomotive bedient werden.

Stellung IV, Abschlußstellung (Bild 279 d):

Bei Abschlußstellung wird eine eingeleitete Brems- oder Lösestufe festgehalten. Nur die Ausgleicheinrichtung wirkt noch, und der Ausgleichkolben, der beim vorangegangenen Bremsen oder Lösen in die rechte Endstellung gegangen war, schließt mit dem Ausgleichschieber die Öffnung g erst ab, wenn in den Räumen C und B (Hauptluftleitung und Ausgleichbehälter) gleicher Druck herrscht. Bis zu diesem Augenblick kann Luft über g, h, s_2 , Schieberhohlraum O und Kanal o aus der Hauptluftleitung in die freie Luft abströmen.

Stellung V, Betriebsbremsstellung (Bild 279 e):

Der Druck wird im Raum B und damit im Ausgleichbehälter dadurch langsam vermindert, daß der kleine Kanal f über s_1 , O und o mit der freien Luft verbunden wird. Der Überdruck im Raum C schiebt den Ausgleichkolben mit seinem Schieber nach rechts in die Bremsstellung, in der die Öffnung g freigegeben wird; nun kann auch Luft aus Raum C sowie Hauptluftleitung über h, s_2 , O und o ins Freie strömen. Das geschieht jedoch nur so lange, bis der Druck zwischen B und C ausgeglichen ist und der Ausgleichschieber, von der Feder nach links geschoben, die Öffnung g wieder schließt.

Stellung VI, Schnellbremsstellung (Bild 279 f):

Der sektorförmige Ausschnitt s_1 steht über der Hauptluftleitung e und gibt einen großen Querschnitt frei, so daß die Druckluft über O und o unmittelbar ins Freie strömt. Der Druck in der Hauptluft-

leitung wird auf diese Weise plötzlich stark vermindert, wodurch in kürzester Zeit die volle Bremswirkung erreicht wird.

Im Kanal a des Führerbremventils (Bild 278 a) sitzt ein Absperrhahn 8, der mit Schraubenschlüssel geschlossen wird, wenn bei Fahrten mit Vorspann auf der Zuglokomotive die Luftpumpe, der Hauptluftbehälter oder die Leitung zwischen diesem und dem Führerbremventil schadhaft oder stark undicht werden. Sinkt nämlich infolge eines derartigen Fehlers der Druck über dem Schie-

Absperrhahn

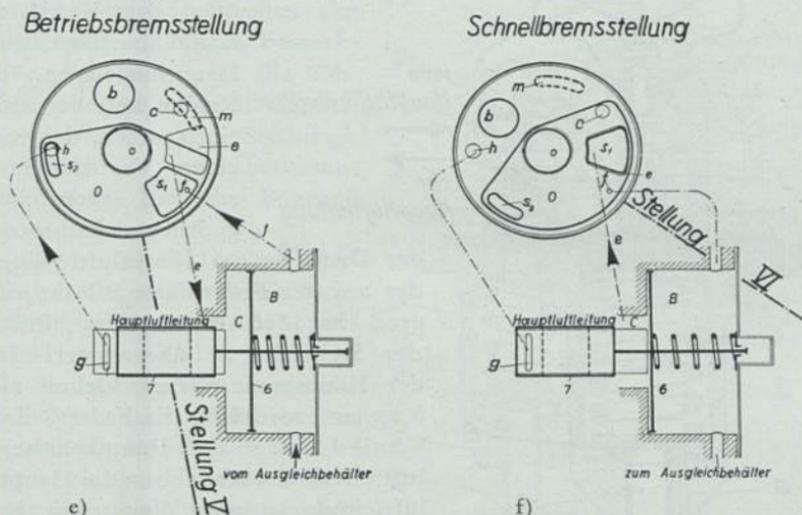


Bild 279 e—f. Die verschiedenen Stellungen des Drehschieber-Führerbremventils Bauart Knorr

ber unter den der Hauptluftleitung, so klappt der Drehschieber ab und läßt Druckluft aus dieser entweichen, so daß eine Bremsung eintritt. Schließt man den Absperrhahn, so wird gleichzeitig über Bohrungen r und r_1 im Hahnküken der Raum A mit Druckluft aus der Hauptluftleitung gefüllt.

Ist der genannte Fehler behoben, der Hahn aber versehentlich nicht geöffnet worden, so strömt Druckluft über Kanal x und x_1 im Hahn 8 aus der Bohrung y eines seitlichen Stützens aus und macht den Lokomotivführer auf die Unterlassungssünde aufmerksam.

Die Drücke im Hauptluftbehälter, in der Hauptluftleitung und im

Druck- Bremszylinder der Lokomotive werden durch je einen Druckmes-
 messer ser im Führerhaus angezeigt.

Leitungs- Der Leitungsdruckregler (Bild 280) hält in der Fahrt-
 druck- stellung des Führerbremsventils den Druck in der Hauptluftleitung
 regler auf 5 kg/cm^2 , auch wenn in dieser geringe Undichtheiten sind. In
 den Leitungsdruckregler, der unmittelbar am Führerbremsventil ange-
 geflanscht ist, gelangt die Luft mit der Spannung, die im Haupt-

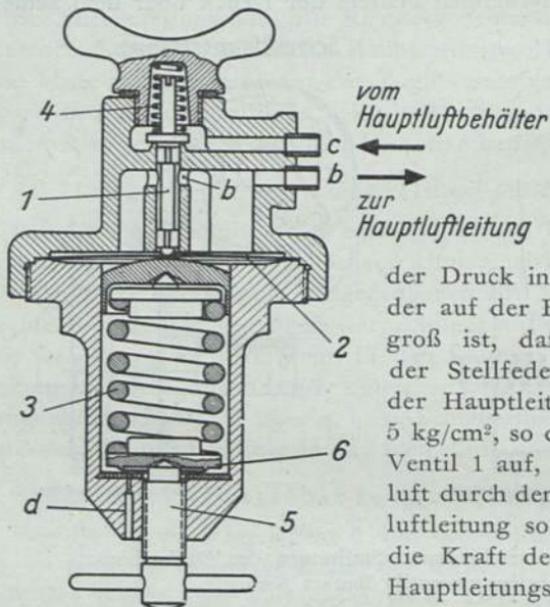


Bild 280. Leitungsdruckregler

luftbehälter herrscht, über den Kanal c; Kanal b führt zur Hauptluftleitung. Im Regler befindet sich ein Ventil 1, das von einer Ventillfeder 4 erst auf seinen Sitz gedrückt wird, wenn

der Druck in der Hauptluftleitung, der auf der Federplatte 2 lastet, so groß ist, daß er die Spannkraft der Stellfeder 3 überwindet. Ist der Hauptleitungsdruck kleiner als 5 kg/cm^2 , so drückt die Feder 3 das Ventil 1 auf, so daß Hauptbehälterluft durch den Kanal b in die Hauptluftleitung so lange überströmt, bis die Kraft der Feder 3 durch den Hauptleitungsdruck wieder überwunden wird. Durch eine Stell- schraube unterhalb des Reglers kann der Regeldruck auf das vor- geschriebene Maß eingestellt werden.

Schnell- Im Schnelldruckregler (Bild 281) wird ein Ventil mit weitem
 druck- Durchgang verwendet, damit die Verluste an Leitungsluft schnell
 regler ersetzt werden; durch zwei Kanäle ist er mit dem Führerbremsventil verbunden: Kanal a vom Hauptluftbehälter, Kanal e zur Hauptluft-
 leitung. Die Hauptleitungsluft steht auf der Federplatte 4; ist ihr Druck kleiner als 5 kg/cm^2 , so drückt die Stellfeder 5 das Regel-
 ventil 1 auf, so daß Hauptbehälterluft von a über b unter den Kol-

ben 2 tritt, der dann das große Füllventil 3 öffnet. Die Hauptbehälterluft tritt jetzt unmittelbar von a nach e in die Hauptleitung über. Ist hier der Druck von 5 kg/cm^2 erreicht, so wird die Stellfeder 5 niedergedrückt und das Regelventil geschlossen. Die Druckluft unter dem Kolben 2 entweicht durch die Bohrung f; die Feder 7 schließt dann wieder das Füllventil. Mit der Stellschraube 8 wird der Druck auf die vorgeschriebene Höhe geregelt.

Bei beiden Reglerbauarten macht sich das Brechen der Federplatte dadurch bemerkbar, daß Luft durch die Bohrung d mit Geräusch austritt; es ist dann die Stellschraube so weit herauszuschrauben, daß die Bohrung geschlossen wird.

Das Westinghouse-Führerbremsventil hat nur fünf Stellungen; die Mittelstellung fehlt. Dafür ist in die Leitung vom Hauptluftbehälter zum Führerbremsventil ein besonderer Absperrhahn eingebaut. Wenn der Zug mit Vorspann gefahren wird, muß dieser Hahn auf der Zuglokomotive geschlossen werden, damit keine Luft aus

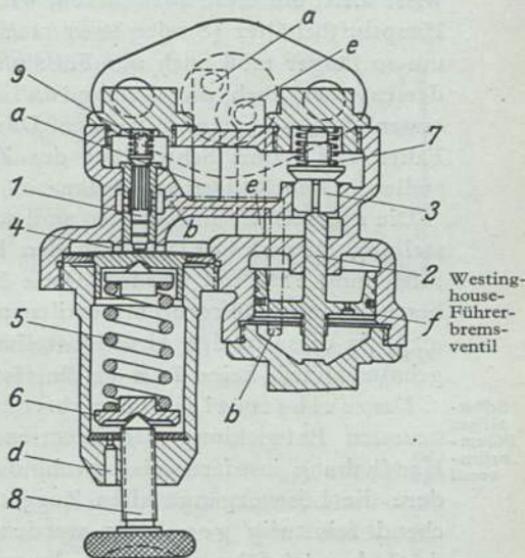


Bild 281. Schnelldruckregler

deren Hauptluftbehälter in die Hauptluftleitung übertreten kann, wenn die Vorspannlokomotive bremst. Der Führerbremshebel wird bei Fahrten mit Vorspann auf der Zuglokomotive in Füllstellung gelegt. Bei Schiebelokomotiven, die an die durchgehende Bremse angeschlossen werden, ist genau so zu verfahren.

Die bisher beschriebenen Führerbremsventile wurden in einer Zeit entwickelt, in der die Züge im Vergleich zu heute kurz und die Bremsen einfacher als die Bauarten der letzten Zeit waren.

Bei den langen Zügen, die heute vielfach gefahren werden, ist zum Bedienen der Bremse, insbesondere beim Lösen, eine gewisse Geschick-

lichkeit des Lokomotivführers erforderlich: Um bei den älteren Bremsbauarten die Bremsen vollständig zu lösen, genügt es, wie später (vgl. S. 393) noch beschrieben wird, den zum Bremsen erniedrigten Druck in der Hauptluftleitung um ein geringes Maß zu erhöhen. Die neuen Bremsbauarten dagegen sind erst vollständig gelöst, wenn ihre Hilfsluftbehälter fast voll auf den Regeldruck der Hauptluftleitung von 5 kg/cm^2 aufgeladen sind. Das erfordert eine gewisse Zeit; um diese abzukürzen, wird ein Füllstoß mit Luft aus dem Hauptluftbehälter (8 oder 10 kg/cm^2) gegeben. Je länger der Zug ist, um so länger muß auch der Füllstoß sein, um so größer ist infolgedessen aber auch die Gefahr, daß durch zu langes Auffüllen die ersten Wagen überladen werden. Das hat feste Bremsen während der Fahrt und damit Schwerlauf des Zuges, unter Umständen Flachstellen in den Rädern zur Folge.

Die neuesten Bremsbauarten sind so eingerichtet, daß in der Bremsstellung Druckverluste in den Bremszylindern aus der Hauptluftleitung ersetzt werden. Diese Eigenschaft kann bei den vorher beschriebenen Führerbremsventilen nicht voll zur Auswirkung kommen, da diese in der Abschlußstellung, in der eine Bremsstufe festgehalten wird, keine Luft in die Hauptluftleitung nachspeisen.

Das selbsttätige Führerbremsventil Bauart Knorr trägt der neuesten Entwicklung der Bremsen Rechnung und vereinfacht die Handhabung insofern, als sowohl die Bremsvorgänge wie insbesondere die Lösevorgänge allen Zugattungen und Zuglängen entsprechend feinstufig geregelt werden, unabhängig vom Gefühl des Lokomotivführers, der nur den gewünschten Druck in der Hauptluftleitung mit dem Führerbremsventil einzustellen braucht.

Bild 282 zeigt die verschiedenen Stellungen des Bremshebels, Bild 283 den Schnitt durch das selbsttätige Führerbremsventil. Es sind vorhanden: 1. Eine Fahrtstellung, 2. ein Betriebsbremsbereich, in dem jeder Rast ein bestimmter Druck in der Hauptluftleitung entspricht, 3. eine Schnellbremsstellung, 4. eine Vorspannungstellung, die erst nach Anheben eines Riegels zugänglich ist, und 5. eine Sonderstellung, die ebenfalls mit Riegel gesichert ist.

Eine besondere Füllstellung fehlt. Am Führerbremshebel H ist aber eine Füllstoßklinge P, mit der sich an jeder Stelle des Regelbereiches ein Füllstoß geben läßt. Die Länge des Füllstoßes, die von der Zuglänge, von der Größe der am Führerbremshebel eingestellten

Lösestufe, von der Höhe des Hauptbehälterdruckes und von der Zahl der Bremswagen im Zuge abhängig sein muß, wird vom Ventil selbsttätig auf den richtigen Wert bemessen. Der Lokomotivführer braucht den Füllstoß nur einzuleiten. Durch diese Einrichtung werden die kürzesten Lösezeiten erreicht, ohne daß es zu Überladungen kommen kann.

In der Fahrtstellung beträgt der Hauptluftleitungsdruck 5 kg/cm^2 .

Die erste Rast des Betriebsbremsbereiches entspricht einer Druckerniedrigung in der Hauptluftleitung um $0,5 \text{ kg/cm}^2$, also einem Leitungsdruck von $4,5 \text{ kg/cm}^2$, jede weitere Rast einer Erniedrigung um etwa $0,15 \text{ kg/cm}^2$ usf.; bei der letzten Rast beträgt der Leitungsdruck $3,5 \text{ kg/cm}^2$.

In der Schnellbremsstellung wird die Hauptluftleitung über ein besonderes Schnellbremsventil entlüftet.

Die Vorspannstellung entspricht der Mittelstellung des auf S. 378 beschriebenen Führerbremsventils.

In der Sonderstellung besteht eine unmittelbare, aber gedrosselte Verbindung zwischen Hauptluftleitung und Hauptluftbehälter, während alle anderen Wege abgeschaltet sind. Diese Stellung kann u. a. zum Lösen benutzt werden, wenn das Ventil schadhaft werden sollte. Die Vorspannstellung kann dann als Abschlußstellung dienen.

Außerdem befindet sich am Ventil ein „Angleicher“. Durch Ziehen am Angleicherring kann der Druck der Hauptluftleitung vorübergehend nach Belieben über den eingestellten Regeldruck von 5 kg/cm^2 erhöht werden. Das Ventil beseitigt anschließend diese Erhöhung völlig selbsttätig, ohne daß Bremsen anspringen. Diese Einrichtung kann zum Angleichen überladener Zugteile und zum Beschleunigen des Füllens langer, völlig leerer Züge benutzt werden.

Die Wirkungsweise des selbsttätigen Führerbremsventils sei nachstehend beschrieben:

Der Führerbremshebel dreht mit der Spindel Q den Drehschieber J, der die zu den verschiedenen Bremsstellungen gehörenden



Bild 282. Stellungen des Führerbremshebels des selbsttätigen Führerbremsventils

Angleicher

Drehschieber

Verbindungen herstellt. Gleichzeitig wird dabei die Steuerstange E mittels eines in dem Schraubengang G laufenden Querbolzens auf oder ab bewegt. Bei dieser Auf- oder Abbewegung wird mit Hilfe der Ein- und Auslaßventile V 8 und V 9 (im Innern der Steuerstange) in den Druckreglerraum entweder Hauptbehälterluft eingelassen (V 8), also der Druck erhöht, oder Luft aus ihm über den Innenraum des Wellrohrkolbens ins Freie ausgelassen (V 9), der Druck also erniedrigt. Die Stellung des zum Druckregler D gehörenden Wellrohrkolbens ist nämlich abhängig einerseits von der Spannung einer Feder, die mit der Stellschraube C verändert werden kann, und andererseits von dem ihn umgebenden Druck; der Kolben des Druckreglers bewegt sich, folgend der Druckänderung im Druckreglerraum, auf oder ab, bis Ein- oder Auslaß durch ihn selbst wieder geschlossen werden.

Infolge dieses Zusammenhanges entspricht jeder Hubstellung der Steuerstange und damit jeder Stellung des Führerbremshhebels ein bestimmter Druck im Druckreglerraum.

Ausgleich-
ventil Dieser Druck beeinflusst auch das Ausgleichventil, indem er auf dessen Kolben A von rechts wirkt; von links wirkt auf den Kolben über den Drehschieber J der Druck der Hauptluftleitung. Bei Druckerniedrigung im Druckreglerraum (Bremsen) geht der Ausgleichkolben nach rechts, öffnet ein Auslaßventil V 6 und läßt über die Ausbohrung der Kolbenstange so lange Luft aus der Hauptluftleitung ins Freie treten, bis der Druck in dieser gleich dem vom Regler eingestellten ist. Der Kolben A geht dann wieder nach links, und das Auslaßventil V 6 schließt. Bei Druckerhöhung im Reglerraum

Lösen (Lösen) geht der Ausgleichkolben A weiter nach links bis in seine Endlage, öffnet das kleine Mittelventil V 3 ein wenig und läßt Hauptbehälterluft allmählich in die Hauptleitung treten, bis er bei Druckgleichheit wieder nach rechts zurückgeht und das Mittelventil V 3 schließt.

Lösen mit
Füllstoß Beim Lösen mit Füllstoß wird unter Mitwirkung eines Hochdruckfüllventils K und eines Nachstellkolbens N Hauptbehälterluft über V 3 und V 4 in die Hauptluftleitung gelassen: Auf den Wellrohrkolben des Hochdruckfüllventils K wirkt auf der linken Seite der Reglerdruck, auf der rechten der in einem Ersatzhilfsbehälter herrschende Druck; beide Kolbenseiten stehen über Düse D 7 und Ventil V 5 miteinander in Verbindung, so daß auf sie im Ruhezustand der gleiche Druck wirkt. Durch Betätigen der Füllstoß-

Ersatz-
hilfs-
behälter

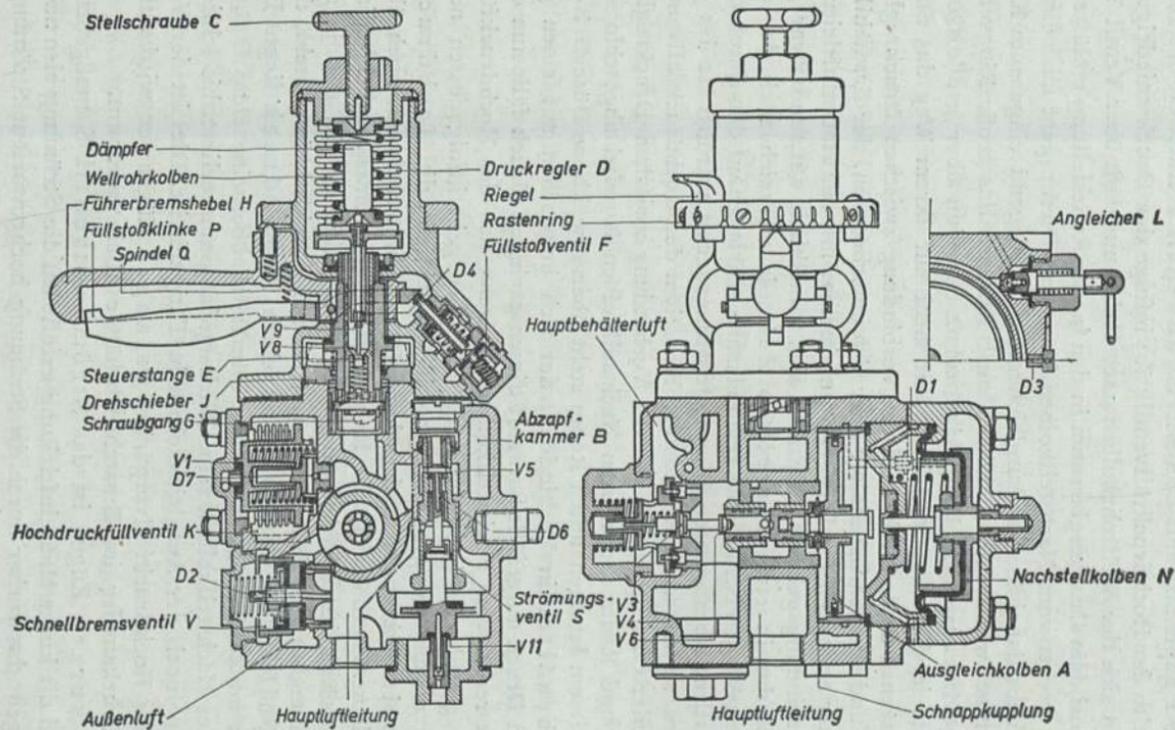


Bild 283. Das selbsttätige Führerbremsventil Bauart Knorr

klinke P zapft man mit dem Füllstoßventil F Luft von der rechten Seite des Hochdruckfüllventils ab; infolge der Druckerniedrigung bewegt sich der Wellrohrkolben nach rechts und läßt über Ventil V 1 Luft aus dem Druckreglerraum in den in der Ruhestellung entlüfteten Raum rechts vom Nachstellkolben N treten. Dieser geht nach links, verschiebt dabei die im Ausgleichkolben A fliegend eingebaute Kolbenstange, wodurch das kleine Ventil V 3 und das große Ringventil V 4 geöffnet werden. Hauptbehälterluft tritt nun über große Querschnitte in die Hauptluftleitung und hebt auf ihrem Weg das Strömungsventil S; dadurch wird die Verbindung zwischen Druckreglerraum und Ersatzhilfsbehälter über V 5 unterbrochen, der Ersatzhilfsbehälter aber über die Düse D 6 unmittelbar mit der Hauptluftleitung in Verbindung gebracht. Er füllt sich allmählich auf, und zwar geschieht das in etwa derselben Zeit, in der sich auch der am ersten Wagen befindliche Hilfsluftbehälter auf den durch den Reglerdruck bestimmten Hauptluftleitungsdruck auffüllt. Ist das geschehen, so herrscht auf beiden Kolbenseiten des Hochdruckfüllventils K wieder Gleichgewicht, und die Verbindung zwischen Druckreglerraum und Raum rechts vom Nachstellkolben N wird abgeschlossen. Mit diesem letztgenannten Raum steht über eine kleine Düse D 1 ein

Zeit-
behälter

Hoch-
druck-
füllzeit

Zeitbehälter in Verbindung, der sich inzwischen auf einen geringen Druck aufgefüllt hat. Auf diesen geringen Druck fällt nun der Druck rechts vom Nachstellkolben ab, wenn sich das Hochdruckfüllventil geschlossen hat; der Nachstellkolben geht infolgedessen nach rechts zurück, das große Ringventil V 4 schließt, die Hochdruckfüllzeit ist beendet, und es kann Hauptbehälterluft nur noch über das kleine Ventil V 3 in die Hauptluftleitung strömen. Dabei bedingt die zusätzliche Wirkung des Nachstellkolbens N, der ja zunächst noch unter dem geringen Druck des Zeitbehälters steht, daß der Fülldruck etwas über dem Reglerdruck liegt. Der Druck im Zeitbehälter entweicht allmählich über eine Düse D 3, so daß der Nachstellkolben seine Wirkung langsam verliert, bis schließlich nur noch der Ausgleichkolben in Tätigkeit ist. Dies ist der Verlauf des Hochdruckfüllvorganges an langen Zügen; er wird durch den Druckanstieg im Ersatzhilfsbehälter allein bestimmt.

Strö-
mungs-
ventil

Bei kurzen Zügen ist das Strömungsventil S maßgebend: Sobald die kurze Hauptluftleitung gefüllt ist, die Strömung also nachläßt, geht das vorher durch die Strömung hochgeworfene Strömungs-

ventil S wieder nach unten und stellt die große Verbindung zwischen den Kolbenseiten des Hochdruckfüllventils K über Ventil V 5 her. Durch den so erzwungenen Druckausgleich am Hochdruckfüllventil wird das Ventil V 1 vorzeitig geschlossen, so daß auch die Hochdruckfüllzeit früher beendet wird.

Der Angleicher ist ein Ventil, durch das Luft aus der Hauptluftleitung in den Zeitbehälter und damit in den Raum rechts vom Nachstellkolben N übergeleitet werden kann, so daß dieser etwas nach links geht und entsprechend der Höhe des Zeitbehälterdruckes Hauptbehälterluft über das Ventil V 3 in die Hauptluftleitung überströmen läßt. Durch die Düse D 3 entweicht der Druck des Zeitbehälters allmählich wieder, und der Nachstellkolben verliert langsam seine Wirkung.

Das Schnellbremsventil V wird im Ruhestand durch einen Kolben geschlossen gehalten, auf den der Druck der Hauptluftleitung durch die Düse D 2 wirkt; der Kolben hat eine größere wirksame Fläche als das von ihm zugehaltene Auslaßventil. In der Schnellbremsstellung wird der Raum links von diesem Kolben über den Drehschieber schnell entlüftet, so daß der Druck in der Hauptluftleitung einen großen Auslaß aufstoßen kann, und sich die Hauptluftleitung schnell entleert.

Versuche mit diesem selbsttätigen Führerbremsventil sind bei der Deutschen Reichsbahn bereits im Gange.

b) Die Hauptluftleitung

Die Hauptluftleitung besteht aus nahtlos gezogenen Rohren mit 1" lichtem Durchmesser. Die Rohrleitung der Zusatzbremse hat einen Durchmesser von $\frac{1}{2}$ ". Die Leitungen zwischen Lokomotive und Tender sind in der Regel durch Schläuche fest miteinander verbunden. Mit den übrigen Fahrzeugen werden die Hauptluftleitungen durch lösbare Bremskupplungen verbunden. Erwähnt sei, daß man die Hauptluftleitung auch mitunter, besonders in Verbindung mit anderen Wörtern, kurz mit Hauptleitung bezeichnet.

An der tiefsten Stelle der Hauptluftleitung, das ist unter dem Führerhaus, ist ein Tropfbecher (Bild 284) eingebaut, in dem sich das Wasser ansammeln kann, das bei Abkühlung der verdichteten Luft abgeschieden wird.

Ferner wird auf dem Tender in die Abzweigleitung zu dem Steuer-ventil ein Staubfänger eingebaut, und zwar bei älteren Lokomo-

tiven ein sogenannter Zentrifugal-Staubfänger (Bild 285 a). Während die Hauptleitungsluft gerade durch den Staubfänger geführt wird, ist die zum Steuerventil gehende Luft zur Richtungsänderung

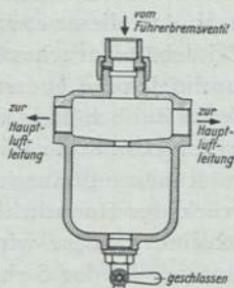


Bild 284. Tropfbecher

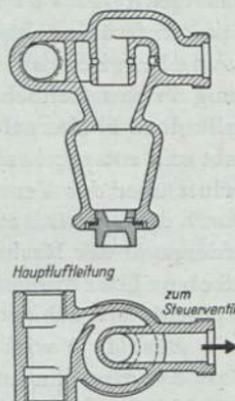


Bild 285 a. Zentrifugal-Staubfänger

und zum Wirbel gezwungen, so daß sie durch Schleuder- (Zentrifugal-) Wirkung Staub und Niederschlagwasser absetzt.

Eine wesentliche Verbesserung bedeutet der in letzter Zeit verwendete Schleuderfilter nach Bild 285 b. Hier wird die durchströmende Hauptleitungsluft derart nach unten abgelenkt, daß mitgeführte Schmutzteile und Feuchtigkeit herausgeschleudert und im Gehäuseunterteil gesammelt werden. Die zum Steuerventil abgehende Luft durchströmt einen besonderen Filtereinsatz, dessen mit Fett benetzte Füllung aus Metallwolle die letzten Staubteilchen zurückhält.

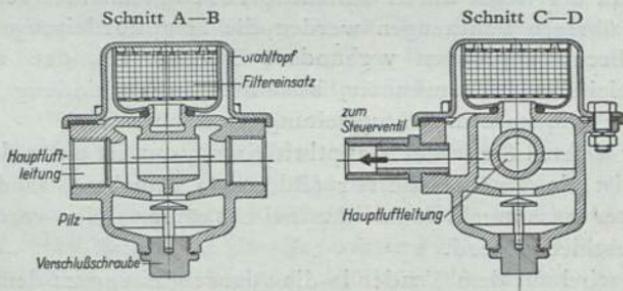


Bild 285 b. Schleuderfilter

An den Fahrzeugenden befinden sich an der Hauptluftleitung Luftabsperrhähne (Bild 286), auf die die Bremsschläuche aufgeschraubt werden. Der Hahnkegel wird durch eine Feder in das Gehäuse gedrückt; er ist geschlossen, wenn der Handgriff nach oben steht, und geöffnet, wenn er in Richtung der Rohrachse waagrecht steht. Bei geschlossenem Hahn tritt Druckluft durch eine kleine Bohrung 6 in die Hahnkappe und drückt den Hahnkegel fest in die Buchse, damit er besser dichtet. Beim Schließen wird außerdem durch die Bohrungen 9 und 10 sowie eine entsprechende Bohrung im Hahngehäuse die Bremskupplung entlüftet, so daß die Leitungsluft entweicht und man ohne Gefahr entkuppeln kann.

Neuerdings werden Absperrhähne mit Kugelverschluß eingebaut (Ackermann-Hähne). Zum Abdichten wird hier eine Kugelhaube verwendet, die sich bei geschlossenem Hahn gegen eine Gummischeibe legt (Bild 287). Die Kugelhaube wird beim Schließen durch einen Ansatz am Gehäuse seitlich abgedrängt und hierdurch die Bremskupplung über Bohrungen in der Hahnführung und einen Schlitz im Gehäuse entlüftet.

Die Hähne zweier benachbarter Fahrzeuge müssen beim Entkuppeln gleichzeitig geschlossen werden, damit infolge der Entlüftung nicht eine unbeabsichtigte Bremsung eintritt.

Die Bremskupplung besteht aus einem Gummischlauch mit Gewebeeinlage, einem Bremskupplungskopf und einem Schlauchstutzen. Kupplungskopf und Stutzen sind mit dem Schlauch durch Schellen verbunden. In die Kupplungsköpfe (Bild 288) sind Gummiringe eingelegt, die beim Kuppeln dichtend gegeneinander gedrückt werden. Beim Kuppeln werden die beiden Kupplungsköpfe zunächst mit den Gummiringen aneinandergedrückt, dann abwärts in die waagerechte Lage gedreht, bis das Anschlagstück am Kopf richtig in der Klaue der Gegenkupplung sitzt und sich gegen den Anschlagstift legt. Entkup-

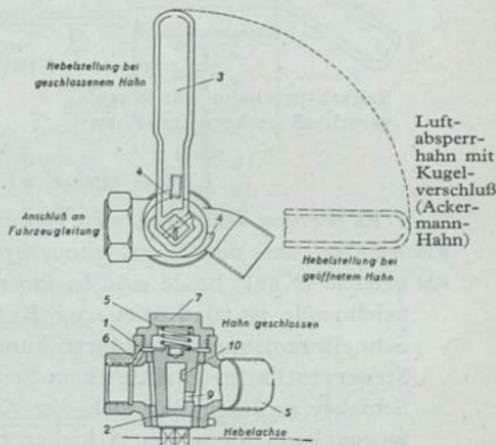


Bild 286. Luftabsperrhahn mit Kegel

Kupplungs-
halter
pelte Schläuche sollen stets in die an jedem Fahrzeugende angebrachten Kupplungshalter eingehängt werden, damit kein Schmutz in die Hauptluftleitung dringt.

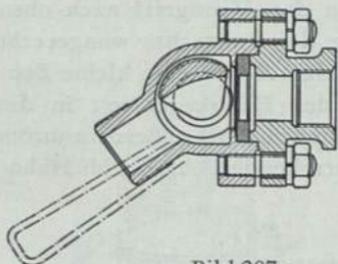


Bild 287.
Luftabsperrrhahn mit Kugelschluß (Ackermann-Hahn)

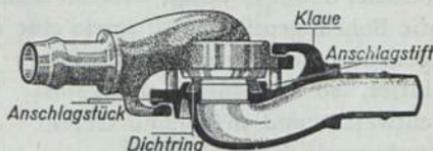


Bild 288. Kupplungsköpfe

c) Das einfachwirkende Steuerventil

Es werden zwei Bauarten von einfachwirkenden Steuerventilen verwendet, das der Westinghousebremse (Wbr) und das der Knorrbremse (Kbr); beide sind in ihrer Wirkungsweise gleich. Das Kennzeichnende ist, daß man nur Betriebsbremsungen, aber keine Schnellbremsungen ausführen kann. Bild 289 zeigt das Schaltbild des Steuerventils; es enthält einen Steuerkolben mit Rahmen, in dem ein Schieber so liegt, daß sich der Kolben um ein bestimmtes Maß bewegen kann, ohne den Schieber mitzunehmen. Am Kolben sitzt ein Abstufventil, das in den Schieber hineinragt und hier eine Bohrung entweder öffnet oder abschließt.

Auf dem Kolben lastet auf der unteren Seite der Druck in der Hauptluftleitung, auf der oberen Seite der Druck im Hilfsluftbehälter. Wenn der Druck auf der einen Seite überwiegt, bewegt sich der Kolben und nimmt den Schieber mit, der je nach seiner Stellung über Bohrungen und Kanäle den Bremszylinder entweder mit dem Hilfsluftbehälter oder mit der freien Luft verbindet.

Der Steuerkolben hat drei Stellungen: Füll- oder Lösestellung (289 a), Bremsstellung (289 b) und die Bremsabschlußstellung (289 c).

Füll- oder
Löse-
stellung
In die Füll- oder Lösestellung bewegt sich der Kolben, wenn der Druck in der Hauptluftleitung erhöht wird; es strömt dann Luft aus der Hauptluftleitung über die Füllnut, die den Kolben umgeht, in den Hilfsluftbehälter; der Bremszylinder wird durch den Schieber mit

der freien Luft verbunden, das Abstufventil ist geschlossen. Wird durch den Lokomotivführer der Druck in der Hauptluftleitung erniedrigt, so bewegt der Überdruck im Hilfsluftbehälter den Kolben ganz nach unten; der Schieber wird vom Rahmen mitgenommen. Das

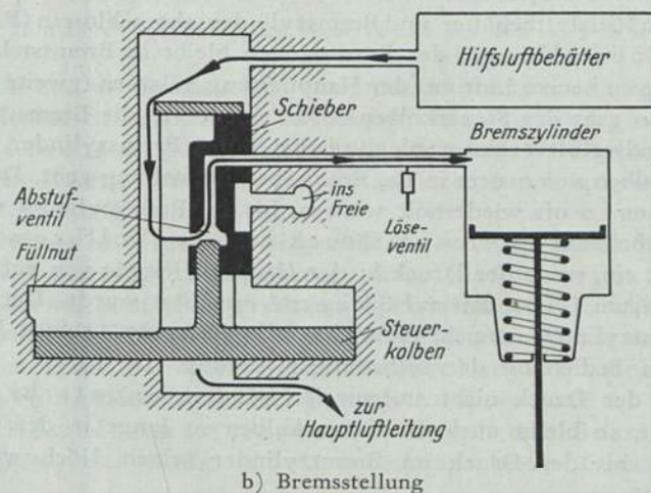
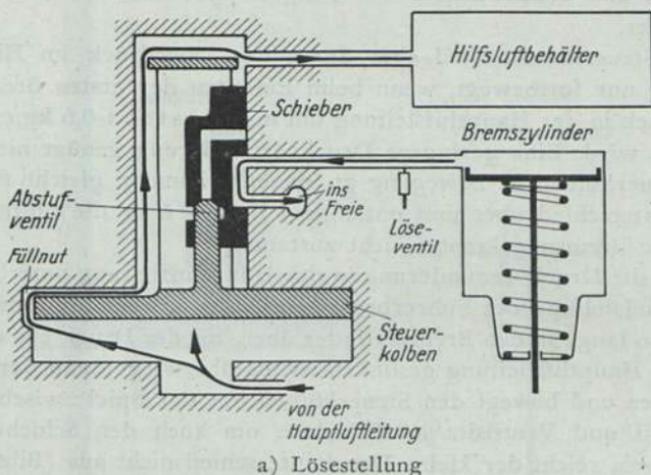


Bild 289a und b. Schaltbild des Steuerventils der Kbr und Wbr

Bremsstellung - Steuerventil befindet sich nun in der Bremsstellung: das Abstufventil ist geöffnet, der Schieber gibt gleichzeitig den Kanal zum Bremszylinder frei, so daß die Druckluft aus dem Hilfsluftbehälter in den Bremszylinder strömt. Der Kolben im Bremszylinder geht vor und drückt über das Bremsgestänge die Bremsklötze gegen die Räder.

Der Steuerkolben wird aber durch den Überdruck im Hilfsluftbehälter nur fortbewegt, wenn beim Einleiten der ersten Bremsstufe der Druck in der Hauptluftleitung um mindestens $0,5 \text{ kg/cm}^2$ vermindert wird. Eine geringere Druckverminderung genügt nicht, um den Steuerkolben in Bewegung zu setzen, vielmehr gleicht sich der Druckunterschied über und unter dem Kolben über die Füllnut aus, und eine Bremsung kommt nicht zustande.

Wird die Druckverminderung in der Hauptluftleitung unterbrochen (Abschlußstellung des Führerbremsventils), so strömt die Hilfsbehälterluft so lange in den Bremszylinder über, bis der Druck etwas unter den der Hauptluftleitung gesunken ist. Es überwiegt dann der Druck von unten und bewegt den Steuerkolben um das Spiel zwischen Abstufventil und Ventilsitz im Schieber; um auch den Schieber mitzubewegen, reicht der kleine Druckunterschied nicht aus (Bild 289 c).

Bremsabschlußstellung - Durch das Abstufventil wird in dieser Stellung die Verbindung zwischen Hilfsluftbehälter und Bremszylinder abgeschlossen (**Bremsabschlußstellung**); der Bremskolben bleibt in Bremsstellung.

Stufenweises Bremsen - Wird von neuem Luft aus der Hauptleitung gelassen (zweite Bremsstufe), so geht der Steuerkolben sofort wieder in die Bremsstellung; Hilfsbehälterluft strömt wieder so lange in den Bremszylinder, bis der Steuerkolben von neuem in die Bremsabschlußstellung geht. Der Vorgang kann so oft wiederholt werden, bis im Bremszylinder und im Hilfsluftbehälter gleicher Druck herrscht (**Vollbremsung**). Das tritt ein, wenn der Druck in der Hauptluftleitung von anfänglich 5 kg/cm^2 um $1,5 \text{ kg/cm}^2$ auf $3,5 \text{ kg/cm}^2$ ermäßigt wurde. Der Druck im Bremszylinder erreicht dann ebenfalls $3,5 \text{ kg/cm}^2$, seinen Höchstwert bei Bedienung der selbsttätigen Bremse.

Vollbremsung - Wird der Druck nicht stufenweise, sondern ununterbrochen ermäßigt, so bleibt auch der Steuerkolben so lange in der Bremsstellung, bis der Druck im Bremszylinder seinen Höchstwert erreicht hat.

Erhöht man, um die Bremse zu lösen, mit dem Führerbremsventil

den Druck in der Hauptluftleitung, so wird durch den Überdruck gegenüber dem Hilfsluftbehälter der Steuerkolben mit dem Steuerschieber in die Lösestellung (Bild 289 a) gebracht; dadurch wird der Bremszylinder mit der freien Luft verbunden, so daß der Druck

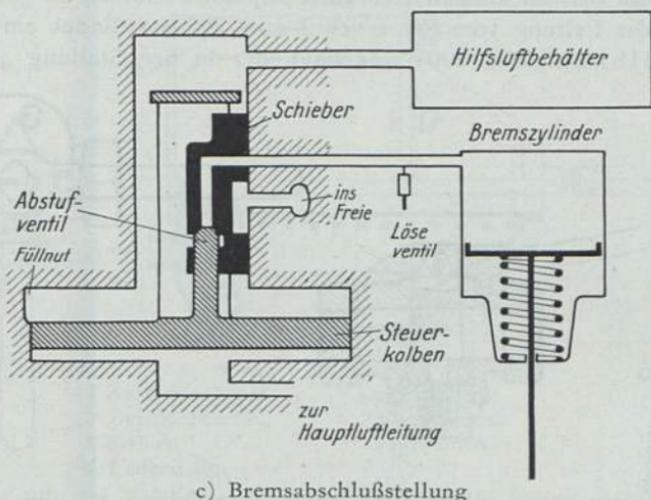


Bild 289c. Schaltbild des Steuerventils der Kbr und Wbr

entweicht und der Bremskolben unter der Wirkung einer eingebauten zylindrischen Schraubenfeder zurückgeht. Ein stufenweises Lösen ist nicht möglich, weil nach Einleiten des Lösevorganges von oben (Hilfsluftbehälter) nie ein größerer Druck als von unten (Hauptluftleitung) wirken kann.

Die Bremse ist wieder voll betriebsbereit, wenn im Hilfsluftbehälter der Druck von 5 kg/cm² erreicht ist. Wird wieder gebremst, bevor der Druck auf diese Höhe gestiegen ist, so wird der erreichbare Ausgleichdruck im Hilfsluftbehälter und Bremszylinder kleiner und somit die Bremskraft geringer. Bleibt zwischen wiederholtem Bremsen und Lösen nicht genügend Zeit zum Aufladen des Hilfsluftbehälters, so kann sich die Bremse erschöpfen, das heißt, es tritt überhaupt keine Bremswirkung mehr ein.

Erschöpfbarkeit der Bremse

d) Der G-P-Umstellhahn für Lokomotiven

Die Wagen der Güterzüge erhalten Bremsen, die langsamer wirken als die der Personenwagen; diesen verschiedenen Verhältnissen muß sich die Lokomotivbremse anpassen können. Es wird deshalb in die Leitung vom Steuerventil zum Bremszylinder ein G-P-Umstellhahn (Bild 290) eingebaut, der in der Stellung „P“ die

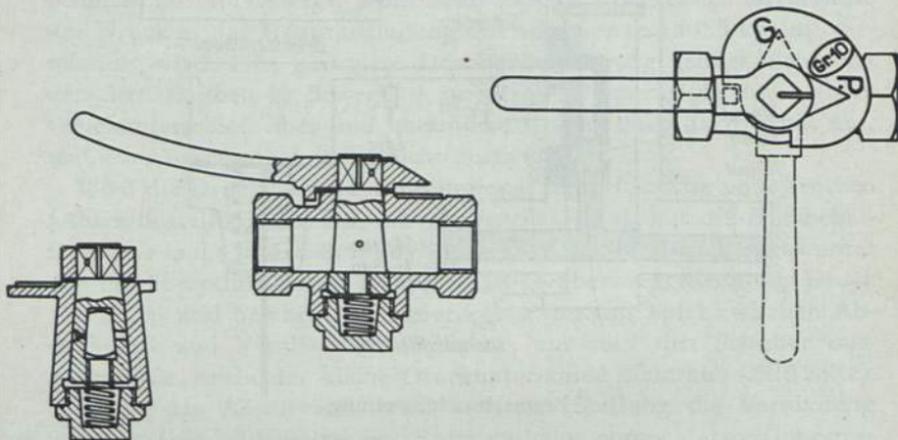


Bild 290. G-P-Umstellhahn für Lokomotiven

Luft ungedrosselt, in der Stellung „G“ durch eine enge Bohrung gedrosselt zum Bremszylinder überströmen läßt, so daß der Druck in diesem langsamer ansteigt.

e) Die Bremszylinder

Bei den Bremsen an Lokomotive und Tender sind im allgemeinen Bremszylinder und Hilfsluftbehälter voneinander getrennt. Der Bremskolben (Bild 291) wird durch einen Lederstulp abgedichtet und hat ein Führungsrohr, in das die Bremskolbenstange lose hineinragt. Der Kolben kann also unter der Wirkung der Zylinderfeder unabhängig wieder in seine Ruhelage zurückgehen. Die Kolbenstange wird durch die Rückziehfeder im Gestänge (vgl. Bild 263) stets gegen den Kolben gedrückt.

Die verschiedenen Arten der Bremszylinder unterscheiden sich

durch ihren Durchmesser, den Kolbenhub und die Art der Befestigung. Verwendet werden Bremszylinder von 8–16" Durchmesser; sie waren früher aus Gußeisen und werden jetzt, der Gewichtserparnis wegen, aus Stahlblech gezogen (Leichtbremszylinder).

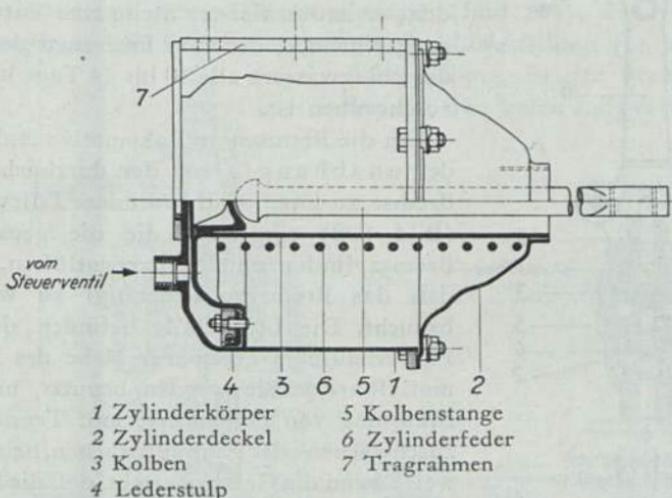


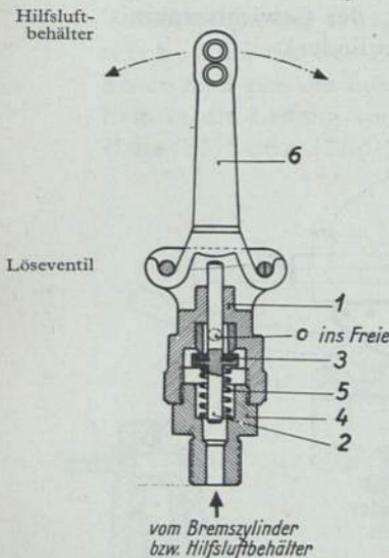
Bild 291. Leichtbremszylinder aus Stahl für Lokomotiven

Der Kolbenhub ändert sich je nach der Abnutzung der Bremsklötze und Radreifen; er darf bestimmte Grenzen nicht überschreiten und muß liegen: bei kurzhubigen Bremszylindern der Lokomotiven und langhubigen Bremszylindern älterer Lokomotiven mit doppelseitiger Abbremsung der Treib- und Kuppelachsen zwischen 70 und 100 mm, bei langhubigen Bremszylindern der Lokomotiven und den Bremszylindern der Tender der Einheitsbauarten 2'2' T 32, 2'2' T 34, 2'3 T 38, 2'3 T 37, 2'2' T 26 und der Tender 2'2' T 30 mit 2·14" Bremszylindern zwischen 70 und 130 mm, bei den Bremszylindern der Tender älterer Bauarten einschließlich der Einheitstender 2'2 T 30, 3 T 16 und 3 T 17 zwischen 100 und 200 mm. Die Kolbenkräfte sind bei dem kleinsten Hub am größten und betragen bei der Kbr je nach dem Durchmesser 1300–5270 kg. Bei zunehmendem Kolbenhub wird die Kolbenkraft geringer, weil der Inhalt des Bremszylinders größer und damit der Ausgleichdruck in Bremszylinder und Hilfsluftbehälter (vgl. S. 392) geringer wird, auch die Gegenkräfte der Zylinderfeder und der Rück-

ziehfeder im Gestänge zunehmen; beispielsweise fällt sie beim 16"-Zylinder von 5270 kg bei 70 mm Hub auf 4870 kg bei 130 mm Hub ab.

Der Hilfsluftbehälter ist mit dem Steuerventil durch eine Rohrleitung verbunden; er hat an tiefster Stelle eine Entwässerungsschraube, die zum Entfernen des Niederschlagwassers alle 10 bis 14 Tage herauszuschrauben ist.

Um die Bremsen an Lokomotive und Tender unabhängig von der durchgehenden Bremse zu lösen, sind besondere Löseventile (Bild 292) eingebaut, die die genannten Bremszylinder unmittelbar entlüften, ohne daß das Bremsventil betätigt zu werden braucht. Die Löseventile befinden sich im Führerhause in greifbarer Nähe des Lokomotivführers. Sie werden benutzt, um die Bremsung von Lokomotive und Tender abzuschwächen oder ganz aufzuheben, beispielsweise wenn die Gefahr besteht, daß die Räder zum Gleiten kommen. Das Ventil wird durch eine Feder geschlossen gehalten, aber von seinem Sitz gehoben, wenn ein Kipphebel gezogen wird. Das Festklemmen von Löseventilen in geöffneter Stellung ist verboten.



1 Gehäuse, 2 Ventil, 3 Dichtscheibe, 4 Anschlußstutzen, 5 Ventilsfeder, 6 Kipphebel

Bild 292. Löseventil

f) Führerbremseventil und Führerbremshahn der Zusatzbremse

Die Zusatzbremse wird mit einem besonderen Führerbremseventil betätigt; es ist ein Dreiwegeventil mit Drehschieber (Bild 293). Im Schieberspiegel sind 3 Bohrungen, die je mit einem der folgenden genannten Kanäle in Verbindung stehen: vom Hauptluftbehälter, zum Bremszylinder und zur freien Luft.

Im Drehschieber ist ein Hohlraum mit zwei zum Schieberspiegel führenden Bohrungen; über ihn wird der zum Bremszylinder führende Kanal entweder mit der freien Luft (Lösestellung) oder mit dem Hauptluftbehälter verbunden (Bremsstellung). In einer Mittelstellung sind alle Kanäle abgeschlossen, so daß in dieser Stellung eine Bremsung festgehalten werden kann (Abschlußstellung).

Die Bohrungen im Drehschieber haben muschelartige Ausläufe, so daß es möglich ist, in Zwischenstellungen über die kleinen Muschelquerschnitte kleine Brems- und Lösestufen ausführen zu können.

Ältere Lokomotiven haben an Stelle des Führerbremsventils für die Zusatzbremse einen Führerbremschahn (Bild 294); dieser ist ein Dreiwegehahn mit drei Stellungen. In der Lösestellung (I), zugleich Fahrtstellung, ist der Bremszylinder mit der freien Luft verbunden.

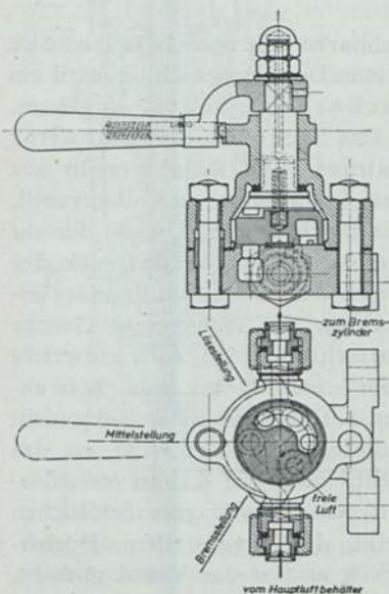


Bild 293. Drehschieber-Führerbremsventil der Zusatzbremse

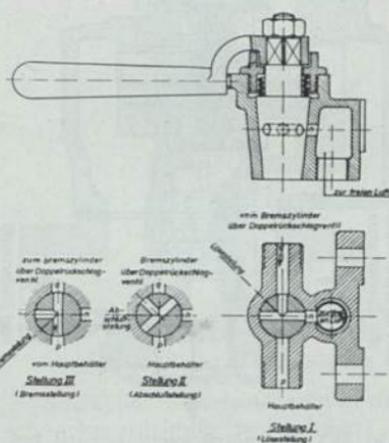


Bild 294. Führerbremschahn der Zusatzbremse

In der Abschlußstellung (II) ist jede Verbindung abgebrochen; eine eingeleitete Brems- oder Lösestufe bleibt erhalten. In der Bremsstellung (III) ist der Bremszylinder mit dem Hauptluftbehälter verbunden. Wenn der Bremshebel nicht in Abschlußstellung gelegt wird, steigt der Druck im Bremszylinder so lange an, als es ein in die Leitung zum Bremszylinder eingeschaltetes Sicherheitsventil zuläßt.

g) Doppelmuschelventil und Sicherheitsventil der Zusatzbremse

Beim Betätigen der nichtselbsttätigen Bremse durch Führerbremsventil oder -hahn strömt die Druckluft über ein Doppelmuschelventil oder -schlagventil

Doppelmuschelventil

schlagventil unmittelbar in den Bremszylinder, desgleichen beim Lösen unmittelbar ins Freie.

Das Doppelrückschlagventil (Bild 295) hat einen als Doppelteller-ventil gebauten Kolben, der entweder die Leitung von der Zusatzbremse her oder vom Steuerventil der selbsttätigen Bremse her mit dem Bremszylinder verbindet, je nachdem der Druck in der einen oder anderen Leitung überwiegt.

Um die mit der Zusatzbremse erreichbaren Bremsklotzdrücke zu begrenzen, wird in die Leitung zum Doppelrückschlagventil ein Sicherheitsventil eingebaut.

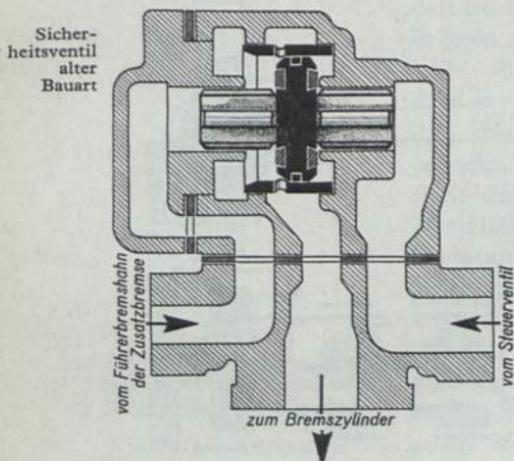
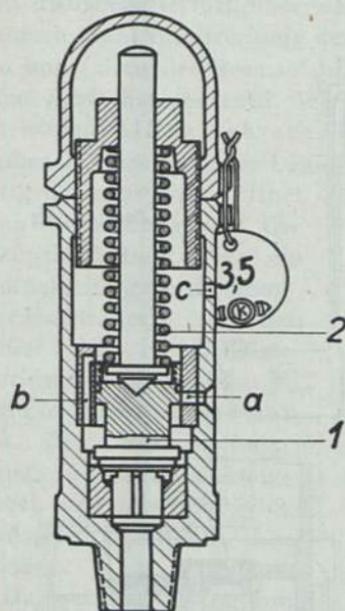


Bild 295. Doppelrückschlagventil bei Einbau einer Zusatzbremse

Das Sicherheitsventil alter Bauart (Bild 296a) besteht aus dem federbelasteten Kolbenventil, das angehoben wird, wenn der auf ihm von unten lastende Druck, der gleich dem Druck im Bremszylinder ist, die festgesetzte Grenze überschreitet. Die Luft entweicht über einen Kranz von Bohrungen a. Damit die Einstellung nicht unbefugt geändert wird, ist das Ventil oben mit Kappe verschlossen; ein angehängtes Schildchen zeigt den eingestellten Höchstdruck an. Ist das Ventil undicht, so entweicht die überströmende Luft über die Bohrungen b und c.

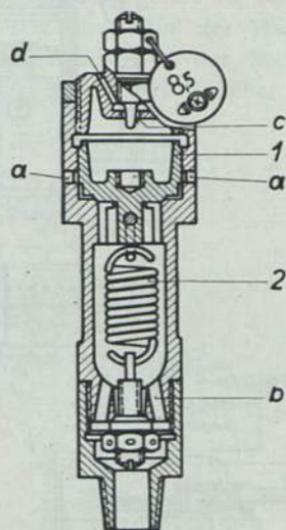
Das Sicherheitsventil neuer Bauart (Bild 296b) kann im Betriebe überhaupt nicht verstellt werden und bietet somit Gewähr gegen unbefugte Änderung. Es arbeitet folgendermaßen: Die Druckluft gelangt durch die Bohrungen b unter das Kolbenventil 1, das durch die Zugfeder 2 belastet ist. Übersteigt der Druck die festgesetzte Grenze, so wird das Ventil angehoben, und die Druckluft entweicht durch einen Kranz von Bohrungen a. Der Ventilhub wird durch die Kappe begrenzt. Die vom Kolben beim Anhub verdrängte Luft entweicht durch die Nadelventilbohrung c und die Bohrung d. Auf demselben Wege wird auch wieder Luft angesaugt, wenn das Kolbenventil schließt; der freie Durchgang im Nadelventil kann

so gering eingestellt werden, daß das Ventil 1 sanft auf seinen Sitz zurücksinkt.



1 Kolbenventil, 2 Ventulfeder

Bild 296a. Sicherheitsventil in der Bremsleitung (alte Bauart)



1 Kolbenventil, 2 Zugfeder

Bild 296b. Sicherheitsventil in der Bremsleitung (neue Bauart)

3. Die Bremsausrüstung der Tender

a) Die schnellwirkenden Steuerventile

Bei den Tendarern werden die beiden Bremsen mit schnellwirkendem Steuerventil Westinghouse (Wpbr) und Knorr (Kpbr) verwendet. Die schnellwirkenden Steuerventile arbeiten bei Betriebsbremsung genau so wie die einfachwirkenden (vgl. S. 392); wird der Druck in der Hauptluftleitung jedoch plötzlich stark vermindert (Führerbremshebel in Schnellbremsstellung), so nehmen Steuerkolben und Steuerschieber eine Stellung ein, in der Luft aus der Hauptluftleitung unmittelbar in den Bremszylinder strömen kann; dadurch setzt die Bremswirkung viel schneller und

Wpbr
Kpbr

kräftiger ein. Weil an jedem Fahrzeug hierbei Luft aus der Hauptluftleitung in die Bremszylinder ausströmt, pflanzt sich die Druck-

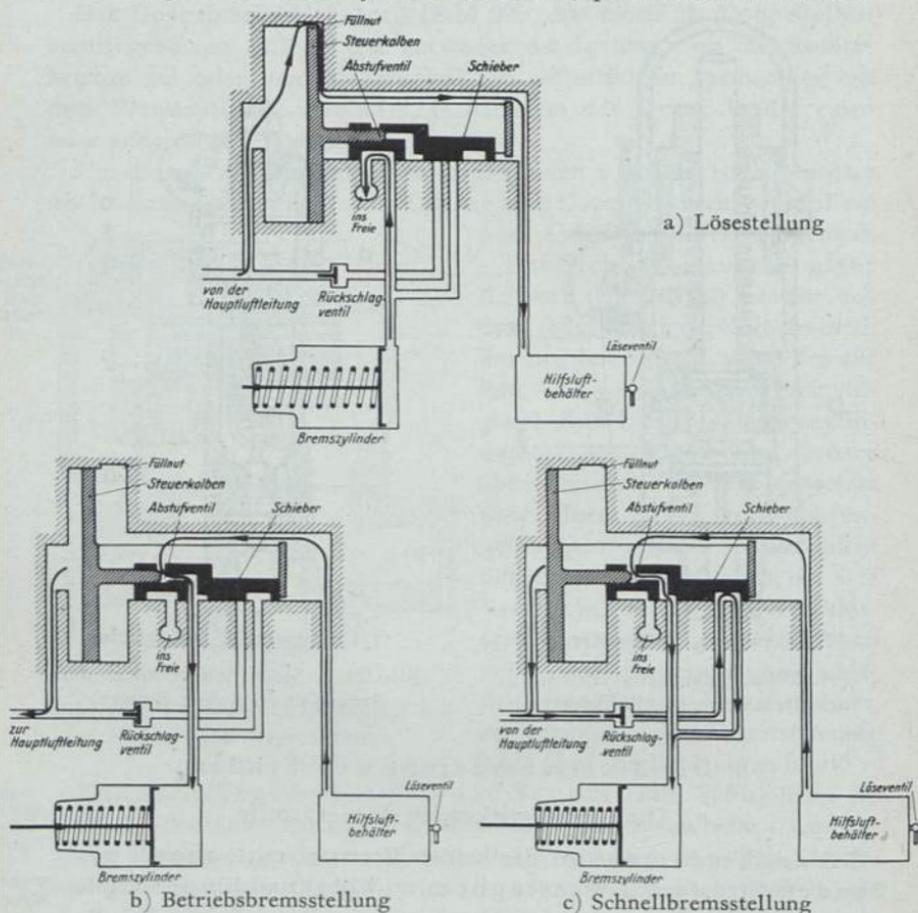


Bild 297 a—c. Schaltbild des Steuerventils der Wpbr und Kpbr

verminderung bis zum Zugschluß viel schneller fort, die Durchschlagszeit wird also verkürzt.

Der Steuerkolben ist bei den schnellwirkenden Ventilen waagrecht angeordnet; der Steuerschieber verbindet in der Lösestellung (Bild 297 a) den Bremszylinder mit der freien Luft. Bei Betriebs-

Löse-
stellung
Betriebs-
bremsung

bremsung legt der Steuerkolben nicht den ganzen Hub zurück, sondern bleibt auf halbem Wege stehen (Bild 297 b). Der Schieber läßt nun Hilfsbehälterluft über das Abstufventil in den Bremszylinder strömen. Bei Unterbrechung der Druckverminderung, erneutem Bremsen und Lösen der Bremse spielt sich der Vorgang genau so ab wie beim Einfachsteuerventil. Wird dagegen der Druck in der Hauptluftleitung plötzlich stark vermindert, dann wird der Steuerkolben in seine äußerste Lage gestoßen (Bild 297 c); der Schieber, der mitgenommen wird, öffnet eine Verbindung von der Hauptluftleitung über ein Rückschlagventil zum Bremszylinder, so daß außer der Hilfsbehälterluft noch Hauptleitungsluft so lange überströmt, bis der Bremszylinderdruck den Hauptleitungsdruck übersteigt. Das Rückschlagventil schließt dann wieder.

