

## Die neue Hauptmarkthalle in Köln.

Vom Beigeordneten B. Schilling in Trier.

(Mit Abbildungen auf Blatt 18 bis 24 im Atlas.)

(Alle Rechte vorbehalten.)

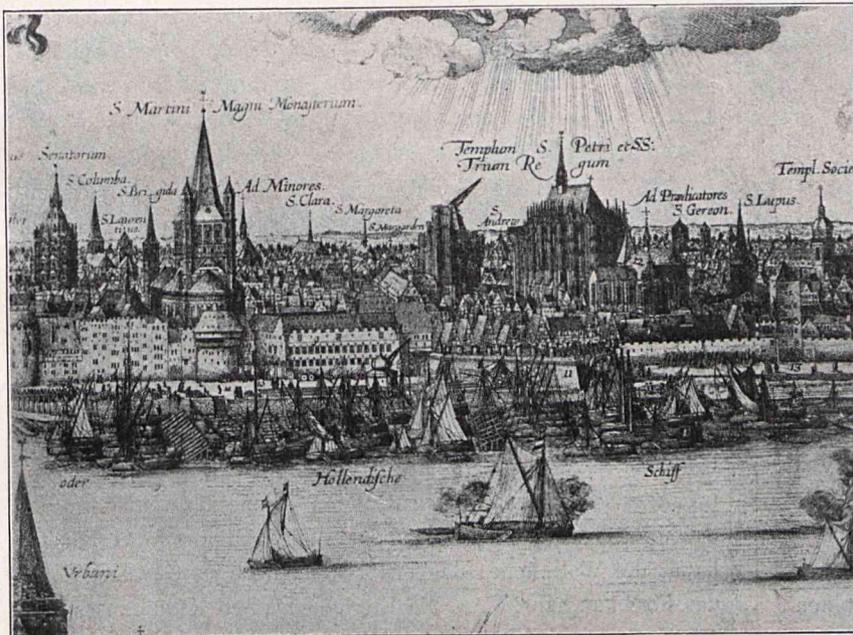


Abb. 1. Stadtansicht nach Hollar (1656).  
Am Ufer rechts vom St. Martinsturm das alte Fischkaufhaus.

### Geschichtliche Entwicklung des Kölner Marktwesens.

Über das Kölner Marktwesen zur Römerzeit wissen wir wenig Bestimmtes, doch lassen die massenhaft im Kölner Boden aufgefundenen römischen Handelswaren aller Art auf einen sehr belebten Marktverkehr in der Römerstadt Köln schließen. Neben dem vorzüglichen Straßennetz, über das die Römer in den Rheinlanden verfügten, scheint dem Rhein eine geringere Bedeutung für die Lebensmittelfuhr beizumessen zu sein, wobei man sich gegenwärtig halten muß, daß das römische Köln nicht eigentlich unmittelbar am Rheine gelegen war. Die Römerstadt baute sich auf einer kleinen Hochebene auf, deren dem Rheine zugekehrter Ostrand um etwa 300 m von der jetzigen Uferlinie entfernt lag. Zwischen Stadtmauer und Fluß erstreckte sich ein Tiefgebiet, das bei Hochwasser überschwemmt wurde, und in dem beim Steigen des Rheines über Mittelwasser die höher liegenden Flächen als Inseln erschienen (Schultze und Steuernagel in Colonia Agrippinensis). Dieses Gebiet wurde zur Zeit des mittelalterlichen Köln, das im Rheinstrom seine Lebensader besaß, der Schauplatz eines ungemein lebhaften und bedeutsamen Markttreibens, über das wir genugsam Nachrichten besitzen, um uns ein anschauliches Bild davon entwerfen zu können. Sowohl diejenigen — sagt Ennen, Geschichte der Stadt Köln, dem wir in den nachstehenden Schilderungen vielfach folgen werden, wengleich Ennens Angaben, nicht durchweg quellenmäßig belegbar sind —

Zeitschrift f. Bauwesen. Jahrg. LVI.

welche kaufmännischen Großverkehr trieben, wie diejenigen, welche vom Handel auf dem Tagesmarkt lebten, suchten sich hier Lagerhäuser und Verkaufsstätten für ihre Produkte und Handelsartikel zu sichern. Wie lebendig sich der Handelsverkehr an dieser Stelle entwickelte, wie günstig die Bedingungen hier waren, beweist die Tatsache, daß das Recht des an dieser Stelle angelegten, vom König anerkannten und bestätigten Marktes schon im Jahre 994 als Muster für andere Märkte hingestellt werden konnte.

Allmählich verschwanden von dem „Markte“ — zuerst vom Erzbischof Everger (984 bis 999) so genannt — die beweglichen Bänke und Buden, und an ihrer Stelle erhoben sich vielfach stattliche Häuser, die für die Zwecke des Großhandels im Innern mit geräumigen Kellern, Speichern und Lagerräumen, für den Kleinhandel mit vorgebauten Buden und „Gaddemen“ versehen waren. Das XIII. Jahrhundert weist auf dem Marktbezirk schon meist vollständig bebaute Straßen auf, wogegen es sich bei den Urkunden des X., XI. und XII. Jahrhunderts um „Plätze, Stände und Buden“ handelte. Die so entstandenen Straßen und Plätze wurden nach den früheren Standplätzen benannt, und teilweise bis ins XIII. Jahrhundert zurück werden namhaft gemacht: der Fischmarkt, Buttermarkt, die Mühlengasse, Salzgasse, Unter Kästen („inter cistarios“, d. h. Verkaufsstände aus Kisten — wie die Kuchenbäcker auf den heutigen Jahrmärkten, die ihre Buden aus

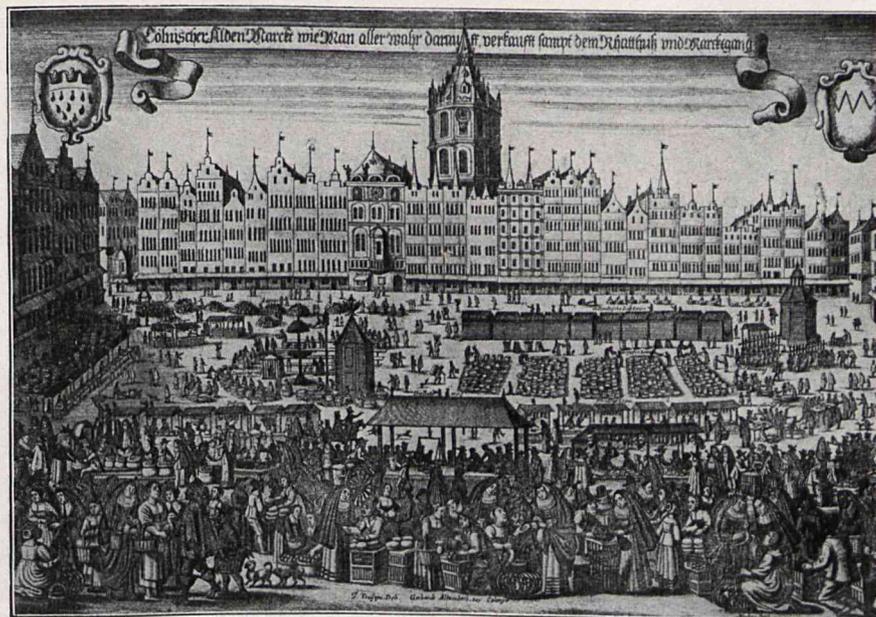


Abb. 2. Alter Markt in Köln im Jahre 1660.

den Kisten zusammensetzen, in denen sie ihre Vorräte transportieren), Markmannsgasse, Hühnergasse, in den Salmenbänken, Hechtbänken, Krautmarkt, Erbsenmarkt, Fleischmarkt, Heumarkt usw., Namen, die sich größtenteils bis auf den heutigen Tag erhalten haben. Schon 1106 wird der „Alte Markt“ also bezeichnet.



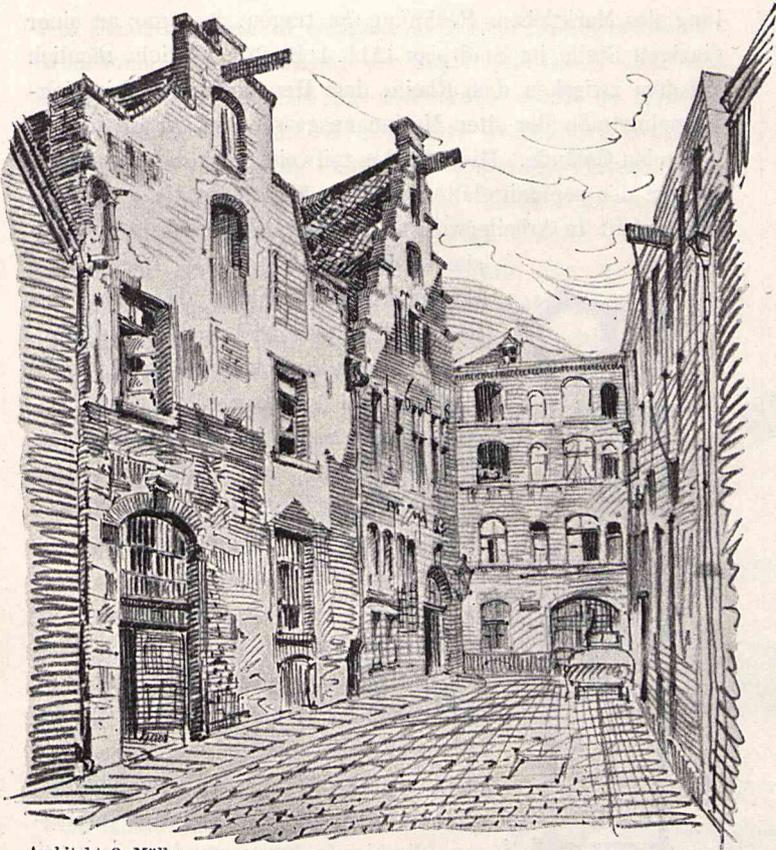
Abb. 3. Gotisches Steinbildwerk von der alten Fleischverkaufshalle am Heumarkt.  
(Jetzt im Kreuzgang des städtischen Walraff-Richartz-Museums.)

Für die Entwicklung des Kölner Handels im allgemeinen wie des Marktverkehrs im besonderen war von grundlegender Bedeutung das Kölner „Stapelrecht“. Durch dieses hat Köln sich an die Spitze des ganzen Rheinhandels emporgeschwungen. Das Stapelrecht bestand darin, daß alle stapelpflichtigen Waren, sowohl die zu Schiff wie die auf der Achse Köln berührten, hier ausgeladen und zum Verkauf gestellt werden mußten. Dieses Stapelrecht machten die Kölner schon um die Mitte des XII. Jahrhunderts als ein altes städtisches Vorrecht geltend, das durch den Schiedsspruch des großen Albertus (1258) als eine Grundbestimmung des Kölner Handelsrechtes unter den unangreifbaren herkömmlichen stadtkölnischen Privilegien aufgezählt wird. Durch Karl IV. wurde es in dem großen Freibriefe, den er der Stadt Köln 1355 erteilte, in seinem ganzen Umfange bestätigt. Und wenn der Kaiser sich auch bereits im folgenden Jahre von der Gemeinschädlichkeit des Kölner Stapelrechts überzeugen und zum Widerruf bestimmen ließ, so ließ die stolze und mächtige Stadt sich doch keinen Augenblick in der strengen Handhabung ihres alten Gewohnheitsrechtes beirren. Stapelpflichtig waren vor allem die sogen. „Vontgüter“, d. h. Eßwaren. Verfolgte das Stapelrecht auch in erster Linie fiskalische und handelspolitische Zwecke, so kam es doch auch in seinen Wirkungen der Lebensmittelversorgung der Bevölkerung, sowohl in wirtschaftlicher wie gesundheitlicher Beziehung, sehr zu statten. Während oder nach der Umladung wurde das zum Stapel angemeldete Gut einer Besichtigung unterworfen. Was untauglich, abschmeckig und verdorben war oder wegen sonstiger Fehler nicht für „gerechtes Kaufmannsgut“ erachtet werden konnte, durfte von den Faktoren und Unterkäufern nicht zur Weiterbeförderung übernommen werden, es wurde entweder zurückgeschickt oder verbrannt oder in den Rhein geworfen.

Daß eine Einrichtung wie die Kölner Stapelpflicht außerordentlichen Anreiz zu Umgehungen bot, ist klar. Scharfe Verordnungen mußten zur Durchführung der Stapelpflicht erlassen und immer wieder erneuert werden. Den nach Köln bestimmten Transporten wurde verboten, unterwegs Markt zu halten, und vorgeschrieben, die ganze Sendung unverteilt in die Stadt und auf den Markt zu bringen, sonst wurden sie dahin zurückgewiesen, woher sie gekommen waren. Das Aus- und Umladen mußten vom Rat bestellte „geschworene“ Arbeiter bewirken, denen schwere Strafen — Dienstentlassung und „Turm“ — drohten, wenn sie bei Umgehungen behilflich waren. Mit Strafen auch waren die Herbergswirte bedroht, die in ihrer Herberge eingeführtes Gut und Handel damit duldeten.

Es war eine Notwendigkeit, für die Lagerung und vorläufige Aufbewahrung der angefahrenen Waren Sorge zu tragen und ein eigenes Lagerhaus, namentlich für Spezereien und andere Waren, die vom Einfluß der Witterung zu leiden hatten, zu errichten. Dieser Bau, in der Nähe des Altenmarktes am Seidmachergäßchen gelegen, erhielt den Namen „Kramhaus“. Bei der raschen Zunahme des Verkehrs und bei der massenhaften Anfuhr ausländischer Waren stellte sich bald das Bedürfnis heraus, für weitere Lagerräume zu sorgen und für bestimmte Warengattungen eigene Kaufhäuser zu bauen. So entstanden u. a. das Leinwandhaus, das Flachshaus, die Wollküche, das Tirtei- (leinenartiges Gewebe) Haus, das Fischkaufhaus. An die Stelle des alten Kramhauses trat 1373 die neue „Halle“, vor deren Erbauung der städtische Baumeister die Hallen in Brüssel und Löwen besichtigt hatte. 1372 wurde die große Fleischverkaufshalle am Heumarkt errichtet, deren gotischer Torbogen mit einem altertümlichen Steinbildwerk in Hochrelief 1902 einem Straßendurchbruch zum Opfer fiel. Das Relief (vgl. Text-Abb. 3) befindet sich jetzt im Kreuzgang des städtischen Walraff-Richartz-Museums.

Außer diesem Hauptfleischhaus befanden sich noch solche bei St. Katharinen, bei den Weißen Frauen, an der Griechenpforte, auf dem Neumarkt, bei St. Aperi und am Eigelstein. 1442 wurde der Gürzenich-Bau begonnen, der im Obergeschoß den städtischen Fest- und Tanzsaal enthielt, während die unteren Räume als städtisches Kaufhaus eingerichtet waren und diesem Zwecke bis in die sechziger Jahre des XIX. Jahrhunderts hinein dienten. Das aus dem XV. Jahrhundert stammende Fischkaufhaus erwies sich im XVI. Jahrhundert als unzulänglich und führte zu lebhaften Vorstellungen der Händler wegen Raummangels und Feuergefährlichkeit. Deswegen wurde 1558 ein neues Fischkaufhaus am Rheinufer zu Füßen des großen St. Martinsturmes erbaut (Text-Abb. 1). 1568 wurde an der Nordseite dieses Fischkaufhauses ein neues Schlachthaus angebaut. Dieser Doppelbau diente seit Beginn der französischen Herrschaft in den Rheinlanden, 1798, zunächst den Zwecken der französischen Douane, später war darin das preußische Hauptzollamt untergebracht. Demnächst diente das Erdgeschoß dieses „Lagerhaus Mühlengasse“ genannten Baues Lagerzwecken, während das Obergeschoß dem Hafenkommisariat und der städtischen Hafenverwaltung Unterkunft gewährten, bis 1898 die neuen Kölner Hafenanlagen eröffnet wurden. Der Bau blieb erhalten und erfuhr eine durchgreifende Erneuerung, um nunmehr unter dem Namen „Stapelhaus“ im Erdgeschoß eine städtische Gartenwirtschaft



Architekt O. Müller gez.

Abb. 4. Blick in die Gasse Auf dem Himmelreich.  
(1901 abgebrochen für den Bau der Markthalle.)

aufzunehmen, während im Ober- und Dachgeschoß ein naturhistorisches Museum untergebracht wurde.

Die feste und ins einzelne ausgebaute Ordnung des ganzen Marktwesens, wie sie das Mittelalter überlieferte, blieb auch für die Folge bis in das XIX. Jahrhundert hinein bestehen. Die alten Verordnungen blieben vorbildlich und wurden ihrem Inhalte nach, teilweise fast wörtlich, häufig wiederholt. Besonders häufig kehren immer wieder die Verordnungen gegen den aus dem Mittelalter her bekannten „Vorkauf“, d. h. den Verkauf der Lebensmittel vor der Feilhaltung auf offenem Markt. Wer bei solchem Vorkauf betroffen wird, dessen Gut verfällt zugunsten der Waisen und Findlingskinder.

Als 1804 der Kaiser Napoleon in Köln war, erließ er unterm 18. September ein Dekret, worin der Stadt das alte Stapelrecht bestätigt und die Anlage eines Freihafens bewilligt wurde zur abgabenfreien Niederlage der aus dem Auslande ankommenden Waren. Auch im übrigen lebten zur Franzosenzeit die alten Verordnungen wieder auf, und in der nachfranzösischen Zeit spielte sich das Marktwesen ebenso in den herkömmlichen Gleisen und im Rahmen von Verordnungen ab, die denen der vorangegangenen Zeitabschnitte nachgebildet waren. Infolge des allgemeinen Niederganges, dem die Stadt während der letzten drei Jahrhunderte langsam aber unaufhörlich anheimgefallen war, hatte auch das einst so blühende Markt- und Handelstreiben seine Regsamkeit und seinen Glanz eingebüßt und war endlich ganz auf dem Stand kleinbürgerlicher Krämerei angekommen. Mit dem zweiten Drittel des XIX. Jahrhunderts beginnt dann langsam ein neuer Handelsaufschwung, vornehmlich geweckt durch die Einführung der Dampfschiffahrt auf dem Rhein und den Bau der Rheinischen Eisenbahn.

Um die Mitte des vorigen Jahrhunderts begannen die Bestrebungen, den Marktverkehr von den offenen Plätzen in bedeckte Hallen zu verlegen. Bereits im Jahre 1852 wurde ein Kostenanschlag zur Überdeckung des Altenmarktes und des Apostelnmarktes aufgestellt, doch sah man von der Ausführung dieser Pläne wegen der Kosten ab.

1860 wurde abermals ein Antrag auf Errichtung einer bedeckten Markthalle eingereicht, mit dem Hinweis auf das Beispiel anderer großer Städte. Für die derzeitigen Zustände bezeichnend sind die Beschwerden, daß der Gürzenichsaal bei Konzerten mit übelen Gerüchen aus den im Untergeschoß lagernden Marktwaren angefüllt sei. Im Jahre 1866 schien die Errichtung einer Markthalle der Verwirklichung nähergerückt, indem beschlossen wurde, aus einer im Gesamtbetrage von 700 000 Tlr. aufzunehmenden städtischen Anleihe den Betrag von 25 000 Tlr. für die Errichtung eines Packhofs und einer Markthalle zu verwenden. Durch den Krieg geriet indes die Stadt in schwierige Geldverhältnisse, die Verausgabung des Betrages unterblieb, und der aus der Anleihe verbleibende Rest wurde dem städtischen Haushalte zugeführt. 1885 endlich gelangte der Entwurf der Markthalle an der Severinstraße zur Annahme (vgl. Lageplan Abb. 1 Bl. 20).

Der anfänglich flotte Geschäftsverkehr in der 1886 eröffneten, später auf 1428 qm Baufläche vergrößerten Halle hielt auf die Dauer nicht an, vielmehr flaute er mit der Zeit immer mehr ab. Zum Teil war dies eine Folge davon, daß der auf dem Altenmarkt abgehaltene Hauptmarkt wegen Platzmangels immer mehr auf den Heumarkt hinübergriff, wodurch die ohnedies zu geringe Entfernung der Halle vom Mittelpunkt des Lebensmittelverkehrs noch weiter verkürzt wurde. Dadurch mußte der Handel in der Halle leiden, denn ein selbständiger Markt ist nur in gewissem Abstände — etwa 1000 bis 1500 m — von einem anderen Markte lebensfähig, um so mehr, wenn die Bedeutung des letzteren ohnedies eine



Architekt O. Müller gez.

Abb. 5. Hofansicht der Häuser Auf dem Himmelreich 14 u. 16a.  
(1901 abgebrochen für den Bau der Markthalle.)

vorherrschende ist. Auch waren die Einrichtungen in der Halle, insbesondere die Kellerräume, nicht geeignet genug, um einen besonderen Anreiz für Händler wie Käufer zu bieten.

Infolge der ständig zurückgehenden Ergebnisse dieser ersten Markthalle nimmt es nicht wunder, daß die Stadtverwaltung gegenüber den mehrfach aus der Bürgerschaft hervorgegangenen Eingaben, auch in anderen Stadtteilen Markthallen zu errichten, vorderhand eine vorsichtige Zurückhaltung beobachtete, um so mehr, als die Grundstücke, auf die jene Eingaben hinwiesen, sehr teuer waren. In der Folge wurden indes die Zustände auf dem Alten- und Heumarkte unhaltbar. Auf dem Heumarkte hatte sich ein blühender Großhandel entwickelt, der nicht nur die immer größer gewordene Stadt mit Lebensmitteln versorgte, sondern auch in das benachbarte Bergische Land, ja bis tief hinein in den niederrheinisch-westfälischen Industriebezirk seine Absatzbeziehungen unterhielt. Dem genügte der vorhandene Raum nicht mehr im entferntesten. Hinzu kam, daß der bevorstehende elektrische Betrieb der Straßenbahnen und die damit vorauszusehende weitere Steigerung des Straßenverkehrs es nötig machten, die bisherige Marktfläche noch weiter zu beschneiden. Damit schien es völlig unmöglich, den ohnedies schon über das zulässige Maß hinaus eingeengten Marktverkehr weiter noch in der bisherigen Weise auf diesen offenen Plätzen zu belassen. Die Errichtung einer Hauptmarkthalle als Ersatz der offenen Märkte war zu einer unabwiesbaren Notwendigkeit geworden. Anfangs des Jahres 1899 einigte man sich in dem hierfür eingesetzten städtischen Ausschuß über die Platzfrage, und in der Sitzung vom 6. Dezember 1900 fanden die vom Stadtbauinspektor Schilling aufgestellten Skizzen, in der Sitzung vom 19. und 20. Dezember 1901 die Baupläne die Zustimmung der Stadtverordneten-Versammlung.

#### Die Baustelle.

Die Gegend, in der sich das Kölner Marktleben seit dem frühen Mittelalter bis auf die Jetztzeit abgespielt hat, lernten wir kennen. Es leuchtet ein, daß beim Übergang von den offenen Märkten in eine Halle die geschichtliche Entwicklung des Marktverkehrs ihre Beachtung erheischte, wollte man nicht den Lebensmittelhandel vor schwere Erschütterungen stellen und die mit einem solchen Übergang ohnedies verbundenen Schwierigkeiten noch vergrößern. Dies wies darauf hin, den Bauplatz für die Hauptmarkthalle in möglicher Nähe des Alten- und Heumarktes zu suchen. Diese Plätze selbst waren für die Errichtung der Halle zu klein.

Für die Entwicklung der Hauptmarkthalle einer Großstadt ist ferner die Ausnutzung der vorhandenen Verkehrsmittel von größter Bedeutung. Als solche kamen für Köln in Frage: die Staatseisenbahn; die Rheinschiffahrt; die Köln-Bonner Kreisbahn, gemeinlich „Vorgebirgsbahn“ genannt, eine Kleinbahn, die von Bonn aus dem obst- und gemüsereichen Vorgebirge entlang nach Köln geführt ist; die im Bau begriffene „Rheinuferbahn“, die von Bonn aus dem Rheinstrom folgend nach Köln führt; die elektrischen Straßenbahnen mit ihren Fortführungen in den geplanten Kölner Vorortbahnen, die namentlich in das rechtsrheinische Hinterland hineingreifen.

Alle diese Verkehrsbeziehungen auf einen Punkt ausmünden zu lassen und gleichzeitig der bisherigen Entwick-

lung des Marktlebens Rechnung zu tragen, war nur an einer einzigen Stelle im Stadtplan (Abb. 1 Bl. 20) möglich, nämlich auf dem zwischen dem Rhein, dem Heumarkt, der Friedrich-Wilhelmstraße (der alten Markmannsgasse) und der Rheingasse liegenden Gelände. Hier standen teilweise noch die ehemaligen Häuser der nachmittelalterlichen Großkaufleute, jetzt vielfach untergeteilt in Arbeiterwohnungen und in verwahrlostem Zu-

stande (Text-Abb. 4 u. 5). Dieses enge Gassengewirr, ehemals das Herz des Kölner Handelsbetriebes, gehörte nunmehr zu den zurückgebliebensten Stadtvierteln und gab sowohl in öffentlich-gesundheitlicher, wie feuer- und sicherheitspolizeilicher, und nicht zum letzten auch in sozialer Hinsicht zu den ernstesten Bedenken Anlaß. Der Bau der Markthalle auf dieser Stelle bot die wenn auch kostspielige, so doch willkommene Gelegenheit, hier ein Werk großen Stils zur Verbesserung der Wohnverhältnisse zu schaffen. Daß hierbei leider auch das eine oder andere fallen mußte, das man gerne erhalten hätte, mag man bedauern, erscheint aber durch die großen Interessen, die hier in Frage standen, gerechtfertigt. Insgesamt wurden 9527 qm Grundfläche von 48 verschiedenen Besitzern für 3158500 Mark freihändig erworben und vier Grundstücke mit zusammen 829 qm Größe enteignet.

#### Gesamtanordnung und Raumverteilung.

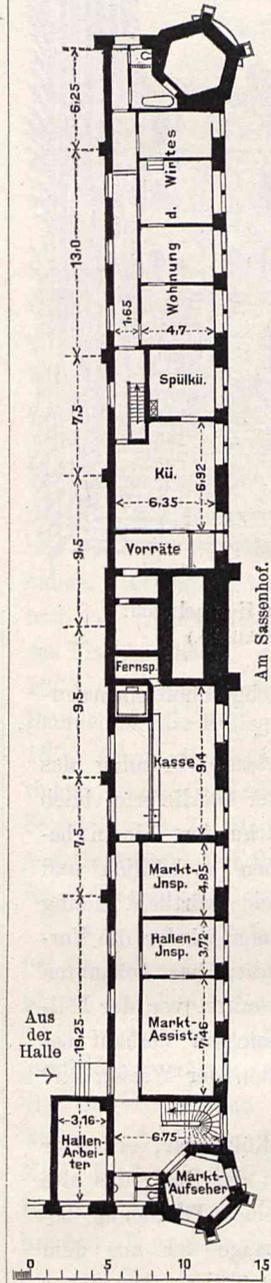


Abb. 6. Zwischen-  
geschoß am Sassenhof.  
(Wirtswohnung und Ver-  
waltungsräume.)

Die Gesamtanordnung der Halle wurde in erster Linie beeinflusst durch die an die Halle heranzubringenden Bahnanlagen, durch die Höhenlagen der umliegenden Straßen und durch die Notwendigkeit, das Erdgeschoß der Halle hochwasserfrei zu legen. Erschwert wurde die Lösung durch die vorhandenen ziemlich erheblichen Höhenunterschiede. Die Südostecke des Heumarktes liegt auf etwa + 10,70 m Kölner Pegel, die Leystapelwerft auf + 7,50 m Kölner Pegel, zwischen beiden besteht also ein Höhenunterschied von 3,20 m. Der höchste Wasserstand des 19. Jahrhunderts (28. Nov. 1882) betrug + 9,52 m Kölner Pegel. Die Eingänge zur Halle liegen sämtlich in der Bürgersteighöhe der umliegenden Straßen, bis auf den nur von Fußgängern benutzbaren Eingang an der Nordostecke. Somit lagen längs der vier Umfassungswände die Höhen des Hallenfußbodens fest, der zwischen diesen Höhen vermittelnd schiefe Ebenen bildet und einen größten Höhenunterschied von 1,50 m aufweist, was indes den räumlichen Inneneindruck in keiner Weise beeinträchtigt.

Das Erdgeschoß (Abb. 2 Bl. 20) der Halle wird in der Richtung von Süd nach Nord durch eine 9 m breite Fahrstraße in zwei Hälften geteilt. Der östliche, dem Rhein und

dem Staatsbahngleis zu belegene Teil dient vorzugsweise dem Großhandel, der westliche, der Stadt zugekehrte Teil dem Kleinhandel. Die Breite der Fahrstraße wurde so gewählt, daß eine freie Fahrbahn in der Mitte auch dann noch verbleibt, wenn beiderseits Fuhrwerke aufgestellt stehen, wobei zu berücksichtigen war, daß es sich vielfach um sperriges und unbeholfen geführtes Landfuhrwerk handelt. Die Fahrstraße hat ein durchschnittliches Gefälle von 1:70. Die Verkaufsflächen sind durch 2 m breite Fußgängerwege abgeschlossen. Vor den an der westlichen Umfassungsmauer aufgestellten Metzgerständen ist der Weg auf 2,65 m verbreitert. Entsprechend den in Berlin gemachten Erfahrungen sind die Metzgerstände nur an den Umfassungsmauern aufgestellt, nicht auch inmitten der Halle. Die Verkaufinseln liegen gegen die Wege um 7 cm erhöht. Die den Metzgerständen zunächst belegene Inselreihe wurde mit festen Standeinrichtungen für mietweise Überlassung an Obst- und Gemüsehändler versehen. Die drei am Nordende der Fahrstraße liegenden Inseln sind für den Fischverkauf eingerichtet, und zwar ist die erste Insel mit Wasserbecken und Vorrichtungen zur Aufbewahrung lebender Fische ausgerüstet. Für den städtischen Verkaufsvermittler, dem insbesondere die öffentliche Versteigerung von Waren obliegt, ist in der Südostecke am Entladesteig der Staatsbahn ein größerer Stand eingefriedigt.

In einer großen Markthalle, in der, wie vorliegend, das Einbringen der Waren bereits im Sommer um 1 Uhr, im Winter um 4 Uhr nachts beginnt, besteht das Bedürfnis nach einer Speisewirtschaft. Diese ist in der Nordwestecke des Erdgeschosses angelegt. Im Sommer wird ein Teil des vor der Wirtschaft liegenden Bürgersteigs zum Wirtschaftsbetriebe hinzugenommen, dann lassen sich die großen Spiegelglasfenster des Gastraumes in den Keller versenken. Die Küchen- und Wohnräume des Wirtes liegen unmittelbar über den Gasträumen in einem Zwischengeschoß, das hier zwischen Erdgeschoß und Galerie eingeschaltet ist (Text-Abb. 6).

Auf der anderen Seite der Nordfront sind mehrere kleine Kontore für Großhändler vorhanden, über denen, ebenfalls in einem Zwischengeschosse, die Büroräume und Kasse der Marktverwaltung sowie Aufenthaltsräume für die Aufseher und Hallenarbeiter liegen. Diese sind sowohl von dem Podeste

der nordöstlichen Gallerietreppe, wie von einer besonderen Treppe aus zugänglich, zu der man von der Straße aus durch den nordöstlichen Eingang gelangt.

Die Galerie (Abb. 1 Bl. 21) liegt in einer Höhe von +16,65 m Kölner Pegel, d. i. 5,45 bis 6,95 m über dem Erdgeschoßfußboden. Dieser liegt längs der Nordseite am tiefsten, so daß hier die größte Höhe unter der Galerie entstand. Sie wurde an dieser Seite aber noch um 1 m höher gelegt, so daß eine Gesamthöhe von 7,95 m zur Verfügung stand und diese Höhe nunmehr eine Zwischenteilung erfahren

konnte, wodurch, wie oben bemerkt, die Verwaltungsräume, sowie die zur Wirtschaft gehörige Küchenanlage und Wohnung untergebracht werden konnten, ohne anderwärts Platz wegzunehmen. Die Südseite der Galerie ist 11,75 m breit und dient vorzugsweise dem Blumenhandel. An der Südwestecke ist ein eigener Raum mit abschließbaren kleinen Käfigen zur Aufbewahrung von lebendem Geflügel vorhanden. Die Verkaufinseln sind auf der Galerie um 5 cm über die Fußwege erhöht.

Der Keller (Abb. 2 Bl. 21) ist durch Brandmauern in mehrere Abteilungen geteilt, die untereinander durch feuer- und rauchsichere Türen verbunden sind. Unter dem nordwestlichen Viertel der Halle befindet sich ein 1831 qm großer Lagerkeller mit 101 abschließbaren verschieden großen Abteilen, die aus Eisen-

gerippe und Drahtwänden hergestellt und zusammen 771 qm groß sind. Unter der Ostseite liegt ein zweiter 1846 qm großer Lagerkeller für Großhändler. Dieser ist mit Abteilen gleicher Art versehen, wie der erste Lagerkeller, nur sind hier die eingefriedigten Abteile größer; 15 Abteile haben eine Gesamtgröße von 900 qm. Eine dritte Raumgruppe bildet die Kühlanlage mit den zugehörigen Maschinenanlagen. Aus den Maschinenräumen gelangt man über eine kleine Wendeltreppe in die Wohnung des Maschinenmeisters, die in einem Zwischengeschosse über dem Straßendurchgang Kühlgasse-Thurnmarkt und über dem Stande des Verkaufsvermittlers liegt.

Die vom Erdgeschoß zur Galerie führenden Treppen sind auch in den Keller hinuntergeführt. Außerdem sind Keller, Erdgeschoß und Galerie durch sieben Warenaufzüge miteinander verbunden, von denen drei eine Tragfähigkeit von

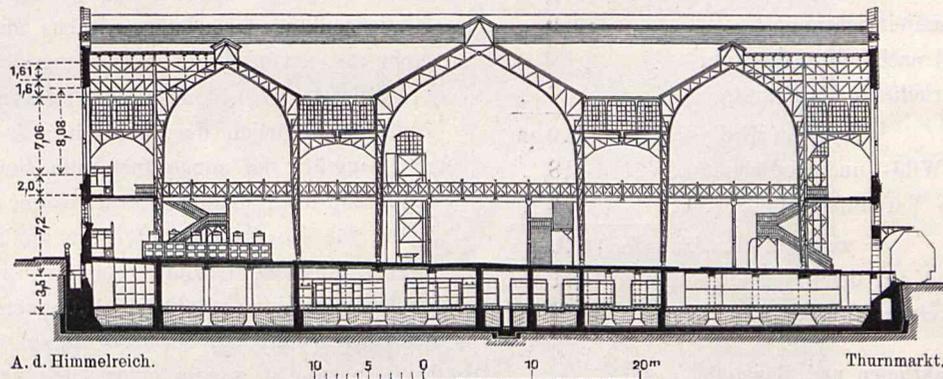


Abb. 7. Schnitt dd durch die Hauptmarkthalle (vgl. Text-Abb. 14 u. Abb. 2 Bl. 20).

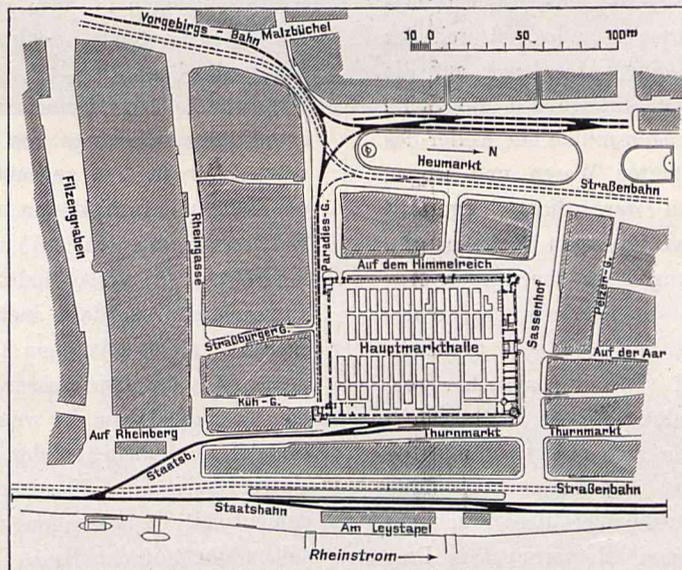


Abb. 8. Lageplan nach Errichtung der Hauptmarkthalle.

— Staatsbahn. - - - Vorgebirgsbahn.  
- - - Straßenbahn.

1000 kg, vier eine solche von 600 kg besitzen. Aus jedem der Lagerkeller führen zwei Treppen unmittelbar ins Freie.

Die nach Abzug aller Gänge, Wände, Treppen, Aufzüge, Bureauräume usw. verbleibenden reinen Verkaufsflächen haben folgende Abmessungen:

im Erdgeschoß	41 Metzgerstände . . .	zus.	164 qm
„	„ 142 Gemüsestände . . .	„	568 „
„	„ 21 Fischverkaufsstände . . .	„	107 „
„	„ eingefriedigte Großhändlerstände . . . . .	„	586 „
„	„ freie Verkaufinseln ohne Standeinrichtungen . .	„	1489 „
„	„ desgl. nach Schluß des Fuhrverkehrs in der Fahrstraße	„	396 „
		zus. im Erdgeschoß	3310 qm
auf der Galerie	12 Wild- und Geflügelstände .		48 „
„	„ freie Verkaufinseln . . . .		1578 „
		zus. auf der Galerie	1626 qm

Im Erdgeschoß und auf der Galerie zusammen sind im ganzen also 4936 qm reiner Verkaufsfläche vorhanden.

#### Konstruktionen und Baustoffe.

Die Gründung des Gebäudes erforderte besondere Maßnahmen in Rücksicht auf die Nähe des Rheinstromes und seine Beeinflussung des Grundwasserstandes. Durch das Grundwasser ist unter Umständen ein Wasserdruck auf die Kelleraußenmauern und ein starker Auftrieb auf die Sohle des Bauwerkes zu erwarten. Hiergegen mußte der Keller des Gebäudes wegen der daselbst gelagerten Waren und wegen der kostspieligen Maschinenanlagen wasserdicht hergestellt werden. Da man über die hierzu geeignetsten Vorkehrungen sowie über die bei den Berechnungen zu machenden Annahmen im Zweifel sein konnte, um so mehr, als in Höhe der zukünftigen Kellersohle der Untergrund noch sehr ungleichmäßig zusammengesetzt war, und viele der aus den verschiedensten Jahrhunderten stammenden Gebäude, insbesondere deren Brunnen und Gruben, tiefer hinabreichten, und da durch die wasserdichte Herstellung des Kellers jedenfalls erhebliche Kosten bevorstanden, wurde über diese Frage ein Gutachten des verstorbenen Geheimen Regierungsrats Professor Dr. Intze in Aachen eingeholt, nach dessen Angaben sodann die nachstehend beschriebene Gründung erfolgt ist.

Beobachtungen des Grundwasserstandes hatten gezeigt, daß an der dem Rheine zugekehrten Ostseite des Baugebietes bereits am zweiten Tage, an der vom Rheine weiter ab liegenden Westseite am fünften Tage die Schwankungen des Rheinspiegels sich im Grundwasserstande bemerkbar machten. Im allgemeinen steht bei niedrigem Rheinspiegel das Grundwasser etwas höher, bei hohen Rheinwasserständen etwas niedriger als der Rhein. Dabei verlaufen die beobachteten Grundwasserschwankungen langsamer wie diejenigen des Rheinwassers und erreichen nicht dessen größte Höhen- und Tiefpunkte. Die Höhe eines Grundwasserstandes hängt natürlich ganz wesentlich von der Zeitdauer eines Hochwasserstandes im Rheine ab. Da indessen die höchsten Rheinwasserstände (+ 9,52 Kölner Pegel am 28. Nov. 1882) nur wenige Stunden anhalten und im Laufe einiger Tage schon um 1 m und mehr zu fallen pflegen, so kann man als wahrscheinlich annehmen, daß der höchste Grundwasser-

stand nicht die volle Höhe eines Rheinhochwasserstandes erreicht und vielleicht um 1 m und mehr tiefer bleiben wird. Bei Berechnung der Kellersohle gegen Wasserauftrieb erschien es jedoch nicht ratsam, einen geringeren Grundwasserdruck anzunehmen, als dem höchsten Hochwasserstande des Rheines von 9,52 m entspricht. Da es nicht möglich war, mit Sicherheit das Maß anzugeben, um das der Grundwasserstand in Wirklichkeit hinter dem Hochwasserstand zurückbleiben wird, andererseits aber verlangt werden mußte, daß die Gründung auch für den denkbar ungünstigsten Fall noch ausreichende Sicherheit bietet, so wurde das etwaige Mindermaß des Grundwasserdrucks nicht berücksichtigt, vielmehr als erwünschte Vergrößerung der Sicherheit angesehen.

Bei der Festsetzung der Tiefe der Fundamentsohle trat zunächst natürlich der Wunsch auf, diese Fundamentsohle nicht unnütz tief anzuordnen, um sowohl an den Kosten der Gründung nach Möglichkeit zu sparen, als auch die Schwierigkeiten für die Ausführung nicht unnütz zu vergrößern und ebenso für hohe Grundwasserstände nicht einen übermäßig großen Auftrieb zu erzeugen. Andererseits war die Beschaffenheit des Untergrundes zu berücksichtigen. Nach den angestellten Probebohrungen war in einer Tiefe von etwa + 4 m Kölner Pegel fast überall tragfähiger Sand und Kies zu erwarten, nur an wenigen Punkten standen örtliche Nester nicht tragfähiger Schichten — Schutt, Fließsand (in Köln sogen. Puffsand), alte Brunnen — in Aussicht. Da für den Fußboden der Kellerräume bei hinreichender Höhe derselben eine durchschnittliche Höhenlage von + 6,55 Kölner Pegel angenommen war, so ergab sich gegenüber + 4 m Kölner Pegel allerdings ein Höhenunterschied von der festen Fundamentsohle bis zur Kellersohle von etwa 2,55 m. Mit der Fundamentplatte höher hinaufzugehen, verbot indes nicht nur die Beschaffenheit des Untergrundes, sondern auch die Notwendigkeit einer von dem Bauwerk nicht gebotenen hinreichenden Belastung der Fundamentplatte, um dem Wasserdruck das Gleichgewicht zu halten. Der Grundgedanke der von Intze vorgeschlagenen Gründung bestand nun darin, in der angegebenen Tiefenlage des festen Untergrundes eine hinreichend starke und wasserdichte Fundamentplatte zu schaffen und für die nötige Auflast derselben den auf der Baustelle in großen Massen und in vorzüglicher Beschaffenheit vorhandenen, aus den Abbrüchen und dem Aushub stammenden Füllboden zu verwenden. Der Kellerfußboden wurde dann für sich oberhalb dieser Auffüllung angeordnet. Auf diese Weise war es möglich, mit möglichst wenig Kosten die erforderliche Sicherheit zu schaffen.

Da bei der Ausdehnung des Gebäudes es außerordentlich schwer gewesen sein würde, eine so große Fundamentplatte aus Beton, auch bei den größten Vorsichtsmaßregeln und bei Anwendung besten Betons, unbedingt wasserdicht zu erhalten, so mußte zur Vorsicht eine Dichtungsschicht vorgesehen werden, die selbst bei kleinen Rissen im Beton die nötige Sicherheit gegen Durchsickern des Wassers bietet und geringfügigen Bewegungen folgen kann, ohne undicht zu werden. — Zu diesem Zwecke wurde in die Baugrube zunächst eine 15 cm dicke Betonschicht eingebracht, um eine glatte Unterlage für die wasserdichte Schicht herzustellen (Text-Abb. 11). Dieser Beton bestand aus 2 Raumteilen sandlosem Kies und 1 Raumteil Zementmörtel, der aus 1 Teil Portlandzement und 4 Teilen Sand bereitet war. Die

wenigen unterhalb dieser Schicht noch vorhandenen Nester schlechten Baugrundes wurden ausgehoben und mit einem Beton von 1 Teil Zement und 15 Teilen sandhaltigem Rheinkies

bestandteile und 10 vH. Faser. Die Stöße der Isolierlage wurden mit etwa 10 cm Überdeckung mit Asphaltklebmasse zusammengeklebt. Sodann wurde die ganze Lage mit einer



Abb. 9. Gründungsarbeiten.

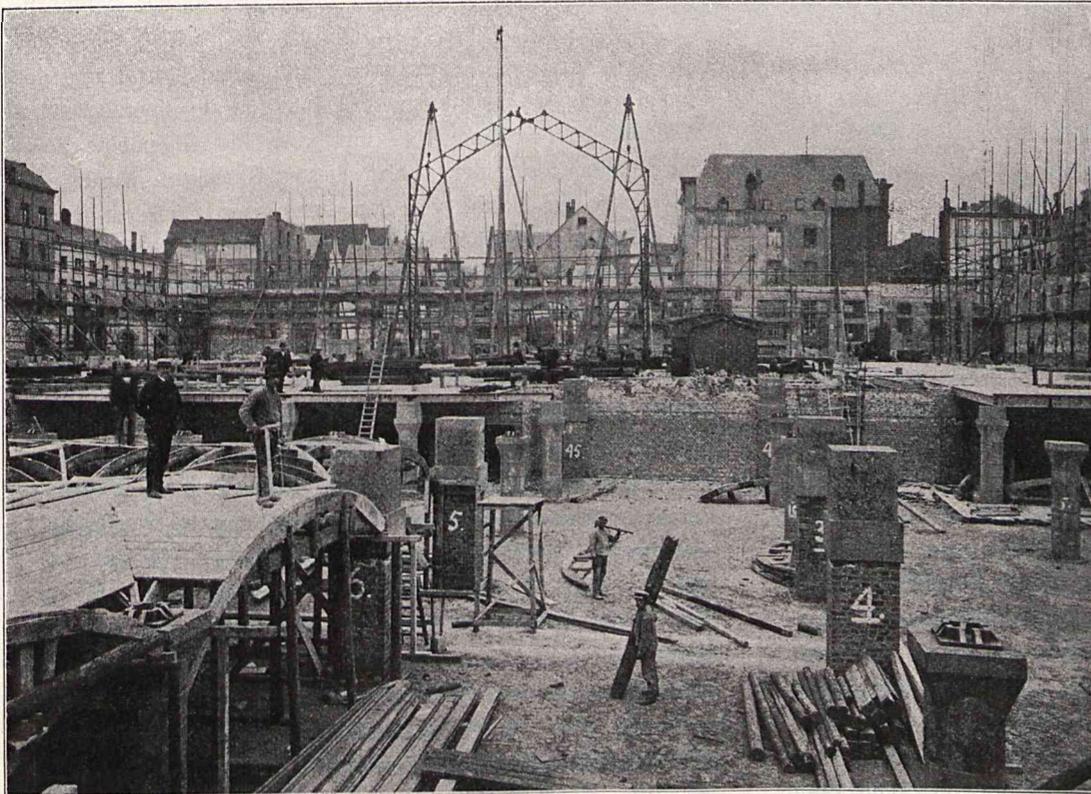


Abb. 10. Aufstellen des ersten eisernen Dachbinders (6. Juni 1903).

ausgefüllt. Auf der unteren Betonabgleichung wurde dann eine 1 cm dicke Isolierlage hergestellt, bestehend aus einer Asphaltmasse mit eingelagertem Jutegewebe, und zwar enthielt die Isolierlage etwa 50 vH. Naturasphalt, 40 vH. Mineral-

bestandteile und 10 vH. Faser. Die Stöße der Isolierlage wurden mit etwa 10 cm Überdeckung mit Asphaltklebmasse zusammengeklebt. Sodann wurde die ganze Lage mit einer holzzementartigen Asphaltmasse überstrichen und darauf eine Schutzlage von Ruberoidpappe aufgebracht, deren Stöße gegen die der unteren Lage versetzt wurden. Die Ruberoidlage wurde sodann ebenfalls mit einem Holzzementüberstrich versehen. Das zähe und sehnige Ruberoid diente vornehmlich dazu, die untere Isolierschicht beim Aufbringen der oberen Betonplatte vor Beschädigungen zu schützen. Auf die Isolierlage wurde dann eine durchgehende, an den dünnsten Stellen 50 cm starke Betonplatte aufgebracht, die aus 7 Teilen sandlosem Kies und 4 Teilen Mörtel bestand. Letzterer war aus 2 Teilen Zementmörtel (1 : 3) und 1 Teil Kalktraßmörtel ( $1\frac{1}{2}$  Traß, 1 Kalk, 2 Sand) zusammengesetzt. Ein derartiger Zementkalktraßbeton, wie er von Intze vielfach bei den Talsperrenbauten verwendet wurde, hat bei verhältnismäßiger Wohlfeilheit eine große Dichtigkeit und vor allem größere Elastizität, wie bloßer Zementbeton. Als Zement wurde ausschließlich bester Portlandzement, von Traß nur Nettetaltraß feinsten Mahlung (sogen. Intzesche Talsperrenmahlung) verarbeitet. Auf die vorbeschriebene Platte wurden dann sämtliche Mauern und Stützpfiler des Bauwerks in Zementbeton 1 : 10 aufgesetzt. Dabei wurden diese Fundamente nach der Platte zu derart verbreitert, daß auf die Platte nirgends ein höherer rechnungsmäßiger Druck als 2,5 kg/qcm kommt, so daß

Setzungen und Abscherungen der Platte infolge örtlicher Druckverschiedenheiten nirgends zu befürchten stehen.

Die Fundamentplatte erhielt ein beiderseitiges Gefälle zur Mitte und ein Gesamtgefälle von Süd nach Nord, außer-

dem erhielten die einzelnen Felder zwischen den Fundamentmauern bzw. Pfeilern Quergefälle. Über die ganze Platte wurde dann ein Netz von Drainrohren verlegt, die in einen in der Mitte der Platte von Süd nach Nord verlaufenden Sammelstrang münden. Letzterer hat Ausfluß in eine unter der Hauptausfahrt belegene Zisterne. Diese Drainage hat den Zweck, für den Fall, daß in der Platte doch noch Undichtigkeiten sein sollten, das etwa durchsickernde Wasser abzuführen und in die Zisterne zu leiten, aus der es mittels einer elektrisch betriebenen Kreiselpumpe in die unter der Kellerdecke hängende Hauptentwässerungsleitung abgepumpt werden kann. Die Drainage erwies sich aber auch während der Bauausführung bis zur Fertigstellung des Daches als sehr vorteilhaft für die Abführung des in den Bau eindringenden Regenwassers, das infolge der wasserdichten Herstellung der Sohle nicht versickern konnte und daher ausgepumpt werden mußte. Der Umstand, daß jedesmal nach heftigen Regengüssen und nach der Schneeschmelze die Drainage sehr stark Wasser führte, daß dagegen nach Fertigstellung des Bauwerks der Zufluß zur Zisterne immer spärlicher wurde und schließlich versiegte, läßt den Schluß zu, daß die Platte tatsächlich wasserdicht ist oder wenigstens keine größeren Undichtigkeiten haben kann. Die Drainröhren bestehen aus glasierten Tonröhren von 75 mm lichter Weite, die auf der oberen Hälfte mit kleinen Löchern versehen sind. Damit diese Löcher sich nicht verstopfen, wurden die Röhren mit einem lockeren Jutegewebe umwickelt. Bei der Einmündung in den 200 mm weiten Sammelrohrstrang sind Einsteigschächte angelegt. Außerdem ist das Ende der einzelnen Drainrohrstränge mit einem Kniestück aufwärts bis zum Kellerfußboden hochgeführt, um nachspülen zu können.

Der Zwischenraum, zwischen der Fundamentplatte und dem Kellerfußboden, der eine durchschnittliche Höhe von 1,50 m hat, wurde mit reinem Sand verfüllt, der aus der Ausschachtung gewonnen war. In diesen Sand wurden die beim Abbruch der alten Kellermauern massenhaft gewonnenen schweren Basaltsteine aus Säulenbasalt (in Köln „Unkelsteine“ genannt) eingebettet. Dadurch wurde das Einheitsgewicht der Auffüllung, welche ja die dem Wasserauftrieb entgegenwirkende Auflast herstellen soll, vergrößert, und diese schweren Steine, die sich nur sehr mühsam zerkleinern lassen, brauchten nicht fortgeschafft zu werden.

Die Fundamentplatte wurde an den Seiten bis zur hochwasserfreien Höhe von + 9,52 Kölner Pegel hochgeführt und zwar teils als geböschte Futtermauer von genügender Stärke, um dem eintretendenfalls durch Wasserdruck vermehrten seitlichen Erddruck selbständig widerstehen zu können, teils als segmentbogenförmig gewölbte und gegen die Kellermauern verstrebt Lichtschachtmauer. Diese seitlichen Futtermauern wurden im gleichen Zementkalktraßbeton hergestellt, wie die Fundamentplatte. Die Außenfläche der Futtermauern wurde sodann mit Siderosthen-Lubrose gestrichen und hierauf die gleiche doppelte Isolierschicht aufgebracht, die zur Dichtung der Sohle dient. Die Seiten- und die Sohlen-Dichtung bildet eine ununterbrochene Isolierschicht. Um sie an den Umbiegestellen aus der wagerechten in die lotrechte Lage herstellen zu können, wurde die unterste 15 cm starke Betonschicht, die unter der Sohlenisolierung liegt, an allen

vier Seiten ein Stück weitergeführt und hierauf kleine Stützmauern aufgesetzt, an denen die wagerechte Isolierung hochgeführt und auf welche die Enden derselben dann so lange aufgerollt niedergelegt wurden, bis sie an die mittlerweile fertiggestellten Futtermauern angeklebt werden konnten. An den Seiten kam die schützende Ruberoidlage nach außen zu liegen und erhielt nochmals einen Überstrich von Siderosthen-Lubrose. Um beim Verfüllen der Baugrube die Isolierschicht oberhalb der kleinen Stützmauern zu schützen, wurde ihr schließlich ein Schutzmäuerchen aus Ziegelmauerwerk,  $\frac{1}{2}$  Stein stark, in Zementmörtel vorgemauert.

Auf die vorbeschriebene Weise steht das ganze Bauwerk gewissermaßen in einem großen wasserdichten Kasten, dessen Seitenwände die nötige Steifigkeit besitzen und dessen Boden durch Auflast gegen den Auftrieb gesichert ist. Daß die wasserdichte Isolierschicht die erwünschte Elastizität besitzt, um kleinere Bewegungen des Bauwerks ohne Schaden mitmachen zu können, wurde durch den weiteren Bauverlauf bestätigt. Gegen Ende des Baues zeigte sich quer durch den später noch zu erwähnenden Heizkanal ein kleiner Setzriß, der mehrere Millimeter stark sich durch die Kellermauer, die Sohle des Heizkanals und die äußere Futtermauer zog. An dieser Stelle wurde die Sohle bloßgelegt und ein Stück aus der Isolierung herausgeschnitten, dessen Untersuchung zeigte, daß die Isolierschicht vollkommen zusammenhängend und unversehrt geblieben war, obwohl der Riß durch die ganze Dicke der Sohlplatte ging.

Die vorgeschriebenen Erd- und Gründungsarbeiten wurden, ebenso wie alle übrigen Betonarbeiten mit alleiniger Ausnahme der Kellerfußböden, durch die Kölner Betonbau-firma Helff u. Heinemann ausgeführt.

Die Eisenkonstruktion. Bei der Aufstellung des Bauentwurfs wurde die Grundrißeinteilung der überdeckenden Eisenhallen, die Binderlage und auch die allgemeine Form der Binder festgelegt. Auf dieser Unterlage wurde das Eisenwerk der Hallen von dem derzeitigen Professor an der Technischen Hochschule in Aachen — jetzt in Charlottenburg — H. Boost entworfen, berechnet und ausgearbeitet. Dabei wurde aus architektonischen Rücksichten gewünscht, daß die Binder nicht als Kastenbinder, sondern als einfache Binder ausgebildet würden, um ein übermäßiges Durcheinander von Stäben zu vermeiden und möglichst klare und übersichtliche Hauptformen zu erhalten.

Die Dachausmittlung (Text-Abb. 14) gibt eine Übersicht über die Gesamtanordnung. Die umschließenden Umfassungsmauern sind nicht imstande, selbständig dem sie beanspruchenden Winddruck zu widerstehen und ihn auf das Fundament zu übertragen. Die Mauern müssen sich daher gegen die Eisenkonstruktion anlehnen. Letztere mußte deswegen mit den Umfassungswänden verbunden werden, wodurch aber die Beweglichkeit der Eisenkonstruktion bei Wärmewechsel beeinträchtigt wurde. Es kam deshalb darauf an, die Konstruktion so zu gestalten, daß Wärmespannungen nach Möglichkeit vermieden wurden. Für die Binder wurden Dreigelenkfachwerkbogen gewählt, und auch bei den Pfetten wurde von Gelenkverbindungen Gebrauch gemacht.

Da der Hallenboden sehr verschiedene Höhenlagen aufweist, so mußten auch die Binder verschiedene Höhen haben.

Um jedoch die Binder gleicher Weite gleichartig zu gestalten, erhielten diese von der Höhe + 12,47 Köln. Pegel an aufwärts gleiche Form. Auch die Lager haben gleichartige Ausbildung und gleiche Höhe. Der Teil zwischen dem Lager und der Höhe + 12,47 wurde dann als veränderlicher Teil behandelt, in dem die Verschiedenheiten in der Höhe ausgeglichen wurden.

Die Pfetten wurden als Auslegerträger hergestellt. Der eingehängte Teil hat ein festes und ein bewegliches Lager. Am festen Lager wurden keine Bolzen angeordnet, die Ver-

bunden, da sie den Winddruck zu übertragen haben. Diese Verbindungen wurden sehr gediegen ausgebildet, um diese Teile der Pfetten als eingespannte Träger ansehen zu können. Der Winddruck gegen die Umfassungsmauern wird durch die Pfetten auf die nächsten Binder übertragen, weshalb die Gelenke in diesen Pfetten teilweise nicht mit Schlitzlöchern versehen wurden. Gelenke wurden aber dennoch angeordnet, einmal um den Auslegercharakter nicht zu stören, zum anderen auch, um die Pfetten in Rücksicht auf die Wärmeinflüsse nicht zu steif zu machen.

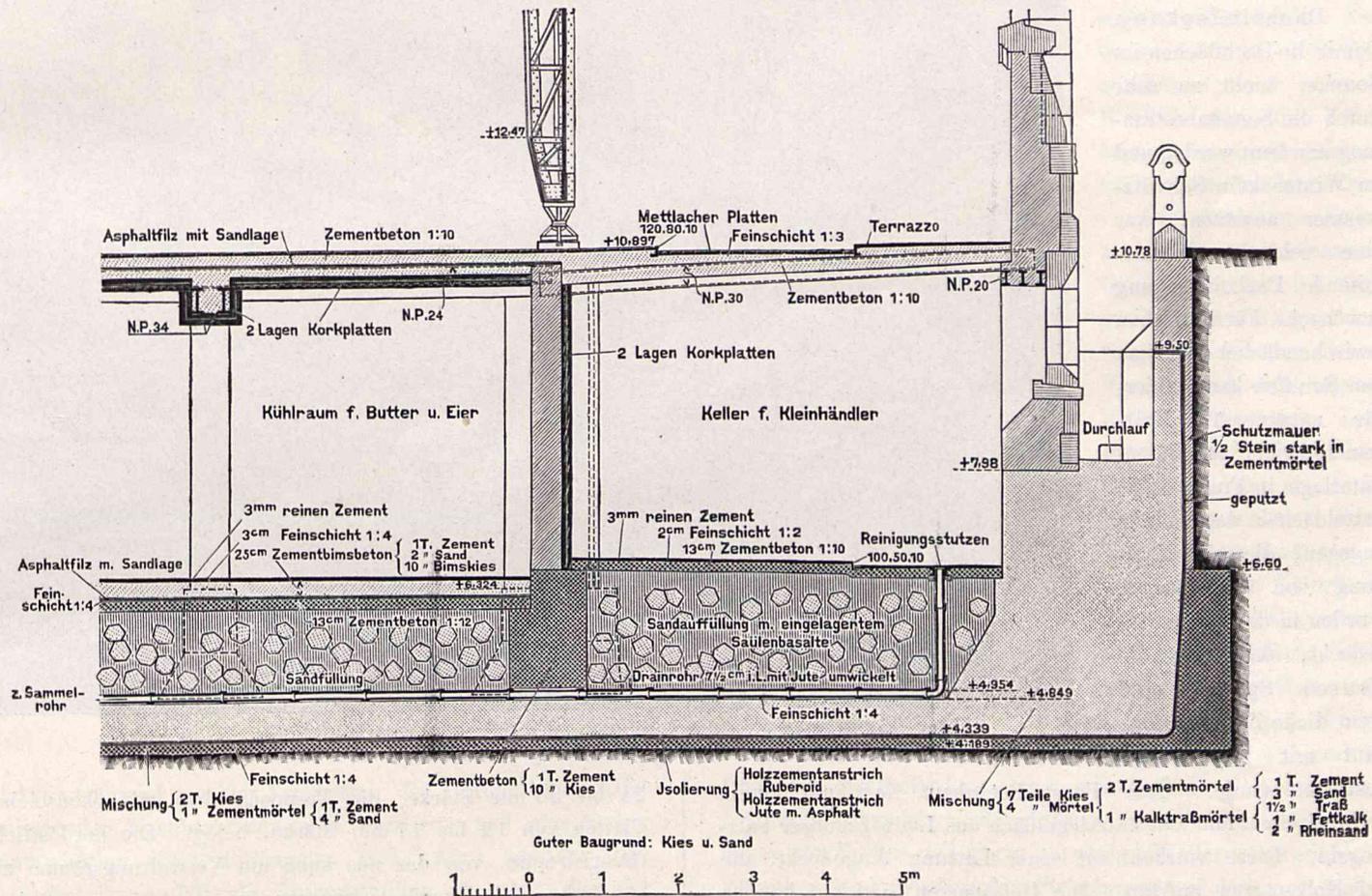


Abb. 11. Schnitt e-c durch die Grundmauern der Hauptmarkthalle.  
(Vgl. die Grundrisse Abb. 2 Bl. 20 und Abb. 2 Bl. 21.)

bindung aber nur im Obergurt hergestellt und so niedrig gestaltet, daß sie nennenswerte Momente aufzunehmen außerstande ist. Die Teilung der Pfetten wurde so vorgenommen, daß die Biegemomente in der Mitte des eingehängten Teils gleich den Momenten in der Mitte des Auslegers sind. Am Fuß der Ausleger ergaben sich größere Momente, doch ist hier die Trägerhöhe eine größere, so daß die größten Stabkräfte fast gleich werden. Die spannungslosen letzten Untergurtstäbe des eingehängten Teils wurden nicht fortgelassen, um die Stetigkeit der Untergurte nicht zu unterbrechen. Der Anschluß dieser Stäbe erfolgte mit Bolzen in Schlitzloch. Der Untergurt der Pfetten wurde nach der Mitte hin angehoben, um für die Pfetten ein gefälligeres Aussehen zu erhalten. Die Pfetten wurden nur für senkrechte Lasten berechnet und angenommen, daß die in die Dachfläche fallenden Kräfte von der steifen Dachhaut auf die Binder übertragen werden. Die Pfetten wurden, soweit sie an die Umfassungsmauern stoßen, mit diesen fest ver-

Der bei den Auflagern der Dreigelenkbinder entstehende wagerechte Schub, der bei einigen der Binder bis zu 7,5 t betragen kann, mußte unschädlich gemacht werden. Die Binder stehen im nördlichen Teil der Halle zumeist auf einzelnen, etwa 4 m hohen, gemauerten Pfeilern oder runden Basaltssäulen, zwischen denen Kreuzgewölbe aus Beton mit Eisen-einlage eingespannt sind (Abb. 2 Bl. 21 und Abb. 2 Bl. 23). Wengleich anzunehmen ist, daß diese Decke eine genügende Steifigkeit besitzt, um die Schübe aufzunehmen, zu verteilen und teilweise durch die Außenmauern auf die Fundamente zu übertragen, so erschien es doch besser, bei der Aufnahme der Schübe sich von der Decke unabhängig zu machen. Deshalb wurden die aus großen Basaltlavaquadern bestehenden Auflager von entsprechend ausgebildeten Eisenankern umschlungen und nach allen Seiten miteinander verbunden. Im südlichen Teil der Halle, der durch eine Trägerdecke mit zwischengestampften Betonkappen überdeckt ist, wurden die Trägerunterzüge durch aufgelegte Laschen miteinander ver-

bunden und zur Verankerung mitbenutzt. Somit ist anzunehmen, daß durch die Pfeiler und Säulen nur senkrechte Lasten auf die Fundamente übertragen werden.

Nach den von Herrn Professor Boost gefertigten Zeichnungen, Berechnungen und Erläuterungen, auf die sich die vorstehenden kurzen Mitteilungen stützen, wurde die gesamte Eisenkonstruktion der Hallen, wie auch diejenige der kleinen Dächer über den Ladesteigen, von der Kölnischen Maschinenbau-Akt.-Ges. Köln-Bayenthal angefertigt und aufgestellt.

**Dacheindeckung.** Damit die Dachflächen im Sommer nicht zu sehr durch die Sonnenbestrahlung erwärmt werden und im Winter kein Schwitzwasser ansetzen, war eine schlecht wärmeleitende Dacheindeckung erwünscht. Für die flachen Zwischendächer zwischen den Schiffen kamen hierfür naturgemäß Holzzementdächer auf Betonunterlage in Frage. Die Satteldächer der Schiffe dagegen, die eine Neigung von  $30^\circ$  haben, wurden in der Weise eingedeckt, daß über die eisernen Sparren eine 5 cm dicke Zementbetonhaut mit Eiseneinlage

gestreckt wurde. Über dieser Betonhaut liegt mit einem Luftzwischenraum ein Falzziegeldach aus Ludwigsburger Falzziegeln. Diese wurden auf einer Lattung eingedeckt, die auf Holzsparren aufruhet. Die Holzsparren sind auf kleinen Böcken aus  $\Gamma$ -Eisenstücken auf die Zementhaut verlegt, so daß die Sparren hohl liegen und nicht faulen können. Die Sparren sind am Fuß und am Kopfende an der Eisenkonstruktion befestigt und werden durch die Latten in ihrer Lage gehalten. Durch diese Anordnung war es möglich, die Zementhaut vollkommen unberührt zu lassen und nicht zu durchbrechen.

**Baustoffe.** Die Außenmauern sind bis zur Höhe des Galeriefußbodens mit Werksteinquadern verblendet. Der hohe Sockel und die Portalumrahmungen bestehen aus Basaltlava, und zwar kam für die Portalbauten ausschließlich Niedermendiger Lava zur Verwendung, für die Flächen sowohl Niedermendiger wie Kottenheimer.

Bei der Sockelverblendung wurde die Basaltlava überall dort, wo sie dem Verkehr ausgesetzt ist und stärkere Unregelmäßigkeiten vermieden werden mußten, scharriert, im übrigen aber in der natürlichen völlig unbearbeiteten Bruchfläche stehen gelassen, womit ein ungemein wuchtiger monumentaler Eindruck zu erzielen ist.

Über dem Basaltlavasockel wurden die Außenflächen der West-, Nord- und Ostfront mit Ettringer Tuffstein verblendet.

Die Fenster-Sohlbänke, Sturze und Zwischenpfeiler des Zwischengeschosses am Sassenhof und des Überbaues über dem Durchgang von der Paradiesgasse zum Thurnmarkt sowie einige Teile der Ecktürme am Sassenhof wurden aus Dürkheimer Sandstein (Pfalz) hergestellt, der mit dem Ettringer Tuff gut zusammenstimmt.

Die Kellertreppen wurden aus Fichtelgebirgsgranit hergestellt, die eisernen Galerietreppen mit Xylolithplatten von

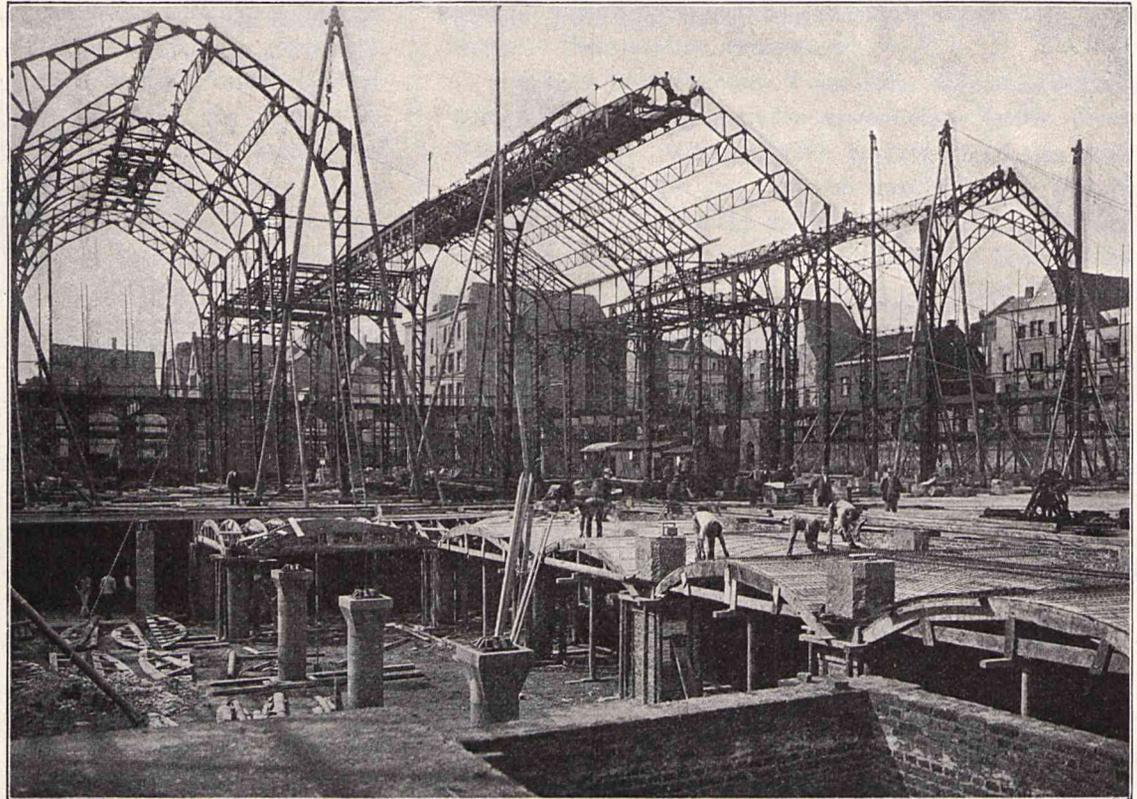


Abb. 12. Aufstellen der Eisenhallen und Überwölbung des Kellers (11. August 1903).

24 bis 26 mm Stärke, die Treppenabsätze mit ebensolchen Platten von 15 bis 17 mm Stärke, belegt. Die nordöstliche Galerietreppe, von der aus auch die Verwaltungsräume zugänglich sind, wurde versuchsweise mit 25 mm starkem australischen Hartholz belegt. Aus diesem Holz ist auch der Fußboden in der Gastwirtschaft hergestellt, während die Büro- und Wohnräume 40 mm starken Linoleumbelag, die Restaurationsküche und deren Nebenräume, die Metzgerstände, der Fleischkühlraum, das Geflügelhaus, die Aborträume, die Eingänge in den Türmen am Sassenhof und einige Nebenräume mit Terrazzoboden versehen wurden. Der Maschinenraum erhielt Fliesenbelag. Die Fahrstraße sowie der Entladesteig vor dem Staatsbahngleis nebst dem anstoßenden Gang in der Halle wurden in Asphaltplatten hergestellt. Die Verkaufinseln sowie die zwischenliegenden Fußwege wurden mit 3 cm starken Mettlacher Platten belegt. Diese haben eine patentierte fischgrätenartige Riefelung (siehe Text-Abb. 23), welche die Reinigung und den Wasserabfluß erleichtert. Die Platten wurden in solchen Abmessungen eigens angefertigt, daß sechs Platten verlegt genau 1 m Breite ausmachen. Die Verkaufinseln sind nun mit hellen und dunklen Platten schachbrettartig in Felder von 1 qm Größe eingeteilt, so daß die vom Händler beanspruchte Fläche ohne weitere Aufmessungen abgelesen werden kann. Auf der Galerie sind die Verkaufinseln in gleicher Weise

eingeteilt, nur wurde hier noch in der vordersten, längs der Bordkante verlaufenden Plattenreihe mit der Farbe der Platten, hell und dunkel, gewechselt, so daß auch halbe und drittel Meter ohne weiteres an der Plattenzahl schnell abgelesen werden können. Die Platten auf der Galerie sind Sinziger Fabrikat. — Die großen Glasflächen in der Halle wurden mit lichtgelbem Kathedralglas verglast, das genügend undurchsichtig ist, um raumabschließend zu

Außerdem wurde eine Eisfabrik zur Erzeugung von Kristalleis mit einer stündlichen Leistungsfähigkeit von 312 kg Eis angelegt.

Für später ist eine Erweiterung der Kühlanlage vorgesehen in der Art, daß die drei Gefrierräume und der Fleischraum in ihrer bisherigen Breite südwärts bis an den Apparaterraum verlängert werden. Der jetzt hinter dem Fleischraum sich hinziehende Teil des Eierraumes kommt dann als solcher in Wegfall, und statt dessen soll ein zweiter Eierraum an der Ostseite angelegt werden. Der Grundriß des Kellergeschosses (sich Abb. 2 Bl. 21) zeigt die Kühlanlage in ihrer jetzigen vorläufigen Ausdehnung.

