

ZEITSCHRIFT FÜR BAUWESEN



HERAUSGEGEBEN

IM

MINISTERIUM DER ÖFFENTLICHEN ARBEITEN.

REDACTIONS-COMMISSION:

H. HERRMANN, J. W. SCHWEDLER, O. BAENSCH, H. OBERBECK, F. ENDELL,
OBERBAUDIRECTOR. GEH. OBERBAURATH. GEH. OBERBAURATH. GEH. OBERBAURATH. GEH. BAURATH.

REDACTEURS:

OTTO SARRAZIN UND KARL SCHÄFER.

JAHRGANG XXXVI.

1886.

HEFT IV BIS VI.

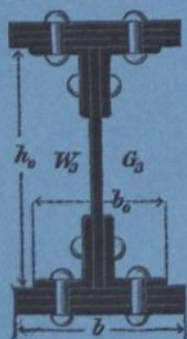
INHALT:

Seite		Seite
<p>Die Technische Hochschule in Berlin. Das Hauptgebäude, mit Zeichnungen auf Blatt 19 bis 23 im Atlas, mitgetheilt von Herrn Professor H. Koch in Berlin. (Schluß folgt.)</p> <p>Der Umbau der Gemälde-Galerie in dem alten Museum in Berlin, mit Zeichnungen auf Blatt 24 und 25 im Atlas, von Herrn Land-Bauinspector J. Merzenich in Berlin</p> <p>Backsteinbauten in Mittelpommern. II. Wehrbauten, mit Zeichnungen auf Blatt 26 bis 28 im Atlas, von Herrn Regierungs-Baumeister H. Lutsch in Breslau</p> <p>Die Stauanlage in der Spree bei Charlottenburg im Zuge der canalisirten Unterspree, mit Zeichnungen auf Blatt 29 bis 33 im Atlas, von Herrn Wasser-Bauinspector E. Mohr in Thiergartenschleuse bei Oranienburg. (Schluß folgt.)</p> <p>Neuere Brückenbauten der Schweiz, mit Zeichnungen auf Blatt 34 bis 40 im Atlas, mitgetheilt von Herrn Regierungs-Baumeister O. Riese in Frankfurt a/M. (Schluß folgt.)</p> <p>Ueber americanische Straßenbahnen mit Seilbetrieb, mit Zeichnungen auf Blatt 41 bis 43 im Atlas, von Herrn Regierungs-Maschinenmeister G. Leifsnor in Stargard i/P. (Schluß folgt.)</p> <p>Die Eisenbahnanlagen von Liverpool und Birkenhead, mit Zeichnungen auf Blatt 44 bis 48 im Atlas, von Herrn Regierungs-Baumeister Havestadt in Berlin. (Schluß folgt.)</p>	<p>Die selbstthätigen Kohlenkipper und ihre Anlage, von Herrn Wasser-Bauinspector Gerhardt in Berlin</p> <p>Elasticitätstheorie der nach der Stützlinie geformten Tonnengewölbe, von Herrn Heinr. Müller-Breslau, Professor an der technischen Hochschule in Hannover</p> <p>Gottfried Semper. Vortrag, gehalten von Herrn Architekt Oscar Sommer in den Versammlungen des Architekten- und Ingenieur-Vereins in Frankfurt a/M. am 23. November und 14. December 1885. (Schluß folgt.)</p>	<p>251</p> <p>273</p> <p>305</p>
	<p>Statistische Nachweisungen, betreffend die in den Jahren 1871 bis einschließlich 1880 vollendeten und abgerechneten Preussischen Staatsbauten. Im Auftrage des Herrn Ministers der öffentlichen Arbeiten aufgestellt von den Herren Geh. Baurath Endell und Land-Bauinspector Wiethoff in Berlin. (Schluß der betr. Staatsbauten aus dem Gebiete des Hochbaues)</p> <p>Statistische Nachweisungen, betreffend die wichtigsten der in den Jahren 1873 bis 1884 zur Vollendung gelangten Bauten aus dem Gebiete der Garnison-Bauverwaltung des Deutschen Reiches. (Fortsetzung folgt.)</p>	<p>819</p> <p>1</p>

BERLIN 1886.
 VERLAG VON ERNST & KORN
 WILHELM ERNST
 (GROPIUS'SCHE BUCH- UND KUNSTHANDLUNG)
 WILHELMSTRASSE 90
 (nächst dem Architekten-Haus).

Verlag von Ernst & Korn. Berlin.

Soeben ist erschienen:



Genietete Träger.

Tabellen der Trägheitsmomente, Widerstandsmomente und Gewichte.

Mit Berücksichtigung der Nietverschwächung

berechnet und übersichtlich zusammengestellt von

Dr. H. Zimmermann,

Regierungsrath im Reichsamt für die Verwaltung der Reichseisenbahnen.

Zweite vermehrte und verbesserte Auflage.

Mit Holzschnitten und einer graphischen Tafel.

Dauerhaft gebunden Preis 4 Mark.

Vorräthig: Gropius'sche Buchhandlung, Berlin W., Wilhelmstr. 90.

Soeben ist erschienen:

Die rationelle Heizung und Lüftung.

Preisgekrönte Schrift

von

Ed. Deny.

Deutsche Ausgabe.

Mit einem

Anhang

über

Die Vervollkommnung

der

Heiz- und Lüftungs-Anlagen

von

E. Haesecke.

89. Mit 41 Holzschnitten.

Preis 5 Mk.

Centralblatt der Bauverwaltung.

Herausgegeben im Ministerium der öffentlichen Arbeiten.

Redaction:

O. Sarrazin und K. Schäfer.

Preis des Vierteljahrs in gr. Fol. mit vielen Holzschnitten u. s. w. 3 Mark; (bei Post-Zusendung unter Kreuzband 3 Mark 75 Pf.).

Abonnements nehmen an die Postämter (**Zeitungs-Nummer 1096**), alle Buchhandlungen, sowie die Expedition des Blattes.

== **Probenummer gratis und postfrei.** ==

Dem Centralblatt ist ein

Anzeiger für amtliche Verdingungen, Anzeigen und Beilagen technischen Inhalts

beigegeben, welcher, um vielseitigen Wünschen zu begegnen und die amtlichen Verdingungen mit möglichster Beschleunigung zur Veröffentlichung zu bringen,

wöchentlich zweimal

ausgegeben wird. Derselbe wird je am Mittwoch und Sonnabend früh (mit dem Hauptblatt) in den Händen der geehrten Abonnenten sein. Der Mittwochnummer des Anzeigers wird in nöthigen Fällen eine Fortsetzung der vorhergehenden Sonnabendnummer beigegeben. Der Preis für die gespaltene Petitzelle von 100 mm Breite beträgt nur 35 Pf.

== Amtliche Anzeigen befördert der „Invalidendank Berlin“ kostenfrei. ==

Wir erlauben uns auf diesen Anzeiger besonders aufmerksam zu machen, da derselbe die **wichtigsten Verdingungen** im **Wortlaut** enthält und ausserdem ein übersichtliches **Verzeichniss** aller je in den nächsten Wochen bevorstehenden **Verdingungen** — auch der des Auslandes — sofort zur Kenntniss zu bringen im Stande ist.

Berlin W. (41.)

Verlag und Expedition Wilhelmstr. 90.
Ernst & Korn.

VERLAG VON ERNST & KORN. BERLIN.

GRUNDZÜGE DES EISENBAHN-MASCHINENBAUES.

VON

GEORG MEYER

PROFESSOR AN DER KÖNIGLICHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE IN BERLIN, MITGLIED DES KAISERLICHEN PATENTAMTES.

ERSTER THEIL:

DIE LOCOMOTIVEN.

MIT 473 HOLZSCHNITTEN UND DREI KUPFERTAFELN.

GR. 8. BROCH. 9 MARK 50 PF.

ZWEITER THEIL:

DIE EISENBAHNWAGEN.

MIT 433 HOLZSCHNITTEN UND DREI KUPFERTAFELN.

GR. 8. BROCH. 9 MARK 50 PF.

Die „Grundzüge des Eisenbahn-Maschinenbaues“ erscheinen in drei Theilen: die Locomotiven, die Eisenbahnwagen resp. die Weichen, Drehscheiben, Schiebebühnen, mechanische Anlagen der Wasserstationen u. s. w., welche zusammen ein abgeschlossenes Ganzes bilden, deren Jeder jedoch einzeln käuflich ist.

Zunächst soll dies Werk jüngeren Maschinen-Ingenieuren als Leitfaden beim Studium und auch als Hilfsmittel beim Entwerfen dienen. Es bringt in gedrängter Kürze die wesentlichen hierher gehörigen theoretischen Betrachtungen, sowie die bisher auf diesem Gebiete gemachten Erfahrungen.

Der Herr Verfasser ist bereits früher durch die in den vier Bänden des Heusinger'schen Handbuchs für die specielle Eisenbahntechnik enthaltenen Artikel auf dem Gebiete der Eisenbahn-Litteratur vorthelhaft bekannt geworden und dürfte derselbe für die Bearbeitung des vorliegenden Werkes, namentlich durch seine langjährige Thätigkeit im Eisenbahn-Maschinendienst bei mehreren Staatsbahnen besonders befähigt erscheinen.

Ein übersichtliches Inhaltsverzeichniss ist zur Erleichterung des Gebrauches dem Werke vorgedruckt.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.

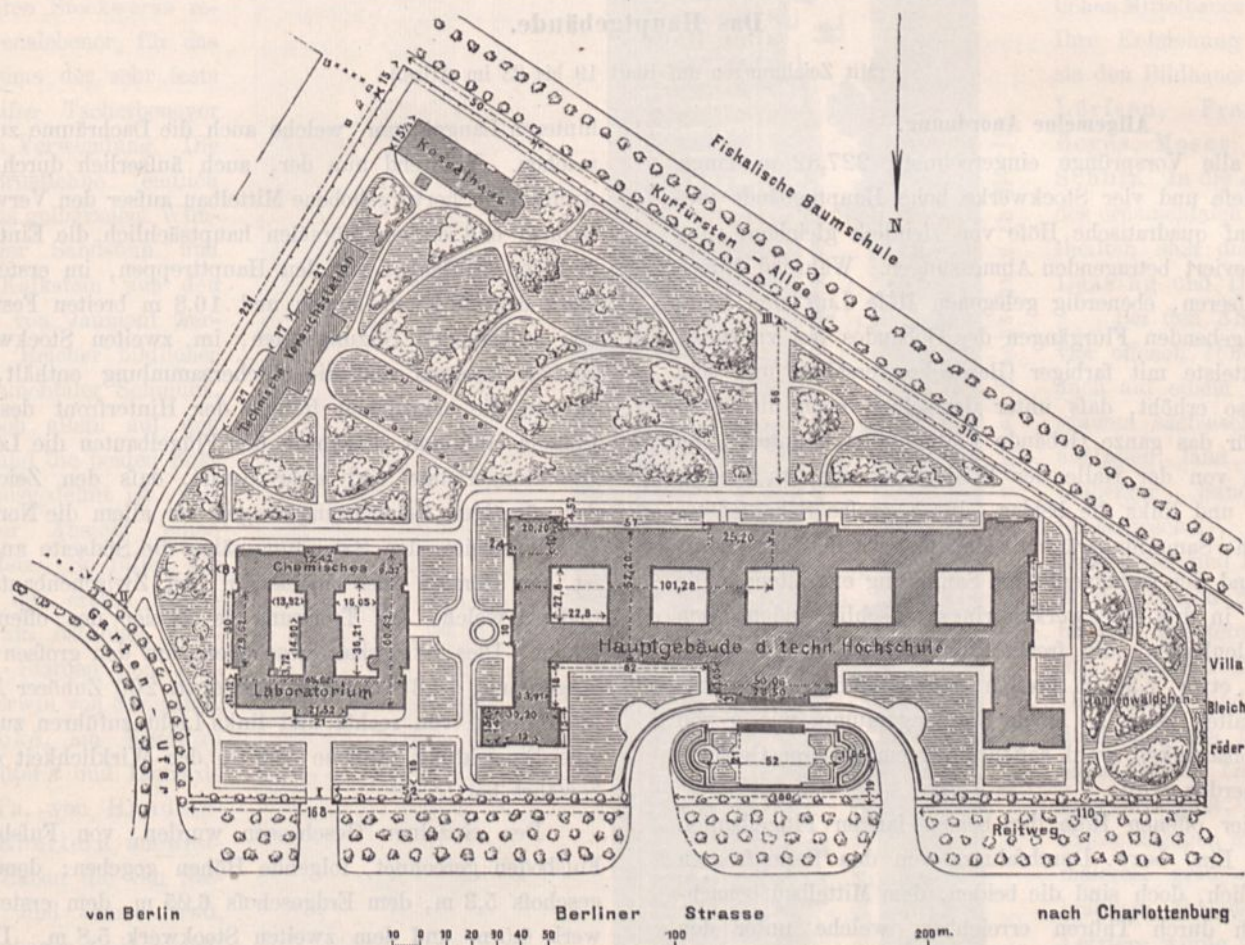
Die Verlagshandlung.

Die Technische Hochschule in Berlin.

Geschichtliches.

Der seit Beginn des verflorenen Jahrzehnts sich immer mehr steigende Besuch der beiden technischen Lehranstalten in Berlin, der Bauakademie und der Gewerbeakademie, führte im März des Jahres 1876 zu dem Entschlus, beide Anstalten zu einer „Technischen Hochschule“ auch räumlich zu vereinigen und die dazu nöthigen Baulichkeiten in solchem Umfange anzulegen, das sie für eine Zahl von 2000 Studirenden genügen. Dem verstorbenen Geheimen Regierungs-

rath Lucae wurde die künstlerische Leitung dieses Baues, dem Baurath Stüve die Ausführung übertragen und letzterem der Unterzeichnete, damals Landbauinspector, zur Unterstützung beigegeben. Leider erlebte der Geheimrath Lucae nur die Fertigstellung des Entwurfes, welcher später, nachdem der — jetzt auch verstorbene — Geheime Regierungsrath Hitzig an des ersteren Stelle getreten war, hauptsächlich in Bezug auf die Fächenausbildung eine gänzliche Umarbeitung erfuhr. Mit der Bauausführung auf dem etwa



Lageplan der Gebäude der Technischen Hochschule in Berlin.

760 Hektaren großen Grundstück des Hippodroms in Charlottenburg wurde am 1. Juli 1878 begonnen.

Wie gewöhnlich bei großartigen Neubauten, wurde auch für diesen eine besondere Behörde ernannt, um über nachträglich etwa zweckmäßig erscheinende Abweichungen vom ursprünglichen Entwurfe endgültig zu entscheiden. Dieser gehörten die Herren: Ministerial-Director Greiff, Geheimer Ober-Baurath Giersberg, Geheimer Ober-Regierungsrath Dr. Wehrenpfennig, Geheimer Ober-Regierungsrath Spieker und Regierungs- und Baurath Zeidler an. Nach dem Tode des Geheimrath Giersberg trat an dessen Stelle der Regierungs- und Baurath von Tiedemann; an die Stelle des nach Cassel versetzten Regierungs- und Bauraths Zeidler trat der Regierungs- und Baurath Emmerich.

Auch Geheimrath Hitzig hatte nicht die Freude, den Bau vollendet zu sehen; am 11. October 1881 starb derselbe nach längerem Leiden, und statt seiner übernahm nun der Geheime Regierungsrath Professor Raschdorff die künstlerische Vollendung des Hauptgebäudes und den Neubau des chemischen Laboratoriums. Die Fertigstellung der ganzen umfangreichen Anlage erfolgte im Sommer des Jahres 1884, sodass am 2. November die Einweihung in Gegenwart Seiner Majestät des Kaisers erfolgen konnte.

Lage.

Auf dem von der Berlinerstrasse, dem Gartenufer, der Kurfürstenallee und einer Privat-Villa eingeschlossenen, mit parkartigen Anlagen geschmückten Grundstück ist das Haupt-

gebäude mit der Vorderseite fast genau nach Norden und gleichlaufend mit der Berliner Strafe, dem Hauptverkehrswege zwischen Berlin und Charlottenburg, gelegt und möglichst nach Westen gerückt, um nach Osten hin Raum für das chemische Laboratorium zu gewinnen. Die Anordnung wurde hauptsächlich deshalb getroffen, damit eine Belästigung der Besucher des Hauptgebäudes durch die dem Laboratorium einströmenden Gase bei der bei uns meist vorherrschenden westlichen Windrichtung möglichst verhindert werde.

Das Kesselhaus fand seinen Platz an der südöstlichen Ecke, wo dieser Bedürfnisbau dem Anblick durch die vorstehenden alten Bäume möglichst entzogen ist. Zwischen diesem und dem chemischen Laboratorium liegt die technische Versuchsanstalt an einer Stelle, welche eine für später vorauszusehende Erweiterung dieser Anstalt am leichtesten

gestatten wird. Ein durch dichtes Strauchwerk ziemlich verdecktes niedriges Bauwerk vor der Mitte der Hinterseite des Hauptgebäudes beherbergt schliesslich die Lüftungsvorrichtungen für dasselbe und die Dampfmaschine.

Vier Eingänge vermitteln den Verkehr nach den Gebäuden hin. Die nach der Berliner Strafe zu offene Rampe führt allein unmittelbar nach dem Mittelbau des Hauptgebäudes. Durch die übrigen drei Eingänge: an der Berliner Strafe, gegenüber dem Haupteingang zum chemischen Laboratorium, an der Kurfürstenallee, gegenüber der Hinterseite des Hauptgebäudes, und an der östlichen Spitze des Grundstücks, vom Gartenufer aus, gelangt man zunächst nur in den Park und erst durch diesen zu den einzelnen Gebäulichkeiten. Mit Ausnahme der Rampe dient das letztgenannte Thor allein dem Wagenverkehr.

Das Hauptgebäude.

(Mit Zeichnungen auf Blatt 19 bis 23 im Atlas.)

Allgemeine Anordnung.

Das, alle Vorsprünge eingerechnet, 227,82 m lange, 89,75 m tiefe und vier Stockwerke hohe Hauptgebäude umschliesst fünf quadratische Höfe von ziemlich gleichen, rund 23 m im Geviert betragenden Abmessungen. Während jedoch die vier äusseren, ebenerdig gelegenen Höfe Luft und Licht den sie umgebenden Flurgängen des Gebäudes frei zuführen, ist der mittelste mit farbiger Glasdecke versehen und sein Fussboden so erhöht, dass unter demselben noch die Heizkammern für das ganze Gebäude Platz finden konnten. Ihn betritt man von der Halle der Vorderfront aus, an welche sich rechts und links die beiden, durch grosse Schaufenster abgetrennten Sammlungsräume lehnen, Theile des Gipsmuseums und der technologischen Sammlung enthaltend. Die den Glashof in drei Stockwerken rings umschliessenden 3,5 m weiten Säulenhallen, die freien Durchsichten in die daran stossenden, etwa 7,30 m breiten, doppelläufigen Treppenhäuser gestalten jenen zu einem Empfangsraume, wie er von gleicher Grösse wohl selten in einem neueren Gebäude gefunden werden wird.

Die vier offenen Höfe der beiden langen Flügelbauten sind durch Ein- bzw. Durchfahrten von den Seitenfronten aus zugänglich, doch sind die beiden, dem Mittelbau benachbarten auch durch Thüren erreichbar, welche unter den grossen Treppenhäusern hindurchführen. Ausser den bis jetzt erwähnten Eingängen können noch zwei kleinere Flure, an der Hinterfront und unmittelbar an den Haupttreppen liegend, zum Eintritt in das Gebäude von solchen Besuchern benutzt werden, welche ihr Weg durch die Kurfürstenallee nach der Technischen Hochschule geführt hat.

Wie die ganze Gestaltung des Grundrisses des mächtigen Gebäudes äusserst klar und übersichtlich erscheint, so ist auch die Lage und Anordnung der Treppen sehr glücklich getroffen und deshalb ihre Zahl verhältnissmässig nur gering. Die beiden Haupttreppen, Doppeltreppen gegen einander gelehnt, vermitteln den Verkehr in der Nähe des Mittelbaues, zwei dreiarmlige Nebentreppen, an den Enden des vorderen Langganges und neben den seitlichen Eingängen gelegen, den der Flügelbauten. Ausser diesen giebt es noch zwei kleinere Dienstreppen mit anstossenden Aufzügen an den

hinteren Langgängen, welche auch die Dachräume zugänglich machen. Während nun der, auch äusserlich durch reichere Architektur hervorgehobene Mittelbau ausser den Verwaltungsräumen und einigen Hörsälen hauptsächlich die Eintrittshalle und den Säulenhof mit den Haupttreppen, im ersten Stockwerk den 26,65 m langen und 16,8 m breiten Festsaal mit den anliegenden Sitzungssälen, im zweiten Stockwerk den grossen Lesesaal und die Büchersammlung enthält, welche letztere die sämtlichen Räume der Hinterfront des rechten Flügels einnimmt, liegen in den Flügelbauten die Lehr- und Sammlungsräume und zwar derart, dass den Zeichensälen der günstigen Beleuchtung wegen vor allem die Nord-, Ost- und Westseite, den Sammlungssälen die Südseite angewiesen ist, die Hörsäle aber zumeist in den Zwischenbauten Platz finden, welche die Trennung je zweier der offenen Höfe bilden. Dies ist deshalb geschehen, um den grossen, 14,6 m langen und 13,3 m breiten, für etwa 200 Zuhörer bestimmten Räumen von rechts und links Licht zuführen zu können, eine Einrichtung, welche sich in der Wirklichkeit durchaus bewährt hat.

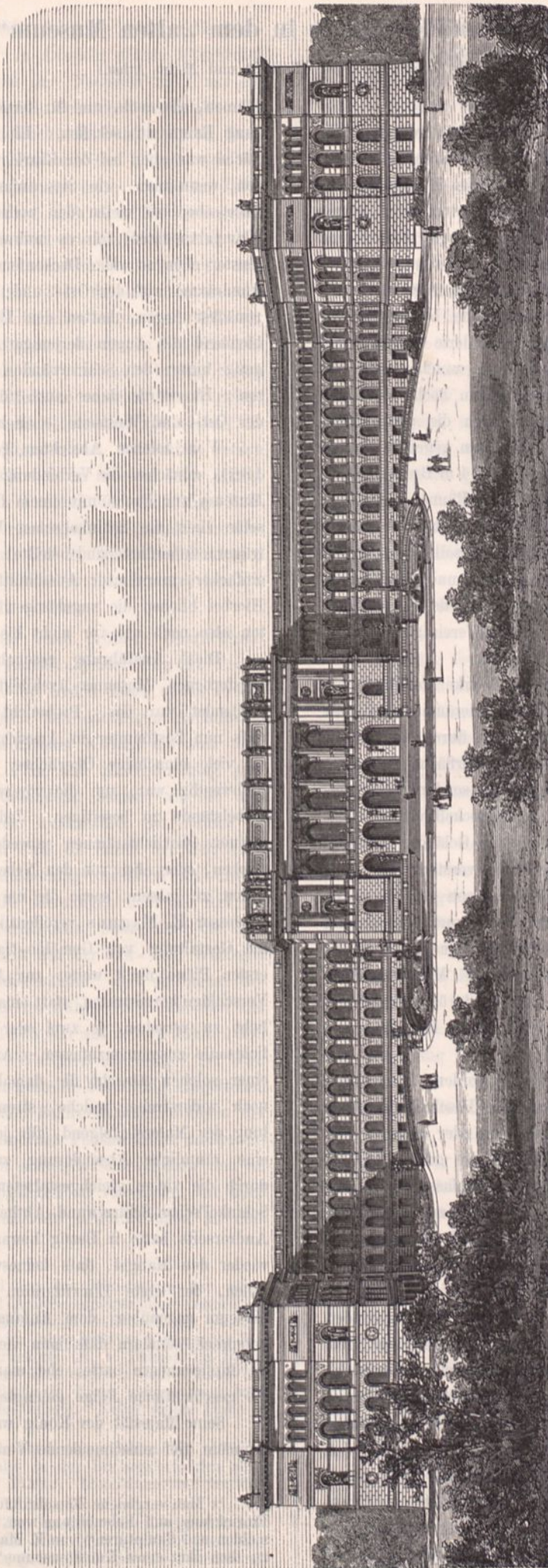
Den einzelnen Geschossen wurden, von Fussboden zu Fussboden gerechnet, folgende Höhen gegeben: dem Sockelgeschoss 5,3 m, dem Erdgeschoss 6,25 m, dem ersten Stockwerk 6,5 m und dem zweiten Stockwerk 5,8 m. Die Höhe jener vorher erwähnten, in den drei oberen Geschossen gelegenen Hörsäle ist aber dadurch etwas bedeutender gestaltet, dass der unterste soweit als möglich in das Sockelgeschoss gesenkt, der oberste dagegen höher in den Dachraum hineingebaut ist.

Äusseres.

Die bedeutende Ausdehnung des Gebäudes erforderte natürlicherweise eine reiche Gliederung des Grundrisses, um die Gesamtansicht nicht zu lang und langweilig erscheinen zu lassen. Demgemäss wurden die Flügel an den beiden Ecken der Vorderseite um 32,5 m vor diese vorgezogen und auch dem Mittelbau ein Vorsprung von 13 m gegeben. Durch besonders kräftige Gliederung des letzteren und durch einen bisher wohl in dieser Ausdehnung noch nie gewagten Farbenwechsel der zur Verblendung benutzten Werksteine suchte Geheim-

rath Hitzig der gefürchteten Einförmigkeit der Ansichten zu steuern. So wurde der unterste Sockel von grauem sächsischem Granit, das Sockelgeschofs von rothem Nebraer, das Erdgeschofs von gelbem Alt-Warthauer, das erste und zweite Stockwerk von gelblich-grauem Postelwitzer Sandstein ausgeführt. Für das Gurtgesims zwischen dem ersten und zweiten Stockwerk fand weißer Bunzlauer, für die Säulchen zwischen den Fenstern des zweiten Stockwerks rother Alvenslebener, für das Hauptgesims der sehr feste und weiße Tschernbeneyer Sandstein Verwendung. Die obere Brustlehne endlich wurde aus gelbgrauem Wünschelburger Sandstein und gelbem Kalkstein aus den Brüchen von Jaumont hergestellt. Reicher bildlicher und ornamentaler Schmuck, der jedoch allein auf den Mittel- und die beiden Eckbauten ausgedehnt ist, verleiht der Ansicht einen hohen Reiz. So füllen die Nischen des ersten Stockwerkes am östlichen Eckbau die Statuen von Bramante, Erwin von Steinbach, von Encke, am Mittelbau die Schlüter's und Lionardo da Vinci's, von Hundrieser und Eberlein, am westlichen Eckbau die von Stephenson und James Watt, vom Bildhauer Keil modellirt. Weiter schmücken die Brüstung vor den Fenstern des Festsaa's die fünf über Natur großen Büsten von Gauß, Eytelwein, Schinkel, Redtenbacher und Liebig, sämtlich von Karl Begas hergestellt.

Die den Mittelbau bekrönende Attika zeigt in elf großen, von Lessing erfundenen Flachbildern Darstellungen aus dem Betriebe der technischen Gewerbe und Künste, deren Ver-



Hauptgebäude der Technischen Hochschule in Berlin.

treter zugleich in achtzehn mächtigen, nach dem Leben behandelten Gestalten jene Flachbilder auf stark heraus-tretenden Sockeln begrenzen. Diese alle sind von den Bildhauern Reusch, Harzer, Herter, Eberlein und Schuler geformt.

Je sechs Gruppen, welche die Wissenschaften und Künste verkörpern, sowie vier gleichartige Einzelfiguren sind auf der Brustlehne der beiden vorderen Eckbauten, sowie auf der des südlichen Mittelbaues aufgestellt. Ihre Entstehung verdanken sie den Bildhauern Professor Lürfsen, Franz, Karl Begas, Moser, Dorn und Schulz. In die Anfertigung des ornamentalen Schmuckes theilten sich die Bildhauer Lessing und Dankberg.

Bei den Ansichten der vier offenen Höfe, die sich auch auf einem Sockel von grauem sächsischem Granit aufbauen, fand rother Miltenberger Sandstein im Sockelgeschofs, grauer Wefenslebener und Postelwitzer in den oberen Stockwerken bei den Fenstereinfassungen und Gesimsen Verwendung. Die Pfeiler sind unten mit dunklen, oben mit helleren lederfarbenen Laubaner Ziegeln verblendet, Zwickel und Friese dagegen mit Sgraffito-malerei, grau auf dunkelbraunem Grunde, verziert. Letztere wurde von Estorff gezeichnet und ausgeführt, bis auf den großen figürlichen Fries an den Treppentfronten des Mittelbaues, dessen Zeichnung vom Bildhauer Lessing herrührt.

Die Rampe wurde, entsprechend der Ausführung des Sockelgeschosses, von sächsischem Granit und Nebraer Sandstein, ihre Brustlehne jedoch von gelbem Deister Sandstein hergestellt.

(Fortsetzung folgt.)

Der Umbau der Gemälde-Galerie in dem „alten Museum“ in Berlin.

(Mit Zeichnungen auf Blatt 24 und 25 im Atlas.)

I. Geschichte des Umbaus.

Die von Schinkel getroffenen baulichen Anordnungen für die Bildersammlung in dem von ihm in den Jahren 1824—29 erbauten „alten Museum“ schlossen sich den Raumabtheilungen genau an, welche in dem Geschoße vorhanden waren und noch sind, das unterhalb der Gemälde-Galerie gelegen und für die Aufnahme der Bildwerke bestimmt ist. Statt der Säulenstellungen, welche in der zuletzt genannten Abtheilung die großen Räume in den Fenstern entsprechende Unterabtheilungen zerlegen, erhielt damals die Gemälde-Galerie zwischen den einzelnen Fenstern Schirmwände von Holz, welche nicht die Höhe der Säle hatten, sondern, etwa 5,20 m hoch, oben frei endigten. Dieselben liefen auch nicht durch die ganze Tiefe der Säle, sondern liefen an der, den Fenstern gegenüberliegenden Wand einen Gang frei von ungefähr 3,14 m Breite. Diese Holzwände, welche den Eindruck der großen Räume im ganzen keineswegs vernichten sollten, hatten die Bestimmung, möglichst viel bestbeleuchtete Bilderwand zu schaffen; sie sollten es möglich machen, die Malerschulen gehörig zu trennen und, der Eigenart der Bilder sowie der angenommenen Regel der Aufstellung entsprechend, jede nöthige Sonderung und Vereinigung vorzunehmen.

Wie die von Schinkel in seinem Werke veröffentlichte Zeichnung des Durchschnittes durch die Galerieräume zeigt, war beabsichtigt, diesen Schirmwänden nach unten durch eine Sockeltäfelung eine bestimmte Begrenzung der Bilderfläche zu geben. Dies ist aber nicht zur Ausführung gelangt, sondern es erhielten die Wände nur ein etwa 25 cm hohes Sockelbrett mit oberer Abkehlung. Vor den Wänden lief ein Geländer entlang, welches etwa 0,35 m vor der Bilderfläche stand und eine Höhe des Handgriffes über dem Fußboden von 0,80 m hatte. Dasselbe bestand aus schwarz gestrichenen eisernen Stangen und aus, zum Tragen derselben an den Wänden befestigten, ebensolchen, nach oben geschweiften Eisenstützen. Man vergleiche den „Blatt 37—48 das neue (so!) Museum“ überschriebenen Text in dem von Schinkel veröffentlichten, seine Entwürfe darstellenden Werke.

Die im Laufe der Zeit nothwendig gewordene Erneuerung der Zinkbedachungen, sowie die bedenkliche Beschaffenheit der, an ihren Auflagerenden durchgehends mehr oder weniger verrotteten Deckenbalken über der Gemälde-Galerie gaben der Generalverwaltung der Königlichen Museen Veranlassung, bereits vor dem Jahre 1861 die Frage in Betracht zu ziehen, ob nicht mit der Erneuerung der Dachdeckung zugleich eine theilweise Umwandlung der Seitenlichtbeleuchtung in Oberlichtbeleuchtung zu verbinden sei. Für einen solchen Umbau sprachen neben den in anderen Gemäldesammlungsräumen bereits an den Oberlichtern erprobten Vorzügen noch folgende besondere Umstände: 1) Das von Stüler erbaute „neue Museum“ sowie die eigenen Hofwände verursachten in den Räumen, welche aus jenen Richtungen Seitenlicht erhalten sollten, störendes Blendlicht und Lichteinbuße. Betroffen wurden hiervon die vier dreiaxigen Hofräume sowie mehr oder weniger die ganze Nordseite. 2) Es wurde als dringend wünschenswerth anerkannt, mehr Wandfläche für das Behängen mit Bildern zu gewinnen, um sowohl die letztern weiter als bisher auseinanderhängen zu

können, als auch, um für ferneren Zuwachs der Gemäldesammlung Raum zu schaffen. Ein wesentlicher Gewinn an Wandfläche war aber bei der Einrichtung von Oberlichtern zu erwarten, wenn man, wie dies anfangs geschah, nur daran dachte, über eben so vielen der vorhandenen einzelnen Fensterachsen (Compartimenten), als es nothwendig erschien, statt der Seitenfenster eben so viele Deckenfenster anzulegen. 3) Die Schirmwandräume auf der Ost- und Westseite, welche der Nordseite zunächst liegen, hatten den Uebelstand, daß ihr Fensterlicht blendend die Augen derjenigen traf, welche den Verbindungsgang hinter den Schirmwänden auf der Nordseite durchwanderten. Es wurde daher auch für die genannten beiden Fenster der Ost- und Westseite je an ein Deckenlicht gedacht.

Von solchen Absichten geleitet, begann man im Jahre 1861, zunächst die Verbindungsachse des alten mit dem neuen Museum zur Probe mit einem Deckenfenster zu versehen. Dasselbe liefs die Schinkel'schen Wandgesimse und Hauptdeckenträger unberührt und stellte sich im wesentlichen als ein einfacher, umrahmter Ausschnitt in der alten Deckenfläche dar. Hierbei blieben die zugehörigen Schirmwände bestehen und reichten also nach wie vor nicht bis zur Decke.

Diese Ausführung geschah noch unter dem leider früh verstorbenen Museums-Architekten Baumeister Schirmmacher. Vollendet war das „Probelicht“ 1863; es hatte zur Folge, daß nun bestimmter in Aussicht genommen wurde, wenigstens so viele einachsige Oberlichter herzustellen, als unumgänglich nothwendig war, um die vorerwähnten, allgemein anerkannten Uebelstände zu beseitigen. Jedoch der Wahlzwang, in diesen kleinen Oberlichtsräumen entweder die Querwände bis zur Decke reichen, oder aber von den Nebenräumen her Streiflichter hereinfallen zu lassen, sowie die um diese Zeit von dem Maler und Professor E. Magnus veröffentlichten neuen Gesichtspunkte für die Gestaltung von Gemälde-Galerien*) bewirkten, daß diese ersten Pläne nicht weiter zur Ausführung gelangten, vielmehr Vorschläge hervortraten, statt einachsige Abtheilungen mit Deckenlicht zu versehen, je zwei oder drei derselben zu einem Oberlichtsaale zusammenzufassen. Anfangs glaubte man zwar, daß einer solchen Absicht die damalige Aufstellung der Sammlung noch widerstrebe, welche, streng der geschichtlichen Entwicklung der Malerei folgend, für jede Schuleigenthümlichkeit auch eine räumliche Absonderung zu verlangen schien, wie dies durch die vielen gleichgestalteten und verhältnißmäfsig kleinen Schinkel'schen Schirmwand-Abtheilungen ermöglicht worden war. Andererseits hatte in Bezug hierauf der vorhandene Zustand auch wieder den Mangel, daß keineswegs, wie man hätte erwarten sollen, der erste Eintrittsraum aus der Kuppel, dem neuen Museum gegenüber, dem Anfange der Entwicklung der Malerei entsprach, sondern daß man vielmehr erst mehrere Einzelräume zu durchwandern hatte, ehe man zu dem Ausgangspunkte für die geschichtliche Folge gelangte.

Seine Majestät der König wandte der Angelegenheit, welche nunmehr tief einschneidende Veränderungen an dem mit Recht

*) Man vergleiche Zeitschrift für Bauwesen, Jahrgang 14. „Ueber Einrichtung und Beleuchtung von Räumen zur Aufstellung von Gemälden und Skulpturen“ von E. Magnus, und Jahrgang 17. „Entwurf zu dem Bau eines Kunstmuseums“ von demselben.

allgemein bewunderten Meisterwerke Schinkels, dem volksthümlich gewordenen „Bildermuseum“ in Aussicht nahm, Allerhöchst Sein vollstes persönliches Interesse zu. Nachdem nicht nur ein aus Strack, Erbkam, Magnus, Eybel, Schrader bestehender, besonders ernannter Rath, sondern auch ein Gutachten der Bauabtheilung und des Senats der Akademie der Künste sich für die größeren Oberlichtsäle ausgesprochen hatte, wurde im Jahre 1868 die Ausführung eines solchen nach dem Hofe gelegenen Saales zur Probe begonnen.*) Bemerkenswerth dürfte sein, dafs zum ersten Male Magnus in einer besondern Denkschrift zu dem Gutachten des vorgenannten Rathes über dasselbe hinaus auch über die Räume, welche Seitenlicht behalten sollten, sich äufserte, und zwar dahin, dafs die Durchgänge durch die Schirmwände an die Fensterseite gelegt und dafs die auf beiden Seiten bemalten sog. van Eyk'schen Tafeln so in eine Wand gelegt werden müßten, dafs beide Bildseiten, die eine von einem, die andere von dem benachbarten Raume aus, betrachtet werden könnten, ohne die Tafeln selbst drehen zu müssen. Die jetzige Ausführung zeigt, wie in diesen Punkten der endgültige Bauentwurf mit den Magnus'schen Forderungen, die damals „fromme Wünsche“ blieben, übereinstimmt. In dem genannten Gutachten war auch bereits die Frage des Umbaus der Heizung berührt, aber nicht entscheidend behandelt worden.

Im Jahre 1871 wurde der erste gröfsere Oberlichtsaal durch den Museums-Architekten Landbaumeister August Tiede fertig gestellt.**) Es sollte nun auf Grund dieser neuen Probeausführung im Jahre 1874 durch den damaligen Architekten der Königlichen Museen, Landbaumeister Kühn, ein sich über die ganze Galerie erstreckender Plan und Kostenanschlag aufgestellt werden, was um so nothwendiger schien, als die umfassende Erneuerung der inneren Ausstattung der Räume in Fußböden, Wänden und Decken sich im Laufe der Zeit auch ohne die Frage einer neuen Eintheilung derselben als unvermeidlich herausgestellt hatte. Die Meinungen über die Art der Eintheilung der Nordseite in Oberlichtsäle, sowie über die Einrichtung der Räume mit Seitenlicht auf der Ost- und Westseite gingen jedoch noch lange Zeit auseinander. Als ein neuer Gesichtspunkt für den Umbau war im Jahre 1873 die von der Galerieverwaltung — seit April 1873 war auf den im Jahre 1868 gestorbenen Galeriedirector G. F. Waagen als solcher Dr. Jul. Meyer gefolgt ***) — bestimmt gestellte Forderung aufgetreten, die für Seitenlicht beizubehaltenden Schirmwandabtheilungen der Ost- und Westseite, in den vorhandenen Fensterachsen entsprechende Einzelräume (Cabinette) mit schrägen Seitenwänden und an der Fensterseite gelegenen Durchgängen zu verwenden, um auch diesen Räumen eine, den zeitgemäfsen Anforderungen an eine

*) Auf Allerhöchsten Befehl hat das Ministerium der geistlichen, Unterrichts- und Medicinal-Angelegenheiten diese Gutachten, zusammen mit einem nicht zustimmenden Gutachten des Galeriedirectors Waagen, gesammelt und im Jahre 1868 im Verlage der Königlichen Geheimen Oberhofbuchdruckerei (R. v. Decker) im Druck erscheinen lassen: „Vier Gutachten über die, bei dem Umbau des Daches des ältern Museums zu Berlin in Frage gekommenen baulichen Veränderungen der Gemälde-Galerie. Nebst einem Plane in Steindruck.“

**) Man vergl. Zeitschrift für Bauwesen, Jahrg. 21. „Ueber die Einrichtung eines Oberlichtsaales in der Bildergalerie des alten Museums zu Berlin“ von Aug. Tiede, Landbaumeister bei den Königl. Museen in Berlin.

***) Vergl. dessen Aufsatz „Zur Geschichte der Königlichen Museen in Berlin. Festschrift zur Feier ihres fünfzigjährigen Bestehens am 3. August 1880.“ Berlin 1880, gedruckt in der Reichsdruckerei.

möglichst ungestörte, eingehende Betrachtung von kleineren Bildern entsprechende Form zu geben.

Damit war eine vollständige Zerstörung der ursprünglichen Raumverhältnisse zur Frage gestellt, was eine um so reiflichere Erwägung verdiente, als auch die vorhandene, mit der der Bildwerke-Galerie gemeinsame Luftheizungsanlage, sobald man sich für die Bildung von Einzelräumen entschied, durch eine ganz neue Heizung ersetzt werden mußte. Eine solche Forderung eines andern Heizsystems stellte allerdings auch die neue Galerieverwaltung mit Berufung darauf, dafs die bisherige Luftheizung für die Erhaltung der Bilder Bedenken erzeuge. Zu einer so weitgehenden Umänderung konnte man sich daher auch dann noch nicht entschließen, nachdem einige solcher Einzelräume in der von der Galerieverwaltung vorgeschlagenen Form einstweilig, im Jahre 1875, und zunächst für die Suermondt-Ausstellung hergestellt und in Benutzung genommen worden waren. Es wurden vielmehr auch noch Versuchsausführungen gemacht, mit Beibehaltung der großen Saalwirkungen die Schinkel'schen Schirmwände in solche mit schrägen Bilderflächen zu verwandeln, mit welcher Ausführung im Jahre 1876 die Mitwirkung des unterzeichneten Museums-Architekten, Landbauinspector J. Merzenich, an der vorliegenden Aufgabe begann. Hierauf beschränkte man den weiteren Umbau zunächst auf die Ausführung des zweiten gröfsere Hofsaales, nachdem ein bezüglicher Entwurf nebst Anschlag festgestellt und genehmigt worden war, und trat erst dann auch der Durchführung des Oberlichtes auf der Nordseite wieder näher.

Der Versuch, die Verbindung mit dem neuen Museum durch einen gröfsere dreiaxigen oder fünfachsigem Saal zu vermitteln, ebenso wie diejenigen Versuche, gröfsere Säle in Geviertform oder solche mit abgestumpften Ecken dadurch zu gewinnen, dafs man aus den je drei Hofachsen je einen Raum gestaltete, welcher von den Höfen bis zur Strafsre reichte, hatten zu keinem Ergebnifs geführt. Schliesslich wurde für die Oberlichtsäle auf der Nordseite folgende Anordnung als maßgebend erachtet und zur Ausführung bestimmt: Die Verbindungsachse mit dem neuen Museum wird von den übrigen Sälen gesondert gehalten, um mit dem geringsten Raumverluste sowohl einen im Grundplane festgelegten Ausgangspunkt für die Eintheilung der Sammlung nach kunstgeschichtlichen Gesichtspunkten, als auch einen für sich abgeschlossenen Durchgangs- und Eintrittsraum zu erhalten, von welchem aus nach der einen Seite die germanischen, nach der andern Seite die romanischen Schulen in fortlaufender Reihenfolge zur Anschauung gebracht werden können. Zugleich erleichtert ein solcher Eintrittsraum die Heizbarkeit der anschließenden Sammlungsräume, dient als Windfang und hält den störenden Verkehr derjenigen aus den Sälen fern, welche unmittelbar aus dem Kuppelbau des alten Museums nach dem neuen Museum gelangen wollen. — Hiermit war auch die Eintheilung der eigentlichen Säle gegeben, da man einerseits möglichst viel Bilderfläche durch Querwände gewinnen mußte, andererseits aber keine Räume mit weniger als zwei Achsen schaffen durfte, und es der ausgesprochene Wunsch der Galerieverwaltung war, aus Gründen der Eintheilung der Sammlung, an den Vorraum zunächst je einen zweiaxigen Saal anzuschließen.

Die wirkliche Ausführung der nördlichen Oberlichtsäle, zu welchen noch die Einrichtung des Directorial-Arbeitszimmers an der nordwestlichen Gebäudecke in einer bis dahin als Künstler-

werkstätte für Wiederherstellungen vorgesehenen Raume hinzukam, geschah demgemäß nach behördlicher Prüfung und Genehmigung der hierauf bezüglichen Entwürfe und Anschläge in den Jahren 1876 bis 1879.

Unterdessen hatten die Bemühungen, für den noch unerledigten Theil der Umbaufrage eine befriedigende Lösung zu finden, nicht aufgehört, und überwand schließlich, indem die auf den Zweck einer grundsätzlichen Anordnung und Aufstellung der Gemälde berechneten Gesichtspunkte die Oberhand gewannen, die Scheu, welche bis dahin dagegen obgewaltet hatte, die eigentliche Raumgestaltung des Werkes eines anerkannt größten Meisters der Baukunst aller Zeiten in dem von ihm für die Gemäldesammlung geschaffenen Geschoße gänzlich aufzugeben.

Die Vorschläge der Galerieverwaltung für die Eintheilung der Ost- und Westseite sowie der nach den Höfen gelegenen schmälern Räume, welche Vorschläge mit der Zeit eine bis ins einzelne genau bestimmende Gestalt gewonnen hatten, wurden in der Weise, wie dieselben auch wirklich zur Ausführung gekommen und aus dem auf Blatt 24 mitgetheilten Grundrisse zu ersehen sind, in den Hauptzügen veranschaulicht, welche von den entscheidenden Behörden für die weitere Ausführung gebilligt und der letzteren zu Grunde gelegt worden sind.

Diese Vorschläge waren im wesentlichen folgende. Für Seitenbeleuchtung sollten Einzelräume so gebildet werden, daß eine neue Decke, möglichst nahe über den Fenstern angebracht, jeden dieser Räume von den benachbarten vollständig abschloße und ein Gang hinter ihnen entlang geführt werde, welcher durch neue, aus der Hofwand zu brechende Fenster beleuchtet, zugleich die Tiefe der Einzelräume auf das angemessene Maß beschränkte. Hierbei sollte die Ostseite wegen ihrer günstigeren Lage für Seitenbeleuchtung den germanischen Schulen zugetheilt und vollständig für Einzelraumbildungen verwendet werden, weil die Bilder der germanischen Schulen, welche vorab seitlich beleuchtete kleinere Räume beanspruchten, in weit größerer Anzahl in der Sammlung vorhanden waren, als ebensolche aus den romanischen Schulen. Den letztern verblieb daher die Westseite, deren, wegen der unmittelbar einfallenden Sonnenstrahlen für Seitenbeleuchtung ungünstigere Lage dadurch sich weniger geltend machen konnte, daß hier auf jeder Gebäudeecke je zwei Fensterachsen zu einem Oberlichtsaale zusammengefaßt wurden. Es entsprach dies wieder den unter den romanischen Schulen in größerer Anzahl vertretenen Bildern größern Umfanges, welche eine Aufhängung in Oberlichtsälen verlangen. Aus demselben Grunde sollten auch die drei nach dem westlichen Hofe gelegenen Fensterachsen der Nordseite in einen Oberlichtsaal verwandelt werden, während die entsprechenden Achsen nach dem östlichen Hofe, zum Theil zu Verwaltungszwecken eingerichtet, Seitenlicht zu behalten bestimmt wurden.

Ein wesentlicher Vortheil war mit der Eintheilung der Ostseite dadurch noch verbunden, daß die hier an eine vorhandene Nebentreppe sich anschließenden Einzelräume durch die infolge der letztern gewonnene Höhe zwischen Dachsparrenlage und der neuen, dicht über den Fensterstürzen zu legenden Decke ein Obergeschoß entstehen ließen, welches von der Gemäldesammlung aus angemessen zugänglich zu machen war und zur Anlage der so nothwendigen und bis dahin fehlenden Neben-, Arbeits- und Aufbewahrungsräume ausgebaut werden konnte. Weil von diesen Räumen aus unmittelbar zugänglich, konnte hierzu auch

das ebenso gewonnene Obergeschoß über den drei seitlich beleuchteten Hofachsen noch hinzugezogen werden.

Die Neugestaltung der Sammlungsräume war nunmehr in allen Theilen festgestellt, womit zugleich aber die Anlage einer ganz neuen Heizungs- und Lüftungseinrichtung, welche unter andern Verhältnissen vielleicht nur als wünschenswerth hätte bezeichnet werden können, jetzt, infolge der getroffenen Entscheidung über die Ost- und Westseite eine unumgängliche Nothwendigkeit wurde.

Ein bereits früher aufgestellter Plan zur Verbesserung, bezüglich zu einem zeitgemäßen Umbau der vorhandenen Luftheizung, welchem Plane dann ein zweiter, eine Heißwasserheizung behandelnd, zum Vergleiche der Kosten zur Seite gestellt worden war, konnte nun nicht weiter in Frage kommen, da unter den gegebenen baulichen Verhältnissen allein eine Heißwasserheizung durchführbar war. Es blieb nur noch übrig, den zuletzt genannten Entwurf den nachträglichen Entscheidungen für die Ost- und Westseite entsprechend umarbeiten zu lassen und nach behördlicher Genehmigung zugleich mit dem übrigen Umbau zur Ausführung zu bringen.

Es mußte aber auch der noch übrige Theil des Umbaus in einzelnen Raumabschnitten veranschlagt und bewerkstelligt werden, damit immer nur ein solcher Theil der Sammlungsräume zu sperren und von Bildern zu räumen war, als gleichzeitig zur Unterbringung der letztern Neben- oder Galerieräume vorhanden waren. Es hatte dies jedoch den Vortheil, daß die bei früheren Abschnitten gemachten Erfahrungen in Bezug auf die den Bildern angemessenste innere Ausstattung den folgenden Ausführungen zu gute kamen.

Demgemäß wurde nach den nördlichen Oberlichtsälen zuerst die Ostseite vom Mai 1881 bis zum Januar 1883 fertiggestellt, daran schlossen sich der Bau des kleineren, nach dem Hofe gelegenen Oberlichtsaales vom April 1881 bis August 1883 und demnächst die Ausführungen auf der Westseite vom Juli 1883 bis December 1884. Den Schluß machte die Herstellung der an dem östlichen Hofe gelegenen Einzelräume vom April 1884 bis December 1884. Auch die Entwurfszeichnungen und Anschläge zu diesen sämtlichen Raumabschnitten wurden einzeln angefertigt und nach erfolgter Prüfung genehmigt.

Nachdem am 8. December 1884 der höchste Schirmherr der Königlichen Museen, Seine Kaiserliche und Königliche Hoheit der Kronprinz, dessen kunstverständiger, hochsinniger Fürsorge der Umbau seine schließliche Gestaltung wesentlich verdankte, die Gnade gehabt, durch sein Erscheinen mit der Frau Kronprinzessin in der zu diesem Zeitpunkte vollständig umgebauten und umgestalteten Galerie derselben die neue Weihe zu geben, konnten von da ab die Besucher sich wieder des uneingeschränkten Genusses vor den Bildern erfreuen.

II. Durch den Umbau für die Bilder gewonnene Wandflächen.

Vor dem Umbau waren in der Galerie an Bilderfläche, (dieselbe mit etwa 4,4 m Höhe gerechnet) vorhanden annähernd 2700 qm; hierzu kamen noch etwa 283 qm in den Nebenräumen, welche in derselben Geschoßhöhe die langen Gänge zur Seite der Kuppel darstellten. Nach dem Umbau befinden sich, zwischen den, die Bilderflächen umsäumenden Goldleisten gemessen, in den Galerieräumen annähernd 2800 qm und in den Nebenräumen noch 1100 qm Bilderfläche. Auch in den Nebenräumen ist jedes Bild bequem zugänglich und zu betrachten.

Die aus beweglichen Bretterwänden daselbst gebildeten freistehenden „Scheerwände“ ermöglichen eine vollständigste Ausnutzung der genannten Räume, und läßt sich die Anzahl dieser Scheerwände noch wesentlich vermehren, falls die angeführten 1100 qm überschritten werden müssen. Die 2800 qm Bilderflächen vertheilen sich mit annähernd 2000 qm auf die Oberlichtsäle und annähernd 800 qm auf die Einzelräume und Gänge hinter denselben. Für die Oberlichtsäle wurde hierbei eine Höhe der Bilderfläche von 5,14 m gerechnet, welche Höhe den, die Flächen unten und oben begrenzenden Goldleisten-Innenkanten entspricht. Nur in dem kleinen Hofsaale beträgt dasselbe Maß 4,26 m und in dem größern östlichen Hofsaale 5,40 m. In den seitlich beleuchteten Einzelräumen ist die entsprechende Höhe 4,50 m, in den Gängen 4,00 m. Die lichten Maße zwischen den lothrechten Goldleisten ergeben annähernd 400 lfd. m durch Oberlicht und annähernd 200 lfd. m durch Seitenlicht beleuchtete Bilderflächen.

Es ist bereits gesagt, daß von dem, bei der Verbindung mit dem neuen Museum gelegenen Eintrittsraume aus nach Osten die Bilder der germanischen, nach Westen die der romanischen Schulen angeordnet sind. Die Anzahl der Bilder, welche nach dem Umbau zur Aufhängung gelangt sind, beträgt nun in den Sammlungsräumen für die germanischen Schulen 565 Stück, in denjenigen für die romanischen Schulen 482 Stück, im ganzen also 1047 Bilder. Hiervon hängen in Oberlichtsälen der romanischen Schulen 371, der germanischen Schulen 224, also im ganzen 595 Stück, in seitlich beleuchteten Räumen dagegen 452 Bilder, von welchen 341 Bilder den germanischen, nur 111 den romanischen Schulen angehören. In Oberlichtsälen kommen daher auf ein Bild durchschnittlich $2000 : 595 =$ annähernd 3,36 qm, im Seitenlicht $800 : 452 =$ annähernd 1,77 qm Bilderwandfläche. Außerdem hängen in den Nebenräumen 388 Bilder, sodaß im ganzen zur Zeit $1047 + 388 = 1435$ Bilder aufgehängt sind.

Seitens der Galerieverwaltung wurde bei der neuen Umstellung mit besonderer und erfolgreicher Sorgfalt darauf geachtet, daß die Gemälde, welche wegen ihrer Schulrichtung und ihrer Größenverhältnisse zu bestimmten Wandgruppen zusammengestellt wurden, sich auch im einzelnen durch Tonstärken, Grundfarben, Gegensätze und Wahl der dargestellten Stoffe in ihrer Wirkung gegenseitig hervorhoben. Auch die Wahl der Bilderrahmen und deren Formen und Stoffe, ob Gold, Bronze oder schwarzes, matt geblänktes Holz, spielten hierbei oft eine entscheidende Rolle. Ferner wurde, so viel es der vorhandene Raum irgend gestattete, darauf geachtet, daß die einzelnen Bilder durch eine angemessene Größe ihrer Abstände von einander sich in ihren Wirkungen nicht schädigen. In den Oberlichtsälen und Gängen ist die frühere Einrichtung für die Behängung der Wände mit größeren Bildern beibehalten worden. Dieselbe besteht nach wie vor aus oberen, dicht unter der Goldleiste vor die Wand befestigten fortlaufenden Rundeisenstangen, an welche gelochte flache Bandeisen an beliebiger Stelle lothrecht angehängt werden können. Letztere tragen, zu zwei oder drei zusammengefaßt, wieder in beliebiger Höhe der Bilderfläche an **S**-förmigen Haken waagerechte hölzerne Latten mit ähnlichen Haken oder auch unmittelbar ebensogestaltete eiserne Haken, an welchen die Bilder, wo nöthig oben etwas vorgeneigt, schließlich mit Lappenösen hängen.

In den Einzelräumen sind jedoch die Bilder ohne sichtbare Hilfsmittel aufgehängt, d. h. sie sind hier unmittelbar auf den Wandstoff mit Schraubhaken und an den Rahmen geschraubten Lappenösen befestigt. Die kleineren Bilderrahmen sind außerdem gegen Diebesgefahr mit eisernen, die Rückenflächen zweier gegenüberliegenden Rahmenseiten verbindenden Flachschielen so gegen die Wand geschraubt, daß sie nicht ohne weiteres ausgehängt oder mit Zurücklassung des Rahmens ihrer Bildtafeln beraubt werden könnten. Bei besonders schweren Bildern ruhen die unteren Rahmenhölzer auf, vor die Wand geschraubten auskragenden Stützeisen. Bilder, welche vor die, zu den Frischluftcanälen führenden eisernen „Tapetenthüren“ zu hängen kamen, erhielten Wandbefestigungen mit seitlichen Drehvorrichtungen.

Die van Eyk'schen Tafeln befinden sich auf der Ostseite so in einer geraden Scheidewand zwischen zwei Einzelräumen mit sonst schrägen Wänden befestigt, daß in dem einen derselben die einen Tafelseiten, in dem benachbarten die andern Tafelseiten gleichzeitig zu sehen sind. Da jede Tafel um eine lothrechte Mittelachse drehbar ist, lassen sich alle diese Bilderflächen in besonderen Fällen auch von demselben Raume aus nach einander betrachten.

III. Eigenthümliche Ausstattung der Räume einer Gemälde-sammlung.

Durch die vorhergegangenen Probeausführungen sowohl, wie durch Beobachtungen in andern öffentlichen Sammlungen und Ausstellungen haben sich die folgenden eigenthümlichen Anordnungen des inneren Ausbaues ergeben, durch welche im vorliegenden Falle eine, den Bildern und deren Betrachtung möglichst günstige Umgebung geschaffen werden sollte.

Der Fußboden ist gegen die Wände mit breiten, den später zu erwähnenden Handgeländern folgenden Friesen abgesetzt, welche letztere noch einen Ton dunkler gehalten sind, als das hierdurch in jedem Raume abgetheilte Mittelfeld des Fußbodens, und deren Breite in den Oberlichtsälen dem Wandabstande der Handgeländer ungefähr gleichkommt. Diese dunkeln Säume bewirken, daß die Augen des vor den Bildern sich befindenden Beschauers möglichst wenig durch Lichtstrahlen vom Fußboden her in Anspruch genommen werden. Die Farbe des Fußbodens ist eine annähernd nufsbraune; eine gelbe Tonwirkung, wie sie der natürlichen Farbe eben hergestellter, frisch gebohnter Eichen- oder Kiefernholzböden eigen, ist vermieden worden. Die Musterung des Fußbodens durch sich vordrängendes handwerksmäßiges Gefüge erschien nicht als günstig, und wurde deshalb eine Täfelbodenarbeit mit Tafeln in Geviertform, übereck gestelltem Fugenspiel und schachbrettartiger Maserung den Stabbodenmustern vorgezogen. Auf der Nord- und Ostseite ist die gewünschte Farbe durch Beblattung mit americanischem Nufsbaumholze erzielt, welches den Vortheil bot, daß die natürliche Farbe des Holzes im ganzen belassen werden konnte. Auf der Westseite dagegen wurde versucht, durch künstliche Beize dem Eichenholze seine, im neuen Zustande so unangenehm auffallende gelbe Farbe derart zu benehmen, daß dasselbe eine ungefähr gleich angemessene Wirkung wie das natürliche americanische Nufsbaumholz erlangte, und so die mit dem Eichenholz verbundene widerstandsfähigere Natur für die vorliegende Aufgabe gewonnen werden konnte.

Vor sämtlichen Bilderflächen, mit Ausnahme der Gänge hinter und der Rückwände in den Einzelräumen, ist das zum Schutze der

Bilder in öffentlichen Sammlungen unentbehrliche Geländer entlang geführt (vergl. die Zeichnungen auf Blatt 25). Dasselbe ruht auf senkrecht auf den Boden stehenden Pfosten und ist nur mit Zapfen so zusammengefügt, daß ohne besondere Werkzeuge die einzelnen Glieder, Pfosten, Wandhalter, Handlauf, einer jeden Stützenachse einzeln abgehoben werden können, um namentlich auch mit Leitern dicht an die Bilderflächen herankommen zu können. Zum Vorbilde dienten hierbei die in Oberlichtsälen des Louvre zu Paris vorhandenen Geländer, welche aus Eisen zusammengearbeitet sind. Im vorliegenden Falle wurde jedoch Bronze, sog. Tombakmasse gewählt, um sowohl eine Farbenwirkung damit zu erzielen, welche zu den sonst vorhandenen, den Bildern besonders angepaßten Tönen stimmte, als auch, um dies ohne einen Anstrich oder einen andern künstlichen Ueberzug des Stoffes zu erreichen. — Dergleichen vergängliche Hilfsmittel dürften an allen den Stellen besonders zu vermeiden sein, welche beim Betrachten der Bilder mit in das Gesichtsfeld fallen, weil sie dieselbe Absicht wie die Bilder haben, in dem Beschauer eine Einbildung hervorzurufen, ohne doch einen Vergleich aushalten zu können mit dem Erfolge, mit welchem durch die Bilder selbst der Schein einer Wirklichkeit in der Seele des Beschauers geweckt wird. Mehr als irgendwo scheint es daher in den für Gemäldesammlungen herzustellenden Räumen nöthig, die wünschenswerthesten farbigen Wirkungen mit natürlichen Stoff-Farben und -Eigenthümlichkeiten zu erreichen, da jeder Anstrich, jede wirkliche Färbung hier hart und schwer, nur der natürliche passende Ton eines Stoffes erträglich wirkt.