Schnellbremsung

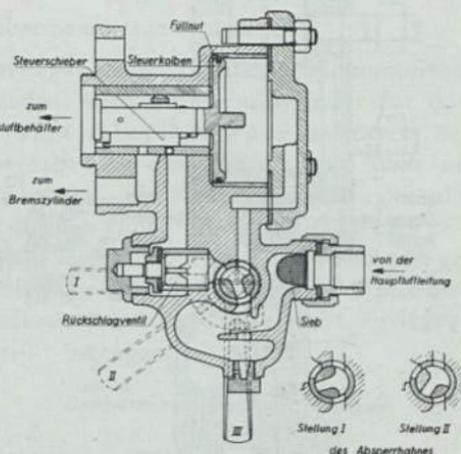


Bild 298. Schnellwirkendes Steuerventil der Kpbr (Stellungen des Absperrhahnes)

Absperrhahn

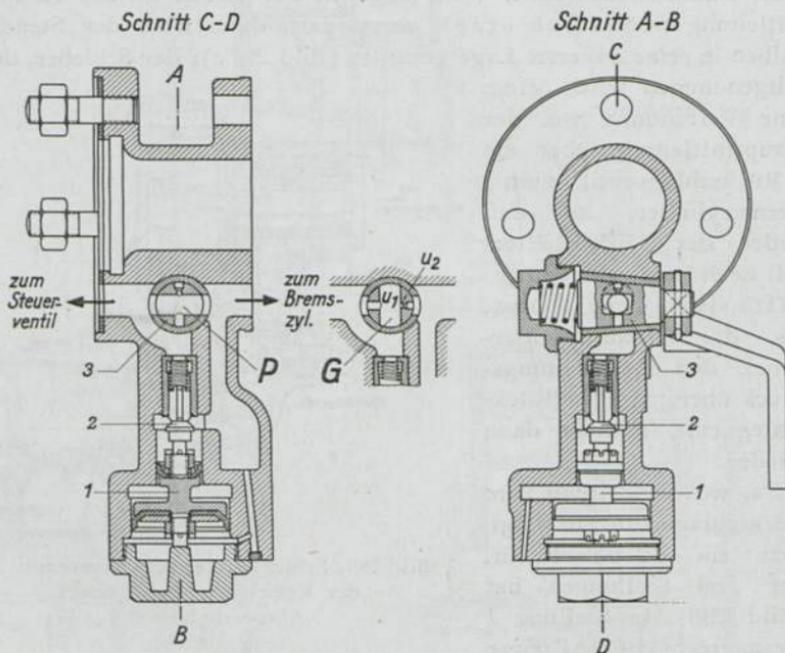
Da, wo die Leitung zum Rückschlagventil abzweigt, sitzt ein Absperrhahn, der drei Stellungen hat (Bild 298). In Stellung I (waagrecht) ist die Bremse

ohne Schnellbremswirkung eingeschaltet, in Stellung II (schräg abwärts) ist die Bremse ganz ausgeschaltet, in Stellung III (senkrecht abwärts) ist die Bremse mit Schnellwirkung eingeschaltet.

b) Das G-P-Wechselventil der Wpbr und Kpbr

Bei den Güterzügen muß sich der Druck im Bremszylinder langsamer entwickeln als bei den oben beschriebenen Bremsen, damit auch lange Züge trotz der längeren Durchschlagszeit stoßfrei gebremst werden. Allerdings muß bei Beginn der Bremsung sofort ein gewisser Druck einsetzen, um die Bremsklötze schnellstens an die Räder anzulegen. Damit nun Fahrzeuge mit Wpbr und Kpbr auch für

Güterzüge verwendet werden können, haben sie ein G-P-Wechselventil (Bild 299), das zwischen Steuerventil und Bremszylinder eingebaut wird. Es hat einen Umstellhahn mit den Stellungen „P“ für Personenzug und „G“ für Güterzug und ein Mindestdruckventil mit Stufenkolben, das bewirkt, daß der Druck im Bremszylinder



1 Stufenkolben, 2 Mindestdruckventil, 3 Umstellhahn

Bild 299. G-P-Wechselventil

anfangs schnell, dann aber nur langsam ansteigt. Das Mindestdruckventil wird durch eine Feder offengehalten, wenn der Bremszylinder ohne Druck ist. Der Raum zwischen den beiden Kolben des Stufenkolbens ist durch eine Bohrung mit der freien Luft, der Raum unter dem großen Kolben mit der zum Bremszylinder führenden Leitung verbunden.

In der Stellung „P“ strömt die Hilfsbehälterluft vom Steuerventil durch die große Bohrung u_1 des Hahnkegels ungedrosselt in den

Bremszylinder. In der Stellung „G“ strömt die Luft dagegen durch die kleine Bohrung u_2 stark verzögert in den Bremszylinder. Gleichzeitig strömt sie auch über das Mindestdruckventil anfänglich ungehindert in den Bremszylinder. Ist in diesem aber ein Mindestdruck von $0,6 \text{ kg/cm}^2$ erreicht, so genügt die aufwärts gerichtete Kraft, die nunmehr der große Kolben ausübt, um das Mindestdruckventil zu schließen, so daß die Luft nur durch die Bohrung u_2 zum Bremszylinder strömen kann.

c) Die Lastabbremmung für Tender

Damit die Tender der Schnell- und Personenzuglokomotiven genügend hoch abgebremst werden, wird ihr Bremszylinder für das Tendergewicht einschließlich voller Vorräte bemessen. Bei stark verminderten Vorräten ist die Abbremsung dann zu hoch, und es besteht die Gefahr, daß die Räder schleifen; deshalb wird zwischen G-P-Ventil und Bremszylinder noch ein Druckverminderer geschaltet (Bild 300). Er enthält einen Stufenkolben 1, der ein kleines Ventil 2 steuert, sowie einen Umstellhahn 3 mit den Stellungen I und II. In die Stellung I ist der Umstellhahn zu legen, wenn die Vorräte weniger als 10 t betragen.

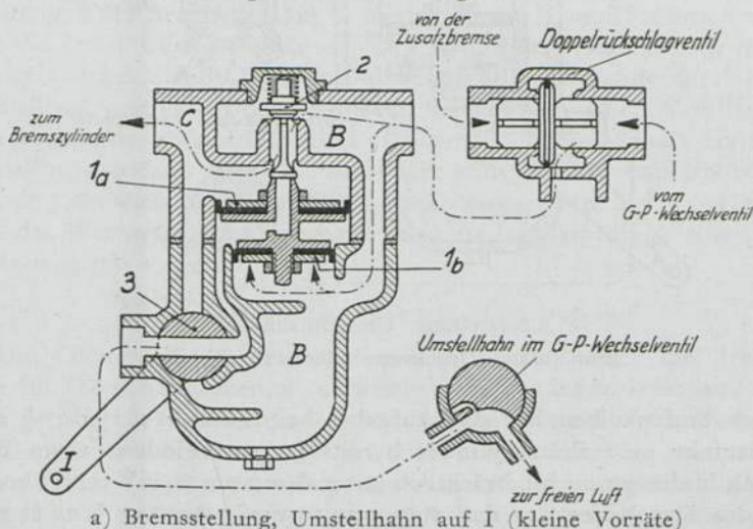
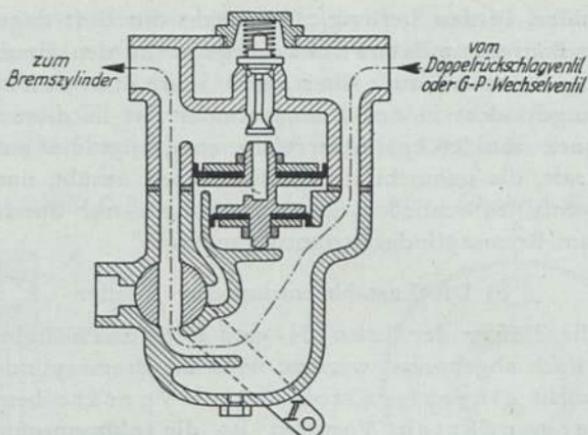
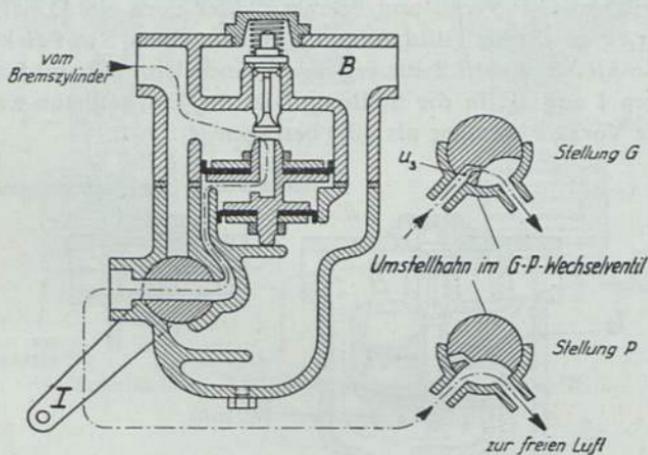


Bild 300a. Druckverminderer für Tender



b) Bremsstellung, Umstellhahn auf II (große Vorräte)



c) Lösestellung, Umstellhahn auf I

Bild 300b, c. Druckverminderer für Tender

Der Stufenkolben hat die Aufgabe, bei Hahnstellung I die Luftzufuhr zum Bremszylinder bereits zu unterbinden, wenn der Druck in diesem noch beträchtlich unter dem vom G-P-Wechsel kommenden Druck liegt, so daß stets mit verminderter Kraft gebremst wird. Die Unterseite des kleinen Kolbens 1 b sowie der Raum B

stehen ständig mit der vom Wechselventil kommenden Leitung, die Oberseite des großen Kolbens 1 a (Raum C) mit dem Bremszylinder, endlich der Raum zwischen beiden Kolben bei Hahnstellung I über Bohrungen im Umstellhahn des G-P-Wechsels mit der freien Luft in Verbindung.

Bei Hahnstellung I (Bild 300 a) gelangt beim Bremsen die vom G-P-Wechsel oder Zusatzbremshahn kommende Luft zunächst unter den kleinen Kolben, hebt den ganzen Stufenkolben und öffnet damit Ventil 2, durch das Druckluft in den Bremszylinder strömt. Ist in diesem der Druck so weit angestiegen, daß die von oben auf den großen Kolben 1 a wirkende Kraft gleich der auf den kleinen Kolben 1 b von unten wirkenden ist, so schließt eine Feder das Ventil 2 wieder. Die Kolbendurchmesser sind so gewählt, daß das Ventil bereits geschlossen wird, wenn der Druck im Bremszylinder etwa $\frac{3}{4}$ des Druckes im Raum B beträgt.

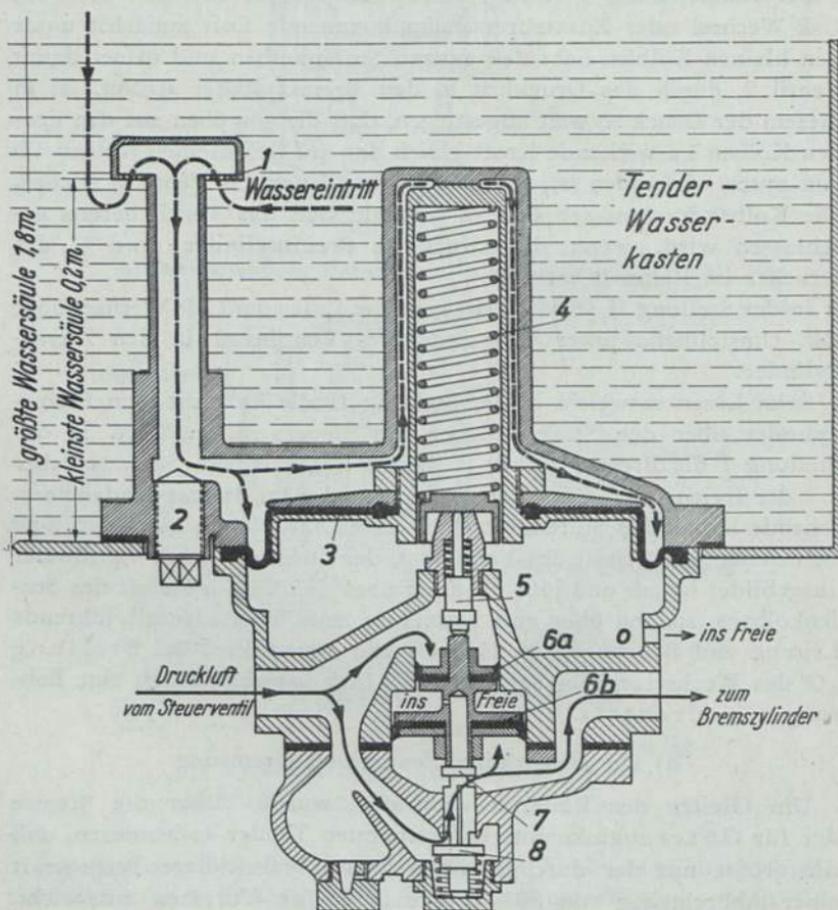
In der Stellung II (Bild 300 b) geht die Luft vom G-P-Wechsel über den Umstellhahn unter Umgehung des Ventiles 2 in den Bremszylinder.

Beim Lösen entweicht in der Stellung II die Luft aus dem Bremszylinder über den Steuerschieber des Steuerventiles. Wird in der Stellung I die Bremse gelöst, d. h. der Raum B vom Steuerschieber mit der freien Luft verbunden, so bewegt der im Bremszylinder herrschende Druck den Stufenkolben abwärts (Bild 300 c); hierdurch hebt sich dieser vom Schaft des Ventiles 2, der unten zu einem Ventilteller ausgebildet ist, ab und läßt die Luft über den hohlen Schaft des Stufenkolbens, sodann über eine besondere zum Wechselventil führende Leitung und Bohrungen im Umstellhahn entweichen. Bei Stellung „G“ des Wechselventiles entweicht die Luft langsam durch eine Bohrung u_3 gedrosselt.

d) Die selbsttätige Tenderlastabbremung

Um Gleiten der Räder zu verhüten, wurde bisher die Bremse der für Güterzuglokomotiven bestimmten Tender so bemessen, daß die größte mit der durchgehenden Bremse erreichbare Bremskraft einer Abbremsung von 80 % bei mittleren Vorräten entspricht. Bei vollen Vorräten ist infolgedessen die Abbremsung erheblich geringer. Neue Tender für Güterzuglokomotiven erhalten jetzt eine selbsttätige Lastabbremung, das ist eine Einrichtung, die

den Druck im Bremszylinder in Abhängigkeit vom jeweiligen Wasservorrat im Tender derart regelt, daß bei Vollbremsung eine Abbremsung von 80 % bei beliebiger Wassermenge erreicht, dieser Wert aber auch nicht überschritten werden kann. Geringe Schwankungen in diesem Höchstwert treten nur dadurch auf, daß der



1 Sieb, 2 Absperrventil, 3 Kolben, 4 Feder, 5 Stößel, 6 a und b Stufenkolben,
7/8 Doppelsitzventil

Bild 301. Druckminderventil der selbsttätigen Tenderlastabbremsung

wechselnde Kohlenvorrat unberücksichtigt bleibt, doch sind sie unerheblich.

Bei der selbsttätigen Tenderlastabbremung wird die vom Steuerventil bzw. vom Zusatzbremsventil über das Rückschlagventil kommende Druckluft über ein Druckminderventil geleitet (Bild 301). Es enthält als regelnde Teile einen Stufenkolben 6, der ein Doppelsitzventil 7/8 steuert, und einen Kolben 3, auf dem die Last des Wassers ruht und der über die Feder 4 und den Stößel 5 auf den Stufenkolben einwirkt. Der Stufenkolben hat die Aufgabe, die Luftzufuhr vom Steuerventil bzw. Zusatzbremsventil zum Bremszylinder zu unterbinden, wenn der Druck im Bremszylinder eine Höhe erreicht hat, die einer Abbremsung von 80 % des jeweiligen Tendergewichts einschließlich Wasservorrat entspricht. Folgende Kräfte wirken auf ihn: von oben die Kolbenkraft (3), die je nach dem Wasservorrat verschieden groß ist, sowie auf die Oberseite des kleinen Kolbens 6a der Druck der vom Steuerventil kommenden Luft, von unten der auf der Unterseite des großen Kolbens 6b lastende Druck im Bremszylinder; der Raum zwischen den beiden Kolben 6a und 6b ist mit der freien Luft verbunden.

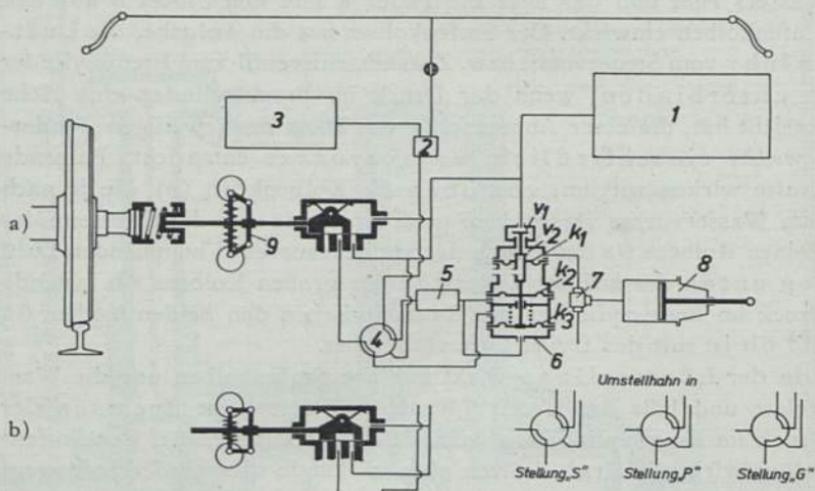
In der Lösestellung wirkt auf den Stufenkolben nur die Wasserlast und hält das Ventil 7/8 offen. Steigt beim Bremsen der Druck im Bremszylinder so weit, daß die von unten auf den Stufenkolben wirkende Kraft die von oben wirkende überwindet, so bewegt sich der Stufenkolben nach oben, das Ventil 7/8 folgt ihm unter der Wirkung der unter ihm liegenden kleinen Feder nach, und der Ventilteller 8 unterbricht die Luftzufuhr zum Bremszylinder. Das geschieht um so früher, je geringer die Wasserlast ist.

Beim Lösen entweicht zunächst die Luft unter dem Ventilsitz 8 und über dem Stufenkolben 6a; der Bremszylinder entleert sich über Ventil 8 auf dem üblichen Wege über das Steuerventil, ferner über Ventil 7 und den hohlen Schaft des Stufenkolbens.

4. Die Bremsen für schnellfahrende Lokomotiven (Kssbr)

Damit die schnellfahrenden Lokomotiven (mit mehr als 130 km/h Höchstgeschwindigkeit) auf der Strecke zwischen Vorsignal und Hauptsignal zum Stehen kommen, müssen bei ihnen alle Achsen, bei denen es aus fahrtechnischen Gründen möglich ist, bis zu 200 % ab-

gebremst werden. Es sind dies die Treibachsen und die hinteren Lauf- oder Drehgestellachsen. In voranlaufenden Drehgestellen darf die Abbremsung der ersten Achse 50 %, die der zweiten 80 % nicht übersteigen, damit die Sicherheit gegen Aufsteigen in Krümmungen gewahrt bleibt; sie erhalten daher die Regelausrüstung. Dagegen müssen die Bremsen mit sehr hoher Abbremsung eine Einrichtung haben, die den höchsten Bremsdruck nur bei hoher Geschwindigkeit zuläßt und



Stellungen des Achslager-Bremsdruckreglers a) bei Geschwindigkeiten über 60 km/h, b) bei Geschwindigkeiten unter 60 km/h

Bild 302. Bremse für schnellfahrende Lokomotiven

ihn ermäßigt, wenn diese abnimmt, damit die Räder nicht schleifen. Die in dieser Hinsicht ergänzte Bremse (Bild 302) hat die Bezeichnung Kssbr, da sie ein Einfachsteuerventil Bauart Knorr verwendet; ihre Hauptmerkmale sind:

1. Bei einer Bremsung läßt das Steuerventil 2 die Luft aus dem Hilfsluftbehälter 3 nicht in den Bremszylinder, sondern in eine Vorsteuerkammer 5 strömen.
2. Der Druck in der Vorsteuerkammer wirkt auf einen Druckübersetzer 6, der die Bremszylinder mit Luft aus dem Hauptluftbehälter 1 füllt und sie auch wieder entleert.

Vorsteuer-
kammer
Druck-
übersetzer

Infolge des höheren Druckes im Hauptluftbehälter kann auch ein hoher Kolbendruck erreicht werden.

3. Der Druckübersetzer steht unter der Einwirkung eines von einer Achse angetriebenen Flichkraftreglers 9 (Achslager-Bremsdruckregler) und verhindert, daß die Abbremsung bei Geschwindigkeiten unter 60 km/h 75 % übersteigt, läßt jedoch für höhere Geschwindigkeiten eine Abbremsung bis 200 % zu.

Achslager-
Brems-
druckregler

Wird der Druck in der Hauptluftleitung mit dem Führerbremsventil erniedrigt, so steuert das einfachwirkende Steuerventil 2 in die Bremsstellung um, Druckluft strömt aus dem Hilfsluftbehälter 3 über einen Umstellhahn 4 in die Vorsteuerkammer 5. Der Druck in dieser wirkt im Druckübersetzer 6 auf die Unterseiten der Kolben k_2 und k_3 , die nach oben gehen und das Ventil v_1 öffnen, so daß Druckluft aus dem Hauptluftbehälter 1 über ein Doppelrückschlagventil 7 in die Bremszylinder 8 strömt. Ist der Druck in den Bremszylindern und damit auch im Druckübersetzer in der Kammer oberhalb des Kolbens k_1 so weit gestiegen, daß er dem von unten auf k_2 und k_3 wirkenden das Gleichgewicht hält, so gehen k_1 und mit ihm k_2 und k_3 abwärts, das Ventil v_1 schließt wieder.

Der Achslager-Bremsdruckregler 9 beeinflusst den Druckübersetzer dadurch, daß er den Druck in der Kammer oberhalb des Kolbens k_3 verändert. Bei Geschwindigkeiten über 60 km/h gehen die Flihgewichte auseinander und stellen eine Verbindung zwischen der genannten Kammer und der freien Luft über den Umstellhahn 4 her, so daß das Spiel der Kolbenkräfte im Druckübersetzer durch Druck oberhalb des Kolbens k_3 nicht beeinflusst wird. Bei Geschwindigkeiten unter 60 km/h zieht eine Feder die Flihgewichte zusammen, schließt die Kammer oberhalb des Kolbens k_3 im Druckübersetzer von der Verbindung mit der freien Luft ab und öffnet durch den Schieber im Achslager-Bremsdruckregler eine Verbindung mit dem Hauptluftbehälter, so daß nun Druckluft in die genannte Kammer strömt. Sofern im Bremszylinder ein höherer Druck herrscht, als einer Abbremsung von 75 % entspricht, bewegt sich das Kolbensystem unter der Wirkung der Drücke auf k_1 und k_3 abwärts, so daß das Auslaßventil v_2 im Druckübersetzer öffnet. Es strömt nun Bremszylinderluft ins Freie, bis bei einem Druck, der 75 % Abbremsung entspricht, das Kolbensystem wieder nach oben geht und v_2 schließt; das Gleichgewicht der Kolbenkräfte im Druckübersetzer ist dann wiederhergestellt.

Beim Lösen wird die Vorsteuerkammer 5 vom Steuerventil entlüftet, wie bei der Kbr der Bremszylinder; auch die Kammern unterhalb k_2 und k_3 werden drucklos, das Kolbensystem im Druckübersetzer geht unter der Einwirkung des Bremszylinderdruckes auf k_1 nach unten und entlüftet die Bremszylinder über das Ventil v_2 .

Undichtheiten im Bremszylinder wirken sich so aus, daß der auf k_1 von oben lastende Druck den Kolben k_2 und k_3 nicht mehr als Gleichgewicht halten kann. Diese stoßen das Ventil v_1 auf und speisen Hauptbehälterluft in die Bremszylinder nach, bis das Gleichgewicht wiederhergestellt ist.

Umstellhahn Durch Drosselbohrungen im Umstellhahn 4, über den die Luft auf dem Wege vom Steuerventil 2 strömt, kann die Zeitdauer geändert werden, in der sich der Druck in der Vorsteuerkammer 5 und damit in den Bremszylindern entwickelt, so daß die Bremse den verschiedenen Verwendungsmöglichkeiten der Lokomotive angepaßt werden kann. Der Hahn hat die Stellungen „G“, „P“, „S“ und „SS“. In Stellung „G“ und „P“ wird die Oberseite des Kolbens k_3 im Druckübersetzer über den Umstellhahn 4 dauernd mit dem Hauptluftbehälter in Verbindung gehalten; die Abbremsung kann 75 % nicht überschreiten und wird in 5 sec erreicht. In Stellung „S“ beträgt die Abbremsung nach 5 sec 130 %, steigt dann weiter auf 200 %. In Stellung „SS“ werden 200 % in 2 sec erreicht.

Auch die Tender schnellfahrender Lokomotiven werden mit 200 % abgebremst und erhalten außerdem eine Einrichtung, die den Bremsklotzdruck nach der Wasserlast regelt und bei Geschwindigkeiten unter 60 km/h auf 75 % Abbremsung begrenzt; sie arbeitet ähnlich wie die Bremsenrichtung für schnellfahrende Lokomotiven.

Die zusätzliche Einrichtung (Bild 303) besteht darin, daß ein Druckübersetzer Dü 11, ähnlich der oben beschriebenen Art, nicht nur unter dem Einfluß eines Achslager-Bremsdruckreglers, sondern auch der Wasserlast im Tender steht. Der Druckübersetzer ist hier in zwei Behälter aufgelöst: 6 mit dem Kolbensatz k_2 und k_3 und 7 mit dem Kolben k_1 und den Ventilen v_1 und v_2 . Beim Bremsen halten sich die Kolbenkräfte das Gleichgewicht über den Hebel h ; das Hebelverhältnis wird von einem unter dem Druck des Wassers im Tender stehenden Kolben k_4 und der Stellfeder F dadurch verändert, daß diese den Hebeldrehpunkt verschieben. Die Bremsluft liefert ein Vorratsluftbehälter 1, der mit dem

Hauptluftbehälter der Lokomotive durch eine besondere Leitung in Verbindung steht. In dieser sitzen auf der Lokomotive eine Düse D, die den Hauptluftbehälter bei Schlauchbruch vor Entlüftung schützt, und auf dem Tender ein Rückschlagventil R.

Wird durch Erniedrigen des Druckes in der Hauptluftleitung gebremst, so geht das einfachwirkende Steuerventil 2 in die Bremsstellung und läßt Luft aus dem Hilfsluftbehälter 3 über Drosselbohrungen im Umstellhahn 4 zur Vorsteuerkammer 5 strömen; der Druck in

Umstellhahn im Druckübersetzer

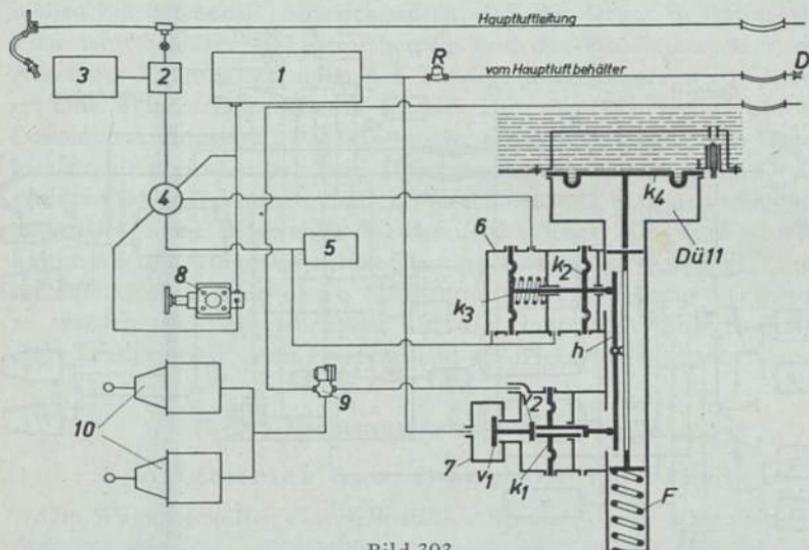


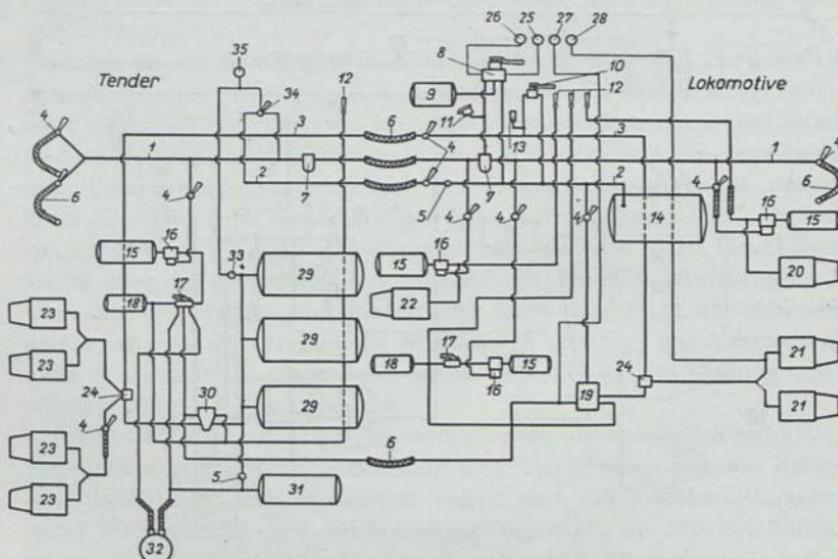
Bild 303.

Selbsttätige Lastabbremung für Tender schnellfahrender Lokomotiven

dieser wirkt auf die Kolben k_2 und k_3 , die sich nach rechts bewegen und das Ventil V_1 öffnen. Druckluft strömt nun aus dem Vorratsbehälter 1 so lange über das Doppelrückschlagventil 9 in die Bremszylinder 10, bis der gleichzeitig auf den Kolben k_1 wirkende Druck im Bremszylinder den Kolbenkräften von k_2 und k_3 das Gleichgewicht hält und das Ventil v_1 schließt. Je nach der Stellung des Hebelarmdrehpunktes wird das früher oder später der Fall sein, also bei wenig Wasser niedriger Bremsdruck und bei viel Wasser hoher Bremsdruck erreicht werden.

Der Raum rechts vom Kolben k_3 steht bei Geschwindigkeiten von

mehr als 60 km/h über den Achslager-Bremsdruckregler 8 mit der freien Luft in Verbindung (s. S. 409). Sinkt die Geschwindigkeit unter 60 km/h, so überwindet eine Feder die Kraft der Fliehgewichte, schließt die Verbindung mit der freien Luft und läßt Druckluft aus dem Vorratsbehälter in den Raum rechts vom Kolben k_3 treten. Der Kolbensatz k_2-k_3 bewegt sich nach links und öffnet über den Hebel h das Ventil v_2 . Druckluft entweicht so lange aus den Bremszylindern 10, bis die Abbremsung auf 75 % gesunken ist.



1 Hauptluftleitung, 2 Hauptluftbehälterleitung, 3 Leitung der Zusatzbremse, 4 Luftabsperrhahn, 5 Drosseldüse, 6 Bremskupplung, 7 Tropfbecher, 8 Drehchieber-Führerbremsventil, 9 Ausgleichbehälter, 10 Führerbremsventil der Zusatzbremse, 11 Notbremsventil, 12 Löseventil, 13 Sicherheitsventil, 14 Hauptluftbehälter, 15 Hilfsluftbehälter, 16 Einfachsteuerventil, 17 G-P-S-SS-Umstellhahn, 18 Vorsteuerbehälter, 19 Druckübersetzer, 20—23 Bremszylinder (Drehgestellbremse, Treibradbremse, Bremse der Schleppachse, Tenderbremse), 24 Doppelrückschlagventil, 25—28 Luftdruckmesser für Hauptluftbehälter, Hauptluftleitung, Achslager-Bremsdruckregler, Treibradbremiszylinder), 29 Vorratsluftbehälter, 30 Druckübersetzer, 31 Luftbehälter für Achslager-Bremsdruckregler, 32 Achslager-Bremsdruckregler, 33 Rückschlagventil, 34 Dreiwegehahn, 35 Luftdruckmesser für Vorratsluftbehälter

Bild 304. Schaltbild der Kssbr der Lokomotiven der Bauartreihe 0110

Beim Lösen der Bremse entlüftet das Steuerventil 2 die Vorsteuerkammer 5, so daß Kolben k_2 und k_3 entlastet werden. Der auf k_1 wirkende Bremszylinderdruck bewegt diesen nun nach rechts; dadurch wird Ventil v_2 geöffnet und Luft aus den Bremszylindern ins Freie gelassen.

Der Umstellhahn ist der gleiche wie der auf S. 410 beschriebene.

Die neueste Entwicklung bildet die in Bild 304 gezeigte Bremse der Lokomotiven der Bauartreihe 01¹⁰; sie gleicht im allgemeinen der soeben beschriebenen. Abweichend ist, daß der Druck in Haupt- und Vorratsluftbehälter 10 kg/cm² beträgt und der Druckübersetzer vom Achslager-Bremsdruckregler des Tenders mitgesteuert wird. Hierzu ist eine weitere Leitung vom Tender zum Druckübersetzer auf der Lokomotive eingebaut. Die Lokomotive erhält zusätzlich einen Druckmesser für diese Leitung zum Druckregler, der Tender einen Druckmesser für die Hauptluftbehälterleitung sowie die Vorratsluftbehälter, außerdem einen Dreiwegehahn, der in der Regel die Vorratsluftbehälter mit der Hauptluftbehälterleitung verbindet; wird der Tender an einer Lokomotive ohne Hauptluftbehälterleitung verwendet, so werden die Vorratsbehälter auf die Hauptluftleitung geschaltet. Der Tender wird dann entsprechend niedriger abgebremst.

F. Die Bremsausrüstung der Wagen

1. Allgemeine Anordnung und Notbremse

Die Wagen erhalten eine selbsttätige Bremse, deren allgemeine Anordnung der der selbsttätigen Bremse der Tender entspricht. Die Ausrüstung besteht, abgesehen vom Bremsgestänge, aus der Hauptluftleitung mit Absperrhähnen, Bremskupplungen und Staubfängern, einem schnellwirkenden Steuerventil mit Abstell- und Umstellhähnen und dazugehörigen Luftbehältern sowie dem Bremszylinder mit Löseinrichtung.

Die Bremsbauarten, die verwendet werden, sind bereits auf S. 361 genannt.

Die Wagen erhalten noch eine Notbremseinrichtung, mit der vom Zuge aus gebremst werden kann; diese besteht in den Güter- und Gepäckwagen aus einem einfachen Absperrhahn, mit dem Luft aus der Hauptluftleitung unmittelbar ins Freie gelassen wird. Die Notbremseinrichtung an den Personenwagen besteht aus einem auf die

Hauptluftleitung gesetzten Notbremsventil, das von den einzelnen Wagen aus mit einem Drahtzug geöffnet werden kann (Bild 305). Die Notbremsgriffe lassen sich nach Benutzung erst beim Schließen der Notbremsventile wieder zurückstellen, so daß leicht zu ermitteln ist, von welchem Abteil aus die Notbremse gezogen wurde.

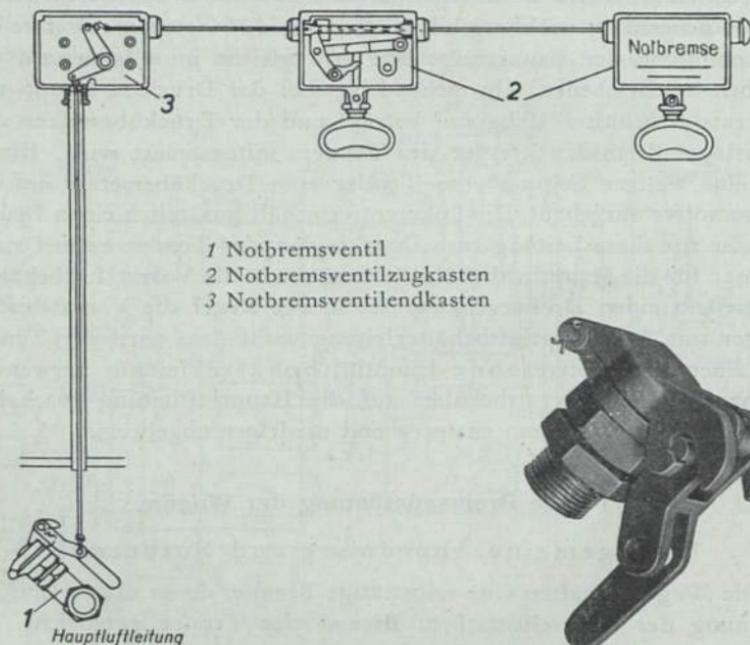


Bild 305. Notbremseinrichtung neuerer Ausführung für Personenwagen

Bild 306. Notbremsventil neuerer Ausführung

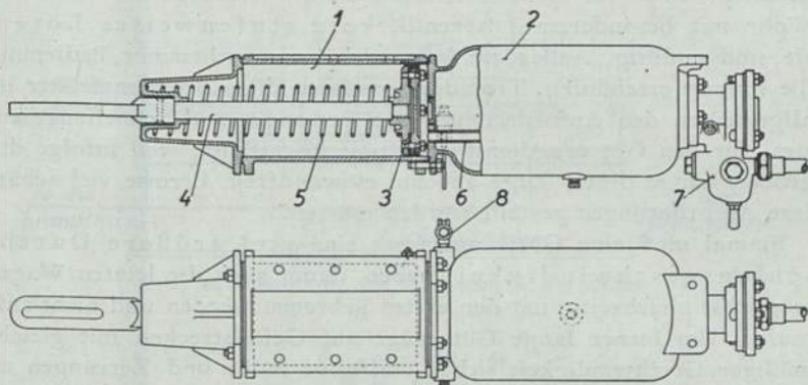
Das gleiche Notbremsventil (Bild 306) ist auf der Lokomotive eingebaut (vgl. S. 371).

2. Die selbsttätigen Westinghouse- und Knorr-Bremsen mit schnellwirkendem Steuerventil (Wpbr und Kpbr)

Diese Bremsen entsprechen den unter E, 3a und b beschriebenen Tenderbremsen. Die Bremszylinder weichen grundsätzlich nicht von den auf S. 395 gezeigten ab; vielfach sind jedoch Bremszylinder und

Hilfsluftbehälter zu einem Bauteil vereinigt (Bild 307); in diesem Falle sitzt das Steuerventil am Hilfsluftbehälter und ist durch ein Rohr, das durch den letzteren geführt wird, mit dem Bremszylinder verbunden. Ferner ist dann die Kolbenstange fest mit dem Kolben verbunden und wirkt mit einer Schleife auf das Gestänge.

Das Löseventil (vgl. S. 396) entlüftet den Hilfsluftbehälter; dadurch wird, sofern in der Hauptluftleitung noch Druck ist, die Bremse gelöst, da sich bei sinkendem Hilfsbehälterdruck das Steuerventil in die Lösestellung umsteuert. Man braucht dann das Löseventil nur so



1 Bremszylinder, 2 Hilfsluftbehälter, 3 Kolben, 4 Kolbenstange,
5 Zylinderfeder, 6 Verbindungsrohr, 7 Steuerventil, 8 Löseventil

Bild 307. Bremszylinder der Kpbr mit Hilfsluftbehälter vereinigt

lange offen zu halten, bis das Steuerventil umgesteuert hat und die Bremsluft zu entweichen beginnt. Ist in der Hauptluftleitung kein Druck mehr, so muß das Löseventil so lange offen gehalten werden, bis die Bremse gelöst ist.

In der Ostmark laufen noch Wagen, bei denen die Wpbr mit einem besonderen Löseventil ausgerüstet ist, das ein stufenweises Lösen ermöglicht. Hierzu gehört ein besonderer Lösebehälter, der in der Lösestellung der Bremse zugleich mit dem Hilfsluftbehälter aufgefüllt wird. Er behält beim Bremsen seinen Druck und wird beim Lösen mit dem Hilfsluftbehälter verbunden, so daß beim stufenweisen Lösen in diesem ein höherer Druck als in der Hauptluftleitung ent-

steht, der das Steuerventil in eine Löseabschlußstellung schiebt. Diese Bremse ist jedoch nicht unerschöpfbar, wenn auf langen Gefälle-strecken starkes Wechseln des Bremsdruckes erforderlich ist.

3. Die selbsttätigen Kunze-Knorr-Bremsen (Kkbr)

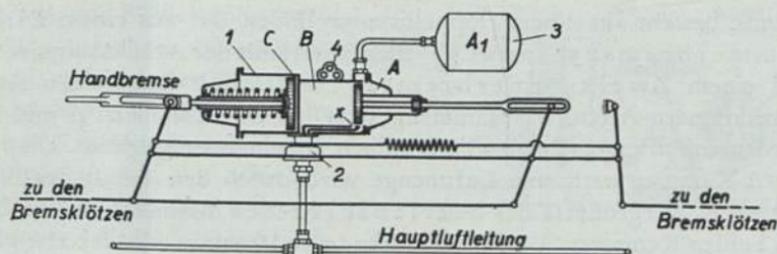
a) Die grundsätzliche Wirkungsweise der Kunze-Knorr-Bremse für Güterzüge (Kkgbr)

Die vorstehend beschriebenen Bremsen Wbr, Kbr, Wpbr und Kpbr gestatten zwar ein stufenweises Bremsen, aber, abgesehen von der Wpbr mit besonderem Löseventil, kein stufenweises Lösen; sie sind einlöslich. Außerdem kann sich bei unachtsamer Bedienung die Bremse erschöpfen. Trotzdem genügten diese Bremsen früher im allgemeinen den Anforderungen des Personen- und Schnellzugdienstes; für den Güterzugdienst waren sie ungeeignet, weil infolge der großen Länge dieser Züge an eine einwandfreie Bremse viel schärfere Anforderungen gestellt werden müssen.

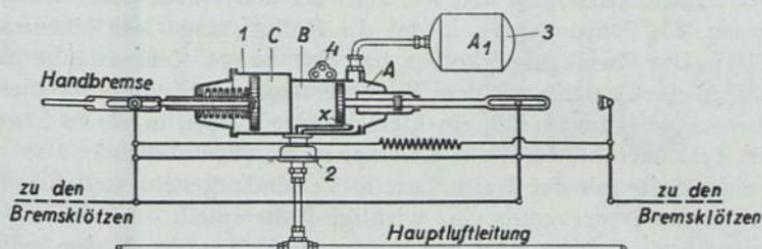
Einmal muß eine Güterzugbremse eine viel größere Durchschlagsgeschwindigkeit haben, damit auch die letzten Wagen möglichst gleichzeitig mit den ersten gebremst werden und nicht auflaufen. Um ferner lange Güterzüge auf Gefällstrecken mit gleichmäßiger Geschwindigkeit sicher und ohne Stöße und Zerrungen zu fahren, muß man die Bremskraft nach oben und unten fein abstufen können, also eine mehrlösliche Bremse haben. Dazu ist ein Steuerventil erforderlich, mit dem man die Bremskraft nicht nur stufenweise verstärken, sondern auch stufenweise vermindern kann. Außerdem darf sich aus Sicherheitsgründen die Bremse nicht erschöpfen können.

Allen diesen Forderungen genügt die Kunze-Knorr-Bremse für Güterzüge (Kkgbr).

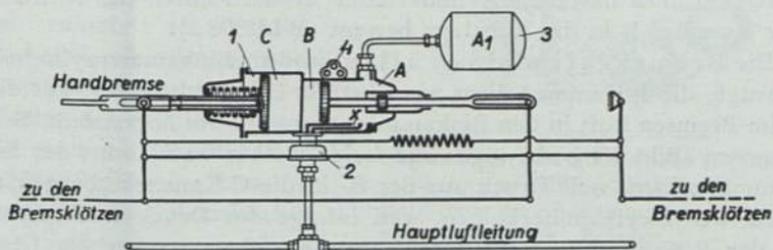
Wie bereits auf S. 393 angegeben, können die früher beschriebenen Bremsen nicht stufenweise gelöst werden, weil im Steuerventil rechts vom bzw. über dem Steuerkolben (Bild 289 und 297) kein Überdruck auftreten kann, der bei Unterbrechung des Lösevorganges dem Druck in der Hauptluftleitung entgegenarbeitet und den Steuerkolben aus der Lösestellung in die Abschlußstellung bringt. Bei der Kkgbr entsteht jedoch, wie noch gezeigt wird, bei Unterbrechung des Lösevorganges in einer der Bremskammern ein Druck, der höher ist



a) Lösestellung



b) Bremsstellung bei Lastwechsel auf „Leer“



c) Bremsstellung bei Lastwechsel auf „Beladen“

1 Bremszylinder, 2 Steuerventil, 3 A_1 -Behälter, 4 Löseeinrichtung

Bild 308 a—c. Anordnung der Kkgbr

als der in der Hauptluftleitung; dieser wird dazu benutzt, im Steuerventil den Steuerkolben aus der Lösestellung in eine Löseabschlußstellung zu bringen. Die Kkgbr ist außerdem erst dann völlig gelöst, wenn der Hilfsluftbehälter voll aufgeladen, die Bremse also wieder betriebsbereit ist.

Die grundsätzliche Anordnung der Kkgbr zeigt Bild 308. Die

Einkammerbremszylinder Bremszylinder
Zweikammerbremszylinder Bremszylinder
 Bremszylinder besteht aus einem Doppelbremszylinder, der aus einem Einkammerbremszylinder üblicher Bauart mit der Arbeitskammer C und einem Zweikammerbremszylinder mit den beiden Arbeitskammern A und B zusammengesetzt ist. Die Kammern A und B werden durch einen Zweikammerkolben voneinander getrennt. Die in der A-Kammer wirksame Luftmenge wird durch den Inhalt des Behälters A_1 vergrößert. Bei betriebsbereiter Bremse herrscht in den beiden Kammern A und B der gleiche Druck wie in der Hauptluftleitung. Das Steuerventil ist am Bremszylinder angebracht.

Einkammerkolben Der Einkammerkolben hat, wie auch bei den früher beschriebenen Bremsen, ein Führungsrohr, in das die Kolbenstange lose hineinragt (S. 394). Der Zweikammerkolben hat eine feste Kolbenstange und ist durch eine Schleife mit dem Bremsgestänge verbunden; auf dieser Kolbenstange befindet sich ein kleiner Gegenkolben in einem besonderen Zylinderrohr, der die A-Kammer nach außen abdichtet, also auf der einen Seite mit der freien Luft in Verbindung steht, und für das Arbeiten des Steuerventils eine wichtige Rolle spielt.

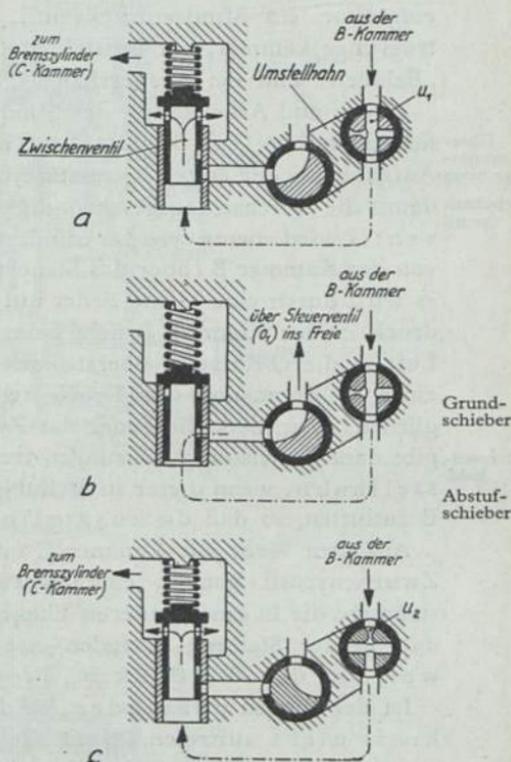
Bei gelöster Bremse wird der Einkammerkolben durch eine zylindrische Schraubenfeder in die Ruhelage zurückgebracht. Der Zweikammerkolben hat keine Zylinderfeder; er wird durch das Auffüllen der Kammer B in die Ruhelage bewegt (Bild 308 a).

Die Bremskraft wird vor allem in dem Einkammerzylinder C erzeugt; die B-Kammer dient zunächst als Hilfsluftbehälter, aus dem beim Bremsen Luft in den Einkammerbremszylinder überströmt. Beim Bremsen (Bild 308 b) bewegen sich beide Kolben nach links; der Einkammerkolben, weil Druck aus der B- in die C-Kammer übergeleitet wird, der Zweikammerkolben, weil infolge der Druckverminderung in der B-Kammer auf ihm von der A-Kammerseite her ein Überdruck lastet. Der Zweikammerkolben übt anfangs keine Bremskraft aus, weil er sich gegenüber dem Bremsgestänge infolge der Schleife um 50 mm frei bewegen kann. Erst wenn in den Kammern B und C gleicher Druck herrscht, wird selbsttätig durch das Steuerventil Luft auch aus der B-Kammer herausgelassen, so daß der Überdruck in der A-Kammer den Zweikammerkolben ganz nach links bewegt und eine zusätzliche Bremskraft auf das Gestänge ausübt (Bild 308 c).

Steuerventil Das Steuerventil ähnelt den früher beschriebenen, insbesondere ist an der Wirkungsweise des Steuerkolbens nichts geändert; eine Füllnut ist jedoch nicht vorhanden, sondern die Luft wird in die Kam-

mern A und B über Bohrungen in den Schiebern des Steuerventils geleitet. Der Steuerkolben steht auf der äußeren Seite unter dem Druck der Hauptleitungsluft, auf der Schieberseite unter dem Druck der A-Kammer, die hier gleichzeitig die Stelle eines Steuerluftbehälters einnimmt, geht unter dem Überdruck in der Hauptluftleitung in die Lösestellung und nimmt einen Grundschieber mit (Bild 310). An die Stelle eines Abstufventils (s. S. 390) tritt hier ein Abstufschieber, der auf dem Grundschieber läuft und ebenfalls vom Steuerkolben in alle Stellungen mitgenommen wird. Wird mittels des Führerbremsventils der Brems- oder Lösevorgang unterbrochen, so wird der Steuerkolben durch einen geringen Überdruck in der Hauptluftleitung bzw. A-Kammer um das Spiel zwischen dem Schieberrahmen (vgl. S. 392) und dem Grundschieber bewegt; der Abstufschieber bewegt; der Abstufschieber schließt dann entsprechende Kanäle im Grundschieber, so daß der Bremszylinder völlig abgeschlossen wird.

Das Steuerventil hat mithin vier Stellungen: eine Löse- oder Füllstellung, eine Bremsstellung, eine Bremsabschlußstellung, in der eine Bremsstufe abgeschlossen wird, und eine Löseabschlußstellung, in der eine Lösestufe abgeschlossen wird. Eine Schnellbremsstellung hat dieses Ventil nicht. Im Steuerventil sind noch



- Überströmen von B-Luft nach C (Umstellhahn in Stellung „Beladen“),
- Entlüften der B-Kammer (Umstellhahn in Stellung „Beladen“),
- Überströmen von B-Luft nach C (Umstellhahn in Stellung „Leer“)

Bild 309 a—c. Umstellhahn und Zwischenventil im Steuerventil der Kkgbr

eingebaut ein Mindestdruckventil, ein Zwischenventil, eine Übertrag(ungs)kammer, ein Umstellhahn mit den Stellungen „Leer“ und „Beladen“ und ein Absperrhahn.

Zweck und Arbeitsweise des Mindestdruckventiles sind bereits früher angegeben (vgl. S. 402). Die Übertragungskammer hat die Aufgabe, bei der ersten Bremsstufe Hauptleitungsluft abzapfen und damit die Durchschlagsgeschwindigkeit zu erhöhen. Das Zwischenventil wird ebenso wie das Mindestdruckventil in den Weg der Luft von der Kammer B (über das Steuerventil) zur Kammer C geschaltet; es wird durch eine kleine Feder auf seinen Sitz gedrückt. Der Überdruck in der Kammer B hebt beim Bremsen das Ventil an, so daß Luft in die C-Kammer überströmen kann (Bild 309 a). Hat sich bei einer Vollbremsung der Druck zwischen beiden Kammern ausgeglichen, so schließt die Feder das Zwischenventil (Bild 309 b); dieses gibt dann gleichzeitig Bohrungen frei, die über einen Kanal im Umstellhahn, wenn dieser in Stellung „Beladen“ steht, die Kammer B entlüften, so daß die zusätzliche Bremskraft entsteht.

Auf dem Wege zur Kammer C muß die Bremsluft, bevor sie zum Zwischenventil kommt, eine Bohrung u_1 im Umstellhahn durchströmen, die in einer anderen Ebene liegt wie der obengenannte Kanal; in der Stellung „Beladen“ ist diese Bohrung verhältnismäßig weit, so daß der Druck im Bremszylinder schneller ansteigt.

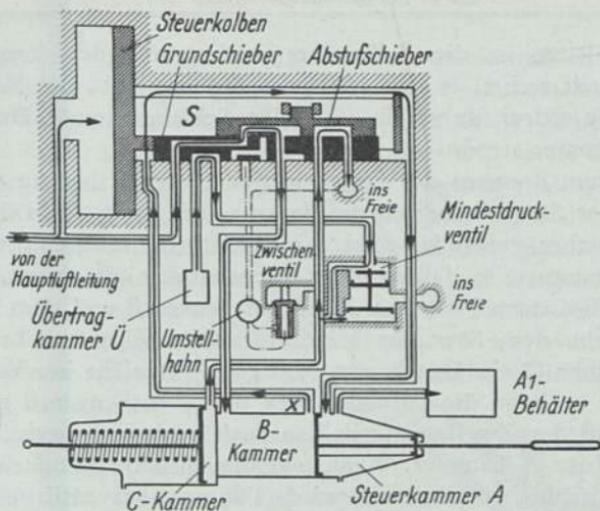
Ist der Wagen unbeladen, so darf die zusätzliche Bremskraft nicht auftreten, damit die Räder nicht zum Gleiten kommen; der Umstellhahn wird dann in die Stellung „Leer“ gebracht. In dieser Stellung wird der Weg ins Freie versperrt, das Zwischenventil kann die Kammer B nicht entlüften. Außerdem muß in dieser Hahnstellung die Luft auf dem Wege zur C-Kammer durch eine ganz enge Bohrung u_2 im Umstellhahn (Bild 309 c) strömen, so daß der Druck im Bremszylinder nur langsam ansteigt.

Mit dem Absperrhahn wird die Bremse von der Hauptleitung abgesperrt. Handgriff schräg nach unten bedeutet: Bremse ausgeschaltet, Handgriff senkrecht nach unten: Bremse eingeschaltet.

Die Vorgänge im Steuerventil und dem Bremszylinder seien an Hand der Bilder 310 a und b erläutert:

Wird zum Lösen der Bremse der Druck in der Hauptleitung erhöht, so bewegt sich der Steuerschieber in die Füll- oder Lösestellung (Bild 310 a). Hauptleitungsluft strömt über Grund- und

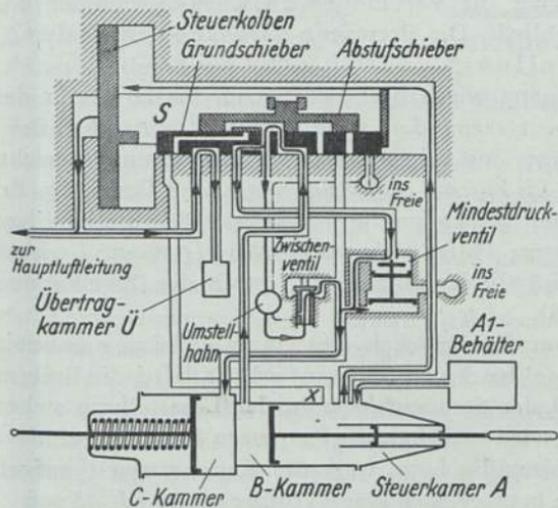
Steuerventil



Bremszylinder

a) Lösestellung

Steuerventil



Bremszylinder

b) Bremsstellung

Bild 310 a, b. Schaltbild der Kkgbr

Abstufschieber in die B-Kammer und treibt den Zweikammerkolben nach rechts; in der äußersten Stellung gibt der Kolben eine **x-Bohrung** Bohrung x frei, durch die über den Schieberaum S Druckluft in die A-Kammer strömt.

Wird zum Bremsen der Druck in der Hauptluftleitung erniedrigt, **Bremsstellung** so geht der Steuerkolben in die Bremsstellung (Bild 310b). Der Grundschieber verbindet jetzt die Hauptluftleitung mit der Übertragungskammer, so daß in diese Hauptleitungsluft übertritt. Weiter wird die B-Kammer mit dem Mindestdruckventil und dem Zwischenventil verbunden; über das Mindestdruckventil strömt Luft, bis in der Kammer C ein Druck von $0,6 \text{ kg/cm}^2$ erreicht ist. Von diesem Zeitpunkt an kann die Luft nur über das Zwischenventil gehen. Dadurch, daß der Zweikammerkolben auch nach links geht, sinkt der Druck in der A-Kammer. Wenn nun die Druckverminderung in der **Bremsabschlußstellung** Hauptluftleitung unterbrochen wird (Führerbremsventil in Abschlußstellung), strömt die Luft aus Kammer B nach C so lange weiter, bis der Druck in der A-Kammer unter den der Hauptluftleitung gesunken ist; in diesem Augenblick bewegt der geringe Überdruck in der Hauptluftleitung den Steuerkolben etwas nach rechts, so daß der Abstufschieber die Verbindung zwischen B-Kammer und Zwischenventil abschließt. Die Bremsung wird also festgehalten (**Bremsabschlußstellung**).

Der Vorgang wiederholt sich, wenn der Druck in der Hauptluftleitung erneut vermindert wird (zweite Bremsstufe). Bei Stellung des **Stufenweises Bremsen** Umstellhahnes auf „Leer“ wird Vollbremsung erreicht, wenn der Druck um $1,5 \text{ kg/cm}^2$ erniedrigt wird; der Druck im Bremszylinder erreicht dann $3,5 \text{ kg/cm}^2$ in rd. 42 sec. Bei Stellung auf „Beladen“ tritt in diesem Falle noch unabhängig vom Lokomotivführer die zusätzliche Abbremsung durch den Zweikammerkolben ein (vgl. S. 418).

Wenn man den Druck in der Hauptluftleitung ununterbrochen bis auf den Regeldruck von 5 kg/cm^2 erhöht, wird die Bremse vollständig gelöst, weil der Steuerschieber in der Lösestellung stehen bleibt; die C-Kammer wird entlüftet, die Kammern B und A gefüllt. Die Lösezeit ist verhältnismäßig lang, weil alle Kammern erst aufgefüllt werden müssen; sie beträgt nach einer Vollbremsung rd. 45 sec.

Wird die Druckerhöhung in der Hauptluftleitung schon nach kurzer Zeit unterbrochen, so strömt zunächst noch Luft aus der Haupt-

luftleitung nach der B-Kammer (Bild 310 a), bis schließlich der Zweikammerkolben, der beim Lösevorgang nach rechts geschoben wird, stehen bleibt. In diesem Augenblick herrscht in der A-Kammer ein höherer Druck als in der B-Kammer und somit der Hauptluftleitung. Diese Erscheinung läßt sich folgendermaßen erklären: Der Zweikammerkolben kommt zum Stillstand, wenn die auf seine Kolbenstange nach beiden Seiten wirkenden Kräfte gleich sind. Nach rechts wirken der Druck in der B-Kammer auf die ganze Kolbenfläche und der Druck in der A-Kammer auf die Fläche des vorhin erwähnten kleinen Gegenkolbens. Nach links wirkt nur der Druck in der A-Kammer auf den großen Zweikammerkolben. Die auf die Kolbenstange nach beiden Seiten wirkenden Kräfte können nur dann gleich sein, wenn der Druck in der A-Kammer etwas größer ist als in der B-Kammer und in der mit dieser verbundenen Hauptluftleitung. Dieser Überdruck in der A-Kammer ist es, der den Steuerkolben mit dem Abstufschieber aus der Lösestellung ein Stückchen nach links in die Löseabschlußstellung bewegt, in der die Verbindung des Bremszylinders mit der freien Luft unterbrochen wird, so daß im Bremszylinder der Druck verbleibt.

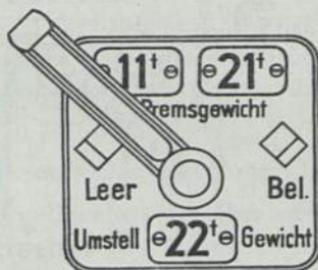
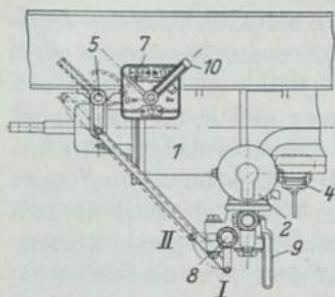


Bild 311. Lastwechselschild Löseabschlußstellung

Der Lösevorgang kann beliebig oft wiederholt werden, bis der Druck von 5 kg/cm^2 in der Hauptluftleitung erreicht ist.

Der Umstellhahn des Steuerventils ist mit einem Gestänge mit Handkurbeln an jeder Wagenseite, Lastwechsel genannt, verbunden. Hinter den Handkurbeln ist das Lastwechselschild (Bild 311) angebracht; auf diesem sind die beiden Stellungen „Leer“ und „Beladen“ gekennzeichnet sowie die Bremsgewichte (vgl. S. 449) und das Umstellgewicht (Gewicht von Last und Wagen, bei dem umzustellen ist) angegeben. Die Anordnung des Lastwechsels sowie des Absperrhahnes am Steuerventil zeigt Bild 312.