Die Kühlräume liegen an einem gemeinsamen Gang, der gegen die übrigen Kellerräume abgeschlossen ist. Zwischen diesem Vorflur und den eigentlichen Kühlräumen liegt jeweils noch ein kleiner Vorräum, der als Luft- bzw. Kälteschleuse dient. Die Umfassungswände und die Decke der Kühlräume sind gegen Kälteverluste durch imprägnierte Korksteinplatten von Grünzweig u. Hartmann in Ludwigs-

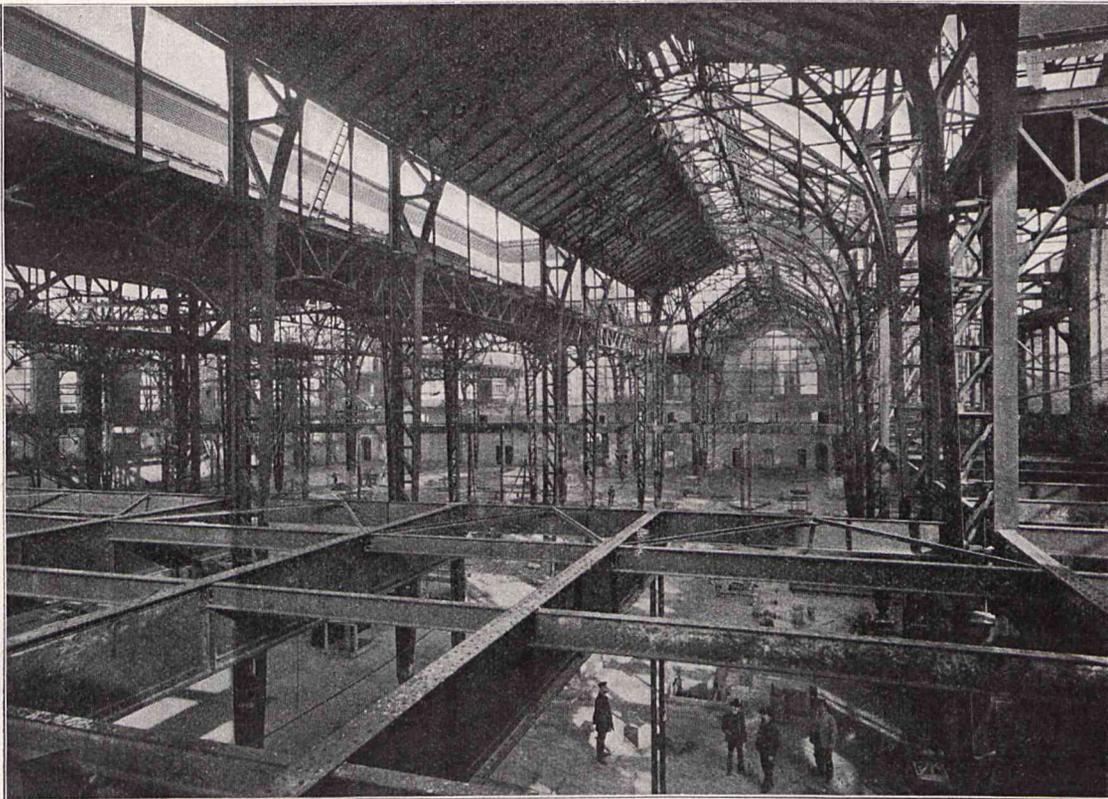


Abb. 13. Letzte Arbeiten beim Aufstellen der Eisenhallen (5. März 1904).

wirken, während vor der Verglasung der Durchblick auf die umliegenden Nachbarbauten sehr verwirrt und eine rechte Raumwirkung nicht aufkommen ließ. Auch zerstreut das Kathedralglas auffallende Sonnenstrahlen so weit, daß die Blendung auf ein erträgliches Maß gemildert ist. Das durch die Scheiben fallende Licht hat einen sehr angenehmen goldigen Ton, der dem Raum etwas Warmes und Heiteres gibt. Die Ladesteigdächer wurden mit Drahtglas, die Büreau- und Wohnräume mit gewöhnlichem rheinisches Glas verglast. Zur Unterstützung der Tagesbeleuchtung der Kellerräume wurde in ausgiebiger Weise von Oberlichtern aus Luxferprismen Gebrauch gemacht, die im Hallenfußboden und auf den Entladesteigen verlegt wurden.

Isolierung des Fußbodens durch eine Asphalt- und eine Bimsbetonschicht bewirkt wird (vgl. Text-Abb. 11). Die Außenwände gegen den Vorflur und gegen die übrigen Kellerräume sowie die Zwischenwand zwischen dem Fleischraum und dem anstoßenden

**Die Kühlanlage.**

An Kühlräumen (Abb. 2 Bl. 21 u. Bl. 24) sind vorhanden:

	Größe in qm	Temperatur in Celsius rd.	Stündlicher Luftwechsel	Luftfeuchtigkeit rd.
im Eierkühlraum	548	+ 0,5° bis + 1,5°	10 fach	80—85 vH.
„ Fleischkühlraum	354	+ 1° bis + 3°	10 „	75—85 „
„ Gefrierraum für				
Wild . . . . .	318	- 6°	6 „	70—75 „
Geflügel . . . . .				
Fische . . . . .				
„ Kühlraum für Käse oder geräuchertes Fleisch . . . . .	35	- 1° bis - 2°	—	70—75 „

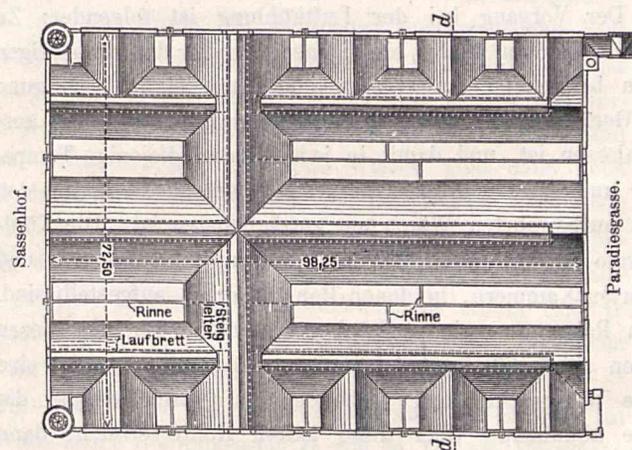


Abb. 14. Dachausmittlung.

Gefrierraum sind durch zwei Korkplattenschichten von je 60 mm Stärke, die Wände zwischen den einzelnen Kühl- bzw. Gefrierräumen durch eine einfache Schicht von 60 mm Dicke isoliert. Die Decken haben ebenfalls eine doppelte Korksteinplattenisolierung erhalten, und zwar sind die beiden Lagen über den Vorräumen und über dem Kühlapparataraum

je 60 mm stark, über den Kühlräumen mit Temperatur über Null je 80 mm und über den Gefrierräumen 80 + 100 mm stark.

Die geruchfreien Korkisolierplatten sind im Grünzweig u. Hartmannschen Vakuumverfahren imprägniert. Sie sind an den Kanten scharfkantig und rechtwinklig bestoßen und auf der der Wand zugekehrten Seite mit geruchlosem Korksteinkitt luftdicht abgepinselt angeliefert und mit verlängertem Zementmörtel ( $\frac{1}{2}$  Kalk, 1 Zement,  $5\frac{1}{2}$  Sand) an die Wand angesetzt. Alsdann sind die Fugen verkittet und dann die Platten auf der den Kühlräumen zugewandten Seite luft- und wasserdicht abgepinselt. Dort wo zwei Lagen vorhanden sind, wurde die zweite Lage auf der ersten mit heißgeschmolzenem geruchlosem Korksteinkitt angesetzt und mit verzinkten Hakenstiften befestigt. Bei den Decken wurde die erste Plattenlage zwischen  $\perp$ -Eisen verlegt, die an dem Unterflansch der Deckenträger mit eisernen Klammern befestigt wurden. Außerdem wurden die Platten mit heißgeschmolzenem Korksteinkitt an die massiven Decken angedrückt. Die zweite Lage wurde an die erste mit Kitt angesetzt und mit Hakenstiften befestigt. Auch bei den Decken wurden die Fugen mit Kitt verstrichen und die den Kühlräumen zugekehrte Seite mit Korksteinkitt luft- und wasserdicht abgepinselt. Um die Deckenisolierung gegen Eindringen von Feuchtigkeit von oben her zu schützen, erhielt die Kellerdecke über den Kühlräumen eine wasserdichte Abdeckung aus Asphaltisolierpappe mit Holzzementanstrich. Die mit Korkplatten versehenen Wand- und Deckenflächen wurden mit verzinktem Drahtgeflecht überspannt und verputzt.

Der Eier- und der Fleischkühlraum werden ausschließlich durch Luft gekühlt, die in besonderen außerhalb des Raumes aufgestellten Apparaten gekühlt wird. Im Käseraum vollzieht sich die Kühlung im Raume selbst durch an der Decke aufgehängte Rippenrohre, durch welche die kalte Salzlösung des Eisgenerators durchgeführt wird. In den drei Gefrierräumen sind beide Arten der Kühlung vereinigt, sowohl Luftkühlung durch die Apparate wie auch unmittelbare Kühlung durch an der Decke aufgehängte Rohre, in denen Ammoniak verdampft wird.

Der Vorgang bei der Luftkühlung ist folgender: Zu jedem Kühlraum gehört ein eigener, nur für den zugehörigen Raum bestimmter Luftkühlapparat, damit eine Übertragung von Gerüchen der einen Warengattung auf die andere ausgeschlossen ist, und damit in jedem Raum diejenige Temperatur und Luftfeuchtigkeit hergestellt werden kann, die den darin aufbewahrten Waren am zuträglichsten ist. Die Kühlapparate *h* (vgl. Blatt 24) bestehen aus gemauerten und isolierten Kammern, in denen Rohrschlangen aufgestellt sind, deren Rohre aus einem Stück geschweißt sind. In diesen Rohren wird flüssiges Ammoniak verdampft, womit eine starke Wärmeentziehung verbunden ist, durch welche die Rohre abkühlen. Über diese kalten Rohre streicht dann die zu kühlende Luft, die bei ihrer Abkühlung Unreinigkeiten und einen Teil ihres Feuchtigkeitsgehaltes als Schnee auf den Rohren absetzt. Die so gekühlte und getrocknete Luft wird durch Exhaustoren *g* in den zu kühlenden Raum eingeblasen, in welchem sie durch hölzerne Leitungen *i* möglichst gleichmäßig verteilt austritt. Die an den Waren erwärmte Luft wird durch ein anderes Leitungsnetz *k* wieder angesogen und dem Apparat erneut zugeführt. Die Saug-

und Druckleitungen sind so im Raume verteilt, daß die kalte Luft möglichst über den Waren austritt, während die Absaugung über den Zwischengängen erfolgt. Dadurch kommen die Waren unmittelbar mit der frisch gekühlten Luft in Berührung, und der Aufenthalt für die im Raum beschäftigten Personen wird erträglicher. Wird so dieselbe Luft immer wieder durch die Räume getrieben, so wird den Apparaten mittels der Leitungen *l* auch frische, von außen geholte Luft zugeführt. Die Apparate bestehen aus zwei voneinander getrennten und durch Wechselklappen umschaltbaren Kammern. Sind die Rohrbündel der einen Kammer stark bereift, wodurch die Kälteabgabe allmählich herabgesetzt wird, so wird die Ammoniakverdampfung in ihnen abgestellt und die Klappen werden so gestellt, daß die warme Außenluft zunächst über diese bereiften Rohre geführt wird. Dabei werden die Rohre abgetaut und die Luft wird vorgekühlt, um alsdann in der anderen Kammer, in deren Rohren nunmehr die Ammoniakverdampfung stattfindet, auf die gehörige Temperatur abgekühlt zu werden. Das abfließende Tauwasser stellt die bei dem Vorgang erzielte Lufttrocknung dar. Dieses Tauwasser enthält auch den größten Teil der in der Luft enthaltenen Verunreinigungen, sodaß gleichzeitig eine Reinigung der Luft erreicht wird. Sind die Rohrschlangen vollkommen abgetaut, so haben mittlerweile die Rohre der anderen Kammer wieder Reif angesetzt. Hat die Bereifung einen gewissen Grad erreicht, so wird durch Umschaltung die Ammoniakverdampfung wieder in die andere Kammer verlegt und die Luft entsprechend den anderen Weg durch den Apparat geführt.

Die für die Gefrierräume dienenden Luftkühlapparate sind so groß gewählt, daß auch hier die geforderte Temperatur (bis  $-6^{\circ}$  Cels.) allein durch die Luftkühlapparate gehalten werden kann. Um jedoch den jedesmal nach dem Einbringen frischer Waren zeitweise erhöhten Anforderungen zu entsprechen und die Temperatur schnell wieder herabdrücken zu können, sind zur Unterstützung der Kühlwirkung die an der Decke aufgehängten schmiedeeisernen Rohre vorhanden, in denen unmittelbar Ammoniakverdampfung stattfindet. Um die Oberfläche dieser Rohre zu vergrößern und damit ihre Kühlwirkung zu steigern, sind ihnen nach Art der Rippenheizrohre Blechscheiben aufgeschweißt. Zum Abtauen des sich an den Rohren ansetzenden Schnees werden zeitweise die in den Kompressoren verdichteten heißen Ammoniakdämpfe durch die Rohre geschickt, wobei der Schnee schnell abfällt und in untergehängten Blechschalen aufgefangen wird. Hierbei wirken dann die Rohre gleichzeitig als Kondensatoren für die heißen Dämpfe.

Die in den Verdampfschlangen der Kühlapparate bzw. in den Kühlrohren der Gefrierräume sich bildenden Ammoniakdämpfe werden von Kompressoren angesaugt und verdichtet. Die Kompressoren haben jeder 265 mm Zylinderdurchmesser und 550 mm Hub. Mit den Kompressoren direkt gekuppelt sind liegende Ventildampfmaschinen von je 325 mm Durchmesser und 750 mm Hub. Für den Betrieb der Kühlanlage in ihrer vorläufig ausgeführten Ausdehnung sind stündlich 175 000 W.E. erforderlich, wofür zwei Maschinen aufgestellt sind. Bei der späteren Vergrößerung der Kühlräume werden stündlich 225 000 W.E. erforderlich sein, und alsdann

werden eine dritte Maschine sowie eine zweite Luftpumpe aufgestellt werden, wobei dann stets eine der drei Maschinen zur Aushilfe sein wird.

Die stündliche Kälteleistung jedes Kompressors beträgt bei 90 Umdrehungen in der Minute rund 120 000 W. E. Beim späteren Ausbau der ganzen Kühlanlage beträgt der Kraftverbrauch zum Betriebe der Kompressoren sowie der Transmissionen, Rührwerke und Ventilatoren insgesamt 130 PS. ind.

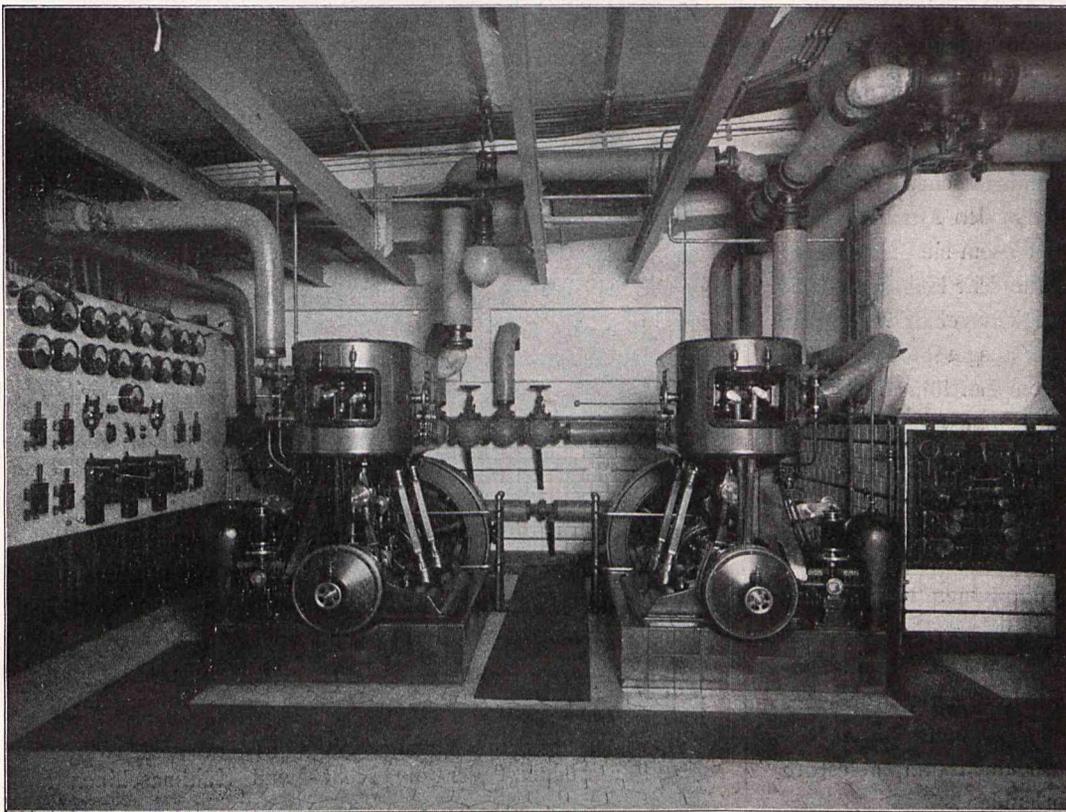


Abb. 15. Dampfdynamos im Maschinenraum.

Hiervon entfallen auf einen Kompressor mit 120 000 W. E. und den gesamten Transmissionsbetrieb 75 PS. ind., auf den zweiten Kompressor 55 PS. ind. Die Maschinen können mittels Hohlwellen und Kupplungen so geschaltet werden, daß entweder beide Dampfmaschinen oder jede einzelne zum Antrieb der Ventilatoren und Rührwerke sowie ihres angekuppelten Kompressors dienen kann.

Die bei der Verdichtung erhitzten Ammoniakdämpfe werden in Tauchkondensatoren  $d$  gekühlt und verflüssigt. Das flüssige Ammoniak wird in einem Sammelgefäß  $e$  aufgespeichert, um dann wieder in die Verdampfer eingespritzt zu werden. Das für die Kondensatoren benötigte Kühlwasser wird einem außerhalb der Halle liegenden eigenen Brunnen entnommen und durch die Pumpen  $f_1$  den Kondensatoren zugeführt. Zur Aushilfe ist ein Anschluß an die städtische Wasserleitung vorgesehen. Die Kondensatoren und Pumpen sind so groß gewählt, daß sie auch für die spätere Vergrößerung der Kühlanlage ausreichen. Um die Kondensatoren gelegentlich reinigen und auswechseln zu können, ist über ihnen in der Decke bzw. im Hallenfußboden ein aufhebbarer Eisenrahmen eingelassen. Die Kondensatoren sind in einem besonderen Raum aufgestellt, damit sie durch die von den Dampfmaschinen ausgestrahlte Wärme nicht beeinflusst werden. — Neben dem Kondensatorenraum befindet sich die Eis-

fabrik. In dem Generator  $y$  wird eine Salzlösung durch schmiedeeiserne Rohre, in denen Ammoniak verdampft wird, abgekühlt. In die Salzlösung werden mit Wasser gefüllte Zellen eingetaucht, von denen im ganzen 260 vorhanden sind, die zu je 13 Stück in einem Rahmen hängen. Die Rahmen werden mittels eines Laufkrans an einem Ende in den Salzwasserbehälter eingetaucht und dann mittels eines Zahnstangengetriebes allmählich nach dem anderen Ende des Behälters bewegt. Hier werden sie, nachdem mittlerweile das Wasser in den Zellen gefroren, mit dem Laufkran aus der Salzlösung herausgehoben und in ein Abtaugefäß  $z$ , das mit warmem Wasser gefüllt ist, eingetaucht, um das Eis an den Zellenwänden abzulösen. Die fertigen Eisblöcke, von denen jeder ein Gewicht von ungefähr 25 kg hat, werden sodann auf den Entleerungstisch  $a_1$  abgekippt und dann entweder durch einen besonderen Eis-aufzug in die Halle befördert oder in Eisschränken aufbewahrt, die unter der Laufbühne eingebaut sind, die an der Langseite des Generators angeordnet ist. Die Eisfabrik ist imstande, stündlich 312 kg Eis zu liefern.

Klares Kristalleis kann nur aus entlüftetem destillierten Wasser hergestellt werden. Zu diesem Zwecke wird der

Abdampf der Dampfmaschinen in einem Dampfreiniger  $p$  von Öl gereinigt und dann in einem Oberflächenkondensator verflüssigt. Das Kondensat wird in einem Kochapparat  $r$  aufgekocht. Die durch das Aufkochen ausgeschiedene Luft wird durch eine Luftpumpe  $s$  abgesaugt. Durch die mit der Luftpumpe verbundene Gefrierwasserpumpe  $t$  wird das entlüftete Kondensationswasser einem Kühler  $u$  zugeführt und hier auf etwa  $12^\circ$  gekühlt. Das Wasser geht dann noch einmal durch ein Filter  $v$ , um von den letzten etwa noch vorhandenen Unreinigkeiten befreit zu werden, und gelangt dann in das Sammelgefäß  $w$ . Aus diesem werden die Eiszellen gefüllt. Damit bei dem Füllen nicht erneut Luft in das Wasser gelangt, wird das Wasser den Zellen möglichst unten am Boden zugeführt.

Der Dampf zum Betrieb der Dampfmaschinen wird in zwei Walterschen Röhrenkesseln  $l_1$  von je 100 qm Heizfläche erzeugt. Die Kessel besitzen Überhitzer von je 30 qm Heizfläche, durch die der Dampf auf  $300^\circ$  überhitzt werden kann. Bei Vergrößerung der Kühlanlage soll noch ein dritter Kessel aufgestellt werden. Die Kessel entsprechen den gesetzlichen Bestimmungen für Kessel unter bewohnten Räumen. Vor dem Kesselraum befindet sich ein Kohlenraum mit zwei Rutschen, durch welche die Kohlen unmittelbar aus dem Bahnwagen eingeschaufelt werden können. Das Kesselspeisewasser wird

in einem Humboldtschen Wasserreiniger *m* gereinigt. — Der Fleischraum ist in der auf Schlachthöfen üblichen Weise mit eisernen Zellen verschiedener Größe ausgestattet. Im ganzen sind 61 Zellen von zusammen 219 qm Größe vorhanden. Die Wände sind bis auf 1,75 m Höhe mit weißen Tonfliesen bedeckt. In den Gefrierräumen sind die einzelnen Abteilungen aus starken Holzlatten hergestellt. Der Eierkühlraum hat selbst keine besondere Einrichtung, wohl aber die neben dem Vorraum desselben liegenden beiden Ausbringeräume. Werden die Eier aus dem Kühlraum unvermittelt in die höhere Außentemperatur gebracht, so beschlagen sie, die Feuchtigkeit teilt sich dem Packmaterial — Häcksel und Stroh — mit, und dieses nimmt einen muffigen Geruch an, der sich leicht auf die Eier überträgt. Um dies zu vermeiden, werden nach einem Humboldtschen Patent die Eierkisten aus dem Kühlraum zunächst in den Ausbringeraum von gleicher Temperatur gebracht. In diesem sind Heizkörper aufgestellt, mittels deren die Temperatur sehr langsam erhöht wird. Da hierbei der relative Feuchtigkeitsgehalt im Raume immer mehr sinkt, ist ein Beschlagen ausgeschlossen. Der Boden des Raumes ist mit besonderen Luftführungen versehen und mit einem durchbrochenen Holzrost bedeckt, wodurch eine vollkommene Luftumspülung der Kisten, auch am Boden, gewährleistet ist. Sind die Eier allmählich auf die Temperatur der Außenluft gebracht, so können sie ohne Schädigung ausgebracht werden.

Zur Überwachung der in den Kühlräumen vorhandenen Temperatur und Feuchtigkeit sind in jedem Raum selbsttätige Registrierapparate aufgehängt. Damit der Maschinenmeister sich aber auch jederzeit von der Temperatur jedes einzelnen Raumes überzeugen kann, ohne diesen selbst betreten zu müssen, ist eine im Maschinenraum ablesbare elektrische Fernthermometeranlage vorhanden.

Eine kleine Reparaturwerkstätte, die mit elektrischem Transmissionsbetrieb und mit Bohrmaschinen, Drehbank, Hobelmaschine und Schmiedefeuer ausgerüstet ist, ermöglicht die Ausführung der gewöhnlichen an der Maschinenanlage und sonst in der Halle vorkommenden Reparaturen.

Für das aus 10 Köpfen bestehende Maschinenpersonal sind Aufenthalts-, Wasch- und Baderäume vorhanden.

Die ganze Kühlanlage wurde von der Firma Humboldt in Kalk geliefert.

#### **Beleuchtung, Heizung und Lüftung. Be- und Entwässerung.**

Sämtliche Räume werden mit elektrischem Licht beleuchtet. Die Allgemeinbeleuchtung der Halle wird durch 54 Exzello-Flammbogenlampen bewirkt. Diese haben 8 Amp Stärke und sind zu je zwei Stück hintereinandergeschaltet. Das Licht dieser von Körting u. Mathiesen in Leutsch bei Leipzig gelieferten Lampen hat eine sehr angenehme gelbliche Färbung. Zur Außenbeleuchtung sind 8 Heliosbogenlampen von 10 und 12 Amp Stärke verwandt. Unter den Galerien und in den Portalen der Nebeneingänge wurden Nernstintensiv- und Reginulalampen, zus. 51 Stück, aufgehängt. Die Reginulalampen sind vorwiegend vor den Metzgerständen verwandt, weil das weiße Licht dieser Lampen das Aussehen des Fleisches vorteilhaft zur Geltung bringt. Unter den Galerien sind die Lampen so geschaltet, daß bei schwachem Betrieb nur jede zweite Lampe

gebrannt werden kann. Die Keller- und Bureauräume, die Gastwirtschaft sowie die Wohnungen des Wirtes und des Maschinenmeisters werden mit Glühlampen beleuchtet, ebenso haben die Metzgerstände und Geflügelstände im Innern noch je zwei einzeln schaltbare Glühlampen erhalten. Im ganzen wurden etwa 550 Glühlampen angebracht.

Die Hauptschalttafel befindet sich im Maschinenraum ( $q_1$  in Abb. 4 Bl. 24). Von dieser zweigen besondere Zuführungskabel zu den einzelnen Nebenschalttafeln ab, deren im ganzen 15 Stück in der Halle verteilt sind. Von den Nebenschalttafeln sind die einzelnen Verteilungs-Stromkreise abgezweigt. Fünf von den Nebenschalttafeln nehmen die Stromkreise der Bogenlampen, die übrigen zehn diejenigen für die Glühlichtbeleuchtung auf. Die Glühlichtstromkreise sind so bemessen, daß in allen vorhandenen Fassungen 32kerzige Lampen gleichzeitig brennen können. Mehr wie sechs Lampen befinden sich in keinem der Glühlichtstromkreise.

Zum Betrieb der Aufzüge und der sonstigen Motoren ist durch die ganze Halle eine besondere Ringleitung von der Hauptschalttafel aus verlegt.

Die elektrische Kraft für die Beleuchtung sowie für die Motoren der Aufzüge, der Ventilatoren und der Reparaturwerkstätte liefern zwei im Maschinenraum aufgestellte Gleichstrom-Dampfdynamos von je 50 Kilowatt-Leistung ( $o_1$  in Abb. 4 Bl. 24 u. Text-Abb. 15). Die Spannung im Leitungsnetz beträgt 110 Volt. Zur Stromaufspeicherung ist eine Sammlerbatterie für eine einstündige Entladung von 408 Amp von Gottfried Hagen in Kalk geliefert. Sie ist auf einem Zwischenboden über dem Verbindungsgang aufgestellt, der an der Eisfabrik vorbeiführt. Die gesamte elektrische Einrichtung sowie die Dynamos wurden von der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft geliefert.

Der Abdampf der die Licht- und Kühlmaschinen antreibenden Dampfmaschinen wird im Winter noch zum Betriebe einer Niederdruckdampfheizung ausgenutzt. Die Einrichtungen sind so getroffen, daß an die Heizleitung auch Frischdampf aus den Kesseln abgegeben werden kann und sowohl mit Frischdampf allein, wie mit Frischdampf und Abdampf gemischt, und mit Abdampf allein geheizt werden kann. Die Ausnutzung der Kesselanlage ist dadurch eine sehr vollständige, daß im Sommer ein großer Dampfverbrauch für die Kühlmaschinen, jedoch ein geringer für die Lichtmaschinen und gar keiner für die Heizung vorhanden ist. Im Winter ist umgekehrt der Dampfbedarf für die Lichtmaschinen und die Heizung groß, für die Kühlanlage dagegen geringer. Mit der Heizung werden vor allem die an der Sassenhoffront liegenden Räume der Gastwirtschaft nebst der Wohnung des Wirtes, die Bureauräume der Marktverwaltung sowie die Großhändlerkontore geheizt. Der stündliche Wärmebedarf für diese auf  $+20^\circ$  Cels. heizbaren Räume, die mit glatten Radiatoren ausgestattet sind, beträgt höchstens rd. 200 000 W. E., die Heizfläche der Radiatoren 240 qm. Sodann sind in den Aborträumen, im Keller und in der Halle, sowohl im Erdgeschoß wie auf der Galerie, Heizflächen aus glatten schmiedeeisernen Röhren von 50 mm l. Weite untergebracht. Die Abmessungen dieser Heizflächen sind so gewählt, daß der ganze zur Verfügung stehende Abdampf von 1400 kg stündlich für Heizzwecke ausgenutzt werden kann. Besonders starke Heizflächen sind in den bei den Haupteingängen angeordneten Windfängen aufgestellt, um den beim Öffnen der Türen

entstehenden kalten Zug etwas zu mildern. Durch die Heizung kann die Innentemperatur der Halle um etwa 8 bis 10° Cels. gegen die Außentemperatur erhöht werden. Die Heizung der Wohn- und Bureauräume kann unabhängig von der Hallenheizung betrieben werden und umgekehrt. Da in den Übergangsjahreszeiten die Wohn- und Bureauräume bereits geheizt werden müssen, wenn eine Heizung des übrigen

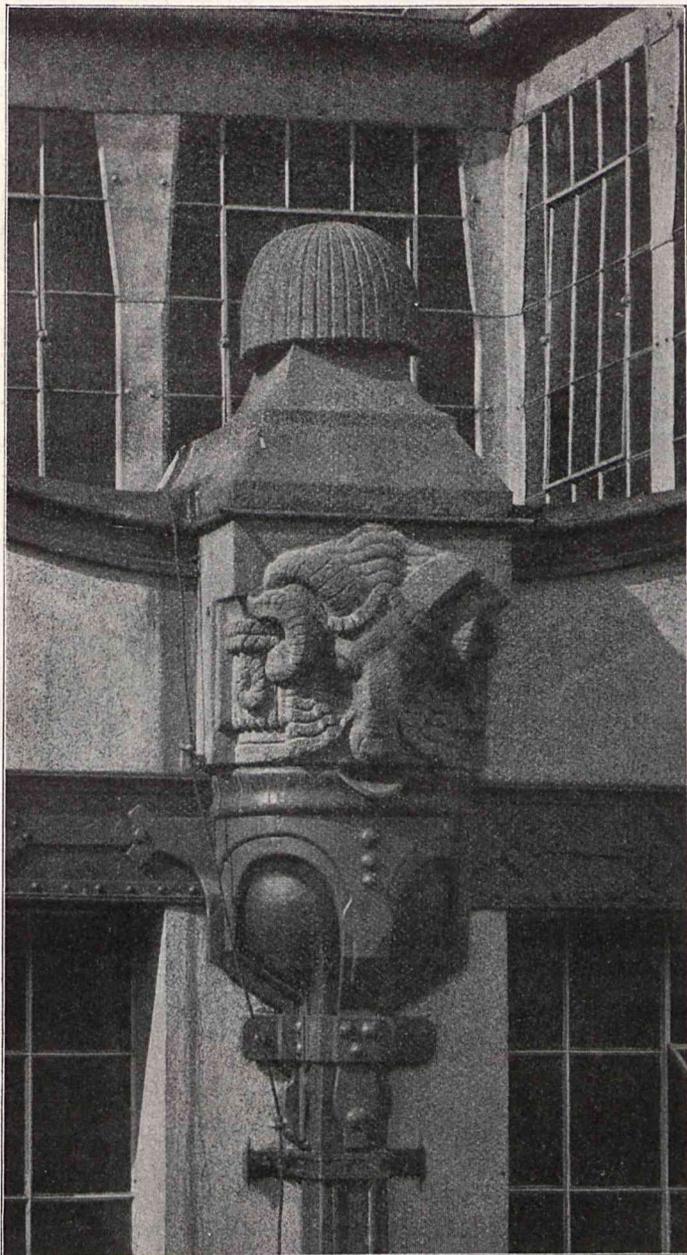


Abb. 16. Schlußstein über den Einlaufkästen der Regenabfallrohre.

Hallenraumes noch nicht in Frage kommt, und da befürchtet wurde, die Dampfzuleitung zu jenen Räumen möchte hierbei den Keller unerwünscht anwärmen und den Waren schädlich sein, so wurde die Dampfzuleitung zu den Bureau- usw. Räumen in einem besonderen begehbaren Kanal von 1 m Breite und 2 m Höhe außerhalb des Kellers verlegt, in welchem Kanal auch die Kondenswasserleitung und verschiedene andere Leitungen untergebracht wurden. Dieser Kanal verläuft längs der Front am Thurnmarkt und auf der östlichen Hälfte der Sassenhofstraße zwischen der Außenwand und der äußeren wasserdichten Abschlußmauer. Das in der Heizung gebildete Kondenswasser wird nach dem Kesselraum zurückgeführt und

kann zur Kesselspeisung oder auch zur Eisbereitung wieder Verwendung finden. Wenn die Heizung außer Betrieb ist und kein Abdampf für dieselbe benötigt wird, arbeiten die Maschinen mit Kondensation.

Lüftung. Auf eine möglichst starke natürliche Lüftung des Hallenraumes wurde besonderer Wert gelegt. Zu diesem Zwecke wurde zunächst ein großer Teil der Fensterflächen mit Lüftungsflügeln versehen. Der Gesamtquerschnitt dieser Lüftungsflügel beträgt 483 qm, und zwar haben:

die Fenster der massiven Umfassungswände	
a) unterhalb der Galerie	. 46 qm Lüftungsquerschnitt
b) oberhalb „ „	. 134 „ „
die Fenster in den basilikalen Seitenlichtfenstern der oberen Eisenumfassungswände	. 303 „ „
	zus. 483 qm Lüftungsquerschnitt.

Ferner erhielten die Satteldächer der Hallenschiffe durchlaufende Firstlaternen mit seitlichen eisernen Jalousien, die einen gesamten Lüftungsquerschnitt von 190 qm haben. Da durch diese feststehenden Jalousien im ersten Winter zu viel Wärme verloren ging, wird beabsichtigt, die Firstlaternen nachträglich mit einem Bretterboden zu schließen, in denen Klappen von entsprechendem Querschnitt angebracht sind, die im Sommer hochgeklappt werden können.

Um auch dicht über dem Fußboden eine große Luftzufuhr zu schaffen, wurden an den Öffnungen von 12 Schiebetoren, die von der Halle zu den Ladesteigen der Staatsbahn und der Vorgebirgsbahn führen, im Innern Scherentüren angebracht, so daß die Tore nachts über geöffnet bleiben können und durch die Scherentüren, die alsdann den Verschluß bilden, die Luft ungehindert eintreten kann. Schließlich erhielt die Haupteinfahrt und die Hauptauffahrt außer den großen Holztoren nach der Innenseite der Halle zu noch je ein zweites Tor aus durchbrochenem Schmiedewerk. Die Holztore können dann ebenfalls aufbleiben, und durch die Eisentore kann dann gelüftet werden. Die beiden Lagerkeller, der Maschinen- und Kesselraum, sowie die Gastwirtschaft haben neben der natürlichen Lüftung durch Fensterflügel noch eine künstliche durch elektrisch angetriebene Ventilatoren erhalten.

Wasserleitung. Die Markthalle wird mit Trink- und Brauchwasser aus der städtischen Wasserleitung durch zwei Anschlüsse von je 100 mm Durchmesser versorgt, von denen der eine vom Sassenhof aus in der Mitte der Nordfront, der andere vom Thurnmarkt aus in der Südostecke des Gebäudes eingeführt ist. Die Anschlüsse speisen eine ebenfalls 100 mm weite Hauptleitung, die im Innern der Halle unter der Kellerdecke angehängt ist und einen geschlossenen Ring bildet, von dem alle Zweigleitungen abgehen. Die Absperrungen der Hauptleitung sind so verteilt, daß es stets möglich ist, sowohl bei Störungen im Straßenrohr, wie auch bei Ausbesserungen im Innern, der Halle Wasser zu belassen oder das Wasser nur einem kleinen Umkreise zu entziehen. Zur Wasserentnahme sind an geeigneten Stellen in der ganzen Halle verteilt Ventilhähne von 26 mm l.W. angebracht, unter denen sich Ausgußbecken befinden. Alle Hähne sind mit einer Kupplung zur Anlegung von Sprengschläuchen für die Reinigung der Halle versehen. Die Hähne sind teils an den Umfassungswänden, teils an freistehenden Zapfständern an-

gebracht. Zum Schutze gegen Feuersgefahr sind in den einzelnen Teilen der Halle besondere Feuerlöschhähne von 40 mm l.W. angebracht, die mit Normkupplungen der Feuerwehr versehen sind. An jedem Hahn ist eine Löschvorrichtung mit 20 m Schlauch von 40 mm l.W. mit Strahlrohr in einem Schrank untergebracht. Die Feuerlöschhähne dürfen nur bei Feuersgefahr benutzt werden. Die verglasten Türen der Schlauchschrankchen sind mit Plomben geschlossen.

Im Keller befinden sich . . .	11	Feuerlöschhähne,
„ Erdgeschoß der Halle . . .	5	„
auf der Galerie . . . . .	5	„

zus. 21 Feuerlöschhähne.

Die sämtlichen Wasserleitungen bestehen aus schmiedeeisernen verzinkten Röhren.

Entwässerung. Die Markthalle liegt im sogen. Tiefgebiet des Stadtbezirks, in welchem für die Verbrauchs- und die Niederschlagwässer getrennte Abführung vorgeschrieben ist. Während die Niederschlagwässer durch Stichkanäle in den Rhein geführt werden, wird der Inhalt des Brauchwassersammelkanals beim Trankgassenwerft in einen Hochsammler übergepumpt, welcher mit der unterhalb Kölns angelegten Kläranlage in Verbindung steht.

Die Regenwässer werden von den Dächern der Halle durch Zinkrinnen an die Außenwände geführt, wo sie durch kupferne Abfallrohre in die 200 mm weiten Anschlüsse an den städtischen Regenwasserkanal des Tiefgebietes geleitet werden. Die Abführung des wenigen Regenwassers, das sich in den Lichtschächten vor den Kellerfenstern ansammelt, geschieht durch eine besondere Leitung, die in einen wasserdicht betonierten Behälter unter dem Portal in der Mitte des Sassenhof mündet. Dieser Behälter, in den auch die Entwässerungsleitung des Kellers mündet, hat Abfluß in den Brauchwasserkanal des Tiefgebietes. Dieser Abfluß muß bei einem Rheinhochwasserstande von + 6,00 Kölner Pegel wegen des Rückstaus geschlossen und alsdann der Behälter für diese Zeit in die ans Hochgebiet angeschlossene Entwässerungsleitung übergepumpt werden. Die Pumpe, mit der auch die tiefer liegende Zisterne der Sohlendrainage ausgepumpt werden kann, besteht aus einer Kreiselpumpe mit direkt gekuppeltem Motor. Beide Teile sind auf einem fahrbaren Untergestell aufgebaut, um die Pumpe auch an anderen Stellen der Halle benutzen zu können. Die Pumpe hat eine Leistungsfähigkeit von 335 Liter in der Minute. Der antreibende Elektromotor hat 1 PS.

Die Abführung der Verbrauchswässer der Halle und sämtlicher oberhalb des Kellers liegenden Räume geschieht durch eine 200 mm weite Leitung, die Anschluß an den städtischen Straßenkanal des Hochgebietes hat. Diese Leitung verzweigt sich entsprechend dem geringer werdenden Entwässerungsgebiete. Die liegenden und aufrechtgehenden Hauptleitungen haben 150 bzw. 130 mm Weite. Die einzelnen Leitungen sind unter der Kellerdecke aufgehängt und verjüngen sich rückwärts bis zu den Einlaufstellen. Da der Hallenfußboden bzw. die Kellerdecke ein Gefälle von Süd nach Nord von ungefähr 1:70 hat, so konnten die Abflüsse fast alle in gleichem Abstand von der Decke verlegt werden.

In der Halle sammeln sich die Abwässer in Rinnen, die um die einzelnen Standinseln herumgeführt sind und in

die an der tiefsten Stelle besonders konstruierte Sinkkästen eingebaut sind. Die kleinen Standinseln sind mit einem, die größeren mit zwei und mehr Sinkkästen versehen. Das Einlaufgitter der letzteren paßt sich dem Querschnitt der aus Mettlacher Fliesen hergestellten Rinnen an und hat demgemäß Abmessungen von 166 × 344 mm. Jeder Sinkkasten ist mit einem herausnehmbaren Schlammkasten versehen. Die Abflußleitungen bestehen durchweg aus schweren gußeisernen deutschen Rohren, die mit Teerstrick und Bleiverstimmung gedichtet sind. Die unter den Wasserentnahmestellen in der Halle angebrachten gußeisernen Ausgußbecken sind mit einem hochklappbaren verzinkten Stabrost versehen, um Eimer bequem unter den Zapfhahn stellen zu können. In den Aborträumen sind Fayencewaschbecken angebracht. Zu den Abortsitzen wurden freistehende deutsche Fayencebecken mit innen liegendem Wasserverschluß verwandt. Die Spülung geschieht durchweg mittels Spülkästen über jedem Abortbecken. Die Pißstände sind aus Torfitplatten hergestellt und mit Ölspülung versehen.

Warmwasserbereitung. Da eine gehörige Säuberung der Metzgerstände von Fett nur mit warmem Wasser möglich ist, und dieses auch für sonstige Zwecke in der Halle dienlich und die Reinlichkeit zu fördern geeignet ist, wurde im Erdgeschoß der Halle und auf der Galerie je eine Entnahmestelle für warmes Wasser eingerichtet. Um Vergeudungen vorzubeugen, sind die Zapfhähne nur mittels eines besonderen Kantschlüssels zu öffnen, der in Händen des Aufsehers ist. Im übrigen wird aber das warme Wasser unentgeltlich abgegeben. Das Wasser wird in einem 1,80 m langen, 1,00 m breiten und 1,50 m hohen Behälter, der im Geflügelhause aufgestellt ist, mittels reduzierten Kesseldampfes durch eine Dampfdüse angewärmt. Der jeweilige Wasserstand wird durch Schwimmer mit Zeigervorrichtung, die von der Galerie aus sichtbar ist, angezeigt.

Die Küche der Gastwirtschaft hat eine eigene Warmwasserbereitung durch eine in den Küchenherd eingebaute Kupferschlange.

#### Standeinrichtungen.

Metzgerstände (Text-Abb. 18 bis 22). Die Stände für den Verkauf von Fleisch, Wild und Geflügel sind als verschließbare kleine Läden von 4 qm Grundfläche eingerichtet, von denen durch Herausnahme der Zwischenwandfüllungen auch mehrere zu einem größeren Verkaufsstande vereinigt werden können. Die Rückseite wird durch die gekachelte Wandfläche der Gebäudeumfassungsmauer gebildet, während die Vorder- und Seitenwände aus einem Eisengerüst mit Zwischenfüllungen aus gelochten Blechen hergestellt sind. An der Vorderseite der Läden sind die 0,50 m tiefen Verkaufstische aufgestellt. Sie bestehen aus einem 35 mm starken Rahmenwerk von amerikanischem Eichenholz mit Füllungen aus 2 mm starkem gelochten verzinkten Eisenblech. Der Ladentisch besteht aus zwei Teilen, einem feststehenden, 1,30 m langen Tisch und einem 0,60 m langen beweglichen Teil, dessen hölzerne Tischplatte zum seitlichen Hochklappen und dessen Vorderteil zum Öffnen um eine senkrechte Achse eingerichtet ist. Dieser bewegliche Teil dient als Eingang für den Standinhaber. Die Tischplatte des festen Verkaufstisches ist aus weißem Alabasterglas 23 bis 27 mm dick in einem Stück gegossen und auf der

Oberseite und an den Kanten geschliffen und poliert. Die Teilung der Vorderwände besteht aus schmiedeeisernen Pfosten von quadratischem Querschnitt, nur die oben aufgesetzten Köpfe sind gegossen. Die Vorderwand der Pfosten läßt sich abschrauben, um an die in den Pfosten hängenden Gegengewichte der Schieberahmen zu gelangen, welche oberhalb der Verkaufstische den Verschluß der Vorderseite bilden und beim Verkauf hochgeschoben werden. Diese ebenfalls mit gelochten Blechen gefüllten Schieberahmen werden in der hochgeschobenen Lage durch eine mit Feder einschnappende Feststellvorrichtung festgehalten. Wenn die Schiebeladen

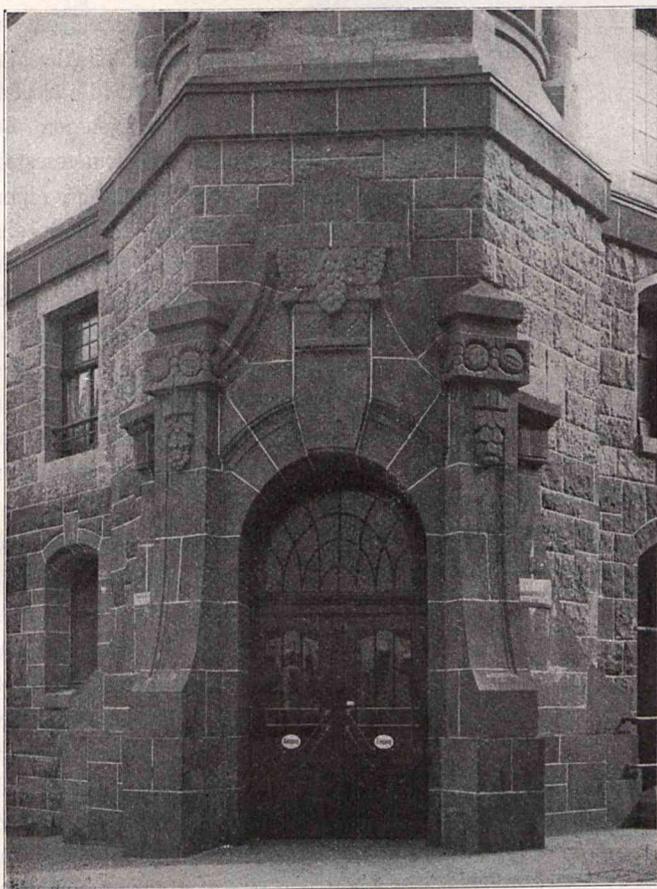


Abb. 17. Nordwestecke am Sassenhof und Auf dem Himmelreich.

heruntergelassen sind, werden sie mit einem Baskülverschluß festgestellt. Die Baskülstangen werden mit einem Vierkant bewegt und greifen seitlich in die Teilungspfosten ein. Mit einem für jeden Stand verschiedenen kleinen Schlüssel werden sie abgeschlossen. Die Schieberahmen werden seitlich durch  $\square$ -Eisen geführt, die auf die schmiedeeisernen Teilungspfosten aufgeschraubt sind. Oben sind die Teilungspfosten miteinander durch ein leichtes Gitterwerk verbunden, auf dem das Firmenschild des Standinhabers angebracht ist. Die Konstruktion und Befestigung der Seitenwände dürfte aus der Text-Abb. 19 genügend ersichtlich sein. Das Dach der Metzgerstände ist gegen Eindringen von Katzen mit einem Geflecht aus 3 mm starken verzinkten Eisendrähten mit 25 mm Maschenweite abgedeckt. Zum Aufhängen der großen schweren Fleischstücke dient ein mit Winkellaschen an den Seitenwänden befestigtes  $\Gamma$ -Eisen N.P. 8, das einen lichten Abstand von 14 cm von der Rückwand hat und dessen Oberkante 2,20 m über dem Fußboden liegt. Die kleineren Fleischstücke werden auf hochkantigen,  $80 \times 10$  bzw.  $60 \times 10$  mm starken Flach-

eisen aufgehängt, deren Lage aus dem Grundriß ersichtlich ist. Jedem Laden ist eine Anzahl loser vernickelter Fleischhaken zum Aufhängen des Fleisches beigegeben.

Obst- und Gemüsestände (Text-Abb. 23 bis 25). Die für den Verkauf von Gemüse und Obst im westlichen Teil der Halle aufgestellten festen Stände haben ebenfalls eine Grundfläche von je 4 qm und können durch Herausnahme des vorderen Teiles der Trennungswände zu größeren Ständen vereinigt werden. Zu diesem Zwecke sind die gußeisernen Vorderpfosten mit einem Schraubengewinde beweglich in eine gegossene und sauber abgedrehte Büchse eingelassen, die mit einer angegossenen Fußplatte im Boden befestigt ist und bei Entfernung der Pfosten mit einer Kapsel verschlossen wird. Das Rahmenwerk der Stände besteht aus 35 mm starkem amerikanischen Eichenholz und ist an den hauptsächlich der Abnutzung ausgesetzten Kanten mit Profileisen eingesäumt. Die Rahmen sind mit Welldrathfüllungen von 3 mm Stärke und 25 mm Maschenweite gefüllt. An der Rückseite der Stände sind in drei verschiedenen Höhen 35 mm starke, 0,50 m tiefe Holzböden zum Aufstellen von Waren befestigt. Der unterste dieser Böden läßt sich hochklappen, um besser darunter reinigen zu können, während der oberste Boden zum Abwärtsklappen eingerichtet ist und auf eisernen Konsolen ruht, die seitlich umgelegt werden können. Auf der Rückwand sind die Firmenschilder der Standinhaber befestigt. Es wird hier sowohl wie bei den Metzgerständen darauf gehalten, daß nur die an den Ständen angebrachten Firmenschilder benutzt und mit Aufschrift von gleicher Form und Größe beschrieben werden. Damit die Inhaber der an den Wegekrenzungen liegenden Stände nicht zu sehr gegen die in der Reihe stehenden bevorzugt sind, sind die Seitenwände der Kopfstände durch Drahtaufsatzwände erhöht, die den Verkauf nach dem Seitengang verhindern sollen.

Großhändlerstände (Text-Abb. 26 u. 27). Im nordöstlichen Viertel der Halle ist für Großhändler eine Reihe größerer Standflächen abgeteilt. Sie haben verschiedene, nach Bedarf auch veränderliche, Größe und Tiefe und sind durch 1,55 m hohe Zwischenwände voneinander getrennt. Diese Zwischenwände bestehen aus runden gußeisernen Pfosten und  $50 \times 4$  mm starken Flacheisen, die unteren Rahmen sind durch  $35 \times 3$  mm starke Flacheisen in drei Teile geteilt. Die Füllungen bestehen aus verzinktem Welldrathgeflecht von 4,5 mm Stärke und 40 mm Maschenweite.

Fischverkaufsstände (Text-Abb. 28 bis 30). Für den Fischverkauf sind zwei Inseln mit beweglichen Tischen, deren Tischplatte mit Zink ausgeschlagen ist, eingerichtet. Die dritte Insel ist mit Becken zur Aufbewahrung lebender Fische ausgerüstet. Die Becken sind aus Terrazzo mit Eiseneinlage gestampft. Jedes Becken ist mit einem besonderen Wasserhahn versehen, an welchem sich eine Düsenrichtung befindet, mittels deren dem Wasser Luft beigemischt wird, was dem Wohlbefinden der Fische förderlich ist. Die Abflüsse der Becken sind mit einem Überlaufrohr versehen, das auf verschiedene Höhen eingestellt werden kann, um nach Belieben einen höheren oder niedrigeren Wasserstand im Becken zu halten. Da der Wasserverbrauch in den Fischbecken von den Händlern zu vergüten ist, gehört zu jedem Stande eine besondere Wasseruhr. Die Wasseruhren sind im Keller zusammen auf einer Platte montiert und durch einen Schrank geschützt. Die



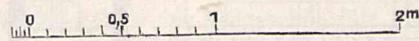
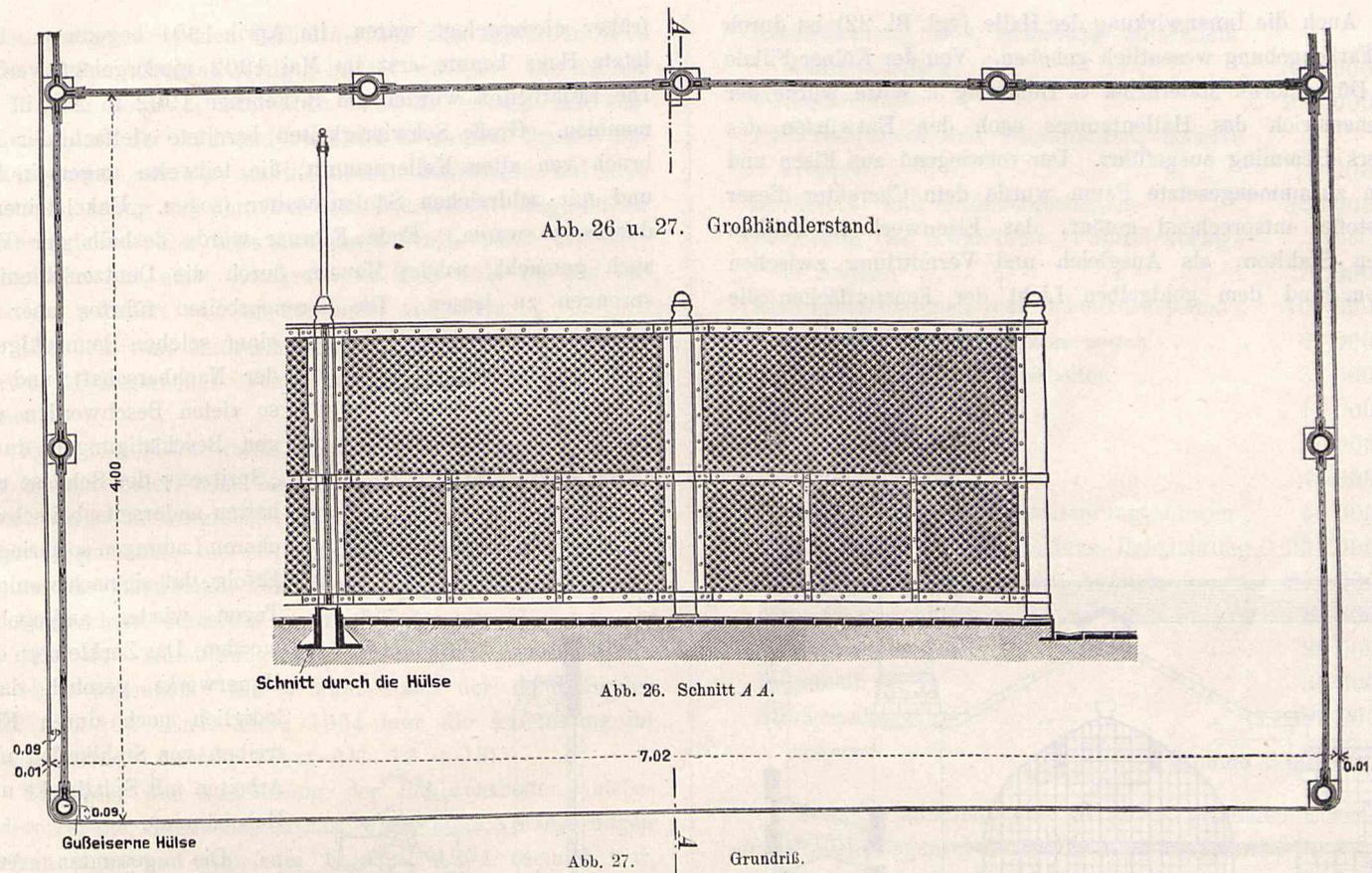
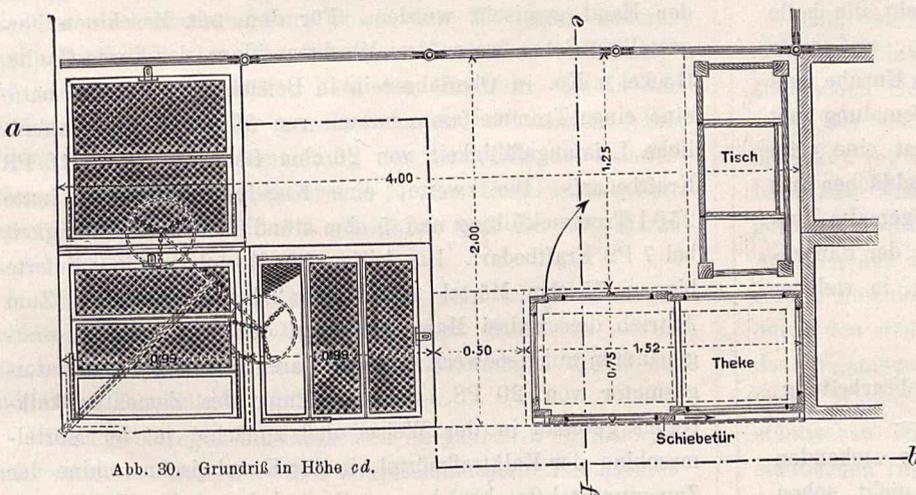
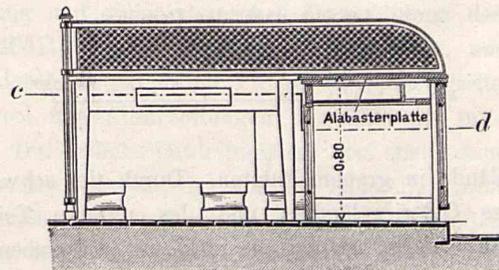
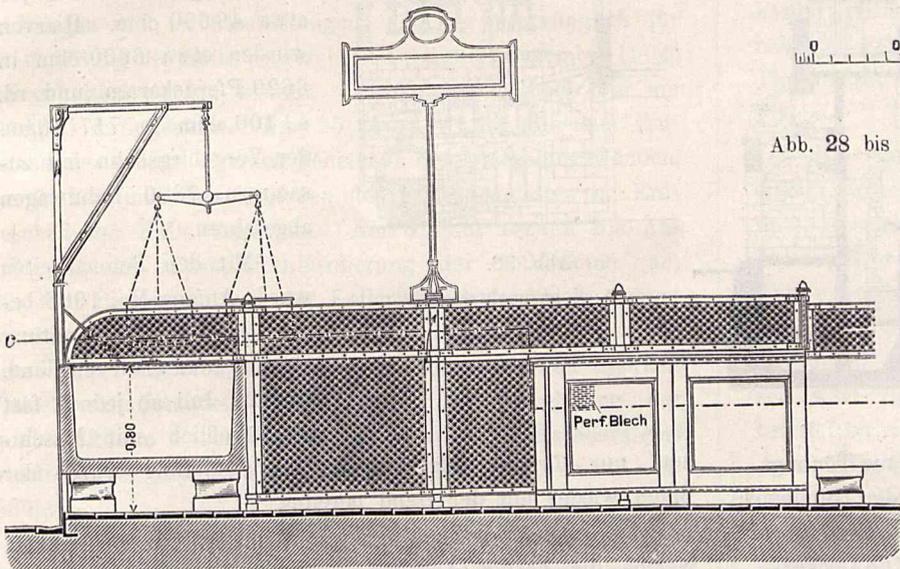


Abb. 28 bis 30. Verkaufsstand für Fische.



lichen, größtenteils in Basaltlava ausgeführten, Bildhauerarbeiten wurden vom Bildhauer Eustachius Faustner in Köln modelliert. Gestiegt wird die Außenwirkung durch die Farbenfolge der verwandten Baustoffe. Über dem schwarzen Basaltlavasockel kommt der graugelbe Tuffstein, über dem eine farbige Abschlußlinie durch Kupferabdeckung der Fenster und Gesimsschrägen gebildet ist. Die in Galeriehöhe ansetzenden helleren Putzflächen erhielten wieder eine dunkle Einrahmung durch die Basaltabdeckung der Giebel. Über das Ganze spannen sich die roten Ziegelflächen der Satteldächer (Bl. 18 u. 19).

Auch die Innenwirkung der Halle (vgl. Bl. 22) ist durch die Farbgebung wesentlich gehoben. Von der Kölner Filiale der Düsseldorfer Malerfirma C. Hemming u. Witte wurde der Innenanstrich des Hallenraumes nach den Entwürfen des Malers Hemming ausgeführt. Der vorwiegend aus Eisen und Stein zusammengesetzte Raum wurde dem Charakter dieser Baustoffe entsprechend getönt, das Eisenwerk in kühlem hellen Stahlton, als Ausgleich und Vermittlung zwischen diesem und dem goldgelben Licht der Fensterflächen die

früher niedergelegt waren, im April 1901 begonnen. Das letzte Haus konnte erst im Mai 1902 niedergelegt werden. Die Erdarbeiten wurden am 3. Februar 1902 in Angriff genommen. Große Schwierigkeiten bereitete vielfach der Abbruch von alten Kellermauern, die teilweise ungemein fest und mit zahlreichen Säulenbasalten (sogen. „Unkelsteinen“) durchsetzt waren. Ende Februar wurde deshalb der Versuch gemacht, solche Mauern durch die Deutzer Pioniere sprengen zu lassen. Die Sprengarbeiten führten aber zu

einer solchen Beunruhigung der Nachbarschaft und zu so vielen Beschwerden wegen Beschädigungen durch „Spritzen“ der Schüsse und hatten andererseits bei schwächeren Ladungen so geringen Erfolg, daß sie nach wenigen Tagen wieder aufgegeben wurden. Das Zerkleinern des Mauerwerks geschah dann lediglich noch durch Eintreiben von Stahlkeilen und Arbeiten mit Spitzhacke und Hebebäumen.

Die gesamten Ausschachtungsmassen betragen etwa 49 600 cbm. Hiervon wurden etwa 6 600 cbm in 6 629 Pferdekarren und rd. 41 400 cbm in 717 Zügen der Vorgebirgsbahn mit zusammen 7 389 Bahnwagen abgefahren.

Mit den Betonarbeiten wurde Anfang Mai 1902 begonnen. Die Betonbereitung geschah anfänglich von Hand, vom 28. Juli ab jedoch fast ausschließlich mit Maschinen,

nur für die letzten Teile der Gründung wurde der Beton wieder mit der Hand bereitet.

Im ganzen wurden durch die Firma Helff u. Heinemann, welche die bezügl. Arbeiten ausführte, für die Gründung 11 935 cbm Beton eingestampft, wovon rd. 4 000 cbm mit der Hand gemischt wurden. Für den mit Maschinen hergestellten Beton waren drei Mischmaschinen der Firma Ganhe, Gockel u. Ko. in Oberlahnstein in Betrieb. Von diesen hatte eine einen Trommelfassungsraum von 500 l und eine stündliche Leistungsfähigkeit von 20 cbm Beton bei 8 bis 10 PS Kraftbedarf. Die zweite, eine Kugelmischmaschine, hatte 250 l Trommelfüllung und 5 cbm stündliche Leistungsfähigkeit bei 7 PS Kraftbedarf. Die dritte, eine Mörtelmaschine, lieferte bis zu 75 cbm Mörtel täglich bei 2 PS Kraftbedarf. Zum Antrieb dieser drei Maschinen, von denen die beiden erstgenannten mit Hebwerk versehen waren, diente ein Generatorgasmotor von 20 PS. Die Bereitung des Zementtraßkalkbetons geschah in der Weise, daß zunächst in der Mörtelmaschine der Kalktraßmörtel, in der Kugelmischmaschine der Zementmörtel (trocken) hergestellt und dann beide Mischungen

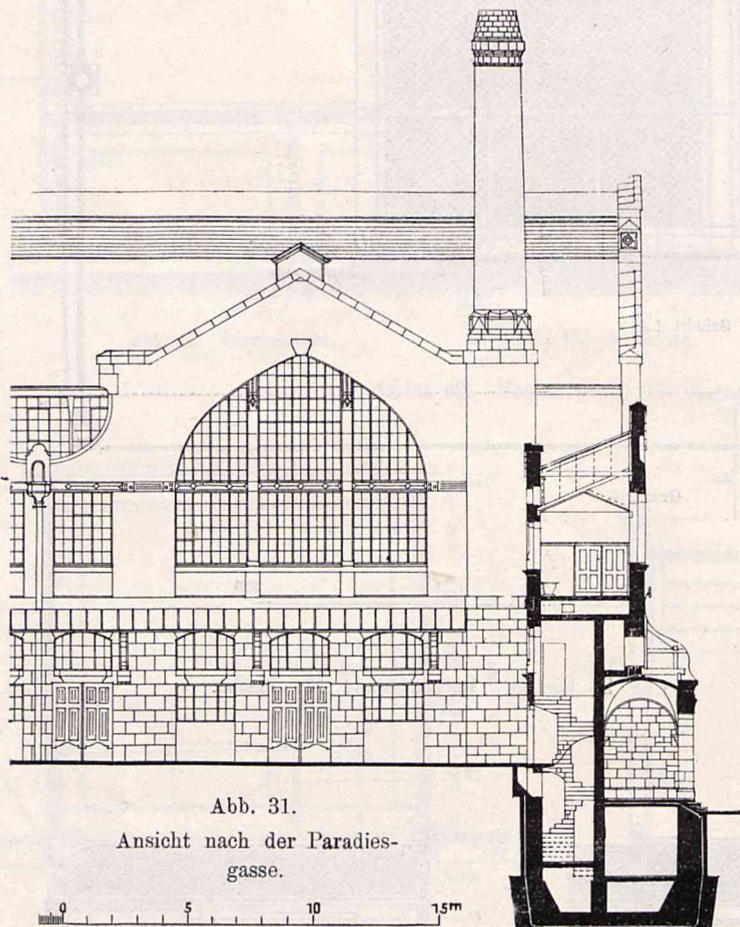


Abb. 31.  
Ansicht nach der Paradiesgasse.

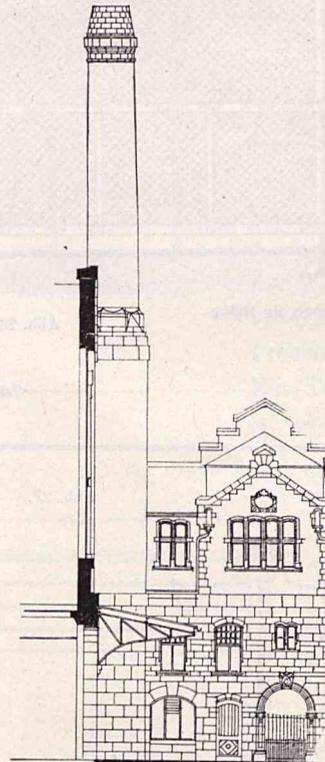


Abb. 32.  
Ansicht nach der Kühlgasse.

Wände in grauem Putzton. Durch tief schwarzblaue Tönung des Galeriegeländers und des unteren Teiles der Binder wurde eine kräftige die einzelnen aufstrebenden Linien der Binder zusammenfassende Wagerechte geschaffen. Die Deckenflächen erhielten auf grauem Untergrund straff gezeichnete weiße Ornamentbänder. Mit diesen Flächen geht die helle Tönung des Eisenwerks vortrefflich zusammen, und trotz der vielen Linienverschnidungen entsteht keine Unruhe und Störung. Eine einfache, aber ansprechende Bemalung hat die Gastwirtschaft erhalten. Der Hauptraum hat eine grün gebeizte Holztäfelung, über der die hellen Wandflächen mit Gelbrot gespritzt sind. Die Decke hat eine aufgemalte Kassettenteilung mit einfachem Ornament nach Art der Bauernmalereien. Ähnlich ist die Weinstube behandelt, in welcher der Sockel aus gemustertem Linoleum besteht.

#### Verlauf der Bauausführung, Baukosten, Entwurfsbearbeitung und Bauleitung.

Mit dem Abbruch der auf dem Baugelände stehenden alten Häuser wurde, soweit einzelne davon nicht schon

in dem vorgeschriebenen Verhältnis mit dem sandlosen Kies in der großen Maschine fertig gemischt wurden. Die Anfuhr der zu dem Beton erforderlichen Baustoffe erfolgte fast ausschließlich mit der Bahn und zwar des Zementes, Trasses und Kalkes zuerst auf der stadtkölnischen Hafensbahn auf dem Leystapel, später auf dem auf dem Thurnmarkt hergestellten Anschlußgleise. Der Kies und Sand wurde durch die Vorgebirgsbahn aus einer Kiesgrube in Köln-Sülz bis auf die Baustelle befördert und am Sassenhof abgeladen.

Mit den vom Maurermeister A. Schorn in Köln ausgeführten Maurerarbeiten wurde am 5. November 1902 begonnen.

Ende Mai 1903 waren die Umfassungsmauern größtenteils bis zur Galeriehöhe fertig. Beim Versetzen der Werksteine wurde in ausgiebiger Weise von der „Teufelsklaue“ Gebrauch gemacht, die bequem in der Handhabung ist und bei der das Einarbeiten von Versetzlöchern und die Gefahr des Ausbrechens derselben in Wegfall kommt.

Mit der Aufstellung der Eisenhallen wurde Ende Mai 1903 begonnen. Am 6. Juni stand der erste Binder (Text-Abb. 10). Ende März 1904 war die Aufstellung im ganzen Umfange beendet (Text-Abb. 12 u. 13).

Trotzdem die Ausführung der Rohbauarbeiten, insbesondere bei der Eisenkonstruktion, wiederholte Verzögerungen erfahren hatte und erst zum 1. April 1904 beendet war, gelang es doch, die weiteren Ausbauarbeiten so zusammenzudrängen und zu beschleunigen, daß der ursprünglich für die Eröffnung der Halle vorgesehene Termin (1. Dezember 1904) innegehalten werden konnte. Die Zementdachhaut war am 8. April fertiggestellt. Am 25. April wurde mit dem Einsetzen der großen eisernen Fenster in den Umfassungswänden, am 5. Mai mit dem Verlegen der Fußbodenplatten im Erdgeschoß der Halle begonnen. Am 6. Juni begann die Anbringung der Korkplatteninsolierung der Kühlräume, am 26. Juni die Herstellung der Kellerfußböden. Am 3. August wurde mit den Anstreicherarbeiten und am 13. September mit dem Einbau der Verkaufsstände, zunächst mit den eisernen Fleischverkaufsständen, angefangen. Die Verglasung der rund 2820 qm Fensterflächen der Halle mit Kathedralglas wurde in der Zeit vom 19. Oktober bis 21. November ausgeführt.

Am Abend des 29. November 1904 fand in der festlich erleuchteten Halle eine Eröffnungsfeierlichkeit statt, an der außer den Mitgliedern der städtischen Verwaltung und der Stadtverordnetenversammlung sowie den Vertretern anderer Zivilbehörden die am Bau beteiligten Techniker und Unternehmer sowie eine größere Zahl von Händlern, die in der Markthalle Standflächen gemietet hatten, teilnahmen. Die Eröffnung vollzog in Vertretung des von Köln abwesenden Oberbürgermeisters der Dezent für das Marktwesen, Beigeordneter Schmitz. — Am 1. Dezember fand der erste Markt in der Halle statt.

Die Abrechnung ist zwar noch nicht endgültig abgeschlossen, doch stehen die tatsächlichen Baukosten soweit fest, daß nur noch unerhebliche Verschiebungen durch die endgültige Feststellung eintreten können.

Danach betragen die Baukosten im ganzen 2 607 000 *M* und verteilen sich auf die hauptsächlichsten Bauarbeiten wie folgt:

Ausschachtung und Gründung einschließl.	
Wasserdichtung . . . . .	360 000 <i>M</i>
Maurerarbeiten . . . . .	362 000 „
Fußbodenplatten und Wandplatten, massive	
Treppen . . . . .	99 000 „
Steinmetz- und Bildhauerarbeiten . . . . .	240 000 „
Isolierung der Kühlräume, Fußbodenbeläge	
in Asphalt . . . . .	71 000 „
Eisenkonstruktionen und Schmiedearbeiten . . . . .	401 000 „
Dachdecker- und Klempnerarbeiten . . . . .	83 000 „
Zimmerer- und Tischlerarbeiten . . . . .	31 000 „
Schlosserarbeiten . . . . .	12 000 „
Glaserarbeiten . . . . .	35 000 „
Anstreicherarbeiten . . . . .	45 000 „
Wasser-, Gas- und Entwässerungsanlagen . . . . .	55 000 „
Kraft- und Kühlanlage, Heizung, Beleuchtung	321 000 „
Innere Einrichtung einschl. Aufzüge . . . . .	218 000 „
Eisenbahnanschlüsse . . . . .	61 000 „
Bauführungskosten . . . . .	88 000 „
Insgesamt . . . . .	35 000 „
Straßenanlagen . . . . .	90 000 „
Summe	2 607 000 <i>M</i>

Ohne die außerhalb des Gebäudes liegenden Eisenbahn- und Straßenanlagen, jedoch einschl. der gesamten Einrichtung sowie der durch die Örtlichkeit gebotenen hohen Gründungskosten betragen die Baukosten: 2 456 000 *M* oder bei 7503 qm bebauter Fläche im Erdgeschoß (die Lichtgräben, Rampe am Thurnmarkt usw. nicht gerechnet) 327,33 *M* für 1 qm bebauter Fläche.