Durch eine Mattirung der Bronze mittels Sandblasverfahrens wurde sowohl eine schnellere und gleichmäßigere Edelmetall-Bildung erzeugt, als auch verhindert, daß die Wirkung der Bronze durch ihre Neuheit und glänzende Oberfläche im Anfange doch noch zu heftig sich hervorgedrängt hätte und an den zumeist befärbten Stellen fleckig geworden wäre oder doch wieder mit einem vergänglichen Lack-Ueberzuge hätte geschützt werden müssen. Die Oberkante des 30 mm starken, alle 2 m etwa gestützten Handlaufes befindet sich 0,98 m über dem Fußboden. Die Stützenachsen mit ihren Wandhaltern stehen in den Oberlichtsälen 0,70 m, in den Räumen mit Seitenlicht 0,40 m von der Wandfläche hinter den Bildern entfernt.

Alle Bilderwände haben als Wandsockel eine Täfelung, das sogenannte Panel, erhalten. Die Höhe desselben beträgt in den Oberlichtsälen vom Fußboden bis Oberkante der die Bilderfläche nach unten abschließenden Goldleiste 1,02 m, in den seitlich beleuchteten Räumen nur 0,98 m. Die Sockeltäfelung hat den Zweck, da die Bilder, der bequemen Betrachtung wegen, erst in einem angemessenen, nicht zu geringen Abstände vom Fußboden aufgehängt werden können, der hierdurch leer bleibenden Fläche zwischen Wand und Fußboden eine entschiedene Begrenzung und einen bestimmten Ausdruck, sowie der Bilderfläche gleichsam einen festen für sich bestehenden Unterbau — eine waagerechte Grundlinie zu geben. Dieselben sind in den Oberlichtsälen ganz schwarz mit mattem (Seiden-)Glanze durch Dünobelag mit durch und durch gefärbtem Holze (Birnbäum, Ahorn, Elsen) hergestellt, ebenso in den seitlich beleuchteten Räumen, nur mit dem Unterschiede, daß hier die größeren glatten Flächen einen silbergrau-grünen Ton erhalten haben durch Dünobelag mit durch und durch silbergrau gefärbtem, amerikanischem Vogelaugen-Ahornholze.

Durch diese schwarzen, bezüglich dunkeln Färbungen der hohen Wandsockel werden ebenfalls, wie durch die dunkeln Fußböden und Friese derselben, störende Lichtstrahlen von den auf die Bilder gerichteten Augen möglichst abgehalten. Die lichtarme schwarze Farbe hat sich überhaupt hierfür so wirksam erwiesen, daß dieselbe auch für die übrigen hölzernen Wandbekleidungen, bei den Thüren und Durchgängen, in den Einzelräumen zusammen mit dem erwähnten Silbergrau, durchgeführt wurde. Sie bildet den entschieden ausgesprochenen Grundton einer in den vorliegenden Räumen auftretenden Farben-Dreiheit Schwarz, Roth, Gold. Bei der Gliederung der Sockeltäfelung war selbstverständlich eine schickliche Verbindung mit den Wandhaltern des vorbeschriebenen Handgeländers sowie mit den Umrahmungsleisten der Durchgänge zu berücksichtigen.

Die den Bildern als Hintergrund dienenden, sämtlich mit Holz bekleideten Wandflächen sind mit einem braunrothen, bezüglich kupferig-rothem Stoffe bespannt worden, welcher, abgesehen von seinem Gewebe, ungemustert ist, nachdem sich durch Versuche herausgestellt hatte, daß weder Tapeten, noch eine Bemalung mit und ohne Muster den gewünschten Erfolg hatten, daß die, zwischen den Bilderrahmen verbleibenden Wandflächen einen, den Bildern möglichst zuträglichen und sich doch nicht hervordringenden Ton erhielten. Das ungekünstelte Gewebe eines angemessen starken baumwollenen „Granit“-Stoffes in den Oberlichtsälen und eines langhaarig geschorenen Jute-Sammet-Stoffes für die seitlich beleuchteten Bilderwände hat eben die schon erwähnte und bei der vorliegenden Aufgabe nicht zu entbehrende Eigenschaft für sich, daß die farbigen Lichtstrahlen, welche nicht von den zu betrachtenden Bildern, sondern aus deren nächster Umgebung in das Auge des Beschauers gelangen und dessen Sehkräfte für sich beanspruchen könnten, möglichst getheilt und unschädlich gemacht werden. Mit ähnlich beabsichtigtem Erfolge, doch ohne hierbei eine ausdrucksvollere Betonung aufzuheben, sind die Windfangthüren und bloßen Durchgänge durch Vorhänge und bekronenden Faltenwurf ausgezeichnet worden, dessen Stoff aus einem olivengrünen, mehr metallglänzenden als farbig wirkenden, Seiden-Plüsch besteht. Nur die großen Ausgangsthüren in den, nach den Höfen gelegenen größeren Sälen zeigen noch ihre ursprünglichen, aus dem griechischen Steinbau übernommenen Gewände und Bedachungen. Die in den Sälen sichtbaren Flächen derselben sind jedoch, um dem Auge keinen Anstrich zu bieten, mit schwarzgrünem, moosartig geädertem sächsischen Serpentin dünn belegt worden.

Die Fensterwände in den seitlich beleuchteten Räumen haben weder Holzbekleidung noch Stoffbespannung erhalten. Dieselben sind vielmehr ohne Panelbildung mit Glanzstuck, sogenanntem Stucco lustro, geputzt worden, welcher einen braunrothen, der Tonstärke der Stoffbekleidungen möglichst angehöhten Marmor nachahmt. In den Leibungs- und Sturzflächen der Fenster in den Einzelräumen stellt der Glanzstuck einen tief schwarz-grünen Marmor dar. Obschon es in andern Fällen gewiß befremden wird, wenn sämtliche Wände eines und desselben Raumes für ihre äußere Gesamt-Erscheinung nicht in den Grenzen derselben sich wiederholenden Ausschmückungsmittel bleiben, fällt es in den seitlich beleuchteten Bilderräumen doch nicht auf, daß dort die Fensterwände ganz anders behandelt sind, als die lichtempfangenden Flächen, welche zur Aufnahme der Bilder bestimmt sind. Die langen, verhältnismäßig schma-

len Gänge hinter den Einzelräumen erhalten hierdurch einen besondern Ausdruck, welcher denselben das Gepräge von bloßen Durchgängen zu benehmen scheint.

Die Fenster, deren ursprüngliche Maueröffnungen beibehalten werden mußten, sind in ihrem untern Drittel durch matte Scheiben so hoch verblendet, daß das volle Licht erst über Kopfhöhe, d. h. vom Fußboden der Einzelräume 2,20 m hoch, in die Räume eingelassen wird. Die darüber befindliche Fensterfläche besteht dagegen aus einer einzigen Spiegelscheibe. Die Fenster mußten Vorhänge erhalten, welche von unten nach oben gezogen werden und auf der Sonnenseite (Westseite) auch zur Besuchszeit, sobald die Sonne scheint, geschlossen gehalten werden müssen. Auf dieser Himmelsseite ist daher die Farbe des Vorhangstoffes fast weiß, um möglichst wenig Licht zu verschlucken, während auf der Ostseite, wo die Sonne ihre Strahlen während der Besuchszeit niemals unmittelbar in die Räume gelangen lassen kann, die Vorhänge also nur nach der gewöhnlichen Besuchszeit gezogen werden müssen, derselbe Stoff einen gelblich-grauen Ton erhalten konnte.

Da bei verschiedenen Jahreszeiten und Witterungsverhältnissen eine sehr verschiedene Lichtmasse vom Himmel ausgestrahlt wird, so ist es an besonders hellen Tagen außerdem nöthig, die allzu blendende Wirkung der Spiegelscheiben durch einen Florzeug-Vorhang zu dämpfen, auch läßt sich für die verschiedenen Stärken des Himmelslichtes die Breite des Fensters durch seitliche Vorhangstreifen von undurchsichtigem Wollenstoffe, welche sich von den Ecken des Fensters nach der Mitte zu eine kleine Strecke über die Spiegelscheibe wegziehen lassen, etwas einschränken.

Um eine so große Spiegelscheibenfläche (dieselbe mißt mit dem Rahmen 3,15 m in der Höhe, 2,23 m in der Breite) lüften und ganz öffnen zu können, war eine besondere Bewegungsvorrichtung nöthig, deren Handhabung in gewöhnlicher Fensterbrüstungshöhe erfolgt und durch welche mittels einer ruderartigen Uebertragung der große Fensterflügel aus den Falzdichtungen eine kleine Strecke herausgefahren und umgekehrt in die Falze wieder eingeführt werden kann; die hierdurch zu bewirkende lichte Oeffnung beträgt 9 cm. Soll der Flügel noch über den Punkt, bis wohin die Führung bei der Drehung vollständig durch die Bewegungsvorrichtung geschieht, weiter hinaus geöffnet werden, was jedoch nur bei größeren Reinigungen der Spiegelscheiben zu geschehen hat, so müssen zur Versteifung der Rechtecksfläche Dreiecksverbandstangen eingelegt werden, welche, für gewöhnlich an ihrem obern Ende, mit einem festen Drehpunkte in der Gegend des obern (Charnier-) Fensterverbandes an dem sich öffnenden Fensterrahmen befestigt, lothrecht an der Drehachse des Fensters herabhängen. Die untere abgeblendete Fensterfläche ist mit zwei Lüftungsflügeln dreitheilig gestaltet. Damit den letztern jedoch beim Oeffnen nicht der von unten nach oben zu ziehende Vorhang hinderlich sein kann, ist noch unterhalb der abgeblendeten Flügel eine ganz geschlossene Fensterfläche vorhanden, deren Höhe durch die Vorhänge im ruhenden Zustande derselben eingenommen wird und so bemessen ist, daß die Vorhänge nicht unmittelbar mit der Fensterbank und dem sich daselbst zeitweise sammelnden Schweißwasser oder Staub in Berührung kommen können, vielmehr frei auf ausgekragt vor der geschlossenen Fensterfläche vorgestreckten messingenen Haltern aufliegen. Das Rahmwerk der Fenster ist aus Eichenholz und im Innern geblänkt hergestellt.

Die Bilderflächen in den Oberlichtsälen sind nach oben durch eine kräftige Goldleiste und eine daraufgesetzte schwarze Holzleiste, welche den über den Bildergürtel hinausschweifenden Blick des Beschauers einzuschränken beabsichtigt, bestimmt abgesetzt. Die noch darüber befindliche geputzte Wandfläche ist in einem serpentinartigen, schwarz-grünen, das Hauptgesims und die eigentliche Wandhalsfläche in einem ganz mattschwarzen Tone gehalten, die verzierten Glieder sind mit einem auf dem Schwarz aufgedruckten Bronzemuster hergestellt. Kleinere Abweichungen hiervon zeigen die beiden größeren Hofoberlichtsäle, wo auch die Decken eine von den andern Sälen abweichende Ausbildung erhalten haben. In den Einzelräumen sind die Wände nach oben ohne Hals unmittelbar mit einer schwarzen Gesimsleiste gegen die waagerechten Decken abgeschlossen. Der Uebergang der Fläche des einfallenden Oberlichtes zur Wand ist durch breite, in Goldbronze gehaltene Rahmen und krönende Gliederungen sowie daran anschließende Hohlkehlen hergestellt, welche letzteren einen, zwischen dem Roth der Wände und dem Gold des Oberlichtrahmens vermittelnden, unbestimmten Ton zeigen, der an Ledertapeten erinnert.

In den beiden größeren Hofsälen ist eine für Gemäldesammlungs-Räume weniger bezeichnende Gliederung mit vertieften Deckenfeldern versucht worden. Auch die Deckenausbildung in den seitlich beleuchteten Räumen dürfte weniger von grundsätzlicher Bedeutung sein, insofern dieselbe in ihrer Ausstattung allzusehr von den durch das vorhandene Bauwerk gegebenen Verhältnissen abhängig war. Es sei deshalb nur erwähnt, daß diese Decken waagrecht geputzt und mit Leimfarbe bemalt sind, und zwar in den Einzelräumen so, daß eine Tafeldeckenarbeit nachgeahmt wird, in demselben silbergrauen Ahorn gedacht, wie sie für die größeren Sockeltafelungsflächen daselbst in echtem Stoffe zur Ausführung gekommen ist. Die zugehörigen Deckenleisten sind dagegen aus wirklichem Holze gebildet.

Zur Bezeichnung der verschiedenen Malerschulen dienen Tafeln aus schwarzem, durch und durch gefärbtem, matt geblänktem Birnbaumholze mit aufgehefteten, 55 mm großen Bronze-Buchstaben. Die Tafeln hängen an kräftigen Schnüren mit Quasten, in den Sälen und Gängen in Höhe der Füllungen der Wandtäfelung, in den Einzelräumen auf den Rückwänden über dem Bildergürtel. Dieselben haben in den erstgenannten Räumen eine Länge von 1,87 m bei 0,49 m Höhe, in den andern Räumen eine Länge von 1,40 m bei 0,41 m Höhe.

Die Ruhebänke sind in den Sälen um die, in der Mitte derselben nothwendig gewordenen Ummantelungen der Heizkörper, in den Einzelräumen vor den, deshalb nicht mit Handgeländer versehenen Rückwänden daselbst aufgestellt, flach gepolstert und mit dunklem braunrothem Ziegenleder überzogen. Das Holzwerk derselben besteht in den Ansichtsflächen ebenfalls aus schwarz geblänkttem Birnbaumholze.

IV. Allgemein Bauliches.

Die Dachhöhen für die herzustellenden neuen Räume mußten in dem Maße eingeschränkt werden, daß die vorhandene äußere Erscheinung des alten Museums durch den Umbau nicht wirklich geschädigt wurde. Insbesondere verboten sich hierdurch solche Erhebungen über die gegebenen Dachflächen und Bekrönungen, daß dieselben von den natürlichen Standpunkten aus sichtbar geworden wären, welche für die Betrachtung der groß-

artigen Umrisslinien des bedeutsamen Bauwerkes von allen vier Seiten her möglich sind. Hierdurch wurde es unausführbar, die Oberlichter so anzuordnen, daß ein auf den Fußboden der Säle fallendes schädliches Scheitellicht durch eine über der innern Glasdecke geschlossen gehaltene, nicht verglaste, äußere Bedachung auf natürlichem Wege abgefangen worden wäre. Aus dem angegebenen Grunde war es ebensowenig gestattet, zwischen den innern und äußern Glasflächen noch einen so hohen Raum zu schaffen, wie er für die bequeme Zugänglichkeit aller baulichen Theile zum Vortheile der Reinigung und Instandhaltung wünschenswerth gewesen wäre. Die gegebene Herstellungshöhe war auch Veranlassung, daß auf der Ostseite ein sog. Holzcementdach den Gewinn an Höhe hergeben mußte, um trotz Beibehaltung des ursprünglichen Dachfirstes den über den Decken der neuen Einzelräume gewonnenen Bodenraum für eine Reihe von im Lichten 3,94 m hohen Nebenräumen ausnutzen zu können. Diese Nebenräume liegen an einem der alten Dachsparrenlage entsprechenden niedrigen, nur 3 m im Lichten hohen Gange, zu dessen Seite und in genügendem Abstände von der Hauptgesimsausladung das Dach, der geringen Neigung des Holzcementdaches folgend, gehoben werden konnte, ohne daß diese Erhebung die äußere Erscheinung des Bauwerkes gestört hätte. Daß die wirklichen Kunstformen der Gebäudeansichten keine Abänderungen erfahren durften, braucht wohl nicht besonders gesagt zu werden. Hieraus folgte, daß die Fenster für Seitenbeleuchtung in Höhe und Breite zu belassen waren und die Brauchbarkeit derselben für die Beleuchtung der Einzelräume durch eine Neugestaltung des Fenster-Maßwerkes erreicht werden mußte. Diejenigen Fenster, welche infolge der Oberlicht-Saalbildungen ihre Bestimmung verloren, wurden so vermauert und verputzt, daß dieselben, wenn auch nur als Nischen, doch für den Ausdruck der betreffenden Gebäudeansichten ihre ursprüngliche Wirkung behielten und aussehen, wie wenn sie nur durch bewegliche Rollvorhänge geschlossen gehalten würden.

Die Entfernungen der sich gegenüberliegenden Bilderwandflächen, welche die Langseiten der Oberlichtsäle darstellen, betragen auf der Nordseite 9,52 m, in dem südöstlichen größeren Hofoberlichtsaale 8,96 m, in den südwestlichen 9,09 m, auf der Westseite 9,30 m, in dem kleineren Hofsaale 5,10 m. Diese Maße dürften wohl in größeren Gemäldesammlungen nicht kleiner, sondern, wenn irgend möglich, größer zu nehmen sein; um dieselben möglichst groß zu behalten, sind im vorliegenden Falle die alten Mauerflächen um so viel abgestemmt worden, daß für die neu einzuführenden Holzbekleidungen, aus 33 mm starken Brettern und 60 × 80 mm starken Stollenhölzern bestehend, von der früher bestandenen Saalbreite nichts verloren gegangen ist.

Die 2,10 m im Lichten breiten, 4,80 m hohen früheren Verbindungsthüren der großen Raumabtheilungen wurden, den neuen, kleineren Raumwirkungen entsprechend und zum Vortheile einer besseren Ausnutzung der Wände, im Lichten nur 1,80 m breit und 3,50 m hoch ausgeführt.

Die zu erzielenden Maße für die Einzelräume waren durch die gegebenen Fensterachsen und Mittelwände ebenfalls beschränkt. Nach vorhergegangenen Versuchen wurden die Bilderwandflächen in diesen Räumen der Ostseite so hergestellt, daß daselbst die Fensterwand eine lichte Breite von 5,22 m, die Rückwand 3,22 m, die Entfernung dieser Wände von ein-

ander 6,34 m und die gleichlaufenden Seitenflächen, in welchen sich die im Lichten 2,25 m hohen und 1,09 m breiten Durchgänge befinden, 1,26 m erhalten haben. Auf der Westseite sind dann die Einzelräume dadurch noch etwas größer gestaltet worden, daß daselbst die Fensterwandbreite 5,32 m, die Rückwand 3,32 m, die Entfernung dieser beiden Wände von einander 6,34 m, und die Länge der beiden gleichlaufenden Seitenwandtheile 1,26 m beträgt.

Die durch den Umbau nothwendig gewordenen Theilungswände sind so hergestellt, daß hierdurch die Säulenstellungen und Balkenlagen des unter der Gemäldesammlung befindlichen Geschosses der Bildwerksammlungen nicht belastet werden. Es wurden daher auf den betreffenden Achsen der Außenwände eiserne Träger mit angehängten oder auch freitragenden eisernen Wellblechwänden nach den vorhandenen massiven Hof- und Mittelwänden herübergestreckt, um die tragenden Theile der neuen Wände zu bilden. Für die Decken der seitlich beleuchteten Räume sind eiserne Querträger und zwischen dieselben gespannte flache Kappen aus porigen Steinen rechtwinklig zu den Hauptträgern aufgebracht worden, welche letztere je einem Fensterpfeiler entsprechen. Um diese Decken als ebene Flächen putzen zu können, war dann noch eine Holzschalung und Berohrung dicht unter den Gewölben nothwendig. Die vorgenannten Eisenbauten tragen die Theilungswände der Nebenräume über den Einzelräumen auf der Ostseite.

Von dem kleinern Hofsaaloberlichte abgesehen, sind die Rahmen der innern Oberlichtöffnungen sowie die gegen dieselben gespannten Hohlkehlen an die eisernen Dachbinder aufgehängt, welche die äußern Oberlicht- und Dachbauten stützen. Dicht unter den Rohglasscheiben der Dachlichter sind verzinkte Drahtgitter, deren Maschenweite 25 mm beträgt, ausgespannt, um Unglücksfälle zu vermeiden, indem, wenn ja eine der Rohglasscheiben beim Schneeschippen oder sonstwie zerschlagen werden sollte, die Drahtgitter die Möglichkeit ausschließen, daß Glassplitter auf die innere Glasfläche fallen, auch diese zertrümmert und den Besuchern in den Sammlungsräumen gefährlich werden könnten.

Die innern Scheiben bestehen aus mattirtem rheinischen Doppelglase; die eisernen Lagersprossen haben eine gestanzte Zinkbekleidung, welche vergoldet wurde, erhalten; die Stoffsugen sind durch zwischengelegte, den Fensterbleien ähnliche, gezogene Messingstäbchen gedichtet.

Um die unmittelbaren Sonnenstrahlen abzuhalten, sind in angemessenen Entfernungen über den innern Glasflächen waagerechte Vorhänge angebracht, welche aus einem weissen Nesselstoffe bestehen und von den darunter befindlichen Saalecken aus mittels Schnüre und Führungsrollen über die Glasflächen nach Bedarf herübergezogen werden können.

Es wurden auch viele Versuche gemacht, durch sogenannte Velas, welche unterhalb der Glasflächen in den Sälen sichtbar aufgehängt waren, das Scheitellicht, welches nur zu einer unliebsamen Erhellung des Fußbodens dient, aufzufangen. Schließlich aber wurden diese Einrichtungen, nachdem sie eine Zeit lang wirklich bestanden hatten, wieder aufgegeben, da es nicht gelingen konnte, in den verhältnißmäßig niedrigen Sälen diese Velas, deren Stoffe nicht dunkel gehalten werden durften, so anzubringen, daß sie sich nicht über Gebühr hervordrängten, baldigst verschmutzten und hierdurch einen unschicklichen Anblick gewährten. Die inmitten der Säle unterhalb der Velas

befindlichen Heizquellen bewirkten außerdem, daß die senkrechten Luftbewegungen, welche von den Heizkörpern ausgehen, auf der hellen Stofffarbe der Velas sich in kurzer Zeit als dunkel gefärbte Flecke abzeichneten.

Der Lichteinfall in den Sälen ist so beschaffen, daß eine, im Querschnitt von der untersten Grenze des Bildergürtels 1,02 m über dem Fußboden gezogene, die gegenüberliegende Begrenzung der innern Lichteinfallöffnung berührende Linie in ihrer Verlängerung stets freies Himmelslicht antrifft. Die entsprechende Breite der Lichteinfallöffnung in den Saaldecken ist dann eine solche, daß der Lichteinfallswinkel, welcher nach derselben untern Grenze des Bildergürtels gezogen wird, in den größeren nördlichen Oberlichtsälen $20^{\circ} 46' 40''$, in den kleineren ebensolchen Sälen $22^{\circ} 36' 20''$, in den Oberlichtsälen auf der Westseite $22^{\circ} 0' 10''$, in dem östlichen größeren Hofsaale $22^{\circ} 53' 27''$, in dem westlichen ebensolchen Saale $20^{\circ} 42' 40''$ und in dem kleineren westlichen Hofsaale $23^{\circ} 25' 14''$ beträgt. Die Neigungswinkel, welche im Querschnitt die vorstehenden Lichteinfallswinkel mit den Bilderwandflächen an der untersten Grenze derselben bilden, betragen in den größeren nördlichen Oberlichtsälen $20^{\circ} 40' 50''$, in den kleineren ebensolchen $20^{\circ} 1' 10''$, in den Sälen auf der Westseite $19^{\circ} 48' 51''$, in dem östlichen größeren Hofsaale $18^{\circ} 51' 36''$, in dem westlichen ebensolchen Saale $19^{\circ} 41' 20''$ und schliesslich in dem kleineren westlichen Hofsaale $12^{\circ} 37' 9''$. Wie man sieht, ist in dem zuletzt genannten Saale der kleinste der vorstehenden Neigungswinkel vorhanden. Die Beleuchtung ist jedoch trotz der im Verhältniß zur Höhe der Bilderwand geringen Breite dieses Saales eine, wie bisher allseitig anerkannt worden ist, gelungene zu nennen. Um hier das Dachoberlicht möglichst groß anzulegen, mußte die Mittelmauer, welche früher bis zum Dachfirste daselbst hinaufgeführt war, bis auf die Saalhöhe herab entfernt und so noch ein Theil der über den nördlichen Sälen sich erstreckenden äußern Glasfläche für den Lichteinfall des Hofsaales herangezogen werden. Hierdurch wurde, wie besonders hervorgehoben werden soll, der uneingeschränkte Himmelslicht umfassende Einfallswinkel hier größer wie bei allen andern Sälen. Bei allen Sälen sind die Dachglasflächen so groß bemessen, daß die den höher gelegenen Punkten des Bildergürtels entsprechenden angegebenen Winkelgrößen nicht wesentlich kleiner werden können.

Der in dem östlichen größeren Hofoberlichtsaale vorhandene Einfallswinkel ist der größte. Derselbe dürfte aber als etwas zu groß zu bezeichnen sein, da die in den andern Sälen gewählten kleineren Winkel sich als ausreichend erwiesen haben und sich in jenem Saale allerdings die blendende Wirkung der innern Glasfläche und eine allzu große Helligkeit des Fußbodens von Anfang an fühlbar gemacht hat. In einem an die Generalverwaltung der Königlichen Museen gerichteten Schreiben vom 22. März 1870 forderte Professor E. Magnus eine Einschränkung dieses Deckenlichtes, welches er auf jeder Seite um $1\frac{1}{2}$ Fuß zu groß fand. Man suchte daher bei den nächsten Oberlichtern mit kleineren inneren Lichtöffnungen auszukommen, was sich in obigen Winkelgrößen ausspricht.

Ueber die Einzelheiten der Herstellungen der äußeren Glasflächen kann man aus der bereits angeführten Mittheilung in der Zeitschrift für Bauwesen, Jahrgang 21, von A. Tiede, das Nöthige ersehen. Im wesentlichen sind die dortigen Anordnungen auch für die übrigen Oberlichter maßgebend gewesen.

Es sei hier nur noch angeführt, daß auf der Westseite sämtliche Dach- und Deckenbildungen ohne Anwendung von Holz hergestellt wurden und deshalb die zwischen den beiden Oberlichtern daselbst verbliebenen geschlossenen Dachflächen aus eisernen Sparren, zwischengespannten Kappen von porigen Steinen und einem darauf gelegten sogenannten Holzcementdach bestehen. Die kleineren und kleinsten Oberlichter in Geviertform, welche auf der Ostseite die nicht an dem Hofe gelegenen Nebenräume und den Gang vor denselben erleuchten, sind über Eck zu den Umfassungswänden gestellt worden, um einen bessern Wasserabfluß an den über die Dachfläche hinauf geführten Oberlichtskasten entlang zu erzielen. Die Treppe, welche von den östlichen Cabinetten nach den gewonnenen oberen Nutzräumen eingebaut werden mußte, bildet die Verlängerung der von Anfang an vorhanden gewesenen Nebentreppe, welche aber vom Erdgeschoße nur bis zur Bildersammlung führte. Der Treppenraum genügte glücklicherweise, um, wenn auch nur mit Hilfe von Wendelstufen, die nothwendig zu ersteigende Höhe bis zu dem Gang vor den Nebenräumen zu erreichen. Das Treppenhaus wurde dicht unter der alten Sparrenlage in Stein überwölbt, durch ein in dem Gewölbe ausgeschnittenes Oberlicht beleuchtet und nach den anschließenden Sammlungs- und Nebenräumen durch eiserne, selbstthätig schließende Thüren feuersicher abgeschlossen. Die auf beiden Auflagerenden eingemauerten neuen Stufen sind von Velpker Sandstein. Auf der nordwestlichen Gebäudeecke ist ebenfalls die nur bis zur Gemäldesammlung vorhanden gewesene steinerne Nebentreppe mit weitem Sandsteinstufen höher geführt worden, bis zu einem über dem neu hergestellten Directorial-Arbeitszimmer daselbst eingerichteten Aufbewahrungsraume. Dieser ergab sich dadurch, daß in Zweidrittel der Höhe des Fensters eine Zwischendecke eingeschaltet wurde, welche, indem sie das Arbeitszimmer schicklicher und besser heizbar macht, ein darüber befindliches, durch das obere Drittel des Fensters erleuchtetes Halbgeschoß von dem ursprünglich in ganzer Geschosshöhe als Künstlerwerkstätte für Wiederherstellungen benutzten Raume absondert. Von weitem Nebenräumen zu sprechen, haben die Sammlungsdiener, statt des bisherigen nur mittelbar vom Hofe aus beleuchteten, den Sammlungsräumen zunächst gelegenen Theiles des Ganges, welcher die zur Seite der Kuppel daselbst befindlichen nordöstlichen Ausnischungen der Kuppelummauerung umfaßt, zu ihrem Kleiderspinden-Zimmer einen vom Hofe aus unmittelbar erleuchteten neuen Raum erhalten. Derselbe nimmt in demselben Gange die südlichste Fensterachse mit den daselbst hinzugezogenen südöstlichen Ausnischungen ein. In halber Fensterhöhe ist auch hier der bessern Heizbarkeit wegen eine Zwischendecke von eisernen Wellblechen hergestellt worden, welche auch durch die Verbreiterungen des Ganges durchreicht und über sich von der Geschosshöhe noch einen Nutzraum abgetheilt hat. Eine, bis zu der ursprünglichen, der Geschosshöhe entsprechenden Decke geführte Steinwand bildet den Abschluß der neuen Räume nach dem übrigen, den Abzeichnern für Staffeleien, Geräte usw. zugewiesenen, bis hinter das nördlichste Hoffenster reichenden Theile dieses Ganges. Eine in dieser Wand, über der zur Dienerstube führenden Thüre angebrachte zweite Thür vermittelt durch eine vorgestellte Leiter den Zugang zu dem obern Halbgeschoße, um letzteres noch zur Aufbewahrung von zurückgestellten Bilderrahmen und Aehnlichem verwenden zu können.

Der frühere Dienerraum zwischen den Copisten und der Sammlung ist demnächst durch eine neue Nebentreppe ausgebaut worden, welche genau der an der nordwestlichen Kuppellecke von jeher befindlichen entspricht, wobei zugleich beide Treppen von der Dachbodenhöhe der niedrigeren Dächer über der Sammlung aus bis zu dem höhergelegenen Bodenraume über der Kuppel feuersicher weitergeführt worden sind und ebensolche obere Abschlüsse ihrer Treppenhäuser in Wänden und Decken erhalten haben. Der Gang zwischen der von Anfang an vorhandenen Nebentreppe und den südwestlichen Kuppelnischen, in welchen die der Sammlung eigenthümlichen Leitern und Gerüste aufbewahrt werden, bleibt Aufbewahrungsraum für ungewöhnlich große Bilder, die in den oberen Nebenräumen keinen Platz finden oder nicht hinauf gebracht werden können.

V. Heizung und Lüftung.

Die früher vorhandene — der Gemäldesammlung mit der der Bildwerke in dem Geschoße darunter gemeinsame — Luftheizung konnte bei der neuen Eintheilung und den nun bis zur Decke reichenden Querwänden, abgesehen von ihrer Schädlichkeit für die Bilder, schon deswegen nicht beibehalten werden, weil die Anzahl von Ausströmungsöffnungen für die heiße Luft, welche zu einer gleichmäßigen Wärmeverbreitung in den vielen vollständig von einander abgesonderten Räumen nöthig wurde, sich nicht herstellen ließ, da nur an vier Stellen im Erdgeschoße Luftheizkammern vorhanden waren. Zwei fernere, aber kleinere alte Luftheizöfen, welche sich in zwei Ausnischungen der nördlichen Kuppelummauerung befinden, und von denen der eine gar keinen, der andere einen ganz ungenügenden Feuerungsraum besitzt, konnten hierbei auch nicht weiter in Betracht kommen.

Für eine neue Heizung und Lüftung verlangte die von der Galerieverwaltung aufgestellte bezügliche Uebersicht in den Sammlungsräumen eine für Tag und Nacht möglichst gleichmäßige Wärme von durchschnittlich $+ 12^{\circ}$ R. und einen Feuchtigkeitsgehalt der Luft von mindestens 50 bis 55 % bei einer durchgängigen Temperatur von 13° R. Dabei sollten die Heizungsrohre von den Bildern möglichst weit entfernt sein, sich daher für die Säle in der Mitte des Raumes innerhalb der Ruhebank, in den seitlich beleuchteten Räumen in den Fensterischen befinden, möglichst wenig gesehen werden und auch möglichst wenig Platz einnehmen.

Da diesen Bedingungen auch nicht mit einer neuen Luftheizung zu genügen war, eine Warmwasserheizung aber wenigstens zu viel Platz beansprucht hätte, so wurde eine Heißwasserheizung, verbunden mit einer Luftheizung für den Luftwechsel, welche letztere zugleich auch die Sammlungsräume der Bildwerke zu heizen hat, eingerichtet. Die vier Feuerungsstellen derselben mit ihren Luftkammern befinden sich in den entsprechend vergrößerten, von der alten Heizanlage her vorhandenen Räumen des Erdgeschoßes und in den noch darunter befindlichen Kellerräumen. Es liegen je zwei dieser Heizgruppen einander gegenüber an jedem der beiden Höfe und sind von diesen allein zugänglich.

Die erforderlichen vier Schornsteine, welche beträchtlichere Querschnitte zu erhalten hatten, als etwa vorhandene Schornsteinrohre besaßen, wurden in den vier, den Heizgruppen entsprechenden Hofecken, also je zwei an einem der beiden Höfe gelegen, als Vorlagen von Grund auf neu hergestellt, wo-

bei die Gesimse der Hoffronten um dieselben herumgeführt wurden. Jede Feuerungsstelle hat zwei Heißwasseröfen, deren verschiedene Röhrengruppen so nach den zu erwärmenden Räumen geleitet sind, daß jeder Raum mit zweien derselben geheizt wird, von welchen die eine Gruppe dem einen, die andere dem andern Ofen angehört. Hierdurch kann je nach der vorhandenen Außenwärme jede Heizgruppe entweder mit einem Ofen schwach oder stark, mit beiden Öfen schwach, mit einem Ofen stark und mit dem andern schwach, oder schließlich mit beiden Öfen stark geheizt werden.

Außer den Wasserheizöfen und mit denselben in denselben Feuerungsräumen gelegen, gehören zu jeder Heizgruppe noch je ein neuer Luftheizofen, welche, zusammen mit den oben erwähnten zwei, an andern Stellen des Erdgeschoßes belassenen alten Luftheizöfen sowohl die Sammlungsräume der Bildwerke zu heizen, als auch für sich allein die Lüftungsluft für die Gemäldesammlung vorzuwärmen haben. Letzteres geschieht auf die Weise, daß die heiße Luft der Luftheizungskammern durch sogenannte Mischklappen je nach Bedarf der frischen Luft beigemischt wird, welche zur Seite der Luftheizöfen unmittelbar zu den Bilderräumen hinauf geleitet werden muß.

In nächster Verbindung mit jeder Ofengruppe wurde ferner die Anlage je einer geräumigen Luftkammer nöthig, welcher sowohl die für die Luftheizungen, als auch die für die Lüftung der Gemälderäume erforderliche Luft entnommen wird. Letztere wird hier gewaschen, indem sie durch weitmaschige Leinewebe hindurchgeleitet wird, welche mit Wasserleitungswasser berieselt werden. Da die vier Luftkammern unterhalb des Erdgeschoßes liegen und ihre Fußböden noch etwa 1,209 m unter den höchsten Grundwasserstand vom 28. März 1876 hinabreichen, so war eine wasserdichte Herstellung derselben verhältnißmäßig kostspielig, umso mehr, als Fußböden, Wände und Decken mit Cement geputzt und mit Eisen bis zur Blänkung gebügelt wurden, um diese Luftbehälter möglichst und leicht rein halten zu können. Die Luft wird von dreien, das Gebäude umgebenden Straßen entnommen und fällt in besonderen, mit eisernen Deflectoren abgedeckten Schächten, welche in den zur Seite der Straßen gelegenen Gräben, bezw. Rasenstreifen den Außenmauern vorgelegt werden mußten, zu den Luftkammern herab. Vor dem Eintritt in die letzteren hat sie Drahtgewebe zu durchstreichen, um größere Verunreinigungen noch vor den Luftkammern abzulegen.

Aus den Feuerungsräumen führen eiserne Fallthüren und ebensolche Einsteigeleitern hinab nach den unter der Erde befindlichen Theilen der Heizungsanlagen, den Ofengrundmauern, den waagrecht geführten Strecken der Rauch- und Frischluftleitungen, sowie zu den Gängen, welche den Zutritt hierzu, sowie besonders zu den Luftkammern vermitteln. Letztere sind von den Gängen durch je eine manns hohe eiserne Thür geschieden und haben solche Abmessungen erhalten, daß man in ihnen aufrechtstehend bequem in alle Winkel gelangen und die nothwendigen Reinigungsarbeiten, Besichtigungen, sowie die Auswechslungen an den Luftwascheinrichtungen vornehmen kann.

Gefeuchtet wird die Luft, wenn dies nothwendig ist, durch Wasserzerstäubungs-Einrichtungen, welche in den Luftheizungskammern aufgestellt und an die Hauswasserleitung angeschlossen sind. Durch vier, den Ofengruppen entsprechende Sprachrohre können die Feuerleute von der Gemäldesammlung aus ohne weiteres mit etwa nöthigen Anweisungen versehen werden, auch

giebt in jedem der vier Feuerungsräume ein Zeiger, welcher mit einem Gemäldesammlungs-Wärmemesser elektrische Verbindung hat, an, ob die festgesetzte Wärme vorhanden, überschritten oder nicht erreicht ist.

Die frische Luft strömt in die zu lüftenden Räume oberhalb der Bilderflächen ein, und zwar mit einer Wärme, welche der für die Sammlung vorgeschriebenen angenähert sein soll. Um dies in jedem Augenblick beurtheilen und nach Möglichkeit regeln zu können, befinden sich an den betreffenden Stellen der Sammlungsräume in Augenhöhe die Gradtheilungen von Wärmemessern so angebracht, daß deren Quecksilberfüllungen in die Steigeleitungen für die Zuführung der frischen Luft hineinreichen. Ebendasselbst werden deshalb auch die genannten Mischklappen von dem Geschoße der Bildersammlung aus gestellt, und es kann durch dieselben mehr oder weniger vorgewärmte Luft in die genannten Steigeleitungen eingelassen werden, bis die zu den Leitungen gehörigen Wärmemesser mit den nächstgelegenen in den zu heizenden Räumen selbst übereinstimmen.

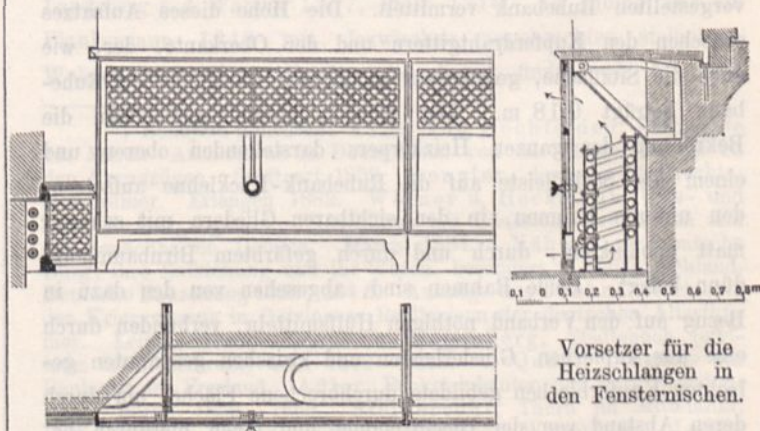
Von den jedesmal zu einander gehörigen zwei Abzugsöffnungen für die verbrauchte Luft befindet sich die untere in der Wandsockeltäfelung, den Füllungen derselben entsprechend vergittert, die obere über der Bilderfläche, und zwar hinter der Vergitterung noch mit einer Stabvorhangklappe versehen, welche mittels Drahtzugs und messingener Gliederkette nebst Einstellstift geschlossen wird, falls die untere Abzugsöffnung in Wirksamkeit treten soll. Auf der Nordseite konnten die zwei Hauptabzüge bis zur Geschofshöhe in die zwei halbkreisförmigen Nischen gelegt werden, welche daselbst aus der Kuppelummauerung ausgespart sind. Darüber hinaus bis zum Kuppeldachboden wurden dieselben aus der Uebermauerung des Kuppelwiderlagers ausgestemmt. In den beiden südlichen größeren Sälen mußte je ein Abzug aus der nach dem großen Treppenraume gelegenen Außenwand in Geschofshöhe ausgestemmt und im Dachraume weitergeführt werden. Ueber diesen niedrigeren Dachtheilen wurden diese gemauerten Canäle, ähnlich wie Strebebogen, mit dem Kuppelaufbau und weiter durch Ausstemmen des Widerlagsmauerwerks mit dem Kuppeldachboden verbunden. Hier steigen alle vier Abzüge als einzelne, aus Eisenblech hergestellte Rohrkasten frei durch den Dachraum bis zu dessen größtmöglicher Höhe.

Auf der Ost- und Westseite liegen die einzelnen Abzüge in den durch die schrägen Wände entstandenen Hohlräumen, an welche sich in dem Geschoße darüber eine Sammelleitung anschließt. Sämtliche Abzugsleitungen für die verschiedenen Raumabtheilungen sind auf vorgeschriebene Weise zu 6 Schloten zusammengeführt, von welchen vier nur mit ihren Deflectoren über das Dach des Kuppelaufbaues hinaus geführt werden konnten und so, ohne sich äußerlich besonders bemerkbar zu machen, einen größern natürlichen Luftauftrieb benutzen. Auf der Ost- und Westseite mußten dagegen die beiden übrigen Abzugsschloten in Form von Schornsteinen, welche über die Seitendächer höher hinausgeführt wurden, unvermeidliche sichtbare Zuthaten zur äußeren Erscheinung des Gebäudes werden.

Um den Auftrieb für die abzuführende Luft bei warmer Witterung künstlich vergrößern zu können, ist in jedem der 6 Schlote eine Gasbrennergruppe angebracht, welche sich unterhalb der für jede Lüftungsgruppe notwendigen Stellklappen zur Regelung des Abzuges befindet.

Ueber den Feuchtigkeitsgehalt der Luft in den Galerieräumen geben die in denselben vertheilten, den 4 Heizgruppen entsprechenden Feuchtigkeitsmesser Aufschluß. Das in einem jeden der 4 Zuführungsschächte der frischen Luft angebrachte, von der Sammlung aus unmittelbar zugängliche Sprachrohr vermittelt dann die Anweisungen an die Feuerleute, je nach dem Zeigerstande der Feuchtigkeitsmesser mehr oder weniger die Feuchtigkeitsvorrichtung in Thätigkeit zu setzen. — Während in allen übrigen Oberlichtsälen die Wärmequellen als Heizschlangen in der Mitte des Saales und durch Ruhesitze ummantelt zur Ausführung gelangen konnten, verbot sich dies in dem kleineren Hofoberlichtsaale durch die hierzu nicht ausreichende geringere Breite dieses Saales und bei der Nothwendigkeit, den Ueberblick über die Bilder daselbst frei zu halten. Es mußten daher hier die wärmeabgebenden Heizröhren in den Fußboden unter durchbrochene gufseiserne Vergitterungen gelegt werden, welche die Fußbodenmitte des Saales der Länge nach friesartig durchbrechen. Nach den übrigen Saalmitten zu den genannten Ummantelungen, sowie nach den Wärmequellen in den Fensternischen gelangen die Heizröhren, soweit hierbei sichtbare Fußbodenflächen nicht zu vermeiden waren, in Leitungen, welche im Lichten 0,28 m breit und im Lichten 0,10 m hoch in dem Blindboden ausgespart und mit besonderen Tafelbodenplatten abgedeckt sind. Die letztern folgen genau der Tafelboden- und Friesmusterung, sind aber mittels kräftiger messingener Schrauben in den entsprechenden Ausfaltungen der Leitungen so befestigt, daß eine Entfernung und Wiederanbringung derselben ermöglicht ist, um an die Röhren herankommen zu können, ohne Theile des Fußbodens zerstören zu müssen. Diese verdeckt liegenden Röhren wurden, um ihre unliebsame Wirkung auf das umschließende Holzwerk möglichst zu schwächen, in eine Wärme-Schutzmasse eingebettet. Mit derselben Masse sind die Leitungsröhren der Heißwasserheizung auch auf den anderen Strecken versehen worden, wo dieselben keine Wärme abzugeben haben. Den Fensterwänden entlang konnten die Röhren in die Wandsockel gelegt und durch gelochte schmiedeeiserne Gitter verkleidet werden. Die Gitter liegen mittels eiserner Deckleisten so in den Falzen der die Wandsockel bildenden Holzrahmen, daß man auch hier an die Röhren gelangen kann, ohne an der Ausstattung der Räume etwas zu beschädigen.

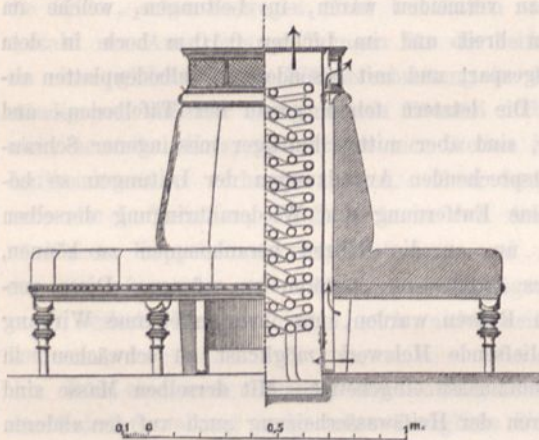
Die in den Fensternischen der Einzelräume stehenden Heizschlangen sind durch eiserne Vorsetzer bekleidet, deren Vorderwände aus Blechtafeln, unteren Füßen und oberen Vergitterungen



bestehen und in drei gleichen Theilen auseinandergenommen und wieder vorgesetzt werden können (vergl. vorstehende Figuren).

Die Vergitterungen können durch vorhangartige Eisenbleche mehr oder weniger geschlossen werden, um die Luftbewegung um die Schlangen herum vermehren und vermindern zu können. Von oben sind die letzteren zunächst durch Eisenbleche abgedeckt, welche pulldachartig nach den Räumen hin ansteigen und zur Führung der Luft nach den Ausströmungsgittern der Vorsetzer dienen. Dreieckige Krageisen, welche in die Fensterbrüstungswand eingemauert und gegen welche von unten die vorgenannten Deckbleche geschraubt sind, tragen mit ihren waagerechten Schenkeln die obere sichtbare Abdeckung die Fensterschlangen. Diese in die Verlängerung der als Fensterlatteibrett dienenden ursprünglichen Marmorplatten gelegten Abdeckungen bestehen aus deutschen Schieferplatten, deren Stofffarbe (tiefes Schwarz-Blau) und Natur sie zu dem vorliegenden Zwecke als besonders geeignet erscheinen ließen.

Die Heizschlangen in den Oberlichtsälen haben zunächst eine Ummantelung durch eine eiserne Blechtrommel von länglichrundem Querschnitt erhalten; dieselbe steht auf eisernen Füßen so über den Fußboden erhoben, daß die Luft von unten, unter der hergestellten Ruhebank her, frei an die Heiz-

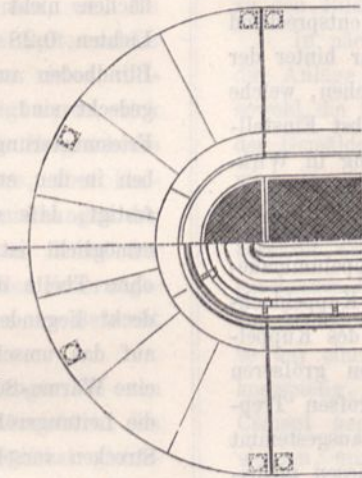


Ummantelung der Heizschlangen in den Oberlichtsälen.

röhren herantreten kann. Oben ist die Blechtrommel durch lose aufgelegte Gitter aus Kupferdraht, mit abwechselnd 23 mm, bezüglich 10 mm weiten Maschen, abgedeckt, welche waagrecht in einer Höhe von 1,3 m über dem Fußboden liegen. Dieselbe wird ferner, anschliessend an diese Gitter, seitlich durch einen über der Ruhebank sich noch erhebenden Aufsatz verkleidet, welcher einen Luftumlauf zwischen dem Blechmantel und der unter Belassung eines angemessenen Zwischenraumes vorgestellten Ruhebank vermittelt. Die Höhe dieses Aufsatzes zwischen den Kupferdrahtgittern und der Oberkante, der, wie auch die Sitzfläche, geschlossen gehaltenen Rücklehne der Ruhebank beträgt 0,18 m. Der Aufsatz besteht aus einem die Bekrönung des ganzen Heizkörpers darstellenden oberen und einem als Sockelleiste auf die Ruhebank-Rücklehne aufsetzenden unteren Rahmen, in den sichtbaren Gliedern mit schwarz matt geblänktem, durch und durch gefärbtem Birnbaumholze dünn belegt. Beide Rahmen sind, abgesehen von den dazu in Bezug auf den Verband nöthigen Hilfsmitteln, verbunden durch eine aus kupfernen Gliederleisten und zwischen gespannten gelochten Kupferblechen gebildete durchbrochene Fläche, um durch deren Abstand von der Blechtrommel und einen hierdurch bewirkten besonderen Luftumlauf zwischen Aufsatz und Ruhebank einerseits und der Blechummantelung andererseits die Ruhebank von der Wärme des Heizkörpers möglichst zu sondern.

Der ganze Aufbau um die Schlangen herum läßt sich bequem auseinandernehmen, abheben und entfernen, um die letzteren vollständig freilegen zu können.

Wo es nicht möglich war, die Steigeröhren in Nebenräumen von dem Erdgeschosse aus zur Gemäldesammlung zu führen, wo dieselben also durch die Räume für die Bildwerke zu legen waren, wurden entsprechende Schlitze in die Wände gestemmt und mit Eisenblechtafeln geschlossen. Diese Tafeln sind auf eiserne, die Aufsenkanten der Wandschlitze einfassende, gefaltete Rahmen aufgeschraubt und gestatten den Zutritt zu den Röhren und Muffenverbindungen derselben auch beim Durchgang durch die Deckenbildungen und die darunter befindlichen Gesimse. Um möglichst wenig für die Aufstellung der Sammlungsgegenstände brauchbare Wandfläche in Anspruch zu nehmen, sind für die genannten Steigeleitungen die vier Ecken neben den Durchgängen gewählt worden, welche die Nordseite mit der Ost- und Westseite und letztere mit der Südseite verbinden. Hier liegen die Schlitze zwischen vorspringenden Thürgewänden und den senkrecht zu den Durchgängen gerichteten anschliessenden Saalwänden.



Nur an zwei weitem Stellen, zur Seite von Hoffenstern, war es unvermeidlich, die Schlitze in Wandflächen zu legen, welche auch für Sammlungsgegenstände noch einen Werth haben. An zwei andern Stellen und zwar in den zwei kleineren Hofsälen für Bildwerke wurde, um Störungen in der Aufstellung der Sammlungen zu vermeiden, vor der vorhandenen Mittelwand zwischen den dieselbe seitlich begrenzenden, glücklicherweise bedeutend genug vorspringenden Pfeilervorlagen eine zweite, aus eisernen Wellblechen und Holz- und Leinwandbekleidung hergestellte Wand vorgebaut, deren sichtbare Erscheinung genau der dahinter befindlich gewesenen verschwundenen Fläche entspricht. Mit einem

Theil ihrer Fläche verkleidet sie eine Steigeleitung für Zuführung von frischer Luft, welche nach der Gemäldesammlung heraufgeführt und wegen ihres bedeutenden Querschnittes vor die genannte Mittelwand vorgelegt werden mußte. Die infolge dieser Anordnung zur Seite der Steigeleitungen entstandenen Hohlräume wurden dann auch zur Aufnahme je einer Heizröhrengruppe ausgenutzt. Die Fortsetzungen dieser Vorlagen führten in den Räumen der Gemäldesammlung dazu, bei der westlichsten Fensterachse für den kleineren Hofoberlichtsaal ein entsprechendes Stück als einen kleinen Nebenraum abzusondern, um die Wandvorlage für den Frischluftcanal aus dem Saale auszuschneiden. In dem entsprechenden, zum Arbeitszimmer für einen Directorial-Assistenten bestimmten Einzelraum an dem andern Hofe konnte jedoch durch Einschränkung des Raumes der Tiefe nach dieselbe Lösung wie in dem Geschosse darunter stattfinden. Die beiden Frischluftcanäle für die zwei südlichen Gruppen haben so kleine Querschnitte, daß dieselben in den vorhandenen Mittelwänden unter Benutzung von früheren Rauchröhren ausgestemmt werden konnten.

Die Ausführung der ganzen Heizungsanlage mußte mit dem Fortschreiten der übrigen Umbauten in der Gemäldesammlung in solcher zeitlichen Uebereinstimmung erfolgen, daß die beiden nördlichen Heizgruppen zwischen zwei aufeinanderfolgenden Heizzeiten im Jahre 1881 fertiggestellt wurden, während für den Bereich der südlichen beiden Gruppen in dem ersten

darauf folgenden Winter noch die alte Luftheizung bestehen blieb, welche dann erst zwischen dieser und der nächstfolgenden Heizzeit durch die übrigen beiden Heizgruppen ersetzt wurde.

VI. Ausführungskosten.

Die Kosten für die neue Heizungs- und Lüftungs-Anlage haben abgerundet 131 500 *M.* betragen, von welchen 71 750 *M.* auf die baulichen, 59 750 *M.* auf die Heiz-Anlagen fallen. Die Ausführungskosten des gesamten übrigen Umbaus der Gemälde-Galerie seit Herstellung jenes ersten Oberlichtes über dem Verbindungsraume mit dem neuen Museum und der damit verbundenen Erneuerungen an den Dachbedeckungen, auch über der Kuppel, belaufen sich abgerundet auf 618 500 *M.*, sodafs im ganzen 750 000 *M.* zu dem vorliegenden Zwecke verausgabt worden sind.

Es hat den vorstehenden Mittheilungen nicht die Absicht zu Grunde gelegen, zu beleuchten und nachzuweisen, wie weit durch den Umbau der Versuch gelungen ist, der Gemälde-sammlung in ihrem jetzigen und zukünftigen Bestande die möglichst vollkommene Fassung zu geben. Vielmehr galt es, an dieser Stelle nur die geschichtlichen und baulichen Thatsachen zusammenzutragen, welche zu dem neu geschaffenen Zustande geführt haben. Welche Aenderungen und Verbesserungen bei einem Neubau etwa in Aussicht zu nehmen wären, — dies zu ersehen, ist eine dankenswerthe Gelegenheit gegeben durch eine im „Kunstfreund“ 1885 erschienene Abhandlung des Directorial-Assistenten und Directors Dr. W. Bode: „Erfahrungen bei dem Umbau und der Umstellung der Gemälde-Galerie.“

Berlin, im August 1885.

J. Merzenich.

Backsteinbauten in Mittelpommern.

II. Wehrbauten.

(Mit Zeichnungen auf Blatt 26 bis 28 im Atlas.)

Von den stattlichen Befestigungswerken des Mittelalters, „pro pace terrae“ errichtet, erfreuen nur noch wenige das Auge des Geschichts- und Kunstforschers. Gerade an ihnen, wo der Strom der Zeit mächtiger vorüber rauschte als an den Werken der kirchlichen Kunst, wo neue Bedürfnisse die älteren schlichten Einrichtungen ungestümer verdrängten, stehen wir fragend vor unzusammenhängenden Resten: kaum läfst sich bei einer einzelnen Stadt, geschweige denn am einzelnen Denkmale die Brücke schlagen, welche uns hinüberleitet zu dem Verständniß des Wesens der alten Vertheidigungskunst. Nachdem aber fleißige Hände die Wege durch die Quellenschriften mehr und mehr gebahnt haben und auch dem östlichen Deutschland, bisher — obwohl unverschuldet — dem Stiefkinde der Geschichtsforscher, Aufmerksamkeit geschenkt ist, werden auch die Architekten zu erneuter Wanderung eingeladen. Lassen wir uns nicht abschrecken durch das Vorurtheil, welches dem auch heute noch in breiten Kreisen viel geschmähten Pommern entgegen gebracht wird. Wie der Osten und Westen dieses fruchtbaren Küstenlandes reich ist an landschaftlichen Reizen, so lernen wir die mittleren Striche, welche wir uns als Ziel auserlesen haben, schätzen als ein Land, welches eine nicht unbedeutende Reihe mittelalterlicher Wehrbauten bewahrt hat. Und diese erhaltenen Wehrbauten reihen sich würdig ein in das, was sonst auf diesem Gebiete geschaffen ist; möglich, dafs wir gar am Ende der Wanderung bekennen müssen, dafs die geretteten Denkmäler vielen andern überlegen sind an trutziger Stärke, an Schönheit der Umrifslinien, an Eigenartigkeit des baulichen Gedankens.

Es ist aus diesem Gesichtspunkte nöthig, das Auge nicht auf den Wehrbauten unseres Gebietes allein ruhen zu lassen, sondern wir werden, theils um den Werth des eigenen Besitzes recht zu würdigen, theils um die für die Betrachtung vorhandenen Lücken auszufüllen, vielfach zu den Schöpfungen der Nachbarn blicken müssen. Aber auch nur zu diesen, da wir nicht zu der schiefen Auffassung gelangen wollen, welche durch den Vergleich mit westdeutschen und französischen Ver-

hältnissen so oft entstanden ist; jedes Urtheil ist eben nur im Rahmen der Zeit und Umgebung berechtigt.

Die mittelalterliche Befestigung der Städte, welche wir in erster Linie betrachten, „unserer stat bau“ oder der „stetti bú“ und der Naivität der Vorzeit gemäß auch ganz allgemein „daz paw“ genannt, bestand wie Quellenschriften*) angeben, in turribus, muris et meniis,**) parchanis, portis et fossatis — in graben, muren, turnen, porten und ander vestnung (Bautsch in Mähren 1389; Immenstadt 1360). Auch für unsere Verhältnisse treffen diese Ausdrücke zu.

Der wichtigste Theil der städtischen Befestigung war die Stadtmauer. Obwohl im Mittelalter die Vorstellung vertreten war, dafs die Bürger nur „cincti muris et fossatis digne nuncupari poterant“, läfst sich doch eine grofse Reihe von Fällen aufzählen, in denen die Aussetzung zu deutschem Stadtrecht längst erfolgt war, ohne dafs die Mittel der Einwohner die Anlage von wirksameren Vertheidigungseinrichtungen ermöglicht hätten. So sehen wir sie häufig nur als erstrebtes Ziel und finden noch lange ein hölzernes Plankenwerk („ligna, plancae, postes et plancae, planken, pale, czun“ genannt), z. B. in Landsberg a. d. Warthe 1257, Stolp 1310. In Elbing war ein Plankenzaun 1246 mit dazwischen angebrachten steinernen Wehren verbunden; dieselbe Anordnung finden wir bis zum

*) Benutzte Schriften: Krieg von Hochfelden, Geschichte der Militär-Architektur in Deutschland von der Römerzeit bis zu den Kreuzzügen. Stuttgart 1859. Gengler, deutsche Stadtrechtsalterthümer. Erlangen 1882. Wörner u. Heckmann, Orts- und Landesbefestigungen des Mittelalters mit Rücksicht auf Hessen und die benachbarten Gebiete. Mainz 1884. Näher, die deutsche Burg, ihre Entstehung und ihr Wesen, besonders in Süddeutschland. Deutsche Bauzeitung 1885, 354 ff. Auszüge aus Jaehns Geschichte des Kriegswesens in Götzingers Reallexicon der deutschen Alterthümer. Leipzig 1884. Braun u. Hogenberg, Städtebuch (civitates orbis terrarum) Cöln 1572—1618. v. Quast, Denkmale der Baukunst im Ermland. Adler, Backsteinbauten der Mark Brandenburg. Berlin 1859—1869. Steinbrecht, Thorn im Mittelalter. Berlin 1885. Lexer, mittelhochdeutsches Wörterbuch. Leipzig 1872—1878. Schiller u. Lübben, mittelniederdeutsches Wörterbuch. Bremen 1875—1881.