Die Einrichtung, mit der jede Bremse einzeln am Wagen selbst Löseeingrichtung gelöst werden kann, befindet sich am Bremszylinder dem Steuerventil gegenüber; sie wird durch Handgriffe zu beiden Seiten des Fahrzeuges bedient. Die Löseeinrichtung (Bild 313) besteht aus drei



- 1 Bremszylinder
- 2 Steuerventil
- 3 A₁-Behälter
- 4 Löseinrichtung
- 5 Lastwechselwelle
- 6 Zahnradübertragung
- 7 Lastwechselschild
- 8 Umstellhahn im Steuerventil
- 9 Absperrhahn im Steuerventil
- 10 Handkurbel

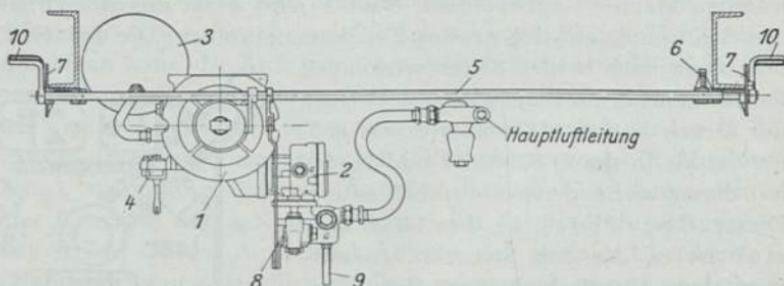
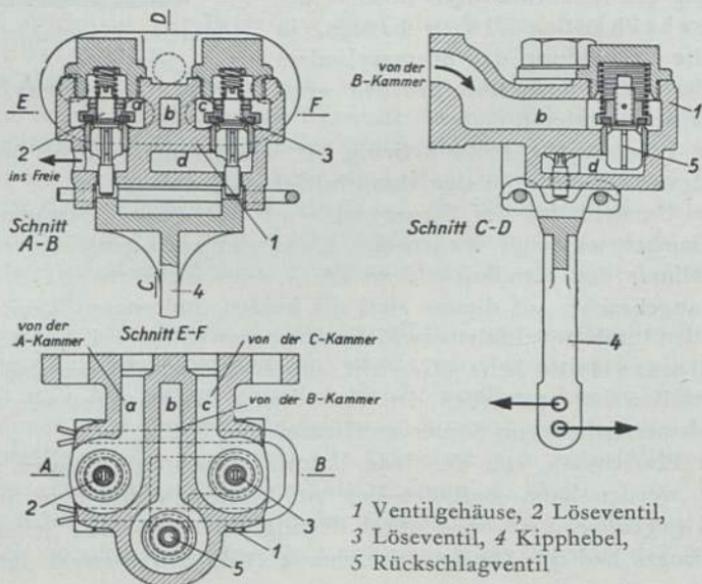


Bild 312. Lastwechsel der Kkgbr



- 1 Ventilgehäuse, 2 Löseventil,
- 3 Löseventil, 4 Kipphebel,
- 5 Rückschlagventil

Bild 313. Löseinrichtung der Kkgbr

Ventilen, die unmittelbar durch Kanäle mit den zugehörigen Kammern des Bremszylinders verbunden sind, nämlich den Löseventilen 2 und 3 sowie dem Rückschlagventil 5. Durch Ziehen am Handgriff werden die beiden Ventile 2 und 3 gleichzeitig angehoben.

Das Löseventil 2 entlüftet die A-Kammer; infolge der Druckverminderung geht der Steuerkolben des Steuerventils in die Lösestellung.

Nach einer Vollbremsung in der Stellung „Beladen“ strömt Luft aus der C-Kammer durch das Löseventil 3 und das Rückschlagventil 5 nach der B-Kammer und treibt den Zweikammerkolben in die Endlage. Die Druckluft entweicht dann über die Bohrung x in die A-Kammer und von da über Ventil 2 ins Freie.

Nach einer Bremsung in der Stellung „Leer“ bleibt das Rückschlagventil geschlossen, da in der C-Kammer kein höherer Druck als in der Kammer B herrscht; die Luft entweicht aus C über das Ventil 3 und die Ventilfehrung ins Freie.

b) Die Kunze-Knorr-Bremse für Personenzüge (Kkpbr)

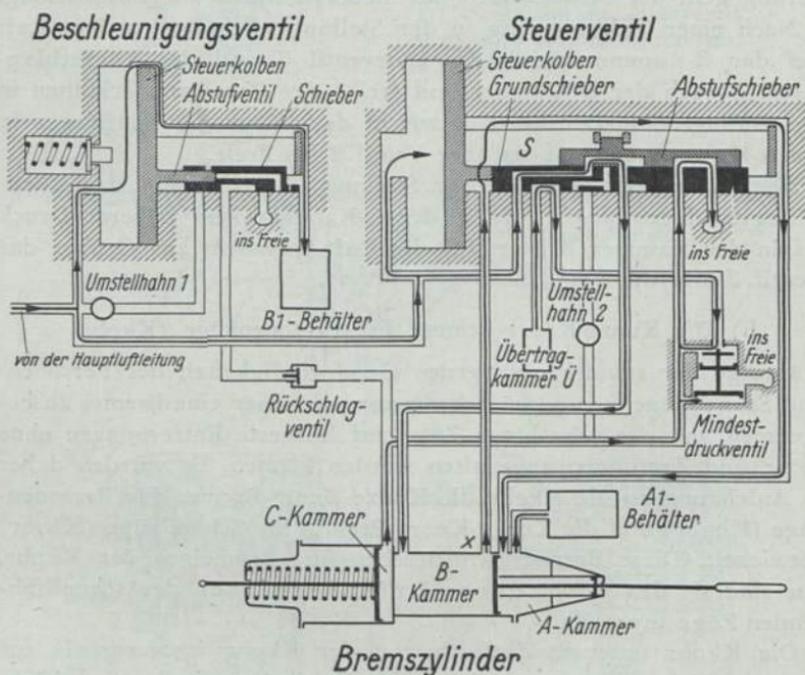
Infolge der ständig gestiegenen Geschwindigkeiten der Personen- und Schnellzüge war es wünschenswert, auch hier eine Bremse zu bekommen, mit der sehr lange Züge auf kürzeste Entfernungen ohne Stöße und Zerrungen angehalten werden können. Es wurden daher in Anlehnung an die Kkgbr die Kunze-Knorr-Bremse für Personenzüge (Kkpbr) und die Kunze-Knorr-Bremse für Schnellzüge (Kksbr) entwickelt. Diese Bremsen entsprechen im allgemeinen der Kkgbr, nur sind sie den besonderen Erfordernissen der schnellfahrenden Züge angepaßt.

Die Kkpbr unterscheidet sich von der Kkgbr insofern, als auf die zusätzliche Abbremsung durch den Zweikammerkolben verzichtet wird, da ja die Verkehrslast im Verhältnis zum Eigengewicht des Wagens gering ist. Im Steuerventil dieser Bremse, mit „P“ bezeichnet, entfällt mithin das Zwischenventil. Das Steuerventil der Kunze-Knorr-Bremse gestattet keine Schnellbremsung; auf diese kann aber aus Sicherheitsgründen im Personen- und Schnellzugdienst nicht verzichtet werden. Das Steuerventil „P“ wird deshalb durch das Beschleunigungsventil „P“ ergänzt (Bild 314), das die Aufgabe hat, bei Schnellbremsungen Luft aus der Hauptluftleitung über ein Rückschlagventil unmittelbar in die C-Kammer des Bremszylinders zu leiten.

Steuerventil „P“

Beschleunigungsventil „P“

Das Beschleunigungsventil entspricht in Aufbau und Wirkungsweise fast ganz dem auf S. 399 beschriebenen Steuerventil der Kpbr; es hat einen Steuerkolben mit Schieberrahmen und Abstufventil sowie einen Schieber, der vom Schieberrahmen mitgenommen wird. Weiter sind eingebaut ein Umstellhahn und ein Absperrhahn. Auf dem



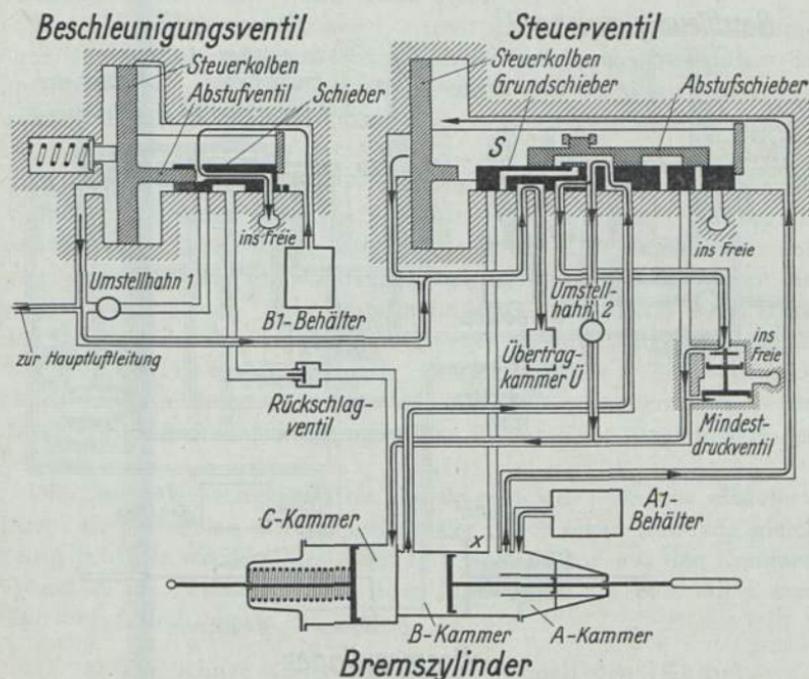
Lösestellung

Bild 314a. Schaltbild der Kpbr

Steuerkolben lastet von der einen Seite der Druck in der Hauptluftleitung, von der anderen Seite der Druck in einem Steuerbehälter B₁, der lediglich den Zweck hat, Druckluft zu speichern, die den Steuerkolben bewegen soll.

Betriebs- Bei Betriebsbremsungen arbeitet das Steuerventil wie bei der Kkgbr und läßt Druckluft aus der Kammer B in die Kammer C strömen (Bild 314b); bei einer ununterbrochenen Bremsung (Voll-

bremsung) mit einer Druckverminderung um $1,5 \text{ kg/cm}^2$ steigt der Druck in der C-Kammer auf $3,3 \text{ kg/cm}^2$; es werden damit etwa 70 % des Fahrzeuggewichtes abgebremst. Auch der Lösevorgang (Bild Lösen 314 a) unterscheidet sich nicht von dem bei der Kkgbr, desgleichen kann stufenweise gebremst und stufenweise gelöst wer-



Betriebs-Bremsstellung

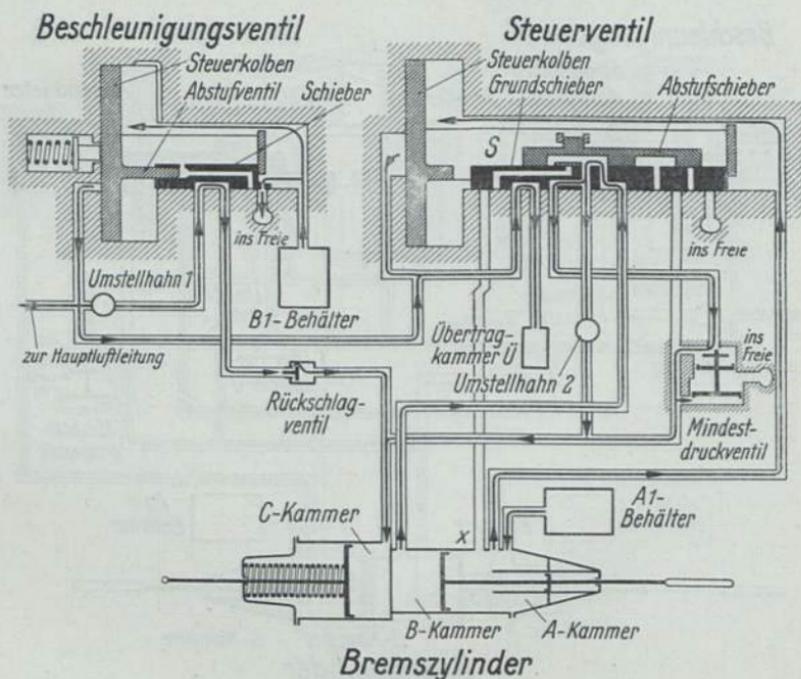
Bild 314b. Schaltbild der Kkgbr

den. Bei diesen Bremsvorgängen arbeitet das Beschleunigungsventil nur leer mit: wird gebremst, dann geht sein Steuerkolben ein Stück (bis zum Anschlag an einen gefederten Bolzen) nach links, und der Schieber läßt Luft aus dem Behälter B_1 ins Freie; wird gelöst, so geht der Steuerschieber nach rechts, und der Schieber läßt Luft aus der Hauptluftleitung über eine Nut in den B_1 -Behälter übertreten.

Wird aber, um eine Schnellbremsung herbeizuführen, der Schnell-

Schnell-
bremsung

Druck in der Hauptluftleitung plötzlich stark gesenkt, so schlägt der Steuerkolben des Beschleunigungsventils unter dem starken Überdruck im B_1 -Behälter ganz nach links (Bild 314 c), dabei die Kraft der Feder überwindend. Der Schieber im Beschleunigungsventil verbindet nun die Hauptluftleitung über den Umstellhahn 1 und ein



Schnell-Bremsstellung

Bild 314c. Schaltbild der Kkpbr

Rückschlagventil mit der C-Kammer, so daß Hauptleitungsluft in diese überströmt, wodurch einmal die Bremse schnell und kräftig anspringt, ferner durch das Abzapfen von Hauptleitungsluft die Durchschlagsgeschwindigkeit erhöht wird. Gleichzeitig strömt Luft aus der Kammer B nach C; ist dadurch der Druck in C höher geworden als in der Hauptluftleitung, so schließt sich das Rückschlagventil. Der Druck in der C-Kammer ist bei Schnellbremsung etwas

höher als bei Betriebsbremsung. Der höchste Druck von $3,8 \text{ kg/cm}^2$ wird in rd. 10 sec erreicht; damit beträgt die Abbremsung eines Fahrzeuges etwa 85 % seines Eigengewichtes.

Eine Schnellbremsung kann zu jeder Zeit, auch nach vor-
aufgegangener Betriebsbremsung, ausgeführt werden; ihre
Wirkung ist in diesem Falle etwas geringer.

Wenn die Bremse gelöst wird, strömt die Luft aus der C-Kammer
über den Grund- und den Abstufschieber ins Freie; der Kolben des
Beschleunigungsventils geht nach rechts, so daß der Steuerbehälter B_1
wieder aufgefüllt wird. Die Zeit zum vollen Lösen aus der Schnell-
bremsung beträgt rd. 40 sec.

Der Umstellhahn im Steuerventil dient dazu, die Bremse auch ver-
wendbar zu machen, falls ein Personenwagen in einen Güterzug ein-
gestellt wird. Bei Stellung „Pers.Z“ geht die Luft ungehindert über Umstell-
hahn
eine weite Bohrung im Hahnkegel, bei Stellung „Güt.Z“ durch eine
enge Drosselbohrung (vgl. Umstellhahn im G-P-Wechsel S. 402). Durch
den Umstellhahn im Beschleunigungsventil ist in der Stellung „Güt.Z“
die Schnellbremswirkung ausgeschaltet. Beide Umstell-
hähne sind durch ein Gestänge miteinander verbunden und werden
durch Umstellhebel, die sich zu beiden Seiten eines Wagens befinden,
bedient.

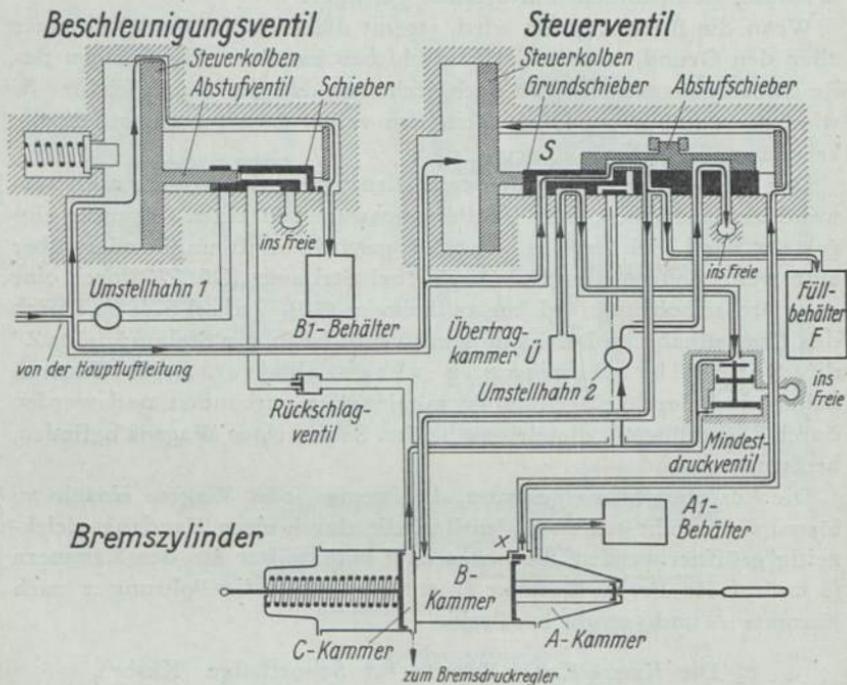
Die Löseeinrichtung gestattet, die Bremse jedes Wagens einzeln zu
lösen; sie besteht aus zwei Ventilen, die durch einen Handzug gleich-
zeitig geöffnet werden. Sie lassen Luft unmittelbar aus den Kammern Löseein-
richtung
C und A ins Freie. Kammer B entlüftet über die Bohrung x nach
Kammer A und von da ins Freie.

c) Die Kunze-Knorr-Bremse für Schnellzüge (Kksbr)

Bei der Kunze-Knorr-Bremse für Schnellzüge (Kksbr) werden
Bremszylinder mit größerem Durchmesser verwendet, um eine stär-
kere Abbremsung zu bekommen. Bei Vollbremsung erreicht die Summe
der Klotzdrücke eines Wagens rd. 122 % seines Eigengewichtes. Diese
hohe Abbremsung darf aber nur vorhanden sein, solange die
Fahrgeschwindigkeit noch hoch ist. Da bei abnehmender
Geschwindigkeit die Reibung zwischen Klotz und Rad erheblich zu-
nimmt, besteht die Gefahr, daß die Räder von den Klötzen festgehal-
den werden und auf den Schienen gleiten. Es ist daher durch Einbau
eines Druckreglers Vorsorge getroffen, daß die Bremsklotz-

drücke bei sinkender Geschwindigkeit erniedrigt werden.

Die Wirkungsweise der Kksbr ist im allgemeinen dieselbe wie die der Kkpbr. Im ersten Teil der Bremsung wird auf die Bremskraft des Zweikammerkolbens verzichtet, und es wirkt nur der Einkammer-



Lösestellung

Bild 315a. Schaltbild der Kksbr

kolben. Der Zweikammerkolben bewegt sich zwar, übt aber infolge der Schleife keine Bremskraft aus. Erst später, wenn der Bremsdruckregler in Tätigkeit tritt und die C-Kammer entlüftet, wird die Bremskraft des Zweikammerkolbens benutzt; sie wirkt dann aber allein (vgl. S. 418).

Das Steuerventil „S“ ist ähnlich dem Steuerventil „P“; folgende Abweichungen sind vorhanden: es steht noch mit einem Füllbehälter

ter F in Verbindung, der in der Lösestellung (Bild 315 a) vom Steuerschieber mit der B-Kammer verbunden und ebenfalls mit Hauptleitungsluft gefüllt wird. Dieser Füllbehälter hat nur den Zweck, beim Lösen der Bremse die in ihm gespeicherte Luft an die B-Kammer abzugeben, damit die Bremse schnellstens gelöst wird. Der Umstell-

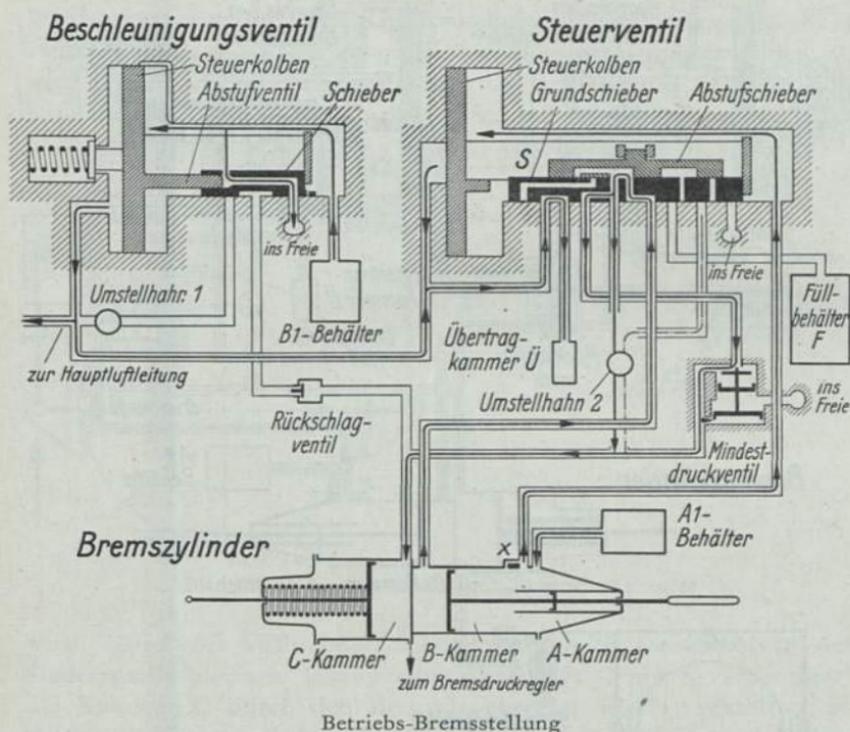


Bild 315b. Schaltbild der Kksbr

hahn im Steuerventil hat hier drei Bohrungen mit verschiedenen großen Querschnitten; durch die größte Bohrung strömt die Luft bei Stellung auf Schnellzugbetrieb, durch die mittlere bei Personenzugbetrieb und durch die engste bei Güterzugbetrieb. Ferner ist ein Mindestdruckventil eingebaut; es schließt bereits bei einem Druck in der Kammer C von $0,3 \text{ kg/cm}^2$ ab.

Die Bremsvorgänge (Bild 315b und c) verlaufen bei der Kksbr im

allgemeinen genau so wie bei der Kkpbr; es kann also ebenso mit Schnellbremse gearbeitet und stufenweise gebremst und gelöst werden. Ein Unterschied besteht nur darin, daß infolge des Füllbehälters

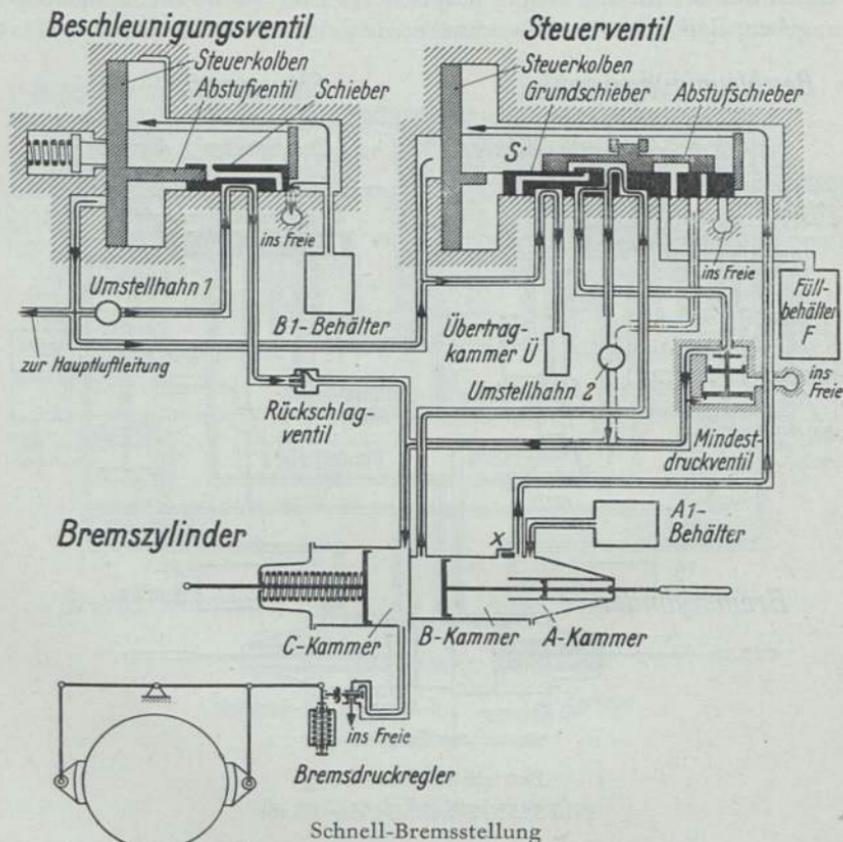


Bild 315c. Schaltbild der Kksbr, Bremsdruckregler

das Lösen schneller vor sich geht und kurz vor dem Stillstehen der Bremsdruckregler in Tätigkeit tritt.

Der reibungsabhängige Bremsdruckregler (Bild 316), so genannt, weil er den Bremsdruck abhängig von der jeweiligen Reibung zwischen Rad und Bremsklotz regelt, besteht aus einem mit der Kam-

Reibungs-
abhängiger
Brems-
druck-
regler

mer C in Verbindung stehenden Auslaßventil, das von einem zweiarmigen Ausgleichhebel gesteuert wird. Am Doppelhebel hängen zwei Bremsklötze eines Rades; sie haben bei wirkender Bremse infolge der Reibung das Bestreben, den Ausgleichhebel im Drehsinne des Rades mitzunehmen. Der Hebel wird für gewöhnlich von einer Feder in waagerechter Lage gehalten, dabei ist das Auslaßventil geschlossen. Wird bei stark verminderter Geschwindigkeit die Reibung (vgl. S. 347) zwischen Rad und Klotz zu groß, d.h. der Hebel mitgenommen, so wird die Feder zusammengedrückt, das Auslaßventil geöffnet und Druckluft aus C ins Freie gelassen, so daß der Klotzdruck geringer

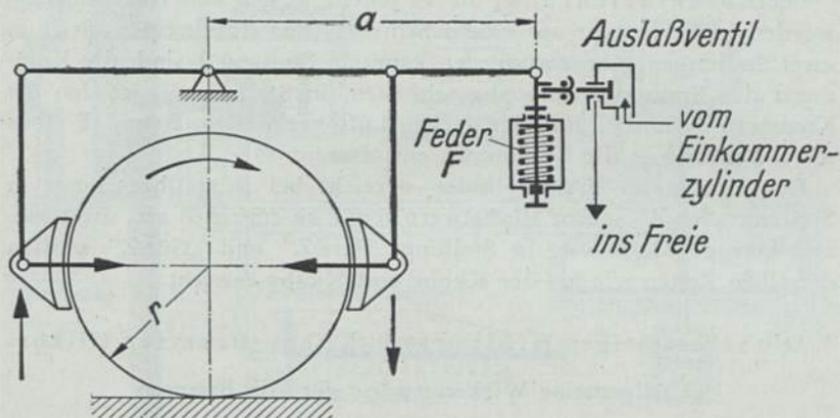


Bild 316. Reibungsabhängiger Bremsdruckregler

wird. Wird bei Voll- oder Schnellbremsungen (Steuerventils bleibt in Bremsstellung und läßt C mit B verbunden!) die Kammer C durch den Bremsdruckregler völlig entlüftet, so wird auch Kammer B drucklos; es geht dann der Zweikammerkolben unter der Wirkung des Druckes in der A-Kammer nach links, seine Schleife legt sich mit ihrem äußersten Ende an das Bremsgestänge, und er übt einen Druck auf dieses aus. Die Summe aller Klotzdrücke beträgt unter der Wirkung des Zweikammerkolbens etwa 80 % des Fahrzeuggewichtes.

Das Lösen der Bremse durch Erhöhung des Hauptleitungsdruckes ^{Lösen} geschieht in der gleichen Weise wie bei der Kkpbr (vgl. S. 427).

Die drei Stellungen des Umstellhahnes am Steuerventil sind ^{Umstell-} ^{hahn}

durch die Anschriften „Güt.Z“, „Pers.Z“ und „Sch.Z“ gekennzeichnet. Der Umstellhahn im Beschleunigungsventil ist mit dem des Steuerventiles durch ein Gestänge verbunden; er hat ebenfalls drei Stellungen. In der Stellung „Güt.Z“ ist die Schnellbremswirkung ausgeschaltet. Die Umstellhähne können durch Umstellhebel von beiden Seiten der Wagen bedient werden.

Absperrhahn Mit dem Absperrhahn im Beschleunigungsventil kann die ganze Bremse ausgeschaltet werden; er hat zwei Stellungen: Bremse ausgeschaltet — Handgriff schräg nach unten, Bremse eingeschaltet — Handgriff senkrecht nach unten.

Löse-einrichtung Die Löseeinrichtung, die an jedem Wagen von Hand betätigt werden kann, besteht aus einem Schieber, der durch einen Griff in zwei Stellungen gebracht werden kann. In Stellung I sind alle Kammern des Bremszylinders abgeschlossen, in Stellung II werden die Kammern A und C mit der freien Luft verbunden, B und F über die x-Bohrung in die Kammer A entlüftet.

Der Druck im Bremszylinder erreicht bei Schnellbremsung in Stellung „Sch.Z“ seinen Höchstwert von 4 kg/cm^2 in 5 sec, die Lösezeit beträgt rd. 20 sec. In Stellung „Pers.Z“ und „Güt.Z“ werden dieselben Zeiten wie bei der Kkpbr und Kkgbr erreicht.

4. Die selbsttätigen Hildebrand-Knorr-Bremsen (Hikbr)

a) Allgemeine Wirkungsweise der Hik-Bremsen

Einen weiteren Fortschritt bedeutet die Hildebrand-Knorr-Bremse; sie hat folgende Vorteile: Bei den früher beschriebenen Bauarten stellen sich beim Bremsen in den Bremszylindern der einzelnen Wagen ganz verschiedene Drücke ein, je nach der Größe der Zylinder und dem Kolbenhub; die einzelnen Wagen sind also verschieden hoch abgebremst. Bei der Hik-Bremse ist der Druck im Bremszylinder nur abhängig vom Druck in der Hauptluftleitung, d. h. bei einem bestimmten Leitungsdruck stellt sich in allen Bremszylindern der gleiche Druck ein und hält diesen durch Nachspeisen von Druckluft auch aufrecht, wenn durch Undichtheit des Zylinders die Bremskraft nachlassen sollte. Ein weiterer Vorteil besteht darin, daß einfache Einkammerzylinder verwendet werden können, auch das Bremsgestänge einfacher und billiger wird als bei der Kkbr.

Die erwähnten Vorteile werden dadurch erreicht, daß die Steuerung nicht nur abhängig ist von den Drücken in der Hauptluftleitung und dem Hilfsluftbehälter, sondern auch vom Druck im Bremszylinder. Man nennt die Steuerung deshalb **Dreidrucksteuerung**.

Die Hik-Bremse wird in mehreren Ausführungen gebaut: als Bremse für Güterzüge, Personenzüge und Schnellzüge. Zunächst soll die

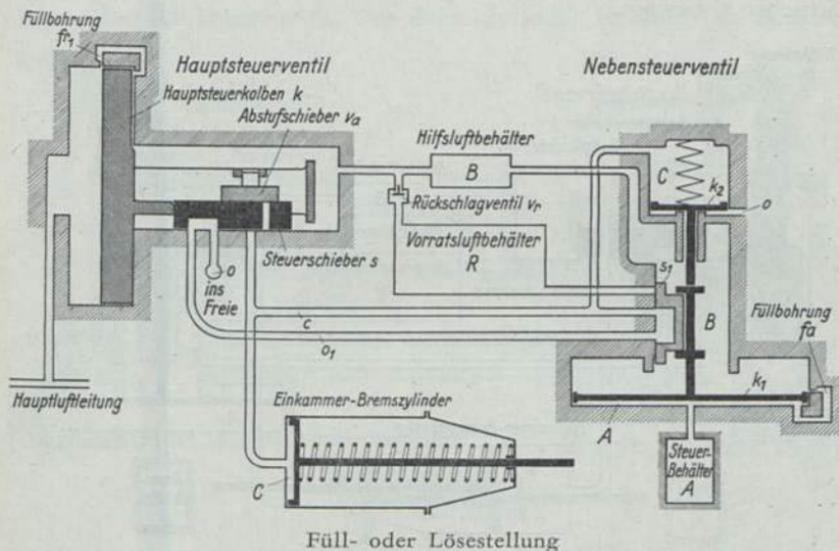


Bild 317 a. Anordnung der Hikbr

allgemeine Wirkungsweise der Hik-Bremse beschrieben werden (Bild 317).

Zur Bremsausrüstung gehören: Ein Einkammerbremszylinder, ein Steuerventil, ein Vorratsluftbehälter R, ein Hilfsluftbehälter B und eine Löseeinrichtung.

Das Steuerventil besteht aus Hauptsteuerventil und Nebensteuerventil, die an einem gemeinsamen Ventilträger hängen.

Das Hauptsteuerventil mit dem Hauptsteuerkolben k, dem Abstufventil v_a (der einfacheren Darstellung wegen ist hier ein Abstufschieber eingezeichnet) und dem Hauptsteuerschieber s arbeitet wie das einfach wirkende Steuerventil der Wbr und Kbr (S. 390).

Seine Stellung ist abhängig von den Drücken in der Hauptluftleitung und im Hauptluftbehälter. Es ist also ein Zweidruckventil und leitet das Bremsen und Lösen ein.

Im Nebensteuerventil sind zwei Kolben k_1 und k_2 , die zwar nicht auf ein und derselben Kolbenstange sitzen, aber, außer im Zustande völliger Drucklosigkeit aller Kammern, in ständiger Verbindung miteinander stehen. Durch die untere Kolbenstange wird ein Schieber s_1 bewegt.

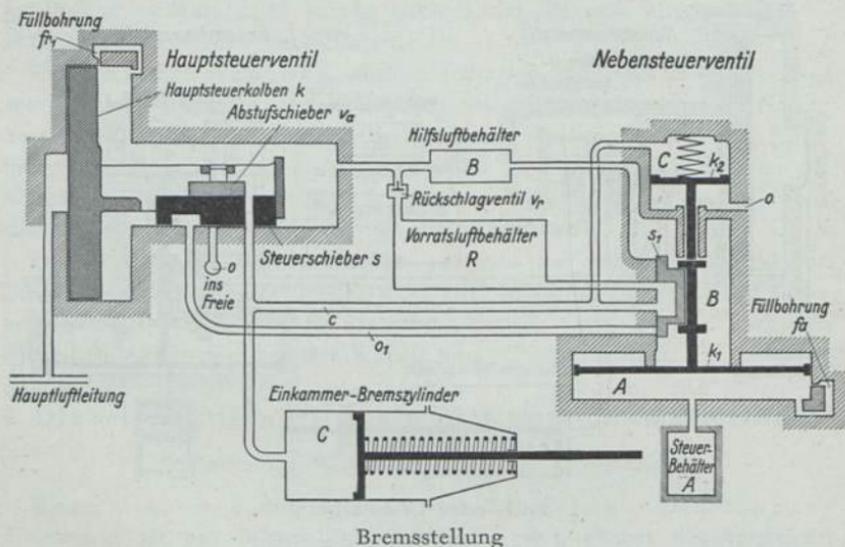


Bild 317b. Anordnung der Hikbr

Die beiden Kolben trennen im Nebensteuerventil drei Kammern a b: Die Kammer A steht mit dem Steuerbehälter A in Verbindung, Kammer B mit dem Hilfsluftbehälter B, Kammer C mit dem Arbeitsraum C des Bremszylinders. Kanal o (unterhalb k_2) führt zur freien Luft. Die Stellung des Schiebers s_1 ist demnach von den Drücken in den drei Räumen A, B und C abhängig. Das Nebensteuerventil ist also ein Dreidruckventil und regelt das Bremsen, Lösen und Nachspeisen bei Undichtheit des Bremszylinders.

Der Vorratsbehälter R enthält die Hauptmenge der Druckluft, die zum Speisen des Bremszylinders gebraucht wird; dieser wird durch

Kanäle, die vom Haupt- und Nebensteuerschieber gesteuert werden, entweder mit der freien Luft oder mit dem Vorratsbehälter R verbunden.

Im Zustand der Bremsbereitschaft (Füllstellung, Bild 317 a) sind alle Räume mit Hauptleitungsluft gefüllt; der Hilfsluftbehälter B über die Füllbohrung fr_1 im Hauptsteuerventil, der Vorratsbehälter R über fr_1 und ein Rückschlagventil v_r , der Steuerbehälter A von B aus über eine Füllbohrung fa . Der Bremszylinder ist über die Schieber

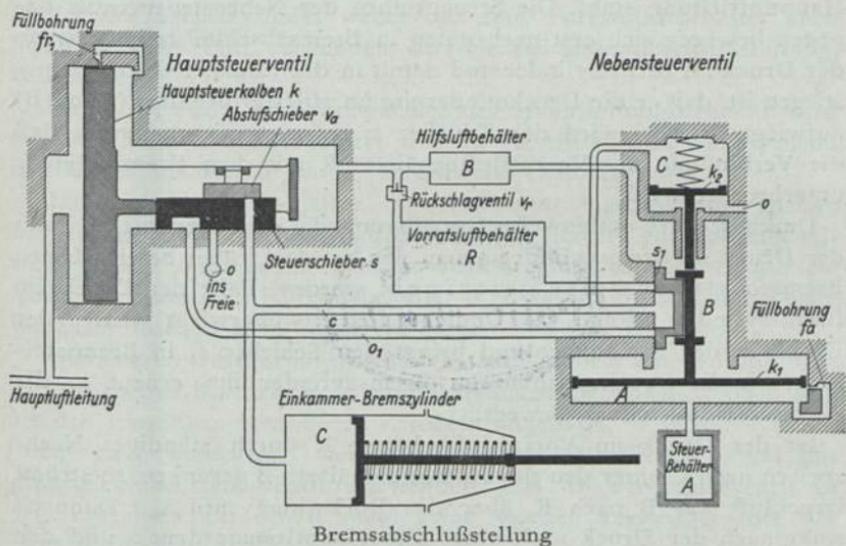


Bild 317c. Anordnung der Hikro

beider Ventile und die Kanäle c und o_1 mit der freien Luft (o) verbunden.

Die beiden Steuerventile arbeiten nun folgendermaßen zusammen: Wird der Druck in der Hauptluftleitung erniedrigt, so bewegt sich zunächst der Steuerkolben k im Hauptsteuerventil nach links in die Bremsstellung (Bild 317 b). Dadurch wird die Verbindung des Bremszylinders mit der freien Luft unterbrochen und eine Verbindung des Hilfsluftbehälters B mit dem Bremszylinder hergestellt. Durch Überströmen von Druckluft in diesen sinkt der Druck in B und damit auch der Druck in der Kammer B des Nebensteuerventils. Der Druck

im Steuerbehälter A bleibt bestehen, da die Füllbohrung f_a sehr klein ist und bei der ersten Bewegung des Kolbens k_1 unterbrochen wird. Der Druckunterschied zwischen A und B treibt den Kolbensatz nach oben, und der Schieber s_1 des Nebensteuerventils stellt eine Verbindung c zwischen Vorratsbehälter R und dem Bremszylinder her, in den nun Luft in größerer Menge überströmt.

Bremsabschlußstellung Der Steuerkolben des Hauptsteuerventils geht in Bremsabschlußstellung (Bild 317 c), sobald der Druck in Kammer B unter den der Hauptluftleitung sinkt. Die Steuerkolben des Nebensteuerventils dagegen bewegen sich erst nach unten in Bremsabschlußstellung, wenn der Druck im Bremszylinder und damit in der Kammer C so weit gestiegen ist, daß er die Druckminderung im Hilfsluftbehälter (Raum B) aufwiegt. Hierbei wird der Schieber s_1 so weit mitgenommen, daß die Verbindung des Vorratsluftbehälters R mit dem Bremszylinder unterbrochen wird.

Stufenweises Bremsen Durch weitere stufenweise Ermäßigung des Leitungsdruckes kann der Druck im Bremszylinder genau wie bei den früher beschriebenen Bremsen stufenweise gesteigert werden. Fällt der Druck im Bremszylinder infolge von Undichtheiten, so überwiegt wieder der Druck in der A-Kammer und bringt den Schieber s_1 in Bremsstellung, bis die Druckzunahme im Bremszylinder ihn erneut in die Bremsabschlußstellung bewegt.

Uner-schöpf-barkeit Ist der Druck im Vorratsluftbehälter R durch ständiges Nachspeisen nach C unter den des Hilfsluftbehälters B gesunken, so strömt Druckluft aus B nach R über das Rückschlagventil v_r . Dadurch sinkt auch der Druck in B unter den Hauptleitungsdruck, und der Kolben im Hauptsteuerventil geht nach rechts in die Füllstellung. Das Nebensteuerventil bleibt aber in Bremsstellung, so daß der Bremszylinder von der freien Luft abgeschlossen bleibt. Es werden nun die Luftverluste in C über die Füllbohrung fr_1 , R, Muschel im Schieber s_1 und c ersetzt, da der Hauptleitungsdruck bei Betriebsbremsungen immer höher ist als der Druck im Bremszylinder.

Lösestellung Wird nach einer Bremsung der Druck in der Hauptleitung erhöht, so geht der Hauptsteuerkolben k in seine rechte Endlage (Lösestellung) und bleibt so stehen. Hauptleitungsluft tritt über die Bohrung fr_1 in den Hilfsluftbehälter über. Die Druckerhöhung im Raum B bewirkt, daß der Kolben k_1 im Nebensteuerventil unter den in gleicher Richtung wirkenden Drücken in B und im Bremszylinder C

so weit abwärts bewegt wird, daß der vom Bremszylinder kommende Kanal c durch die Muschel im Schieber s_1 mit dem Kanal o_1 in Verbindung kommt. Dieser Kanal ist in der Lösestellung des Hauptsteuerventils durch eine Muschel im Schieber des Hauptsteuerventils s mit der freien Luft (o) verbunden. Der Druck im Bremszylinder sinkt infolgedessen, und zwar so lange, bis die Druckverminderung in der Kammer C die vorher eingeleitete Drucksteigerung in B überwiegt und der Schieber s_1 in Löseabschlußstellung zurückgeht, in der der Bremszylinder weder mit dem Vorratsluftbehälter noch mit der freien Luft verbunden ist (wie bei Bremsabschlußstellung, Bild 317 c). Löse-
abschluß-
stellung

Durch stufenweise Steigerung des Hauptleitungsdruckes wird der Druck im Hilfsluftbehälter stufenweise erhöht und entsprechend der Druck im Bremszylinder stufenweise erniedrigt. Stufen-
weises
Lösen

Dadurch, daß der Behälter, der die Hauptmenge der zum Speisen der Bremszylinder erforderlichen Druckluft liefert (Vorratsluftbehälter R), nicht zum Steuern benutzt wird, sondern beim Lösen nur ein kleiner 9 l fassender Hilfsluftbehälter B aufgefüllt zu werden braucht, wird die Lösezeit auch bei einem langen Zug sehr abgekürzt.

Die neueren Ausführungsformen der Hik-Bremse arbeiten alle nach diesem soeben beschriebenen grundsätzlichen Gedanken, jedoch sind sie den jeweiligen besonderen Zwecken angepaßt.

Bei allen Bauformen werden der gleiche Ventilträger und das gleiche Nebensteuerventil verwendet; das Hauptsteuerventil ist jedesmal verschieden, und zwar werden verwendet: Bei der Bremse für Güterzüge — Hikg —

das Steuerventil Hikg₁ in Verbindung mit mechanischer Lastabbremung;

das Steuerventil Hikg₂ in Verbindung mit Druckluft-Lastabbremung;

für Personenzüge — Hikp —

das Steuerventil Hikp₁;

für Schnellzüge und schnellste Züge — Hikss —

das Steuerventil Hiks in Verbindung mit Koppelbeschleuniger, Druckübersetzer und Geschwindigkeitsregler.

Die früheren Bauformen der Hik-Bremse werden hier nicht beschrieben, da sie nur in geringer Stückzahl vertreten sind und nicht mehr gebaut werden.

b) Die Hik-Bremse für Güterzüge (Hikgbr)

Die Hikgbr weist gegenüber der beschriebenen grundsätzlichen Anordnung folgende Besonderheiten auf (vgl. Schaltbilder 1—3 nach S. 436):

1. In den Hilfsluftbehälter B gelangt die Druckluft aus der Hauptluftleitung L nicht nur über die Füllbohrung fr_1 , sondern noch über die Empfindlichkeitsbohrung e_b , und weiter durch die Füllbohrung f_b und den Kanal b. Die Empfindlichkeitsbohrung e_b verhindert, daß die Bremse schon durch ganz kleinen Druckunterschied in Tätigkeit gesetzt wird. Bei kleinen Undichtheiten in der Leitung oder Überladung der Bremse gleicht sich der Druckunterschied vielmehr über die Empfindlichkeitsbohrung aus.

2. Der Steuerbehälter (Steuerkammer) A wird aus Hilfsluftbehälter B über eine Füllbohrung fa_1 gefüllt, die vom Schieber s_1 im Nebensteuerventil in der Füllstellung freigegeben wird.

3. Es ist eine von der Kkgbr her bekannte Übertrag(ungs)-kammer Ü vorhanden, in die bei Beginn der Bremsung (Schaltbild 2) über den Hauptsteuerschieber eine kleine Luftmenge aus der Hauptluftleitung L abgezapft wird.

4. Im Hauptsteuerventil wird das bekannte Mindestdruckventil 5/6 eingebaut, über das bei der ersten Bremsstufe Luft aus dem Vorratsbehälter R über die Bohrungen bzw. Kanäle r, g, c_1 , c zum Bremszylinder gelangt. Die Bremse springt dadurch schnell an; erst bei einem Druck von $0,6 \text{ kg/cm}^2$ im Bremszylinder schließt das Mindestdruckventil, Druck gelangt aus R in die Bremszylinder nun über r, c_2 , b_c , c, wodurch der weitere Druckanstieg langsamer vor sich geht.

5. In die Abzweigleitung zwischen Hauptluftleitung und Steuerventil ist ein Absperrhahn eingebaut, der in der Stellung „Handgriff schräg nach unten“ die Bremse ausschaltet, in der Stellung „Handgriff senkrecht nach unten“ die Bremse einschaltet.

Löse-
einrich-
tung Die Löseeinrichtung der Hikgbr besteht aus vier Löseventilen, mit denen man mittels Zugstangen von beiden Seiten des Wagens aus die Räume A, B, C und R entlüften kann.

Die Vorgänge in den Steuerventilen beim Brems- und Lösevorgang lassen sich an Hand der vorgehefteten Schaltbilder 1—3 verfolgen. Bei einer Vollbremsung, die bei einem Druckabfall in der Hauptluftleitung von 5 kg/cm^2 auf $3,6 \text{ kg/cm}^2$ eintritt, wird der höchste

3,3 kg/cm² in einer Zeit von 40 sec erreicht. Zum Lösen nach einer Vollbremsung sind 45 sec erforderlich.

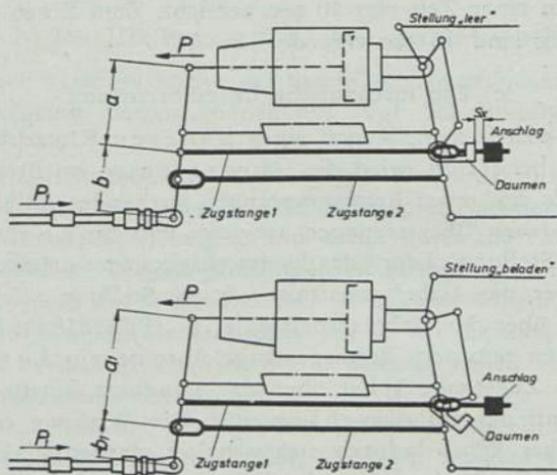
c) Die mechanische Lastabbremung

Um bei beladenen Wagen einen höheren Klotzdruck zu bekommen als bei leeren, wird die Übersetzung im Bremsgestänge verändert. Es sind zwei Bremszugstangen vorhanden (Bild 318), die mit verschiedenen Übersetzungen arbeiten, und ein Lastwechselkasten. In Stellung „Leer“ des Lastwechselkastens arbeitet die Zugstange 1 über das Hebelverhältnis $a:b$, in Stellung „Beladen“ die Zugstange 2 über das Hebelverhältnis $a_1:b_1$ (Bild 318 a). Beide Zugstangen stehen mit dem Bremsgestänge über je ein Langloch in Verbindung; Zugstange 1 hat über das Langloch hinaus eine Verlängerung, auf der ein Anschlag sitzt. Die Wirkung eines Teiles des Langloches kann dadurch ausgeschaltet werden, daß im Lastwechselkasten bei Stellung „Leer“ ein Daumen auf der Zugstange 1 eingehakt wird; die Wirkung ist dieselbe, als würde man das Langloch verkürzen.

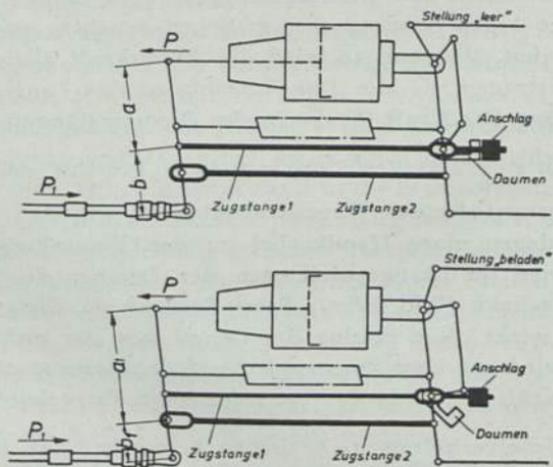
Wird in Stellung „Leer“ gebremst (Bild 318 b), so werden die Bremsklötze zunächst über die Zugstange 2 gegen die Räder bewegt, bis Zugstange 1 den Spielraum s_x zwischen Anschlag und Daumen zurückgelegt hat. Von nun an wird die Bremskraft allein über die Stange 1 übertragen, da die Stange 2 infolge des Langloches keine Kraft überträgt. Die Kraft P_1 , die in das Bremsgestänge übergeleitet wird, ist dann $P \cdot \frac{a}{b}$. Das Verhältnis $a:b$ ist so gewählt, daß gerade das Eigengewicht des Wagens abgebremst wird.

Durch Umlegen einer Handkurbel an der Wagenlängsseite auf „Beladen“ wird im Lastwechselkasten der Daumen aus der Zugstange 1 ausgehakt (Bild 318 a); beim Bremsen in dieser Stellung (Bild 318 b) wirkt diese infolge des Langloches gar nicht mit. Die Bremskraft wird nur über Zugstange 2 auf das Bremsgestänge übertragen. Die Kraft P_1 , die in das Bremsgestänge übergeleitet wird, ist $P \cdot \frac{a_1}{b_1}$. Das Hebelverhältnis $a_1:b_1$ ist so bemessen, daß auch die Last mit abgebremst wird.

Wenn mechanische Lastabbremung angewendet wird, muß in das Bremsgestänge ein Bremsgestängesteller eingebaut werden, der



a) Lösestellung



b) Bremsstellung

Bild 318. Lastwechsel im Bremsgestänge

den Verschleiß der Bremsklötze, Radreifen und Bremsgestänge so ausgleicht, daß der Kolbenhub bei Vollbremsung stets gleich bleibt.

d) Die Lastabbremung durch Zusatzbremszylinder (Druckluft-Lastabbremung)

An Fahrzeugen, bei denen das Ladegewicht im Verhältnis zum Eigengewicht besonders groß ist, reicht die mechanische Lastabbremung nicht mehr aus; man ordnet dann zwei Bremszylinder an, einen Eigengewichtsbremszylinder und einen Zusatzbremszylinder, der bei beladenem Wagen mitarbeitet, dagegen bei leerem Wagen ausgeschaltet wird. Die Hikg-Bremse erhält in diesem Falle ein Steuer-ventil Hikg₂. In diesem befindet sich ein Umstellhahn, der mit Hilfe des Lastwechsels (an den beiden Längsseiten der Wagen) auf „Leer“ oder „Beladen“ gestellt werden kann. In der Stellung „Leer“ wird der Zusatzbremszylinder mit der freien Luft verbunden, in der Stellung „Beladen“ erhält er Bremsluft über einen Kanal im Umstellhahn. In der Stellung „Leer“ strömt die Luft beim Lösen aus dem Eigengewichtsbremszylinder durch zwei hintereinanderliegende Bohrungen im Umstellhahn ins Freie, in der Stellung „Beladen“ dagegen durch die größere der beiden; die Lösezeiten sind dadurch in beiden Fällen gleich.

e) Die Hik-Bremse für Personenzüge (Hikpbr)

Die Hikpbr unterscheidet sich von der Hikgbr mit Steuerventil Hikgl im wesentlichen dadurch, daß im Hauptstauventil Hikp 1 ein Umstellhahn eingebaut ist mit den Stellungen „Pers.Z“ für Personenzüge und „Güt.Z“ für Güterzüge. In der Stellung „Pers.Z“ strömt die Bremsluft über große Bohrungen, so daß der höchste Bremsdruck von 3,6 kg/cm² im Bremszylinder, der einer Abbremsung von 80 % entspricht, bei Schnellbremsungen in 6 sec erreicht wird; zum vollen Lösen werden etwa 17 sec benötigt. In der Stellung „Güt.Z“ werden die Leitungen zum und vom Bremszylinder im Umstellhahn gedrosselt, so daß dieselben Brems- und Lösezeiten wie bei der Hikgbr erreicht werden.

Um bei Schnellbremsung eine höhere Durchschlagsgeschwindigkeit zu erreichen, sind einige ausländische Bahnverwaltungen dazu übergegangen, an jedem Wagen in die Hauptluftleitung noch einen besonderen Beschleuniger einzubauen (Einfachbeschleuniger), der bei

plötzlicher, starker Druckverminderung in der Hauptluftleitung aus dieser Luft in eine Übertragungskammer abzapft. Die hierdurch hervorgerufene weitere Druckverminderung pflanzt sich so schnell fort, daß die Durchschlagsgeschwindigkeit von 150 m/sec (ohne Beschleuniger) bis auf 300 m/sec erhöht wird.

Der Einfachbeschleuniger (Bild 319) arbeitet folgendermaßen: Über die Düse eines federbelasteten Steuerkolbens wird die Steuerkammer in Füll- oder Lösestellung mit Hauptleitungsluft gefüllt. Wird

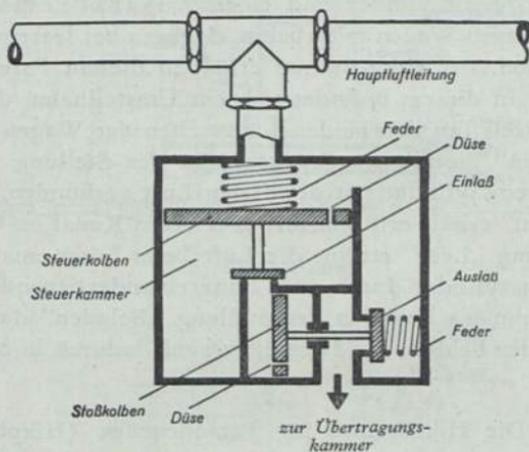


Bild 319. Einfachbeschleuniger

der Druck für eine Betriebsbremsung in der Hauptluftleitung mäßig erniedrigt, so entleert sich die Steuerkammer allmählich wieder über die Düse in die Hauptleitung. Sinkt jedoch bei einer Schnellbremsung der Leitungsdruck plötzlich stark ab, so hebt der Druck in der Steuerkammer den Steuerkolben hoch und öffnet den Einlaß. Steuerkammerluft drückt nun den Stoßkolben nach rechts und öffnet den Auslaß, durch den Hauptleitungsluft in die Übertragungskammer abgezapft wird. Hat sich der Druck in der Steuerkammer über die Düse im Steuerkolben wieder mit dem Druck in der Hauptluftleitung ausgeglichen, so schließt sich der Einlaß unter dem Einfluß der Steuerkolbenfeder. Ebenso wird der Auslaß durch seine Feder geschlossen, sobald sich die Drücke beiderseits des Stoßkolbens über die Düse in ihm ausgeglichen haben. Aus den Stoßkolbenräumen

entweicht die Luft allmählich in die Übertragungskammer, aus dieser selbst über eine Düse in einem Abstellhahn, der vor dem Übertragungsbehälter eingebaut ist und dazu dient, den Beschleuniger außer Tätigkeit zu setzen.

Abstellhahn

f) Die Hik-Bremse für Schnellzüge und schnellste Züge (Hikssbr)

Diese Bremse wird mit dem Steuerventil Hiks ausgerüstet; dieses unterscheidet sich, abgesehen von der Bemessung der Bohrungen und Querschnitte, von den vorher beschriebenen dadurch, daß ein Umstellhahn mit den Stellungen „SS“, „S“, „P“ und „G“ eingebaut ist, der es gestattet, die Bremsen in ihrer Wirkung den bisher üblichen Schnellzug-, Personenzug- und Güterzugbremsen anzugleichen. Mit ihm werden in bekannter Weise in die Leitung vom Steuerventil Drosselbohrungen eingeschaltet. Das Steuerventil arbeitet — in derselben Weise wie bei der auf S. 407 (Bild 302) beschriebenen Bremse für Schnellfahrlokomotiven — nicht unmittelbar auf die Bremszylinder, sondern auf eine Vorsteuerkammer 5. Der Druck in dieser steuert wieder einen Druckübersetzer 6, der Druckluft aus einem Vorratsbehälter 1 unmittelbar über das Ventil v_1 in die Bremszylinder strömen läßt.

Umstellhahn im Steuerventil

Vorsteuerkammer

Die Kolbenverhältnisse im Druckübersetzer sind so gewählt, daß das Ventil v_1 erst schließt, wenn die Kolbenkraft des Kolbens k_1 , auf den der Bremszylinderdruck wirkt, höher ist als die der Kolben $k_2 + k_3$. So stellt sich bei Vollbremsung, wobei der Druck in der Hauptluftleitung unter $3,6 \text{ kg/cm}^2$ gesenkt wird, in der Vorsteuerkammer ein Druck von $3,6 \text{ kg/cm}^2$ ein; aus dem Vorratsbehälter wird in die Bremszylinder so lange Luft gespeist, bis der Druck in ihnen 4 kg/cm^2 beträgt, womit eine Abbremsung von 200 % erreicht wird (nur bei Geschwindigkeiten über 50 km/h).

Druckübersetzer

Der Druckübersetzer wird hier ebenfalls von einem Fliehkraftregler (Achslager-Bremsdruckregler) beeinflusst, damit bei Geschwindigkeiten unter 50 km/h die Abbremsung 80 % nicht überschreitet.

Achslager-Bremsdruckregler

Der Umstellhahn im Druckübersetzer hat vier Stellungen: „SS“, „S“, „P“ und „G“. In Stellung „SS“ wirkt der Druck in der Vorsteuerkammer ungedrosselt auf den Druckübersetzer; bei Schnellbremsung springt der Druck im Bremszylinder in 2 sec auf den Höchstdruck von 4 kg/cm^2 an.

Umstellhahn im Druckübersetzer

In der Stellung „S“ wirkt der Druck in der Vorsteuerkammer gedrosselt auf den Druckübersetzer; in 5 sec wird eine Abbremsung von 125 % erreicht, die dann allerdings noch weiter ansteigt. In den Stellungen „P“ und „G“ wird die Kammer oberhalb des Kolbens k_3 in ständiger Verbindung mit dem Vorratsluftbehälter gehalten; das Gleichgewicht der Kolbenkräfte wird schon hergestellt und Ventil v_1 geschlossen, wenn der Druck im Bremszylinder einer Abbremsung von 80 % entspricht. In Stellung „P“ wird die Abbremsung von 80 % bei Schnellbremsung in 5 sec erreicht, in Stellung „G“ in 35 sec.

Der Achslager-Bremsdruckregler wirkt in bekannter Weise auf den Druckübersetzer ein (vgl. S. 409), indem er bei Geschwindigkeiten unter 50 km/h Druckluft aus dem Vorratsluftbehälter in die Kammer oberhalb des Kolbens k_3 treten läßt; dadurch geht das Kolbensystem im Druckübersetzer abwärts, Ventil v_2 läßt Luft aus den Bremszylindern abströmen, bis bei einer Abbremsung von 80 % das Gleichgewicht der Kolbenkräfte wiederhergestellt ist; das Kolbensystem geht hoch, und v_2 wird geschlossen.

Um die Durchschlagsgeschwindigkeit auf ein der hohen Fahrgeschwindigkeit entsprechendes Maß zu bringen, erhalten die mit Hikssbr ausgerüsteten Wagen eine besondere, vom Steuerventil getrennte Beschleunigungseinrichtung, den Koppelbeschleuniger (Bild 320).

Koppel-
beschleu-
niger

Bei den bisher beschriebenen Bremsen pflanzt sich eine auf der Lokomotive oder — bei Not- und Schnellbremsungen — an einer anderen Stelle eingeleitete Bremsung allein durch den Druckabfall in der Hauptluftleitung fort; damit ist der Durchschlagsgeschwindigkeit theoretisch mit der Schallgeschwindigkeit = 330 m/sec eine Grenze gesetzt. Erreicht wird in Wirklichkeit im Höchsthfall eine Durchschlagsgeschwindigkeit von 150 m/sec ohne Beschleuniger, von 300 m/sec bei Benutzung des auf S. 443 beschriebenen Einfachbeschleunigers. Um auf noch höhere Werte zu kommen, hat man zu mechanischen Mitteln gegriffen. Zur Übertragung des Druckabfalles von Wagen zu Wagen ist es zwar bei der Schlauchkupplung geblieben, aber zur Fortpflanzung von einem Wagenende zum anderen werden Koppeldrähte aus Stahl benutzt, die Beschleuniger an den Wagenenden zum Ansprechen zu bringen.