Die Bearbeitung des Entwurfs und die Bauleitung erfolgte durch das städtische Hochbauamt. Mit derselben war unter Oberleitung des Stadtbaurats F. C. Heimann der Stadtbauinspektor Balduin Schilling betraut. Ihm stand bei der Entwurfsbearbeitung und architektonischen Durchbildung der Architekt Otto Müller zur Seite, an dessen Stelle am 1. Februar 1904 der Architekt Anton Teipel trat, der bereits seit März 1901 bei den Ausarbeitungen des Entwurfs mitbeschäftigt war. Die örtliche Bauleitung lag dem städtischen Architekten Bernh. Nepker ob, der auf der Baustelle durch den Techniker Jakob Geib unterstützt wurde. Außer den Vorgenannten war noch eine größere Zahl von Technikern, teils länger teils kürzer, bei den Entwurfsarbeiten wie auf der Baustelle beschäftigt.

Bei den Entwürfen für die Maschinenanlagen, insbesondere der Kühlanlage, wirkten der derzeitige Oberingenieur der städtischen Gas-, Elektrizitäts- und Wasserwerke Prenger sowie der städtische Ingenieur des Schlacht- und Viehhofs Musmacher mit. Nachdem mit dem 1. Januar 1903 eine besondere Stadtbauinspektion für das Maschinenwesen eingerichtet worden, ging die weitere Beaufsichtigung jener Arbeiten auf den Stadtbauinspektor Meyer und dessen Vertreter, Ingenieur Kamp, über. Die Heizungsanlage wurde durch den städtischen Heizingenieur Herbst mit Unterstützung des Ingenieurs Sanner entworfen und beaufsichtigt. Die Gas-, Wasser- und Entwässerungsanlagen wurden von den städtischen Gas- und Wasserwerken ausgeführt und von dem städtischen Ingenieur John entworfen und beaufsichtigt. Die Ausführung der Straßenbauarbeiten lag dem städtischen Tief-

bauamt unter Beteiligung der Stadtbauinspektoren Petersen und Weingarten und der städtischen Ingenieure Bischof und Wicht, diejenige der Bahnanlagen der Direktion der städtischen Straßenbahnen unter Direktor Wattmann und Ingenieur Fellenberg ob. Hinsichtlich der Betriebsanforde-

rungen wurde bei Entwurf und Ausführung ständige Verbindung mit dem Marktinspektor Schneider unterhalten. Der Professoren H. Boost und Geh. Reg.-Rat Dr. Intze geschah bereits bei Beschreibung der Eisenkonstruktion und der Gründung Erwähnung.

## Der Umbau der Marienkirche in Mühlhausen i. Thüringen.

(Mit Abbildungen auf Blatt 25 u. 26 im Atlas.)

(Alle Rechte vorbehalten.)

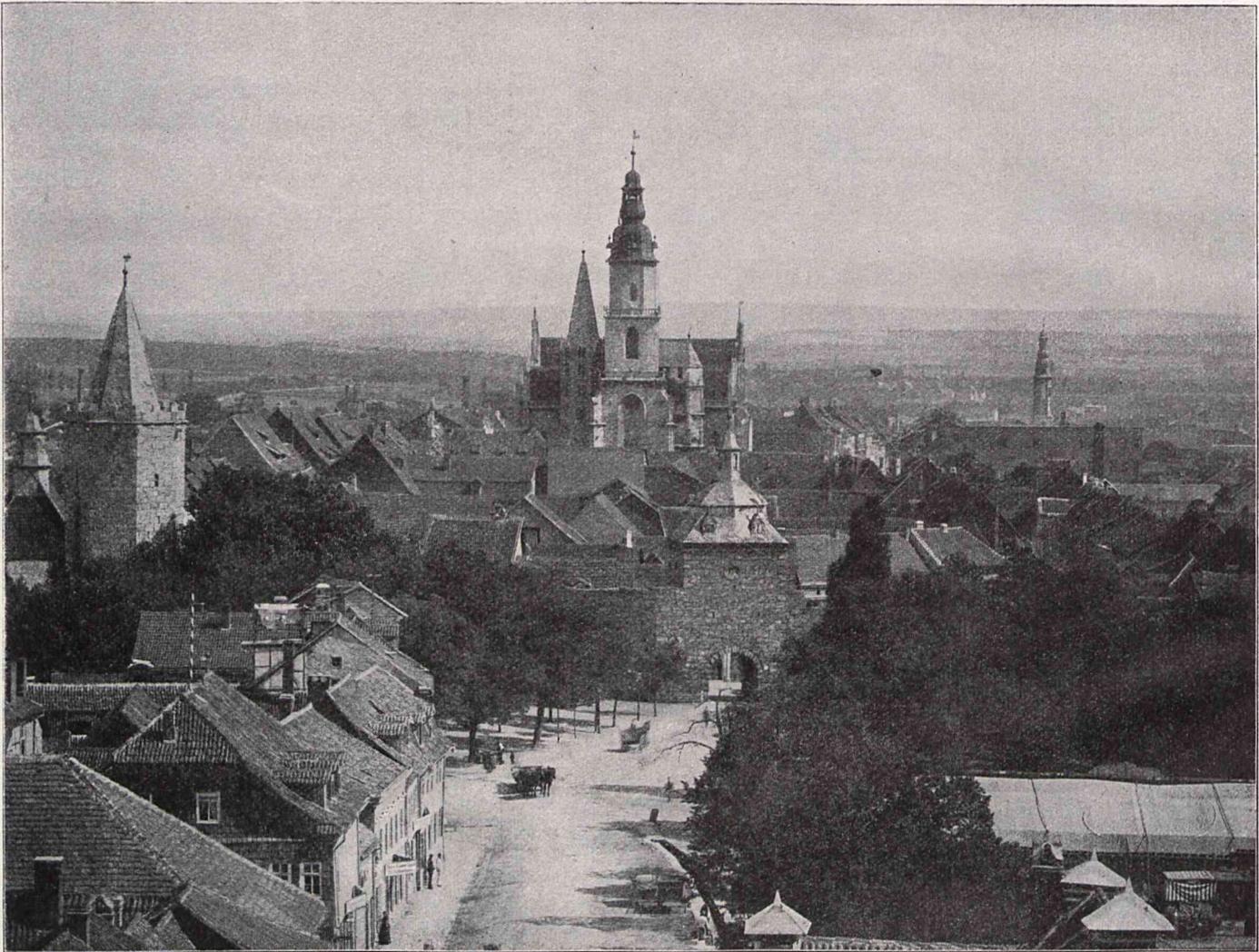


Abb. 1. Ansicht von Westen (vom äußeren Frauentor) vor dem Umbau.

Von den noch vorhandenen zehn mittelalterlichen Kirchen der einstigen freien Reichsstadt nimmt die der Jungfrau Maria geweihte Pfarrkirche der Neustadt, gewöhnlich die Obermarktkirche genannt, die erste Stelle ein. Schon eine oberflächliche Betrachtung der auf einer Anhöhe des Obermarktes freistehenden Kirche läßt erkennen, daß die beiden seitlichen Türme Überreste einer romanischen Kirche sind. Über die erste Gründung, sowie über die ferneren Schicksale des Bauwerks während des Mittelalters fehlt jede sichere Kunde. Unzweifelhaft ist die Errichtung der gotischen Hallenkirche an Stelle einer romanischen Basilika von den Deutsch-Ordensrittern im 14. Jahrhundert erfolgt. Der Nordturm, sowie der untere Teil des Südturms entstammen dem Ende des 12. Jahrhunderts, während die Ober-

geschosse des Südturms der Übergangszeit angehören. Die Veranlassung zum Neubau der Kirche wird wahrscheinlich die Brandlegung der Stadt im Jahre 1315 gewesen sein. Mit dieser Zeitstellung stimmen die Bauformen des Altarhauses und des Querschiffes überein. Der Baumeister dieses Teils der Kirche ist unbekannt, sein Nachfolger war Heinrich von Sampach, der 1382 starb und auf dem an der Südwand in der Kirche angebrachten Grabstein als „buwmeyster user lib. vrowe“ bezeichnet ist.<sup>1)</sup> Den Abschluß des neuen

1) Heinrich von Sampach ist jedenfalls nicht der wirkliche technische Meister des Baues, sondern nur das vom Rate der Stadt mit der besonderen Aufsicht über den Bau hauptsächlich in geldlicher Hinsicht betraute Ratsmitglied. Diese Ratsherren führten in den Städten während des Mittelalters regelmäßig den Titel „Bauherrn“ oder auch „Baumeister“. Die Schriftleitung.

Baues bildet der spätgotische, dem Anfange des 16. Jahrhunderts entstammende Mittelurm, zu dessen Errichtung zwischen den beiden alten romanischen Türmen wohl vor allem der Wunsch nach einem hohen Turm sowie die Notwendigkeit, dem Seitenschub der Kirchengewölbe ausreichenden Widerstand zu leisten, Veranlassung gegeben hat. Auf einem alten, im Rathaus befindlichen Stadtbilde von 1623 ist der Mittelurm nur wenig höher als die Seitentürme und mit einer haubenförmigen Spitze versehen, welche im Jahre 1689 abgebrannt ist. Zu Anfang des 18. Jahrhunderts hat der Turm die im Jahre 1894 abgebrochene barocke Bekrönung (Text-Abb. 1) erhalten. Bei vorerwähntem Brande wurden auch die romanischen Seitentürme in Mitleidenschaft gezogen, und im Jahre 1720 stürzte der Helm des südlichen Turmes infolge eines Blitzschlages ein. Der verbliebene Stumpf erhielt nach vorhergegangener Verstärkung durch zwei Strebepfeiler ein niedriges Walmdach. Der Grundriß der Kirche (Text-Abb. 4) zeichnet sich durch große Klarheit aus; das Innere mit den 22 schlanken Pfeilern ist von erhebender

Wirkung. Weniger vollkommen als die Gesamtanlage ist die Durchbildung der Einzelheiten in künstlerischer Hinsicht. Jedoch finden sich Anordnungen und Formen von besonderer Eigenart, wie die Anlage des Balkons über dem Südportal, die Ausbildung der Staffelgiebel, die Gestaltung der nach Art von Galerien vollständig freistehenden Ziergiebel über den Chören mit ihren schmiedeeisernen Zieraten.

Auf den im Laufe der Jahrhunderte eingetretenen, bedenklich zunehmenden Verfall und die dringende Notwendigkeit einer Instandsetzung des Bauwerks machte der Geheime Oberbaurat Stüler die Behörden seiner Vaterstadt Mühlhausen bereits im Jahre 1856 aufmerksam und ver-

anlaßte die Aufstellung eines Entwurfes und Kostenanschlages. Doch verzögerte sich die Inangriffnahme der allseitig als notwendig anerkannten Arbeiten bis zum Jahre 1884. Die erforderliche Bausumme war auf 180 000 *M* veranschlagt, und zwar waren im Anschlage vorgesehen: Die Wiederherstellung des baufälligen Nordturms, die teilweise Instandsetzung der Strebepfeiler, Galerien, Giebel und Fialen, die Erneuerung

der Dachkonstruktion über Schiff und Chor, und im Innern die Beseitigung der in Renaissance- bzw. Barockformen eingebauten hölzernen Seitenemporen, die Erneuerung der Orgelepore und der Orgel, Ausbesserung der Pfeiler und Deckengewölbe und schließlich die Erneuerung des Gestühls. Unter Leitung des Regierungsbaumeisters Breymann und später des Regierungsbaumeisters Kühn und unter der Oberaufsicht des Wirklichen Geheimen Oberbau-rats Adler in Berlin erfolgte die Ausführung der vorgenannten Arbeiten in den Jahren 1884 bis 1891 mit einem Kostenaufwande von 188 000 *M*. Zu dieser Summe hatte der Kaiser Wilhelm I. ein Gnadengeschenk von 30 000 *M* bewilligt, der Rest wurde

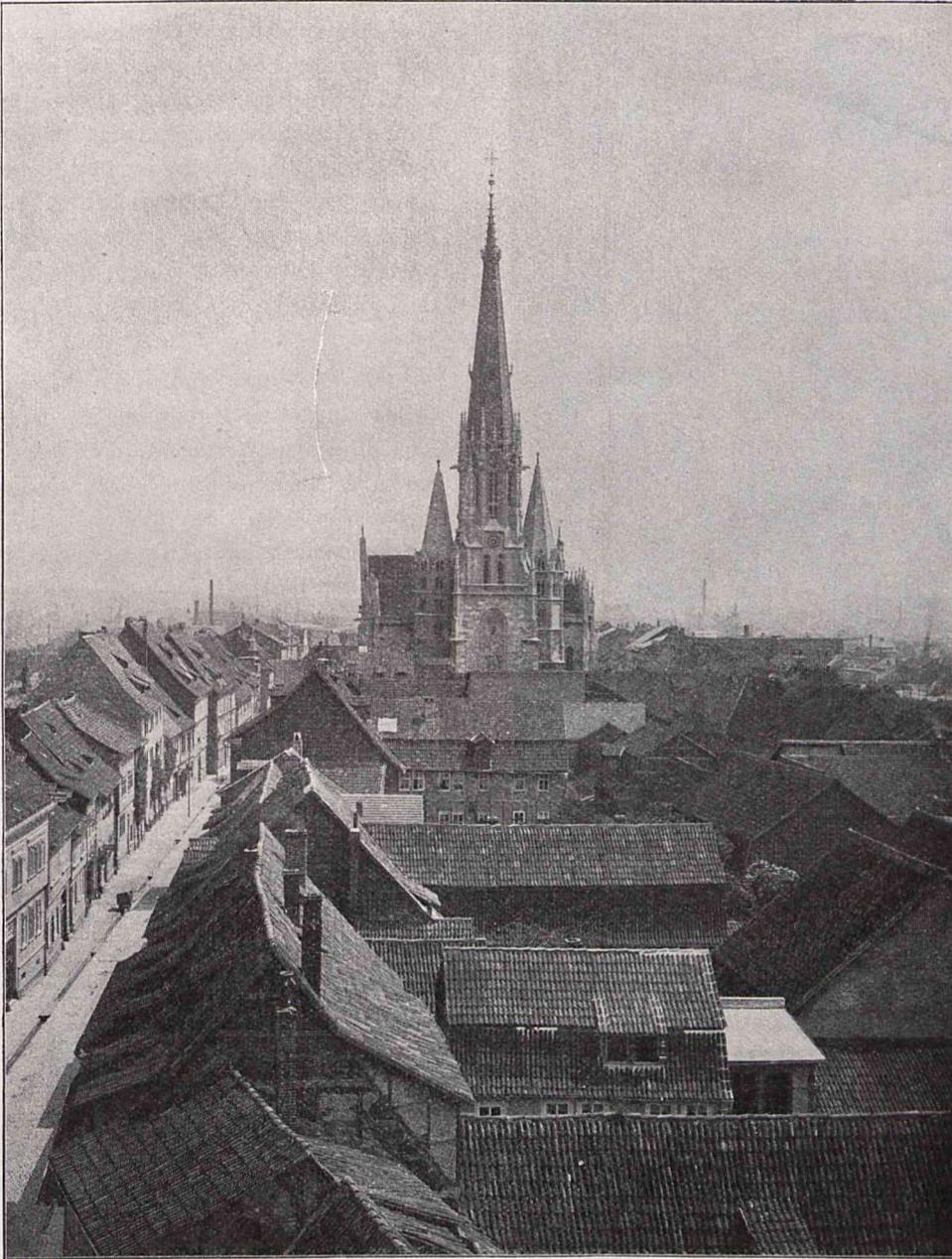


Abb. 2. Ansicht von Westen (vom Rabenturm) nach dem Umbau.

von der Gemeinde, der Stadt Mühlhausen, vom Orgelbauverein und durch freiwillige Spenden aufgebracht.

Waren hiermit die notwendigsten Arbeiten zur vorläufigen Sicherung des Gebäudebestandes und gleichzeitig die Instandsetzung des Innenraums der Kirche soweit gefördert worden, daß die von der Gemeinde lang ersehnte Wiederbenutzung ihres Gotteshauses stattfinden konnte, so bemächtigte sich der Gedanke einer weitergehenden Wiederherstellung der Kirche nach und nach weiterer Kreise und hatte die Gründung eines Bauvereins zur Folge, der insbesondere den Aufbau des Mittelturmes, die stilgerechte Wiederherstellung der Westfront und der Portale, sowie die

Reinigung und Ergänzung der alten wertvollen Glasmalereien in den Chorfenstern ins Auge faßte. Die zur Ausführung

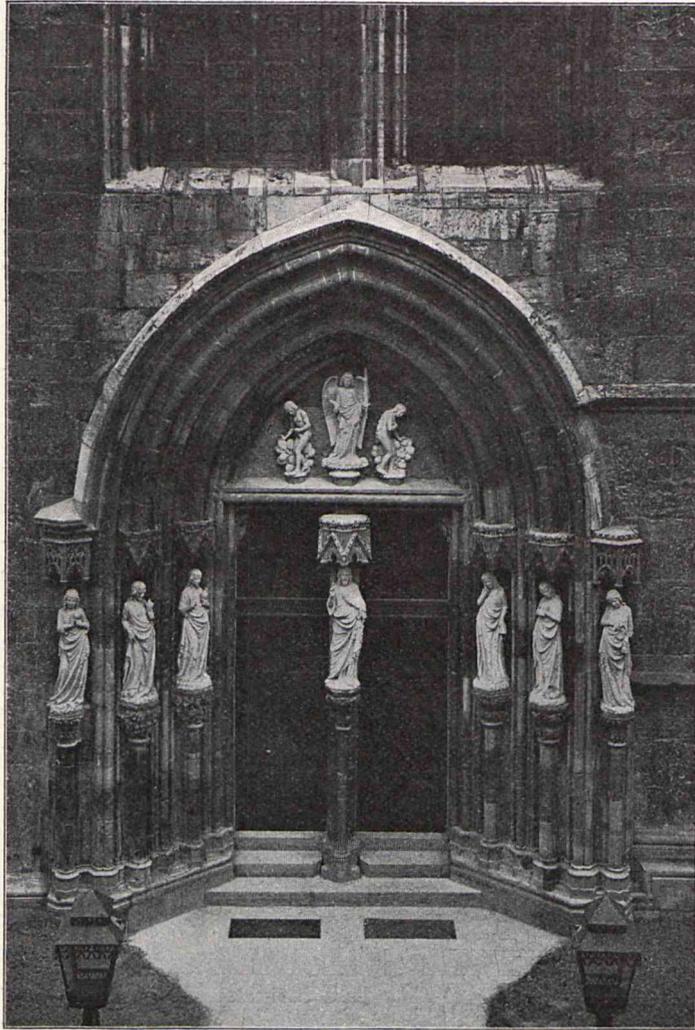
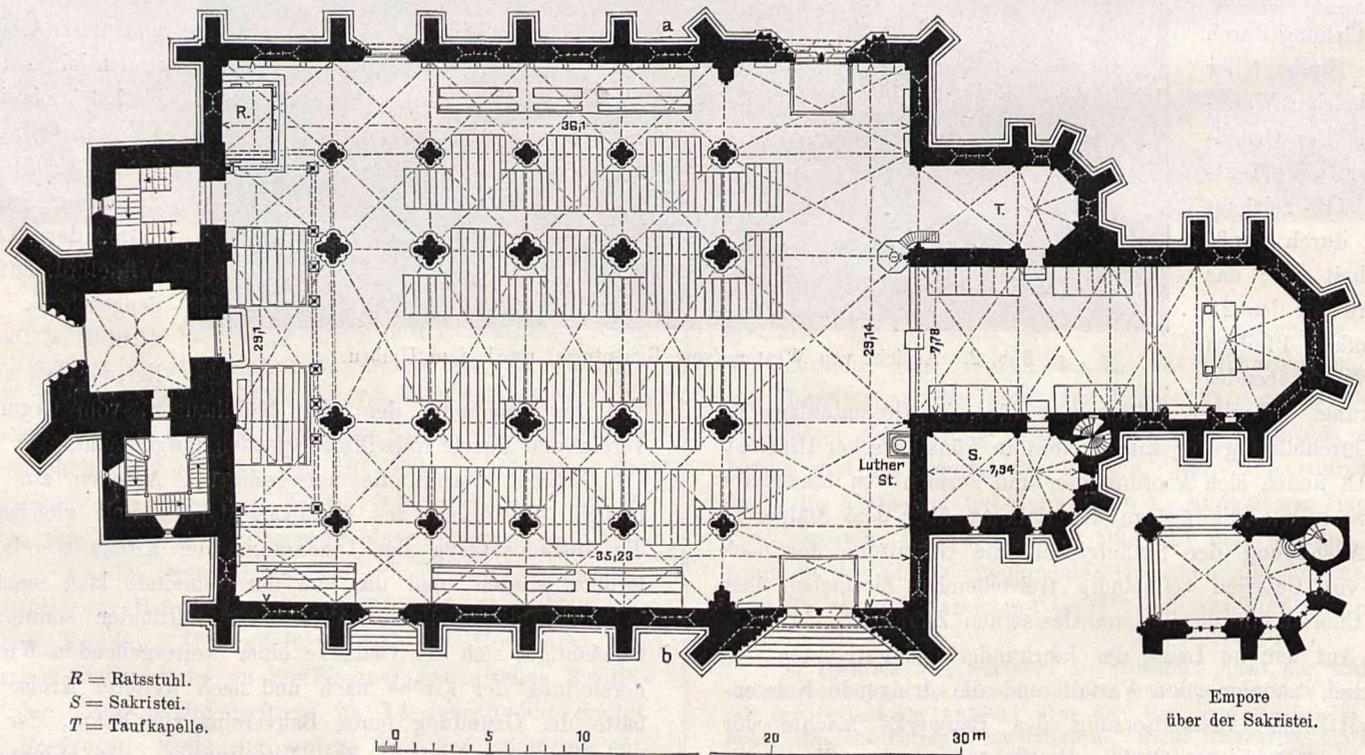


Abb. 3. Nordportal.

dieses Planes erforderlichen Kosten wurden auf rund 600 000 *M* veranschlagt. Die Beschaffung einer so hohen Summe war nur durch eine Lotterie zu ermöglichen, und die hierauf gerichteten Bemühungen des Bauvereins, die bei den zuständigen Behörden Unterstützung fanden, waren von Erfolg gekrönt. Nachdem der Kaiser Wilhelm II. zunächst eine Lotterie über den Betrag von 400 000 *M* bewilligt hatte, wurde der Auftrag zur Leitung der alsbald in Angriff zu nehmenden Arbeiten dem Baurat Röttcher erteilt, dem die Regierungsbaumeister Rakowski und später Lehmgrübner zur Seite standen. Rakowski hat hauptsächlich die schwierigen statischen Berechnungen für die Unterfangung der Türme aufgestellt. Der Entwurf für den Aufbau der Westfront wurde im Ministerium der öffentlichen Arbeiten aufgestellt. Danach sind von Lehmgrübner im Jahre 1896—97 die Einzelzeichnungen des Baues und der Kostenanschlag angefertigt. Gleichzeitig wurde noch ein Modell der Westfront vom Bildhauer E. Jakobs in Mühlhausen zur Ausführung gebracht.

Die Arbeiten wurden im Jahre 1893 begonnen. Zunächst wurde der Mittelurm bis zur Scheitelhöhe der großen Blende in der Westwand, der Südturm bis zur Oberkante des Abdeckungsgesimses über dem zweiten Rundbogenfries abgebrochen. Ferner erfolgte die erforderliche Verstärkung der Fundamente und Erdgeschoßwände sowie aller sonstigen schadhafte Bestandteile der Türme, da die Untersuchung der Türme eine sehr bedenkliche Beschaffenheit des Fundamentes und der Erdgeschoßwände des Südturmes sowie bei den aus der romanischen Zeit herstammenden Teilen des Mittelturmes ergeben hatte. Auch das Uhrgeschoß und Achteck dieses Turmes waren in so bedenklichem Zustande, daß sich der Abbruch und Neubau dieser Bauteile als notwendig herausstellte. Die Unterfahrung und Verstärkung der Fundamente und die Herstellung neuer Erdgeschoßwände am Südturm



R = Ratsstuhl.  
S = Sakristei.  
T = Taufkapelle.

Empore  
über der Sakristei.

Abb. 4. Grundriß.



Abb. 5. Ansicht von Südwesten nach dem Umbau.

sowie an der Ost- und Nordwand des Mittelturms hat Röttcher in Nr. 13, Jahrgang 1896 (S. 139) des Zentralblattes der Bauverwaltung eingehend beschrieben.

Der Bauplan für die Wiederherstellung der Westfront wurde erst im Frühjahr 1898 endgültig festgestellt, nachdem auf Empfehlung der Akademie des Bauwesens der spätgotischen Ausbildung des Mittelturms vor einer Lösung in Formen, die sich der Architektur des Chores anschlossen, der Vorzug gegeben worden war. Die Höhe des alten Turmes

Zeitschrift f. Bauwesen. Jahrg. LVI.

betrug nur 60 m und stand nicht im Einklang mit den außergewöhnlichen Abmessungen der fünfschiffigen Hallenkirche. Nach dem Plane Adlers ist die Höhenentwicklung des Mittelturms bis auf 80 m bis Mitte Kugel gemessen und bis 86 m bis zur Spitze des Kreuzes gesteigert worden. Eine besondere Schwierigkeit verursachte die eingekeilte Lage des Mittelturms zwischen den Seitentürmen. Den Schwerpunkt der architektonischen Aufgabe bildete die Erzielung einer bedeutsamen Erscheinung dieses spätgotischen Turmes unter Wahrung der Zusammenwirkung mit den romanischen Seitentürmen und der hochgotischen Kirchenhalle (Text-Abb. 2 u. 5). Beim Aufbau des Mittelturms blieb der Unterbau mit dem Portale und der darüber befindlichen großen Blendnische unverändert bestehen und wurde mit einer durchbrochenen Maßwerkbrüstung abgeschlossen. Die diagonal gestellten Strebepfeiler der Turmecken sind hochgeführt worden und erhielten eine Fialenbekrönung. Die Übergänge vom Viereck zum Achteck, in dem das Geläut Unterkunft gefunden hat, sind an den Ecken abgewalmt und mit kräftigen Fialen besetzt. Den oberen Abschluß der mit reich profilierten Gewänden und Maßwerk versehenen hochstrebenden Schallöffnungen bilden geschweifte, mit Kanten- und Kreuzblumen geschmückte Wimperge, zwischen denen weit ausladende

Wasserspeier hervorragen. Eine Maßwerkbrüstung mit Eckfialen vervollständigt den Abschluß des steinernen Baues (Text-Abb. 11). Der aus Eisen hergestellte Turmhelm ist mit Kupfer eingedeckt.

Der Wiederaufbau des im Jahre 1751 abgetragenen Obergeschosses und Helmes des Südturms erfolgte genau nach dem Vorbilde des Nordturms der St. Blasiuskirche in Mühlhausen, bei welchem Geschoßteilungen und Architekturformen in allen Einzelheiten mit denen am Südturm der

Marienkirche übereinstimmten. Die Gesamthöhe dieses Turmes beträgt 44 m und übertrifft die Höhe des Nordturms um 2 m. Die Bauausführung der Westfront erfolgte unter Zuhilfenahme einer Aufzugmaschine mit Gasbetrieb und unter Benutzung einer abgebundenen Rüstung von 52 m Höhe. Bei der Herstellung gelangte der in unmittelbarer Nähe der Stadt gewonnene Tuffstein, vorzugsweise jedoch der „Vogteier“ Muschelkalk aus den im Kreise Mühlhausen gelegenen Nieder- und Oberdorlaer Steinbrüchen zur Verwendung. Die Maurer- und Steinmetzarbeiten wurden vom Hofsteinmetzmeister Schilling in Berlin ausgeführt und erforderten, abgesehen von den Unterfahrungsarbeiten, einen Kostenaufwand von 228 000 *M* beim Hauptturm und von 49 000 *M* beim Südturm. In diesen Beträgen sind die Kosten der Rüstung (21 700 *M*) einbegriffen. Der neue Glockenstuhl, der außer dem alten Geläut, bestehend aus der großen Glocke von 2 m Durchmesser bei 5200 kg Gewicht vom Jahre 1481 und der im Jahre 1701 gegossenen Glocke von 1,70 m Durchmesser bei 4200 kg Gewicht, eine dritte, neue, von der Kaiserin Auguste Viktoria, der Schutzherrin des Wiederherstellungsbaues, geschenkte Glocke von 1,40 m Durchmesser bei 2000 kg Gewicht aufnehmen mußte, ist wegen des beschränkten Raumes zweistöckig und aus Eisen konstruiert worden. Er wurde ebenso wie der Helm nach dem Entwürfe des Baurats Cramer in Berlin von der Maschinenfabrik Zyklus ebendasselbst ausgeführt. Die Kosten für den Glockenstuhl betragen bei 7300 kg Gewicht 4000 *M*, für den Turmhelm bei 35,50 m Höhe, 2,78 m Seitenlänge und 17 700 kg Gewicht 11 300 *M*. Die Kupfereindeckung des Helmes erforderte einen Kostenaufwand von 20 000 *M*.

Die Herstellung der Westfront hatte nahezu die durch die Lotterie aufgebrachten Mittel erfordert. Da für die noch auszuführenden Wiederherstellungsarbeiten auf Grund genauer Kostenermittlungen noch eine Summe von 276 000 *M* notwendig war, mußte die Genehmigung zur Veranstaltung einer zweiten Lotterie erbeten werden. Die vom Vorstand des Kirchenbauvereins in Gemeinschaft mit dem Kirchenrat an den Kaiser gerichtete Bitte fand die Befürwortung aller beteiligten Behörden und wurde im Jahre 1900 genehmigt. Von diesem Zeitpunkte an stand die Wiederherstellung unter der Oberleitung des Geh. Oberbaurats Hofffeld in Berlin.

Die Instandsetzung der beiden Portale des Querschiffes, bei dem die Architekturteile teils stark verwittert, teils mit ihrem ganzen Figureschmuck von den Bilderstürmern während des Münzerschen Stadtreigiments im Bauernkriege zerstört worden waren, konnte nunmehr zur Ausführung gelangen. Da die Kapitelle an den Türgewänden große Ähn-

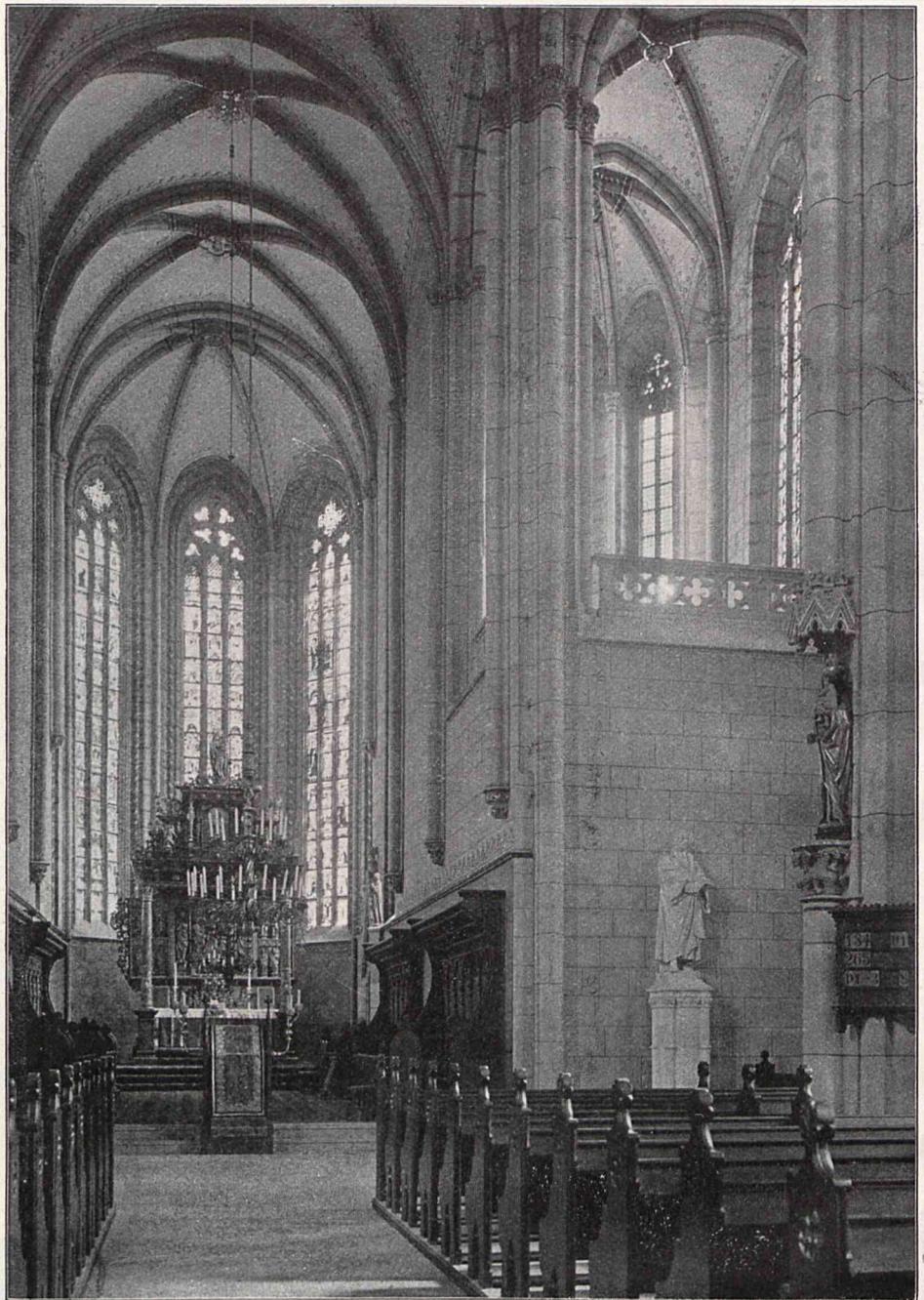


Abb. 6. Blick nach dem südlichen Nebenchor.

lichkeit mit den Dienstkapitellen im Westchor des Naumburger Doms aufwiesen, waren diese bei den Ersatzarbeiten vorbildlich. Die Modelle hierzu wurden vom Bildhauer Trillhaase in Erfurt angefertigt, während die Herstellung des Figureschmucks am Südportal dem Bildhauer Riedel in Straßburg i. Els. und am Nordportal dem Bildhauer Herzog in Nürnberg übertragen wurde.

Das Programm für den Figureschmuck des südlichen Hauptportales (Text-Abb. 8) ergab sich aus dem Skulpturenschmucke am Giebel oberhalb dieses Portales. Dort ist an den Pfeilern der großen Fenstergruppe die Anbetung der hl. drei Könige in standbildartigen Einzelfiguren zur Darstellung gebracht, während an der Giebelspitze in einer Mandorla der Weltenrichter thront. Es lag nahe, den Gedanken der Verherrlichung Christi weiter durchzuführen. Deshalb sind am Portalgewände der Hinweis auf den Messias und die Verbreitung des Heilswerkes Christi in je vier Propheten- bzw. Evangelisten- und Apostelgestalten (Jesaias, Jeremias, Hesekiel

und Daniel; Petrus, Paulus, Johannes und Matthäus) verkörpert worden. Dazwischen, am Mittelposten der Doppeltür ist eine Maria mit dem Christuskinde (als standbildartige Darstellung der Geburt) aufgestellt, und im Spitzbogenfelde hat eine Kreuzigungsgruppe Platz gefunden. Am Nordportal (Text-Abb. 3) sind in den Türgewänden die klugen und die törichten Jungfrauen, am Mittelposten Christus als Bräutigam zur Darstellung gekommen und im Tympanon die Austreibung aus dem Paradiese nach dem Sündenfall. Zu sämtlichen

Nebenportals die Figur König Davids auf den vorhandenen Konsolen aufgestellt worden. Modelle und Ausführung dieser Bildwerke rühren auch vom Bildhauer Riedel her.

Die fünf Kirchentüren wurden aus Eichenholz neu hergestellt und haben kunstvolle, vom Schlossermeister Köhler in Erfurt hergestellte Zierbänder und Beschläge erhalten. Ihre Herstellungskosten haben 3600 *M* betragen.

Da die meistbenutzten Hauptportale der Süd- und Nordseite einander gerade gegenüber liegen, waren die Kirchen-

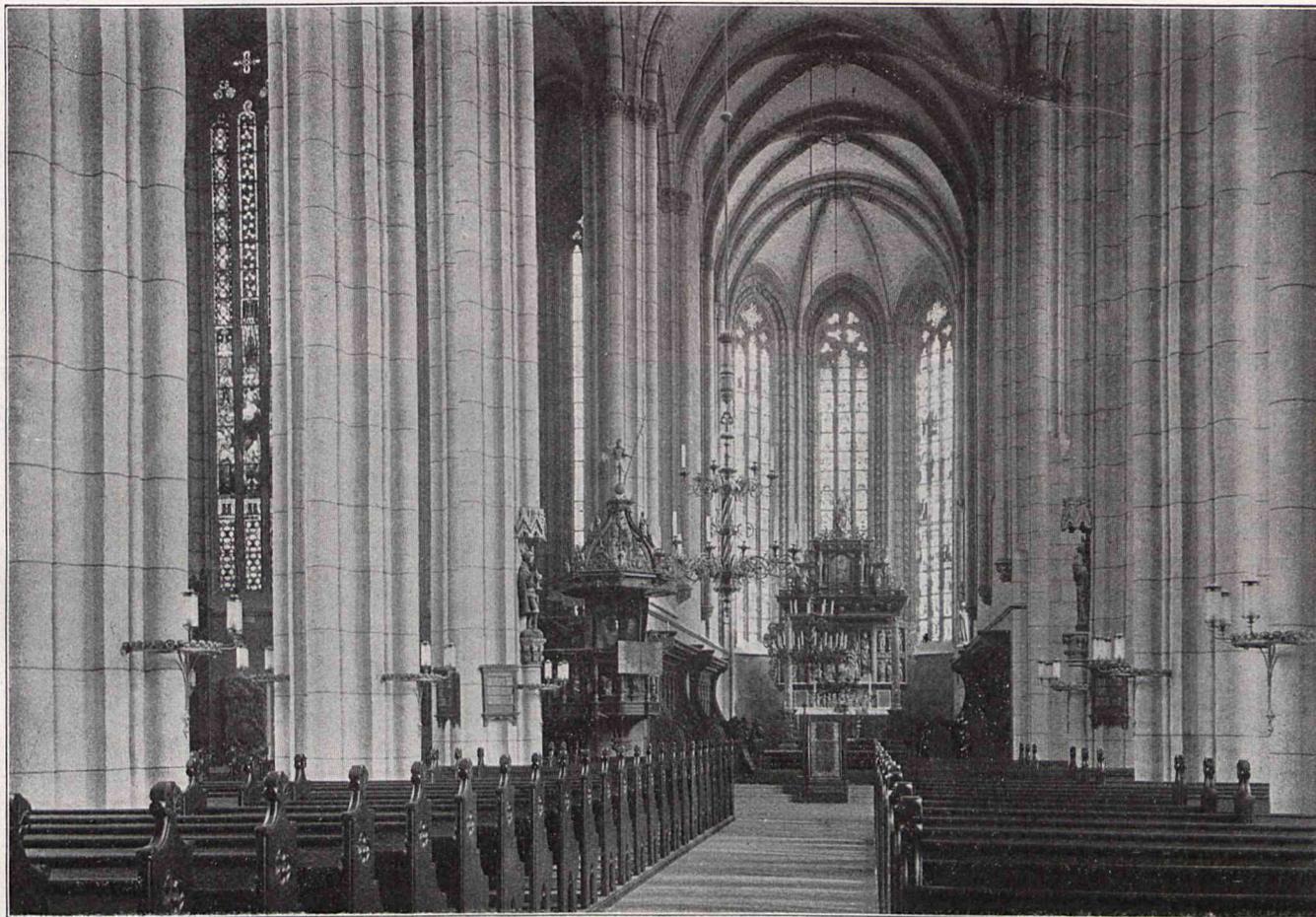


Abb. 7. Blick nach dem Altar.

Architekturteilen und zu den figürlichen Darstellungen dieser Portale ist Muschelkalk verwendet worden. Die Kosten des figürlichen Schmuckes haben am Südportal 20900 *M*, am Nordportal 9600 *M* betragen.

Die oberhalb des Südportals aus früherer Zeit erhalten gebliebenen Figuren bedurften nur einiger Ausbesserungen stark verwitterter Teile. Außer den oben erwähnten Skulpturen gehören zu ihnen noch die vier merkwürdigen Gestalten, die sich auf dem Altan über dem Portale befinden; sie stellen den Kaiser und die Kaiserin, einen Hofherrn und eine Hofdame dar, welche sich in natürlicher Haltung über die Altanbrüstung herabneigen. Nach der Überlieferung fand sich der alljährlich neugewählte Rat der freien Reichsstadt vor dieser Kirchentür ein, um dem Kaiser den feierlichen Huldigungseid zu leisten, welchen dieser also bildlich entgegennahm.

Im Giebelfelde des südlichen Nebenportals ist an Stelle des dort noch vorhanden gewesenenes Bruchstückes einer Madonna, welche sich jetzt in dem im Mittelturm eingerichteten Sammlungsraum der Modelle befindet, die Figur Johannes des Täufers, an gleicher Stelle des nördlichen

besucher einer Zugwirkung ausgesetzt, welche sich bei der erhöhten Lage der Kirche inmitten der Straßenzüge und Kreuzungen stets sehr fühlbar machte. Um diesen Übelstand zu beseitigen, sind an beiden Hauptportalen Windfänge angebracht worden. Zur Vermeidung der üblichen, künstlerisch sehr schwer zu bewältigenden und zumeist überaus störenden Holzkästen sind diese als Stoffwindfänge behandelt. Sie bestehen aus einem in schlichten Formen gehaltenen Gerüst aus Eichenholz. Den dem Kircheninnern zugewendeten vorderen Abschluß bilden schwere und reichfarbige, seitlich zurückziehende Teppichvorhänge, die nur nach Schluß des Gottesdienstes, also nur bei der Entleerung der Kirche geöffnet werden. Der Zutritt erfolgt seitlich durch Pendeltüren, die sich in den verschalten und mit farbigem Fries bespannten Seitenwänden befinden. Die Herstellung der großen Windfänge erforderte einen Kostenaufwand von 4300 *M*.

Im Innern der Kirche (Text-Abb. 6 u. 7) wurden zunächst die mittelalterlichen Glasmalereien in den Fenstern des hohen Chores kunstgemäß wiederhergestellt. Über die Entstehungszeit dieser Glasgemälde ist nichts genaueres bekannt.

Da sie in den Größenverhältnissen und in den figürlichen und ornamentalen Einzelheiten erheblich voneinander abweichen, liegt die Vermutung nahe, daß sie verschiedenen Zeiten entstammen und als Reste aus den Zerstörungen der Kirche gerettet worden sind. Das mittlere Fenster enthält Darstellungen aus der Leidenszeit und Auferstehung Christi, das nördliche aus dem Leben der Maria, und im südlichen Fenster sind die Gestalten von Heiligen dargestellt. Die übrigen mit Glasmalerei versehenen Fenster sind mit wenigen Ausnahmen vom verstorbenen Professor Linnemann in Frankfurt a. M. neu angefertigt und von Bürgern der Stadt gestiftet.

In geringem Umfange waren Instandsetzungen am Hochaltar und an der Kanzel, die aus der Barockzeit stammen, vorzunehmen.

Der im Jahre 1884 mit den in der Kirche vorhandenen Emporen abgebrochene, zum Glück noch vorhandene Ratsstuhl, welcher inschriftlich aus dem Jahre 1604 stammt, wurde wiederhergestellt und erhielt seinen Platz in der Nordwestecke des Langhauses (Text-Abb. 10). An seiner ursprünglichen Stelle konnte er leider nicht wieder aufgestellt werden. Dort ist ein von Pfannschmidt in Berlin gefertigtes, vom allgemeinen Musikverein der Stadt und vom Bauverein der Kirche gestiftetes Lutherstandbild errichtet worden (Text-Abb. 6). Auf der Vorderseite des Ratsstuhles befinden sich die Wappen des Reformators von Mühlhausen, Tilesius von Tilenau, und seiner Gattin. Die auf Konsolen stehenden Figuren sind sinnbildliche Darstellungen der den Ratsherren obliegenden Pflichten.

Das alte Chorgestühl, das nach handschriftlichen Aufzeichnungen in einem in Privatbesitz befindlichen alten Wappenbuche im Jahre 1545 aus der Barfüßer Klosterkirche in die Marienkirche versetzt worden war, soll im Jahre 1820 beseitigt worden sein. Verblieben waren nur eine Anzahl unansehnlicher Chorsitze von der üblichen Form. Die Beschaffung eines neuen Chorgestühls erwies sich daher als eine dringende Notwendigkeit, um den eines großen Teiles seines einstigen Schmuckes beraubten Chor nicht allzu nüchtern erscheinen zu lassen. Als Anhalt für den Entwurf des neuen Gestühls diente ein bei Aufräumarbeiten im Südturm im Jahre 1890 aufgefundenes Stück der alten Rückwand, welches bei Herstellung des neuen Gestühls auch wieder Verwendung gefunden hat. Das erhalten gebliebene

Stück zeigt in den Zwickeln zwischen den Scheitelbogen der Maßwerkstellung Wappen, gehalten von Menschen- und Tiergestalten, und zwar den Reichsadler, die geflügelte Mühlhaue (das Wahrzeichen der Stadt Mühlhausen) und ein drittes, unbestimmbares Wappen. In dem erwähnten Buche finden sich außer diesen, in gleicher Reihenfolge dargestellten, noch weitere 13 Wappen verzeichnet, die, soweit sie sich überhaupt noch feststellen lassen, angesehenen Familien der Stadt und Umgegend angehörten. Diese Wappen sind an gleicher Stelle beim neuen Gestühl wieder verwendet worden, während das Wappen des neuen Deutschen Reiches, des Königreichs Preußen, des Kaisers, der Kaiserin, der Provinz Sachsen und des deutschen Ritterordens hinzugekommen sind. Der oberhalb der Wappen entlang laufende Fries zeigt ornamentale und figürliche Darstellungen und wird durch die auf den Scheiteln der unteren Maßwerkfelder sitzenden Kreuzblumen unterbrochen. Ein reich profiliertes, baldachinartig vortretendes Gesims bildet den oberen Abschluß des Gestühls. Auch die Seitenwangen sind mit sinnbildlichen Darstellungen geschmückt.



Abb. 8. Südportal.

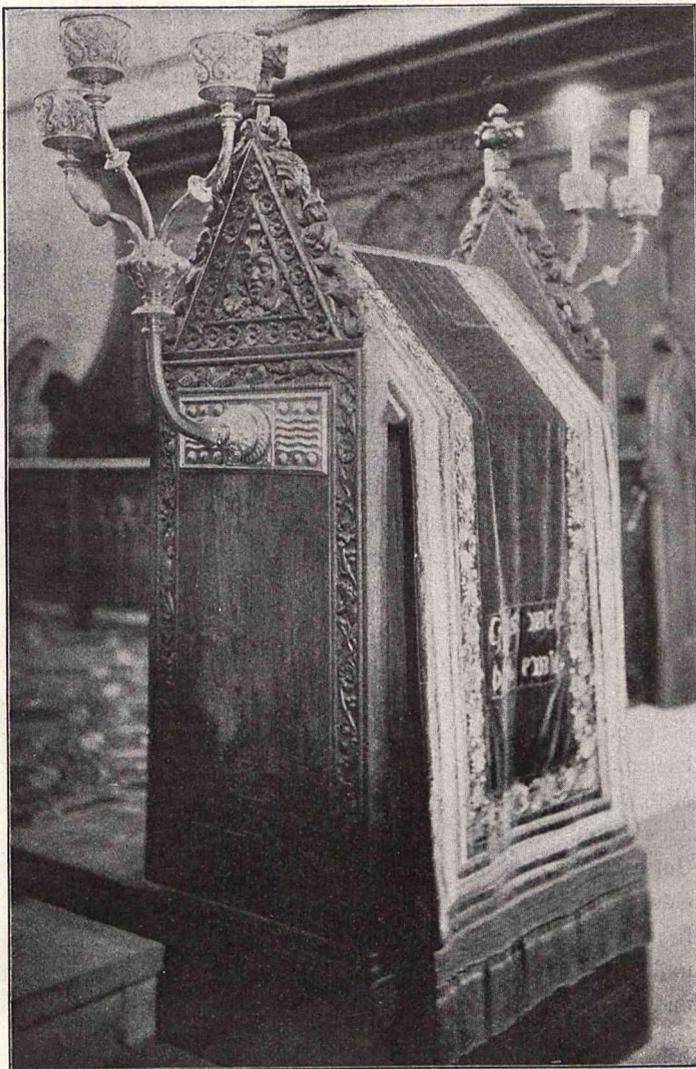


Abb. 9. Lese-pult.

Das Gestühl ist vom Bildhauer Trillhaase in Eichenholz ausgeführt; seine Herstellungskosten haben rund 14800 *M* betragen. Von dem genannten Bildhauer rührt auch das ebenfalls aus Eichenholz angefertigte, mit sinnbildlichen Darstellungen geschmückte und jederseits mit einem dreiarmigen Leuchter aus Bronze versehene Lese-pult her (Text-Abb. 9), sowie der aus gleichem Material hergestellte, reichgeschnitzte Deckel des neuen Taufsteins im nördlichen Nebenchor. Zum Abschluß der Empore über der Sakristei, sowie zu der entsprechenden Begrenzung der nordseits belegenen Taufkapelle, gelangte auf beiden Seiten des Hauptchores eine aus Muschelkalk angefertigte Maßwerkbrüstung zur Aufstellung.

Zur Beleuchtung der Kirche bei Abendgottesdiensten dienten außer einem 27armigen und zwei 18armigen, aus Messing bestehenden Kronleuchtern für Kerzenbeleuchtung, welche in den Jahren 1863 und 1869 in Nürnberg angefertigt worden sind, an den Pfeilern befestigte Wandarme einfachster Art für Gaslicht. An Stelle dieser Arme sind 22 neue, den Pfeilerprofilen angepaßte Wandarme mit zusammen 54 Gasglühlichtlampen getreten. Die Eintrittshalle im Mittelturm erhielt eine gleichfalls für Gasbeleuchtung eingerichtete kleine Ringkrone; schließlich wurde eine neue große Ringkrone für den Chor gestiftet.

Bei der Regulierung des Kirchplatzes wurden die Böschungen auf der Süd- und Ostseite beseitigt und durch Futtermauern ersetzt. Die Einfriedigung besteht aus ein-

fachen, durch kräftige Quadrateisenstangen miteinander verbundenen Steinpfosten. Treppenanlagen vermitteln die Verbindung zwischen dem tiefer liegenden Bürgersteig und den Zugängen zum Kirchplatze, der seinen Baumschmuck, den er leider infolge des Baubetriebes verloren hat, in veränderter Gestalt wieder erhält. Auf den die Treppenaufgänge und den Zugang zum Nordportal begrenzenden Steinpfosten gelangten aus Schmiedeeisen angefertigte Gaskandelaber zur Aufstellung.

Außer diesen in den Kostenanschlägen vorgesehenen Arbeiten konnte aus den gemachten Ersparnissen nun noch eine Zentralheizung eingerichtet werden. Gewählt wurde eine Niederdruckdampfheizung und die Ausführung der Firma Rud. Otto Meyer in Hamburg und Berlin übertragen. Der Heizraum ist unter dem nördlichen Nebenchor angelegt, dessen Fundamente so tief hinabreichen, daß die Unterkellerung ohne besondere Schwierigkeiten ausgeführt werden konnte. Zur Unterbringung von Heizstoffen wurde in Verbindung mit dem Heizraum ein zur Lagerung von 10 t Koks ausreichender Keller unter dem Kirchenschiff hergestellt. Der Schornstein wurde innerhalb der östlichen Umfassungswand des Nebenchores angelegt und im Dachboden mit Hilfe einer aus eisernen Fachwerkträgern hergestellten Unterstützung bis zur Mitte und über den First geführt. Die Heizrohre liegen in Kanälen, die an den Umfassungswänden entlang laufen. Heizkörper sind nur in geringer Anzahl zur Aufstellung gekommen, und

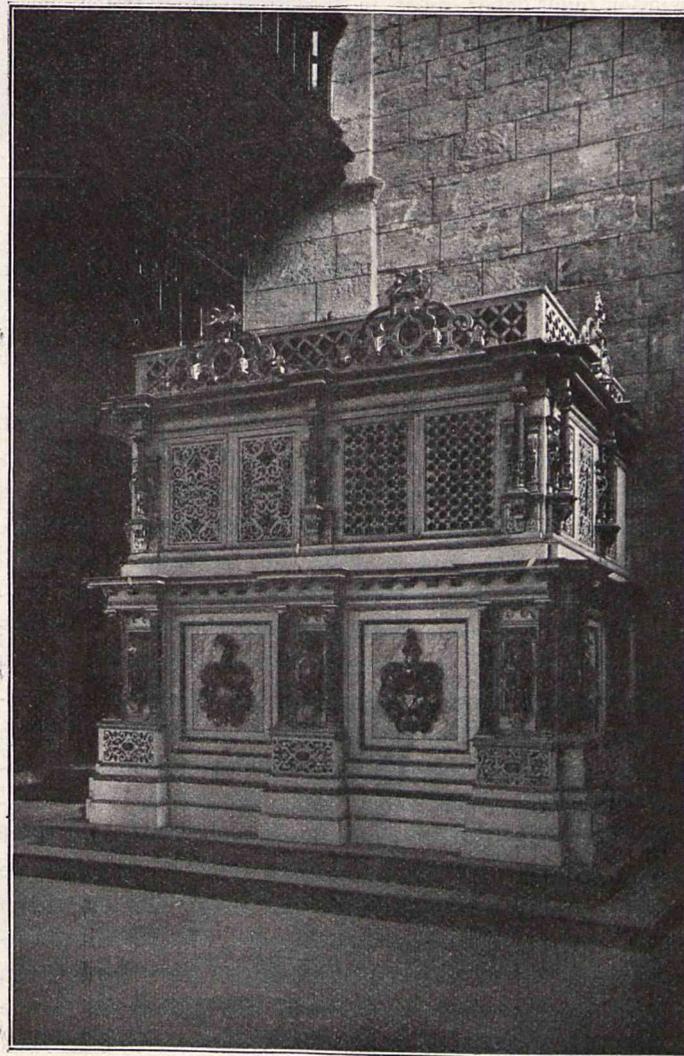


Abb. 10. Der Ratsstuhl.

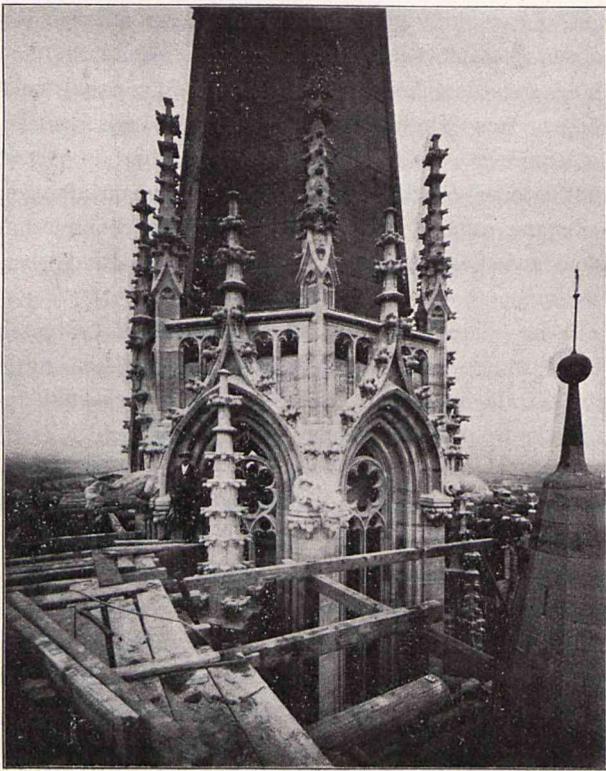


Abb. 11. Oberer Abschluß des Mittelturmes.

zwar an und auf den Windfängen, an der Westwand, wo sie im Ratsstuhl und hinter einem Grabstein aufgestellt wurden und daher nicht in die Erscheinung treten, ferner auf der Orgelempore, der Empore über der Sakristei und in der Turmhalle. Unter dem Podium des Kirchengestühls ist eine Zusatzheizung angebracht worden. Die Gesamtkosten

der Heizanlage, die sich seither vollkommen bewährt hat, betragen bei einem Rauminhalt der Kirche von rd. 27 000 cbm 22500 *M.* Die Heizkosten haben im ersten Winter durchschnittlich 26 *M.* für den Heiztag (einschl. Heizerlohn) betragen. Die Ausführung der Heizkanäle hatte eine umfangreiche Aufnahme des aus Tonfliesen einfachster Art bestehenden Fußbodenbelags der Kirche veranlaßt, und da die noch vorhandenen Mittel es zuließen, wurde auf die Wiederherstellung des alten unscheinbaren Belags verzichtet und ein neuer Fußboden aus Sollinger Platten verlegt. Den Beschluß der Arbeiten bildete die Auffrischung des Anstrichs der Wände und der einfachen Bemalung der Deckengewölbe sowie ein Neuanstrich der Kirchenbänke.

Die Gesamtkosten des Wiederherstellungsbaues haben rd. 737 600 *M.* betragen, die ihre Deckung aus den Erträgen der beiden Lotterien nebst aufgelaufenen Zinsen fanden.

Nach zehnjähriger Bauzeit konnte die wiederhergestellte Kirche am 20. Juni 1903 im Beisein Seiner Kaiserlichen Hoheit des Kronprinzen feierlich eingeweiht werden. Dem verdienstvollen Leiter des Wiederherstellungsbaues Röttischer war es jedoch nicht vergönnt, sich des vollendeten Werkes, dem er unermüdlich seine Kräfte gewidmet hatte, zu erfreuen. Am 20. Oktober 1901, kurz nach Vollendung des Mittelturms, starb er eines plötzlichen Todes. In dankbarer Anerkennung seiner Tätigkeit bei der Wiederherstellung ihres Gotteshauses hat die Kirchengemeinde neben dem Westportal eine Gedächtnistafel anbringen lassen, die in Form und Ausführung mit der an der anderen Seite des Portals vorhandenen und mit einer Bauinschrift versehenen Tafel übereinstimmt und den Verdiensten des Verstorbenen Anerkennung zollt.

Mühlhausen i. Thür. Brzozowski.

## Das neue Land- und Amtsgericht Berlin-Mitte.

Vom Regierungs- und Baurat a. D. Professor Schmalz, Stadtbaurat in Charlottenburg.

(Fortsetzung aus dem Jahrgang 1905 S. 467, statt Schluß.)

(Alle Rechte vorbehalten.)

Die Haupteingangshallen. Wie schon erwähnt, verdanken beide Hallen ihr Streben nach Größe einem Gutachten der Akademie des Bauwesens zu dem ursprünglichen Entwürfe. Unter der Wirkung dieses Strebens kamen ihre Abmessungen und Formen, selbst die scheinbar ungewöhnliche Ausgestaltung sowie in letzter Folge auch ihre Konstruktion mit einer gewissen Naturnotwendigkeit zustande; der zwischen den im Grundriß festliegenden Anschlußflügeln oder Achsen verfügbare Raum wurde in sie aufgesogen. Beide Räume wiederholen absichtlich in ihren Hauptgrundrißverhältnissen die Verhältnisse des Gesamtgrundrisses des Hauses und stehen daher zu diesem in harmonischer Beziehung. Da von der Grunerstraße aus das Haus wesentlich nach der Tiefe liegt, zieht auch die Haupttreppe den Hallenraum nach dieser Richtung, welche noch im ersten Stock durch den Übergang über den Hof III besonders verstärkt wird; an der Neuen Friedrichstraße liegen die Treppen getrennt paarig seitlich und ziehen den Hallenraum in die Breite, wie auch der Grundriß des Hauses der Breite nach vor dem Eintretenden entwickelt ist, dieser also vornehmlich

in beiden seitlichen Richtungen weiter zu streben hat. Beiden Hallen ist die Anlage eines durch alle Stockwerke reichenden, von den Geschoßumgängen umzogenen Hohlraumes eigen, in den die Treppenaufstiege als freie Wendelsteine eingestellt sind. Da viele Wenig ein Viel machen, so konnte durch besonders sparsame Behandlung anderwärts häufig sich wiederholender baulicher Punkte soviel erübrigt werden, daß hier an eine maßvolle Befriedigung künstlerischer Ansprüche gedacht werden durfte.

Die Schwingungen der Grundrisse sind der Ausdruck der Bemühungen, auf dem maßlich festliegenden, immerhin engen Raume den denkbar größten Verkehrsplatz mit der größten architektonischen Wirkung zu verbinden; gewissermaßen — wenn dieses Bild hier erlaubt ist — durch Ausstanzen aller Ecken. Zwischen den unverrückbaren Gelenkanschlüßpunkten der Flurgänge ist das Fleisch der Wände nach Möglichkeit vorgebogen. Das Hauptprofil der Decke nimmt von Wand zu Wand die größte mögliche Form auf, die Einzelgliederungen setzen das Bemühen, das Höchstmaß des freien Raumes zu gestalten, fort. Die Treppen weichen

im Grund- und Aufriß aus den Sehlinien in augenfälliger Weise zurück, Gebälke, Leibungen, Brüstungen machen schmiegsam und willig bis zum äußersten Platz — Dinge, die zu denken und zu wagen in diesem Umfange lediglich in den Formen des Barockstils die Möglichkeit gegeben war. Die Überlegenheit der Raumgestaltungsfähigkeit dieses Stiles in dieser Hinsicht würde recht deutlich, wenn man sich die beiden Hallen des Gerichtsgebäudes in den geraden Formen strenger Renaissance vorzustellen willens wäre. Um weiterhin luftig und groß erscheinen zu lassen, was luftig und groß zu

Rücksicht auf das starke Hineinragen in den Hof III, welches für das Innere der Lichtzuführung halber ebenso unentbehrlich, wie für die gegenüberliegenden Geschäftsräume gefährlich war — keine andere Form als die apsidial gerundete. Die Einmündungen der Flurgänge waren diejenigen festen Punkte, von denen die Grundrißschwingungen ebenso auszugehen hatten, wie die Deckenbildung und die Konstruktion. Da die Decke selbst, wie schon erwähnt, aus technischen Gründen eine Rabitzwölbung ist, werden die inneren Geschoßpfeiler nach oben hin leichter und endigen über dem dritten Stock in zwölf nur lose tragenden, zu sechs Paaren vereinigten Säulen.

Die Hauptabmessungen sind: zwischen den einander gegenüberstehenden Säulen gemessen lichte Weite 14 m, von Wand zu Wand gemessen größte Breite 22,50 m; freie Länge zwischen den Umgangsfluren 24 m, größte lichte Länge mit den Fluren, jedoch ausschließlich der Wartehalle im dritten Stock, 31 m, lichte Höhe des Gewölbescheitels über dem Fußboden 29 m. Die Halle ist wesentlich farblos, weiß. Die tragenden oder der Berührung oder Beschädigung ausgesetzten Architekturteile sind aus weißem Cottaer Stein, die übrigen Zierteile aus Stuck in geringen Abstufungen von hellem Grau getönt.

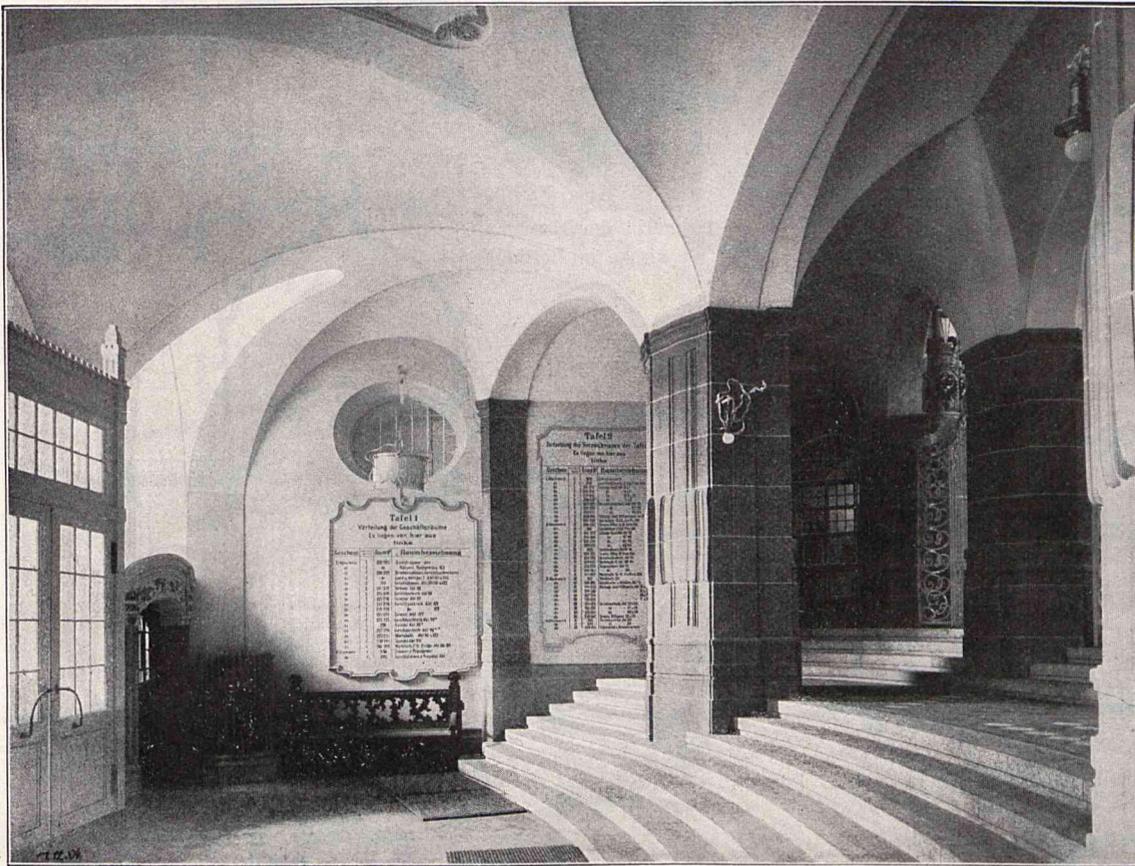


Abb. 69. Blick in die Hauptvorhalle an der Neuen Friedrichstraße.

sein vermochte, sind die Wände nach Tunlichkeit zu den anstoßenden Räumen hin durchbrochen oder geöffnet, über den Türen in Form von Wandfenstern, zu den Dachböden durch Treppenhäuser, zu den Wartehallen in Gurtbogen usw.

Da von einer Tagesbeleuchtung durch Deckenoberlicht bei beiden Hallen aus praktischen Gründen durchaus abzusehen war, so mußten die seitlichen Fenster besonders groß und mit Rücksicht auf die Entnahme des Lichtes von geschlossenen Höfen aus namentlich hoch hinauf gerückt werden — ein Umstand, der im wesentlichen auf die Bemessung der absoluten Höhe beider Hallen einwirkte und in der Halle des zweiten Bauteils eine besonders bewegte Schildbogenlinie des Anschlusses der Decke an die Wände mit sich brachte.

Die Halle an der Grunerstraße (vgl. S. 222 u. 474 vor. Jahrg.) war durch ihre Lage senkrecht zu zwei 9,50 m voneinander entfernten Parallelfügeln als ein kirchenschiffartiger Langraum mit ausgesprochener Tiefenrichtung von selbst gegeben. In diesem Langraum gab es für die Treppe keine andere Stelle als im Grund der Mitte und — mit

Die unverzierte und fast glatte Decke ist weiß mit geringer Vergoldung. An ihr ist eine besondere architektonische Durchbildung nur der Hauptluftabzugsöffnung über der Treppe zuteil geworden, deren in freien Formen geschwungener Rand gleichzeitig als Träger eines Lichtkranzes von herablaßbaren Glühlampen in Quastenform an Lambrequins und deren Kern als durchbrochene Schlußsteinplatte mit sinnbildlichen Darstellungen ausgebildet ist. Die Zierteile der Architektur sind der Wendeleinbau der Treppe, die freie Brüstungsgalerie des dritten Stocks, Träger eines anderen Ringes von Glühlampen, die Kunststeinbrüstung des ersten Stockwerks und die vier Portale des Eingangs von der Vorhalle, des Treppenaufganges und zweier seitlichen Flur ausmündungen, letztere beiden je mit einem von zwei allegorischen Karyatiden getragenen Balkon überbaut. Der Zugang von der Vorhalle ist unter Anwendung barocker Mittel so frei gestaltet, daß der Zutretende schon bei den ersten Schritten in der Vorhalle selbst den vollen Blick auf die Hauptlichtquelle, das Fenster im dritten Stockwerk hat, dieses ist daher als besonders wertvoller Zielpunkt des Auges mit einer sinnbild-

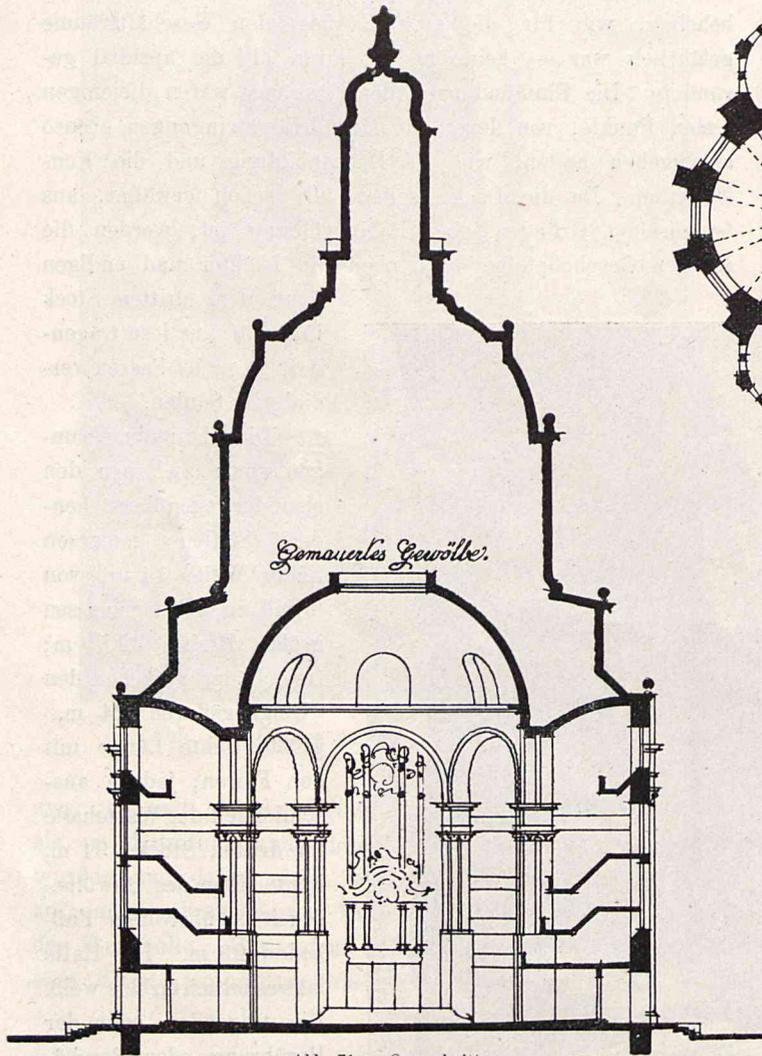


Abb. 71a. Querschnitt.

Abb. 71a u. b. Frauenkirche in Dresden.

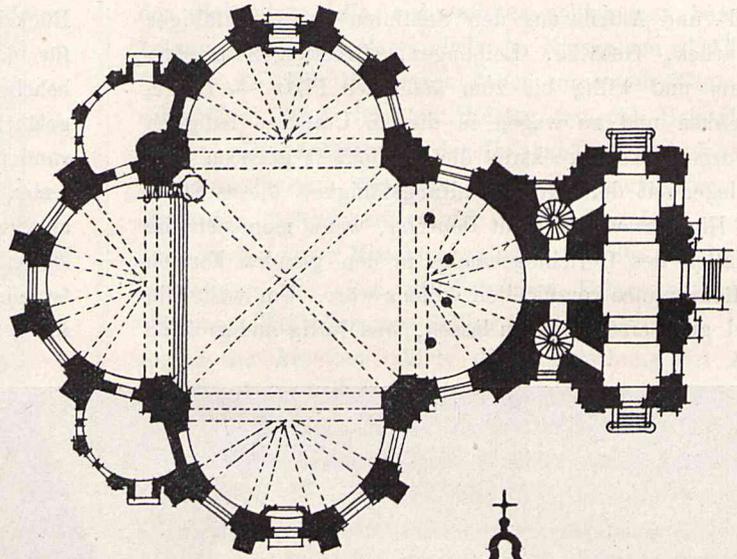


Abb. 70.

Grundriß der Parochial-  
kirche in Berlin.