**) menia = Zinne, niederdeutsch tinne; von der Zinnenwehr, tinnengewere wird auch die Ringmauer metaphorisch so genannt.

Jahre 1546, wo Steinmauern errichtet wurden, in Nassau, welches schon 1348 unter Kaiser Karl IV. Stadtrechte erlangt hatte, obwohl wir sonst im Westen Deutschlands ausgebildete Wehrbauten finden. Das Städtchen Wollin an der Diewenow kam bis auf die Zeit der Aufnahmen Lubin's (1618)* über diese einfache Schutzvorrichtung nicht hinaus. In Hamburg wird noch 1314 ein Festungsturm der hölzerne genannt (Hamb. Kammereirechnungen, herausgegeben von Kopmann, Vorrede). Ueber Danzig erfahren wir aus einem Urkundenbruchstück: „item do man schreb 1343 do wart der erste stehn gelegt zu Dantzke zu der Stadtmauren.“ Heilsberg erhielt seine Mauern und Gräben erst durch Bischof Heinrich III. Sorbohm (1372 bis 1401). Nur besonders bevorzugte Städte des deutschen Ostens erfreuten sich schon im 13. Jahrhundert massiver Umwehrungen, so nach Steinbrechts Darlegung Thorn, der Stützpunkt des deutschen Ordens im Culmer Lande, wo dieselben sogar mit einer gewissen Grofsartigkeit auftreten. Selbst die Mauern des alten Breslau waren vor der Vergrößerung der Stadt durch die Luxemburger (nach 1327) nach dem Ausweise des Weyhnerschen Stadtplanes von 1562, obwohl die Stadt wohl als die bedeutendste auf dem colonisirten Slavengebiete gelten konnte, ziemlich unbedeutend. Die Ausführung und Vollendung eines begonnenen Mauerbaues schleppte sich aber nicht selten, besonders wohl aus Mangel an Mitteln, längere Zeit, oft wohl durch ein halbes oder ganzes Jahrhundert hin, ja kleinere Städte gelangten überhaupt nicht zu diesem Fortschritt, ohne welchen vormals ein lebhafterer Gewerbe- und Handelsbetrieb nicht zu erzielen war.

Zur Bewachung der Mauer war ein eigener Fufspfad erforderlich, „via iuxta murorum ambitum propter vigilias aperta“ (Hannover 1308), qua necessitatis et gwerre tempore propter munitionem possent vigiles circumire (Prenzlau 1270), welchen man später den Wächtergang zu nennen pflegte. Dieser, zu ebener Erde innerhalb der Stadtmauer belegen, ist als Gasse bei einer gröfseren Zahl ostdeutscher Städte erhalten; in Stargard beträgt seine Breite wenigstens 3 m. Er war besonders dort nöthig, wo man einen gleichzeitig zur Bestreichung der Mauer dienenden oberen Umgang nicht anlegen konnte; er führte gelegentlich auch den Namen Zwinger.

Die Stärke der Mauern geht über 0,6 bis 1 m bei 5 bis 7 m Höhe kaum hinaus. Bis etwa auf zwei Drittheile ist sie aus unbehauenen Granitfindlingen, im oberen Abschnitte aus Ziegeln, doch aber auch aus diesen allein aufgemauert. Wo die oberen Theile fehlen, läfst sich die Höhe aus den Ansätzen an den höheren Thurmbauten deutlich erkennen. — Vollständiger erhaltenen Mauern begegnen wir im Ordenslande Preussen. In Culm ist dieselbe 4 m oberhalb des Fufsbodens abgesetzt, sodafs sich hinter dem oberen, 2 m hohen Theile ein Umgang ergibt. Die obere Brüstung ist alle drei Meter ein Meter lang bis zur Brusthöhe ausgeschlitzt und bildet so Zinnen, hinter welchen der Schütze noch eben gut Sicherung fand. Auch in Frankenstein in Schlesien ist durch Schwächung des oberen Mauertheils ein Umgang gebildet, jedoch ohne Zinnen. Dagegen sind solche an einem Mauerstück in Nähe der Liebichshöhe zu Breslau erhalten, wo sie etwa die Anordnung von Culm

zeigen, nur sind die Scharten als Fenster mit einem Mittelposten ausgebildet, wie auch zwischen ihnen ein kleiner, im späteren Mittelalter öfters vorkommender Mauerschlitz angebracht ist; über der Mauer lag ein Dächlein aus Schindeln, damit sich unter seinem Schutze die Vertheidiger auf der Mauer ungehindert bewegen möchten (Bart. Stein ed. Kunisch S. 5). — In Culm wurden die Mauern später um 2 m erhöht, wie dies auch am Culmer Thore zu Thorn (Steinbrecht 12), am Schwedter Thore zu Prenzlau (Adler, Bl. C) und am Neustädter Thore zu Tangermünde (Adler, Bl. XL) zu bemerken ist; oben wurde ein neuer Zinnenkranz angelegt, zu welchem der Zugang nun wohl durch ein Holzgerüst gebildet wurde, da die inneren Theile der Mauer nicht erhöht wurden. Dafs derartige Aufbauten aus Holz üblich waren, beweisen z. B. einige an der östlichen Vorburg der Marienburg erhaltene Gerüste zur Auskragung; auch an den Stadtmauern in Rostock und Wisby kommen sie vor (Mittheilung von Prof. Schäfer-Breslau). In Prenzlau war der durch Schwächung der Mauer erzielte Umgang gleichfalls durch vorgestreckte und abgesteifte Hölzer verbreitert; hier sind die Eisenstifte zur Befestigung noch erhalten (Mittheilung vom Reg.-Baumeister v. Behr). In Thorn ist eine Verbreiterung des Umganges durch vorgestreckte Kragsteine und Flachbögen hergestellt (Steinbr. Taf. I), eine Bauweise, welche häufiger im Westen Deutschlands vorkommt. Uebrigens konnten sich auf allen diesen Umgängen kaum zwei Personen ausweichen, sodafs zu diesem Zwecke die die Mauer unterbrechenden Thürme dienen mußten. — Der Unterbau der Mauer wurde nicht immer in voller Stärke ausgeführt, sondern ausgenischt wie an den Flügelmauern des Wolliner Thores in Golnow und des Stargardter Thores in Neubrandenburg, einem Abschnitt der Mauer in Demmin und mit spitzbogiger Ausnischung in Thorn.

Stand die Mauer an einem Abhange, sodafs sie gleichzeitig als Böschungsmauer diente, wie in Cammin an der Wassenseite, in Demmin und Graudenz, so wurden zur Unterstützung Strebpfeiler nöthig, welche meist mit einer am Fufse beginnenden Böschung ausgeführt wurden. Aber auch die Mauer selbst wurde geböschet, so in Prenzlau am unteren Theile, in Breslau (Stadtplan 1562) und in ganzer Höhe an dem aus der Zeit Kaiser Karls IV. stammenden sogenannten Kapitelthurme des Schlosses zu Tangermünde. — Wo die Mauer an Bergen hinaufstieg, wurde sie wohl abgetreppet; dagegen begegnen wir in Culm der eigenthümlichen, schwer auszuführenden Herstellungsart, dafs die Lagerfugen gleichlaufend sind mit der Neigung des Berges.

Größere Städte begnügten sich nicht mit der blofsen Ummauerung, obwohl auch diese allein bei genügender Wachsamkeit gegen die doch in den meisten Fällen nicht allzu bedeutend zu denkende Schaar von Angreifern ausreichende Sicherheit bot. Wo nicht schon ein Flußlauf vorhanden war oder wo die Städte nicht überhaupt wie die alten wendischen Ansiedelungen in Sumpf und Moor lagen (Stralsund, Brandenburg a. H., Demmin), warf man in einer Entfernung von etwa 10 m (Thorn) einen Graben auf, dessen Erdmasse zum geringeren Theile auf dem Rande gegen die Stadtseite (der Escarpe), zur gröfseren Hälfte auf dem Grabenrande der Feldseite (der Contreescarpe) aufgehöhht wurde. — Der Raum zwischen dem Grabenrande und der Mauer hiefs gewöhnlich Zwinger (promurale), ein Name, der gerade für diesen Abschnitt noch bei vielen Burgen und Städten erhalten ist und von ihm auf anstofsende Vertheidigungswerke

*) Von Lubin, Professor in Rostock, wurde auf herzogliche Anordnung eine Karte Pommerns in Holland gestochen; auf ihrem Rande befindet sich ein Fries mit Darstellungen der sämtlichen Städte und herzoglichen Tafelgüter.

übertragen wurde, so z. B. auf einen Thurm in Neubrandenburg und auch auf Strafsen (Breslau, Glogau). In den Ordensländern heisst dieser Gürtel stets Parcham (Steinbr. 13) vom mittellateinischen *parcus* = Pferch, englisch *park*, czechisch *parkán*, Wurzel *parco*. Die Städte Rosenberg und Krumau in Böhmen waren in die eigentliche Stadt mit dem Parkgraben und in die Stadt Latron (lat. *lateranum*) getheilt (Neue schles. Prov.-Blätter 1867, S. 44, 168). — Parchen bezeichnet ferner auch den Plankenzaun. In einem Urbar der Herrschaft Neustadt in Schlesien von 1595 ist der Ausdruck durch eine nähere Erklärung verdeutlicht „das Schloß ist auf drei Seiten mit tiefen Gräben und einem Walle umgeben, darauf vor Jahren ein Parchent (geflochtener Zaun) mit etlichen Streichwehren gewesen.“ In einigen Kreisen Niederschlesiens (Freistadt, Grünberg, Sprottau, Glogau) bezeichnet die Landbevölkerung noch heute ziemlich allgemein die Bretterumzäunung um Gehöft und Garten als Parchen. — Ersichtlich ist hieraus, daß die Bezeichnungsart des Mittelalters besonders auch in technischen Dingen bei dem Mangel an Verkehrsmitteln und namentlich an Vielfältigungsweisen für Schriften, welche grössere Uebereinstimmung hätten herbeiführen können, eine höchst unsichere ist und häufig ebenso wenig zur Genüge erklärt werden kann wie die an mittelalterlichen Gebäuden selten fehlenden Unregelmäßigkeiten, die meist rein örtlichen Ursprungs sind.

Erdwälle und Gräben wurden übrigens nicht selten von der älteren Vertheidigungsweise, welche Mauern noch nicht kannte, benutzt. In Pyritz wird schon 1253 der Stadtgraben (*fossa civitatis*) erwähnt. Bei Stralsund erscheint urkundlich zuerst 1256 die Schutzmauer (*muri civitatis*), welche mit einem Walle (*agger civitatis*) verbunden war, den an der äusseren Seite ein Graben, an der inneren ein Plankenwerk umgab. 1264 erhielt Greifswald die Erlaubniß, sich durch Wälle zu befestigen. Alt-Damm wurde 1277 durch Herzog Barnim mit einem Plankenwerk bewehrt, dagegen übernahm dieser Fürst 1274 gleich bei der Gründung der deutschen Stadt Cammin die Errichtung des Plankenzaunes auf seine Kosten, wogegen die Bürger Cammins den Graben und Wall selbst aufwerfen sollten.*)

Solche Erdwälle finden wir noch heute am Stettiner Thor in Pyritz und am Johannisthor in Stargard. Hier erhebt der Wall sich zu der bedeutenden Höhe von 10 bis 15 m bei steiler Böschung, und wir dürfen ferner annehmen, daß die Krone zur Abwehr mit einer Verpfählung versehen war, einem Schutzwerke, von welchem das Mittelalter ausgedehnten Gebrauch machte, wie sich z. B. aus den Stadtbüchern von Braun u. Hogenberg und Merian ersehen läßt. Besonders wirksam waren solche Pallisaden innerhalb oder an der Böschung des Grabens, wo sie namentlich bei Wehrbauten des 17. Jahrhunderts häufig vorkommen.

Die Grabenböschungen wurden nur ausnahmsweise befestigt, wie in Thorn oder später in Breslau (Weyhner 1562); an dem Schloßchen Töppliwoda bei Münsterberg besteht die Contrescarpe noch heute aus Trockenmauerwerk. — Wo irgend möglich, suchte man die Gräben zu bewässern, zu welchem Zwecke öfters künstliche Zuleitungen nothwendig waren (Thorn, Breslau). Man scheute dabei vor Schwierigkeiten um so weniger

zurück, als man die Wasserläufe auch zu häuslichen und gewerblichen Zwecken, namentlich zu Mühlen, Gerbereien, Färbereien verwerthen konnte, und legte selbst wie in Thorn Stauwerke an (Steinbr. 20), die noch jetzt Staunen erregen.

Wo reichere Mittel vorhanden waren, finden wir Doppelgräben, so nach einem in Braun u. Hogenberg enthaltenen Plane in Stettin,* in Barth, Frankfurt a/O.; erhalten ist er am Schlosse zu Frankenstein in Schlesien und um das bereits erwähnte Schloßchen Töppliwoda. Doppelgräben wurden überhaupt seit dem 14. und 15. Jahrhundert häufiger.

Wurde eine Schwesterstadt in die Umwehrgung einbezogen, besonders auch bei ringartigen Erweiterungen, wie sie bei einer grossen Reihe deutscher und ausserdeutscher Städte nachzuweisen ist, so blieb die ältere Mauerlinie bestehen, um im Falle der Einnahme des einen Abschnittes einen Zufluchtsort zu sichern. Diesem Zwecke dienten wie die einzelnen Mauerthürme in besonderem Masse auch die Citadellen, wie sie im Ordenslande häufig vorkommen, und die herzoglichen Burgen, welche, auch wenn sie innerhalb des Mauerzuges lagen, eine besondere Befestigung erhielten, ähnlich wie die florentinischen Paläste des Quattrocento.

Selten sind im östlichen Deutschland Befestigungen der Kirchhöfe, dieser natürlichen Mittelpunkte der Dörfer. Sie kommen meines Wissens nur in Schlesien vor, wo sich eine kleine Zahl von Mauern mit Scharten findet, besonders im Breslauer Kreise (Kattern, Leuthen, Jäschgittel). Auf dem noch heute von einem Fliese umzogenen Friedhofe von Rothstürben (Bahnhof zwischen Breslau und Kamenz) führte noch bis in das 19. Jahrhundert eine wehrfähige Zugbrücke. Auch finden sich gerade in Schlesien häufiger Kirchthürme, welche zur Vertheidigung benutzt wurden.

Dienten die Mauern bei dem häufig vorkommenden Mangel an Umgängen mehr zu passiver Abwehr, so war man gezwungen, Werke einzuschalten, von denen aus der Mauerersteigung, welche im ganzen Mittelalter eine erhebliche Rolle spielte, zu wehren war, und um dem Feinde Verluste beizubringen, welche ihm den Angriff verleiteten. Ja auch wo Brustwehren vorhanden waren, blieb am Fusse der Mauer, auch bei der günstigsten Form der Zinne, immer noch ein toter Punkt, welchen der Vertheidiger nur von der Seite zu bestreichen vermochte. Der daraus folgenden, bei grösseren Städten, wo den Eroberern lockendere Beute als Siegespreis vorschwebte, gebieterischer auftretenden Forderung wurde durch Thürme genügt, welche schon die Kreuzfahrer vor die Mauer herauszubauen gelernt hatten. Sie sollten in Bogenschussweite von einander angelegt werden. In Stettin dürfen wir normale Verhältnisse voraussetzen. Die Entfernung beträgt hier zumeist 30 m, welche sich nur an weniger gefährlichen Punkten auf 45 m vergrösserte. Ihrer Form nach kamen runde und rechteckige Bauten vor, letztere unter dem Namen Wichhäuser. Sie standen ziemlich willkürlich unter einander, und es mag, wie wir im Mittelalter so häufig

*) Diesen Plan hat Merian abgezeichnet; nur den dann um die alte Ringmauer neu herumgelegten Festungsgürtel hat er nachgetragen. Braun u. Hogenberg stellen ihn auch auf diesem Plane richtig dar; nur da, wo sich die Gegenstände zu sehr gedrängt hätten, wurde ihre Zahl verringert. Da die mittelalterliche Mauer erhalten blieb, haben wir einen Vergleich an einem „Plan de la ville Stettin“ von 1721, zu Festungszwecken gefertigt, jetzt auf der Bibliothek der Gesellschaft für pommersche Geschichte. Wenn derselbe auch etwas verzerrt ist, kann er doch in Bezug auf diesen Theil als zuverlässig gelten.

*) Klempin in der Einleitung zu Kratz, die Städte der Provinz Pommern. Berlin 1865, S. LII.

sehen, die Vorliebe für einen möglichst wechselnden architektonischen Aufbau in vielen Fällen ausschlaggebend gewesen sein. Auch abgesehen von der Grundform, sind sie so eigenartig gestaltet, daß sich in ihnen die Freude am Bauen deutlich kundgibt. Dieser Umstand findet dadurch seine Erklärung, daß den Zünften, welche auch als militärische Gliederungen zu betrachten sind, nicht nur die Vertheidigung fest bestimmter Mauerabschnitte oblag, sondern auch die Baulast selbst. Da baute und schmückte denn jede Zunft nach ihrem Sinne, wodurch sich manche eigenartige Anlage ergab; auch die oft wunderbaren Namen dürften hierauf zurück zu führen sein.

Ein Blick auf die Darstellungen der Städte kurz nach dem Mittelalter, in einer Zeit, wo die Thürme noch voll benutzt wurden, belehrt uns, daß sie fast ausnahmslos mit Schutzdächern versehen waren, so fast alle Thürme Breslaus bei Weyhner, Braun u. Hogenberg, Merian, Lubin. Dagegen kann die von Gengler (Mauern, Anm. 47) beigebrachte Erklärung als beweisend nicht anerkannt werden: „wichhuz ist eyne where, die gebuwit wirt uf der Stat muwer, daz unbedackt ist . . . daz heizit wichin die vynde. dij mit gewaldiger hant der stat zu unrechte schaden wollen.“ Der zweite Theil dieser Aufzeichnung giebt übrigens die, wie es scheint, richtige Erklärung des Namens. Wichhaus bedeutet allgemein ein festes Gebäude zu Kriegszwecken, einen Festungsthurm oder Blockhaus, daher auch den Thurm auf einem Elefanten (Lexer).

Aber auch andere, meist öffentliche Gebäude wurden zur Bestreichung der Mauer mitbenutzt, so das alte Blidenhaus auf dem Burgfelde in Breslau von 1459 und das neuere Sandzeughaus von 1551, in welchem sich noch gegenwärtig Scharten für Feuergeschütze vorfinden. Vom herzoglichen Schlosse in Stettin waren nach obengenanntem Bilde auf die Mauer hinaus bedachte Gänge aus Holz über den vorliegenden Zwinger erkerartig vorgeschoben, weshalb an diesem Punkte denn auch Thürme entbehrlich waren. Andererseits finden wir häufiger, daß Thore und Wichhäuser als Dienstwohnungen, wie in Stettin an den Baumschleifser, oder miethweise an Bürger vergeben waren, wie z. B. in Breslau (1436, Zeitschrift des schles. Geschichtsvereins V, 273) oder auch, daß sie als Gefängniß dienten (Pyritz, Bl. 28). — Zu den Vorrichtungen zum Bestreichen der Mauer gehörten ferner die Erker oder Pechnasen, wohl gleichbedeutend mit den *vigilium sessiones* (Hannover 1337) und *tarhütten* (Leobschütz). Aus dem Orient als *Machicoulis* oder *Moucharalis* übernommen, kommen sie auch auf unserm Gebiete häufiger vor, so in Pyritz zu Seiten des Stettiner Thores zum Schutz einer Wasserpforte in Cammin (Lubin), in Stettin an einem der Wichhäuser zwischen dem Passower- und Mühlen-thore. Auf Granitwerkstücken ausgekragt, laufen sie rings um den wegen des trefflichen Architekturbildes bekannten Mittelthorthurm in Prenzlau (Adler, Bl. C), auf Holzabsteifungen, dann „Hurden“ genannt, um die Langseite des Südflügels am Schlosse Allenstein (v. Quast, Bl. XXI). Sie waren nach unten hin offen, nur ein Laufbrett mag den Verkehr vermittelt haben. Von hier aus waren die Belagerten leicht in der Lage, die anstürmenden Feinde mit Steinen, heißem Wasser und siedendem Pech zu überschütten. Indessen können diese Hilfsmittel doch kaum in bedeutendem Umfange und nur im letzten Augenblicke mit Erfolg angewendet sein, zumal es wohl selten möglich war, schwere Körper sofort zur Stelle zu haben. Uebrigens waren Erker und vorspringende Gesimse wenigstens im Westen

Deutschlands häufig deshalb angelegt, um das Aufschieben von Leitern zu erschweren. Merian überträgt solche Rundbogenfriese wohl mit Unrecht auch auf Mauern ostdeutscher Städte.

Die Wichhäuser waren nach hinten häufig ohne massive Wand. Die Vertheidiger postirten sich und die kleineren Wurfmaschinen auf hölzernen Fußböden, deren Balkenlöcher noch vielfach erhalten sind; massive Fußböden sind nur aus Thürmen bekannt. Wo Umgänge vorhanden waren, öffnen sie sich gegen die Wichhäuser durch Pforten (Steinbrecht, Bl. I). Der Grundriß schwankte zwischen dem Geviert und dem Rechteck, dessen längere Seite im Zuge der Mauer lag. Aus dieser treten sie mindestens 1,5 m nach beiden Seiten heraus. Waren sie auch nach der Stadtseite geschlossen, wie die meisten Thürme, so bildeten sie im Falle der Noth noch einen Zufluchtsort für die Schützen. Deshalb lag ihr Zugang häufig auch nicht zu ebener Erde, sondern, wie z. B. an dem Bergfried des Schlosses zu Gülzow, des Sommersitzes der Camminer Bischöfe, erst in einiger Höhe; eine leicht zu kappende Holzterasse, wie wir sie z. B. bei Lubin an dem die Strafe beherrschenden Einzelthurme in Damgarten abgebildet finden, vermittelte den Zugang; sie steigt hier unter etwa halbrechtem Winkel auf. Holztreppen haben wir uns bei fast allen Thorburgen zu ergänzen; nur in Habelschwerdt ist an dem Wasserthore auch eine gemauerte, bei der geringen Breite indessen leicht zu vertheidigende Stiege vorhanden. — Seltener kommen Wichhäuser vor, welche nach dem halben Achteck angelegt sind, wie mehrfach in Breslau. Noch größeren Vortheil boten gegen den aus dem Alterthum ererbten Widder die häufig vorkommenden Rundthürme, insofern, als sich aus ihnen einzelne Steine nicht so leicht heraus-schieben ließen, wie etwa an den Ecken rechtwinkliger Bauten. Andererseits aber gaben sie für die Aufstellung der Vertheidiger nicht so günstige Grundfläche, wie geradlinige Außen-seiten. Häufig beginnt die Rundform erst in einiger Höhe über der Mauer.

Die Mannigfaltigkeit der Formen ist unerschöpflich. Den schlanken Pulverthurm in der Verlängerung der Mühlenstrasse in Pasewalk, einen unten quadratischen, oben kreisförmiger Bau mit Zinnenkranz und steiler Ziegelspitze bildet Essenwein in seinem „Backsteinbau“ ab (9, 6). Eine Reihe der schöneren, welche sich auf unserm Gebiete vorfinden, ist auf Blatt 26 dargestellt. Naiv ist die Blaue Hut in Garz a. d. Oder. Der längliche Unterbau ist durch einige willkürlich vertheilte Blenden belebt. Der obere Abschnitt erhebt sich auf kreisförmiger Grundfläche ohne Vermittlung und scheint anfänglich nicht geplant gewesen zu sein; später errichteten ihn die Bürger, mehr als Zierde der Stadt, die dem von Stettin stromaufwärts fahrenden Schiffer gewissermaßen als Wahrzeichen schon aus der Ferne zuwinkt, als zur Vertheidigung brauchbar. Da die Grundfläche des Unterbaues nur schmal war, konnte die Rundung, um einen Umgang frei zu halten, erst über Kopfhöhe durch Auskragung hergestellt werden. Der durch die Zierlichkeit der Umrisslinie bemerkenswerthe krönende Aufsatz geht durch schlichte Auskragung in ein achtseitiges Prisma über, dessen einzelne Seiten durch schlanke Wimperge bekrönt werden. Die Flächen derselben sind geputzt; ein Putzstreifen unmittelbar über der Auskragung für das Achteck faßt die oblonge Form noch einmal kräftig zusammen — die einzige Waagerechte im oberen Abschnitte und darum besonders wirkungsvoll. Die steile Haube und die Kantenblumen sind aus dunkelblau überglasten

Ziegeln gemauert; die Farbe derselben hat dem Thurme einen Theil des Namens gegeben, während der zweite Theil derselben gleichbedeutend ist mit Warte, wie aus dem vorgesetzten Geschlechtsworte hervorgeht. Leider haben die unrechten Söhne der tüchtigen Erbauer die Spitze neuerdings — um Kosten zu sparen — aus schwarzgestrichenen Ziegeln ergänzt. Einen diesem ziemlich ähnlichen Thurm besitzt das Schloß in dem benachbarten uckermärkischen Dorf Zichow.

Steigt die Spitze hier schlank und keck in die Lüfte, so macht die des leider sehr geborstenen, doch neuerdings, dank der Fürsorge der königlichen Regierung zu Stettin, wiederhergestellten Eulenthurmes zu Pyritz (vgl. Blatt 26) den Eindruck des maßvollen, gediegenen, vornehmlich wegen der Betonung der waagerechten Linien. Ein schmales Band umzieht den hier schon am Fulse beginnenden Rundbau unter dem Zinnenkranze, dessen Ausnischungen nur aus schlichten Fassensteinen hergestellt sind. Die Zinnen haben hier eben noch eine Breite, welche dem Büchsenpanzer zur Deckung genügen dürfte. Der gemauerte Helm wird von dem pommerschen Wappenthier, dem Greifen bekrönt, welcher auch in dem Pyritzer Wappen, der bei Städten so häufigen Thorburg mit Fallgatter und einer Rose in der Oeffnung vertreten ist.

Hoch thürmen sich die Massen des Rothen Meeres in Stargard, welchem blutige Kämpfe den Namen gaben, die unter ihm ausgefochten wurden. Reich ist insbesondere diese Stadt an trefflichen Bauten des Mittelalters; war sie doch ehemals durch die damals noch in höherem Maße schiffbare Ihna mit dem ländergürtenden Meere verbunden, sodafs sie zu den Vororten der Hansa im wendischen Viertel zählen konnte. Den Reichthum der Stadt spiegelt auch das hier vorgeführte Bauwerk. Lebhaft ist der Gegensatz der einzelnen, gut abgewogenen Körper. Derbe lagert der Unterbau auf quadratischer Grundfläche, in dem die 5 m über dem Fußboden angebrachte Einsteigethür mit zwei, wohl zur Befestigung einer kleinen Plattform bestimmten Aussparungen noch erhalten ist. Die Thür schlägt nach außen auf, sodafs sie der etwa bis zur Plattform vorgegedrungene Feind gegen sich hin zu öffnen gezwungen war. Die Abwässerung der Umgänge ist neu; sie erfolgt durch Thorröhren. — Wehrhafte Kraft verkündet sich in dem mittleren Abschnitte, der wie so viele Ordensbauten durch ein Rautennetz aus schwarzverglasten Ziegeln gegürtet ist, jener sich aus der Eigenart des Backsteins so naturgemäß ergebenden Schmuckform. Der Umgang über dem maßvoll ausladenden Hauptgesimse ist zur Vertheidigung wie bestimmt, obwohl ohne Zinnen, die in dieser Höhe kaum noch erforderlich waren. Ein achtseitiges, oben schwer gehaltenes Prisma bildet einen geschickten Uebergang und weitere Abwechslung; die obere Plattform gewährt herrlichen Ausblick auf die mit freundlichen Laubbäumen bepflanzten alten Wälle, die Stadt selbst und weiterhin das fruchtbare Innthal mit den flach säumenden Höhenzügen und fernen Wäldern, ein rechter Lug' ins Land. Weniger Sorgfalt ist wie häufig bei Bauten des späteren Mittelalters auf die Ausführung verwendet, was sich namentlich in der unter Zuhülfenahme einer Photographie genau wiedergegebenen Unregelmäßigkeit des Rautennetzes zeigt. Seit zwei Jahrzehnten, wo der Thurm durchgebaut*) wurde, ist er, um eine Verbindung der Holzmarktstraße mit dem Walle herzustellen, mit einer Oeffnung für Fußgänger

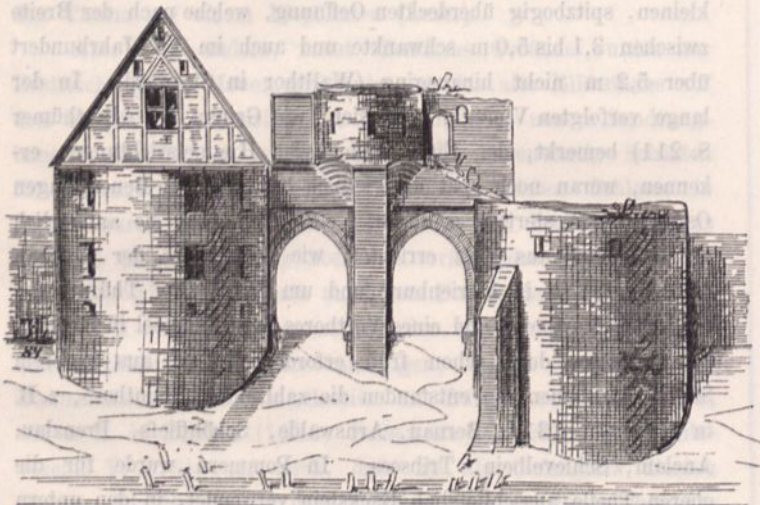
durchbrochen, welche in unserer Abbildung, um den alten Bestand anzudeuten, leicht zuschraffirt ist. — Dem Rothen Meere im Aufbau nahe verwandt ist ein in der Nähe der Ihna stehender, jüngst trotz der Gegenwehr der Bürgerschaft wiederhergestellter Thurm, Eisthurm benannt.

Vermochte auch eine Stadt die zur Herstellung der Mauern erforderlichen Mittel selbst bei der häufig vorkommenden Unterstützung des Stadt- oder Landesherrn nicht aufzubringen, ein Thor mußte selbst die kleinste haben, wie Jacobshagen, wo wir bei Lubin wenigstens eine wohl aus Holz erbaute Durchfahrt am Westende der Stadt vorfinden. Die größeren werden als portae, valvae (übertragen, eigentlich Thorflügel, namentlich in Schlesien), tore, porten, stadtporten, natele (eigentlich nur Bezeichnung einer Oertlichkeit z. B. auch der Grenze: in Bremen hiefsen so das Bischofsthore und ein Thor im Stephansviertel), die kleineren als portel, tüerl bezeichnet. Um die Gesamtheit der zum Schutze erbauten Stadthore zu umfassen, gebrauchte man wohl die überreicher Bezeichnung: portae et valvae, tore und porten.

Diese Burgthore waren von höchster politischer und militärischer Wichtigkeit, welche sich sprachlich in niederländischen Quellenausdrücken „poort, poorters, poortmeester“ für Stadt, Bürger, Bürgermeister widerspiegelt. Sie standen im Zuge der Stadtmauer und durchbrachen diese mit einer verhältnismäßig kleinen, spitzbogig überdeckten Oeffnung, welche nach der Breite zwischen 3,1 bis 5,0 m schwankte und auch im 16. Jahrhundert über 5,2 m nicht hinausging (Wallthore in Stargard). In der lange verfolgten Vierzahl läßt sich, wie Grimm (R. Alterthümer S. 211) bemerkt, der Einfluß der vier Himmelsrichtungen erkennen, woran noch spät die vielfach begegnenden Benennungen Osterthore, Westerthore erinnern. — Waren auch sie anfänglich ausschließlich aus Holz errichtet, wie noch heute der Oberbau eines Stadthores in Marienburg und um 1562 zwei Thürme des Ohlischen Vorthores und eines Vorthores der Dominsel in Breslau, so wurde es doch schon früh erforderlich, sie aus festem Stoffe aufzubauen; so entstanden die zahlreichen Steinthore, z. B. in Hannover 1314, Bernau, Arnswalde, Schönfließ, Prenzlau, Anclam, Schievelbein, Tribsees. In Pommern wurde für die oberen Theile ausschließlich Backstein verwendet, in den untern Theilen, wie häufig auch in der Mark, wo Findlinge billig zu haben waren, roh bearbeitete, etwa 40 cm hohe Granitquadern, welche einen größeren Widerstand gewährleisteten. Die Thorflügel waren von starken Eichenbohlen gezimmert und mit breitköpfigen Nägeln in regelmäßiger Vertheilung besetzt, woran die Axt des anstürmenden Feindes leicht zerbrechen konnte: so noch erhalten in Königsberg in der Neumark und Schloß Spantekow bei Anclam. Außerdem waren sie mit clausuris et cathenis, Schloß und Ketten, versehen, um nach Sonnenuntergang und dauernd bei drohender Kriegsgefahr verschlossen zu werden. Sie lagen meist an der nach dem Feinde gerichteten Seite, sodafs sie dieser gegen sich hin öffnen mußte (vergl. Adler I, 47). Fast niemals fehlt im Hauptthore ein Fallgatter, die schon den Alten bekannte cataracta, welches in einem Mauer-schlitz lief und von oben her gehandhabt wurde. Diese Schlitz wurden zum Theil in vorliegenden Strebepfeilern ausgespart, wie am Bahner Thore in Pyritz, dem Stettiner Thore in Garz, dem Bauthore in Anclam. Am Wolliner Thore in Gollnow und dem (Neu-)Brandenburger Thore in Treptow a. d. Tollense (Blatt 28) waren diese Schlitzvorlagen durch Bogen verbunden.

*) Ein in Mecklenburg gewöhnlicher Ausdruck für restaurirt.

Wo irgend möglich, mußte die Zahl der Mauerdurchbrechungen möglichst verringert werden. Doch aber wird wohl den Klöstern, welche sich gern an der Stadtmauer ansiedelten, gestattet, eine Oeffnung zu eigenem Gebrauche anzulegen, wobei ihnen allerdings meist die Verpflichtung eingeschärft wird, für die Sicherheit derselben einzustehen und sie bei Belagerungen unzugänglich zu machen (Breslau*) 1374, 1487). Nur auf der meist ungefährlichen Wasserseite pflegte man, um das Fließ für häusliche und gewerbliche Zwecke ungehindert benutzen zu können, Pforten und Thore in größerer Zahl anzulegen. Eine reizvolle Ausbildung hat der Fanger in Golnow erhalten (Blatt 28), der wir uns um so mehr freuen, je seltener architektonisch ausgebildete Pforten vorkommen. Die Einrichtung bietet volle Sicherheit für die Vertheidigung. Neben der Pforte nämlich springt nach vor- und rückwärts ein Strebepfeiler vor, der durch Ueberkragung kreisförmiger Bogen zum regelmässigen Achteck übergeführt ist. Leider steht das kleine Bauwerk jetzt ohne Dach. In unserer Darstellung ist dasselbe ergänzt und mit dem Doppelmonde, dem Wappen der Stadt bekrönt. Mit dem benachbarten (schon am Fufse in Kreisform beginnenden) Pulverthurme gewährt es ein interessantes Architekturbild. — Das hier verwendete Motiv des Thurm-Aufbaues über auspringen Strebepfeilern kehrt ähnlich bei dem Brückenthore des



Brückenthore in Marienburg.

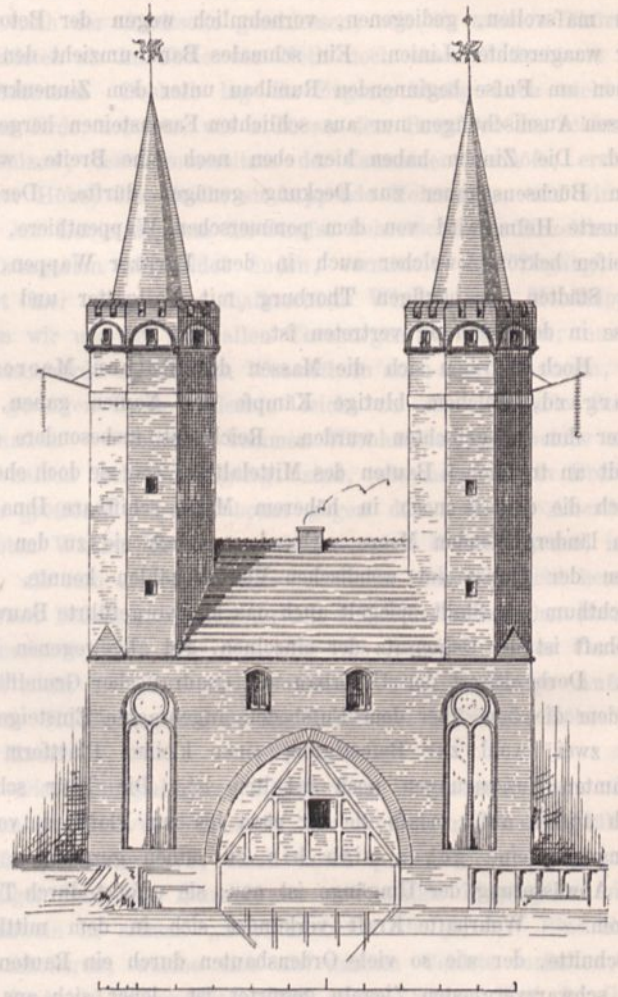
Marienburger Hochmeisterschlosses wieder, welches zum Vergleich hier beistehend vorgeführt ist.

Wenig Werth wurde im Osten auf Hochbauten zum Schutze der Ein- und Ausführung von Flußläufen gelegt; man vertraute mehr auf die allgemeine Lage, welche dem Feinde eine An-

*) Die Aufzeichnungen über Breslau sind einer trefflichen Zusammenstellung von Paritius im Jahrgange 1807 der Schlesischen Provinzialblätter entnommen, welcher die Fortschritte der Befestigung nach allerdings nicht unbedingt zuverlässigen, aber doch zu einem Theile zeitgenössischen Berichten darstellt. Sie sind, namentlich im Zusammenhange betrachtet, um so lehrreicher, je weniger derartige Angaben im Osten Deutschlands überliefert sind.

näherung von selbst verbot. So ist z. B. in Greifswald lediglich aus dem Grunde, eine Mühle durch die Ringmauer zu schützen, der Flußlauf in die Stadt hinein und gleich darauf — ohne besondere Schutzwehr — unter der Mauer hinweg aus der Stadt heraus geleitet.

Einen aufwändigeren Wehrbau finden wir allein in Stargard, wo es einen Arm der vor der Stadt von dem Hauptflusse abgezweigten Ihna zu schützen galt. Er wurde nach einer in der Nähe, aber außerhalb der Stadt belegenen Mühle Mühlen-



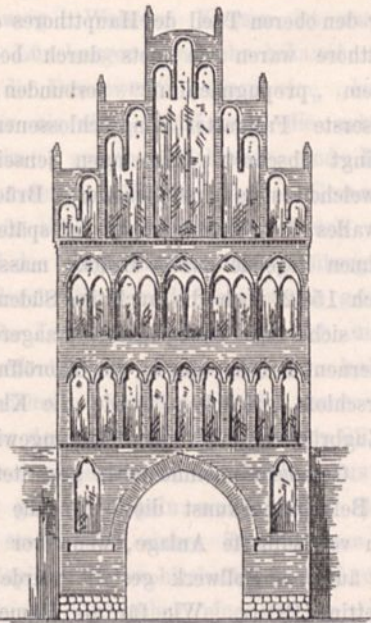
Mühlen-thore in Stargard.

1844) in beistehender Figur darstellen. Um d. J. 1861 (vergl. Zeitschr. f. Bauw. Jahrg. 1861 Bl. 49) ist zwischen die frank und frei aufsteigenden Thürme ein, das Dach durchbrechender Mittelbau eingeschoben, das Gurtgesims in Traufhöhe mit einem, dem oberen nachgebildeten Zinnenkranze — in halbem Verhältnißmaßstabe — bereichert, ferner eine neue Nischenbildung in dem Unterbau zur Aufnahme eines Wappenthieres hergestellt und endlich die Rundung der Spitzen in die Achtecksform verwandelt, um welche ein Zinkmantel gefügt wurde. Es will uns bedünken, daß das interessante Bauwerk, welches jetzt als Wahrzeichen der Stadt im Wappen geführt wird, in seiner Einfachheit ungleich mehr besticht, als in der gegenwärtig reicheren Ausgestaltung, weil es den Blick des Beschauers ohne weiteres hinaufleitet zu dem Schwerpunkte mit dem prächtigen Zinnenkranze. Trotz der Schmuckformen aber, welche man vor zwanzig Jahren für nöthig erachtete, liefs sich doch keine würdigere

Bestimmung für den Unterbau ausfindig machen, als Ueberweisung an die Armenverwaltung für Aufstapelung von Torfvorräthen, während es ehemals nach der Ueberlieferung als Börse der Kaufleute gedient hat. Sic mutantur tempora.

Die von Näher bei süddeutschen Burgen erwähnten Schlupfpfortchen neben der Durchfahrt kommen bei norddeutschen Thoren nicht vor. Nur bei den schlesischen Fürstenschlössern des 16. Jahrhunderts in Liegnitz, Oels, Frankenstein, Brieg sind sie erhalten und theilweise in die Architektur hineingezogen. Eigenartig für das östliche Deutschland ist das Mannloch des Neumärker- und Frauenthores zu Jüterbogk (Adler, Blatt LXXXVII), welches den Plänkern und Spähern noch im letzten Augenblicke das Hineinschlüpfen in den Stadtfrieden gestattete.

Die interessanteren Thore des mittleren Pommerns sind auf Blatt 27 und 28 dargestellt, zwei von der Stadtseite, fünf von der Feldseite, außerdem in der vorstehenden Zeichnung das bereits abgebrochene Kahldensche Thor in Demmin



Kahldensches Thor in Demmin. Stadtseite.

Gezeichnet nach einer Skizze von 1824 im Rathscharchiv.

und das Bauthor in Cammin. Letzteres weicht von der allgemein üblichen Form insofern ab, als es keine bedeutende Höhe erreicht, von der aus die Angreifer behelligt werden konnten, sondern zu diesem Zwecke neben sich einen kräftigen Mauerthurm hatte. Einer Zeichnung in einem Rechnungsbuche von 1679 des Rathscharchivs zufolge besaß es zwei zierliche Giebel, wohl in ähnlicher Form wie die Architektur des südlichen Seitenschiffes am dortigen Dome (Jahrg. 1883, Blatt 60), von denen einige Bruchstücke, überfein gegliederte Baldachine aus gebranntem Thon, jetzt am Obergeschosse eingemauert sind.

Das Luisenthor in Demmin und das „Bauthor“ in Anclam zeigen gewisse Aehnlichkeit der Giebelbildungen, was sich aus der Nachbarschaft der Städte erklärt. Es sind steile Staffelgiebel, durch Pfeiler, Nischen, geputzte und ungeputzte Flächen lebendig und mit den denkbar einfachsten Mitteln gegliedert, da Formsteine kaum anders als zu den Abdeckungen verwendet sind. Eine Ausnahme davon macht allein der ähnlich gestaltete Giebel des Wolliner Thores zu Golnow, wo die zwischen den Staffeln aufgebauten Wimperge mit Kantenblumen gesäumt sind. Während bei diesen die Form des Daches durch

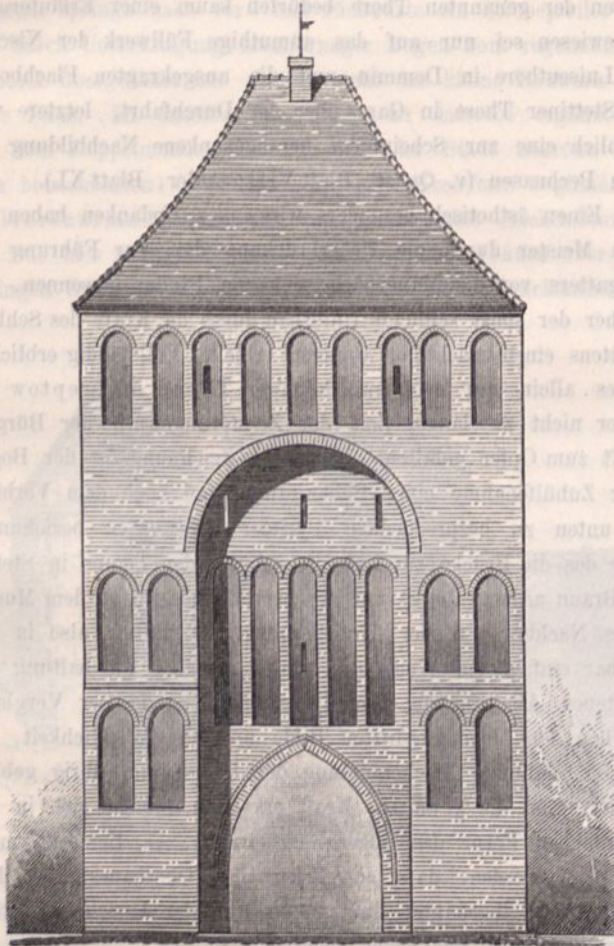
den Aufbau des wenig über sie hinaustretenden Giebels klar zum Ausdruck kommt, hat der Meister des Stettiner Thores in Garz a. d. Oder diesen Gedanken zu Gunsten einer schlank aufsteigenden Nischenreihe fallen lassen. Wie bei der prächtigen Frohnleichnamscapelle in Brandenburg, dem jüngst wiederhergestellten Rathhause in Stralsund und einem ähnlichen, leider längst verschwundenen in Colberg, ist hier die Ausschmückung des Bauwerks die Hauptsache; frei ragt die Wand über das Dach in die Luft hinaus, sodaß die Form des letzteren nur eben durch die geöffneten Nischen vermuthet werden kann. Ein oberer Abschluss fehlt; sollte der Architekt nicht einen Zinnenkranz wie am Schwedter Thor in Prenzlau (Adler, Blatt C) hinzugefügt haben, der dem Sturm der Zeit nicht zu trotzen vermochte? Die schwer und massiv gehaltenen Unterbauten der genannten Thore bedürfen kaum einer Erläuterung; hingewiesen sei nur auf das anmuthige Füllwerk der Nischen am Luisenthore in Demmin und die ausgekragten Flachbogen am Stettiner Thore in Garz über der Durchfahrt, letztere vermuthlich eine zur Scheinform herabgesunkene Nachbildung der alten Pechnasen (v. Quast, Blatt VIII; Adler, Blatt XL).

Einen ästhetisch besonders wirksamen Gedanken haben die alten Meister durch die Ueberbrückung der, zur Führung des Fallgatters vor die Mauerfläche gelegten Pfeiler gewonnen, mit welcher der sonst schlichte Unterbau durch die Kraft des Schlaghattens einen mächtigen Rahmen erhielt. Vollständig erblicken wir es allein nur noch am Golnower Thore; in Treptow ist es vor nicht zu langer Zeit der Zerstörungswuth der Bürgerschaft zum Opfer gefallen. In unserer Zeichnung ist der Bogen unter Zuhülfenahme einer Photographie und nach dem Vorbilde der unten zu besprechenden Pyritzer Thorburgen beziehungsweise des die Brücke zur Lastadie schützenden Thores in Stettin (bei Braun u. Hogenberg) und im oberen Theile nach dem Muster seines Nachbarn in der Kreishauptstadt Demmin, also in der denkbar einfachsten Weise und unter genauer Innehaltung der erhaltenen Abstufungen, vervollständigt. Gerade der Vergleich zwischen dem hier ergänzten Bilde und der Wirklichkeit, wo nur die eintönige Nischenbildung der Hinterwand übrig geblieben ist, läßt die gewaltige Kraft erkennen, welche sich in der so einfachen Form des Bogens ausspricht. — Bemerkenswert ist hier noch, daß die Ecken des Oberbaues über dem Zinnenkranze abgekantet sind, weshalb in der Ansicht ein Stück der verkürzten Dachfläche sichtbar wird.

Die Krone der Thorburgen bilden die beiden Bauten aus Pyritz, welche wir mit ihrem ausgenischten Zinnenkranze als Geschwister des Eulenthurmes daselbst erkennen. Auf dem schlichteren Bahner Thore (Blatt 27) baut sich, ähnlich wie am Rothen Meer zu Stargard, ein zinnenumkränzter Achtort mit pyramidalen Spitze auf, in den Umrislinien vielleicht noch gefälliger wie in der Nachbarstadt. Auch das Stettiner Thor (der Zeiger-, d. h. Uhrthurm bei Merian) zeigt diese Kernform. Aber das wuchtige Gepräge eines Festungsthurmes kommt klarer noch an diesem durch die an die schrägen Seiten des Achtecks angelehnten runden Flankierungsthürmchen zum Ausdruck. Es ist derselbe Gedanke, welcher in der Nachbarstadt der Neumark, dem durch den Reichthum an spätmittelalterlichen Backsteinbauten ausgezeichneten Königsberg (Zeichnung bei Bergäu) und ähnlich am Thurme der Nicolaikirche in Greifswald ausgesprochen ist, nur daß die Pyritzer Thorburg die der neumärkischen Nachbarin an Höhe noch zu überragen

sucht. Kaum ist die Darstellung des trotzigern Ernstes und der stolzen Kraft der mittelalterlichen Wehrbauten so trefflich gelungen, wie an diesem, durch gewaltige Massen hervorstechenden Bauwerk. Es ist würdig des Wortes, welches der Erbauer des Brandenburger Thores unserer Reichshauptstadt an das Denkmal des Generals Tauentzien zu Breslau schreiben liefs: „Pomerania heroum patria.“ —

Indessen begnügten sich nur ganz kleine Städte mit diesem einen Abschlusse. Wo irgend werthvoller Besitz an Kaufmannsgütern innerhalb der Ringmauern zu bergen war, legte man eine weitere und wohl gar eine dritte Befestigung an. Während aber Hauptthore in gröfserer Zahl erhalten sind und noch heute wie durch mehrere Jahrhunderte die Zierde der Städte bilden, begegnen wir Aufsenwerken aufer dem kleinen

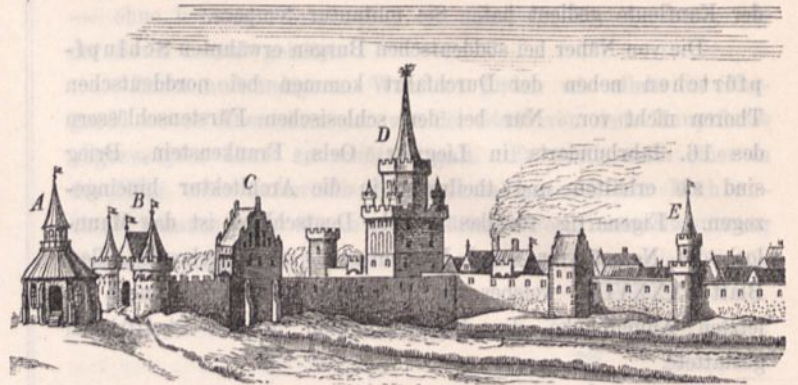


Anclamer Thor in Usedom (Feldseite).

vorstehend dargestellten Vorthore in Usedom nur noch in dem anmuthigen Neubrandenburg in Mecklenburg, wo sie überdies besonders prächtig ausgestattet sind. Hier ist sogar an einem Thore das dritte Bollwerk erhalten, ein Fall, der sonst nur selten vorkommen dürfte.

Vorthore waren eine altorientalische Ueberlieferung, die auch den Chinesen bekannt war (Illustr. Zeitg. 17. Mai 1884). Sie tragen in Deutschland häufig den Namen Hameide (homeyde, hamit, amit, hameit, französ. hameau), wie z. B. auf dem nachstehenden aus Merian entlehnten Stück der Stadtmauer in Pyritz. Das Wort wird zunächst allgemein zur Bezeichnung einer Oertlichkeit gebraucht, wie das stammverwandte gothische haims = Flecken, Wohnsitz, hat aber auch schon die Nebenbedeutung des mittelalterlichen „Haus“ als Befestigung, Verschanzung. Im engeren Sinne bezeichnet es die Umgrenzung, Verzäunung,

den Verhau, Schlagbaum, das Fallgatter und wahrscheinlich hiernach auch das Gebäude selbst, in welchem das Fallgatter hängt (wie valva für Thor).



Stettiner Thor in Pyritz nach Merian.

A. St. Peters Cappel. B. Stettiner Thor. C. Die Hammoy.
D. Zeiger (Uhr-) Thurm. E. Gefängniß-Thurm (Eulenturm).

Während die Hauptthore meist das Gepräge von Thürmen annehmen, bleiben die Vorthore niedriger liegen, sodafs man über sie hinweg den oberen Theil des Hauptthores erblicken kann. Mit dem Hauptthore waren sie stets durch bezinnte Flügelmauern zu einem „propugnaculum“ verbunden, welches dem durch das äufserste Fallgatter eingeschlossenen Feinde den Rückzug unbedingt abschnitt. Sie lagen jenseits des innern Grabens, über welchen stets eine gemauerte Brücke führte, im Zuge des Ringwalles der Contrescarpe. In späterer Zeit wurde auch die vor ihnen liegende zweite Brücke massiv erstellt; in Breslau fand sich 1562 noch die auch im Süden gebräuchliche Bauweise, dafs sich ein beweglicher, waagrecht geführter Flügel der hölzernen Brücke gegen die Thoröffnung legte und diese somit verschlofs. Gehoben wurde die Klappe wie noch heute unsere Zugbrücken mit einem Gegengewicht (aus Blei, Breslau 1594). Geradezu uneinnehmbar gestaltete sich für die mittelalterliche Belagerungskunst diese für die Vertheidigung an und für sich vortheilhafte Anlage, wenn vor das Propugnaculum noch ein äufseres Bollwerk gestellt wurde, wie in Stargard, Stolp, Stettin, Pyritz. Wie für die Hameiden ist insbesondere für diese Vorwerke die, wie es scheint, altorientalische Form gebräuchlich, welche auch heute noch z. B. an einem Thore in Nähe der Citadelle in Kairo vorkommt, das aus zwei derben, niedrigen Rundthürmen mit einem Verbindungsbau besteht. So standen sie noch zu Soller's Zeit in Pyritz (Zeichnung im ersten Jahrg. d. Zeitschr. S. 99). Solche Rundthürme hatten auch die Vorthore des Steinthors in Anclam, des Fürstenfelder Thors in Bärwalde, die Holstenthore in Lübeck und Thorn und selbst die Vorthore der kleinen Städte Reetz und Soldin in der Neumark (vgl. Wörner u. Heckmann 55).

Wo auf den Schutz des Flufsüberganges besonderer Werth gelegt wurde, lag das Vorthor jenseit des Wassers und bildete somit einen Brückenkopf, wie in Treptow a. d. Rega (Lubin). Aehnliche Bedeutung hatte für die Stadt Demmin das „Haus Demmin“, ein derber Rundthurm mit Wall und Graben auf einer Anschüttung im Tollensethal, welcher noch im dreifsigjährigen Kriege eine nicht unbedeutende Rolle spielte. In Marienburg begegnen wir sogar auf einem im Hochmeisterschlosse hängenden Grundrisse einer ausgedehnten Fortanlage am jenseitigen Ufer der Weichsel zur Vertheidigung der Brücke.

Aber schon das Mittelalter beschränkte sich nicht auf diese, die engere Stadt mit Wohnstätten und einigem Garten-

land (Pasewalk, Culm) schirmenden Umwehungen, zu denen stets noch Verpallisadirungen und Schlagbäume oder eine durch „Bäume“ bewirkte Stromsperrre kam, wie letztere in Stettin (Berlin) am Oberbaum und Unterbaum Abends durch den Baum-schließser erstellt wurde. Bei einer Reihe von Städten gab es Wehrbauten in größerer Entfernung im Sinne unserer modernen Forts. So bauten die Bürger Stettins*) im Jahre 1460 in der blutigen Fehde mit Stargard an dem Kreuzungspunkte der großen Reglitz, des „Zollstromes“ mit der Strafe nach Danzig, einen schönen starken Thurm und ein „nye hufs“ dabei, welcher noch bis zum Jahre 1723 stand. Selbst zu vollständigen Gürteln erweiterten sich diese Anlagen, die dann den Namen Landwehren oder Zargen vom althochdeutschen zarga = Rand trugen. In einfachster Weise setzten sie sich aus Gräben, Wällen, Hecken (dem im Westen auch um Dörfer häufigen „Gebück“) und Thürmen zusammen, von denen indessen auch die letzteren allein den Namen einer Landwehr trugen, so in Hannover, wo sie Dörner, die Roder und die neue Landwehr genannt wird. Eine Landwehr im ersten Sinne besaß z. B. Braunschweig. Weiteren Kreisen ist aus Julius Wolff's Sülzmeister die Lüneburger Landwehr bekannt; sie besteht noch heute. Auch die Dannewerke heißen eine „lantwere“. Schon den Slaven war sie nicht fremd, wie die urkundlich oft genannte „preseka“ zwischen Schlesien und Böhmen beweist. Landwehren wurden gewöhnlich an den Grenzen des Gebietes errichtet, sodafs schließlich der Name auch auf diese selbst und weiter auf das eingeschlossene Gebiet überging. Die Durchlässe wurden durch Gitter und Schlagbäume gesichert.

Eine solche Landwehr finden wir auch um Anclam gezogen. Ihr bedeutendster Punkt ist der hohe Stein, ein schlichter Warthurm an der Strafe nach Pasewalk, eine Viertelmeile vor der Stadt bei Kilometerstein 82,1 belegen. Der Durchmesser des cylindrischen, als Rohbau aus den in Anclam gebräuchlichen gelben Ziegeln aufgeführten Bauwerks beträgt 5,5 m. Die steile, von einem Zinnenkranze umgebene, gemauerte Kegelspitze ist wohl erhalten. Auf derselben befand sich bis vor einem Jahrzehnt eine Pfanne, in welcher vom Stadtwächter beim Herannahen des Feindes Holzschelte verbrannt wurden als Zeichen für die Vertheidigung. Die Warte steht auf einer niedrigen Anschüttung und ist von Wall und Graben umgeben, wozu wir uns wohl eine Verpfählung zu ergänzen haben werden. — In früherer Zeit war so die ganze Feldmark von Wall und Graben eingehgt und mit Warten besetzt, deren Lage ein Haus in Gnewezin, „Gneweziner Burg“ genannt, ein Punkt in Stangenberg an der Friedländer Chaussee und ein Haus „Görkeburg“ an der Demminer Chaussee angiebt. Im übrigen folgte die Landwehr einer Senkung des Bodens, früher sumpfiger als jetzt, sodafs der Graben theilweise entbehrlich ward. Eine noch theilweise erhaltene Landwehr vor der Stadt besaß auch Stralsund.***) — Auch eine das ganze Land begrenzende Wehr ist an der Südgrenze des Anclamer und an den anstossenden Ost- und Westgrenzen des Demminer und Ueckermünder Kreises gegen Mecklenburg hin als „Landgra-

*) Die Einzelangaben über Stettin beruhen auf Elias Schleckers Matrikel von 1565, z. T. benutzt von Berghaus, Landbuch von Pommern, Band VIII, IX. Berlin und Wriezen 1875. 1876; einige Angaben hat mir auszugsweise Herr Gymnasialdirector Prof. Dr. Lemcke, Secretär der Gesellschaft für Pommersche Geschichte in Stettin, freundlichst mitgetheilt.

**) O. Fock, Rügensch-Pommersche Gesch. VI, 211.

ben“ vorhanden, woran sich weiterhin Niederungen als natürliche Schutzmittel schloffen.