Koppel-
kästen

Diese Beschleuniger sind in Koppelkästen untergebracht, die in die Hauptluftleitung an jedem Wagenende unmittelbar hinter den

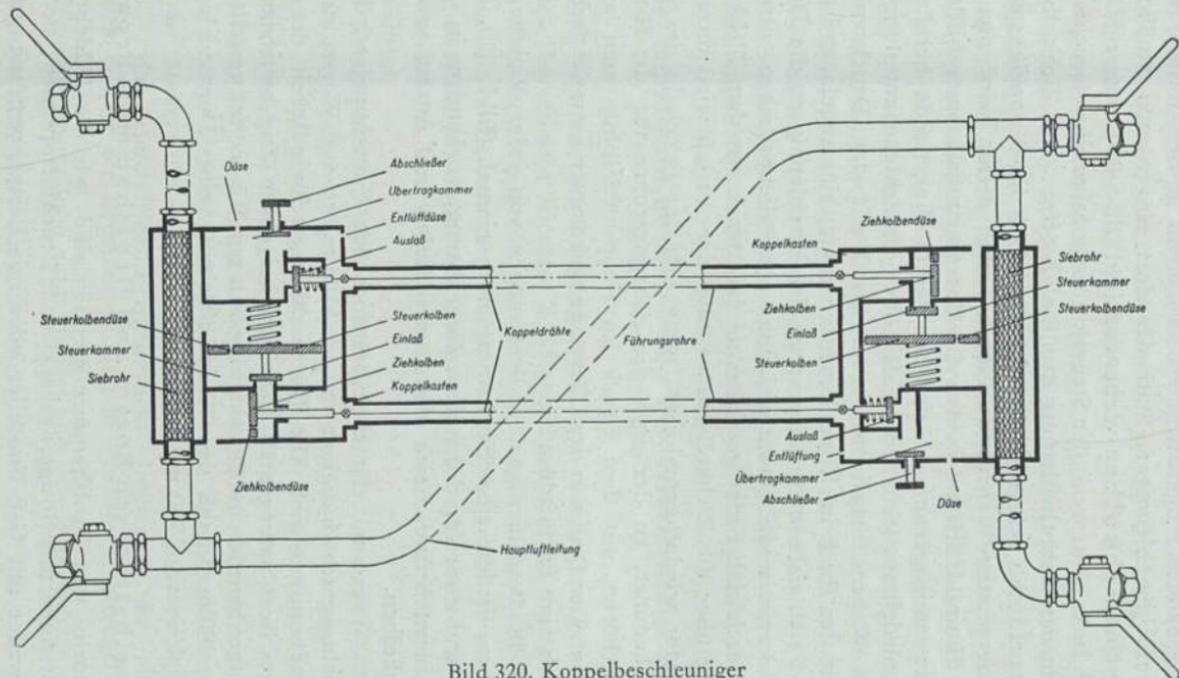


Bild 320. Koppelbeschleuniger

Kupplungshähnen eingebaut sind; sie ähneln in der Wirkungsweise dem Einfachbeschleuniger. Statt des dort eingebauten Stoßkolbens ist aber ein Ziehkolben vorhanden (vgl. Bild 320, untere Hälfte), der nach links geht, wenn der Steuerkolben infolge einer Druckerniedrigung in der Hauptluftleitung den Einlaß öffnet. Am Ziehkolben ist ein Koppeldraht befestigt, der den Auslaß im Koppelkasten am entgegengesetzten Wagenende öffnet. Durch diesen wird nun Luft aus der Hauptluftleitung in den die Übertragungskammer bildenden Koppelkasten abgezapft, so daß an diesem Wagenende bereits eine Druckerniedrigung eintritt und sich über die Schlauchkupplung zum nächsten Wagen fortpflanzt, bevor die Welle der Druckerniedrigung, die den Ruck im Koppeldraht erzeugte, hier angelangt ist.

Sobald sich nach dem Ansprechen des Beschleunigers die Drücke in Steuerkammer und Hauptluftleitung ausgeglichen haben, wird der Einlaß durch eine Feder geschlossen; der Druck vor dem Ziehkolben entweicht über die Ziehkolbendüse, und der Auslaß wird durch die Auslaßfeder wieder geschlossen, wenn sich der Druck in der Übertragungskammer, zu der auch die Führungsrohre für die Koppeldrähte gehören, mit dem Druck im Hauptluftleitungsraum ausgeglichen hat. Der Druck in der Übertragungskammer entweicht schließlich durch eine Entlüftdüse.

Damit die Beschleuniger bei Bremsungen von jeder Richtung her ansprechen, ist dieselbe Einrichtung noch einmal (Bild 320, obere Hälfte), und zwar für die andere Ziehrichtung, vorhanden; in jedem Koppelkasten befinden sich also je ein Einlaß und Auslaß sowie je ein Ziehkolben.

Bei den Wagen mit der eben besprochenen Einrichtung wird eine Durchschlagsgeschwindigkeit von rd. 1100 m/sec, von Wagen zu Wagen gemessen, erreicht. Die Durchschlagsgeschwindigkeit des ganzen Zuges liegt naturgemäß niedriger; bei einem Zug bestehend aus 15 D-Wagen wurde eine Durchschlagszeit von 0,5 sec festgestellt, was bei den 380 m Länge der Hauptluftleitung eine Durchschlagsgeschwindigkeit von 750 m/sec ergibt.

5. Die selbsttätigen Bozic- und Drolshammer-Bremsen

Die Bozic- und Drolshammer-Bremsen sind, wie die Hildebrand-Knorr-Bremsen, mehrlösige, nachspeisende Druckluftbremsen; sie werden entweder mit G-P-Umsteller oder mit Lastabbremung gebaut.

G-P-Umsteller sind an Personenwagen und Güterwagen ohne Lastwechsel eingebaut und drosseln in der Stellung für Güterzüge, ebenso wie das G-P-Wechselventil (vgl. S. 401) die Druckentwicklung beim Bremsen und Lösen.

Für Güterwagen mit hohem Ladegewicht verwendet die Drolshammer-Bremse zur Lastabbremung einen Zusatzbremszylinder, der durch einen Lastwechsel in der Stellung „beladen“ zugeschaltet wird. Bei der Bozic-Bremse wird die Lastabbremung durch Änderung des Druckes im Bremszylinder erreicht; sie wird entweder von Hand oder selbsttätig eingestellt. Bei der selbsttätigen Lastabbremung wird durch den beim Beladen absinkenden Wagenkasten mit einem Hebel, der sich auf die Achsbüchse stützt, das Steuerventil derart beeinflusst, daß es erst bei einem höheren Bremszylinderdruck abschließt. Es sind beliebig viele Zwischenstellungen und damit Druckhöhen im Bremszylinder möglich.

G. Die fahrdienstliche Bewertung der verschiedenen Bauarten der Klotzbremse

Aus der Summe der Bremsklotzdrücke eines Fahrzeugs wird eine für den Betrieb sehr wichtige Zahl errechnet, das Bremsgewicht. Diese Zahl ist etwa gleich der Summe der Bremsklotzdrücke, doch wird noch eine Berichtigung durch Vervielfältigen mit einem Beiwert vorgenommen, der die Entwicklungsart und -zeit des Bremszylinderdruckes und die Bauart und spezifischen Druck der Bremsklötze berücksichtigt.

Die Bremsgewichte werden bei Lokomotiven und Personenwagen an den Seitenwänden, bei Güterwagen an den Lastwechselschildern angeschrieben (vgl. S. 423). Wenn sich die Bremse eines Fahrzeugs auf verschiedene Wirkungen einstellen läßt, so ergibt sich für jede Einstellung auch ein anderes Bremsgewicht. In den Anschriften ist dann zu jeder der möglichen Einstellungen der Umstelleinrichtung oder des Steuerventils („SS“, „S“, „P“ oder „G“, „Leer“ oder „Beladen“) das zugehörige Bremsgewicht angegeben. Bei einlösigem Bremsen (E) ist die Bremseinstellung in Bruchform angegeben, z. B. $\frac{E}{P}$ = Schnellbremsstellung eingeschaltet und $\frac{E}{B}$ = Betriebsbremsstellung (ohne Schnellbremswirkung, S. 401).

Das Bremsgewicht eines Zuges besteht aus den Bremsgewichten der einzelnen zu befördernden Fahrzeuge einschließlich der arbeitenden Lokomotive mit Tender; es wird fahrdienstlich zu folgendem Zweck gebraucht: Um einen Zug aus der Höchstgeschwindigkeit auf der Strecke zwischen Vorsignal und Hauptsignal (auf Nebenbahnen 400 oder 700 m, auf Hauptbahnen 700 oder 1000 m, auf besonders zugelassenen Schnellzugstrecken 1200 m) zum Stehen zu bringen, muß ein bestimmter Vomhundertsatz des Zuggewichtes abgebremst werden.

Brems-
hundertstel

Dieser Satz wird mit Brems-hundertstel bezeichnet und bedeutet das Verhältnis aller beim Bremsen wirkenden Bremsgewichte zum Gesamtgewicht des Zuges vervielfältigt mit 100; er ist in Brems-tafeln in den FV vorgeschrieben und hiernach im Fahrplanbuch für jede Strecke und jeden Zug angegeben. Aus dieser Angabe ergibt sich das für einen Zug erforderliche Bremsgewicht, indem man das Zuggewicht mit der Höhe der verlangten Brems-hundertstel vervielfältigt und durch 100 teilt. Sind beispielsweise 60 % Brems-hundertstel verlangt, so heißt das: bei 300 t Zuggewicht müssen mindestens $\frac{300 \cdot 60}{100} = 180$ t Bremsgewicht vorhanden sein.

Brems-
tafeln

Die Brems-tafeln in den FV sind für die verschiedenen Geschwindigkeiten, Steigungsverhältnisse der Strecke und Vorsignal-abstände aufgestellt, ferner nach der Schnelligkeit der Wirkung für die beiden Bremsarten:

- | | |
|-------------|---------------------------|
| Bremsart I | schnell wirkende Bremsen, |
| Bremsart II | langsam wirkende Bremsen. |

Diesen Bremsarten werden die in den vorangegangenen Abschnitten beschriebenen Bremsen unter Berücksichtigung der verschiedenen Einstellmöglichkeiten wie folgt zugerechnet:

Zur Bremsart I zählen:

alle Knorr-, Westinghouse-, Kunze-Knorr- und Hildebrand-Knorr-Bremsen (mit Ausnahme der Kkgbr und Hikgbr) in den Bremsstellungen:

- P — schnell und stark wirkend,
- S — schnell und stärker wirkend,
- SS — sehr schnell und sehr stark wirkend.

Zur Bremsart II zählen:

- a) Kkgbr und Hikgbr in den Stellungen
„Leer“ — langsam und mit schwächerem Klotzdruck wirkend,
„Beladen“ — langsam und mit stärkerem Klotzdruck wirkend.
- b) alle Bremsen mit G-P-Umstellhahn oder G-P-Wechselventil in Stellung „G“ sowie die Kk- und Hik-Bremsen mit Steuerventilumstellhahn in Stellung „Güt.Z“ oder „G“,
- c) die Handbremsen.

Mit der Bremsart I werden die Reisezüge gefahren; sind im Rahmen der Bestimmungen der FV in Reisezüge Fahrzeuge eingestellt, die lediglich nach der Bremsart II gebremst werden können, so wird, um die langsamere Wirkung zu berücksichtigen, mit dem 0,8fachen des an diesen Fahrzeugen angeschriebenen Bremsgewichtes gerechnet.

Mit der Bremsart II werden die Güterzüge mit der Höchstgeschwindigkeit bis zu 75 km/h gefahren, solche mit höheren Geschwindigkeiten dagegen mit der Bremsart I.

Abweichungen von dieser allgemeinen Regelung sowie nähere Bestimmungen sind in den FV §§ 90 und 91 enthalten.

H. Die Gegendruckbremse

Eine Bremswirkung kann dadurch erreicht werden, daß man die lebendige Kraft des fahrenden Zuges dazu benutzt, um im Dampfmaschinenzylinder Luft zu verdichten. Legt man nämlich die Steuerung bei vorwärts fahrender Lokomotive auf Rückwärtsfahrt, so saugt der Kolben beim Hingang Luft aus der Ausströmleitung, verdichtet sie beim Rückgang und schiebt sie schließlich in Einströmleitung, Überhitzer und Reglerrohr. Wenn dieser Speicherraum mit verdichteter Luft angefüllt ist, muß der Kolben außer der Verdichtungsarbeit auch noch beim Ausschieben der verdichteten Luft den Gegendruck in diesem Raum überwinden.

Diese seit langem bekannte Bremsmöglichkeit ist in der eben beschriebenen einfachen Form nicht brauchbar, weil einerseits beim Ansaugen der Luft aus der Rauchkammer Ruß und Lösche mitgenommen werden, die die Schieber- und Zylinderräume verschmutzen, andererseits infolge der hohen, bei der Verdichtung auftretenden Tem-

Riggen-
bach-
Bremsen

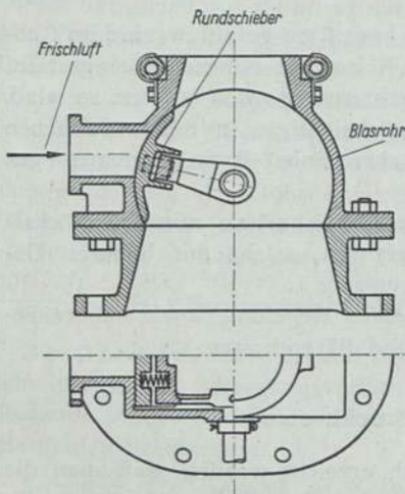


Bild 321. Absperrschieber zur Gegendruckbremse

Absperr-
schieber

Der Absperrschieber (Bild 321) schließt die Ausströmleitung nach der Rauchkammer zu ab und gibt gleichzeitig einen Querschnitt frei, durch den Frischluft in den Zylinder gesaugt werden kann; er wird entweder durch Druckluftkolben oder von Hand über ein Gestänge betätigt. Es können also keine Verunreinigungen aus der Rauchkammer mehr in die Zylinder gelangen.

Drossel-
ventil

Mit dem Drosselventil, das mit einem Handrad im Führerhaus bedient wird, läßt man die verdichtete Luft gedrosselt ins Freie; durch Freigeben eines größeren oder kleineren Öffnungsquerschnittes kann man den Bremsdruck so regeln, daß die gewünschte gleichmäßige Bremswirkung eintritt. Der Druck in dem Schieberkasten und den damit verbundenen Räumen der Einströmung darf

peratur das Öl verkocht, so daß Schieberbuchsen und Zylinderlaufflächen riefig werden. Es sind vielmehr eine Reihe von Sonder-
einrichtungen notwendig, um diese Art der Bremsung betriebs-
reif zu machen. Bekannt ist diese Bremse unter dem Namen Riggen-
bach- oder Gegendruckbremse. Bei der Deutschen Reichsbahn
sind seit Jahren eine Anzahl älterer Lokomotiven damit ausgerüstet,
auch wird sie in alle Einheitsgüterzuglokomotiven eingebaut, die den
Dienst auf Strecken mit längeren Gefällen versehen. Der Vorteil,
der sich durch Verwendung der Gegendruckbremse ergibt, besteht
darin, daß erheblich an Bremsklötzen gespart wird und das Losewerden der Rad-
reifen infolge der großen Erwärmung beim Bremsen auf
langen Gefällestrecken nunmehr vermieden wird.

Die Gegendruckbremse in der heutigen Form erhält folgende
Zusatz-einrichtungen: einen Absperrschieber im Blasrohr,
ein Drosselventil auf dem Schieberkasten, einen Schall-
dämpfer und eine Einspritz-
einrichtung.

Der Absperrschieber (Bild

321) schließt die Ausströmleitung

6 kg/cm² nicht überschreiten, damit nicht etwa der Regler aufgedrückt wird.

Um das unangenehme Ausströmgeräusch zu vermindern, tritt die Luft über einen Schalldämpfer ins Freie. Als solcher wird entweder ein Hohlraum benutzt, der dadurch entsteht, daß man den Schornstein mit einem zweiten Mantel umgibt, oder es wird ein besonderer Schalldämpfer eingebaut; dieser besteht aus einem Rohr, in das gelochte Querbleche gelegt sind. Schalldämpfer

Um die hohen, bei der Verdichtung entstehenden Temperaturen herabzusetzen, wird heißes, der Verdampfung nahes Wasser aus dem Kessel in die Ausströmkästen, über die jetzt Frischluft angesaugt wird, gespritzt, und zwar durch ein Rohr mit feinen Bohrungen gut zerstäubt. Das Wasser gelangt mit der angesaugten Luft in den Zylinder, verdampft und nimmt hierbei die Verdampfungswärme auf, die natürlich der verdichteten Luft entzogen werden muß, so daß deren Temperatur herabgesetzt wird. Einspritz-einrichtung

Bei jeder mit Gegendruckbremse ausgerüsteten Lokomotive ist im Führerhaus an der Stehkesselrückwand ein Bedienungsschild angebracht, das genau besagt, in welcher Reihenfolge die einzelnen Verrichtungen bei Benutzung dieser Bremse vorzunehmen sind. Bedienungsschild

Anstellen:

1. Treibradbremse abstellen.

Anmerkung: Der Absperrhahn zwischen Hauptluftleitung und Steuerventil zur Treibradbremse wird bei Lokomotiven mit Gegendruckbremse in das Führerhaus verlegt.

2. Ausströmventil öffnen ($\frac{1}{2}$ Umdrehung).
3. Blasrohr schließen.
4. Druckausgleicher schließen.
5. Steuerung entgegen der Fahrtrichtung legen.
6. Zylindereinspritzung mäßig öffnen. Temperatur nicht über 300° steigen lassen.
7. Bremsdruck mit dem Drosselventil regeln (höchst. 6 kg/cm²).

Abstellen:

1. Einspritzventil fest schließen.
2. Drosselventil ganz öffnen.
3. Steuerung sehr langsam in Fahrtrichtung legen.

4. Druckausgleicher öffnen.
5. Drosselventil fest schließen.
6. Blasrohr öffnen.
7. Treibradbremse anstellen.

Zu beachten ist bei der Gegendruckbremse noch folgendes:

Diese Bremse ist nur als Gefällebremse zu benutzen, nicht aber zum Anhalten des Zuges. Ist die Bremswirkung bei ganz geöffnetem Ausströmventil zu groß, so muß die Menge der verdichteten Luft dadurch vermindert werden, daß die Steuerung auf kleinere Füllung gelegt wird. Ist die Bremswirkung bei voll ausgelegter Steuerung und einem Druck von 6 kg/cm^2 im Schieberkasten nicht ausreichend, so ist die Druckluftbremse zu betätigen.

J. Die Zugbeeinflussung

1. Aufgabe und grundsätzliche Wirkungsweise der Zugbeeinflussung

Da es vorkommen kann, daß ein Lokomotivführer die ihm durch die Signale gegebenen Befehle nicht beachtet, wird bei Schnell- und Personenzuglokomotiven die Zugbeeinflussung eingebaut, die in einem solchen Falle einen Unfall verhindern soll. Die bei der Reichsbahn am meisten verwendete Bauart ist die induktive Zugbeeinflussung nach der Dreifrequenzbauart, die hier in großen Zügen beschrieben werden soll. Zunächst sei die grundsätzliche Wirkungsweise einer induktiven Zugbeeinflussung erläutert.

Fahrzeug-
magnet

Auf der Lokomotive befindet sich ein Fahrzeugmagnet (Bild 322), der von Wechselstrom durchflossen wird. Die Spule und der

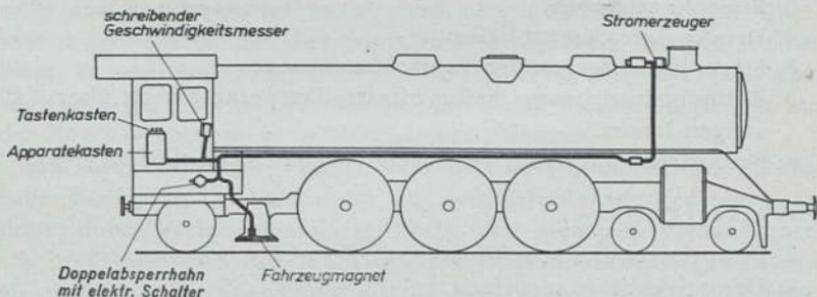


Bild 322. Anordnung der Zugbeeinflussungseinrichtung auf der Lokomotive

Kondensator, die im Wechselstromkreis liegen (Bild 323), sind für eine festliegende elektrische Schwingungszahl (Frequenz) aufeinander abgestimmt. Außer dem Wechselstromkreis gehört zu der Einrichtung auf der Lokomotive ein Gleichstromkreis. Die für den Wechselstromkreis erforderliche Spannung wird von einem Wechselstromerzeuger geliefert, der an die Lichtmaschine für die Lokomotivebeleuchtung angeflanscht ist; der Gleichstromkreis wird von der Lichtmaschine gespeist.

Durch beide Stromkreise fließt im Zustande der Betriebsbereitschaft (Betriebslage) ständig Strom (Ruhestrom), also auch durch die

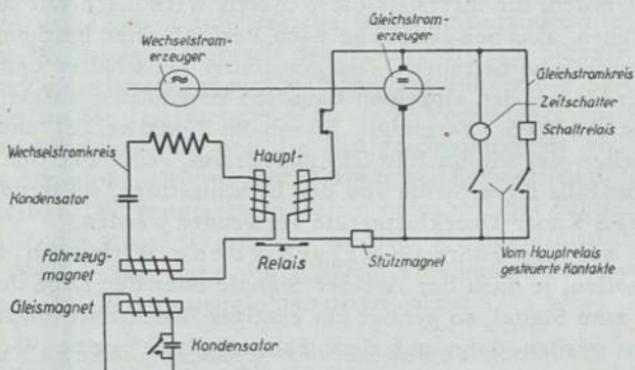


Bild 323. Grundsätzliches Schaltbild der induktiven Zugbeeinflussung

in beiden Stromkreisen liegenden Elektromagnete eines sogenannten Hauptrelais; in der Betriebslage liegt dessen Anker, der um seine Mittelachse drehbar gelagert ist, auf der Wechselstromseite an, da beim Einschalten der Einrichtung zunächst der Wechselstromkreis Strom erhält und erst etwas später der Gleichstromkreis.

Neben dem Gleis ist ein dem Fahrzeugmagnet ähnlicher Magnet eingebaut, der keine eigene Stromquelle hat (Gleismagnet); sein Stromkreis ist durch Bemessung von Magnetspule und Kondensator genau auf die Schwingungszahl des Fahrzeugmagnets abgestimmt.

Wird das zugehörige Signal auf „Fahrt frei“ gestellt, so wird gleichzeitig vom Signalkontakt der Gleismagnet dadurch unwirksam gemacht, daß der Kondensator kurzgeschlossen und damit die Abstimmung aufgehoben wird.

Überfährt der Fahrzeugmagnet bei „Halt“ zeigendem Signal den Gleismagnet, so wird in diesem durch die Schwingungen in der Spule des Fahrzeugmagnets ein Strom erzeugt (Induktion), der eine starke Rückwirkung auf den Wechselstromkreis des Fahrzeuges ausübt, so daß die Stromstärke in diesem auf weniger als die Hälfte sinkt. Infolgedessen sinkt auch die Stromstärke in dem von der Wechselstromseite her gespeisten Elektromagnet des Hauptrelais; der Anker kippt auf die Gleichstromseite über, weil jetzt die Wirkung dieses Elektromagnets überwiegt, und steuert dabei Kontakte, durch die Zeitschalter, Schaltrelais usw. betätigt werden, die ihrerseits die weiteren Wirkungen auf das Fahrzeug ausüben, also beispielsweise nach Verlauf einer bestimmten Zeit eine Bremsung herbeiführen. Die genannten Zeitschalter und Schaltrelais werden bei den einzelnen Bauarten verschieden ausgeführt; bei den Bauarten VES (Vereinigte Eisenbahn-Signalwerke) und C. Lorenz arbeiten sie, wie im Bild 323 angedeutet, rein elektrisch und erhalten ebenfalls ihren Strom von der Lichtmaschine, während bei der Bauart VES-Knorr Druckluftgeräte verwendet werden.

Wenn auf das Fahrzeug verschiedene Wirkungen ausgeübt werden sollen, je nach der Art der Signale oder der Lage der Gleismagnete zum Signal, so genügt ein einziger Wechselstromkreis nicht mehr. Es werden dann auf dem Fahrzeug mehrere Wechselstromkreise von verschiedener Schwingungszahl (Frequenz) eingebaut, deren Magnetfelder vom Fahrzeugmagnet gemeinsam ausgestrahlt werden. Jeder Wechselstromkreis hat ein besonderes Hauptrelais und übt, wenn er von einem auf ihn abgestimmten Gleismagnet beeinflusst wird, eine andere Wirkung auf das Fahrzeug aus, weil das zugehörige Hauptrelais eben andere Kontakte steuert. Entsprechend der beabsichtigten Wirkung werden also auch verschieden abgestimmte Gleismagnete verlegt.

2. Die induktive Zugbeeinflussung nach der Dreifrequenzbauart

Bei den von der Reichsbahn eingeführten Bauarten wird mit drei Frequenzen gearbeitet (daher die Bezeichnung „Dreifrequenzbauart“), und zwar mit 500, 1000 und 2000 Schwingungen/sec. (Hertz), so daß folgende drei Einwirkungen ausgeübt werden können (Bild 326):

a) Einwirkung an Ankündigungssignalen (Frequenz 1000 Hertz)

Am Vorsignal, das in Warnstellung steht, und am Langsamfahrtsignal (Lf 1) vor vorübergehend eingerichteten Langsamfahrstellen muß der Lokomotivführer durch Bedienung einer Taste bestätigen, daß er die Signale erkannt hat (Wachsamkeitsprobe), und außerdem bis zum Ablauf einer in der Fahrzeugeinrichtung eingestellten Zeit die Geschwindigkeit unter ein vorgeschriebenes Maß herabsetzen (angehängte Geschwindigkeitsprüfung).
Versäumt der Lokomotivführer eins von beiden, so wird der Zug selbsttätig gebremst (Zwangsbremung).

Wachsamkeitsprobe

Geschwindigkeitsprüfung

Zwangsbremung

Bedient der Lokomotivführer die Wachsamkeitstaste nicht, so beginnt die Bremsung 5 sec nach der Vorbeifahrt am Signal; ebenfalls wird der Zug gebremst, wenn der Lokomotivführer die Geschwindigkeit nicht in der festgesetzten Zeit nach Vorbeifahrt am Vorsignal oder Langsamfahrtsignal auf die Prüfgeschwindigkeit von 90 km/h bei Schnellzuglokomotiven und 75 km/h bei Personenzuglokomotiven ermäßigt hat. Die festgesetzten Zeiten betragen: bei Schnellzuglokomotiven in der Regel 22 sec, bei solchen, die hauptsächlich auf der Strecke Berlin—Hamburg mit 1200 m Vorsignalabstand verkehren, 24 sec und bei Personenzuglokomotiven 26 sec.

Prüfgeschwindigkeit

b) Erste Einwirkung abhängig vom Hauptsignal (Frequenz 500 Hertz)

Ist die Geschwindigkeit des Fahrzeuges in einer Entfernung von 150 m (bei 1000 m Vorsignalabstand) und 200 m (bei 1200 m Vorsignalabstand) vor dem Hauptsignal, das „Halt“ oder „Fahrt frei mit Geschwindigkeitsbeschränkung“ zeigt, noch höher als 65 km/h bei Schnellzuglokomotiven und 60 km/h bei Personenzuglokomotiven, so wird der Zug durch Einwirkung des hier verlegten sogenannten Zwischenmagnets sofort gebremst. Diese Einwirkung kann an weniger gefährdeten Punkten fortfallen. Die gleiche Einwirkung kann auch bei ständigen Langsamfahrstellen benutzt werden, wenn eine geringere Geschwindigkeit als 60 km/h vorgeschrieben ist.

Zwischenmagnet

c) Zweite Einwirkung am Hauptsignal (Frequenz 2000 Hertz)

Am „Halt“ zeigenden Hauptsignal selbst wird der Zug bei jeder Geschwindigkeit sofort zwangsgebremst. Die gleiche Einwirkung kann an wichtigen Schranken dazu benutzt werden, einen

Zug abzubremsen, wenn die Schranke nicht rechtzeitig geschlossen ist. In diesem Falle ist der Einwirkungspunkt in der Regel etwa 900 m vor der Schranke verlegt.

Außer den bereits vorher genannten Teilen, wie Stromerzeuger und Fahrzeugmagnet, gehören zur Einrichtung auf der Lokomotive ein Apparatkasten in der Führerhausseitenwand mit den elek-

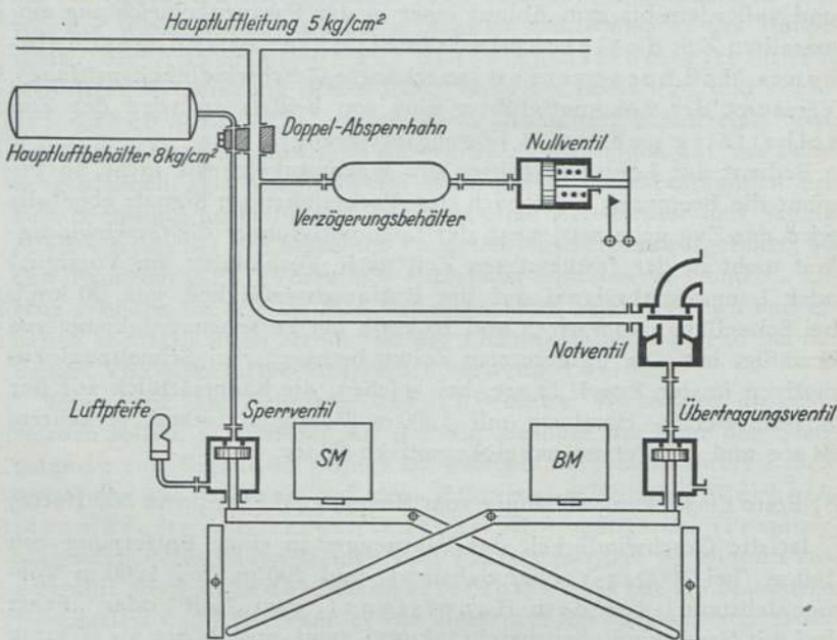


Bild 324. Die zusätzlichen Druckluftbauteile der Zugbeeinflussung

trischen Schaltgeräten und zusätzlichen Drucklufteinrichtungen, ein Spannungsmesser, ein Tastenkasten, ein schreibender Geschwindigkeitsmesser, eine gelbe und eine blaue Merklampe sowie eine Hupe.

Der Spannungsmesser (Voltmeter) liegt geschützt in besonderem, mit Klappdeckel verschlossenem Gehäuse, das auf dem Apparatkasten angeordnet ist.

Die zusätzlichen Druckluftbauteile (Bild 324) bestehen, abgesehen von Druckluftschaltgeräten, die bei der Bauart VES-Knorr

an die Stelle einiger bei anderen Bauarten verwendeter elektrischer Schaltgeräte treten, aus einem Doppelabsperrhahn, dem Notventil, Übertragungsventil, Sperrventil mit Luftpeife und Nullventil mit Verzögerungsbehälter.

Der Doppelabsperrhahn, der mit einem elektrischen Schalter verbunden ist, sitzt auf der rechten Lokomotivseite unterhalb des Führerhauses und dient dazu, die Verbindung zwischen Hauptluftbehälter und Hauptluftleitung mit den Einrichtungen der Zugbeeinflussung herzustellen oder zu unterbrechen, sowie die ganze Einrichtung elektrisch ein- und auszuschalten.

Das Notventil wird von dem Bremsmagnet (BM), das Sperrventil von dem Stützmagnet (SM) gesteuert.

Der Bremsmagnet wird von Gleichstrom durchflossen und hält in der Betriebsstellung das Notventil geschlossen. Eine Zwangsbremse wird von der Zugbeeinflussung dadurch herbeigeführt, daß der Bremsmagnet durch Unterbrechung eines Kontaktes stromlos gemacht wird; sein Anker fällt dann ab und öffnet das Notventil, das den Druck aus der Hauptluftleitung entweichen läßt, also eine Notbremse herbeiführt. Gleichzeitig ertönt die Hupe.

Zwischen Bremsmagnet und Notventil ist noch ein Übertragungsventil geschaltet, damit das Betätigen des Notventils durch eine ganz kleine Magnetkraft ermöglicht und so größere Bauteile vermieden werden. Im Notventil wirkt der Druck der Hauptluftleitung auf beide Seiten des federnden Membrankolbens, der in der Betriebsstellung mit seiner Ventilplatte die Verbindung von der Hauptluftleitung zur freien Luft abschließt. In den Raum unterhalb des Membrankolbens tritt die Luft durch eine ganz kleine Düse; dieser Raum steht mit dem Übertragungsventil in Verbindung und wird durch dieses ebenfalls von der freien Luft abgeschlossen, so daß sich in ihm derselbe Druck wie oberhalb des Membrankolbens einstellt. Da der beaufschlagte Querschnitt unten aber größer ist wie oben, wird das Notventil durch den Druck selber zugehalten. Das Übertragungsventil hat einen ganz kleinen Querschnitt, so daß zu seinem Abschluß nur ein Magnet mit kleiner Anzugskraft erforderlich ist. Verbindet das Übertragungsventil, vom Bremsmagnet nicht mehr verschlossen gehalten, den Raum unterhalb des Membrankolbens mit der freien Luft, so kann sich der Druck über die kleine Düse nicht

so schnell ausgleichen. Der Membrankolben wird unten entlastet, der Druck von oben überwiegt und stößt das Notventil auf.

Stütz-
magnet

Der Stütz magnet, der im Gleichstromkreis mit den Spulen der Hauptrelais in Reihe (hintereinander) geschaltet ist, hat den Zweck, eine ungewollte Zwangsabbremung im Falle einer starken Schwankung der Wechselstromfrequenz zu verhüten. Ändert sich diese nämlich infolge ungleichmäßigen Laufes des Wechselstromerzeugers, so sinkt die Stromstärke im Wechselstromkreis, und die Anker der Hauptrelais kippen auf die Gleichstromseite genau so, als wenn eine Beeinflussung durch einen Gleismagnet eingetreten wäre. Durch Einwirkung von Fliehkraftkontakten auf ein besonderes Relais wird aber im Falle der Frequenzstörung der Stütz magnet stromlos, sein Anker fällt ab und hält mit Sperrklinke den Bremsmagnet in der Betriebsstellung fest. Gleichzeitig gibt der Anker auch das Sperrventil frei, das, vom Druck im Hauptluftbehälter aufgestoßen, eine Luftpfeife betätigt und dem Lokomotivführer damit anzeigt, daß die Einrichtung nicht ansprechfähig ist. Wenn der Stromerzeuger wieder richtig arbeitet, ist die Anlage auch wieder betriebsbereit, denn der Stütz magnet erhält Strom, sein Anker schließt das Sperrventil, die Pfeife verstummt.

Sperr-
ventil
Luftpfeife

Der Stütz magnet wird seinerseits nach eingetretener Zugbeeinflussung durch den abgefallenen Bremsmagnetanker gesperrt, so daß die Wirkung einer Beeinflussung auch nicht durch eine Frequenzstörung oder durch Abstellen der Lichtmaschine (was einer Frequenzstörung gleichkommt) beeinträchtigt werden kann.

Tasten-
kasten

Der Tastenkasten ist mit dem Apparatekasten verbunden und trägt die drei Tasten: Wachsamkeitstaste, Freitaste und Befehlstaste (Bild 325).

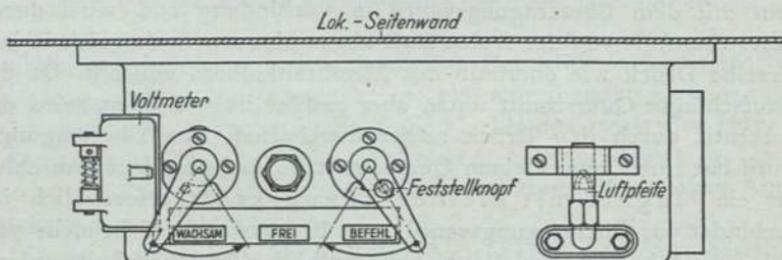


Bild 325. Tastenkasten der Zugbeeinflussungseinrichtung

Die Wachsamkeitstaste ist vom Lokomotivführer innerhalb 5 sec nach Überfahren des Gleismagnets am Vorsignal in Warnstellung oder Langsamfahrtsignal zu bedienen. Dadurch verhindert er die Wirkung der Zugbeeinflussung auf die Bremse und kann sich jetzt, die Geschwindigkeit vermindern, dem Hauptsignal oder der Langsamfahrtsstelle nähern. Nach dem Drücken der Wachsamkeitstaste leuchtet die gelbe Lampe auf, wenn eine Beeinflussung durch den Gleismagnet eingetreten ist; sie erlischt nach der Geschwindigkeitsprüfung (vgl. S. 457) und zeigt damit dem Lokomotivführer an, daß die Geschwindigkeit erhöht werden kann, wenn inzwischen das Hauptsignal in Stellung „Fahrt frei“ gegangen ist. Solange die Wachsamkeitstaste gedrückt wird, ertönt die Hupe.

Wachsamkeitstaste

Gelbe Lampe

Wenn ein Hauptsignal in Haltstellung auf Befehl überfahren werden soll, ist die Befehlstaste zu bedienen und damit die Beeinflussung an diesem Signal unwirksam zu machen; sie wird nach Eindrücken des Feststellknopfes umgelegt, bleibt so stehen und ist, wenn der Gleismagnet überfahren ist, unter erneutem Drücken des Feststellknopfes wieder zurückzulegen. Während der Bedienung dieser Taste ertönt ebenfalls die Hupe.

Befehlstaste

Mit der Freitaste kann der Lokomotivführer nach vorausgehender Zwangsbremmung den Betriebszustand wieder herstellen; durch das Drücken dieser Taste werden die vom Gleichstrom gespeisten Spulen im Hauptrelais vorübergehend stromlos, so daß dessen Anker, der durch die Einwirkung des Gleismagnets auf die Gleichstromseite übergekippt war (vgl. S. 456), wieder in die Betriebslage auf die Wechselstromseite zurückkehrt, wo sich unmittelbar nach Überfahren des Gleismagnets die alte Stromstärke wieder eingestellt hat. Der Bremsmagnet erhält wieder Strom, zieht seinen Anker an und schließt damit über das Übertragungsventil das Notventil. Allerdings ist das Rückstellen des Bremsmagnets erst möglich, wenn der Druck in der Bremsleitung gleich Null ist und vom Nullventil bestimmte Kontakte geschlossen sind. Hierzu muß das Führerbremsventil zunächst in die Schnellbremsstellung gelegt werden. Damit aber eine Bremsung nicht sofort wieder aufgehoben werden kann, ist zwischen dem Nullventil, auf dessen Kolben in der Betriebsstellung der Druck der Hauptluftleitung ruht, und der Hauptluftleitung ein Verzögerungsbehälter eingebaut, der die Luft nur über eine kleine Bohrung entweichen läßt; der Kolben kann also erst einige

Freitaste

Nullventil

Verzögerungsbehälter

Sekunden nach dem Entleeren der Hauptluftleitung umsteuern, worauf das Drücken der Freitaste die beschriebene Wirkung auslöst. Die Hupe, die zu tönen beginnt, sobald eine Zwangsbremse durch die Zugbeeinflussung eingeleitet wird, verstummt, wenn der Bremsmagnet zurückgestellt ist. Wird jetzt mit dem Führerbremsventil die Bremse gelöst, so ist der Betriebszustand wieder hergestellt und die Lokomotive fahrbereit.

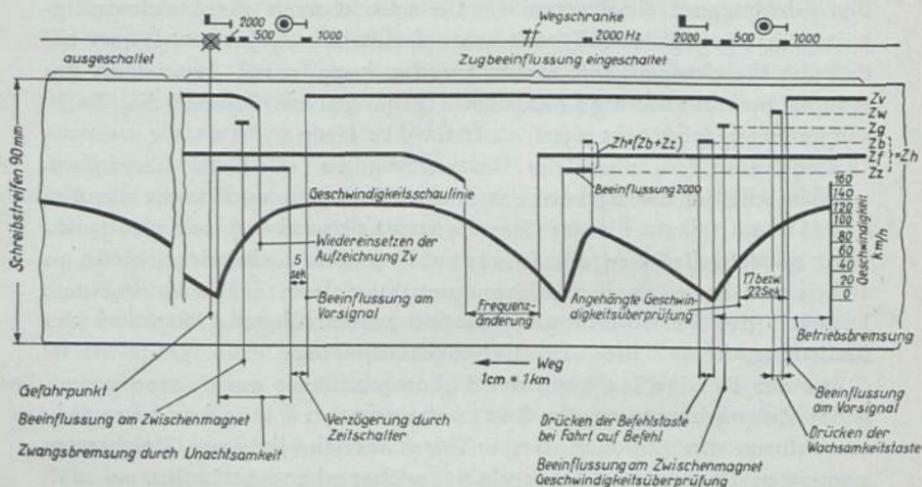


Bild 326. Aufzeichnungen des schreibenden Geschwindigkeitsmessers

Der schreibende Geschwindigkeitsmesser zeichnet auf einem Papierstreifen außer der Schaulinie der Geschwindigkeit über dem Weg die Vorgänge der Zugbeeinflussung wie folgt auf (Bild 326):

- den eingeschalteten Zustand und die Beeinflussung am Vorsignal sowie Langsamfahrtsignal durch einen Dauerstrich (Aufzeichnung Z_v), der vom Eintreten der Beeinflussung bis zur angehängten Geschwindigkeitsprüfung unterbrochen wird,
- jede Bedienung der Wachsamkeitstaste (Aufzeichnung Z_w) nach einer Beeinflussung am Vorsignal oder Langsamfahrtsignal durch einen kurzen Strich,
- die Beeinflussung am Zwischenmagnet (Aufzeichnung Z_g) durch einen kurzen Strich,

- d) das Drücken der Befehlstaste (Aufzeichnung Zb) durch einen kurzen Strich,
- e) die richtige Drehzahl des Stromerzeugers (Frequenz, Aufzeichnung Zf) durch einen Dauerstrich, der bei Frequenzänderung unterbrochen wird,
- f) die Zwangsbremung (Aufzeichnung Zz) durch einen Strich während der Dauer dieser Bremung,
- g) die Zwangsbremung am Hauptsignal oder vor nicht geschlossener Schranke durch Striche (Aufzeichnung Zh = Aufzeichnung Zz während der Dauer und Aufzeichnung Zb ganz kurz bei Beginn dieser Bremung).

Bei den Bauarten VES und Lorenz hat der Geschwindigkeitsmesser noch die Aufgabe, bei den Geschwindigkeitsprüfungen dadurch mitzuwirken, daß bei Über- oder Unterschreitung der Prüfgeschwindigkeiten Kontakte geschlossen oder offen gehalten werden und so eine Zwangsbremung ermöglicht oder verhindert wird. Bei der Bauart VES-Knorr übernimmt diese Aufgabe ein besonderer, im Apparatkasten sitzender, von einer Achse angetriebener Geschwindigkeitsprüfer.

Die Aufgabe der gelben Lampe ist bereits erwähnt. Die blaue Lampe dient der Frequenzüberwachung; sie verlöscht, wenn sich die Frequenz ändert und dadurch die Zugbeeinflussungseinrichtung unwirksam wird. Wie bereits auf S. 460 angegeben, ertönt gleichzeitig auch die Luftpfeife. Bis die blaue Lampe wieder aufleuchtet und die Pfeife wieder verstummt, darf die für Fahrten ohne Zugbeeinflussung festgesetzte Höchstgeschwindigkeit nicht überschritten werden.

Zu erwähnen bleibt noch, daß auf der Fahrt vom Lokomotivschuppen an den Zug die Wirkung der Zugbeeinflussung durch Überfahren eines Prüfgleismagnets mit der Frequenz 2000 geprüft wird, der eine Zwangsbremung verursacht. Diese Zwangsbremung ist wie jede von der Zugbeeinflussung bewirkte Bremung zu lösen (vgl. S. 461).

Lokomotivführer, die mit induktiver Zugbeeinflussung ausgerüstete Lokomotiven zu bedienen haben, erhalten ein Merkblatt mit ausführlicher Bedienungsanweisung.

Neunter Teil

Anlagen zur Behandlung der Lokomotiven im Betriebe

A. Begriffserläuterungen

Die aus dem Dienst kommenden Lokomotiven müssen während der Betriebspausen wieder vollkommen betriebsbereit hergerichtet werden; hierzu dienen die Lokomotivbehandlungsanlagen, zu denen folgende Einrichtungen zu zählen sind: Lokomotivhallen, Ausschlackanlagen, Bekohlungs- und Besandungsanlagen, Wasserversorgungsanlagen, Ausbläseeinrichtungen, Auswascheinrichtungen, Drehscheiben und Schiebebühnen.

Die Teile eines Bahnhofes, auf denen die zur Behandlung der Lokomotiven notwendigen Gleise, die baulichen und maschinellen Anlagen untergebracht sind, bezeichnet man mit Lokomotivbahnhof. Die Dienststelle, die den Betrieb des Lokomotivbahnhofes in allen seinen Dienstzweigen leitet, ist das Bahnbetriebswerk.

B. Lokomotivhallen

Lokomotivhallen sind erforderlich, damit die Lokomotiven in den Dienstpausen geschützt gegen die Unbilden der Witterung eingestellt und hergerichtet werden können. Damit die Arbeiten unter der Lokomotive bequem ausgeführt werden können, befinden sich zwischen den Schienen der Hallengleise Arbeitsgruben.

Ring- hallen Nach der Form des Grundrisses unterscheidet man Ring- und Reckthallen. Ringhallen sind im allgemeinen in Halbkreisform mit einer Drehscheibe (Bild 327), solche mit mehr als 30 Ständen in Hufeisenform mit zwei nebeneinanderliegenden Drehscheiben gebaut. Bei Neubauten werden Ringhallen nur noch für Anlagen minderer Bedeutung errichtet, weil bei plötzlich eintretenden Schäden an der Drehscheibe eine zu große Zahl von Lokomotiven abgeschlossen ist.

Rechteck- hallen Bei Rechteckhallen mit wenig Ständen sind für die Zufahrten

nur Weichenverbindungen notwendig; große Hallen erhalten eine oder mehrere Schiebebühnen innerhalb der Halle. In der Regel dürfen auf Ständen, die nach einer Seite an eine Schiebebühne angeschlossen sind, zwei, auf solchen, die nach beiden Seiten angeschlossen sind, drei Lokomotiven hintereinander aufgestellt werden. Bei neuzeitlichen Anlagen werden die Stirnwände der Halle durchbrochen und die

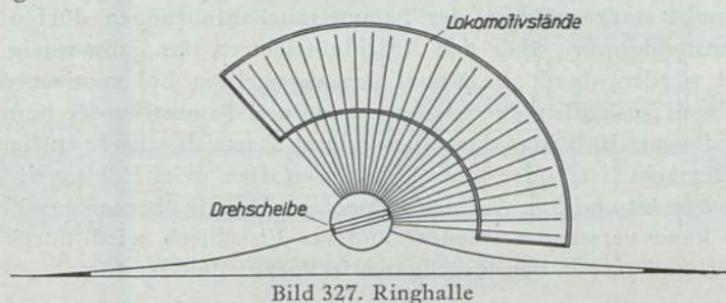


Bild 327. Ringhalle

Hallengleise an eine Gleisharfe angeschlossen. Bei wichtigeren Anlagen sind zwei Drehscheiben vorhanden, die so gelegt sind, daß sie bei Schäden die Zu- und Abfahrten nicht behindern (Bild 328).

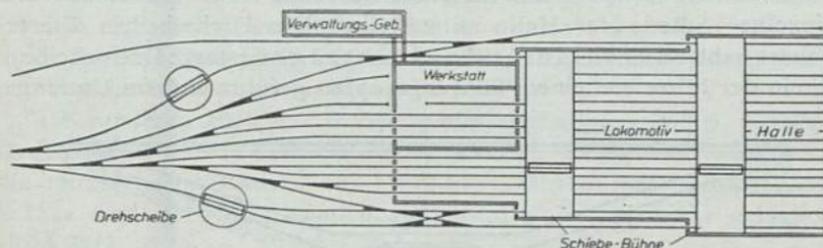


Bild 328. Rechteckhalle

Die Hallentore sollen nach den neuen Bestimmungen der BO eine Hallentore lichte Weite von 4 m haben. Bei älteren Anlagen sind diese Maße meist nicht vorhanden; daher ist beim Ein- und Ausfahren größte Vorsicht am Platze.

Wichtig ist die Rauchabführung aus der Halle. Entweder er- Rauch-
hält jeder Stand einen Schornstein für sich, oder es wird eine abführung
Sammelrauchabführung gebaut. Diese besteht aus einem die Sammel-
ganze Halle durchziehenden Sammelkanal mit abschließbaren An- rauch-
abführung

schlußtrichtern über jedem Stand; der Sammelkanal ist an einen hohen Schornstein angeschlossen, der einen besseren Saugzug gibt als die niedrigen Einzelschornsteine, auch die Rauchgase in größerer Höhe abführt. Die Anschlußtrichter werden auf die eingestellte Lokomotive herabgelassen, müssen aber vor Ausfahrt der Lokomotive wieder hochgezogen werden, um Beschädigung zu verhüten. Wegen des meist starken Zuges der Sammelrauchabführungen dürfen die Schornsteinklappen über den Anschlußtrichtern nur ganz wenig geöffnet werden, damit die Kessel der abgestellten Lokomotiven nicht zu schnell auskühlen. Einzelschornsteine und Sammelkanäle bestehen entweder aus Holz, das durch besonderen Anstrich schwer entflammbar gemacht ist, oder aus Leichtbaustoffen wie Hohltonziegeln, Asbestzement und dgl. Auch mit säurefester Email überzogenes Eisenblech kann verwendet werden; anderes Eisenblech wird durch die schweflige Säure in den Rauchgasen in kurzer Zeit zerstört.

C. Drehscheiben

Drehscheiben dienen dazu, Lokomotiven mit Schlepptender der Fahrtrichtung entsprechend zu drehen und die Lokomotiven auf die einzelnen Stände der Halle zu verteilen. Die Drehscheiben älterer Bauart haben durchlaufende Blechträger (starre Drehscheibe), die in der Mitte von einem Führungszapfen geführt und am Umfange

Drehscheiben mit durchlaufenden Trägern

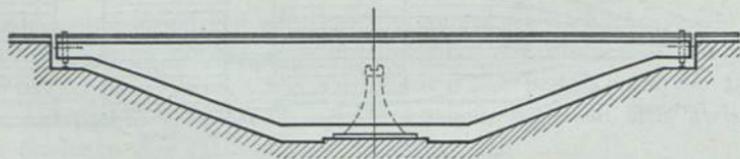


Bild 329. Drehscheibe mit durchlaufenden Trägern

durch Laufrollen gestützt sind (Bild 329). Gewicht der Scheibe und Lokomotivlast werden fast allein durch den als Traglager ausgebildeten Führungszapfen auf den in der Mitte stehenden Lagerbock, den sogenannten Königsstuhl, übertragen. Da auf den Laufrädern nicht genügend Gewicht ruht, wird die Drehscheibe in der Weise angetrieben, daß ein Zahnritzel in einen Zahnkranz am Rande der Drehscheibengrube eingreift.

Bei zunehmender Länge der Drehscheiben (20 m und mehr) erwies es sich als notwendig, die Hauptträger zu unterteilen (Gelenkdrehscheiben). Die beiden Teile jedes Hauptträgers werden in der Nähe des Königsstuhles, der jetzt nur noch etwa die halbe Last zu tragen hat, gelenkig verbunden (Bild 330). Bei neueren Drehscheiben besteht das Gelenk aus Winkeleisen und Blechen, die elastisch genug

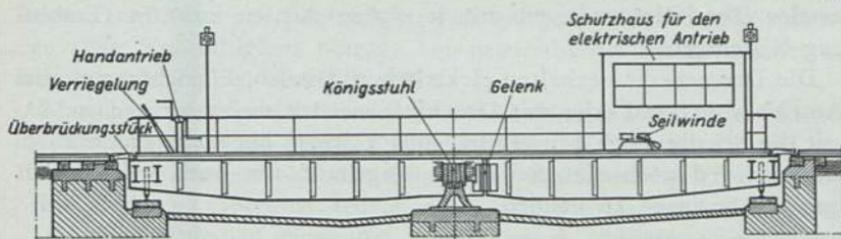


Bild 330. Lokomotiv-Gelenkdrehscheibe auf Betonfundament

sind, den beiden Drehscheibenteilen eine Bewegung gegeneinander in senkrechter Richtung zu gestatten. Das Laufwerk besteht aus acht Rädern, von denen je zwei in einer Schwingung zusammengefaßt sind. Der Laufkranz ruht mit Holzschwellen auf Betonfundament. Zwei in einer Schwingung laufende Räder werden angetrieben; die auf ihnen ruhende Last reicht aus, um die Drehscheibe allein durch Ausnutzung der Reibung fortzubewegen.

In besonderen Fällen, z. B. bei wenig tragfähigem Boden, werden Drehscheiben mit dreifach unterteilten Trägern verwendet, die mit sechzehn Rädern auf zwei Laufkränzen laufen; die Laufkränze sind mit Holzschwellen auf einem Schotterbett gelagert (Bild 331).

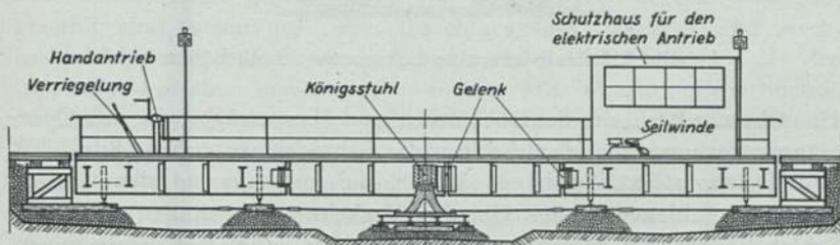


Bild 331. Lokomotiv-Gelenkdrehscheibe auf Schotterbett

Neue Drehscheiben für Nebenbahnen müssen einen Durchmesser von 20 m haben und für 20 t Achsbelastung berechnet sein, bei Hauptbahnen mindestens 23 m Durchmesser haben und für eine Achsbelastung von 25 t berechnet sein. Im allgemeinen werden aber bei der Reichsbahn nur noch Drehscheiben von 23 m und 26 m Durchmesser und einer Tragfähigkeit von 350 t, entsprechend der Last zweier Tenderlokomotiven mit je sieben Achsen zu 25 t (Lastenzug N), eingebaut.

Die Drehscheiben erhalten elektrischen Antrieb. Einrichtungen zum Antrieb von Hand oder mit Druckluft werden meist vorgesehen, damit die Scheibe auch bei ausbleibendem Strom benutzt werden kann. Häufig wird noch eine Seilwinde eingebaut, um auch kalte Lokomotiven bewegen zu können.

D. Schiebebühnen

Schiebebühnen werden benutzt, wenn Lokomotiven von einem Gleis auf andere, gleichlaufende, also z. B. in der Rechteckhalle vom Einfahrgleis auf die einzelnen Lokomotivstände gesetzt werden sollen.

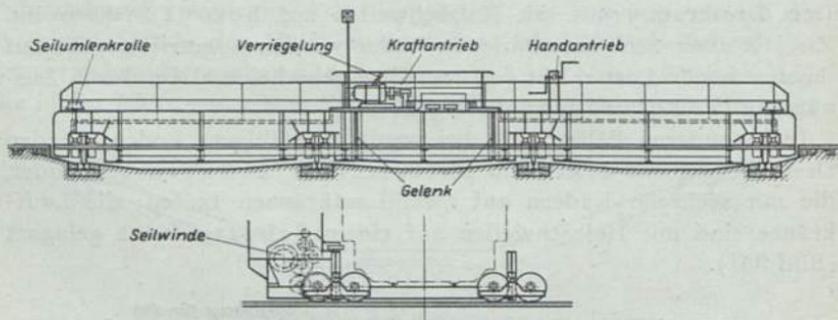


Bild 332. Halbversenkte Lokomotiv-Schiebebühne

Hauptbestandteile der Schiebebühnen sind Hauptträger, die mit Querträgern verbunden sind, auf denen die Fahrschienen ruhen (Bild 332). Die Träger stützen sich auf Räder, die auf quer zu den Gleisen liegenden Schienen laufen. Um den Verkehr zwischen den durch das Schiebebühnenfeld getrennten Schuppenteilen möglichst wenig zu erschweren, sollen die Gruben so flach wie möglich sein. Die im Bild

322 gezeigte Bauart bezeichnet man als halbversenkte; die Grubentiefe beträgt 600 mm. Um bei den heute üblichen Längen von 23 und 26 m eine zu große Trägerhöhe zu vermeiden, werden die Hauptträger unterteilt; die Last ruht dann auf sechzehn Laufrollern, die zu je zweien in einer Schwinge vereinigt werden und auf vier Laufschiene laufen. Der elektrische Antrieb wirkt auf vier Räder, und zwar auf je eines der vier auf jeder Laufschiene rollenden. Die Tragfähigkeit beträgt bei neuzeitlichen Schiebebühnen in Bahnbetriebswerken ebenfalls 350 t.

Man baut auch unversenkte Schiebebühnen; bei ihnen liegen die Laufschiene auf gleicher Höhe mit den Hallengleisen, und die Fahrzeuge gelangen auf die Bühne mit Auffahrzungen. Da diese Schiebebühnen erheblich teurer sind, werden sie nur bei besonderen Verhältnissen verwendet, besonders in Ausbesserungswerken, wenn mit starkem Verkehr über das Schiebebühnenfeld zu rechnen ist, so daß eine Grube wegen der Unfallgefahr vermieden werden muß.

Drehscheiben und Schiebebühnen müssen verriegelt sein, bevor sie befahren werden sollen. Die Verriegelung ist mit einer Signalscheibe verbunden, die bei entriegelter Scheibe oder Bühne „Halt, das Gleis ist gesperrt“ (Signal Ve 3) und bei eingelegtem Riegel „Die Gleissperre ist aufgehoben“ (Signal Ve 4) zeigt.

E. Bekohlungsanlagen

Die Lokomotiven, die von der Fahrt zurückkommen, erhalten Kohle, Wasser und Sand und werden von den Brennstoffrückständen gereinigt. Im allgemeinen wird die Bekohlung vor die Ausschlackanlage gelegt, damit die Lokomotiven bereits etwas abgekühlt sind, wenn auf dem Ausschlackplatz Feuertür und Aschkastenklappen geöffnet werden; schroffe Abkühlung, die den Lokomotivkesseln, insbesondere denen mit eiserner Feuerbüchse, schadet, wird dadurch vermieden. Wasser wird während der Feuerreinigung genommen, da sich diese Arbeiten nicht gegenseitig behindern. Die Sandkästen werden im Anschluß daran an einer besonderen Anlage gefüllt. Bild 333 zeigt die Anordnung der eben genannten Behandlungsanlagen in einem größeren Bahnbetriebswerk.

In kleinen bis mittleren Bekohlungsanlagen (bis etwa 60 t Tages-

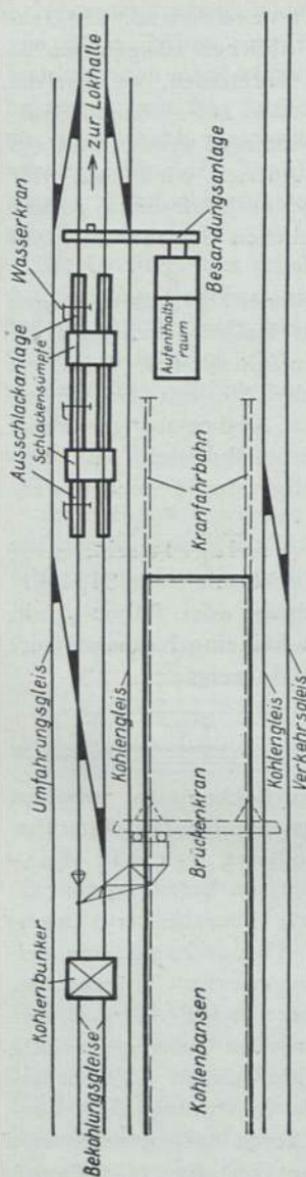


Bild 333. Lageplan einer Bekohlungs- und Ausschlackanlage

ausgabe) wird die Kohle aus dem Vorratslager (Bansen) oder unmittelbar aus dem Kohlenwagen in fahrbare Kohlenbehälter (Kohlenhunde) geladen; diese werden dann mit einem meist elektrisch angetriebenen Säulendrehkran hochgewunden und über dem Tender ausgekippt (Bild 334). Vielfach findet man auch, und zwar bei Vorliegen günstiger örtlicher Verhältnisse, hochgelegene Kohlenbansen und Kohlenzufuhrgleise, die über eine steile Rampe befahren werden; die Kohle wird über eine Sturzbühne in die Tender gekippt. Bei großen neuzeitlichen Anlagen werden Greiferdrehkräne oder Verladebrücken mit Greifern verwendet. Um die Zeit für das Kohlennehmen abzukürzen oder den Bekohlungskran zeitweilig (z. B. in der Nachtschicht) stillsetzen zu können, wird häufig die Kohle nicht unmittelbar mit dem Kran auf den Tender geladen, sondern als Vorrat in einen fahrbaren oder feststehenden Bunker gefüllt; die Kohle fließt dann beim Kohlefasen dem Tender von selber aus den Bunkertaschen zu. Bild 335 zeigt eine neuzeitliche Anlage für ein Bahnbetriebswerk mit 400 t Tagesausgabe.

Bei größeren Krananlagen sowie Bunkerbetrieb werden selbsttätige Waagen eingebaut, die die abgegebene Kohlenmenge genau angeben.