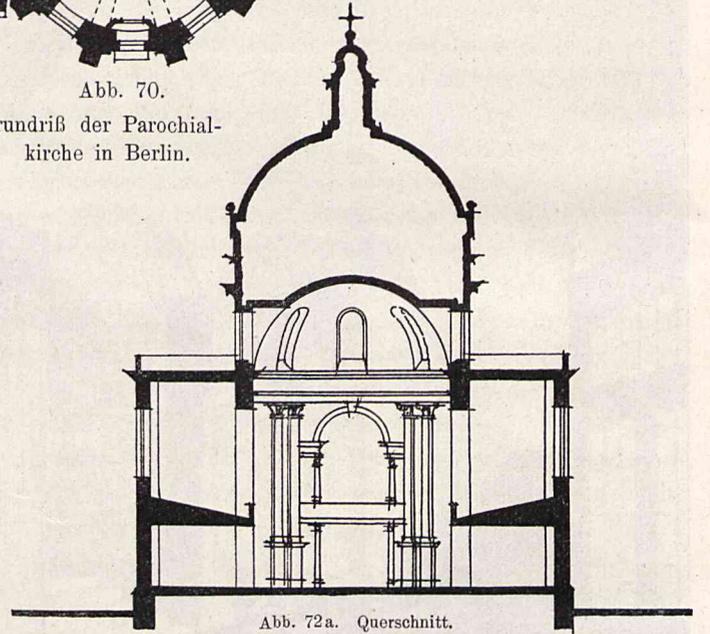


Abb. 72a. Querschnitt.

Abb. 72a u. b. Karl Borromäuskirche in Wien.

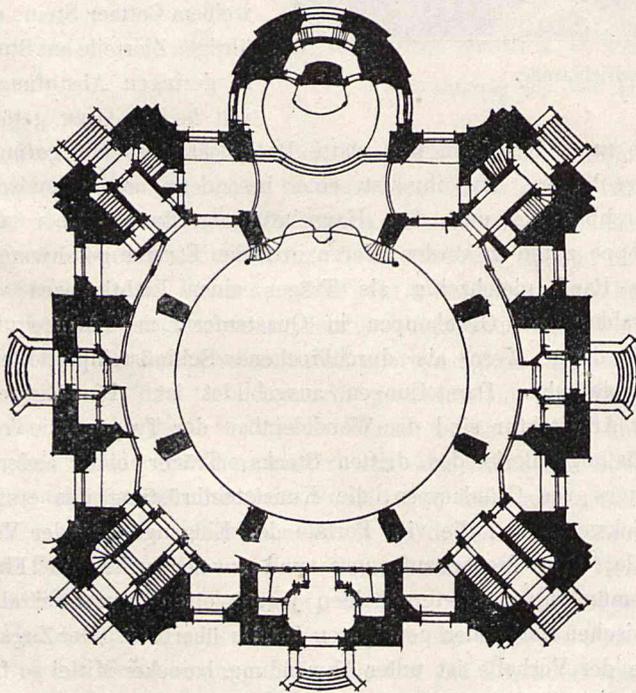


Abb. 71b. Grundriß.

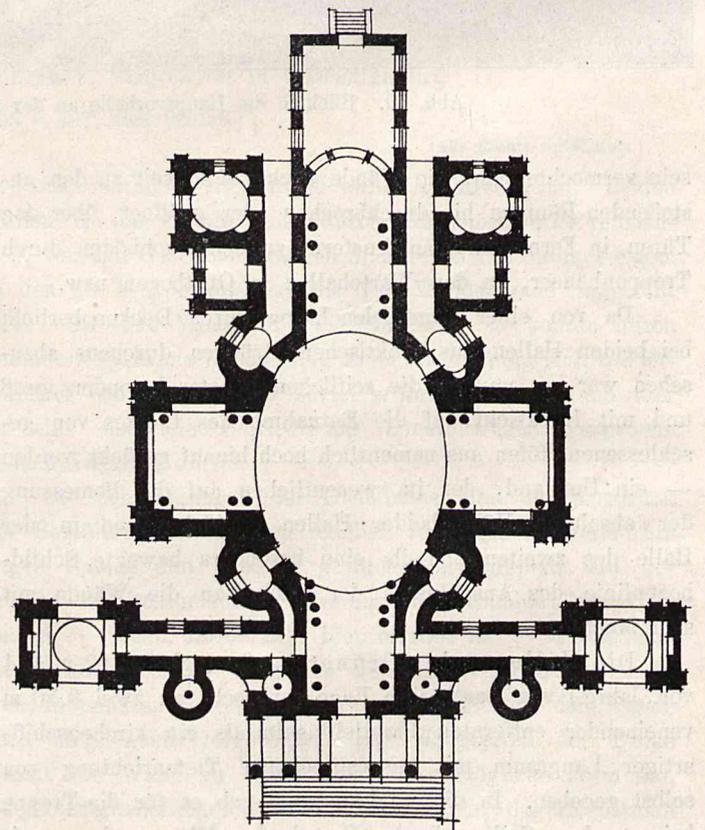


Abb. 72b. Grundriß.

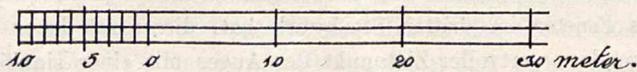


Abb. 73 a bis c.  
Halle des Amtsgerichts  
an der Neuen Friedrichstraße.

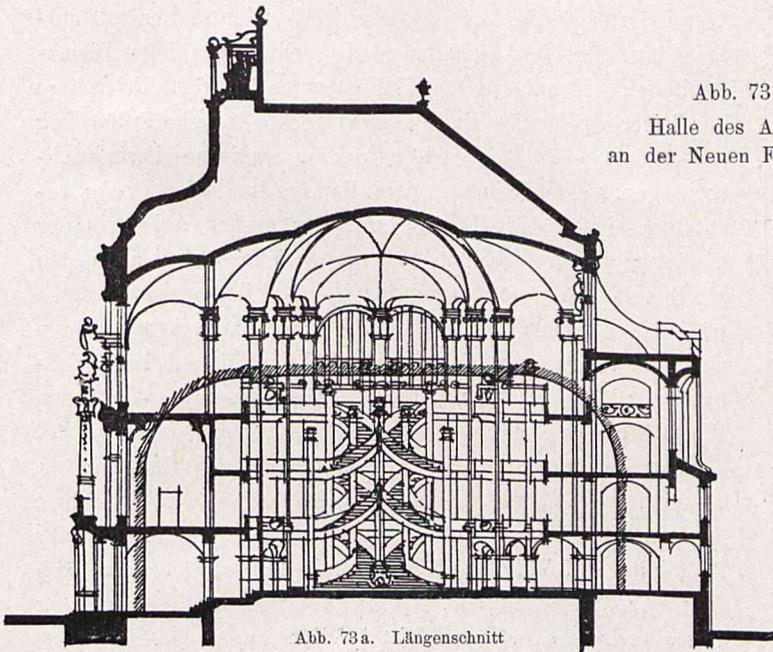


Abb. 73a. Längenschnitt  
mit eingezeichneter Umrißlinie des Parochialkirchenraumes.

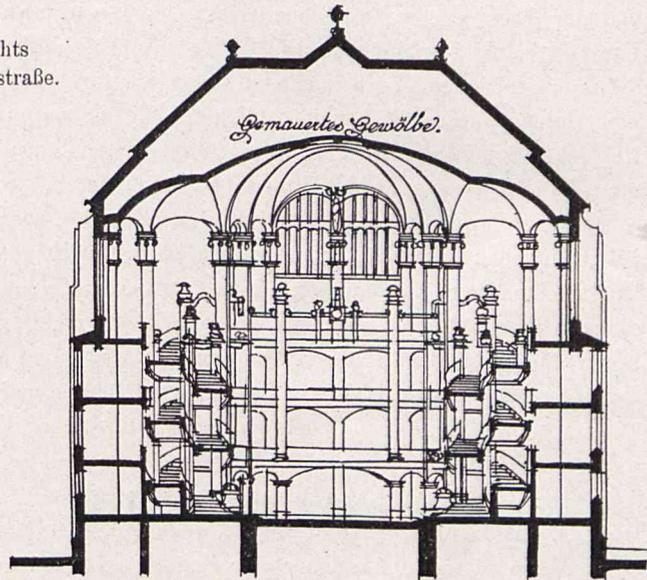


Abb. 73b. Querschnitt.

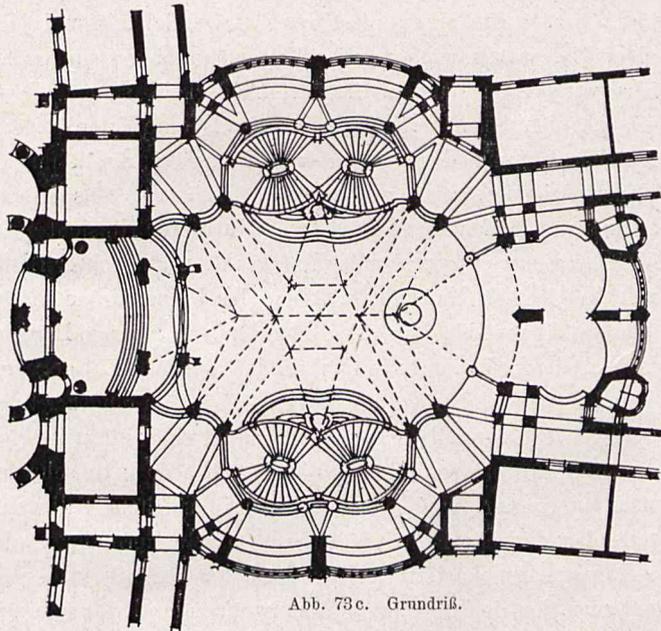


Abb. 73c. Grundriß.

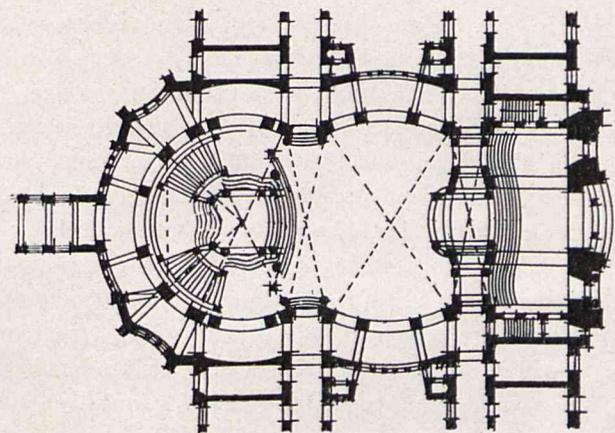
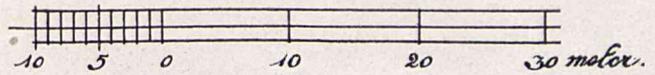


Abb. 74a. Grundriß.

Abb. 74 a bis c. Halle des Landgerichts  
an der Grunerstraße.

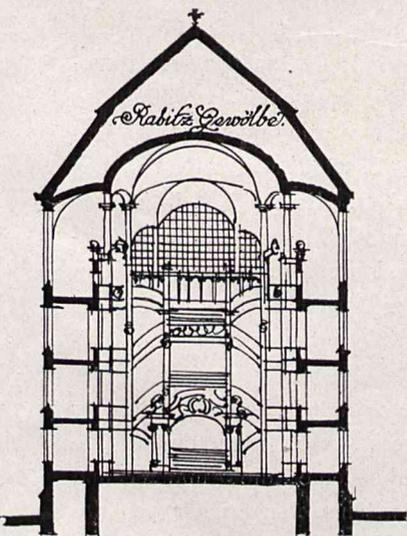


Abb. 74b. Querschnitt.

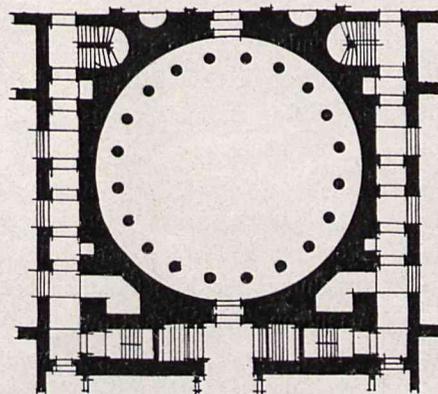


Abb. 75.  
Grundriß der Kuppel des Alten  
Museums in Berlin.

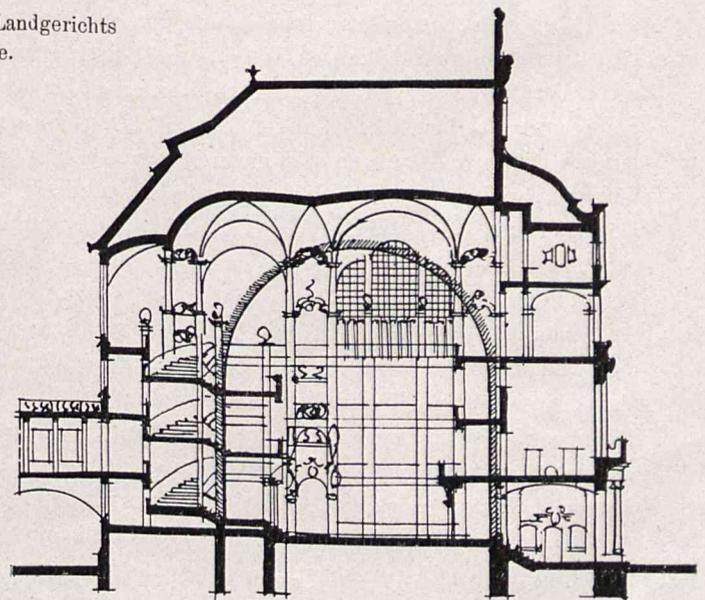


Abb. 74c. Längenschnitt  
mit eingezeichneter Umrißlinie der Kuppel des Alten Museums in Berlin.

lichen Darstellung eines Rechtshandels vor dem Throne der Justitia in vollfarbiger Verglasung nach den Entwürfen und von der Hand des verstorbenen Alexander Linnemann in Frankfurt a. M. geschmückt. Die Linien des Abschlusses der darunter stehenden Treppe nehmen besonders darauf Bedacht, nicht allein dieses Bild von tunlichst vielen Standpunkten frei sehen zu lassen, sondern es auch angemessen zu umrahmen. Die Gitterwerke des Innern (Brüstungen im zweiten Stock, der Treppe in allen Stockwerken und des vorderen, leicht eingebauten Flurüberganges auch im dritten Stockwerk) haben eine blaue Färbung erhalten, ebenso die schmiedeeisernen Beleuchtungskörper an Decken, Wänden und Pfeilern. Der Fußboden ist einfarbig rot aus glatten Platten in sogenanntem Rosenmuster verlegt. Die zu den Dächern und den Türmen der Grunerstraße sichtbar emporführenden Bodentreppe vermitteln auch den Zugang zu einer Galerie über dem vierten Stockwerk, von welcher aus der Vogelschau ein Einblick in das Gefüge und die Bewegungen des Raumes gewonnen wird und auf welcher eine elektrisch von der Sternwarte regulierte Uhr mit Schlagwerk steht. Im Umgang des ersten Stocks beiderseitig der Tür zum Plenarsaal wurden nach Bezug des Hauses die aus dem alten Stadtgericht in der Judenstraße überführten Tafeln eingemauert, welche das Andenken der in den Kriegen 1864 bis 1871 gefallenen richterlichen Beamten des Stadtgerichts Berlin aufbewahren.

Die Halle an der Neuen Friedrichstraße (vgl. Grundrisse S. 222 u. 474 vor. Jahrg.) besetzte den Platz, welcher zwischen den Anschlüssen der beiden von dem Mittelbau der Stadtbahnseite her parallel zu den Richtungen der anderen Querflügel anlaufenden Mittelflügel einerseits und zwischen deren vorderen Achsen (jeder Flügel enthält in jedem Stockwerke 12 Achsen für je vier dreiachsige Säle) und dem Umlauf des Flügels an der Neuen Friedrichstraße anderseits verblieb. Die bezüglichen Einmündungspunkte der vier Flure geben die natürlichen Eckstützpunkte der Raumbildung. Da der Mittelblick frei bleiben mußte, weil in drei Geschossen übereinander hier Wartehallen für das Publikum anstoßen, so treten die Treppen in seitliche konchenartige Erweiterungen, wo sie im Grundrisse nach der Gestalt einer „8“ je vierarmig derart angelegt wurden, daß sie in geschlossenster Form von einem Punkte eines jeden Geschosses auf dem kürzesten Wege sowohl nach dem senkrecht darüber liegenden als auch zu dem auf der anderen Seite gegenüberliegenden Punkte des nächsten Geschosses leiten. Die so entstandene Figur wurde von den Flurgängen umzogen, wodurch die Doppelbiegung des Grundrisses in den Höfen VI und VIII (vgl. Abb. 28 S. 474; Jahrgang 1905) entstand. Eine Erweiterung von innen konnte der gebildete Bezirk dadurch erfahren, daß die Räume zwischen den Strebepfeilern der Höfe VI und VIII mit zu dem Innenraum hinzugezogen wurden. Die mehr zentrale Grundform und die statischen Verhältnisse ließen eine massive Überdeckung zu, auch war Platz zur Unterbringung entsprechender Strebepfeiler ohne Vergewaltigung der anstoßenden Grundrißteile zu gewinnen. Dabei ergab sich von selbst als Möglichkeit der Ausbildung für die Decke die eines Sternengewölbes nach gotischer Art und für die durch die Geschosse durchgehenden, gleichzeitig die Umgänge tragenden Pfeiler diejenige als wirklich diese Decke stützender, in un-

verminderter Stärke bis zu ihr aufsteigender Pfeiler mit ausladenden, für die Aufnahme der Rippen vorgebildeten Dienstkappen. Konnte in der Halle des ersten Bauteils infolge der leichteren Decke eine ungetrübt echte barocke Stilfassung walten, so ergab diese Konstruktion gotische Formdurchsetzungen. Die Kernform des Raumes und der Decke bestimmte sich dabei als eine mit der großen Achse in der Eintrittsrichtung gelegene Ellipse, welche von den in den ideellen Ecken vereinigten vier Hauptpfeilerpaaren getragen wird mit seitlichen  $\frac{4}{8}$ -Chorschüssen sowie mit einem vorderen und hinteren kurzen Halsglied. Während in der Tiefenrichtung der Mitte in den unteren drei Geschossen die erwähnten Wartehallen eine sehr erwünschte Erweiterung ergaben, bildet darüber im dritten Stockwerk den Schluß das Hauptfenster, dessen farbige Mitte das um figürliche Darstellung bereicherte Kapitell des Mittelpfeilers umstrahlt. Die Zweiteilung der Flügel am Hof VII und der Bedürfnisse ihrer Säle hatte auch hier eine Zweiteilung der Apsiden und damit die Anordnung dieses besonders betonten Mittelpfeilers zur Folge.

Was der Grundriß der ganzen Raumgruppe im Bilde an architektonischer Einfachheit, Gradheit und Festigkeit verloren hat, sollte er an plastischer Beweglichkeit und lebendiger Eigenart gewinnen. Die Ungewöhnlichkeit und scheinbar willkürlich launenhafte Freihändigkeit seiner Figuren erweist sich bei näherer Betrachtung als eine Folge äußerster Nutzbarmachung des gewinnbaren Platzes zugleich mit dem Konstruktionsbestreben zum größten Lichtraum das Mindeste an arbeitender Masse zu erfordern. In dieser Hinsicht ist ein Vergleich mit entsprechender Konstruktion aus echter Barockzeit im gleichen Maßstab, z. B. mit der Frauenkirche in Dresden (vgl. Text-Abb. 71 a u. b), oder der benachbarten Parochialkirche (deren Wölbung trotz ihrer in Text-Abb. 70 gegebenen Wandstärken und trotz des in Text-Abb. 73a eingezeichneten geringen Höhenprofils bekanntlich einmal eingestürzt ist), oder der Karl Borromeuskirche in Wien (Abb. 72 a u. b) sehr lehrreich und zeigt, wie sehr überlegen in solchem Falle einerseits das gotische Prinzip überhaupt ist, andernteils wie viel weiter uns die modernen Hilfsmittel der Technik in der Ausnutzung der den Baustoffen innenwohnenden Kräfte zu gehen gestatten.

Der Rohbau des auf den erwähnten 21 Werksteinpfeilern mit 24,50 m über den Fußboden hohen Kämpfern ruhenden Gewölbes ist nur teilweise verputzt, im übrigen in glatter Verfassung stehen geblieben. Die zu demselben verwendeten Steine sind durchaus unausgesuchtes, gewöhnliches vollporiges Material, der Verband wurde ohne die Absicht sichtbar zu bleiben ausgeführt. Baustoff wie Arbeit haben eine gleich urwüchsige Natürlichkeit. Da die 1 Stein starken Versteifungskappen und die zum Teil noch stärkeren Anwölbungen einen anderen Verband ergeben, als die  $\frac{1}{2}$  Stein starken Füllkappen, so trägt der Augenschein zur Verdeutlichung der Konstruktion bei. Verputzt wurden nur diejenigen Teile des Gewölbes, für die entweder sonst teure Formsteine notwendig geworden wären (die Rippen) oder bei denen Verhau das Mauerwerk verunstalten mußte (die Begleitung der Rippen und Schlußsteine, die Anfänger und namentlich der Mittelausleger zwischen den Stiehkappen des großen Oberfensters am Hof VII), oder endlich in denen das Gefüge dem Auge des Betrachters so nahe trat, daß die

Gefahr bestand, es müßte roh wirken (der äußere Fußring über dem Umgang des dritten Stockes). Auch über den unverputzten Teil der Decke wurden kleinere Putzstellen verschiedener Größe in Form von Sternen unregelmäßig verstreut, um mit denselben teils geringe Ausführungsschwächen zu verdecken, teils das Auge von solchen abzulenken. Überall wo der Putz auftritt, setzt er sich aus glatten und rauhen Formen zusammen, jedes der Sternchen des Sternenhimmels ist auf glattem Unterfelde mit einer kleineren rauhen Oberfläche besetzt. Waren also praktische Rücksichten für den Putz und seine Verzierungen im allgemeinen formgebend, so wurde im besonderen die obere Abschlußlinie des Fußringes als Durchschnitt einer wagerechten Ebene mit den Gewölbeflächen gewonnen. Die in Text-Abb. 38 (S. 482 Jahrg. 1905) ersichtliche Regelmäßigkeit der sternförmigen Durchdringungsfigur ist ohne jede Nachhilfe ein einfaches Ergebnis der Regelmäßigkeit der Ausführung und ein um so besseres Zeugnis für diese, als die Kappen sowohl zwischen den Rippen sämtlich freihändig als auch ohne das Vorbewußtsein dieser Genauigkeitsprüfung ausgeführt worden sind. In den Schmuck der Decke teilen sich besonders die Beleuchtungskörper, welche die elf Schlußsteine als tellerförmige mit Strahlenkränzen umgebene, aus Bronze getriebene, innen facettierte und farbig emaillierte Reflektorenplatten bedecken, sowie deren getragen rippenartige freischwebende Verbindungen, ferner die Ausbildung des Putzrandes, die Rippen und ihre Begleitung, endlich die mit Vorbedacht bewerteten Endpunkte der von vorn nach hinten gerichteten Hauptlängsachse mit flachem Stuckwerk. Während im übrigen die Decke außer dem sehr wechselnden Naturfarbton der nackten Ziegel in lichtestem Grau gehalten ist und nur die Sternkerne und das Randband des Putzes unecht vergoldet sind, haben diese Endpunkte, welche nicht nur auf die Richtung, sondern auch auf die absolute Größe der Achse aufmerksam machen sollen, kraftvolle Farbtonung.

Die Werksteinpfeiler der Halle sind vom ersten Stockwerk ab aufwärts in wechselnden Schichten aus rotem bzw. buntem Sandstein aus der Mainhölle bei Bückheim und aus grünem Sandstein von Roigheim aus dem Neckargebiet, im Erdgeschoß mit Rücksicht auf die besonders großen Belastungen aus dunkelgrauem Hardheimer Kalkstein aufgebaut; 12 weitere, ebenso behandelte, schwächere Pfeiler tragen die Umgänge der Geschosse, 20 reingrüne Pfeiler die eingesetzten Treppen und den Übergang an der Eintrittsseite. Die Decken der Umgänge und Treppen sind in ähnlicher Weise wie die große Wölbung mit Rau- und Glattputz in Verzierungen behandelt und weiß in weiß getönt. Der Umgang des dritten Stockes besitzt eine massiv gemauerte Brüstung, auf welcher in der Mittelachsrichtung die schlagende Uhr (ähnlich wie in der Halle der Grunerstraße) steht und von welcher aus ringsumher nach den Wänden hin frei über die Breite des Umgangs fort sich ein Kranz schmiedeeiserner Beleuchtungsträger schwingt. Der Umgang des ersten Stockwerkes hat durchbrochene Werksteinbrüstwehr aus Roigheimer Stein, die übrigen Geländer sind aus leichtem Schmiedeeisenwerk nach Art der hier verwendeten Treppengeländer des alten Kadettenhauses. In den vier Ecken führen vom dritten Stockwerk aufsteigend sichtbar Wendelstiegen zu einem vierten Geschöß, den Dachböden, auf das große Gewölbe und zu den Türmen des Mittelbaues. Von den im vierten Stock angeordneten vier Balkonaustritten an

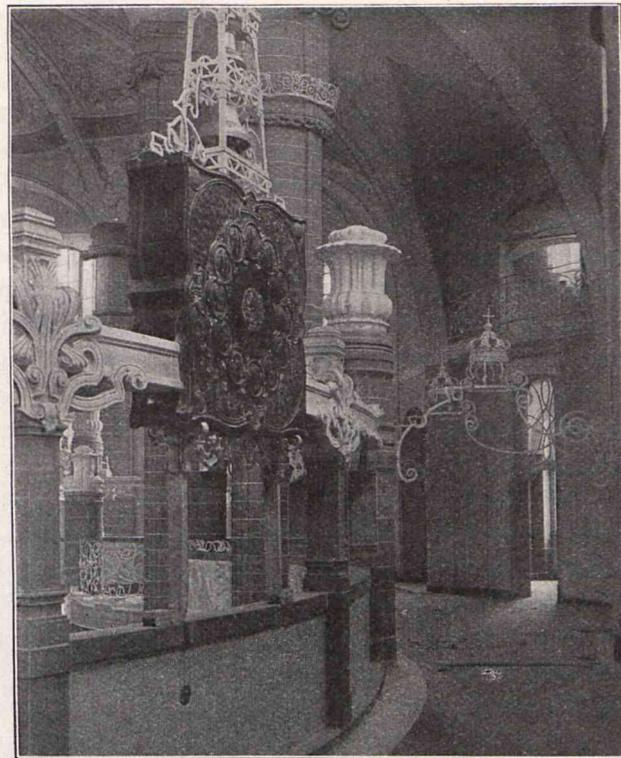


Abb. 76. Rückseite der Standuhr in der Halle des Amtsgerichts.

den Ecken bietet sich dem Auge ein ähnlicher Architektur-einblick, wie er an entsprechender Stelle für die Halle der Grunerstraße bezeichnet wurde, der vermehrten Größe des Raumes und seiner Mannigfaltigkeit angemessen gesteigert.

Die aus praktischen und sachlichen Gründen (Tragfähigkeit, kenntliches Lager, große Lieferungen bei erheblichen Abmessungen der einzelnen Steine und sehr kurzen Lieferfristen u. a.) gewählten Werksteine waren selbst vollfarbig und bunt (die Teilung der Schichten in wechselnd rot und grün geschah wesentlich zur Entlastung der ohnehin hochgespannten Ansprüche an die den rotbunten Stein liefernden Brüche), der Eindruck des ganzen Raumes mußte daher auch mehr in das Farbige folgen. Violettgrauer Silikatfarbanstrich bedeckt die Wände; Eisen, Gitter und schmiedeeiserne Beleuchtungskörper sind weiß, Stuck weiß bis grau, an erhabenen Stellen (Figuren oder dergl.) auch matt bunt; die Türen blau, der Fußboden des eigentlichen Leerraumes rot in teils glatten, teils mit dem Monogramm K. A. G. B. I (Königl. Amts-Gericht Berlin I) und der Krone vertieft gepreßten Fliesen mit weißen, schwarz geknoteten Bandmustern in den Hauptgangrichtungen. Der Bodenbelag der Treppen, Umgänge und Wartehallen wie in den Fluren ist grünes Granitlinoleum mit braunen Einfassungen. Die Fenster sind leicht getönt und mit farbigen Friesen oder Agraffen durchsetzt; am vollfarbigsten in Schmelzfarben das Zifferblatt der Uhr (Text-Abb. 76), um das Auge unter allen Umständen darauf zu lenken. Im rückwärtigen Teile dient als architektonischer Abschluß und Zielpunkt des Raumes ein Denkmal in Form einer für die Aufnahme eines Standbildes bestimmten, mit freiem Werksteinbaldachin überbauten kurzen Säule in weißem Cottaer Sandstein. Das Standbild selbst soll je nach Ergebnis der demnächst an Ort und Stelle vorzunehmenden Proben als höchste Steigerung der Farbwerte entweder aus weißem Marmor oder Bronze hergestellt werden. Der Hallenraum wird über Erdgeschoßhöhe durch einen besonders kräftig unmittelbar auf den grob ge-

zahnten Kalkstein der umfassenden Pfeiler zwischen die eingemeißelten Konturen der Zeichnung gemalten heraldischen Fries zusammengefaßt, der die Treppen mit umschließt und eine doppelte Bestimmung hat: dem Auge den ideellen Weg der Raumperipherie zu weisen und die vollen satten Farben des Fußbodens (schwarz, weiß, rot) an dieser Peripherie zu wiederholen. Die hängenden Lampen des Mittelraumes haben außer dem natürlichen Zweck, den Gehraum des Erdgeschosses zu beleuchten, den Wert, an der Länge ihrer Aufhängung (dazu die in schätzbaren Abständen eingelegten Knoten) dem Betrachter die freie Höhe verstärkt zum Bewußtsein zu bringen.

Was die Ausbildung der Höfe des Hauses anbelangt, so unterscheidet dieselbe die drei Hofgattungen auch architektonisch: 1. die kleinen Nebenhöfe I, II, IV, V, IX, X beider Bauteile (vgl. Abb. 28 S. 474, Jahrgang 1905) haben einfachste Ziegelflächenbekleidung in weißen Siegersdorfer Verblendsteinen mit sparsamen grünen Engoben an dem Rahmenwerk der korbartig geschlossenen Fenster, der Sohlbänke und dem aus Rollschichten gebildeten Hauptgesims; 2. die großen Höfe des Landgerichts, III und VI, besitzen Werksteinfenster- und Türeinfassungen in einfachsten Barockformen aus Cottaer Stein, desgleichen Hauptgesimsabschlüsse usw. Dazu Flächen in Zierputz aus glatt und rauh mit durchaus vorherrschender Rauhfäche, an den Schmalseiten als Buchstaben ausgeschmiedete Ankerköpfe der Flurganggewölbe in drei Geschossen. Die Buchstaben bilden der Reihe nach gelesen je an einer Wand die Sprüche im Hofe III: „Jedem sein Recht“ und „Jedem das Seine“ (für das recht suchende Publikum), im Hofe VI: „Fest ohne Haß“, „Milde ohne Gunst“ (für den rechtsprechenden Richter); 3. die großen Höfe des Amtsgerichts VII, VIII, XI und XII endlich zeigen rote Ziegelflächen mit großen Putzblendflächen als Einlagen in absichtlichem, unverkennbarem Gegensatz zu den vorigen, um ein Mittel zu haben, das die Flurgänge benutzende und von diesen aus in die Höfe sehende Publikum die Geschäftskreise der beiden Gerichte innerhalb des gemeinsamen Hauses in augenfälliger Weise unterscheiden und damit sich selbst in dem Hause zurechtfinden zu lehren.

Befolgte in den Höfen des Landgerichts die Zierputzweise, deren Technik und Wert übrigens an anderer Stelle (Zentrabl. d. Bauverwaltung 1906, S. 76) ausführlich geschildert worden ist, noch das Bestreben, die Architekturformen nur zu umspielen, zu verbinden und zu erläutern, selbst wieder sparsame, auf die Fläche reduzierte Architektur nachahmend (Quaderungen, Fensterverdachungen usw.), so löst sie sich in den Höfen des Amtsgerichts von architektonischen Vorstellungen vollständig ab und geht zu bildlichen Flächendarstellungen über (Bl. 48 d. vor. Jahrg.); waren im ersteren Falle alle als aktiv gemeinten Teile der Verzierungen glatt und annähernd von gleichem Rang und Maßstab, der passive Grund rauh, so tauschen im zweiten rauh und glatt die Aktivität und Passivität selbst in mehrfacher Ineinanderschachtung ebenso wie die Maßstäbe. Die fruchtbaren Eigenschaften dieser Dekoration, welche in der Behandlung der Formen des Äußeren des Hauses und der Höfe des ersten Teiles nicht erschöpft schienen, haben dazu angeregt, hier aus den Erfahrungen der älteren Ausführungen weitergehende Folgerungen zu ziehen. Dieser Gesichtspunkt, als formbildend zugestanden, ergab den ganzen übrigen Charakter der Höfe: neben reichen,

selbständigen Schablonenbildern konnten zarte körperliche Formen von nur einigermaßen anspruchsvollem Werte (Werkstein) nicht mehr bestehen, Gesimse, Verdachungen, Bekrönungen entfielen, und nur die glatte Fläche eines anderen Materials in möglichst gegensätzlich gebundener Struktur und möglichst anderer Farbe (Ziegelverblendwerk) konnte dagegen gut sein. Werkstein durfte, wo er technisch unvermeidlich war (Fenster des Hallenbaues), nur als zurückliegende Einstellung auftreten. Der hierdurch veränderte Maßstab nötigte auch das Hauptgesims in größere Formen einzutreten. Es war bei der Anwendung der durchbrochen geschmiedeten Friese selbstverständlich, daß sie vor helle und glatt geputzte Vouten gestellt wurden. Das Material der Ziegelflächen ist ein sogenannter bunter Verblendklinker (Vollstein) aus der Ziegelei Sauen bei Fürstenwalde; er ist in dritter Klasse ohne Einschränkung in bezug auf die Farbe und unter Ausschluß jeden Formsteins (bis auf runde Ecken nach fertiger Normalform) weiß verfugt verwendet. Die Wirkung der Flächen wird dabei verstärkt 1. durch sorgfältige Wahl und Wechsel des Verbandes, 2. durch die durchschossene schwarze Schichtung an denjenigen Fronten, welche Geschäftsräume enthalten, unten in dickeren kettenartigen Streifen beginnend, nach oben im Gegensatz zur strukturlos erscheinenden Putzfläche in dicht lineare Schraffur übergehend, zuletzt malerisch frei ausklingend, 3. durch die aufsteigenden Rüstlochreihen, welche die unentbehrlichen Senkrechten und 4. durch vortretende „Pickelfriese“, welche wagerechte Gesimse zu ersetzen bestimmt sind. Wandungen, welche Flure, Aborte, den Hallenbau und unregelmäßige Stellen umschließen, sind gleichmäßig teppichartig in Kreuzverband und ohne Streifung ausgeführt; auf ihnen bewegen sich die Putzbilder nach Form und Inhalt freier, die Fronten der Geschäftsräume sind durch Lisenenarchitektur fester gegliedert, mußten daher, wie eben angedeutet, unter der Wirkung der ausgesprochenen aufsteigenden Schichtung stehen bleiben und haben entsprechend entwickelte, senkrecht sich aufbauende Füllungen. Da bei den in wagerechtem Sinne lang zusammenhängenden Putzflächen der Höfe III und VI die sichtbaren Ränder, in welchen eine Putzrüstung unvermeidlich gegen die nächste abstach, teilweise sehr unangenehm störend empfunden worden waren (noch jetzt sichtbar, vgl. Atlas Bl. 48 d. vor. Jahrg. unter der Brüstung des dritten und zweiten Stocks), so mußte daran liegen, lange Horizontalen im Putz zu vermeiden, und senkrechte Bildstreifen einzeln, jeden ohne Unterbrechung, herabputzen zu können. Dies ist die Ursache der Auflösung besonders der langen Fronten und der Art der Aufteilung des Putzes in schmale, senkrechte Felder.

Die Architektur ist folgendermaßen verteilt. Erster Grad der Ausbildung: Hallenbau, dichteste Wand, festestes System, daher ohne Putzblenden; der Putz, wo er auftritt, glatt (aktiv); keine Löcher (die Zahnkante der Strebepfeiler der Höfe VII, VI, VIII ist eine einfache Folge des Quartierverbandes, Werkstein in Rücklage). Zweiter Grad der Ausbildung: Flure und Ecken an den Schmalseiten der Höfe VIII und XI: die Köpfe der langen Höfe als zusammenfassende Agraffen mit je einer Bildmitte und den Ausstrahlungen dieses Bildes bis zu den Ixeln; die Bilder rollen perspektivische Architekturen und Allegorien auf, schließen die Höfe in scheinbar gerundeten idealen Formen ab — sie bilden die Interesse heischenden und

befriedigenden Blickpunkte von jedem Flur zu seinem Gegenüber und entsprechen sich in jedem Hofe in beabsichtigter Verschiedenheit als Kopf und Fuß. Dritter Grad: Flure an Längsseiten und Geschäftsräume an Schmalseiten in den Höfen VII und XII: aquäduktartige Bogenstellungen in zweimal zwei Stockwerken übereinander; Übergang zu den Lisenenfüllungen im Putz. Endlich vierter Grad: Geschäftsräume an Längsseiten in den Höfen VI, VIII und XI; volle Lisenenteilung und Aufschneidung in Felder von oben bis unten; losestes System, gespannteste Wand. Die schmiedeisernen Hauptgesimse tragen dieser Abstufung und zugleich den Standpunkten des betrachtenden Publikums insofern Rechnung, als der erste Grad einen gelockerten Dachrand überhaupt nicht besitzt; der zweite den schwersten, in der Längsrichtung verbundensten Charakter der Schmiedearbeit (Frieße von Wagen und Kronen), zugleich den betrachtenswertesten, weil am häufigsten dem Blick dargeboten; der dritte einen demnächst leichteren (die Schriftfrieße in Hof VII, Text-Abb. 42, S. 484 d. vor. Jahrg.)\* mit schon lockerer Längsbindung; der vierte den leichtesten, in lauter schwebende Einzelpunkte (Paragraphenzeichen)

aufgelöst, gleichzeitig für den nur die seitliche Verkürzung genießenden Blick den geeignetsten.

Daß in bezug auf Lage, Form, Größe der Fenster u. dgl. gerade in den Höfen der Organismus des Innern besonders zum Ausdruck zu bringen gesucht wurde, ist schon erwähnt; am Körper der Hallenbauten ist eine vollkommene Übereinstimmung zwischen Innen und Außen erstrebt worden, jeder Teil desselben umschließt nur gerade den für seine Bedürfnisse nötigen Raum; es erschien besonders an der Halle des zweiten Bauteils unmöglich, die den Leib umschließende Schale dünner zu machen oder den Bewe-

\*) Die Frieße lauten: „Mach keinen Unterschied zwischen dir und anderen, damit auch das Gesetz einen solchen nicht zu machen braucht“, und: „Das Recht anderer fordert die Achtung vor dem Gesetz, das Gesetz fordert die Achtung vor dem Rechte anderer.“

gungen des Innern geschmeidiger folgen zu lassen, als jetzt geschehen.

An dem Äußeren des Hauses hat die Wahl barocker Stilformen die architektonische Bewältigung der umfangreichen Aufgabe in mancher Hinsicht erleichtert. Die Unselbständigkeit des Bauplatzes (mit einer Seite fest an einen Nachbar angewachsen, an einer anderen — Stadtbahn — nur mit Mühe

und unvollkommen frei), seine Unregelmäßigkeit, seine Gebogenheit, der Dualismus des Schwerpunkts des Baukörpers, eines sehr ungleichen Zwillingsgeschöpfes, die überwiegende Breitenabmessung der Hauptfront, die in den engen Straßen übersteilen Perspektiven, alles dies wies übereinstimmend in eine freiere malerische Behandlungsweise, in weiche und schmiegsame Bildungen, mehr als das sonst für einen Monumentalbau in unserer Gewohnheit zu liegen pflegt, den wir gern allseitig frei in voller Selbständigkeit sein eigenes mikrokosmisches Gesetz in starrer Regelmäßigkeit und Härte ausgestalten sehen. Aus dem kristallisch Anorganischen und stabil Unvergänglichen vollzog sich damit eine Schwenkung ins lebendig Organische, labil Vergängliche, aus dem architektonischen



Abb. 77. Blick gegen die Apsis der Halle des Amtsgerichts in Hof VII.

ins plastische Ideal. Und gerade dies trifft wohl das Wesen des Barocks. Die einzelnen Bauglieder wurden unselbständiger zugunsten einer Verschmelzung des Ganzen, wie die Glieder eines lebendigen Leibes ein jedes sich auf ein anderes als seine Ergänzung bezieht, ein jedes das oder die Abzeichen seiner Abhängigkeit vom Ganzen trägt, eine Stufe der Verinnerlichung, welche z. B. die kleinen Türme an der Neuen Friedrichstraße bei genauer Betrachtung jeden als eine einseitige, asymmetrische Lösung finden läßt, die nur durch die genau entsprechende symmetrische Form des anderen Turmes aufgehoben wird, wie eine Hand, ein Arm nur links oder rechts ist und durch die andere Hand erst das Paar zu dem vollkommenen Organe des Leibes wird. Und so fort. Die einseitig gegeneinander verzogenen Grundrisse der Spitzobelisken am Mittelbau in der Grunerstraße, wie der burgentragenden Obelisken und

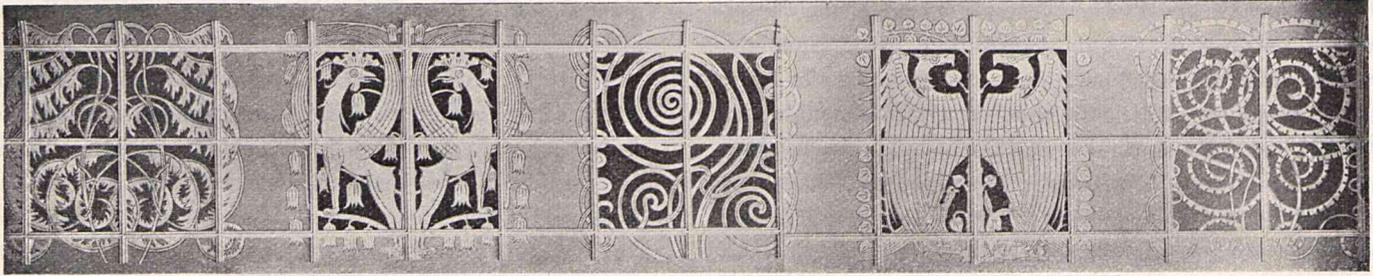


Abb. 78. Fries in einem Saal des Amtsgerichts.

der Burgen selbst am Mittelbau der Neuen Friedrichstraße, die einseitig gegeneinander bewegten, Augen nachahmenden Ornamente am Untergeschoß der Turmoberbauten an der Grunerstraße, die gegeneinander gekehrten Wendelaufgänge dieser Türme mit einseitiger, gegen die Haupthaube eingerollter Bekrönung, die ebenfalls Augen nachahmenden Rundfenster des IV. Stockes des Mittelbaues an der Neuen Friedrichstraße, über denen die tiefe Bogenleibung als Stirnknochen liegt, der Bogen selbst mit einseitigem Knick den inneren Augenwinkel umrahmt, bei denen die Putzverzierung oben die Braue, unten die Wimpern, und die Fensterteilung in Stein und Holz Iris und Pupille darstellen, ferner die Säulen des Mittelfensters im ersten Stock, auf deren einer „Erkenne dich selbst“, der andern „Erkenne dich im Andern“ eingemeißelt ist, gleichsam als Feststellung dessen, daß der Inhalt dieser beiden Sprüche das sich notwendig ergänzende Grundsäulenpaar aller Rechtsanschauung ist, u. a. m. sind weitere hierfür nach Handgreiflichkeit und ohne besonderen Vorbedacht gewählte Beispiele.

Abgesehen von dieser gerade bei dem Umfange des Bauwerks wertvollen plastischen Seite hatte das Barock weiterhin den Vorzug, den Stich in das Saftige, Wuchtige, in einen gewissen Aufwand zu begünstigen, welcher notwendig erschien, wenn nicht die Größe Kälte und Öde erzeugen sollte. Nicht allein, daß dieser Stil gerade seine Stärke der indifferenten Renaissance gegenüber an der organisatorischen Bewältigung großer Bauaufgaben vom weltlichen Standpunkte einheitlicher Macht aus (Schlösser, Konvikte usw.) in der bewußten Handhabung der Mittel glänzend bewährt hat, verbindet er mit dem Ausdrucke weltmännischer Formgewandtheit und eines Gesellschaftszustandes von verbindlichen Umgangsweisen eine Fähigkeit der Ausnutzung des verfügbaren Platzes, z. B. der Erreichung des größten Maßstabs auf engem Raume einen Drang zur Freiheit wie kaum ein anderer. Zu dem bewußten Schalten mit den Mitteln gehörte auch die Überzeugung, daß Arbeitsteilung überall ein Fortschritt ist gegen den Mangel einer solchen. Das geht von der einzelnen barocken Linie, in welcher im Gegensatz zur gleichmäßig elastischen „schönen“ Linie der Renaissance plötzliche Anspannungen mit Laschheiten wechseln, bis zur sprungweisen Verteilung des Reliefs, der Steigerung im Großen, der Anwendung von langen Strecken von Einfachheit und Zurückhaltung gegen eine um so reichere Eingangsbildung oder Mitte. In diesem Sinne ist auch die Einführung der Putzflächen im Gegensatz zur Werkstein- oder Ziegelverblendung nicht allein ein Werk der Sparsamkeit, sondern eine sehr glückliche Reduktion des großen allgemeinen Mutterbodens der Fassadenformen auf die äußerste Flachheit, welche um so nötiger sein mußte, je ausgedehnter sie auftritt. Die höchste

Stufe der Lebendigkeit erreichen die Fassaden für den nahen Beschauer in den Portalen, für den Blick aus der Entfernung in den Türmen und Aufbauten. Es war nicht zu umgehen, daß die Hallenräume äußerlich zu einer bestimmenden Macht für die Gesamterscheinung des Hauses wurden. Sie sind die ideale Ausdrucksform des Zwillingsgeschöpfes und erheben an dem Riesenleibe die zwei Köpfe, einen jeden seiner Straße mit dem Gesichte und dem Hauptportal als Mund zugewendet. Die Mittelbauten steigen in der Grunerstraße auf 45 m, an der Neuen Friedrichstraße auf 50 m, die großen Ecktürme auf 60 m über Straßenpflaster an. Die Grunerstraße ist als Ganzes die Stirn der Anlage, ihre architektonische Durchbildung ist im einzelnen derjenigen der Neuen Friedrichstraße an ihren durchschnittlichen Teilen überlegen. Die Fensterverdachungen, die Attika usw. kehren in der Neuen Friedrichstraße nur an den Risaliten wieder. Ihrem Gesamtklange mit den Ecktürmen und dem freien Ausstrahlen der Mitte antwortet im ganzen allein der andere Mittelbau. Die hier für die Konstruktion des Hallengewölbes, für die Eisenkonstruktion des zentralen Dachstuhls und für die notwendigen Gipfelungen der Front erforderlichen Strebepeiler haben dem letzteren Bauteil das ihn beherrschende Gepräge und das Relief der drei tiefen durchgehenden Nischen gegeben, deren ästhetische Wirkung gerade auf die seitlichen Blicke in der Straße berechnet ist. Die Befürchtung, daß dieser Mittelbau im Zuge der rd. 220 m langen Front schmal erscheine, führte dazu, seine Breitenbetonungen möglichst auseinander zu legen: daher die Paare der seitlichen Türme, der massiven Lukarnen, der zwei mit schmiedeeisernen Bekrönungen versehenen Obelisken auf dem Dache, der unteren Obelisken mit den Burgen, jedes für sich an seitlich äußerster Stelle. Die Schwingungen im Grundriß ganzer Bauteile beschränken sich auf die Mittelbauten, die Portale und die Teile über dem Hauptgesimse. Der Mittelbau der Grunerstraße besitzt nur im Giebel eine geringe Konkavität, derjenige an der Neuen Friedrichstraße ist aus drei sich wie zu einem Scharnier durchdringenden Gliedern, deren jedes eine der großen Nischen umrahmt, in Knicken zusammengeschoben, die ausgesprochene konkave Straßenführung gab hier zu gemehrter und loserer Bewegung Anlaß, beide Mittelbaugrundrißformen sollen durch die Stellung der Säulen und der Gebälke an den Portalen, welche die Wirkung weit aufgeschlagener Torflügel nachahmen — am Portal Neue Friedrichstraße haben die dem seitlich Kommenden sich öffnenden Flügelpaare die Schlagleiste feststehend zwischen sich —, wesentlich verstärkt erscheinen. Die Portale — durch die äußerste Ausnutzung barocker Freiheiten auf die Stufe ihres jetzigen Maßstabs erhoben — steigen der Bedeutung des Verkehrs entsprechend in der Rangfolge so, daß



Abb. 79. Fries in einem Saal des Amtsgerichts.

(jedesmal an den zugehörigen Säulen gemessen) das Portal Grunerstraße (1) den Seitenportalen (3 und 4) in der Neuen Friedrichstraße (2) demjenigen in der Grunerstraße überlegen ist; 3 und 4 haben durch Erkerbildungen, 1 durch Figurenbekrönungen und unmittelbare Weiterbeziehungen auf das Mittelfenster des darüber gelegenen Saales sowie die seitlichen Obelisksen vor den Nischen, 2 durch die freien Endigungen und das Hineinwachsen der Mittelsäule in den Rahmen des großen Mittelbogens eine entsprechende Höhenabstufung erhalten. Aus statischen Gründen und aus Gründen größter Haltbarkeit hat naturgemäß Werkstein hier in ausgedehnterem Maße angewendet werden müssen.

Schlicht ist der Mittelbau an der Stadtbahnseite, seine Auszeichnung besteht nur in einer besonders weitgehenden Durchbildung der Verzierung der Putzflächen.

Sollte im Sinne des plastischen Gestaltungsdranges des Barocks, im Sinne des Ideals organischer Verinnerlichung der Ausdruck wahrer Lebendigkeit die Architektur selbst durchdringen,\*) so blieb für die lose äußere Aufheftung eigentlicher sogenannter „Ornamente“ keinerlei Gelegenheit, sie wäre nicht allein überflüssig, sondern — wie alles Über-

\*) — hierin liegt ja ein Zug moderner Zeit: In unseren Häusern entsprechen genugsam die Zentralheizungen dem Kreislauf der Blutwärme, die Röhren dem Adernetze, die elektrischen Klingel- und Sprechleitungen der Ausbildung der Nervenstränge, Wasserleitungen und Abwasserabführungen den dem Stoffwechsel dienenden Teilen tierischer Eingeweide, die Ventilation der Atmung; unsere Häuser sind tierisch zum Leben zentralisierten Organismen eben weit ähnlicher als früher.

flüssige — auch schädlich gewesen. Die Formen des Gebäudes sind daher entweder wirkliche Architektur: nackte, mimisch arbeitende Epidermis oder sachlich selbständige und bedeutsame, aber in den Lebenskreis des größeren Organismus, seinen Zwecken dienend einbezogene und für ihn redende Symbole. Mit dieser Anordnung ist gleichzeitig der praktische Grundsatz verfolgt worden, der rein sachlichem und prosaischem Borne entquoll: künstlerische, z. B. Bildhauerarbeiten, nur für die wirklich wertvollsten Teile, z. B. Figuren und ihnen gleiches, und nur für diese allein Modelle zuzulassen, daneben so viel als nur irgend möglich als reine Handwerksarbeit, gleichviel in welchem Material, zur unmittelbaren Ausführung nach Zeichnung zu kennzeichnen und zu verlangen. Selbst die verwickeltsten Werksteinkapitelle geschwungenen Grundrisses, doppelt gekrümmte Schneckenstücke, im Grund- und Aufriß unregelmäßig geschwungene Aufsätze freier Form usw. sind ohne Modelle ausgeführt, für keinen Architekturteil, gleichviel welchen, weder an den großen noch an den kleinen Türmen, für keinen der Türme, für keines der Portale ist ein Probe- oder Hilfsmodell gemacht worden, weder im ganzen noch im einzelnen. Zeit und Kosten drängten, der Werkstatt blieben die Aufgaben, bei denen jeder einzelne Helfer nachzudenken hatte, die der Kraft und Schaffensfreudigkeit feindliche mechanische Übertragungsarbeit sollte auf unterster Grenze verbleiben.

(Schluß folgt.)

## Die Architektur der Kultbauten Japans.

Vom Regierungs- und Baurat F. Baltzer in Stettin.

(Fortsetzung.)

(Alle Rechte vorbehalten.)

Noch eine andere, sehr verbreitete Form des zwei-stöckigen Tempeltores ist zu erwähnen, die sich von der hier beschriebenen dadurch unterscheidet, daß über dem Hauptgeschoß ein besonderes Pultdach von gleicher oder noch größerer Ausladung wie das Hauptdach angeordnet und unter der Veranda des Obergeschosses ringsherumgeführt ist. Ein ausgezeichnetes Beispiel für diese Bauweise findet sich in dem großen Tore von Hōriuji, bei Nara (vgl. Abb. 177 S. 48), aus dem Jahre 607 n. Chr., wohl das älteste Bauwerk dieser Art, das in Japan erhalten ist.

Als ein hervorragendes und glänzendes Beispiel aus der Kamakura-Zeit, 1085 bis 1333, ist anzuführen das schon früher erwähnte große Südtor, Nandai-mon, von Todaiji in Nara, aus dem Anfange des 13. Jahrh. stammend, das sich durch sein mächtiges sechsfaches Kraggebälk auszeichnet.

Grundriß und Querschnitt in Abb. 196 geben einen nuschwachen Begriff von der eigenartigen, mächtig wirkenden Anlage. Die Säulen sind aus einem Stück, über 21 m lang. Zur Sicherung des weit ausladenden Daches sind bei einer neuerdings vorgenommenen Ausbesserung an mehreren der Hauptkraghölzer nachträglich Stützen angebracht, die jetzt besonders ins Auge fallen, ursprünglich aber nicht vorhanden waren.

Das schöne, gegen 280 Jahre alte Tempeltor von Zōjōji in Shiba (Tokio) mit seinem roten Lackanstrich, das dem großen Schadenfeuer vom Jahre 1874 glücklicherweise entgangen ist (Abb. 193), und das 80 Fuß hohe Außentor von Chion-in in Kioto, vom Jahre 1619, auf einem mächtigen Treppenunterbau errichtet (Abb. 197), sind ferner bemerkenswerte, äußerst eindrucksvolle Bauwerke dieser Art, während das prächtige Tor vom Ost-Hongwantempel in Nagoya

(Abb. 198) aus dem Anfange des vorigen Jahrhunderts sich durch reiche Holzschnitzereien und Metallbeschläge von edelster Arbeit auszeichnet. Die geschlossenen Kammern des Obergeschosses der Tempeltore, das durch steile Stiegen von den Seiten kleiner anschließender Flügelbauten aus zugänglich gemacht ist, enthalten häufig wertvolle Tempelschätze, Reliquien, Wandmalereien, Holzbildwerke, Tempelgerät u. dergl.

**Wandelgang.**

An das Tempeltor schließt sich bei jeder größeren Tempel- oder Klosteranlage, insbesondere auch bei dem System des

Siebentempelbaus, zu beiden Seiten meist eine bedeckte Fluranlage oder Wandelhalle an, Kairo oder Rōka, die entweder aus zwei gleichen geraden Flügeln besteht oder, nach der Art unserer mittelalterlichen Kreuzgänge, im Grundriß ein geschlossenes Rechteck und dadurch einen inneren Tempelhof bildet. Die Außenseite ist gewöhnlich durch eine feste, mit Holzgitterfenstern versehene Wand, geputzt oder aus Brettern gebildet, abgeschlossen, während die innere Seite sich als eine offene Säulenhalle darstellt; das Dach ist ein Satteldach mit unterhalb sichtbaren Ziersparren und Tragwerk. Bisweilen ist die Abschlußwand symmetrisch unter der Firstlinie des Daches angeordnet, so daß auf beiden Seiten eine von außen offene Halle entsteht. Der Unterbau des Ganzen ist meist ein wenig über die Erdgleiche erhöht und der Fußboden mit Steinplatten belegt.

Bei den Schintotempeln strengen Stils tritt an Stelle der gedeckten



Abb. 193. Tempeltor von Zōjōji in Shiba, Tokio.

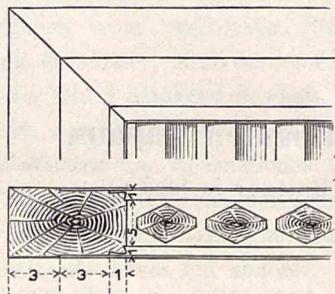
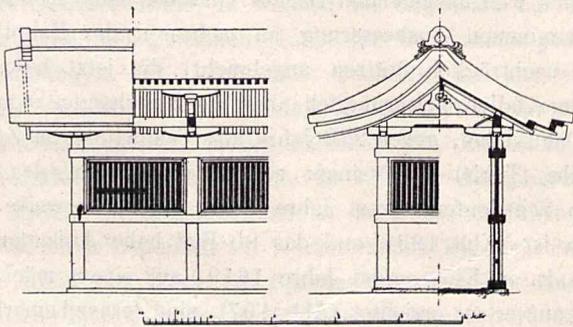


Abb. 194. Fenster und Umrahmung der Wandelhalle. 1:5.



Seitenansicht und Längenschnitt. Vorderansicht und Querschnitt.

Abb. 195. Schintoistische Wandelhalle.

Fluranlage eine hölzerne Umzäunung, das Tamagaki oder Mizugaki, aus dicht nebeneinander gestellten Holzpfosten von geviertförmigem Querschnitte. Allmählich unter dem Einflusse der buddhistischen Kunst wird die Umfriedigung reicher ausgebildet und mit einer hölzernen Verdachung versehen; es bildet sich damit die Form der Abschlußwand, Sukibei (sprich S'kibā) heraus, die sich bei Schintotempeln überwiegend angewendet findet und erst in spätester Zeit durch einen geschlossenen Wandelgang ersetzt wird. Es sind wiederum die glänzenden Anlagen der Grabtempel zum Gedächtnis der Tokugawa-Schogune in Shiba, Ueno und Nikko, bei denen diese Flure und Umfriedigungen architektonisch aufs reichste entwickelt und durch Holzschnitzereien, Metallbeschläge und farbiges Ornament in glänzendster Weise verziert sind. Infolge mangelhafter Unterhaltung ist heute leider der frühere Glanz an vielen Stellen

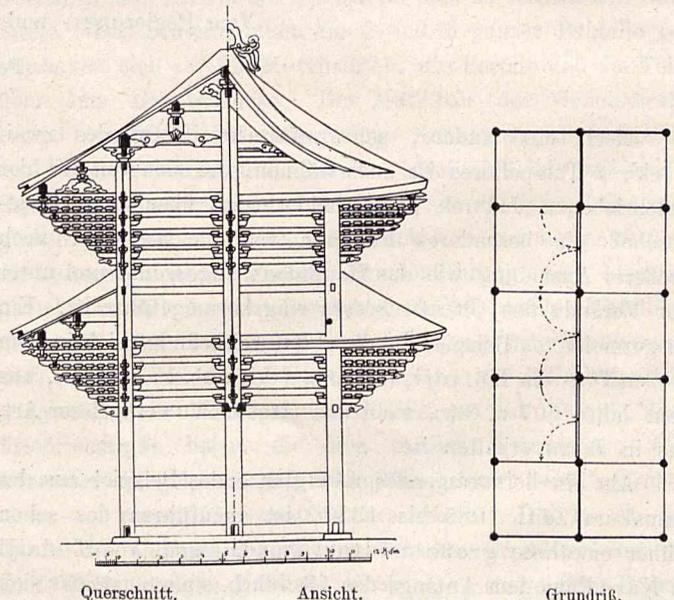


Abb. 196. Zweigeschossiges Sūdōr von Todaiji in Nara.



Abb. 197. Außentor von Chion-in in Kioto.

geschwunden, die Phantasie aber kann sich ausmalen, von welcher herrlicher und edler Wirkung diese Schöpfungen gewesen sind, als sie neu waren. Bei einzelnen dieser Bauten beginnt sich übrigens die Zeit des japanischen Barock geltend zu machen, sowohl in der Zeichnung der Einzelheiten als

in der prunkhaften Überladung mit Zierwerk. Eine Wandelhalle schintoistischer Stilrichtung von großer Einfachheit in den Formen zeigt die Abb. 195 in Ansicht und Schnitt; die äußere Seitenwand ist geschlossen, enthält also keinerlei bewegliche Teile. Die Wandfelder über der Brüstung zwischen den Hauptpfosten sind durch starke Holzstäbe von rautenförmigem Querschnitt in ziemlich enger Stellung ausgefüllt; Abb. 194 zeigt diese Anordnung mit ihrem Rahmen in größerem Maßstabe. Über den Hauptpfosten der Halle, die rund oder viereckig sein können, folgen die Sattelhölzer, Hijiki, schintoistischer Form, darüber die Firstpfetten des Daches, die über jedem Pfosten durch ein Regenbogenholz mit etwas verzierter Unteransicht verbunden sind; dieser Querriegel, Koryo, ist, wie im ersten Abschnitte erörtert, über seinem Auflager nach einer schrägen Linie etwas ausgeschnitten, so daß er auf dem Sattelholz nur mit geringer Breite aufliegt. Auf jedem Querbalken ist in der Mitte eine hölzerne Froschgabel mit kleinem Kapitell aufgesetzt, die ein Sattelholz und darüber die Firstpfette aufnimmt. Die enge Teilung der sichtbaren Ziersparren ist aus dem Längenschnitt ersichtlich. Das Dach, mit Hinokirinde gedeckt, hat geradlinige Traufkanten; der First ist mittels eines Teufelbretts abgeschlossen, die Firstpfette an der Stirn durch den „Hängefisch“ verkleidet.

Die enge Teilung der sichtbaren Ziersparren ist aus dem Längenschnitt ersichtlich. Das Dach, mit Hinokirinde gedeckt, hat geradlinige Traufkanten; der First ist mittels eines Teufelbretts abgeschlossen, die Firstpfette an der Stirn durch den „Hängefisch“ verkleidet.

#### Trommel- und Glockenturm.

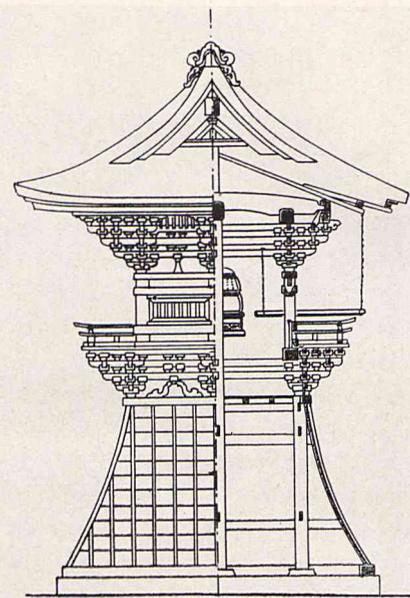
Diese beiden Bauwerke, die ausschließlich



Abb. 198. Außentor vom Ost-Hongwan-ji in Nagoya.

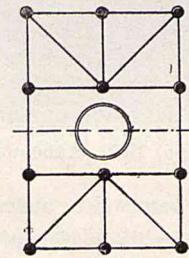
buddhistischen Charakter haben, kommen, wie erwähnt, häufig in gemeinschaftlicher Anordnung vor und stimmen daher auch in der Form vielfach völlig miteinander überein. Als Beispiel eines gewöhnlichen zweigeschossigen Glocken- oder Trommelturms möge der von Manjuji, im Nordosten von Kioto bei dem Orte Ichijoji gelegen, dienen (Abb. 201). Der Turm steht auf 10 Säulen, die sich mit etwas veränderter Gruppierung und geringerem Abstände im Obergeschoß wiederholen; die unteren Säulen bleiben durch die eigentümliche Ummantelung des Traggerüsts, die an allen vier Seiten nach einer flachen Bogenlinie gekrümmt ist, dem Auge entzogen. Unter Umständen dient der Unterbau als eine Art Eingangspforte oder Durchgang zum Tempelhofe, im allgemeinen aber ist das Mittelfeld auf der Rückseite mit einer niedrigen, meist zweiflügeligen Tür abgeschlossen, durch die man ins Innere des Turmes gelangt. Um die im Obergeschoß auf einem holzgeschnitzten Ständer aufgestellte Trommel oder die am Tragwerk des Daches aufgehängte schwere Bronzeglocke anzuschlagen, muß man natürlich das Innere des Baues betreten, aber die Einrichtung ist oft so getroffen, daß man zu diesem Zwecke nicht ins Obergeschoß emporzusteigen braucht, sondern die Glocke oder Trommel von unten aus in Wirkung setzen kann. Im vorliegenden Beispiele ist das Mittelschiff unten auf der Rückseite völlig offen, während die Seiten die geschweifte Verkleidung durch stehende Bretter zeigen, deren Stoßfuge durch besondere, meist kunstvoll beschlagene Leisten gedeckt wird. Über die Säulen des Untergeschosses sind Längs- und Querträger gestreckt, auf denen die Stützen des Obergeschosses ihr Auflager finden. Das Obergeschoß hat einen mit Brettern abgedeckten Umgang, der in üblicher Weise mit einem niedrigen Brüstungsgeländer eingefast ist. Über dem Kapitell der Pfosten beginnt ein dreifaches Kraggebälk, das die Ziersparren des Dachüberstandes und die etwas geschweiften Kraghölzer der Seiten- und Eckbinder aufnimmt. Das Dach ist mit gebrannten Pfannen in der alten Hongawaraform gedeckt und zeigt die Dachform des „Irimoya“ mit zwei verkrüppelten Giebeln, wie wir sie bereits (S. 48) kennen gelernt haben. Das Bauwerk steht auf einem niedrigen, mit Quadermauerwerk eingefasteten Unterbau.

In der nebenstehenden Abb. 199 ist eine etwas reichere Ausbildung des Glockenturms dargestellt, wie wir ihn in und seit der Tokugawa-Blütezeit vielfach antreffen; das Kraggebälk ist hier unter dem Umgange des Obergeschosses wiederholt und in den Zwischenfeldern des Frieses zwischen den Pfosten die Zierform des Froschbeins angebracht. Der Grundriß deutet das Hauptgerippe des Bauwerks an; die Langseite hat eine ungleiche Dreiteilung, die Giebelseite Zweiteilung. Äußerst anmutige, aufs glänzendste verzierte Bauwerke dieser Art finden sich in den Vorhöfen zu den Grabestempeln der Schogune in Shiba (Tokio) und Nikko (vgl. auch Abb. 169 S. 38). Auffallend ist mir hier bei einem solchen Beispiel in Shiba die Mannigfaltigkeit in der architektonischen Teilung des Aufbaus gewesen: der reich verzierte Sockel zeigte unten an der Langseite fünf, an der Schmalseite vier gleiche Teile; die geschweifte Ummantelung hat a. d. L. sieben, a. d. S. sechs Stufen von gleicher Breite; das Kraggebälk darüber a. d. L. sechs, a. d. S. vier gleiche Teile; das Brüstungsgeländer des Umgangs a. d. L. vier große und acht kleine, a. d. S. drei große und sechs kleine Felder; das Obergeschoß hat in der



Ansicht.

Schnitt.



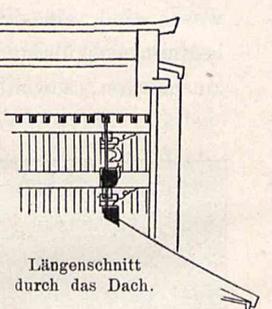
Grundriß.

Abb. 199.

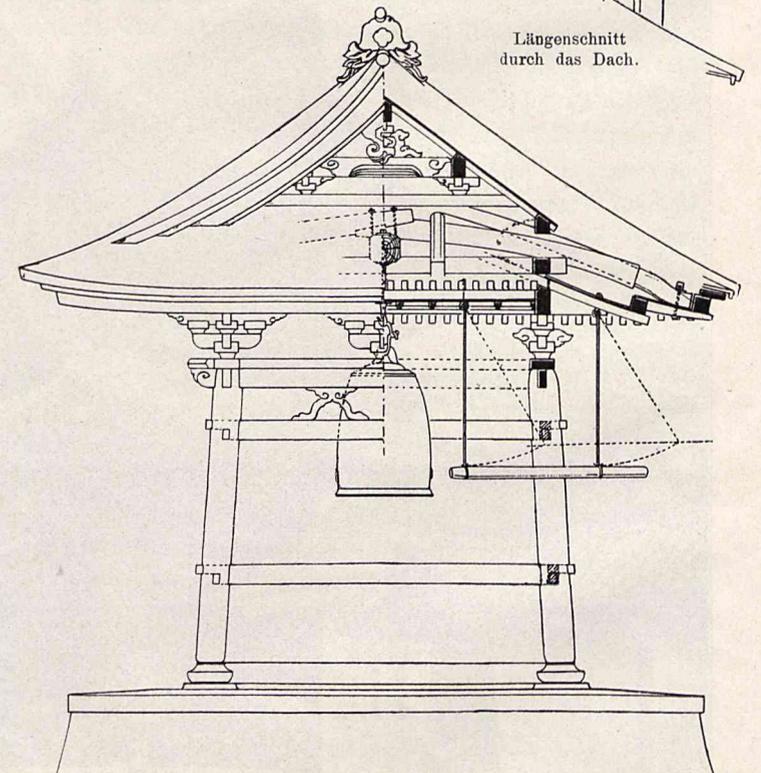
Zweigeschossiger Glockenturm der Tokugawa-Zeit.

Wandfläche a. d. L. Dreiteilung, a. d. S. Zweiteilung; das Kraggebälk darüber endlich zeigt a. d. L. ungleiche Dreiteilung, a. d. S. gleiche Vierteilung.

Mehr Abwechslung in den Teilungen der im Aufbau aufeinander folgenden Glieder ist schlechterdings undenkbar. Der japanische Architekt scheint jedenfalls das bei uns meist heilig gehaltene Gesetz „durchgehender Achsen“ nicht zu kennen; anscheinend beabsichtigte Unregelmäßigkeiten dieser Art, die unserem Auge vielleicht als Willkür erscheinen und unter Umständen eine unruhige Wirkung



Längenschnitt durch das Dach.



Ansicht und Schnitt.

Abb. 200. Glockenstuhl, Sho-ro.

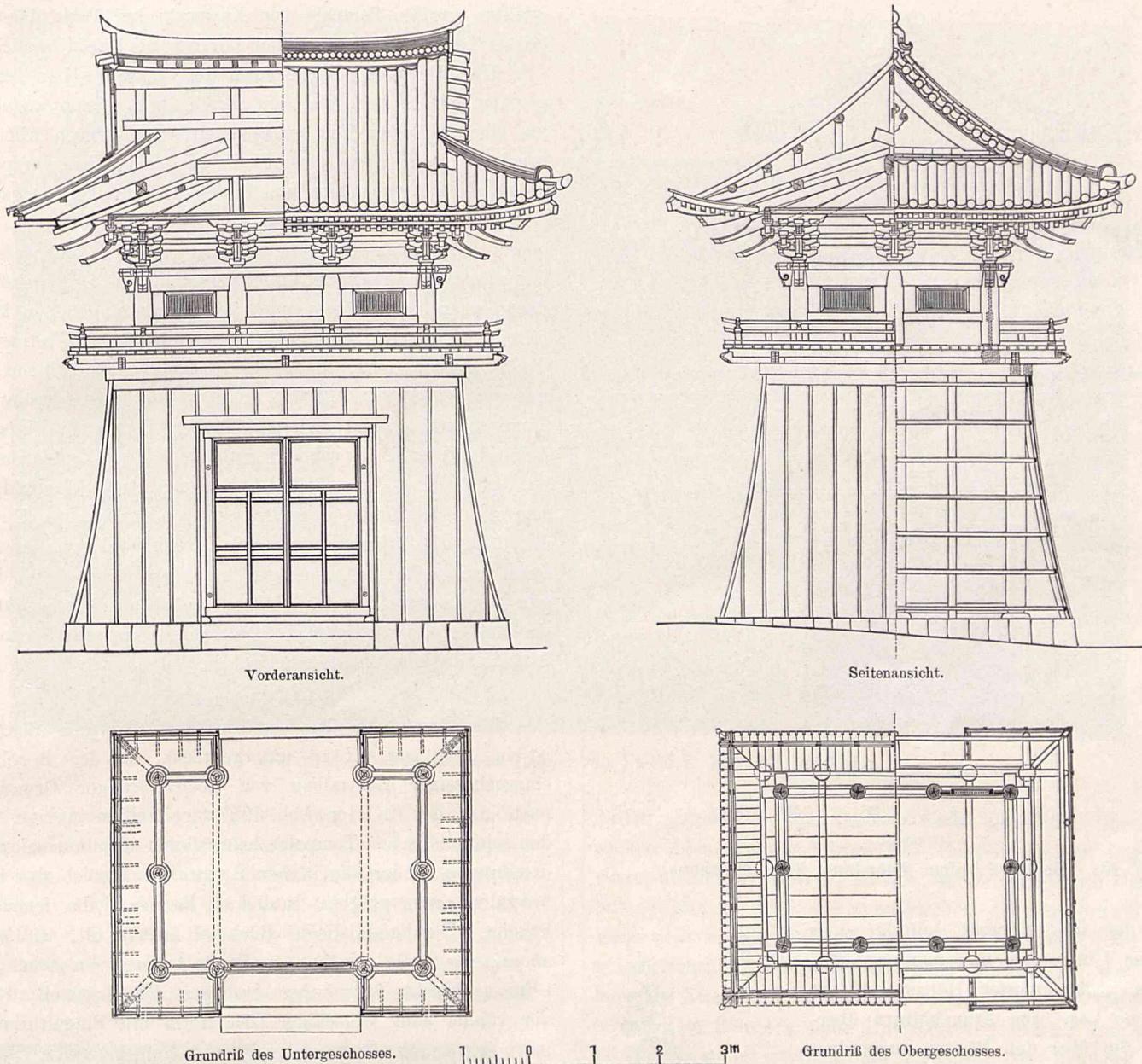


Abb. 201. Glockenturm von Manjuji.

machen, sind in der japanischen Architektur, besonders auch im inneren Ausbau, bei verzierten Decken und Wänden sehr häufig anzutreffen. Ich habe z. B. in den berühmten Grabtempeln von Shiba und Nikko gefunden, daß die architektonische Teilung der kurzen Querwände mit der der glänzend verzierten Decke nicht zusammenstimmt, während eine derartige Unstimmigkeit an den Langseiten nicht bestand. Gleichwohl ist diesen Schöpfungen ein außerordentlicher Reiz und große Anmut nicht abzuspüren.