Die Erfindung der Feuerwaffen*) führte schon im 15. Jahrhundert zu einer Umgestaltung des Befestigungswesens, welche von ganz neuen Grundsätzen ausging, wenn auch die bestehenden Werke nicht beseitigt wurden, sondern als Ergänzungen selbst bis in das 19. Jahrhundert hinein (Thorn) zu Vertheidigungszwecken benutzt blieben. Während sich das Mittelalter vornehmlich auf den Nahkampf einrichtete, wo man die Mauer entweder mittels Leitern erklimmen**) oder sie mit dem aus dem Alterthum überkommenen Widder unter dem Schutze beweglicher Thürme und „Katzen“ zertrümmern mußte, so gewährten die Feuergeschütze die Möglichkeit, schon aus der Entfernung Bresche zu legen. Die Vertheidiger mußten deshalb darauf sinnen, nicht nur die Sicherheit gegen Leiterersteigung aufrecht zu erhalten, sondern auch die Batterien des Feindes durch tödtliche Geschützwirkung zu stören. Ueberdies war die Stärke von Mauern und Thürmen meist nicht mehr groß genug, um den Gegendruck der geworfenen mächtigen Steinkugeln ertragen zu können. Andererseits sind Verstärkungen der Mauer wie im Westen auf unserm Gebiete nicht nachweisbar.

Die Grundzüge des neuen Systems, welches sich seit dem Ende des 15. Jahrhunderts, wenn auch nur sehr allmählich Eingang verschaffte, ging wie die gesamte höhere Cultur dieser Zeit von Italien aus, wonach es seinen Namen erhielt. Es bestand darin, dafs der Schwerpunkt der Vertheidigung von der Höhe der Mauern auf verhältnismäßig niedrige Wälle verlegt wurde, die entweder mit Steinen oder mit Rasen abgedeckt waren. Man benutzte dazu vorzugsweise die unmittelbar vor den Mauern sich hinziehenden Schutzstreifen, den „Zwinger“, welchen man durch sogenannte Bastionen (Basteien), halbkreisförmige oder vieleckige Plätze, erweiterte. Auf ihnen wurden unter dem Schutze niedriger Brustwälle die Geschütze aufgestellt. Von den Bastionen aus war man im Stande, Wall und Graben seitlich zu bestreichen. Derselbe Zweck wurde durch Anlage massiver „Streichwehren“ erreicht, welche in die Gräben hineingebaut wurden; kleinere Streichwehren finden wir von Merian in Frankfurt a. d. Oder dargestellt, wo sie auf der Westseite der Stadt, dem gefährlichsten Punkte, zur Beherrschung des äußeren Grabens errichtet waren. — Aber auch eigentliche Hochbauten wurden zu diesem Zwecke errichtet, welche die Aufstellung von Geschützen in zwei Geschossen gestatteten; so auf dem Plane von Stettin am Mühlenthor und am h. Geistthor. Es waren eigenthümliche Werke, für die ein sicherer Name nicht vorhanden ist. Theils hießen sie ebenfalls „hameide“, weil sie wie hier an Stelle der mittelalterlichen Vorthore traten, theils — wohl wegen ihres Grundrisses — „Zingel“,***) aber auch

*) Für Deutschland besagen nach den „Quellen zur Gesch. der Feuerwaffen“ des german. Museums die ersten sicheren Nachrichten, dafs sich im Jahre 1344 beim Erzbischofe von Mainz ein Feuergeschütz befand und dafs nach einem Rechnungsbuche der Stadt Nürnberg von 1356 Lohn für Geschütze und Pulver an Meister Sängler bezahlt wurde. Thierbach, Die geschichtliche Entwicklung der Handfeuerwaffen. Dresden 1886. Eine allgemeine Verbreitung fanden Feuerschlünde erst ein Jahrhundert später.

**) Vergl. die Abb. bei Götzinger aus Stumpfs eidgenöss. Chronik von 1548 unter „Belagerung“.

***) Zingel, singel, lat. cingula ist ein eingefriedigter Raum vor dem äußersten Thore, der hameide. Vgl. Ahrens, Programm von Hannover 1871, S. 12 und Gruben de pomorio S. 11 ff. Später bedeutet es jede Art, auch hölzerner Einfriedigung. Selbst eine Gartenthür kann ein singel heißen; daher auch singelbom = Schlag-

„Basteien“. Gerade diese Werke sind es, welche am frühesten der Vernichtung anheim fielen, weil die größeren Städte, welche allein in der Lage waren, mit der fortschreitenden Befestigungskunst die für die Anlage dieser kostspieligen Bauten erforderlichen Mittel aufzuwenden, im 17. und 18. Jahrhundert in moderne Festungen umgewandelt wurden.

In Stettin war anfänglich der Name Bastei gebräuchlich. So heißt es bei Schlecker: „ao. 1467 uor Johannis Baptiste ward uffgelegt die Newe Postei vor dem hilligen geistes dhor“ und „ao. 1472 im Sommer ward die Postei vor dem Müelenthor aufgelegt und der grauen vor dem Passower dhor“ (Schlecker schreibt bald hoch- bald niederdeutsch). Der Name Bastei, niederdeutsch pastei, postei, posteide, pasteye vom mittellateinischen bastire, franz. bâtir, ist wie alle technischen Ausdrücke des alten Befestigungswesens ein allgemein baulicher Begriff, der im Sinne von munimentum und agger gebraucht wird. Entstanden aus den orientalischen Barbicanen,*) waren es anfänglich Vorwerke, aus Holz und Erde vor den Thoren errichtet, um den Belagerten einen Stützpunkt für Ausfälle zu bieten. Wörner u. Heckmann 32. — Dasselbe Bauwerk heißt dann aber auch 1499: „vor dem molendore bi der murden (gemauerten) homeyde“ und ebenso schon 1457, wo es eben errichtet war, „negest (nächst) der nigen homeyde“.

Der Grundriß des mit einem Satteldach aus Ziegeln bedeckten Gebäudes besteht aus zwei kreisförmigen bzw. elliptischen Mauern, deren äußerer Abstand nach dem Plane von 1721 nur 5 m bei 25 bis 30 m Durchmesser beträgt. In Breslau, wo 1460 die ersten Basteien genannt werden, sollten 1541 Basteien mit einem Durchmesser von 120 Ellen angelegt werden. Nach der Stadtseite war unsere Mühlenthorbastei offen, die des h. Geistthores durch eine gerade Verbindung geschlossen; sie stand hier durch Flügelmauern in Verbindung mit dem Hauptthore. Nach der Feldseite öffnete sie sich nicht in der Achse des Straßenzuges, sondern es war die Thoröffnung gegen diese um einen halbrechten Winkel verschoben, um zu verhindern, daß flach geworfene Geschützkugeln sofort in die Straßen schlagen konnten. Aehnliche Bauten finden wir in Breslau am Ohlauer-, Taschen- und Schweidnitzer Thore auf dem Weyherschen Plane von 1562. — Als eine solche durch das italienische Wehrsystem herbeigeführte Verlegung des Straßenzuges haben wir auch die Wendung im Zuge des Johannisthores zu Stargard, eines den Wall durchschneidenden, mit spitzbogiger Tonne überdeckten Tunnels zu betrachten. Aus früherer Zeit scheint hierzu die von Merian in Greifswald in zwei Fällen dargestellte Knickung der Mauerlinie nach der Form eines auspringenden spitzwinkligen Dreiecks zu gehören, dessen kleinste Seite so angelegt ist, daß sie dem Feinde abgewandt war; in ihr lag dann der schlichte Ausgang, wohl nur eine Wasserpforte.

Wollte man eine neue Schüttung an der Stadtmauer vermeiden, so benutzte man auch wohl den an der Contrescarpe aufgeschütteten Wall, vor dem dann ein zweiter Graben angelegt wurde, während für die Aufstellung der Geschütze Erweiterungen stattfanden. Diese führen insbesondere den Namen

baum. Nur auf Ungenauigkeit der Sprech- und Schreibweise scheint der Name Zindel zu beruhen, wie parten für parchem.

*) Die Barbigane waren eigentlich eine Brustwehr mit Scharren. Lexer. Der Name kommt aber auch für „Fallgatter“ vor. Schultz, höfisches Leben, Leipzig 1879. I, 35.

„Rondele“ (rundel, rondel = propugnaculum rotundum). So heißt es in den Hamburger Chroniken von J. M. Lappenberg. Hambg. 1861. 168: „Anno (15)54 wort dat nige butenste doer gemaket . . vnd dat rundel daruor vnd de stenen dam, dar so vm dat rundel her gelecht“ und daselbst, 316, 335: „vnd ein nie graft (neuer Graben, Stadtgraben) mit einem walle vp dem broke mit 3 rundelen betenget to Hamborch“. Erhalten sind zwei solche Rondele am Johannis- und Mühlenthor zu Stargard, deren ersteres einen Kronendurchmesser von 53,5 m, letzteres von 10,5 m bei 7,5 beziehungsweise rund 10 m über dem Straßenspflaster und dem mittleren Wasserstande der Ihna erreicht. Noch jetzt steigen ihre Böschungen wie die des zwischen ihnen gelegenen Wallstückes steil in die Höhe. Eine Reihe kleinerer Rondele finden sich um das oben erwähnte Schloßchen Töppliwoda in Entfernungen von etwa 25 m. Abgebildet finden wir ein solches Rundel auf dem Plane von Stettin, wo der dem Feinde zugekehrte Punkt zugeschärft ist, was in der Folge und namentlich bei den Bastionen des von den Niederländern erfundenen, von Vauban weitergebildeten Befestigungssystems allgemeiner vorkommt. Besonders klar wird die Construction der Basteien aus dem mehrfach erwähnten, 1826 von Paritius durch ein Facsimile bekannt gemachten Plane Breslaus von Weyhner. Hier bilden die Rondele Erweiterungen des Zwingers wie bei Merian in Frankfurt a/O. und sind in den wohl inzwischen erheblich verbreiterten Graben vorgeschoben. Sie sind halbkreisförmigen Grundrisses und haben zwei Geschosse, deren unteres kasemattirt ist. Die oberen Battereien werden durch eine Mauer mit Scharten gedeckt; sie sind bis auf eine Bastion am Ohlauer Thore ohne Dach.*) Die Ausbildung der Basteien bildete die Hauptsorge der Festungsbaumeister und erklärt den vielfachen Wechsel der Form; so finden wir auch in Breslau außer der kreisförmigen eine vieleckige Bastei; die Bastei am Taschenthore bestand wie die am Johannisthor zu Stargard aus Erdmasse mit Rasenbelag; an die Nicolaibastei lehnten sich kleinere halbkreisförmige Ausbauten. Uebrigens wurden hier die Mauern der Basteien und des Zwingers meistens geböschet ausgeführt, so 1552, nachdem mehrfach Mauertheile — vermuthlich durch Uberschwemmungen des Stadtgrabens — eingestürzt waren. Eine Befestigung mit einspringendem Winkel, welche besonders von den Niederländern seit der Mitte des 16. Jahrhunderts angebahnt wurde, finden wir in Breslau zuerst an der 1544 erbauten großen Bastei am Allerheiligenhospital verwendet.

Die Anlagen dieses Systems, welchen Hochbauten im Sinne des Mittelalters fremd waren, fallen außerhalb des Rahmens unserer Aufgabe, zumal es Arbeiten von Specialtechnikern waren — in einer Zeit zur Ausführung gebracht, in der die Vertheidigung bereits vom Landesherrn übernommen war. Wir weisen deshalb nur auf die von Näher S. 483 beigefügte Skizze

Durchschnitt einer Festung des 17. Jahrhunderts. (Driesen.)

der Bergveste Hachberg und theilen vorstehend den Durchschnitt der kurmärkischen Festung Driesen nach Merian mit. In Pommern

*) Sie bestätigen aber die von Jähns (Göttinger: „Belagerung“) ausgesprochene Behauptung, daß die Thürme im 16. Jahrhundert ihre Bedachung verlieren, ebenso, wie sie die Ansicht Adlers I, 75 Anm. 2 widerlegen.

sind nach demselben die Städte Stettin, Stralsund, Greifswald, Anclam, Demmin und Colberg befestigt worden.

Dürftig sind in Pommern die Nachrichten über die Entstehungszeit der Wehrbauten; hat doch kaum ein anderes deutsches Land so schwer durch den dreißigjährigen Krieg leiden müssen wie dies ständige Winterquartier der Schweden, die seine besten Schätze vernichtet oder geraubt haben. Aber trotz der ungebetenen Gäste lassen sich die Zeitgrenzen wenigstens in Umrissen aus dem Vergleiche mit den Bauten der Nachbarprovinzen feststellen. Auszuschließen sind vielleicht die Länder des deutschen Ordens, deren Gliederung eine mehr oder weniger streng militärische war, sodafs sie, zumal unter unruhigeren Verhältnissen, auf die Zweckmäßigkeit und die frühe Vollendung der Wehrbauten ein besonderes Gewicht zu legen gezwungen waren.

Die ältesten Befestigungsbauten der Altmark gehen, soweit sie architektonisches Interesse besitzen, nicht über die Mitte des 14. Jahrhunderts hinaus. 1375 wird in Brandenburg der Rathenower, 1380 der Steinthorthurm, 1411 der den kirchlichen Thurmbauten Stargards verwandte Mühlenthorthurm, letzterer, wie bekannt, von einem Stettiner Meister errichtet (Adler Bl. XV—XVII). Die Stadtmauern und vier Thore in Stendal, ursprünglich Granitbauten vom Ende des 13. Jahrhunderts, wurden im 15. Jahrhundert in Backstein prachtvoll erneuert, das Uenglinger Thor um 1440, das Tangermünder um 1460—70. Das Hühnerdorfer Thor zu Tangermünde wurde um 1460—70 erhöht; der Unterbau und das Aufsenthor waren schon seit etwa 1300 vorhanden; das dortige Wasserthor verlegt Adler in die Zeit um 1470. Am Neustädter Thore stammt der architektonisch reichere Theil aus der Zeit zwischen 1436—40, während das schlichte Aufsenthor, die Brücke und die über dem Unterbau des oblongen Thurms Reste der alten Wehrbauten von der Wende des 13. Jahrhunderts sind. Aus der zweiten Hälfte des 15. Jahrhunderts rühren einige Theile der Burg Tangermünde her, insbesondere um 1480 das Aufsenthor mit seinem, dem Steinthor in Brandenburg verwandten Rundthurme. Aus der Zeit Kaiser Karls IV. hat sich dort nur der mächtige „Kapitelsturm“ erhalten. Das Elbthor in Werben versetzt Adler gleichfalls um 1460, das Beuster Thor in Seehausen in den Anfang desselben Jahrhunderts. Die Mauern der Stadt Salzwedel werden urkundlich schon 1298 genannt, die der 1247 gegründeten Neustadt 1315 als im Neubau begriffen erwähnt. Die Bauzeit des dem Steinthor in Brandenburg ebenfalls verwandten Thurmes am Perwer Thore fällt wahrscheinlich um das Jahr 1460. Das dortige Steinthor rührt von der zwischen 1530 bis 1546 bewirkten stärkeren Befestigung der Neustadt her, welche durch die Einführung der Feuerwaffen bedingt wurden. Ebenso sind die Einrichtungen des Salzwedler Thors in Gardelegen auf die Anwendung von Feuergeschützen berechnet und bestätigen die überlieferte Bauzeit um das Jahr 1550.

Diesen von Adler ermittelten Zeitstellungen entsprechen die wenigen, welche aus Pommern bekannt sind, durchaus. Eine Reihe von Mittheilungen bergen die Stadtbücher Stralsunds, nächst Stettin der blühendsten Handelsstadt des Herzogthums. 1441 wurde der Zingel vor dem Spitalthore gebaut und das Frankenthor mit einem Aufsätze versehen, den später ein Sturm wieder umwarf. Seit demselben Jahre werden die Befestigungen der Stadt auf der Landseite durch eine Reihe von Arbeiten

erheblich verbessert und verstärkt. Zwei Jahre später wurde der Graben vertieft und gesäubert. 1446 wurde ein neuer runder Thurm gebaut und zugleich die ganze Frankenmauer einem Umbau unterzogen; die letztere, wegen des schlechten Untergrundes stellenweise gesunken, ward auf einen Rost von ellernen Schleten (einstieliges, unbeschlagenes Holz) gesetzt. 1449 ward bei dem, an der Strafse nach Barth belegenen Zingel der Graben gesäubert, der Schlagbaum erneuert und auf dieser Strafse, wo sonst ein grundloser Weg zu sein pflegte, ein neuer Steindamm gelegt. 1450 ward eine Steinbrücke über den hohen Graben gebaut. 1452 wurde der sogenannte „Störtenwall“ bis zum Brigittenkloster Mariacron vor dem Triebseer Thore verpallisadirt und der dahin führende Damm überbrückt. Gleichzeitig verbesserte man das artilleristische Material, machte auch den Anfang mit Feuergeschützen. 1451 wurde eine Riesenkanone gegossen, welche 30 Schiffspfund wog; zu einem Schusse gehörten 26 Pfund Pulver, während die zugehörige Steinkugel 178—186 Pfund wog; man schofs damit bis zu dem etwa eine halbe Meile südwestlich von Stralsund belegenen Dorfe Lüssow. — Die Einführung der Feuerwaffen wurde dann bald Veranlassung zu weiteren Verstärkungen und theilweise vollständiger Umgestaltung der alten Werke. (Fock).

Der „Kiek in die Mark“ zu Pasewalk, in der Nähe des Prenzlauer Thores, verdankt seine Entstehung der siegreichen Vertheidigung gegen Kurfürst Friedrich II. im Jahre 1445. Es ist ein einfacher Mauerthurm; der quadratische Unterbau geht mit steiler Schmiege in einen Cylinder über, der einen Zinnenkranz und steile Ziegelspitze trägt.

Den auf Seite 203 über Stettin berichteten Angaben sind noch folgende hinzuzufügen: Um das Jahr 1395 mußte der Kornhändler Passow zur Sühne für einen Betrug mit falschem Mafse das dann nach ihm benannte Pasewalker oder middelste Landthor wieder aufbauen, eine im Mittelalter häufige Strafe (vgl. Gengler S. 14). Der Rath liefs zum Gedächtnifs daran feldwärts drei runde Löcher in Gestalt eines Kornscheffels anlegen. „a° 1462 wurden beide Torme vor dem Fruendhor upgemüret und gesparrt. 1463 ward der Torm achter des Abtes haue (hinter dem Abtshofe) gemüeret und die wikhüser, so darbi gelegen, gebetert. 1464 ward de nye Torne upgeleht bi dem Passowdhor achter des Nickel Schroderschens hufse.“

Nöthigt schon die Nachbarschaft der Mark Brandenburg, für die Wehrbauten Pommerns im wesentlichen dieselbe Bauzeit anzunehmen, so kann die Betrachtung der Architekturformen diese Vermuthung nur bestätigen, zumal die Beziehungen beider Länder von alters her besonders enge sind. So spärlich bezeichnende Formen auftreten, lassen doch z. B. die Wimpergen des Golnower Thores und des Garzer Hut oder die Nischenbildungen des Garzer und Demminer Thores einen Schlufs auf die erste Hälfte des 15. Jahrhunderts zu, zumal bei Berücksichtigung der kirchlichen Bauwerke dieser Städte. Für eine noch spätere Zeit spricht im allgemeinen der gerade an diesen Bauten häufige Rundbogen, jene von den Schwesterkünsten, Malerei und Bildnerei, unter dem Einflufs italienischer Vorbilder schon im Spätmittelalter aufgenommene Form, welche bei ihnen den Spitzbogen fast verdrängte.

Noch deutlicher reden die Sprache der neuen Zeit jene interessanten Thorburgen in Stargard, wo gerade das 16. Jahrhundert eine Reihe stattlicher Bauten hinterlassen hat. Auch auf dem Plane von Stettin finden wir an einigen Thoren, nament-

lich am Mühlenthore und an den Wasserporten der Ostseite die Renaissanceformen angedeutet.

So sehen wir denn seit dem Ende des 14. Jahrhunderts bis zur Mitte des 16. eine lebhaft Thätigkeit an den Wehrbauten in allen bedeutenderen Städten Pommerns entwickelt, die

— an sich nicht übermächtig reich — doch aber werthvolle Zeugnisse sind für einen lebhafter als heutzutage entwickelten Bürgersinn, dem es Bedürfnis war, für eine gediegene Vertretung des Gemeinwesens nach besten Kräften einzustehen.

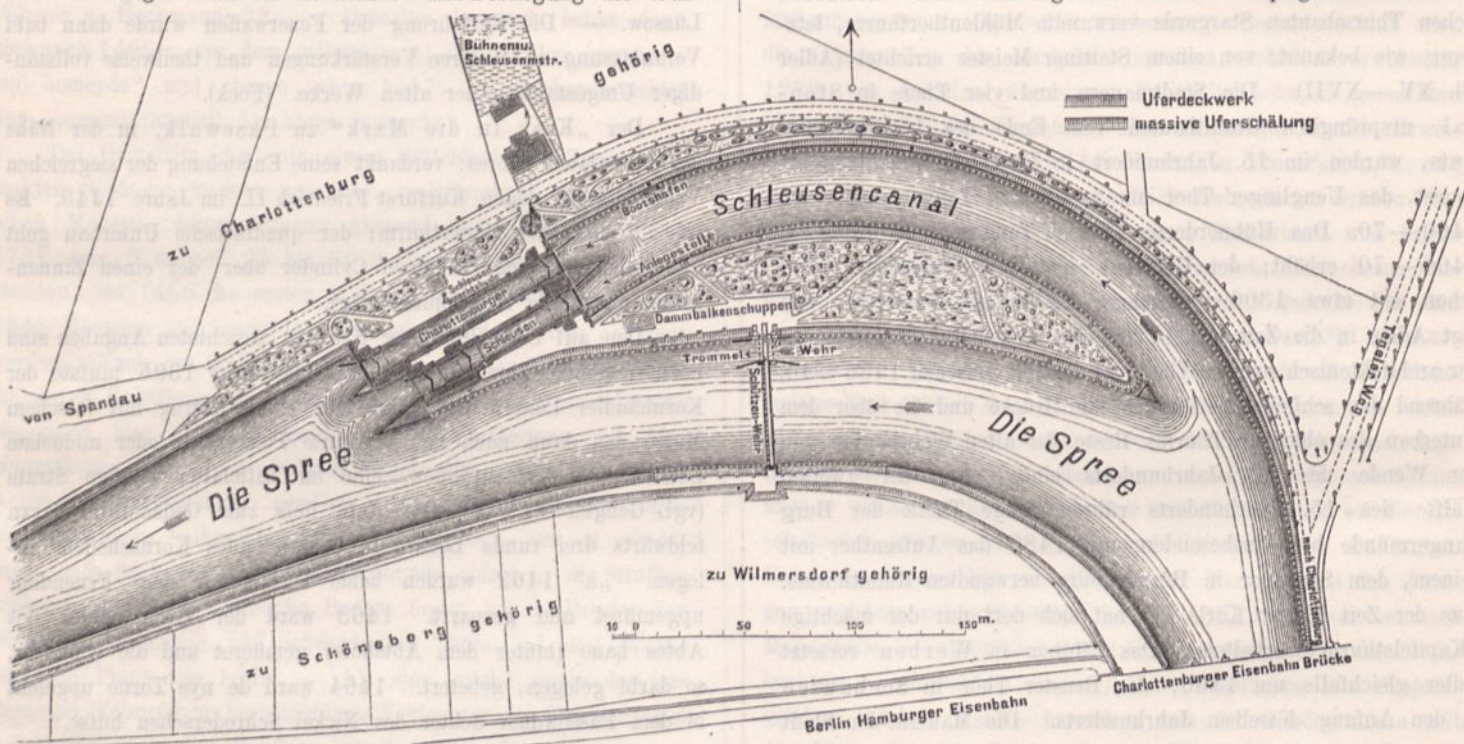
H. Lutsch.

Die Stauanlage in der Spree bei Charlottenburg im Zuge der canalisirten Unterspree.

(Mit Zeichnungen auf Blatt 29 bis 33 im Atlas.)

Der Entwurf für die Canalisirung der Unterspree, dessen Gestaltung und Begründung in der Denkschrift des Herrn Geheimen Oberbaurath Wiebe vom Jahre 1881 und dem Nachtrage vom 17. Juni 1882, von demselben Verfasser, enthalten sind, ist in den Jahren 1883 bis 1885 unter der Leitung des Unterzeichneten zur Ausführung gelangt, und man kann letztere in allen wesentlichen Punkten nunmehr als beendet ansehen. Im allgemeinen ist die Gerade- und Festlegung der Was-

serstrasse theils durch in die Spree vorgelegte Faschinenpackwerke an den zu breiten Stellen, theils durch Abschneiden vorspringender Uferkanten erfolgt, und überall sind die stromseitigen Uferflächen durch Weidenspreutlagen gedeckt. Die Herstellung des Durchflußquerschnitts bis zur rechnermäßigen Sohlenlage ist jedoch nur auf 25 m Sohlenbreite erfolgt; d. h. gerade nur soweit, als die Schifffahrts-Erleichterung es erforderte. Auf Senkung des Hochwasserspiegels ist hierbei



Lageplan der Stauanlage in der Spree bei Charlottenburg.

keine Rücksicht genommen. Aus denselben Gründen ist auch nur ein Durchstich, und zwar bei Ruhleben, ausgeführt, der den Spreelauf um etwa 1 km abkürzt. Die Breite des Flußbettes von 50 m im Mittelwasserspiegel ist überall dem Entwurfe gemäß eingehalten. Die Baggerarbeiten sind durch einen Unternehmer für den Preis von 96 Pfennigen für 1 cbm ausgeführt, während die sämtlichen Packwerksarbeiten in Tagelohn durch die Bauverwaltung bewirkt wurden. Die Packwerks-Baustoffe sind ebenfalls durch Unternehmer angeliefert.

An Kunstbauten von geringerem Umfange sind ausgeführt:

1) die Brücke über den Ruhlebener Durchstich, in einfacher Holzverbindung auf 8 Pfahljochen mit 2 Durchfahrtsöffnungen neben einander, davon die rechtsseitige mit Leinpfadunterführung;

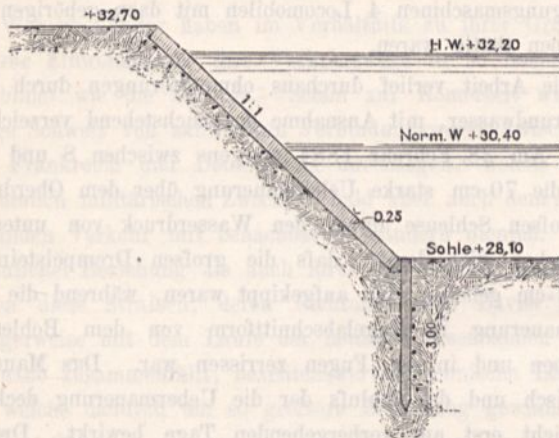
2) hölzerne Leinpfadbrücken, 12 Stück an der Zahl und in verschiedenen Abmessungen, sämtlich unter Anwendung von Pfahljochen.

Außerdem aber sind zur Herstellung, bzw. Umgehung des hergestellten Staues bei Charlottenburg zwei größere Bauanlagen, die Schleusen- und die Wehranlage daselbst, ausgeführt, welche sowohl in Bezug auf die dabei zur Anwendung gekommenen Neuerungen, als auch auf die Schwierigkeit der Ausführung eine Beachtung in weiteren Fachkreisen verdienen dürften. Es ist daher versucht, in dem Nachfolgenden an der Hand von Zeichnungen eine eingehende Beschreibung der Bauwerke zu geben, jedoch nur in soweit, als Abweichungen von sonst bestehenden Einrichtungen, Neuerungen oder besondere Schwierigkeiten bei der Ausführung dies erfordern.

Der hier eingefügte Lageplan macht ersichtlich, daß die Spree in ihrem alten Bett kurz unterhalb der Charlottenburger Eisenbahnbrücke durch Einlegen eines Wehres aufgestaut ist. Durch dieses Bauwerk wird der Oberwasserspiegel bei sinkenden Wasserständen fortdauernd auf Ordinate + 30,40, d. i. dem früheren Mittelwasser, erhalten, sodafs zur Zeit eingetretenen

unteren Niedrigwassers der Gefälleunterschied 1,23 m beträgt. Die Umgehung dieses Gefalles für die Schifffahrt geschieht durch einen neben dem Wehr hergestellten Schleusencanal von 340 m Länge, dessen Sohlenbreite 35,40 m beträgt. In diesem Schleusencanal liegen am stromabwärts gerichteten Ende neben einander zwei Schleusen; für Anlage einer dritten Schleuse ist der nöthige Bauplatz noch mit erworben.

Die Ufer des Schleusencanals sind, wie die nachstehende Skizze zeigt, durch Abpflasterung mit Klinkern in Cementmörtel in einer Neigung von 1:1 auf 1 Stein Stärke hergestellt.



Die Sicherung des Fufses ist durch vorgeschlagene Spundwände erfolgt, gegen deren landseitig angebrachte und in senkrecht zur Neigung des Mauerwerks abgeschrägte Zangen die Pflasterung sich stützt, eine Art der Uferbefestigung, wie sie mit Vortheil und mit dem Vorzug der Billigkeit selbst bei Herstellung von Schleusenkammern bereits seit etwa 10 Jahren im Regierungsbezirk Potsdam ausgeführt wird. Die Sohle des Schleusencanals liegt auf Ord. 28,10 m, vertieft sich gegen die Schleusen hin allmählich bis auf Drempehhöhe, Ord. + 27,20 m, und steigt von der Abzweigung aus dem eigentlichen Flussbett bis zur Eisenbahnbrücke hin bis auf Ord. + 28,92 m an.

a. Die Schleusenanlage.

(Blatt 29 und 30.)

Die Schleusenanlage besteht, wie vorhin erwähnt, aus 2 Schleusen, von denen die eine für 4 Finowcanal-Fahrzeuge, die andere, welche noch ein Mittelhaupt hat, für 2 Finowcanal-Fahrzeuge, bezw. für ein größtes Elbfahrzeug eingerichtet ist. Die Länge der großen Schleuse beträgt, von Drempeispitze gemessen, 87,14 m, die Länge der kleineren zwischen Mittel- und Oberhaupt 50,22 m, zwischen Ober- und Unterhaupt 70,99 m; die lichte Breite aller Häupter ist, abweichend von der sonst üblichen Anordnung, gleich der der Schleusenkammern, d. h. = 9,60 m ausgeführt, wodurch das gleichzeitige Ein- und Ausfahren zweier Fahrzeuge von Finowcanal-Abmessungen ermöglicht wird. Die Schleusen sind auf Pfahlrost gegründet, haben Drempeübermauerungen und einfache hölzerne Kammerböden. Jede Schleuse ist durch Spundwände ringsum eingeschlossen und hat außerdem Querspundwände vor und hinter den Häuptern. Die Lage der Spundwände, sowie die Anordnung der Pfahlrostgründung ist aus den Zeichnungen auf Blatt 29 ersichtlich. Die Länge der Rostpfähle beträgt zwischen 6 und 7 m, was bei dem Baugrund, der durchweg aus gutem, wenn auch allerdings sehr stark mit Wasser durchzogenem Sandboden bestand, völlig ausreichend erschien; die

Länge der Spundwände beträgt zwischen 4,40 und 4,70 m bis zum Holm.

Die Oberkante des Rostbelages in den Thorkammern liegt auf Ord. + 26,20 m, die Oberkante der Uebermauerung auf + 26,90 m (Kammersohle), die Drempe auf + 27,20 m. Zur besseren Abdichtung des Rostbelages ist unter demselben durchweg eine Schicht Kalksteingrus in 30 cm Stärke eingestampft. Die Oberkante der Schleusenmauern und somit die Höhe des abgeglichenen Erdbodens zwischen und neben den Schleusen liegt 50 cm über dem bekannten höchsten Hochwasserspiegel (+ 32,20 m), also auf Ord. + 32,70 m.

Die Schleusenmauern sind gänzlich von Klinkern aus der Ziegelei von Ascher in Stuttgarten mit Wildauer Cementmörtel erbaut und die Stärken derselben dem Erddruck gemäß von 2,59 bis auf 1,03 m abgesetzt. Blatt 29 zeigt den Grundriss in Höhe der Umläufe mit verkleinerter Länge der Kammern, sowie die Querschnitte der Schleusenmauern durch Kammer und Häupter nebst ihrer Gründung, auch ist aus diesen Zeichnungen die Anlage der Leitwände und deren Holzverbindung ohne weitere Erklärung ersichtlich. Sämtliche Ecken der Schleusenmauern sind theils mit Granit, theils mit Scholwiner Eisenklinkern eingefasst, während die Drempe aus Granit bestehen.

Die Füllung und Entleerung der Schleusen geschieht, wie die Längenschnitt-Zeichnungen auf Blatt 29 zeigen, an jedem Haupt durch je 2 Umläufe und 2 Thorschützen. Der Verschluss der Oeffnungen ist überall durch Klappschützen bewirkt, welche sich um eine waagerechte Achse drehen. Die Umlaufcanäle haben eine lichte Breite von 1,50 m, sind mit einem Halbkreisgewölbe überdeckt und haben, hier im Scheitel gemessen, eine lichte Höhe von 1,80 bis 2,70 m. Zur Verminderung der Reibungen der Wasserstrahlen beim Ein- und Austritt in die Canäle sind die Ecken durchweg abgerundet. Um etwaige Ausbesserungen an den Schützen ohne Störung des Betriebes bezw. ohne Auspumpen der Schleusen selbst vornehmen zu können, sind die Canäle durch je 2 vor- bezw. einzusetzende Nothschützen von der Verbindung mit Ober- und Unterwasser abzuschließen. Alle diese Schützenfalze, ebenso wie die Dammfalze in den Schleusen selbst, haben eingelegte Hölzer in den Sohlen, um einen möglichst dichten Abschluss beim Einbringen der Schützen bezw. Dammbalken zu erzielen. Um letztere bei der Größe ihrer freitragenden Länge nicht zu stark ausführen zu müssen, ist in der Mitte der Häupter in der Sohle ein eiserner Schuh eingemauert, in den nach Einbringen der Dammbalken ein starker aufrecht stehender Pfosten eingesetzt werden kann, welcher oben durch Streben in der Schleusenebene abgestützt wird und in dem die Dammbalken nach geschehenem Auspumpen der Schleuse eine Mittelstütze finden. Die schmiedeeisernen Klappschützen in den Umläufen haben eine Länge von 1,48 m bei einer Höhe von 1,076 m und einer aufsermittelpunktlichen Lage der Achse von 5 mm nach unten. Dieselben bewegen sich mit ihren, an den Enden abgedrehten Achsen in Messinglagern, welche in einen Holzrahmen mit ihrer gußeisernen Umhüllung eingelassen sind, und finden auch in diesem ihren Anschlag bezw. ihre Dichtungsfläche. Die Rahmen sind aus Kiefernholz gefertigt, mit Steinschrauben im Mauerwerk befestigt, außerdem noch durch in die Sohle eingelegte Holzstücke verkeilt. Um ein möglichst dichtes Anschließen dieser Holzrahmen an das Mauerwerk zu ermöglichen, ist dasselbe an diesen Stellen mit 20 mm starkem Cementputz überzogen, der blau

abgeschliffen ist. Die Bewegung dieser Schützen erfolgt in der bereits im Jahrg. 1878, S. 373 dieser Zeitschrift beschriebenen Weise durch Hebelübersetzung mittels Lenkerstangen. Hiervon abweichend ist nur eine, den an den verschiedenen Schleusen des hiesigen Bezirks im Laufe der Jahre gemachten Erfahrungen gemäß angeordnete und durch die betreffenden Zeichnungen auf Blatt 30 dargestellte Geradföhrung der Aufzugstange in ihrem oberen Theil durch 2 Gleitbacken, zwischen denen sich ein Kreuzkopf bewegt. Es wird hierdurch dem Uebelstande begegnet, daß die Lenkerstangen in ihren oberen beiden Abtheilungen am Hebel, wo ihnen die Föhrung früher mangelte, sich verbiegen oder sogar abbrechen, wie dies beispielsweise bei den Oranienburger Schleusen vorgekommen ist.

Die Schleusenthore sind aus Kiefernholz (jeder Thorflügel 5,44 m lang) hergestellt, in bekannter Weise (s. Jahrg. 1878 S. 369 d. Zeitschr.) beschlagen und mit Gewichtsausgleichsvorrichtungen versehen durch Anbringung zweier **E**-Eisen und Ablastung derselben durch Gegengewichte. In jedem Thorflügel befindet sich ein Klappschütz von 1,50 m Länge und 0,405 m Breite, dessen Bewegung ebenfalls durch Hebelübersetzung erfolgt.

Abweichend von den früher hier üblichen Anordnungen bei Schleusenthoren, ist die Wendensäule nur theilweise aus Holz gefertigt, und zwar nur soweit, als dies zur Herstellung einer Dichtungsfläche bei geschlossenem Thor nothwendig erschien; der sonst vorhandene, in die Wendensche eingepafste halbrunde Theil der Wendensäule dagegen ist durch gußstählerne Winkel ersetzt, welche an den viereckigen Theil angesetzt sind und die Form von **I**-Eisen mit ungleichmäßigen Flanschen haben. Solcher Winkel sind für jeden Thorflügel drei angeordnet; außerdem sind die oberen und unteren Schuhe der Wendensäule dem entsprechend mit eben solchen Anschlußwinkeln versehen, deren Zahl und Stärke aus den diesbezüglichen Berechnungen hergeleitet ist. Bei geschlossenem Thor wird durch diese Winkel der Wasserdruck von der Thorfläche auf die Wendensche übertragen. Die Stützwinkel, welche hinten an den kleineren Flanschen 100 mm Breite haben, sind da, wo sie an die Wendensche anschließen, dem Halbmesser derselben entsprechend abgerundet und eingeschliffen. Diese Anordnung gewährt den sehr großen Vortheil, die ohnehin schon so starken Abmessungen der Wendensäule erheblich verringern zu können. Die Wendenschen selbst sind in der gewöhnlichen Weise aus Granitquadern hergestellt, es ist jedoch diesseitiger Ansicht nach sehr gut angänglich, diese immerhin erheblichen Kosten der Granite zu vermeiden und statt deren auch die Wendenschen mit Gußstahlplatten, welche über gewöhnlichem Klinkermauerwerk befestigt sind, auszukleiden. Auf Blatt 30 ist die Anordnung der Wendensche, der Wendensäule und des Stützwinkels, sowie die Anordnung der Ober- und Unterschube in Verbindung mit den Stützwinkeln durch Zeichnungen in größerem Maßstabe veranschaulicht.

Was nun die Bauausföhrung selbst anbelangt, so wurde bei derselben zunächst die Baugrube wasserseitig durch einen Fangedamm gegen die Spree hin abgeschlossen, um alle Arbeiten im Trocknen ausföhren zu können. Nachdem der Oberboden so weit ausgehoben war, als der sehr stark mit Wasseradern durchzogene Sand dies zuließ, ohne zu stark ins Fließen zu kommen, wurden die Umfassungsspundwände der Schleuse geschlagen, alsdann wurde zwischen diesen die Baugrube bis etwa 50 cm unter der Oberkante des Rostbelags ausgeschachtet,

die Absteifung der Spundwände und sodann das Einrammen der Rostpfähle bewirkt. Das Ausheben der Baugrube begann am 10. Juli 1883; bereits am 26. Juli desselben Jahres konnte mit den Rammarbeiten der Anfang gemacht und am 25. Januar 1884 an das Aufmauern der Schleusenwände gegangen werden. Trotz des zwischenliegenden Winters gelang es, die Arbeiten so zu fördern, daß am 20. August 1884 die beiden Schleusen dem Betrieb übergeben werden konnten.

Bei den Rammarbeiten waren 4 Dampfkrammen, 1 Kunstkramme und 6 Zugkrammen in Verwendung, während als Wasserbewältigungsmaschinen 4 Locomobilen mit dazu gehörigen Kreiselpumpen thätig waren.

Die Arbeit verlief durchaus ohne Störungen durch Hoch- oder Grundwasser, mit Ausnahme des nachstehend verzeichneten Falles. Am 28. Februar 1884 morgens zwischen 8 und 9 Uhr brach die 70 cm starke Uebermauerung über dem Oberdremmel der großen Schleuse durch den Wasserdruck von unten auf. Es geschah dies derart, daß die großen Dremmelsteine um etwa 8 cm gehoben und aufgekippt waren, während die ganze Uebermauerung in Kugelabschnittform von dem Bohlenbelag abgehoben und in den Fugen zerrissen war. Das Mauerwerk war frisch und der Schluf der die Uebermauerung deckenden Rollschicht erst am vorhergehenden Tage bewirkt. Dremmelsteine und Mauerwerk mußten natürlich entfernt werden; dabei zeigten sich der Rostbelag sowie die Rostbalken und Pfähle vollständig unversehrt, das Wasser war augenscheinlich durch die Fugen des Rostbelages unter das Mauerwerk getreten und hatte dieses von demselben abgehoben. Es wurde nunmehr in diesen Rostbelag ein Loch von ungefähr 20 cm Seitenlänge viereckig eingeschlagen und in dieses ein hölzernes Rohr durch die dichtende Kalksteingrusschicht hindurch bis auf den Triebsand eingetrieben; in etwa 1 m Höhe über Dremmeloberkante wurde das Wasser hier seitlich abgeföhrte und so der Druck auf das Dremmelmauerwerk aufgehoben, bezw. gefahrlos gemacht. Nachdem die Uebermauerung wieder hergestellt war, blieb dieses Rohr noch etwa 6 Wochen in Thätigkeit, während welcher jedoch der Abfluß des Wassers aus demselben stetig abnahm, bis das Fließen endlich ganz aufhörte. Nun wurde das Rohr entfernt und das Loch mit Beton gedichtet. Dabei zeigte sich, daß das Wasser einen neuen Weg und zwar in einer Nuth der äußeren einschließenden Spundwand nach dem Canal hin gefunden hatte, und daß somit in der Folge jede Gefahr für das Bauwerk ausgeschlossen war. Der Dremmel blieb seit der Zeit völlig fehlerfrei.

Die Ausschachtungsarbeiten, die Lieferung sämtlicher Materialien der Maurer-, Zimmer- und Eisenarbeiten, sowie die Anfertigung der Schleusenthore sind im Wege des öffentlichen Ausgebots verdungen, die Wasserbewältigungs- und die Rammarbeiten durch die Bauverwaltung in Tagelohn ausgeföhrte. Die Gesamtkosten der Schleusenanlage haben mit Ausschluß des Grundenerwerbs 421000 Mark betragen.

Bei dem Betrieb der Schleusen haben sich bei 62 cm Wasserstandsunterschied die Schleusungszeiten im Durchschnitt wie folgt gestellt:

1) bei der großen Schleuse rechts für 4 Fahrzeuge von dem Augenblick des Einfahrens der ersten Fahrzeuge mit der Vorderkaffe in das Oberhaupt bis zum Ausfahren der letzten Fahrzeuge mit der Hinterkaffe aus dem Unterhaupt auf 18 Minuten,

- 2) bei der kleinen Schleuse links für 2 Fahrzeuge auf $6\frac{3}{4}$ Minuten,
 3) bei der kleinen Schleuse links für ein großes Elbfahrzeug 10 Minuten.

(Schluss folgt.)

Neuere Brückenbauten der Schweiz.

(Mit Zeichnungen auf Blatt 34 bis 40 im Atlas.)

Wenige Länder haben im Verhältniß zu ihrer Größe und zu ihrer Einwohnerzahl ihre Verkehrswege in so hohem Grade ausgebildet wie die Schweiz. Schon zur Römerzeit wurde die heutige Schweiz von zahlreichen Verbindungswegen zwischen Italien, Frankreich und Deutschland durchzogen, welche anfangs vornehmlich militärischen Zwecken, bald aber auch dem sich entwickelnden Verkehr mit benachbarten Ländern dienten. Sowohl in baulicher Beziehung als auch ihrer allgemeinen Anlage nach stellten diese Strafsen, deren Richtung nach Bavier*) merkwürdigerweise mit dem Laufe der heutigen Eisenbahnen vielfach sehr nahe zusammenfällt, beachtenswerthe technische Leistungen dar, welche dadurch um so größere Bedeutung gewinnen, daß für diese Strafsen mit erstaunlichem Scharfsinn die günstigsten Zugrichtungen, die kürzesten Verbindungen von Frankreich und von Deutschland mit Italien aufgefunden wurden, und daß dieselben bis in das 18. Jahrhundert hinein ohne wesentliche Verbesserung dem Verkehr dienten. Wenn in dem folgenden, vom Untergang römischer Bildung bis zum Ende des 18. Jahrhunderts reichenden Zeitabschnitt in der Schweiz wie in den meisten anderen Ländern in der Verbesserung und Erweiterung der Verkehrswege verhältnißmäßig wenig geleistet wurde, so ist um so erstaunlicher, was die jüngste, mit unserem Jahrhundert beginnende Zeit an früher Versäumtem nachgeholt hat.

War bis zum Ende des 17. Jahrhunderts noch keine schweizerische Alpenstraße in ihrer ganzen Länge fahrbar, und war der Verkehr mit dem Ausland im Mittelalter vornehmlich auf die Benutzung der bündnerischen Pässe, insbesondere des Septimer beschränkt, so entstand nun eine ganze Reihe wichtiger Alpenstraßen. Zunächst die unter französischer Herrschaft erbaute Simplonstrafse, dann die Bernhardin- und die Splügenstrafse, die Strafsen über den Julier und den Malojapafs, die Gotthardstrafse (1820—30), die Furka-, Oberalp-Axenstrafse, die Pässe Albula, Fluëla, Bernina und Ofenberg, die Luckmanierstrafse u. a., Bauten, welche mustergiltige technische Leistungen darstellen, und um so größere Bewunderung erregen, wenn man in Betracht zieht, welche verhältnißmäßig erhebliche Leistungen bezüglich der Kosten derselben von dem kleinen Ländchen aufgebracht werden mußten.

Außer den zahlreichen, unter schwierigen Verhältnissen kunstvoll hergestellten Alpenübergängen entstand in unserem Jahrhundert in der Schweiz ein außerordentlich engmaschiges, bis in die entlegensten Thäler reichendes Netz vorzüglicher Strafsen, dem von allen Seiten her stets zunehmenden Strome des Fremdenverkehrs die Naturschönheiten des Landes erschließend.

Nicht minder bedeutend wie die Entwicklung des Strafsennetzes ist die Ausdehnung, welche schweizerische Thatkraft und

Die Zeitersparnis bei diesen Schleusen gegen die anderen des Bezirks beruht lediglich in der Erweiterung der Häupter auf Kammerbreite, wodurch das gleichzeitige Ein- und Ausfahren zweier Fahrzeuge möglich wird.

schweizerischer Gemeinsinn den Schienenstraßen gegeben haben, wenn es auch kaum noch einem Zweifel unterliegt, daß in dieser Beziehung zum Nachtheil des eigenen Wohlstandes über das Ziel hinausgeschossen worden ist. Besitzt doch die Schweiz bei einer Bevölkerung von etwa 2 900 000 Seelen ein Netz von etwa 13 500 km Hauptstraßen und von 2800 km Eisenbahnen, sodaß auf 1 qm Landes etwa 0,32 km Hauptstraßen und 0,067 km Eisenbahnen oder auf je 1000 Einwohner etwa 5 km Hauptstraßen und 0,95 km Eisenbahnen entfallen.

Berücksichtigt man die aufgewendeten Anlagesummen, welche für die Hauptstraßen auf etwa 300 Millionen, für die Eisenbahnen auf etwa 1030 Millionen Franken*) angenommen werden können, so ergibt sich, daß Ende 1882 auf den Kopf der Bevölkerung ein Vermögensaufwand von rund 314 *M.* für schweizerische Eisenbahnen und von rund 400 *M.* für schweizerische Verkehrswege überhaupt entfällt — Zahlen, welche nur von den für Belgien, England und die Vereinigten-Staaten geltenden erreicht werden, und welche am besten die außerordentlich große Thätigkeit auf dem Gebiet des Strafsen- und Eisenbahnbaues kennzeichnen, zumal wenn man berücksichtigt, daß erhebliche Theile der Schweiz von Seen, Gletschern und dem Verkehr gänzlich unzugänglichen Gebirgen eingenommen werden.

Diese schnelle Entwicklung der Verkehrswege einerseits, die schwierigen und eigenartigen Bodenverhältnisse der Schweiz andererseits haben den ausführenden Baumeistern bedeutsame Aufgaben in großer Zahl gestellt, deren eigenartige Lösung die Aufmerksamkeit aller Fachkreise stets wachzuhalten vermochte. Insbesondere hat der Brückenbau in der Schweiz von jeher eine bedeutende Stellung eingenommen und dieselbe bis heut sich zu erhalten gewußt. Bekannt ist der maßgebende Einfluß, welchen schweizerische Meister, wie Ulrich und Johann Grubenmann, Ritter u. a. auf die Entwicklung des Baues hölzerner Brücken ausgeübt haben, indem sie Bauwerke wie die Rheinbrücke bei Schaffhausen (1757) von 58,8 m Spannweite, die Limmatbrücke bei Wettingen (118,89 m Spannweite), die Reufsbrücke bei Mellingen (erste Bogenhängwerkbrücke mit 48 m Weite) u. a. schufen, deren Größe, Kühnheit und verständige Anordnung zu damaliger Zeit berechtigtes Aufsehen erregten. Zahlreiche heut vorhandene hölzerne Brücken von bedeutender Spannweite und interessanter Construction geben Zeugnis von den Fortschritten, welche auf diesem Gebiete weiter errungen worden sind. Nicht minder bedeutende Ausführungen finden sich auf dem Gebiet steinerner Brücken, von denen hier nur die Nydeckbrücke in Bern (45,9 m Spannweite) und der Glâne-Viaduct bei Freiburg (8 Oeffnungen von 13,54 m Weite und 53 m Höhe) erwähnt werden sollen.

*) H. Streng, Altes und Neues aus der Eisenbahnstatistik, Zeitschrift für schweizerische Statistik.

*) S. Bavier, die Strafsen der Schweiz, Zürich 1878.

Bei der Bauthätigkeit in neuerer Zeit ist im Brückenbau die Verwendung des Eisens in einem Umfange in den Vordergrund getreten, dafs sich, wie beispielsweise bei Betrachtung der zahlreichen Brücken der Gotthardbahn, unwillkürlich die Frage aufdrängt, ob nicht eine ausgedehntere Verwendung des in der Schweiz vorhandenen ausgezeichneten Steinmaterials angezeigt gewesen wäre. Andererseits hat, insbesondere bei dem Bau der Eisenbahnen, die durch die örtlichen Verhältnisse vielfach gebotene Nothwendigkeit, tiefe Thäler und reisende Flussläufe zu überschreiten, zu bedeutsamen Lösungen dieser Aufgaben durch Anwendung eiserner Ueberbauten und theilweise auch eiserner Pfeiler geführt.

Bekannt sind von den älteren hierher gehörigen und durch ihre Gröfsenverhältnisse sich auszeichnenden Bauausführungen die von Etzel erbauten Brücken über die Sitter bei St. Gallen, über die Thur bei Wyl, über die Glatt bei Flawyl, die Aarebrücken bei Olten und bei Bern, ferner der berühmte Saaneviaduct bei Freiburg u. a., deren Entstehung meist in die Jahre 1854—62, die Zeit der Erbauung der älteren Hauptbahnlinien, fällt. Größere Aufmerksamkeit als diese in baugeschichtlicher Beziehung zwar bedeutsamen, immerhin aber mehr oder weniger veralteten Bauausführungen verdienen die neueren hervorragenden Brückenbauten, welche theils der in den siebenziger Jahren sich übermäfsig entwickelnden fieberhaften Bauthätigkeit auf dem Gebiet des Eisenbahnbaues ihre Entstehung verdanken, theils im Zuge von Strassen, namentlich einzelner besonders aufblühender Städte, wie Basel, Zürich, Bern usw., zur Erleichterung des rasch zunehmenden Verkehrs errichtet wurden.

Ueber die Mehrzahl der hier in Frage kommenden bemerkenswerthen Bauwerke finden sich nicht nur in den deutschen, sondern selbst in den schweizerischen Fachschriften nur zerstreute Mittheilungen. Es sei daher gestattet, einige der hervorragendsten jener Bauwerke an der Hand des auf einer Studienreise gesammelten und durch eigene Aufnahmen ergänzten, wenn auch nicht vollkommenen, so doch für vorliegenden Zweck ausreichenden Materials zum Gegenstand der Besprechung zu machen, welche sich an dieser Stelle hinsichtlich der Eisenbahnbrücken auf:

- 1) die Aare-Brücke bei Brugg,
- 2) den Guggenloch-Viaduct bei Lütisburg,
- 3) die Thur-Brücke bei Ossingen,
- 4) die Rhein-Brücke bei Stein,
- 5) die Reufs-Brücke bei Mollingen,

hinsichtlich der Strassenbrücken auf

die obere Rhein-Brücke in Basel und
den Schwarzwasser-Viaduct




beschränken soll, da eine eingehende Behandlung der ferner hierher gehörigen und eine hervorragende Beachtung beanspruchenden Bauwerke, nämlich der Kirchenfeldbrücke in Bern, der Kaibrücke in Zürich, ebenso wie der Gotthardbahnbrücken, zunächst vorbehalten bleiben mufs.

1. Die Aare-Brücke bei Brugg.

(Hierzu Blatt 34.)

Unter den zahlreichen gröfseren Brücken, welche im Zuge der neueren, unter Leitung des Oberingenieur Moser in den Jahren 1872—76 erbauten Strecken der Nordostbahn, nämlich

der Bötzbahn, der linksufrigen Zürichseebahn, der Strecken Winterthur-Coblentz, Baden-Niederglatt und Effreticon-Hinweil errichtet wurden, ist die von dem leider zu früh verstorbenen hervorragenden Ingenieur B. Gubser entworfene und in den Jahren 1874—75 ausgeführte Aare-Brücke bei Brugg weitaus die bedeutendste. Sie überschreitet, wie aus der Darstellung auf Blatt 34 hervorgeht, die Aare etwa 30 m hoch über Mittelwasser und besitzt eine Mittelöffnung von 58,3 m, zwei Seitenöffnungen von je 47,7 m, sowie für die Durchführung der an beiden Ufern liegenden Landwege zwei Endöffnungen von je 37,1 m Stützweite. Die Fahrbahn liegt in einer Krümmung von 480 m Halbmesser und gleichzeitig in der Steigung von 12 ‰. Es war daher hier die Anwendung durchreichender Träger von vornherein ausgeschlossen. Vermuthlich hat die bezeichnete Lage der Brücke Veranlassung zur Anwendung von Pauliträgern gegeben, um eine gröfsere Standfestigkeit gegen die Wirkung der Fliehkraft zu erzielen, als dies bei Anordnung von Parallelträgern mit oben liegender Fahrbahn möglich wäre. Die Pfeiler sind unmittelbar auf den Fels gegründet, auf den Mittelpunkt der Krümmung eingestellt und für das Bedürfnifs einer zweigeleisigen Bahn ausgeführt, während der eiserne Ueberbau vorläufig nur eingleisig hergestellt ist. Die Mittelpfeiler haben bei etwa 27 m Höhe eine obere Stärke von 3,6 m erhalten, welche nach unten zu im Verhältnifs von etwa 1:15 zunimmt. Die Endpfeiler sind der geringeren Höhe entsprechend schwächer in ihren Abmessungen. Sämtliche Pfeiler stehen zu der Gröfse des Bauwerks in sehr angemessenem Verhältnifs und erscheinen keineswegs zu stark. Die Quaderverblendung der Ansichtsflächen ist unter Anwendung kräftiger Bossen sehr sauber ausgeführt und erhöht den Eindruck der Befriedigung, welchen der Anblick des Bauwerks hervorruft. Die Pfeiler sind gleichzeitig dazu benutzt, um einen Fußgängerhängesteg zu unterstützen, welcher zur Verbindung der beiden an den Ufern hinlaufenden Wege bestimmt ist.

Der eiserne Ueberbau für das Bahngleis besteht für jede Oeffnung, aus zwei 4 m von einander entfernt angeordneten Pauliträgern. Da diese Entfernung bei sämtlichen Oeffnungen festgehalten ist, die Höhe der Träger der Endöffnungen 5,4 m, diejenige der Mittelöffnung dagegen 8,7 m beträgt, so ist für letztere das Verhältnifs der Trägerentfernung zur Trägerhöhe ein etwas ungünstiges. Die Feldertheilung beträgt durchweg bei sämtlichen Oeffnungen 5,3 m. In der Mitte zwischen je zwei Knotenpunkten ist für die obere Gurtung eine Querverbindung von  förmigem Querschnitt an das Stehblech angeschlossen; an derselben Stelle erhebt sich auf der oberen Gurtung eine Lothrechte, welche jedoch lediglich zur Unterstützung des Fußsteges dient. Die untere Gurtung besitzt einen  förmigen Querschnitt, die obere dagegen einen  förmigen. Die Stärken der Gurtungen sind für die äußeren Träger der Mittelöffnung und der Zwischenöffnungen etwas gröfser gewählt als für die inneren Träger, besitzen jedoch in den Endöffnungen bei beiden Trägern gleiche Gröfse.

Wie aus den Zeichnungen auf Blatt 34 hervorgeht, beträgt die Höhe des Stehblechs für die obere Gurtung 600, für die untere 450 mm, die Breite der Deckplatten durchweg 400 mm, die Stärke der Winkeleisen 100·100·13. Die Stärke der Stehbleche und der Deckplatten ist verschieden, sodafs sich nachstehende Abmessungen der einzelnen Gurtungen ergeben.

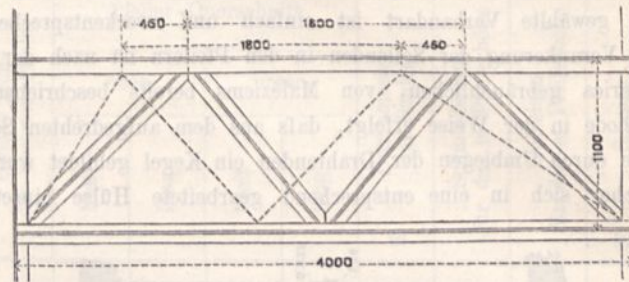
	Stärke des Steh- blechs mm	Anzahl der Deck- platten	Stärke einer Deck- platte mm	Anzahl der Gurt- winkel	Nutz- barer Quer- schnitt qcm rd.
I. Mittelöffnung (58,3 m)					
1. äußerer Träger					
a) obere Gurtung	12	3	12	4	270
b) untere Gurtung	14	3	14	2	260
2. innerer Träger					
a) obere Gurtung	12	2	10	4	249
b) innere Gurtung	12	2	10	2	203
II. Zwischenöffnungen (47,7 m)					
1. äußerer Träger					
a) obere Gurtung	11	2	12	4	220
b) untere Gurtung	12	2	12	2	180
2. innerer Träger					
a) obere Gurtung	11	2	12	4	220
b) untere Gurtung	12	2	10	2	164
III. Endöffnungen (37,1 m).					
Für beide Träger gleich					
a) obere Gurtung	12	1	12	4	175
b) untere Gurtung	12	1	12	2	140

Wie aus den auf Blatt 34 weiter gegebenen Zeichnungen ersichtlich ist, sind die Stehbleche an sämtlichen Knotenpunkten gestossen, die Stöße der Winkeleisen und Deckplatten aber gegeneinander versetzt.

Behufs gefälliger Durchführung der Bogenform der Gurte sind die Verticalen und Diagonalen mit Hilfe von Blechen, und zwar die ersteren innen, die Diagonalen abwechselnd außen und innen, angeschlossen. Die Verticalen bestehen in der Mittelöffnung aus zwei Winkeleisen von 125·125·14 bei 450 kg auf das qcm, in der Zwischen- und Endöffnung aus je zwei Winkeleisen von 100·100·10 und bezw. 450 und 400 kg auf das qcm. Die Diagonalen bestehen aus L-Eisen in fünf verschiedenen Abmessungen, von 125 bis 160 mm Breite, 75 bis 94 mm Steghöhe und 10 bis 17 mm Stärke. Die Kreuzungspunkte der Diagonalen sind durch ein bis an die Auflager durchgeführtes Flacheisenband von 120/10 mm Stärke verbunden. Einfach und zweckmässig angeordnet ist die Zusammenführung der Gurtungen über den Auflagern, welche aus Blatt 34 im Einzelnen ersichtlich ist. Es sind zwei Windverbände angeordnet. Der untere ist an die waagerechte Platte der unteren Gurtung angeschlossen, besteht aus Flacheisen und entspricht in seiner Anordnung der Feldbreite von 5,30 m. Der obere Windverband bildet, entsprechend der Stellung der Verticalen, Kreuze von 2,65 m Weite und besteht aus T-Eisen, welche in den Endfeldern an die Platte der oberen Gurtung mittels Bleche, in den Mittelfeldern jedoch wegen der Lage der Längsträger an die unteren Winkeleisen der oberen Gurtung angeschlossen sind.