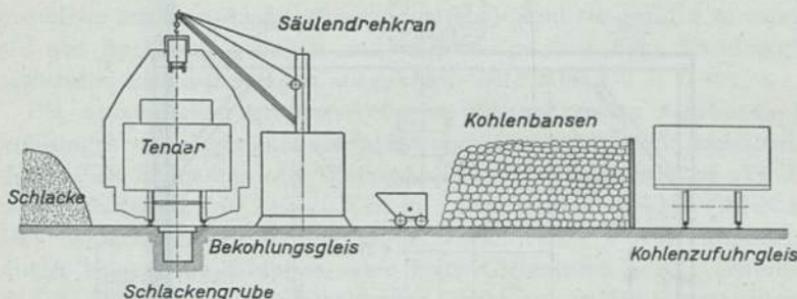


Bild 334. Bekohlungsanlage mit feststehendem Drehkran

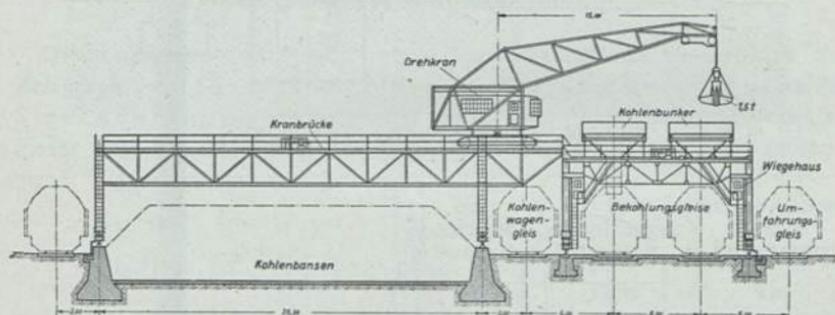


Bild 335. Bekohlungsanlage mit Brückenkran und Kohlenbunker

F. Ausschlackanlagen

Die Lokomotiven müssen nach einer oder mehreren Fahrten ausgeschlackt werden. Der Zeitpunkt, zu dem dies geschehen muß, richtet sich nach Menge und Art der auf dem Rost angesammelten Schlacke und damit nach der Menge der auf 1 m^2 Rostfläche verfeuerten Kohle und deren Art. Damit ist also auch gesagt, daß die Laufleistungen bis zum Ausschlacken je nach Art der Züge, Höhe der Belastung und den Streckenverhältnissen verschieden hoch sind.

Bei einfachen Verhältnissen besteht die Ausschlackanlage nur aus einer Ausschlackgrube, in der die aus dem Aschkasten geworfenen Brennstoffrückstände abgelöscht werden. Die Schlackenmengen werden von Hand verladen. Bei größeren Anlagen laufen in den Aus-

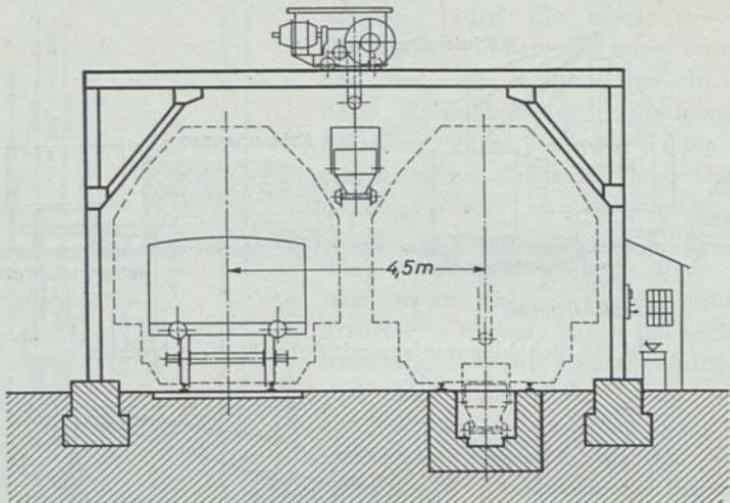


Bild 336. Ausschlackanlage mit Bockkran

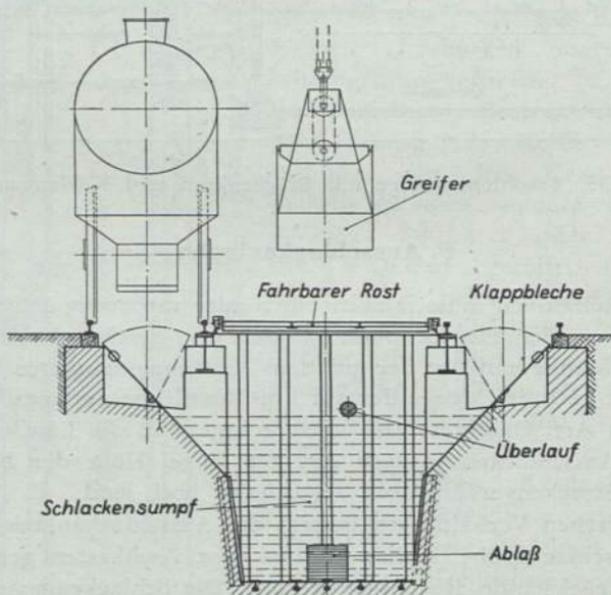


Bild 337. Ausschlackanlage mit Schlackensumpfen

schlackgruben Schlackenkarren, in die die Brennstoffrückstände unmittelbar aus dem Aschkasten hineinfallen. Sind sie gefüllt, so werden sie mit Bockkran gehoben und über einem auf dem Nachbargleis stehenden Eisenbahnwagen ausgekippt (Bild 336).

Bei neuzeitlichen großen Anlagen, die mit einem fahrbaren Bekohlungskran ausgerüstet sind, läßt man die Schlacken in einen neben dem Gleis liegenden, mit Wasser gefüllten Schlackensumpf rutschen und verladet sie von Zeit zu Zeit mit dem Bekohlungskran (Bild 337). Der Schlackensumpf ist mit einem verschiebbaren Rost abgedeckt; durch bewegliche Klappen oder feste Gitterstäbe wird verhindert, daß Bedienstete von der begähbaren Grube aus in den Sumpf stürzen.

G. Wasserversorgungsanlagen

Die Lokomotiven müssen ihren Speisewasservorrat von Zeit zu Zeit ergänzen. Die mit einer Tenderfüllung durchfahrenen Streckenlängen richten sich ganz nach den Steigungsverhältnissen und der Belastung der Züge; als Anhaltswerte können gelten:

	bei	bei	bei besonders starken Steigungen
	günstigen Streckenverhältnissen	ungünstigen	
	km	km	km
für Schnellzuglokomotiven	300	120	—
für Personenzuglokomotiven . . .	150	80	50
für Güterzuglokomotiven	80	40	25
für Tenderlokomotiven	40	20	15

Wasserversorgungsanlagen befinden sich etwa alle 25–30 km, auf Gebirgsstrecken in noch kürzeren Abständen.

Die Anlagen bestehen aus dem Wasserzulauf (Brunnen oder offener Wasserlauf), einer Pumpenanlage und dem Wasserbehälter mit dem Verteilernetz und den Wasserentnahmestellen (Bild 338).

Die Wasserpumpen werden mit Dampfmaschine, Elektromotor oder Verbrennungsmotor (Diesel- oder Ottomotor) angetrieben. An wichtigen Punkten muß stets eine Ersatzpumpe vorhanden sein; vielfach dient als solche ein Pulsometer. Diese Fördereinrichtung besteht aus zwei Wasserkammern, in die abwechselnd durch eine

selbsttätig arbeitende Steuerung Dampf aus der Lokomotive tritt; hierdurch wird der Wasserinhalt der Kammern in die Steigeleitung gedrückt. In der geleerten Kammer entsteht durch Dampfniedererschlag eine Luftleere, so daß wieder Wasser aus dem Brunnen angesaugt wird.

Pumpwerke sollen, sofern sie nicht eine selbsttätige, in Abhängig-

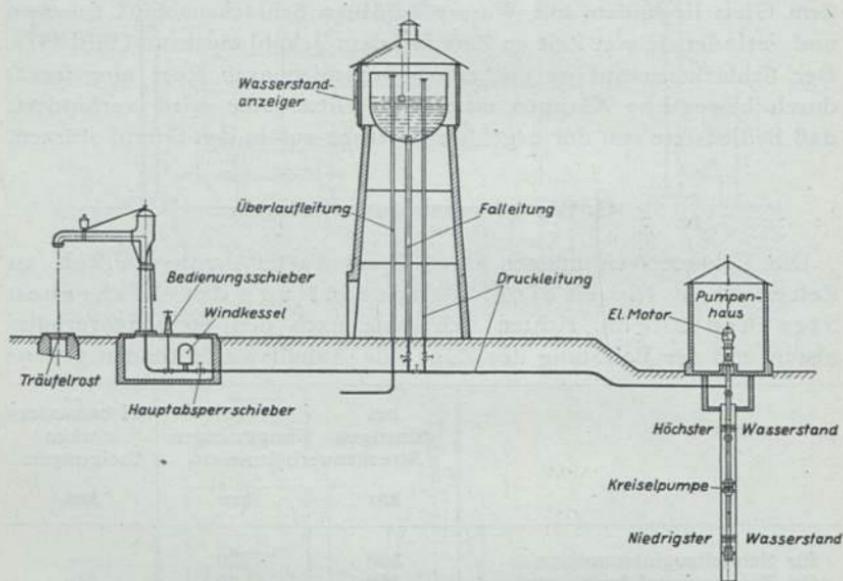


Bild 338. Wasserversorgungsanlage

keit vom Wasserstand im Wasserturm arbeitende Steuerung haben, so bemessen sein, daß sie den Bedarf für 24 Stunden in einer Arbeitsschicht fördern.

Wasserturm

Die Wassertürme sollen möglichst in der Nähe der Hauptverbrauchsstelle stehen. Der Höhenunterschied zwischen Unterkante Wasserbehälter und SO soll bei Neuanlagen mindestens 20 m betragen, damit das Wasser genügend schnell ausfließt. Der Inhalt der Wasserbehälter soll so groß sein, daß er bei stärkstem Betrieb für 20 Stunden ausreicht, richtet sich also nach der Anzahl der im Höchstfall zu versorgenden Lokomotiven; der kleinste Behälter faßt 50 m³. Die Ausführungsform ist verschieden: rechteckig, zylindrisch,

kugelig, eiförmig. Drei Leitungen führen zum bzw. vom Turm: die Druck- oder Steigeleitung von der Pumpe her, die Fallleitung zum Versorgungsnetz und ein Überlaufrohr. Damit im Winter die Rohre nicht einfrieren und dadurch gesprengt werden, müssen die Wassertürme geheizt werden.

Die Wasserkräne (Bild 339) stehen zwischen den Gleisen und Wasserkran werden in der Ruhelage festgelegt, damit sie auf keinen Fall in den „Lichten Raum“ ragen. Bei neuen Kränen muß nach der BO der Wasserauslauf mindestens 3,1 m über SO liegen. Die in einer Minute ausfließende Wassermenge muß betragen: allgemein minde-

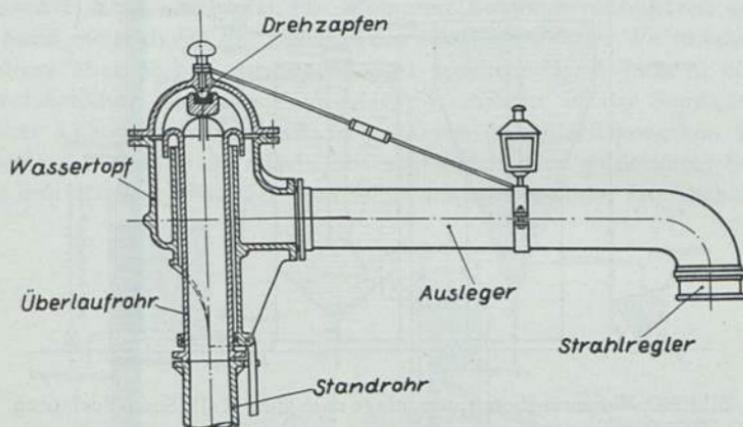


Bild 339. Wasserkran mit einfachem Ausleger

stens 2 m^3 , da, wo vor dem Zug verbleibende Lokomotiven Wasser nehmen müssen, mindestens 5 m^3 , und wo Schnellzüge bei kurzen Aufenthalten am Bahnsteig zu versorgen sind, bis zu 10 m^3 . Im letztgenannten Falle werden Kräne mit Gelenkausleger verwendet, die ein Wassernehmen auch noch gestatten, wenn sich die Wasser-einläufe der Tender 3–4 m vor oder hinter dem Wasserkranstandrohr befinden.

Wie bereits im dritten Teil besprochen, soll möglichst weiches, also an Kesselsteinbildnern armes Wasser verwendet werden. Entspricht das Wasser nicht dieser Forderung, so soll es vor dem Gebrauch in einer Aufbereitungsanlage von den Härtebildnern Auf-
bereitungs-
anlage so weit wie möglich befreit werden. Derartige Anlagen werden in den

meisten Fällen mit Ätzkalk und Soda betrieben, die dem Wasser beigemischt werden. Diese Stoffe setzen sich mit den gelösten Härtebildnern (Salzen des Kalziums und des Magnesiums) zu unlöslichen Salzen um, die sich zum größten Teil schon in Klärbehältern als Schlamm absetzen.

Bild 340 zeigt eine derartige Aufbereitungsanlage. Die für eine Arbeitsschicht benötigte Kalkmenge wird als Kalkmilch in eine Kalk-

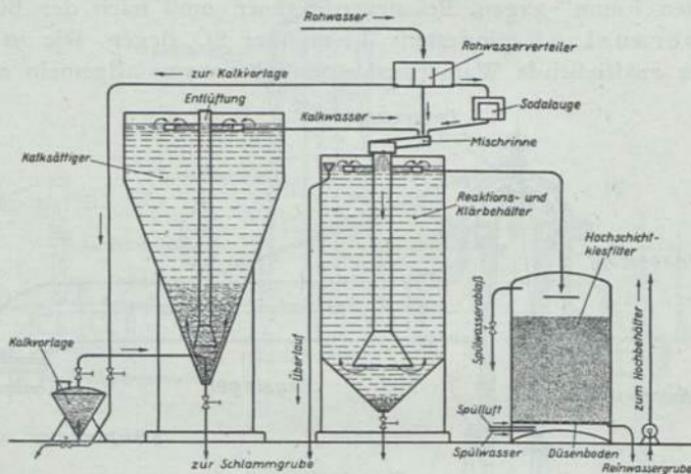


Bild 340. Wasseraufbereitungsanlage nach dem Kalk-Soda-Verfahren

vorlage gefüllt und durch einen Teilstrom des zu enthärtenden Wassers (Rohwasser) in den Kalksättiger übergeführt. Der gleiche Teilstrom sättigt sich auf dem Wege durch den Sättiger mit Kalk und fließt der Hauptmenge des Rohwassers in einer Mischrinne zu; an der gleichen Stelle wird auch die von einem zweiten Teilstrom mitgeführte Soda zugesetzt. Gleich nach der innigen Durchmischung beginnen die Härtebildner sich mit den Enthärtungschemikalien umzusetzen. Das Wasser fließt nun durch das Mittelrohr des Reaktions- (Umsetz-) und Klärbehälters, steigt im Außenraum langsam empor, während die durch die Umsetzung mit Kalk und Soda ausgeschiedenen Härtebildner als Schlamm zu Boden sinken, von wo sie in gewissen Zeitabständen durch einen Hahn in die Schlammgrube abgelassen werden. Weiter wird das nunmehr

enthärtete Wasser durch ein Kiesfilter geleitet, in dem die letzten Schwebeteilchen zurückgehalten werden, und schließlich als Reinwasser aus dem Tiefbehälter in den Wasserturm gepumpt. Das Filter wird von Zeit zu Zeit durch Spülen mit Wasser unter Verwendung von Gebläseluft gereinigt und aufgelockert.

H. Besandungsanlagen

Der Streusand für die Sandstreueinrichtung der Lokomotive darf nicht feucht sein, auch keine Unreinigkeiten enthalten, damit sich die Sandrohre nicht verstopfen. In kleineren Lokomotivbahnhöfen wird der Sand meist durch die abziehenden Rauchgase eines Warmwasserbereiters über Sieben getrocknet. Der trockene Sand fällt in einen Vorratsbehälter und wird von hier mit Eimern in die Sandkästen auf der Lokomotive gebracht. In größeren Bahnbetriebswerken sind besondere Sandtrockenanlagen vorhanden. Der getrocknete Sand Sand-trocken-anlagen

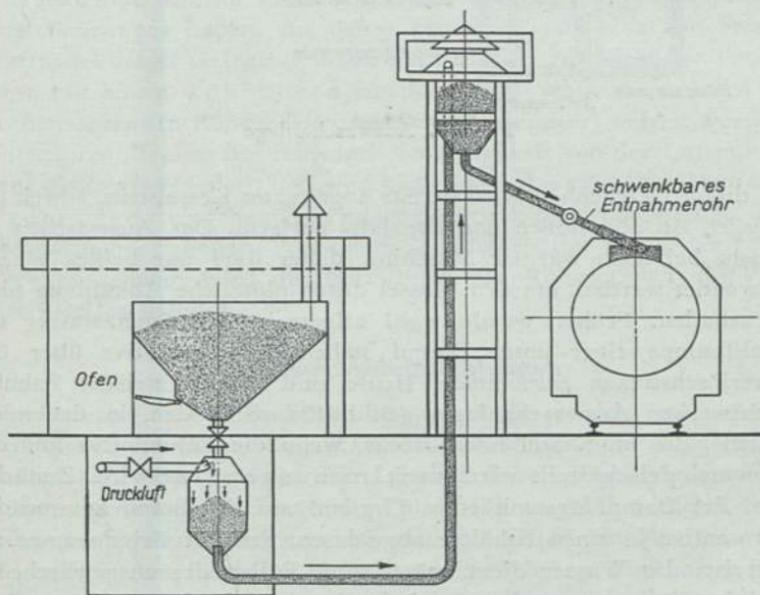


Bild 341. Besandungsanlage

gefördert, aus dem er über ein durch Schieber absperrbares Entnahmerohr von selber in den Sandkasten der Lokomotive läuft (Bild 341). Nach dem Sandfassen ist das Entnahmerohr stets in die Grundstellung zu legen, in der es außerhalb des Lichtraumes bleibt.

J. Auswascheinrichtungen

Die Lokomotiven müssen je nach den Speisewasserhältnissen in Zeiträumen von etwa 14 Tagen ausgewaschen werden, um den Schlamm zu entfernen, der sonst zu Kesselstein festbrennt (vgl. S. 25).

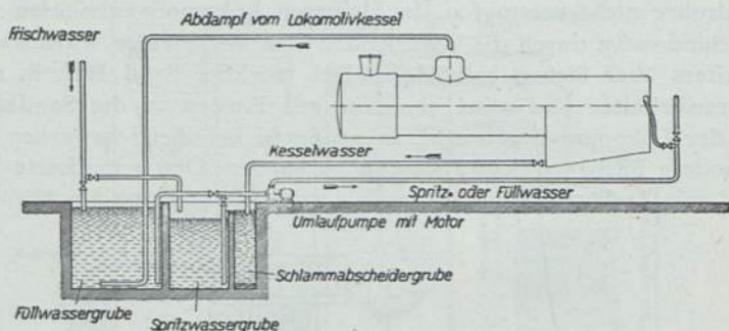


Bild 342. Auswaschanlage

Bei dieser Gelegenheit wird bereits angesetzter Kesselstein, soweit das möglich ist, abgestoßen und ebenfalls entfernt. Das Auswaschen geschieht bei noch warmer Maschine, daher darf nur heißes Wasser verwendet werden, um dem Kessel durch plötzliche Abkühlung nicht zu schaden. Früher wurde wohl allgemein das Spritzwasser der Strahlpumpe einer unter Dampf stehenden Lokomotive über den Feuerlöschstutzen entnommen. Heute sind in den meisten Bahnbetriebswerken Auswaschanlagen (Bild 342) vorhanden, in denen die Wärme, die im Kessel noch steckt, wenn die Lokomotive auf das Auswaschgleis gestellt wird, restlos ausgenutzt wird. Zunächst wird der Dampf der mit etwa 5 kg/cm^2 auf den Stand kommenden Lokomotive in einen Behälter abgeblasen, der mit Frischwasser gefüllt ist; das Wasser dient später zum Füllen des ausgewaschenen Kessels (Füllwassergrube). Ist kein Druck mehr im Kessel, so läßt man das heiße Wasser aus dem Kessel in einen zweiten Behälter ab-

laufen; in einer vorgeschalteten Grube setzt sich der aus dem Kessel mitgerissene Schlamm ab. Das heiße Kesselwasser wird, durch Vermischen mit kaltem Frischwasser auf die erforderliche Temperatur von rund 60° gebracht, zum Spritzen benutzt und zu dem Zweck von einer elektrisch angetriebenen Kreiselpumpe in einen Schlauch mit Spritzmundstück gedrückt. Nach dem Auswaschen wird das im ersten Behälter erhitze Wasser als Füllwasser von derselben Pumpe in den Kessel gefördert.

Durch die Auswaschanlagen wird Wasser, Kohle und Arbeitszeit gespart, auch kommt die mit Heißwasser gefüllte Lokomotive beim Anheizen in kürzerer Zeit auf Druck.

K. Ausblaseeinrichtungen

Die Rauch- und Heizrohre müssen während der Betriebspausen ausgeblasen werden, da die abgelagerten Lösche- und Rußmengen den Wärmeübergang beeinträchtigen; dies geschieht mit Rohrnadeln, die an ihrem vorderen Ende einen Düsenkopf mit feinen Bohrungen haben, aus denen Druckluft mit scharfem Strahl austritt. Bei dieser Gelegenheit soll auch die Rohrwand in der Feuerbüchse mit einem Rohrbesen von Ruß- und Schlackenansätzen an den überstehenden Rohrenden (sog. Schwalbennester) befreit werden. Während man früher die erforderliche Druckluft von der Luftpumpe einer Lokomotive fördern ließ, sind heute überall ortsfeste Druckluftzeuger eingebaut, die meist elektrisch betrieben werden und wirtschaftlicher arbeiten. Von einem Sammelbehälter hinter der Luftpumpe ausgehend, wird die Luft durch ein Rohrnetz an die Verbrauchsstellen geleitet.

L. Achswechseleinrichtungen

Im Betriebe müssen Radsätze ausgewechselt werden, wenn Achschenkel oder Zapfen riefig geworden, Radreifen lose oder scharf gelaufen sind oder größere flache Stellen haben. Diese Arbeit wird mit der sogenannten Achssenke (Bild 343) ausgeführt, die in einer Achssenke tiefen, quer zu den Hallenständen laufenden Grube eingebaut ist. Die Achssenke ist ein fahrbares Gestell mit Einrichtung zum Heben und Senken eines Radsatzes; diese besteht bei älteren Anlagen aus einem mit Druckwasser bewegten Tauchkolben, der oben ein Querhaupt

trägt, das unter die Achswelle greift. Bei neueren Anlagen wird zwischen die Schienen eines Achssenkgleises eine Plattform (Hubtisch) so weit gehoben, daß die Räder des abzusenkenden Radsatzes unter den Spurkränzen gefaßt werden. Die Plattform wird mit Hubspindeln gehoben oder gesenkt; diese werden von einem Elektromotor in Spindelmuttern gedreht, an denen der Hubtisch selbst hängt. Die Achssenkenrücken werden mit seitlich verschiebbaren Gleisbrücken überspannt.

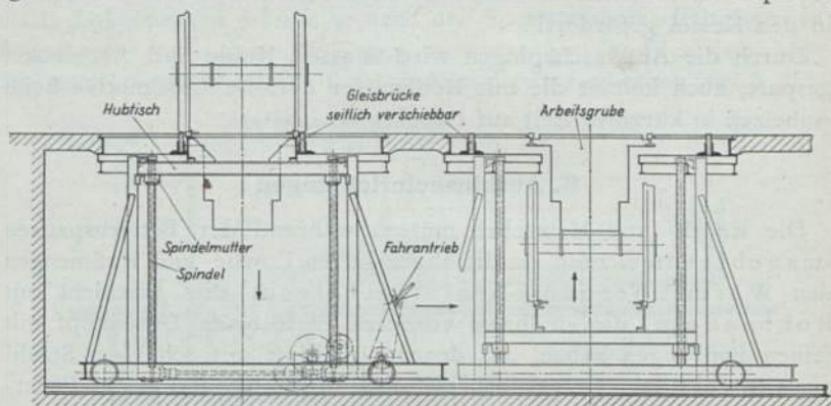


Bild 343. Achssenke mit Hubtisch

Bei älteren Achssenken, die nur für geringe Tragkraft gebaut sind, muß die Lokomotive vor dem Ausschwenken der Gleisbrücken erst mit Winden angehoben werden, um die auszubauende Achse zu entlasten. Die neueren Einrichtungen sind so gebaut, daß sie gestatten, die Achse gegen den Druck der Federn vom Gleise zu heben; die Lokomotive braucht nur mit Winden abgestützt zu werden. Sind die Gleisbrücken seitlich fortgeschoben, so wird die Achse ausgebaut und abgesenkt, darauf die Achssenke seitlich bis zum Nachbargleis verfahren und die Achse wieder gehoben; sie kann von hier nach Einschieben der Gleisbrücken entweder an Ort und Stelle wiederhergestellt oder in einen anderen Werkstattraum gerollt werden.

Vielfach sind die Arbeitsgruben auf Achssenkenständen mit verschiebbaren Arbeitsbühnen ausgerüstet, die die Achssenkenrücken vollständig überbrücken, wenn die Achssenke nicht benutzt wird. Auf jeden Fall müssen nicht benutzte Achssenkenrücken abgesperrt werden und ist beim Betreten der zugehörigen Arbeitsgruben Vorsicht am Platze.

Zehnter Teil

Die Behandlung und Bedienung der Lokomotive durch das Lokomotivpersonal

Vorbemerkung: Viele Hinweise betrieblicher Art sind bereits bei der Beschreibung der Einzelteile gegeben worden; sie werden hier nicht wiederholt. Es empfiehlt sich daher, beim Durcharbeiten des vorliegenden Abschnittes auch im beschreibenden Teil nachzulesen. Es können infolge der Vielteiligkeit der neuzeitlichen Lokomotiven auch bei weitem nicht alle Arbeiten aufgezählt werden, die vom Lokomotivpersonal zu verrichten sind, es muß vielmehr eine Beschränkung auf das Wesentliche vorgenommen werden.

Wenn ferner die Arbeiten für den Lokomotivführer und den Heizer getrennt angegeben sind, so soll damit nur gesagt sein, daß diese Arbeitsteilung die Regel bildet. Der Lokomotivführer trägt indessen die Verantwortung für alle Arbeiten und muß den Heizer entsprechend überwachen.

A. Die Behandlung vor der Fahrt

1. Das Anheizen des Lokomotivkessels

Für das Anheizen bis auf einen Druck von etwa 3 kg/cm² sind in der Regel 3—4 Stunden bei Füllen mit heißem Wasser und 4—5 Stunden bei Füllen mit kaltem Wasser erforderlich. Ein schnelleres Anheizen in 1—1½ Stunden ist möglich, wenn man für künstlichen Zug sorgt, etwa durch Betreiben des Hilfsbläasers mit Fremddampf; es besteht hierbei aber die Gefahr, daß sich das Wasser ungleichmäßig erwärmt und damit auch der Kessel ungleich ausdehnt, so daß schädliche Wärmespannungen entstehen, die zu Undichtheiten und Rissen Anlaß geben. Besonders groß ist die Gefahr bei stählernen Feuerbüchsen. Das schnelle Anheizen ist daher nur in eiligen Fällen erlaubt.

Vor dem Anheizen ist an dem Wasserstandanzeiger und den Prüfhähnen (S. 146) festzustellen, ob genügend Wasser im Kessel ist.

Rost, Feuerbüchswände, Feuerschirm, Heiz-, Rauch- und Überhitzerrohre, Rauchkammer und Funkenfänger müssen gründlich gereinigt sein und sich in betriebssicherem Zustande befinden. Die Rauchkammertür muß dicht geschlossen sein, im Aschkasten dürfen sich keine Feuerungsrückstände mehr befinden, und die Aschkastenbodenklappen müssen geschlossen und verriegelt sein. Ferner ist festzustellen, daß der Regler geschlossen, die Steuerung in der Mittelstellung eingeklinkt ist, die Zylinderventile geöffnet sind, die Handbremse angezogen ist. Wenn eine Lokomotive nach dem Auswaschen erstmalig angeheizt wird, so sind die Waschlukn zu prüfen und, falls erforderlich, durch Nachziehen der Schrauben zu dichten.

Beim Anheizen ist an der Rohrwand mit Hilfe von Reiserwellen oder Kohlenanzündern ein Feuer aus Stückkohlen oder Briketts (keine stückarme Kohle) anzulegen und so zu erweitern, daß einmal in der zur Verfügung stehenden Zeit Dampfdruck bei ausreichendem Wasserstand erreicht wird, sodann genügend Feuer vorhanden ist, mit dem man einige Zeit vor der Abfahrt ein hell durchgebranntes Feuer anlegen kann.

Die Lokomotiven werden meist durch Betriebsarbeiter angeheizt. Das Lokomotivpersonal findet also bereits Feuer an der Rohrwand und einen Kesseldruck von 3—4 kg/cm² vor; trotzdem hat es sich davon zu überzeugen, daß die vorhin genannten Teile der Lokomotive in ordnungsmäßigem Zustande sind und in vorschriftsmäßiger Stellung stehen, hat vor allem die Wasserstandeinrichtungen durch Öffnen und Schließen sämtlicher Hähne zu prüfen (S.148). Erst dann zieht der Heizer das Feuer mit dem Zweizahn über den ganzen Rost, öffnet den Bläser und die Aschkastenklappen und gibt stückreiche Kohle oder Briketts zu einem guten Grundfeuer auf den Rost. Damit die durch die Rostspalten gefallenen Glutteilchen im Aschkasten nicht weiterbrennen und diesen zerstören, sind sie sofort nach dem Herrichten des Feuers durch Öffnen des Aschkastenspritzhahnes abzulöschen. Der Bläser wird abgestellt, wenn der Druck auf etwa 6 kg/cm² gestiegen ist. Das Feuer brennt dann unter der Wirkung des natürlichen Zuges langsam weiter durch und wird erst während der Fahrt zum Zuge und vor dem Zuge weiter entfacht, so daß bei Abfahrt der volle Kesseldruck erreicht ist.

2. Das Abölen und Untersuchen von Lokomotive und Tender

Nachdem festgestellt ist, daß die für den Dienst erforderlichen Betriebsstoffe — Kohle, Wasser, Öl, Gas, Sand, Putzwolle — vorhanden und die Geräte, darunter Dunkelfeinde für Notbeleuchtung, Ersatzteile für elektrische Beleuchtung, Ersatzbremskupplung für die Hauptluftleitung zwischen Lokomotive und Tender, Signalmittel und Zugdeckungsmittel (siehe FV) vollzählig sind, beginnt die nächste Hauptarbeit des Heizers, das Abölen.

In die Achslagerkästen und sämtliche Schmiergefäße ist Schmieröl nachzufüllen; zu ölen sind ferner alle Teile, die sich während der Fahrt aufeinander bewegen, auch wenn sie nicht mit Schmiergefäßen versehen sind. Nicht zu vergessen sind die Kuppelbolzen zwischen Lokomotive und Tender, die Stoßpufferführungen, die Stoßpufferplatten, Achslagergleitflächen, Ausgleichhebel, Stehkesselträger und Schlingerstücke, am Tender die Schmiergefäße für das Laufwerk. Von Zeit zu Zeit sind auch die Bolzen und Buchsen des Bremsgestänges und der Federspannschrauben zu schmieren. Bei Dochtschmiergefäßen darf der Ölspiegel nicht höher stehen als eine Fingerbreite unter dem oberen Rand des Schmierrohres (Öltülle), da sonst das Öl zu stark abfließt. Die Stärke der Schmierdochte ist je nach der Jahreszeit und der Beschaffenheit des Öles zu bemessen. Dochte, die herausgezogen waren, sind kurz vor der Fahrt wieder einzustecken.

Äußerst wichtig ist es, sich stets davon zu überzeugen, daß in den Ölbehältern der Achslagerkästen sich kein Wasser befindet; diese Gefahr besteht besonders nach dem Auswaschen der Lokomotive sowie bei starken Regenfällen. Wasser in den Achslagergehäusen und -kästen hat fast stets einen Heißläufer zur Folge.

Der Lokomotivführer hat die Lokomotive und den Tender auf betriebssicheren und ordnungsmäßigen Zustand zu untersuchen. Alle Schrauben, Keile, Muttern, Muttersicherungen, wie Splinte und Gegenmutter usw., müssen vorhanden sein und festsitzen. Alle Teile, wie Rahmen und Rahmenverbindungen, Achsen, Stangen, Gleitbahnen, Tragfedern, Federspannschrauben usw., sind auf Anbrüche zu untersuchen. Durch Beklopfen wird auch festgestellt, ob die Radreifen noch festsitzen; feste Radreifen klingen beim Anschlagen mit hellem Ton. Der Heizer hat den Lokomotivführer

bei der Untersuchung zu unterstützen und ihm vorgefundene Mängel sofort mitzuteilen.

Müssen Lokomotivführer und Heizer sich beim Untersuchen und Abölen unter die Lokomotive begeben, so sind Maßnahmen zu treffen, daß die Lokomotive nicht in Bewegung gesetzt wird; stets hat einer den anderen zu verständigen, bevor er unter die Lokomotive geht. Der Lokomotivführer darf auch nicht die Steuerung bewegen, ohne sich vorher zu überzeugen, daß sich der Heizer mit den Armen nicht in der Nähe der Steuerungsteile befindet.

Schmierpumpen und Schmierpressen müssen ausreichend mit Öl gefüllt sein; die Prüfschrauben vor den Schmierstellen (S. 304) müssen geöffnet und die Pumpen so lange mit der Handkurbel durchgedreht werden, bis an allen Stellen Öl austritt; die Prüfschrauben sind dann wieder zu schließen.

Während der kalten Jahreszeit muß das Schmieröl auf dem Kessel erwärmt werden, damit es dünnflüssig wird. Emulsionsöl darf nur bis auf höchstens 40° erwärmt werden, da es sich sonst zersetzt.

Weiter sind die beiden Speiseeinrichtungen zu prüfen, indem sie in Tätigkeit gesetzt werden; vorher ist nachzusehen, ob auch die Kesselspeiseventile offen sind. Die Kolbenpumpe ist vorsichtig anzulassen; setzen Pumpen mit Druckwindkessel (S. 177) nicht gleich an, so ist zunächst der Prüfhahn am Druckwindkessel zu öffnen, damit der Gegendruck geringer wird. Genügt das nicht, so sind auch Rauchkammer- und Aschkastenspritze zu öffnen, bis die Pumpe anspringt. Bei Pumpen mit Stoßdämpfer ist vor dem Anlassen ein Hahn oder Ventil der Nässeinrichtung zu öffnen.

Wird die elektrische Beleuchtung benötigt, so ist die Turbine vorsichtig in Gang zu setzen (vgl. S. 312). Ist die Lokomotive mit Läutewerk ausgerüstet, so hat der Lokomotivführer auch dieses anzustellen und sich zu überzeugen, ob es einwandfrei schlägt.

Endlich ist noch der Sandstreuer anzustellen und nachzusehen, ob auch keine Fallrohre verstopft sind.

3. Die Behandlung der Bremseinrichtungen vor Antritt der Fahrt

Vor Antritt der Fahrt hat der Lokomotivführer die Bremseinrichtungen an Lokomotive und Tender in allen Teilen zu untersuchen. Die Wirkung jeder Bremse (selbsttätige Druckluftbremse,

Zusatzbremse, Handbremse) ist einzeln festzustellen, die der selbsttätigen Bremse bei der Stellung der Umstellrichtungen, die der Art des zu fahrenden Zuges entspricht.

Die Umstellhähne der Lokomotiven und Tender mit Kssbr oder Hikssbr müssen stehen:

- a) in Stellung „SS“ bei Reisezügen mit Hikssbr in Stellung „SS“,
- b) in Stellung „S“ bei Reisezügen mit Hikssbr und Kksbr in Stellung „S“,
- c) in Stellung „P“ bei Reisezügen mit Hikssbr, Kksbr, Hikpbr und Kkpbr in Stellung „P“, Kpbr und Wpbr,
- d) in Stellung „G“ bei Güterzügen.

Bei Lokomotiven und TENDERN mit Kbr und Wbr müssen liegen:

- a) bei Reisezügen

Umstellhahn der Lokomotive in Stellung „P“ (vgl. S. 394),
Steuerventil des Tenders auf Schnellbremswirkung eingeschaltet (vgl. S. 401) und G-P-Wechselventil des Tenders in Stellung „P“ (vgl. S. 401);

- b) bei Güterzügen

Umstellhahn der Lokomotive in Stellung „G“, Steuerventil des Tenders auf Schnellbremswirkung ausgeschaltet und G-P-Wechselventil des Tenders in Stellung „G“. (Die Handgriffe am Steuerventil und G-P-Wechsel stehen dann kreuzweise übereinander.)

Ist der Tender mit einem Lastwechsel (Druckverminderer, S. 403) ausgerüstet, so ist die Handkurbel des Umstellers zunächst nach links („kleine Vorräte“) zu legen.

Zunächst ist nachzusehen, ob die Luftpumpe, die Druckluftbehälter, die Tropfbecher und die Bremskupplungen entwässert und frei von Eis sind, darauf sind die Schmiereinrichtungen der Luftpumpe (vgl. S. 304 und 363) zu bedienen. An den Luftpumpen mit selbsttätigen Schmiereinrichtungen ist die Handkurbel zu drehen, damit das Schmieröl bis zu den Verbrauchsstellen gedrückt wird.

Wenn der Kesseldruck 8 kg/cm² erreicht hat, ist die Luftpumpe langsam anzulassen und der Hebel des Führerbremssventils in Füllstellung zu legen. Während der Hauptluftbehälter aufgepumpt wird, ist zu beobachten, ob die Druckmesser des Hauptluftbehälters und der Hauptluftleitung den ansteigenden Druck übereinstimmend

anzeigen. Das Führerbremventil ist wieder in Fahrtstellung zu legen, wenn der Druck in der Hauptluftleitung auf 5 kg/cm^2 gestiegen ist. Die Pumpe soll gleichmäßig arbeiten, der Druck im Hauptluftbehälter in angemessener Zeit auf den höchsten Betriebsdruck steigen und dann durch den Pumpenregler selbsttätig abgestellt werden.

Brems-
probe Ist der festgesetzte Höchstdruck im Hauptluftbehälter erreicht, so ist eine Bremsprobe vorzunehmen. Hierzu vermindert der Lokomotivführer durch eine Betriebsbremsung den Hauptleitungsdruck um $0,5 \text{ kg/cm}^2$ und legt den Führerbremshebel in Abschlußstellung. Durch Beklopfen mit dem Hammer ist festzustellen, ob alle Bremsklötze an den Radreifen fest anliegen.

Die Kolbenhübe (vgl. S. 395) müssen die für die einzelnen Bremszylinder vorgesehenen Größen haben, sonst muß das Bremsgestänge nachgestellt werden (Schlosser des Bw).

Um die Dichtheit aller Druckluft führenden Leitungen zu prüfen, ist die Luftpumpe abzustellen und der Führerbremshebel auf Abschlußstellung zu legen. Innerhalb 5 Minuten darf der Druckverlust höchstens $0,3 \text{ kg/cm}^2$ betragen. Hierauf ist durch schnelles Vermindern des Hauptleitungsdruckes mindestens bis auf $3,5 \text{ kg/cm}^2$ eine Schnellbremsung auszuführen, um die Schnellbremseinrichtungen zu bewegen und die Leitungen auszublasen.

Nach der Schnellbremsung ist die Handkurbel des Lastwechsels der Tenderbremse nach rechts („große Vorräte“) zu legen; der Druck im Bremszylinder des Tenders muß dabei zunehmen und damit auch der Kolbenhub. Die Handkurbel bleibt rechts liegen, wenn es das Gewicht der Vorräte erfordert. Andernfalls ist sie nach links zurückzulegen.

Um die Bremse zu lösen, ist mit dem Führerbremventil ein Füllstoß zu geben. Nach dem Lösen der Bremse müssen die Bremskolbenführungsrohre in die Bremszylinder zurückgegangen sein und die Bremsklötze sich von den Rädern abgehoben haben. Die Ursachen etwaiger Unregelmäßigkeiten sind sofort zu beseitigen.

Bei der Prüfung der Zusatzbremse ist zu beachten, daß das Sicherheitsventil beim höchstzulässigen Druck, der auf dem angehängten Schildchen vermerkt ist, abblasen muß. Die Haube des Sicherheitsventils und das Schildchen müssen mit Bleisiegel gesichert sein.

4. Die Fahrt an den Zug

Vor dem ersten Anfahren wie auch in der kalten Jahreszeit nach langem Halten sollen die Zylinder angewärmt werden; hierzu werden die Zylinderhähne und Druckausgleicher geöffnet, die Bremsen angezogen, darauf der Regler ein wenig geöffnet. Beim Anwärmen ist große Vorsicht geboten, damit sich die Lokomotive nicht in Bewegung setzt.

Anwärmen
der
Zylinder

Bei Dunkelheit, Nebel oder Schneegestöber sind die Laternen anzuzünden bzw. anzuschalten.

Nachdem sich der Lokomotivführer nun überzeugt hat, daß die Hallentore geöffnet und festgelegt sind, und die Drehscheibe (bzw. Schiebebühne) richtig steht, fährt er auf das Signal des Drehscheibenwärters aus der Halle. Drehscheiben und Schiebebühnen sind langsam zu befahren, damit sie nicht durch Stöße Schaden leiden; stets hat hierbei der Heizer die Handbremse zu bedienen, die eingelegt bleibt, während die Scheibe gedreht oder die Schiebebühne verfahren wird, damit sich die Lokomotive nicht etwa unbeabsichtigt in Bewegung setzt.

Fahren
aus der
Lokomotiv-
halle

Nummehr wird die Lokomotive mit mäßiger Geschwindigkeit auf dem Wege, der für jeden Bahnhof durch eine Lokomotivfahrordnung vorgeschrieben wird, an den Zug gefahren und ohne Stoß vor diesen gesetzt; hierbei ist es zweckmäßig, wenn der Heizer die Handbremse bedient. Die Lokomotive wird von ihrem Heizer, die Vorspannlokomotive von dem Heizer der Zuglokomotive an- und abgekuppelt. Auf welchen Bahnhöfen und bei welchen Zügen Bahnhofsbedienstete oder Zugbegleiter die Zuglokomotiven an- und abkuppeln, wird örtlich geregelt. Bevor die Luftleitung der Lokomotive mit der des Zuges verbunden wird, ist der Luftabsperrhahn der Lokomotive oder des Tenders zu öffnen, damit Wasserreste und Verunreinigungen ausgeblasen werden. Der Lokomotivführer unterstützt das Ausblasen durch einen Füllstoß, wenn er vom Kuppler dazu aufgefordert wird und die Druckverminderung am Hauptleitungsdruckmesser wahrnimmt oder durch das Anschlagen der Bremsklötze darauf aufmerksam wird. Sobald nur noch trockene Luft aus dem Kupplungskopf ausströmt, schließt der Kuppler den Luftabsperrhahn und verbindet die Luftleitung der Lokomotive mit der des Zuges. Der Lokomotivführer hat sich davon zu überzeugen, daß

Fahren an
den Zug

Kuppeln

die Lokomotive ordnungsmäßig verbunden ist und die Luftabsperrröhre der benutzten Bremskupplungen geöffnet sind.

In der kalten Jahreszeit öffnet darauf der Heizer bei Zügen mit Personenbeförderung das Dampfheizventil und stellt es der Außentemperatur oder den Angaben des Zugführers entsprechend ein.

Der Lokomotivführer füllt nun die Hauptluftleitung; das Füllen ist durch einen Füllstoß einzuleiten, indem der Führerbremshebel schnell in die Füllstellung gedreht wird. Dort bleibt er je nach der Länge des Zuges einige Sekunden liegen und wird dann so gegen die Fahrtstellung zurückgezogen, daß dabei der Fülldruck nicht über 5 kg/cm^2 steigt. Erst wenn in der Hauptluftleitung der Regeldruck von 5 kg/cm^2 unveränderlich bleibt, ist der Führerbremshebel endgültig in Fahrtstellung zu drehen. Der Leitungsdruckregler ist so einzustellen, daß er den Regeldruck dauernd aufrecht erhält.

Wenn die Hauptluftleitung so undicht ist, daß der Leitungsdruckregler die Verluste nicht ersetzen kann, so sind die am Zuge Bediensteten aufzufordern, die undichten Stellen zu suchen und die Undichtheiten zu beseitigen.

Bremsprobe Ist die Hauptluftleitung gefüllt, wird die Bremsprobe vom Wagenmeister, Zugführer oder einem besonders dazu beauftragten Beamten des Wagenuntersuchungs- und Zugbegleitdienstes ausgeführt. Für Züge ohne Zugbegleiter gilt der Lokomotivführer als Zugführer. Zur Unterstützung des Lokomotivführers bei der Bremsprobe wirkt auf Bahnhöfen ohne Wagenuntersuchungspersonal der Aufsichtsbeamte mit.

Man unterscheidet „volle und vereinfachte“ Bremsprobe. Bei der vollen Bremsprobe erniedrigt der Lokomotivführer auf die Aufforderung „Bremsen anlegen“ den Leitungsdruck um etwa $0,5 \text{ kg/cm}^2$ (keinesfalls mehr). Auf das Zeichen „Bremse lösen“ legt er den Führerbremshebel zunächst kurz in die Schnellbremsstellung, um die Hauptluftleitung des ganzen Zuges auszublasen und an den Bremsen der Bremsart I die Schnellbremseinrichtungen zum Ansprechen zu bringen, und löst dann die Bremsen durch Füllen der Hauptluftleitung, wie oben beschrieben. Bremsen, die trotz zweimaligem Bremsen und Lösen angezogen bleiben, sind auszuschalten und dann durch die Löseeinrichtung zu lösen.

Vereinfachte Bremsprobe Die vereinfachte Bremsprobe wird durchgeführt:

- a) nach dem Kuppeln mit einem Zuge, an dem schon die vorgeschriebene volle Bremsprobe vorgenommen wurde, oder nach

dem Ab- und Wiederankuppeln der Zug- oder der Vorspannlokomotive an den Zug und nach dem Abkuppeln der Vorspannlokomotive;

- b) wenn Fahrzeuge aus dem Zug ausgesetzt wurden oder wenn die Hauptluftleitung aus einem anderen Grunde getrennt oder wenn ein Luftabsperrrahn vorübergehend geschlossen war;
- c) nach dem Einstellen oder Anhängen von Fahrzeugen, die an die Hauptluftleitung angeschlossen wurden;
- d) an Reisezügen mit der Kksbr oder Hikssbr nach dem Umstellen der Steuerventil-Umsteller, wenn auf dem Anfangsbahnhof die volle Bremsprobe in allen unterwegs vorkommenden Stellungen ausgeführt war;
- e) an Zügen, die ohne Umsetzen des Triebfahrzeuges verkehren.

Bei der vereinfachten Bremsprobe wird nur geprüft, ob die Bremsklötze des letzten durchgehend gebremsten Fahrzeuges und die der neu angeschlossenen Fahrzeuge einwandfrei arbeiten; sie wird im übrigen so wie die volle Bremsprobe ausgeführt, doch löst der Lokomotivführer auf das Signal „Bremsen lösen“ die Bremsen, ohne erst eine Schnellbremsung auszuführen.

Werden neu angeschlossene Fahrzeuge in den vorderen Zugteil eingestellt, so übernimmt der Zugführer die Prüfung ihrer Bremsen. Die Prüfung des letzten luftgebremsten Wagens am Zugschluß ist aber auch in diesem Falle Sache des dort befindlichen Bremsbeamten.

Der Auftrag zur Bremsprobe kann durch die im SB vorgeschriebenen Handsignale (Zp 12 a, 13 a, 14 a) oder durch eine Bremsprobessignalanlage gegeben werden. Bei dieser bedeutet ein weißes Licht (Zp 12 b) „Bremsen anlegen“, zwei weiße Lichter senkrecht übereinander (Zp 13 b) „Bremsen lösen“, drei weiße Lichter senkrecht übereinander (Zp 14 b) „Bremsprobe beendet“.

Brems-
probessignal-
anlage

Der Lokomotivführer darf erst abfahren, wenn die Bremsprobe beendet ist, und der Zugführer oder Bremsbeamte ihm den ordnungsmäßigen Zustand, die Anzahl und die Art der im Zuge eingeschalteten Bremsen und das Bremsgewicht gemeldet hat.

Ist eine Bremsprobessignalanlage vorhanden, so wird die Meldung über den ordnungsmäßigen Zustand der Bremsen ersetzt durch das Signal Zp 14 b, das jedoch der Lokomotivführer selbst gesehen haben muß.

B. Die Behandlung während der Fahrt

1. Handhabung von Regler und Steuerung, Behandlung des Feuers, Bedienung verschiedener Einrichtungen

Anfahren Zum Anfahren ist bei voll ausgelegter Steuerung der Regler vor-
sichtig zu öffnen, um Schleudern der Räder sowie Stöße und Zer-
rungen im Zuge zu vermeiden; bei Lokomotiven, die besonders zum
Schleudern neigen (z. B. der Bauartreihen 03 und 78), darf dabei
nicht der volle Kesseldruck in den Schieberkasten gegeben werden.
Vor dem ersten Ingangsetzen wie auch dem Anfahren nach langem
Stillstehen sind die Zylinderventile zu öffnen. Ist Schleudern der
Räder zu befürchten, so muß möglichst schon vor dem Halten oder
beim Ansetzen an den Zug Sand gestreut werden, damit gleich beim
Anfahren die höhere Reibung ausgenutzt werden kann. Schleudern
ruft Überreißen von Wasser (vgl. S. 59) hervor und ist die Ursache
von Wasserschlägen im Zylinder, durch die in leichteren Fällen
Brechen der Kolbenringe, in schweren Fällen Brüche von Zylinder-
deckeln, Rahmen und Stangen sowie Verbiegen der Treibachsen auf-
treten können.

Wenn sich die Lokomotive in Bewegung setzt, ist die Steuerung
entsprechend der erforderlichen Beschleunigung zurückzulegen.
Fangen trotz Vorsicht die Räder an zu schleudern, so ist der Regler
zu schließen und erst wieder zu öffnen, wenn das Schleudern auf-
gehört hat; erst dann darf auch Sand gestreut werden.

Während der Fahrt ist der Regler vollständig zu öffnen,
damit mit höchstem Schieberkastendruck gefahren und die Dampf-
dehnung möglichst ausgenutzt wird (S. 73); die Maschinenleistung ist
durch Ändern der Füllung zu regeln. Die Füllung darf aller-
dings nicht so weit verkleinert werden, daß die Maschine deutlich un-
ruhig wird; bei geringer Geschwindigkeit wird man mit kleinerer
Füllung fahren können, ohne daß sich unruhiger Lauf einstellt, als
bei größerer Geschwindigkeit. So dürfen z. B. die Lokomotiven der
Bauarten 01 und 03 bei Geschwindigkeiten über 120 km/h nicht unter
30 % gefahren werden, während die Bauartreihen 05 und 61 infolge
einer besonderen Ausbildung der Steuerung bei dieser Geschwindig-
keit noch mit 20 % Füllung ruhig fahren. Erst, wenn bei kleinst-
möglicher Füllung (bei Zwillingslokomotiven in der Regel 20 %, bei

Verbundlokomotiven 25 %) die Leistung der Lokomotive immer noch zu groß ist, darf der Dampfdruck im Schieberkasten mit dem Regler gedrosselt werden. In diesem Falle ist aber zu beachten, daß die Speisepumpe gedrosselt werden muß, da sonst das Speisewasser infolge der geringen Auspuffdampfmenge nicht genügend vorgewärmt wird, so daß der Kessel durch Kaltspeisen Schaden leidet.

Vielfach erfordern die kurzen Fahrzeiten ein scharfes Anfahren, damit in kürzester Zeit die planmäßige Geschwindigkeit erreicht wird. Hierzu ist eine besondere Fahrweise erforderlich, um Schleudern und Überreißen von Wasser zu vermeiden: Grundsätzlich ist die Anzugskraft mit dem Regler und nicht mit der Steuerung zu regeln; dabei ist sofort mit Öffnen des Reglers kräftig zu sanden. Sobald sich der Zug in Bewegung setzt, spätestens aber beim Erreichen des vollen Kesseldruckes im Schieberkasten, ist der Regler beizuziehen und nun die Steuerung bei gedrosseltem Regler zurückzulegen. Mit 50–60 % Füllung, je nach Zuggewicht, ist unter kräftigem Sanden weiterzufahren, wobei der Schieberkastendruck mit dem Regler je nach Beschaffenheit der Schienenoberfläche und der Möglichkeit zu sanden (Weichen!) einzustellen ist. Auf diese Weise wird eine gleichmäßige Zugkraft am Radumfang erreicht und werden die hohen Spitzenkräfte, die das Schleudern einleiten, vermieden.

Mit zunehmender Geschwindigkeit ist die Steuerung allmählich zurückzulegen; solange aber die fahrplanmäßige Höchstgeschwindigkeit noch nicht erreicht ist, besteht die wirtschaftlichste Fahrweise darin, daß man unter voller Ausnutzung der Kesselleistung, d. h. mit vollständig geöffnetem Regler und entsprechend großer Füllung in kurzer Zeit die planmäßige Fahrgeschwindigkeit zu erreichen trachtet. Zu diesem Zweck erhält der Lokomotivführer Zahlentafeln, aus denen er sehen kann, welche Füllung bei den verschiedenen Geschwindigkeiten der Kesselgrenze entspricht. Zahlentafel 4 Kesselgrenze enthält die Angaben für einige Lokomotivbauarten. Bei Verspätungen muß, um der kürzesten Fahrzeit näherzukommen, auf der ganzen Strecke nach dieser Tafel gefahren werden, sofern nicht andere Umstände (Höchstgeschwindigkeit des Zuges gemäß den Angaben im Kopf des Fahrplanbuches und Fahrbeschränkungen) dem entgegenstehen.

Zahlentafel 4

Füllung für Kesselgrenzleistung bei verschiedenen Fahrgeschwindigkeiten

Bauart- reihe	01	03	18 ⁵ (S3/6)	24	38 ¹⁰⁻⁴⁰ (P 8)	39 ⁰⁻² (P 10)	43	44	50	57 ¹⁰⁻⁴⁰ (G 10)	58 ¹⁰⁻²¹ (G 12)	64	78 ⁰⁻¹⁰ (T 18)	93 ⁵⁻²⁰ (T 14 ¹)	
Geschwindigkeit km/h	20									42	48				
	30			39			46	37	40	39	42	40	50	33	
	40			70	34	46	41	40	32	33	34	37	34	44	30
	50		43	65	31	43	36	36	29	28	32	33	31	39	27
	60	45	39	58	28	40	33	34	27	26		29	30	36	24
	70	41	35	54	27	37	32			25			29	34	
	80	38	33	49	27	36	29			25			28	32	
	90	36	32	46	26	34	27						27	31	
	100	35	31	44		34	27								
	110	33	30	40			27*)								
	120	32	30	40*											
	130	30	30*												
	140		30*												

*) Regler um 1—2 kg/cm² gedrosselt.

Der Heizer beschickt den Rost entsprechend den Streckenverhältnissen und dem Zuggewicht. Die Hauptmenge des Brennstoffes wird zweckmäßig so aufgeworfen, daß das Brennstoffbett eine Mulde bildet. Die Kohle ist also im wesentlichen entlang der Seitenwände und der Feuerbüchsrückwand aufzuwerfen, wobei die hinteren Ecken besonders bedacht werden müssen. Infolge der Erschütterungen während der Fahrt sowie der Neigung des Rostes rutscht die Kohle nach der Mitte zu und unter den Feuerschirm; an diese Stellen ist nur Brennstoff aufzugeben, wenn sich hier Löcher im Feuer gebildet haben (vgl. Abschnitt Verbrennung, S. 45 u. folg.). Um die Feuerbüchse nicht zu sehr auszukühlen, sollen immer nur wenige Schaufeln Kohle hintereinander aufgeworfen werden und muß die Feuertür immer schnell geschlossen werden.

Es ist möglichst der höchste zulässige Kesseldruck zu halten, doch ist das Abblasen der Sicherheitsventile wegen des Brennstoffverlustes zu vermeiden. Auf keinen Fall darf die Dampfspannung, solange die Lokomotive einen luftgebremsten Zug zu ziehen hat, unter 8 kg/cm^2 sinken, weil sonst die Luftpumpe nicht mehr den vorgeschriebenen Druck im Hauptluftbehälter erzeugen kann. Um Qualmen zu verhüten, darf niemals auf der ganzen Rostfläche frische Kohle liegen, vielmehr muß auf einem genügend großen Teil des Rostes immer noch helles Feuer brennen, damit die aus dem frisch aufgeworfenen Brennstoff entweichenden Gase entzündet und verbrannt werden. Das Qualmen im Stillstand, namentlich in Bahnhöfen, unter Brücken und in der Nähe von Wohnungen kann durch Öffnen des Hilfsbläfers vermindert werden; das Öffnen der Feuertür hierzu ist möglichst zu vermeiden, weil dadurch die Feuerbüchse unzulässig abgekühlt wird und undichte Stehbolzen oder Rohrlaufen die Folge sein können. Im übrigen soll aus dem gleichen Grunde dicht unter der Rohrwand das Feuer immer hell brennen, und müssen Löcher im Brennstoffbett an dieser Stelle stets wieder zugeworfen werden.

Sofern der Regler geschlossen ist, muß vor dem Öffnen der Feuertür der Hilfsbläser angestellt werden, damit keine Flammen heraus schlagen. Dies muß gleichfalls geschehen, oder die Feuertür zugemacht werden, wenn der Regler geschlossen werden soll; deshalb verständigt in diesem Falle der Führer den Heizer durch Zuruf.

Sobald der Regler geschlossen ist, stellt der Heizer die Speisepumpe auf ganz geringe Hubzahl (4 je Minute) ein. Bei geschlossenem

Regler bedient er von Zeit zu Zeit Rauchkammer- und Aschkastenspritzhahn, um glühende Rückstände abzulöschen.

Die Schmiereinrichtungen sind während der Fahrt dauernd zu überwachen; machen sich Anzeichen bemerkbar, daß ungenügend geschmiert wird, so ist reichlicher zu schmieren. Bei den Schmierpumpen und -pressen ist die geförderte Ölmenge durch Drehen an der Handkurbel vorübergehend zu erhöhen.

Die Luftpumpe soll während der Fahrt ununterbrochen arbeiten, der höchste Betriebsdruck ständig erhalten bleiben, aber nicht überschritten werden. Bleibt während der Fahrt die Luftpumpe stehen, so ist der Zug anzuhalten, sobald der Druck in den Hauptluftbehältern unter 5 kg/cm^2 sinkt. Läuft die Pumpe nach Eindrehen der Schraubenspindel des Luftpumpendruckreglers (S. 370) nicht an, so sind die Druckluftbremsen von Hand zu lösen. Der Zug ist handgebremst weiter zu befördern, bis ihn eine Ersatzlokomotive übernimmt.

Steigt der Hauptleitungsdruck durch einen Schaden über den Regeldruck, so ist die Luftpumpe zunächst abzustellen, bis der Druck im Hauptluftbehälter auf den Leitungsdruck gefallen ist, darauf das Führerbremsventil in Füllstellung zu legen und der Druck in den Hauptluftbehältern und in der Hauptluftleitung durch den Gang der Luftpumpe zu regeln.

Wird die Druckluftbremse der Lokomotive oder des Tenders schadhaft, so ist sie auszuschalten. Beim weiteren Bedienen der selbsttätigen Bremse ist der Ausfall an Bremskraft zu berücksichtigen und nötigenfalls mit verminderter Geschwindigkeit zu fahren. Beim Anhalten des Zuges ist die Handbremse der Lokomotive oder des Tenders anzuziehen, damit sich die Lokomotive nicht vom Zuge trennt.

Fehler-
hafte Be-
dienung

Sand, Wasser und Dampf dürfen nicht auf Weichen, isolierten Schienen, Drehscheiben und Schiebebühnen abgelassen werden. Ferner ist überall da, wo Menschen belästigt, Sachen beschädigt oder Tiere scheu gemacht werden können, verboten: die Zylinderventile und den Hilfsbläser offen zu halten, die Kohle zu besprengen, die Sicherheitsventile abblasen, die Lokomotive qualmen zu lassen, die Dampfpeife mißbräuchlich zu benutzen. Auch bei Schleudern der Lokomotive am Bahnsteig in Verbindung mit Überreißen von Wasser sind schon oft Kleider von Reisenden durch feuchten, aus dem

Schornstein geschleuderten Ruß beschmutzt worden, was Entschädigungsansprüche zur Folge hatte.

Um Unfälle zu verhüten, ist größte Vorsicht geboten beim Hinauslehnen aus dem Führerhaus sowie beim Entnehmen der Feuergeräte vom Tender. Auf Strecken mit elektrischen Fahrleitungen ist besondere Vorsicht am Platze; an die Fahrleitung mit dem Feuergerät oder dem Wasserstrahl zum Kohlennässen zu kommen, hat fast immer einen tödlichen Unfall zur Folge. Keine herabgefallenen Leitungen berühren, nicht auf die höher gelegenen Teile von Lokomotive und Tender steigen!

Unfall-
verhütung

2. Die Fahrt im Leerlauf und im Gefälle

Vor dem Anhalten auf einem Bahnhof oder an einem „Halt“ zeigenden Signal sowie vor Stellen mit Geschwindigkeitsbeschränkung muß in den Leerlauf übergegangen werden. Wie hierbei im allgemeinen zu verfahren ist, wurde bereits angegeben (S. 216 u. folg.). Bei sehr hoher Geschwindigkeit würden jedoch im Leerlauf die Triebwerkskräfte bei der Richtungsumkehr im Totpunkt so groß, daß sie die Lagereingüsse zerschlagen; hier muß daher (z. B. bei den Bauarten 01 und 03 bei mehr als 120 km/h) stets mit offenem Regler gefahren werden, damit die hin- und hergehenden Triebwerksmassen elastisch aufgefangen werden (vgl. S. 79 u. 214), und es darf der Regler erst geschlossen werden, wenn die Geschwindigkeit, gegebenenfalls durch Bremsen, auf etwa 110 km/h ermäßigt ist.

Triebwerk und Lager werden allgemein geschont, wenn bei längeren Gefällestrecken, die mit mehr als 100 km/h zu befahren sind, nicht in den Leerlauf übergegangen, sondern lediglich der Druck im Schieberkasten auf 4–5 kg/cm² ermäßigt wird.