An Stelle des zweistöckigen Glockenturms findet sich vielfach — vielleicht ursprünglich nur als vorläufiger Ersatzbau nach einem der in Japan leider so häufigen großen Schadenfeuer — ein niedriger, aus vier Pfosten zusammengebauter, überdachter Glockenstuhl nach Abb. 200, in dem die große Buddha-Glocke frei und offen aufgehängt ist und durch Ausschwenken des an zwei Stangen aufgehängten schweren Holzschwengels angeschlagen wird. Besonders berühmt ist der gegenwärtig etwa 700 Jahre alte Glockenstuhl von Todaiji in Nara, aus der Kamakura-Zeit stammend, in dem eine der schwersten und ältesten Bronzeglocken Japans, gegossen im

Jahre 732 n. Chr., aufgehängt ist; diese Glocke ist 13 japanische Fuß = 3,94 m hoch, hat 2,73 m größten Durchmesser und am Rande eine Wandstärke von 25 cm! Auch in Kamakura, nördlich von der heutigen Ortschaft, in dem Tempelbezirke von Engakuji befindet sich ein alter Glockenstuhl mit einer sehr großen, aus dem Jahre 1201 stammenden Bronzeglocke, die einen sehr schönen tiefen und feierlichen Ton besitzt. Die Bauart dieser Glockenstühle entspricht im großen und ganzen der in der Abb. 200 dargestellten: die vier starken Pfosten von rundem Querschnitt sind mit geringer Neigung nach innen auf Steinbasen aufgesetzt und an jeder Seite durch zwei Riegel gegeneinander verstrebt. Die Zapfen der Riegel durchdringen den Pfosten an jeder Ecke in verschiedener Höhe und werden durch von außen eingetriebene wagerechte Keile gesichert; die Zapfen übergreifen sich meist hakenförmig, so daß der untere die Lockerung des oberen verhindert. Unter dem Kapitell sind die Pfosten noch durch ein senkrecht und wagerecht übereinander gestelltes Riegelholz mit verzierter Endigung verbunden. Über und zwischen den Pfosten ist einfaches Kraggebälk angeordnet. Das beträchtliche Ge-

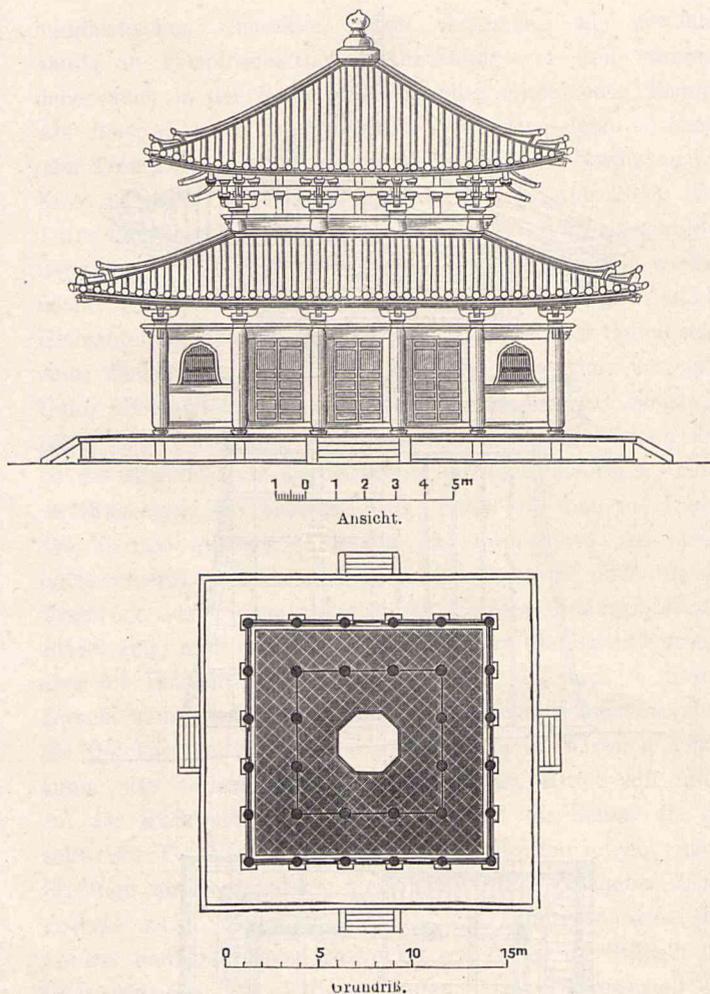


Abb. 202. Heilige Schriften-Sammlung, Kiōzō (Bücherei).

wicht der Glocke wird mittels eines schweren Unterzuges und mehrerer miteinander verklammerter Hölzer auf die mehrfache Lage von Kranzhölzern übertragen, die über den Pfosten angeordnet ist. Das ganze eigentliche Tragwerk ist dem Auge durch die das innere Geviert ausfüllende Felderdecke entzogen. Das überstehende Dach wird in der allgemein üblichen Weise durch zwei Reihen übereinander angeordneter Ziersparren von enger Teilung getragen und die Randpfette durch die im inneren Dachverbände befestigten, auskragenden Federhölzer unterstützt. Das Dach zeigt die Jrimoyaform mit zwei verkrüppelten Giebeln und ist mit Hinokirinde oder Schindeln gedeckt, der First beiderseits mit Teufelsbrett abgeschlossen. Der Giebel ist durch ein Regenbogenholz, darüber eine Froschgabel mit Krugpfosten verziert, unter den Stirnbrettern ist der Hängefisch angebracht. Der ganze Bau steht gewöhnlich auf einem mit Werkstein eingefassten Sockel oft von beträchtlicher Höhe, bisweilen mit geschwungenen Seitenflächen nach Art der gekrümmten Ummantelung in Abb. 199, die dem Ganzen eine bedeutendere Wirkung verleihen; in die geböschten Seiten sind alsdann Treppenstufen eingeschnitten. Ein Beispiel eines ähnlichen in dieser Art erhöht aufgestellten und durch reiche Schnitzarbeit ausgezeichneten Glockenstuhles geben die Abb. 205 u. 209, die den Glockenstuhl im Tempelbezirk des dem buddhistischen Heiligen Kobo-Daishi ge-

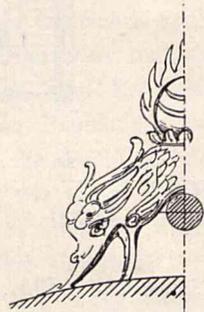


Abb. 203. Aufhängung der Buddhaglocke.

weihten großen Tempels von Kawasaki bei Tokio darstellen (dieser Tempel wird gewöhnlich kurzweg als Daishi bezeichnet).

Die allgemein übliche Form der buddhistischen Tempelglocken aus Bronze, die sich durch ihren tiefen angenehm ins Ohr fallenden Ton auszeichnen, wird durch Abb. 204 wiedergegeben; wenn diese Form auch nach ihrer ursprünglichen Gestalt von China und Indien überkommen ist, so hat sie doch in Japan ihre eigenartige Ausbildung erfahren. Als oberer Bügel, an dem die Glocke hängt, dient stets ein doppelter oder zwei miteinander verschlungene Drachenköpfe,<sup>5)</sup> über denen ein mit einem Strahlenkranz eingefasster kugelförmiger Edelstein, das bekannte buddhistische Wahrzeichen des Hōshu no tama, die Allmacht Buddhas darstellend, angebracht ist (Abb. 203). Die architektonische Gliederung und Verzierung des Glockenmantels, dessen oberstes Feld gewöhnlich mit viermal 16 oder 28 runden kurzen Zapfen besetzt ist, geht aus der Abb. 204 hervor; das Schaubild 206 zeigt eine berühmte Tempelglocke von Biodoin in Uji aus der Blüte der Fujiwara-Zeit. Die Glocke wird, wie erwähnt, stets von außen angeschlagen an einer Stelle, die durch eine rosettenartige Verzierung hervorgehoben und verstärkt ist; ein innerer, aufgehängter Klöppel wie bei unsern Glocken im Abendlande kommt daher nicht vor.

#### Die Bücherei.

Die Sammlung der buddhistischen heiligen Schriften ist in dem sog. Kiōzō untergebracht, in der Regel ein eingeschossiger Zentralbau von geviertförmiger Grundform nach Art der in der Abb. 202 dargestellten Anlage. Bei den schintoistischen Tempelbezirken findet sich nur selten ein dementsprechender Bau in dem Bunko, für das ich aber keine besonders ausgeprägten baulichen Formen habe feststellen können. Die buddhistische Bücherei enthält oft, wie schon an anderer Stelle erwähnt, in ihrem Inneren ein hohes, um seine senkrechte Mittelachse drehbares Büchergestell, Rinzō, von runder oder vieleckiger Grundform mit Flügeltüren für jedes der strahlenförmig angeordneten Gefächer. Ein Beispiel hierfür von kostbarer Ausführung findet sich in dem Tempel von Narita, östlich von Tokio, aus dem Anfange des 18. Jahrhunderts, Zeitalter Genroku, stammend. Es hat achteckige Grundform, steht auf einem von zwergartigen Teufeln getragenen Unterbau und ist aufs reichste mit Lackarbeit und Malerei verziert. Im Klosterbezirk des Berges Koyasan in der Provinz Kishū, östlich von Wakayama, fand ich ein Büchergestell aus neuerer Zeit von regelmäßiger sechseckiger Grundform in größeren Abmessungen als selbständigen Bau im Freien stehend und daher überdacht, auf seinem massiven Unterbau mittels langen Schwengels drehbar. Die Umfassungswände sind aus

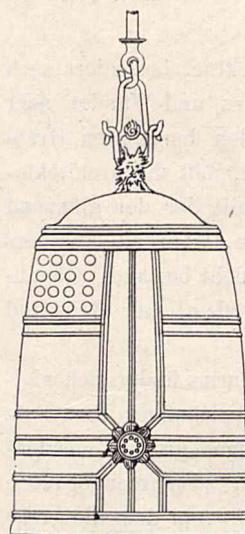


Abb. 204. Form der Buddhaglocke. 1:40.

<sup>5)</sup> Nach einer japanischen Naturgeschichte des Drachens von Bakin soll das erste der Kinder des weiblichen Drachens singen und alle harmonischen Töne lieben; deshalb seien die Henkel der japanischen Glocken stets in der Form dieses Drachens gegossen. Vgl. Netto, Japanischer Humor, Seite 60.

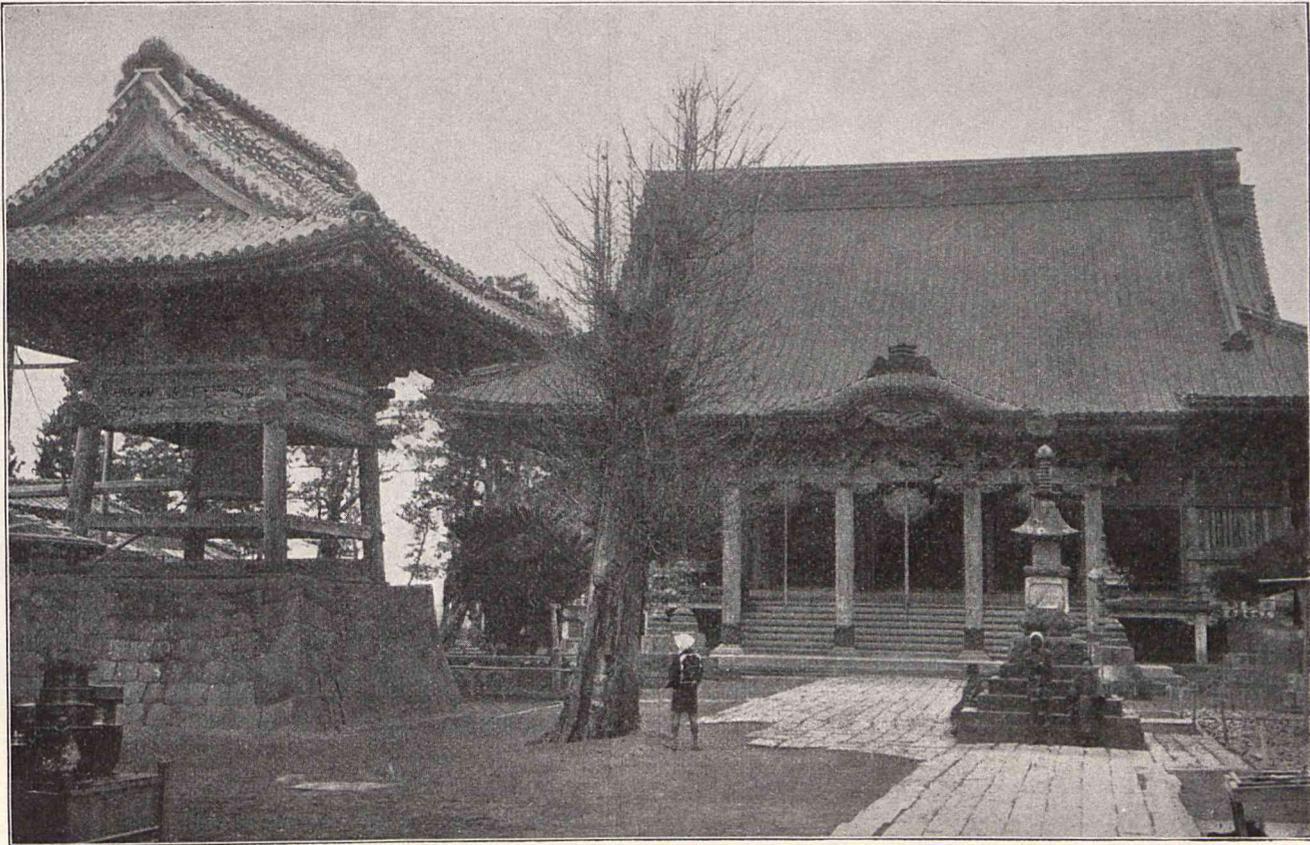


Abb. 205. Glockenstuhl und Tempel von Daishi in Kawasaki bei Tokio.

Balken von sechseckigem Querschnitt, wagerecht übereinander liegend, gebildet, die sich an den Ecken wie bei Blockhäusern überkreuzen, eine Anordnung, die sich in Japan mehrfach bei sehr alten Tempelspeichern im Bezirk von Nara findet (S. 421 Jahrg. 1903 d. Z.). Jede der sechs Seiten hat ihre besondere doppelflügelige Tür; der Unterbau ist mit einem durch Kraghölzer unterstützten Umgange versehen und dieser mit einem



Abb. 206. Buddhaglocke vom Tempelbezirk von Bido-in in Uji.

Brüstungsgeländer von üblicher Form eingefast. Über dem sechseckigen Trommelkörper des Hauptgeschosses folgt ein ringsumlaufendes flaches Pulldach, darüber ein oberer Umgang mit Geländer, der ein zylindrisches Obergeschoß von wesentlich eingeschränktem Durchmesser umgibt. Über dem zylindrischen Obergeschoß ist ein sechsseitiges weit ausladendes Kraggebälk angeordnet, durch welches das gleichfalls sechsseitige Zeltdach seine Unterstützung findet. Der ganze obere Aufbau ist natürlich nur Zierform. Das Bauwerk zeigt feine, edle Verhältnisse und schöne Einzelheiten, ist aber mangelhaft unterhalten; in seiner Gesamtanordnung erinnert es stark an die eigentümlichen, einer späteren Abhandlung vorbehaltenen zweistöckigen Schatztürme.

Zu der eine der gewöhnlichen Anordnungen darstellenden Abb. 202 ist nur wenig hinzuzufügen: der Unterbau ist etwa drei Fuß über die Erdgleiche herausgehoben und mit einem offenen Umgange versehen; das Gebäude hat auf jeder Seite in gleicher Teilung fünf Felder, von denen das mittelste, an der Vorderseite sogar die drei mittleren eine nach außen aufschlagende zweiflügelige Drehtür aufweisen. Die Wandflächen zwischen den runden Hauptpfosten sind geputzt und weiß getüncht. Der Fußboden des Innern, in dem das Buchgestell von achteckiger Grundform aufgestellt ist, zeigt Steinfliesenbelag; im Innern ist noch eine zweite, im Geviert angeordnete Säulenreihe vorhanden, die die Last des oberen Zeltdaches aufnimmt. Über dem Kraggebälk des Untergeschosses ist ein vierseitiges niedriges Pulldach angeordnet, ähnlich wie wir es bei den Toren gefunden haben, dessen weite Ausladung den äußeren offenen Umgang zum Teil überdeckt. Das obere Zeltdach ist mit einer in Kupfer getriebenen oder in Ton gebrannten Verzierung in der Form des Taubeckens mit geviertförmigem Unterteil und runder Endigung

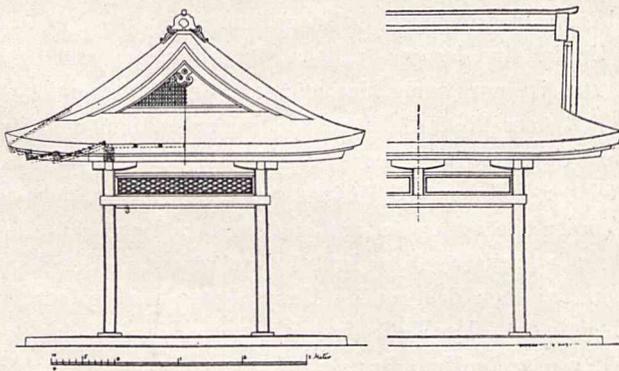


Abb. 207. Brunnenhaus im Yeyasu-Tempelbezirk von Nikko.

bekrönt (S. 437 vor. Jahrg.). Die Fenster in den Wandfeldern zeigen die übliche enge Vergitterung durch senkrechte Holzstäbe in einer Umrahmung nach der üblichen Kleeblattform. Das Dach ist mit Hongawarapfannen gedeckt, an den vier Ecken mit kräftigen Gratrippen aus Ziegeln versehen, die am Traufende mit Teufelsfratzen abschließen.

#### Brunnenhaus.

In Abb. 208 ist ein Beispiel für ein schintoistisches Brunnenhaus in den hier üblichen einfacheren Formen dargestellt. Der meist rechteckigen Grundform des Steintrogs entsprechend zeigt das auf vier Pfosten von geviertförmigem Querschnitte ruhende Dach größere Länge als Breite; es ist ein Satteldach in der üblichen Irimoyaform mit zwei verkrüppelten Giebeln, deren Öffnung durch ein dichtes Holzgitter von gekreuzten dünnen Stäben ausgefüllt ist. Unter dem Gebälk bemerken wir die einfachen Sattelhölzer der

Abb. 208. Schintoistisches Brunnenhaus.  
Chōzu-yakata, Mizu-ya.

schintoistischen Form; das Dach ist mit Schindeln oder Hinokirinde gedeckt, der Giebel in der üblichen Weise mit Stirnbrettern und Hängefisch, im First mit dem Teufelsbrett aus Ton oder Bronze verziert. Die Pfosten sind durch Gesimsleisten, Nageshi, verbunden, und zwischen diesen und dem Gebälk des Daches ist ein durch enges rautenförmiges Holzgitterwerk ausgefüllter Fries angebracht.

Bei den entsprechenden Bauten der buddhistischen Richtung begegnen wir wiederum viel größerer Mannigfaltigkeit in der Ausbildung der Endigungen der Balken und Riegel, die die Pfosten verbinden, des Kraggebälks unter dem Dache und der Dachform. In den Friesen und am Dachgebälk finden sich hier oft wertvolle Holzschnitzarbeiten, so z. B. an einem

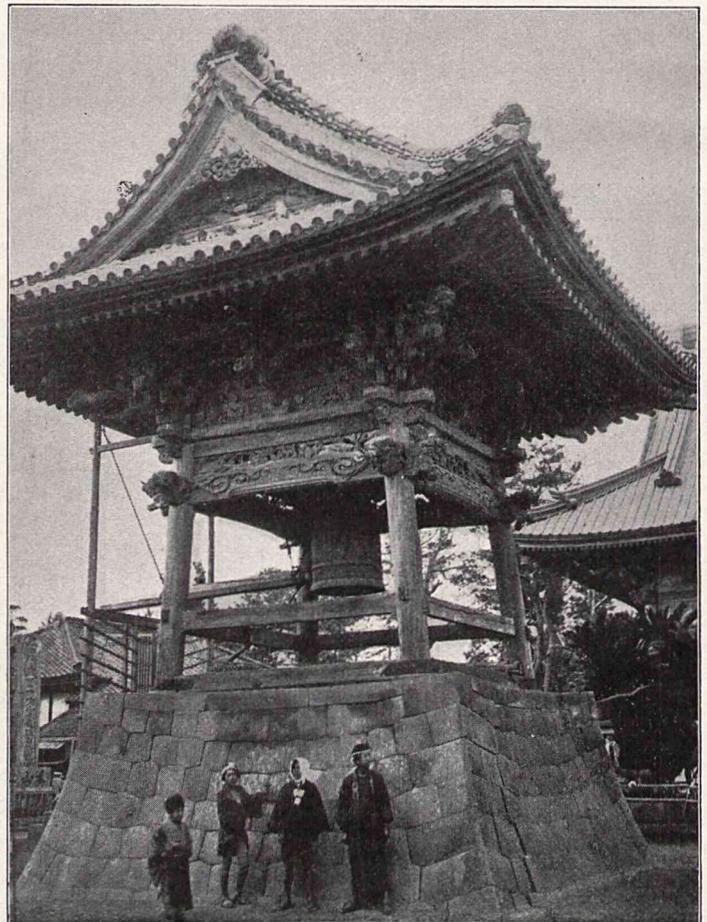
Abb. 209. Glockenstuhl vom Tempelbezirk des Daishi  
in Kawasaki bei Tokio.



Abb. 210. Brunnenhäuser im Tempelbezirk von Shiba, Tokio.

alten Brunnenhause im Bezirke des Hommonji-Tempels von Ikegami, südlich von Tokio, bei dem frei geschnitzte Drachen in ausgezeichneter Arbeit unter den Dachrähmen angebracht sind. Die Dachflächen sind hohl oder erhaben gekrümmt, die Giebel zeigen bisweilen die doppelt gekrümmte Form des chinesischen Giebels, Karahafu. In der Decke des inneren Rechtecks sind oft Malereien, namentlich Darstellungen von Drachen, angebracht. Beispiele von besonders reicher architektonischer Durchbildung sind wiederum in den Brunnenhäusern der Gedächtnistempel der Tokugawaschogune von Shiba und Nikko erhalten; bemerkenswert ist hierbei die sonst kaum wieder

vorkommende Anwendung von Haustein zu den Stützen und dem Gebälk darüber, wobei indes die Form keine erheblichen Abweichungen von der Bauweise in Holz zeigt.

Die Abb. 210 stellt die beiden gleichen Brunnenhäuser des äußeren Vorhofes eines der Grabtempel von Shiba dar; sie sind zu beiden Seiten der mit Steinplatten belegten Wandelbahn errichtet, die in den inneren Tempelbezirk führt. Das Dach ruht auf zehn Steinpfosten, die alle gleichmäßig schwach nach innen geneigt sind; auch der Architrav, der die Pfosten verbindet, ist von Haustein und wie das obere Ende der Pfosten durch farbiges Ornament reich verziert. Das Satteldach hat hohle Krümmung und schließt beiderseits mit einem chinesischen Giebel ab. Die Dachdeckung ist in den Formen der Hongawarapfannen als Kupferhaut ausgeführt. An jedem Giebel ist eine Reihe halbkreisförmiger Deckziegel senkrecht zur Bordkante des Daches angeordnet, die in äußerst kunstvoller Weise durch wechselnde Krümmung und Neigung den Übergang aus dem doppelt gekrümmten Giebel in die flachere Krümmung des Satteldaches vermitteln.

Abb. 207 zeigt das Brunnenhaus im Vorhof des Grabtempels des ersten Schoguns Yeyasu in Nikko, erbaut 1618; auch hier sind die schlanken Granitpfosten, an den Ecken zu je dreien vereinigt, schwach nach innen geneigt und durch einen Architrav aus Granit verbunden, der genau die in der Holzbauweise gebräuchlichen Formen und Metallbeschläge, letztere in besonders schöner Ausführung, auf-



Abb. 211. Brunnenhaus beim Yemitsutempel in Nikko.

weist; darüber folgt sehr feines Kraggebälk mit reicher Verzierung durch Malerei und Holzschnitzarbeit. Der Giebelabschluß des Daches ist ähnlich dem vorbeschriebenen Beispiele (vgl. auch Abb. 172 S. 41).

Ein drittes Beispiel von gleicher Feinheit und Anmut der Formen aus etwas späterer Zeit findet sich in dem Brunnenhause im Bezirk des Grabtempels des dritten Schogun, Yemitsu, gleichfalls in Nikko, Abb. 211. Das Satteldach, ebenfalls auf zwölf, an den Ecken zu je dreien gekuppelten Granitpfosten ruhend, zeigt hier hohl gekrümmte Flächen und zwei volle Giebel in etwas weniger prunkvoller Ausführung; an der einen Langseite des Daches ist ein kleiner chinesischer Giebel in ähnlicher Ausbildung wie bei den vorgenannten Beispielen angeordnet.

Diese Brunnenhäuser dürfen als Perlen der Architektur aus der Tokugawa-Zeit bezeichnet werden.<sup>6)</sup>

6) Das erwähnte, nicht einwandfreie Verfahren des Architekten, daß er gebräuchliche Formen, deren Besonderheit durch die Bauweise in Holz bedingt und in dieser völlig gerechtfertigt erscheint, ohne weiteres einfach auf die Ausführung in einem anderen Stoff, z. B. Haustein oder Metall, überträgt (und umgekehrt), ist in Japan an zahlreichen Beispielen nachzuweisen. Bei der Bauart der Torii in Stein und Bronze, und bei der Ausführung der Kupferbedachungen unter Nachahmung der alten Ziegelformen hatten wir bereits Gelegenheit, dieses Verfahren zu erwähnen. Ähnlich finden sich Brücken kleineren und mittleren Maßstabes in Stein ausgeführt, wo die sonderbaren Formen der Stropfweiser als runde Pfosten mit hindurchgesteckten wagerechten Riegeln von rechteckigem Querschnitt augenscheinlich nur von der früheren Bauweise in Holz beibehalten sind. Einfriedigungen aus Haustein von Grabstätten oder kleinen Kapellen in der Form des aus quadratischen Pfosten gebildeten Tamagaki, wie ich sie in der Umgebung von Nikko mehrfach gefunden, scheinen wie eine „wörtliche Übersetzung“ aus der Formensprache der Holzbauweise in Stein, ohne daß den veränderten Bedingungen des neuen Baustoffes

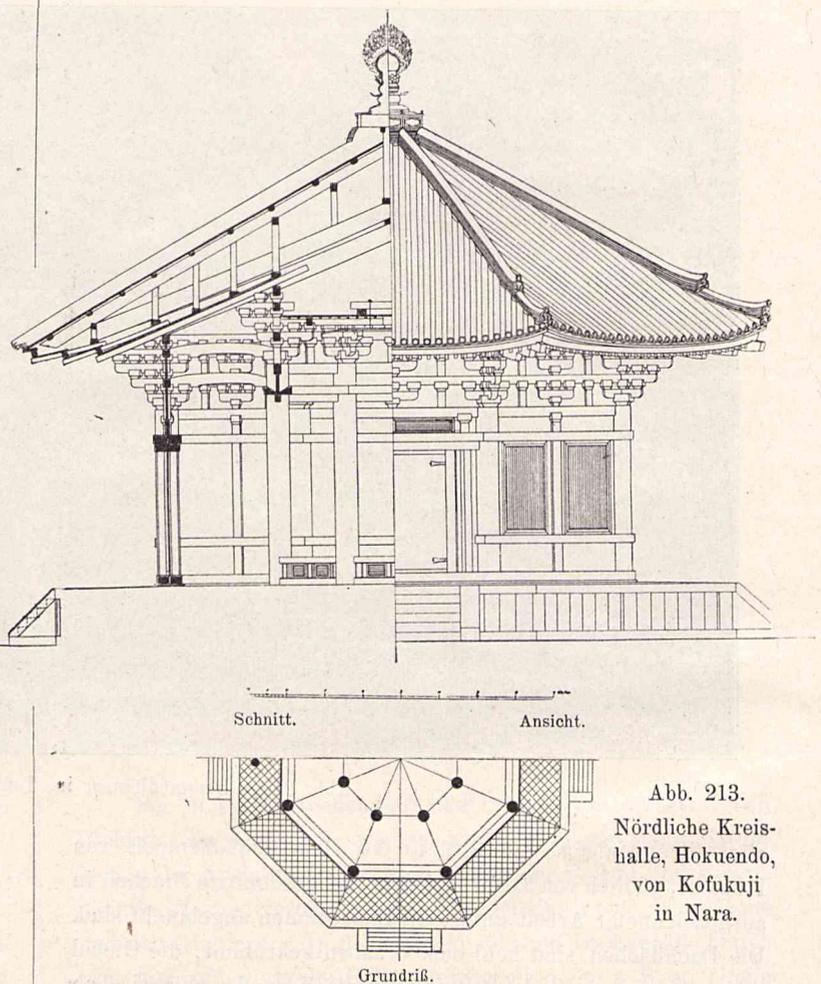


Abb. 213.  
Nördliche Kreis-  
halle, Hokuendo,  
von Kofukuji  
in Nara.

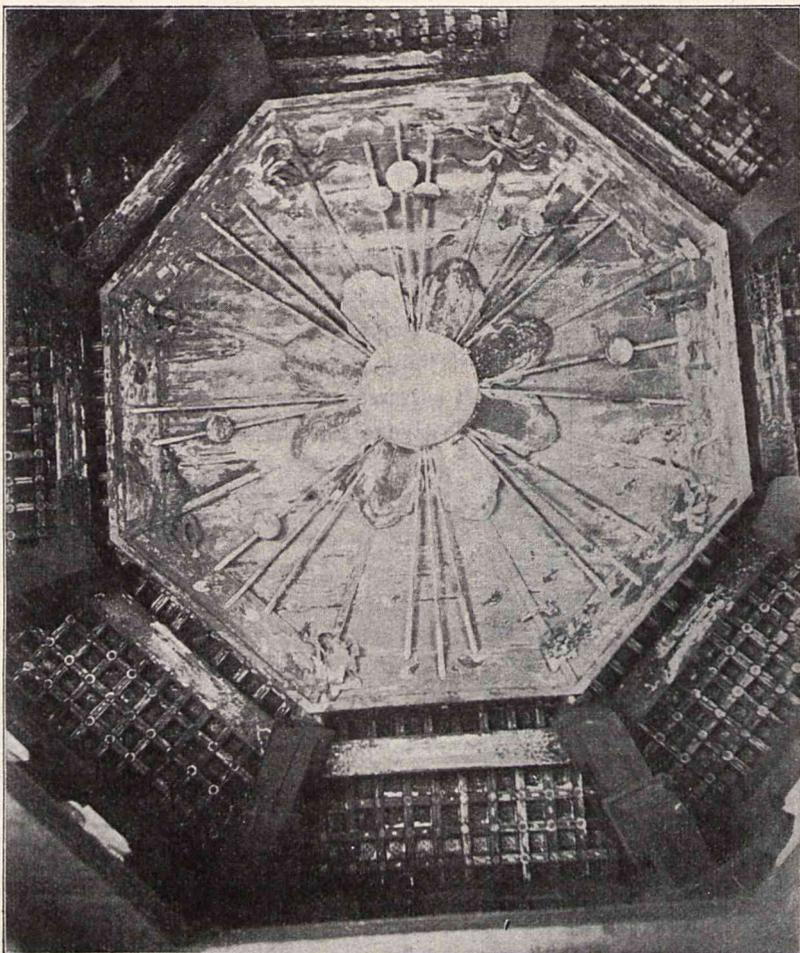


Abb. 212. Decke von Hokuendo in Nara.

#### Die Achteckbauten.

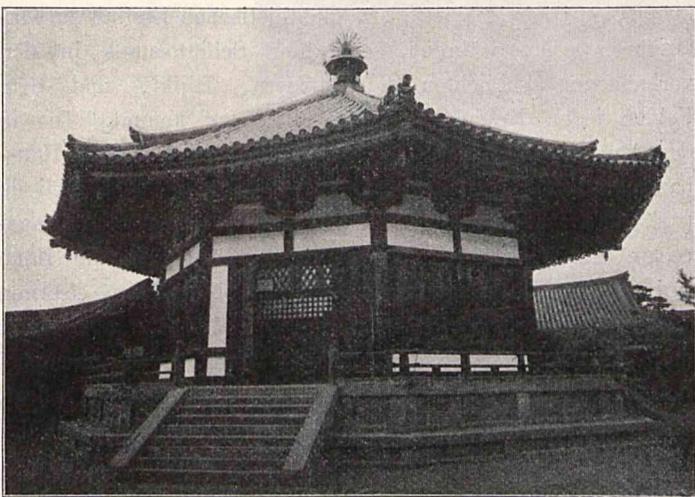
Während die Zentralbauten im Bau der mehrstöckigen Pagoden und der zweigeschossigen Schatztürme, die in einem späteren Abschnitte besonders behandelt werden, sowie als niedrige Gebäude von viereckiger Grundform für die heiligen Schriftsammlungen, als Kiozo, zu vielfacher Anwendung gelangen, sind Tempel oder Kapellen mit dem Grundriß des regelmäßigen Sechs- oder Achtecks in Japan äußerst selten, so daß die wenigen vorhandenen wichtigeren Beispiele nachstehend einzeln aufgeführt werden können.

Das älteste Bauwerk dieser Art ist die Traumhalle, Yume-dono, von Ost-Horiuji, Abb. 215, aus der Tempio-Zeit stammend, erbaut 739 nach Chr.; sie bildet den Mittelpunkt eines rechteckigen, durch einen Kreuzgang geschlossenen Tempelhofes, an dessen Nordseite ein Reliquientempel oder Gebeinhaus, Shariden,

im geringsten Rechnung getragen ist. Brüstungsgeländer in der Form der Verandaeinfriedigungen von Tempeln werden, mit runden Handleisten, wie wir sie im ersten Abschnitt kennen gelernt haben, aus Granit hergestellt bei neuen städtischen Straßenbrücken in Tokio angewendet, ohne daß man sich über den großen Unterschied in der Festigkeit und Wirkungsweise eines hölzernen Riegels von rundem Querschnitt und eines gleichgeformten zylindrischen Körpers aus Werkstein Rechenschaft gibt. Diese Erscheinungen, die keineswegs vereinzelt dastehen, lassen leider nicht bloß auf einen gewissen Mangel an schöpferischer Erfindungskraft bei den japanischen Architekten schließen, sondern auch auf eine auffallende Unkenntnis von den natürlichen Bedingungen der verschiedenen Baustoffe und auf ein allzu zähes Festhalten an den einmal überlieferten architektonischen Formen, die dem Handwerker vertraut geworden sind.



Abb. 214. Nan-endō von Kōfukuji in Nara.

Abb. 215. Traumhalle, Yume-do-no, in Horiuji  
(739 gegr., Tempio-Zeit).

und an dessen Südseite die Predighalle, Reido, beide in der wesentlich späteren Kamakura-Zeit errichtet sind. Die Traumhalle ist eine gut erhaltene kleine Kapelle von achteckiger Grundform von etwa 14 m Durchmesser, mit äußerem Umgang auf einem mit Werkstein eingefassten, etwa  $1\frac{3}{4}$  m hohen Unterbau. — Dem gleichen Zeitalter entstammt das nur wenig jüngere Hakkakudo, d. h. Achteckskapelle, von Yeisanji bei Koya, südlich von Nara.

Das folgende Beispiel, die nördliche Kreishalle, Hokuendo, von Kōfukuji in Nara, ist dargestellt in Grundriß, Aufriß und Schnitt in Abb. 213.

Während der ursprüngliche Bau noch in der Tenchi-Zeit, 721 nach Chr., errichtet war, ist der gegenwärtige später als Ersatz für die durch Feuer zerstörte Kapelle am Ende der Fujiwara-Zeit, um das Jahr 1090 erbaut worden. Die Anlage ist im ganzen der Traumhalle von Horiuji ähnlich; auf dem mit Werkstein eingefassten achteckigen Unterbau,

Zeitschrift f. Bauwesen. Jahrg. LVI.

zu dem an vier Seiten Treppen von je fünf Stufen emporführen, erhebt sich konzentrisch, durch eine innere im Achteck angeordnete Säulenstellung in zwei Schiffe geteilt, die achteckige Kapelle, deren Mittelschiff durch einen Altar ausgefüllt wird. Der weit ausladende Dachüberstand wird nach unten durch eine dreifache Schar von Ziersparren in enger Teilung abgeschlossen; die innerste Schar dieser Sparren ist weit nach rückwärts verlängert und überdeckt auch die Seitenschiffe; sie zeigt im Querschnitt ein regelmäßiges Sechseck. Die Decke des inneren Achtecks, vgl. Abb. 212, zeigt auf Holz gemalt, und zum Teil besonders aufgelegt, eine mit Strahlen versehene achtblättrige Rosette; im übrigen hat die Decke die üblichen kleinen durch gekreuzte Leisten gebildeten Gevierte, in den Leisten und Füllungen durch Malerei reich verziert. Wie die Abbildungen erkennen lassen, ist das Kraggebälk über und zwischen den Pfosten einfach und wuchtig in seinen Verhältnissen; die Wände sind geputzt und weiß getüncht, das Dach ist mit gebrannten Pfannen der Hongawara-Form gedeckt; besonders eindrucksvoll und schön ist die Dachbekrönung aus Bronze in der früher beschriebenen Form des Taubeckens mit Blattkelch, Edelstein und Strahlenkranz. An den inneren Friesfeldern der achteckigen Umfassungswand sind über dem wagerechten Gebälk zu beiden Seiten der kurzen Dremelpfosten Malereien in der Form des Froschbeins, Kaerumata, angebracht, das sich hier als eine geschickte Ausfüllung der Ecken durch Rankenwerk darstellt.

Ein Beispiel aus der Tokugawa-Zeit ist das Hakkakudo von Shiba in Tokio, welches das Grab des zweiten Tokugawaschoguns Hidetada, gestorben 1632, enthält und von dessen Nachfolger Yemitsu auf einer Anhöhe im Südwesten des Shibaparks errichtet wurde. Der Bau zeichnet sich durch das in Bronze hergestellte Zierwerk der Dachgrate aus, das in vortrefflich gezeichneten Drachenköpfen endet, und ist besonders sehenswert wegen des prachtvollen Grabdenkmals

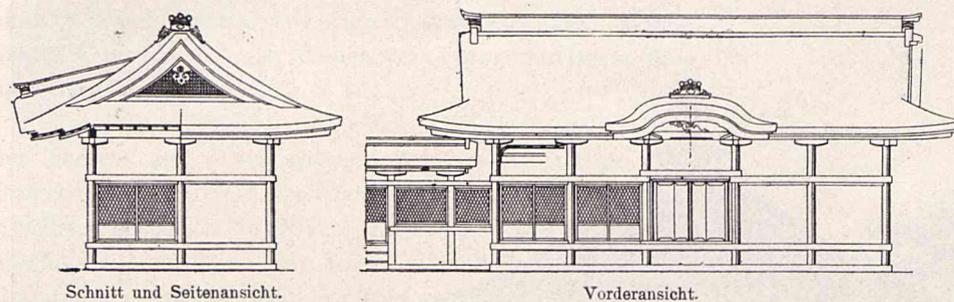


Abb. 216. Gebethalle mit chinesischem Giebel, Karahafu.

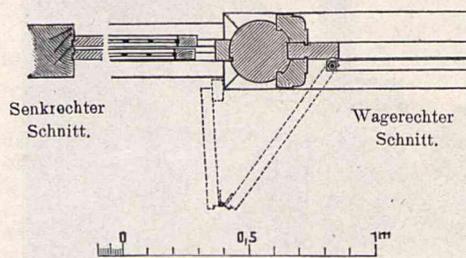


Abb. 217. Befestigung der Haupteingangstür an den Hauptpfosten.

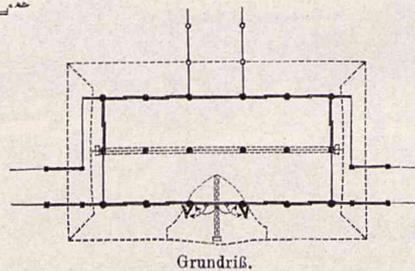


Abb. 218. Wagerechter Schnitt durch das Holzgitterwerk. 1:5.

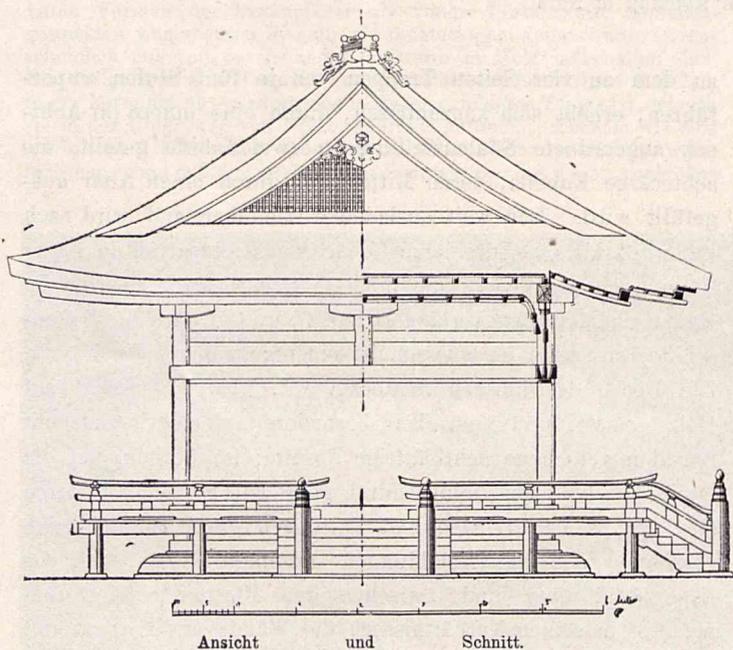


Abb. 219. Gebethalle, Haiden, in schintoistischer Form.

im Innern, von dem die Abb. 220 eine Vorstellung gibt. Das Grabmal hat die Form eines Kreiszyinders mit darüber reich entwickeltem Gebälk, das ein quadratisches Zeltdach trägt, und steht auf einem Steinsockel in Gestalt eines Lotuskelches mit achteckigem Unterbau. Der zylindrische Körper ist architektonisch sehr fein gegliedert, reich vergoldet und weist ausgezeichnete Malereien in Goldlack, Makiye, auf, die, mit Edelsteinen, Perlmutter und Schmelzarbeit besetzt, die acht berühmtesten Landschaften von China (Siao-Siang) und vom Biwasee in Japan zur Darstellung bringen. Der Reichtum und Glanz dieser Schöpfung kommt bei der gegenwärtigen Anordnung, wo der ganze Bau mit einem hölzernen Brettverschluss verkleidet ist, für den Besucher leider nur sehr unvollkommen zur Geltung. Die Säulen der Kapelle zeigen schöne Metallbeschläge und Goldlacküberzug,

an den Friesen der Umfassungswand sind schwebende und musizierende Engel, Tennin, gemalt. — Als letztes und neuestes Beispiel ist in Abb. 214 das Nan-endō von Kofukuji in Nara dargestellt, eine der Göttin Kwanon geweihte Kapelle, die im Jahre 1789 als Ersatz des abgebrannten, ursprünglich im Jahre 813 errichteten Achteckbaues hergestellt wurde. Der Haupteingang ist hier durch einen chinesischen Giebel hervorgehoben. Das überstehende Dach zeigt ähnlich wie bei dem nahe dabei gelegenen Hokuendo die dreifache Schar übereinander ausgekrager Ziersparren.

Zum Schluß dieses Abschnittes mögen im folgenden noch zwei Tempelformen betrachtet werden, bei denen die schintoistische Formensprache überwiegt.

#### Das Haiden mit Satteldach in Irimoyaform.

Die in Schnitt und Ansicht (Abb. 219) dargestellte rechteckige Gebethalle, Haiden, ist mit Umgang und zu diesem emporführenden Treppen versehen, aber ein besonderer Gebetplatz fehlt hier. Die Dachform des Irimoya mit zwei verkrüppelten Giebeln dürfte auf buddhistischen Einfluß zurückzuführen sein, während sonst der Schintoismus in den vorhandenen schlichten Sattelhölzern, Hijiki, und dem Fehlen jeden Kraggebälks zum Ausdruck kommt. Die in der Abb. 219 weggelassenen Seitenwände sind die im Hausbau üblichen Shoji oder Karado oder Klappläden, Hitomi-do (vgl. Abb. 34 S. 276, Jahrg. 1905), die um eine wagerechte Kante aus der senkrechten Stellung in die Höhe gedreht und in wagerechter Lage an besonderen eisernen Haken festgestellt werden. Die ganze Halle kann also leicht an allen vier Seiten völlig geöffnet werden, wie dies bei den Tempelfesten (Matsuri) regelmäßig zu geschehen pflegt. Der Bau steht auf einem in Putz hergestellten Unterbau, der als Schildkrötenbauch, Kamebara, bezeichnet wird. Das Dach ist in Schindeln, Schilf oder Hinokirinde gedeckt. Die Giebeldreiecke sind durch einen engen Rost von Holzstäben abgeschlossen; die Stirnwand zeigt den üblichen Hängefisch und der First den Abschluß durch das Löwenmaul, Shishiguchi. Die Hauptpfosten sind rund und innen und außen durch Gesimsleisten von trapezförmigem Querschnitt, sowie durch Riegelhölzer verbunden. Das überstehende Dach, das den Umgang überdeckt, ist durch eine doppelte Schar auskrager Ziersparren mit je einer äußeren Randpfette verkleidet. Über die Ziersparren folgen Leisten, darüber Schalbretter, so daß die im Schintoismus übliche Felderdecke von weiter Teilung entsteht. Die Ziersparren sind hierbei manchmal zu je zweien gekuppelt angeordnet, wodurch eine besonders vornehme Wirkung entsteht; bei Schloßbauten findet sich diese Bauweise häufiger. Durch besondere, hier nicht angegebene Federhölzer werden die Randpfetten mit dem inneren Dachverbände noch besser befestigt.

Die innere Tempelzelle, hier einschiffig, zeigt eine Felderdecke mit einer an den Umfassungswänden herumgeführten Hohlkehle. Bei den schintoistischen Kapellen dieser

Art bleibt das Holzwerk häufig ohne jeden Anstrich. Verzierende Metallbeschläge werden gewöhnlich am Brüstungsgeländer, an den Gesimsleisten, an den Durchschneidungspunkten der Pfosten, an den Stirnbrettern des Giebels, bisweilen an den Hirnholzenden der Ziersparren angebracht.

**Das Haiden mit Irimoyadach und chinesischem Giebel.**

In Abb. 216 ist ein schintoistisches Haiden etwas späterer Zeit ohne Gebetplatz, Treppe und Umgang, mit Satteldach in Irimoyaform und mit einem doppelt gekrümmten chinesischen Giebel, Karahafu, dargestellt; letzterer ist über dem Haupteingange angebracht und zieht sich nach rückwärts, sanft ansteigend, in die leicht gekrümmte Sattelfläche des Hauptdaches hinein. Die Hauptfirstlinie und der First des Karahafu sind an den Abschlüssen durch ein Löwenmaul verziert. Über den runden Pfosten sehen wir die Sattelhölzer der schintoistischen Form; die Wände zwischen den Pfosten sind durch

Schiebeläden gebildet, deren Anordnung aus der Einzelzeichnung, Abb. 217 u. 218 deutlich wird; über der geschlossenen Brettfüllung folgt ein engmaschiges rautenförmiges Gitter von Holzstäben. Die Haupteingangstür schlägt nach außen auf, jeder der beiden Flügel läßt sich vermöge der vorhandenen Türbänder in sich nochmals umbrechen; die

Abb. 217 zeigt die Einzelheiten der Türumrahmung und ihre Befestigung an den Hauptpfosten. Die Dachdeckung besteht aus Schindeln oder Hinokirinde.

Im vorliegenden Beispiel schließt, wie die Grundrißskizze ersichtlich macht, ein bedeckter Kreuzgang in gleicher

Fußbodenhöhe an die Gebethalle an; seine Seitenwände sind im oberen Teil durchbrochen und mit ähnlichem Holzgitterwerk abgeschlossen wie die Wände des Haiden. Die Anordnung der Decke ist ähnlich wie im vorher beschriebenen Beispiele.

Das Karahafu, eine zunächst im Buddhismus auftretende Form, scheint nicht vor dem 16. Jahrhundert in der japanischen Architektur Eingang gefunden zu haben.

Während so nun einerseits der Schintoismus, infolge der im Laufe der Zeit sich vollziehenden Verschmelzung mit dem Buddhismus, von diesem mancherlei Dach- und Giebelformen entlehnt hat, finden sich andererseits aber auch zahlreiche buddhistische Tempel im

heutigen Japan, bei denen wir den schintoistischen Elementen des Kohai, des Gebetplatzes, und der Sattelhölzer, Hijiki, begegnen.

Die einzelnen Züge, in denen sich diese gegenseitige Verschmelzung vollzieht, werden im folgenden Abschnitte noch ausführlicher zur Sprache kommen. (Fortsetzung folgt.)



Abb. 220. Grabmal des zweiten Shoguns Hidetada im Hakkakudo in Shiba.

## Der Bau des Teltowkanals.

Ausführende Ingenieure: Havestadt und Contag, Königliche Bauräte, in Wilmersdorf-Berlin.

(Mit Abbildungen auf Blatt 27 bis 29 im Atlas.)

(Alle Rechte vorbehalten.)

### Vorgeschichte und Zweckbestimmung des Kanals.

Der Schiffahrtsweg von der Elbe zur oberen Oder führt zur Zeit aus der unteren Havel oberhalb Potsdams ausschließlich über Spandau, Charlottenburg und von hier aus, unter Benutzung der Spree oder des Landwehrkanals, durch Berlin. Außer den Drehbrücken in Spandau, welche infolge des regen Eisenbahnverkehrs ein erhebliches Schiffahrtshindernis bilden, sind auf diesem Wege die Schiffahrtsschleusen von Charlottenburg und an den Berliner Dammühlen, oder statt letzterer die Tiergartenschleuse und die obere Schleuse des Landwehrkanals zu durchfahren. Abgesehen von den Erschwernissen, die der Schiffahrt hierdurch sowie infolge des erheblichen Umwegs über Berlin für die Fahrtrichtung von der Elbe zur oberen Oder erwachsen, bringt auch die starke Belastung der Wasserstraßen Berlins durch den Ortsverkehr und die Berührung mit der Großstadt erhebliche Zeit- und sonstige wirtschaftliche Verluste mit sich. Unter diesen Umständen ist es erklärlich, daß seit langer Zeit der Gedanke einer südlichen Umfahrt um Berlin mehrfach erwogen worden ist.

Bei der Mehrzahl dieser Pläne war die Linienführung so gewählt, daß die rasch fortschreitende Bebauung der südlichen und westlichen Stadtteile Berlins und der anschließenden Vororte die Ausführung dieser „Südkanäle“ oder „Südwestkanäle“ bald unmöglich machte. Der erste dieser Pläne, der des Baurats Röder, stammt bereits aus dem Jahre 1861, also aus einer Zeit, als die Schiffahrtshinderungen in Spandau noch nicht bestanden (die Lehrter Eisenbahn war noch nicht gebaut). Der Kanal endete daher schon unterhalb Charlottenburgs an der Unterspree.

Größere Aufmerksamkeit erregte der Entwurf des Wirkl. Geh. Oberregierungsrats Hartwich, den dieser 1874 in einer Broschüre unter dem Titel „Bemerkungen über die Schiffahrts- und Vorflutverhältnisse in und bei Berlin mit Anschluß eines Projektes zu einem Kanal von der Oberspree nach der Havel bei Wannsee“ veröffentlichte. Der Berliner Architektenverein sprach sich 1875 in einer Denkschrift im wesentlichen zustimmend hierzu aus, hielt aber die gleichzeitige Regulierung der Spree in Berlin für erforderlich. Nicht günstig war das Urteil einer Kommission des Ministeriums der öffentlichen Arbeiten und des Polizeipräsidioms. Der Ausbau des Landwehrkanals, die Regulierung der Spree, einschließlich der Beseitigung des Mühlendamms, wurden als wichtigere Aufgaben bezeichnet und in der Folge bekanntlich, wenn auch nicht ganz in dem anfangs geplanten Umfange, durchgeführt.

Im Jahre 1882 trat Major a. D. Wagner mit dem Vorschlage einer Kanallinie auf, die vom Unterwasser des Landwehrkanals durch den Kurfürstendamm nach Halensee und durch die Grunewald-Seen nach dem Wannsee geführt werden sollte, wobei namentlich auch die wirtschaftliche Seite des Unternehmens eingehend behandelt wurde. In Weiterführung dieses Gedankens wurden 1883 die späteren Ingenieure des Teltowkanals mit der Ausarbeitung eines Südwestkanals Berlin-Wannsee durch Interessenten der Westvorstadt beauftragt.

Der Anschlag für den 18 km langen Kanal schloß mit 13,65 Millionen Mark ab.

Auch der Kreis Teltow hat sich mit der Frage eines derartigen Kanals schon früher befaßt. Ein allgemeiner Entwurf für eine die Havel mit der Oberspree verbindende Kanallinie ist bereits im Jahre 1874 auf Veranlassung des damaligen Landrats Prinz Handjery durch die Generalbaubank und 1881 von den Regierungsbaumeistern Höhmann und v. Lancizolle aufgestellt worden. Der Kanal sollte mit vier Haltungen ausgestattet werden.

Dem Unternehmungsgeist des Kreises Teltow unter Führung seines Landrats v. Stubenrauch ist es schließlich zu verdanken, daß die Herstellung einer südlichen Umfahrt um Berlin endlich zur Tatsache geworden ist. Die Anregung hierzu entstand allerdings aus anderen Gründen, als sie bei den früheren Plänen ausschlaggebend waren, nämlich aus dem Bedürfnisse, den südlich und südwestlich von Berlin gelegenen Ortschaften des Kreises Teltow, insbesondere Britz, Tempelhof, Mariendorf, Lankwitz, Steglitz und Groß-Lichterfelde, welche einer natürlichen Entwässerung ganz oder teilweise entbehren, eine wirksamere Vorflut zu schaffen.

Bei dem raschen Wachstum dieser Vorortgemeinden und ihrem großen Bedarf an Bau- und Brennstoffen, sowie an sonstigen industriellen Erzeugnissen lag es dann nahe, den Entwässerungskanal auch wirtschaftlich auszunutzen, d. h. ihn zugleich zu einem Schiffahrtskanal derart auszugestalten, daß er gleichzeitig den Interessen der Durchgangs-Schiffahrt von der Elbe nach der oberen Oder zu dienen imstande sei. Seitens der königlichen Staatsregierung ist dem vom Kreise verfolgten Plane gerade aus letzterem Grunde noch besonderes Wohlwollen entgegengebracht worden.

Nachdem die Firma Havestadt u. Contag im Auftrage des Kreises einen allgemeinen Entwurf aufgestellt hatte, wurde im März 1900 die Ausführung des Teltowkanals endgültig beschlossen, der genannten Firma der Auftrag zur Aufstellung des endgültigen Entwurfes und die Ausführung unter Aufsicht einer zu diesem Zwecke eingesetzten Kanal-Kommission und Kanal-Bauverwaltung übertragen. Am 22. Dezember 1900 wurde im Schloßpark von Babelsberg, an der unteren Kanal-Endigung, in Anwesenheit Sr. Kaiserl. Hoheit des Kronprinzen, der erste Spatenstich getan. Mit der eigentlichen Ausführung selbst wurde Anfang April 1901 begonnen.

### Linienführung und Längenschnitt.

(Hierzu Lage- und Höhenplan Blatt 27 bis 29.)

Aus der unteren Havel bei Klein-Glienicke (der sogen. Glienicker Lake, Text-Abb. 1) zweigt der Teltowkanal ab, führt durch den Griebnitzsee und alsdann das untere Beketal entlang bis Klein-Machnow. Nach Kreuzung des Klein-Machnowsees wird das obere Beketal unter Benutzung des Schönow- und Teltowsees bis zur Grenze von Lichterfelde-Steglitz weiter verfolgt. Von hier ab durchbricht der Kanal das Hochgelände von Lankwitz, Mariendorf, Tempelhof und Britz, wobei die Linienführung durch die vorhandene Be-

bauung bestimmt war, um von dort in der Talniederung der oberen bzw. der Wendischen Spree, nördlich von Rudow und Alt-Glienicke, bis zur Einmündung in die letztere zwischen Grünau und Köpenick weitergeführt zu werden. Bei Britz ist noch eine Zweiglinie zur Oberspree unterhalb Niederschöneweide, an der sogenannten Kanne, in Ausführung zwecks Herstellung einer Verbindung zu den zahlreichen bedeutenden gewerblichen Anlagen an der Oberspree zwischen Jannowitzbrücke und Köpenick, sowie für den ausgedehnten Verkehr der östlichen Gebietsteile von Berlin.

Die gesamte Kanallänge beträgt von der Glienicker Lake bis zur Einmündung in die Wendische Spree unterhalb Grünau rd. 37 km, die Länge der Verbindungslinie Britz-Kanne rd. 3,5 km.

Stromaufwärts findet die von der Elbe zur Oder gerichtete Schifffahrt ihre Fortsetzung durch die Wendische Spree, den Seddinsee und die Wernsdorfer Schleuse zum Oder-Spreekanal, während von der Glienicker Lake die Richtung zur Elbe abwärts durch die Glienicker Brücke, den Jungfernsee über Nedlitz zum Sacrow-Paretzer Kanal führt. Die Wegeersparnis gegen eine Durchfahrt durch Berlin beträgt für den Durchgangsverkehr Elbe — obere Oder 16 km und für den Verkehr Elbe — obere Spree rd. 13,5 km.

Die einzige Schleuse des Teltowkanals, welche den Höhenunterschied zwischen der Wendischen Spree (gleich dem oberhalb der Dammühlen gestauten Wasserspiegel der Oberspree) und der unteren Havel vermittelt, befindet sich bei Klein-Machnow, unweit der jetzigen Staustufe des Beketals.

Die maßgebenden Wasserstände sind folgende:

Für die Havelhaltung des Kanals: Niedrigwasser + 28,97 (entsprechend dem beobachteten niedrigsten Wasserstande der Havel an der Langen Brücke in Potsdam), Mittelwasser + 29,56, Hochwasser + 30,54 NN, Kanalsohle + 26,47. Für die Spreehaltung: Niedrigwasser + 32,20, Normalwasser + 32,30 (entsprechend dem durch den Mühlendammstau gehaltenen Wasserstande der Oberspree), Hochwasser + 33,04 (beobachteter Hochwasserstand der Spree an der Köpenicker Brücke), Kanalsohle + 29,70. Das durchschnittliche Schleusengefälle beträgt mithin zwischen Mittelwasser der Havel- und Normalwasser der Spreehaltung 2,74 m.

Die Sohle des Kanals wird, abgesehen von der im Beketal liegenden Endstrecke der oberen Haltung, woselbst die Sohlenmitte, mit Rücksicht auf eine bessere Hochwasserabführung, eine muldenförmige Vertiefung nach 1:50 000 erhalten hat, in beiden Haltungen wagerecht — also ohne Gefälle — angelegt.

Die Ausbildung des Längenschnitts (siehe Abb. 2 Bl. 27 bis 29) des Kanals mit einer einzigen Staustufe bedingt natürlich auf längere Strecken ein tiefes Einschneiden des Kanalbetts,

das im Mittel auf der Strecke Lankwitz, Mariendorf, Tempelhof, Britz etwa 9 bis 10 m, an den höchsten Erhebungen bis zu 17 m beträgt. Entscheidend hierfür waren in erster Linie die Bedingungen, welche die Entwässerung der durchschnittenen Vororte stellt; jedoch nimmt die Schifffahrt an den hierdurch erzielten Vorteilen, infolge vereinfachten und beschleunigten Betriebes, in wesentlichem Maße teil.

Durch den tief einschneidenden Kanal tritt eine Veränderung des Spiegels der durchschnittenen Seen ein: der ohnehin versumpfte Schönensee verschwindet vollständig, soweit er nicht zu Hafenzwecken erhalten bleibt, während der Machnowsee eine Absenkung seines Spiegels von + 32,85 NN bis auf + 32,30, also um 0,55 m, erfährt. Bei den steilen Ufern des Sees hat dies auf seine Oberfläche jedoch nur geringen Einfluß, so daß die reizvolle Gegend hierdurch in keiner Weise beeinträchtigt wird. Der Teltowsee sollte nach

dem ursprünglichen Plane durch Führung des Kanals längs seines Nordrandes und Abschluß gegen den See in seiner ursprünglichen Spiegelhöhe von + 35,30 NN. erhalten bleiben. Es ist jedoch hiervon Abstand genommen; der Kanal durchkreuzt, teils in drei-, teils in vierschiffigem Querschnitt geradlinig den See; letzterer erfährt also gleichfalls eine entsprechende Absenkung, während der Rest mit

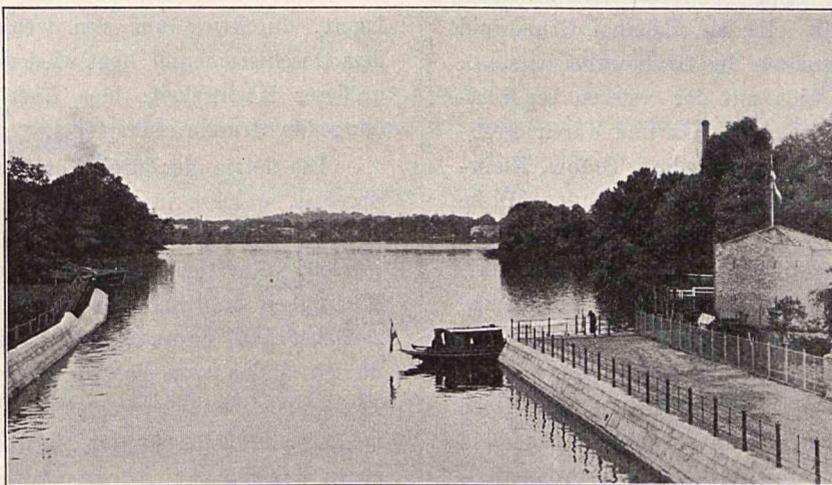


Abb. 1. Kanalmündung in die Havel.

den Baggermassen aufgelandet wird. — Die Beke, welche früher als Vorfluter für die von Steglitz abwärts gelegenen Ortschaften diente, wird ebenso wie die seitlich einmündenden Bachläufe vom Teltowkanal aufgenommen; aus diesem Grunde mußte auch die bei Klein-Machnow gelegene, von der Beke bisher getriebene v. Hakesche Mühle für den Kanalbau mit erworben werden.

Im Anschluß an den Teltowkanal ist ferner noch, vom Griebnitzsee ausgehend, durch den Stölpchen- und Kleinen Wannsee eine schiffbare Verbindung zum Wannsee hergestellt worden. Diese ist für den Güterverkehr nur von örtlicher Bedeutung; hauptsächlich ist sie bestimmt, die vorgenannten, landschaftlich bevorzugten, bisher von der Havel abgetrennten Seen für den Personen- und Vergnügungsverkehr aufzuschließen und gleichzeitig einen wirksamen Spülstrom aus dem Wannsee durch die ehemals bereits stark versumpfte Seenkette bis zur Glienicker Lake zu leiten.

#### Die Boden- und Entwässerungsverhältnisse des vom Kanal durchschnittenen Gebietes.

Sowohl nach dem Oberflächenbau, wie nach der geologischen Zusammensetzung läßt sich das vom Teltowkanal oberhalb des Griebnitzsees bis zur Spree in etwa 34 km Länge durchzogene Gebiet in vier verschiedene Abschnitte teilen, von denen der erste von Kohlhasenbrück bis in die Gegend von Klein-Machnow, der zweite von dort bis zum

Verlassen des Beketals bei Steglitz, der dritte bis zum Rande des Spreetals bei Britz und der vierte schließlich bis zur Wendischen Spree oberhalb Köpenicks reicht (siehe Abb. 1 Bl. 27 bis 29).

Die erste Strecke, km 3 bis etwa km 10, führt durch ein 5 bis 6 km breites, sich von Spandau nach Südwesten erstreckendes, mit reichem Waldbestande bedecktes Gebiet, dessen Boden in der Hauptsache aus reinem Sand in einer Stärke von mindestens 30 m aufgebaut ist. Stellenweise wird dieser Sand von dünnen, meist nur 0,5 bis 1,5 m starken Decken lehmigen Bodens überlagert; außerdem finden sich hier und da dünne Einlagerungen von Mergelsanden und Geschiebemergel, kleine Tonbänke und Kieslager. Dieser Boden ist befähigt, große Wassermassen aufzunehmen und gestattet den Durchgang des Grundwassers mit ziemlicher Geschwindigkeit. In dieses Sandgebiet sind zwei tiefe Rinnen, bis zu durchschnittlich 32 bis 34 m über Meereshöhe reichend, eingeschnitten, von denen die eine am Bahnhof Grunewald beginnt und die bekannte Seenkette des Grunewalds darstellt, während die andere, welche sich mit der ersteren bei Kohlhasenbrück vereinigt, bei Steglitz beginnt und durch Großlichterfelde hindurch an den Orten Giesensdorf, Teltow, Klein-Machnow und Albrechts Teerofen vorüber verläuft. Diese Rinne, welche nur noch drei Seen, den Klein-Machnower, Schönower und Teltower See enthält, im übrigen durch Torf- und Schlammbildungen verlandet ist, wird von dem Kanal benutzt. Ursprünglich ein einziger langgestreckter See mit gleichem Wasserspiegel, ist durch Absetzung eines kalkhaltigen Schlammes, der in feuchtem Zustande eine große Plastizität besitzt, nach dem Eintrocknen sich aber in einen hellen Kalkmergel umwandelt, die Rinne größtenteils verlandet und alsdann durch Pflanzenwuchs mit einer Torfschicht bedeckt, die jetzt den größten Teil der Oberfläche des alten Sees einnimmt. Die ehemaligen Seespiegel zeigten eine verschiedene, von der Havel an zunehmende Höhe.

In der zweiten Strecke, km 10 bis 18,5, von Klein-Machnow bis Steglitz, folgen den vom Kanal benutzten Seerinnen beiderseits ebene, nur von ganz flachen Rinnsalen durchzogene Hochflächen, in welchen die in der ersten Strecke nur stellenweise auftretende dünne Lehmdecke allmählich größere Mächtigkeit bis zu mehreren Metern Stärke annimmt. Sie geht nach unten in kalkhaltigen Geschiebemergel über. Teilweise ist sie hier wieder von Sanddecken von 1 bis 2 m Mächtigkeit überlagert. Da diese Lehmschicht Wasser in nennenswerten Mengen nicht durchläßt, so kommt für den Kanal nur der Grundwasserstrom in Betracht, der sich in den unter dem Geschiebemergel wiederum lagernden starken Sandschichten bewegt. Die Seerinne ist in derselben Weise wie in der ersten Strecke durch Kalkschlamm und Torfbildung verlandet. Diese Schichten erreichen hier Stärken bis zu 17 m und darüber, ebenso wie auf der ersten Strecke. Sie haben sich als so wenig tragfähig erwiesen, daß die Einschnidung des Kanalbetts großen Schwierigkeiten begegnet ist und eine kostspielige Sicherung desselben durch seitlich bis auf den festen Untergrund geschüttete Sanddämme erforderlich wurde. In den Torfschichten wurden, namentlich in der Nähe des Schönowsees, zahlreiche Hirschgeweihe, Elchschäufeln und Schädel von Auerochsen gefunden.

Die dritte Strecke von Steglitz bis Britz, km 18,5 bis 27, ist diejenige, welche die bedeutendsten Erdarbeiten erfordert, da sie die Teltower Hochfläche durchbricht, das einerseits leicht wellig bewegt ist und noch einzelne Hügel, andererseits namentlich im Laufe des Kanals zahlreiche, kesselartige Einsenkungen, „Pfuhe“, zeigt, die teils mit Wasser gefüllt, teils durch Verschlammen oder Vertorfung in Ackerland und Wiesen umgewandelt sind. Die mächtigste Schicht ist hier wieder der Geschiebemergel, der bei Steglitz mit 5 bis 7 m Mächtigkeit beginnt, vom Lankwitzer Hauptgraben dann allmählich mächtig anschwillt bis auf 16 m Stärke zwischen km 20 bis 21, dann in schwankender Stärke weiter verläuft und erst bei km 25,7 verschwindet. Von dort an liegt wieder der reine Sand zutage. Dieser Geschiebemergel ist überall wenig wasserdurchlässig, in den mächtigen Schichten fast wie reiner Ton gänzlich undurchlässig. Der Geschiebelehm ist stellenweise von Sand, stellenweise von Torf überlagert, durchweg nur von wenigen Metern Stärke. Unter dem Geschiebemergel liegt wiederum Sand, teilweise Kies in größerer Mächtigkeit; hier liegt also auch der zusammenhängende Grundwasserspiegel.

Die letzte der drei Kanalstrecken liegt schließlich im Spreetal, welches in voller Breite mit Sandmassen ausgefüllt ist, deren obere Schichten, die als „Talsande“ bezeichnet werden, diluvialen Alters sind und zumeist mehr als 5 m Mächtigkeit besitzen. Die oberen Schichten, 4 bis 5 m, sind zunächst fein, darunter gröber, bis grobkiesig. An einzelnen Stellen finden sich flache, meist nur 0,5 bis 1,5 m starke Torf- und Moorablagerungen. Das Kanalbett ist durchweg im Talsande eingeschnitten, in welchem sich der Grundwasserstrom bewegt.

Diese vom Kanal durchschnittenen Gebiete besitzen eine nur ganz unzureichende natürliche Entwässerung. Für das nach der Havel zu entwässernde Gebiet kommt nur die Beke nebst ihren Seitengräben und anschließenden Entwässerungsgräben in Betracht. Die Beke hat von ihren Quellen im Schloßteich von Steglitz bis zur Mündung in die Havel eine Gesamtlänge von 22,8 km und bei gewöhnlichem Sommerwasserstande ein Gefälle von 1:6900 bis 1:11600. Die Sohlenbreite schwankt zwischen 2 und 5 m, die Wasserspiegellbreite zwischen 3,6 und 6 m, die Wassertiefe bei mittlerem Sommerwasser zwischen 0,6 und 1,8 m. In die Beke münden eine Reihe von Zuflüssen, welche als Vorfluter der anschließenden Feldmarken dienen, zumeist aber dieser Aufgabe nur in sehr unvollkommenem Maße genügen, soweit es sich nur um die Entwässerung in intensiver Landkultur stehenden Gebiets handelt, — in keiner Weise aber mehr ausreichen, sobald die Bebauung weiter fortschreitet.

Was vom Bekegebiet gilt, ist auch von den Vorflutverhältnissen des nach der Spree entwässernden Geländes zu sagen. Auch hier sind die Hauptabflußgräben nicht sachgemäß ausgebildet.

In diesen Verhältnissen werden durch den tief einschneidenden Kanal, dessen normaler Wasserstand erheblich unter den Wasserhöhen der bestehenden Vorflutgräben liegt, wesentliche Verbesserungen geschaffen; seine Ausführung gestattet namentlich auch die Herstellung einer zweckmäßigen unterirdischen Entwässerung mit zahlreichen Regenausläßen nach dem Kanal. Letzterer Vorteil wird sich auch noch in

größerer Entfernung vom Kanal geltend machen und auch den Anschluß größerer Teile der Gemeinden Friedenau, Schöneberg und Wilmersdorf ermöglichen.

**Speisung des Kanals.**

Als Niederschlagsgebiet des Kanals kommt insgesamt eine Fläche von rd. 19350 ha in Betracht. Es kann daher

seitens der Behörden als unzulässig bezeichnet worden. Es wird demgemäß zwecks Sicherstellung des Betriebswassers an der Schleuse bei Machnow ein Pumpwerk gefordert, welches in der Lage ist, in der Sekunde bis zu 1 cbm aus der unteren Haltung der oberen Haltung zuzuführen.