Die Fahrbahn ruht auf Längs- und Querträgern. Letztere sind nicht vollwandig, sondern als Gitterträger ausgebildet, deren obere Gurtungen aus zwei Winkeleisen bestehen, während die unteren und die Streben aus zwei L-Eisen zusammengesetzt sind. An den Knotenblechen, welche den Anschluß der unteren Gurtungen der Querträger an die Trägerpfosten vermitteln, greifen gleichzeitig die aus L-Eisen bestehenden Streben des senkrechten Kreuzverbandes an. Da nun wegen der Geleislage in der Krümmung die Lage der Längsträgerauflager in Bezug auf die Hauptträger und andererseits auch die Höhe der letzteren ver-

änderlich ist, so ergeben sich die Querverbindungen sämtlich von einander verschieden. Die Anordnung in den Mittelfeldern der Träger geht aus dem Querschnitt auf Blatt 34 hervor, welcher durch das dritte Feld eines Trägers der Endöffnungen geführt ist. Die Querträgerhöhe beträgt 1,10 m. Die normale



Stellung der Querträger-Streben ist vorstehend gezeichnet. In der Mittelöffnung beträgt die Abweichung von der normalen Anordnung 460 mm und in den Endöffnungen 190 mm.

Die Längsträger sind vollwandige Blechträger. Zur Erzielung der Ueberhöhung haben dieselben eine ungleiche Höhe (450 bzw. 550 mm) erhalten. Die oberen Gurtungen derselben sind über jeder Hauptträgerverticalen mit dieser durch je zwei waagrecht liegende Winkeleisen verbunden, welche gleichzeitig das Gelände und die Laufbohlen tragen. An den unteren Gurtungen der Längsträger ist noch ein leichter Flacheisenkreuzverband mit Schrauben befestigt.

Die Auflager sind Zapfenkiplager, und so angeordnet, daß auf jedem Pfeiler ein festes und ein bewegliches sich befindet. Letztere sind Pendellager, welche in den Endöffnungen 4, in den Zwischenöffnungen 5 und in der Mittelöffnung 6 Pendel besitzen. Die Auflagerplatten, deren Einzelheiten aus den Zeichnungen auf Blatt 34 hervorgehen, sind, was neuerdings in der Schweiz vielfach geschieht und auch sehr zweckmässig erscheint, aus Schmiedeeisen hergestellt.

Der Berechnung wurde eine Eigengewichtsbelastung zu Grunde gelegt von

2,7 t auf 1 m für die Oeffnung von 58,3 Weite,

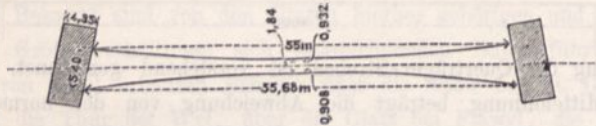
2,4 t auf 1 m für die Oeffnung von 47,7 Weite,

2,0 t auf 1 m für die Oeffnung von 37,1 Weite,

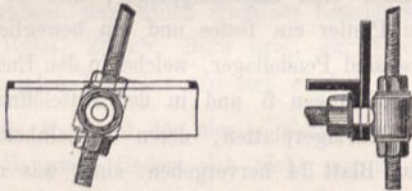
während als zufällige Last eine 58½ t schwere, 13,5 m lange Tendermaschine angenommen wurde. Mit Rücksicht auf den Einfluß der Lage in der Krümmung wurde die Vertheilung jedes Achsdruckes auf die beiden Hauptträger ermittelt, hiernach durch Zeichnung die Form des Trägers bestimmt und die Berechnung auf demselben Wege nach Culmann durchgeführt. Das Gewicht der Eisenbaues beträgt 438400 kg oder für das lfd. m 1876 kg. Die Kosten desselben haben 393000 Fr., die Gesamtkosten des Bauwerks mit Ausschluß des Hängestegs 819000 Fr. oder auf 1 qm überbrückte Fläche 130 Fr. betragen.

Der in den drei mittelsten Oeffnungen angeordnete Hängesteg hat 155 m Lichtweite und liegt ebenfalls in einem Gefälle von etwa 12 ‰. Die Hängeseile bestehen je aus 7 Litzen von je 19 Drähten, zusammen also aus 133 Drähten von 4,3 mm Durchmesser, woraus sich ein Querschnitt von 1930 qmm ergibt. Die Seile gehen durch die beiden mittelsten Pfeiler hindurch und sind in den nächsten Zwischenpfeilern verankert. Damit dieselben nicht durch die Pfeiler hindurchgleiten können, sind besondere Klemmvorrichtungen angebracht, welche eine Verschiebung des Seiles innerhalb der Pfeiler wirksam verhin-

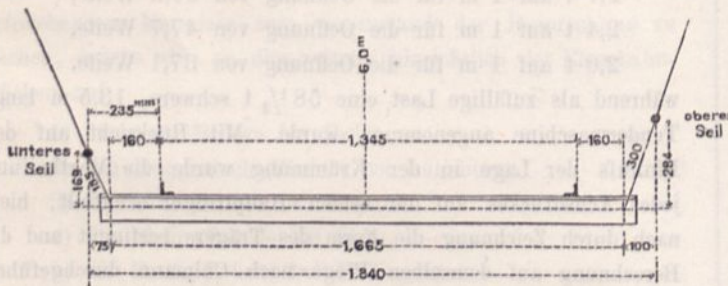
dem. Wie aus der Zeichnung auf Blatt 34 ersichtlich, legt sich die das Seil fest umfassende Klemmvorrichtung mittels zweier keilförmiger Zwischenstücke gegen das in den Pfeilern eingesetzte Gufstück. Die Zwischenstücke sind durch Schrauben verrückbar, sodass innerhalb gewisser Grenzen dem aus dem Pfeiler heraustretenden Seil die gewünschte Lage gegeben werden kann. Die gewählte Verbandart ist einfach und zweckentsprechend. Die Verankerung der Seilenden in den Pfeilern ist nach der in America gebräuchlichen, von Maléziems bereits beschriebenen Methode in der Weise erfolgt, dass aus dem aufgedrehten Seilende durch Umbiegen der Drahtenden ein Kegel gebildet wurde, welcher sich in eine entsprechend gearbeitete Hülse einsetzt.



Da die Pfeiler nicht parallel, sondern radial zur Krümmung des Geleises stehen, so haben auch die Seile fluss auf- und abwärts verschiedene Spannweiten. Der Unterschied beträgt mit Rücksicht auf die Entfernung der beiden Aufhängepunkte an einem Pfeiler von 5,4 m für die Mittelöffnung etwa 68 cm, woraus bei gleicher Belastung für das flussabwärts liegende Seil in den Aufhängepunkten eine etwa 2,5 % größere Spannung als für das aufwärts liegende sich ergibt. An den beiden Trag-



seilen greifen die Hängestangen an, welche, wie beistehend gezeichnet, drehbar an den die Laufbahn unterstützenden Formeisen befestigt sind.



Die vorstehende Zeichnung giebt die wichtigsten Mafse in der Mitte der Hauptöffnung, woraus ersichtlich wird, dass das Tragseil an dieser Stelle flussaufwärts 115 mm höher liegt als flussabwärts. Zur Versteifung des Hängesteges dient außer der geneigten Anordnung der Hängestangen das als Gitterträger ausgeführte Geländer. Trotz dieser Hilfsmittel schwankt der Steg schon bei dem gleichzeitigen Passiren mehrerer Menschen recht merkbar.

Der Berechnung der Hängebrücke ist eine zufällige Last von 200 kg für das qm Brückenbahn zu Grunde gelegt. Das Eigengewicht der Mittelöffnung beträgt rund 12000 kg oder auf das lfd. m etwa 218 und auf das qm der 1,35 m breiten Bahn 160 kg. Die Probelastung wurde am 30. Juni 1875 durch Aufbringen von Schienen auf die Mittelöffnung im Gesamtgewicht

von rund 12000 kg vorgenommen. Hierbei zeigte das flussabwärts liegende Seil eine größere Scheitelsenkung als das aufwärts liegende. Der Steg selbst bog infolge dessen flussabwärts in waagrechtem Sinne aus. Das Schlussresultat war eine Einsenkung des Seiles flussaufwärts von 90 mm und flussabwärts von 160 mm, die seitliche waagerechte Einbiegung des Steges betrug flussabwärts hin 85 mm, und zwar fand diese waagerechte Ausbiegung annähernd nach einer Parabel statt. Obwohl, wie schon erwähnt, in dem flussabwärts liegenden Seil größere Spannungen und dem gemäß auch größere Streckungen eintreten mussten, als in dem oberen Seil, dürfte doch die bedeutende Einsenkung von 160 mm gegenüber 90 mm des aufwärts liegenden Seiles nicht allein hierauf, sondern auf andere Umstände, wie geringere Festigkeit des ersteren Seiles usw., zurückzuführen sein. Dem Vernehmen nach soll das fragliche Seil bei der Aufstellung s. Z. von der Rolle abgefallen sein und sich infolge dessen aufgedreht haben. Es wurde nachher ausgeglüht, wodurch es vermuthlich an Festigkeit verloren hat. Der übrigens plötzliche Eintritt der erheblichen Senkung des belasteten Seiles lässt ferner darauf schließen, dass die gerade gebliebene Seele des Seiles bei der Belastung gerissen, dass sich danach die vorher losen Litzen scharf angespannt haben, und hierdurch die erhebliche Dehnung des Seiles eingetreten ist.

Die Kosten des Steges haben 38000 Fr. oder für das lfd. m 2450 Fr. betragen.

Bemerkenswerth ist noch das bei der Aufstellung der Mittelöffnung der Eisenbahnbrücke angewendete, in dem Bericht über die von der Nordostbahn in Philadelphia 1876 ausgestellten Gegenstände beschriebene Verfahren. Die Aufstellung erfolgte nämlich auf einem, nur für den Zweck zusammengeschraubten Gitterträger, dessen Stäbe aus Flacheisen bestanden, die gegen das Ausbauchen durch lothrechte hölzerne Zangen geschützt wurden. Der Gitterträger innerhalb der Mittelöffnung wurde ohne Anwendung von Stützen in der Weise hergestellt, dass die beiden Gitterträger, welche zur Aufstellung der Seitenöffnungen gedient hatten, zunächst aus den bezüglichen Oeffnungen heraus und dann zu einem einzigen, die Mittelöffnung überspannenden Träger zusammengeschoben wurden. Nach Befestigung der beiden Theile und Entfernung der noch in die Seitenöffnungen hineinragenden Enden wurde dann der Träger in die Mittelöffnung hineingeschoben und zur Aufstellung benutzt. Bei der großen Höhe über der Aare, in welcher dieselbe ausgeführt werden musste, war diese Einrichtung, durch welche die Errichtung kostspieliger Hülfpfeiler in dem Aarebett gänzlich vermieden wurde, höchst zweckmäßig, und kann dieselbe in ähnlichen Fällen zur Nachahmung sehr empfohlen werden.

2. Der Guggenloch-Viaduct bei Lütisburg.

(Hierzu Blatt 35.)

Der Guggenloch-Viaduct ist wie die übrigen nachstehend beschriebenen Eisenbahnbrücken, eine Fachwerksbrücke mit eisernen Pfeilern und gehört zu den hervorragendsten Ingenieurbauwerken der Schweiz. Während bei den älteren schweizerischen Brücken mit eisernen Thurmpfeilern, z. B. bei der Sitter-Brücke bei St. Gallen, der Thur-Brücke bei Wyl, der Glatt-Brücke bei Flawyl und dem Saane-Viaduct bei Freiburg, für die Pfeiler in den Haupttheilen Gufseisen verwendet wurde, auf welchen Umstand auch das aus der nachstehenden Tabelle

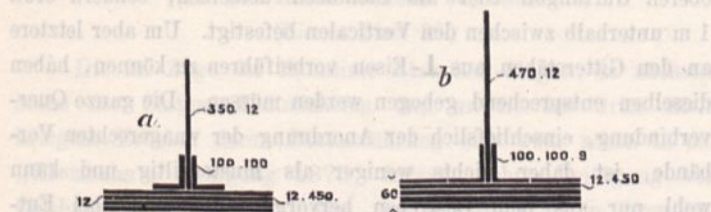
hervorgehende hohe Gewicht der Pfeiler zurückzuführen ist, besitzen die hier zu beschreibenden Bauwerke ausschliesslich schmiedeeiserne Thurmpfeiler, von denen diejenigen des Guggenloch - Viaductes deswegen besonders bemerkenswerth sind,

weil sie die erste derartige Ausführung in Schmiedeeisen nicht nur in der Schweiz, sondern meines Wissens überhaupt darstellen.

Benennung	Baubeginn	Zahl der Geleise	Länge des Viaductes	Grösste Höhe	Grösste Spannweite	Zahl der Pfeiler	Grösste Höhe der eisernen Pfeiler	Pfeiler - Querschnitt				Durchmesser der Säulen m	Schmiedeeisen für das m Pfeilerhöhe	Gusseisen für das m Pfeilerhöhe	Summa kg
								oben		unten					
								breit	lang	breit	lang				
1. Sitter-Brücke	1854	1	163,6	62,4	38,4	3	47,49	3,5	4,85	5,50	10,50	—	2561	6400	8961
2. Thur-Brücke	1854	1	—	—	33,6	3	14,67	—	—	—	—	—	314	4745	5059
3. Glatt-Brücke	1854	1	—	—	36,0	2	23,64	—	—	—	—	—	113	5138	5251
4. Saane-Brücke	1857	2	382,64	78,72	$2 \times 44,9$ $5 \times 48,8$	6	43,23	4,18	6,27	6,2	10,0	0,24	2500	5020	7520

Der Guggenloch-Viaduct, im Zuge der Toggenburgbahn bei Lütisburg gelegen, ist von dem schon bei Beschreibung der Aare-Brücke erwähnten Ingenieur Gubser entworfen und in den Jahren 1869 und 1870 zur Ausführung gebracht worden. Der herrlich gelegene Viaduct überschreitet das Thal in einer Höhe von etwa 54 m über dessen Sohle und besitzt eine Mittelöffnung von 57,33 m, sowie zwei Seitenöffnungen von je 47,235 m Stützweite.

Die beiden für das Bedürfnis einer eingeleisigen Bahn in einer Entfernung von 3,45 m angeordneten, 4,95 m hohen Hauptträger sind continuirliche Fachwerkträger mit sechsfachem Netzwerk.

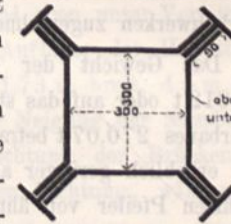


Die Gurtungen sind im mittleren Theil der Oeffnungen nach der vorstehenden Zeichnung a, über den Pfeilern jedoch, entsprechend dem gröfseren Moment daselbst, nach der Zeichnung b zusammengesetzt. Die gedrückten Gitterstäbe bestehen aus C-Eisen, die gezogenen aus Flacheisen. Erstere greifen aufsen, letztere innen am Stehblech an. Auf den oberen Gurten ruhen in Abständen von 1,47 m entsprechend der Maschentheilung I-Träger, welche hölzerne Langschwelen*) zur Befestigung der Schienen tragen. Kräftige Kreuzverbindungen der beiden Hauptträger aus C-Eisen sind unter jedem dritten Querträger angebracht. Ueber den Widerlagern und Pfeilern sind dieselben noch besonders verstärkt, wie dies aus den Zeichnungen auf Blatt 35 ersichtlich ist. Bewegliche Auflager sind nur auf den beiden Widerlagspfeilern angeordnet.

Das Beachtungswertheste an dem Bauwerke sind unstreitig die eisernen Pfeiler. Die Höhe derselben beträgt von Oberkante der gemauerten Sockel bis Unterkante Träger 30,3 m. Wie

*) Dieselben sind inzwischen durch eiserne Längsträger mit darauf ruhenden hölzernen Querschwellen ersetzt.

aus der Zeichnung ersichtlich, besteht jeder Pfeiler aus vier Röhren, deren innerer hohler Raum 300 mm im Geviert misst. Jede Pfeilerröhre ist in sehr eigenartiger und praktischer Weise aus vier Profileisen nach nebenstehender Zeichnung gebildet, deren Flansche die Stege von T-Eisen umfassen. Die C-Eisen haben unten 25, oben 20 mm Stärke. Der so gebildete Querschnitt hat zwar den einen Nachtheil, dafs er eine besondere, nicht allgemein übliche Walzform voraussetzt, bietet aber andererseits den grofsen Vortheil eines sehr leichten und bequemen Anschlusses der waagerechten und lothrechten Kreuzverbände und verleiht dem Pfeiler infolge der Schattenwirkung der vorspringenden Flansche ein sehr gefälliges Ansehen.



Die Stöße der C-Eisen sind, sämtlich gegeneinander um die halbe Felderhöhe versetzt, abwechselnd an den Knotenpunkten und in der Mitte der Felder angeordnet und durch starke Bleche gedeckt. Die Verbindung der die Röhren bildenden Formeisen ist nicht durch Nieten, sondern durch Schrauben hergestellt. Die Theilung der Verticalfelder beträgt 2,85 m. Die Art des Anschlusses der Horizontalen und Diagonalen, des in jedem Felde angeordneten waagerechten Kreuzverbandes, sowie die Querschnitte dieser Verbandtheile gehen aus den Zeichnungen deutlich hervor.

Um ein etwa erforderliches Anziehen einzelner Streben vornehmen zu können bezw. zur Erleichterung der Aufstellung sind dieselben, und zwar die waagerechten wie die lothrechten, nicht fest vernietet oder verschraubt, sondern mit Keilverbindungen nach der auf Blatt 35 dargestellten Zeichnung versehen. Nach einer Mittheilung des die jährlichen Brückenuntersuchungen ausführenden Beamten sind übrigens diese Verbindungen bis jetzt vollkommen fest und entsprechen ihrer Bestimmung zur vollsten Zufriedenheit. Ebenso haben sich Mängel an den übrigen Constructionstheilen nicht gezeigt. Selbst ein theilweiser Ersatz von Nieten oder Schrauben ist noch nicht erforderlich geworden.

Am oberen Ende der Pfeilerröhren sind auf denselben unter den Hauptbrückenträgern zwei 0,6 m hohe Kastenträger

aufgenietet, welche mit einander durch zwei kurze Blechträger verbunden sind, und deren obere Gurtungsplatten mit den aufgenieteten Flacheisen das Gleitlager der Träger bilden. Diese Kastenträger ragen knaggenartig über die Pfeiler hinaus und bringen so die Vermittlung zwischen Stütze und Träger auch in künstlerischer Beziehung vollkommen gelungen zum Ausdruck. Am unteren Ende setzen sich die hier durch verhältnismäßig leicht gebildete Gitterträger mit einander verbundenen vier Röhren stumpf auf passend gebildete, kräftige gusseiserne Lagerstühle, auf welchen sie außerdem durch Stofsplatten und Schrauben befestigt sind. Die Auflagerstühle sind ihrerseits durch 60 mm starke Schrauben mit dem Mauerwerk der Sockel verankert. Die gemauerten Pfeilersockel sind aus sehr gutem Material vortrefflich ausgeführt, der Sparsamkeit wegen in der Mitte hohl gelassen und behufs Ableitung des Tagewassers mit Schlitz im Mauerwerk versehen.

Das stolz schauende Bauwerk athmet Originalität, ist in allen Theilen vorzüglich durchgeführt und zeichnet sich namentlich noch durch sehr glücklich gewählte Verhältnisse aus, sodafs dasselbe unzweifelhaft den bedeutendsten schweizerischen Ingenieurbauwerken zugerechnet werden muß.

Das Gewicht der beiden schmiedeeisernen Pfeiler hat 156,012 t oder auf das steigende Meter etwa 2,5 t, dasjenige des Ueberbaues 270,07 t betragen. Das Gewicht der Pfeiler ist daher ganz erheblich geringer als das aller vorher in der Schweiz ausgeführten Pfeiler von ähnlichen Abmessungen, und würde sich noch geringer gestellt haben, wenn die zulässige Beanspruchung, welche nur zu 400 kg auf das qcm angenommen ist, (vergl. Vortrag von Gubser im Zürichschen Ingenieur- und Architekten-Verein am 28. März 1877. Eisenb. 1877 Bd. VI, S. 119), etwas höher gegriffen worden wäre. Ueber die der Berechnung außerdem zu Grunde liegenden Annahmen war leider Genaueres nicht zu erfahren.

Die Kosten des Eisenwerks haben nach einer Mittheilung des Herrn Ingenieur Bösch an 350 Franken für die Tonne, diejenigen des Mauerwerks des linken Widerlagers 17588 Fr., des rechten Widerlagers 19420 Fr., des linken Mittelpfeilers 50140 Fr., des rechten Mittelpfeilers 33180 Fr. betragen.

3. Die Thur-Brücke bei Ossingen.

(Hierzu Blatt 36.)

Die auf Blatt 36 in der Ansicht dargestellte Thur-Brücke, welche in den Jahren 1873—75 unter Mitwirkung des Ingenieurs Springer, eines Schülers Winklers, entworfen und für die damalige Nationalbahn erbaut wurde, ist nächst der Saane-Brücke bei Freiburg die bedeutendste Brücke der Schweiz. Obwohl sich Mittheilungen über dieselbe schon in der schweizerischen Zeitschrift „Die Eisenbahn“ Jahrgang 1874 u. 1875 finden, sollen hier behufs Ermöglichung eines Vergleichs der Brücken mit eisernen Pfeilern die wichtigsten Angaben kurz wiederholt, und einiges in den erwähnten Quellen Fehlende hinzugefügt werden.

Die Brücke überschreitet das Thal in 45 m Höhe über dessen Sohle und besitzt fünf Oeffnungen, von denen die drei mittleren je 72 m, die Endöffnungen je 57 m Stützweite haben. Die beiden für das Bedürfnis einer eingleisigen Bahn in 4,4 m Entfernung angeordneten Hauptträger bestehen aus continuirlichen Fachwerkträgern von 7 m Höhe mit engmaschigem (acht-

fachen) Netzwerk, welche so angeordnet sind, dafs die drei relativ größten Höchstwerthe der Spannungsmomente einander gleich werden. Zu diesem Zweck ist eine Senkung der Mittelstützen, bezw. eine Ueberhöhung der Hauptträger ausgeführt worden, welche bei den beiden mittelsten Stützen das Maß von 441 mm, bei den beiden äußeren Stützen das Maß von 259 mm erreicht. Für die Berechnung wurde ein Eigengewicht des eisernen Ueberbaues von 600000 kg oder von 1805 kg auf das lfd. m und von 445 kg für Brückenbelag und Oberbau, zusammen also von 2250 kg auf das lfd. m, und eine bewegliche Belastung von 4000 kg auf das lfd. m Fahrbahn angenommen. Hieraus wurden die drei relativ größten Höchstwerthe der Spannungsmomente über der ersten, über der zweiten Mittelstütze und für die Mitte des dritten Feldes berechnet, und durch Gleichsetzung der erhaltenen Werthe die erforderlichen Senkungen der Mittelstützen ermittelt. Im allgemeinen ist hierbei zu bemerken, dafs durch eine Senkung der Mittelstützen eine Materialersparnis nur bei continuirlichen Trägern mit sich gleichbleibendem Querschnitt, nicht aber bei solchen mit veränderlichem Querschnitt zu erreichen ist. Die unter Zugrundelegung einer größten Beanspruchung von 800 kg für das qcm bemessenen Gurtungen bestehen aus je zwei ganz durchlaufenden Stehblechen von 400×9 mm, aus je zwei Gurtungswinkeln von $100 \cdot 100 \cdot 13$ mm und aus ein bis vier Lagen waagerechter Gurtungskopfplatten von 400×9 mm Querschnitt. Die Gitterstäbe sind sämtlich aus **L**-Eisen gebildet und greifen unmittelbar an dem Stehblech der Gurtungen an.

Zur Unterstützung der Fahrbahn sind in Entfernungen von 3,5 m, welches Maß über den Mittelpfeilern auf 1,75 m ermäßigt ist, Querträger angeordnet, an welchen die 1,8 m von einander entfernten Schwellenträger in üblicher Art befestigt sind. Die Querträger sind auffallenderweise nicht auf den oberen Gurtungen oder am Stehblech derselben, sondern etwa 1 m unterhalb zwischen den Verticalen befestigt. Um aber letztere an den Gitterstäben aus **L**-Eisen vorbeiführen zu können, haben dieselben entsprechend gebogen werden müssen. Die ganze Quer Verbindung, einschließlic der Anordnung der waagerechten Verbände, ist daher nichts weniger als mustergiltig und kann wohl nur aus dem Bestreben hervorgegangen sein, bei Entgleisungen durch die über die Fahrbahn emporragenden Gurtungen der Hauptträger die Fahrzeuge gegen das Herabfallen aus der bedeutenden Höhe zu schützen.

Weit bemerkenswerther als die im ganzen nicht sehr glücklich behandelte Anordnung des eisernen Ueberbaues ist diejenige der vier schmiedeeisernen Mittelpfeiler. Diese, 24,5 m hoch auf steinernem Unterbau sich erhebend, bestehen aus je vier röhrenförmigen Ständern, welche mit einander durch senkrechte und waagerechte Kreuze aus **T**-Eisen verbunden sind. Die Röhren sind aus je 13, etwa 2 m langen cylindrischen Theilen von 0,55 m Durchmesser zusammengesetzt, welche aus 13 bis 17 mm starkem, warm gebogenen Kesselblech bestehen, dessen Stofsugen durch innen angebrachte Laschen gedeckt sind. An den Enden jedes Theiles sind gebogene zusammengeschweißte Winkeleisen angenietet, mittels welcher durch Schrauben die Verbindung der einzelnen Röhrentheile erfolgt. Oben tragen die im Innern mit Steigeleitern versehenen Ständer zwei die Auflager des Ueberbaues unterstützende Kastenträger. Unten sind die einzelnen Ständer mit Ankerschrauben in dem Mauerwerk der Sockel befestigt. Letzteres ist auf Beton fundirt und besitzt

einen überwölbten Mittelraum, von welchem aus die Ankerschrauben erreicht werden können.

Die Auflager des Ueberbaues sind als Kipplager ausgebildet, deren Unterstühle bei den beweglichen Auflagern auf Stahlpendeln ruhen. Einer der Mittelpfeiler trägt ein festes Auflager.

Nach den in der „Eisenbahn“ enthaltenen Angaben beträgt das Gewicht der eisernen Pfeiler 180 t, oder auf das lfd. m desselben 1837 kg, dasjenige des eisernen Ueberbaues 700 t, oder auf das lfd. m 2121 kg, ist verhältnismässig also nicht sehr erheblich.

Die Kosten haben betragen:

a) für die Eisenverbindungen . . . 610000 Fr.,

b) für den Unterbau 550000 Fr.

zusammen 1160000 Fr.

Am 6. Juli 1875 wurde die Belastungsprobe mit einem aus sieben Tendermaschinen und einem Kohlenwagen bestehenden Zuge im Gesamtgewicht von 285 t vorgenommen. Die einzelnen Ergebnisse sind in der „Eisenbahn“ 1875 Bd. III, S. 30 veröffentlicht. Im allgemeinen haben die Pfeiler eine bleibende Einsenkung von 3 mm und eine elastische von 5 mm, der eiserne Ueberbau nach Abzug der Senkung der eisernen Pfeiler eine bleibende von 3 mm und eine federnde von 26 mm, also von etwa $\frac{1}{2500}$ der Stützweite gezeigt. Die Senkungen der Pfeiler sind zwar in vorliegendem Beispiel nicht sehr erheblich, können aber bei gröfserer Höhe der Pfeiler, wo auferdem die Einflüsse der Wärme sehr zunehmen, so bedeutend werden, dafs die Inanspruchnahme der kontinuierlichen Hauptträger wesentlich erhöht wird. Mit Rücksicht hierauf dürfte die Anordnung derartiger Träger auf hohen eisernen Pfeilern besondere Vorsicht erfordern.

4. Die Rhein-Brücke bei Stein.

(Hierzu Blatt 36.)

Die im Zuge der Bahnlinie Etzweilen-Singen, in nächster Nähe der Station Hemmishofen und unweit des Ortes Stein belegene Brücke, deren Bauausführung sich zwar schon in der „Eisenbahn“, Jahrgang 1875, indessen ohne Beifügung von Zeichnungen beschrieben findet, ist auf Blatt 36 in ihren wesentlichsten Theilen dargestellt.

Die Brücke überschreitet den Rhein in einer Höhe von 29,5 m über dessen Sohle und besitzt vier Oeffnungen von bezw. 57,1, 70, 70 und 57,1 m Stützweite, welche durch zwei in 4,5 m Abstand von einander angeordnete durchreichende Parallelträger mit zweitheiligem Netzwerk überspannt werden. Die Träger der beiden mittleren Oeffnungen zeigen je 11, die der Seitenöffnungen je 9 Felder von 6,35 m Weite, während die Trägerhöhe 6,51 m zwischen den Gurtungsdeckplatten beträgt. Die Gurtungen der Hauptträger haben T-förmigen Querschnitt und bestehen aus einem Stehblech von 500×12 mm, zwei Winkeln von $100 \times 100 \times 12$ mm und eine bis vier Deckplatten von 450×12 mm Stärke.

Die am stärksten beanspruchten Druckstreben haben I-förmigen, die übrigen C-förmigen Querschnitt, zwischen dessen Hälften die gezogenen Diagonalen hindurchreichen. Letztere bestehen aus drei zusammengenieteten Flacheisen von 250 bis 350 mm Breite und 8 bis 12 mm Stärke, von denen die beiden äufseren unmittelbar an dem Stehblech angreifen, während behufs Anschlusses des mittleren Decklaschen angebracht sind.

In den Feldern, in welchen Druck- und Zugspannungen in den Diagonalen wechseln, sind letztere sämtlich nach C-förmigem Querschnitt gestaltet und am Kreuzungspunkte durch Knotenbleche verbunden. Auch die Druckstreben greifen zu beiden Seiten des Stehblechs an. Die Stützen, besonders zum Anschlufs der Querträger und des lothrechten Querverbandes angeordnet, bestehen aus je zwei Winkelleisen von $80 \cdot 80 \cdot 12$ mm Stärke. Die über den Mittelpfeilern und Auflagern befindlichen Verticalen haben selbstverständlich erheblich stärkeren Querschnitt erhalten. Quer- und Schwellenträger sind volle Blechträger, deren Construction ebenso wie diejenige der Quer- und der Horizontalverbände, welche letztere an der unteren Gurtung und unterhalb der Querträger angeordnet sind, zu besonderen Bemerkungen keinen Anlaß giebt.

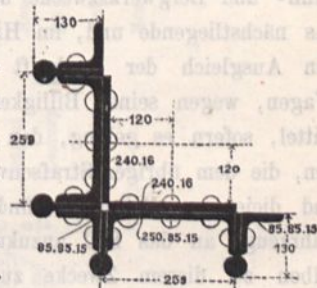
Die Auflager sind auf dem mittelsten Pfeiler als feste, auf den übrigen Pfeilern als bewegliche Kipplager entworfen. Letztere ruhen bei den Mittelpfeilern auf 7, bei den Widerlagern auf 4 Stahlpendeln von 200 mm Höhe.

Von den drei eisernen Pfeilern besteht jeder, wie die der bereits beschriebenen Viaducte, aus vier Ständern, welche unten auf einem gemauerten Sockel ruhen und oben unter Vermittlung kräftiger kastenförmiger Träger die Auflager der Hauptträger unterstützen. Die Pfeiler sind oben 1,73 m breit, 4,5 m lang, unten 4 m breit und 9 m lang. Die Neigung der Ständer beträgt hiernach etwa 1:7 in der Richtung der Brückenachse und 1:3,4 in der hierzu winkelrechten Richtung, während die bezüglichen Neigungen

bei der Thur-Brücke bei Ossingen 1:16 und 1:12, bei der Reufs-Brücke bei Mellingen 1:13 und 1:7, sind. Hierdurch erklärt es sich, dafs die Pfeiler der Rhein-Brücke gegen die der bereits erwähnten Bauwerke etwas plump erscheinen. Der Querschnitt der

einzelnen Ständer ist, abweichend von den bereits beschriebenen, nicht der einer runden oder rechteckigen hohlen Säule, sondern zeigt die nebenstehende Form, welche vermuthlich mit Rücksicht auf hequemerem Anschlufs der loth- und waagerechten Verbände der einzelnen Felder gewählt wurde. Jeder Pfeiler ist der Höhe nach in vier Felder zu 3,596 m getheilt, innerhalb welcher waage- und senkrecht Kreuze aus kräftigen I-Eisen angeordnet sind. In der zur Brückenachse senkrechten Richtung sind die bezüglichen Felder mit Rücksicht auf die erhebliche Länge des Pfeilers durch lothrechte I-Eisen nochmals getheilt. Wie aus der Zeichnung ersichtlich, sind die Ständer unten durch kleine Gitterträger verbunden und mit entsprechend geformten gufseisernen Auflagerstühlen verschraubt, welche ihrerseits durch je vier leicht zugängliche Fundamentschrauben von 3 m Länge mit dem Mauerwerk verankert sind. — Alle weiteren Einzelheiten gehen aus der Zeichnung hervor.

Nach einer Angabe in der „Eisenbahn“, Jahrgang 1875, ist die Berechnung der Eisenverbindungen unter der Annahme einer beweglichen Belastung von 4000 kg für das lfd. m und einer Meistbeanspruchung von 800 kg auf das qcm in den Hauptträgern, bezw. 600 kg in den Quer- und Schwellenträgern erfolgt. Der gesamte Eisenbau ist von der Firma Cail & Co.



in Paris ausgeführt, die Kosten haben nach den in der „Eisenbahn“, Jahrg. 1875, S. 164 enthaltenen Angaben betragen:

a) für sämtliches Eisenwerk einschl. Einfuhrzoll 357900 Fr.,
 b) für den Unterbau 530000 Fr.,
 zusammen 887900 Fr.

Was die massiven Unterbauten und die Landpfeiler anlangt, so ist zu den bez. Zeichnungen nur noch zu bemerken, dafs für die Fundirung eine Betonschüttung angewendet ist, welche bei ersteren auf eingerammten Pfählen ruht. Bemerkenswerth ist ferner noch die Bau- und Herstellungsweise der Flüt-

gel der Landpfeiler, welche, ähnlich der bei der Thur-Brücke angewendeten, darin besteht, dafs die Flügel nicht bis zum Fundament, sondern nur soweit hinabreichen, als sie von den Anschluskegeln nicht bedeckt werden. Ihr Auflager finden sie hier auf je zwei I-Trägern von 400 mm Höhe und 6 m Länge, welche etwa 2,5 m aus dem Pfeiler, in welchem sie eingemauert sind, herausragen. Bei schwieriger Gründung oder bei sehr hohen Pfeilern können durch eine derartige Anordnung allerdings nennenswerthe Ersparnisse erzielt werden.

(Schluß folgt.)

Ueber americanische Strafsenbahnen mit Seilbetrieb.

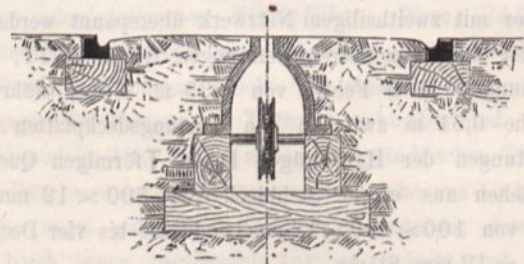
(Mit Zeichnungen auf Blatt 41 bis 43 im Atlas.)

I. Einleitung und Geschichtliches.

Im Laufe des letzten Jahrzehnts hat in mehreren grofsen americanischen Städten unter dem Namen Seilstrassenbahnen (Cable street railroads) ein Beförderungssystem Eingang gefunden, welches, nach der Beliebtheit zu schliessen, die es sich schnell erworben hat, unter den Verkehrsmitteln für den grofsstädtischen Personenverkehr in America auf eine gewisse Zeit eine bedeutende Rolle zu spielen berufen scheint. Die erste Anwendung in gröfserem Mafsstabe hat es in San Francisco gefunden, in welcher Stadt die Frage der Personenbeförderung durch Maschinenkraft infolge der sehr ungünstigen, die thierische Zugkraft übermäfsig beanspruchenden und daher rasch abnutzenden Steigungsverhältnisse der Hauptverkehrswege längst eine brennende geworden war. Der bereits vielfach für Eisenbahn- und Bergwerkszwecke angewendete Seilbetrieb war daher das nächstliegende und, im Hinblick auf den hierbei eintretenden Ausgleich der Zugkraft bei auf- und abwärtsfahrenden Wagen, wegen seiner Billigkeit zugleich das beste Auskunftsmittel, sofern es gelang, den Betrieb in einer Weise anzuordnen, die dem übrigen Strassenverkehr keine Hindernisse bereitet, und diejenigen Mittel zu finden, welche es ermöglichen, die Fahrzeuge an das Seil anzukuppeln, ohne die Bewegung desselben zu diesem Zwecke zu unterbrechen. Dies hatte bei allen bis dahin erbauten Seileisenbahnen als unerläfsliche Bedingung gegolten. Letztere Aufgabe ist durch Anwendung einer sinnreich angeordneten eigenthümlichen Kupplungsvorrichtung, die erstere in der Weise gelöst worden, dafs das treibende Seil, abweichend von der früheren Verwendungsform, nicht oberirdisch, sondern in einem unter der Strassenoberfläche zwischen den beiden Geleissträngen angelegten Tunnel geführt wird, welcher für den ungehinderten Durchgang der am Wagen befestigten Kupplungsvorrichtung auf seiner ganzen Länge mit einem schmalen, nach der Strassenoberfläche sich öffnenden Schlitz versehen ist. Die naheliegenden Bedenken, welche bezüglich der praktischen Bewährung dieser Betriebsweise gehegt werden konnten, erwiesen sich durch die zufriedenstellende Arbeit des Systems nach Inbetriebnahme desselben als unbegründet, wozu das californische Klima insofern wesentlich beitragen mochte, als eine unserem Winter entsprechende kalte Jahreszeit dort nicht bekannt ist und eine Behinderung durch Frostwirkungen daher nicht eintreten konnte. Störungen durch etwa in den Tunnel eindringende atmosphärische Niederschläge liefsen sich

durch die infolge der starken Strassenneigung sehr erleichterte Wasserabführung vermeiden.

Wenn so infolge der günstigen physikalischen Verhältnisse, welche die Vorzüge des neuen Systems augenfällig zu machen geeignet waren, dasselbe zufriedenstellende Ergebnisse lieferte und in San Francisco beliebt, in ganz America bekannt und eingehend studirt wurde, so bezweifelte man doch anfangs die erfolgreiche Anwendbarkeit desselben für solche Städte, welche sich minder günstiger klimatischer und örtlicher Verhältnisse zu erfreuen haben. Diese Zweifel wurden durch die, zu Ende des Jahres 1882 fertiggestellte und in Betrieb genommene Seilstrassenbahnanlage in Chicago beseitigt. Die nach jenem System betriebenen Bahnen liegen dort in vollständig ebenen und waagerechten Strassen und sind den Einwirkungen eines zuweilen sehr strengen Winters ausgesetzt. Wenngleich bei der Inbetriebnahme noch grofse Schwierigkeiten zu überwinden waren, häufig Störungen und Unglücksfälle eintraten und vielfach auf den Pferdebetrieb wieder zurückgegriffen werden mufste, so sind Betriebsunterbrechungen doch mit der Zeit immer seltener geworden, und die Anlage scheint jetzt zufriedenstellende Ergebnisse zu liefern. Dies mufs wenigstens daraus geschlossen werden, dafs nach dem Vorgange von Chicago nicht allein in London eine gleichartige Bahn ausgeführt worden ist, sondern dafs auch in allen gröfseren americanischen Städten, wie New-York, New-Jersey, Brooklyn, Philadelphia, St. Louis u. a., gröfsere Bahnlilien nach diesem System gegenwärtig geplant oder bereits in Ausführung begriffen sind.

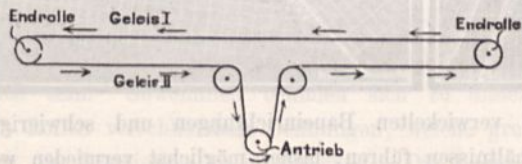


Wie der Seilbetrieb überhaupt, so ist auch der eigentliche Grundgedanke des neuen Systems, welcher die Anwendbarkeit desselben für Verkehr auf belebten Strassen ermöglichte, nicht mehr ganz neu. Aus den United States Patent Office Records ergibt sich, dafs bereits unter dem 23. März 1858 einem gewissen H. S. Gardener in Philadelphia ein Patent erteilt wurde, dessen Ansprüche der Erfinder folgendermassen erläu-

terte: „Zwischen den Schienen einer Strafsenbahn befindet sich ein Tunnel, welcher eine schmale, durchgehende Oeffnung nach der Strafsenoberfläche besitzt. In dem Tunnel ist eine Reihe von Rollen zur Unterstützung eines Seils angeordnet. Letzteres dient zur Bewegung der Wagen, ohne dem Strafsenverkehr Hindernisse zu bereiten.“ Die Patentanmeldung war von einer Zeichnung begleitet, welche vorstehend wiedergegeben ist.

II. Allgemeine Beschreibung.

Die nach diesem System ausgeführten Bahnanlagen sind meist zweigeleisig, wie dies der Natur des Betriebes mit endlosem Seil am meisten entspricht. Das Seil hat dabei, der Fahrtrichtung entsprechend, unter den beiden Geleisen eine ent-



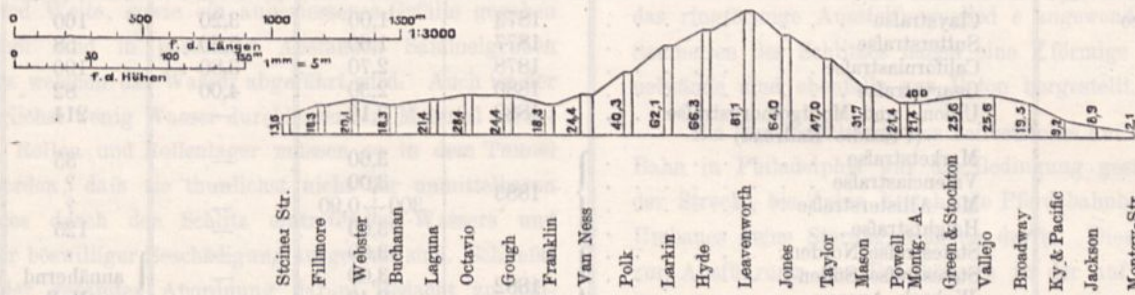
gegengesetzte Bewegungsrichtung, wie die vorstehende Zeichnung veranschaulicht. Es läßt sich auch ein eingeleisiger oder Ringbahn-Betrieb herstellen. Dieser erstere ist in größerem Mafsstabe bisher nicht, der erstere bei den Seilbahnen in

Dunedin (Neu-Seeland) und auf Highgate Hill in London zur Ausführung gekommen. Bei dieser Verwendungsform des Systems liegen beide Seile nebeneinander in demselben Tunnel. Nur wo an den Ausweichungsstellen die Geleise sich theilen, müssen auch die Seile und Seiltunnel, den Mittellinien der zugehörigen Geleise folgend, sich verzweigen.

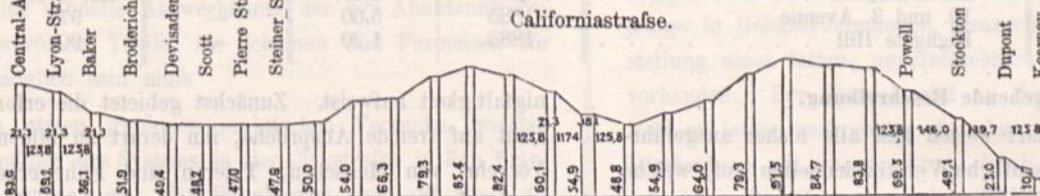
Die neueren americanischen Bahnen sind mit der gewöhnlichen Spur der Pferdebahnen (5' = 1,525 m) angelegt. Die Geleisanlage unterscheidet sich daher im äußeren Ansehen nur durch die in der Mitte zwischen den beiden Schienensträngen eines Geleises liegenden, den Schlitz für die Kupplungsvorrichtung bildenden Formeisen von derjenigen für Pferdebahnen.

Wie aus Vorstehendem bereits hervorgeht, bietet die Steilheit der Strafsen der Anwendung dieses Systems keine Hindernisse dar, sofern die Steigungsverhältnisse nicht derart ungünstig sind, daß die Anwendung gewöhnlicher, kräftig wirkender Bremsen sich nutzlos erweist, was jedoch in bewohnten Strafsen kaum vorkommen dürfte. Die bezüglichlichen Angaben in der nachfolgenden Uebersicht der wichtigsten bisher gebauten Linien und die beistehenden Längenschnitte zweier Bahnstrecken in San Francisco zeigen, daß selbst Steigungen von 1:5 mittels dieses Systems ohne Schwierigkeit überwunden werden. Dagegen

San Francisco. Union- u. Montgomerystraße.



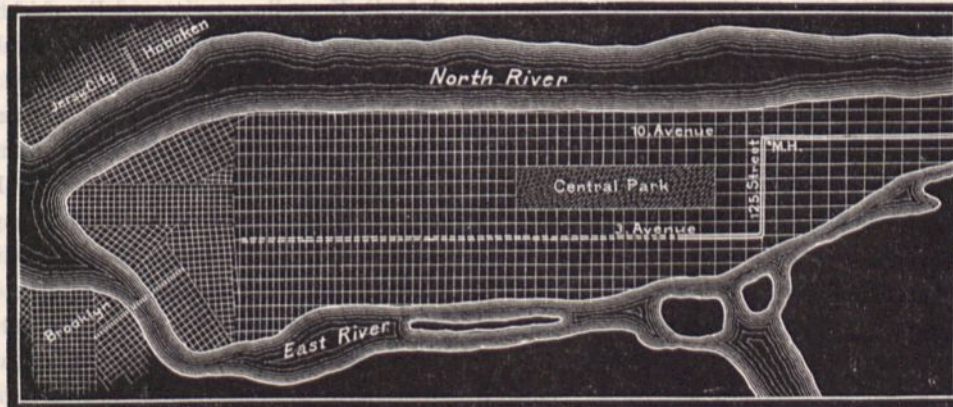
Californiastraße.

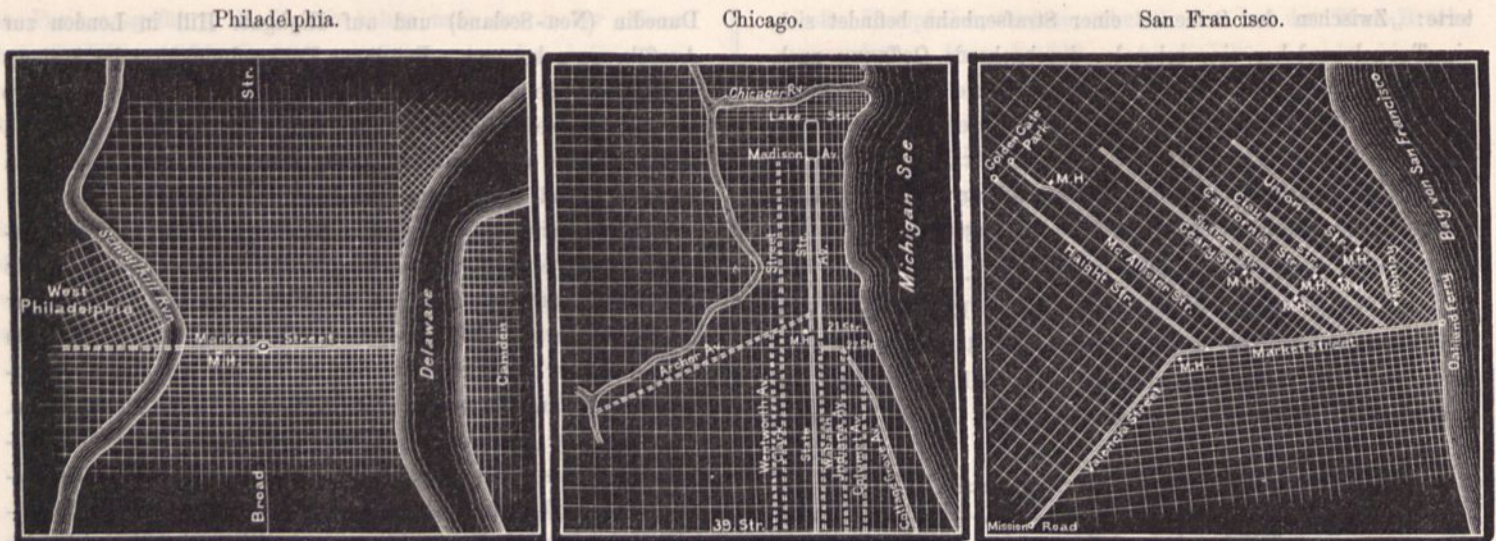


ist die Ueberwindung von Krümmungen stets mit einigen Schwierigkeiten verbunden und erfordert, wenigstens bei schärferen Biegungen, wie weiterhin gezeigt werden soll, besondere Vorkehrungen, welche das System seiner Einfachheit berauben und

daher der Sicherheit und Zuverlässigkeit desselben in gewissem Mafse Eintrag thun. Deshalb sind auch bei den wichtigeren ausgeführten und in Ausführung begriffenen Bahnen in San Francisco, Chicago, Philadelphia und New-York, wie die hier

New-York.





dargestellten Pläne zeigen, Curven nur ausnahmsweise angewendet. Ebenso sind Kreuzungen zweier Kabelbahnen, welche gleich-

falls zu verwickelten Baueinrichtungen und schwierigen Betriebsverhältnissen führen, bisher möglichst vermieden worden.

Übersicht der wichtigsten bisher gebauten Linien.

Stadt	Strafse	Eröffnet		Später verlängert auf km	Stärkste Steigung m in 1000	Spurweite in m
		im Jahre	mit km Länge rund			
San Francisco	Claystrafse	1873	1,00	3,20	160	1,070
"	Sutterstrafse	1877	1,60	5,60	58	1,525
"	Californiastrafse	1878	2,70	3,80	190	1,070
"	Gearystrafse	1880	2,30	4,00	82	1,525
"	Union- und Montgomerystrafse (Presidio Railroad)	1882	3,10	—	214	1,525
"	Marketstrafse	1883	3,60	—	35	"
"	Valenciastrafse		3,00	—	?	"
"	Mc. Allisterstrafse		300 + 0,90	—	?	"
"	Haightstrafse		3,00	—	125	"
"	Statestrafse Norden		3,00	—	—	"
Chicago	Statestrafse Süden	1882	3,00	—	annähernd = Null	"
"	Wabash Avenue		3,40	—		"
"	Cottage Grove Avenue		4,00	—		"
Philadelphia	Marketstrafse	1883	2,40	—	fast Null	"
New-York	10. und 3. Avenue	1885	5,00	—	97	"
London	Highgate Hill	1883	1,20	—	90	1,070

III. Eingehende Beschreibung.

Hinsichtlich der Bauart weisen fast alle bisher ausgeführten Seilstrafsenbahnen wesentliche Verschiedenheiten auf, welche nicht allein auf die durch örtliche Verhältnisse bedingte Gesamtanordnung, sondern auch auf fast sämtliche von derartigen Einflüssen gänzlich unabhängige Einzelheiten sich erstrecken. Die Erklärung hierfür muß hauptsächlich darin gesucht werden, daß die im Laufe der Zeit beim Betriebe einer Bahn gesammelten Erfahrungen Aenderungen nothwendig oder zweckmäßig erscheinen ließen, welche bei späteren Neuanlagen zur Ausführung gebracht wurden. Trotzdem in America bereits eine ansehnliche Zahl von Patenten auf Einzelheiten des Systems — das letztere ist nicht geschützt — genommen worden ist, tauchen doch fortwährend noch Verbesserungsvorschläge auf, und dies liefert wohl den Beweis, daß, ungeachtet der mit ihm bereits erzielten günstigen Erfolge, das System sich noch in dem Zustande einer den Scharfsinn der Erfinder wachhaltenden Verbesserungsfähigkeit befindet und zur Zeit der völlig zuverlässigen Erfahrungsgrundlagen noch entbehrt.

a. Bahnkörper und Treibseil.

In ganz besonderem Maße ist es der Bahnkörper, dessen Gestaltung bei allen bestehenden Bahnen die größte Man-

nigfaltigkeit aufweist. Zunächst gebietet die erforderliche Rücksicht auf fremde Ansprüche, ihn derart zu bilden, daß er den Verkehr von Menschen, Thieren und Fuhrwerken, sowie die Anlage anderer Strafsenbahnen nicht behindert oder erschwert. Der in der Mitte zwischen den Schienen hinlaufende offene Schlitz bringt unbestreitbar eine Gefahr mit sich. Um letztere zu beseitigen oder wenigstens nach Möglichkeit zu vermindern, ist der Schlitz thunlichst eng zu machen. Die größte zulässige Breite desselben ist seitens der Behörden in den betreffenden Städten auf (3/4" =) 19 mm festgestellt; dabei ist vorausgesetzt, daß die Herstellungsweise und Beaufsichtigung eine derartige sei, daß eine spätere Erweiterung zu ermöglichen ist. Die Erfüllung dieser Voraussetzung, sowie der entgegengesetzten, daß die Breite des Schlitzes sich nicht verringere, ist auch zum eigensten Vortheil des Betriebes geboten. Nicht minder würde die Verschiebung des Schlitzes in der Höhenlage oder aus der Geleismitte, oder, was dieselbe Wirkung hätte, eine Verschiebung der Schienen von sehr nachtheiligem Einfluß auf den Betrieb sein. Es ist daher von größter Wichtigkeit, die Schlitzformen und die Schienen so fest mit einander zu verbinden, bzw. gegen einander zu versteifen, daß dieselben unter allen Umständen ihre gegenseitige Lage beibehalten, und nicht einzelne

Theile unabhängig von den anderen ihre Lage verändern können. In Berücksichtigung dieses Umstandes ist man bei Neuanlage derartiger Bahnen bald von der ursprünglichen — beim Einbau des Seiltunnels zwischen vorhandene Strafsenbahngeleise unter Vermeidung von Unterbrechungen des Pferdebahnbetriebes vorgeschriebenen — Herstellungsweise des Bahnkörpers, bei welcher Seiltunnel und Schienen völlig unabhängig von einander gelagert und nur leicht gegen einander versteift wurden, ab- und dazu übergegangen, die erwähnten Theile durch kräftige Verstrebung und Verankerung zu einem in sich vollkommen festen und starren Ganzen zu vereinigen.

Da eine Ansammlung von Strafsenschmutz in dem Seiltunnel unvermeidlich und eine öftere Entfernung desselben erforderlich ist, da ferner die Seilrollen einer sorgsamsten Wartung und Schmierung bedürfen, so müssen diese Theile leicht zugänglich sein. Gewöhnlich befinden sich zu diesem Zweck über den Rollen verschleifbare Oeffnungen, welche groß genug sind, um die Besteigung zu ermöglichen. Die Lager der Rollen müssen so angebracht sein, daß sie möglichst wenig von Staub leiden, leicht beaufsichtigt und geölt werden können. Besondere Sorgfalt erfordert die Entwässerung des Seiltunnels. Um die schnelle Abführung des sich ansammelnden Regenwassers zu ermöglichen, muß dem Canal eine, je nach den klimatischen und Neigungs-Verhältnissen verschiedene, ausreichende lichte Höhe und Weite, sowie ein angemessenes Gefälle gegeben werden. Ferner sind in passenden Abständen Sammelgruben anzulegen, aus welchen das Wasser abgeführt wird. Auch ist der Canal aus möglichst wenig Wasser durchlassendem Material herzustellen. Seil, Rollen und Rollenlager müssen so in dem Tunnel angeordnet werden, daß sie thunlichst nicht der unmittelbaren Einwirkung des durch den Schlitz eintretenden Wassers und Schmutzes oder böswilliger Beschädigung ausgesetzt sind. Schließlich ist bei der gesamten Anordnung darauf Bedacht zu nehmen, daß eine bequeme und leichte Aufstellung und Nachrichtung, sowie eine schnelle Auswechslung der der Abnutzung besonders unterworfenen Theile, als Schienen und Formeisen für den Schlitz, möglich sein muß.

Bei dem ersten größeren praktischen Versuche, welcher mit der Anwendung des Systems in der Claystrafe in San Francisco gemacht wurde, war der Bahnkörper, wie auf Blatt 41 Fig. 1 dargestellt ist, gebildet, wobei der Seiltunnel aus einem hölzernen, mit eisernen Reifen gebundenen Rohre von 0,70 m lichter Weite bestand. Diese Bauweise wurde bei den nächsten größeren Ausführungen aus nahe liegenden Gründen verlassen.

Die Herstellung des Seiltunnels erfolgt jetzt ziemlich allgemein, ähnlich wie beim Bergbau, in der Weise, daß Gerüstrahmen oder Joche (Yokes) in Abständen von 1 bis 1,5 m aufgestellt werden. Dieselben sind mit seitlich vorspringenden Rippen versehen, welche als Auflager- oder Anschlußflächen für diejenigen Theile dienen, welche die Tunnelwandungen bilden. Bei der bekannten, durch die besonderen Verhältnisse des Landes gerechtfertigten Vorliebe americanischer Ingenieure für Gufseisen und Holz kann es nicht auffällig erscheinen, daß bei dem Bau der ersten Seilbahnen in San Francisco die Jochgerüste aus dem ersteren, die Tunnelwände aus dem letztgenannten Baustoff hergestellt wurden. Ein Beispiel dieser jetzt verlassenen Bauweise bietet die in den Fig. 2 u. 3 auf Blatt 41 dargestellte Anlage der Gearystrafsenbahn. Die gufseisernen Joche

aa ruhen auf einer Holzunterlage. Die Tunnelwände *bb* sind aus Bohlen hergestellt.

Bei den neuen Bahnen in San Francisco sind die Tunneljoche unter Anwendung alter Eisenbahnschienen und die Tunnelwandungen aus Beton hergestellt. Der den Tunnelmantel bildende schwere Betonkörper giebt dem ganzen Unterbau eine große Festigkeit und trägt wesentlich zur Unverrückbarkeit der einzelnen Theile bei. Als Beispiel ist in Fig. 5 Blatt 41 der Querschnitt des Bahnkörpers der Marketstrafsenbahn dargestellt. Die nach der Form eines V, jedoch mit stark abgerundeter Ecke gebogenen Eisenbahnschienen *a* tragen an den oberen, freien Enden der Schenkel die plattenförmigen Stühle *b* für die Befestigung der Fahrschienen, während ihre untere, gerundete Ecke einen Theil der Umgrenzung des Tunnelquerschnitts bildet. Die im Querschnitt spitzwinkligen Saumwinkleisen *cc* des Schlitzes sind durch kräftige Versteifungen *de* gegen die Eisenbahnschienen verstrebt. *ff* sind die Betonwandungen des Tunnels. Die einzelnen Joche haben hier nur einen Abstand von 0,915 m.

Die bei den Bahnen in Chicago zur Anwendung gebrachte Herstellungsweise des Bahnkörpers geht aus der Fig. 4 auf Blatt 41 hervor; in derselben sind die Buchstabenbezeichnungen denen im vorigen Falle entsprechend gewählt. Der Haupttheil der Joche besteht hier nicht aus einer Eisenbahnschiene, sondern aus einem gewalzten T-Eisen. Dieselbe Eisensorte ist für das ringförmige Aussteifungsglied *e* angewendet. Die gewalzten Saumeisen des Schlitzes haben eine Z-förmige Gestalt. Die Tunnelwände sind ebenfalls aus Beton hergestellt.

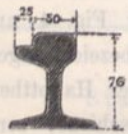
Bei der Einführung des Seilbetriebes auf der Marketstrafsenbahn in Philadelphia war die Bedingung gestellt, daß der auf der Strecke bis dahin bestehende Pferdebahnbetrieb während des Umbaus keine Störung erleiden durfte. Dies gab Veranlassung zur Ausführung des Bahnkörpers in der auf Blatt 41 in den Fig. 8 bis 13 angedeuteten Gestalt, von denen Fig. 8, 9 u. 10 die Bauweise in geraden Strecken, Fig. 4, 5 u. 6 diejenige in Geleiskrümmungen veranschaulichen. Joche zur Herstellung eines festen, unverschiebbaren Gerippes sind hier nicht vorhanden. Der Tunnel wird in der Geraden durch einzelne, 3,66 m lange und gegen einander verschraubte, dünnwandige Blechröhren mit waagerechten, durch C-Eisen versteiften Böden gebildet. Die Saumeisen des Schlitzes sind durch Zugbänder gegen die den Boden aussteifenden C-Eisen verankert. Die hölzernen Langschwelen sind durch dünne Rundeisenzugstangen mit den Saumeisen verbunden. Diese Blechtunnel werden nach Aushebung des erforderlichen Grabens unmittelbar auf den Boden in die Mitte der Schienen und unabhängig von diesen verlegt und an den Langseiten mit einer Betonschicht bekleidet. Diese Herstellungsweise kann, abgesehen von den hohen Kosten, auch hinsichtlich der erforderlichen Sicherheit der Lage den Vergleich mit den vorbeschriebenen nicht aushalten.