Sind von Zügen mit kurzer Fahrzeit aus hoher Geschwindigkeit heraus kurze Langsamfahrstellen zu befahren, bei denen nur eine geringe Geschwindigkeitsermäßigung (um etwa 30 km) erforderlich ist, so ist es, um Fahrzeitverlust zu vermeiden, zweckmäßig, ebenfalls nicht erst in den Leerlauf überzugehen, sondern den Schieberkastendruck auf 4–5 kg/cm² zu ermäßigen und den Zug leicht anzubremsen. Bei größerer Geschwindigkeitsermäßigung ist immer in den Leerlauf überzugehen.

Die Bremsen sind auf Gefällestrecken so anzuziehen, daß die zugelassene Geschwindigkeit möglichst gleichmäßig eingehalten wird.

War die Bremswirkung zu stark, so ist sie je nach der Bauart der im Zug vorhandenen Bremsen zu verringern:

a) An Zügen mit einlösigem Bremsen sind zunächst die Bremsen der Lokomotive und des Tenders durch die Löseeinrichtung ganz oder teilweise zu lösen. Genügt dies nicht, so müssen auch die Zugbremsen gelöst und der Hauptleitungsdruck so schnell wie möglich erhöht werden. Dabei ist zu bedenken, daß die einlösigem Bremsen schon nach einer kleinen Druckerhöhung vollständig gelöst werden. Kleinere Gefällewechsel und Streckenabschnitte sind daher am besten ohne Änderung der Bremskraft der Zugbremsen zu durchfahren.

Sinkt infolge häufigen Bremsens und Lösens während langer Gefällefahrten der Hauptleitungsdruck so weit, daß die Erschöpfung der einlösigem Bremsen zu befürchten ist, so muß die Geschwindigkeit stark vermindert werden, um dann nach dem Lösen Zeit zu gewinnen, den Druck in der Hauptluftleitung und in den Hilfsluftbehältern auf den Regeldruck von 5 kg/cm^2 zu erhöhen.

b) An Zügen mit mehrlösigem Bremsen ist die Geschwindigkeit bei Gefällewechsel durch stufenweises Bremsen und Lösen einzuhalten. Kleinere Lösestufen lassen sich bereits in Fahrtstellung, kleinere Bremsstufen in der Abschlußstellung des Führerbremseventils erreichen. Die Folgen unvermeidbarer kleinerer Undichtigkeiten der Hauptluftleitung, durch die ein Nachbremsen verursacht wird, sind dadurch abzuwenden, daß der Führerbremsehebel zeitweilig in die Fahrtstellung gelegt wird.

c) Für Züge, die einlösigem und mehrlösigem Bremsen führen, ist das Verfahren a oder b zu wählen, je nachdem einlösigem oder mehrlösigem Bremsen überwiegen.

Wenn an Zügen mit überwiegend einlösigem Bremsen die Wirkung der selbsttätigen Bremse infolge öfteren Bremsens oder Lösens nachgelassen hat, und der Regeldruck in der Hauptluftleitung und in den Hilfsluftbehältern wieder erreicht werden soll, darf zum Regeln der Geschwindigkeit die Zusatzbremse oder die Handbremse in mäßigen Grenzen benutzt werden. Es muß dann aber geschehen, bevor die selbsttätige Bremse gelöst wird. Bei Zügen mit mehrlösigem Bremsen sollen die Zusatzbremse und die Handbremse nur ausnahmsweise mitbenutzt werden.

Muß die Geschwindigkeit eines Zuges ermäßigt werden, und bleibt beim Lösen der Bremse ein Wagen fest, so ist die

Betriebsbremsung zu wiederholen. Löst die Bremse des Wagens auch dann nicht, so ist der Hauptleitungsdruck durch Verstellen des Druckreglers auf $5,2 \text{ kg/cm}^2$ zu erhöhen und allmählich wieder zu ermäßigen. Bleibt die Bremse fest, so ist der Zug zu stellen, die Bremse des Wagens auszuschalten und von Hand zu entlüften.

3. Das Anhalten des Zuges

Zum Anhalten des Zuges ist, sofern nicht Schnellbremsung erforderlich ist (vgl. S. 500), stufenweise zu bremsen; bei jeder Stufe ist der Leitungsdruck nur um wenige Zehntel (aber mindestens Stufenweises Bremsen bei der ersten Bremsstufe bei Zügen mit einlösigen Bremsen um $0,5 \text{ kg/cm}^2$, bei mehrlösigen Bremsen um $0,3 \text{ kg/cm}^2$) zu erniedrigen, der Führerbremshebel darauf wieder in die Abschlußstellung zu legen. Damit keine Stöße und Zerrungen im Zuge entstehen, ist bei langen Zügen vor jeder neuen Bremsstufe die Wirkung der vorausgegangenen abzuwarten. Es ist so zeitig mit dem Bremsen zu beginnen, daß bis zum vollständigen Halten der Druck in der Hauptluftleitung höchstens um $1,0 \text{ kg/cm}^2$ erniedrigt wird.

Damit keine Stöße und Zerrungen auftreten, ist auch wiederholtes, schnell aufeinanderfolgendes Bremsen und Lösen zu vermeiden. Bei einlösigen Bremsen darf erst, außer in Gefahrfällen, nach einem Lösen wieder gebremst werden, wenn alle Bremsen im Zuge gelöst sind.

Vor Kopfbahnhöfen oder besonders bekanntgegebenen Stellen, wie z. B. Drehbrücken, ist die Wirkung der Bremsen im Zug durch Betriebsbremsung so früh zu prüfen, daß der Zug beim Ausbleiben der Bremswirkung auf das Notsignal des Lokomotivführers hin mit den Handbremsen allein rechtzeitig zum Halten gebracht werden kann.

An einem zum Halten gekommenen Zug oder Zugteil sind die Bremsen im allgemeinen sogleich vollständig zu lösen, damit das Wiederanfahren nicht verzögert wird, und zwar ist das Lösen schon Lösen der Bremsen unmittelbar vor dem Stillstehen einzuläuten, um den Rückstoß zu vermeiden; das darf jedoch nicht in Gefahrfällen, beim Anhalten in Kopfbahnhöfen und im Gefälle von mehr als 1:400 geschehen. An den Stellen, die im Fahrplanbuch besonders gekennzeichnet sind, darf die Bremse während des Haltens nicht gelöst werden.

Im allgemeinen ist beim Lösen zu beachten: der Führerbremshebel

ist aus der Abschlußstellung schnell in die Füllstellung, nicht etwa in eine Zwischenstellung zu legen (Füllstoß).

Sollen einlösigige Bremsen gelöst werden, und befindet sich der Bremshebel noch in der Bremsstellung, so darf er nicht unmittelbar in die Füllstellung gelegt werden; er muß vielmehr zuerst in die Abschlußstellung gedreht, hier kurze Zeit gelassen und erst dann in die Füllstellung gelegt werden. Im übrigen ist weiter wie beim Füllen des Zuges zu verfahren.

Besonders zu beachten ist bei Zügen mit einlösigigen Bremsen, daß diese zwar sofort nach dem Füllstoß lösen, aber erst nach längerer Zeit wieder auf den Hauptleitungsdruck aufgefüllt sind. Muß also bei einlösigigen Bremsen notgedrungen unmittelbar nach einem Lösen gebremst werden, so ist der Hauptleitungsdruck vorerst um $0,5 \text{ kg/cm}^2$ mehr zu vermindern als beim vorangegangenen Bremsen, weil der Druckunterschied vor dem Steuerkolben sonst nicht ausreicht, um die Steuerventile in die Bremsstellung umzusteuern (vgl. S. 392). So manches Überfahren von Bahnsteigen und Signalen um mehrere Wagenlängen ist auf das Nichtbeachten dieser Eigentümlichkeit zurückzuführen.

Zum vollständigen Lösen mehrlösigiger Bremsen muß in der Hauptluftleitung stets der Druck wieder hergestellt werden, der vor dem Bremsen bestanden hat.

Überladene Bremsen Hat der Lokomotivführer versichtlich den Druck in der Hauptluftleitung zu hoch ansteigen lassen, so sind auch die Bremsen überladen und können nach dem nächsten Bremsen nur dadurch gelöst werden, daß die Hauptluftleitung wieder auf die erreichte Druckhöhe gefüllt wird. Damit die Bremsen in einem solchen Fall nicht von selber während der Fahrt anlegen, stellt der Lokomotivführer den Leitungsdruck mit dem Druckregler etwa $0,2 \text{ kg/cm}^2$ höher ein, erniedrigt ihn jedoch im Laufe einer längeren Fahrt; der zu hohe Druck in den Bremsen entweicht dann allmählich. Kann der Druck bis zum Lokomotivwechselbahnhof nicht wieder auf 5 kg/cm^2 ermäßigt werden, so hat der Zugführer dem Lokomotivführer der übernehmenden Lokomotive die Höhe des Druckes mitzuteilen, der danach seinen Leitungsdruckregler einstellt.

Nach Bremsungen, bei denen die Zugbremse wieder ausgelöst wird, ohne daß der Zug zum Stillstand kommt, ist beim Lösen der Bremsen und Wiederöffnen des Reglers besondere Vorsicht geboten,

damit keine Zugtrennung eintritt. Soweit erforderlich, ist vor dem Lösen der Zugbremse die Zusatzbremse oder die Handbremse der Lokomotive einzulegen. Bei der Kkgbr und der Hikgbr darf erst nach einer der Länge des Zuges und dem Grad der Bremsung entsprechenden Lösezeit (bis zu 45 sec) die Zusatz- oder Handbremse langsam gelöst und der Regler vorsichtig geöffnet werden.

Bei durchgehend gebremsten Zügen, an die eine bediente Handbremsgruppe angehängt ist, oder bei Zügen, die wegen eines Schadens an der selbsttätigen Bremse handgebremst weiterbefördert werden, muß der Lokomotivführer vor dem Bremsen oder Lösen die vorgeschriebenen Signale mit der Lokomotivpfeife geben. Hat er das Signal „Bremse anziehen“ gegeben, so ist im erstgenannten Fall die selbsttätige Bremse, außer in Gefahrfällen oder nach Wahrnehmen von Notsignalen, vorsichtig und erst dann zu bedienen, nachdem sich die Wirkung der im hinteren Zugteil bedienten Handbremsen bemerkbar gemacht hat.

Auf das Signal „Bremse lösen“ darf der Lokomotivführer mit dem Lösen der selbsttätigen Bremse erst nach angemessener Zeit beginnen, damit die Handbremsen vorher gelöst werden können. Um Zugtrennungen zu verhüten, muß er vorher die Zusatzbremse oder die Handbremse vorsichtig anziehen und erst dann allmählich wieder lösen, wenn die selbsttätige Bremse vollständig gelöst ist.

Die Zusatzbremse soll allein nicht zum gewöhnlichen Anhalten benutzt werden, sie darf jedoch angewendet werden, um das Anhalten an einer bestimmten Stelle zu erleichtern, wenn vorher mit der selbsttätigen Bremse gebremst worden ist. Sie muß benutzt werden, wenn eine Schnellbremsung notwendig oder zu befürchten ist, daß der Zug nicht an der vorgeschriebenen Stelle angehalten werden kann.

Zur Regelung der Geschwindigkeit und zum Anhalten allein fahrender Lokomotiven darf die Zusatzbremse benutzt werden; ferner zum Heranfahen an den Zug, an den Wasserkran, an die Bekohlungsanlage, zum Befahren der Drehscheibe und in ähnlichen Fällen.

Welcher Bremszylinderdruck mit der Zusatzbremse anzuwenden ist, richtet sich nach der Witterung und der mit abnehmender Geschwindigkeit wachsenden Reibung zwischen Bremsklotz und Rad. Aus hohen Geschwindigkeiten kann man daher einen hohen Bremsdruck anwenden, muß ihn aber mit abnehmender Geschwindigkeit

allmählich verringern und so rechtzeitig — auch in Gefahrenfällen — wieder ganz aufheben, daß vor dem Stillstand der Lokomotive in den Bremszylindern nur noch der von der selbsttätigen Bremse stammende Druck herrscht.

Schnell-
bremsung

Zum gewöhnlichen Anhalten ist die Schnellbremsung zu vermeiden. Wird aber die Bremsung eines Zuges, der nur die vorgeschriebenen Bremshundertstel hat und mit Höchstgeschwindigkeit fährt, erst in Höhe des in Warnstellung stehenden Vorsignals eingeleitet, so ist die Schnellbremsung anzuwenden. Ebenso ist an einer Geschwindigkeitstafel mit Angabe der einzuhaltenden Geschwindigkeit (Kennzeichen K 5) zu verfahren.

Anhalten
in Gefahr-
fällen

Zum Anhalten in Gefahrenfällen ist ebenfalls Schnellbremsung anzuwenden; hierzu ist der Führerbremshebel sogleich in die Schnellbremsstellung zu legen — bei Vorspann auch auf der Zuglokomotive — außerdem sofort die Zusatzbremse anzuziehen und der Sandstreuer zu öffnen. Hierauf ist erst der Regler zu schließen. Der Führerbremshebel darf erst in die Abschlußstellung zurückgelegt werden, wenn der Zug zum Stehen gekommen ist.

Ausbleiben
der Brems-
wirkung

Tritt bei einem Versuch zu bremsen keine hinreichende Bremswirkung ein, so hat der Lokomotivführer das Notsignal zu geben, die Zusatzbremse zu bedienen, den Sandstreuer zu bedienen und die Handbremse anzuziehen. Bleibt die Wirkung der Treibradbremse aus, so muß er Gegendampf geben, gleichzeitig aber die Treibradbremse mit dem Löseventil lösen, um Schleifen der Räder zu verhüten.

Verhalten
bei Not-
bremsung

Bemerkt der Lokomotivführer eine unerwartete Abnahme der Geschwindigkeit oder ein von ihm nicht veranlaßtes schnelles Sinken des Hauptleitungsdruckes, so muß er den Führerbremshebel sofort in die Schnellbremsstellung drehen, um den Zug zum Halten zu bringen. Es kann die Notbremse gezogen worden oder eine Zugtrennung oder ein Schaden an der selbsttätigen Bremse eingetreten sein. Während nach der Ursache der plötzlichen Druckverminderung in der Hauptluftleitung gesucht wird, gibt der Lokomotivführer von Zeit zu Zeit einen Füllstoß, damit die Störungsstelle durch das Zischen austretender Luft gefunden werden kann.

Bremsen
bei
Vorspann

Hat der Zug eine Vorspannlokomotive, so ist im allgemeinen von dieser aus zu bremsen. (Über die Maßnahmen, die auf der Zugloko-

motive bei Vorspann zu treffen sind, vgl. S. 378, 381 und 383.) Nur wenn die Bremsen einrichtung auf der Vorspannlokomotive schadhaf ist, wird von der Zuglokomotive gebremst; hat diese ein Führerbremsventil Bauart Westinghouse, so ist in diesem Fall der Absperrhahn zum Führerbremsventil (vgl. S. 381) wieder zu öffnen. Der Führer der Vorspannlokomotive hat das Signal zum Bremsen zu geben und hiernach die Handbremse der Lokomotive oder des Tenders zu bedienen. Die Fahrgeschwindigkeit darf höchstens 60 km/h betragen.

Wenn auf der Zuglokomotive mit dem Führerbremsventil Bauart Knorr der Druck in den Hauptluftbehältern infolge eines Schadens nicht auf mindestens 5 kg/cm² gehalten werden kann, so ist der Hahn 8 am Führerbremsventil zu schließen, damit der Drehschieber nicht abklappt (vgl. S. 379). Darauf ist der Führerbremshebel in Füllstellung zu legen.

Wird bei Schiebedienst die Schiebelokomotive an die selbst-^{Bremsen bei Schiebedienst} tätige Bremse angeschlossen, so wird die Bremse vom Lokomotivführer der Zuglokomotive an der Spitze bedient; auf der Schiebelokomotive ist zu verfahren wie auf der Zuglokomotive bei Vorspannlokomotiven. Es ist hier der höchste Druck zu halten, damit die Bremse auch vom Zugschluß bedient werden kann.

Auch in Gefahrfällen und wenn der Druck infolge eines Schadens nicht mindestens auf 5 kg/cm² gehalten werden kann, ist wie bei Zuglokomotiven mit Vorspann zu verfahren.

Ist die Schiebelokomotive nicht an die durchgehende Bremse angeschlossen, so ist der höchste Betriebsdruck zu halten, damit die Bremse von Lokomotive und Tender jederzeit bedient werden kann.

Sind kaltlaufende Lokomotiven an die Hauptluftleitung angeschlossen, so ist wie auf Lokomotiven mit schadhafter Luftpumpe oder mit Undichtheiten an den Hauptluftbehältern zu verfahren (siehe oben).

4. Außergewöhnliche Vorkommnisse

Macht der Lokomotivführer unterwegs Wahrnehmungen, die ihn eine Unregelmäßigkeit oder einen Schaden an den Bremsen des Zuges vermuten lassen, so ist der Zug in Gefahrfällen sofort anzuhalten und nachzusehen; andernfalls meldet der Lokomotivführer seine Wahrnehmung während des nächsten fahrplanmäßigen Haltens dem Zugführer oder dem Wagenmeister am Zug, damit jetzt nachgesehen wird. Liegt eine Unregelmäßigkeit oder ein Schaden

vor, wodurch nach der Auffassung des Lokomotivführers oder des Wagenmeisters während der Weiterfahrt eine Betriebsgefahr eintreten könnte, so muß die Ursache vorher behoben oder das schadhafte Fahrzeug ausgesetzt werden. Dem Lokomotivführer ist das Prüfungsergebnis in jedem Falle vor der Weiterfahrt zu melden.

Bemerkt der Führer einer Schiebelokomotive eine betriebsgefährliche Unregelmäßigkeit am Zuge, so muß er versuchen, den Zug zum Halten zu bringen. Ob er hierzu die selbsttätige Bremse benutzt oder die Zugbegleiter durch Notsignale aufmerksam zu machen hat, muß er selbst entscheiden. Die Zusatzbremse oder die Handbremse ist in diesem Fall vorsichtig anzuziehen, damit der Zug nicht zerreißt.

Undichte
Heizrohre

Wenn während der Fahrt ein Heizrohr undicht wird, so ist zu versuchen, es bei niedrigem Dampfdruck durch Pfropfen (werden auf der Lokomotive mitgeführt) am hinteren Ende zu verschließen. Auch das vordere Ende zu verschließen ist, weil gefährlich, verboten. Beim Brechen von Tragfedern, Federgehängen, Ausgleichhebeln oder bei ähnlichen Schäden kann vorsichtig weitergefahren werden, wenn die Lokomotive noch lauffähig ist. Treten während der Fahrt Schäden an Triebwerk oder Steuerung auf, so hat der Lokomotivführer zu prüfen, ob eine Ersatzlokomotive angefordert werden muß, oder ob die Fahrt gegebenenfalls nach Außerbetriebsetzen (Lahmlegen) einer Maschinenseite fortgesetzt werden kann. Die Leistung der Lokomotive geht natürlich erheblich zurück, auch kann eine Zwillingslokomotive nicht anfahren, wenn die Kurbel der unbeschädigten Maschinenseite nahe dem Totpunkt steht. Wenn Teile des Triebwerkes beschädigt sind, ist zu bedenken, daß das Lahmlegen nur möglich ist, wenn das Lokomotivpersonal zusammen mit dem Zugbegleitpersonal auch die schweren Teile abnehmen kann.

Lahm-
legen einer
Maschi-
nenseite

In den Fällen, in denen eine Hilfslokomotive schnell zu erreichen ist, soll sich die Arbeit des Lokomotivpersonals darauf beschränken, die Lokomotive so herzurichten, daß sie abgeschleppt werden kann.

Die Arbeiten, die beim Lahmlegen vorzunehmen sind, sind für die einzelnen Bauarten verschieden und in einer Dienstvorschrift (DV 947, Behandlung der Dampflokomotiven im Betrieb) festgelegt; die nachstehenden Angaben sind daher nur als allgemeine Richtlinien anzusehen.

Vor allen Dingen müssen in jedem Falle die Dampfkanäle, die zu dem lahmzulegenden Zylinder führen, abgeschlossen werden; hierzu wird der betreffende Schieber bei Lokomotiven mit einstufiger Dampfdehnung (Zwillings-, Drillings- und Vierlingslokomotiven) in der Mittelstellung festgelegt, und zwar der Flachschieber, indem man die Schieberstangenstopfbüchse einseitig anzieht, der Kolbenschieber mit der Feststellschraube an der Schieberstangeführung. Der Schieber steht in Mittelstellung, wenn der zugehörige Voreilhebel bei „Steuerung auf Mitte“ senkrecht steht. Ferner sind Lenker- und Schwingenstange zu entfernen. Die Verbindung der Schieberschubstange mit dem Hängeeisen oder dem Aufwerfhebel wird gelöst und die Schwinge, Schieberschubstange und der Voreilhebel festgebunden. Die Zylinderventile sind offen zu halten und zu dem Zweck die Nockenstange vom Zylinderventilzug abzunehmen. Der Druckausgleicher der lahmgelegten Maschinenseite muß mit dem Anstellhahn dauernd offen gehalten werden. Auf der unbeschädigten Maschinenseite sind die Luftleitungen zum Druckausgleicher blind abzuflanschen, so daß er durch die Feder ständig geschlossen gehalten wird; der Druckausgleicher mit Eckventilen ist vorher mit dem Anstellhahn (Stellung I) zu schließen. Damit nun nicht Ruß und Lösche aus der Rauchkammer angesaugt werden, soll möglichst die ganze Fahrt über mit Dampf (also nicht im Leerlauf) gefahren werden.

Hat die Lokomotive keinen Druckausgleicher, so daß der Kolben nicht mitlaufen darf, oder sind Triebwerksteile beschädigt, so müssen der Dampfkolben festgelegt und die Treibstange abgenommen werden. Der Kolben ist bis an den Zylinderdeckel nach hinten zu schieben und der Kreuzkopf durch ein ständig mitzuführendes Spreizholz festzulegen. Wo Kolben und Kreuzkopf in einer anderen Stellung festzulegen sind, ist dies auf einem Schild auf dem Kreuzkopf angegeben. Muß eine Kuppelstange abgenommen werden, so ist auch die gleiche Stange auf der gegenüberliegenden Lokomotivseite zu entfernen.

Bei Lokomotiven, bei denen die Steuerung der innenliegenden Zylinder von der Steuerung eines oder der beiden außenliegenden Zylinder abgeleitet wird, müssen beim Lahmlegen eines Außenzylinders auch der Innenzylinder (Drillingslokomotive) oder einer der beiden Innenzylinder (Vierlingslokomotive) ausgeschaltet werden.

Muß bei einer Verbundlokomotive einer der HD-Zylinder ausgeschaltet werden, so ist, falls keine Anfahrtdampfhähne oder Anfahrventile vorhanden sind (s. S. 245), auch der zugehörige ND-Zylinder lahmzulegen. Muß ein ND-Zylinder lahmgelegt werden, so wird der zugehörige Schieber auf Durchblasen gestellt, d. h. so weit nach vorn oder hinten geschoben, wie es die Schieberbauart zuläßt; der aus dem HD-Zylinder tretende Dampf strömt dann ohne weitere Arbeitsleistung zum Blasrohr. Hierbei ist stets der zugehörige Dampfkolben festzulegen. Die ND-Schieber sind in der Regel bei äußerer Einströmung nach hinten, bei innerer Einströmung nach vorn zu legen, damit der Dampfkolben in der hinteren Endlage festgelegt werden kann. Die Nockenstange vom Zylinderventilzug wird in diesem Falle nicht abgenommen.

C. Die Behandlung nach der Fahrt

1. Das Abrüsten

Gegen Ende der Fahrt wird das Feuer gleichmäßig über den Rost gezogen, damit es gut ausbrennt. Auf dem Wege vom Zuge zum Lokomotivbahnhof wird der Druck im Kessel mit der Strahlpumpe abgesenkt, so daß das Feuer bei niedrigem Druck entfernt werden kann. Es tritt dann nicht so leicht Rohrlaufen ein, auch kann die Lokomotive mit niedrigem Druck und hohem Wasserstand abgestellt werden. Nun wird Kohle und Wasser genommen, Rost und Aschkasten von den Brennstoffrückständen gereinigt, die Lösche aus der Rauchkammer geschaufelt, der Sandvorrat ergänzt und Gas nachgefüllt. Die Lokomotiven mit Stahlfeuerbüchse vertragen das plötzliche Absenken des Druckes vor dem Feuerreinigen jedoch nicht, da durch die plötzliche Abkühlung schädigende Spannungen entstehen; bei ihnen soll daher der Druck nur bis auf etwa 2 bis 5 kg/cm² unter Kesselhöchstdruck abgesenkt werden. Beim Feuerreinigen dürfen Aschkastenklappen und Feuertüren nicht gleichzeitig mit der Rauchkammertür geöffnet sein, um schnelle Abkühlung zu verhindern, auch ist das Speisen des Kessels verboten. Der Hilfsbläser ist nur so wenig anzustellen, daß die Rauchgase die Entschlacker nicht belästigen.

Die Reihenfolge der Arbeiten ist nach den örtlichen Verhältnissen

verschieden (vgl. S. 469). Wenn die Lokomotive nach kurzer Zeit wieder Dienst leisten soll, wird unter der Rohrwand ein Reservefeuer angelegt und unterhalten.

Nun wird die Lokomotive in die Halle unter den Rauchabzugs-^{Abstellen der Lokomotive}trichter gefahren, die Steuerung auf Mitte eingeklinkt, die Handbremse angezogen; ferner werden die Zylinderventile geöffnet, die Kesselventile und Absperrventile am Tender geschlossen, die Aschkastenklappen je nach Bedarf mehr oder weniger geschlossen, damit der Kessel nicht auskühlt; bei Lokomotiven mit Stahlfeuerbüchsen sollen die Schornsteine mit Hauben abgedeckt werden, in denen nur eine kleine Abzugsöffnung ist. Die Schmierdochte sind aus den Schmiertüllen zu ziehen. Ist ein Speiswasserreiniger vorhanden, so wird der Schlamm durch Öffnen der Kesselabschlammventile abgeblasen. Die Vorratsbehälter der Schmierpumpen werden gefüllt, die Ölvorräte ergänzt.

Weiter sind noch Lokomotive und Tender auf Schäden und Mängel zu untersuchen. Besonderes Augenmerk ist auf Stangenlagerbeilagen und Achslagerstellkeile zu richten, die nicht lose sein dürfen. Nicht zu vergessen ist der Funkenfänger: er muß Blasrohr und Schornstein dicht umschließen, darf nicht klaffen und keine Rostlöcher aufweisen. Die Aschkastensiebe müssen in Ordnung sein, Türen und Klappen am Aschkasten einwandfrei schließen. Auch die Bremsrichtungen sind in allen Teilen zu prüfen, wobei auch darauf zu achten ist, ob etwa Bremsklötze oder Bremsklotzsohlen Stellen haben, die bereits weniger als 10 mm dick sind; diese müssen ausgewechselt werden. Nötigenfalls ist das Bremsgestänge nachstellen zu lassen. Endlich sind Hauptluftbehälter, Hauptluftleitung usw. zu entwässern; die Entwässerungshähne bleiben offen. Schäden, die nicht sofort vom Lokomotivpersonal beseitigt werden können, sind der Lokomotivleitung auf Ausbesserungszetteln anzuzeigen, damit sie bis zur nächsten Dienstleistung der Lokomotive behoben werden können.

Zum Abschluß sind Kästen und Schränke zu verschließen und die Schlüssel an der vorgeschriebenen Stelle abzugeben.

Wenn Lokomotiven mit Feuer im Freien aufgestellt werden, muß^{Aufstellen im Freien} der Bläser etwas ziehen und eine Aschkastenklappe etwas geöffnet sein, damit der Qualm nicht zur Feuertür heraustritt. Verbleibt Personal auf der Lokomotive, so hat sich dieses, insbesondere wenn die Vorhänge geschlossen werden sollen, davon zu überzeugen, daß

die obengenannte Bestimmung durchgeführt ist. Es besteht sonst die große Gefahr einer Rauchgasvergiftung.

2. Maßnahmen bei Frostgefahr

Bei Frost sind besondere Maßnahmen zu treffen, um zu verhüten, daß Bauteile oder Rohrleitungen durch Eis zersprengt werden. Bei unter Dampf stehenden Lokomotiven läßt man die Luftpumpe ganz langsam weiterlaufen; damit sie durch den hohen Gegendruck nicht stehenbleibt, hält man einen Absperrhahn in der Bremsleitung ein wenig offen. Die Hauptluftbehälter, Tropfbecher und Luftschläuche zwischen Lokomotive und Tender sind zu entwässern. Auch die Speisewasserkolbenpumpe ist dauernd in Gang zu halten; die zugehörige Saugleitung ist mäßig zu beheizen (vgl. S. 319), desgl. die zur Strahlpumpe führende über das Anstellventil dieser Pumpe (vgl. S. 144). Durch den Abdampf wird auch das Einfrieren des Vorwärmers verhütet. Ferner sind die Schmierpumpen auf dem Führerstand gegen Einfrieren zu schützen.

Bei Lokomotiven, die ohne Feuer abgestellt werden sollen, sind an der Speisewasservorwärmereinrichtung sämtliche Entwässerungs- und Entlüftungshähne zu öffnen. Um die letzten Reste an Wasser zu entfernen, wird das Küken des zur Nässeinrichtung führenden Hahnes angelüftet und dann die Pumpe mit hoher Hubzahl so lange (in der Regel etwa 3 Minuten) betrieben, bis an keiner Stelle mehr Wasser austritt. Die Speisewasserkupplungen zwischen Lokomotive und Tender sind zu entwässern (Entwässerungshähne bleiben offen) oder zu trennen.

Bei Tenderlokomotiven mit seitlichen Wasserkästen ist der in die Saugleitung eingeschaltete Dreiwegehahn, der bei freiem Durchgang die Saugleitung mit dem Wasserkasten verbindet, umzulegen; er entwässert dann den zur Pumpe führenden Teil der Saugleitung.

Die Luftpumpe, die Hauptluftbehälter, die Tropfbecher und die Leitungen und Bremskupplungen sind ebenfalls zu entwässern und die Entwässerungshähne offen zu lassen.

Elfter Teil

Untersuchungen und Ausbesserungen

So wie die BO zur Sicherung des Eisenbahnbetriebes genaue Vorschriften für den Bau der Bahnanlagen und Fahrzeuge gibt, so regelt sie zu dem gleichen Zweck auch die Prüfungen vor Inbetriebnahme sowie die Untersuchungen der Fahrzeuge in bestimmten Zeiträumen:

(1) Neue Lokomotiven und Tender sowie Lokomotiven, die andere Dampfessel erhalten haben, dürfen nur in Betrieb genommen werden, wenn sie amtlich geprüft und für betriebssicher befunden worden sind.

(2) Lokomotiven und Tender müssen, abgesehen von den unter (7) zugelassenen Abweichungen, mindestens alle 5 Jahre einer Hauptuntersuchung, alle 3 Jahre einer Zwischenuntersuchung unterzogen werden.

(3) Die Hauptuntersuchungen müssen sich auf alle Teile erstrecken. Bei der Untersuchung der Fahrgestelle und Treibwerke müssen die Achslager, Federn und Achsen herausgenommen werden. Der Rahmen ist durch Abnehmen des Kessels zur Untersuchung freizulegen. Die Dampfessel sind nach Entfernen der Heiz- und Rauchrohre auch im Innern zu untersuchen.

(4) Die Zwischenuntersuchungen umfassen die Untersuchung der Fahrgestelle und Treibwerke mit allen Nebenteilen sowie der Dampfessel nach (3), wobei jedoch im allgemeinen ein Freilegen des Rahmens sowie der Ausbau der Heiz- und Rauchrohre und die Abnahme der Kesselbekleidung entfallen können.

(5) Wird bei der Zwischenuntersuchung nach (4) ein Wasserdruckversuch vorgenommen, so kann die Regelfrist für die nächste Hauptuntersuchung nach (3) von 5 auf 6 Jahre verlängert werden.

(6) Bei neuen Lokomotivdampfesseln (Anm. des Verf.: gemeint sind solche, die noch keine Hauptuntersuchung gehabt haben) kann die erste Hauptuntersuchung bis auf 8 Jahre hinausgeschoben werden, wenn vorher zwei Zwischenuntersuchungen stattgefunden haben,

von denen die erste spätestens nach 3 Jahren vorzunehmen ist. Die zweite muß 5 Jahre nach der Inbetriebnahme mit Wasserdruckversuch ausgeführt werden. Wurde bereits die erste Zwischenuntersuchung mit einem Wasserdruckversuch verbunden, so kann die Frist für die zweite Zwischenuntersuchung, bei der dann gleichfalls ein Wasserdruckversuch auszuführen ist, bis auf 6 Jahre verlängert werden.

Die Untersuchungsfrist von 8 Jahren kann bis auf 9 Jahre um so viel verlängert werden, wie anrechnungsfähige Zeiten nach (7) vorhanden sind.

(7) Die Fristen für die Untersuchung der Lokomotiven und Tender rechnen vom Tage der Übergabe der betriebsfertigen Lokomotive an den Betrieb nach beendeter Untersuchung oder Abnahme bis zur Außerbetriebstellung für die Untersuchung.

Die Untersuchungsfrist zwischen zwei Hauptuntersuchungen bzw. zwischen Abnahme und der ersten Hauptuntersuchung darf um die Zeiten etwaiger Abststellungen oder Ausbesserungen verlängert werden, wenn die Abststellungen oder Ausbesserungen oder Abststellungen und Ausbesserungen zusammenhängend länger als 10 Tage gedauert haben.

Probe- und Übergabefahrten unterbrechen den Zusammenhang zwischen Ausbesserung und Abststellung nicht.

Die Verlängerung der Fristen zwischen zwei Hauptuntersuchungen oder zwischen dem Übergabetag und der ersten Hauptuntersuchung darf jedoch insgesamt höchstens 1 Jahr betragen.

(8) Die Dampfkessel müssen durch Wasserdruck geprüft werden: a) bei der Abnahmeprüfung nach (1), b) bei den wiederkehrenden Hauptuntersuchungen nach (3), c) bei einer Zwischenuntersuchung nach (5) oder (6), d) nach jeder umfangreichen Ausbesserung, e) vor einer Wiederinbetriebnahme, wenn der Kessel länger als 2 Jahre außer Betrieb gesetzt war.

(9) Bei den Wasserdruckversuchen nach (8) müssen die Dampfkessel von der Bekleidung entblößt sein. Bei einem zulässigen Dampfdruck p muß ein Versuchsdruck von $1,3 \cdot p$ kg/cm², mindestens aber $(p + 5)$ kg/cm², angewendet werden. Alle Drücke sind als Überdrücke zu messen. Der Versuchsdruck ist mit einem Prüfungsdruckmesser zu messen, der von Zeit zu Zeit auf seine Richtigkeit zu untersuchen ist.

(10) Kessel, die bei den Wasserdruckversuchen nach (8) und (9) ihre Form bleibend ändern, dürfen in diesem Zustand nicht in Dienst genommen werden.

(11) Bevor die nach (8) und (9) geprüften Kessel in Betrieb genommen werden, müssen auch die Kesseldruckmesser und Ventilbelastungen geprüft werden.

(12) Der bei der Untersuchung festgesetzte höchste Dampfdruck muß auf dem Fabrikschild leicht sichtbar verzeichnet werden.

(13) Über die Untersuchungen nach (1), (2), (5), (6) und (8) muß Buch geführt werden.

Die gesetzlich vorgeschriebenen Untersuchungen werden meistens mit einer anfallenden Ausbesserung der Lokomotiven verbunden.

Untersuchungen und Ausbesserungen werden möglichst nach einem, für jede Lokomotive vom Erhaltungswerk (das ist das Reichsbahn-Ausbesserungswerk, das für die Unterhaltung verantwortlich ist) für einen längeren Zeitraum im voraus aufgestellten Plan vorgenommen; dadurch sollen der Aufwand sowohl an Aufarbeitungs- wie an Betriebskosten für die Leistungseinheit einer Lokomotive ein Mindestmaß und die durch die BO zugelassenen Untersuchungsfristen nach Möglichkeit ausgenutzt werden. Aufgabe dieser sogenannten planmäßigen Erhaltung ist es nun, den Umfang der Arbeiten im RAW, insbesondere die Beseitigung der Verschleißschäden, so festzusetzen, daß die Lokomotive für die vorgegebene Laufzeit (d.h. bis zur nächsten planmäßigen Zuführung zum RAW) in dem für sie vorgesehenen Dienst betriebstüchtig erhalten bleibt. Das Lebensalter der Lokomotive und der Erhaltungszustand sowie die Eigenart ihres Dienstes und die Strecken- und Wasserverhältnisse werden dabei berücksichtigt.

Planmäßige
Erhaltung

Die Lebensdauer der Lokomotive wird in Erhaltungsabschnitte eingeteilt: Ein Abschnitt rechnet vom Tage der Übergabe an den Betrieb nach einer Hauptuntersuchung bis zum gleichen Tage nach der nächsten Hauptuntersuchung. Der Abschnitt wird durch die Zwischenuntersuchung in zwei etwa gleiche Teile geteilt: Teil I rechnet bis zur Übergabe an den Betrieb nach der Zwischenuntersuchung, Teil II von da an bis zur Übergabe an den Betrieb nach der Hauptuntersuchung.

Erhaltungs-
abschnitte

Um die mit gewisser Regelmäßigkeit wiederkehrenden Verschleißschäden zu beseitigen, wird noch bei der Mehrzahl eine planmäßige Zwischenausbesserung in jedem Teil des Erhaltungsabschnittes ausgeführt, die etwa in der Mitte zwischen zwei Untersuchungen liegt.

Schad- Nach dem Vorstehenden unterscheidet man vier planmäßige
gruppen- Schädgruppen:
einteilung

Ausbesserungsart	Schadgruppen- bezeichnung	Ausführende Stelle
Betriebsausbesserung	L 1	Bw
Zwischenausbesserung	L 2	RAW*)
Zwischenuntersuchung	L 3	RAW
Hauptuntersuchung	L 4	RAW

Neben den planmäßigen Ausbesserungen kommen auch außerplanmäßige vor, z.B. bei Brüchen wichtiger Teile oder bei Schäden durch Unfall; sie heißen Bedarfsausbesserungen, Schadgruppe L 0, und werden je nach Lage des Falles im RAW oder Bw ausgeführt.

Bei der Hauptuntersuchung werden die Bauteile mindestens in dem Umfange ab- oder ausgebaut, wie es in der BO (vgl. S. 507) gefordert wird. Die Bauteile werden so aufgearbeitet, daß die Lokomotive bis zur nächsten Hauptuntersuchung betriebssicher und betriebstüchtig bleibt, und inzwischen nur die für die Zwischenuntersuchung und Zwischenausbesserung vorgeschriebenen Planarbeiten auszuführen sind.

Bei der Zwischenuntersuchung werden zunächst nur die Teile abgebaut, die zur Erfüllung der Forderungen der BO (vgl. S. 507) aus Gründen der Betriebssicherheit untersucht werden müssen. Für die Aufarbeitung ist maßgebend, daß die Lokomotive bis zur nächsten Hauptuntersuchung betriebssicher und betriebstüchtig bleibt, und inzwischen nur die für die Zwischenausbesserung vorgesehenen Arbeiten auszuführen sind.

Für die Zwischenausbesserungen ist im allgemeinen der Verschleiß der Radreifen maßgebend; es können aber auch sonstige regelmäßig wiederkehrende Mängel, z.B. Rohrschäden, den Anlaß zur Zwischenausbesserung geben. Werden während der Ausbesserung noch Schäden betriebsgefährlicher Art gefunden, so werden sie beseitigt.

Der Tag der letzten Untersuchung wird am Fahrgestell angeschrieben und in das Kesseluntersuchungsschild eingestempelt.

*) Falls ein Bw über die nötigen Einrichtungen verfügt, kann die L 2 auch hier vorgenommen werden.

Die Kosten der Untersuchungen und Ausbesserungen sind recht ^{Kosten} erheblich, selbstverständlich nach der Inanspruchnahme und der Pflege der Lokomotiven im Betriebe verschieden. Als ungefährer Anhaltspunkt können folgende Zahlen gelten:

Lokomotivbauarten	01	38 ¹⁰⁻⁴⁰	58 ¹⁰⁻²¹
	RM	RM	RM
Kosten der Zwischenausbesserungen	13 000	5 400	6 500
Kosten der Zwischenuntersuchungen	26 800	16 500	18 900
Kosten der Hauptuntersuchungen	41 000	23 600	30 400

Bevor eine Lokomotive das Ausbesserungswerk verläßt, werden mit ihr Probefahrten ausgeführt, und zwar eine Leerfahrt und eine Lastfahrt nach jeder Untersuchung, eine Leerprobefahrt nach jeder Zwischenausbesserung. Für diese Aufgabe der Lokomotivabnahme sind dem RAW besondere Lokomotivführer, sogenannte Abnahmelokomotivführer, zugeteilt, die aber dem nächstgelegenen Maschinenamt unterstehen. Die Abnahmeführer haben die Pflicht, während der Fahrt zu prüfen, ob alle gemeldeten Schäden bzw. bei der Untersuchung gefundenen Schäden ordnungsmäßig beseitigt sind und die Lokomotive sich wieder in einem betriebsstüchtigen Zustand befindet.

Der Anfall der Betriebsausbesserungen wird bestimmt durch kleinere Mängel und Schäden, die leicht zu beheben sind, und durch die planmäßig vorgesehenen Untersuchungen einzelner Einrichtungen und sonstigen Arbeiten für die pflegliche Unterhaltung der Lokomotiven. Diese Arbeiten, wie z. B. das Auswaschen der Lokomotivkessel, die Untersuchung der Vorwärmer (allmonatlich), der Dampfschieber (alle 6 Wochen), der Dampfkolben und gußeisernen Stopfbuchsen (alle 6 Monate), sind durch die Dienstvorschrift 947 für die Behandlung der Dampflokomotiven und Tender im Betriebe geregelt.

Anhang 1

Verzeichnis der Einheitslokomotiven und Reichsbahnbauarten*)

1. Schnellzuglokomotiven

Bauart- reihe	Betriebs- gattung	Bauart	Bemerkungen
01	S 36.20	2' C 1' h 2	
01 ¹⁰	S 36.20	2' C 1' h 3	
03	S 36.17	2' C 1' h 2	ab Lok 03 123: S 36.18
03 ¹⁰	S 36.18	2' C 1' h 3	
05	S 37.19	2' C 2' h 3	Schnellfahr- (Stromlinien-) Lok
06	S 48.20/18**)	2' D 2' h 3	

2. Personenzuglokomotiven

23	P 35.17	1' C 1' h 2	
24	P 34.15†)	1' Ch 2	

3. Güterzuglokomotiven

41	G 46.18/20**)	1' D 1' h 2	Schnellfahr-Güterzuglok
43	G 56.20	1' E h 2	
44	G 56.20	1' E h 3	
45	G 57.20/18**)	1' E 1' h 3	Schnellfahr-Güterzuglok
50	G 56.15	1' E h 2	

4. Schnellzug- und Personenzug-Tenderlokomotiven

61	St 37.18	2' C 2' h 2	Lok 61 002: 2' C 3' h 3
62	Pt 37.20	2' C 2' h 2	
64	Pt 35.15	1' C 1' h 2	
71 ⁰	Pt 24.15	1' B 1' h 2	

*) Ein weitergehendes Verzeichnis, das auch die Länderbauarten und die geschichtliche Entwicklung berücksichtigt, bringt das „Verzeichnis der Dampflokomotivgattungen der Deutschen Reichsbahn“ nebst Nachtrag 1936 von Maey und Born, Verlag VWL.

**) Kuppelachsdruk wahlweise 20 oder 18 t.

†) Bis Lok 24 095 mit Bisselgestell, ab Lok 24 096 mit Krauss-Helmholtz-Drehgestell.

5. Güterzug-Tenderlokomotiven

Bauart-reihe	Betriebs-gattung	Bauart	Bemerkungen
80	Gt 33.17	Ch 2	Verschiebelok
81	Gt 44.17	Dh 2	Verschiebelok
83	Gt 57.18	1'E 1'h 2	
84	Gt 57.18	1'E 1'h 3	mit Eckhardt-Lenkgestellen
84	Gt 57.18*)	1'E 1'h 2	mit Luttermöller-Antrieb
85	Gt 57.20	1'E 1'h 3	
86	Gt 46.15**)	1'D 1'h 2	
87	Gt 55.17	Ch 2	Einheits-Hafenbahnlok (mit Luttermöller-Antrieb)
89 N	Gt 33.15	Cn 2	Verschiebelok (Lok-Nr. 89001-003)
89 H	Gt 33.15	Ch 2	Verschiebelok (ab Lok-Nr. 89004)

6. Schmalspurlokomotiven

99 ²²	K 57.10	1'E 1'h 2	1000 mm Spurweite
99 ⁷³	K 57.9	1'E 1'h 2	750 mm Spurweite

*) Lok-Nr. 84 003/004.

**) Lok-Nr. 86 293—296 und ab 86 336 mit Krauss-Helmholtz-Drehgestellen.

Zusammenstellung der Hauptabmessungen der Einheits-

Bauart- reihe	Zylinder- durchm. mm	Kolben- hub mm	Treibrad- durchm. mm	Lauf- rad- durchm. mm	Gesamt- Achsstand einschl. Tender mm	Dampf- druck kg/cm ²	Rost- fläche m ²	Verdamp- fungs- heizfläche m ²	Heiz- fläche des Über- hitzers m ²
01	600	660	2000	1000*)/1250	20320	16	4,5	247	85
01 ¹⁰	3 · 500	660	2000	1000/1250	20370	16	4,32	246,9	86
03	570	660	2000	1000*)/1250	20220	16	4,09	203,65	72,22
03 ¹⁰	3 · 470	660	2000	1000/1250	20225	16	3,9	203,4	72,22
05	3 · 450	660	2300	1100/1100	22075	20	4,7	256	90
06	3 · 520	720	2000	1000/1000	22550	20	5,04	289	132,5
23	550	660	1750	1000/1250	19015	16	3,9	177,6	64,1
24	500	660	1500	850	13270	14	2,04	104,4	37,18
41	520	720	1600	1000/1250	20180	20	4,09	203,65	72,22
43	720	660	1400	850	19190	14	4,7	237	100
44	3 · 550	660	1400	850	19190	16	4,55	238	100
45	3 · 520	720	1600	1000/1250	21750	20	4,8	310,5	120,6
50	600	660	1400	850	18890	16	3,9	177,6	64,1
61	3 · 390	660	2300	1100	15025	20	2,8	150	69,2
62	600	660	1750	850	13300	14	3,5	195,25	72,5
64	500	660	1500	850	9000	14	2,04	104,4	37,18
71 ⁰	310	660	1600	850	8400	20	1,37	67,43	28,6
80	450	550	1100	—	3200	14	1,5	69,6	25,5
81	500	550	1100	—	4200	14	1,78	95,9	34
83	600	660	1400	850	12200	16	3,72	200,5	70
84	3 · 500	660	1400	850	11700	16	3,76	210	85
85	3 · 600	660	1400	850	12500	14	3,5	195,85	72,5
86	570	660	1400	850	10300	14	2,34	117,3	47
87	600	550	1100	—	6200	14	2,34	117,3	47
89 N	420	550	1100	—	3300	14	1,42	82,21	—
89 H	420	550	1100	—	3300	14	1,42	67,89	24,1
99 ²²	500	500	1000	550	8700	14	1,78	95,9	33
99 ⁷³	450	400	800	550	7600	14	1,74	80,3	29

*) Bis Lok 01 101 und 03 162: 850 mm.

lokomotiven und Reichsbahnbauarten*)

Dienstgewicht kg	Reibungs- gewicht kg	Zulässige Höchst- geschwin- digkeit km/h	Tender	Rad- durch- messer mm	Wasser- vorrat m ³	Kohlen- vorrat t	Dienst- gewicht kg	Bild	Im Anhang
111100	59700	130	2' 2' T 34**)	1000	34	10	74200	1	3
113760	61140	150	2' 3 T 38 St	1000	38	10	81600	2	3
100300	54300	130	2' 2' T 34**)	1000	34	10	74600	3	3
103200	55200	150	2' 2' T 34 St	1000	34	10	75900		
129900	57600	175	2' 3 T 38 St	1000	38	10	81600	4	3
141800	80000 †)	140	2' 3 T 38 St	1000	38	10	81600	5	3
88320	53920	110	2' 2' T 26	1000	26	8	60000	6	3
57400	45200	90	3 T 17	1000	17	6	41800		
			od. 16		16	6	43300	7	3
101900	78000 †)	90	2' 2' T 34**)	1000	34	10	74200	8	4
110800	96600	70	2' 2' T 32	1000	32	10	73600		
109800	95000	80	2' 2' T 34**)	1000	34	10	74200	9	4
126740	98830 †)	90	2' 3 T 38	1000	38	10	81200	10	4
86850	75290	80	2' 2' T 26	1000	26	8	60000	11	4
144400	55500	175	—	—	21	6	—	12 ††)	4
123600	60800	100	—	—	14	4,3	—	13	4
74900	45500	90	—	—	9	3	—	14	4
58600	29900	90	—	—	7	3	—	15	4
54400	54400	45	—	—	5	2	—	16	5
67500	67500	45	—	—	8	3	—	17	5
118600	90000	80	—	—	13	4,5	—	18	5
125500	91300	80	—	—	13,7	3	—	19	5
133600	99700	80	—	—	14	4,5	—	20	5
88500	60600	80	—	—	9	4	—	21	5
85600	85600	45	—	—	9	3	—		
45800	45800	45	—	—	4,8	2,6	—		
46600	46600	45	—	—	4,8	2,6	—	22	5
65800	50500	40	—	—	8	3	—		
56700	46100	30	—	—	5,8	2,5	—		

*) Es ist im allgemeinen nur der letzte Entwicklungsstand der Bauartreihen angegeben, daher kleinere Abweichungen gegenüber den Bildern im Anhang 3—5. **) oder 2' 2' T 32 mit 73 600 kg (neuere Ausführung 74 600 kg) Dienstgewicht. †) Bei 20 t Kuppelachsdruck. ††) Stellt Lok 61 001 dar, Abmessungen abweichend.

Bild 1. 2' C 1' h 2 Schnellzuglokomotive, Bauartreihe 01, Tender 2' 2' T 32

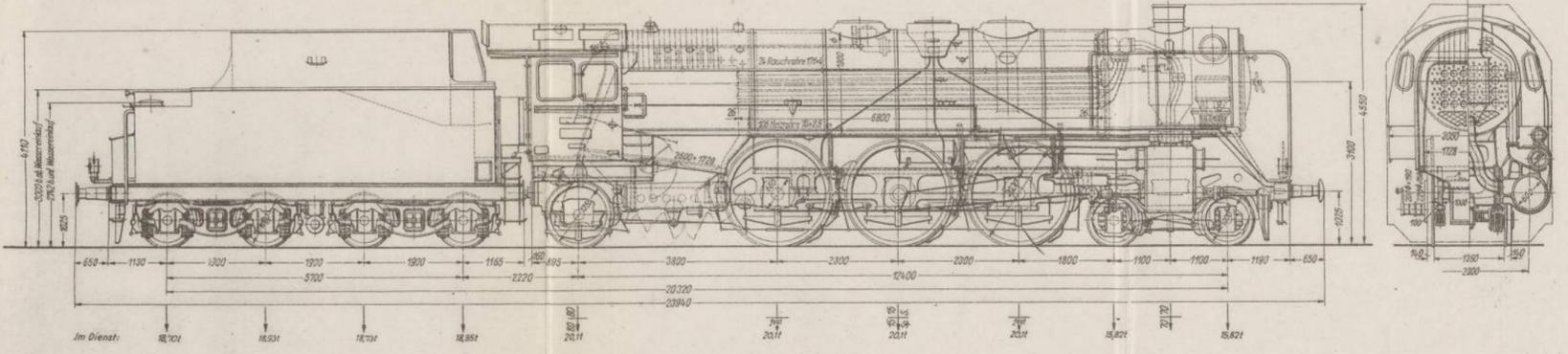


Bild 2. 2' C 1' h 3 Schnellzuglokomotive, Bauartreihe 01¹⁰, Tender 2' 3 T 38 St
Urheberfirma Berliner Maschinenbau A.-G., vormals L. Schwartzkopff

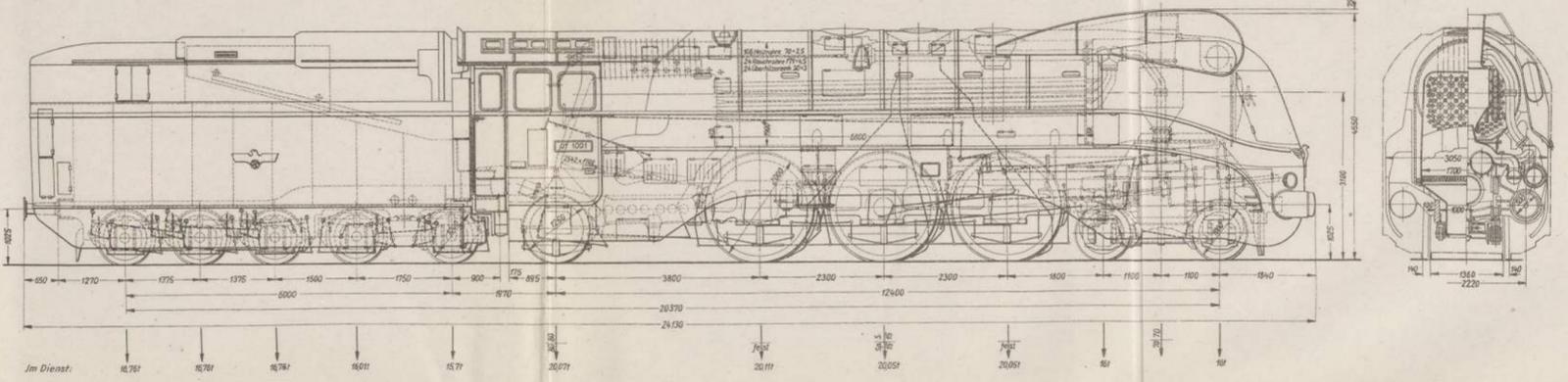


Bild 3. 2' C 1' h 2 Schnellzuglokomotive, Bauartreihe 03, Tender 2' 2' T 32

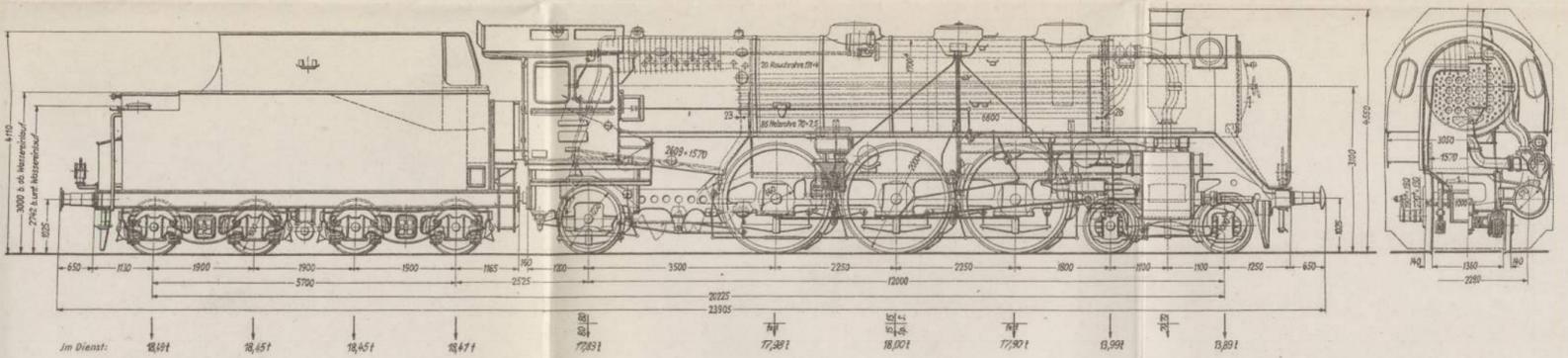


Bild 4. 2' C 2' h 3 Schnellfahrlokomotive, Bauartreihe 05, Tender 2' 3 T 38 St
Urheberfirma Borsig-Lokomotiv-Werke

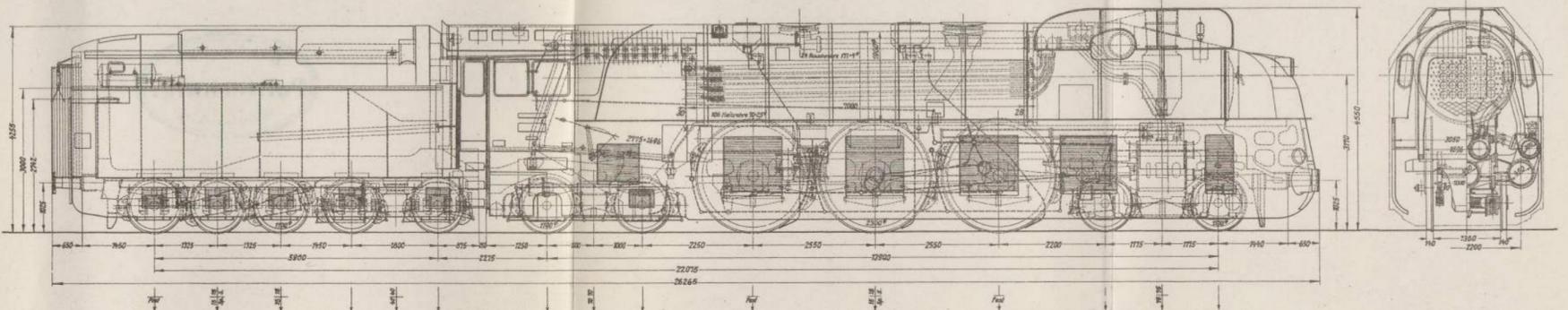


Bild 5. 2' D 2' h 3 Schnellzuglokomotive, Bauartreihe 06, Tender 2' 3 T 38 St
Urheberfirma Fried. Krupp A.-G., Essen

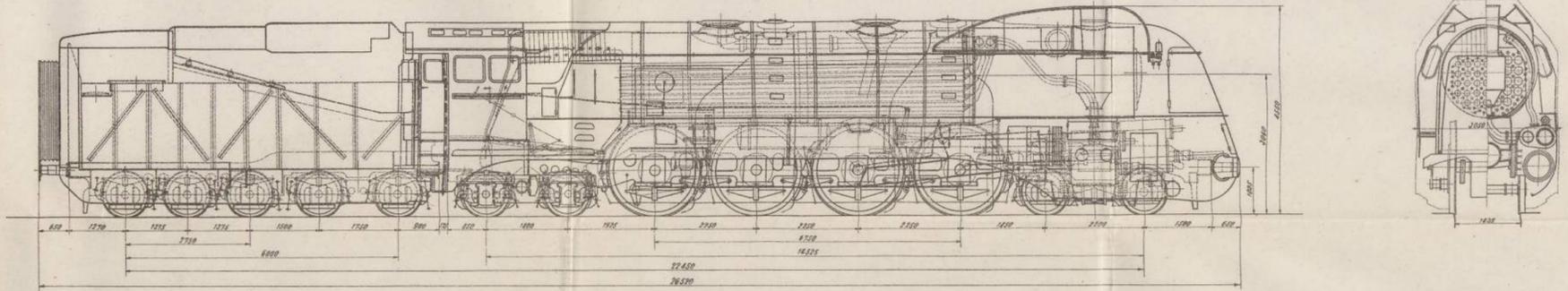


Bild 6. 1' C 1' h 2 Personenzuglokomotive, Bauartreihe 23, Tender 2' 2' T 26

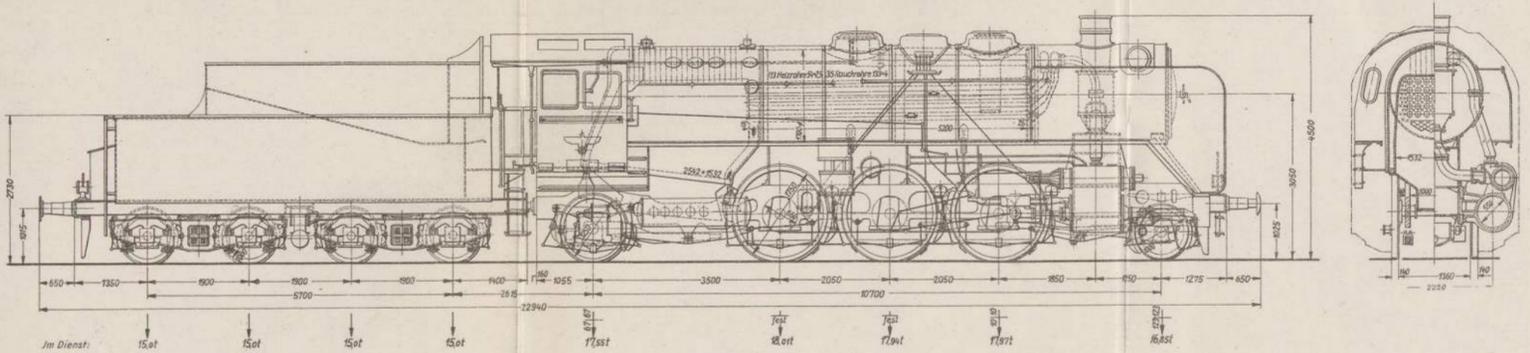


Bild 7. 1' C h 2 Personenzuglokomotive, Bauartreihe 24, Tender 3 T 16
(känftige Ausführung mit Krauss-Helmholtz-Drehgestell)