Die im Interesse der Reinhaltung des Wassers aus gesundheitlichen Gründen erforderliche zeitweise Spülung des

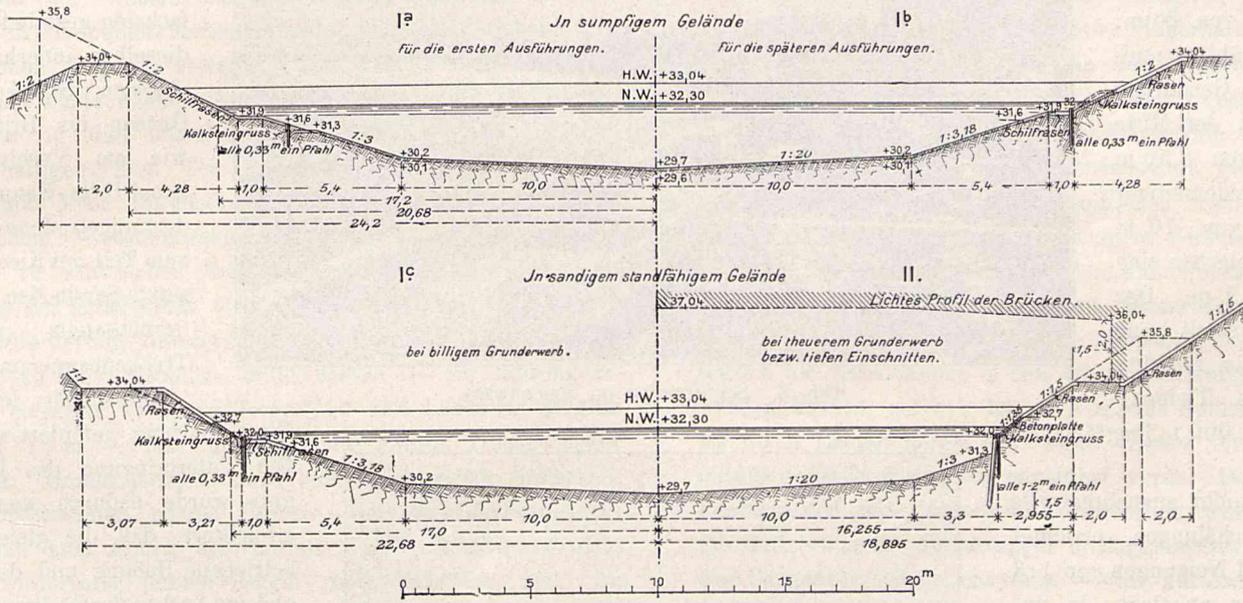


Abb. 2 u. 3. Kanalquerschnitte der Spreehaltung.

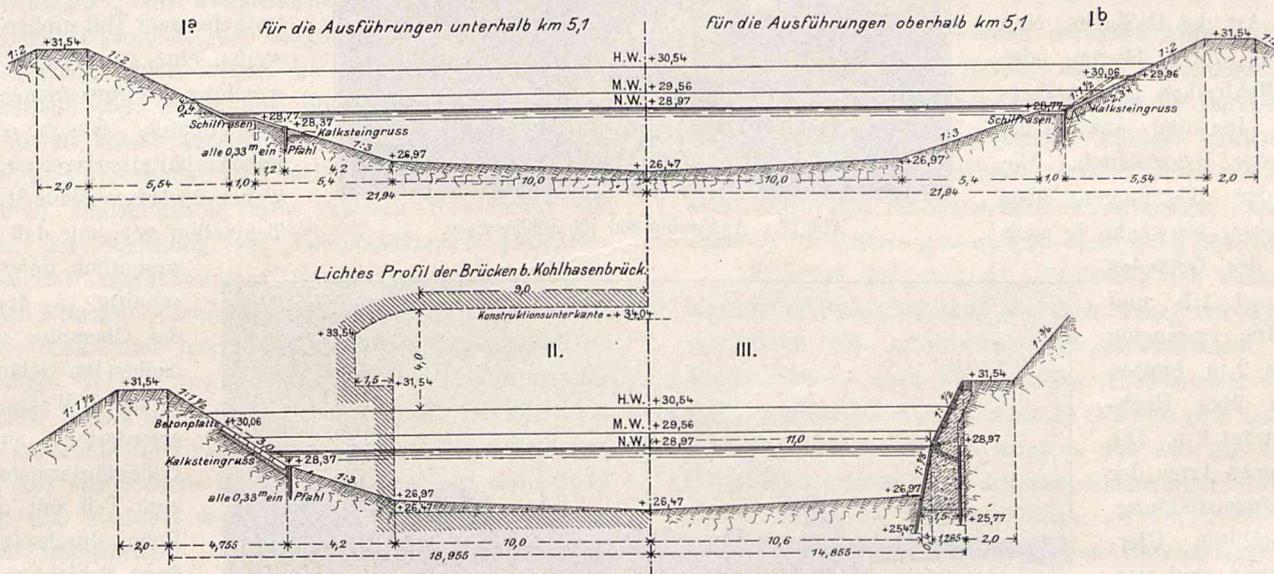


Abb. 4 u. 5. Kanalquerschnitte der Havelhaltung.

nach den üblichen, in dem vorliegenden Fall, nach Lage der geologischen Verhältnisse, indessen wesentlich hinter der Wirklichkeit zurückbleibenden Annahmen auf einen geringsten sekundlichen Zufluß von 0,75 cbm aus dem Niederschlagsgebiet gerechnet werden. Der gesamte Wasserbedarf des Kanals stellt sich aus Verdunstungs-, Versickerungs- und Betriebswasser zur Zeit stärksten Verkehrs auf 0,862 cbm/Sek., für den 24stündigen Tag gerechnet. Wiewohl nun die Oberspree bei niedrigstem Wasser noch 13 bis 15 cbm/Sek. führt, ist, mit Rücksicht auf das Spülbedürfnis der Berliner Wasserstraßen, eine Wasserentnahme für die Zwecke des Teltowkanals zu Zeiten niedrigeren Wasserstandes der Oberspree

Kanals muß daher auf Zeiten mittlerer und höherer Wasserstände beschränkt werden, bei denen die Oberspree mehr als 50 cbm (bei Hochwasser bis zu 150 cbm) führt.

Seitens der Behörden ist gleichzeitig die Auflage gemacht, daß zu Zeiten von Hochwasser zur Entlastung der Oberspree 25 cbm durch den Teltowkanal abgeführt werden sollen; es ist zu diesem Zwecke die Anordnung eines Freigerinnes an der Schleuse bei Klein-Machnow vorgesehen.

Inzwischen weiter angestellte, eingehende Ermittlungen über den künftigen Wasserhaushalt des Teltowkanals haben ergeben, daß die im Vorentwurf hierüber gemachten Voraussetzungen nicht allein erfüllt, sondern in Wirklichkeit über-

troffen werden, so daß es weiterer künstlicher Vorkehrungen für die Spülung und Wassererneuerung des Kanals voraussichtlich nicht bedarf.

#### Abmessungen und Ausbildung des Kanalquerschnitts.

Der Kanal erhält eine Sohlenbreite von 20 m; bei der gewählten muldenförmigen Gestaltung der Sohle in der Mitte eine Tiefe von 2,50 m und in beiderseitiger Entfernung von 10 m von der Kanalachse eine solche von 2 m. Der Kanal ist somit zur Aufnahme von Schiffen von 1,75 m Tiefgang und bis zu 600 t Tragfähigkeit geeignet.

Soweit nicht ausnahmsweise steile Uferschälungen errichtet werden, sind Neigungen von 1:3 unter Wasser angelegt. In ungefährer Höhe des Niedrigwassers erhalten die Böschungen, je nach der Art des Geländes, eine Befestigung durch längere oder kürzere Pfahlreihen mit darüberliegender Deckung aus Steinbewurf oder Betonplatten. Die Anlage der Böschungen über Niedrigwasser schwankt je nach der Art des Geländes zwischen 1:1,5 und 1:2. Die geringste Höhe des 2 m breiten Leinpfads über Hochwasser beträgt 1 m. Die verschiedenen Arten der Querschnittsausbildung und gewählten Uferbefestigungen sind vorstehend in Text-Abb. 2 bis 5 dargestellt.

Der geringste, nur vereinzelt vorkommende Krümmungshalbmesser beträgt 500 m. Innerhalb derartiger stärkerer Krümmungen hat die Sohle, und zwar auf der von der Kanalachse aus gesehenen einbuchtenden Wasserseite, eine Verbreiterung bis zu 5 m erhalten, welche sich allmählich auf Null für einen Krümmungshalbmesser von 1000 m verringert.

#### Erdarbeiten.

Entsprechend der geologisch verschiedenen Beschaffenheit des Geländes war auch der Betrieb der Erdarbeiten innerhalb der wechselnden Geländeabschnitte ein sehr verschiedener. Am einfachsten gestalteten sich dieselben innerhalb der obersten Strecke von Grünau bis Britz, sowie am Verbindungskanal Britz-Kanne. Der dort angetroffene leichte, zum Teil mit Kies durchsetzte Sandboden konnte größtenteils mittels Trockenbagger unter verhältnismäßig leichter

Wasserhaltung gefördert werden. Die Unterbringung des Baggerguts wurde dadurch wesentlich erleichtert, daß die gleichzeitig betriebene Hebung und der viergleisige Ausbau der Görlitzer Bahnstrecke (S. 112 vor. Jahrg.) große Bodenmengen erforderten, welche trotz der zum Teil großen Förderweiten eine zweckdienliche Verwendung des gewonnenen Bodens ermöglichten. Gleiche oder ähnliche Verhältnisse lagen auch für die weiter abwärts folgende Strecke bis Tempelhof vor, nur daß hier die

wesentlich tieferen Einschnitte in dem nach der Oberspree sich abdachenden Gelände eine größere Wasserhaltung erforderten, auch die Bodenförderungen in den zum Teil mit magerem Lehm durchsetzten tieferen Schichten die Arbeit der Trockenbagger erschwerten. Entsprechend den bis zu 18 m hinuntergehenden Tiefen des Kanaleinschnitts wurden hier zum Teil Stufenbetriebe eingerichtet, derart, daß die in der Richtung von Britz nach Tempelhof betriebene Bodenförderung,

mit Rücksicht auf die umgekehrte, also zur Oberspree gehende Vorflut, unter tunlichst geringer Wasserhaltung erfolgen konnte. — Der in der Britzer Lage zum Teil angetroffene



Abb. 6. Schüttgerüst im Schönowsee.

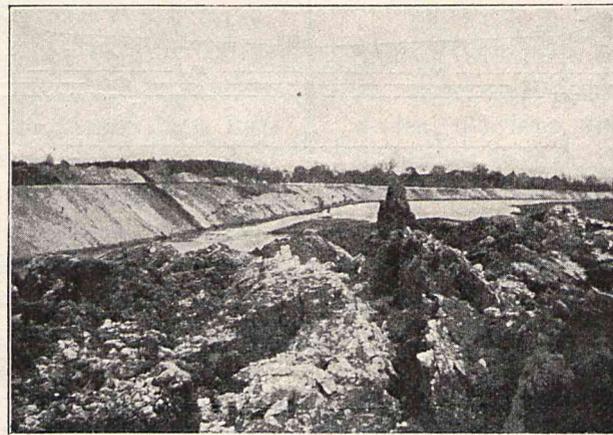


Abb. 7. Auftreibungen im Schönowsee.

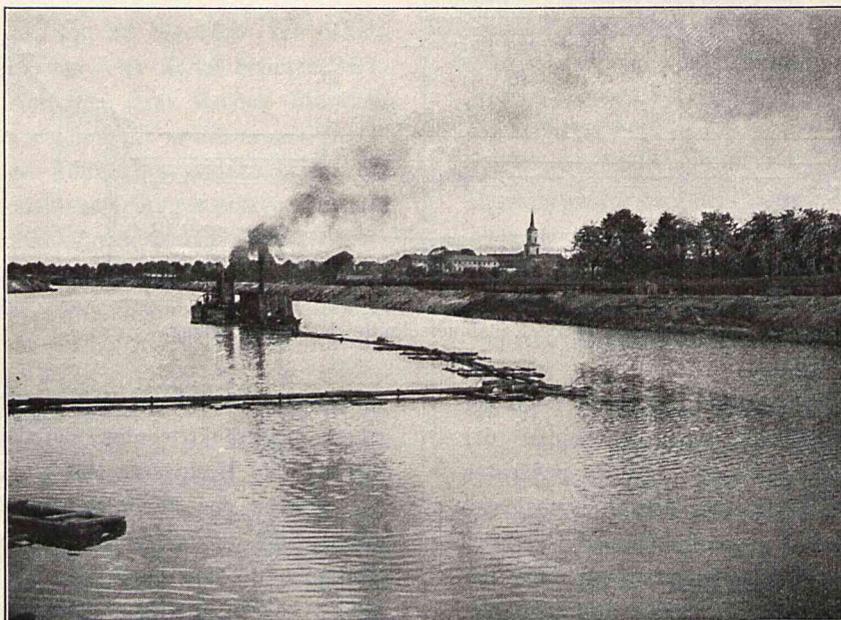


Abb. 8. Bagger mit Druckleitung im Schönowsee.

Kies wurde hierbei seitlich ausgesetzt und für die Zwecke des später zu verlegenden elektrischen Treidelgleises aufgehoben. In diesem Gelände war es auch, wo die größere Anzahl der durch den Kanalbau zutage geförderten vorgeschichtlichen Funde — Reste von Mammutknochen, sowie zahlreiche Bernsteinspuren — gemacht wurden.

Der erheblich schwierigere Teil der Erdarbeiten befand sich auf der Weststrecke des Kanals, von der Berliner Straße in Tempelhof-Mariendorf, der ungefähren Scheitellinie des hohen Teltow, abwärts. Die nächst der Oberfläche liegenden Sande nehmen hier bald an Mächtigkeit ab, werden vielmehr in den unterliegenden Tiefen von tonigen und mergelhaltigen, zum Teil vollständig schluffigen, teilweise auch mit Moor durchsetzten Schichten abgelöst, die bei reichlichem Wasserandrang aus dem oberen Grundwasserströme zu zahlreichen Rutschungen führten und die Ausführung der Erdarbeiten sehr erschwerten. Auch hier wurde die Erdförderung durchweg im Trockenbau, und bei den großen zu bewältigenden Bodenmassen — die Einschnittstiefen betragen zwischen Tempelhof und Lankwitz-Steglitz bis zu 16 m — fast ausschließlich mittels Trockenbagger bewirkt. Handschächte kamen hier, ebenso wie innerhalb der vorerwähnten oberen Strecke, nur aushilfsweise, vornehmlich zum Abbau der mittels der Trockenbagger nicht mehr förderbaren letzten Bagger- und Gleissätze, vor. Im übrigen ist überall da, wo die Trockenbagger in Tätigkeit getreten sind, durch abwechselnden Umbau derselben zu Tief- und Hochbaggern, eine weitgehendste Ausdehnung dieser Betriebsart und Ausnutzung der Baggerapparate erzielt worden.

Wesentlich anders liegen die Verhältnisse im Beketal, das innerhalb der Gemarkung Steglitz beginnt und vom Kanal bis zu seiner Ausmündung in den Griebnitzsee verfolgt wird. Abgesehen von einigen, im Interesse einer schlankeren Linienführung oder zwecks Gewinnung von besserem, zur Schüttung von Leinpfaddämmen geeigneten Bodenmaterial angeschnittenen Sandnasen wurde auf der westlichen Strecke — innerhalb des Beketals — ein größtenteils von kalk- und mergelhaltigem Schlamm durchsetztes tiefgründiges Gelände angetroffen, das die Ausführung der Erdarbeiten, zumal bei dem herrschenden hohen Grundwasserstande, außerordentlich erschwerte. Ein querschnittsmäßiger Aushub und standsichere Böschungen waren nur dadurch zu erzielen, daß zunächst die Leinpfaddämme mittels besseren, sandigen Schuttbodens durchgedrückt wurden. Letzterer wurde innerhalb der Kanallinie nur vereinzelt und spärlich angetroffen, mußte vielmehr größtenteils aus den benachbarten höher gelegenen Talrändern neu erworben werden. Die Schüttungen selbst mußten mit äußerster Vorsicht vorgenommen und konnten nur langsam gefördert werden, da sie in dem wenig standfesten Gelände, zum Teil sogar unter Anwendung von Prahm- und Pfahlkippen (Text-Abb. 6) zu erfolgen hatten, um die gleichzeitig erforderlichen Längstransporte aus den oberen Kanalstrecken gegenüber den stetigen Dammversackungen aufrecht zu erhalten.

Die Dammschüttungen haben, nach den vorgenommenen Bohrproben, Tiefen von im Mittel 12 bis 15 m, ja bis zu 20 m erreicht. Der Böschungsfuß der beiderseitigen Schüttungen reichte gewöhnlich zusammen; die Aufpressungen, welche diese sowohl im Kanalquerschnitt wie außerhalb desselben im Nachbargelände veranlaßten, erreichten zeitweise Höhen bis zu 3 und 4 m (Text-Abb. 7). Daß innerhalb dieses Geländes die Trockenbagger versagten, ist selbstverständlich; es mußte hier vielmehr innerhalb der oberen Schichten zur Handarbeit, und in den tieferen Lagen, wo die Wasserhaltung sich besonders schwierig gestaltete, sowie in den Seeabschnitten zum Naßbaggerbetrieb übergegangen werden (Text-Abb. 8). Beide Betriebsarten gestalteten sich um so zeitraubender, als die seitlichen Dammschüttungen fortgesetzt zu neuen Bodenaufreibungen Veranlassung gaben.

Für die erste Förderung aus dem Kanalquerschnitt dienten im Naßbaggerbetrieb ausschließlich Eimerbagger. Insoweit das Baggergut nicht in Prähme gebracht, sondern sofort seitlich der Kanaldämme in den Wiesenniederungen abgelagert werden konnte, geschah letzteres mittels Spülrinnen von 60 bis 80 m Länge, denen das nötige Wasser vom Bagger aus mittels besonderer Pumpen zugeführt wurde. Da, wo größere Förderweiten des Baggergutes erforderlich wurden, erfolgte die Entleerung der Eimerbagger in Baggerschuten, aus denen das Baggergut sodann entweder — bei kürzeren Längen — mittels Rinnenelevatoren oder — bei längerer Verteilungsfläche — mittels Sauge- und Druckpumpen den Verteilungsflächen zugeführt wurde.

Erfreulicherweise wurden derartige Aufnahmeflächen in größerem Umfange im Beketal selbst angetroffen, und mit der Aufhöhung der betreffenden Gelände ist zugleich ein gut Stück Melioration derselben erreicht worden. Früher zum Teil unnutzbare oder saure Wiesen wurden durch die Aufhöhung nicht allein rein landwirtschaftlich verbessert, sondern auch zugleich für spätere gewerbliche Verwertung nutzbar gestaltet.

Während der rund  $4\frac{1}{2}$  Baujahre, von denen auf die eigentliche Bodenförderung — nach Abzug der Winter- und der durch die schwierigen Arbeitsverhältnisse bedingten Ruhemonate — etwa 40 wirkliche Arbeitsmonate zu rechnen sind, wurden im ganzen rund 11 000 000 cbm querschnittsmäßig gefördert. Hierzu kommen aus den für die Dammschüttungen erforderlichen Seitenentnahmen rund 1 600 000 cbm, mithin im ganzen 12 600 000 cbm.

Durchschnittlich waren in den verschiedenen Baulosen zur Zeit der stärksten Förderung beschäftigt: 6 Trockenbagger zu je 120 bis 150 cbm durchschnittlicher stündlicher Leistung; 10 Naßbagger zu je 40 bis 60 cbm durchschnittlicher stündlicher Leistung; 9 Elevatoren, Schutensauger und Druckpumpen zu je 40 bis 60 cbm durchschnittlicher stündlicher Leistung; rund 800 PS Wasserhaltungspumpen; 42 Stück Lokomotiven mit zusammen rund 3600 PS; 1330 Loren von 0,5 bis 3,5 cbm Fassungsvermögen und rund 90 km Fördergleis von 0,60, 0,75 und 0,90 m Spurweite; 2700 Arbeiter.

(Fortsetzung folgt.)

## Die Versuchsanstalt für Wasserbau und Schiffbau in Berlin.

Vom Geheimen Baurat Eger, Marine-Schiffbaumeister Dix und Regierungs-Baumeister R. Seifert in Berlin.

(Mit Abbildungen auf Blatt 30 bis 32 im Atlas.)

(Fortsetzung.)

(Alle Rechte vorbehalten.)

### Versuche über die Bettausbildung der Weserstrecke von km 303 bis 306.

#### 1. Veranlassung und Zweck der Versuche.

Die ersten Versuche der Anstalt auf dem Gebiete des angewandten Flußbaues bezogen sich auf die Ausbildung des Flußbettes der Weser. Auf Anordnung des Ministers der öffentlichen Arbeiten wurde eine größere Reihe von Modellversuchen zur Gewinnung von Unterlagen für die Bemessung des Normalquerschnitts der mittleren Weser zwischen Hameln und der Allermündung vorgenommen. Da bei diesen ersten Versuchen die Art und Weise der Anordnung, der Beobachtung und der Auswertung der Ergebnisse auszubilden war, so bieten sie weitergehendes Interesse und sollen nachstehend etwas ausführlicher behandelt werden. Die auf diesem Gebiete vorausgegangenen Versuche von Fargue<sup>4)</sup> und von Engels<sup>5)</sup> bezogen sich zunächst mehr auf allgemeine Fragen des Verhaltens von Flüssen mit beweglichen Sandbetten. Im vorliegenden Falle ist mit Erfolg versucht worden, eine bestimmte Flußstrecke im Modell nachzuahmen, um ihre Ausbildung zu beobachten, sie mit der Wirklichkeit zu vergleichen und die Ergebnisse für die Baupraxis zu verwerten. Die Anregung zu diesen Versuchen ging vom Geheimen Oberbaurat Dr.-ing. Sympher aus, die Unterlagen hierfür waren von der Weserstrombauverwaltung durch sehr sorgfältige Aufnahmen der Flußstrecke nach Querschnitten, Spiegelgefälllinien verschiedener Wasserstände und Wassermengen vorbereitet. Nach den von der Weserstrombauverwaltung aufgestellten Fragen war zu erproben:

1. ob und in welchem Maße die in den Krümmungen vielfach zu schmale, aber überschüssig tiefe Fahrrinne entweder durch Einbau von Grundschwellen oder durch Abflachung der steilen, 1:1 geböschten Uferschutzwerke verbreitert werden könnte;
2. welche Bühnenform und Spiegelbreite die günstigsten Fahrwasserhältnisse auf den zwischen zwei entgegengesetzten Krümmungen liegenden zu flachen Übergängen ergibt.

Dies war das allgemeine Ziel der Versuche.

#### 2. Beschreibung der zum ersten Modellversuch gewählten Flußstrecke.

Für die erste Reihe war von der Weserstrombauverwaltung die Strecke km 303 bis 306 ausgewählt worden. Diese wies früher einen schlechten Übergang von bezeichnender Art auf

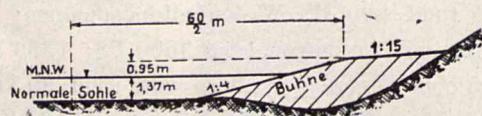


Abb. 1. Beim Ausbau benutzte Bühnenform.

(Abb. 1 Bl. 30 u. 31), der in den Jahren 1898 und 1899 durch Ausbau mit 14 Bühnen nach vorstehendem Schnitt (Text-Abb. 1)

4) Annales des ponts et chaussées 1894. 1 Sem. S. 426.

5) Zeitschrift für Bauwesen. Jahrg. 1900, S. 343.

mit günstigem Erfolge reguliert worden ist (Abb. 2 Bl. 30 u. 31). Näheres über das Maß der Verbesserung siehe Seite 335. Die Strecke in weiterem Umfange hatte und hat auch jetzt, wie die Weser bis zur Allermündung überhaupt, sehr beharrliche Tiefenverhältnisse, die Peilpläne der einzelnen Jahre gleichen sich in hohem Maße; Übergänge und Kolke finden sich stets an den nämlichen Stellen wieder, die Fahrrinne verlegt sich nie, auch die Tiefen bleiben fast unverändert; da, wo sie durch Baggerung gestört werden, stellt sich nach Verlauf des Hochwassers die natürliche Sohle wieder her; z. B. legte sich vor dem Ausbau des Überganges bei km 304 die Schwelle stets von neuem an, so daß sie alljährlich weggebaggert werden mußte. Der Fluß befindet sich also hinsichtlich seiner Geschiebeführung, wenigstens für kürzere Zeitabschnitte, im Gleichgewicht und ist durch seine Grundrißgestalt bei den vorhandenen Wassermengen, Gefälle- und Geschiebeverhältnissen in seinen Tiefenverhältnissen bedingt. Gerade deshalb erschien diese Strecke für die ersten Modellversuche besonders geeignet; denn bei einem Fluß, der zwischen seinen Ufern pendelt, dessen Tiefenpläne in den einzelnen Jahren wesentlich verschieden sind, würde ein sicherer Anhalt zur Beurteilung des Versuchsergebnisses fehlen. Man erhält Augenblicksbilder im Modell, die mit ebenfalls stets wechselnden Zuständen des wirklichen Flußlaufes zu vergleichen wären. Diese viel schwierigere Aufgabe wird erst anzugreifen sein, wenn mehr Erfahrungen über Modellversuche gesammelt sind.

#### 3. Gang der Versuche im allgemeinen.

Bevor nun die Versuche zur Verbesserung des Fahrwassers beginnen konnten, war es erforderlich, die Eigenart der Weser, das „Flußregime“, im Modell nachzuahmen, und eben dazu sollte der Vergleich des unregulierten und des regulierten Zustandes im Modell und in der Natur die Grundlage bieten. Es handelte sich also zunächst darum, das Modellflüßchen nach Gefälle, Geschiebe, Wassermenge, Höhe und Dauer der verschiedenen Wasserstände so zu bemessen, daß es die Tiefen des unregulierten natürlichen Zustandes im Modellmaßstab möglichst unverzerrt wiedergab. Dann mußten die bei der Regulierung des betrachteten Überganges verwendeten 14 Bühnen möglichst getreu nach der Natur im Modellbett eingebaut werden. Wenn nun hierdurch unter bestimmten Modellverhältnissen ein der Wirklichkeit entsprechender Erfolg der Regulierung im Modell erzielt wurde, so war anzunehmen, daß die Eigenart der Weser an der vorliegenden Strecke im Modell richtig getroffen war und daß somit der weitere Schluß statthaft ist, daß Veränderungen an den Bauwerken im Modell und in der Natur auch gleiche Veränderungen in der Flußsohle hervorrufen werden. Hierdurch würde man dann in der Lage sein, aus den im Modell erprobten Verbesserungen des Fahrwassers auf die im Strome zu erzielenden zu schließen. Welch gewaltiger Gewinn im Falle des Gelingens aus einem solchen Verfahren für den

Flußbau entspringt, liegt klar zutage; an Stelle eines unsicheren, langwierigen und kostspieligen Tastens würde eine des Ergebnisses sichere Wahl der Regulierungsmittel treten, und damit Zeit und Geld, die für die Versuche in der Wirklichkeit aufgewandt werden, wenigstens größtenteils gespart werden.

#### 4. Modellmaßstäbe.

Wenn einerseits in dem Übergang vom großen Strome, dessen Kräfte wir nicht beherrschen, zum Modell, wo wir Geschiebe, Gefälle, Wassermenge, Wechsel und Dauer der Wasserstände, kurz alles planmäßig und willkürlich ändern können, eine große Erleichterung für die Beobachtung und die Erkenntnis der Ursachen von Veränderungen der Flußsohle liegt, so taucht doch damit zugleich eine neue Schwierigkeit auf. Alle diese Größen, außer dem Wasser selbst, müssen

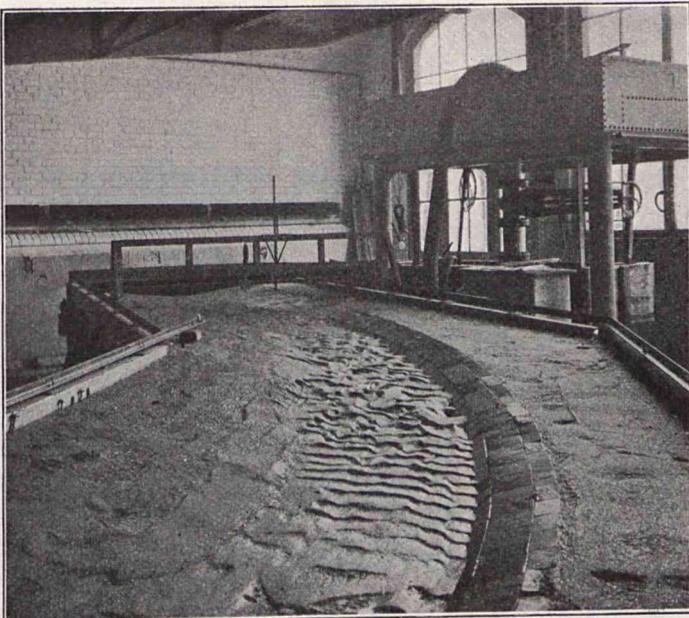


Abb. 2. Riffelbildung bei feinem Sande von gleichmäßigem Korn.

im Modell geändert werden, ohne daß zunächst das Verhältnis bekannt ist, wie dies zu geschehen hat. Auf diese wichtige Frage der Modellmaßstäbe muß etwas näher eingegangen werden.

a) Linearer Modellmaßstab. Der allgemeine lineare Maßstab für die Gestalt des Modells ist durch die Größe der in der Versuchsanstalt vorhandenen eisernen Rinne und die Form der Krümmungen, die darin Platz finden müssen, nach oben begrenzt, nach unten durch das Bestreben, die Verkleinerung höchstens so weit zu treiben, daß die Genauigkeit der gewöhnlichen Messungen und Peilungen im Strome auch im Modell erreicht wird. Auch die verfügbare Wassermenge und der Wunsch, oberhalb und unterhalb des betrachteten Überganges noch genügend lange Flußstrecken darstellen zu können, sprachen bei diesen Erwägungen mit. Es wurde schließlich das Verhältnis 1:100 für die linearen Abmessungen gewählt, wobei auf 16 m eine Strecke von  $\sim 1,6$  km dargestellt wurde; der übrige Teil der 20 m langen Rinne entfällt auf Zu- und Ablauf und Sandfang.

b) Geschiebemaßstab. Weiterhin mußte ein passender Modellsand gewählt werden. Die Geschiebegröße steht in engstem Zusammenhang mit der für die Ausbildung des Bettes maßgeblichen Wassermenge und dem Gefälle; sie konnte

also nicht unabhängig festgesetzt werden. Das weiter unten (Seite 328) angeführte Gesetz über den Zusammenhang von Gefälle, Tiefe und Geschiebekorngröße enthält noch zwei willkürliche Veränderliche, das Gefälle und den Korndurchmesser des Modells, so daß es allein auch nicht zur eindeutigen Bestimmung der erforderlichen Sandkorngrößen hinreicht, selbst wenn die für den vorliegenden Zweck richtige Verteilung der in einem Gemenge vorhandenen verschiedenen Korngrößen bekannt wäre. Es war von vornherein klar, daß der lineare Modellmaßstab 1:100 bei 8 mm mittlerem Korndurchmesser des Wesergeschiebes auf das zu wählende Modellgeschiebe linear nicht übertragen werden konnte; dies würde fast unfehlbar feinen Staub ergeben haben; eher war zu erwarten, daß die Rauminhalte im Verhältnis 1:100 zu verkleinern wären, was auf eine  $\sqrt[3]{100} = \text{rd. } 4,65$ fache lineare Verkleinerung führen würde. Bei dem völligen Mangel an Anhaltspunkten für die Beantwortung aller dieser und der sich daran weiter anknüpfenden Fragen mußte die passende Sandsorte praktisch ausgeprobt werden. Ein zuerst gewählter ausgesiebter Sand von rd. 0,3 mm bis 1,0 mm Korngröße ergab bei keinem Gefälle Flußformen, wie sie etwa dem Maßstab 1:100 entsprechen hätten; das Bett war in eine Reihe von Kolken und Riffeln aufgelöst (Text-Abb. 2). Solche Bildungen, wie sie auch am Strande und im Dünen- sande so häufig sind, scheinen besonders bei gleichmäßig feinem Korn aufzutreten. Danach wurde ein ebenfalls ausgesiebter Sand von 1 mm bis 7 mm, im Mittel 3 mm Korngröße gebraucht. Dieser Sand ergab nun wohl Flußformen, welche denen der Weser einigermaßen nahe kamen; aber sie wiesen noch eine starke Verzerrung der Tiefen auf, das grobe Korn erheischte ein sehr starkes Gefälle (rd. 1:200) mit entsprechend großen Geschwindigkeiten und starker Unruhe des Wasserspiegels, und weil keine feineren Bestandteile darin enthalten waren, so kam die Geschiebebewegung bald nach Ablauf des Hochwassers zur Ruhe, so daß man immer das Bild eines Flußbettes bei Hochwasser erhielt, während doch im Strom gewöhnlich bei mittleren oder niedrigen Wasserständen gepeilt wird. Der Modellsand mußte demnach gemischtes Korn aufweisen, und mußte zwar feiner als der letzt benützte, aber gröber als der zuerst gebrauchte sein. Um ihn genauer bestimmen zu können, wurden dem Weserbett der Versuchsstrecke in vier Querschnitten bei km 303, 304, 305 und 306 je drei Geschiebeproben entnommen, eine aus der Flußmitte und je eine nahe den Ufern. Die Entnahmestellen km 303 und km 306 liegen in einer scharfen Krümmung, die anderen beiden auf Übergängen. Diese Proben wurden in der Versuchsanstalt durch Sieben in verschiedene Sorten mit steigender Korngröße zerlegt. Wenn man die Trockengewichte der einzelnen Sorten als Abszissen, die Durchmesser als Ordinaten aufträgt, so erhält man eine Schaulinie, welche die Art der Zusammensetzung des Gemenges darstellt. Man kann dann den mittleren Korndurchmesser des Gemenges festsetzen als

$$D = \frac{\sum (p \cdot d)}{\sum (p)},$$

wobei  $d$  die Durchmesser,  $p$  die Gewichte der einzelnen Sorten sind.

Die Schaulinie für das Mittel aller zwölf Geschiebeproben der Weser ist in der Text-Abb. 3 zu sehen. Der mittlere

Durchmesser ist die mittlere Höhe der Fläche = rd. 8 mm. Ein bestimmtes Verhältnis der Zusammensetzung der Geschiebe in der Krümmung und im Übergang, sowie an den Ufern

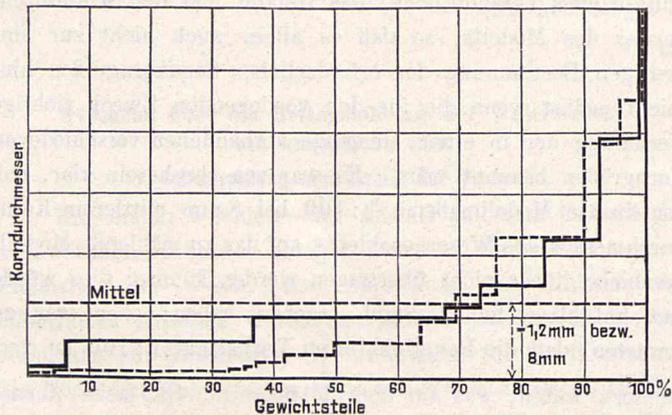


Abb. 3. Zusammensetzung  
 — des Modellsandes (Maßstab: 1 mm = 0,125 mm),  
 mittl. Korndurchmesser = 1,2 mm;  
 - - - des Wesergeschiebes (Maßstab: 1 mm = 0,833 mm),  
 mittl. Korndurchmesser = 8 mm.

und in der Mitte hat sich nicht herausgestellt; bei den Zufälligkeiten, welche der Entnahme im strömenden Wasser ohne besondere Sicherungsmaßnahmen gegen Ausspülen der feineren Teile anhaften, und der geringen Zahl von Proben ist dies nicht weiter verwunderlich. Augenscheinlich sind die obersten Schichten durch eine längere Auswaschung bei fallendem Wasser besonders in der Strommitte und am oberen dem Angriff mehr ausgesetzten Ende der Bänke gröber als die tieferen Sandschichten, die flacheren Stellen im Strom und die unteren Enden der Bänke.

Hiernach wurde ein Flußsand gewählt, der eine ähnliche Schaulinie, also ähnliche Verteilung der Korngröße hat, in seinem mittleren Durchmesser aber natürlich erheblich kleiner ist als der Wesersand. Das Verhältnis der mittleren Durchmesser ist etwa  $1,21 : 8,00 = 1 : 6,7$ . Auch für diesen Sand ist die Schaulinie in der Text-Abb. 3 eingetragen, jedoch in einem andern Maßstab der Durchmesser als bei dem Wesergeschiebe, damit beide mittleren Korndurchmesser zusammenfallen; der natürliche Wesersand ist danach noch etwas ungleichmäßiger zusammengesetzt, als der Modellsand. Die Versuche mit diesem feineren Sand von gemischtem Korn ergaben in den Tiefenverhältnissen eine wesentlich bessere Übereinstimmung mit der Natur, als die beiden vorher erwähnten Sorten, wie schon aus den Lichtbildern Text-Abb. 4 u. 5 ersichtlich ist.

c) Wassermengen- und Gefälle-Maßstab. Ferner war der Wassermengenmaßstab und das Gefälle zu wählen. Eine große Schwierigkeit der Modellversuche beruht in der Bestimmung gerade dieser Verjüngungsmaßstäbe. Auch sie können nicht einzeln für sich festgesetzt werden, sondern bedingen sich gegenseitig. Man kann z. B. bei einem bestimmten Wasserstand mit viel Wasser und schwachem Gefälle annähernd die gleiche Wirkung auf ein bestimmtes Geschiebe erzielen wie mit wenig Wasser und starkem Gefälle; bei anderen Wasserständen, z. B. bei doppelter Wassertiefe werden jedoch die Wirkungen nicht mehr gleich sein. Das sogen. Schleppkraftgesetz gibt hier zwar einen gewissen Anhalt. Im Rohen kann damit vielleicht für das Modell das Verhältnis von Tiefe und Gefälle dem der Natur entsprechend gewählt werden; es ist nämlich:  $S = \gamma \cdot t \cdot J$ ,

wo  $S$  = Reibung auf 1 qm in kg,  
 $\gamma$  = 1000 kg/cbm Einheitsgewicht,  
 $t$  = Tiefe in m,  
 $J$  = Gefälle

bedeutet. Damit der Angriff auf die Sohle in zwei Fällen gleich bleibt, muß sein

$$t_1 \cdot J_1 = t_2 \cdot J_2.$$

Für verschiedenes Korn der Sohle in beiden Fällen ist dies Gesetz von Engels<sup>6)</sup> erweitert worden zu

$$\frac{1}{d_1} \cdot t_1 \cdot J_1 = \frac{1}{d_2} \cdot t_2 \cdot J_2,$$

wo  $d$  den Korndurchmesser bedeutet.

Auf den vorliegenden Fall angewandt, ergibt sich für das Modell bei 2 l/Sek. Durchflußmenge

$$J_1 = 0,02, \quad t_1 = \frac{1,41}{100} \text{ m}, \quad d_1 = 1,2 \text{ mm},$$

für die Weser bei M. N. W. und 64 cbm/Sek. Abflußmenge

$$J_2 = 0,00014, \quad t_2 = 1,34 \text{ m}, \quad d_2 = 8 \text{ mm}.$$

$$\frac{1}{d_1} \cdot t_1 \cdot J_1 = \frac{235}{10000}, \quad \frac{1}{d_2} \cdot t_2 \cdot J_2 = \frac{235}{10000}.$$

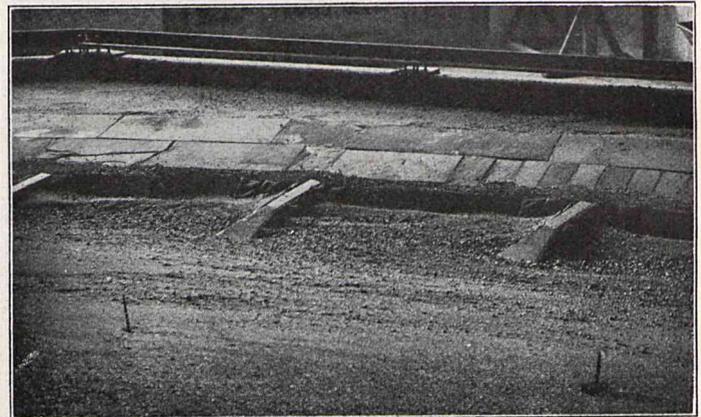


Abb. 4. Glatte Sohle bei Sand von gemischtem Korn.

Die nach dem Wassermengenmaßstab genau entsprechende Wassermenge von  $2 \cdot 40000 = 80$  cbm fließt nach der Wassermengenkurve des Pegels in Hoya bei einem um 0,18 m höheren Wasserstande ab und ergibt  $\frac{1}{d_2} \cdot t_2 \cdot J_2 = \frac{264}{10000}$  (S.334).

In einer Rechnung mit dieser Formel können jedoch viele Größen wie die Zeitdauer, der Wechsel von Hoch- und Niedrigwasser und dergleichen noch nicht erfaßt werden. Das, worauf es ankommt, ist die Umbildung des Flußbettes, die Gestaltung der Sohle unter dem Einfluß strömenden Wassers. Diese gilt es zu beobachten, und es scheint richtiger, danach erfahrungsmäßig die Wahl der Modellbedingungen, Gefälle und Wassermengenmaßstab zu treffen, als nach hypothetischen Erwägungen. Liegen erst mehr Beobachtungen von Modellversuchen vor, so wird es vielleicht einmal möglich sein, allgemeine Gesetze aufzustellen.

Als ein Kennzeichen der richtigen Wahl aller Modellgrößen in ihrer Gesamtheit ist es sonach anzusehen, wenn die Flußformen mit der Natur übereinstimmen. Während Fargue und Engels mit Querschnitten arbeiteten, die nach der Tiefe zu erheblich verzerrt sind, wurde bei diesen Versuchen besonderer Wert darauf gelegt, auch die Tiefen und

6) Zeitschrift für Bauwesen 1900 S. 355.

entsprechend die Wasserstände unverzerrt zu erhalten, da sonst die Beurteilung der verschiedenen Böschungsneigungen, Bühnenhöhen und dergleichen unmöglich schien. Bezüglich der Wassermengen und Wasserstände mußten also folgende Forderungen erfüllt werden:

1. die Wasserstände M.N.W. = - 0,45 m am Pegel in Dörverden  
                   M.W. = + 0,77 m „ „ „ „  
                   M.H.W. = 4,93 m „ „ „ „  
     sollen im Modell im Maßstab 1:100, also unverzerrt,  
     erscheinen,

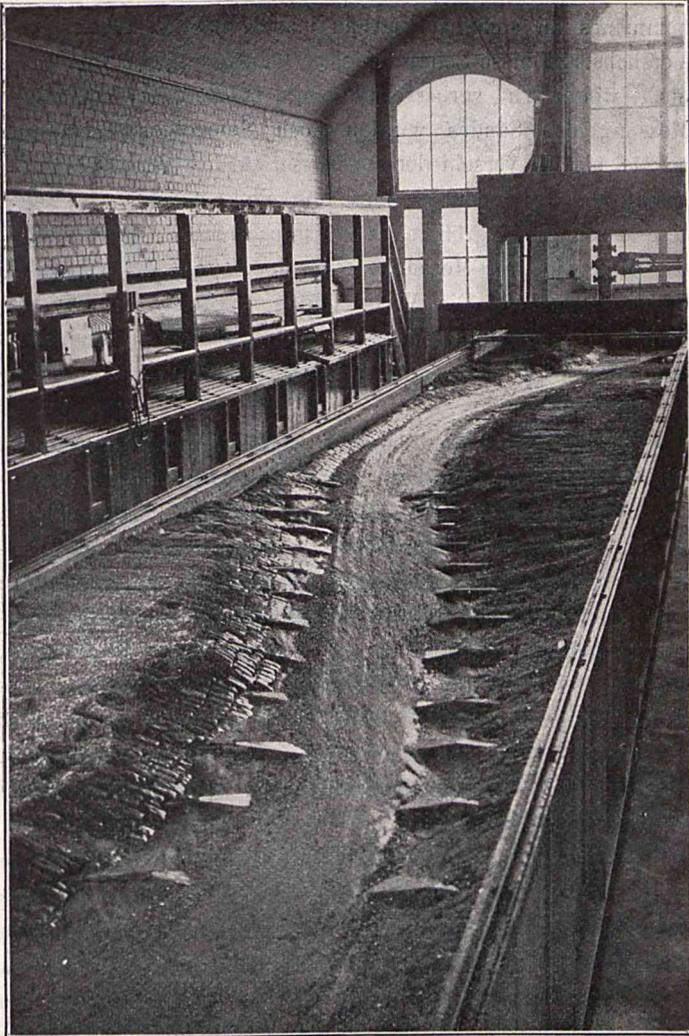


Abb. 5. Ausbau des Überganges auf 5 m Länge mit Bühnen.

2. sie sollen alle die der Natur entsprechende Lage zur Bühnenkrone (= + 0,50 m a. P. i. D.) haben,
3. die bei diesen Wasserständen vorhandenen Querschnitte sollen denen der Natur entsprechen, ebenso die Tiefen auf den Übergängen und in den Krümmungen,
4. die bei diesen Wasserständen abfließenden Wassermengen sollen in einem gleichbleibenden festen Verhältnis zu denen der Natur stehen.

Diese vorgenannten Forderungen schienen nach längeren Vorversuchen mit anderen Gefällen und Wassermengen bei einem Wassermengenmaßstab von etwa 1:40000 und einem mittleren Spiegelgefälle von etwa 1:500 annähernd erfüllt, wenigstens nach den ursprünglich nicht sehr hoch gespannten Ansprüchen an Genauigkeit. Bei späteren Versuchen hat sich allerdings bei einem etwas schwächeren Gefälle (1:650) eine noch bessere Annäherung an die Wirklichkeit ergeben,

besonders für die höheren Wasserstände. Wie aus der Abb. 9 Bl. 32 ersichtlich, fällt die Wassermengenkurve für den Modellfluß ziemlich genau mit der im Maßstab 1:40000 verkleinerten Wassermengenkurve für den Pegel in Hoya zusammen; bei schärferem Gefälle (1:400) liegt sie ganz rechts von dieser, bei flacherem ganz links. Eine vollkommene Übereinstimmung ist nicht zu erwarten, wenn die Uferböschungen nicht ganz genau, sondern nur nach zwei Neigungen, oberhalb M.W. und unterhalb M.W., eingebaut sind, wie geschehen (s. Text-Abb. 6). Da die Querschnitte  $F'$  also im Verhältnis von etwa  $\frac{1}{100} \cdot \frac{1}{100} = \frac{1}{10000}$  verkleinert sind, die Wassermengen  $Q$  bei allen Füllhöhen des Querschnitts entsprechend der Übereinstimmung der Wassermengenkurven im Verhältnis von etwa 1:40000, so verhalten sich beim Gefälle 1:650 genauer, beim Gefälle 1:500 weniger genau die zusammengehörigen Geschwindigkeiten  $v = \frac{Q}{F}$  wie 1:4, d. h. bei jedem Pegelstande ist die Geschwindigkeit im Modell  $\frac{1}{4}$  mal so groß als in der Natur; da aber die zurückgelegten Längen  $\frac{1}{100}$  der Natur sein sollten, so ist die Geschwindigkeit maßstäblich  $\frac{100}{4} = 25$  mal zu groß. Der unmittelbare Eindruck entspricht dem; man glaubt ein sehr reißendes Gewässer vor sich zu haben. Ähnlich erscheint ein kleines Motorboot bei gleicher Geschwindigkeit viel rascher zu fahren, als ein großer Dampfer. Der Geschwindigkeitsmaßstab 1:4 steht natürlich in Beziehung zum Geschiebemaßstab 1:6,7, dessen Abweichung nicht allzu groß erscheint, wenn man bedenkt, daß die Art der Geschiebeprobengewinnung aus dem Fluß leicht zu Fehlern führen kann und daß ferner die Art der Mittelbildung — Gewichtsmittel nach dem linearen Durchmesser — bis zu einem gewissen Grade willkürlich ist; es sind nämlich noch manche andere Mittelungen möglich.

d) Zeitmaßstab. Als Zeitmaßstab wurde ein Jahr = 24 Stunden angenommen oder etwa ein Tag = 4 Minuten = 1:360. Eine bestimmte wissenschaftliche Erwägung liegt der Wahl des Zeitmaßstabes nicht zugrunde; er wurde nur mit Rücksicht darauf gewählt, daß die Umbildung des ebenen Bettes in ein Flußbett im Verlauf eines Hochwassers sich vollzog. Wie sich späterhin herausstellte, ist dieses Ziel allerdings nicht vollkommen erreicht worden. Die Zeit der Durchströmung ist wohl noch etwas zu kurz; die Umbildung steigerte sich nach einer sehr langen Reihe von Versuchen, zwischen welchen das Bett nicht eingeebnet wurde, noch ein wenig; da diese weitere Umlagerung aber sehr langsam vor sich ging, schien es nicht angängig, bei diesen ersten Versuchen die Dauer der Einzelversuche noch so erheblich zu verlängern, daß vollständiger Beharrungszustand in der Sohle erreicht würde. Aus dem Geschwindigkeitsmaßstab 1:4 läßt sich ein entsprechender Zeitmaßstab nicht entnehmen.

##### 5. Wasserstandswechsel.

Schließlich war noch über die Wahl des Gesetzes, nach welchem sich der Wasserstand zeitlich ändert, für das Modell Bestimmung zu treffen. Bei den Versuchen mit dem gröberen gesiebten Sande kam es auf die Pegelkurve nicht wesentlich an, weil, wie oben erwähnt, die Geschiebebewegung bald, nachdem der Wasserstand unter die Höhe des die Aus-

bildung bewirkenden Hochwassers abgesunken war, aufhörte. Bei dem schließlich gewählten gemischten Sande dauert sie jedoch bis zu mittleren Wasserständen; es schien daher notwendig, den Wechsel von Hoch- und Niedrigwasser mehr zu beachten und statt des anfänglich angenommenen gleichmäßigen Steigens und Fallens der Wassermenge eine der Natur nachgebildete Pegelkurve einzuführen. Für den Verlauf des jährlichen Wasserwechsels wurde das Jahr 1897 zugrunde gelegt, dessen Frühjahrshochwasser mit rd. 1000 cbm/Sek. bei + 5,05 m a. P. i. Hoya den Stand eines mittleren Hochwassers des Zeitraumes 1871/1900 mit rd. 870 cbm/Sek. bei 4,78 m a. P. i. Hoya nahe kam. Statt jede einzelne Welle der Wassermengenkurve nachzubilden, wurde diese durch eine gemittelte Linie, die aus einzelnen kleinen Staffeln besteht, ersetzt, um so die Zufälligkeiten der Wasserstandsbewegung eines einzelnen Jahres auszugleichen (s. Abb. 10 Bl. 32). Ein Unterschied in den erzeugten Tiefen konnte bei dahin zielenden Versuchen nicht festgestellt werden, wenn die einzelnen Zacken der Kurve genau nachgebildet wurden. Zur Abkürzung wurden auch die sehr unregelmäßigen Wasserstandsänderungen vor dem Frühjahrshochwasser durch ein gleichmäßiges Ansteigen des Wasserstandes ersetzt. Diejenigen Niedrigwasserstände, bei denen die Geschiebeführung des Modells ruht, konnten ebenfalls gekürzt werden. Die benutzte Abflußmengenkurve erhielt danach die gestrichelte Gestalt in Abb. 10 Bl. 32.

#### 6. Ausführung der Versuche und Beobachtungen im einzelnen.

Der Gang der Versuche war allgemein folgender:

Aus Lageplänen und Querschnitten wurden die Flußufer entnommen und in die Rinne übertragen. Die Uferböschungen wurden da, wo steile Uferschutzwerke vorhanden waren, mit deren Neigung 1:1 angelegt und mit Schrotsäckchen oder Schieferplättchen bis unter die Tiefe der zu erwartenden Auskolkung unter der Sohle befestigt. Dort, wo in der Natur ungedecktes Ufer war, wurde eine mittlere Neigung von 1:4, wie sie sich aus den Querschnitten ergab, angelegt und in gleicher Weise befestigt, da der lose Sand ohne Bindemittel sonst weggespült wurde und der Modellfluß nach der Breite verwilderte. Flache wie steile Böschungen wurden anfänglich gleichmäßig bis zur Höhe des höchsten Wasserstandes durchgeführt. Es stellte sich jedoch bald als notwendig heraus, den Wechsel der Böschungsneigung, wie er in fast jedem Querschnitt im oberen und unteren Teil besteht, nachzuahmen. Gewöhnlich ist der Teil unter M.W. erheblich steiler als der darüber liegende (Text-Abb. 6). Bei den Versuchen mit Wechsel der Deckwerkneigung wurde wiederum

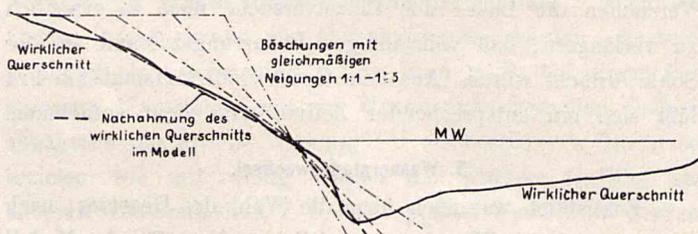


Abb. 6. Wirklicher Querschnitt und Modellquerschnitt des Ufers.

eine bis zum H.W. durchgehende Böschung eingebaut. Auf Ausuferung war an dieser Stelle bei dem ziemlich tief eingeschnittenen Bett bis zu mittleren Hochwassern nicht zu

achten. Hierdurch wurde die schwierige Frage der Beeinflussung durch Querströmungen beim Hochwasser ausgeschaltet. Die Flußsohle wurde alsdann wagrecht in der mittleren Höhe der wirklichen Flußsohle eingeebnet, in die gewollte Längsneigung durch Senkung des unteren Endes der Rinne gebracht und alsdann der Durchströmung ausgesetzt. Der am unteren Ende abgeführte Sand wurde in kurzen Zeitabständen entfernt und, nachdem er gewogen, am oberen Ende in kleinen Mengen vollständig wieder zugesetzt, so daß er einen Kreislauf beschrieb. Es kann nicht verhehlt werden, daß diese Art der Sandzuführung noch viel Unvollkommenes an sich hat und an manchen Ungleichheiten der Versuchsergebnisse Schuld sein mag. Sie wird in der Folge noch weiter zu verbessern sein. Außer der erwähnten Messung des Sandes wurden noch Spiegelgefällmessungen bei 12 bis 14 verschiedenen Wasserständen regelmäßig gemacht; bei geringen Geschwindigkeiten wurde alle Meter eine Messung, bei größeren zur Ausschaltung des Quergefälles alle Meter je drei Messungen, in der Mitte und an beiden Ufern, gemacht. Die Wasserstände wurden dann für verschiedene Pegel mit den aus der Stellung des Zulaufschiebers bekannten Wassermengen zu Wassermengenkurven zusammengetragen (Abb. 9 Bl. 32).

Vereinzelt wurden außerdem Geschwindigkeitsmessungen mit Oberflächenschwimmern oder Pitotschen Röhren vorgenommen. Die Querschnitte wurden so dicht gelegt, daß man ein vollständiges Bild der Sohle, auch da wo sie durch Einbauten unregelmäßig geworden war, erhielt. Durch diese sehr genaue Aufnahme wird das Bild der Tiefenlinien allerdings erheblich unruhiger als das der natürlichen Flußstrecke, wo die Peilquerschnitte gewöhnlich in weit größeren Abständen liegen und viele Kolke an den Buhnen z. B. nicht mit treffen. Übrigens sind einzelne der Kolke nachträglich auch in der Weser festgestellt worden, ebenso wie die scharfen Gefällebrüche.

Nicht in dem Rahmen dieser Versuche lag es, die Form und Art der Verlandung der Buhnenfelder je nach ihrer Lage zum Stromstrich usw. zu untersuchen; dazu hätten besonders in den Buhnenfeldern noch genauere Aufnahmen erfolgen müssen. Die Pläne geben hiervon nur ungefähr ein Bild.

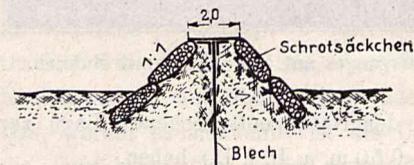


Abb. 7. Buhnenquerschnitt des Modells.

Die Buhnen wurden zuerst aus Zementguß hergestellt; da sich solche aber nur mit Schwierigkeiten auf Millimeter genau einbauen ließen, so wurden später Buhnen aus Blechstreifen und Schrotsäckchen gebraucht (Text-Abb. 7). Um ihnen etwas Rauigkeit zu verleihen, wurden sie mit feinem Sand beklebt. Sie haben den Vorzug, daß sie in ein fertig ausgebildetes Bett ohne große Umwälzung des Sandes und zwar schnell und genau eingebaut werden können. Übrigens ist es durch besondere Versuche nachgewiesen worden, daß es für die Sohlgestaltung praktisch gleichgültig ist, ob die Buhnen in ein vorher eingeebnetes Bett oder ein bereits der Durchströmung ausgesetztes eingebaut werden. Die erzielte Form ist in jedem Fall fast gleich und stellt annähernd die Gleichgewichtsform zwischen dem strömenden Wasser und

dem beweglichen Sande dar. Künstliche Ausfüllungen der Bühnenfelder mit lockerem Modellsand werden ebenfalls angegriffen und in Formen gebracht, welche durch die Anlandungen von selbst entstehen. Die Bühnen müssen besonders mit der Kopfböschung ein Stück unter die Sohle reichen, damit sie bei Vertiefung des Bettes davor nicht freigespült werden. Sie stellen also den Zustand einer stets normalmäßig unterhaltenen Bühne dar. In Wirklichkeit tritt bei Auskolkungen am Kopf ja ein Steilerwerden der Vorderböschung ein. Dies läßt sich im Modell kaum nachahmen. Bühnen aus Schrot auf nachgiebiger Unterlage sind schwer in die richtige Form zu bringen. Grundswellen wurden aus einfachen Blechstreifen mit oder ohne Schrotumschüttung gemacht, zuweilen auch in Nachahmung von Sinkstücken aus einem Streifen dicken nachgiebigen Gewebes mit Schrotbeschwerung (Text-Abb. 8 u. 8a).

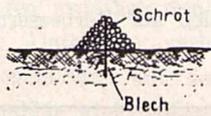


Abb. 8.

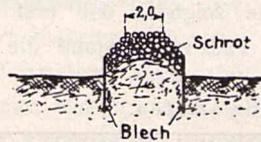


Abb. 8a.

Grundschwellequerschnitte des Modells.

Die Versuche wurden, nachdem die Maßstäbe festgelegt und die Art und Weise der Ausführung und Beobachtung erprobt war, möglichst gleichmäßig durchgeführt, damit der Vergleich der Versuche untereinander einwandfrei wird. Nichtsdestoweniger mögen immer noch viele Zufälligkeiten mitgespielt und die Ergebnisse beeinflusst haben.

**7. Ergebnisse.**

Wenn hier von Ergebnissen die Rede ist, so bedarf es wohl keiner ausdrücklichen Hervorhebung, daß diese bei den so sehr zusammengesetzten Erscheinungen der Wirkungsweise eines Flusses nach der ersten Versuchsreihe noch nicht als endgültige anzusehen sind. Dazu würden noch viele Versuche unter anderen Verhältnissen und eine weitere Ausbildung der Ausführung und Beobachtung nötig sein. Vertrauen verdienen die Ergebnisse zunächst nur insoweit, als sie mit den Erfahrungen des Flußbaues in Einklang stehen.

Versuchsergebnisse, die mit den bisherigen Anschauungen im Gegensatz stehen, müßten zunächst ganz besonders vorsichtig betrachtet werden; es läge immer die Vermutung nahe, daß wesentliche Verhältnisse des Modells andere waren als die der Natur. Die folgenden Beobachtungen werden dem Flußbauer kaum etwas Neues sagen, eben darum aber verdienen die Modellversuche vielleicht im allgemeinen Vertrauen und zwar auch in den Punkten, wo die Beobachtungen der Natur eine Lücke aufweisen.

Es ist nicht möglich, alle Versuche hier in Plänen zur Anschauung zu bringen. Nur eine Anzahl mag mit ihren Ergebnissen kurz erläutert werden.

a) Modell im Zustand vor der Regulierung des Überganges, verglichen mit der Natur. Abb. 3 Bl. 30 und 31 zeigt den Peilplan des Modells in dem Zustande der Weser vor der Regulierung des schlechten Überganges bei km 304, Abb. 1 Bl. 30 u. 31 die Weser selbst vom Jahre 1897. Die Ähnlichkeit beider Bilder springt in die Augen. Der Vergleich wird noch erleichtert, wenn man die größten Tiefen

jedes Querschnitts, sowie die Mindesttiefen in 20 cm (bezw. m), 25 cm und 30 cm Breite, also die Fahrwassertiefen von einer Wagerechten aus gleichsam als Längenschnitt oder Tiefenband für bestimmte Breiten aufträgt (Abb. 1 u. 3 Bl. 32).

Wenn die Tiefen im Modell etwas stärker wechseln, so liegt es zum Teil wohl daran, daß, wie erwähnt, mehr Querschnitte als in der Natur aufgenommen sind, zum Teil daran, daß der Modellsand linear gemessen nur etwa 6,7 mal feiner als der Wesersand, im Maßstab des Modells  $\frac{1}{100}$  also etwa  $\frac{100}{6,7}$  oder 15 fach zu stark ist und so einzelne Körner sich

bemerklich machen. Auch dürften durch die infolge der zu großen Geschwindigkeit verhältnismäßig zu starken Wellen, Quergefälle und dergleichen leicht Fehler in die Spiegelhöhe kommen, die mehr Einfluß auf die Tiefen haben als in der Natur. Diese Tiefen sind im allgemeinen etwas zu groß. Sie sind in diesem wie in folgenden Plänen auf den Wasserstand von 2 l/Sek. bezogen, im Maßstab 1:40000 also entsprechend auf 80 cbm/Sek., während die Pläne der Weser auf M.N.W. = 64 cbm/Sek. zurückgeführt sind. 80 cbm/Sek. fließen bei einem 0,18 m höheren Pegelstande ab (vgl. S. 335). Da nun der Wasserstand im Modell bei den einzelnen Versuchen naturgemäß wechselt, je nach den Einbauten, so schien es empfehlenswerter, die Tiefen zum Vergleich immer auf dieselbe Wassermenge statt auf denselben Wasserstand zu beziehen, ein Verfahren, das neuerdings auch in der Praxis an der Weser angewandt wird. Der Wasserstand von 2 l/Sek. liegt, wie die Spiegelgefälllinie dieses Versuches Nr. 21 (Abb. 12 Bl. 32) zeigt, auf dem Übergang etwas tiefer als M.N.W., in der Krümmung oberhalb desselben in M.N.W. Die mit der M.N.W.-Linie in den Spiegelgefällen durch Strichelung bezeichnete Linie ist in der Höhe angenommen, wie sie zu den zukünftigen Bühnen liegen muß, gleichmäßige Gefälle vorausgesetzt. In Wirklichkeit weist das N.W. ebenfalls erhebliche Gefällbrüche auf, wie die genauen Aufnahmen von 1904 zeigen (Abb. 11 Bl. 32). Die größten Tiefen der Querschnitte haben allerdings für die Schiffbarkeit keine Bedeutung, weil sie aber einen gewissen Einblick in die Gleichmäßigkeit des Abflußvorganges und einen Anhalt für den Angriff auf die Strombauwerke bieten, so mögen sie in den folgenden Vergleichen kurze Erwähnung finden. Für den Versuch Nr. 21 und die Weser vor dem Ausbau ergibt sich, daß die größten Tiefen im Modell fast durchgängig zu groß sind, besonders in den Krümmungen. Die Fahrwassertiefen auf 20 bis 30 cm (bezw. m) Breite sind im Modell auf dem Übergang kleiner, in der oberen und unteren Krümmung etwas größer als in der Natur. Die mittleren Querschnittsflächen sowie die mittleren Querschnittstiefen stimmen ziemlich gut überein. Für die Strecke Station 80 bis 170 beträgt im Modell-Versuch Nr. 21 bei 2 l/Sek.

die mittlere Breite . . . . .	75,56 cm
„ „ Tiefe . . . . .	1,41 „
„ „ Fläche . . . . .	105,2 qm.

In der Natur beträgt für die Querschnitte von km 303,6 bis 304,6, welche die etwa gleiche Strecke decken, für M.N.W.

die mittlere Breite . . . . .	73,92 m
„ „ Tiefe . . . . .	1,34 „
„ „ Fläche . . . . .	98,7 qm.

Hierbei ist zu berücksichtigen, daß letztere Werte nach der Wassermengenkurve einem 0,18 m niedrigeren Wasserstande entsprechen.

b) Modell im Zustand nach der Regulierung des Überganges verglichen mit der Natur. In das Modellflußbett, wie es dem Zustand vor der Regulierung entsprach, wurden nun die zur Regulierung in der Weser verwendeten 14 Buhnen nach Lage, Höhe, Kopf- und Kronenneigung und Spiegelbreite genau eingebaut. Der Erfolg dieser Regulierung im Modell ist aus Abb. 4 Bl. 30 u. 31 und dem zugehörigen Fahrwasserplan Abb. 4 Bl. 32 zu ersehen. Trotz gewisser Unterschiede ist eine zunächst befriedigende Übereinstimmung mit den entsprechenden Plänen der Natur Abb. 3 Bl. 30 u. 31 und Abb. 3 Bl. 32 zu erkennen. Die schlechte Form des Überganges ist beseitigt, die Fahrrinne verläuft schlanker; die Fahrtiefe auf der Schwelle ist wesentlich gebessert. Der Vergleich der Fahrwasserpläne zeigt die in folgender Zahlentafel zusammengestellten Tiefen:

übergroße Kolk unter der ersten Buhne wurde kleiner, die Stelle blieb jedoch die ungünstigste der ganzen Strecke. Auf der übrigen regulierten Strecke wurde mit den neuen mehr stetig gekrümmten Streichlinien keine merkliche Vertiefung erreicht; nur gingen auch hier die Kolke zurück.

d) Verbreiterung des schmalen Fahrwassers in der Krümmung mit Grundswellen. Hiernach begannen die Versuche zur Verbesserung des Fahrwassers in der Krümmung oberhalb der Buhnengruppe durch Einbau von Grundswellen. Der Plan war, zwei Höhenlagen, nämlich 1,50 cm und 1,75 cm am Ufer unter M.N.W., zwei Neigungen des Rückens der Schwelle, nämlich 1:10 und 1:20, und vier Abstände von 100 cm, 50 cm, 25 cm und 12,5 cm zu untersuchen; daran schlossen sich noch Versuche, bei dem die Zwischenfelder der Grundswellen mit Schrot ausgefüllt waren (Sand blieb nicht liegen). Die Versuche zeigten, daß erst bei der ziemlich engen Stellung mit 12,5 cm Abstand die Grundswellen auf Verbesserung

Zahlentafel der Schiffahrtstiefen.

	Vor der Regulierung				Nach der Regulierung			
	etwa bei km 303,9 = Rinnenstation $\sim$ 110		bei 304,1 = Rinnenstation $\sim$ 130		bei km 303,9 = Station $\sim$ 110		bei 304,1 = Station $\sim$ 130	
	Ende der oberen Krümmung		Übergang		Ende der oberen Krümmung		Übergang	
	in 20 m bzw. 20 cm Breite	in 30 m bzw. 30 cm Breite	in 20 m bzw. 20 cm Breite	in 30 m bzw. 30 cm Breite	in 20 m bzw. 20 cm Breite	in 30 m bzw. 30 cm Breite	in 20 m bzw. 20 cm Breite	in 30 m bzw. 30 cm Breite
	1	2	3	4	5	6	7	8
Weser bei M.N.W. = 64 cbm/Sek. 1897 bzw. 1904	1,52	1,26	1,28	<b>1,28</b>	1,42	1,15	1,95	<b>1,75</b>
Modell Gefälle 1:500 bei 2 l/Sek. Versuch 21 bzw. 24	1,50	1,30	1,50	<b>1,30</b>	1,80	1,20	1,90	<b>1,70</b>

Der Erfolg der Regulierung ist für den Übergang in Modell und Natur übereinstimmend günstig, wie die fettgedruckten, für den Vergleich besonders maßgeblichen Werte zeigen. Für die Stelle des Beginns der Regulierung ist der Erfolg im Modell und in der Natur auf geringe Breite vorhanden; in 30 cm (bzw. m) Breite ist er teilweise sogar negativ, d. h. es hat sich eine tiefe, aber zu schmale Rinne ausgearbeitet. Im Modell wie in der Natur liegt nun die weitaus schlechteste Stelle des Fahrwassers an der ersten Buhne rechterseits, wo die Sandbank vom linken Ufer her weit in den Strom vortritt; dies mag zum Teil von der Unregelmäßigkeit der rechten Uferlinie herrühren, welche hier scharf zurücktritt.

c) Wirkung von Veränderungen der Streichlinien. Nachdem durch diese Übereinstimmung mit der Natur die Eigenart der Weser im Modell in genügendem Maße wiedergegeben schien, wurde der zweite Teil des Arbeitsplanes, die Versuche zur Verbesserung der Schiffahrtsrinne, in Angriff genommen. Zunächst wurde versucht, die vorerwähnte schlechte Stelle an der obersten Buhne auf die Tiefe der übrigen Querschnitte durch Änderung der Richtung der Streichlinien und Vorbau einer oder mehrerer weiterer Buhnen am rechten Ufer oberhalb der ersten zu bringen. Örtlich war ein gewisser Erfolg zu bemerken, besonders der

des Fahrwassers hinwirkten, bei ihrer geringen Höhe vielleicht mehr durch Hebung des Wasserstandes als durch Abtrieb der Sandbank (Text-Abb. 9). Auch an der Weser ist beobachtet worden, daß die Schwellen eng, in 15 bis 20 m

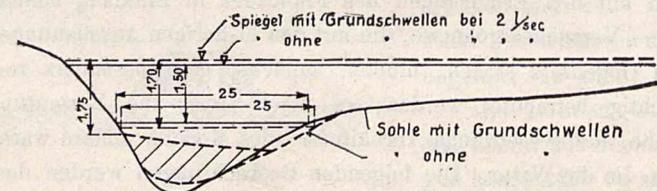


Abb. 9. Querschnitt in der Krümmung ohne Grundswellen und mit engliegenden niedrigen Grundswellen. (Schematisch.)

Abstand liegen müssen, wenn sie merklich wirken sollen. Natürliche Aufsandung in den Feldern trat nur an der obersten Strecke der Krümmung ein, die größten Tiefen wurden allerdings auch schon bei 100 cm Abstand der Schwellen etwas geringer.