In den Curven dieser Bahn sind kürzere und niedrigere, im übrigen ähnlich geformte gufseiserne Tunnelrohre angewendet, welche durch seitliche knaggenartige Arme, auf denen die hölzernen Langschwelen aufruhend, ein festes System, soweit es die Natur des Baustoffes gestattet, herzustellen geeignet sind. Bei diesen ziemlich schweren Gufsstücken ist jedoch das genaue Zusammenpassen auf dem Bauplatz sehr schwierig und zeitraubend. Die Thatsache, daß die Eröffnung des Betriebes auf der Marketstrafsenbahn in Philadelphia mit großen Schwierigkeiten

verknüpft war, dürfte in der unsicheren Lage des Bahnkörpers ihren Hauptgrund haben.

Die beim Bau der Seilbahn in der 10. Avenue in New-York in Abständen von 1,21 m angeordneten Joche bestehen, wie die Fig. 6 und 7 auf Blatt 41 zeigen, der Hauptsache nach aus zwei Gußstücken *aa*, welche mit ihrem unteren Theile auf ein gewalztes I-Eisen *b* aufgenietet sind, und deren oberer Theil gleichzeitig die Unterstützung für die Saumeisen *c* und die Fahrschienen bildet. Der mittlere freie Raum entspricht dem lichten Raum des Tunnelquerschnitts. Der Tunnel selbst ist ebenfalls in Beton hergestellt.

Bezüglich des Querschnitts der Schienen, wie auch der Unterstützung derselben, unterscheiden sich im allgemeinen die älteren Bahnen nicht von den Pferdebahnen. Gefertigt werden die Schienen jetzt vorzugsweise aus Stahl. Da sich das Bedürfnis herausgestellt hat, die Schienen mit einer kräftigen Laschenverbindung zu versehen, so ist man dazu übergegangen, ähnliche Querschnittfiguren, wie die der Eisenbahnschienen anzuwenden. So haben die in California-, Market-, Valencia-,



Mc. Allister- und Haightstrafe angelegten Bahnen das nebenstehend gezeichnete Schienenprofil. In New-York ist, wie Fig. 6 auf Blatt 41 zeigt, eine hohe, breitbasige, umwendbare Stahlschiene gewählt, welche sich zwischen den Jochen auf die Länge von 1,22 m frei trägt.

Der Tunnelkörper wird nach Aufstellung und Ausrichtung des Eisenwerks gewöhnlich in der Weise hergestellt, daß der auf einem auf dem Geleise laufenden Plattenwagen bereitete Beton zwischen die nach der Querschnittsform vorübergehend angebrachte Bretterschaltung abgeworfen wird.

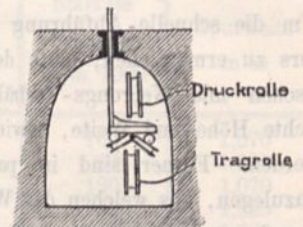
Die Entwässerung und Reinigung des Tunnels erfolgt durch Gruben, deren Entfernung nach den örtlichen Verhältnissen verschieden ist. In Chicago und anderen vorzugsweise ebenen Städten beträgt dieselbe 300' = 91,5 m. Die Sohle der Grube liegt etwa 1' = 305 mm tiefer als die Tunnelsohle. Die Gruben sind zum Besteigen eingerichtet, in Betonmauerwerk hergestellt und oben mit verschleißbarem Deckel versehen. Die Gestaltung derselben bei den Bahnen in Philadelphia und New-York ist in den Fig. 9 und 10, bzw. 6 und 7 auf Blatt 41 angedeutet. Wo, wie in Chicago, die natürliche Strafsenneigung nicht ausreicht, um den Abfluß des Wassers aus dem Tunnel nach den Sammelstellen mit der erforderlichen Beschleunigung herbeizuführen, muß der Tunnelsohle ein besonderes Gefälle gegeben werden. Dasselbe beträgt in Chicago $3\frac{1}{2}''$ auf 100', was einer Steigung von 1:343 entspricht.

Das Seil läuft in geraden Strecken auf lothrechten Tragrollen, welche in Entfernungen von 30 bis 32' = 9,15 bis 9,63 m angeordnet sind. Die Größe derselben, welche im Rillendurchmesser bei allerdings geringeren Seilstärken früher 20 bis 30 cm betrug, ist bei den neuesten Ausführungen in San Francisco auf 40 cm erhöht worden. Um behufs Reinigung und Schmierung die Rollen bequem zugänglich zu machen, ist über jeder ein verschleißbarer, aber leicht zu öffnender Deckel angebracht. Die Schmierung erfolgt mit Mineralöl.

In Krümmungen sind außerdem noch seitliche Führungen in geringen Abständen erforderlich, da hier das Seil eine sehr starke seitliche Pressung nach der Innenseite des Bogens ausübt. In Chicago sind für diesen Zweck die in Fig. 4 auf Blatt 41 punktirt angedeuteten waagerechten, kegelförmigen Rollen *g* von

430 mm oberem und 550 mm unterem Durchmesser angewendet, welche in Abständen von 2,44 m angebracht sind. Es ist leicht ersichtlich, daß, wenn beim Durchfahren von Curven das Seil von den waagerechten Rollen durch die Kupplungsvorrichtung abgezogen wird, die letztere hierbei durch die Spannung des Seils eine sehr starke Biegungsbeanspruchung erleidet, welcher sie, zufolge ihrer nur auf centralen Zug berechneten Formbildung, nicht widerstehen könnte. Behufs Entlastung des Greifers *h* gegen diese schädliche Beanspruchung ist die in Fig. 4, Blatt 41, punktirt angedeutete zweite, untere, Führung vorgesehen, welche aus einem an das innere Saumeisen befestigten Winkeleisen *i* besteht. Dafs infolge dieser Vorkehrung beim Durchfahren von Curven ein wesentlich erhöhter Reibungswiderstand zu überwinden und daher ein beträchtlicher Kraftverlust unvermeidlich ist, leuchtet ohne weiteres ein.

Wo durch Anschluß einer starken Steigung an eine wesentlich flachere oder an eine Waagerechte scharfe Brechpunkte entstehen, ist noch eine dritte Art von Seilführungsrollen erforderlich, eine solche nämlich, welche der lothrecht nach oben wirkenden Seitenkraft aus den verschiedenen gerichteten Seilspannungen das Gleichgewicht hält. Bei der ursprünglichen L-förmigen Gestalt des Greifers konnte derselbe die über dem seitlich



liegenden Seile im Tunnel angeordneten Rollen ohne Schwierigkeit passiren (vgl. beisteh. Figur), indem derselbe das Seil an diesen Stellen genügend tief niederdrückte. Als jedoch später, veranlaßt durch die aus der seitlichen Zugrichtung sich ergebenden Uebelstände, der Greifer eine solche Gestalt erhielt, daß die Mittellinie des Seils möglichst nahe seiner Mittellinie gebracht wurde, verursachte die Anbringung dieser Druckrollen (depression pulleys) gewisse Schwierigkeiten. Bei der Marketstrassenbahn in San Francisco sind die letzteren in der Weise überwunden, daß diese Rollen an einen an der Decke des Tunnels drehbar aufgehängten Arm befestigt und durch ein auf die Welle dieses Armes wirkendes Gegengewicht mit genügendem Druck niedergehalten werden. Der Greifer drückt beim Begegnen die Rolle zur Seite, worauf das Gegengewicht sie wieder an ihren Ort bringt.

Bei eingeleisigen Strecken müssen beide Seile in demselben Tunnel neben einander laufen. Die Bahn in der 10. Avenue in New-York wird, wie der Querschnitt Fig. 6 auf Blatt 41 zeigt, mit zwei neben einander liegenden Seilen *s* und *s'* ausgestattet, wiewohl diese Bahn zweigeleisig ist. Das eine dieser Seile soll, um den Unzuträglichkeiten zu begegnen, welche mit einer längeren Betriebsunterbrechung verbunden sind, als Ersatz für Fälle von Betriebsstörungen dienen. Dasselbe liegt still, jedoch völlig dienstbereit, sodafs seine Inbetriebnahme jederzeit ohne Aufenthalt erfolgen kann. Im regelmässigen Betriebe sollen beide Seile abwechselnd in Gebrauch genommen werden.

Die Treibseile müssen eine genügende Stärke besitzen, um selbst im abgenutzten Zustande noch hinreichende Widerstandsfähigkeit gegen die äußersten auftretenden Beanspruchungen zu bieten. Ein zu großer Durchmesser ist andererseits insofern schädlich, als er das Gewicht und die Reibung vermehrt, die Biegsamkeit des Seils aber vermindert. Eine gewisse Härte des Seils ist außerdem erwünscht, damit dasselbe nicht zu rasch abgenutzt wird. Theils aus diesem Grunde, theils

auch wegen der größeren Festigkeit und Federkraft werden jetzt allgemein die Treibseile aus gutem Flusstahldraht hergestellt und vor dem Gebrauch auf die erwähnten Eigenschaften hin geprüft. Die Seile bestehen aus 6 Litzen von je 19 Drähten, welche um eine Manilahanfseele gewunden sind. Das Gewicht eines Meters beträgt bei 32 mm Durchmesser des Seils 3,6 kg, bei 25 mm Durchmesser 1,9 kg. Bei den neueren, umfangreicheren Anlagen sind überall Seile von 32 mm Durchmesser, deren Bruchfestigkeit zu 39 Tonnen angegeben wird, angewendet. Vor der Ingebrauchnahme werden die Seile mit säurefreien Oelen und Theer völlig durchtränkt. Dieselben erleiden im Verlauf kürzerer oder längerer Zeiträume Längenveränderungen, und zwar vorübergehende infolge der Wärmeänderung, und bleibende infolge der stetigen und stoßweis wirkenden Anspannungen. Die ersteren betragen nur wenige Meter und können leicht ausgeglichen werden, die letzteren recken das Seil im Laufe der Zeit erfahrungsmäßig um etwa $\frac{1}{100}$ seiner ursprünglichen Länge, was bei einem 6000 m langen Seil 60 m ausmachen würde. Da ein derartiger Längenunterschied nicht mehr einfach und billig durch Vorkehrungen an dem Getriebe auszugleichen ist, so macht sich zuweilen eine Kürzung des Seils notwendig. Es wird in diesem Falle ein entsprechendes Stück herausgehauen und die freien Enden werden gespießt, was bei geübten Arbeitern einen Zeitaufwand von 4 Stunden verursacht Ueber die besonders wichtige Frage der Dauer der Seile liegen

bis jetzt nur sehr wenig anhaltbiete Angaben vor. Nach den bei den älteren, zwar steilen, jedoch meist ganz geraden Bahnen in San Francisco gesammelten Erfahrungen scheint die Nutzungsdauer eines Seils bei täglich 18- bis 20-stündigem, lebhaftem Betriebe durchschnittlich 9 bis 12 Monate zu betragen. Für vielfach gekrümmte Bahnen würde dieselbe vermuthlich unter sonst gleichen Umständen erheblich geringer sein.

b. Betriebseinrichtung.

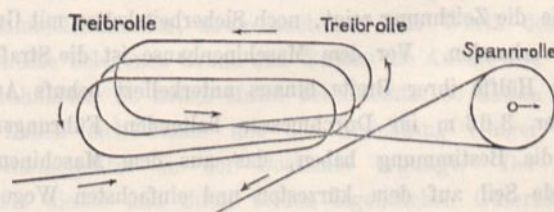
Der erforderliche Arbeitsaufwand der Betriebsmaschinen schwankt erfahrungsmäßig selbst bei einer und derselben Bahn infolge der Verkehrsschwankungen und anderer, bisher nicht aufgeklärter Einflüsse zuweilen innerhalb weiter Grenzen. Die für die neueren Anlagen gewählten Betriebsdampfmaschinen haben daher nicht allein solche Abmessungen erhalten, dafs sie auch bei der stärksten Anspannung des Seils demselben noch die normale Geschwindigkeit zu ertheilen vermögen, sondern sind auch mit selbsthätigen Regulierungsvorrichtungen versehen, welche bei geringster und größter Arbeitsleistung der Maschine eine ziemlich gleichmäßige Geschwindigkeit aufrecht erhalten. Um Betriebsunterbrechungen zu vermeiden, muß natürlich immer eine Ersatzmaschine vorhanden sein, welche bei Ausschaltung der Betriebsmaschine ohne Verzug an deren Stelle treten kann.

In der nachstehenden Zusammenstellung sind die hauptsächlichsten Verhältnisse der Betriebsmaschinen verschiedener Seilbahnen aufgeführt.

Stadt	Straße	Cylinder-Durchmesser mm	Hub des Kolbens mm	Dampfdruck Atm.	Normale Umdrehungszahl in der Minute	Gewöhnliche Arbeitsleistung in Pferdestärken	Größte erreichbare Arbeitsleistung in Pferdestärken	Bemerkungen.
San Francisco	Claystraße . . .	356	712	—	—	50	—	Liegende Zwillingmaschine.
	Californiastraße . .	550	915	4,6	—	200	—	Stehende Zwillingmaschine.
	Gearystraße . . .	460	1220	4,6	—	—	—	Liegende Zwillingmaschine.
	Union- und Montgomerystraße . .	460	915	5,2	—	—	—	desgl.
	Market-, Valencia-, Haightstraße	680 u. 890	1220	4,6	70	400	700	desgl. Hoch- und Niederdruckcylinder nach Sims'schem System.
Chicago	Statestraße Norden, Wabash Avenue, Statestraße Süden, Cottage Grove Av.	610	1220	4	72	250	700	Liegende Zwillingmaschine. Von der in dem Grundriß Fig. 1, Blatt 42 dargestellten Anlage besteht erst der Theil für den Betrieb der nebenbezeichneten Strecken.
	London	Highgate Hill. . .	430	860	6,6	80	25	50

Die Anlage in Chicago zeichnet sich durch Einfachheit und Uebersichtlichkeit der gesamten Anordnung aus. Dieselbe ist daher zur Erläuterung der wichtigsten bei derartigen Anlagen überhaupt in Betracht kommenden Gesichtspunkte gewählt. Wie aus der Zeichnung (Bl. 42) zu ersehen, erfolgt die Uebertragung der Kraft von der Hauptwelle *n* aus auf die Seiltrommel *m* mittels Rädervorgelege *o*, derart, dafs die hinter einander liegenden und zusammen arbeitenden Trommeln immer genau gleiche Bewegungsrichtung und Geschwindigkeit haben. Diese Bedingung ist unerläßlich, weil andernfalls das Seil beim Aufwinden auf die Trommeln Beanspruchungen zu erleiden hätte, die entweder zu einem Bruche desselben oder zu einer Beschädigung der Zahnräder führen müßten, welche Erfahrung in Chicago thatsächlich gemacht worden ist. Das ganz genaue Zusammenarbeiten der Zahnräder ist daher von größter Wichtigkeit. Die Seiltrommeln *m* von 3,66 m Durchmesser sitzen

auf den überhängenden Enden der Vorgelegewellen, um das Abnehmen und Auflegen der Seile zu erleichtern. Die Rillen — 4 an der Zahl — haben ein halbkreisförmiges Profil, welches sich dem Querschnitt des Seils ziemlich genau anschließt, sind nicht ausgefüllt und derart angeordnet, dafs die einander entsprechenden Rillen oben und unten in eine Gerade fallen.



In der beistehenden Figur ist der Lauf der Seile in einfachen Linien angedeutet. Das Uebersetzungsverhältniß von der Maschine zu den Seiltrommeln ist nahezu = 1 : 4, sodafs die letz-

teren durchschnittlich 18 Umdrehungen in der Minute machen, was einer Seilgeschwindigkeit von $3,66 \cdot 3,14 \cdot 18 \cdot 60 = 12400$ m oder 12,4 km in der Stunde entspricht. Der in dem Seil auftretende Zug ist bei einer Leistung von 250 HP

$$P = 716200 \cdot \frac{250}{18 \cdot 1830} = \text{rund } 5500 \text{ kg.}$$

Um gefährliche unelastische Stöße, welche beim plötzlichen Ankuppeln von Fahrzeugen an das Seil naturgemäß auftreten müssen, unschädlich zu machen, ist es erforderlich, demselben eine gewisse Federkraft zu verleihen, vermöge deren es im Stande ist, plötzlichen Stößen nachzugeben. Einerseits aus diesem Grunde, andererseits um dem Seile eine andauernde Spannung zu geben und diejenige Reibung auf den Trommeln zu erzeugen, welche erforderlich ist, damit es, ohne zu gleiten, von denselben mitgenommen wird, endlich aber, um den andauernden und vorübergehenden Längungen des Seils ein ausreichendes Spiel zu gewähren, ist eine künstliche Spannvorrichtung angebracht, deren Anordnung aus den Fig. 1 u. 2 auf Blatt 42 ersichtlich ist.

Das von der Strafsen zurückkehrende Seilende läuft, wie Fig. 2 zeigt, zunächst von unten auf die vordere Rolle auf und nach dreimaliger Umwindung um beide von der hinteren Rolle unten ab. Von hier aus ist dasselbe nach einer auf einem kleinen, auf Schienengeleisen laufenden Wagen gelagerten, mit einer einfachen Rille versehenen Spannrolle s geführt, deren Durchmesser gleich demjenigen der Trommeln ist. Das Seil läuft unten auf und oben von der Rolle ab und kehrt von hier aus nach der Strafsen zurück. An dem hinteren Ende des Rollenwagens ist eine Kette befestigt, welche das etwa 2 Tonnen schwere Spanngewicht trägt. Nach der Aufhängungsweise des Gewichts wirkt dasselbe theoretisch mit der Last von einer Tonne auf die Spannrolle, woraus sich die hierdurch erzeugte Spannung in jedem Seilende zu 500 kg ergibt. Der Seilcanal, über welchem die Spannrolle läuft, hat eine Länge von nahezu 30 m, sodass Zunahmen in der Seillänge bis zu etwa 50 m durch diese Vorrichtung ausgeglichen werden können.

Die allmähliche Verlängerung des Seils bewirkt ein allmähliches Zurückgehen der Spannrolle, wobei das Spanngewicht niedersinkt, und zwar um die Hälfte des von jener zurückgelegten Weges. Immerhin würde der Weg des Gewichts bis zu 25 m betragen. Um die Anlage von Brunnenschächten für dasselbe zu vermeiden, ist eine Einrichtung getroffen, welche die Kette, die das Gewicht trägt, entsprechend dem Rückgang der Rolle verkürzt. Dieselbe besteht einfach darin, dass das vordere Ende der Kette auf eine auf der Katze befestigte Kettentrommel mittels einer gewöhnlichen Handwinde mit Wurmrad, Sperrklinke und Bandbremse aufgewunden wird, sobald das Gewicht aufzusetzen beginnt. Um die Zerstörungen, welche bei einem Kettenbruche unfehlbar eintreten würden, zu vermeiden, sind, wie die Zeichnung zeigt, noch Sicherheitsketten mit Gummibuffern vorhanden. Vor dem Maschinenhause ist die Strafsen bis über die Hälfte ihrer Breite hinaus unterkellert behufs Anbringung der 3,66 m im Durchmesser haltenden Führungsrollen, welche die Bestimmung haben, das aus dem Maschinenhause kommende Seil auf dem kürzesten und einfachsten Wege nach seinem Bestimmungsort, d. h. in den zwischen den Schienen liegenden Seiltunnel, bzw. das angetriebene Ende aus dem Seiltunnel nach dem Maschinenhause einzuführen. Aus dem Grundriss Fig. 1, Blatt 42, geht die Bestimmung der einzelnen Rol-

len deutlich hervor: a und a_1 sind die Leitrollen für das aus-, bzw. eingehende Ende des Statestrafsen Nord betreibenden Seiles, b und b_1 haben den gleichen Zweck bezüglich der Linie Statestrafsen Süd zu erfüllen. Die Seile dieser beiden Linien laufen von den Führungsrollen ansteigend nach den Tunneln, wo sie in der beschriebenen Weise in Thätigkeit treten.

Die für den Betrieb der Cottage Grove Avenue- und Wabash Avenuelinie bestimmten Seile müssen vom Maschinenhause aus die ansehnliche Strecke bis zu den Ausgangspunkten der bezeichneten Linien am Schnittpunkt der genannten Strafsen mit der 22. Strafsen (vgl. den kleinen Plan von Chicago, S. 231) todt geführt werden. cd und c_1d_1 sind die Ablenkungsrollen für das aus- und eingehende Ende des Seils für die Wabash Avenuelinie, ef und e_1f_1 die entsprechenden für Cottage Grove Avenue. Die betreffenden Seile werden nach ihren bezüglichen Bestimmungsorten in einem in der Mitte zwischen den beiden Geleisen angelegten besonderen Tunnel geführt.

Bei den späteren Ausführungen hat man meist die mehrmalige Umwindung des Seils um die Antriebsrollen vermieden und sich mit einer einmaligen Umwicklung begnügt, welche bei der gewählten Anordnung nach den bisherigen Erfahrungen auch vollkommen genügt, um die erforderliche Reibung des Seils zu erzeugen. Um bei Anwendung einer einfachen Seilscheibe einen möglichst großen Theil des Rollenumfanges zu umspannen, ist, wie das in einfachen Linien dargestellte Beispiel der Betriebsanlage für die Market-Valencia-Haighstrafsenbahn in San Francisco, Fig. 1 u. 2, Bl. 43, zeigt, die Entfernung der treibenden Rollen a und b , welche hier nicht in gleichem, sondern entgegengesetztem Sinne umgetrieben werden, so gering gewählt, dass die Umfänge beider Scheiben nur einen Abstand von 50 mm haben. Man erkennt, dass die Seile jede der Scheiben a und b zu nahe $\frac{3}{4}$ des Umfanges umspannen und im ganzen also annähernd $1\frac{1}{2}$ Umwindungen haben.

Der Vortheil des Betriebes mit einfachen Scheiben gegenüber demjenigen mit Seiltrommeln, bei welchen die Seile mehrere Umwindungen machen, besteht darin, dass bei den ersteren die Erhaltung stets gleicher Durchmesser der Seilrillen sehr erleichtert und eine etwa doch eintretende Verschiedenheit der Durchmesser nicht so bedenklich ist. Da bei Seiltrommeln diejenige Rille, auf welche das Seil zuerst aufläuft, immer am schnellsten ausgeschliffen wird, so ist es hier außerordentlich schwierig, immer gleiche Durchmesser zu halten. Verschiedenheit derselben bedingt aber ein Gleiten der Seile, führt also Kraftverluste und übermäßige Beanspruchungen herbei.

Die Geschwindigkeit des Seils ist bei den neueren Bahnen fast überall 6 bis 8 englische Meilen, d. i. 10 bis 13 km, in der Stunde. Der Durchmesser der Treibrollen bei 32 mm starken Seilen ist ziemlich allgemein zu 3,66 m angenommen, woraus folgt, dass die Rollen in diesem Falle 18 bis 19 Umdrehungen in der Minute machen. Bei einer Nutzleistung der Maschinen von 250 HP, welche als das höchste Maß des auf den Betrieb einer sehr verkehrsreichen Linie, wie z. B. in der Statestrafsen in Chicago, verwendeten Arbeitsaufwandes zu betrachten sein dürfte, ergibt sich hiernach eine Seilspannung von etwa 5,5 Tonnen. Rechnet man hierzu noch den aus der Wirkung der Spannrolle entstehenden Zug von etwa 500 kg, so ergibt sich eine Gesamtspannung von rund 6 Tonnen. Gegenüber der zu 39 Tonnen angegebenen Bruchfestigkeit eines 32 mm starken Seiles ist also etwa $6\frac{1}{2}$ fache Sicherheit vor-

handen. Seilbrüche infolge von Ueberladung des Seils würden also kaum zu befürchten sein. Viel gefährlicher als die Beanspruchung durch stetige Belastung sind für das Seil die plötzlich auftretenden Stofswirkungen, welchen dasselbe beim gleich-

zeitigen Ankuppeln mehrerer Züge unterworfen ist, und welche selbst durch Anwendung der besten elastischen Vorrichtungen nicht gänzlich beseitigt werden können.

(Schluß folgt.)

Die Eisenbahnanlagen von Liverpool und Birkenhead.

(Mit Zeichnungen auf Blatt 44 bis 48 im Atlas.)

A. Die in Liverpool mündenden Eisenbahnlinsen.

(Blatt 44.)

In Liverpool münden folgende Eisenbahnlinsen:

- 1) Die London- und North-Western-Eisenbahn, mit Personenbahnhof in Lime Strafe (Directionssitz in London, Easton-Station),
- 2) Die Lankashire- und Yorkshire-Eisenbahn, mit Personenbahnhof in Tithe-Barn-Strafe (Exchange-Station), (Directionssitz in Manchester, Victoria-Station, Huntsbank.)
- 3) Die Cheshire-Linien mit Personenbahnhof in Ranelagh-Strafe (Central-Station). Letztere Gruppe ist aus der Verbindung der nachbenannten Eisenbahngesellschaften entstanden:
 - a) der Great-Northern-Eisenbahn (Directionssitz in London, Kings-Kross-Station),
 - b) der Manchester-, Sheffield- und Linkolnshire-Eisenbahn (Directionssitz in Manchester),
 - c) der Midland-Eisenbahn (Directionssitz in Derby, und London, St. Pancras-Station).

Die Verschmelzung der unter a) bis c) genannten Gesellschaften zu den Cheshire-Linien wurde in den siebziger Jahren vollzogen und bezweckt die Aufnahme eines wirksamen Wettstreits mit den übrigen einmündenden Linien. Sie erstreckt sich lediglich auf den Verkehr mit Liverpool und Manchester, während für die weiteren Verzweigungen der genannten Linien die Verwaltung derselben getrennt erfolgt. Der Directionssitz der verbundenen Cheshire-Linien befindet sich auf der Central-Station in Liverpool.

Unter den Personenbahnhöfen sind nur die vorhin benannten von größerer Bedeutung; der Personenverkehr, welcher noch von einzelnen der Güterbahnhöfe aus stattfindet, berührt nur die um Liverpool herumliegenden Vororte, welche in engerem Gürtel durch die Zweiglinie Edgehill — Canada-Dock der London- und North-Western-Eisenbahn, und in weiterem Gürtel durch die von der Central-Station bzw. dem Brunswick-Güterbahnhof über Huntscross in weitem Bogen um die Stadt in Ausführung begriffene Verbindungsbahn der Cheshire-Linien an die Hauptlinien anschließen.

Von den vorgenannten drei Eisenbahnlinsen übernehmen in erster Reihe die London- und North-Western-Eisenbahn und sodann die Lankashire- und Yorkshire-Eisenbahn den Haupttheil des Güterverkehrs. Dieselben waren gleichzeitig bis vor wenigen Jahren die einzigen, welche über einen eigenen Personenbahnhof verfügten. Erst seit Ueberlassung der Brunswick-Station an die Great-Northern-Eisenbahn seitens der London- und North-Western-Eisenbahn ist, zum Schaden der letzteren, den jetzt verbundenen Cheshire-Linien, die Zufahrt zu den Docks eröffnet worden. Von diesem Bahnhof wurde es den letzteren sodann möglich, mittels Tunnels in das Herz der Stadt vorzudringen und daselbst in unmittelbarer Nähe desjenigen der London- und North-Western-Eisenbahn einen eigenen Personenbahnhof, die jetzige

Central-Station, anzulegen. Sieht man von der engen Bebauung Liverpools selbst ab, so begründen sich die Schwierigkeiten für die Einführung der Eisenbahnlinsen in die an den Docks belegenen Güterbahnhöfe aus der ungünstigen Bodengestaltung. Liverpool liegt nämlich auf einem ziemlich steil zum Mersey abfallenden Berghange; es muß daher, da der lebhafteste Dock-Verkehr Geleisanlagen gleichlaufend zur Docklinie nicht gestattet, die Einführung der Linien größtentheils senkrecht zu letzterer, auf unterirdischem Wege erfolgen. So werden beispielsweise die Waterloo- und Wapping-Güterbahnhöfe der London- und North-Western-Eisenbahn mittels zweier getrennter Tunnellinien, welche die Stadt auf ihre volle Breitenausdehnung durchdringen, von dem in Osten Liverpools belegenen Sammelbahnhof Edgehill aus erreicht. Eine theilweise zu Tage liegende Linienführung ist nur bei den an den Endpunkten der Docklinie belegenen Güterbahnhöfen zu ermöglichen, deren Anschluß an die auf der Höhe liegenden Rangir- und Sammelbahnhöfe alsdann mittels der bereits gedachten Ringbahnen erfolgt. Hierhin gehören namentlich die an der Nordgrenze der Docks belegenen Canada- und Atlantic-Dock-Güterbahnhöfe der London- und North-Western-Eisenbahn, der ebendasselbst in der Nähe des Mineral-Docks in Ausführung begriffene Güterbahnhof der Midland-Eisenbahn, sowie die Brunswick-Station der Cheshire-Linien.

Die Lankashire- und Yorkshire-Eisenbahn, deren hauptsächlichste Güterbahnhöfe die Nord-Dock- und Gr.-Howard-Strafsen-Station sind, erreicht dadurch wesentlich leichteren Anschluß an die Docks, daß die Führung der in dem Exchange-Bahnhof mündenden Hauptlinie in größerer Nähe und dadurch erheblich geringerer Höhenlage über den Docks erfolgt ist. Gleichwohl ist der Anschluß des in unmittelbarer Nähe der Docks belegenen Nord-Dock-Güterbahnhofs nur durch einen hohen Rampenviaduct möglich geworden, während der Gr. Howard-Strafsen-Güterbahnhof durch ein größeres Häuserviertel noch von den Docks getrennt bleibt und selbst so nur durch lothrecht aufgehende Hebevorrichtungen, sowie neuerdings noch durch eine Rampe von 75‰ Steigung mit der Hauptlinie verbunden werden konnte.

Da die Schwierigkeit der Herstellung von Verbindungen zwischen den mittleren Docks und den weiter entfernten Rangir- und Sammelbahnhöfen, sowie auch der hohe Werth des an der Dockstrafe belegenen Grund und Bodens die Anlage von weiteren Güterbahnhöfen im hohen Maße beschränkte, so hatten die Cheshire-Linien sich bisher mit der Errichtung einiger weiterer Gütersammelplätze an der Docklinie begnügt. Der Verkehr zwischen diesen und ihren beiden eigentlichen Güterbahnhöfen, dem Brunswick-Bahnhof im Süden und dem in Ausführung begriffenen im Norden, wurde bisher ausschließlich durch Landfuhrwerk oder auch zur Nachtzeit mittels der Dock-Pferdeeisenbahn vermittelt. Erst in neuester Zeit ist es ihr gelungen,

durch Eröffnung des Huskisson-Bahnhofes einen weiteren Güterbahnhof zwischen diejenigen der Lankashire- und Yorkshire- sowie der London- und North-Western-Eisenbahn, nächst dem Rampenviaduct an der Station Sandhills der ersteren, außerordentlich geschickt einzuschieben. Wenngleich sich derselbe noch in größerer Entfernung von den Docks befindet, so gewinnt er doch, abgesehen von seiner günstigen Lage nahe den mittleren Docks, dadurch an Bedeutung, daß es von ihm aus möglich ist, mittels unterirdischer Linienführung bis zu den vorgedachten Gütersammelplätzen, zunächst dem am Sandon Dock belegenen vorzudringen und somit weitere Anschlüsse an die Docks zu gewinnen.

Der Gesamtanlage des Huskisson-Bahnhofes kommt hierbei der Umstand zu statten, daß die Weitläufigkeit der daselbst angekauften Grundstücke neben einem ausgedehnten Güterbahnhofe noch den Ausbau eines Rangirbahnhofs gestattet. Es erscheint danach die Aufnahme einer stärkeren Concurrenz seitens der Cheshire-Linien nur mehr eine Frage der Zeit, falls es denselben nur gelingt, fernere Güterniederlagestellen in der Nähe der nördlichen Docks anzukaufen.

Der scharfe Wettstreit, in welchen die verschiedenen Eisenbahngesellschaften mit einander treten, und welcher im Laufe der nächsten Jahre durch die geschickte Einführung der Cheshire-Linien sich noch wesentlich verschärfen wird, ist zur Hauptsache der Nähe der Fabrikstadt Manchester, dem Stapelplatze des ausgedehnten Liverpooler Baumwollhandels, zu danken. Sämtliche Gesellschaften sind auf nahezu gleich kurzem Wege mit Manchester verbunden, und wird sich danach die Verkehrstheilung vorzugsweise von dem Grade der günstigen Lage der Liverpooler Güterbahnhöfe zu den Docks abhängig gestalten. Daß die London- und North-Western-Eisenbahn die ihnen schon geschichtlich gebührende erste Rangstellung in dieser Beziehung auch für die weitere Zukunft bewahren wird, dürfte nach Lage ihrer Güterbahnhöfe wohl kaum zu bezweifeln sein.

Zu Schluß der allgemeinen Uebersicht über die Liverpooler Eisenbahnverbindungen erübrigt es noch, eines im Plane von der London- und North-Western-Eisenbahn ausgegangenen Unternehmens zu gedenken, welches eine Verbindung der sämtlichen Güterbahnhöfe unter einander, sowie einen Anschluß der letzteren an die Personenbahnhöfe Liverpools bezweckt. Diese durchweg unterirdisch gedachte Verbindung würde in erster Linie dem Personenverkehr dienen, sodann aber gleichzeitig noch für beschränkten Güterdienst nutzbar gemacht werden; sie würde außerdem noch in unmittelbare Verbindung mit dem Mersey-Tunnel treten und somit einen unmittelbaren Verkehr zwischen den drei Personenbahnhöfen Liverpools und dem Woodside-Bahnhof in Birkenhead ermöglichen. Gegenwärtig wird der ungemein lebhafte Personenverkehr längs der Dockreihe ausschließlich durch eine in den Dockgeleisen spurende Omnibuslinie vermittelt, während der Verkehr mit Birkenhead mittels einer größeren Anzahl von Dampfzügen erfolgt. Vorerwähntes Project, durch dessen Verwirklichung Liverpool den bisher ungeschlossenen Ring seiner Stadtbahnen vollenden würde, ist in dem auf Blatt 44 beigegebenen generellen Uebersichtsplan der in Liverpool bestehenden Eisenbahnen punktirt eingezeichnet.

B. Die Personenbahnhöfe.

Allgemeine Anordnung.

Die drei Personenbahnhöfe Liverpools zeigen, den meisten größeren Personenbahnhöfen Englands entsprechend, die Form

einer Kopfstation. Sieht man von den allgemeinen Gesichtspunkten ab, welche für diese Grundriffsform aus den englischen Betriebs- und Verkehrsverhältnissen geltend gemacht werden können und bereits mehrfach, u. a. von Schwabe „Ueber das englische Eisenbahnwesen“, Hartwich „Aphoristische Bemerkungen etc.“, Alfred Hottenrott sowie Taeger in der Ztschrft. f. Bauwesen Jhrg. 1876 u. 1877 erörtert worden sind, so mußten für die gleiche Anordnung der Liverpooler Bahnhöfe noch folgende örtliche Rücksichten bestimmend wirken.

Der erste Grund wird ohne weiteres durch die bereits erörterte Lage Liverpools am Abhänge einer von Osten nach Westen ziemlich steil zum Mersey geneigten Berglehne klar gelegt; es bedarf in dieser Beziehung zur weiteren Feststellung der Schwierigkeiten wegen der Höhenlagen nur eines vorgreifenden Hinweises darauf, daß die Absicht, die Personenbahnhöfe dem Mittelpunkt der Stadt nahe zu rücken, schon jetzt die Zuführung der Eisenbahnlinien mittels längerer Tunnels, bzw. eines hohen Viaducts bedingte.

Der zweite Grund, welcher aus der Eigenartigkeit des Personenverkehrs herzuleiten ist, und den Liverpool zwar insofern mit anderen größeren Küstenstädten theilt, als diese allgemein weniger Durchgangs-, als Ziel- und Ausgangspunkte des Verkehrs zu sein pflegen, gewinnt dadurch noch an erhöhter Bedeutung, daß Liverpool einen vorwiegenden Theil seines Personenverkehrs gerade aus der Ein- und Auswanderung herleitet.

Zieht man schließlichschließlich noch in Betracht, daß die Stadt einerseits von Berghöhen, andererseits vom Mersey umschlossen ist, ein Umstand, der die Ausbildung von Durchgangslinien fast ausschließt, wie ferner, daß die einzig mögliche passende Fortsetzung einer Eisenbahnlinie, welche etwa durch Verschmelzung der Lankashire- und Yorkshire-Eisenbahn mit einer der beiden andern entstehen könnte und wie solche auch seitens der London- und North-Western-Eisenbahn vor längerer Zeit thatsächlich versucht worden ist, an dem Widerspruch des englischen Parlaments scheiterte, so dürfte auch wohl für alle Zukunft schwerlich eine andere Lösung hieselbst zu finden sein.

Die Einzelanordnung der drei Liverpooler Personenbahnhöfe schließt gleichfalls strenge an die übliche Form der englischen Bahnhofgrundrisse an, deren bezeichnende Eigenthümlichkeiten in den genannten Reiseberichten mehrfach hervorgehoben sind. Bemerkenswerth dürfte übrigens in dieser Beziehung noch die Mittheilung sein, daß bereits der älteste der Liverpooler Personenbahnhöfe, der im Jahre 1850 eröffnete Exchange-Bahnhof, dieselbe Gesamtanordnung zeigt, wie die beiden der neueren Zeit angehörigen, der Central- und der Lime-Straßen-Bahnhof.

Die strenge Sonderung der Perrons nach Abfahrts- und Ankunftsrichtungen, die größere Höhenlage derselben (0,940 m. über S. O.), die Anordnung von verdeckten Vorfahrten für das Stadtfuhrwerk, die äußerste Beschränkung aller Dienst- und Warteräume, die Klarheit der Zu- und Abgangswege für den Verkehr, sind die wesentlichen, im Gegensatze zu den Anlagen auf dem Festlande in die Augen springenden Eigenthümlichkeiten. Vereinzelte Abweichungen hiervon, wie solche sich zufolge örtlicher Sonderverhältnisse als nothwendig ergaben, werden bei Beschreibung der Anlagen selbst erörtert und näher begründet werden. Nur eines Punktes möge noch vorab ausdrücklich Erwähnung geschehen, weil dieser in den bisherigen Reiseberichten nach dieseitigem Dafürhalten in einem zu günstigen Licht beurtheilt werden ist; es betrifft dies die übliche Anordnung der

Fahrstraßen (cabways) auf der Ankunftsseite der englischen Personenbahnhöfe innerhalb der Hallen. So zweckmäßig nämlich dieselben auch für die schleunige Entlastung der Ankunftsperrens un-leugbar sind, ebenso unvortheilhaft wirken sie in gesundheitlicher und ästhetischer Beziehung. Trotz der vorzüglichen Lüftung des Central- und Lime-Straßen-Bahnhofes machte sich dies, namentlich an warmen Sommertagen in mehr wie unangenehmer Weise geltend.

Wo nicht, wie dies beispielsweise bei dem Woodside-Bahnhof in Birkenhead, Cannon-Straßen- und Charing-Cross-Bahnhof in London der Fall, die Wagen- Ein- und Ausfahrt in ununterbrochener Richtung erfolgt und der Aufenthalt in der Halle somit wesentlich abgekürzt werden kann, würde sich eher eine Anordnung empfehlen, wie solche beispielsweise bei dem St. Enoch-Bahnhof in Glasgow, ferner auch in Turin, Florenz und anderen italienischen Bahnhöfen ausgeführt ist. Es befindet sich daselbst die Vorfahrt in einer abgesonderten, neben der Hauptperrnhalle, an der Ankunftsseite belegenen Nebenhalle, nähert sich also in dieser Beziehung den hiesigen Anlagen, nur das dieselbe aufser durch die Hallenwand, durch keinen weiteren Seitenbau vom Perron getrennt ist. Da der Hauptwagenverkehr nach Eintreffen der Exprefszüge stattfindet, wäre das betreffende äußerste Geleis für diese Zwecke zu verwenden. Die Verbindung der

übrigen Ankunftsperrens mit jenem äußersten würde sich durch Einfahren von kleinen — etwa durch Wasserkraft — beweglichen Schiebeperrons, wie solche beispielsweise im Bahnhof Derby der Midland-Eisenbahn, in Amsterdam Ned. Rhijn Spoorweg oder vermittelt, ebenfalls durch Wasserkraft bewegter Klapperrons, wie solche am Princen-Pier in Liverpool in Anwendung sind, leicht erreichen lassen.

1) Lime-Straßen-Station.*)

(Blatt 44.)

Die Lime-Straßen-Station bildet den Endbahnhof der ehemaligen Liverpool-Manchester-Linie, der ersten Versuchsbahn des Rocket und der ältesten Stammlinie des weitverzweigten englischen Eisenbahnsystems der London- und North-Western-Eisenbahn. Dieser schon früher als eine der bedeutendsten Anlagen Englands bekannte Bahnhof hat im Laufe der letzten Jahre noch eine wesentliche Erweiterung erfahren, sodafs er jetzt alle anderen — St. Pancras-Station in London mit eingeschlossen — hinsichtlich seiner Abmessungen überflügelt.

Zum Vergleich sind nachstehend die Hauptmafsse einiger der gröfseren, namentlich englischer Personenbahnhöfe und Bahnhofshallen (s. auch Deutsche Bztg. Jahrg. 1879, Seite 22) zusammengestellt:

		Anzahl der				Bahnhofshallen			
		Geleise	Perrons einschl. Fahrstraßen	Fahr- straßen	Hallen	Gesamte		Firsthöhe m	System des Binders
						Licht- weite m	Länge m		
1	Lime-Straßen-Station Liverpool, London- u. North-Western-Eisenbahn	16	7	2	2	126	188	23	Sichelträger
2	Central-Station, Liverpool, Cheshire-Linien	11	4	1	2	49,16	—	20,9	Bogenträger
3	Geplante Exchange-Station, Liverpool, Lankashire- und Yorkshire-Eisenbahn	11	5	1	—	—	—	—	—
4	Woodside-Station, Birkenhead, Great-Western u. London- u. North-Western-Eisenbahn	7	3	1	2	57	114	—	Sichelträger
5	St. Pancras-Station, London, Midland-Eisenbahn	10	4	1	1	73,2	215	30,5	Bogenträger
6	Central-Station, Manchester, Cheshire-Linien	—	—	—	—	64,0	171,6	—	—
7	Central-Station, Birmingham	—	—	—	—	63,0	256	—	Bogenträger
8	Cannon-Straßen-Station, London, South-Eastern-Eisenbahn	9	4	1	1	58,0	200	33,0	Sichelträger
9	Broad-Straßen-Station, London, London- und North-Western und North-London-Eisenbahn	8	5	—	2	56,7	155	—	Satteldach
10	Charing-Cross-Station, London, South-Eastern-Eisenbahn	6	3	1	1	50,5	147	—	—
11	Projectirter Frankfurter Central-Bahnhof	—	—	—	3	172,5	—	—	—
12	Anhalter Bahnhof, Berlin	6	4	—	1	60,72	167,8	34,25	Bogenträger
13	Nord-Bahn, Paris	—	—	—	—	72,0	180	—	—
14	Orleans-Bahn, Paris	—	—	—	—	52,5	280	—	—
15	Central-Depot, New York	12	6	—	1	58,56	—	—	Bogenträger

Die Lime-Straßen-Station befindet sich in bevorzugter Lage, inmitten der Stadt und in nächster Nähe der hervorragendsten öffentlichen Gebäude Liverpools. Sie wird, gleich den Güterbahnhöfen der London- und North-Western-Eisenbahn, durch eine von Edgell abweigende, meist mittels Tunnels unter dem östlichen Theile der Stadt fortgeführte Linie erreicht. Letztere fällt

von genanntem Punkt nach dem Bahnhof zu mit einem Gefälle von 1:70 bis 1:90. Wiewohl die Entfernung nur 1,8 km be-

*) Vgl. auch Hottenrott, Reisebericht über England, in der Zeitschr. f. Bauwesen 1876. Die daselbst mitgetheilte Entwurfszeichnung für den Umbau des Lime-Straßen-Bahnhofes erlitt während der Ausführung, nach Maßgabe der auf Blatt 44 befindlichen Lagepläne, mehrfache Aenderungen.

trägt und der Tunnel vorzügliche künstliche Lüftungsvorkehrungen besitzt, hat sich die London- und North-Western-Eisenbahn, trotz der ungemein hohen Kosten, nicht abhalten lassen, eine allmähliche Umwandlung des Tunnels zum offenen Einschnitt ins Auge zu fassen. Die Gründe hierfür sind ausschließlich aus der Rücksicht auf die dem Personenverkehr hieraus erwachsenden Erleichterungen herzuleiten. Einmal pflegen längere und wiederholte Tunnelfahrten, zumal auf Strecken mit schnell folgenden Zügen und innerhalb größerer Städte, schon an und für sich nicht zu den Reiseannehmlichkeiten zu gehören, wovon man sich leicht durch häufigere Benutzung der Londoner Metropolitan- und District-Untergrund-Eisenbahn überzeugt; sodann aber ist dies noch insbesondere bei unmittelbar vor dem Endziel mündenden Tunnelstrecken der Fall; die London- und North-Western-Eisenbahn hofft daher, wohl nicht mit Unrecht, durch den geplanten Erweiterungsbau einen Theil des ihr durch die Cheshire-Linien seit Eröffnung der benachbarten Central-Station entzogenen Personenverkehrs, namentlich mit Manchester und London, wieder an sich zu ziehen.

Der außerordentlich weiträumig entworfene Bahnhof enthält in seinem Haupttheile 16 Geleise, mit 7 anschließenden bzw. zwischenliegenden Perrons. Von den letzteren enthalten die beiden mittleren eine je 10 m breite Fahrstraße. Die Wagen-Ein- und Ausfahrt erfolgt vom Kopf der Station aus. Von den Geleisen dienen je 5 für Aufstellung und Abfahrt und 6 für Ankunft, so zwar, daß von den beiden äußersten das eine für abgehenden, das andere für ankommenden Marktgut- (Personen- und Güter-) Verkehr bestimmt ist, während die übrigen ausschließlich dem Personenverkehr dienen. Die Aufstellungsgeleise sind, wie auf dem Bahnhofsplan angedeutet, noch auf etwa 380 m außerhalb der Perronhalle theils im Tunnel, theils im bereits ausgebrochenen offenen Einschnitt herausgezogen; letzterer ist daher auf genannter Strecke viergeleisig.

Außerordentlich geschickt ist die Ausnutzung der durch die örtlichen Verhältnisse bedingten toten Ecken. Die an der Abfahrtsseite belegene hat außer für das bereits erwähnte Marktgutgeleis den Raum für die Anlage eines Locomotivschuppens für 4 Stände hergegeben, wobei der an der Tiefe fehlende Raum leicht durch Unterkellerung der hochliegenden St. Vincent-Straße beschafft werden konnte, während der auf der Ankunftsseite liegende, von Coppershill und Pellew-Straße umschlossene Streifen für die Anlage einer Pumpstation, behufs Entwässerung des Bahnhofs und Einschnitts, ausgenutzt ist.

Sämtliche Weichen werden, wie für Personenbahnhöfe Vorschrift ist, mittels Centralstellung bedient.

Hinsichtlich der Dienst- und Warteräume besitzt die Lime-Straßen-Station eine von den meisten der englischen und namentlich derjenigen der beiden andern Liverpooler Endbahnhöfe insofern abweichende Anordnung, als die Vorfahrt für abgehende Reisende sich nicht an der Quer-, sondern an der Langseite, in dem überdeckten Lichthofe (bei x x im Plan) befindet.

Wie eingangs bemerkt, besteht der Bahnhof aus einem älteren und einem neueren Theile; beide sind durch die Hallenausbildung zu einem einheitlichen Körper verschmolzen. Die im Jahre 1880 zum Abschluß gebrachte Erweiterung, welche die Niederlegung eines ganzen Straßenviertels bedingte, ist äußerlich noch dadurch kenntlich, daß die nach der Lime-Straße liegende Vorderseite auf dieser Strecke durch 2 Gruppen von Privathäusern besetzt ist, welche nur die neu geschaffenen

3 Ausfahrten bzw. Ausgänge frei lassen, während die Vorderseite des älteren Theils durch das im Jahre 1871 vollendete Bahnhofshotel gebildet wird. Letzteres, ein großartiger, fünfstöckiger, in französischer Renaissance entworfener Bau enthält von den für den Bahnhof in engerem Sinne erforderlichen Räumen nur diejenigen zur Erfrischung der Reisenden (refreshment rooms), und zwar in einem Theile der nach dem Vorderperron des Bahnhofs belegenen Hälfte des Erdgeschosses. Alle übrigen Räume, die Warte- und Diensträume, sind in dem an der Abfahrtsseite belegenen beschränkten Langbau untergebracht. Die Vertheilung der betreffenden Räume ist aus den Bemerkungen auf Blatt 44 genügend ersichtlich. In jüngster Zeit hat man noch die Billetschalter aus dem genannten Dienstgebäude in besondere kleine Einbauten vor dem Kopf der an der Abfahrtsseite belegenen Geleisgruppen verlegt. Ein weiteres, gleichfalls in beschränkten Raumbemessungen angelegtes Dienstgebäude, Geschäftsräume des „Superintendenten“, „resident engineer“ pp. enthaltend, befindet sich an der äußersten Ausfahrt, am Abschluß des Hallenerweiterungsbaues.

Wie schon aus der obigen Zusammenstellung ersichtlich, wird die Gesamtweite der Halle bislang von keiner andern, und die Spannweite des größeren Bindersystems nur von der der St. Pancras-Station in London übertroffen. Die für den Centralbahnhof in Frankfurt a/M. entworfene Halle würde in erster Beziehung, bei einer Gesamtweite von 172,5 m und 3 Bindersystemen, demnächst allerdings auch die Lime-Straßen-Station noch überflügeln. Die Spannweite der Binder des älteren Theils beträgt 63 m, die des neueren Theils 57 m, der Scheitel erhebt sich bis 23 m über Schienenoberkante. Die Bänder sind als Sichelträger mit einfachem Netzwerk nach dem Dreieckssystem gestaltet, die obere Gurtung ist I-förmig, die untere aus 2 Flacheisen gebildet; die Halle ist zum größeren Theil in Glas eingedeckt. Die Mittelstützen bestehen aus gußeisernen Doppelsäulen von 0,8 m (!) Durchmesser, während theils Säulen, theils Futtermauern, auch die Umfassungsmauern der Dienstgebäude die äußeren Auflager bilden. Noch ist zu bemerken, daß die alte, aus der Zeitschrift f. Bauwesen, Jahrg. IX, sowie aus Brandt, Lehrbuch der Eisenconstruktionen, bekannte ehemalige Perronhalle (Sichelfachwerk) beim Umbau des Bahnhofs beseitigt worden ist.

Die Central-Station.*)

(Blatt 45.)

Die Central-Station bildet den Endbahnhof der Cheshire-Linien. Die Einfahrt erfolgt von der Südseite Liverpool her mittels Abzweigung von dem ehemaligen Endbahnhof dieser Gesellschaft, der Brunswick-Station. Die Eisenbahn betritt unmittelbar nach Verlassen der letztgenannten Station einen Tunnel, um unter starker Neigung den inmitten der Stadt, nächst der Lime-Straßen-Station belegenen Bahnhof, und hier das Tageslicht wieder zu erreichen. Der Bahnhof selbst befindet sich in der Waagerechten, während seine Umgebung vom Kopf der Halle aus stark ansteigt und die beiden Wegeüberführungen innerhalb der Halle selbst ermöglicht. Die erstere Ueberführung ist 12 m breit und für Fuhrwerk nutzbar, die zweite dagegen dient nur für Fußgänger; beide sind recht geschickt mit dem Dachverband in der Weise verbunden, daß die die Sagedächer tragenden Binder gleichzeitig als Fahrbahnhauptträger benutzt sind.

*) Vgl. auch Taeger, Reisebericht über England, Zeitschr. f. Bauwesen Jahrg. 1877.

Die Halle enthält einen Nebensperron für den Orts- und zwei Hauptperrons für den Fernverkehr. Den beiden Hauptperrons entsprechen je zwei Hauptgeleise für Ankunft bzw. Abfahrt. Der Ankunftsperron enthält die Fahrstraße, welche gleich der der Lime-Straßen-Station, breit genug angelegt ist, um ein Wenden der Wagen zu gestatten. Der Abfahrts-Mittelperron ist für die London- und Manchester-Expreszüge vorbehalten und von dem Quersperron durch Gitter getrennt. Das linksseitige, vom Nebensperron aus zugängliche Abfahrtsgeleis nimmt den Ortsverkehr auf. Die zwischen den Abfahrts- bzw. Abfahrts- und Ankunftsgeleisen befindlichen Mittelgeleise dienen als Aufstellungsgeleise. Sehr vortheilhaft ist das linksseitige Dreieck für den Wagen- und Marktverkehr ausgenutzt. Der Zugang zu denselben ist außer vom Nebensperron auch von den anschließenden Straßen aus möglich.

Wie bei den meisten englischen Bahnhöfen sind auch hier die Räume für dienstliche Zwecke und für die Reisenden auf das geringste Maß beschränkt. Dieselben befinden sich in dem Erdgeschoss des den Hallenabschlufs bildenden massiven Querbaues. Die durch eine leichte Halle überdeckte Vorfahrt befindet sich zwischen diesem und der von der Ranelagh-Straße begrenzten, im Grundriß dreieckig gestalteten Gepäckbesorgung. Die zwei Stock hohe Eintrittshalle enthält die sieben Billetkassen und ist durch zwei Thüröffnungen mit dem Quersperron verbunden. Gleichfalls von diesem aus zugänglich, befinden sich die knapp zubemessenen Warteräume für die Reisenden, einige Diensträume, sowie der Treppenaufgang zum oberen Stockwerk. Letzteres enthält die Verwaltungsräume der Cheshire-Linien, deren größerer Theil, recht ungünstig, nur von der um die Eintrittshalle herumführenden Galerie aus zugänglich ist. Die Erfrischungsräume befinden sich in einem untergeordneten, an der Zufahrtsseite belegenen Nebenbau, ebendasselbst, in einem nur einstweilig aufgeführten Anbau auf dem Perron selbst, die Aborte für Männer.

Bemerkenswerth bleibt noch die Ausnutzung der am Ausgange des Bahnhofs, nahe dem Tunnelmunde belegenen todtten Ecke für die Anlage eines Maschinenaufstellungsgeleises nebst Locomotivschuppen und Löschgrube. Der Tunnelmund selbst wird durch die von diesem, sowie vom Bahnhof aus deutlich sichtbare Signal- und Weichenbude (Pointsman's box) beherrscht. Ebenso geschickt wie eigenartig in der gewählten Lösung ist die Ueberdeckung des in Form eines Vielecks gestalteten Raumes. Der dem Empfangsgebäude zunächst belegene und durch den linksseitigen Abfahrtsperron für den Ortsverkehr begrenzte Theil wird durch eine Perronhalle mit bogenförmiger Bedachung, das für den Equipagen- und Marktverkehr ausgenutzte Dreieck dagegen durch Sägedächer überdeckt, welche auf parallelgurtigen, in den Achsen der Bogenträger verlegten Gitterträgern ihr Auflager erhalten. Der von den beiden Ueberführungen begrenzte Theil trägt ein Dach mit durchgreifenden Bindern nach dem letzteren System; hieran schließt sich zuletzt noch ein unüberdeckter, von hohen Futtermauern umschlossener Raum, welcher in wirksamer Weise die Lüftung der Perronhalle sowie des Tunnels übernimmt.

Der Eindruck der Halle ist, namentlich durch die in schönen Verhältnissen entworfenen Bogenbinder ein durchaus grofsartiger, wengleich bedauert werden mufs, dafs einestheils der durch das Empfangsgebäude nur unvollkommen bewirkte Querabschlufs und andererseits das tiefe Einschneiden der Wegeüberführung,

bei der die Aufbauunterkante sich nur um etwa 5 m über den Perron erhebt, eine Beeinträchtigung der Gesamtwirkung hervorrufen. Der Umstand, dafs die Halle im höheren Grade dem Zugwind geöffnet ist, darf nach englischen Verhältnissen insofern weniger unangenehm empfunden werden, als der starke Verkehr von Zügen und Menschen und namentlich auch die lebhaftere Benutzung der Fahrstraße ohnehin einen wirksameren Luftwechsel in der Halle bedingen, als dies bei unseren Anlagen der Fall sein würde. Die Beleuchtung der Halle erfolgt ausschließlich durch Oberlicht, und zwar innerhalb des durch Sägedächer geschlossenen Theils durch volle Glaseindeckung, während innerhalb der Bogenöffnungen Glas- und Zinkeindeckung abwechseln.

Exchange-Station.*)

(Blatt 45.)

Die Exchange-Station in Tithe-Barn-Straße, nach der benachbarten „Royal exchange“ (Börse) so benannt, bildet den Endbahnhof der Lankashire- und Yorkshire-Eisenbahn. Im Gegensatz zu den Anlagen der Lime-Straßen- und Central-Station erfolgt die Einfahrt in den Bahnhof auf hohem, gewölbtem Viaduct. Die nach der Tithe-Barn-Straße sich öffnende Vorderansicht fällt dem Fremden durch die äufserst geschickte Überwindung der durch die Bodengestaltung bedingten Schwierigkeiten und den malerischen Aufbau des Empfangsgebäudes höchst vortheilhaft in die Augen. Der Bahnhof befindet sich auf einer in Absätzen sich ungefähr 8 m über der Straße erhebenden Höhe und wird mittels einer mächtigen Freitreppe sowie mehrerer, für Ankunft und Abfahrt getrennt angeordneter Rampen erstiegen.

Wenig in Uebereinstimmung mit der äufseren Erscheinung steht das Innere des Bahnhofs. Der Vorderbau besitzt nur eine Tiefe von etwa 10 m und genügt selbst in Verbindung mit den an den Längsseiten angeordneten, beschränkten Nebenbauten nur in dürftigster Weise zur Aufnahme der nothwendigsten Räumlichkeiten. Er enthält im Erdgeschoss außer den in der Achse angeordneten Billetschaltern die Gepäckannahme und einen Theil der Gastzimmer, im oberen Geschoße die Diensträume des Abtheilungsingenieurs und Superintendenten. Alle übrigen Räume, die Wartezimmer, Geschäftszimmer des Stationsvorstehers usw. haben in den etwa 6 m tiefen Flügelbauten Unterkunft gefunden.

Die Perronhalle ist ungemein niedrig, schlecht beleuchtet und gelüftet. Die Bedachung ist eine nach hier üblicher Bezeichnung „specifisch englische“: Satteldach mit einfachem Fachwerk und waagerechter Zugstange. Die Binder liegen in Entfernungen von 3 m. Bei der außerdem geringen Höhenlage derselben über Perronoberkante und dem Gewirr des Netzwerks, in dem, bei der grofsen Länge der Halle, der Durchblick den einfahrenden Zug sich scheinbar verfangen läfst, gewinnt die Halle ein höchst unruhiges und unvortheilhaftes Aussehen. Sie enthält fünf Personengeleise, zwei Aufstellungsgeleise und drei Perrons. Von den Personengeleisen sind die beiden nördlichen ausschließlich für Ankunft, die beiden vom Mittelperron aus zugänglichen für Ankunft und Abfahrt gemeinschaftlich bestimmt. Letztere Anordnung bedingt, dafs der Mittelperron vorzugsweise für den Ortsverkehr benutzt werden mufs, eine etwas unzweckmäfsige und — abgesehen von der Raumbeschränkung — nur dadurch zu erklärende Einrichtung, dafs dieser Verkehr — zumal während

*) Vgl. auch Taeger, Reisebericht über England, Zeitschr. f. Bauwesen, Jahrg. 1877.

des Sommers nach dem benachbarten Seebade Southport — hier selbst verhältnismäßig überwiegt. Die Perrons haben bei der räumlichen Beschränkung nur in geringer Breite angelegt werden können, während der an der Aufsenkante der Ankunftsseite angeordnete Fahrweg bei einer Breite von 11 m verhältnismäßig reichlich bemessen ist und daher noch einige, für Speditionszwecke benutzte, kleine, vorübergehend angeordnete Einbauten aufnehmen konnte. Außerordentlich günstig gestaltet sich bei der Anlage die durch die Verschiebung der Hallen gegen die Bahnmittellinie ermöglichte Anordnung einer größeren Gruppe von Aufstellungsgeleisen nebst Wagen-Locomotivschuppen.