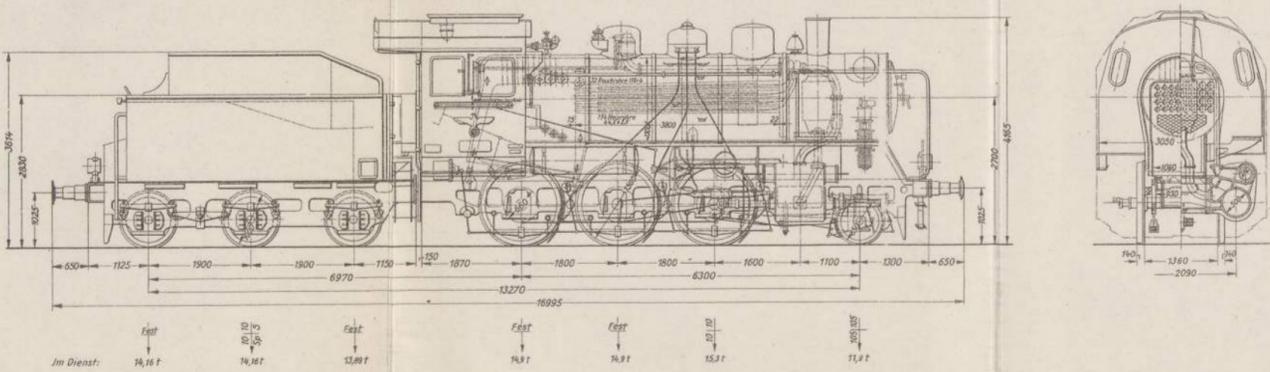


Bild 8. 1' D 1' h 2 Schnellfahr-Güterzuglokomotive, Bauartreihe 41, Tender 2' 2' T 32
 Urheberfirma Berliner Maschinenbau A.-G., vormals L. Schwartzkopf

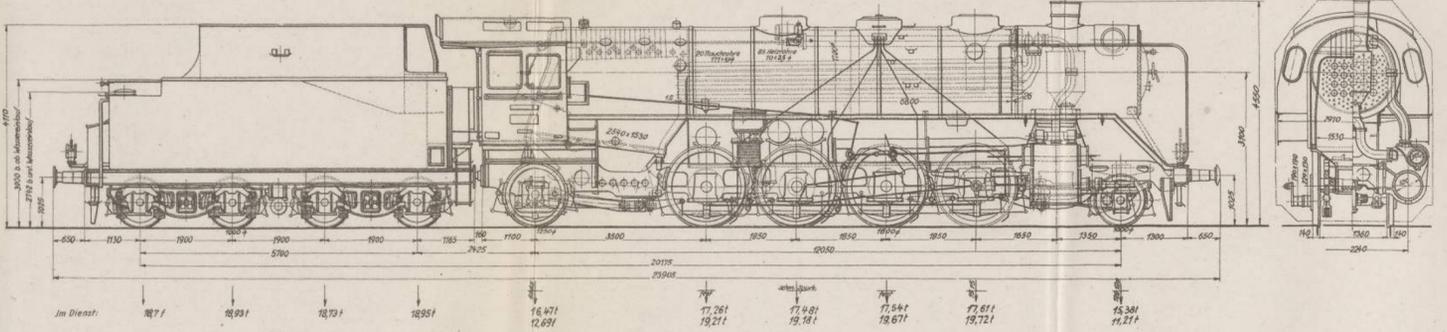


Bild 9. 1' E h 3 Güterzuglokomotive, Bauartreihe 44, Tender 2' 2' T 34

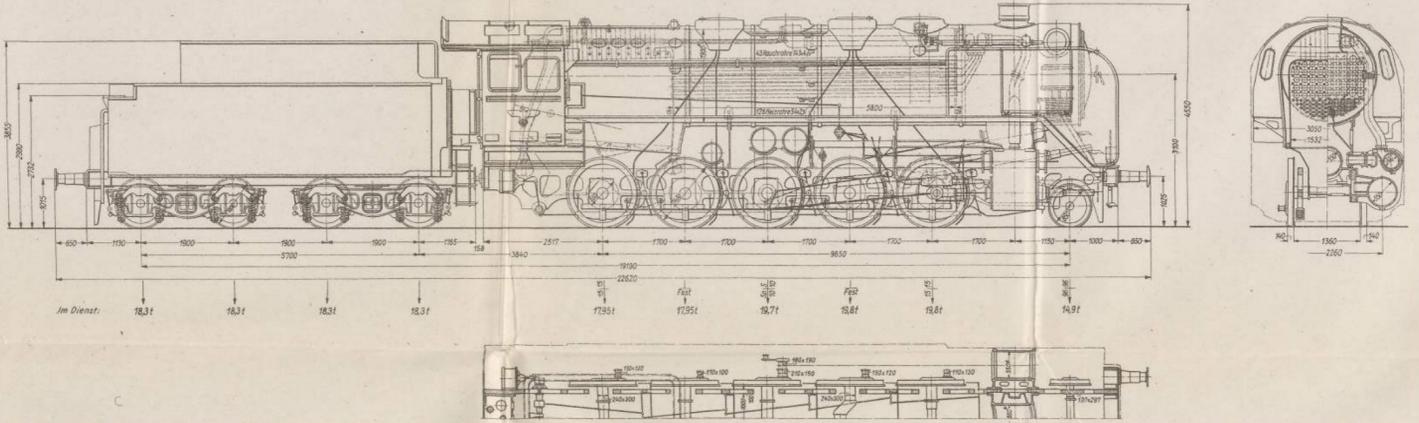


Bild 10. 1' E 1' h 3 Schnellfahr-Güterzuglokomotive, Bauartreihe 45, Tender 2' 3 T 38
 ab Nr. 45003 Einheitslokomotive mit geringen Abweichungen
 Urheberfirma Henschel & Sohn, Kassel

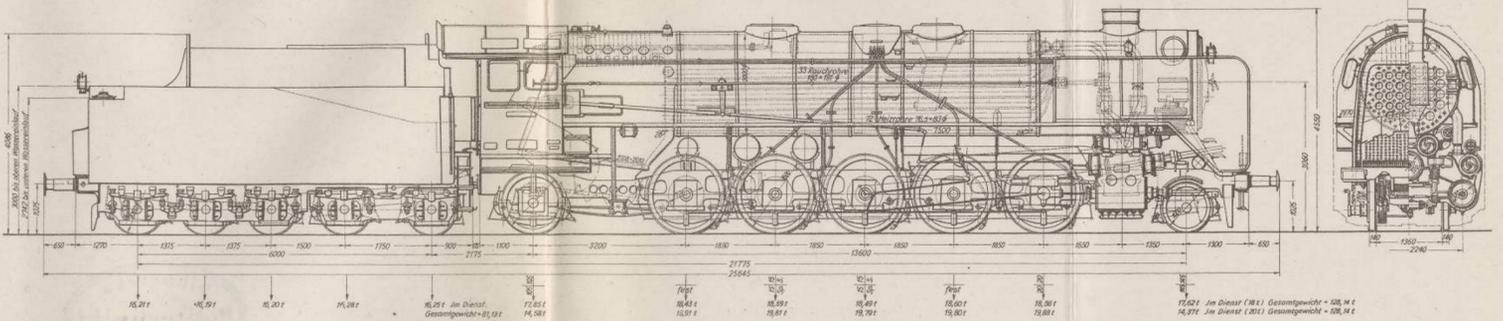


Bild 11. 1' E h 2 Güterzuglokomotive, Bauartreihe 50, Tender 2' 2' T 26

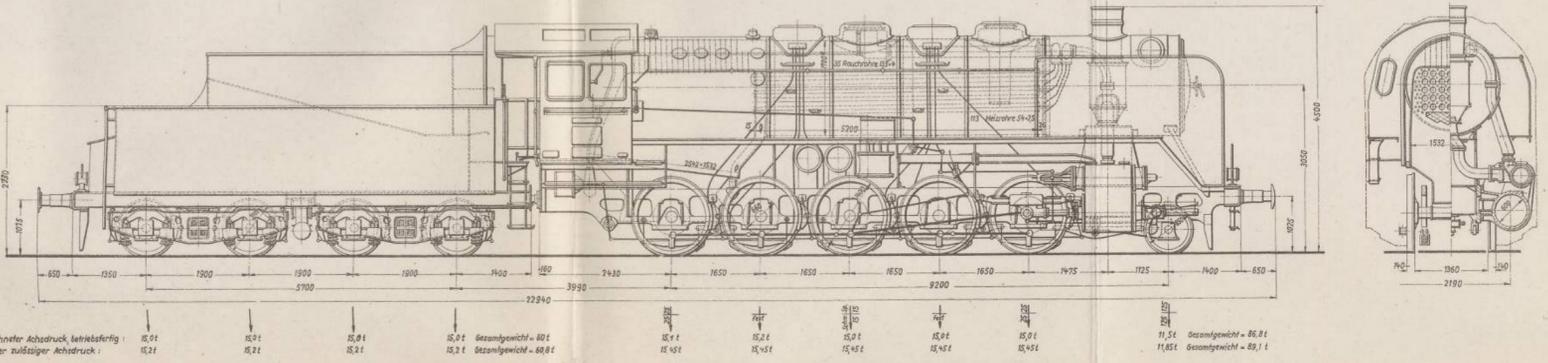


Bild 12. 2' C 2' h 2 Schnellzug-Tenderlokomotive, Bauartreihe 61
 Urheberfirma Henschel & Sohn, Kassel

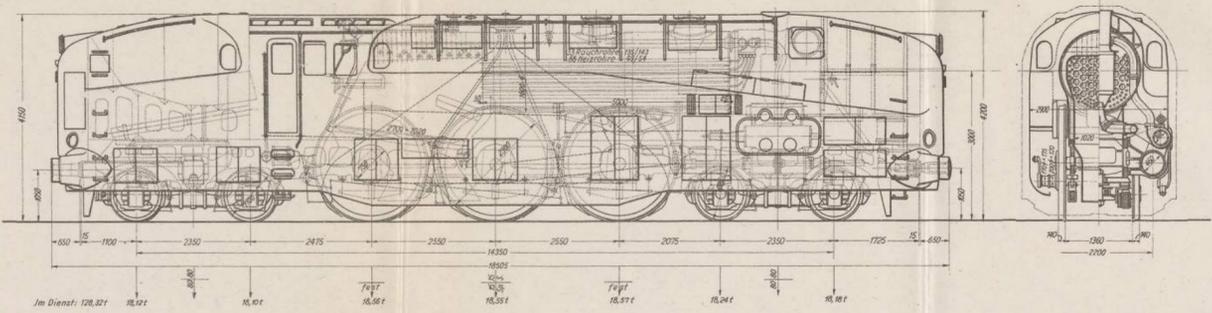


Bild 13. 2' C 2' h 2 Personenzug-Tenderlokomotive, Bauartreihe 62

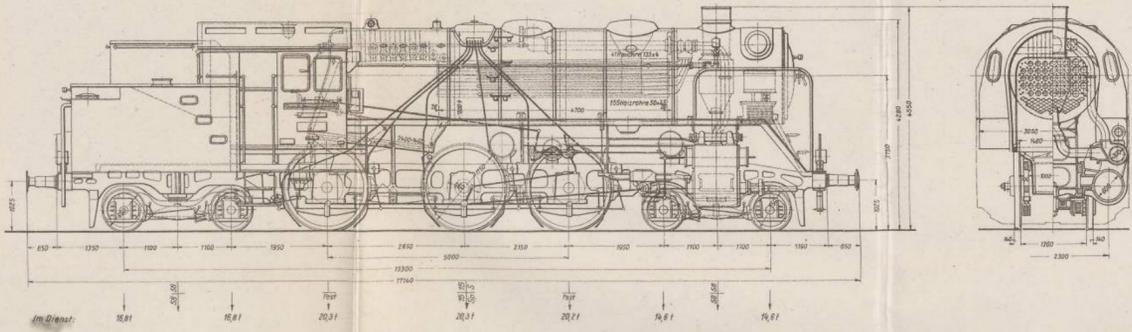


Bild 14. 1' C 1' h 2 Personenzug-Tenderlokomotive, Bauartreihe 64
 (künftige Ausführung mit Krauss-Helmholtz-Drehgestell)

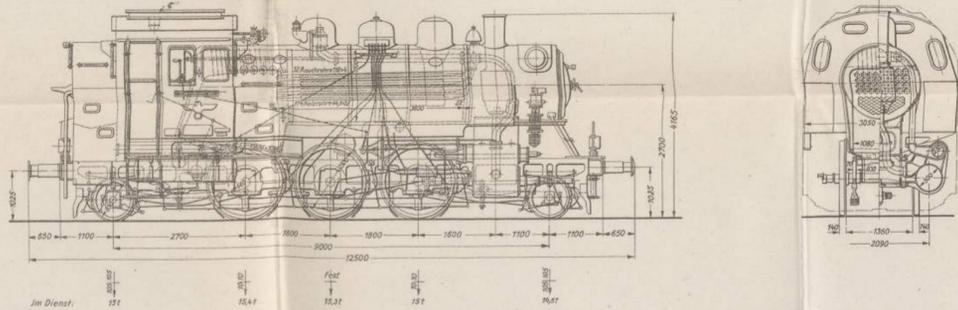


Bild 15. 1' B 1' h 2 Personenzug-Tenderlokomotive, Bauartreihe 71

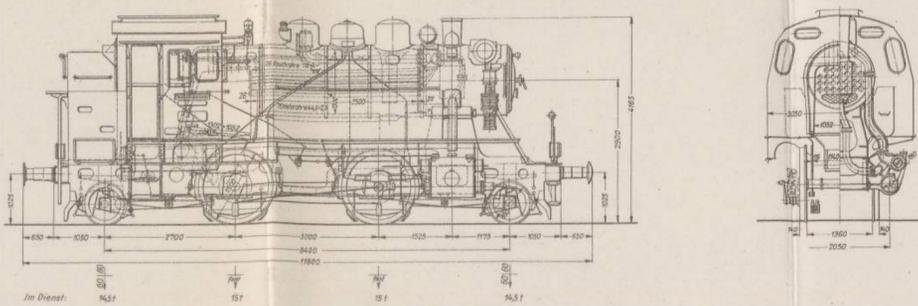


Bild 16. C h 2 Güterzug-Tenderlokomotive, Bauartreihe 80

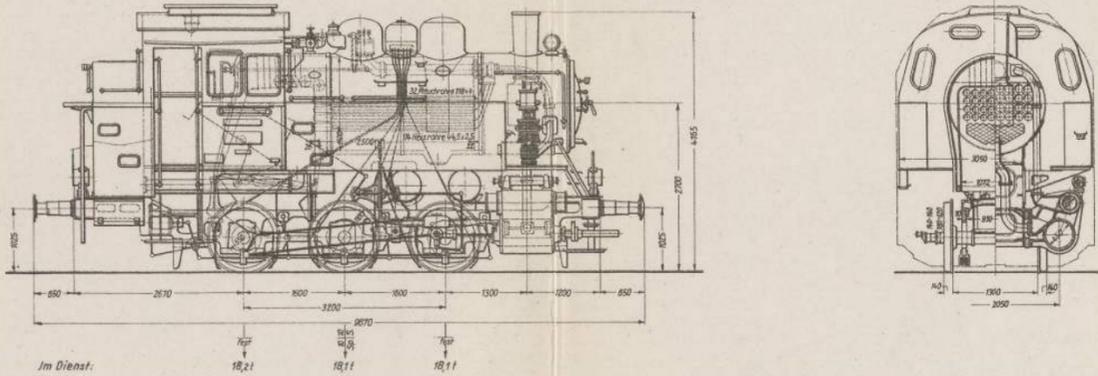


Bild 17. D h 2 Güterzug-Tenderlokomotive, Bauartreihe 81

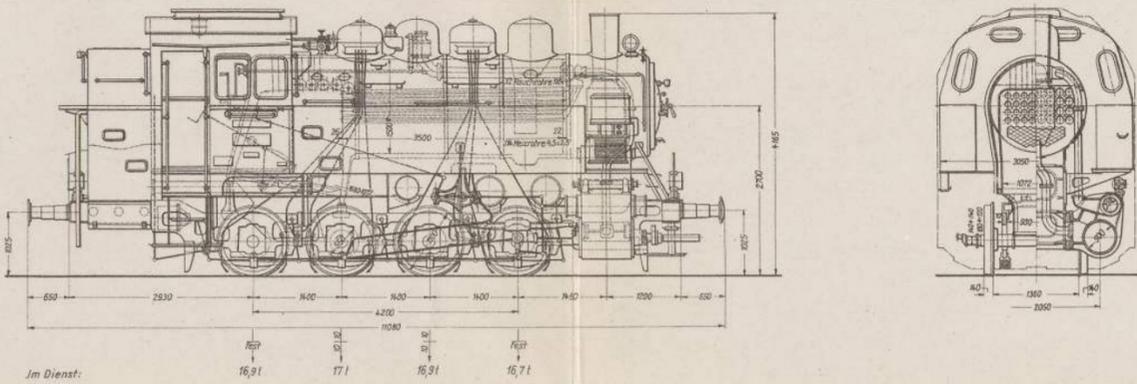


Bild 18. 1' E 1' h 2 Güterzug-Tenderlokomotive, Bauartreihe 83

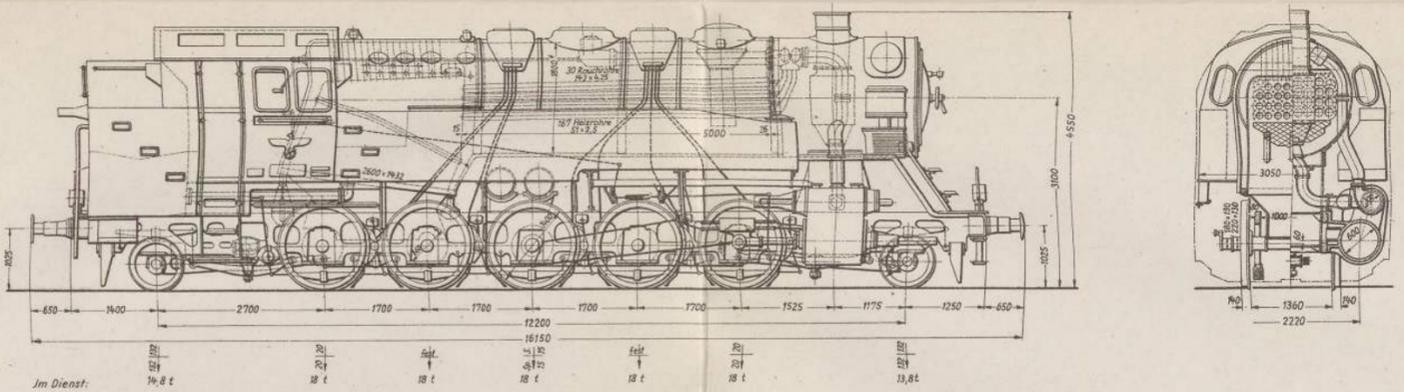


Bild 19. 1' E 1' h 3 Güterzug-Tenderlokomotive, Bauartreihe 84 (mit Schwartzkopff-Eckhardt-Lenkgestellen)
Urheberfirma Berliner Maschinenbau A.-G., vormals L. Schwartzkopff

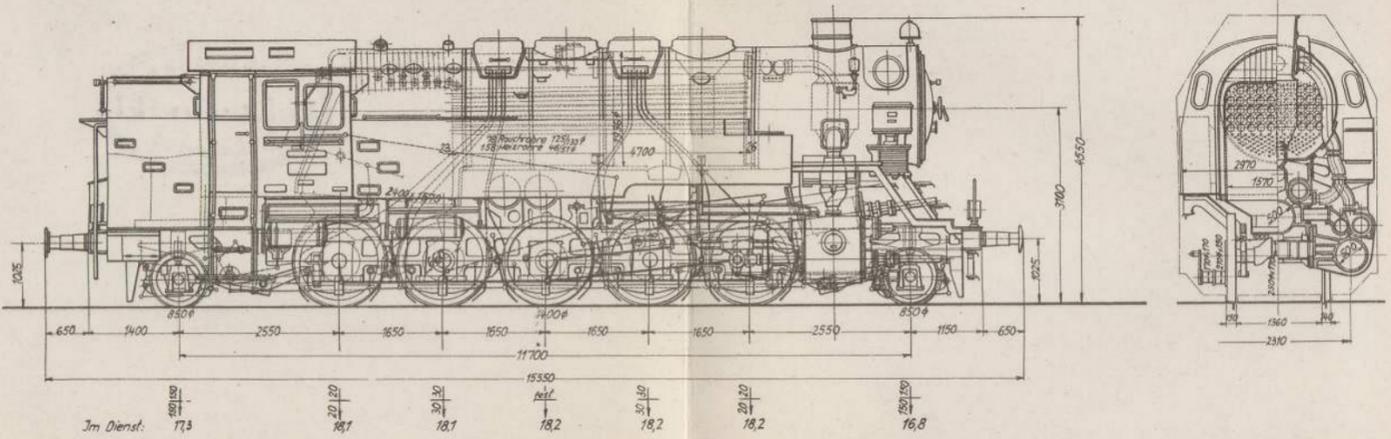


Bild 20. 1' E 1' h 3 Güterzug-Tenderlokomotive, Bauartreihe 85

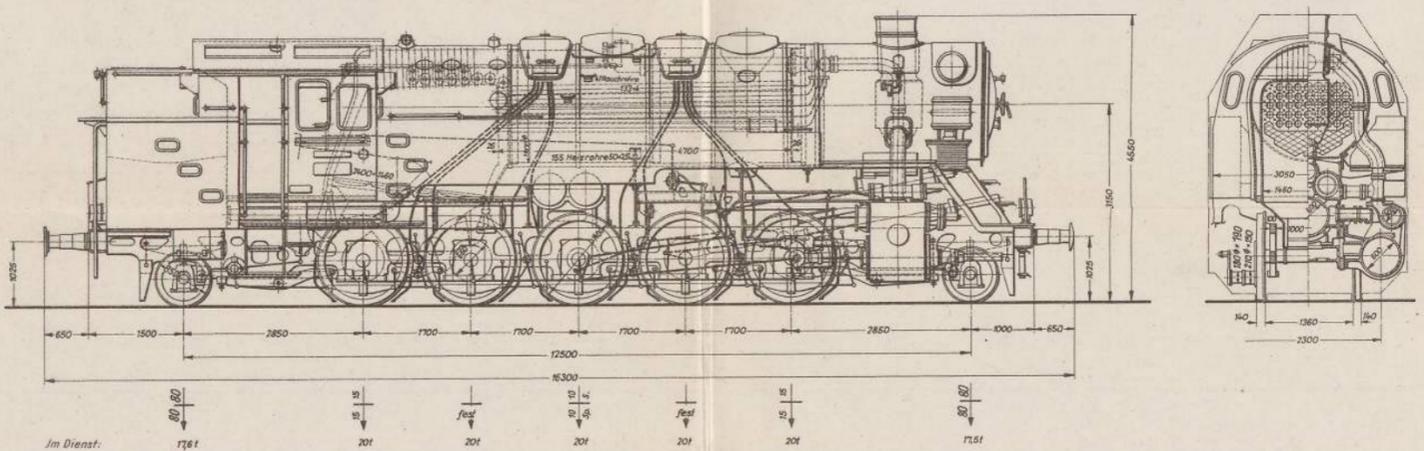


Bild 21. 1' D 1' h 2 Güterzug-Tenderlokomotive, Bauartreihe 86 (ältere Ausführung mit Bisselachsen)

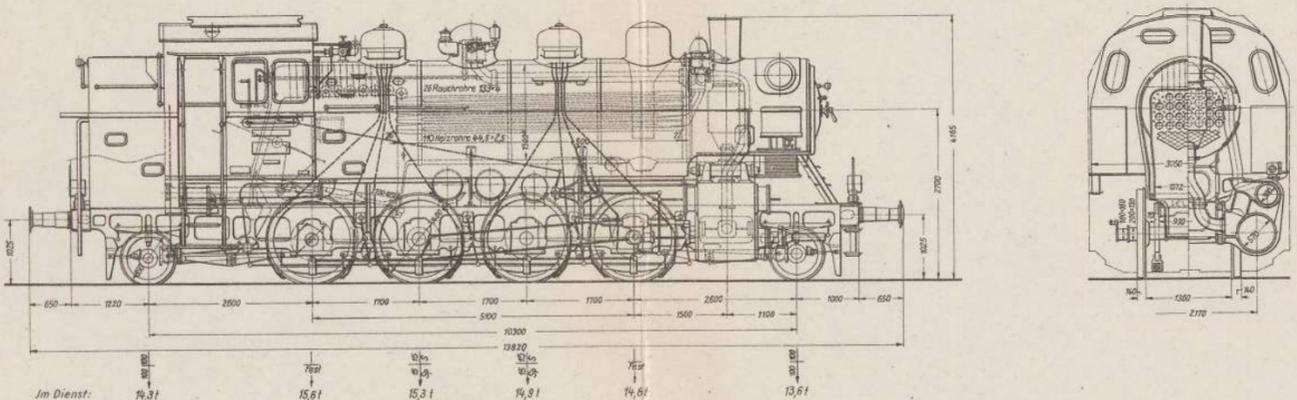
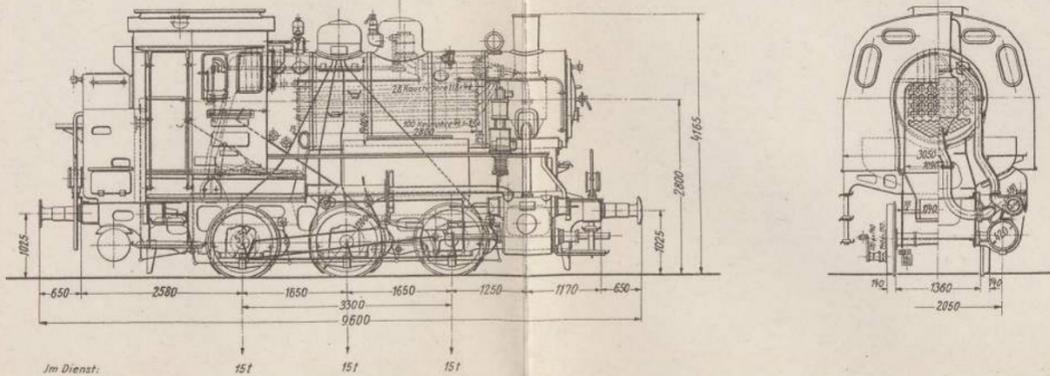


Bild 22. C h 2 Güterzug-Tenderlokomotive, Bauartreihe 89



Sachverzeichnis

Die Zahlen geben die Seiten an. Die Seiten, auf denen die Sache vorzugsweise behandelt wird, sind durch **fetten** Druck gekennzeichnet.

A ₁ -Behälter der Kk-Bremse	418	Achsschenkel	268, 326
Abbremsung	350	Achssenke	479
—, doppelseitige	347	Achsstand, fester	283, 297
Abgasverlust	45 , 53	Achswelle	263, 268
Abkühlungsverlust der Dampfmaschine	82	Ackermann-Hahn	389
Ablafschraube	319	— -Kesselsicherheitsventil	153
Abmessungen der Fahrzeuge nach der BO	111	Adams-Achse	290
Abrüsten der Lokomotiven	504	AEG-Lichtmaschine	310
Abschlammleinrichtung „Gestra“	164	A-Kammer	418
Abschlammsschieber	113, 163	Allan-Steuerung	108
Abschlußstellung des Führerbremsventils	378, 396	Amerikanisches Drehgestell	329
Absperrhahn (Druckluftbremse)	373, 379, 389, 401, 420, 440	Anfahren	220, 490
Absperrschieber zur Gegen-druckbremse	452	Anfahreinrichtung	244
Absperrventil am Tender	319	Angleicher	383
Abstufschieber	419, 423, 435	Anhalten des Zuges	497, 500
Abstufventil	390, 401, 435	Anheizen	481
Abstützungspunkt	281	Anlaufdruck	280
Achsdruck	7, 15, 111	Anlaufwinkel	283
Achsen, feste	283	Anschriften	18
—, führende	285	Anstellhahn zum Sandstreuer	313
—, gekuppelte	7, 15	— zum Zylindersaugventil und Druckausgleicher	215
Achsenöl	28	Anwärmen der Zylinder	487
Achsgabelsteg	275	Apparatekasten der Zugbeeinflussung	460
Achslager	270	Arbeit, Begriff der	51 , 71
—, Tender-	327	—, Dampf-	71 , 76
Achslagerausschnitte	248	Arbeitsfläche	72
Achslager-Bremsdruckregler	409	Arbeitshub	77
Achslagerführungen	275	Asbestzement	466
Achslagergehänge	271, 278	Aschkasten	131
Achslagergehäuse	271 , 287, 290, 327	— -Spritzrohr	132
Achslagergleitplatten	271, 275	Atmosphäre, technische	46
Achslagerschalen	270, 273, 327	Aufbereitungsanlage für Wasser	475
Achslagerstellkeil	275	Aufdornen	116
Achslagerunterkasten	271 , 273	Auflager des Kessels	239, 250
		Aufwerfhebel	195
		Ausblaseeinrichtung	479

- Ausblasen des Wasserstand-
 anzeigers 148
 Ausgleicheinrichtung am Führer-
 bremsventil 374
 Ausgleichhebel (Bremsgestänge)
 348, 352
 — (Federaufhängung) . 278, 280, 292
 Ausgleichventil 384
 Ausglühen des Kessels 60
 Außenrahmen 247, 323
 Äußere Einströmung 94, 102
 Äußere Steuerung 97, 192
 Ausschlackanlage 471
 Ausströmkästen 208, Bild 124
 Ausströmrrohr, -zweigrohr .. 123, 138
 Ausströmüberdeckung 86, 202
 Austauschbau 248

Bahnräumer 260
 Barrenrahmen 247, 276
 Bauart, Bauartreihe 17, 18
 Bauartkennzeichen der Lok 15
 — der Tender 322
 Bedarfsausbesserung 510
 Begrenzungslinie für Fahrzeuge 111
 Behälter für Feuergerät 321
 Beilagen, Stangenlager- 229
 Beleuchtung der Lok 307
 Beschleuniger 443, 446
 Beschleunigungsventil „P^{cc}“ 425
 Beschleunigungswiderstand ... 62, 64
 Betriebsausbesserung 510, 511
 Betriebsbremsung
 359, 378, 383, 390, 400, 426
 Betriebsgattung, Betriebsgattungs-
 zeichen 13, 15
 Betriebsnummer 16
 Bewegungs-(Fahr)widerstand ... 62
 Bisselachse 287
 Blasrohr 42, 123, 138
 —, verstellbares 138
 Blattfedern 277
 Blechanker 118
 Blechdicke des Kessels 112, 114
 — der Feuerbüchse 116
 Blechrahmen 247, 323

 Bleibronze 270
 Blindwelle 2, 343
 BO, Vorschriften der, über An-
 schriften 18
 —, Vorschriften der, über Kessel-
 ausrüstung 128
 —, Vorschriften der, üb. Radsätze 265
 —, Vorschriften der, über Be-
 grenzung für Fahrzeuge 111
 —, Vorschriften der, über Unter-
 suchungen der Fahrzeuge .. 507
 —, Vorschriften der, über Zug-
 und Stoßeinrichtungen 257
 Bodenanker 116
 Bodenklappen, Aschkasten- 132
 Bodenring 116, 253
 Bosch-Schmierpumpe 301
 Borries, von 237
 Borsigsche Sandtreppe 315
 Bozic-Bremse 361, 448
 Braunkohle 22, 43
 Brausenbrenner 339
 Breitenabmessungen der Fahr-
 zeuge 111
 Bremsabschlußstellung
 378, 392, 422, 438
 Bremsausrüstung der Lok und
 Tender 371
 Bremsdruckregler, Achslager- .. 409
 —, Fliehkraft- 409
 —, reibungsabhängiger 432
 Bremse, Einzel- 353
 —, durchgehende 11, 353
 —, Hand- 11, 353
 —, Wurfhebel- 354
 — für schnellfahrende Lok 407
 Bremsen im Gefälle 495
 — in Gefahrfällen 500
 — bei Vorspann 500
 —, stufenweises
 360, 392, 422, 427, 438, 496, 497
 Bremsgestänge 348, 351, 441
 Bremsgestängesteller 351, 441
 Bremsgewicht 449
 Brems-hundertstel 450
 Bremskupplung 389

- Bremsmagnet 459
 Bremsprobe 486, 488
 Bremsstellung des Führerbrems-
 ventsils **378**, 383, 396
 Bremsstellung der Bremsen
 392, 400, 409, 411, 422, 427, 437
 Bremstafeln 450
 Bremsübersetzung 350
 Bremswege 346
 Bremszahnrad 337
 Bremszeiten
 410, 422, 429, 434, 440, 443, 445
 Bremszylinder 349, 355, 357, 359,
 371, 390, **394**, 414, 418, 443
 Brennstoffe 21, 41, 43
 Bronze 38
 Buchsenlager 226, **229**
 Bügelanker 117

 Chrom-Molybdän-Stahl 33
 Chrom-Nickel-Stahl 33, 34
 CMo-Stahl = Chrom-Molybdän-
 Stahl **33**, 112
 Coale-Ventil 152
 „Crampton“-Lokomotive 8

 „Dabeg“-Vorwärmer 187
 Dampfableitung 138
 Dampfabsperrrhahn in der Heiz-
 leitung 158
 Dampfarbeit **72**, 76
 Dampfdehnung 9, **71**
 —, einstufige 15, **70**
 —, zweistufige 15, **82**
 —, Nutzen der 73
 Dampfdom 113
 Dampfdruck 9, 46, **48**
 —, Nutzen des höheren 50, 73
 Dampfdruckschaulinie . **71**, 73, 77, 96
 Dampfeströmröhr 123, 137
 Dampfentnahmestutzen 158
 Dampferzeugung 46
 Dampfzuführung 9, **71**
 Dampf, gesättigter 54
 Dampfheizrichtung 156
 Dampfheizventil 156
 Dampfkanal **86**, 207
 Dampfkessel **40**, 111
 Dampfkesselzerknall 61
 Dampfkolben 64, 208
 Dampfleitung 137
 Dampfmaschine 40, **62**, 70, 192
 —, doppeltwirkende 79
 Dampf, Naß- 54
 Dampfniederschlag 12, 82, 342
 Dampfpfeife 155
 Dampfreger 60, **132**
 Dampfsammelkasten 123, 125
 Dampfspeicher 334
 Dampfstrahlpumpe 142
 Dampftemperatur 48, **50**, 55
 Dämpfung **181**, 183
 Dampfverbrauch der Lokomotiv-
 maschine 9, 80
 — der Luftpumpe 363, 364
 — der Speisepumpe .. 178, 181, 184
 Dampfzuleitung 137
 Deckel, Zylinder- 209
 Deckenstehbolzen 116
 Deckringe 210
 De Glehn 238
 Dehnung, Dampf- 71
 — der Baustoffe 34
 Deichsel **287**, 294, 296
 De-Limon-Ölsperre 303
 ———-Schmierpumpe 304
 Deuta-Geschwindigkeitsmesser . 315
 Dichtringe 210
 Doppellabsperrrhahn 459
 Doppelaschennietung 112
 Doppelryckschlagventil in der
 Bremsleitung 397
 Doppelsitzventil 203
 Doppeltwirkende Dampfmaschine 79
 Doppelverbundluftpumpe 364
 Drahtkorb-Funkenfänger 141
 „Drehen“ der Lokomotive 233, **236**
 Drehgestell, Krauss-Helmholtz- . 294
 —, zweiachsiges Lok- 7, 290
 —, zweiachsiges Tender- .. 329, 331
 Drehschieber-Führerbremsventil 373
 ——— der Zusatzbremse 396

- Drehzahlregler der Lichtmaschine 311
 Drehzapfen 291, 329
 Dreiachsiger Tender 329
 Dreidrucksteuerung 435
 Dreieckfeder 277
 Dreifachventil zur Nässeinrichtung 167
 Dreifrequenzbauart 456
 Dreipunktaufhängung 281
 Dreistofflager 226
 Dreiwegehahn in der Heizleitung 156
 Drillingslokomotive 15, **233**
 Drolshammerbremse 361, 448
 Drosselventil der Gegendruck-
 bremsen 452
 Druck, absoluter 46
 Druckausgleich-Kolbenschieber . 219
 Druckausgleichventil .. **214**, 217, 245
 Druckluftbauteile, zusätzliche der
 Zugbeeinflussung 458
 Druckluftbremsen, einfach-
 wirkende 360, **390**
 —, einlösig 360
 —, grundsätzliche Wirkungsweise 355
 —, mehrlösig 360
 —, nichtselbsttätige 356
 —, schnellwirkende
 360, **399**, 425, 430, 443, 445
 —, selbsttätige 11, **357**
 Druckluft-Lastabbremmung 443
 Druckluftläutewerk 155
 Druckluftsandstreuer 313
 Druckmesser, Dampf- **168**, 170
 —, Leitungs- 380, 413
 —, für Bremszylinder 380
 Druck, mittlerer **72**, 75
 Druckminderventil 407
 Druckplatten 279
 Druckregler, Fliehkraftbrems- .. 409
 Druckregler am Führerbrems-
 ventil **380**, 384
 — für Gasbeleuchtung 309
 — für Luftpumpe 370
 Druckübersetzer **408**, 410
 Druckumlaufschmierung .. 272, 327
 Druckverminderer für Tender . 403
 Druckwindkessel **177**, 184
 Dünngußlager **224**, 270, 275
 Durchgehende Bremsen 11, 353
 Durchschlagsgeschwindigkeit
 360, 444, 448
 Durchschlagszeit 360, 448
Effektive Leistung 80
 Einfachbeschleuniger 443
 Einfach gekröpfte Achswelle ... 268
 Einfachsteuerventil 360, 390
 Einheitslokomotiven
 Tafel 3, Anhang 1—5
 Einheitsregler 136
 Einheitschmierpumpe Bauart
 Bosch 301
 Einheitstender ... 321, 331, Anhang 2
 Einkammerbremse 359
 Einkammerbremszylinder 418
 Einkammerkolben 418
 Einlösig Bremsen 360
 Einschienige Gleitbahn 221
 Einsetzen eines Wasserstandglases 149
 Einspritzeinrichtung zur Gegen-
 druckbremse 453
 Einspritzvorwärmer „Dabeg“ .. 188
 — Patent Heinel 189
 Einstellung in Krümmungen
 284, 287, 291, 295, 296
 Einströmkanal am Zylinder 207
 Einströmröhr 137
 Einströmung, äußere 94, 102
 —, innere 94
 Einströmüberdeckung **86**, 202
 Einzelbremse 353
 Elektrische Beleuchtung der Lok 310
 Empfindlichkeitsbohrung 440
 Emulsionsöl 30, 484
 Enthärtungsanlage 475
 Entzündungstemperatur 41
 Erhaltungsabschnitt 509
 Erhaltung, planmäßige 509
 Erhaltungswerk 509
 Ersatzhilfsbehälter 384
 Erschöpfbarkeit d. Bremse 360, 393, 416
 Erzeugungswärme 47

- Expansion 71
 Explosion 61
 Fachwerkdrehgestell des Tenders 329
 Fahrgestell der Lokomotive . 40, **247**
 Fahrtrichtungswechsel 103
 Fahrtstellung des Führerbrems-
 ventsils 376, 383, 397
 Fahrwiderstand 62
 Fahrzeit, kürzeste 491
 Fahrzeugmagnet 454, 456
 Falscher Spurkranz 267
 Feder, Tragfeder . 271, **277**, 292, 329
 Federblätter 277
 Federbund 277
 Federbügel 291, 330, 332
 Federspannschrauben 278, 292
 — am Kesselsicherheitsventil... 151
 Federstützen 278
 Federträger 292
 Fehlerglied des Kurbeltriebes .. 88
 Feinausrüstung des Kessels ... 128
 Fernthermometer 169
 Fester Achsstand **283**, 297
 Festigkeit, Zerreiß- 33
 Festpunkthebel 349
 Fettschmierung des Kreuzkopf-
 bolzens 223
 Feueranfachung 4, **42**, 123
 Feuerbüchse 40, 114
 — aus Stahl 115
 Feuerbüchsenabdeckung, -mantel, -rohr-
 wand, -rückwand 114
 Feuerloch 40, 114
 Feuerlochring 114
 Feuerlochschröter 114
 Feuerlöschstutzen 146
 Feuertür 114, **129**
 Filter im Speisedom 161
 Filzstreifen in Stangenlagern ... 224
 Flammpunkt 27
 Flammrohr 3
 Flachschieber **85**, 93, 200
 Fliehkraft 264
 —, freie 235
 Fliehkraft-Bremsdruckregler ... 409
 Fliehkraftregler der Licht-
 maschine 311
 Flüssigkeitswärme 47, 50
 Förderleistung der Speise-
 pumpen 178, 183
 Freie Räume an den Stirnwänden 258
 Freitaste 461
 Frequenz **455**, 463
 Frequenzstörung 460
 Friedmann-Druckumlaufschmie-
 rung 272, 327
 Froschmaul 162
 Frost, Maßnahmen bei 506
 Führende Achsen **285**, 288, 290
 Führerbremshebel der Zusatz-
 bremsen 397
 Führerbremsventil 357, 373
 — der Zusatzbremse 396
 —, selbsttätiges 382
 Führerhaus 297
 Füllbehälter 430
 Füllbohrung 440
 Füllstellung der Bremsen **390**, 420, 437
 Füll- oder Lösestellung des
 Führerbremsventils 376
 Füllstoß 382, 384, 486, 498
 Füllstoßklinke 382
 Füllstoßventil 386
 Füllung 64, **70**, 74
 Funkenfänger 123, **140**
 Funkensieb im Aschkasten 132
 Gasbeleuchtung 307
 Gasdruckregler 309
 Ge = Gußeisen 33
 Gefälle, Bremsen im 454, 496
 —, Fahren im 495
 Gefahren im Kesselbetrieb 59
 Geführte Länge 285
 Gegendampfgeben 345, 500
 Gegendruck im Zylinder 72
 Gegendruckbremse 451
 Gegengewicht im Kuppelradsatz 264
 — im Treibradsatz **234**, 264
 Gegenkurbel **87**, 193
 Gegenläufiges Triebwerk... 236, 243

- Gelenkausleger, Wasserkrän mit . 475
 Gelenkbolzen 227
 Gelenkstehbolzen 118
 Gesättigter Dampf 54
 Geschweißter Tender 326
 Geschwindigkeitsmesser 315
 —, schreibender 458, 462
 Geschwindigkeitsprüfer 463
 Geschwindigkeitsprüfung 457, 462
 Gestängesteller 351, 441
 „Gestra“^{cc}-Abschlammeinrichtung 164
 Getriebekasten (Luttermöller-
 Radsatz) 287
 Gewinn durch Dampfdehnung . 73
 — — Verwendung von Heißdampf 56
 — — höheren Dampfdruck 50, 73
 — — Speisewasservorwärmung 57
 — — Stromlinienverkleidung 317
 — — Verbundwirkung 84
 Glasgespinst 125, 160
 Glehn, De 238
 Gleichstromdampfmaschine 84
 Gleismagnet 455
 Gleitbahn 65, 221
 Gleitbahnträger 250
 Gleitplatten am Achslager-
 gehäuse 271, 275, 329
 — am Kreuzkopf 221
 Gölsdorf-Anordnung 284
 Gooch-Steuerung 108
 G-P-Umstellhahn 394
 G-P-Wechselventil 401
 Grobausrüstung des Kessels 128
 Großrohrüberhitzer 125
 Grundschieber (Kkbr) 419
 Gußbronze 38
 Gußeiserne Stopfbuchsen 176, 210, 362
 Güterzuglokomotive 14, 206, 268

 Halbschalen zur Dichtung 211
 Halbversenkte Schiebebühne 469
 Handbremsen 11, 353
 Handgriff, Kuppler 260
 Hängeeisen 197
 Härte des Wassers 25

 Hauptabsperrventil am Dampf-
 entnahmestutzen 158
 Hauptbestandteile der Lok 40
 Hauptkuppeleisen 258
 Hauptkuppelbolzen 258
 Hauptluftleitung 356, 387
 Hauptrelais 455
 Hauptsteuerventil (Hikbr) 435, 439
 Hauptventil im Regler 134
 Heimstoffe 31
 Heiñl-Speisewasservorwärmer 189
 Heißdampf, Eigenschaften 55
 Heißdampfernthermometer 169
 Heißdampfkammer 125
 Heißdampf, Nutzen durch Ver-
 wendung von 56
 Heißdampfzylinderöl 29
 Heißläufer 483
 Heißwasserpumpe 59, 191
 Heizflächenbelastung 52
 Heizfläche, mittelbare 52
 —, unmittelbare 52
 Heusinger-Steuerung 97, 106
 Hildebrand-Knorr-Bremse
 für Güterzüge 440
 — — — — für Personenzüge 443
 — — — — für Schnellzüge 445
 — — — —, allgemeine Wirkungs-
 weise 434
 Hilfsbläser 123, 139, 481
 Hilfsluftbehälter
 357, 371, 390, 408, 415, 417, 418, 435
 Hilfsschieber im Regler 133
 Hilfsventil im Regler 134
 Hinterkessel 114
 Hochdrucklokomotiven 341
 Hochdruckschmierpumpe 301
 Hochdruckvorwärmer 59, 191
 Hochdruckzylinder 83
 Hochhub-Sicherheitsventil 152
 Hohlventilkegel 362
 Hohlwelle (Klien-Lindner-Rad-
 satz) 286
 Holzapfel-Funkenfänger 141
 Hubanzeiger 176
 Hubkurven (Ventilsteuerung) 203

- Hubscheibe 97, 193, 243
Hubscheibenring 193
Hülsenpuffer 256
Hupe 458, 459, 461
- Indikator 76, 80, 210
Induktive Zugbeeinflussung 454
Injektor 142
Innenliegende Steuerung
193, 231, 239, 243
Innenrahmen 247
Innere Einströmung 94, 106
— Steuerung 85, 200
Innenzylinder 239, 243
- Kaltwasserpumpe 58, 188
Kalk-Soda-Verfahren 476
Kalte Lötstelle 170
Kanalschieber 93
Kanten, steuernde 86
Keil, Kreuzkopf- 222
—, Tragfeder- 277
Keilnachstellung am Stangen-
lager 224, 226
Kesselablaßhahn, -ventil 162
Kesselausrüstung 128
Kesselbekleidung 125
Kesselblech 36, 112, 114
Kesseldruck 9, 46, 112
Kesseldruckmesser 168
Kesselexplosion 61
Kesselgrenze 53, 74, 491
Kesselschuß 112
Kesselsicherheitsventil 150
Kesselspeiseventil 128, 144
Kesselstein 25, 61
Kesselträger 251
Kesselzerknall 61
Kipprost 131
Kipptür, Feuertür 114, 129
Kleinrohr-Überhitzer 125
Klien-Lindner-Radsatz 286
Klinger-Wasserstandanzeiger ... 149
Klotzbremse 345, 353
Klotzdruck 346, 350
Kniehebelwirkung 165
- Knorr-Bremse mit einfachwir-
kendem Steuerventil (Kbr) .. 390
— mit schnellwirkendem
Steuerventil (Kpbr) 399
— für schnellfahrende Loko-
motiven (Kssbr) 407
Knorr-Führerbremseventil 373
—, selbsttätiges 382
Knorr-Speisewasser-Kolben-
pumpen 173, 178, 181
Kohlenkasten 320, 333
Kohlenverbrauch 81
Kolben, Brems- 355, 394, 418
—, Dampf- 64, 208
Kolbenflansch 208
Kolbenhub 70, 72, 207
— der Bremsen 395, 443, 486
Kolbenkraft 64, 69, 72
—, mittlere 75
—, wirksame 73, 78
Kolbenringe 208
Kolbenschieber 93, 200
Kolbenschieberringe 200
Kolbenstange 64, 209
Kolbenstangentragbuchse 211
Kolbentotpunkt 65, 101
Kolbentotpunkt, Schieberstellung
bei 101
Kompression 78, 91
Kompressorenöl 30
Kondensation 12, 82, 342
Kondensator 342
Kosten der Ausbesserung 511
Krauss-Helmholtz-Drehgestell .. 294
Kreuzkopf für „Dabeg“-Pumpe
— für Triebwerk 65, 221
Kreuzkopfbolzen 222
Kreuzkopfkeil 222
Kreuzkopfschmierung 223
Kreuzkopf zur Schieberstange .. 197
Kreuzrohr 137
Krümmungswiderstand 63
Krümmungen, Einstellung in
284, 287, 291, 295, 296
Krupp-Turbinenlokomotive 342

- Kugelgelenk (Luttermöller-Rad-
 satz) 287
 Kugelverschluß im Absperrhahn
 zum Wasserstandanzeiger .. 147
 Kuhnsche Schleife 196
 Kulissen-(Schwingen-)Steuerung 9, 98
 Kunze-Knorr-Bremse für Güter-
 züge 416
 ——— für Personenzüge 425
 ——— für Schnellzüge 429
 Kupfer 37
 Kupferstehbolzen 117
 Kuppelachsen 7, 263
 Kuppelachslager 295
 Kuppelachsen 258
 Kuppelkasten der Lok ... 249, 258
 — des Tenders 259, 324
 Kuppeln mit dem Zug ... 253, 487
 Kuppelradsatz 227, 263, 268
 —, seitenverschieblicher 228, 284, 294
 Kuppelstangen 223, 227
 Kuppelstangenlager ... 228, 295, 297
 Kuppelzapfen 263
 Kupplerhandgriffe 260
 Kupplung, Mittelpuffer- 261
 —, Scharfenberg- 261
 —, Schrauben- 253
 —, Sicherheits- 253
 — zwischen Lok und Tender . 258
 Kuprodur 38, 115
 Kurbelarm 263
 Kurbelkreis 66
 Kurbeltrieb 65
 Kurbelzapfen 7, 64
 Kurvenbewegliche Laufwerke .. 282
 Kürzeste Fahrzeit 491

 Labyrinthdichtung 203
 Ladegewicht 443, 449
 Lager, Buchsen- 229
 —, Dreistoff- 226
 —, Dünnguß- 224, 270
 —, Kugel- 27
 —, kugelförmiges, am Lenk- und
 Drehgestell 288, 294
 —, Rollen- 27, 328

 Lager, Stangen- 223, 228
 —, Wälz- 27, 230, 231
 Lagermetall 39
 Lagerschalen 223, 228
 Lahmlegen einer Maschinenseite 502
 Länge, geführte 285
 Langkessel 41, 112
 Langkesselträger 251
 Längsanker 118
 Längsausgleichhebel 280
 Längsnaht 112
 Lastabbremung, mechanische .. 441
 Lastverteilung 279
 Lastwechsel 423, 441, 449
 Lastwechselkasten 441
 Laufachse, Laufradsatz .. 7, 263, 287
 Laufradsatz, nach der Krümmung
 einstellbarer 287
 Laufwerk, kurvenbewegliches .. 282
 — der Lokomotive 247, 263
 — des Tenders 326
 Laufwiderstand 63
 Lätewerk 155
 Leerlauf 216, 218, 495
 Leichtmetall 39
 Leistung 80, 110
 —, effektive 80
 —, indizierte 80
 Leistung der Luftpumpen
 362, 364, 368
 Leistungsgewinn durch Dampf-
 überhitzung 56
 — durch Verkleiden der Lok .. 317
 — durch Speisewasser-
 vorwärmung 58
 Leitungsdruckregler 380
 Lenkeransatz 222
 Lenkerstange 101, 197
 Lenkgestell mit Deichsel 287
 Lentz-Ventilsteuerung 203
 Lichtmaschine 310
 Lichter Raum 111
 Lineares Voreilen 86, 101, 202
 Linsenringe 138
 Löffler-Verfahren (Hochdruck-
 dampf) 341

- Lokomotivhalle 464
 Lokomotivrahmen 247
 Lokomotivspeisewasser 24
 Lonorm 110
 Lösche 45, 123
 Löseabschlußstellung .. 419, **423**, 439
 Löseeinrichtung
 396, 415, 423, 429, 434, 440
 Lösen, stufenweises
 360, **422**, 427, 439, 496
 Lösestellung
 376, **390**, 400, 419, 420, 427, 437
 Löseventil 396
 Lösezeiten ... 422, 429, 434, 441, 443
 Luftabsperrhahn 389
 Luftbedarf 43
 Luftleere 342
 Luftmangel 44
 Luftpfeife der Zugbeeinflussung 460
 Luftpumpe, zweistufige 361
 —, Doppelverbund- 364
 —, Schmierung der ... **304**, 363, 366
 Luftpumpenleistung ... 362, 364, 368
 Luft, Verbrennungsluftmenge .. 43
 Luftüberschuß 44
 Lüftungshebel am Kesselsicher-
 heitsventil 151
 Luftwiderstand 63
 Luft, Zusammensetzung der ... 41
 Luftzylinderöl 30
 Lukenfutter 122
 Luttermöller-Radsatz 287

 Maffei-Turbinenlokomotive 342
 Magnesiumchlorid 26
 Mallet 9
 —-Lokomotive 238
 Mangold-Lager 275
 Marcotty-Kipptür 130
 Massenkraft, freie 235
 Massen, überhängende 284
 Mehrlösige Bremsen 360
 Mehrzylinderlokomotiven ... 15, **231**
 Membran-Ölsperre 303
 Merklampe **458**, 461, 463
 Michalk-Schmierpumpe 300
 Mindestdruckventil **402**, 420, 431, 440
 Mineralöl 28
 Mischdüse 142
 Mischvorwärmer **58**, 188, 190
 Mittelpufferkupplung 261
 Mittelrohrüberhitzer 125
 Mittelstellung des Führerbrem-
 sventils 378
 — (Mittellage) des Schiebers **85**, 200
 Mittlere Zugkraft 76
 Molybdän-Stahl 34, 36
 Ms = Messing 38
 Muschelschieber 85

 Nadelschmierung 230
 Naßdampf 54
 Naßdampfkammer 125
 Naßdampflokomotive 15, 119
 Näßeinrichtungen 167
 Nebensteuerventil 436
 Nichtrostender Stahl 37, 176
 Nickel, Chrom-Nickelstahl 33
 „Nicken“ der Lokomotive ... 279
 Niederdruckvorwärmer 58, 190
 Niederdruckzylinder ... 83, 232, 245
 Niederschlagverlust 82
 Niederschraubeinrichtung am
 Abschlammventil 166
 Nielebock-Knorr-Luftpumpe ... 364
 ———-Speisewasserkolbenpumpe 178
 Nicolai-Schieber 219
 Nockenstange zur Ventilsteuerung 203
 — zum Zylinderventil 212
 Nockenwelle zur Ventilsteuerung 205
 Normen, Din-Normen,
 Lonormen 31, 110
 Norris-Drehgestell 7
 Notbremse 413
 Notbremsung 359, **413**, 459
 Notfangbügel 260
 Notkuppelbolzen 258
 Notkuppelisen 258
 Notsignal 500
 Notventil 459
 Nullventil 461
 Nummerung der Lokomotiven . 16

- Nutzen des höheren Dampfdruckes 50, 73
 — der Dampfdehnung 73
- Obergethmann-Lager** 273
- Ölgas 307
- Öl, Sattdampfzylinder- 29, 307
 —, Verdichter- 30, 307
 —, Schmier- 26
 —, Heiz- 21
- Ölsperren 303
- Olva-Ölsperre 303
- Pendelbleche** 251
- Pendelrollenlager** 231
- Pendelstangen** 288
- Personenzuglokomotive** ... 7, 14, 268
- Pferdekraft** 80
- Plattenfunkenfänger** 140
- Planmäßige Erhaltung** 509
- Pop-Ventil** 152
- Pralltopf** 166
- Preßstoffe** 39
- Prüfgeschwindigkeit** 457
- Prüfgleismagnet** 463
- P-Steuerung der Luftpumpen** 364, **367**
- Puffer mit Ringfeder** 256
 — mit Schneckenfeder 256
- Pufferträger** **249**, 254
- Pumpenleistung (Dampfstrahlpumpe)** 144
 — (Speisewasserkolbenpumpe) 178, 183
- Qualm** 44, 493
- Queranker** 118
- Querausgleichhebel** 280
- Räder, Scheiben-** 263
 —, Speichen- 263
- Radkörper** 263
- Radreifen** 264
 —, lose 267
- Radreifennäßeinrichtung** 168
- Radsatz** 263
 —, führender 285
- Radsatz, seitenverschieblicher** **284**, 294, 296
- , Vorschriften der BO 265
- Radstern** 263
- Rahmen, Lokomotiv-** 247
 —, Tender- 323
- Rahmenstrebe** 250
- Rahmenverbindungen der Lokomotive** 249
 — des Tenders 323
- Rahmenversteifungen** 249
- Rahmenwangen** 247
- Ramsbottom-Kesselsicherheitsventil** 151
- Rauch** 44
- Rauchabführung in Lokomotivhallen** 465
- Rauchgase** 42, 45
- Rauchgasgebläse** 42, 344
- Rauchkammer** 42, 112, **123**
- Rauchkammerbodenschutz** 124
- Rauchkammerrohrwand** ... 112, 123
- Rauchkammerspritzrohr** 123
- Rauchkammerstrebe** 251
- Rauchkammerträger** 250
- Rauchkammertür** 124
- Rauchkammerüberhitzer** 10
- Rauchrohr** 119
- Rauchrohrüberhitzer** ... 10, 119, **125**
- Rauminhalt, von Dampf** 49
 —, spezifischer 49
- Raum, lichter** 111
- Räume, freie an den Stirnwänden** 258
- Regelspur, Regelspurlokomotiven** 13
- Regler** 132
- Reglerbock** 133
- Reglergestänge** 133
- Reglerknierrohr** 133, 137
- Reglerrohr** 137
- Reibung, Bewegungswiderstand** . 26
 — zwischen Rad und Bremsklotz 346
 — zwischen Rad und Schiene
 1, **67**, 312, 346
- Reibungsarbeit der Ringfeder** .. 257
- Reibungsgewicht** 7, 15, **67**
- Reibungsgrenze** 70

Reibungsziffer	67	Saugluftbremse	355
Rg = Rotguß	38	Saugzug	3, 41, 132
Richtkraft	295, 296	Schädlicher Raum .	79, 92, 210, 217
Riegelscheibe	195	Schadgruppeneinteilung	510
Riggenbach-Bremse	452	Schalldämpfer zur Gegendruck- bremse	453
Ringfeder	256	Scharfenberg-Kupplung	261
Ringhalle	464	Schaulöcher für Schieber	207
Rolldach, Vorwärmer-	170	Scheibenrad	263
Rohre, Heiz- und Rauch- 3, 40,	119	Scheinbarer Wasserstand	150
Röhrenfeder-Druckmesser	168	Schiebedienst	501
Rohrwand	112, 116	Schieber	85
Rohrstege	120	—, Durchmesser der	202
Rolldach am Tender	321	—, Flach-	85
Rollenlager	27, 231, 328	—, Kolben-	93, 200
Rollgrenze	346	—, Nikolai-	219
Rost	41, 130	Schieberbuchse	201
Rostbalken, Rostbalkenträger ...	130	Schieberkasten	85, 201, 206
Rostbelastung	42	Schieberkastendeckel	197, 208
Rostfläche, freie, bedeckte und Gesamt-	131	Schieberkörper	200
Rostspalt	130	Schieberlappen	86
Rückschlagventil an der Dampf- strahlpumpe	144	Schieberregler	133
— am Kesselspeiseventil	144	Schieberschubstange 98 , 106, 194, 196	
Rückstelleinrichtung 288, 292, 294, 296		Schieberspiegel	86 , 94
Rückstellkraft	289	Schieberstange	94 , 106, 200
Rückstellfeder .. 288, 292, 295, 296		Schieberstangenkopf	197, 198
Rückwärtsfahrt, Steuerung bei .	103	Schieberstangen-Tragbuchse ...	197
Rückwärtshubscheibe	108	Schiebersteuerung	9, 85
Rückziehfeder im Brems- gestänge 394, Bild 261, 263		Schlabberkammer	142
Rückzugfeder in der Steuerung	197	Schlabberventil	143
Rundnaht	112	Schlackensumpf	473
Ruß	44	Schlammabscheider	160
Sammelrohre	126	Schlammfilter	161
Sandstreuer	312	Schlammsammler	113, 162
Sandtreppe	315	Schleppachse	290
Sandtrockenanlagen	477	Schleppschiebersteuerung ..	174, 362
Sattdampf	54	Schleppender, Lokomotiven mit	318
Sattdampfzylinderöl	29, 307	Schleudrerfilter	388
Sattelscheiben für Federn	279	Schleudern der Lokomotive .	70, 490
Sattelstücke für Lenkgestelle ...	290	Schlingern der Lokomotive	
Sauerstoff	43	236, 259, 283, 294	
Saugkasten	319	Schlingerstück am Stehkessel ...	252
		Schlitzschwinge	194
		Schmalspur, Schmalspurlok .	14, 110
		Schmiergefäß im Stangenlager ..	229
		Schmieröl	26