Der Unterschied in der Wirkung bei den Neigungen 1:10 und 1:20, sowie bei den Höhenlagen 1,50 cm und 1,75 cm unter M.N.W. war nicht deutlich ersichtlich. Die Abweichungen der Sohlform gingen nicht über das Maß der sonst zwischen zwei gleichen Versuchen auftretenden Ungleichheiten hinaus. Diese Versuche sind deshalb nicht

ganz einwandfrei, weil sie ohne Einebnung des Bettes hintereinander ausgeführt wurden. Wie vorher erwähnt, steigert sich im Lauf einer langen Versuchsreihe die Höhe der Sandbänke über die bei der ersten Durchströmung erreichte Lage hinaus. Diese langsame Erhöhung arbeitet der abtreibenden Wirkung der Grundschwellen entgegen. In der verhältnismäßig flachen Krümmung sind die Übertiefen nicht groß und deshalb die durch die Grundschwellen verbauten Flächenteile bei den höheren für die Geschiebeführung maßgeblichen Wasserstände nicht beträchtlich, am größten bei Station 85 mit 13 qcm bei rund 100 qcm M.N.W.-Querschnitt. Bei einer anderen, den Verhältnissen der Weser nachgebildeten kurzen scharfen Krümmung wurden in den sehr bedeutenden Übertiefen bis etwa 5 cm hohe Grundschwellen in 20 cm Abstand mit einer Neigung 1:10 und einer Höhe am Ufer von 1,5 cm unter M.N.W. eingebaut. Diese wirkten kräftig auf Abtrieb der Sandbank am gegenüberliegenden Ufer. Die Tiefen zwischen den Schwellen verminderten sich etwas, auf der Unterseite verlandeten die Schwellen stark, bis zur Kronenhöhe, auf der Oberseite nur wenig; dabei war es ziemlich gleichgültig, ob die aus Blechstreifen bestehenden Schwellen Seitenböschungen aus Schrotsäckchen erhielten oder nicht. An der Oberseite bildete sich eine scharfe Strömung nach der Flußmitte zu aus, im übrigen war das Feld von einem Wirbel mit wagerechter Achse erfüllt, dessen Strömung an der Sohle gegen die Unterseite der Schwelle gerichtet war und hier die Ablagerung hervorrief (Text-Abb. 10). Bei den niedrigen Schwellen dieser Strecke waren die Wirkungen

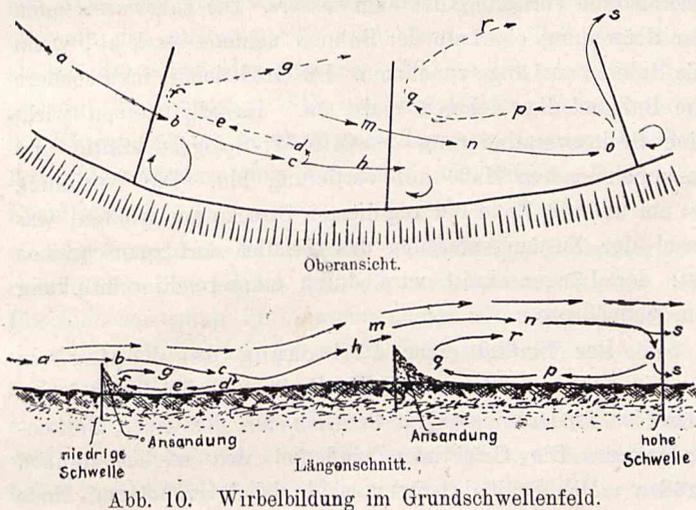


Abb. 10. Wirbelbildung im Grundschwellenfeld.

undeutlich. Durch Ausfüllung der Zwischenfelder der Grundschwellen mit Schrot konnte keine weitere Verbesserung der Schifffahrtstrinne erzielt werden; vielleicht geht sogar ein Teil der Hebung des Wasserspiegels durch die Glättung der Sohle verloren. — Eine weitere bereits begonnene Versuchsreihe mit einer langen Krümmung von kleinem Halbmesser, Weser km 238 bis km 240, wird die Frage, welche Form und welcher Abstand der Grundschwellen am günstigsten wirkt, noch weiter klären.

e) Verbreiterung des schmalen Fahrwassers in der Krümmung durch Abflachung des Deckwerkes. Ein anderer Weg, um die Übertiefen und Minderbreiten in den Krümmungen zu beseitigen, besteht in der Abflachung der Uferböschung. Die zunächst zum unmittelbaren Uferschutz gebauten Deckwerke haben von etwa M.N.W.-Höhe

1:1 bis 1:2 Neigung, und das oberhalb der M.N.W.-Linie liegende meist ungedeckte Ufer hat eine Böschung von 1:5 bis 1:10, im Mittel 1:6,5 an dieser Stelle. Unter Festhaltung der M.N.W.-Linie, soweit nicht kleine Ausgleichungen zur Erzielung einer stetigen Krümmung erforderlich waren, wurde die Böschung in eine durchgehende Neigung umgelegt, und zwar wurden 1:1, 1:2, 1:3 und 1:5 ausgeprobt. Die Wirkungen einer Deckwerkabflachung sind im allgemeinen deutlicher als die einer Verbauung der Kolke mit Grundschwellen. Sie bestehen in einer wesentlichen Verringerung der größten Tiefen, deren Verschiebung nach der Strommitte und einer Vertiefung des Fahrwassers in bestimmter Breite,

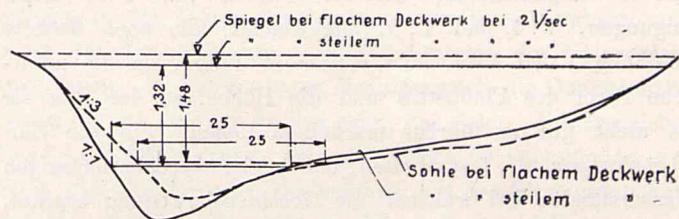


Abb. 11. Querschnitt in der Krümmung bei steilem und flachem Deckwerk. (Schematisch.)

die teilweise von der Hebung des Wasserspiegels herrührt (Text-Abb. 11). Die Wirkung bei diesen Versuchen kommt nicht ganz rein zum Ausdruck, weil neben den Deckwerkabflachungen auch Verschiebungen der linksseitigen Buhnen (7 bis 14) vorgenommen wurden, was, wie bei späteren Versuchen festgestellt, auch auf die etwa 5 m weiter oberhalb liegende Sandbank von Einfluß ist. Darum ist ein zahlenmäßiger Vergleich zunächst nicht möglich. Oben erwähnte Richtung der Veränderung ist aber zweifellos festgestellt, da die Art der Veränderung an den Buhnen in ihrer Wirkung derjenigen der Schwellen entgegenarbeitet. Eine Böschung 1:3 scheint im allgemeinen schon recht günstige Fahrwasserverhältnisse zu geben; bei steilerer Neigung nehmen die Übertiefen zu.

f) Versuche zur Vertiefung des flachen Überganges. Es blieb nun von den im Arbeitsplan vorgesehenen Versuchen übrig, den Normalquerschnitt auf dem Übergang in der geraden Strecke mit Buhnen verschiedener Art auszubauen. Dazu wurden zwei Höhenlagen des Buhnenrückens erprobt; bei der höheren liegt die Krone am Kopf 0,95 cm über M.N.W.; diese entspricht der jetzt zum Ausbau angewendeten Form; die niedrigere liegt nur 0,45 cm über M.N.W. Ferner wurden vier Kopfböschungen, 1:4, 1:6, 1:8 und 1:10 untersucht. Und schließlich wurden die Spiegelbreiten zwischen den Grenzen von rund 60 cm und 44 cm verändert.

Das Ergebnis der Versuche mit verschiedener Höhenlage war nicht schlüssig, was die zu erreichende Änderung der Fahrtiefe anlangt. Dagegen war eine Abnahme der Kolke und überhaupt eine glattere Sohle bei den niedrigeren Buhnen ersichtlich. Ebenso war es zunächst noch nicht möglich, ein Urteil über die günstigste Kopfneigung zu gewinnen; es zeigte sich nur, daß bei gleicher Querschnittseinschränkung flachere Kopfböschungen geringere Kolkungen zur Folge haben. Die Verringerung der Spiegelbreiten ergab eine deutliche Vermehrung der Fahrtiefe; bei starken Einschränkungen nahmen hauptsächlich die größten Tiefen in der Mitte der

Fahrinne zu, in geringerem Maße die Tiefen auf 20 bis 30 cm Breite, so daß also mit einer übermäßigen Einschränkung für die Schifffahrt nichts gewonnen wird.

g) Ausbau einer längeren Strecke nach verschiedenen Normalquerschnitten. Bei diesen Versuchen mit Abänderung der Buhnen war in Anlehnung an die Regulierung in der Natur nur auf etwa 50 cm Länge ein beiderseits ausgebauter Normalquerschnitt mit zwei Paar einander gegenüberliegenden Buhnen vorhanden. Diese kurze Strecke erwies sich für die Beurteilung des günstigsten Normalquerschnitts als zu gering. Deshalb wurden noch weitere Versuche mit Ausbau einer 500 cm langen Strecke vorgenommen. Hierbei wurden nur zwei Kopfneigungen, 1:4 und 1:8, angewendet; die noch flachere Böschung 1:10 kam nicht weiter in Frage, da die natürliche Form des Flußbettes und die Höhenlage der Ufer sie als nicht gut ausführbar erscheinen ließen. Für die Einschränkungen war festzuhalten, daß solche oberhalb derjenigen Wasserstände, bei welchen die Geschiebebewegung beginnt, nicht erwünscht sind; dagegen ist eine mäßige Verringerung des M.N.W.-Querschnitts noch zulässig, sofern sie durch eine Erweiterung des über M.N.W. liegenden Teiles des Querschnitts unschädlich gemacht wird. Diese Bedingung läßt sich unter Beibehaltung der Neigung 1:4 nur durch Niedrigerlegen des Rückens und Einschränkung der Spiegelbreite, bei Anwendung flacher Kopfböschung 1:8 durch Verbreiterung des Spiegels ohne oder mit Abtragung der Buhnenrücken erreichen. Die Breite des Querschnitts in der Tiefe von 1,50 cm unter M.N.W. muß aus Schifffahrtssichtungen mindestens 24 m betragen. Auf Grund der Erfahrungen bei den bisherigen Versuchen wurde jedesmal die Sohle frisch eingeebnet, so daß diese Versuche vollständig vergleichbar sind. Es ist auch hierbei nicht erforderlich, alle Pläne hier wiederzugeben. Es wird genügen, eine Versuchsreihe mit Änderungen der Breite zu bringen, die Versuche 68, 70, 72, 74, für welche die Peilpläne, Spiegelgefällelinien sowie Fahrwasserpläne in Abb. 5 bis 8 Bl. 30 u. 31 und Abb. 5 bis 8 und 14 bis 17 Bl. 32 dargestellt sind. Aus den Ergebnissen dieser und der anderen hier nicht dargestellten Versuche ist folgendes anzuführen.

1. Einfluß einer Erhöhung der Buhnen von 0,45 cm über M.N.W. auf 0,95 cm.

Ähnlich wie bei dem vorher erläuterten Ausbau mit nur 14 Buhnen, von denen nur zwei einander gegenüberliegen, ist auch hier die Wirkung unklar und scheinbar widerspruchsvoll. Solange die durch die Erhöhung herbeigeführte Querschnittsverkleinerung gering ist, d. h. bei kurzen Buhnen mit Kopfböschung 1:4 und 1:8, sind die Fahrwassertiefen bei niedrigen Buhnen ein wenig günstiger. Bei stärkeren Einschränkungen sind die Tiefen im allgemeinen bei den höheren Buhnen etwas größer. Die Größttiefen sind nicht sehr verschieden; bei den kürzeren Buhnen sind sie für die niedrige Lage etwas größer als für die höhere Lage, bei den längeren Buhnen (Einschränkung auf 50 cm Spiegelbreite durch Buhnen mit Kopfböschung 1:4) für die hohe Lage geringer als für die niedrigere. Die schlechteste Stelle des Fahrwassers liegt immer in der Nähe der obersten Buhnen. Auch hier nimmt die Tiefe bei Erhöhung der Buhnen ein wenig ab, wenn die Einschränkung klein ist, dagegen zu,

wenn sie erheblich wird. Im ganzen genommen sind die Tiefenunterschiede recht schwach ausgebildet; sie betragen im Mittel meist unter 0,2 cm.

Die Vertiefung des Fahrwassers infolge der Erhöhung der Buhnen ist am unteren Ende der Strecke fast stets am größten, bezw. die Verflachung am geringsten. Das Bett wird also durch die Erhöhung zunehmend unregelmäßig im Längsschnitt. Niedrige Buhnen scheinen deshalb im allgemeinen in den hier angenommenen Verhältnissen und in den hier versuchten Grenzen günstiger als hohe; sie haben gleichmäßigere, meist größere Fahrtiefen und geringere Übertiefen und Kolke zur Folge.

2. Der Einfluß einer Einschränkung des Querschnitts durch Verminderung der Spiegelbreite für M.N.W. von 60 cm auf 55 bzw. 50 cm (unter Beibehaltung der Buhnenhöhe und der Buhnenkopfneigung) ist deutlicher ersichtlich, als der einer solchen durch Erhöhung der Buhnenrücken. Bei den Buhnen mit der Kopfböschung 1:8 hat die Einschränkung des Flußquerschnitts in allen Fällen eine Vermehrung der Fahrwassertiefe zur Folge und zwar bei höheren Buhnen mehr als bei niedrigen. Bei den Buhnen mit der Kopfneigung 1:4 und niedrigen Rücken erzeugt die Einschränkung der Spiegelbreite oben eine geringe Verflachung, mitten und unten eine Vertiefung, die je weiter nach unten um so deutlicher wird. Hierfür sind die Peil- und Fahrwasserpläne der Versuche 68, 70 und 72 (Abb. 5 bis 7 Bl. 30 u. 31) maßgeblich. Bei denselben Buhnen mit hohem Rücken erzeugt die Verminderung der Spiegelbreite überall eine Vertiefung des Fahrwassers. Die Fahrwassertiefen der Krümmung oberhalb der Buhnen nehmen stark ab, wenn die Buhnen an Länge zunehmen. Die Größttiefen, insbesondere die Buhnenkolke nehmen meist zu. Im allgemeinen wirkt eine Breitenverminderung des M.N.W.-Spiegels kräftig und in zunehmendem Maße auf Vertiefung hin. Die Vertiefung ist am unteren Ende der regulierten Strecke am größten, was wohl der Zusammenfassung des Gefälles dort zuzuschreiben ist; der Längenschnitt wird durch stärkere Einschränkung unregelmäßiger.

3. Der Einfluß einer Abflachung des Kopfes von 1:4 in 1:8 bei gleicher M.N.W.-Breite und gleicher Buhnenhöhe ist wiederum weniger deutlich als der einer Breitenänderung. Die Größttiefen sind bei den steilen Buhnen größer. Die Schifffahrtstiefen sind dabei am oberen Ende der regulierten Strecke und in der Mitte fast durchgängig ein klein wenig geringer, am unteren Ende stets erheblich größer als bei den flachen Buhnen. Auch hier sind also die Veränderungen der Tiefen im allgemeinen unten am größten. Die flache Kopfneigung hat demnach ein glatteres Bett mit geringeren Kolken und gleichmäßigeren Fahrwassertiefen zur Folge als die steile Kopfneigung. Die Sohle hat bei letzterem einen Gefällbruch. Für die Schifffahrt ist diese Mehrtiefe am unteren Ende ohne Nutzen. Es muß aber an dieser Stelle nochmals hervorgehoben werden, daß möglicherweise diese Verflachung am oberen Ende nur von den örtlichen Verhältnissen, besonders von der starken Änderung der Krümmung und Unregelmäßigkeit im Hochwasserbett hervorgerufen wird und bei einer regelmäßigeren Strecke nicht auftreten würde.

Diesen Versuchen ist noch ein Versuch Nr. 74 mit wechselnder Breite der ausgebauten Strecke — am Ein-

lauf 62 cm, in der Mitte 55 cm, am Ende wieder 60 cm Breite — im M.N.W.-Spiegel angeschlossen (Abb. 8 Bl. 30 u. 31 und Abb. 8 u. 17 Bl. 32). Es sind Buhnen 1:4 in niedriger Lage verwendet, so daß oben und unten etwa die Bedingungen des Versuchs 68 und in der Mitte von Versuch 70 erfüllt sind. Dieser Versuch 74 zeigt sehr geringe Kolke. Die Unterschiede in den Tiefen im Längenschnitt sind ebenfalls klein. Die Schiffahrtstiefen sind in der Mitte der regulierten Strecke größer als oben und unten; sie entsprechen im einzelnen etwa den Versuchen 68 und 70, welche die gleichen Spiegelbreiten haben.

Eine allmähliche Überführung aus dem breiten unregulierten Querschnitt in den schmalen regulierten scheint für eine stetige Form der Sohle und die Verhütung von Kolkungen besonders wichtig. Buhnen, welche unvermittelt weit ins Flußbett vorspringen, erzeugen Unregelmäßigkeiten der Sohle; auch wenn sie am ausspringenden Ufer in geringer Wassertiefe und deshalb scheinbar nicht im Angriff liegen, ist dies der Fall. Die Störungen des Wasserabflusses sind an der obersten Buhne, also beim Übergang des weiten Querschnitts in einen engeren größer als an der untersten Buhne, wo auf den engen Querschnitt ein weiterer folgt. Im allgemeinen ergibt sich, daß sich der Einfluß einer Änderung der Buhnen auch noch weit, im vorliegenden Fall etwa 400 bis 500 cm, auf die oberhalb und unterhalb angrenzenden Strecken bemerklich macht.

Die Einschränkung des Durchflußquerschnitts durch Erhöhung, Verlängerung und Abflachung der Buhnen bewirkt fast stets eine Verschlechterung der Fahrwasserverhältnisse oberhalb des Ausbaues; sie sind dann zum Teil schlechter als auf der regulierten Strecke. Wie zu erwarten war, begünstigt die vermehrte Stauwirkung der Regulierungswerke die Sandablagerung oberhalb, die Zusammenfassung des Gefälles die Auswaschung der Sohle am unteren Ende der Regulierung.

h) Geschiebebewegung. Vollständige Beobachtungsreihen über den Beginn und die steigende Mächtigkeit der Geschiebebewegung im Zusammenhang mit den zugehörigen Geschwindigkeiten konnten wegen der schnellen Wasserstandsänderung bei den höheren Geschwindigkeiten im Verlauf eines regelmäßigen Versuches nicht gemacht werden. Auch war zunächst kein für kleine Tiefen und geringe Geschwindigkeiten geeigneter Geschwindigkeitsmesser vorhanden; er wurde erst bei den letzten Versuchen in brauchbarer Form hergestellt. Es ist dies die im vorigen Heft (S. 148) dieser Zeitschr. beschriebene Pitotsche Röhre mit Ölschicht. Einige (aus z. T. verlängerten Versuchen hergeleitete) Zahlenangaben mögen aber doch hier Platz finden. Die Abb. 10 Bl. 32 zeigt, in welcher Weise die Geschiebebewegung mit wachsender Wassermenge zunimmt. Die Zacken des Linienzuges rühren zum Teil von der Unregelmäßigkeit der Geschiebebewegung her, die stoßweise verläuft, zum größeren Teil in Ungleichheiten des Wassergehalts des naß gewogenen Sandes und dergleichen Meßfehlern.

Im allgemeinen hört im Modell die Sandbewegung, die noch merkliche Änderungen in der Sohle hervorzurufen imstande ist, bei etwa 8 l/Sek. auf, wobei die Oberflächengeschwindigkeit im Stromstrich etwa 48 cm/Sek. beträgt, die mittlere Querschnittsgeschwindigkeit etwa 33 cm/Sek. (ent-

sprechend  $8 \cdot \frac{40000}{1000} = 320$  cbm/Sek.); völlig ruht sie erst bei 3 l/Sek. mit etwa 38 cbm/Sek. größter Oberflächengeschwindigkeit und etwa 25 cm/Sek. mittlerer Querschnittsgeschwindigkeit (entsprechend  $3 \cdot \frac{40000}{1000} = 120$  cbm/Sek.).

Diese Zahlen sind nur überschlägige Näherungswerte. Örtliche Geschiebeumlagerungen und Kolkungen stellen sich mitunter gerade bei den allerniedrigsten Wasserständen ein, z. B. an den obersten und untersten Buhnen, wenn die Buhnen nicht mehr überströmt, sondern nur noch umströmt werden und sehr starke örtliche Gefälle auftreten. Leider ist es sehr schwierig festzustellen, bei welchen Wasserständen in der Weser die Geschiebe zur Ruhe kommen, und somit der Vergleich mit den Verhältnissen der Natur nicht anzustellen. Je stärker beim Modellversuch die Querschnittseinengung ist, um so rauher wird die Sohle, die Geschiebebewegung kommt erst bei niedrigeren Wasserständen zur Ruhe und die feineren Bestandteile des Sandes werden ausgespült, während die gröberen Kiesel liegen bleiben.

i) Spiegellage und örtliche Gefälle. Die Spiegelgefällelinien folgen bei niedrigen Wasserständen der Sohlage, der schlanke Verlauf des unregulierten Zustandes wird durch die Buhnen gestört, es entstehen besonders an den obersten Buhnen Gefällbrüche, und zwar um so stärkere, je mehr der Querschnitt eingengt wird, wenn die Einengung jäh erfolgt; bei allmählicher Verminderung der Spiegelbreite bleibt der Verlauf der Spiegellinie schlank. Bei höheren Wasserständen verwischen sich diese Unterschiede mehr und mehr.

Diese Erscheinungen sind auch in der Natur beobachtet. Zum Vergleich diene das Spiegelgefälle des sehr niedrigen Niedrigwassers vom Sommer 1904 (Abb. 11 Bl. 32).

Man kann auch die absoluten Wasserstandshöhen der verschiedenen Versuche an verschiedenen Stellen des Längenschnitts, gewissermaßen an verschiedenen Pegeln, vergleichen, da die ursprüngliche eingeebnete Sohlage bei allen Versuchen etwa dieselbe war. Bei den Versuchen mit Buhnen 1:8 sind die Änderungen des Wasserstandes klein und anscheinend regellos, bei denen mit Buhnen 1:4 steigt bei niedrigen Wasserständen der Spiegel oberhalb und unterhalb der regulierten Strecke infolge der Einengung durch die Buhnen und durch die vermehrte Sandanhegerung auf den Bänken, während er in deren Mitte infolge der Auswaschung ein wenig absinkt. Bei Wasserständen, welche etwas über M.W. liegen, steigt er durchweg wegen des wachsenden Buhnenstauens und der erwähnten Aufsandung der Bänke.

#### 8. Zusammenfassung.

Als Gesamtergebnis dieser ersten Versuchsreihe läßt sich anführen:

1. Bei einem Fluß mit beweglichem Bett, aber ziemlich unveränderlichen Tiefen ist es möglich, durch passende Wahl der Modellmaßstäbe eine Übereinstimmung der Sohlgestaltung von Modell und Fluß ohne Verzerrung hervorzubringen, welche genügend scheint, Schlüsse vom Modell auf die Natur zu gestatten.

2. Die geringen Fahrwasserbreiten in flachen Krümmungen lassen sich leichter durch Abflachung zu steiler Ufer und Deckwerke, als durch Einbau von Grundswellen vergrößern.

3. Grundswellen wirken unter solchen Verhältnissen nur dann, wenn sie sehr dicht liegen, und zwar mehr durch Hebung des Wasserstandes als durch Abtrieb der Sandbank am gegenüberliegenden Ufer; der Abstand darf nicht über 25 cm betragen.

4. Auch die Abflachung von Deckwerken wirkt im vorhandenen Modell in dem gleichen Sinne; die verhältnismäßig größte Wirkung wird bei der Böschung 1:3 erzielt.

5. Die zu geringe Tiefe auf dem Übergang läßt sich durch Einbau von Buhnen vermehren, und zwar wirken innerhalb der beobachteten Grenzen niedrigere Buhnen mit flacheren Köpfen im allgemeinen besser auf gleichmäßige Aus-

bildung, als höhere oder steilere. Letztere Formen erzeugen leicht Übertiefen, die wegen ihrer Schmalheit für die Schifffahrt ohne Nutzen sind; das gleiche erfolgt bei übermäßiger Breiteneinschränkung.

6. Stetiger Ein- und Auslauf in die ausgebaute Strecke und schlanker Übergang der Breiten und Böschungen ist für die gleichförmige Sohlausbildung von besonderem Nutzen.

Eine spätere Mitteilung wird die Wirkungen von Strombauwerken in einer langen scharfen Krümmung, Weserstrom km 238 bis 240, behandeln und Aufschlüsse über die Verteilung der Geschwindigkeit im Querschnitt bringen.

(Fortsetzung folgt.)

## Die Reibungs- und Zahnstangenbahn von Ilmenau nach Schleusingen.

Vom Regierungsbaumeister Urbach in Erfurt.

(Mit Abbildungen auf Blatt 33 bis 35 im Atlas.)

(Alle Rechte vorbehalten.)

Die im Herbst 1904 eröffnete Nebenbahn Ilmenau-Schleusingen ist die erste Querbahn des Thüringer Waldes, die den Kamm des Gebirges unter teilweiser Anwendung von Zahnstangenstrecken übersteigt. Auf ihr ist zum erstenmal innerhalb der preußisch-hessischen Eisenbahngemeinschaft das sogenannte gemischte System eingeführt worden, und die auf der neuen Linie zu sammelnden Erfahrungen werden vielleicht bei späteren unter ähnlichen Verhältnissen zu erbauenden staatlichen Nebenbahnen von vorbildlicher Bedeutung werden.

### Entstehung der Bahn.

Die ersten, etwa bis 1882 zurückliegenden Anregungen zum Bau einer Schienenverbindung zwischen den beiden Stichbahnen Plaue-Ilmenau und Themar-Schleusingen gingen von einigen Ausschüssen der beteiligten Gemeinden aus. Aufgestellte Berechnungen ließen es jedoch als höchst zweifelhaft erscheinen, ob sich auf der gewünschten Bahn Einnahmeüberschüsse ergeben würden. Die preußische Eisenbahnverwaltung verhielt sich daher zunächst ablehnend. Auch die Werrabahn-Gesellschaft, an die man sich daraufhin wandte, gab abschlägigen Bescheid. Die ersten Entwürfe wurden daher von Privatingenieuren bearbeitet, bis sich im Jahre 1894 der preußische Minister der öffentlichen Arbeiten der Angelegenheit annahm und der Eisenbahndirektion Erfurt den Auftrag zur Vornahme allgemeiner Vorarbeiten erteilte. Diese zögerten sich infolge der schwierigen Verhandlungen mit der großen Anzahl der Beteiligten lange Zeit hin, bis ihnen dann vom Herbst des Jahres 1899 ab die ausführlichen Vorarbeiten, dann im Juli 1903 der Beginn der Bauarbeiten und am 15. August und 1. November 1904 die Eröffnung der Linie folgten. Man sieht aus diesen kurzen Angaben, daß die Vorbereitungen recht lange gedauert haben, der Bau selbst dagegen in recht kurzer Zeit bewältigt worden ist. Gleichwohl lassen sich die Verzögerungen in den Vorbereitungen zum großen Teil aus der Verschiedenartigkeit der für das Zustandekommen der Bahn maßgebenden Behörden usw. erklären; denn das durchschnittliche Gebiet liegt in dreier Herren Ländern: zu  $\frac{2}{3}$  in Preußen, zu  $\frac{4}{15}$  im Großherzogtum Sachsen-Weimar und zu  $\frac{1}{15}$  im Herzogtum Gotha. Da der Voranschlag für die Verzinsung des aufzuwendenden Bau- und

Betriebskapitals einen wenig günstigen Abschluß ergab, so mußte von den beiden thüringischen Staaten außer wie bei allen Nebenbahnen der unentgeltlichen Hergabe des Grund und Bodens auch noch ein verlorener Zuschuß verlangt werden. Diese Lasten suchten die beiden Staaten wiederum zum Teil auf die beteiligten Gemeinden abzuwälzen. Und hier war es besonders Ilmenau, das sich im ganzen von der Bahn ohnehin wenig Nutzen versprach und durch seinen Widerstand lange Zeit hindurch die Verhandlungen lahmlegte. So währte es geraume Zeit, bis die Grundlagen eines gemeinsamen Einverständnisses gefunden waren und von Preußen die Staatsverträge mit jenen beiden Regierungen im Jahre 1899 abgeschlossen werden konnten. Erst nach diesem Zeitpunkte kam ein frischerer Zug hinein, der nur einige Male durch Bedenken rechtlicher Natur und verlangsamte landespolizeiliche Genehmigung der fertigen Entwürfe gehemmt wurde.

### Allgemeine Linienführung.

Zur Verwirklichung des Grundgedankens, die Orte Schmiedefeld, Stützerbach und Manebach durch Verbindung der beiden in Ilmenau und Schleusingen endigenden Stichbahnen an das Eisenbahnnetz anzuschließen, waren mehrere Linienführungen möglich.

Im ersten Teil der Strecke von Ilmenau bis Stützerbach war der Weg im Ilmtale entlang bei günstigen Steigungsverhältnissen gegeben. Für die folgende Strecke von Stützerbach bis Schleusinger-Neundorf kamen jedoch verschiedene Lösungen in Frage. Anfänglich, 1892, wurden an der Hand der vorhandenen Karten, deren geringe Zuverlässigkeit erst später hervortrat, drei Möglichkeiten erwogen, die Linie auszubauen:

A. als reine Reibungsbahn:

1. mit einer größten Steigung von 1:50 (punktierete Linie im Übersichtsplan Abb. 16 Bl. 33),
2. mit einer größten Steigung von 1:35 (gestrichelte Linie in Abb. 16 Bl. 33);

B. 3. als gemischte Reibungs- und Zahnstangenbahn mit 1:50 auf den Reibungs- und 1:20 auf den Zahnstangenstrecken als größte Steigung (strich-punktierete Linie in Abb. 16 Bl. 33).

Bei allen drei Entwürfen war ein kleinster Halbmesser von 200 m angenommen. Die Baukosten wurden damals, 1892, auf 3 320 000, 2 420 000 und 2 200 000 Mark, immer ohne Grunderwerb, geschätzt. Ein Abstieg vom Gebirgskamm nach Schleusingen durch das Vessertal wurde wie auch bei den späteren Arbeiten aus staatsforstlichen Interessen nicht in Betracht gezogen. Später, 1895, ergab sich bei näherer Bearbeitung, besonders nach den inzwischen erfolgten örtlichen Aufnahmen, daß eine Höchststeigung von 1:50 (oder auch 1:40) die Baukosten ganz bedeutend erhöhte, so daß man diesen Entwurf als aussichtslos fallen ließ. Es wurden daher fernerhin nur folgende beiden Linien weiter bearbeitet: 1. eine Reibungslinie mit einer Höchststeigung von 1:33 = 30 vT. und 2. eine Reibungs- und Zahnstangenlinie mit 1:40 = 25 vT. zulässiger Steigung der Reibungs- und 1:16  $\frac{2}{3}$  = 60 vH. Steigung der Zahnstrecke. Für die reine Reibungsbahn, die ungefähr den Verlauf der gestrichelten Linie nahm, ergab sich eine Länge von 33,6 km, eine Baukostensumme von 3 223 000  $\mathcal{M}$  und eine Verzinsung von 1,31 vH. Wesentlich günstiger stellte sich der andere Entwurf. Bei ihm betrug die Baulänge 31,2 km, die Bausumme 2 393 000  $\mathcal{M}$  und die Verzinsung 2,82 vH. Diese letztere Bearbeitung fand daher auch die Zustimmung der Zentralbehörde und wurde mit einer geringen Änderung der Linienführung und einer Bausumme von 2 585 000  $\mathcal{M}$  bei den ausführlichen Vorarbeiten zugrunde gelegt. Allerdings ergab sich später die Notwendigkeit, die Baumittel auf 3 250 000  $\mathcal{M}$  zu erhöhen. Wahrscheinlich hätten jedoch auch die nach denselben Grundsätzen aufgestellten Baukosten der reinen Reibungslinie im Fall der Ausführung um den gleichen Betrag erhöht werden müssen. Die endgültige, gebaute Linie ist in dem Übersichtsplan (Abb. 16 Bl. 33) mit vollem Strich ausgezogen dargestellt und durch den Höhenplan Abb. 15 Bl. 33 erläutert.

Der Bahnkörper ist nach den in den Abb. 8 bis 10 Bl. 33 dargestellten Querschnitten ausgeführt. Die größte Steigung auf den Reibungsstrecken beträgt 1:40 = 25 vT., auf den Zahnstangenstrecken 1:16,67 = 60 vT., der kleinste zulässige Halbmesser wurde auf 250 m festgesetzt. An zwei Stellen jedoch, an denen hohe Felswände den Weg sperrten, mußte hiervon abgewichen und je ein Bogen von 200 m Halbmesser eingelegt werden. Infolge der starken Gefälle der Zahnstangenstrecken, die nicht ein zusammenhängendes Ganzes bilden, sondern in fünf verschiedene Einzelstrecken von zusammen 6,24 km Länge zerfallen, gleich 20 vH. der Gesamtstrecke von 31,2 km, schmiegt sich die Bahn dem Gelände sehr gut an, es werden verhältnismäßig nur geringe Erdarbeiten erforderlich und Tunnelanlagen oder größere Talübergänge ganz vermieden. Im ganzen steigt die Bahn von Ilmenau bis zum Rennsteig 280 m und fällt von da wieder um 376 m bis Schleusingen. Ihrer ganzen Anlage nach ist sie nur dazu bestimmt, dem örtlichen Verkehr zu dienen, einer von den Umständen, die eine Wahl der teilweisen Zahnstrecken rechtfertigt.<sup>1)</sup> Hauptsächlich ist in dem durch-

1) Vgl. O. Blum, Zeitschr. f. Bauw. 1903 S. 515 u. 657. In dieser Abhandlung ist eingehend untersucht worden, unter welchen technischen und wirtschaftlichen Bedingungen sich die Wahl einer reinen Reibungs-, einer gemischten oder einer Zahnstangenbahn empfiehlt. Dort ist auch besonders betont, daß sich für die Entscheidung dieser schwierigen Frage nicht sowohl überall gültige

schnittenen Gebiete eine mannigfaltige Glasindustrie zu Hause deren Fabrikate, Thermometer, Barometer usw. über alle Erdteile vertrieben werden. Auch an landschaftlichen Reizen von ganz überraschender Schönheit ist die Gegend sehr reich. Die lieblich gelegenen Orte Manebach, Stützerbach und Schmiedefeld werden durch den Anschluß an das Bahnnetz einen großen Aufschwung nehmen, wie der seit Bestehen der Bahn außerordentlich gestiegene Sommerreiseverkehr schon erkennen läßt.

#### Einzelheiten der Linienführung und des Baues.

Die in Ilmenau beginnende Bahn umgeht zunächst ungefähr in der Richtung des Ilmflusses in großem Bogen die Stadt im Süden und durchschneidet dann den weit in das Nebental des Gabelbaches hineingebauten Stadtteil. Wo die Bahn in die Nähe von bebauten Grundstücken kam, machten sich zur Schonung der wirtschaftlichen Interessen umfangreiche bauliche Anlagen erforderlich; so mußte unter anderem die Ilm innerhalb der Stadt auf eine längere Strecke verlegt werden, ferner ein Wehr, das sogenannte Tannenwehr, durch Aufführung von Futtermauern an beiden Ufern in seinem Zustande erhalten bleiben. Über einen zuerst geplanten umfassenden Um- und Neubau des ganzen Wehres kam eine Einigung mit den Besitzern nicht zustande. So mußten dann die erforderlichen baulichen Veränderungen unter möglichster Schonung der vorhandenen Stauvorrichtung ausgeführt werden: Der eine hölzerne Wehrbacken wurde durch einen massiven ersetzt, um Platz für einen Weg neben der Ilm zu gewinnen; die Balken des Abfallbodens usw. wurden nach dem Fortschritt der Mauerarbeiten in der Stützmauer verankert; und man erreichte auf diese Weise tatsächlich, daß die Anstauung des Wassers in keiner Weise gestört wurde. Die ziemlich schwierige und gefährliche Ausführung, bei der eine Unregelmäßigkeit leicht hohe Ersatzansprüche heraufbeschwören konnte, wurde durch Einlegung von Tag- und Nachtschichten beschleunigt und ohne unliebsamen Zwischenfall beendet.

Unmittelbar hinter dem Wehr überschreitet die Bahn den Gabelbach und dann daneben in Schienenhöhe die breite Waldstraße. An dieser ist für Ilmenau, da der Hauptbahnhof ziemlich entfernt von der Stadtmitte liegt, ein besonderer Haltepunkt, Ilmenau-Bad, errichtet. Die Bahn tritt nun in westlicher Richtung aus der Stadt heraus, legt sich in mäßiger Steigung an den nördlichen Hang des Ilmtales und erreicht bei km 4,2 das gothaische Staatsgebiet in der Flur Manebach. Die Zwischenstrecke, am sanften Hange des rechten Ilmufers entlang, war im allgemeinen der Linienführung günstig. Nur ein unscheinbarer verfallener Graben, der sogenannte Prellergraben, der bei den Vorarbeiten gar nicht beachtet worden war, gab wegen strittiger auf ihm ruhender Wasserrechte zu längeren Stockungen bei den landespolizeilichen Prüfungen der Entwürfe Veranlassung.

Die zahlreichen Krümmungen der Ilm, die von der Bahn nicht überall umgangen werden konnten, verursachten,

Regeln, sondern nur allgemeine Fingerzeige geben lassen. Den Ausschlag werden bei allen Vorarbeiten, auch wo nur Reibungsbahnen in Frage kommen, die besonderen örtlichen und wirtschaftlichen Verhältnisse, aber auch Rücksichten und Einflüsse anderer, unberechenbarer Natur geben, die gleichsam einen festen Rahmen, ein Programm, für den hineinzupassenden Entwurf bilden.

besonders in und bei Ilmenau, wie auch in den weiteren Streckenabschnitten umfangreiche Verlegungen des Flußlaufes. Im Anschluß hieran möge eine kurze Angabe der Erfahrungen erlaubt sein, die hinsichtlich der reißenden und bei besonderen Witterungseinflüssen außerordentlich wasserreichen Gebirgsbäche und Flüsse des Thüringer Waldes gelegentlich der Bahnbauten gesammelt worden sind. Bei den Korrekturen der Schwarzta an der Linie Oberrottenbach-Katzhütte hatte man zunächst versucht, das wunde verlegte Bett durch einzelne hölzerne oder steinerne Sohlschwelle zu befestigen, und glaubte von weiteren Anlagen absehen zu können. Das erste Hochwasser erwies die Erwartungen jedoch als trügerisch. Hinter den Sohlschwelle traten trotz des eingebrachten Steinvorwurfs große Auskolkungen der Sohle und der Ufer ein, so daß die Schwelle wieder beseitigt werden mußten. An ihrer Stelle wurde nun das Hauptaugenmerk auf die Befestigung der Böschungen gerichtet, und zwar wurden sie durch Steinpackungen bis 30 cm über dem höchsten bekannten Wasserstande nach den in den Abb. 12 und 14 Bl. 33 dargestellten Querschnitten gesichert. Man erreichte einen besonders wirkungsvollen festen Zusammenhalt der Packung dadurch, daß man die in den Abträgen oder in den nahen Brüchen gewonnenen Steine, ohne viel Bearbeitung, nicht wie gewöhnlich auf ihr Lager verlegte, sondern auf Kopf stellte, so daß gewissermaßen die Lagerfugen senkrecht und die Stoßfugen wagerecht verlaufen. Bei dieser Anordnung klemmen sich die einzelnen Steine, oft durch Keilwirkungen unterstützt, recht fest und bieten dem Wasserandrang außerordentlichen Widerstand. Besonders gut eignen sich zu diesen Packungen die lagerhaften Bruchsteine, wie Tonschiefer, Grauwacke und dergleichen; aber auch Kalk-, Diabas-, Granit-, Porphy- und Syenitgesteine — letztere kamen bei unserer Linie in Frage — haben sich mit gutem Erfolge verwenden lassen. Der Fuß der Packung greift in die Sohle des Bettes hinein und wird durch Steinvorwurf gegen Unterspülung gesichert, wozu meistens die bei Ausführung der Packungen als ungeeignet verworfenen Steine bequem Verwendung finden können. Eine Befestigung der Sohle hat sich bei dieser Ausführungsweise als überflüssig erwiesen. Jedenfalls sollte man, wenn die Sicherung des Flußbettes durch Sohlschwelle für notwendig erachtet wird, zwischen ihnen Pflaster versehen. Hierdurch werden infolge der Gleichartigkeit der Flächen und der gleichmäßigen Reibung zwischen Wasser und Flußbett unregelmäßige Stöße des Wassers und Auswaschungen des Bettes vermieden. Das Kubikmeter der eben beschriebenen Packungen, einschließlich Lieferung der Steine, kostet etwa 18 *M.* Sie haben sich gut bewährt; Ausbesserungs- und Unterhaltungskosten entstehen so gut wie gar nicht.

Kurz vor dem Verlassen des weimarischen Gebietes überschreitet die Bahn die Ilm und zieht sich am linken Ufer weiter in die Höhe. Hier liegt die Bahn auf eine Länge von etwa 2 km in gothaischem Staatsgebiete, ebenso der Bahnhof Manebach; dann tritt sie wieder in weimarisches Gebiet über und folgt dem Ilmtale unter mehrfachen, kostspieligen Verdrängungen der Ilm und der neben ihr liegenden weimarischen Staatschausee. Auf dieser Zwischenstrecke machten sich an einem scharf vorspringenden Felskopf trotz Einlegung eines Halbmessers von 200 m umfangreiche Fels-

arbeiten notwendig. Im ganzen waren in dem Einschnitte 30 000 cbm ausschließlich aus Granit bestehender Felsmassen zu sprengen. Allerdings waren die Steine sowohl als Mauersteine, wie zu Wege- und Oberbauschotter gut verwendbar, so daß die nächstliegenden Bauwerke und Streckenteile von ihm versorgt werden konnten.

Wegen der in der Nähe liegenden Gebäude wurde hier, unseres Wissens zum erstenmal, ein neues Sprengmittel, sogenanntes C-Pulver<sup>2)</sup> angewendet, das gegenüber der Dynamit-Sprenggelatine den Vorzug besitzt, daß die abgesprengten Felsstücke nicht so weit fortgeschleudert werden. Der neue Stoff wirkt ähnlich, jedoch schärfer, wie Pulver, hebt die umliegende Felspartie nur empor, so daß sie vermittels Pickel und Schlegel vollends losgelöst und zerschlagen werden kann. Der neue Sprengstoff kann daher, besonders für kleine Nacharbeiten, Aussprengungen der Gräben usw. empfohlen werden und hat besonders seinen Zweck, die benachbarten Grundstücke vor Beschädigungen durch losgesprengte Felsstücke zu schützen, gut erreicht.

Dicht hinter dem Felseinschnitt ist ein Haltepunkt, Meyersgrund, hauptsächlich für den Sommerreiseverkehr von und nach der Schmücke und dem Schneekopf angelegt worden. In Stützerbach, km 10, folgt der nächste Bahnhof. Die Linie tritt hier ein kurzes Stück in das preußische Gebiet über, kehrt nochmals in weimarisches Gebiet zurück und verbleibt dann vom km 11,5 ab überhaupt in Preußen.

Oberhalb des Dorfes Preußisch-Stützerbach war zur Gewinnung von Wasserkraft ein 2,18 ha großer, von der Lengwitz, einem Zufluß der Ilm, durchflossener Stauteich angelegt. Da er die ganze Talbreite einnahm, so schien sich in ihm der Fortführung der Bahn ein schwer überwindbares Hindernis entgegenzustellen, wenn anders man sich nicht entschließen wollte, die Ortshöhe zu verlassen und den Bahnhof Stützerbach am Hange anzulegen. Nähere Nachforschungen ergaben jedoch, daß die in dem Teiche aufgespeicherte Wasserkraft durch Anlegung eines Wehres in der Lengwitz wiedergewonnen werden konnte. Die Kosten für Beseitigung des Staudammes und des Teiches erschienen daher nicht erheblich. Nach längeren Verhandlungen gaben die beteiligten Landespolizeibehörden (Preußen und Weimar) ihre Zustimmung zum Fortfall des Teiches, so daß der Entwurf auf dieser Grundlage ausgearbeitet werden konnte. Die Bauarbeiten an dieser Stelle boten keine besonderen Schwierigkeiten. Die durch jahrhundertelange Ablagerungen entstandene Schlamm-schicht des Teiches trocknete nach Abfluß des Wassers bald aus, und der Bahndamm konnte ohne weiteres mitten durch das Teichgelände hindurch aufgeschüttet werden.

Gleich hinter dem früheren, jetzt in einen Park umgewandelten Teiche verläßt die Linie die Lengwitz und wendet sich in südwestlicher Richtung dem Göpfersbache zu. Hier beginnt die erste 1,2 km lange Steilrampe mit einer Steigung  $1:16,67 = 60 \text{ vT.}$  Als Maschinenumsatzstelle für die Bergfahrt — an der Reibungsstrecke steht die Maschine an der Spitze, auf der Zahnstangenstrecke am Schluß des Zuges — dient Stützerbach, obgleich bis zur Einfahrt in die Zahnstangenstrecke noch etwa 4 km Reibungsstrecke in Steigung  $1:40$  dazwischenliegen. Im Tale des Göpfersbaches

2) Hergestellt von der oberschlesischen Aktiengesellschaft für Fabrikation von Schießwolle in Kriewald bei Gleiwitz.

steigt die Linie unablässig bis zum Rennsteig, dem uralten, einst Thüringen und Franken scheidenden Grenzweg, der sich in außerordentlich langer Ausdehnung immer auf dem Kamm des Gebirges hinzieht. Hier erreicht die Bahn ihren höchsten Punkt. Da auf beiden Seiten des Rennsteigs Zahnstangenstrecken anschließen und auf ihnen zur Vermeidung von Zugzerreißen, die bei den starken Gefällverhältnissen eine recht große Gefahr in sich bergen, unbedingt die Maschine an dem unteren, talseitigen Zugende stehen muß, so wäre hier auf dem Rennsteig eigentlich eine Umsatzstelle für Maschinen notwendig gewesen.

Diese zeitraubende Unbequemlichkeit für den Betrieb kann jedoch an derartigen Scheitelpunkten<sup>3)</sup> durch die Anlage eines Kopfbahnhofes, einer Spitzkehre vermieden werden.

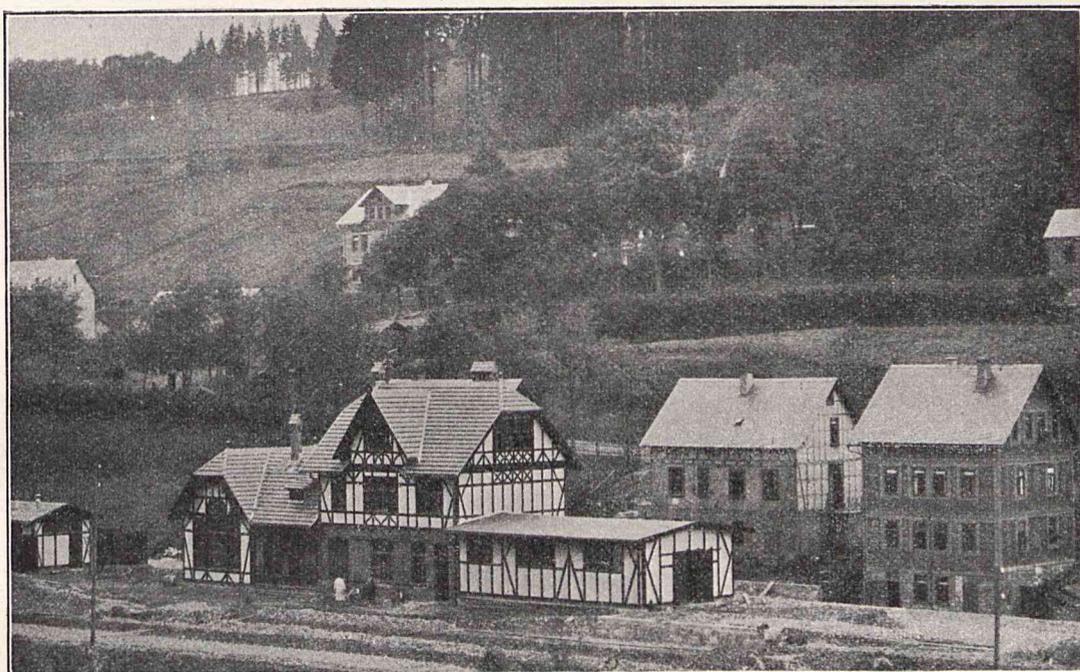


Abb. 1. Bahnhof Stützerbach (während des Baues).

Man wählte diese Form daher auch für den hier oben anzulegenden Bahnhof (vgl. Abb. 11 Bl. 33). Der von beiden Richtungen bergwärts mit der Maschine am hinteren Ende einführende Zug verläßt — nach entsprechendem Wechsel der Zugsignale — talwärts ausfahrend den Bahnhof mit der Maschine an der Spitze, ohne daß Verschiebewegungen notwendig werden. Wäre eine Umsatzstelle in Durchgangsform gewählt, so wäre eine Wagerechte von 110 m (größte Zuglänge) + 2 · 45 (für die beiden Weichen) = 200 m Länge, und zwar quer über den Gebirgskamm notwendig gewesen; die Linie wäre allerdings um 0,5 km kürzer geworden, während jetzt die Bahnhofswagerechte parallel mit den Höhenlinien liegt, also größere Erdarbeiten vermieden werden. Die Spitzkehre ist außerdem auf die einfachste Weise zu einer Kreuzungsstation ausgebaut worden. Ihre Gleisanlagen liegen wie die der übrigen Bahnhöfe gemäß den Technischen Vereinbarungen § 34,<sup>2</sup> wagerecht oder höchstens 2,5 vT. geneigt und sind nur mit Reibungsoberbau ausgestattet, so daß also die schwierigen, verwickelten Weichen mit Zahnstangenoberbau vermieden sind.

3) Vgl. O. Blum, Zeitschrift f. Bauw. 1903.

Vom Gipfelpunkte geht es in fortwährendem Gefälle von 60 vT. hinunter, zunächst bis Bahnhof Schmiedefeld, der in dem engen Tale nur mit Mühe angelegt werden konnte, und dann weiter bis km 19,2. Hier, am Endpunkt der Steilrampe, ist zum Umsetzen der Maschine eine Ausweichstelle, Thomasmühle, angelegt worden, die zugleich für die Forstverwaltung als Holzverladestelle ausgebaut ist. Auf der vorhergehenden Zahnstangenstrecke von Schmiedefeld bis Thomasmühle ist eine etwa 1,5 km lange Reibungsstrecke mit Steigungen 1:100 und 1:40 eingelegt, auf welcher der Zahnoberbau beibehalten worden ist, und welche daher ohne Umsetzen der Lokomotive durchfahren wird. An der von Thomasmühle ab anschließenden Reibungsstrecke folgen die Bahnhöfe Schleusinger-Neundorf und Hinternah. Den Schluß der Linie in der Flur Schleusingen bildet eine nochmals 1:16,67 absteigende Zahnstangenrampe mit der Umsatzstelle Schleusingen-Ost an ihrem oberen Ende. Diese wurde auf Antrag der Stadt Schleusingen zu einem Personhaltepunkte ausgebaut, so daß also die Züge jetzt auch bei der Talfahrt hier halten.

Dieser letzte Streckenabschnitt konnte sowohl als Reibungs- wie auch als Zahnstangenstrecke ausgebaut werden. In betrieblicher Hinsicht und im Interesse einer einheitlichen Ausgestaltung der ganzen Bahnlinie hätte wohl die erstere Lösung den Vorzug verdient. Die durchaus erstrebenswerte Verminderung der Baukosten gab

jedoch bei den an sich knappen Baumitteln für die Wahl der Steilrampe mit Zahnstangenoberbau den Ausschlag.

Zur Herstellung des Bahnkörpers wurde etwa die Bewältigung von 500 000 cbm Bodenmassen notwendig, also von etwa 16 000 cbm auf 1 km. Sie bestanden zu 55 vH. aus Felsen: Granit, Syenit, Porphyry und ähnlichen postgranitischen Eruptivgesteinen. Der Preis für Lösen und Einbauen der Massen betrug in den vier Losen im Durchschnitt 1,15  $\mathcal{M}$  für 1 cbm. Bauwerke wurden im allgemeinen nur in geringer Zahl und von mittlerer Größe erforderlich. Im ganzen wurden 11 800 cbm Mörtel- und Trockenmauerwerk (einschließlich der Steinpackungen) ausgeführt, etwa 390 cbm auf 1 km. Bei den Bauten fanden fast durchweg Bruchsteine Verwendung, die in den Einschnitten oder in der unmittelbaren Nähe in vorzüglicher Beschaffenheit gewonnen wurden. Hauptsächlich waren es einzelne größere Felsköpfe bei Meyersgrund und bei Schmiedefeld, von denen aus die Strecke mit Bausteinen versorgt wurde. Die Benutzung von Ziegelsteinen empfiehlt sich wegen des rauhen und feuchten Klimas in den thüringischen Gebirgsgegenden nicht. Sie sind auch meist gar nicht, oder wenigstens nicht in einwandfreier Beschaffenheit in der Nähe zu bekommen, so daß ihre Anfuhr schon

allein große Kosten verursacht. Eine gewisse Schwierigkeit liegt allerdings in der Beurteilung der beim Bahnbau aufgeschlossenen oder in der Nähe gebrochenen Gesteinsarten, ob ihre Schichtung und ihr Gefüge eine Bearbeitung zu Bausteinen zuläßt, ob sie genügende Druckfestigkeit besitzen und der Witterung und dem Frost standhalten. Um hierbei folgenschwere Mißgriffe zu vermeiden und um schon bei Aufstellung der Verdigungsunterlagen einen sicheren Anhalt zu gewinnen, sind Steinproben rechtzeitig vorher an die Prüfungsanstalt in Charlottenburg, jetzt in Groß-Lichterfelde, gesandt worden. Die dortige Untersuchung ergab eine Druckfestigkeit von 2000 kg/cm, ferner eine vollkommene Frostbeständigkeit, so daß der Verwendung der Steine nichts im Wege stand.

hat sich schon jetzt als notwendig erwiesen, die geputzten Fachwerkwände wenigstens auf der Wetterseite mit Schalung oder Schiefer gegen Nässe zu schützen. Die Häuschen machen in ihrer lebhaften Holzarchitektur einen recht freundlichen Eindruck und bilden eine Zierde der Gegend. Sie sind in verschiedenen Größen, je nach den Bedürfnissen, zur Ausführung gekommen (vgl. Text-Abb. 1, 2 u. 3). Einschließlich Güterschuppen und Laderampe schwanken ihre Kosten bei teilweise tiefen Grundmauern zwischen 25 000 und 35 000 *M.*

Oberbau. Für den Oberbau auf den Reibungsstrecken ist aus wirtschaftlichen Grundsätzen altbrauchbares Material verwendet worden und zwar Schienenform 6<sup>b</sup>, 33,4 kg auf 1 m Länge schwer, und eiserne Querschwellen 2,5 m lang

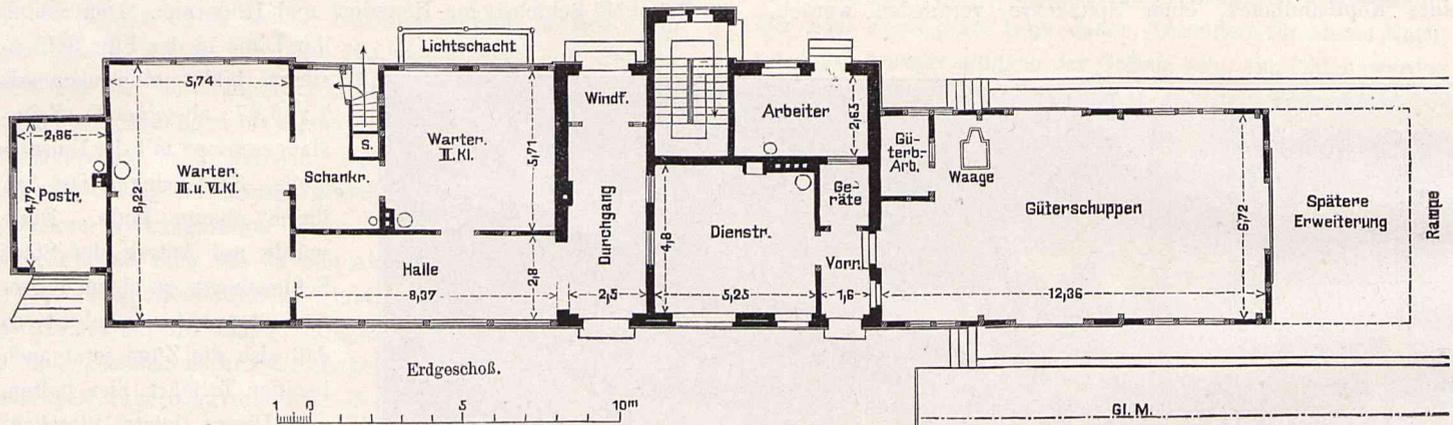


Abb. 2. Stationsgebäude in Schmiedefeld.

Bei den Hochbauten auf den Bahnhöfen — das Empfangsgebäude dient im ersten Stockwerk zugleich als Wohngebäude für den Vorsteher — hat man sich an die sonst übliche Bauweise der dortigen Gebirgsdörfer angeschlossen: im Sockelgeschoß massiv, im oberen Stock Fachwerk, ausgesetzt mit Schwemmsteinen. Ein völlig massives Haus hätte den Nachteil, daß es bei dem stets hohen Feuchtigkeitsgehalt der Ge-

und je 12 Stück auf eine Schienenlänge von 9 m verteilt. Die Weichen sind fast durchweg neu.

Auf den Zahnstangenstrecken ist sowohl für den Reibungs- wie auch für den Zahnoberbau neues Material beschafft, um eine möglichst genaue Lage der beiden Systeme zueinander zu erreichen. Der gesamte Oberbau besteht aus Eisen, hölzerne Querschwellen sind für Zahnstangenoberbau wegen ihrer Nachgiebigkeit nicht verwendbar.

Die Zahnstange ist eine stehende Plattenstange nach der Bauart von Roman Abt und besteht aus zwei Lamellen (vgl. Abb. 1 bis 7 Bl. 33). Die Eisenbahnverwaltung hat die Zahnstange nach der Bauart von Abt gewählt, trotz der nicht vereinzelt Stimmen, die sich mehr für die Leiterstange nach dem Muster der von Riggenbach aussprachen.<sup>4)</sup> Sie stützte sich dabei hauptsächlich auf die Erfahrungen der Linie Blankenburg-Tanne, die in ihren Steigungsverhältnissen sowohl, wie in ihren Verkehrsbedingungen mit unserer Strecke eine große Ähnlichkeit besitzt.<sup>5)</sup> Auch sind die in den angegebenen Veröffentlichungen hervorgehobenen oder befürchteten Mängel der Abtschen Zahnstange fast gar nicht in die Erscheinung getreten, während sie vor der Riggenbachschen oder Bissingerschen bedeutende Vorzüge besitzt.<sup>6)</sup> Gegenüber dem im Harz verlegten Oberbau konnten verschiedene Verbesserungen und Vereinfachungen eingeführt werden. Besonders ist an Stelle der dreiteiligen Stange im Harz eine aus nur zwei Lamellen bestehende Stange verlegt worden. Sie erscheint bei den verhältnismäßig wenig hohen Steigungen als völlig ausreichend und besitzt den Vorzug der Einfach-

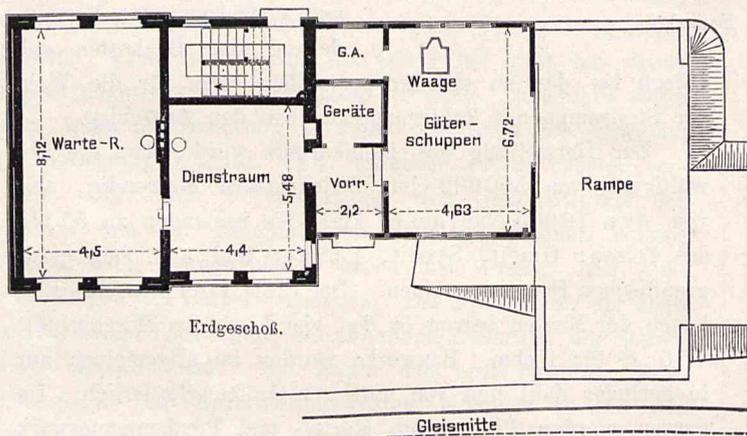


Abb. 3. Empfangsgebäude auf Bahnhof Hinterbahn. 1 : 250.

birgsluft schwer austrocknet. Fachwerk allein bietet andererseits bei den rauhen, mit Niederschlägen verbundenen Winden zu geringen Schutz, so daß es noch besonderer Maßnahmen bedarf, um die Innenräume wirklich wohnlich zu machen. Bei allen Gebäuden sind daher die Fachwerkwände außen mit Terranova-Putz versehen und innen mit einer Gipsdielenwand verkleidet; auf den höchstgelegenen Orten Schmiedefeld und Rennsteig ist der obere Stock außerdem mit Schiefer auf Bretterschalung benagelt. Auch auf den übrigen Stationen

4) Zeitschr. des Ver. deutsch. Ingenieure 1890 S. 121 ff. und 1898 S. 169 ff.

5) Vgl. Zeitschr. f. Bauw. 1886, S. 71.

6) Vgl. Glanz: Organ für Fortschr. 1886 S. 138.

heit. Die wirkliche Länge jeder einzelnen Lamelle beträgt 1796 mm, die Stoßlänge 1800 mm. An jedem Stoß sind also 4 mm Zwischenraum für die Wärmeausdehnung gelassen, während von der anderen durchgehenden Lamelle der sichere Eingriff der Zahnräder gewährleistet wird. Auf jeder Lamelle sitzen bei einer 120 mm betragenden Teilung 15 Zähne. Die kurze Länge der Platten, die bei der zweiteiligen Bauart jetzt allgemein üblich ist,<sup>7)</sup> hat den Vorteil, daß bei einer Entfernung der Schwellen von 900 mm auf jeder Schwelle abwechselnd die eine oder die andere Lamelle gestoßen wird, also ihre Befestigung sich völlig gleichartig gestaltet. Auch beim Schadhafwerden oder Ausbrechen eines Zahnes wird nur der Ersatz eines 1,80 m langen Stückes erforderlich. Die Zähne der Lamellen sind um die Hälfte gegeneinander verschoben. Die Herstellung der Zahnstangen findet in der Weise statt, daß mit dem erforderlichen Profil gewalzte Flacheisenstäbe im Flammofen auf helle Rotglut erhitzt werden und ihnen dann annähernd die Zahnform bis auf 3 mm genau ausgestanzt wird. Die eigentliche Zahnform wird durch Hobeln oder Fräsen gegeben, indem eine ganze Reihe Stäbe, etwa zwanzig Stück, fest aufeinander verbolzt und zusammen von der Maschine bearbeitet werden. Sogleich nach dem Stanzen werden die Stangen gerade gerichtet, ein zweites Richten findet nach völliger Erkaltung statt. Als Material ist Thomasstahl vorgeschrieben mit einer Mindestfestigkeit von 50 kg und einer Mindestdehnung von 18 vH. Die Platten haben eine Höhe von 125 mm, eine Breite von 27 mm und stehen in einer Entfernung von 40 mm lichter Weite voneinander. Die Zahnhöhe beträgt 55 mm, die Zahnstärke in der Teilungslinie 54 mm, die Flanken der Zähne sind 1:4 geneigt.

Damit die Zahnräder der Lokomotiven in den Weichen nicht an die Schienen stoßen, ist eine über Schienenober-

Lamelle statt, der durch Flacheisenlaschen gedeckt wird. Aus den Abb. 6 u. 7 Bl. 33 ergibt sich, daß die ganze Anordnung des Zahnoberbaues sich durch große Einfachheit und Regelmäßigkeit auszeichnet. Auch in den Bogen sind überall dieselben Schwellen, Stühle und Lamellen benutzt; die Lamellen schmiegen sich bequem den erforderlichen Krümmungen an. Die zweiteilige Zahnstange, einschließlich der zur betriebsfertigen Verlegung erforderlichen Teile, wie Laschen, Federlinge, Kopf- und Fußbolzen wiegt 52 kg für 1 m Länge. Eine einzelne 1,8 m lange Lamelle hat ein Gewicht von 33,66 kg, ein Stuhl von 10,07 kg.

Die Länge der zum Zahnstangenoberbau gehörigen Reibungsschienen, die ein Vielfaches der Schwelleneinteilung, gleich der halben Lamellenlänge, betragen muß, ist auf 12,60 m bemessen worden. Die Schienen, Profil 10<sup>a</sup>, 31,16 kg für 1 m Länge, sind in dieser Länge besonders gewalzt. Am schwebenden Schienenstoß beträgt die Entfernung der Stoßschwelle 45 cm. Um hierdurch nicht eine Unterbrechung der gewöhnlichen Lamellenlängen zu erhalten, ist außerdem auf einer Seite daneben ein weiterer Schwellenabstand von 45 cm eingefügt. Die zwischen den beiden halben Abständen liegende Schwelle dient nicht zur Befestigung der Zahnstangen. Unter jeder einzelnen Schwelle ist in einer Entfernung von 0,375 m von der Gleisachse zu beiden Seiten ein Winkel-eisenstück befestigt worden, um die Bettung von der Zahnstange fernzuhalten (vgl. hierzu Querschnitte Abb. 8 u. 10 Bl. 33). Würde die Schwelle auf ihre ganze Länge unterstopft, so könnte, bei Belastung der Reibungsschienen infolge Durchbiegung der Schwellenmitte nach oben, die Zahnstange gehoben und hierdurch ein Aufsetzen der Zahnräder verursacht werden. Vielleicht gewährt die Anordnung der Kieswinkel und die dadurch erreichte hohle Lagerung der Schwellen in der Mitte außerdem den Vorteil einer wenn auch nur geringen elastischen Federung der Zahnstange und einen hierdurch verursachten sanften Eingriff der Zahnräder. Ein völliges Fernhalten der Bettung von der Gleismitte wird durch die Winkel jedoch auf die Dauer nicht erreicht. Die Erfahrung wird lehren, ob man nicht vielleicht von der Anbringung dieses Schutzmittels ganz absehen kann.

Aus Gründen der Betriebssicherheit und mit Rücksicht auf die Ausrundung ist der Zahnstangenoberbau an den Übergängen in die steilen Gefälle am unteren Ende 150 und am oberen Ende 50 m in die Reibungsstrecken hinein fortgesetzt.

Der Ein- und Auslauf des Zahnstangenoberbaues wird durch 3 m lange Einfahrten gebildet, die auf Spiralfedern so gelagert sind, daß sie einem senkrechten Druck nachgeben,

in der Längs- und Seitenrichtung jedoch unverschieblich sind (vgl. Abb. 1 bis 3 Bl. 33 und Text-Abb. 5). Unter jeder Einfahrt sind zwei Paare Federn angebracht, von denen das Paar an der Spitze mit je 250 kg, das am Gelenk mit je 300 kg eingespannt ist. Sie sind auf Bügeln von Winkel-eisen mit Platte gelagert, die mit Schraubenbolzen an den Schwellen befestigt sind. Auf diese Weise wird eine sehr einfache Anordnung erzielt und die Verwendung eines Mauerwerkkörpers vermieden. Die ganze Einfahrt im Gewichte von 924 kg kostet 935  $\mathcal{M}$ . An den Einfahrten nimmt die Zahnhöhe bei gleicher Zahnteilung von 30 mm auf 55 mm und die Zahnstärke, in der Teilstrichhöhe gemessen, von 40 mm auf 54 mm zu, um auf diese Art ein richtiges Eingreifen

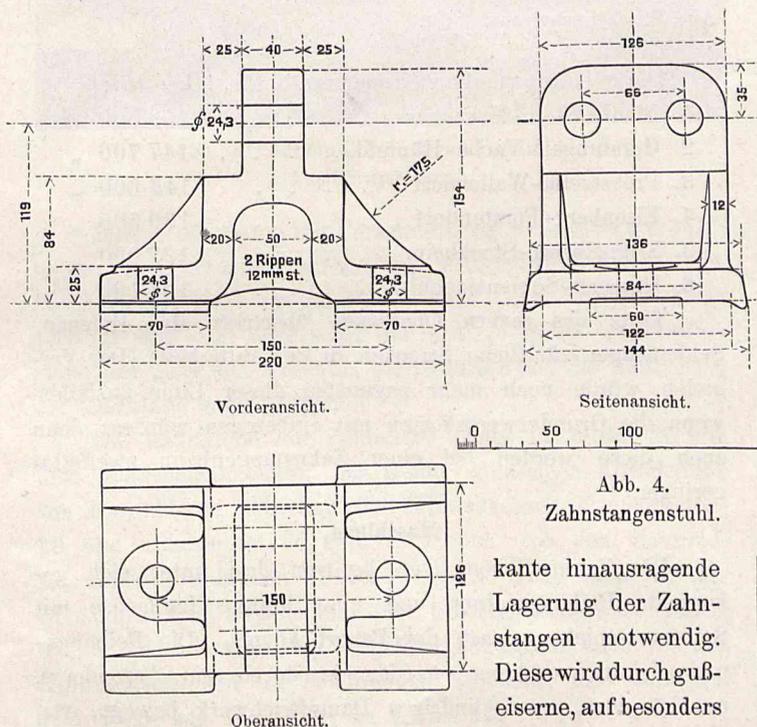


Abb. 4.  
Zahnstangenstuhl.

kante hinausragende Lagerung der Zahnstangen notwendig. Diese wird durch gußeiserne, auf besonders gelochten Schwellen mittels Schraubenbolzen befestigte Stühle (Text-Abb. 4) erreicht. Auf jedem dieser Stühle findet ein fester Stoß je einer

7) Vgl. Eisenbahntechnik der Gegenwart, Band Zahnbahnen S. 48. Zeitschrift f. Bauwesen. Jahrg. LVI.

der Zahnräder zu erleichtern. Die Verbindung der beweglichen Einfahrt mit den festen Zahnstangenplatten wird durch zwei kräftige, seitlich angeordnete etwa 900 mm lange Scharnierstangen bewirkt. Gleich zu Beginn des Befahrens der Zahnstangenstrecke hat sich wegen zu starker Beanspruchung der einzelnen Teile als notwendig erwiesen, die Abmessungen der Scharnierstangen von 15/45 mm auf 20/60 mm und die der zugehörigen Bolzen von 22,5 auf 30 mm Durchmesser zu erhöhen. Die Teile für den Zahnstangenoberbau sind von der Union in Dortmund bezogen worden.

Da bisher über die Kosten der Verlegung von Zahnstangenoberbau keine Erfahrungen vorlagen, so glaubte die Verwaltung von einer Ausschreibung dieser Arbeiten absehen zu müssen und führte sie selbst aus. Unter Leitung eines Bahnmeisters, der sich vorher an der Harzquerbahn über die Eigentümlichkeiten des Zahnstangenoberbaues unterrichtet hatte, hat sich die Maßnahme gut bewährt. Der Oberbau wurde von beiden Seiten nach dem Rennsteig zu, also nur bergseitig vorgestreckt. Zu Anfang wurden in den Zahnstangenstrecken 100 m, später bis 200 m täglich verlegt, im Durchschnitt 150 m.

Von Wert dürfte eine kurze Zusammenstellung der Kosten sein für die Herstellung des Oberbaues auf den Zahnstangenstrecken:

1 km doppelteilige Zahnstange nebst allem Befestigungsmaterial wie Stühle, Laschen usw.	22 200 <i>ℳ</i>
$\frac{1000 \cdot 15}{12,6} = \text{rd. 1190 Stück eiserne Querschwellen mit Lochung für die Befestigung der Stühle und mit den beiden Kieswinkeln}$	8 950 „
2000 m Schienen, Profil 10 <sup>a</sup> (neu)	7 840 „
Kleineisenzeug	2 920 „
Mithin Beschaffung der Oberbaumaterialien ohne Bettung	41 910 <i>ℳ</i>
Hierzu kommen die Kosten für Steinschlag, von dem 1 km Gleis 900 cbm erforderte, zu 4 <i>ℳ</i> für 1 cbm einschließlich Einbauen	3 600 „
und schließlich das Vorstrecken des Gleises zu 2000 bis 3000 <i>ℳ</i> für 1 km	2 500 „
Mithin beträgt der Gesamtpreis für Lieferung und betriebsfertige Herstellung des Zahnstangenoberbaues für 1 km	48 000 <i>ℳ</i>

Diesen hohen Anlagekosten, die fast das Doppelte des Reibungs oberbaues erreichen, stehen auf der andern Seite große Ersparnisse auf den Zahnstangenstrecken gegenüber. Die Baukosten für den Bahnkörper bis zu seiner Krone werden in fast allen Bautiteln durch das erhöhte Anschmiegsvermögen der Steilrampen an das Gelände herabgemindert.

Außerdem wird die Unterhaltung des Oberbaues, und zwar unabhängig von mehr oder weniger starker Steigung, wesentlich geringere Jahreskosten erfordern, als bei reinen Reibungsstrecken, auf denen in starken Gefällen, und zwar außerordentlich wachsend mit dem Steigungsverhältnis, die Abnutzung des Gestänges einen großen Kostenaufwand verursacht. Verteuernd könnte vielleicht der Umstand einwirken, daß Fahrwege die Bahn nicht in Schienenhöhe kreuzen dürfen, wenigstens nicht bei Abtschen Zahnstangen, und daß infolgedessen mehr Bauwerkskosten für Unter- und Überführungen entstehen können.

Zu einem Vergleich hinsichtlich der Baukosten mögen einige andere in den letzten Jahren erbaute Gebirgsbahnen des Thüringer Waldes herangezogen werden.

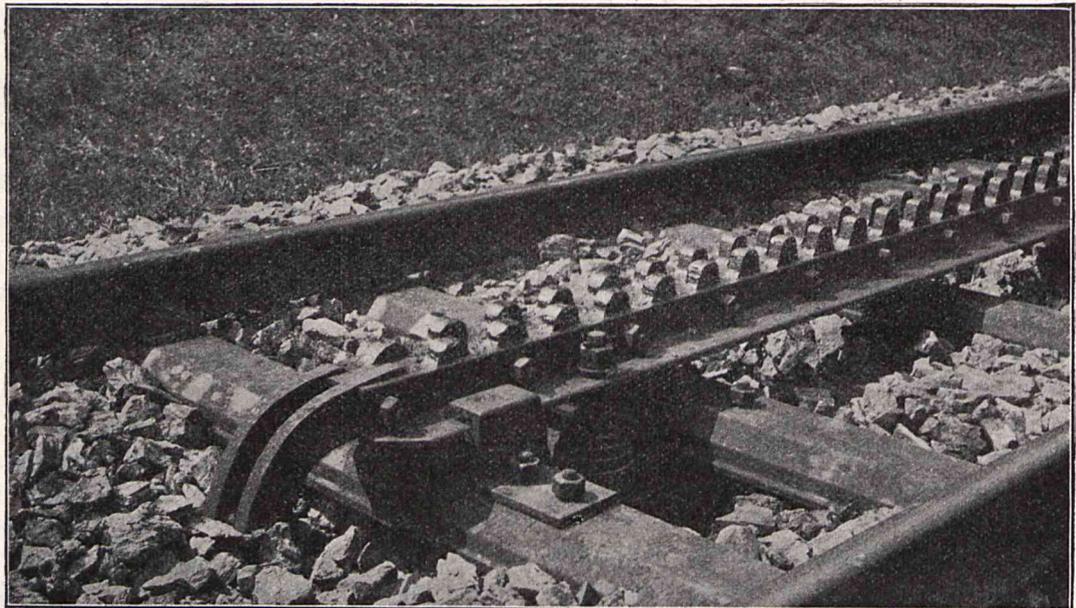


Abb. 5. Zahnstangeneinfahrt.

Diese betragen ohne Grunderwerb für 1 km bei:

1. Blankenstein-Marxgrün	163 500 <i>ℳ</i>
2. Gerstungen-Vacha-Hünfeld	147 700 „
3. Probstzella-Wallendorf	143 600 „
4. Eisenberg-Porstendorf	130 500 „
5. Köppelsdorf-Stockheim	127 000 „
6. Ilmenau-Schleusingen	104 100 „

Trotz des teuren Oberbaues übertrifft also Ilmenau-Schleusingen sämtliche Strecken in der Billigkeit. Der Vergleich würde noch mehr zugunsten dieser Linie ausfallen, wenn die Grunderwerbskosten mit einbezogen würden; denn auch diese werden bei einer Zahnstangenbahn zweifellos geringer.