Die selbstthätigen Kohlenkipper und ihre Anlage.

Ein zweckmäßiges Verladeverfahren ist für den Kohlenhandel von besonderer wirtschaftlichen Bedeutung, einmal durch die größere oder geringere Schonung, welche die Kohle zum Vortheil ihres Stückgehalts und damit ihres Werthes erfährt, und sodann durch die größere oder geringere Wohlfeilheit des Verfahrens selbst. Ein Preisunterschied von wenigen Pfennigen auf die Tonne stellt bei den außerordentlich großen Mengen, welche alljährlich zur Verladung kommen, eine erhebliche Summe dar; beträgt doch die jährliche Steinkohlenförderung Deutschlands ungefähr 52 Millionen Tonnen.

Die Kohle ist als Massengut vorzugsweise auf den Wasserweg angewiesen. Um diesen zu erreichen, bedarf sie fast stets einer Eisenbahn zwischen Zeche und Flufs oder Canal; somit ist erklärlich, daß die zahlreichsten Kohlen-Ueberladungen bei dem Wechsel vom Eisenbahnwagen in das Schiff stattfinden. Die älteste und einfachste Form, diesen Wechsel zu vollziehen, kann man noch gegenwärtig sehr häufig in unseren Kohlenhäfen beobachten. Man benutzt Schiebkarren als Zwischenengeräte, füllt diese am Wagen und entleert sie über Ladebühnen, deren Stelle sehr oft nur ein starker Bohlgang vertritt, in das Schiff. Seit den letzten 15 Jahren werden die Schubkarren mit Vortheil durch kleine eiserne Kippwagen ersetzt, welche auf leicht verlegbaren Schmalspurgeleisen laufen. Wollte man die Zwischenladung vermeiden, so führte man die Wagen auf die sogenannten Kohlentrichter. Es sind dies hölzerne, auf der Uferböschung errichtete trichterartige Gerüste (vgl. die Abbildung im Jahrgang 1870 d. Zeitschr., Bl. 40), welche die aus dem Wagen geschaufelte Kohle aufnehmen und mittels einer Schüttrinne am Trichterauslauf in das Schiff gleiten lassen. Die Kohle leidet erheblich durch den freien Fall aus dem Wagen in den Trichter und das schnelle Abstürzen in der Rinne. Es hat demnach die Kaufmannschaft in den rheinischen Hafentstädten diesen Vorrichtungen den Beinamen „Zertrümmerungsanstalten“ beigelegt. Die letzte größere Instandsetzung eines Kohlentrichters, die fast einem Neubau gleich kam, wurde im Jahre 1878 bewirkt. Seit jener Zeit ist eine ähnliche Arbeit oder gar ein Neubau selbst nicht mehr zur Ausführung gekommen.

Schon im Jahre 1876 war von dem verstorbenen Maschinenmeister Rohde eine ungleich zweckmäßigere Verladevorrichtung entworfen und im Magdeburger Hafen zu Hamburg erbaut worden: „der hydraulisch-selbstthätige Kohlenkipper“. Er ist auf Seite 297 des Jahrgangs 1878 d. Zeitschr. beschrie-

ben und durch Zeichnungen erläutert. Die gegenüber dem bedeutenden Verkehr vollständig unzureichenden Raumverhältnisse haben der Lankashire- und Yorkshire-Eisenbahn die Nothwendigkeit eines Umbaues des Bahnhofes in jüngerer Zeit nahe gelegt. Die allgemeinen Umriss des Planes sind aus der auf Blatt 45 beigegebenen Zeichnung ersichtlich. Danach wird der Bahnhof 11 Geleise und 5 Perrons einschließ- lich einer Fahrstraße erhalten; letztere soll mit einer Durch- fahrt versehen werden, welcher bereits in den allgemeinen Vor- bemerkungen gedacht wurde.

(Schluß folgt.)

ben und durch Zeichnungen erläutert. Wir ergänzen jene Be- schreibung durch die folgende kurze Darlegung der Selbstthätig- keit des Betriebes: Der Eisenbahnwagen wird auf eine Bühne geschoben, welche in der Mitte um eine fest gelagerte Achse drehbar ist und an der vorderen Kante durch den Stempel eines um einen Zapfen schwingenden Wasserdruckcyinders gestützt wird. Letzterer steht mit einem Sammler in Verbindung, wel- cher, unmittelbar neben dem Kipper aufgestellt, weder eine Maschine noch eine größere Pumpenanlage, sondern nur eine kleine Handdruckpumpe zu seiner Speisung besitzt und durch diese ein für allemal und bei besonderen Wasserverlusten ge- füllt wird. Die Gewichte des Sammlers erzeugen einen Druck von 20 Atmosphären; ein beladener Kohlenwagen übt dagegen einen solchen von 25 Atmosphären auf den Stempel aus. So- bald man demnach durch Oeffnen eines Steuerventils die Ver- bindung zwischen Sammler und Cylinder herstellt, so wird der Ueberdruck von 5 Atmosphären den Stempel in den Cylinder und das Wasser desselben in den Sammler pressen; die Bühne mit dem Wagen neigt sich nach der Wasserseite, und die Kohlenladung gleitet durch die geöffnete Kopfbracke in das Schiff. Während der Bewegung steigt der Wasserdruck im Cylinder nach und nach von 25 bis auf 40 Atmosphären. Dieser Zunahme wird durch ein entsprechendes Sperren des Steuerventils bis zum vollständigen Schließen entgegengewirkt. Ist der Wagen leer, so übt er nur einen Druck von 16 Atmo- sphären auf den Stempel aus. Wird nun wiederum dasselbe Steuerventil geöffnet, so treibt der Ueberdruck von $20 - 16 = 4$ Atmosphären des Sammlers das Wasser in den Stempel zurück, hebt dadurch den letzteren, und die Bühne mit dem Wagen gelangt in ihre ursprüngliche Lage, der Wagen kann abgefah- ren und durch einen anderen, beladenen ersetzt werden. Es wird somit das Gewicht der Kohlenladung in sehr geschickter Weise durch vermittelnde Umwandlung in Wasserdruck zur Ent- leerung des Wagens selbstthätig verwendet.

Dieser selbstthätige Wasserkraft-Kipper ist nur einmal zur Ausführung gekommen. So viel Anerkennung seine Erfindung auch verdient, so dürfte unseres Erachtens ein zweiter derarti- ger Kipper kaum angelegt werden, denn die selbstthätigen Kohlenkipper, welche in gleicher Weise die Entleerung des Wagens ausschließ- lich durch Benutzung des Gewichts der Kohlenladung, ohne Vermittlung von Wasserdruck, bewirken, deren erster bereits im Jahre 1878 erbaut wurde, arbeiten schneller, sind daher leistungsfähiger und können zudem wohl-

feiler hergestellt werden. Diese sollen deshalb auch der Gegenstand der nachfolgenden Mittheilungen sein.

I. Beschreibung der selbstthätigen Kohlenkipper.

In den später folgenden Figuren 3 bis 6 theilen wir diejenigen Bauarten von Kohlenkippern mit, welche bisher entweder zur Ausführung gekommen oder zur Ausführung vorgeschlagen worden sind. Bei sämtlichen Anlagen besteht die Vorrichtung aus einem auf der Uferböschung errichteten Unterbau, welcher eine bewegliche Bühne trägt. Letztere ist zur Aufnahme des Eisenbahnwagens mit einem Schienengeleise versehen, und derartig an eine Achse aufgehängt oder durch eine Kante gestützt, daß sie senkrecht zum Ufer bis zu einer Neigung von 45° gedreht werden kann. Die Bühne hat an der Landseite ein gewöhnliches festes Auflager, von welchem sie sich leicht abheben läßt. Sie zeigt eine waagerechte Geleislage, so lange sie unbelastet oder nur mit einem leeren Wagen besetzt ist, ein beladener Kohlenwagen dagegen bringt eine derartige Störung des Gleichgewichts hervor, daß sie das Bestreben erhält, nach der Wasserseite zu kippen. Zur Erläuterung verweisen wir auf die beistehenden Figuren 1 und 2.

Fig. 1.

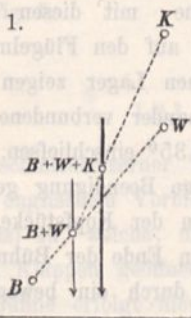
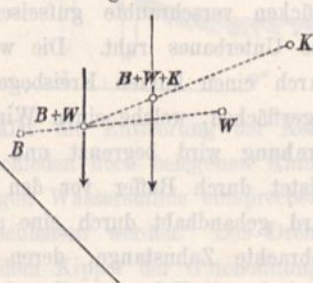


Fig. 2.



Nehmen wir an, daß die Stellen B , W und K die Schwerpunkte von Bühne, Wagen und Kohlenladung mit den Gewichten von angenommenen 14, 6 und 10 Tonnen bedeuten, so wird an der Stelle $B+W$ bzw. $B+W+K$ der gemeinsame Schwerpunkt von Bühne und leerem Wagen, bzw. Bühne und vollem Wagen, sich befinden. Wird nun der Drehpunkt der Bühne derartig angeordnet, daß in der waagerechten Stellung (Fig. 1) die durch $B+W+K$ geführte Schwerlinie wasserseitig, dagegen in der schrägen Stellung (Fig. 2) die gleiche durch $B+W$ geführte Linie landseitig von dem Drehpunkt sich befindet, so wird einerseits durch das Uebergewicht der beladenen Bühne nach der Wasserseite ein selbstthätiges Vorwärtskippen und andererseits durch das Uebergewicht der leeren Bühne nach der Landseite ein selbstthätiges Rückwärtskippen eintreten. Da der waagerechte Abstand der beiden Schwerlinien durch den Uebergang zur schrägen Bühnenstellung zunimmt, wie aus den Figuren sofort ersichtlich, so ist das selbstthätige Rückwärtskippen der Bühne leicht zu erreichen. Es empfiehlt sich jedoch, den Drehpunkt derartig anzuordnen, daß die Schwerlinie durch $B+W$ auch bei waagerechter Lage (Fig. 1) um ein geringes Maß landseitig liege, weil alsdann ein leerer Wagen auf der Bühne sicher steht, ohne daß es nöthig ist, die Bremse anzuziehen. Ein beladener Wagen kann in dieser Stellung immer nur unter Anwendung der Bremse gehalten werden. Wird diese gelöst, so nimmt er die schräge Stellung selbstthätig ein und entleert die Kohle durch die vorher geöffnete Kopfbrücke in das Schiff. Die Entleerung veranlaßt eine Verschiebung des Gesamtschwerpunktes aller beweglichen Theile von $B+W+K$

bis $B+W$. Es muß daher während des Abstürzens der Kohle die Bremse fest angezogen werden, und angezogen bleiben, bis der Wagen vollkommen entleert ist. Hat die Entleerung stattgefunden, so bewirkt eine Lockerung derselben Bremse das selbstthätige Zurückschlagen des Wagens.

1. Kipper der Gutehoffnungshütte.

Der erste Entwurf zu einem selbstthätigen Kohlenkipper wurde von dem Ingenieur Friedhoff in Ruhrort auf Anregung und unter Benutzung des Reiseberichts eines preussischen Baubeamten, nämlich des Wasser-Bauinspectors von Dömming, aufgestellt. Dieser hatte im Auftrage des Herrn Ministers der öffentlichen Arbeiten im Jahre 1876 eine Studienreise nach England zur Besichtigung der dortigen Kohlenverlade-Vorrichtungen ausgeführt und darüber den später im Jahrgang 1878 dieser Zeitschrift veröffentlichten Reisebericht erstattet. Er beschreibt auf Seite 285 bis 288 zwei verschiedene Arten von Kohlenkippern. Der erste, welcher mehrfach zu Birkenhead und am Bramley Moore-Dock in Liverpool zur Ausführung gekommen war, besitzt eine segmentförmige Bühne, die an Zapfen in der Nähe des Schwerpunktes aller beweglichen Theile derartig aufgehängt ist, daß sie, mit einem vollen Wagen besetzt, selbstthätig vorwärts kippen kann. Die Segmente sind gezahnt und mit Getriebe, Vorgelege und Bremsscheibe verbunden. Die Bremsscheibe kommt bei der Vorwärtsbewegung zur Anwendung; mit dem Vorgelege wird die Bühne nach der Entladung des Wagens zurück gedreht.

Der zweite, in Newport am River Usk zur Ausführung gekommene Kipper zeigt eine ebenfalls mit Zahnviertelkreisen, Vorgelege und Bremsscheibe ausgestattete Bühne. Letztere hat aber am hinteren Ende mehrere Gegengewichte erhalten, sodafs das Uebergewicht der Bühne landseitig liegt, und demnach dieser Kipper selbstthätig zurück kippt, während er nach vorwärts durch die Vorgelege gedreht werden muß.

Die von Herrn von Dömming empfohlene Anordnung, einen Kipper nach Art des zu Birkenhead ausgeführten derartig am hinteren Ende der Bühne durch Gegengewichte zu belasten, daß das Gewicht des leeren Wagens und des vor dem Drehpunkt liegenden Theils der Bühne ausgeglichen oder um ein Geringes übertroffen werde, wurde durch Herrn Friedhoff in sehr geschickter Weise bei dem Entwurf eines Kippers für 200 Ctr.-Wagen bis zur vollen Selbstthätigkeit in der Bewegung nach beiden Richtungen durchgebildet, und zwar ohne Benutzung von Gegengewichten, nur durch eine ausreichend bemessene rückseitige Verlängerung der Bühne.

Der Kipper war für die Firma Franz Haniel & Co. in Ruhrort entworfen worden; er wurde im Schleusenhafen daselbst durch die Gutehoffnungshütte zu Oberhausen mit der bei diesem Werk bekannten Geschicklichkeit errichtet. Letztere besitzt für die Art der Aufhängung unter Nr. 6129 vom 22. October 1878 den Patentschutz. Die Zeichnung Fig. 3 erläutert die Bauart mit denjenigen Verbesserungen, welche als Ergebnisse der Erfahrung bei den neuerdings von derselben Firma erbauten Kippern zur Anwendung gelangen.

Der Unterbau wird massiv hergestellt, gewöhnlich auf Beton zwischen Spundwänden fundirt, und endigt in zwei Flügelmauern, welche die Lager für die kräftigen Drehzapfen tragen. An diesen hängen Segmente, welche durch zwei starke Gevierteisen verbunden werden. Letztere tragen die Längsträ-

ger der Bühne mit den Schienen. Der Wagen wird durch zwei Fanghaken an der vorderen Achse gehalten. Dieselben

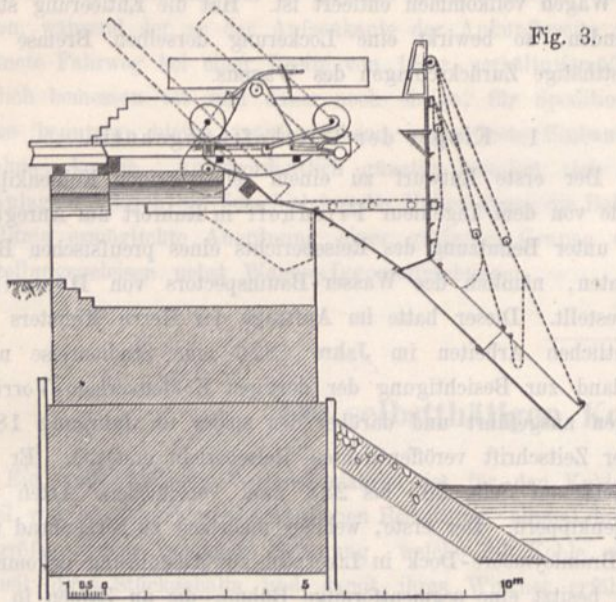


Fig. 3.

sind an der Bühne befestigt und mit Rücksicht auf die tief herabreichenden Gestänge der mit Bremsen ausgestatteten Wagen derartig beweglich eingerichtet, daß sie durch den Druck der vorderen Räder mit Hilfe einer Hebelübersetzung erst dann gehoben werden, wenn das Bremsgestänge nicht mehr von ihnen erfaßt werden kann. Eine ähnliche Fangvorrichtung war bereits im Jahre 1876 bei dem selbstthätigen Wasserkraft-Kipper von Rohde und Schmitz im Hamburger Hafen zur Anwendung gekommen und hatte sich dort gut bewährt. Vor dem Kipper befindet sich ein eiserner Trichter, welcher die Kohlenladung aufnimmt und durch eine Schüttrinne in das Schiff leitet. Zwischen Trichter und Schüttrinne liegt eine Verschlussstür.

Die Abweichungen bei den neueren Ausführungen dieser Kipper von der Bauart des ersten bestehen wesentlich in folgendem: Die anfänglich in Gufseisen ausgeführten Segmente werden aus Schmiedeeisen hergestellt. Die Fangvorrichtung an der vorderen Wagenachse, welche früher an einem unverrückbaren Drehpunkt befestigt war, wird waagrecht verschiebbar eingerichtet derartig, daß sie mit Hilfe einer kräftigen Schraube, deren Mutter durch ein seitlich angebrachtes Vorgelege gedreht wird, vor und zurück gezogen werden kann. Dadurch wird ermöglicht, daß auch Wagen mit weitem Radstand die zum Kippen erforderliche Schwerpunktslage einnehmen können. Ferner wird der Trichter vergrößert, zur Aufnahme von 200 Ctr. Kohlenladung, neuerdings auch 300 Ctr. Füllung eingerichtet, und endlich wird das untere Ende des Kohlentrichters fahrbar auf Rollen hergestellt, sodafs es bei höheren Wasserständen innerhalb des Mauerwerks zurück gezogen werden kann, wie in der Zeichnung Fig. 3 punktirt angedeutet worden ist. Hierdurch soll ein Unterfahren der Vorrichtung durch Schiffe und eine Benutzung des Kippers auch bei hohen Wasserständen ermöglicht werden.

2. Kipper von Gerhardt.

Ein zweiter, von dem Verfasser im Sommer 1879 entworfen und s. Z. unter Nr. 9889 vom 4. September 1879 patentirter Kohlenkipper ist in Fig. 4 dargestellt worden. Er unterscheidet sich im wesentlichen von dem vorangeführten dadurch, daß die Bühne nicht auf Vierkanteisen in Segmenten und Zapfen hängt, sondern, als gewöhnliche schmiedeeiserne

Brücke erbaut, durch Flach- und Winkeleisen mit zwei gleichfalls aus Schmiedeeisen hergestellten seitlichen Kopfstücken fest

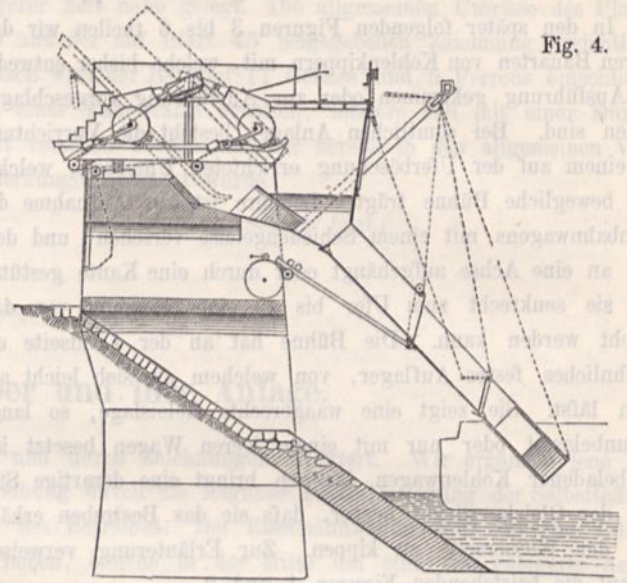


Fig. 4.

vernietet ist, und durch wiegeähnliche, mit diesen Kopfstücken verschraubte gufseiserne Lager auf den Flügelmauern des Unterbaues ruht. Die wiegeähnlichen Lager zeigen zwei durch einen kurzen Kreisbogen mit einander verbundene Auflagerflächen, welche einen Winkel von 135° einschließen. Die Drehung wird begrenzt und ihre ruhige Beendigung gewährleistet durch Buffer vor den Endflächen der Kopfstücke. Sie wird gehandhabt durch eine am hinteren Ende der Bühne angebrachte Zahnstange, deren Getriebe durch ein bewegliches Dreieck mit Führungsrollen in stetem Zusammenhange mit der Zahnstange erhalten wird und mit einer Bremsscheibe in Verbindung steht. Die Feststellung der Wagen auf der Bühne erfolgt durch zwei Paare von Fanghaken in der vorderen und hinteren Achse. Beide Fangvorrichtungen werden durch den Druck der bezüglichen Räder mittels Hebelübersetzung in die Höhe gehoben. Sie sind derartig beweglich mit einander verbunden, daß jeder Wagen von beliebigem Radstand selbstthätig, ohne Hinzuthun der Arbeiter stets an derjenigen Stelle fest gehalten wird, welche die zum Kippen erforderliche Schwerpunktslage verlangt, sodafs somit weder die Unmöglichkeit des Kippens, noch durch zu weites Vorrücken des Schwerpunktes ein zu heftiges Aufschlagen eintreten kann.

Diese selbstthätige Einstellung der Fangvorrichtungen wird dadurch erzielt, daß die Drehachsen der vorderen und hinteren Fanghaken durch starke Ketten in eigenthümlicher Führung mit einander verbunden werden (vergl. später Fig. 14). Bei der Benutzung bleiben die Fanghaken in derjenigen Stellung liegen, welche dem Radstand des so eben gekippten Wagens entspricht. Ist der Radstand des nächsten zu kippenden Wagens weiter oder enger, so werden im ersten Falle zunächst die vorderen Fanghaken eingreifen und die hinteren landeinwärts ziehen, im zweiten Falle umgekehrt die hinteren Haken zuerst fassen und die vorderen bis zur Mittelstellung des Wagens zurückbringen.

Die Schüttrinne ist stellbar eingerichtet. Sie hat eine Verschlussstür am unteren Ende und darunter ein leicht bewegliches Endstück, welches die Kohle bis nahe auf den Boden des Schiffes bringt und sie durch Oeffnen der Seitenwände seitwärts zu schütten vermag (siehe später Fig. 15).

3. Kipper in Duisburg.

Ein dritter Kohlenkipper von eigenartiger Bauart ist im Herbst 1879 durch den Rhein-Ruhr-Canal-Actien-Verein in Duisburg im dortigen Hafen zur Ausführung gekommen. Er ist in Fig. 5 dargestellt. Sein Unterbau besteht aus Holz.

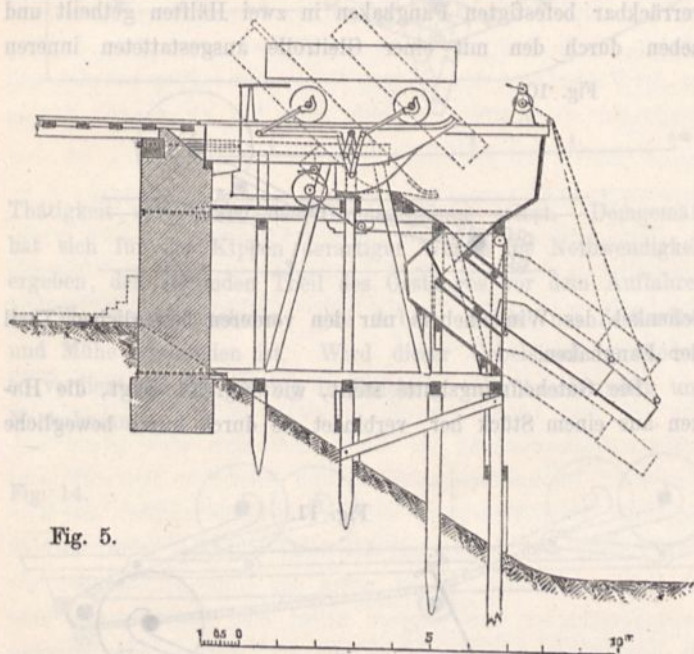


Fig. 5.

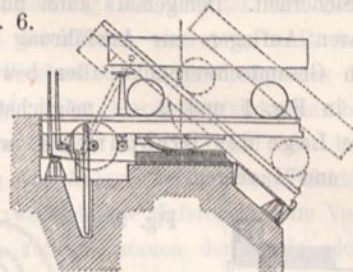
Ein schmiedeeiserner Trichter läßt die Entleerung der Kohle nach englischem Vorbild in verschieden hoch belegenen Rinnen (spouts) zu, welche, dem jeweiligen Wasserstande entsprechend, durch Klappen geöffnet oder geschlossen werden. Das Drehen der Bühne erfolgt hier wie bei dem Kipper der Gutehoffnungshütte um Zapfen. Dieselben sind jedoch nicht in der Höhe des Schwerpunktes aller beweglichen Theile, sondern ungefähr in Schienenhöhe angebracht worden. Das Bremsen geschieht durch einen Bremsklotz, welcher mittels eines hebelartigen Gestänges gegen einen unterhalb der Bühne befestigten Bremsquadranten gedrückt wird. Zwei Fanghaken an der vorderen und hinteren Achse ermöglichen ein selbstthätiges Einstellen des Wagens in die richtige Schwerpunktslage dadurch, daß beide Fanghaken in Führungen der Bühne gleiten und durch ein scheerenartiges Gestänge mit dem Zapfen verbunden sind (siehe später Fig. 13). Die aus zwei Theilen bestehende Schüttrinne kann in die Verlängerung jeder der drei Trichteröffnungen gebracht werden. Der untere, kleinere Theil dient dazu, durch geringes Anheben das Gleiten der Kohlenladung in der Rinne aufzuheben, er vertritt demnach die Verschlussflur.

4. Kipper von Weidtmann.

Endlich ist ein vierter Vorschlag zur Anlage von Kohlenkippern zu erwähnen, welcher von dem Generaldirector J. Weidtmann in Dortmund herrührt und demselben unter Nr. 10428 vom 30. December 1879 patentirt worden ist (s. Fig. 6). Das Patent ist inzwischen gelöscht. Die Bühne ruht vermittelst zweier wiegeähnlicher Stücke auf Lagerplatten des Unterbaues. Um ein Gleiten zu verhüten, sind die sich berührenden Flächen zum Theil gezahnt. Am hinteren Ende der Bühne ist eine Zugstange angebracht worden, welche durch Vorgelege und Bremsband die Drehung leitet. Die Bewegung der Bühne wird in den Endstellungen durch Buffer begrenzt und sie selbst alsdann in diesen Lagen durch Klinken gehalten. Die Auslösung

der Klinken geschieht durch eine Stangenführung mit Handhebel. Die Feststellung des Wagens soll durch ein Paar Fang-

Fig. 6.



haken an der vorderen Achse und Sicherheitsketten am hinteren Ende erfolgen. Für die Ausbildung der Schüttrinne wurden besondere Vorschläge nicht gemacht.

Die hier beschriebenen vier selbstthätigen Kohlenkipper sind unseres Wissens die einzigen Kohlensturz-Vorrichtungen, welche unter Beachtung des Gesetzes der mechanischen Selbstthätigkeit bisher überhaupt entworfen worden sind. Das Ausland kennt derartige Einrichtungen nicht. Veröffentlicht doch der Engineer in seiner Nummer vom 5. Juli 1885 in mehreren sehr ausführlichen Zeichnungen einen mechanischen Kohlenkipper, welcher nur selbstthätig vorwärts zu kippen vermag, zurück dagegen wie der Kipper von Birkenhead durch ein Vorgelege gedreht werden muß.

II. Vergleichende Beurtheilung der selbstthätigen Kohlenkipper.

1. Der Unterbau.

Dieser ist stets von Stein herzustellen. Ein hölzerner Unterbau war nur einmal, bei dem Duisburger Kipper, zur Anwendung gekommen. Er wurde dort vorzüglich entworfen und ausgeführt, dennoch hat der Rhein-Ruhr-Canal-Actien-Verein vorgezogen, seinem zweiten Kohlenkipper einen festeren Unterbau zu geben; und mit Recht. Die Verwendbarkeit eines Kippers auf lange Jahre hinaus ist nach den gegenwärtigen Erfahrungen keinem Zweifel mehr unterworfen. Der bewegliche Oberbau kann sehr dauerhaft und solide ausgeführt werden, es ist daher wirtschaftlich richtig, auch den Unterbau von entsprechender Haltbarkeit herzustellen. Wie dies auszuführen ist, hängt selbstredend von den örtlichen Verhältnissen ab. Bei den unteren Rheinhäfen dürfte z. B. die Anwendung zweier Brunnen u. E. wohlfeiler sein als die Gründung auf Beton zwischen Spundwänden.

2. Die Drehung.

In Bezug auf die Art der Drehung sind bei allen 4 Kippern nur 2 Hauptunterschiede zu machen: erstens das Drehen um Zapfen (Fig. 3 und 5), und zweitens das Kippen nach Art einer Wiege (Fig. 4 und 6). In beiden Fällen ist zu unterscheiden eine hohe Lage von einer tiefen Lage des beweglichen Auflagers. Die letztere Anordnung ist in dem Kipper in Duisburg (Fig. 5) zur Ausführung gekommen, und wird von Herrn Weidtmann (Fig. 6) empfohlen. Sie ist nicht ohne Bedenken, da sie dem Gesamtschwerpunkt aller beweglichen Theile einen verhältnißmäßig weiten Weg vorschreibt, weshalb sowohl die Arbeit, welche die Drehung entwickelt, als auch die lebendige Kraft, welche die Bewegung hervorruft, sehr groß wird. Mit der Arbeit und der lebendigen Kraft wächst aber die erforderliche Gegenleistung der Bremse und der Stofs der aufschlagenden Bühne. Diese Nachteile haben sich auch bei der ersten Benutzung des Duisburger Kippers herausgestellt und

Veranlassung zu einer nachträglichen Verstärkung der Bremse gegeben. Seit Vornahme dieser Verstärkung arbeitet der Kipper mit genügender Sicherheit. Demgemäß kann nur eine derartige Lage des drehbaren Auflagers zur Ausführung empfohlen werden, welche dem Gesamtschwerpunkt aller beweglichen Theile — $B+W+K$ in Fig. 1 und 2 — möglichst nahe kommt: das ist die hohe Lage des Drehpunktes, wie sie die Kipper nach Fig. 3 und 4 zeigen.

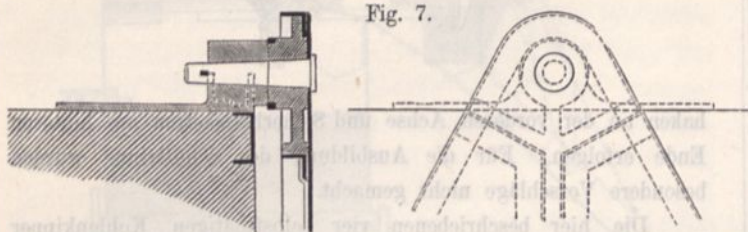


Fig. 7.

Die Art der Aufhängung durch Zapfen (Fig. 7) oder mittels einer Wiege (Fig. 8) stehen gleichberechtigt neben einander. Der Zapfen giebt dem Laien ein Gefühl von Sicherheit gegen

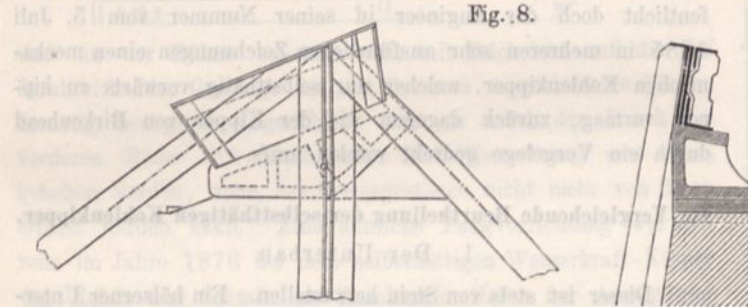
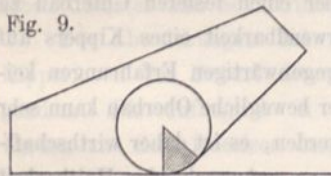


Fig. 8.

Kanten. Wenn man aber bedenkt, daß bei einigermaßen guter Lage des Schwerpunktes der Zapfen einzig nur in demjenigen Achtelkreis zur Anwendung gelangt, welcher vor dem unteren

Fig. 9.



Berührungspunkt liegt (vergl. Fig. 9), im übrigen Theil außer Berührung mit dem Halslager bleibt, so ist der Zapfen thatsächlich nahezu in die Wiege übergegangen. Nun

hat die letztere den Vorzug, daß sie für die Befestigung der Verbindungstheile zwischen Auflager und Bühne eine breite Fläche bietet, solche daher einfacher und solider ausgeführt werden kann als bei dem Zapfen, und da außerdem Verfasser für die von ihm entworfene Anordnung der Wiege den Patentschutz hat fallen lassen, letzterer aber für die Zapfenconstruction der Gutehoffnungshütte noch besteht, und sein Einfluß auf den von diesem Werk für den Oberbau geforderten Preis (18500 \mathcal{M}) zu bemerken ist, so dürfte die Anwendung der Wiege bei künftigen Kipperanlagen Berücksichtigung verdienen.

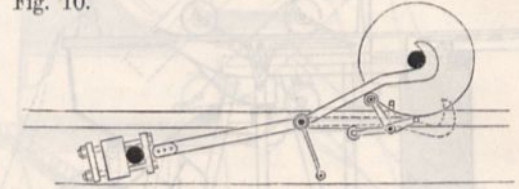
3. Die Einstellung der Wagen.

Die Befestigung der Eisenbahnwagen auf der Bühne geschieht bei allen Kippern durch Fanghaken an der vorderen Achse. Die Ausbildung dieser Fangvorrichtungen läßt eine große Mannigfaltigkeit zu; wir geben in den Figuren 10 bis 12 einige Beispiele. Immer wird der Druck des Rades dazu benutzt, um durch einen neben den Schienen angebrachten Arm eines Winkelhebels die zwischen den Schienen angeordneten Fanghaken in die Höhe und gegen die Achse zu drücken. Damit das etwa vorhandene Bremsgestänge des Wagens nicht getroffen werde, darf das Heben der Haken nicht so früh beginnen und

mufs schnell beendet werden. Es steht somit nur ein kurzer Weg des Rades für die Hebung zur Verfügung, und es folgt daraus, daß eine mehrfache Hebelübersetzung erforderlich ist, so wie, daß es vortheilhaft ist, das Gewicht der schweren Haken durch andere Vorrichtungen auszugleichen.

Rohde und Schmitz (Fig. 10) haben zu dem Ende die unverrückbar befestigten Fanghaken in zwei Hälften getheilt und heben durch den mit einer Gleitrolle ausgestatteten inneren

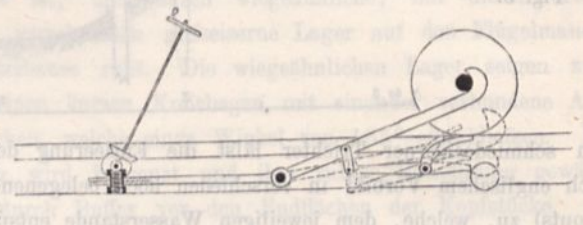
Fig. 10.



Schenkel des Winkelhebels nur den vorderen beweglichen Theil der Fanghaken.

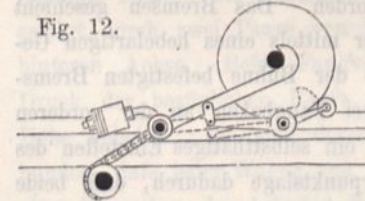
Die Gutehoffnungshütte stellt, wie Fig. 11 zeigt, die Haken aus einem Stück her, verbindet sie durch kurze bewegliche

Fig. 11.



Laschen mit dem inneren Schenkel der Winkelhebel und gleicht ihr Gewicht durch Gegengewichte aus, welche zwischen den Schienen an der Achse des Winkelhebels wasserseitig befestigt sind.

Fig. 12.



Verfasser, dessen Fangvorrichtung nach Fig. 12 auf zwei durch Schienen verbundenen Rollenpaaren beweglich ist, kann die Schwere der Fanghaken nur durch land-

seitig angebrachte Gegengewichte ausgleichen, und versieht den neben der Schiene befindlichen, vom Rade gedrückten Schenkel des Winkelhebels mit einer Gleitrolle, um die drehende Bewegung des Rades aufzuheben.

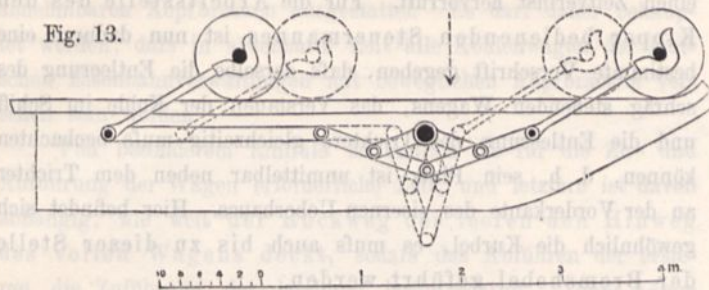
Von hervorragender Wichtigkeit ist es, die Fanghaken derartig anzubringen, daß die zum Kippen erforderliche Gleichgewichtsstörung stets vorhanden ist.

Das zu dem Ende von der Gutehoffnungshütte eingeschlagene Verfahren, die vorderen Fanghakenpaare durch eine Schraube mit drehbarer Mutter (vergl. Fig. 11), welche letztere durch ein seitlich auf dem Quadranten befestigtes Vorgelege mit Handrad bewegt wird, vor und zurück zu ziehen, kann nicht als glücklich bezeichnet werden, da die Benutzung dieser Vorrichtung viel Zeit in Anspruch nimmt, auch manche Ungenauigkeiten in der Einstellung zuläßt.

Ungleich zweckmäßiger ist dagegen die Einrichtung des Duisburger Kippers mit der scheerenartigen Befestigung (Fig. 13), welche jeden Wagen beliebigen Radstandes stets an der richtigen Stelle festhält. Nur ist leider die Fanghaken-Vorrichtung nicht so vollkommen ausgebildet, daß auch Eisenbahnwagen

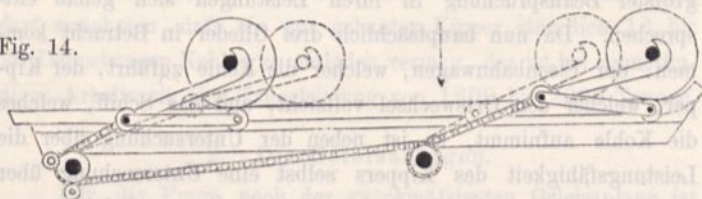
mit sehr tief herabreichendem Bremsgestänge auffahren dürfen. Es treten vielmehr in solchen Fällen die Fanghaken zu früh in

Fig. 13.



Thätigkeit und fassen das Bremsgestänge selbst. Demgemäß hat sich für das Kippen derartiger Wagen die Nothwendigkeit ergeben, den störenden Theil des Gestänges vor dem Auffahren des Wagens abzunehmen, eine Arbeit, welche mit Zeitverlust und Mühe verbunden ist. Wird dieser Uebelstand vermieden, so verdient die Einrichtung in Duisburg volle Anerkennung und Nachahmung.

Fig. 14.



Verfasser hat dasselbe Ziel durch die in Fig. 14 dargestellte Verbindung der Fanghaken mittels Ketten erstrebt, bei welcher die Einstellung nur durch zugweise Beanspruchung erfolgt, daher Klemmen von Bolzen u. dergl. vermieden wird. An der unteren Gurtung der Bühne sind Lager für kräftige Wellen befestigt, welche Kettenscheiben tragen. Die Ketten der hinteren Fangvorrichtung werden über die hinteren Kettenscheiben geführt, durch Gegenrollen gehalten und demnächst an den vorderen Scheiben befestigt. Eben daselbst werden die zu den vorderen Fanghakenpaaren gehörigen Ketten verschraubt. Der zwischen den Wellen befindliche Theil der Kette kann durch eine Zugstange ersetzt werden.

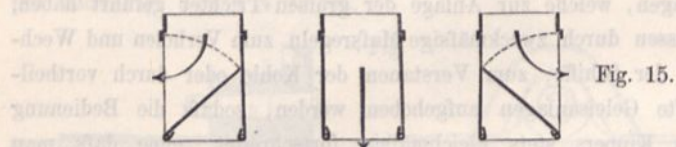
4. Die Schüttrinne mit Trichter.

Der Trichter, welcher die aus dem Wagen gleitende Kohle zunächst aufnimmt und in die Schüttrinne überführt, wird von der Gutehoffnungshütte sehr groß, bis zu 300 Ctr. Fassung, hergestellt. Diese Maßregel soll bezwecken, das Kippen und damit die Ab- und Zuführung der Wagen fortsetzen zu können, selbst wenn in dem Verholen der Schiffe und dem Verstauen der Kohle ein Aufenthalt entstehen sollte; man benutzt den Trichter als Aufbewahrungsraum. Eine derartige Handhabung des Betriebes setzt aber voraus, daß der Trichter zu verschiedenen Zeiten verschieden gefüllt ist, ein Verfahren, dem unseres Erachtens grundsätzlich entgegen getreten werden muß. Denn die ungleiche Füllung des Trichters hat ein ungleiches Abstürzen der Kohle aus dem Wagen in bald größerer, bald geringerer Höhe zur Folge. Es wird somit die geringste erreichbare Fallhöhe sehr häufig überschritten und damit eine Zertrümmerung und Entwerthung der Kohle herbeigeführt, welche vermieden werden kann. Zur Schonung der Kohle muß der freie Fall vom Wagen auf die lagernde Kohle im Trichter dauernd so klein als möglich erhalten werden, und zwar dadurch, daß nur dann und in solcher Menge Kohlen am Ende

der Schüttrinne abgelassen werden, wenn und in welchem Maße neue Kohlen aus dem Wagen in den Trichter hinzutreten. Eine vollkommene Entleerung von Trichter und Rinne darf nur aus kaufmännischen Rücksichten eintreten, z. B. beim Wechsel der Kohlsorten, Wechsel der Schiffe oder des Eigenthümers der Kohlen u. dergl. Die Unregelmäßigkeiten beim Löschen der Kohlen aus dem Kipper in das Schiff oder beim Zuführen der Wagen, welche zur Anlage der großen Trichter geführt haben, müssen durch zweckmäßige Maßregeln zum Verholen und Wechsel der Schiffe, zum Verstauen der Kohle oder durch vortheilhafte Geleisanlagen aufgehoben werden, sodafs die Bedienung des Kippers stets gleichmäßig fortschreitet, ohne daß man genöthigt ist, den Trichter als Lagerraum zu benutzen. Dann wird die Schonung der Kohle bei Benutzung des Kippers in der erreichbar besten Weise stattfinden, und der große Fassungsraum des Trichters ist nicht erforderlich.

Zur Ueberführung der Kohle in das Schiff dienen meist gerade Schüttrinnen. Diese können fest sein und aus einem Stück bestehen, sobald der Kipper an einem Canal oder einem Fluß mit wenig veränderlichem Wasserstand sich befindet. Ein in weiteren Grenzen wechselnder Wasserstand verlangt dagegen eine stellbare Rinne, welche leicht und ohne Zeitverlust dem jeweiligen Wasserspiegel entsprechend verlängert oder verkürzt werden kann. Diese Vorschrift läßt eine mannigfache Ausbildung der Rinne zu. Es wird dabei immer von Vortheil sein, sie mit dem Kipper derartig zu verbinden, daß ihre Einstellung von diesem aus möglich ist, ohne das Schiff beseitigen zu müssen. Die englische Einrichtung der Spouts am Duisburger Kipper hat sich für die weiche westfälische Kohle nicht bewährt; da an Stellen, an den die Schüttrinne in gebrochener Linie die Richtung wechselt, ein senkrecht Fallen der Kohlenstücke und damit eine Zertrümmerung derselben unvermeidlich ist. Auch die Rinne der Gutehoffnungshütte kann nicht günstig beurtheilt werden. Die einzelnen schweren Rinnentheile ruhen mittels Haken auf dem Rande des vorhergehenden Stückes auf; sie können bei wechselndem Wasserstande nur mit Mühe und Zeitverlust durch Unterfahren eines Prahmes nach Beseitigung des vorliegenden Schiffes gelöst und auf das Ufer neben den Kipper befördert werden. Aus diesem Grunde zeigt die Rinne nicht immer die wünschenswerthe, dem Wasserstande entsprechend genaue Einstellung. Zudem ist diese Rinne 2,10 m breit. Sie würde, schmaler gebaut, leichter zwischen dem oft hinderlichen Tauwerk und den Decküberbauten der Schiffe vordringen können. Dieser Umstand war beispielsweise maßgebend dafür gewesen, die im J. 1881 am Nord- und Südhafen in Ruhrort angelegten Ladebühnen, welche für das Verladen von Kohlen mittels eiserner Kippwagen bestimmt sind (s. Zeitschr. f. Bauwesen 1883 S. 94), mit spitzem Auslauf zu versehen. Die Rinne am Duisburger Kipper (Fig. 4) ist 1,6 m breit; die Kohlentrichter haben nur solche von 1 bis 1,2 m Breite. Eine Rinne von 1,5 m bis höchstens 1,7 m Breite dürfte daher ihrem Zweck am besten entsprechen. Sie würde ausreichende Bequemlichkeit bei dem Vordringen zwischen Tauwerk u. dergl. bieten, gleichzeitig die wünschenswerthe Leichtigkeit und Beweglichkeit in der Handhabung besitzen und vollkommen ausreichen, um die Kohle derartig zum Abflufs in das Schiff zu bringen, daß die Zeit für das Zurückschlagen des Wagens und der Bühne nicht übermäßig verlängert wird. Außerdem dürfte es sich empfehlen, die Schüttrinne auf irgend eine

Weise bis in das Schiff selbst fortzusetzen, da alsdann der freie Fall der Kohle vom Ende der Rinne auf den Boden des Schiffes verringert wird. Dieser Rinnenthail muß leicht über die Querwände des Schiffes gehoben werden können, er muß also jederzeit frei von Kohlen sein; die Abschlußthür muß sich oberhalb befinden. Eine derartige Anordnung wurde in Fig. 4 vorgesehen.



Die Figuren 15 erläutern die weitere Ausbildung dieses Rinnenauslaufs mit beweglichen Seitenwänden. Letztere ermöglichen das Ausschütten der Kohlen nach den Seiten, ein Umstand, welcher für das Verstauen von Vortheil ist.

5. Die Bremse und die Abschlußthür der Rinne.

Das Eingangsetzen und die Führung der Drehbewegung geschieht immer unter Benutzung einer einfachen Bremse. Eine Differenzialbremse, welche anfänglich für den ersten Kipper der Gutehoffnungshütte entworfen, später aufgegeben worden war, und welche auch Herr Weidtmann in Aussicht nimmt, würde den an sie zu stellenden Forderungen nicht entsprechen können, da das Bremsen nicht allein vorwärts, sondern auch rückwärts stattfinden muß. Sie hat aber nach Ansicht des Verfassers besondere Vorzüge alsdann, wenn sie doppelt zur Anwendung kommt. Zwei Differenzialbremsen an zwei Bremscheiben auf derselben Welle für die Hin- und Rückbewegung würden den Arbeiter befähigen, mit geringerer Kraftanstrengung und größerer Schnelligkeit die Bremswirkung auszuüben, sie würden ihm die Führung des Kippers mit größerer Leichtigkeit und Sicherheit in die Hand geben, als eine einfache Bremse es vermag.

Die Vorrichtung zum Aufhalten der Kohle in der Rinne besitzt eine Bedeutung, welche nicht unterschätzt werden darf, da von ihrer Lage und Bedienung die Schonung der Kohle hauptsächlich abhängt. Man benutzt entweder eine Abschlußthür in der Rinne, d. i. eine Fallthür aus Eisenblech mit waagerecher oberer oder unterer Drehachse, welche durch eine Kette vom Kipper aus gehalten wird, oder man macht das unterste Rinnenstück beweglich und hebt dasselbe mit den aufliegenden Kohlenstücken. Ein geringer Zug an der Thür oder ein geringes Heben des Rinnen-Endstücks genügt, um die Kohle, unterstützt durch die Reibung der oberhalb befindlichen Kohlenstücke, im Lauf aufzuhalten. Die Thür muß stets möglichst tief nahe dem Ende der Schüttrinne angeordnet werden; sie am Ende des Trichters und Anfang der Rinne anzubringen, ist unvortheilhaft, weil die Kohlenstücke einzeln die Rinne in voller Länge durchlaufen müssen und dadurch am Ende derselben eine Geschwindigkeit gewinnen, welche von nachtheiligem Einfluß auf ihre Festigkeit ist.

Die Abschlußthür muß mit großer Aufmerksamkeit bedient werden, sodafs die Kohle möglichst langsam in geschlossener Masse die Rinne durchgleitet, und sofort im Lauf aufgehalten wird, sobald der Zufluß am Trichter aufhört. Hieraus folgt ein enger Zusammenhang zwischen der Bedienung des Bremshebels und der Kurbel für die Abschlußthür. Beide müssen unmittelbar neben einander angeordnet werden, sodafs der Hand-

habung des Bremshebels diejenige der Kurbel, und umgekehrt, sofort folgen kann, ohne dafs ein Platzwechsel des Arbeiters einen Zeitverlust hervorruft. Für die Arbeitsstelle des den Kipper bedienenden Steuermannes ist nun dadurch eine bestimmte Vorschrift gegeben, dafs derselbe die Entleerung des schräg stehenden Wagens, das Verstauen der Kohle im Schiff und die Entleerung des Trichters gleichzeitig muß beobachten können, d. h. sein Platz ist unmittelbar neben dem Trichter an der Vorderkante des eisernen Ueberbaues. Hier befindet sich gewöhnlich die Kurbel, es muß auch bis zu dieser Stelle der Bremshebel geführt werden.

III. Die Anlage der selbstthätigen Kohlenkipper.

Die allgemeine Anordnung der Kipper ist von der besonderen Bauart derselben gänzlich unabhängig. Die nachfolgende Beurtheilung ist daher für alle Kipperconstructions gleichmäfsig zutreffend und anzuwenden.

Die Kipperanlage wird dann am vollkommensten sein, wenn alle bei dem Verladegeschäft mitwirkenden Vorrichtungen bei größter Beanspruchung in ihren Leistungen sich genau entsprechen. Da nun hauptsächlich drei Glieder in Betracht kommen: der Eisenbahnwagen, welcher die Kohle zuführt, der Kipper, welcher den Ortswechsel vollzieht, und das Schiff, welches die Kohle aufnimmt, so ist neben der Untersuchung über die Leistungsfähigkeit des Kippers selbst eine Untersuchung über die vortheilhafteste Geleisanlage und über die zur Erleichterung des Schiffsverkehrs zu treffenden Mafsnahmen erforderlich; außerdem bedingen endlich gewisse Rücksichten auf den kaufmännischen Betrieb besondere Nebenanlagen.

1. Einflüsse auf die Leistung des Kippers.

Die größte Leistung eines Kippers hängt neben seiner eigenen Bauart von der Bauart der Wagen und von der Zeit ab, welche die Zu- und Abführung der Wagen erfordert.

Die Bauart des Kippers ist insofern von Einfluß, als etwa vorhandene Unvollkommenheiten Zeitaufenthalt verursachen. Dahin gehört z. B. das Einstellen der Fanghaken durch ein Vorgelege, wie bei dem Kipper der Gutehoffnungshütte, oder die Nothwendigkeit, den Kipper bei ungünstiger Radstellung überhaupt durch ein Vorgelege kippen zu müssen, wie bei dem ältesten Kipper im Schleusenhafen in Ruhrort, oder endlich das Abnehmen des Bremsgestänges einzelner Wagen, wie bei dem Duisburger Kipper. Wird gegen derartige Zufälle durch selbstthätige Einstellung und gute Bauart der Fangvorrichtungen Vorsorge getroffen, so nimmt das Kippen stets nur wenige Sekunden in Anspruch.

Die Bauart des Wagens ist von Einfluß auf die Schnelligkeit, mit welcher die Kohle entleert wird. Ein Wagen, dessen Kopfbracke vollkommen beweglich ist, dessen Inhalt demnach in breitem Strom den Wagen verlassen kann, wird viel schneller entleert, als ein anderer, welcher in der Kopfbracke nur eine kleine Oeffnung hat, durch welche mit Mühe die Kohle von den Arbeitern bei schräger Wagenstellung geschaufelt werden muß. Ein Kipper, welcher 20 Doppelwagen mit beweglicher Kopfbracke in einer Stunde zu löschen vermag, kann nur 14 Doppelwagen stündlich löschen, welche in der Vorderwand eine kleine Thür haben. Dem hieraus sich ergebenden Verlangen nach Wagen mit beweglicher Kopfbracke kommen die Eisenbahnverwaltungen mit Bereitwilligkeit entgegen. Die für Kohlenbeförderung bestimmten Eisenbahnwagen, welche jetzt neu

erbaut werden, erhalten sämtlich bewegliche Kopfbracken; auch werden vielfach ältere Wagen mit drehbaren oder mindestens abnehmbaren Kopfbracken ausgestattet. Es darf daher behauptet werden, daß in absehbarer Zeit alle Kohlenwagen der deutschen Eisenbahnverwaltungen mit beweglichen Kopfbracken versehen sein werden.

Von besonderem Einfluß ist endlich die für die Zu- und Abführung der Wagen erforderliche Zeit, und letztere ist davon abhängig, wie weit der Rückweg des leeren den Hinweg des vollen Wagens deckt, sodafs das Abführen der ersteren die Zuführung der letzteren beeinträchtigt. Diese Länge ist bei Entwürfen zu Kipperanlagen auf das nach den örtlichen Verhältnissen erreichbare kleinste Mafs zu kürzen. Dabei ist die Benutzung einer Drehscheibe sowie das Mafs der Drehung von Einfluß. Die Zuführung wird beschleunigt, wenn die Drehscheibe möglichst nur einmal und zwar von dem leeren Wagen und in möglichst kleinem Winkel benutzt wird, während die vollen Wagen, wenn nicht sämtlich, so doch zum Theil, in gerader Richtung, also ohne Zeitverlust sie überschreiten. Man darf annehmen, daß ein gut gebauter Kipper stündlich 16 bis 20 Doppelwagen Kohlen zu entladen vermag, das ist bei zehnstündiger Arbeitszeit eine Tagesleistung von 1600 bis 2000 Tonnen.

2. Die Geleisanlagen.

Für die Frage nach der zweckmässigsten Geleisanlage ist von wesentlichem Einfluß die Bedeutung des Hafens. Ein kleiner Hafen, bei dem der Bahnhof sich in unmittelbarer Nähe der Entladevorrichtung befindet, bedarf einer ausgedehnten Geleisanlage für die letztere selbst nicht, da der Bedarf an Wagen jederzeit schnell von dem Haltepunkt gedeckt werden kann und die Geleise desselben unmittelbar als Stellgeleise für den Kipper dienen können.

Anders gestalten sich die Verhältnisse bei einem größeren Hafen. Hier werden auf dem Hafensbahnhof die eintreffenden Güter nach den verschiedenen Uferplätzen zu Zügen geordnet und durch Locomotiven nach ihrem Bestimmungsort befördert. Gewöhnlich sind mehrere Maschinen gleichzeitig im Betriebe, und jede derselben hat einen bestimmten Theil des Hafens zu bedienen. Sie führt dies dadurch aus, daß sie den einzelnen Entladestellen nach und nach einen vollen Zug zuführt und gleichzeitig die leeren Wagen von derselben Stelle abholt. Ist der Wagenwechsel an der letzten Stelle vollzogen, so beginnt er an der ersten Stelle von neuem, da inzwischen hier die Entladung stattgefunden hat. Es folgt daraus, daß bei jedem Kipper Stellgeleise von so großer Ausdehnung vorhanden sein müssen, daß diejenige Zahl von Wagen Aufnahme finden kann, welche den Kipper bis zur nächsten Gestellung voll zu beschäftigen vermag. Die Geleislänge ist demnach in erster Linie abhängig von der Zahl der täglichen Gestellungen. Je größer diese ist, um so geringer darf die Geleislänge sein. Die Gestellungen richten sich nach den Verkehrs- und Betriebsverhältnissen des Hafens. Sie sind hauptsächlich abhängig von der Zahl der Maschinen, sodann von der Nähe des Kippers zum Hafensbahnhof, endlich zum nicht geringen Theil von der Lage des Verbindungseleises zwischen Kipper und Bahnhof. Wird dies Geleis durch andere Verkehrsverhältnisse oder andere Betriebsmaschinen sehr in Anspruch genommen, muß es gar für andere Hafentheile als Aufstell- und Entladegeleis dienen, so sind Betriebsstörungen und Zeitverluste möglich, welche die Zahl

der Gestellungen empfindlich beeinträchtigen könnten. Im Ruhrorter Hafen findet gewöhnlich eine drei- bis vierfache Gestellung täglich statt. Bei guter Lage des Zuführungseleises und ausreichendem Betriebsmaterial wird eine vierfache Gestellung immer möglich sein. Da nun der Kipper täglich 160 bis 200 Doppelwagen zu löschen imstande ist, so ist zu seiner vollen Ausnutzung eine Geleislänge erforderlich, welche 40 bis 50 Doppelwagen aufnehmen kann, zwischen den Distanzpfehlern eine Länge von 280 bis 350 m zur Verfügung stellt. Diese Geleislänge muß doppelt vorhanden sein, nämlich sowohl für beladene als auch für leere Wagen; einerseits zur Erleichterung und Beschleunigung des Betriebes auf den Hafengeleisen, und andererseits, um die Thätigkeit des Kippers nicht unterbrechen zu müssen. Sind nämlich Stellgeleise für volle und leere Wagen vorhanden, so führt die Maschine den beladenen Zug aus dem Hafensbahnhof ohne Aufenthalt bis unmittelbar vor den Kipper, und zwar auf die zugehörigen Geleise für beladene Wagen, welche bei Ankunft des Zuges leer sein müssen. Demnächst entnimmt die Maschine aus den Nachbargleisen die leeren Wagen und führt diese in geschlossenem Zuge zur Station zurück. Hat der Kipper dagegen nicht getrennte Geleise für volle und leere Wagen, so kann der Betrieb nur unter Benutzung von Rangirgleisen stattfinden, welche erst den vom Bahnhof kommenden vollen, dann den vom Kipper entnommenen leeren Zug aufnehmen, demnächst den vollen Zug nach den Kippergleisen und endlich den leeren Zug nach dem Bahnhof abgeben. Die Rangirgleise müssen sonach mindestens doppelte Zuglänge haben. Dieser Betrieb ist zeitraubender, da die Maschine zweimal den Weg zwischen Rangir- und Kippergleisen leer zurücklegen muß. Der Zeitaufenthalt hängt also von der Nähe der Zwischengeleise zum Kipper ab.

Im allgemeinen wird zwar in dieser Weise der Betrieb nach den Ufer- und Entladestellen in den unteren Rheinhäfen gehandhabt, und man theilt auch demgemäß alle dort vorhandenen Hafengeleise in drei Gruppen ein: Fahr-, Rangir- und Stellgeleise; bei der außerordentlichen Leistungsfähigkeit eines Kippers giebt man aber dieser Anlage stets die Möglichkeit der schnellsten Zuführung und darum immer doppelte Stellgeleise für volle und leere Wagen. Man vermeidet dadurch den Uebelstand, welcher bei der Benutzung von Rangir-Zwischengeleisen sonst eintreten würde, nämlich daß der Kipper für die Dauer des Wagenwechsels aus Mangel an Wagen zur Unthätigkeit verurtheilt ist.

Die große Länge der Kippergeleise von ungefähr 2×300 m zwischen den Distanzpfehlern führt dazu, sie vor dem Kipper in mehrere gleich laufende Stränge aufzulösen; es wird dadurch die Kraft der Maschine für das Heranbringen der Wagen bis möglichst nahe zum Kipper mit Vortheil benutzt, der Weg, welchen die Arbeiter bei der Beförderung der einzelnen Wagen zurückzulegen haben, auf das kleinste Mafs beschränkt.