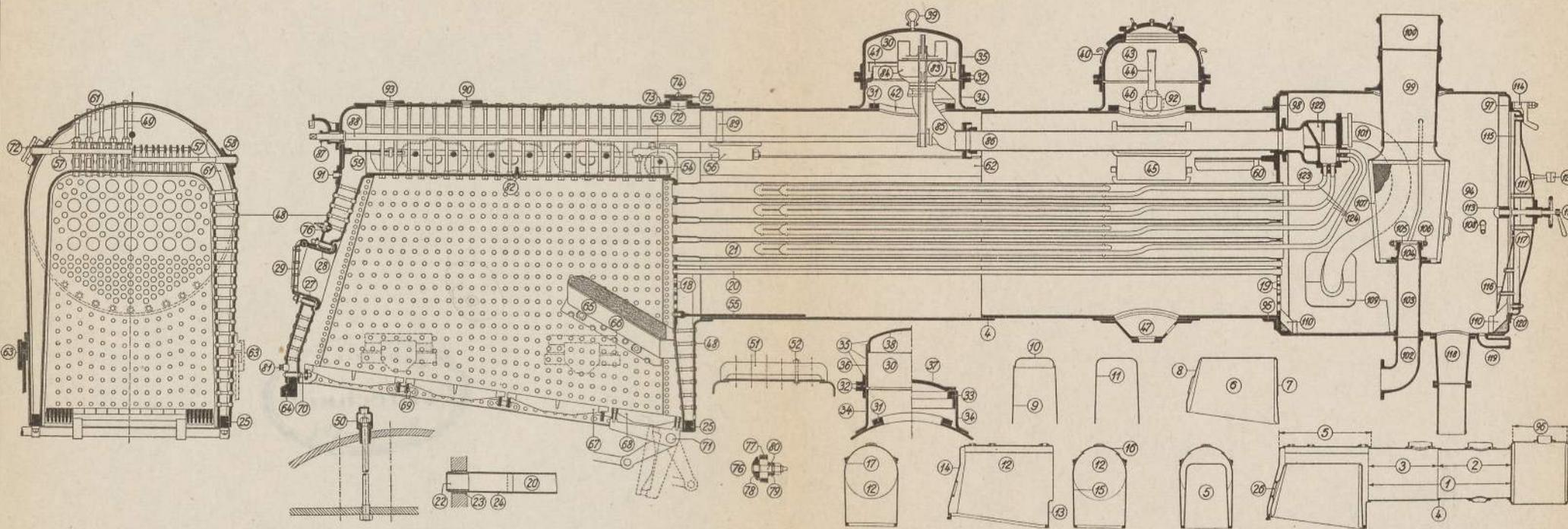
- Schmierpolster 271, **327**
 Schmierpumpe, Bosch- 301
 —, De Limon- 181, **304**
 —, Michalk- 300
 Schmierung 176, 181, 198, 200,
 204, 207, 208, 211, 223, 229,
 231, 253, 271, **299**, 304, 307,
 327, 367, 483
 Schnallenkopf 227
 Schneckenfeder im Hülsenpuffer 256
 Schnellbremsstellung des Führer-
 bremsventils 378, 387
 — der Steuerventile .. 401, 428, 432
 Schnellbremsung 359, 378, 387,
 401, 427, 433, 444, 446, 500
 Schnelldruckregler 380
 Schnellschlußventil 164
 Schnellwirkende Druckluftbremsen
 360, **399**, 416, 425, 429, 440, 443, 445
 Schnellzuglokomotiven ... 8, 14, 268
 Schnüffelhahn am Windkessel . 178
 Schonerblech für Rauchkammer-
 tür 124
 Schornstein 42, **124**
 Schraubenfedern 331, 332
 Schraubenkupplung **253**, 257
 Schraubenspindelbremse 353
 Schrumpfmaß für Radreifen ... 264
 Schulz, -Schieber 219
 Schutzrohr für Kolbenstange .. 211
 Schwallwände 319
 Schwartzkopff-Eckhardt-Lenkge-
 stell 295
 Schweißen von Rohren 121
 — von Stehbolzen 118
 Schweißstahl 32
 Schwinge 9, 98, **194**, 197
 Schwingenkurbel 193
 Schwingenstange 193
 Schwingenstein 194
 Schwingensteuerung 9, **98**, 192
 Schwinghebel 2
 — zur Ventilsteuerung 205
 Seitenverschieblicher Radsatz
 284, 294, 296
- Selbsttätige Bremsen 357
 — Lastabbremung für Tender
 405, 410
 Selbstspurung 265
 Sicherheitskupplung 253
 Sicherheitsventil in der Brems-
 leitung 398
 — am Dampfheizventil 156
 — am Gasbehälter 308
 —, Kessel- 61, 129, **150**
 —, Zylinder- 213
 Sieden 46
 Siedetemperatur **46**, 49
 Siemens-Martin-Stahl 32
 Sommeröl 28
 Sonderstahl 36
 Spannmuttern 278
 Spannung, Dampf- 46
 — der elektr. Beleuchtung 312
 Speichenrad 263
 Speisedom 113, 161
 Speiseeinrichtung 128, 141, 173
 Speiseventil 128, **144**
 Speisewasser 24
 Speisewasserkolbenpumpe Knorr
 mit Schleppschiebersteuerung 174
 — Nielebock-Knorr 178
 —, Verbund-, mit Tolkien-Steue-
 rung 181
 Speisewasserkupplung 319
 Speisewasserverteiler 162
 Speisewasservorwärmer Bauart
 Knorr 170
 Speisewasservorwärmer „Dabeg“ 187
 — Patent Heintl 189
 Speisewasservorwärmung . 10, **56**, 170
 Sperrventil 460
 Spiel der Räder im Gleis .. 267, 282
 Spindelbremse 353
 Sprengring 265
 Spritzrohr, Aschkasten- 132
 —, Rauchkammer- 123
 Spurkranz 265
 —, falscher 267
 Spurkränze, Spiel der — im Gleis
 267, 282

- Spürkranzschwächung 285
 Spurweite 13, **110**
 St = Stahl 34
 StC, siehe Stahl 34
 Stg = Stahlguß 34
 Stahlstehbolzen 117
 Stammnummer 16
 Standrohr 123, **138**
 Stangenkopf, geschlossener 223
 —, offener 223
 Stangenlager **223**, 229, 230
 Stangenlagerbeilagen 229
 Stangenpuffer 255
 Staubfänger, Schleuder- 387
 —, Zentrifugal- 388
 Staubring 327
 Stehbolzen 117
 —, Decken- 116
 Stehkessel 114
 Stehkesselmantel 114
 Stehkesselrückwand 114
 Stehkesselträger 252
 Stehkesselvorderwand 114
 Steigungswiderstand 63
 Stein, Schwingen- 194
 Steinbelag, Kessel- 25, 61
 Steinkohle 22, 43
 Steinkohlenbriketts 23, 43
 Steinspringen 196
 Stellkeil, Achslager- 275
 — am Schlingerstück 252
 —, Stangenlager- 224, 226
 Stephenson, George 2
 —-Steuerung 107
 Steuerbock 195
 Steuerkolben im Steuerventil
 390, 399, 416, 418, 426, 435, 438
 Steuermutter 195
 Steuerschieber im Steuerventil
 390, 399, 426, 435
 Steuerschraube 195
 Steuerstange 195
 Steuerung, Allan- 108
 —, Gooch- 108
 —, Heusinger- **97**, 193
 —, Stephenson- 107
 Steuerung, äußere 85, **97**, 192
 — der Innenzylinder bei Vier-
 zylinderlokk 243
 — des Innenzylinders bei Drei-
 zylinderlokk 239
 —, innere 85, **200**
 Steuerung der Luftpumpen
 362, 364, 368
 — der Speisewasserkolben-
 pumpen 174, 178, 181
 Steuerventil, einfachwirkendes 360, 390
 — der Hik-Bremse 435
 —, Knorr-Bremse 360, 370
 —, Kk-Bremse 418, 424, 430
 —, schnellwirkendes 360, 399
 Steuerwelle 195
 Stichmaß, Stangenlager- .. 229, 275
 —, Schieberstangen- 199
 Stickstoff 41
 Stopfbuchsen, gußeiserne — am
 Dampfzylinder 210
 —, Schieberstangen- 198
 Stopfbuchspackungen, Deventer- 106
 Störende Bewegungen durch
 Massenkräfte 233, 236
 — — durch Laufwerk 280, 283
 Storz-Kupplung 146
 Stoßdämpfer in der Speiseleitung 184
 Stoßeinrichtung 254
 —, Vorschriften der BO über .. 257
 Stoßfeder 259
 Stoßkolben 444
 Stoßpuffer 254, 259
 Stoßpufferplatten 259
 Stromlinienverkleidung der Loko-
 motiven 316
 — der Tender 321
 Stromerzeuger 310
 Strömungsventil 386
 Strube-Abschlammenschieber 163
 Stufenkolben 403, 407
 Stufenweises Bremsen
 360, **392**, 422, 427, 438, 496, 497
 — Lösen ... 360, **422**, 427, 439, 496
 „Stug“-Kohlenstaubfeuerung ... 339
 Stützmagnet 459, 460

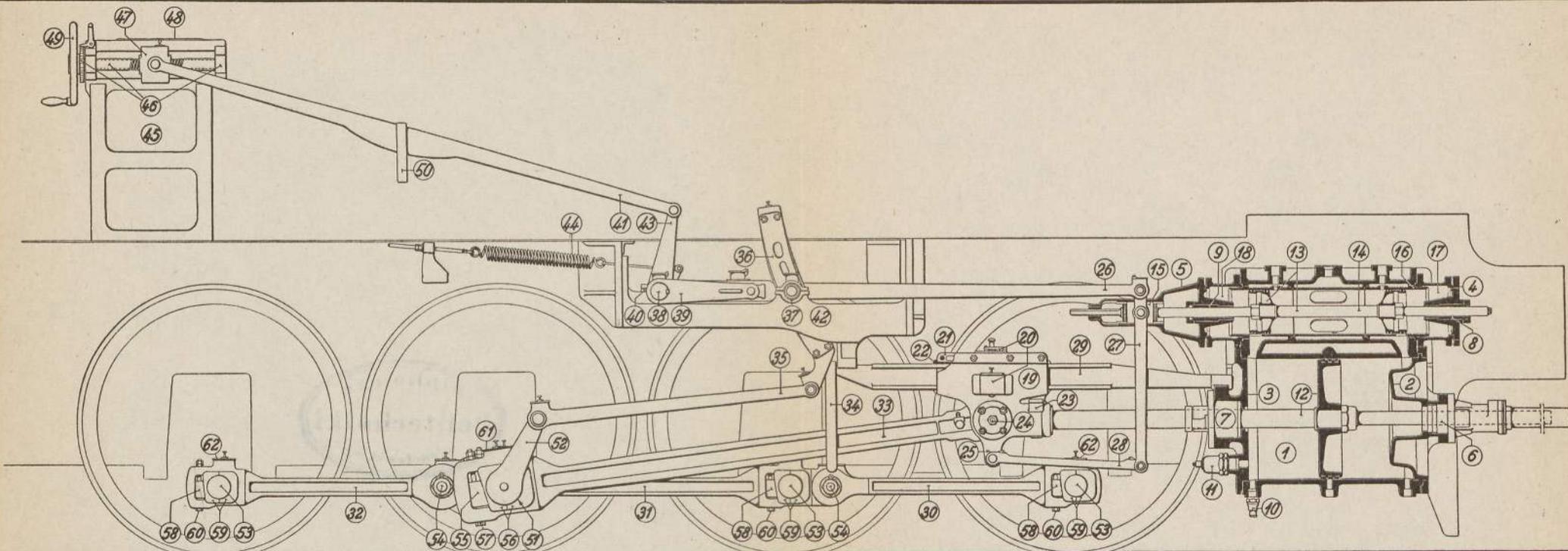
- Taschenschwinge 194
 Tastenkasten der Zugbeeinflussung 460
 Te = Temperguß 33, 37
 Teilfüllung 70
 Tender 318
 Tenderabsperrentil 319
 Tenderachslager 327
 Tenderanschriften 19
 Tenderbrause 168
 Tenderbremse 399, 410
 — schnellfahrender Lokomotiven 410
 Tenderbrücke 298
 Tenderdrehgestell 325, 329
 Tenderlokomotive 14
 Tenderradsatz 326
 Tenderrahmen 323
 Thermoelement 169
 Thermometer, Heißdampffern- . 169
 Thomas-Funkenfänger 140
 Thomas-Stahl 32
 Tolkien-Steuerung 181
 Toleranz 248
 Topfförmiger Verteiler 162
 Totpunktage 65
 —, Schieberstellung bei ... 100, 104
 Tragbuchse, Kolbenstangen- ... 211
 —, Schieberstangen- 197
 Tragfedern 270, 277, 291, 329
 Tragschuhe am Bodenring 253
 Treibachse 7, 64
 Treibräder, Durchmesser der 14, 268
 Treibradsatz 263, 268
 Treibstange 64, 223
 Treibstangenköpfe 223, 226
 Treibstangenlager 223, 226, 231
 Treibzapfen 65, 263
 Triebwerk 221
 —, gegenläufiges 236, 243
 Triebwerksmassen 214, 233
 Tropfbecher 387
 Tropfenanzeiger 303
 Turbinenlokomotive 342
 Turbogenerator 310
 Überdeckung 86, 202
 Überdruck 47, 48
 Überhängende Massen 284
 Überhitzen 55
 Überhitzer 55, 125
 —, Bauart Wagner 126
 Überhitzereinheit 125
 Überhitzerrohrsatz 125
 Überhitzung 10, 55
 Überladene Bremsen 498
 Überreißen von Wasser 59
 Übertragungskammer 420, 440
 Übertragungsventil bei der Zug-
 beeinflussung 459
 Umlaufkanal des Schiebers 93
 Umschaltventil zur Dampfheizung 156
 Umstellgewicht 423
 Umstellhahn im Druckvermin-
 derer 403
 — im G-P-Wechsel 402
 — für Lokomotivbremse .. 394, 410
 — im Steuerventil
 420, 429, 431, 433, 443, 445
 — für Tenderbremse 403, 411
 Umsteuerung 103
 Unerschöpfbarkeit der Bremse . 438
 Unfallverhütung
 59, 118, 149, 166, 298, 321, 484, 506
 Unlegierter Stahl 32
 Unterbauart 18
 Unterdruck, Saugzug 41, 123
 Unterkasten, Achslager- 271
 Unterreifen 263
 Untersätze am Kessel 123
 Untersuchen der Lokomotive
 durch das Personal 483
 Untersuchungen der Lokomotiven
 und Tender 507
 Unverbranntes in Asche und
 Schlacke 45
 Unvollkommene Verbrennung .. 43
 — —, Mittel gegen 45
 Ventilregler 133
 Ventilsteuerung 202
 Ventilträger 435
 Verbinder 83

- Verbrennung, vollkommene und unvollkommene 43
 Verbunddampfmaschine d. Speisewasserkolbenpumpe 178, 181
 Verbundlokomotiven 9, 15, **82**, 237, 239
 —, Zweizylinder- 15, 232
 —, Vierzylinder- 15, 237, 243
 Verbundluftpumpe 364, 367
 Verbundmaschine 82
 Verdampfung 47
 Verdampfungswärme 47, 50
 Verdampfungsziffer 53, 55, 57
 Verdichteröl 30
 Verdichtung 78, 91
 Verdichtungspunkt 78
 Vereinfachte Bremsprobe 488
 Vergütungsstahl 33, 35
 Verlust, Abgas- 45
 — in der Feuerung 45, 53
 Verteiler, topfförmiger 162
 Verzögerungsbehälter bei der Zugbeeinflussung 461
 Vierachsiger Tender 322, 329
 Vierlingslokomotive 15, **236**
 Vierpunktaufhängung 281
 Vierwegehahn zur Näfeinrichtung 167
 Vierzylinderlokomotive 237, 243
 Vierzylinder-Verbundlokomotive
 15, 237, 243
 Viskosität 28
 Vollbremsung 359, 392, 420
 Volldruckarbeit 72, 73
 Volldruckdampfmaschine 70
 Volle Bremsprobe 488
 Vollfüllung 70
 Vollkommene Verbrennung 43
 Vorausströmung **78**, 90
 Vorausströmungspunkt 78
 Vorblasen des Kesselsicherheitsventils 153
 Voreilen, lineares **86**, 101, 102
 Voreilhebel 101
 Voreilwinkel **88**, 95
 Voreinströmung **79**, 86, 89, 90
 Voreinströmungspunkt 77, 79
 Vorratsbehälter der Lokomotive 318
 Vorratsluftbehälter 410, 413
 Vorratsluftbehälter der Hik-Bremse 435
 Vorspann, Fahren mit 500
 Vorspannung der Federn der Zugeinrichtung 254, 259
 Vorsteuerkammer 408, 445
 Vorsteuerung an der Speisewasserkolbenpumpe 174
 Vorwärmer - Speisepumpe Patent Heintl 189
 Vorwärmer, Speisewasser- .. **56**, 170
 — mit geteilten Rohrwänden .. 173
 Vorwärmung, Speisewasser-10, **56**, 170
 Vorwärtshubscheibe 108
 Wachsamkeitsprobe 457
 Wachsamkeitstaste 461
 Walzenlager in den Kuppelstangen 228
 Wälzlager 27, 230
 Wanken der Lokomotive 280
 Wärmeabstrahlung des Kessels . 53
 Wärmeeinheit **43**, 51
 Wärmehalt **47**, 50
 — des Heißdampfes 55
 Wärmeschutzmatten 125
 Wärmetübergang 26, 41
 Wärmeverlust 43, 53
 Warmfestigkeit 36
 Warmwasserpumpe 58, 188, 189
 Waschlukn 121
 Wasserabscheider 137
 Wasseraufbereitungsanlage 475
 Wasserdampf 46
 Wasserdruckversuch 507
 Wassereinläufe am Tender 319
 Wasserenthärtungsanlage 475
 Wasserentnahmeeinrichtung ... 319
 Wasserhärte 25, 475
 Wasserkästen 250, **318**, 332
 Wasserkastenträger 324
 Wasserkran 475
 Wasserpumpe, Speise-
 176, 181, 188, 191
 — der Wasserversorgungsanlage 473
 Wasserschlag 213, 490

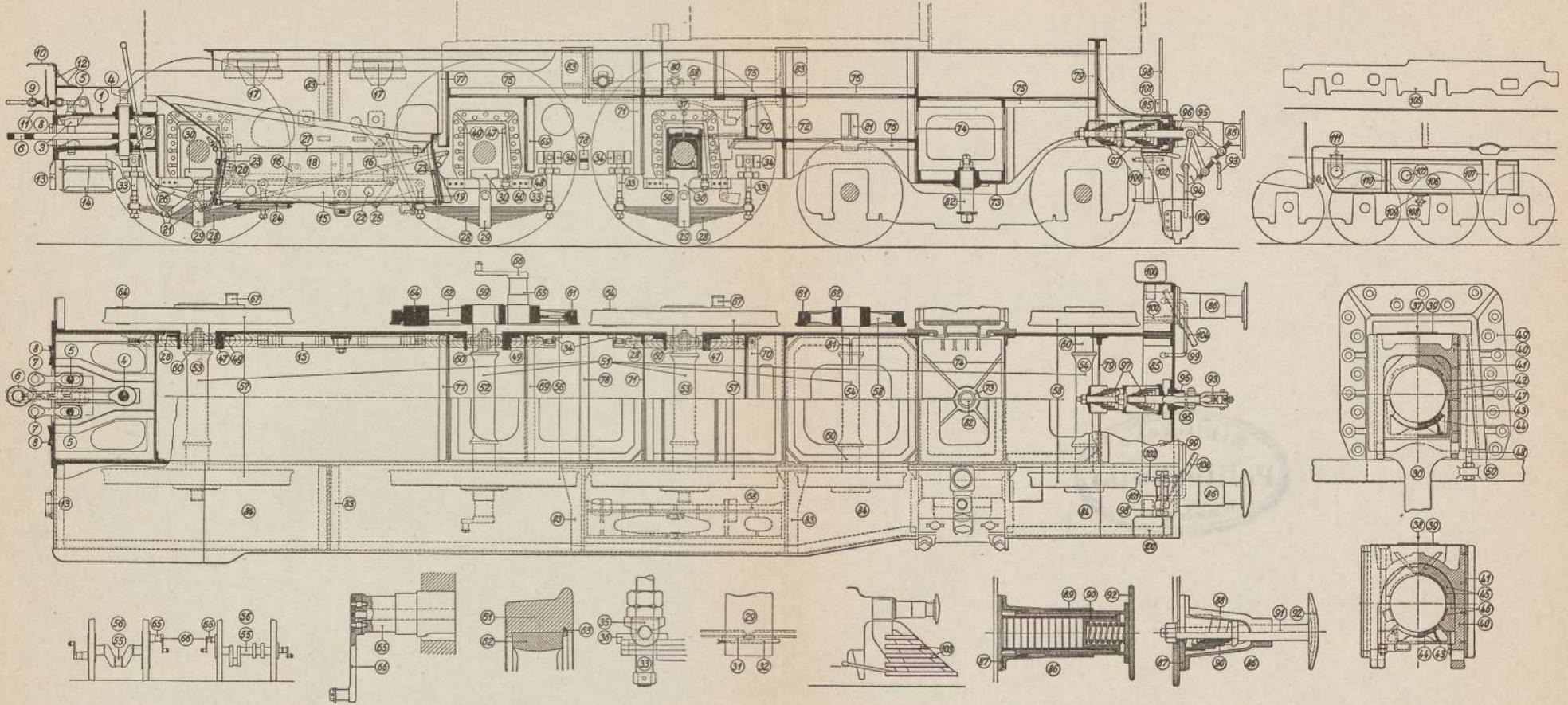
- Wasserstand, Prüfen des ... 148, 482
 —, Marke des niedrigsten
 128, 146, 150
 —, scheinbarer und wirklicher . 150
 Wasserstandanzeiger 128, 146
 — am Tender 319
 Wasserstandprüfhähne 146
 Wasserstoff 43
 Wasserturm 474
 Wechselstrom-Dampfmaschine .. 82
 Weißmetall 39, 224, 270
 Wellrohrkolben 384
 Westinghouse-Bremse . 361, 390, 399
 — -Führerbremseventil 381
 Widerstandsziffer (Fahrwider-
 stand) 62
 Wiege 289
 Wiegebalken am Tenderdreh-
 gestell 330
 Windkessel 177, 184
 Windleitbleche 299
 Winkelausgleichhebel 281
 Winkelrost-Schlammfilter 161
 Winteröl 28
 Wirkungsgrad des Lokomotiv-
 kessels 53
 WM = Weißmetall 39
 Wogen der Lokomotive 280
 Würfelkohlen 23
 Wurfbremse 354
- X-Bohrung im Bremszylinder
 der Kk-Bremse 422, 425
- Zahnradbetrieb, reiner 336
 —, gemischter Reibungs- und .. 336
 Zahnradgekuppelte Radsätze
 (Luttermöller) 287
 Zahnradlokomotive 1, 336
 Zähflüssigkeit des Schmieröles .. 27
 Zapfenreibung 27
 Zeitbehälter 386
 Zentrifugal-Staubfänger 388
 Zerknall, Dampfkessel- 61
 Zerreißfestigkeit 33
 Ziehkolben 448
- Zucken der Lokomotive ... 233, 234
 Zugbeeinflussung, induktive ... 454
 Zugeinrichtung an der Loko-
 motive 253, 258
 — am Tender 253, 326
 Zughaken 253, 326
 Zughakenführung 254
 Zughakenkraft, mittlere 76
 Zughakenleistung 80
 Zugkraft, Entstehung 64
 —, größte 15
 —, mittlere 76, Bild 150, 151
 —, Steigerung der 74
 Zusatzbremse 373, 396, 397
 —, Bedienen der 499
 Zusatzbremshahn 397
 Zusatzbremseventil 396
 Zusatzbremszylinder 443
 Zwangsbremung 457, 459, 463
 Zweiachsantrieb 238
 Zweifach gekröpfte Achswelle .. 269
 Zweikammerbremse 359, 418
 Zweikammerkolben 359, 418
 Zweizylindermaschine 83, 231
 Zweizylinder-Verbundlokomotive
 15, 83, 231, 236
 Zwillinglokomotive
 15, 83, 231, 236
- Zwischenausbesserung der Loko-
 motiven 510
 Zwischenmagnet 457
 Zwischenradsätze 267, 285
 Zwischenuntersuchung der Loko-
 motiven 507
 Zwischenventil (Kkgbr) 420
 Zylinderblock 206
 Zylinderdeckel 209
 Zylindergußstück 206, 239
 Zylinderhebel an der Bremse .. 349
 Zylinderlauffläche 207
 Zylinderöle 29
 Zylindersaugventil 207, 213, 219
 —, vereinigtes — und Druckaus-
 gleichventil 219
 Zylindersicherheitsventil 213
 Zylinderventil 212



Nr.	Benennung	Zeichn. Nr. LONORM2	Nr.	Benennung	Zeichn. Nr. LONORM2	Nr.	Benennung	Zeichn. Nr. LONORM2	Nr.	Benennung	Zeichn. Nr. LONORM2
1	Langkessel	2.01	27	Feuerlochring	2.20	53	Bügelanker	2.44	79	Lukenbügel	3.34
2	Vorderer Kesselschub	2.01	28	Feuerlöchschröner	3.11	54	Bügelankerstehbolzen	2.44	80	Lukenstift	3.34
3	Hinterer Kesselschub	2.01	29	Feuertür	3.08	55	Bodenanker	2.46	81	Reinigungs-schraube	3.35
4	Rundnaht	2.01	30	Dom	2.22	56	Längsanker und Träger	2.42	82	Schmelzpfropfen	3.37
5	Hinterkessel	2.01	31	Domlochring	2.22	57	Queranker	2.36+38	83	Regler, Ventil-Schieberregler	3.42+43
6	Feuerbüchse	2.11	32	Domring außenliegend	2.21	58	Querankeruntersätze	2.39	84	Reglerkopf mit Schieber-, Ventil	3.44
7	Feuerbüchsenrohrwand	2.11	33	Domring innenliegend	2.21	59	Blechanker an der Stehkesselrückwand	2.32	85	Reglerknierrohr	3.45
8	Feuerbüchsenrückwand	2.11	34	Domunterteil	2.22	60	Blechanker an der Rauchkammerrohrwand	2.34	86	Reglerrohr	3.47
9	Feuerbüchsenseitenwand	2.11	35	Domoberteil	2.22	61	Versteifung am Stehkesselmantel	2.35	87	Reglerstopfbuchse	3.48
10	Feuerbüchsendecke	2.11	36	Dommantel	2.22	62	Laschenenden zum Kessel	2.09	88	Reglerwelle und Teile	3.49
11	Feuerbüchsenmantel	2.11	37	Domdeckel	2.22	63	Stehkesselträger	3.01	89	Halter für Reglerwelle	3.51
12	Stehkessel	2.01	38	Domhaube	2.22	64	Schlingerstück	3.05	90	Untersatz zum Sicherheitsventil	3.57
13	Stehkesselvorderwand	2.01	39	Domöse	2.26	65	Feuerschirm	3.12	91	Untersatz zum Wasserstandsanzeiger	3.58
14	Stehkesselrückwand	2.01	40	Domhaken	2.26	66	Feuerschirmträger	3.13	92	Untersatz zum Kesselspeiseventil	3.59
15	Stehkesselseitenwand	2.01	41	Wasserabscheider im Dom	2.27	67	Roststäbe	3.15	93	Untersatz zum Dampfnahmasutzen	3.60
16	Stehkesseldecke	2.01	42	Mannloch zum Dom	2.22	68	Kipproststäbe	3.16	94	Rauchkammer (Anordnung)	5.01
17	Stehkesselmantel	2.01	43	Dom zum Speiswasserreiniger	25.45	69	Rostbalken und Träger	3.18	95	Winkelring an der Rauchkammer	2.01
18	Rohrteilung der Feuerbüchse	2.12	44	Einführungsdüse zum Speiswasserreiniger	25.39	70	Nienschrauben für Rostbalken	3.18	96	Rauchkammerschub	2.01
19	Rohrteilung der Rauchkammerrohrwand	2.13	45	Rieselblech zum Speiswasserreiniger	25.40	71	Vordere Welle mit Hebel zum Kipprost	3.21	97	Rauchkammerlüftung	2.01
20	Heizröhr	2.46	46	Mannloch zum Speiswasserreiniger	25.34	72	Waschlöcher mit Deckel	3.31	98	Rauchkammerrohrwand	2.01
21	Rauchrohr	2.16	47	Schlamm-sammler zum Speiswasserreiniger	25.36	73	Lukenuntersatz	3.31	99	Schornstein	5.06
22	Brandring	2.17	48	Stehbolzen	2.28	74	Lukenstift	3.31	100	Schornsteinauflauf	5.09
23	Dichtring	2.17	49	Deckenstehbolzen	2.30	75	Lukendeckel	3.31	101	Dampfeintröhr	5.12
24	Vorschub	2.46	50	Bewegliche Deckenstehbolzen	2.31	76	Waschlöcher mit Pilz	3.34	102	Auströmröhr	5.17
25	Bodenring	2.49	51	Barrenanker	2.45	77	Lukenfüller	3.34	103	Standrohr	5.19
26	Feuerloch	2.01	52	Barrenankerstehbolzen	2.45	78	Lukenstift	3.34	104	Blasrohr	5.15



Nr.	Benennung	Zeichn. Nr. nach LÖN 2	Nr.	Benennung	Zeichn. Nr. nach LÖN 2	Nr.	Benennung	Zeichn. Nr. nach LÖN 2
1	Zylinder	19.01	24	Kreuzkopfbolzen	20.05	47	Steuermutter	21.46
2	Vorderer Zylinderdeckel	19.13	25	Lenkeransatz am Kreuzkopf	21.25(20.05)	48	Zifferstreifen zur Steuerschraube	21.47
3	Hinterer "	19.16	26	Schieberschubstange	21.21	49	Steuerrad	21.49
4	Vorderer Schieberkastendeckel	19.20	27	Voreilhebel	21.24	50	Steuerstangenführung	21.54
5	Hinterer "	19.23	28	Lenkerstange	"	51	Treibzapfen	12.08
6	Vordere Kolbenstangenstopfbuchse	19.28	29	Gleitbahn	20.17	52	Gegenkurbel	12.10
7	Hintere "	19.29	30	Kuppelstange zwischen 1. und 2. Radsatz	20.20	53	Kuppelzapfen	12.09
8	Vordere Tragbuchse für Schieberstange	19.20	31	" " 2. " 3. "	20.21	54	Gelenkbolzen für Kuppelstangen	20.20÷24
9	Hintere " " "	19.23	32	" " 3. " 4. "	20.22	55	Schraubenstellkeil für Treibstange	20.10
10	Zylinderventil	19.44	33	Treibstange	20.10	56	Lagerschalen für Treibstange	"
11	Zylindersicherheitsventil	19.49	34	Fangbügel zur Treibstange	20.15	57	Stellkeilschraube für Treibstange	"
12	Kolben mit Stange	20.01	35	Schwingerstange	21.32	58	Schraubenstellkeil für Kuppelstange	20.20÷24
13	Kolbenschieber	21.07	36	Schwinge (mit Schwingenstein)	21.26	59	Lagerschalen für Kuppelstange	"
14	Schieberstange	21.12	37	Schwingenlager	21.28	60	Stellkeilschraube für Kuppelstange	"
15	Kreuzkopf zur Schieberstange	21.11	38	Steuerwelle	21.36	61	Schmiergefäß für Treibstange	20.14
16	Schieberbuchse	19.05	39	Aufwerfhebel	"	62	Schmiergefäße zu den Kuppelstangen	20.27
17	Vorderer Ausströmkasten	19.10	40	Steuerwellenlager	21.38			
18	Hinterer "	19.11	41	Steuerstange	21.50			
19	Kreuzkopf	20.05	42	Gleitbahn- u. Laufblechträger m. Schwingen- u. Steuerwellenlager	8.30			
20	Schmiergefäß zum Kreuzkopf	20.08	43	Steuerstangenhebel	21.36			
21	Zwischstück " "	20.05	44	Rückzugfeder zur Steuerung	21.41			
22	Kreuzkopfgleitplatte	"	45	Steuerbock	21.42			
23	Kreuzkopfteil	"	46	Steuerschraube und Teile	21.44			



Nr.	Benennung	Zeichn.-Nr. LONr.	Nr.	Benennung	Zeichn.-Nr. LONr.	Nr.	Benennung	Zeichn.-Nr. LONr.	Nr.	Benennung	Zeichn.-Nr. LONr.
1	Kuppelkasten	9.2.0	31	Beilage zur Tragfeder	11.12.11.04	61	Radreifen	12.08.04	91	Pufferstange	10.26
2	Lager für Hauptkuppelbolzen	10.02	32	Keil zur Tragfeder	11.12.11.04	62	Radkörper	" "	92	Puffereller	" "
3	" Notkuppelbolzen	10.03	33	Federstirnenschraube	11.12	63	Ölring	" "	93	Schraubenkupplung	10.31
4	Hauptkuppelbolzen	10.04	34	Federstirnenschraubenträger	11.12.11.04	64	Ganggewicht	12.08.04	94	Sicherheitskupplung	10.32
5	Notkuppelbolzen	10.06	35	Saßwele	11.12	65	Triebzapfen	12.10	95	Vordere Zughaken	10.14
6	Hauptkuppelbolzen	10.06	36	Federdruckplatte	" "	66	Schwingenkurbel	12.09	96	Vordere Zughakenführung	10.20
7	Notkuppelbolzen	" "	37	Achslager (Kuppelachse)	12.18.18	67	Kuppelzapfen	12.09	97	Zughakenfeder	10.39
8	Hauptkuppelbolzen	10.08	38	" Bauart „Obergethmann“	12.18.18	68	Gleitbahnträger mit Schwingen- und Steuerwellenlager	8.31	98	Griffe auf den Pufferträgern	9.08
9	Spannvorrichtung	10.43	39	Achslagerdeckel	12.25 u. 27	69	Rahmenverbindung vor der Treibachse	8.10	99	Kuppelgriff	9.11
10	Große Tenderbrücke	14.15	40	Achslagergehäuse	12.18.18	70	" am Bremszylinder	8.19	100	Trill an den Pufferträgern	9.09
11	Kleins "	14.16	41	Achslagergleitplatte	12.18.18	71	" hinter der ersten Kuppelachse	8.10	101	Lateraleinbauten an vorderen Pufferträgern	24.04
12	Halter für die Tenderbrücke	14.17	42	Achslagergehäuse (mit Weißmetallaussuß)	12.18.18	72	" "	8.17	102	Vordere Bahnräumer	8.35
13	Trill am Kuppelkasten	9.23	43	Achslagergehäuse	12.30	73	" für Dreh-, Lenkgestell und Zapfenlager	8.14, 8.15	103	" Kuhlänger	9.14
14	Trille " Führerhaus	15.47	44	Schmierpolster	12.18.18	74	" zwischen den Zylindern	8.21	104	Schwebeschaukel	9.18
15	Längsausgleichhebel und Träger	11.16+11.18	45	Oberer Achslagergehäuse (mit Weißmetallaussuß)	12.18.18	75	Wagerechte Rahmenverbindung	8.10	105	Blechrahmenwange	8.07+08
16	Anschläge der Ausgleichhebel	" "	46	Untere "	12.18.18	76	" über der Laufachse	8.16	106	Rahmenwasserkasten	8.40+4.2
17	Klammern der Stehkesselträger	3.01	47	Achslagerstellkeil	12.32+33	77	Rahmenverbindung vor dem Hinterkessel	8.22	107	Durchführungsehre im Rahmenwasserkasten	8.35
18	Aschkasten	7.01	48	Achslagerstellkeilschraube	12.30	78	Rahmenstriebe	5.18	108	Wasserkastenablaßhahn	16.18
19	Vordere Aschkastenklappe	7.05	49	Achslagerführung	12.30	79	Rauchkammerträger	5.03	109	Mannloch im Wasserkasten	16.12
20	Hintere "	7.09	50	Achslagergehäuse	12.30	80	Kesselpendelblech	8.25	110	Wasserkastenverbindung	16.07
21	Aschkastenzug	23.09+04	51	Radsatzgruppe	12.01	81	Anschlag zum Drehgestell	13.22	111	Wassereinflaß	16.09
22	Stoßloch im Aschkasten	7.04	52	Triebachswelle	12.02	82	Drehzapfen	14.16			
23	Aschkastenfunkenabzieher	7.15	53	Kuppelachswelle	12.04	83	Laufblechträger	14.09			
24	Mannloch im Aschkastenboden	7.14	54	Laufachswelle	12.06ad.07	84	Laufblech	14.01			
25	Aschkastenbodenklappe	7.17	55	Kropfachselle	12.08	85	Vordere Pufferträger	9.01			
26	Aschkastenbodenklappenzug	23.07	56	Triebnadsatz	12.08	86	Puffer	10.26			
27	Aschkastenspritzrohr und Teile	11.20	57	Kuppelradsatz	12.08ad.07	87	Puffergrundplatte	" "			
28	Tragfeder	11.02	58	Laufnadsatz	12.02	88	Puffergehäuse	" "			
29	Federbund	11.02	59	Triebnadsatz	12.02	89	Pufferhülse	" "			
30	Achslagergehänge	12.23	60	Achschenkel	12.02	90	Pufferfeder	10.39			

1' D 1' h 2 Güterzug-Tenderlokomotive, Bauartreihe 86

(ältere Ausführung mit Bisselachse)

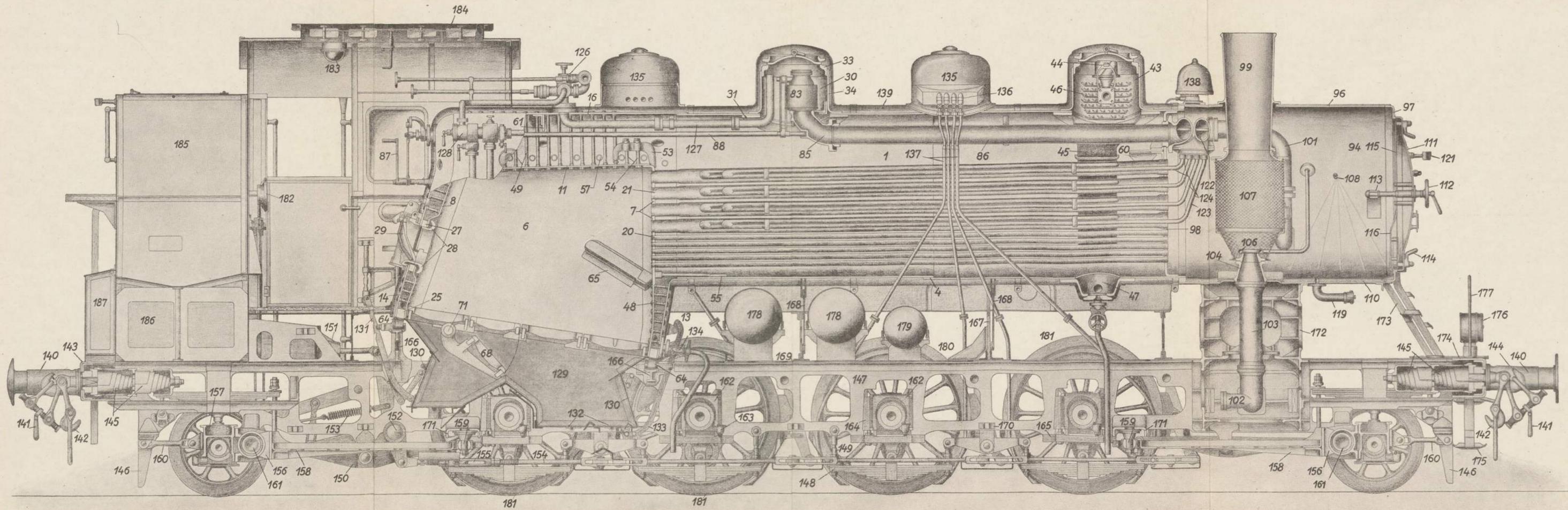


Bild: Schwartzkopf

Die Nummern der Kesselteile stimmen, abgesehen von einigen Abweichungen, mit denen auf Lonorm Tafel 1 überein

Nr.	Benennung	Nr.	Benennung	Nr.	Benennung	Nr.	Benennung	Nr.	Benennung
1	Langkessel	46	Winkelrost-Schlammfilter	98	Rauchkammerrohrwand	127	Dampfentnahmerohr	149	Federspannschraube
4	Rundnaht	47	Schlammstammmler zum Speisewasserreiniger	99	Schornstein	128	Dampfstrahlpumpe	150	Längsausgleichhebel
6	Feuerbüchse	48	Stehbolzen	101	Dampfeinströmröhr	129	Aschkasten	151	Bremszylinder
7	Feuerbüchsenrohrwand	49	Deckenstehbolzen	102	Ausströmröhr	130	Aschkastklappen	152	Bremswelle mit Bremshebeln
8	Feuerbüchsenrückwand	53	Bügelanker	103	Standrohr	131	Aschkastklappenzug	153	Rückzugfeder im Bremsgestänge
11	Feuerbüchsenmantel	54	Bügelankerstehbolzen	104	Blasrohr	132	Aschkastbodenklappen	154	Bremszugstange
13	Stehkesselvorderwand	55	Bodenanker	106	Hilfsbläser	133	Verriegelung für Aschkastbodenklappen	155	Spannschloß
14	Stehkesselrückwand	57	Queranker	107	Funkenfänger	134	Kesselabschlammstieber	156	Lenkgestell mit Laufradsatz
16	Stehkesseldecke	60	Blechanker an der Rauchkammerrohrwand	108	Rauchkammerspritzrohr	135	Sandkasten	157	Achslagergehäuse zum Lenkgestell
20	Heizrohr	61	Versteifung am Stehkesselmantel	110	Rauchkammerbodenschutz	136	Sandstreuöusen	158	Deichsel
21	Rauchrohr	64	Schlingerstück	111	Rauchkammertür	137	Sandabfallrohre	159	Drehzapfen
25	Bodenring	65	Feuerschirm	112	Verschluß zur Rauchkammertür	138	Druckluftläutewerk	160	Pendelstangen
27	Feuerlochring	68	Kipproststäbe	113	Verschlußbalken zur Rauchkammertür	139	Kesselbekleidung	161	Rückstellrichtung
28	Feuerlochschröner	71	Kipproststelle mit Hebel zum Kipprost	114	Vorreiber zur Rauchkammertür	140	Puffer	162	Achslagergehäuse
29	Feuertür	83	Regler	115	Schutzblech zur Rauchkammertür	141	Schraubekupplung	163	Ölrichter
30	Dom	85	Reglerknierohr	116	Schonerblech zur Rauchkammertür	142	Sicherheitskupplung	164	Achslagerstellkeil
31	Domlochring	86	Reglerrohr	119	Entwässerungsstutzen an der Rauchkammer	143	Hinterer Pufferträger	165	Achslagersteg
33	Domring innenliegend	87	Reglerhandhebel	121	Laternenstütze an der Rauchkammer	144	Zughaken	166	Stehkesselträger
34	Domunterteil	88	Reglerwelle	122	Dampfsammelkasten	145	Zughakenfedern	167	Senkrechte Rahmenverbindung
43	Dom zum Speisewasserreiniger	94	Rauchkammer	123	Überhitzereinheit	146	Bahnräumer	168	Kesselpendelblech
44	Speisewasserverteiler	96	Rauchkammerschuß	124	Überhitzerrohrsatz	147	Barrenrahmenwange	169	Waagerechte Rahmenverbindung
45	Rieselblech zum Speisewasserreiniger	97	Rauchkammertürwand	126	Dampfentnahmestutzen	148	Tragfeder	170	Rahmenstrebe
								171	Rahmenverbindung für Drehzapfenlager
								172	Rahmenverbindung zwischen den Zylindern
								173	Rauchkammerstrebe
								174	Vorderer Pufferträger
								175	Tritt am Pufferträger
								176	Signalaternen
								177	Griff auf den Pufferträgern
								178	Hauptluftbehälter
								179	Hilfsluftbehälter
								180	Treibradsatz
								181	Kuppelradsatz
								182	Wurfhebelbremse
								183	Führerhausdeckenleuchte
								184	Entlüftungsklappen
								185	Kohlenkasten
								186	Wasserkasten
								187	Werkzeugschrank

Schaltbild 1: Füllstellung

Hildebrand-Knorr-Bremse für Güterzüge

Hikg mit Steuerventil Hikgl mit mechanischer Lastabbremsung

Füllstellung

Stellung beim erstmaligen Füllen und beim völligen Gelöstsein der Bremse

Hilfsluftbehälter B, Vorratsluftbehälter R, Ventilkammern B_n und B_n sowie Steuerkammer A und die mit ihr in Verbindung stehende Ventilkammer A sind von der Hauptluftleitung L mit Druckluft von 5 kg/cm² gefüllt. Der Hauptsteuerkolben 1 steht in seiner rechten Endstellung. Der Kolben 10 ist in seiner untersten Lage, sodass das Spiel x zwischen Kolben 10 und 11 frei ist.

B: Druckluft strömt von L über e_b und zugleich über fr₁, fr₂ durch f_b und B_n nach B und B_n

A: Druckluft strömt aus B_n über fa, fa₁ nach A

R: Druckluft strömt von L über fr₁ und e_b, fr₂ durch Rückschlagventil 9 nach R

Bremszylinder C ist entlüftet:

über c, n (im Schieber 12), o₁, d (im Schieber 2), o₂, q ins Freie.

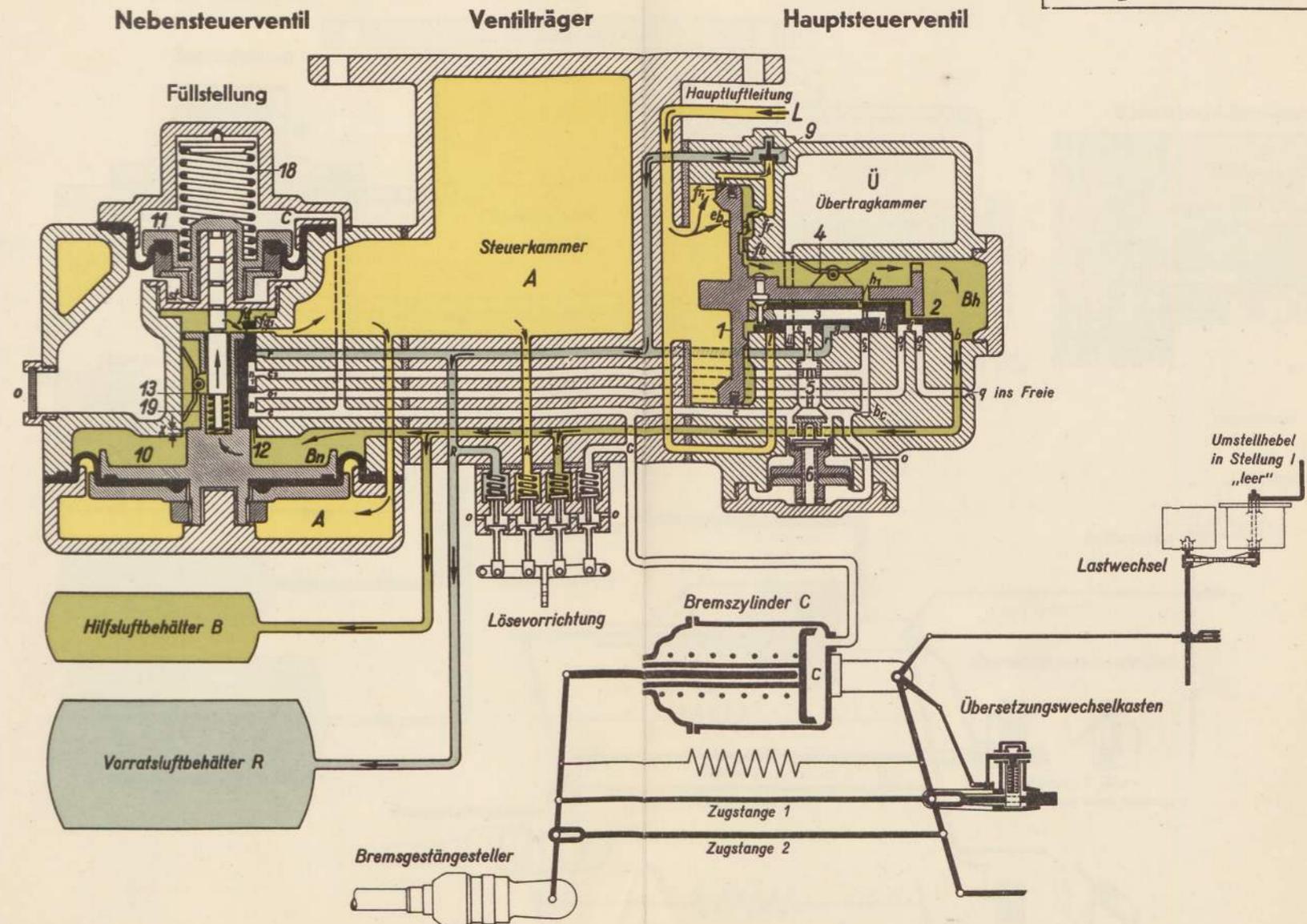
Übertragkammer Ü ist entlüftet:

über ü, e (im Schieber 2), c₁, Mindestdruckventil 5 nach c und weiter wie der Bremszylinder.

Die Entlüftung tritt erst ein, nachdem der Bremszylinderdruck auf 0,6 kg/cm² gefallen ist.

Beseitigen von Überladungen

Wird der Leitungsdruck bei überladenen Bremsen ganz langsam erniedrigt, so entlädt sich in der Füllstellung B und B_n über die Bohrung e_b allmählich in die Hauptluftleitung und ebenso die Steuerkammer A über f_a, B_n, e_b, ohne daß die Bremsen anspringen.



Benennung der Bauteile des Steuerventils Hikgl

Nebensteuerventil	Hauptsteuerventil
10 großer Steuerkolben	1 Steuerkolben
11 kleiner Steuerkolben	2 Schieber
12 Schieber	3 Abstufventil
13 Belastungsfeder	4 Belastungsfeder
18 Feder auf Kolben 11	5 Mindestdruckventil
19 Feder auf Kolben 10	6 Stufenkolben
	9 Rückschlagventil

1. Bremsstellung

Beim Bremsen wird der Druck in der Hauptluftleitung L vom Führer Ventil aus erniedrigt. Dadurch geht der Kolben 1 im Hauptsteuerventil nach links, schließt die Empfindlichkeitsbohrung e_5 , öffnet das Abstufventil 3 und nimmt den Schieber 2 mit. Es werden verbunden:

L mit \square über l, e (im Schieber 2), \bar{u} braun

R mit C ungedrosselt über r, g (im Schieber 2), c_1 , Mindestdruckventil 5 blau

Dadurch werden die Bremsklötze schnell zum Anliegen gebracht. Das Mindestdruckventil 5 schließt sich durch das Übergewicht des Stufenkolbens 6 sobald der Druck im Bremszylinder auf $0,6 \text{ kg/cm}^2$ gestiegen ist. Danach erfolgt das weitere Füllen des Bremszylinders nur noch von B über Schieber 2 im Hauptsteuerventil und von R über Schieber 12 im Nebensteuerventil, c_2 und c.

B mit C über b, h_1 , Abstufventil 3 grün, h, c_2 , bc, c rot

Im Nebensteuerventil geht der Kolben 10 mit Schieber 12 infolge der Druckabnahme in der Ventilkammer B_n um das Spiel x nach oben und schließt die Bohrung fa . Nun geht der Kolbensatz 10 + 11 in die Bremsstellung. Verbunden wird:

R mit C über r blau n_1 (im Schieber 12), c_2 , Düse bc rot

Unterbrochen ist die Verbindung zwischen B_n und A. Der Druck in der Steuerkammer A bleibt also auf 5 kg/cm^2 erhalten.

2. Bremsabschlußstellung

Sobald der Druck im Hilfsluftbehälter B, somit in der Ventilkammer B_n , etwas unter den Hauptluftleitungsdruck gesunken ist, geht der Kolben 1 des Hauptsteuerventils nach rechts, schließt das Abstufventil 3, wodurch Abströmen der Luft von B nach C unterbrochen wird:

Bremsabschlußstellung des Hauptsteuerventils.

Im Nebensteuerventil wird durch den zunehmenden Bremszylinderdruck auch der Druck auf den Kolben 11 erhöht, so daß die gemeinsame Kraftwirkung des C- und B_n -Drucks den Kolben 10 mit Schieber 12 soweit abwärts drückt, daß das Überströmen der Druckluft von R nach C unterbrochen wird: Bremsabschlußstellung des Nebensteuerventils.

Die volle Bremskraft kann in einem Zug oder auch in zahlreichen Einzelstufen bis zum Volldruck von $3,6 \text{ kg/cm}^2$ in C (Ausgleich zwischen B und C) erreicht werden.

Selbsttätiges Nachspeisen

Hat das Nebensteuerventil eine Bremsstufe abgeschlossen, und sinkt der Druck im Bremszylinder C infolge von Undichtheit, so nimmt die Kraft des Kolbens 11 ab, der Kolbensatz 10 + 11 steuert nach oben, läßt wie beim Bremsen erneut Luft von R nach C über die Muschel n_1 strömen bis der Druck in C so weit gestiegen ist, daß der Kolben 11 den Weg über die Muschel n_1 wieder verschließt.

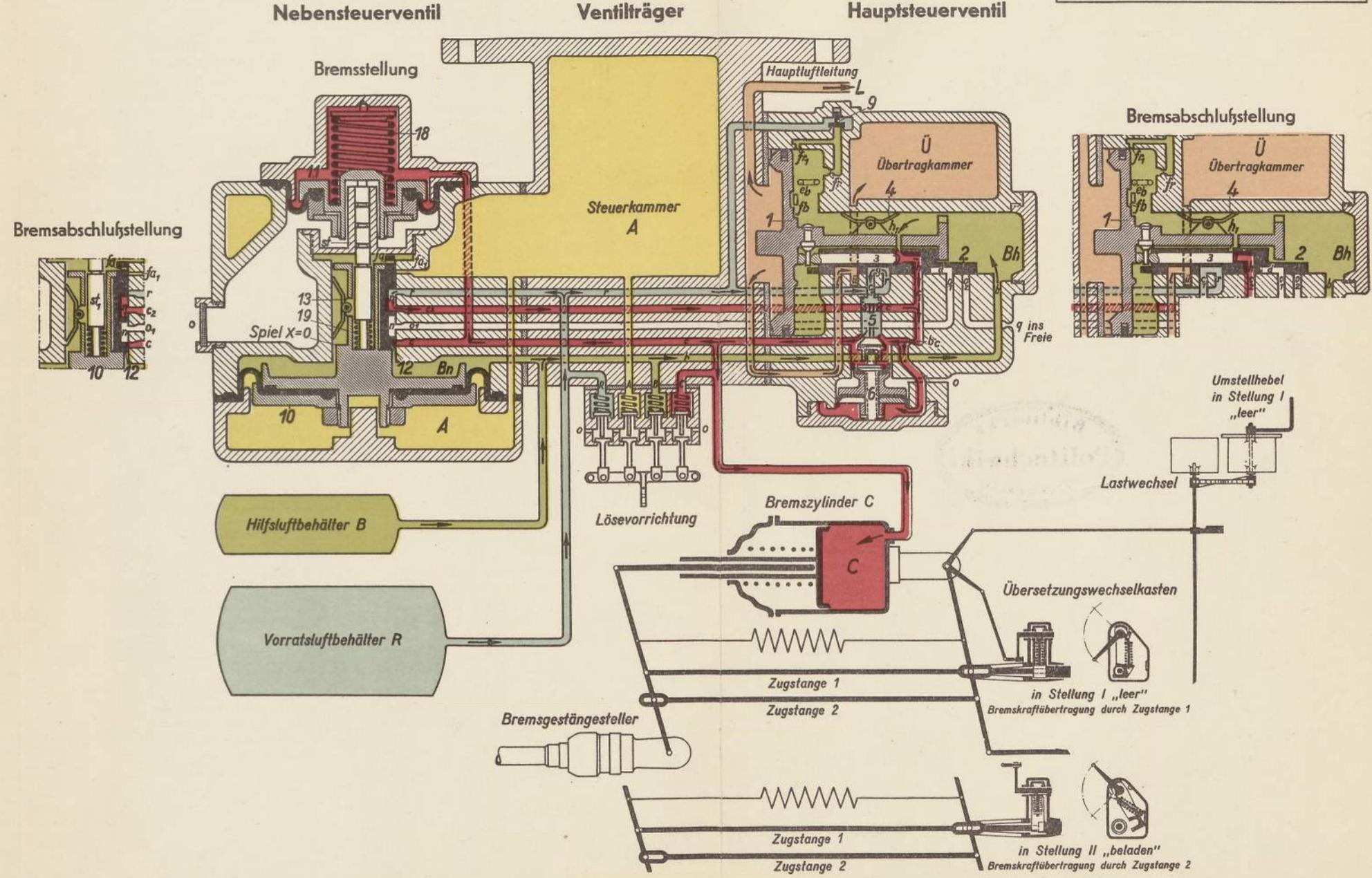
Mechanische Lastabbremung

Zur Erreichung einer höheren Bremskraft beim beladenen Güterwagen wird das Übersetzungsverhältnis im Bremsgestänge geändert. Durch den Übersetzungswechselkasten wird in Stellung „*leer*“ die Zugstange 1, in Stellung „*beladen*“ die Zugstange 2 eingeschaltet. Der Bremszylinder-Höchstdruck bleibt unverändert, am Steuerventil Hikgl wird nicht umgestellt. Die Lastabbremung erfolgt rein mechanisch. Der Bremsgestängesteller gleicht das Klotzspiel selbsttätig aus.

Schaltbild 2: Bremsstellung

Hildebrand-Knorr-Bremse für Güterzüge

Hikg mit Steuerventil Hikgl mit mechanischer Lastabbremung



Schaltbild 3: Lösestellung

Hildebrand-Knorr-Bremse für Güterzüge

Hikgl mit Steuventil Hikgl mit mechanischer Lastabbremsung

1. Lösestellung

Stellung während des Lösens der Bremse

Zum Lösen wird der Druck in der Hauptluftleitung nach einer Bremsung um ein gewisses Maß erhöht. Der Hauptsteuerkolben 1 mit Schieber 2 geht nach rechts in Lösestellung.

B: Druckluft strömt von L über e_b und zugleich über fr_1 , fr gelb durch f_b und B_n nach B und B_n grün

Der Kolbensatz 10 + 11 mit Schieber 12 bewegt sich infolge der Druckzunahme in der Ventilkammer B_n nach unten; das Spiel x bleibt 0.

C: wird entlüftet über c, n (im Schieber 12), o_1 d (im Schieber 2), o_2 , q ins Freie rot

R: wird, sobald der Druck in B auf die Höhe des Drucks in R gestiegen ist, über das Rückschlagventil 9 von der Hauptluftleitung gefüllt blau

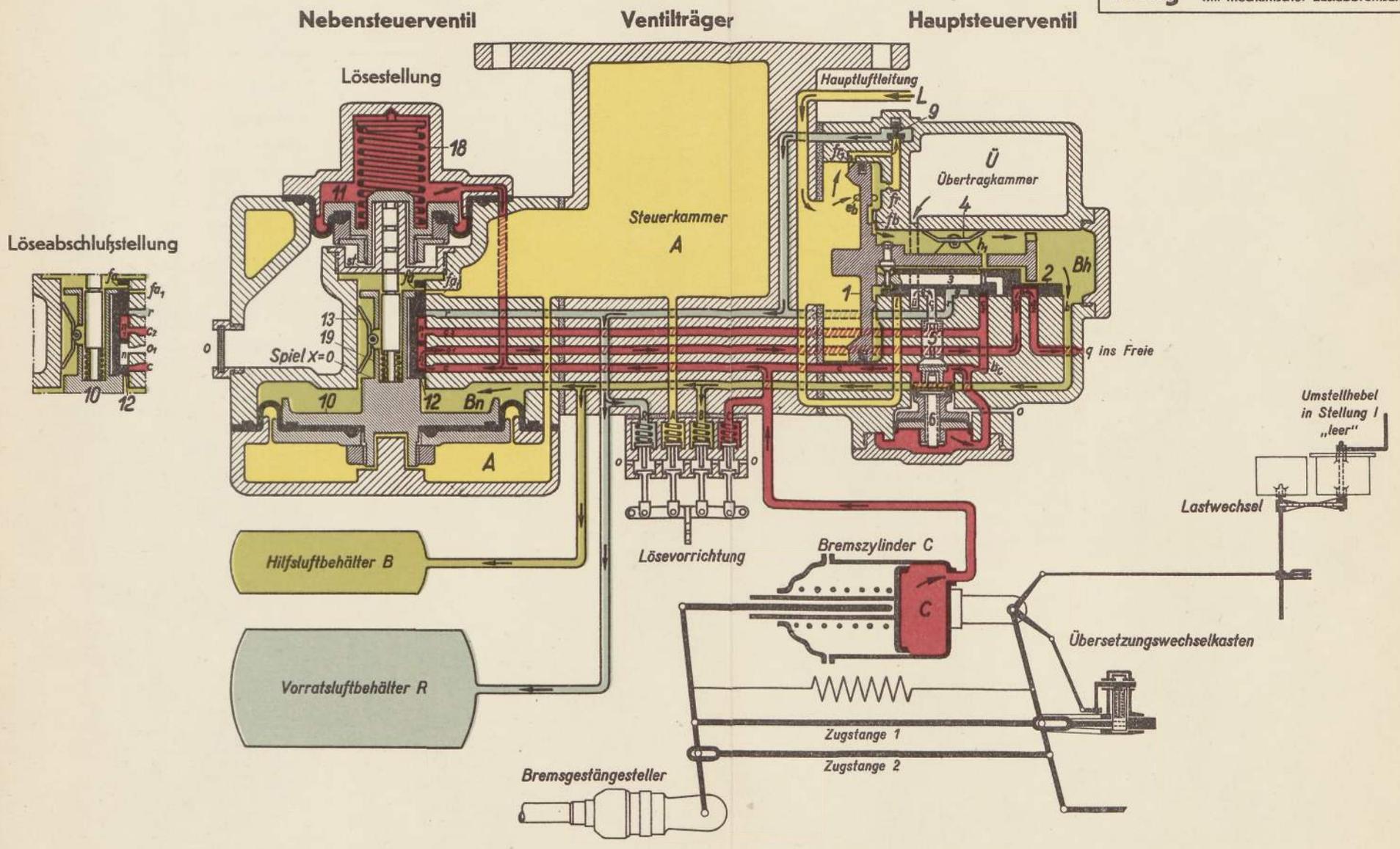
2. Löseabschlußstellung

Das Hauptsteuerventil bleibt in Lösestellung.

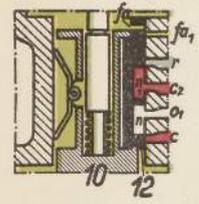
Im Nebensteuerventil wird durch den abnehmenden Bremszylinderdruck auch der Druck auf Kolben 11 verringert, sodaß die Kraftwirkung des gleichbleibenden A-Drucks den Kolben 10 mit Schieber 12 soweit aufwärts drückt, daß die C-Entlüftung zwischen c und o_1 unterbrochen wird: Löseabschlußstellung des Nebensteuerventils.

Das Lösen kann in einem Zug oder in zahlreichen Einzelstufen durchgeführt werden.

Wird beim Lösen der Druck in der Hauptluftleitung wieder auf den Regeldruck (5 kg/cm^2) erhöht, dann geht der Steuerkolben 10 mit Schieber 12 in die Füllstellung (Schaltbild 1).



Löseabschlußstellung



Benennung der Bauteile des Steuerventils Hikgl

Nebensteuerventil	Hauptsteuerventil
10 großer Steuerkolben	1 Steuerkolben
11 kleiner Steuerkolben	2 Schieber
12 Schieber	3 Abstufventil
13 Belastungsfeder	4 Belastungsfeder
18 Feder auf Kolben 11	5 Mindestdruckventil
19 Feder auf Kolben 10	6 Stufenkolben
	9 Rückschlagventil