#### Maschinen.

Die Zahnradlokomotiven besitzen drei unter sich gekuppelte Reibungsachsen und eine hintere Laufachse mit Seitenverschiebung nach der Bauart Adams. Die Reibungs- und Zahnradmaschinen werden je durch ein besonderes, unabhängiges, zweizylindriges Dampftriebwerk bewegt, von denen das erstere außerhalb, das letztere innerhalb des Rahmens gelagert ist. Das Zahntriebwerk liegt in einem besonderen Rahmen und besteht aus zwei Zahnrädern mit daneben liegenden Bandbrems scheiben. Der Rahmen für das Zahntriebwerk ist auf der Trieb- und der ersten Kuppelachse

gelagert. Er ist von der Reinigungsgrube aus leicht abnehmbar, so daß dann die Lokomotive als gewöhnliche Tendermaschine verwendbar ist.

Jedes der beiden Zahnräder hat zwei Zahnkränze mit je 18 Zähnen, die entsprechend der Zahnstange bei 120 mm Teilung um die Hälfte gegeneinander versetzt sind. An jedem Rade kommen also 36 Zähne nacheinander mit 60 mm Teilung zum Eingriff. Der Halbmesser der Zahnräder beträgt 344 mm im Teilkreise. Der Teilstrich der Zahnstangen liegt 55 mm über Schienenoberkante, die Mittellinie der Zahnradachsen demnach 399 mm.

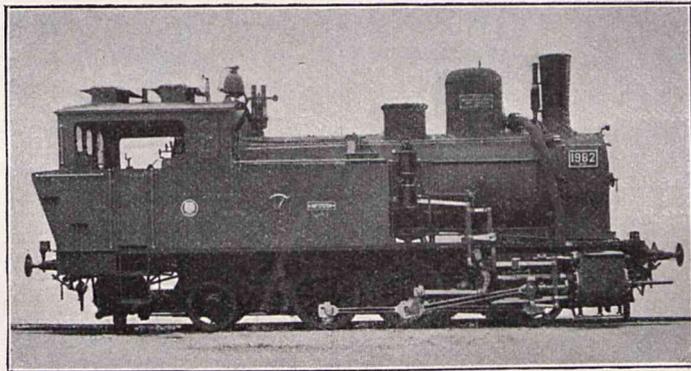


Abb. 6. Zahnradlokomotive, Bauart Abt. Ausführung Eßlingen.

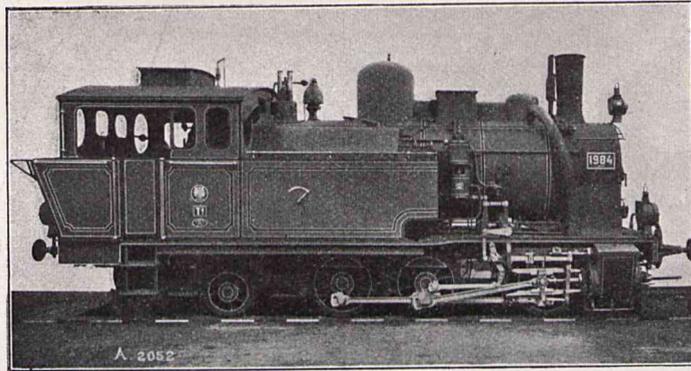


Abb. 7. Zahnradlokomotive, Bauart Abt. Ausführung Borsig.

Infolge der durch die Verschränkung gewonnenen doppelt langen Eingriffsdauer konnte der Teilkreisdurchmesser verhältnismäßig klein genommen werden. Als weitere Folge erübrigt sich ein Vorgelege, der Antrieb findet unmittelbar statt, der Gang der Maschine wird ruhiger und die Abnutzung der Radzähne regelmäßiger.

Die Zahnkrone der Zahnräder bleibt im Mittel 25 mm über Schienenoberkante; bei 5 mm zulässiger Abweichung von der richtigen Höhenlage der Zahnradachsen, also höchstens 30 und mindestens 20 mm. Auf den von den Zahnradmaschinen befahrenen Reibungsbahnen darf daher in der Gleismitte kein Gegenstand über Schienenhöhe hinausragen, worauf besonders an den Wegeübergängen auf allen von den Zahnradmaschinen zu befahrenden Strecken, also auch auf dem Wege zur Werkstatt, zu achten ist.

Mit Bremsrichtungen sind die Lokomotiven ausgiebig ausgerüstet. Die Bremsung der Personenwagen geschieht mittels Westinghousebremse, für die Achsen des Reibungstriebwerks ist außerdem eine Wurfbremse angebracht; unabhängig von diesen beiden kann das Zahnradtriebwerk durch

eine Bandschraubenbremse in seiner Bewegung gehemmt werden; und schließlich dient zur Regelung der Fahrgeschwindigkeit auf den steilen Gefällstrecken die dritte unabhängige, auf den Reibungs- und Zahnstrecken anwendbare Rückdruckbremse nach der Bauart Riggensbach. Weil der Wasserstand an der Hinterwand der Feuerkiste auf den steilen Strecken, je nachdem der Schornstein berg- oder talwärts steht, um 340 mm wechselt, so sind die Wasserstandsgläser an der Mitte des Kessels, etwa 3 m vom Führerstand entfernt, angebracht. Durch Laternen hinter den Gläsern und durch Schauröhren ist für Erkennbarkeit des Wasserstandes auch bei Dunkelheit, Regen und Nebel gesorgt worden.

Die ersten drei Maschinen sind von der Maschinenfabrik Eßlingen beschafft; in neuerer Zeit hat die Maschinenfabrik von Borsig die Lieferung weiterer drei Lokomotiven übernommen. Die beiden Bauarten sind auf Bl. 34 u. 35 im Atlas und durch Text-Abb. 6 u. 7 dargestellt.

Die Hauptabmessungen und Leistungen sind folgende:

	Eßlingen	Borsig
Heizfläche . . . . .	122,78 qm	129,0 qm
Rostfläche . . . . .	2,113 „	2,1 „
Kesselüberdruck . . . . .	12 Atm	12 Atm
Reibungsdampfzylinder-		
durchmesser . . . . .	470 mm	470 mm
Kolbenhub . . . . .	500 „	500 „
Zahnradampfzylinder:		
Durchmesser . . . . .	420 „	420 „
Kolbenhub . . . . .	450 „	450 „
Durchmesser der Reibungsräder	in der Lauf- stelle	1080 „
Durchmesser der Laufräder . . . . .		
Durchmesser der Zahnräder im Teilkreis . . . . .	688 „	688 „
Fester Radstand der Lokomotive . . . . .	3250 „	3250 „
Gesamter Radstand der Lokomotive . . . . .	5050 „	5050 „
Abstand der Zahnradachsen . . . . .	930 „	930 „
Abstand der Reibungszylinder . . . . .	2060 „	2060 „
Abstand der Zahnzylinder . . . . .	784 „	784 „
Höhe der Kesselmitte über Schienenoberkante . . . . .	2250 „	2315 „
Wasserraum . . . . .	4,8 cbm	4,8 cbm
Kohlenraum . . . . .	1200 kg	1200 kg
Dienstgewicht . . . . .	55,885 t	58,45 t

In Anlehnung an aufgestellte Berechnungen sind aus praktischen Rücksichten folgende Beziehungen zwischen Last und Geschwindigkeit festgesetzt worden:

Fahr- geschwindigkeit in km/Stunde	Zahl der beladenen Achsen und der Tonnen ausschließlich der Lokomotive			
	Achsen		Tonnen	
	1 : 20		1 : 16,67	
10	22	165,0	18	135
12	20	150,0	16	120
15	17	127,5	14	105

**Betrieb.**

Der Betrieb ist auf gemischten Strecken insofern un-  
bequem, als die Züge auf den Reibungsstrecken gezogen, auf  
den Zahnstangenstrecken bei der Bergfahrt gedrückt werden,  
die Maschinen also bei Beginn der Zahnstangenstrecken an  
das Ende der Züge umsetzen müssen.

Am talseitig gelegenen Eingang der Steilrampen sind  
daher Ausweichstellen notwendig, die zweckmäßig mit den  
sonst erforderlichen Bahnhöfen zusammengelegt werden. Von  
Ilmenau aus bildet Stützerbach diese Umsatzstelle. Die Fahr-  
zeuge verbleiben, dann infolge der Spitzkehre im Scheitel, bis  
zum Endziel in derselben Reihenfolge.

In umgekehrter Richtung muß der von Themar an-  
kommende Zug in Schleusingen seine Maschine ans hintere  
Ende setzen, in Schleusingen-Ost fährt die Maschine wieder  
nach vorn, in Thomasmühle wieder nach hinten und verbleibt  
so bis Ilmenau.

Bei gemischten Zügen kommt noch der Übelstand hinzu,  
daß die Personenwagen wegen der Luftdruckbremsen und  
im Winter auch wegen der Heizung an der Maschine stehen  
müssen. An den Umsatzstellen müssen daher bei der Berg-  
fahrt die Wagen verschoben werden. Dies geschieht am  
zweckmäßigsten in folgender Weise:

Der Zug fährt in Gleis I ein, die Maschine fährt durch  
das Umlaufgleis II herum, setzt die Güterwagen in Gleis II,  
dann auch die Personenwagen, in denen sich inzwischen der  
Personenverkehr abgewickelt hat, und kuppelt zusammen.  
Dieses Verschiebgeschäft erfordert jedesmal etwa 8 bis  
10 Minuten, so daß es sich als äußerst erstrebenswert er-  
wiesen hat, im Interesse schnellerer Zugfahrten die gemischten  
Züge ganz aufzugeben und nur reine Personen- oder Güter-  
züge zu fahren. Auf den Steilrampen wurde zunächst eine  
Höchstgeschwindigkeit von 15 km in der Stunde, später von  
20 km zugelassen, der gegenwärtige Fahrplan enthält eine  
Grundgeschwindigkeit von 15 km.

Besonderer Wert muß auf sorgfältige Bremsung der  
Züge gelegt werden. Auf Anordnung der Landesaufsichts-  
behörde (§ 55 (10) der B. u. B. O.) werden auf den Zahn-  
stangenstrecken 50 vH. des Zuggewichts gebremst. Personen-  
wagen werden sämtlich in die durchgehende Bremsung ein-  
bezogen. Um einem Mangel an Güterwagen mit Bremsen  
vorzubeugen, sind die Stationen des Direktionsbezirkes ange-  
wiesen worden, für Ladungen über die Zahnstangenstrecke  
nur Bremswagen zu verwenden.

Die von Direktor Glanz in seiner Druckschrift<sup>8)</sup> auf Grund  
von Erfahrungen auf größeren Studienreisen vorgeschlagene  
und auf der Harzbahn eingeführte durchgehende Bremsung  
der Güterwagen mit der selbsttätigen Luftsaugbremse nach  
Bauart Hardy, zur Erhöhung der talwärts zu bewegenden  
Rohlasten, läßt sich wohl nur bei einem beschränkten Wagen-  
parke anwenden und könnte auf unserer Bahnlinie, weil die  
über die Strecke laufenden Wagen täglich wechseln, nur mit  
großem Kostenaufwande eingeführt werden.

Für beladene Schemelwagen (Langholzwagen) sind auf  
den Zahnstangenstrecken besondere Vorsichtsmaßregeln vor-  
geschrieben: so dürfen Personenwagen nicht unmittelbar mit  
ihnen zusammenstehen; bei Talfahrt müssen die beiden  
Schemel mit Steifkupplung verbunden sein, von der Berg-  
fahrt sind sie, wenn sie nicht mit gewöhnlicher Schrauben-  
kupplung verbunden sind, ganz ausgeschlossen. (Fahrplan-  
vorschriften § 4, 1.) Die Zugsignale sind insofern bemerkenswert,  
als bei geschobenem Zuge die Schlußscheibe oder -Laterne  
von der Maschine getragen wird und nachts am vordersten  
Wagen zwei Laternen angebracht sind. Ebenso muß der auf  
dem vorderen Wagen befindliche Bremser, gemäß § 58 (2)  
der Bau- und Betriebsordnung, bei den Läutetafeln mit der  
Handglocke läuten, während außerdem die Maschine das  
Dampfläutewerk ertönen läßt.

8) Bericht über eine Studienreise nach Österreich-Ungarn, Bos-  
nien usw. von W. Glanz. 1904. Verlag Berlin W. Bogdan Gisevius.

## Ergänzung zur „Vergleichung von Schleusen und mechanischen Hebewerken“.

Von Prüsmann, Regierungs- und Baurat, zugeteilt der Kaiserl. Deutschen Botschaft in Wien.

(Mit Abbildungen auf Blatt 36 u. 37 im Atlas.)

(Alle Rechte vorbehalten.)

In dem Aufsätze „Vergleichung von Schleusen und  
mechanischen Hebewerken“ (vgl. Zeitschr. für Bauwesen  
Jahrgang 1905, S. 500 u. 722) sind vier Hebewerksarten:  
Schleusen, Schwimmer-Hebewerke, Quer- und Längsebenen  
auf ihren wirtschaftlichen Wert untersucht, indem eine ein-  
gehende Erörterung der verschiedenen Eigenschaften der Hebe-  
werke bezüglich Schleusungsdauer und Leistungsfähigkeit  
stattfand und hieraus, unter Zugrundelegung der Kosten für  
Betrieb und Unterhaltung, Verzinsung und Abschreibung,  
etwaiges Wiederaufpumpen des beim Schleusen verbrauchten  
Wassers sowie des Geldwerts für den bei der Schleusung  
eintretenden Zeitverlust, der Kostenbetrag ermittelt wurde,  
welcher bei Durchfahrung eines Hebewerkes oder einer daraus  
gebildeten Hebewerkstreppe auf je ein Schiff entfällt. Nach  
den beigegeführten Zahlenbeispielen erwies sich selbst für Über-

windung größerer Geländegefälle die Anwendung von Schleusen  
am vorteilhaftesten.<sup>1)</sup>

Aus diesen Zahlenbeispielen läßt sich aber nicht genügend  
erkennen, für welche Hubhöhe  $x$  der Hebewerke die größte  
Wirtschaftlichkeit eintritt. Allerdings ist aus Tabelle 6  
S. 522 d. Z.<sup>2)</sup> für Schleusen ersichtlich, daß bei geringen Hub-  
höhen der auf ein Schiff entfallende Anteil der jährlichen  
Betriebs- und Gesamtkosten am kleinsten wird; auch ist  
durch die in Tabelle 10 S. 736 d. Z. gesperrt gedruckten Zahlen  
angedeutet, daß für eine Schleusentreppe von 36 m Gesamt-  
höhe die geringsten Kosten für ein Schiff bei Anwendung

1) Vgl. auch: „Zur Frage der Schiffshebewerke“ im Zentralbl.  
d. Bauw. 1905 S. 581.

2) „d. Z.“ möge im folgenden die Abkürzung sein für Zeitschr.  
f. Bauw. 1905.

von Schleusenhubhöhen  $x = 5$  bis 6 m erreicht werden. Es fehlt aber eine genauere Untersuchung zur Feststellung dieser Hubhöhe  $x$ , bei welcher die geringsten Kosten oder die größte Wirtschaftlichkeit der Hebewerke eintreten. Hierfür sind, wie schon auf S. 508 d. Z. erwähnt wurde, die dort für die größte tonnenkilometrische Leistung (max.  $V \cdot Z$ ) berechneten „günstigsten“ Hubhöhen nicht maßgebend, weil diese nur unter Berücksichtigung der Reisegeschwindigkeit  $V$ , nicht aber des die Wirtschaftlichkeit hauptsächlich beeinflussenden Kostenpunktes bestimmt worden sind.

Die wirtschaftlichen Kosten  $\left(\frac{\text{Kosten}}{\text{Leistung}}\right)$  der in Vergleich gestellten vier Hebewerksarten sollen daher in folgender Ergänzung näher erörtert werden und zwar durch eine allgemeine rechnerische Behandlung. Zu diesem Zweck werden die in d. Z. für verschiedene Hubhöhen  $x$  berechneten jährlichen Betriebs- und Gesamtkosten, ebenso wie der Geldwert für den Schleusungsaufenthalt des Schiffes und die Wasserpumpkosten durch Formeln ausgedrückt, und die hieraus gewonnenen Kostenwerte auf ihre kleinsten Werte untersucht werden. Die Frage lautet: Für welche Hubhöhe  $x$  der Hebewerke sind die wirtschaftlichen Schleusungskosten für ein Schiff bei Durchfahung der ganzen Hebewerkstreppe von  $H$  Meter Gesamthöhe am kleinsten?

#### Schleusen von 4 bis 15 m Hubhöhe.

##### 1. Betriebskosten.<sup>3)</sup>

a) Betriebskosten der Schleusen. Die jährlichen Betriebskosten für einzelne Schleusen mit Hubhöhe  $x$  werden durch eine Kurve ausgedrückt, deren Punkte für  $x = 4$  bis 15 m Höhe durch Tab. 2 S. 516 d. Z. gegeben sind und denen annähernd genau die Gleichung entspricht:  $3500 + 62 \cdot x + 76 \cdot x^2$ , oder es werden für Gesamthöhe  $H$  der Schleusentreppe mit  $\frac{H}{x}$  Schleusen die

jährlichen Betriebskosten der Treppe:

$$I) \quad = H \cdot \left( \frac{3500}{x} + 62 + 76 \cdot x \right).$$

Die größte jährliche Schiffszahl beträgt für Vollbetrieb, d. h. ununterbrochenes Schleusen mit Kreuzung der Schiffe an den Schleusen (diese Annahme möge entsprechend den früheren Berechnungen zunächst beibehalten werden) und bei 270 Tagen zu 15 stündigem Tagesbetrieb nach S. 507 d. Z.

$$= 270 \cdot \frac{15}{24} \cdot \left( \frac{2160}{26,2 + x} \right) = \frac{364500}{26,2 + x}.$$

Demnach wird der für eine Treppe von Höhe  $H$  entfallende Anteil der jährlichen Betriebskosten für ein Schiff:

$$B = \frac{H \cdot \left( \frac{3500}{x} + 62 + 76 \cdot x \right)}{\frac{364500}{26,2 + x}}, \text{ oder:}$$

$$II) \quad B = H \cdot \left( \frac{0,252}{x} + 0,014 + 0,0056 \cdot x + 0,00021 \cdot x^2 \right).$$

Dieser Wert erreicht bei  $x = 5,6$  m sein Minimum, das unabhängig von  $H$  ist, d. h. alle Schleusentreppen von beliebiger Gesamthöhe haben bei 5,6 m Hubhöhe der Schleusen die geringsten Betriebskosten für ein Schiff.

3) Alle Kosten sind in Mark ausgedrückt.

b) Kosten für Schleusungszeitverlust des Schiffes. Für eine Schleuse von Hubhöhe  $x$  ist nach Seite 507 d. Z. die Zeitaufwendung: für Schleusungsdauer  $17,43 + \frac{x}{1,5}$  Minuten und für Warten beim Wechsel des Schiffszuges 5 Minuten, oder zusammen  $22,43 + \frac{x}{1,5}$  Minuten. Hiervon ist abziehen: für den während der Schleusung zurückgelegten 420 m langen Reiseweg die mit 1,1 m/Sek. zu bemessene Zeit, nämlich  $\frac{420}{60 \cdot 1,1} = 6,36$  Min., so daß ein Zeitverlust des Schiffes an jeder Schleuse entsteht von  $16,07 + \frac{x}{1,5}$  Minuten. Da nun die Ruhekosten eines Schiffes während der Betriebszeit<sup>4)</sup> zu 30 Mark und Tag anzunehmen sind, ergibt sich 2 Mark für jede Betriebsstunde und daraus der Geldwert des Zeitverlustes für ein Schiff an jeder Schleuse zu  $(0,536 + 0,022 \cdot x)$  Mark, oder für Durchfahung der ganzen Treppe ist

Schleusungszeitverlust:

$$III) \quad S = H \cdot \left( 0,022 + \frac{0,536}{x} \right).$$

c) Betriebskosten für Wasserpumpen. Obwohl nach den Erörterungen in d. Z. auf das Wiederaufpumpen des beim Schleusen verbrauchten Wassers im allgemeinen kein großes Gewicht gelegt zu werden braucht, mögen die hierfür im Einzelfall bei Schleusen eintretenden Mehrkosten (die bei den übrigen mechanischen Hebewerken wegfallen) in Ansatz gebracht werden. Die Aufzeichnung der Werte für die in Tabelle 7 Seite 523 d. Z. angegebenen Pumpkosten bei Halbjahresbetrieb ergibt eine gerade Linie, wonach die Gesamtpumpkosten für Durchfahung einer Schleuse durch die Gleichung  $(0,20 \cdot x - 0,40)$  Mark und die etwa die Hälfte betragenden Betriebskosten durch  $(0,10 \cdot x - 0,20)$  Mark ausgedrückt werden. Für Gesamthöhe  $H$  werden also die Betriebskosten für ein Schiff

Wasserpumpen (Betriebskosten):

$$IV) \quad P_b = H \cdot \left( 0,10 - \frac{0,20}{x} \right).$$

d) Betriebskosten und Schleusungszeitverlust. Durch Zusammenfassung von II und III ergibt sich die Formel:

$$V) \quad B + S = H \cdot \left( \frac{0,788}{x} + 0,036 + 0,0056 \cdot x + 0,00021 \cdot x^2 \right).$$

Das Minimum ergibt sich bei  $x = 9,15$  m. Dieser Wert ist ebenfalls unabhängig von  $H$ , gilt also für alle Schleusentreppenhöhen.

e) Betriebskosten, Schleusungszeitverlust und Wasserpumpen. Durch Zusammenzählen von II, III und IV folgt:

$$VI) \quad B + S + P_b = H \cdot \left( \frac{0,588}{x} + 0,136 + 0,0056 \cdot x + 0,00021 \cdot x^2 \right)$$

Das Minimum liegt bei  $x = 8,1$  m und ist unabhängig von  $H$ .

##### 2. Gesamtkosten.

a) Gesamtkosten der Schleusen. Ähnlich wie bei den Betriebskosten berechnet sich für die jährlichen Gesamtkosten einer Schleuse nach Tabelle 2 auf Seite 516 d. Z. die Gleichung  $(9160 + 2750 \cdot x + 240 \cdot x^2)$  Mark und

4) Vgl. Sympher „Die wirtschaftliche Bedeutung des Rhein-Elbekanals“ Anlage 12 Seite 13, A. W. Hayns Erben, Berlin.

daraus der für eine Schleusentreppe von Höhe  $H$  auf ein Schiff entfallende Anteil:

$$\text{VII) } G = H \cdot \left( \frac{6,658}{x} + 0,223 + 0,0248 \cdot x + 0,00066 \cdot x^2 \right).$$

Das Minimum wird bei  $x = 4,9 \text{ m}$  erreicht und ist unabhängig von  $H$ .

b) Schleusungszeitverlust bleibt wie Formel III.

c) Gesamtkosten für Wasserpumpen wird doppelt so groß wie Formel IV, oder

Wasserpumpen (Gesamtkosten):

$$\text{VIII) } P_g = H \cdot \left( 0,20 - \frac{0,40}{x} \right).$$

d) Gesamtkosten und Schleusungszeitverlust. Durch Zusammenziehung von VII und III ergibt sich:

$$\text{IX) } G + S = H \cdot \left( \frac{1,194}{x} + 0,245 + 0,0248 \cdot x + 0,00066 \cdot x^2 \right).$$

Bei  $x = 6,05 \text{ m}$  wird das Minimum erreicht, das unabhängig von  $H$  ist.

e) Gesamtkosten, Schleusungszeitverlust und Wasserpumpen. Aus VII, III und VIII folgt Formel:

$$\text{X) } G + S + P_g = H \cdot \left( \frac{0,794}{x} + 0,445 + 0,0248 \cdot x + 0,00066 \cdot x^2 \right)$$

Das Minimum liegt bei  $x = 5,0 \text{ m}$  und ist unabhängig von  $H$ .

Ganz ähnliche Berechnungen wie für die vorstehend behandelten Schleusen wurden auf Grund der Unterlagen in d. Z. für Schwimmer Hebewerke von 10 bis 20 m und für Quer- und Längsebenen von 15 bis 100 m Hubhöhe ausgeführt, deren Wiedergabe im einzelnen entbehrlich ist. Es sind vielmehr nur die Endergebnisse als Formeln in der folgenden Tabelle a, und zwar getrennt für Betriebs- und Gesamtkosten, zusammengestellt.

Nach diesen Formeln sind zum Zweck der Darstellung der Verschiedenheit bei mittleren und hohen Treppen zwei Beispiele, nämlich für 36 m und für 100 m Gesamthöhe  $H$  vollkommen durchgerechnet und die daraus für die einzelnen Hubhöhen gefundenen Kosten für ein Schiff in den Tafeln I, II und III (vgl. Blatt 36 und 37 im Atlas) zeichnerisch und mit Zahlen versehen eingetragen. Zugleich haben in diesen Tafeln Angaben über die den verschiedenen Hubhöhen entsprechende Leistungsfähigkeit und über die Kosten für die einzelnen nicht zu einer Treppe vereinigten Hebewerke Platz gefunden.

Um einen anschaulichen Vergleich der Wirtschaftlichkeit der vier Hebewerke zu erhalten, sind in Tafel III außer den Zahlenwerten für Quer- und Längsebenen auch die für Schleusen und Schwimmer-Hebewerke in verkleinertem, aber einheitlichem Maßstab zur Darstellung gebracht. Aus dem Verlauf der für alle Hebewerke gleichmäßig mit Nummern 1 bis 8 bezeichneten Kostenlinien folgt der eigentümliche Unterschied, daß die Schleusenkosten sich durch Bogenlinien mit zwei Ästen und einem Minimum auszeichnen, während die übrigen Hebewerke von rechts nach links verlaufende einästige Linien ohne Minimum zeigen, deren geringste Kostenwerte demgemäß erst bei der größten anwendbaren Hubhöhe  $x$  eintreten. Auch ist für Schleusen aus dem weiten Abstand der Kostenlinien 3, 4 und 4<sup>a</sup> ersichtlich, wie die Kosten der Schleusen besonders stark durch Schleusungszeitverlust und Wasserpumpen beeinflusst werden.

Aus den Kostenlinien der vier Hebewerke ergeben sich ohne weiteres für jede beliebige Hubhöhe  $x$  die zugehörigen

Kosten für Durchfahrung der ganzen Treppenhöhe von 36 oder 100 m. Durch Gegenüberstellung der kleinsten Kosten, wobei Schleusen von etwa 6 m und Schwimmer-Hebewerke von etwa 18 m in Frage kommen, folgt die Hauptübersicht über die Wirtschaftlichkeit der vier Hebewerke, nämlich in Tabelle b (S. 367) unter Zugrundelegung der größten Leistungsfähigkeit (Vollbetrieb bei ununterbrochenem Schleusen) und in Tabelle c für den der Wirklichkeit entsprechenden Halbbetrieb, wobei wegen der unvermeidlichen während des Jahres eintretenden Verkehrsschwankungen die wirkliche größte Leistung der Schleusen erfahrungsgemäß mit der Hälfte der größten Leistungsfähigkeit angesetzt wurde.

Hieraus geht die Überlegenheit der Schleusen noch überzeugender hervor, als aus den früheren Berechnungen in d. Z. Selbst für 100 m Gesamthöhe  $H$  bleiben nach Kostenlinie 6 in Tabelle b (S. 367) die niedrigen Betriebskosten  $B + S$  der Schleusen noch unerreicht und erst mit Einrechnung der Aufwendungen für Wasserpumpen (Kostenlinie 6<sup>a</sup>) kommen Quer- und Längsebenen der Schleuse gleich, während Schwimmer-Hebewerke hinsichtlich der Betriebskosten und alle hinsichtlich der Gesamtkosten weit hinter den Schleusen zurückstehen. Noch viel größer wird der Unterschied zugunsten der Schleusen, wenn nach Tabelle c (S. 367) die wirkliche Leistung, wie sie dem tatsächlichen Schiffsbetrieb entspricht, in Rechnung gezogen wird; dann bleiben die Kosten der mechanischen Hebewerke sogar 50 bis 100 v.H. hinter denen der Schleusen und zwar mit Einrechnung des Wiederaufpumpens des Wassers zurück, was seinen Grund darin hat, daß bei der wirklichen Leistung ( $= \frac{1}{2}$  der größten Leistungsfähigkeit) nur die Kosten  $B$  und  $G$  für ein Schiff sich verdoppeln, wogegen die Kosten  $S$ ,  $P_b$  und  $P_g$ , welche gerade für Schleusen verhältnismäßig groß sind bzw. allein in Ansatz kommen, unverändert bleiben.

Auch möge hier nochmals erwähnt werden, daß die Rechnungsannahmen für Schleusen und Schwimmer-Hebewerke den gegebenen Verhältnissen des Dortmund-Ems-Kanals entsprechen und daher als annähernd zutreffend angesehen werden können, wogegen die nach Entwürfen ergänzten Annahmen für Quer- und Längsebenen absichtlich zu günstig für diese gewählt wurden, wonach die Vergleichung bei genauer Feststellung der Kosten der Ebenen noch weit günstiger für Schleusen ausfallen müßte.

Dies überraschende Ergebnis könnte zu Zweifeln Veranlassung geben, ob etwa die der Rechnung zugrunde gelegten Annahmen besonders vorteilhaft für Schleusen sind und ob und wie weit die nachgewiesene Überlegenheit der Schleusen bei Änderung der Rechnungsannahmen ihre Richtigkeit behält. Es erscheint daher notwendig, die Wirtschaftlichkeit der Schleusen für verschiedene Hubhöhen in nachstehender Untersuchung noch eingehender zu erörtern, indem die einzelnen Bestandteile der Kosten hinsichtlich ihres Einflusses auf die gesamten Schleusungskosten geprüft werden. Das ist um so mehr angebracht, als Schleusen im Gegensatz zu mechanischen Hebewerken wie erwähnt weit mehr durch die Nebenkosten des Betriebes (Schleusungszeitverlust und Wasserpumpen) beeinflusst werden, die sich bei Anwendung kleiner Hubhöhen in einer hohen Schleusentreppe vervielfachen, ferner weil die Schleusenkosten für bestimmte Hubhöhen  $x$  ein Minimum aufweisen, das aber nach Tabelle a durch die Nebenkosten

Tabelle a. Formeln für den auf ein Schiff entfallenden Anteil der jährlichen Betriebskosten und Gesamtkosten, ferner der Nebenkosten.

H = zu überwindende Geländehöhe, x = Hubhöhe der Hebewerke. Kreuzung der Schiffe an den Hebewerken. Vollbetrieb an 270 Tagen zu 15 Tagesbetriebsstunden.

Nummer	Hebewerke für Überwindung einer Geländehöhe bis 100 m	B = Betriebskosten G = Gesamtkosten		S = Geldwert für Schleusungszeitverlust		B + S = Betriebskosten + Gesamtkosten und Schleusungszeitverlust		P <sub>b</sub> = Betriebskosten P <sub>g</sub> = Gesamtkosten für Wasserpumpen		B + S + P <sub>b</sub> = Betriebskosten + Gesamtkosten und Schleusungszeitverlust und Wasserpumpen	
		Mark	Mark	Mark	Mark	Mark	Mark	Mark	Mark	Mark	Mark
1	Schleusen mit Hubhöhen x von 4 bis 15 m	$B = H \cdot \left( \frac{0,252}{x} + 0,014 + 0,0056 \cdot x \right)$ Minimum bei x = 5,6 m	$S = H \cdot \left( 0,022 + \frac{0,536}{x} \right)$	$B + S = H \cdot \left( \frac{0,788}{x} + 0,036 + 0,0056 \cdot x \right)$ Minimum bei x = 9,15 m	$P_b = H \cdot \left( 0,10 - \frac{0,20}{x} \right)$	$B + S + P_b = H \cdot \left( \frac{0,588}{x} + 0,136 + 0,0056 \cdot x \right)$ Minimum bei x = 8,1 m	$G = H \cdot \left( \frac{0,658}{x} + 0,223 + 0,0248 \cdot x \right)$ Minimum bei x = 4,9 m	$G + S = H \cdot \left( \frac{1,194}{x} + 0,245 + 0,0248 \cdot x \right)$ Minimum bei x = 6,05 m	$P_g = H \cdot \left( 0,20 - \frac{0,40}{x} \right)$	$G + S + P_g = H \cdot \left( \frac{0,794}{x} + 0,445 + 0,0248 \cdot x \right)$ Minimum bei x = 5,0 m	Die Formeln für die jährlichen Kosten eines Hebewerks sind: **)
		$B = H \cdot \left( \frac{2,680}{x} + 0,166 + 0,0009 \cdot x \right)$ Minimum bei x = 53,7 m, also außerhalb der Anwendungsgrenze									
2	Schwimmer-Hebewerke mit Hubhöhen x von 10 bis 20 m	$B = H \cdot \left( \frac{5,422}{x} + 0,157 + 0,0008 \cdot x \right)$ Kein Minimum *)	$S = H \cdot \left( 0,009 + \frac{1,053}{x} \right)$	$B + S = H \cdot \left( \frac{6,475}{x} + 0,166 + 0,0008 \cdot x \right)$ Kein Minimum *)	—	$B + S + P_b = H \cdot \left( \frac{6,475}{x} + 0,166 + 0,0008 \cdot x \right)$ Kein Minimum *)	$G = H \cdot \left( \frac{18,553}{x} + 0,464 + 0,0025 \cdot x \right)$ (Desgl.)	$G + S = H \cdot \left( \frac{19,606}{x} + 0,473 + 0,0025 \cdot x \right)$ (Desgl.)	—	$G + S + P_g = H \cdot \left( \frac{19,606}{x} + 0,473 + 0,0025 \cdot x \right)$ (Desgl.)	Betriebskosten = 27 000 + 1500 · x
		$B = H \cdot \left( \frac{7,178}{x} + 0,167 + 0,0006 \cdot x \right)$ Kein Minimum *)									
3	Querebenen (1:8 u. v = 0,5 m/Sek.) mit Hubhöhen x von 15 bis 100 m	$B = H \cdot \left( \frac{7,178}{x} + 0,167 + 0,0006 \cdot x \right)$ Kein Minimum *)	$S = H \cdot \left( 0,004 + \frac{0,861}{x} \right)$	$B + S = H \cdot \left( \frac{8,040}{x} + 0,167 + 0,0006 \cdot x \right)$ Kein Minimum *)	—	$B + S + P_b = H \cdot \left( \frac{8,040}{x} + 0,167 + 0,0006 \cdot x \right)$ Kein Minimum *)	$G = H \cdot \left( \frac{24,632}{x} + 0,453 + 0,0018 \cdot x \right)$ (Desgl.)	$G + S = H \cdot \left( \frac{25,494}{x} + 0,454 + 0,0018 \cdot x \right)$ (Desgl.)	—	$G + S + P_g = H \cdot \left( \frac{25,494}{x} + 0,454 + 0,0018 \cdot x \right)$ (Desgl.)	Betriebskosten = 255 300 + 2494 · x - 3,2 · x <sup>2</sup>
		$B = H \cdot \left( \frac{7,178}{x} + 0,167 + 0,0006 \cdot x \right)$ Kein Minimum *)									
4	Längsebenen (1:15 u. v = 1,0 m/Sek.) mit Hubhöhen x von 15 bis 100 m	$B = H \cdot \left( \frac{7,178}{x} + 0,167 + 0,0006 \cdot x \right)$ Kein Minimum *)	$S = H \cdot \left( 0,004 + \frac{0,861}{x} \right)$	$B + S = H \cdot \left( \frac{8,040}{x} + 0,167 + 0,0006 \cdot x \right)$ Kein Minimum *)	—	$B + S + P_b = H \cdot \left( \frac{8,040}{x} + 0,167 + 0,0006 \cdot x \right)$ Kein Minimum *)	$G = H \cdot \left( \frac{24,632}{x} + 0,453 + 0,0018 \cdot x \right)$ (Desgl.)	$G + S = H \cdot \left( \frac{25,494}{x} + 0,454 + 0,0018 \cdot x \right)$ (Desgl.)	—	$G + S + P_g = H \cdot \left( \frac{25,494}{x} + 0,454 + 0,0018 \cdot x \right)$ (Desgl.)	Betriebskosten = 27 000 + 1500 · x
		$B = H \cdot \left( \frac{7,178}{x} + 0,167 + 0,0006 \cdot x \right)$ Kein Minimum *)									

\*) Je höher die Ebene, desto kleiner die Kosten für ein Schiff (x = H). Die Leistungsfähigkeit nimmt aber mit der Höhe ab.

\*\*) Die Kosten für Schleusen sind vorstehend angegeben.

**Tabelle b. Kosten für ein Schiff bei Überwindung einer Geländehöhe von 36 m und von 100 m.**  
Bei größter Leistungsfähigkeit oder ununterbrochenem Schleusen (270 Tage zu 15 Betriebsstunden).

Zu überwindende Geländehöhe $H$	Art der Hebewerke	Betriebskosten						Gesamtkosten						Der Hebewerke <b>größte</b> Leistungsfähigkeit Millionen Tonnen <sup>2)</sup>
		$B$		$B + S$		$B + S + P_b$		$G$		$G + S$		$G + S + P_g$		
		Betriebskosten		Betriebskosten und Schleusungszeitverlust		Betriebskosten, Schleusungszeitverlust und Wasserpumpen		Gesamtkosten		Gesamtkosten und Schleusungszeitverlust		Gesamtkosten, Schleusungszeitverlust und Wasserpumpen		
		Kostenlinie 3		Kostenlinie 4		Kostenlinie 4 <sup>a</sup>		Kostenlinie 7		Kostenlinie 8		Kostenlinie 8 <sup>a</sup>		
Mark	vH.	Mark	vH.	Mark	vH.	Mark	vH.	Mark	vH.	Mark	vH.	Mark	vH.	
36 m	Schleusen . . . . .	3,50	100	7,50	100	9,91	100	18,18	100	22,18	100	27,00	100	für $x = 6 \text{ m} = 4,08$
	Schwimmerhebewerke	11,93	341	13,64	182	—	138 <sup>1)</sup>	41,87	230	43,58	197	—	162 <sup>1)</sup>	für $x = 18 \text{ m} = 3,25$
	Querebenen . . . . .	11,94	341	13,32	178	—	135	38,18	211	39,76	180	—	147	für $x = 36 \text{ m} = 3,20$
	Längsebenen . . . . .	13,82	395	14,69	196	—	149	43,74	241	44,61	200	—	165	für $x = 36 \text{ m} = 2,42$
100 m		Kostenlinie 5		Kostenlinie 6		Kostenlinie 6 <sup>a</sup>		Kostenlinie 9		Kostenlinie 10		Kostenlinie 10 <sup>a</sup>		
	Schleusen . . . . .	9,73	100	20,86	100	27,53	100	50,50	100	61,63	100	74,96	100	für $x = 6 \text{ m} = 4,08$
	Schwimmerhebewerke	33,13	341	37,86	181	—	138 <sup>1)</sup>	116,33	230	121,06	197	—	161 <sup>1)</sup>	für $x = 18 \text{ m} = 3,25$
	Querebenen . . . . .	25,10	258	27,05	130	—	98	86,79	172	88,74	144	—	118	für $x = 100 \text{ m} = 1,97$
Längsebenen . . . . .	28,85	276	27,75	133	—	108	84,65	168	85,55	139	—	114	für $x = 100 \text{ m} = 1,68$	

1) Kostenlinie 4<sup>a</sup> ist mit 4 und Kostenlinie 8<sup>a</sup> mit 8 in Vergleich gestellt. — 2) Ein Schiff ist durchschnittlich zu 360 t Ladung gerechnet.

**Tabelle c. Kosten für ein Schiff bei Überwindung einer Geländehöhe von 36 m und von 100 m.**  
Bei größter wirklicher Leistung =  $1/2$  der größten Leistungsfähigkeit (270 Tage zu 15 Betriebsstunden).

Zu überwindende Geländehöhe $H$	Art der Hebewerke	Betriebskosten						Gesamtkosten						Der Hebewerke <b>wirkliche</b> Leistungsfähigkeit Millionen Tonnen
		$2 \cdot B$		$2 \cdot B + S$		$2 \cdot B + S + P_b$		$2 \cdot G$		$2 \cdot G + S$		$2 \cdot G + S + P_g$		
		Betriebskosten		Betriebskosten und Schleusungszeitverlust		Betriebskosten, Schleusungszeitverlust und Wasserpumpen		Gesamtkosten		Gesamtkosten und Schleusungszeitverlust		Gesamtkosten, Schleusungszeitverlust und Wasserpumpen		
		Mark	vH.	Mark	vH.	Mark	vH.	Mark	vH.	Mark	vH.	Mark	vH.	
36 m	Schleusen . . . . .	7,00	100	11,00	100	13,41	100	36,36	100	40,36	100	45,18	100	für $x = 6 \text{ m} = 2,04$
	Schwimmerhebewerke	23,86	341	25,57	234	—	191 <sup>1)</sup>	83,74	230	85,45	212	—	189 <sup>1)</sup>	für $x = 18 \text{ m} = 1,63$
	Querebenen . . . . .	23,88	341	25,26	230	—	188	76,76	211	78,14	194	—	173	für $x = 36 \text{ m} = 1,60$
	Längsebenen . . . . .	27,64	395	28,51	259	—	213	87,48	241	88,35	219	—	196	für $x = 36 \text{ m} = 1,21$
100 m	Schleusen . . . . .	19,46	100	30,59	100	37,26	100	101,00	100	112,13	100	125,46	100	für $x = 6 \text{ m} = 2,04$
	Schwimmerhebewerke	66,26	341	70,99	232	—	190 <sup>1)</sup>	232,66	230	237,39	212	—	190 <sup>1)</sup>	für $x = 18 \text{ m} = 1,63$
	Querebenen . . . . .	50,20	258	52,15	170	—	140	173,58	172	175,53	157	—	140	für $x = 100 \text{ m} = 0,99$
	Längsebenen . . . . .	53,70	276	54,60	178	—	146	169,30	168	170,20	152	—	136	für $x = 100 \text{ m} = 0,84$

1) Kosten  $B + S + P_b$  sind mit  $B + S$  und Kosten  $G + S + P_g$  mit  $G + S$  in Vergleich gestellt.

erheblichen Veränderungen bezüglich seiner Höhenlage unterworfen ist. Schwimmer-Hebewerke und Ebenen haben dagegen kein Minimum, wenigstens nicht in den Grenzen der anwendbaren Hubhöhen, deshalb treten für diese mechanischen Hebewerke die geringsten Kosten für ein Schiff ein, wenn möglichst die ganze Höhe  $H$  zur Hubhöhe gemacht wird, wobei die Leistungsfähigkeit stark abnimmt, aber der Einfluß der Nebenkosten (Schleusungszeitverlust) entsprechend geringer wird.

#### Besondere Untersuchung für Schleusen.

Alle Formeln  $B$ ,  $G$ ,  $S$  und  $P$  für die vorstehend berechneten Schleusenkosten beruhen auf den auf Seite 501 d. Z.

genannten „Allgemeinen Annahmen“. Hiervon sind: Abmessungen und Abstand der Schleusen, Schiffsgröße mit 600 Tonnen Tragfähigkeit und 360 Tonnen durchschnittlicher Ladung, Kreuzung der Schiffe an den Schleusen und mittlere Schiffsfahrtschwindigkeit 4 km/Stunde oder 1,1 m/Sek. als Annahmen anzusehen, welche den hier in Betracht gezogenen Verhältnissen für Großschiffahrtswege (Dortmund-Ems-Kanal) entsprechen und für die vorliegende Erörterung als unveränderlich gelten können. (Für Kanäle mit kleineren Abmessungen werden sich besonders wegen der leichteren Beweglichkeit der Schiffe andere Rechnungswerte herausstellen und zwar sowohl nach der wirklichen Höhe wie im Ver-

hältnis zueinander.) Andere Annahmen wie: Gesamthöhe der Schleusentreppen, Schleusungszeitverlust, Schiffszug (Wartezeit), Wasserpumpen, Schleusungsdauer, Hubgeschwindigkeit der Schiffe in den Schleusen und Ausnutzung der Leistungsfähigkeit sind dagegen veränderlich und mehr oder weniger von dem Entwurf des Kanals, der Bauart und den Betriebs-einrichtungen der Schleusen sowie von der Verkehrsgröße abhängig. Für diese Annahmen bleibt nachzuweisen, in welchem Maße sie auf die Schleusungskosten und besonders auf die Veränderung der vorstehend berechneten günstigsten Schleusenhöhen von Einfluß sind.

### 1. Höhe der Schleusentreppen.

Die Vergrößerung der Gesamthöhe  $H$  der Schleusentreppen bewirkt für die auf ein Schiff entfallenden Schleusungskosten nicht allein die selbstverständliche mit der Höhe steigende Zunahme der Kosten, sondern zugleich ein stärkeres Hervortreten des Minimums der Kosten. Dies erweist sich aus dem Maß der Krümmung der Kostenlinien  $B$  und  $G$ : in Tafel IV<sup>a</sup> für eine 20 m hohe, in Tafel IV<sup>b</sup> für eine 36 m hohe und in Tafel III für eine 100 m hohe Treppe. Aus dieser Verschärfung der Krümmung folgt, daß die richtige Bemessung der Hubhöhe  $x$  bei größeren Höhen der Schleusentreppen an Bedeutung für die Kosten zunimmt. Die Höhe  $H$  hat aber, wie bereits erwähnt, keinen Einfluß auf die Höhenlage  $x$  des Kostenminimums, vielmehr ist diese ausschließlich abhängig von den Eigenschaften der für die Treppe gewählten gleichen Einzelschleusen und ihrem Betrieb, oder die günstigste Hubhöhe bleibt unverändert, gleichgültig ob viele oder wenige Schleusen zu einer Treppe hintereinander geschaltet werden. In den drei Tafeln IV<sup>a</sup>, IV<sup>b</sup> und III ergeben sich dieselben günstigsten Hubhöhen für das Kostenminimum, nämlich: 5,6 m für  $B$ ; 9,15 m für  $B + S_5$ ; 8,1 m für  $B + S_5 + P_b$ ; ferner 4,9 m für  $G$ ; 6,05 m für  $G + S_5$  und 5,0 m für  $G + S_5 + P_g$ .

### 2. Schleusungszeitverlust, Schiffszug (Wartezeit) und Wasserpumpen.

Der Geldwert für den Schleusungszeitverlust  $S$  und zwar einschließlich der mit 0, 5, 10 und 20 Minuten bemessenen Wartezeit für die an jeder Schleuse sich wiederholende Abgabe und Aufnahme der Schlepptrassen ist in den Tafeln IV<sup>a</sup> und IV<sup>b</sup> durch die Kostenlinien  $S_0$ ,  $S_5$ ,  $S_{10}$  und  $S_{20}$  für Betriebs- und Gesamtkosten dargestellt, und die Kosten für Wasserpumpen sind durch Kostenlinien  $P$  ausgedrückt.

Allgemein ist aus den Werten für Betriebskosten  $B$  und  $(B + S)$  der bedeutende Kostenanteil ersichtlich, der auf den Schleusungszeitverlust entfällt, bei  $S_5$  und bei geringen Höhen  $H$  und niedrigen Schleusen etwa die Hälfte der gesamten Betriebskosten. Diese Kosten bilden den vom Schiffer zu tragenden Teil der im wirtschaftlichen Sinne für ein Schiff aufzuwendenden gesamten Schleusungsbetriebskosten, während die andere allein durch  $B$  ausgedrückte Hälfte dem Kanalbetrieb zur Last fällt. Aus dem Vergleich der Kosten folgt, wie vorteilhaft es zugunsten der Schifferkosten ist, daß durch zweckmäßige Schleusungs- und Schiffszugeinrichtungen der Aufenthalt an den Schleusen möglichst abgekürzt wird.

Für den wenigstens innerhalb der Schleusentreppen vorausgesetzten geordneten mechanischen Schiffszug vom Ufer aus ist eine Wartezeit von fünf Minuten für die Schlepptrassenbedienung angenommen, was bei diesen Einrichtungen nach

den Erläuterungen d. Z. unter Voraussetzung zweckmäßiger Schleusenabstände ausreichend erscheint. Dieser für die vorliegende Untersuchung maßgebende Fall möge zunächst betrachtet und hierbei die wirkliche, mit „Halbbetrieb“ bezeichnete größte Schleusenleistung (vgl. die stark ausgezogenen Linien der Tafeln IV<sup>a</sup> und IV<sup>b</sup>) zugrunde gelegt werden: Die Höhenlage  $x$  des Minimums für Betriebskosten  $B = 5,6$  m wird durch Hinzutritt der Kosten  $S_5$  und  $P_b$  in verschiedenem Sinne geändert, indem durch  $S_5$  die Höhenlage von 5,6 m auf 7,7 m steigt und durch  $P_b$  auf 7,05 m ermäßigt wird, was in den verschiedenen Eigenschaften der Kosten  $S$  und  $P$  begründet liegt. Der Schleusungszeitverlust  $S$  für die ganze Treppe ist bei niedrigen oder vielen Schleusen nämlich größer als für hohe oder wenige Schleusen, und dem entspricht die Hinaufrückung des Minimums von 5,6 m auf 7,7 m. Umgekehrt ist es bei den Pumpkosten  $P$ , denn bekanntlich erfordern zwei niedrige Schleusen (ohne Rücksicht auf Sparbecken) mit Schleusenfüllungen  $\frac{Q}{2}$  und Hubhöhen  $\frac{x}{2}$  nur eine Wasserpumparbeit von  $\frac{2 \cdot Q}{2} \cdot \frac{x}{2} = \frac{Q \cdot x}{2}$ , wogegen eine doppelt so hohe Schleuse mit doppelter Füllung  $Q \cdot x$  oder zweimal soviel Pumparbeit oder Kosten verlangt. Diese Steigerung wird durch die in vorliegendem Falle vorgesehenen Sparbecken allerdings gemildert, aber die Verminderung der Pumpkosten bei Anwendung niedriger Schleusen bleibt bestehen, wie aus Tabelle 7 Seite 524 d. Z. folgt. Durch Einrechnung des Geldwerts für Schleusungszeitverlust wird demnach die günstigste Hubhöhe größer und diese durch Hinzutritt der Pumpkosten etwas verkleinert.

Ganz ähnlich ist der Einfluß von  $S$  und  $P$  auf die Gesamtkosten  $G$  mit dem Unterschied, daß wegen der an sich viel größeren Kosten  $G$  in diesem Falle die Wirkung der für ein Schiff hinzutretenden Nebenkosten geringer ist, was sich durch kleinere Veränderungen des Minimums ausdrückt, indem 4,9 m für  $G$  durch  $S_5$  nur auf 5,4 m erhöht und durch  $P_g$  auf 4,8 m ermäßigt wird. Diese Kleinstwerte sind ebenfalls unabhängig von  $H$  und haben daher in Tafel IV<sup>a</sup> und IV<sup>b</sup> für 20 und 36 m hohe, und in Tafel III für 100 m hohe Treppen dieselben Höhenlagen.

Es werde nun der Fall betrachtet, daß die Wartezeit sich ändert, nämlich entweder länger wird entsprechend weniger gutem, etwa mit Dampfschleppbooten oder Pferden bewirktem Schiffszug, oder kürzer wird bei Verkehr mit Personen- und Frachtdampfern oder anderen Schiffen, die mit eigener Kraft fahren.<sup>5)</sup> Für eine Wartezeit von 0, 5, 10 und 20 Minuten wird der gesamte Aufenthalt eines Schiffs (Schleusungszeit und Wartezeit) an einer 6 m hohen Schleuse nach Seite 507 d. Z.:

für $S_0 = 21,43 + 0 =$ rd. 22 Min.	} Hierbei sind die Zeitverluste für Fahrhemmung und Beschleunigung nicht eingerechnet, die nach Seite 733 d. Z. in der mittleren Fahrzeit der freien Strecke (1,1 m/Sek.) enthalten sind.
„ $S_5 = 21,43 + 5 =$ „ 27 „	
„ $S_{10} = 21,43 + 10 =$ „ 32 „	
„ $S_{20} = 21,43 + 20 =$ „ 42 „	

Diesen Verhältnissen geben die in Tafel IV<sup>a</sup> und IV<sup>b</sup> neben den  $S_5$ -Linien dargestellten dünnen Kostenlinien  $S_0$ ,  $S_{10}$  und  $S_{20}$  Ausdruck, deren Kleinstwerte mit dem für  $S_5$  in der geraden

5) Die Frage, ob bei starkem Verkehr mit geordnetem Schleppbetrieb vom Ufer aus die selbständige Bewegung frei fahrender Dampfer zugelassen werden kann, soll hier nicht erörtert werden.

Minimumlinie ② liegen und für  $S_0$  bis  $S_{20}$  bei den Betriebskosten von 7,1 m bis 9,1 m und bei den Gesamtkosten von 5,2 m bis 6,0 m reichen. Es ergibt sich hieraus, daß die günstigste Hubhöhe  $x$  bei Verringerung der Wartezeit für Schlepptrossenbedienung kleiner, bei zunehmender Wartezeit größer wird.

### 3. Schleusungsdauer, Hubgeschwindigkeit und Zeit für An- und Abfahrt.

Die vorgenannten Kosten  $S$  und  $P$  stehen als Nebenkosten außerhalb der Kosten für die eigentliche Schleusung, sie vermehren zwar die Gesamtkosten für ein Schiff, haben aber keinen Einfluß auf die Gestaltung der Schleusungshauptkosten. In den Tafeln IV<sup>a</sup> und IV<sup>b</sup> bildet die Kostenlinie  $S_0$  die Scheidegrenze, rechts die Werte der hinzutretenden Nebenkosten  $S$  und  $P$ , links die Hauptkosten, nämlich Betriebskosten  $B$  und Geldwert  $S_0$  für den nur während Durchfahung der Schleusungsstrecke (vgl. Seite 502 d. Z.) eintretenden Zeitverlust des Schiffs. Änderungen der Annahmen für die Schleusungshauptkosten bewirken durch ihren Einfluß auf Leistungsfähigkeit und Schleusungszeitverlust eine andere Gestaltung der Kostenlinien  $B$  und  $S_0$ , die sich aber in engen Grenzen hält. Wird z. B. die Schleusungsdauer,  $\left(17,43 + \frac{x}{1,5}\right)$  Minuten, kürzer angesetzt, indem Schiffshebungsgeschwindigkeit zu 4,5 statt 2,5 cm/Sek., Öffnen oder Schließen der Tore zu 0,5 statt 1,0 Minute und An- und Abfahrt vor und hinter der Schleuse zu 5 Min. statt 9 Min. 7 Sek. angenommen wird, so verringert sich die Schleusungsdauer auf  $\left(12,3 + \frac{x}{2,7}\right)$  Minuten, und hieraus folgen durch weitere Berechnung die in Tafel IV<sup>c</sup> mit I bezeichneten Mindestwerte für die günstigsten Hubhöhen, nämlich 5,8 m für Kostenlinie  $B$  und 7,0 bis 9,9 m für  $(B+S)$  von  $S_0$  bis  $S_{20}$ . Wird die Schleusungsdauer verlängert, indem Schiffshebungsgeschwindigkeit nur mit 2,0 cm/Sek., Tore öffnen oder schließen mit 1,5 Min. und An- und Abfahrt mit 15 Min. angesetzt wird, so folgt für die Schleusungsdauer  $\left(24,3 + \frac{x}{1,2}\right)$  Minuten, und es werden die Mindestwerte für  $B=5,7$  m und für  $(B+S)=7,5$  bis 9,0 m, die mit Bezeichnung II in Tafel IV<sup>c</sup> eingetragen sind. Die für Halbbetrieb bei 15stündigem Tagesdienst berechneten Minimumlinien I und II fallen annähernd mit Linie ② in Tafel IV<sup>a</sup> und IV<sup>b</sup> zusammen, d. h. die Verlängerung oder Verkürzung der Schleusungsdauer hat keinen nennenswerten Einfluß auf die günstigste Hubhöhe  $x$ . Es erklärt sich dies aus der den Hauptausschlag gebenden Gleichung für die jährlichen Betriebskosten der ganzen Schleusentreppe  $H \cdot \left(\frac{3500}{x} + 62 + 76 \cdot x\right)$  vgl. oben (S. 361).

Ohne Rücksicht auf die mit der Hubhöhe veränderliche Schiffszahl (Leistung) oder auch bei einer beliebigen aber gleich großen Schiffszahl liefert die Gleichung für die Betriebskosten schon das tief liegende Minimum = 6,8 m, das unter Einfluß der mit abnehmendem  $x$  zunehmenden Schiffszahl für  $B$  auf 5,6 herabgedrückt wird, aber durch selbst erhebliche Veränderungen der Schleusungsdauer nur gering beeinflusst wird. (Auf die Leistung der Schleusen und die Höhe der Kosten für ein Schiff ist die Länge der Schleusungsdauer aber von größerem Einfluß.)

### 4. Ausnutzung der Leistungsfähigkeit.

Bei Beurteilung der Einwirkung größerer oder geringerer Ausnutzung der Leistungsfähigkeit der Schleusen auf die Kosten für ein Schiff ist zu unterscheiden, ob an den Schleusen nur Tagesdienst oder Tag- und Nachtdienst stattfindet. Die Tafeln IV<sup>a</sup> und IV<sup>b</sup> sind für 15stündigen Tagesdienst mit ununterbrochenem Schleusenbetrieb berechnet. Dieser Fall entspricht also der denkbar höchsten Ausnutzung der Leistungsfähigkeit während 15 Stunden (nach Tabelle b = 4,08 Millionen Tonnen jährlich), die etwa nur bei größter Verkehrsanstauung für kurze Zeit eintreten kann. Für solche als dauernd vorausgesetzten Verhältnisse liegen die günstigsten Schleusenhöhen in den mit „Vollbetrieb“ bezeichneten Minimumlinien ①, für  $B+S_5=9,15$  m. Für den wirklichen Höchstverkehr kommt aber, wie bereits erwähnt, nur die Hälfte der Leistungsfähigkeit (2,04 Millionen Tonnen) in Frage, wofür sich die mit „Halbbetrieb“ bezeichneten Minimumlinien ② ergeben oder für  $B+S_5=7,7$  m. Für die halbe wirkliche Leistungsfähigkeit (1,02 Millionen Tonnen) gelten die mit „Viertelbetrieb“ bezeichneten Minimumlinien ③ mit 6,8 m für  $B+S_5$ . Bezüglich der Linien ② und ③ ist zu bemerken, daß sie nur die Lage der günstigsten Hubhöhen  $x$  für  $S_0$  bis  $S_{20}$  darstellen sollen, die zugehörigen nicht eingetragenen  $S$ -Linien haben eine etwas mehr gebogene Form, wie in Tafel IV<sup>c</sup>, und entsprechend größere Zahlenwerte für die auf ein Schiff kommenden Schleusungskosten. Der Vergleich der drei Minimumlinien lehrt, daß die zweckmäßige Schleusenhöhe um so größer wird, als die Ausnutzung der Leistungsfähigkeit steigt, oder Schleusen mit starkem Verkehr müssen höher sein als mit schwachem Verkehr.

Tafel IV<sup>c</sup> stellt Tag- und Nachtbetrieb einer 36 m hohen Treppe dar. Die hinzutretenden Mehrausgaben für doppelte Bedienungsmannschaft, Unterhaltung, Verschleiß an Materialien und für Beleuchtung betragen ebensoviel wie die einfachen Betriebskosten für Tagesbetrieb. Daher tritt für die Berechnungsformeln  $2 \cdot B$  an Stelle von  $B$  und  $B+G$  an Stelle von  $G$ . Die Minimumlinie ② mit 7,3 m für  $(B+S_5)$  liegt etwas tiefer als in Tafel IV<sup>a</sup> und IV<sup>b</sup>, oder für Tag- und Nachtbetrieb wird die günstigste Schleusenhöhe etwas kleiner als für Halbbetrieb bei 15stündigem Tagesdienst. Der Grund hierfür liegt in der größeren Schiffszahl für Tag- und Nachtbetrieb  $\left(\text{im Verhältnis } \frac{24}{2} \text{ zu } \frac{15}{2}\right)$ . Die Kosten für eine Stunde Schleusungszeitverlust =  $2 \mathcal{M}$  (vgl. Anm. 4) wird durch 24stündige Betriebszeit nicht vermindert, weil eine entsprechende Vermehrung der Schiffsmannschaft erforderlich ist.

### Schlußbetrachtung.

Zur Feststellung der wirtschaftlich günstigsten Hubhöhe sind auf Grund der vorstehenden Ergebnisse nun folgende Schlußbetrachtungen zu machen: die der Kanalverwaltung zur Last fallenden reinen Betriebskosten  $B$  und Gesamtkosten  $G$ , deren Mindestwerte bei  $x=5,6$  und 4,9 m liegen, sind allein nicht ausschlaggebend, vielmehr müssen auch die vom Schiffer zu tragenden Kosten  $S$  für Schleusungszeitverlust berücksichtigt werden, wobei indes auf die Kostenlinie  $S_{20}$  für 20 Minuten Wartezeit zum Wechseln des Schlepptittels kein großes Gewicht zu legen ist. Kosten  $P$  für Wasserpumpen können im allgemeinen ganz unberücksichtigt bleiben. Auch

ist die Minimumlinie ① für ununterbrochenes Schleusen (Vollbetrieb = 4,08 Mill. Tonnen bei 15stündigem Tagesbetrieb) für die praktische Anwendung außer acht zu lassen. Demnach bleiben als maßgebend nur die Minimumlinien ② für Halbbetrieb mit 2,04 Mill. Tonnen und die Linien ③ für Viertelbetrieb mit 1,02 Mill. Tonnen in 15stündiger Betriebszeit, ferner Minimumlinie ② in Tafel IV<sup>c</sup> für Halbbetrieb bei Tag- und Nachtdienst mit 3,3 Mill. Tonnen und die daselbst eingetragenen Minimumlinien I und II für Halbbetrieb mit veränderter Schleusungsdauer. Diesen bestimmenden Linien entsprechen für die Betriebskosten einschl. Schleusungszeitverlust ( $B+S$ ) Hubhöhen der Schleusen von 6,5 bis 8,5 m, dagegen für die Gesamtkosten einschl. Schleusungszeitverlust ( $G+S$ ) Höhen von 4,5 bis 6,5 m. Die Gesamtkosten sind nach den eingetragenen Zahlenwerten für ein Schiff etwa dreimal so groß als die Betriebskosten und haben daher Anspruch auf größere Berücksichtigung, andererseits geht aus der weniger gekrümmten Linie der Betriebskosten hervor, daß Schleusen mit geringeren Höhen, als sie durch die Minimumlinie ② angegeben werden, keine nennenswerte Erhöhung der Betriebskosten bringen. Werden demgemäß die angegebenen Hubhöhen  $x$  für Gesamtkosten um 0,5 m höher und die für Betriebskosten um den dreifachen Betrag oder 1,5 m kleiner angesetzt, so ergibt sich, daß Schleusen von 5 bis 7 Meter Hubhöhe als die wirtschaftlich vorteilhaftesten bezeichnet werden können. Diese Grenzen sind in den Tafeln IV<sup>a</sup>, IV<sup>b</sup>, IV<sup>c</sup> durch Strichelung hervorgehoben. — Kurz zusammengefaßt lauten die Ergebnisse:

1. Mit der Höhe der Schleusentreppen nimmt die richtige Bemessung der Schleusenhöhen an Bedeutung zu für die auf ein Schiff entfallenden Kosten.

2. Die günstigste Hubhöhe ist nur von der Einzelschleuse und ihren Betriebs- und Verkehrsverhältnissen abhängig, nicht von der Höhe der Schleusentreppe.

3. Zur Verringerung des nicht unbedeutenden, auf Rechnung des Schiffers entfallenden Geldwerts für Schleusungszeitverlust sind zweckmäßige Schiffszug- und Schleusungseinrichtungen von großem Einfluß.

4. Mit Einrechnung des Geldwerts für Schleusungszeitverlust wird die günstigste Hubhöhe der Schleusen größer, durch Hinzutritt etwaiger Wasserpumpkosten verringert.

5. Die günstigste Hubhöhe wird bei Verlängerung der Wartezeit für den Wechsel des Schleppmittels größer, bei Verkürzung kleiner.

6. Verlängerung oder Verkürzung der eigentlichen Schleusungsdauer hat keinen nennenswerten Einfluß auf die günstigste Hubhöhe, ist aber für Leistungsfähigkeit und die Höhe der auf ein Schiff entfallenden Kosten von Bedeutung.

7. Die zweckmäßige Hubhöhe für Schleusen mit starkem Verkehr ist größer als für Schleusen mit schwachem Verkehr.

8. Für Tag- und Nachtbetrieb wird die günstigste Hubhöhe etwas kleiner als für Tagesbetrieb zu 15 Stunden.

9. Die wirtschaftlich günstigsten Schleusen haben Hubhöhen zwischen 5 und 7 m.

Durch vorstehende besondere Untersuchung ist somit auch für abweichende Annahmen bezüglich des Schleusenbetriebs und der Verkehrsgröße die wirtschaftliche Überlegenheit niedriger Schleusen von 5 bis 7 m Hubhöhe gegenüber den genannten mechanischen Hebewerken nachgewiesen. Der Kostenvorsprung der Schleusen von 50 bis 100 v.H. ist so bedeutend, daß zur Vervollkommnung von Hilfsmaschinen der Schleusen, z. B. für Schiffszug innerhalb der Schleusungsstrecke, Abkürzung der Schleusungsdauer und Verminderung des Wasserverbrauchs weit erheblichere Mehrausgaben gemacht werden können, ohne den Wettbewerb von mechanischen Hebewerken befürchten zu brauchen. Besonders sind hierbei auch Einrichtungen eingeschlossen gedacht, welche bei steilen Schleusentreppen mit kurzen Zwischenhaltungen geeignet sind, die durch die Schleusung in den Haltungen entstehenden nachteiligen Wasserbewegungen<sup>6)</sup> zu verhindern.

Der Vorteil der Schleusen beruht nicht auf den mehr oder weniger günstigen Betriebs- und Verkehrsannahmen, sondern ist in der Eigentümlichkeit des Bauwerkes und der Einfachheit des Betriebes begründet. Nur die Schleuse kann bei kleinen Einzelhöhen einer Treppe so billig hergestellt werden, und deshalb ist für die mechanischen Hebewerke der Vorteil größerer Leistungsfähigkeit bei kleinen Hubhöhen ausgeschlossen; und nur beim Schleusenbetrieb bleibt das Schiff ohne weiteres in dem ihm zugewiesenen Kanalbett schwimmend und gefahrlos, während bei mechanischen Hebewerken ein teures, den Betrieb erschwerendes und Gefahren vermehrendes Zwischenglied als senkrecht oder schräg verschiebbarer Schiffstrog hinzutritt.

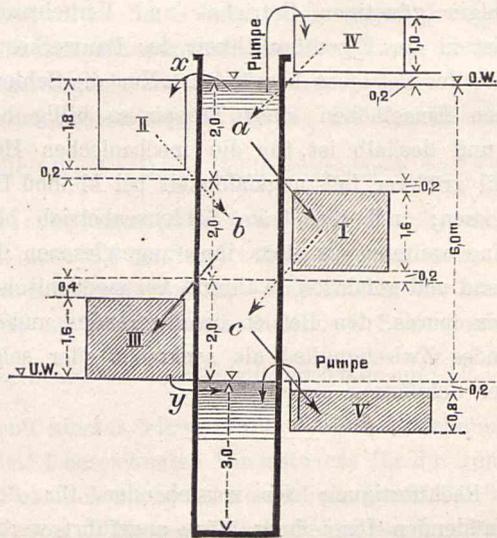
Zur Rechtfertigung der vorstehenden für den Leser etwas ermüdenden Darstellung möge angeführt werden, daß es kaum auf anderem Wege als durch eine ausführliche rechnermäßige Untersuchung möglich sein wird, über die verwickelte und daher viel umstrittene Frage der zweckmäßigsten Schleusenhöhen Klarheit zu gewinnen. Eine derartige rechnerische Behandlung würde sich ebenfalls, wenn auch mit größeren Schwierigkeiten, für die Lösung einer anderen für die Binnenschifffahrt wichtigen Frage eignen, nämlich die Größe der wirtschaftlich zweckmäßigsten Kanalabmessungen festzustellen. Hierfür würden sämtliche Werte, auch für den Schiffspark und die Güterumschlaganstalten, etwa auf die Kanalwassertiefe  $x$  zu beziehen sein. Obgleich für viele Kanäle, wie in Norddeutschland, die Schiffsabmessungen der berührten Flußgebiete auch für die Kanalmaße hauptsächlich bestimmend sind, würde es doch von Wert sein zu wissen, ob und wie weit für den reinen Kanalbetrieb die jetzt üblichen Abmessungen sich dem wirtschaftlich günstigsten Grenzwert anpassen. Daß es unter sonst gleichen allgemeinen Verhältnissen einen solchen Grenzwert geben muß, liegt außer Zweifel.

6) Vgl. umstehenden Nachtrag.

## Nachtrag

### betreffend Sparbecken für steile Schleusentreppen mit kurzen Kanalhaltungen.

Wie im Zentralblatt der Bauverwaltung 1906, S. 153 ausführlicher mitgeteilt ist, werden dem Sparbecken *I* die Ausgleichbecken *II* und *III* hinzugefügt, die nach der Zeitschrift für Bauwesen 1905, S. 523 den Zweck haben, sich während des Ein- und Ausfahrens der an der Schleuse kreuzenden Schiffe durch ständig offene Verbindungen *x* u. *y* selbsttätig und allmählich aus dem O.W. zu füllen bzw. nach dem U.W. zu entleeren, so daß die für die Schiffshebung und -Senkung möglichst rasch aus den Kanalhaltungen zu entnehmenden Wassermengen (Füllung der Schleusenschichten *a*



Die Sparbecken sind nur an einer Seite gezeichnet, aber an beiden Seiten anzuordnen. Die beiderseitigen Becken *IV* und *V* werden durch Rohrleitungen im Schleusenboden verbunden.

Querschnitt der Schleuse.

u. *b* oder Leerung der Schichten *b* u. *c*) sich auf die Hälfte vermindern, nämlich sich auf die während des Schleusungsvorgangs mit den Haltungen in unmittelbare Verbindung tretenden Schichten *a* u. *c* beschränken. Die Wassermenge dieser beiden Schichten im Betrage von je  $630 \cdot 2,0 = 1260$  cbm kann nun durch weitere Hinzufügung der Becken *IV* u. *V* gegen die Hervorrufung von heftigen Wellenbewegungen in den Haltungen unschädlich gemacht werden, indem die Füllung von *IV* aus dem tiefer liegenden O.W. und die Leerung von *V* nach dem höher liegenden U.W. während der 43 Minuten dauernden Doppelschleusung mittels Pumpen geschieht.

Bei der Wassermenge von 1260 cbm und einer mittleren Hubhöhe von höchstens 0,60 m (die Becken *IV* u. *V* können weniger hoch bzw. tief als die übrigen Becken sein) ist eine gesamte Pumparbeit von  $2 \cdot 1260 \cdot 0,60 = 1512$  Meter-

tonnen zu leisten, die etwa 0,40 Mark kostet, oder für jährlich 10000 Schiffe Mehrkosten des Betriebes von  $5000 \cdot 0,4 = 2000$  Mark verursacht. Durch Verwendung von fünf Becken steigen nach der Zeitschrift für Bauwesen 1905, S. 516 die Baukosten einer Schleuse (von 6 m Höhe und mit zwei Sparbecken) von 660000 auf 797000 Mark. An jeder Schleusen- seite liegen fünf offene Becken von halber Größe: Becken *V* u. *III*, deren Wasser für Schleusenfüllungen nicht in Betracht kommt, können sich weiter nach der unteren Haltung über das Unterhaupt hinaus erstrecken.

Bei solcher Anordnung ist jede plötzliche Wasserbeunruhigung ausgeschlossen. Es wird durch die Pumpen und die selbsttätig eingestellten Ab- und Zuläufe gleichmäßig und solange die Schleusenbetriebszeit dauert ununterbrochen eine Wassermenge von  $\frac{2520}{43 \cdot 60} = 1,0$  cbm/Sek. der oberen Haltung entnommen und der unteren Haltung zugeführt, so daß ohne jegliche Veränderung der Wasserstandshöhe eine regelmäßige Wasserbewegung in den Haltungen mit 56 qm Wasserquerschnitt entsteht von nur  $\frac{1,0}{56} = 0,02$  m/Sek. Geschwindigkeit.

Die Vorteile dieser Anordnung lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Alle schädlichen Wasserbewegungen in den Haltungen, sowohl Wasserstandsänderungen wie Wellenbildung werden vermieden, so daß die Schiffe in den kurzen, nur 350 m langen Zwischenhaltungen (vgl. Zeitschrift f. Bauwesen 1905, S. 512) keinerlei Gefahr ausgesetzt sind.

2. Die Becken *IV* u. *III* bieten ein Mittel, dem aus der Schleuse ausfahrenden Schiff durch Nachgeben eines Schusses Wasser die gewünschte Bewegung zu erteilen und damit die Schleusungszeit zu vermindern.

3. Die Schleusungsdauer wird außerdem abgekürzt, weil durch das hochliegende Becken *IV* und das tiefliegende Becken *V* die nicht unbedeutende Zeit für die gänzliche Ausspiegelung der Wasserstände von Schleuse und Kanal beim Füllen und Leeren der Kammer in Wegfall kommt.

4. Durch Beseitigung der starken Wasserwirbel am Unterhaupt wird die der Zugänglichkeit entzogene Kanalsole und das Schleusenbauwerk gegen Auswaschungen und Unterspülung gesichert, während die den Wassersturz aufnehmenden Becken *III* u. *V* jederzeit auf ihren Zustand geprüft werden können.

Wien.

Prüsmann.