In den Figuren 16 bis 19 sind einige Beispiele von Kipperanlagen mitgetheilt und darin die Geleise für volle und leere Wagen so wie die Betriebsgeleise durch besondere Bezeichnungen angedeutet worden. Von den Anlagen haben fast alle sich vorhandenen früheren Verhältnissen anschmiegen müssen, können daher nicht den Grad von Vollkommenheit besitzen, welche man an eine Neuanlage würde stellen dürfen.

Figur 16 zeigt die erste im Schleusenhafen zu Ruhrort im J. 1878 ausgeführte Kipperanlage. Geleise und Magazine

gehören dem Hafen-Fiscus, der Kipper selbst der Firma Franz Haniel & Co. Die Pfeilerbahn, auf welche die vollen Wagen gestellt werden, sowie die Verbindung derselben mit dem Kipper war vorhanden, da an der Baustelle früher ein Kohlentrichter sich befand. Neu erbaut wurde nur das Geleis für die leeren Wagen und die Verbindung desselben mit der Pfeilerbahn.

Die zweite Kipperanlage, Fig. 17, am sogenannten Durchstich in Ruhrort, wird von der Firma Jul. de Gruyter daselbst als Besitzerin des Kippers benutzt. Die Geleise haben durch die Ungunst der vorhandenen örtlichen Verhältnisse nur eine beschränkte Ausdehnung erhalten können. Zudem wird die Zuführung der Wagen dadurch nachtheilig beeinflusst, daß das Verbindungsgeleis mit der Hafenstation, wie aus der Figur ersichtlich, gleichzeitig als Stell- und Entladegeleis für die vor den Weichen belegenen Magazine am „Alten Hafen“ dienen muß. Diese beiden Umstände beeinträchtigen die volle Ausnutzung des Kippers.

Figur 18 stellt die Geleisentwicklung

auch als Aufstellgeleis für leere Wagen dienen kann, in welchem Falle die Uebereinstimmung der Geleislängen für volle und leere Wagen erst erreicht werden würde, so ist die Anordnung des Mittelgeleises wohl begründet. Daß jeder volle und jeder leere Wagen um 90° gedreht werden muß, und der Weg der sich vor einem Kipper begegnenden Wagen ziemlich groß ist, sind Nachtheile, welche durch die örtlichen Verhältnisse veranlaßt wurden.

Das letzte Beispiel einer Kipperanlage, Fig. 19, wurde von dem Verfasser für einen fiscalischen Kipper am Kaiserhafen in Ruhrort entworfen, und wird wahrscheinlich demnächst zur Ausführung gelangen. Das Zuführungsgeleis steht in unmittelbarer Verbindung mit der Hafenstation und wird in seiner Benutzung durch andere Betriebsverhältnisse nicht beeinträchtigt, da es nur den in steter Folge sich künftig anschließenden ähnlichen Kipperanlagen am Kaiserhafen zu dienen hat. Die 4 Geleise jedes Kippers zweigen sich von diesem Betriebs-

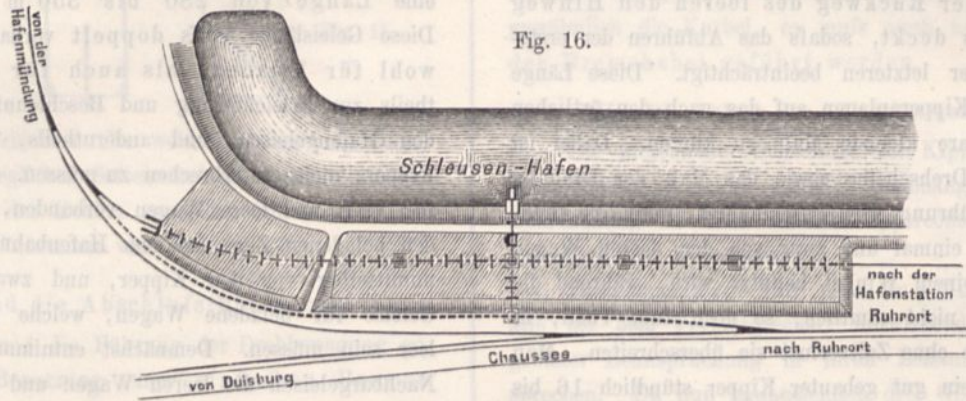


Fig. 16.

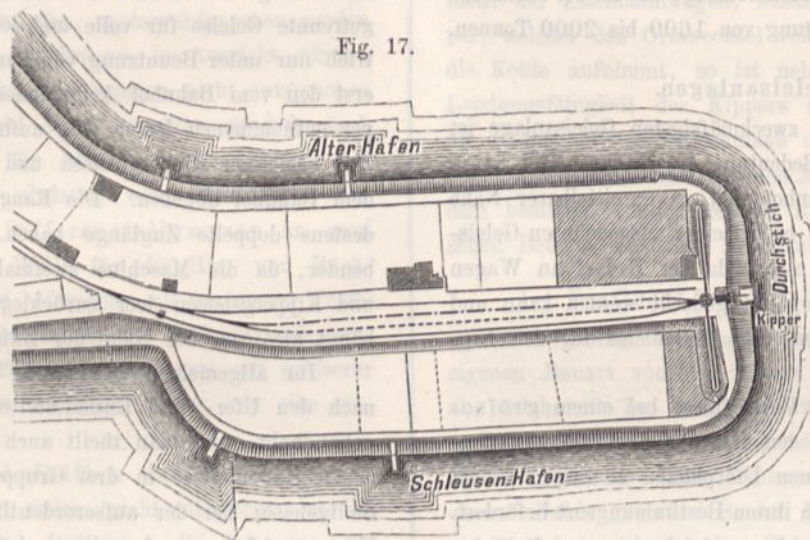


Fig. 17.

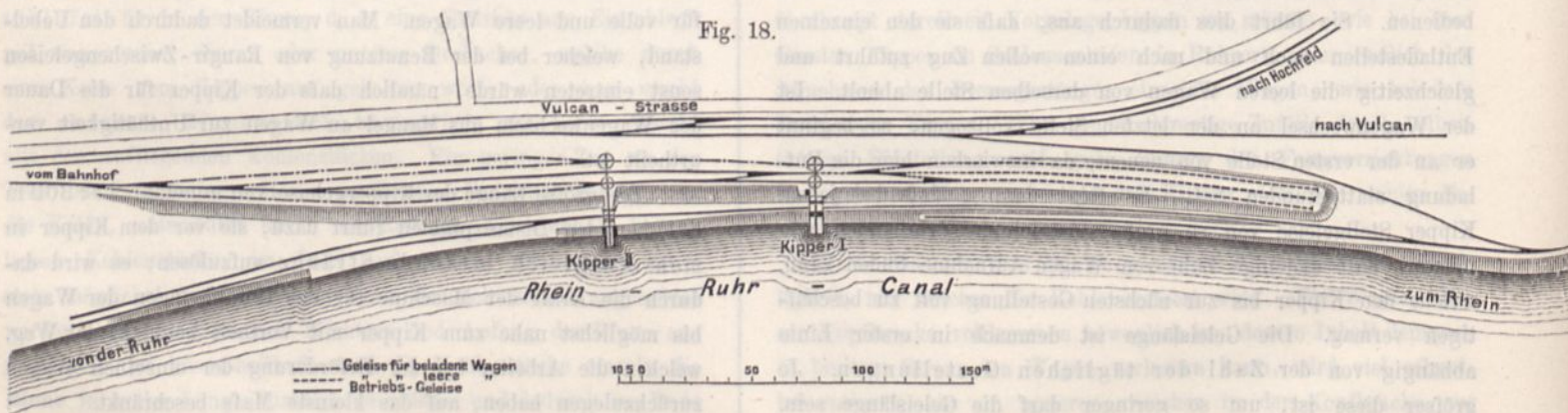


Fig. 18.

lung der Kipper am Duisburger Hafen dar. Sie dient in sehr geschickter Weise gleichzeitig zwei benachbarten Kippern, sodafs jeder Wagen beliebig von dem ersten oder zweiten Kipper entleert werden kann. Das mittlere Geleis wird von der Betriebsmaschine zum Abholen der leeren Wagen benutzt. Es haben danach die nur Betriebszwecken dienenden Geleise eine verhältnismäßig große Länge erhalten; sie vertheuern die Anlage. Da aber das Mittelgeleis durch einmaliges Zurücksetzen der einzelnen Wagen

geleis durch 4 Weichen derartig ab, daß jedes folgende Geleis genau 4 Doppelwagen mehr aufnehmen kann als das nächst vorhergehende. Daraus ergibt sich, daß die nutzbare Länge der beiden äußeren Geleise derjenigen der beiden mittleren Geleise entspricht. Erstere dienen für volle, letztere für leere Wagen.

Die Zuführung der Wagen von den Stellgeleisen zum Kipper und die Abführung der leeren Wagen geschieht stets

durch Arbeiter. Ein Versuch im Ruhrorter Hafen Pferde hierbei zu benutzen war aufgegeben worden. Man erleichtert den Betrieb fast immer dadurch, daß man den Geleisen Gefälle giebt, und zwar denjenigen für volle Wagen ein nach

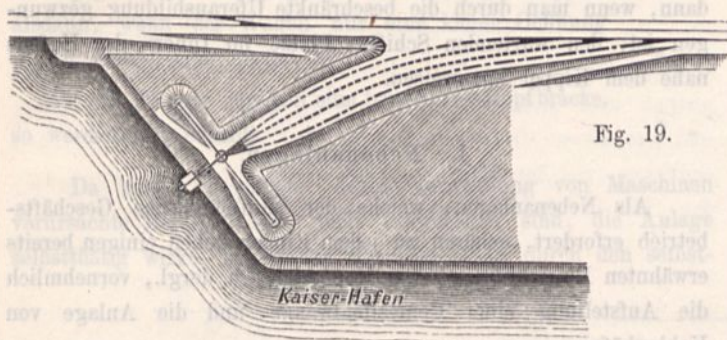


Fig. 19.

dem Kipper hin gerichtetes und den für leere Wagen ein von ihm ausgehendes Gefälle. Es wurden für die ersteren Neigungen von 1:300 bis 1:400, für die letzteren von 1:200 bis 1:400 angewandt. Die Erfahrung hat gelehrt, daß die Neigung der Geleise für beladene Wagen bei unachtsamer Benutzung gefährlich werden kann. Es erscheint daher empfehlenswerth, hier nur eine schwache Neigung, etwa 1:500, anzuwenden und solche auch in größerer Entfernung vom Kipper aufhören zu lassen. Dagegen würde für die Abführung der leeren Wagen ein kurzes, verhältnißmäßig starkes Gefälle, mindestens 1:100, und zwar unmittelbar hinter der Drehscheibe beginnend, wesentliche Betriebs erleichterungen bieten. Der in

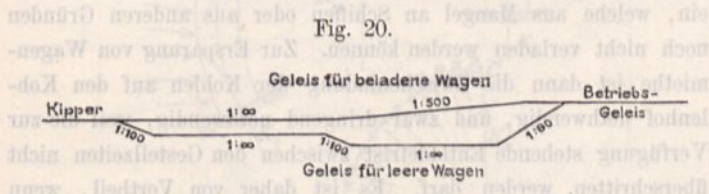


Fig. 20.

Fig. 20 dargestellte Längenschnitt durch die Kippergeleise dürfte danach zur Ausführung sich empfehlen. In demselben wurde das Gefälle der Geleise für leere Wagen in 2 Theile zerlegt, von denen der zweite da beginnt, wo die durch das erste Gefälle veranlaßte Geschwindigkeit des Wagens nahezu aufhören würde. Es wird dadurch der Wagen selbstthätig den Weg voll durchlaufen, ohne aber eine solche Geschwindigkeit anzunehmen, daß heftige Stöße zu befürchten sind.

Neben diesen für die Zu- und Abführung erforderlichen Kippergeleisen sind aus kaufmännischen Rücksichten gewisse Nebengeleise erforderlich. Es kommt häufig vor, daß einzelne Wagen Kohlenarten enthalten, welche noch nicht zur Verladung kommen dürfen. Dies tritt besonders dann ein, wenn die Kohle gemischt zum Versandt gelangt, also die Kohlenarten nach bestimmter Ordnung einander folgen müssen. Es ist dann nöthig, die zum Kippen nicht geeigneten Wagen zeitweise seitwärts auszusetzen. Da diese Maßregel gewöhnlich sich erst dann herausstellt, wenn der Wagen bereits nahe vor den Kipper gerückt ist, so werden die zum Aussetzen bestimmten Geleise am besten unmittelbar mit der Drehscheibe verbunden und als Kopfgeleise längs des Ufers angelegt. Die Fig. 17 und 19 zeigen derartige Kopfgeleise. In den Geleisplänen Fig. 16 und 18 sind Kopfgeleise als entbehrlich nicht vorgesehen, da die mit dem Ufer gleichlaufende Richtung der Kippergeleise das Aussetzen einzelner Wagen über die Drehscheibe hinaus ermöglicht.

Die Verbindung der Zuführungseleise mit dem Kipper kann durch Weichen oder Drehscheiben geschehen. Erstere ersparen die Zeitverluste, welche bei den Drehscheiben durch Aufstellen der Wagen und Ingangsetzen der Scheiben entstehen. Sie bedingen aber eine lange Geleisentwicklung und verbrauchen dadurch einen großen Theil des gewöhnlich kostbaren Hafenplatzes. Zudem kann die Locomotive wegen der größeren Entfernung der Distanzpfähle vom Kipper die Wagen dem letzteren nicht so nahe bringen, wie sie es bei der Benutzung von Drehscheiben vermag. Man wendet deshalb stets Drehscheiben zur Verbindung der Kippergeleise an, zumal hierdurch gleichzeitig eine leichte Verbindung mit den etwa erforderlichen Kopfgeleisen ermöglicht wird.

Die allgemeine Richtung der Geleise gegen die Längsachse des Kippers und damit gegen das Ufer ist bei der Benutzung von Drehscheiben keinem Zwange unterworfen. Am vortheilhaftesten wird aber immer diejenige Anordnung sein, welche an der Drehscheibe den geringsten Aufenthalt verursacht, welche gestattet, die vollen Wagen möglichst ohne Drehung nach dem Kipper zu führen, und welche auch die leeren Wagen nur einer Drehung um einen möglichst kleinen Winkel unterwirft; denn hierdurch wird der Wagenwechsel an dem Kipper beschleunigt, die Leistungsfähigkeit desselben erhöht. Dies führt dazu, die Geleise, wenn angängig, in der Längsrichtung des Kippers, also senkrecht gegen das Ufer zu führen (vergl. Fig. 17 u. 19).

Die Höhenlage der Geleise hat sich nach der Höhe des schiffbaren Wasserstandes zu richten, derartig, daß bei dem höchsten fahrbaren Wasser und bei der größten Einziehung der Rinne diese von dem höchsten Schiffe noch unterfahren werden kann. Es ist sogar von Vortheil, über dies Maß hinaus zu gehen, denn es wird häufig nothwendig, die Schiffe im Hafen fertig zur Reise zu beladen zu einer Zeit, wann der Wasserstand im Fluß bis zur fahrbaren Tiefe noch nicht gesunken ist. Aus diesem Grunde ist z. B. im Ruhrorter Hafen eine Geleishöhe wünschenswerth, welche die Höhe der gewöhnlichen hochwasserfreien Geleise noch um 1,5 bis 2 m überragt. Das Hilfsmittel der Gutehoffnungshütte, den unteren Theil des Trichters fahrbar herzustellen, ihn bei Hochwasser einzuziehen, und die Kohle unmittelbar aus dem Wagen in das Schiff zu schütten, bietet zwar einen Ersatz für die zu geringe Höhenlage der Geleise, man muß aber den Nachtheil in Kauf nehmen, daß durch den Fortfall der Abschlußthür die Kohle beim Verlassen des Wagens einer größeren Fallhöhe als sonst ausgesetzt ist.

3. Erleichterungen für den Schiffsverkehr.

Die Maßnahmen, welche bei Kipperanlagen in Bezug auf den Schiffsverkehr zu treffen sind, haben sich zu richten auf Erleichterungen für das Verstauen der Kohle im Schiff, ferner für das Verholen der Schiffe und endlich für den Wechsel der Schiffe vor dem Kipper.

Das Verstauen der Kohle in Fluß- und Canalschiffe hat zwar bei weitem nicht diejenige Bedeutung, welche dieselbe Thätigkeit bei der Beladung von Seeschiffen besitzt. Sie ist aber auf die Leistungsfähigkeit des Kippers von Einfluß, da sehr häufig die in großen Mengen aus dem Kipper gleitende Kohle nicht durch passende Lage des Schiffes allein so geführt werden kann, daß sie den Schiffsraum vollständig und gleich-

mäßig ausfüllt. Die Unregelmäßigkeiten in der Füllung ist der Schiffer gezwungen, mit der Hand auszubessern, eine Arbeit, welche mitunter die zeitweise Einstellung der Kipperthätigkeit zur Folge hat. Besondere Schwierigkeiten bieten etwa vorhandene überdeckte Theile des Schiffes, wie sie z. B. häufig neben der Kajüte vorkommen, und welche von der Rinne gewöhnlich nicht erreicht werden können. Die Mafsregeln zur Abhilfe wurden eben bereits besprochen; sie bestehen in einer schmalen Ausbildung der Rinne und in der Möglichkeit, die Kohle am Auslauf der Rinne seitlich auszuschütten (Fig. 15). Ein im Ruhrorter Hafen ausgeführter Versuch, das Endstück der Rinne mit einem um eine senkrechte Achse drehbaren Auslauf zu versehen, hat zwar für das Verstauen der Kohle viel Erleichterungen geboten, sich aber als schädlich für die Schonung der Kohle erwiesen, da das Drehen um eine solche Achse nur dadurch hat ermöglicht werden können, dafs die röhrenförmig gestaltete Rinne auf kurzer Strecke eine senkrechte Richtung erhielt. Die Kohle wurde auf diese Weise gezwungen, einen freien Fall in der Rinne auszuführen, und zerstückelte.

Das Verholen der Schiffe mufs nach beiden Seiten des Kippers unbeschränkt stattfinden können. Es ist demnach für jeden Kipper eine Uferlänge erforderlich, welche nahezu der doppelten grössten Schiffslänge entspricht. Ferner ist der Unterbau sowie das Ufer auf beiden Seiten in verschiedenen Höhen nach den schiffbaren Wasserständen mit einer ausreichenden Zahl von Schiffsringen und Mehrpfählen auszustatten. Leitpfähle zur Führung der Schiffe sind bisher noch nicht zur Ausführung gekommen; ihre Anlage dürfte unter Umständen zweckmässig sein.

Der Wechsel der Schiffe vor dem Kipper ist aus kaufmännischen Rücksichten vielfach geboten. Die Kohlenzüge werden dem Kipper so zugeführt, wie sie auf der Hafestation eintreffen. Hierbei kommt es vor, dafs die zweite Sendung nicht der vorhergegangenen entspricht; die Kohle ist von anderer Beschaffenheit und kann nicht in dasselbe Schiff überladen werden. Man mufs daher das in der Beladung begriffene Schiff durch ein anderes ersetzen. Auch die Vorschriften für das Mischen der Kohle bedingen mehrfach einen Schiffwechsel vor vollendeter Beladung. So ist es vorgekommen, dafs 3 auch 4 Schiffe gleichzeitig bei dem Verladegeschäft betheiligte waren und nach Mafsgabe der eintreffenden Kohlenarten ihre Lage vor dem Kipper wechselten. Demgemäfs ist es nöthig, Ruheplätze für wartende Schiffe in unmittelbarer Nähe des Kippers vorzusehen, und zwar an solcher Stelle, dafs der Schiffwechsel so schnell und mit so geringer Mühe als möglich ausgeführt werden kann. Letzteres wird nur dann erreicht, wenn die Bewegung der Schiffe ausschliesslich in der Längsrichtung stattfindet. Jede Drehung beansprucht Zeit und Mühe, mufs somit vermieden werden. Am vortheilhaftesten ist daher diejenige Ausbildung des Ufers, welche ermöglicht, das in der Längsrichtung beseitigte Schiff sofort durch ein anderes, in gleicher Art nachfolgendes zu ersetzen, und das ist ein gerades, beiderseits unbeschränktes Ufer. Die sägeförmige Ausbildung des Ufers oder die Lage zu nahe dem Ende des Hafens läfst den Wechsel mit gleicher Schnelligkeit nicht zu, und die Lage vor dem Kopf einer schmalen Halbinsel ist dadurch nachtheilig, dafs ein in der Längsrichtung ausfahrendes Schiff leicht den übrigen Schiffsverkehr beeinträchtigen kann. Ob es zweckmässig ist, durch Duc d'Alben in der Nähe des Kippers den ruhenden Schiffen sichere Haltepunkte und für den Platzwechsel Gelegenheit zum

lichten und schnellen Verholen zu geben, mufs nach den örtlichen Verhältnissen erwogen werden. Sie sind bisher noch nicht zur Ausführung gekommen, ihre Anlage dürfte aber unter Umständen sich als vortheilhaft erweisen, und zwar besonders dann, wenn man durch die beschränkte Uferausbildung gezwungen ist, den wartenden Schiffen Plätze im Innern des Hafens nahe dem Kipper anzuweisen.

4. Nebenanlagen.

Als Nebenanlagen, welche der kaufmännische Geschäftsbetrieb erfordert, gehören zu jedem Kipper neben einigen bereits erwähnten Einrichtungen, wie Kopfgeleise u. dergl., vornehmlich die Aufstellung einer Centesimalwaage und die Anlage von Kohlenhöfen.

Die Centesimalwaage wird stets zwischen Drehscheibe und Kipper aufgestellt, liegt also immer an solcher Stelle, dafs jeder beladene und jeder leere Wagen sie befahren mufs. Gegenwärtig stattet man sie meist mit Schenks patentirter Vorrichtung zur selbstthätigen Gewichtsangabe aus, welche das Vollgewicht und Leergewicht eines Wagens auf demselben Kartenblatt anzeigt. Dieselbe hat sich sehr gut bewährt und trägt zur Beschleunigung des Wiegeggeschäfts erheblich bei.

Die Kohlenhöfe oder Speicher sind dann erforderlich, sobald der Betrieb des Kippers nicht der Hafverwaltung unmittelbar untersteht, sondern einem einzelnen kaufmännischen Geschäft gehört. Sehr oft treffen Kohlensendungen am Kipper ein, welche aus Mangel an Schiffen oder aus anderen Gründen noch nicht verladen werden können. Zur Ersparung von Wagenmiete ist dann die Zwischenladung der Kohlen auf den Kohlenhof nothwendig, und zwar dringend nothwendig, weil die zur Verfügung stehende Entladefrist zwischen den Gestellzeiten nicht überschritten werden darf. Es ist daher von Vortheil, wenn die Wagen ohne zeitraubendes Verschieben unmittelbar von denjenigen Geleisen, auf welche sie die Locomotive gestellt hat, in das Magazin entleert werden können. Deshalb empfiehlt es sich, die Geleise für beladene Wagen dicht neben dem Kohlenhof anzuordnen (vergl. Fig. 19). Selbstredend müssen diese Kohlenhöfe auch so belegen sein, dafs ihr Inhalt später nach dem Hafen mit Hülfe von Schubkarren oder kleinen Kippwagen gelöscht werden kann. Auf den Lageplänen Fig. 16 bis 19 wurden die Kohlenhöfe, so weit sie zum Kipper gehören, durch Schraffirung angedeutet. Sie müssen für Fuhrwerke zugänglich sein, theils um Geräthe nach dem Hof zu befördern, theils, wie hauptsächlich in den unteren Rheinhäfen, um die beim Verladen der Kohle ausgesuchten Kohlenschiefer (sogenannte Kohlensteine) abzufahren. Entbehrlich sind die Kohlenhöfe nur bei denjenigen Kippern, welche von jedermann nach Bestimmung der Hafverwaltung gegen festgesetzte Entschädigungen benutzt werden können. Die alsdann zum Kipper kommenden Wagen werden stets den erforderlichen Schiffsraum vorfinden.

Welchen Einflufs die Kohlenkipper auf die Wohlfeilheit des Verladegeschäfts ausüben, mag aus folgenden Preisangaben ersehen werden. Dieselben stellen diejenigen Entschädigungen dar, welche in den unteren Rheinhäfen durchschnittlich für das Ueberladen einer Tonne Kohlen aus einem Eisenbahnwagen in das Schiff an die Kohlenarbeiter gezahlt werden:

Für das Verladen vom Ufergeleis aus über Ladebühnen bei Benutzung von Schubkarren 21 ₤.

Desgleichen bei Benutzung kleiner eiserner Kippwagen auf Schmalspurgeleisen	15 ⚡
Bei Benutzung eines Kohlentrichters	8 -
Dagegen bei Benutzung eines selbstthätigen Kippers alsdann, wenn der Wagen nur eine kleine Oeffnung in der Vorderwand besitzt	4 -
Hat der Wagen dagegen eine bewegliche Kopfbracke, so werden nur bezahlt	2 -

Da zudem besondere, durch Verwendung von Maschinen verursachte Betriebskosten nicht erforderlich sind, die Anlage selbstthätig wirkt, so ist das Verladegeschäft durch den selbst-

thätigen Kipper auf einen bisher nicht erreichten Grad von Wohlfeilheit gebracht worden.

So einfach auch der Grundgedanke des Kippers ist: auf eine wie große Zahl mitwirkender Verhältnisse es bei dem Entwurf eines solchen ankommt, wenn er seinen Zweck in der vollkommensten Weise erfüllen soll, dürfte aus den vorstehenden Darlegungen ersichtlich sein. Mögen dieselben zum selbständigen Entwerfen zweckmäßiger Kipperformen und Kipperanlagen Anregung geben, damit zum Vortheil des deutschen Kohlenhandels dieses vorzügliche, insbesondere deutsche Verladeverfahren die bestmögliche Ausbildung gewinne.

Berlin, im Februar 1886. Gerhardt.

Elasticitätstheorie der nach der Stützlinie geformten Tonnengewölbe. *)

§ 1. Einleitung.

Ein zwischen zwei Widerlager gespanntes, gerades Tonnengewölbe (Fig. 1) werde durch beliebig gerichtete Kräfte R_1 ,

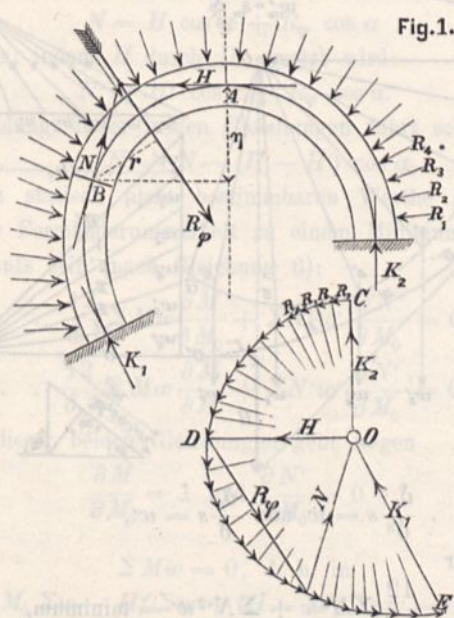


Fig. 1.

R_2, R_3, \dots , welche in der zur Stirnfläche parallelen Mittelebene liegen, belastet. Die Mittellinie des Gewölbes, d. i. der Ort der Querschnittsschwerpunkte (Fugenmittelpunkte) sei eine Stützlinie, d. h. es sei unter den unendlich vielen, möglichen Zuständen des Gleichgewichtes zwischen den inneren und äußeren Kräften auch ein solcher vorhanden, für welchen die auf die Gewölbequerschnitte wirkenden Drücke die Mittellinien berühren.

Bedeutet dann für diesen Gleichgewichtszustand:

- H den Druck auf den Scheitelquerschnitt A ,
- N den Druck auf den beliebigen Querschnitt B ,
- R_q die Mittelkraft der auf das Gewölbestück AB wirkenden Kräfte R ,
- η die Länge des Lothes vom Querschnittsschwerpunkte B auf die Kraft H ,
- r desgleichen auf die Kraft R_q ,

so besteht die Gleichung

$$1) \dots R_q r = H \eta,$$

*) Die vorliegende Abhandlung bildet eine Ergänzung der vom Verfasser im Jahrgang 1883 dieser Zeitschrift mitgetheilten „Elasticitätstheorie der Tonnengewölbe.“

und es kann der Polygonzug CDE der äußeren Kräfte R , welcher bei der in Wirklichkeit immer vorhandenen stetigen Belastung in eine Curve (die Kräftelinie) übergeht, derart auf Polarcordinaten bezogen werden, daß der Fahrstrahl, parallel zu der in B an die Gewölbemittellinie gelegten Tangente, nach Größe und Richtung den auf den Querschnitt B wirkenden Druck N darstellt. Die Sehne zwischen den Fahrstrahlen N und H giebt, ebenfalls nach Größe und Richtung, die Mittelkraft R_q der zwischen A und B angreifenden Kräfte R an.

Die Form eines Stützliniengewölbes wird in der Regel am schnellsten erhalten, indem man zunächst ein den jeweiligen Forderungen bezüglich Stützweite, Pfeilhöhe, Höhenlage der Kämpfer u. s. w. entsprechendes Gewölbe versuchsweise annimmt, in dieses eine Stützlinie zeichnet, welche durch den Mittelpunkt des Scheitelquerschnittes und die Mittelpunkte der Kämpferquerschnitte geht und die Form des Gewölbes so abändert, daß die neue Mittellinie mit der erst gefundenen Stützlinie zusammenfällt, worauf die Einzeichnung der Stützlinie und die Aenderung der Gewölbeform so lange fortgesetzt werden, bis Stützlinie und Gewölbemittellinie übereinstimmen.

Gleichzeitig mit der Form des Stützliniengewölbes erhält man die Kräftelinie und den Scheiteldruck H , und es kann nunmehr zur Beantwortung der Frage nach der größten Beanspruchung des Gewölbematerials geschritten werden.

Die ältere Gewölbetheorie nahm hierbei an, es sei die mit der Mittellinie zusammenfallende Stützlinie die wirkliche, also H der thatsächlich auf den Scheitelquerschnitt wirkende Druck. Die neuere Theorie hat jedoch folgenden Einwand erhoben: Denkt man das Gewölbe vor Eintritt jeglicher Belastung, also im spannungslosen Zustande, von den Widerlagern abgehoben und hierauf die äußeren Kräfte und die von den Widerlagern ausgeübten Gegendrücke (Kämpferdrücke), welche letztere durch die Annahme, es sei H der wirkliche Druck auf die Scheitelfuge, völlig bestimmt sind, angebracht, so wird das elastische Gewölbe seine Form ändern, und ebenso werden die Widerlager unter dem Einflusse der auf dieselben wirkenden Kräfte eine andere Gestalt annehmen. Es muß nun das verbogene Gewölbe zwischen die verbogenen Widerlager passen, und es ergibt sich, daß dies im allgemeinen nicht der Fall sein wird, die Nothwendigkeit, die Stützenwiderstände oder aber — was bequemer ist — den Druck auf die Scheitelfuge so abzuändern, daß jene Forderung erfüllt wird.

Setzen wir in der Folge starre Widerlager und Unveränderlichkeit der dem spannungslosen Anfangszustande entsprechenden Temperatur voraus, da nur in diesem Falle eine vollständige Durchführung der Rechnung bis zu praktisch brauchbaren Endergebnissen möglich ist, so können wir, mit Benutzung des für diesen Fall von Castigliano und von Fränkel für feste Körper nachgewiesenen Satzes von der kleinsten Formänderungsarbeit die der oben ausgesprochenen Bedingung gleichwertige Forderung aufstellen:

Der Druck auf die Scheitelfuge ist so zu wählen, das die Formänderungsarbeit A des Gewölbes ein Minimum wird.

Indem wir dann zwei Seitenkräfte X und Y dieses Scheiteldruckes und das Moment M_0 desselben bezüglich irgend eines Drehpunktes als unabhängige Veränderliche einführen, erhalten wir die drei Bedingungsgleichungen:

$$2) \quad \frac{\partial A}{\partial X} = 0, \quad \frac{\partial A}{\partial Y} = 0, \quad \frac{\partial A}{\partial M_0} = 0,$$

durch welche der Scheiteldruck, also auch der Gleichgewichtszustand des Gewölbes völlig bestimmt ist.

Zunächst ist es nöthig, den Ausdruck für die Formänderungsarbeit anzugeben.

Während ein Gewölbe, dessen wirkliche Stützlinie mit der Mittellinie zusammenfällt, in jedem Querschnitt nur durch einen senkrecht zum Querschnitt und im Schwerpunkt desselben angreifenden Druck N (Fig. 1) beansprucht wird, treten im Gegenfalle außer den Normaldrücken, welche die von N verschiedenen Werthe N' annehmen, noch biegende Momente M (und Abscherungskräfte, die aber vernachlässigt werden können) auf, und es ergibt sich, vorausgesetzt, das die Querschnittshöhen im Vergleich zu den Krümmungsradien genügend klein sind (was in der Hochbau- und Brückenbaupraxis immer der Fall ist) die Pressung σ im Abstände u von der horizontalen Schwerachse des Querschnittes:

$$3) \quad \sigma = \pm \frac{Mu}{J} + \frac{N'}{F},$$

wobei J = Trägheitsmoment des Querschnittes, bezogen auf die waagerechte Schwerachse desselben,

F = Inhalt des Querschnittes.

Die Werthe u zählen nach oben positiv und die Momente M sind positiv, sobald sie in der oberen Querschnittshälfte Pressungen (Druckspannungen) erzeugen.

Für die Formänderungsarbeit erhält man (nach der aus der Festigkeitslehre bekannten Formel: $A = \iint \frac{\sigma^2 dF ds}{2E}$)

$$A = \int \frac{M^2 ds}{2EJ} + \int \frac{N'^2 ds}{2EF},$$

wobei E = Elasticitätsmodul und ds = Element der Bogen-Mittellinie, und es ergibt sich, wenn E constant angenommen wird, die Bedingung:

$$\int M^2 \frac{ds}{J} + \int N'^2 \frac{ds}{F} = \text{minimum},$$

wofür $\int M^2 ds \frac{J_0}{J} + \int N'^2 ds \frac{J_0}{F} = \text{minimum}$

geschrieben werden möge, unter J_0 das Trägheitsmoment des Scheitelquerschnittes verstanden.

Betrachtet man ein Gewölbe von der Tiefe 1 (Abmessung senkrecht zur Stirnfläche) und bezeichnet mit

δ die Stärke des Gewölbes (Querschnittshöhe, Fugenlänge) an irgend einer Stelle und mit δ_0 die Stärke des Gewölbes im Scheitel,

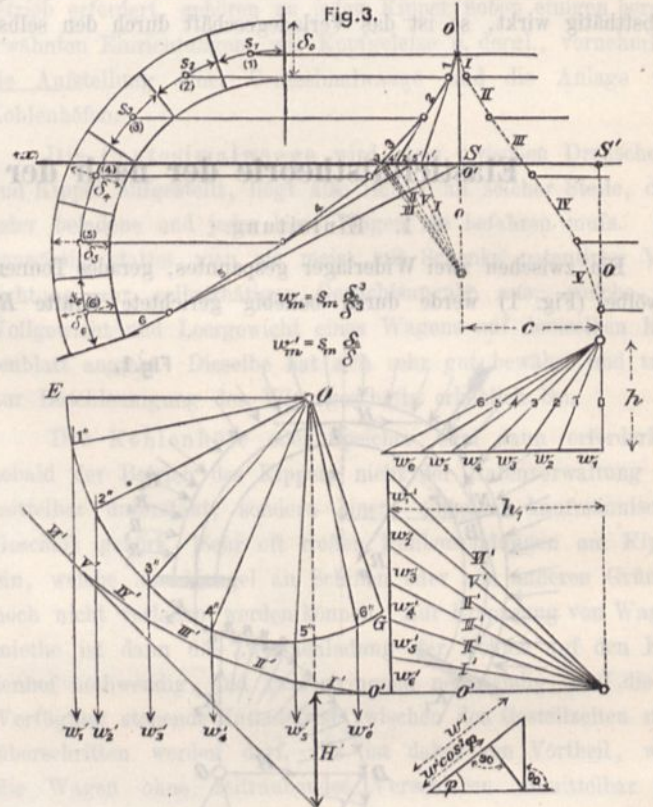
so ist:

$$J = 1/12 \delta^3, \quad J_0 = 1/12 \delta_0^3 \quad \text{und} \quad F = \delta \cdot 1$$

und es ergibt sich:

$$4) \quad \int \frac{M^2}{\delta_0^2} \frac{\delta_0^3}{\delta^3} ds + \int N'^2 \frac{\delta_0}{\delta} ds = \text{minimum}.$$

Die in den Elasticitätsgleichungen vorkommenden Integrale sollen später für einzelne Fälle besonders berechnet, im allgemeinen aber mit Hilfe von Seilpolygonen dargestellt werden, und aus diesem Grunde möge das Gewölbe in Streifen mit den endlichen, auf der Mittellinie gemessenen Breiten s zerlegt werden, Fig. 3. Indem wir dann zur Abkürzung setzen:



$$5) \quad \frac{\delta_0^3}{\delta^3} s = w \quad \text{und} \quad \frac{\delta_0}{\delta} s = w',$$

schreiben wir

$$6) \quad \int M^2 w + \int N'^2 w' = \text{minimum},$$

wobei wir die M , N' und δ , welche, streng genommen, die den einzelnen Streifen entsprechenden Mittelwerthe bedeuten, auf die die Bögen s halbirenden Querschnitte beziehen wollen.

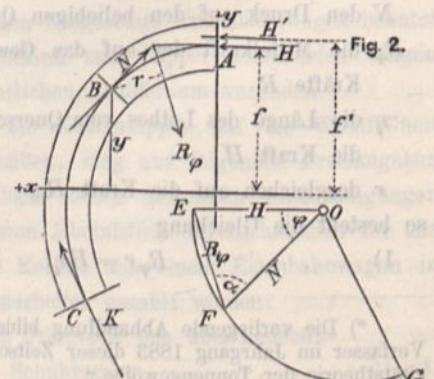
Um die folgenden Entwicklungen leichter verständlich zu machen, stellen wir die für die Praxis besonders wichtige Theorie des symmetrischen Stützliniengewölbes voran.

I. Abschnitt. Das symmetrische Stützliniengewölbe.

§ 2. Gröfse und Lage des Scheiteldruckes.

Es genügt, die Hälfte des Gewölbes zu betrachten.

Die Mittellinie ABC (Fig. 2) wird auf die senkrechte Symmetrieachse als y -Achse und eine waagerechte x -Achse in dem vorläufig beliebig angenommenen Abstände f von dem Schwerpunkte



des Scheitelquerschnittes bezogen. $EF G$ ist die Kräftelinie. $\overline{EO} = H$ ist derjenige Scheiteldruck, für welchen die Stützlinie mit der Mittellinie zusammenfällt und H' der wirkliche, wegen der Symmetrie ebenfalls waagrecht gerichtete Scheiteldruck im Abstände f' von der x -Achse.

Das Biegemoment für den Querschnitt B ist:

$$M = H'(f' - y) - R_{\varphi}r;$$

es geht, da nach Gleichung 1

$$R_{\varphi}r = H(f - y)$$

ist, über in

$$M = H'f' - Hf + (H - H')y$$

und wenn

$$H'f' = M_0$$

gesetzt wird (= Moment des Scheiteldruckes in Bezug auf den Coordinatenursprung) in

$$7) \dots M = M_0 - Hf + (H - H')y.$$

Die Länge des Fahrstrahles der Kräftelinie, parallel der in B an die Mittellinie gelegten Tangente sei N , und der wirkliche Normaldruck auf die Fuge B sei N' .

Indem wir zunächst R_{φ} und H auf den Fahrstrahl N projiciren, erhalten wir

$$N = H \cos \varphi + R_{\varphi} \cos \alpha$$

und hieraus, indem H durch H' ersetzt wird:

$$N' = H' \cos \varphi + R_{\varphi} \cos \alpha.$$

Die Verbindung dieser beiden Gleichungen führt schliesslich zu

$$8) \dots N' = N - (H - H') \cos \varphi.$$

Die beiden statisch nicht bestimmbar Werthe M_0 und H' müssen die Formänderungsarbeit zu einem Minimum machen.

Es muß sein (nach Gleichung 6):

$$9) \dots \frac{12}{\delta_0^2} \sum M w \frac{\partial M}{\partial M_0} + \sum N' w' \frac{\partial N'}{\partial M_0} = 0,$$

$$10) \dots \frac{12}{\delta_0^2} \sum M w \frac{\partial M}{\partial H'} + \sum N' w' \frac{\partial N'}{\partial H'} = 0.$$

Die erste dieser beiden Gleichungen geht wegen

$$\frac{\partial M}{\partial M_0} = 1 \text{ und } \frac{\partial N'}{\partial M_0} = 0$$

über in

$$\sum M w = 0, \text{ d. h. in}$$

$$M_0 \sum w - Hf \sum w + (H - H') \sum y w = 0.$$

Wird nun die bislang willkürliche Lage der x -Achse so gewählt, daß

$$11) \dots \sum y w = 0$$

ist, so folgt:

$$12) \dots M_0 = Hf \text{ also } \frac{f'}{f} = \frac{H}{H'}$$

und nach Gleichung 7:

$$13) \dots M = (H - H')y.$$

Differentiirt man diese Gleichung sowie Gleichung 8 nach H' , so erhält man:

$$\frac{\partial M}{\partial H'} = -y \text{ und } \frac{\partial N'}{\partial H'} = + \cos \varphi$$

und es geht Gleichung 10 über in

$$-\frac{12}{\delta_0^2} (H - H') \sum y^2 w + \sum w' N \cos \varphi - (H - H') \sum w' \cos^2 \varphi = 0.$$

Hieraus ergibt sich:

$$14) \dots H - H' = \frac{\sum w' N \cos \varphi}{\frac{12}{\delta_0^2} \sum y^2 w + \sum w' \cos^2 \varphi}$$

Hat man hiernach die Größe des wirklichen Scheiteldruckes berechnet, so kann man mit Hilfe der Gleichung 12 die Lage

dieser Kraft durch Bestimmung von f' angeben. Zur Ermittlung der Biegemomente M und der Normaldrucke N' (Gleichung 13 und 8) also auch zur Berechnung der Pressungen σ (Gleichung 3) genügt bereits die Aufsuchung von $H - H'$.

Die Ausdrücke $\sum y w$, $\sum y^2 w$ und $\sum w' N \cos \varphi$ lassen sich als Momente erster und zweiter Ordnung (statische Momente und Trägheitsmomente) deuten und in Folge dessen mit Hilfe von Seilpolygonen in folgender Weise bestimmen.

Nachdem man für die einzelnen in der Figur 3 mit den Ordnungsnummern 1, 2, 3, ... versehenen Gewölbestreifen die Werthe berechnet hat:

$$15) \begin{cases} w_1 = s_1 \frac{\delta_0^3}{\delta_1^3}, & w_2 = s_2 \frac{\delta_0^3}{\delta_2^3}, \dots \\ w_1' = s_1 \frac{\delta_0}{\delta_1}, & w_2' = s_2 \frac{\delta_0}{\delta_2}, \dots \end{cases}$$

wofür man, bei Wahl gleich langer Bogenstücke $s_1 = s_2 = \dots = s$ auch setzen darf:

$$16) \begin{cases} w_1 = \frac{\delta_0^3}{\delta_1^3}, & w_2 = \frac{\delta_0^3}{\delta_2^3}, \dots \\ w_1' = \frac{\delta_0}{\delta_1}, & w_2' = \frac{\delta_0}{\delta_2}, \dots \end{cases}$$

faßt man die w als waagerechte Kräfte auf, welche in den Mittelpunkten der betreffenden Bogenstücke s_1, s_2, s_3, \dots angreifen und zeichnet mit der beliebigen Polentfernung h (welche mit dem Längenmaßstabe gemessen wird) ein Seilpolygon, dessen äußerste Seiten (0 und 6) sich in S schneiden mögen.

Die durch S gelegte Waagerechte ist die Abscissenachse auf welche der Bogen bezogen werden muß, denn sie giebt die Lage der Mittelkraft der Kräfte w an, und es entspricht ihr daher das statische Moment

$$\sum y w = 0 \text{ (vergl. Gleichung 11).}$$

Nachdem hierauf sämtliche Seiten des gezeichneten Seilpolygons mit der Abscissenachse zum Schnitte gebracht worden sind, werden die von den Seilpolygonseiten auf der Abscissenachse abgeschnittenen Strecken $0'1' = a_1, 1'2' = a_2, 2'3' = a_3, \dots$ als waagerechte, ebenfalls durch die Bogenpunkte (1), (2), (3) ... gehende Kräfte aufgefaßt, so zwar, daß a_n nach rechts oder nach links gerichtet ist, je nachdem der Punkt (n) über oder unter der Abscissenachse liegt. Die Strecken a_n stellen die durch die Polentfernung h dividirten statischen Momente der w -Kräfte vor, d. h. es ist $a_1 = \frac{y_1 w_1}{h}, a_2 = \frac{y_2 w_2}{h},$

$a_3 = \frac{y_3 w_3}{h}$ u. s. w. Zeichnet man nun zu den Kräften a ebenfalls mit der Polentfernung h ein Seilpolygon 0, I, II, III ... 0, so stellt die Strecke $\overline{SS'} = c$,*) welche die äußersten Seilpolygonseiten 0 und 0 auf der Abscissenachse abschneiden, das durch die Polentfernung h dividirte statische Moment sämtlicher Kräfte a_n , bezogen auf die Abscissenachse vor. Es folgt also

$$c = \frac{\sum y \cdot a}{h} = \frac{\sum y^2 w}{h^2}$$

und hieraus

$$\sum y^2 w = h^2 c.$$

*) Werden die w nach den Formeln 15 berechnet, so sind die w Längen und auch c ist eine Länge, muß also mit dem Längenmaßstabe gemessen werden. Gelten die Formeln 16, so sind die w Zahlen und auch c ist eine Zahl; man hat jetzt c mit dem Maßstabe zu messen, nach welchem die Zahlen w aufgetragen worden sind. Die Polentfernung h ist immer eine Länge, weil die Ordinaten y Längen sind.

Die Summe $\Sigma w' N \cos \varphi$ läßt sich deuten als das auf den Pol O der Kräftelinie EG als Drehpunkt bezogene Moment erster Ordnung von senkrechten Kräften w' , welche durch die Endpunkte der Fahrstrahlen N gehen, denn es ist der Abstand dieser Kräfte vom Pol $= N \cos \varphi$. Dabei sind die auf der Kräftelinie gelegenen Angriffspunkte der w' -Kräfte den Mittelpunkten (1), (2), (3) der Bogenstücke s_1, s_2, s_3 so zuzuordnen, daß beispielsweise der Angriffspunkt 3'' von w_3' der Endpunkt desjenigen Fahrstrahles $O3''$ ist, welcher der im Punkte (3) an die Mittellinie gelegten Tangente parallel ist. Nachdem mit der Polentfernung h_1 zu diesen Kräften w' ein Seilpolygon $0', I', II', III'$ gezeichnet worden ist, dessen äußerste Seiten $0'$ und VI' auf der Senkrechten durch O die Strecke H'' (welche mit dem Kräftemaßstabe zu messen ist, weil N eine Kraft vorstellt) abschneidet, so findet man

$$\Sigma w' N \cos \varphi = h_1 H''$$

und gelangt zu der Formel:

$$H - H' = \frac{H'' h_1}{12 \frac{c h^2}{\delta_0^2} + \Sigma w' \cos^2 \varphi}$$

Den Werth $\Sigma w' \cos^2 \varphi = w_1' \cos^2 \varphi_1 + w_2' \cos^2 \varphi_2 + \dots + w_6' \cos^2 \varphi_6$ wird man zweckmäÙig berechnen, nachdem man die einzelnen Glieder $w_m' \cos^2 \varphi_m$ construiert hat.

Häufig ist bei der Ermittlung von H' die Annahme eines constanten Gewölbequerschnittes erlaubt, und hat man dann unter δ_0 nicht die Stärke des Gewölbes im Scheitel, sondern die mittlere Stärke zu verstehen. Es folgt, bei constantem $s_1 = s_2 = s_3 = \dots = s$:

$$w_1 = w_2 = w_3 = \dots = w_1' = w_2' = w_3' = \dots = 1.$$

§ 3. Berechnung der im Gewölbe auftretenden Pressungen.

Hat man den Werth $H - H'$ gefunden, so kann man die in jedem Querschnitte des Gewölbes auftretenden Kantenpressungen berechnen. Dieselben sind

$$17) \dots k = \frac{N'}{\delta} \pm 6 \frac{M}{\delta^2}$$

und zwar bezieht sich das obere Zeichen auf die obere Kante und das untere Zeichen auf die untere Kante. Setzt man ein:

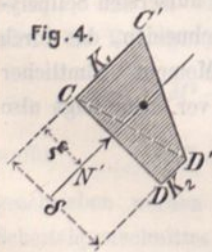
$$N' = N - (H - H') \cos \varphi, \\ M = (H - H') y,$$

so gelangt man zu

$$18) \dots k = \frac{N}{\delta} \pm \frac{H - H'}{\delta} \left[\frac{6y}{\delta} \mp \cos \varphi \right].$$

Wir nehmen zunächst an, es seien beide Kantenpressungen positiv, und es möge k_1 die größere und k_2 die kleinere Pressung bezeichnen. Dann werden alle Querschnittselemente gedrückt, und es ist die Pressung σ an irgend einer Stelle des Querschnittes CD , Fig. 4, durch die Ordinate der Geraden $C'D'$ gegeben. Das Viereck $CC'D'D$ nennt man das Drucktrapez für die Fuge CD . Der Angriffspunkt s des auf die Fuge wirkenden Normaldruckes N' entspricht dem Schwerpunkte des Drucktrapezes; sein Abstand ξ von der am stärksten gepressten Kante ergibt sich also aus der Gleichung

$$\frac{k_1 + k_2}{2} \delta \cdot \xi = \frac{k_1 \delta}{2} \cdot \frac{\delta}{3} + \frac{k_2 \delta}{2} \cdot \frac{2\delta}{3}$$



Man erhält:

$$19) \dots \xi = \frac{\delta}{3} \frac{k_1 + 2k_2}{k_1 + k_2}$$

Diese Formel, welche es ermöglicht, die Stützlinie aus den berechneten Pressungen abzuleiten, ist wichtig, sobald die beiden aus Formel 18 sich ergebenden Kantenpressungen verschiedene Vorzeichen annehmen, sobald also im betrachteten Querschnitte Druck- und Zugspannungen (letztere sind negativ) auftreten. In diesem Falle pflegt man von der Fähigkeit des Mörtels, Zugspannungen bis zu gewissem Betrage aufzunehmen, ganz abzu- sehen und die größte Pressung nach der Formel

$$20) \dots k = \frac{2N'}{3\xi} = \frac{2}{3\xi} [N - (H - H') \cos \varphi]$$

zu bestimmen, welche auf die Annahme sich gründet, daß sich der Druck N' nur auf die Fugenlänge 3ξ vertheilt. Im Hinblick auf Formel 19 läßt sich für diesen bei flachen Gewölben sehr häufigen Fall folgende Regel aufstellen:

Ergeben sich aus der Formel 18 zwei Werthe k mit verschiedenen Vorzeichen, so bezeichne man die absoluten Werthe der Pressung und der Zugspannung beziehungsweise mit k_1 und k_2 und setze diejenige Pressung, welche das Gewölbematerial mit Sicherheit aushalten muß:

$$21) \dots k = \frac{2[N - (H - H') \cos \varphi]}{\delta} \cdot \frac{k_1 - k_2}{k_1 - 2k_2}$$

In der Regel darf man bei Berechnung dieser Pressung $N' = N$ setzen; es vereinfachen sich dann die Gleichungen 18 und 20 in:

$$22) \dots k = \frac{N}{\delta} \pm 6 \frac{H - H'}{\delta^2} y.$$

$$23) \dots k = \frac{2N}{\delta} \cdot \frac{k_1 - k_2}{k_1 - 2k_2}$$

§ 4. Pressungen in einem Gewölbe mit ausschließ- lich senkrechter, theilweise veränderlicher Belastung (Brückengewölbe).

Wirken auf das Gewölbe nur senkrechte Lasten, so geht die Kräftelinie in eine senkrechte Gerade über, und es wird der Normaldruck N auf einen um φ gegen die Verticale geneigten Querschnitt:

$$N = H \sec \varphi.$$

Gleichung 14 geht über in:

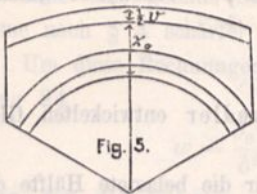
$$24) \dots H - H' = \frac{H \Sigma w'}{12 \frac{\delta_0^2}{\delta^2} \Sigma y^2 w + \Sigma w' \cos^2 \varphi}$$

Die Summen $\Sigma w'$ und $\Sigma w' \cos^2 \varphi$ werden zweckmäÙig berechnet.*) Hingegen kann $\Sigma y^2 w = h^2 c$ (vergl. Fig. 3) wie in § 2 mit Hilfe von Seilpolygone dargestellt werden, wobei es sich immer empfehlen wird, die Gewölbemittellinie in gleich lange Bogenstücke $s_1 = s_2 = s_3 = \dots = s$ zu zerlegen und $w_m = \frac{\delta_0^3}{\delta_m^3}$, $w_m' = \frac{\delta_0}{\delta}$ zu setzen. Es folgt dann:

$$H - H' = \frac{H \Sigma w'}{12 \frac{\delta_0^2}{\delta^2} h^2 c + \Sigma w' \cos^2 \varphi}$$

*) Es ist hierbei nicht nöthig, sich der Simpson'schen Formel zu bedienen. Zerlegt man z. B. das Gewölbe in n Lamellen mit den gleichen Bogenlängen $s_1 = s_2 = s_3 = \dots = s$ (Fig. 3) und mit den mittleren Stärken $\delta_1, \delta_2, \delta_3 \dots$ so ist, genügend genau, $\Sigma w' = \frac{\delta_0}{\delta_1} + \frac{\delta_0}{\delta_2} + \frac{\delta_0}{\delta_3} + \dots + \frac{\delta_0}{\delta_n}$ und $\Sigma w' \cos^2 \varphi = \frac{\delta_0}{\delta_1} \cos^2 \varphi_1 + \frac{\delta_0}{\delta_2} \cos^2 \varphi_2 + \dots + \frac{\delta_0}{\delta_n} \cos^2 \varphi_n$.

Bislang ist eine in Bezug auf die Mitte symmetrisch wirkende Belastung angenommen worden. Meistens aber setzt sich die Belastung eines Gewölbes aus einer bleibenden (Eigenlast) und einer veränderlichen (Verkehrslast, Nutzlast) zusammen, von denen die letztere in der Regel als gleichmäßig über die Horizontalprojection vertheilt angenommen wird. Bei Berechnung der Pressungen k pflegt man dann vorauszusetzen, dass die Verkehrslast nur auf die eine Gewölbehälfte aufgebracht wird. Es ist dies auch thatsächlich der nahezu ungünstigste Belastungsfall, und es liegt, sobald die Verkehrslast im Ver-
 gleiche zu der bleibenden Belastung nur gering ist, auch das Bedürfnis nach einer schärferen Berechnung (welche sich leicht



nach den für den elastischen Bogen ohne Gelenke bekannten Methoden durchführen liefse) nicht vor. Die Form eines solchen Gewölbes wird (nach Schwedler) zweckmäßig so gewählt, dass die Mittellinie bei Eintreten der in Figur 5 dargestellten Belastung eine Stützlinie ist; dabei bedeutet v die Höhe der durch gleich schweres Gewölbemauerwerk ersetzten Verkehrslast, und es ist angenommen, dass nur die Hälfte dieser Verkehrslast wirkt, dass dieselbe aber gleichmäßig über das ganze Gewölbe vertheilt ist. Für diesen Belastungsfall, welchen wir den Normalfall nennen wollen, berechnet man den Werth $H-H'$ nach Gleichung 24 und die Pressungen k nach der Formel

$$25) \dots k = \frac{H \sec \varphi}{\delta} + 6 \frac{H-H'}{\delta^2} y,$$

und nun hat man zu entscheiden, um wie viel diese Pressungen sich ändern, sobald der gefährlichere Zustand einer einseitigen Belastung eintritt.

Man erhält diesen Belastungszustand aus dem Normalfalle, indem man auf der einen, z. B. der linken Hälfte die gleichmäßige Belastung $\frac{1}{2} v$ für die Längeneinheit hinzufügt und auf der anderen Hälfte dieselbe gleichmäßige Belastung in Abzug bringt (Fig. 6). Daraus folgt: Man hat diejenigen Pressungen k zu berechnen, welche in dem gewichtslosen Gewölbe entstehen, sobald man die eine Hälfte gleichmäßig mit $(+\frac{1}{2} v)$ und die andere mit $(-\frac{1}{2} v)$ für die Längeneinheit belastet. Da nun je zwei in Bezug auf den Scheitelquerschnitt symmetrisch gelegene Lastelemente gleich große aber entgegengesetzte Horizontalschübe hervorrufen, folgt $H=0$; es handelt sich also nur um die Bestimmung der (bei jeder unsymmetrischen Belastung) im Scheitel auftretenden Vertikalkraft V_0 . Diese muss der Bedingung

$$\frac{\partial A}{\partial V_0} = 0$$

genügen, wobei die Formänderungsarbeit

$$A = \int \frac{M^2 ds}{2 EJ}$$

gesetzt werden darf, da der Einfluss des Gliedes $\int \frac{N^2 ds}{2 EF}$ auf das Endergebnis vernachlässigbar klein ist.

Für das in Streifen zerlegte Gewölbe folgt (vergl. § 1 Gleichung 6)

$$\Sigma M^2 w = \text{minimum}$$

$$26) \dots \Sigma M w \frac{\partial M}{\partial V_0} = 0,$$

wobei $w = s \frac{\delta_0^3}{\delta^3}$.

Das Biegemoment für einen Querschnitt im Abstände x vom Scheitelquerschnitt ist

$$M = V_0 x - \gamma \frac{v}{2} x \frac{x}{2},$$

beziehungsweise $M = -V_0 x + \gamma \frac{v}{2} x \frac{x}{2},$

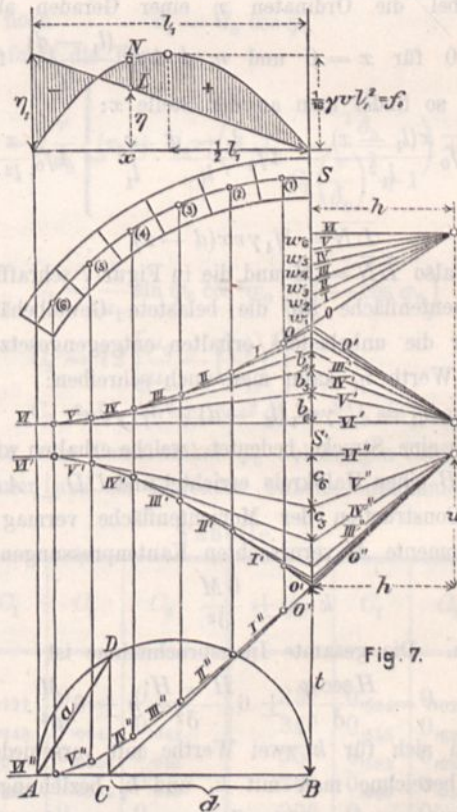
je nachdem der fragliche Querschnitt der linken oder der rechten Gewölbehälfte angehört. γ bedeutet das Gewicht der Volumeneinheit des Gewölbemateriales. Wegen $\frac{\partial M}{\partial V_0} = +x$ bzw. $= -x$ geht Gleichung 26 über in

$$\Sigma \left(V_0 x - \gamma \frac{v}{4} x^2 \right) x w + \Sigma \left(V_0 x - \gamma \frac{v}{4} x^2 \right) x w = 0.$$

Das Zeichen Σ bezieht sich auf die Hälfte des Gewölbes; das erste Glied der vorstehenden Gleichung entspricht der linken, das zweite der rechten Hälfte. Beide Glieder stimmen überein. Man erhält:

$$27) \dots V_0 = \frac{1}{4} \gamma v \frac{\Sigma x^3 w}{\Sigma x^2 w}.$$

Die in Gleichung 27 enthaltenen Summen lassen sich als Momente dritter und zweiter Ordnung von senkrechten Kräften w deuten und mit Hilfe von Seilpolygonen darstellen (Fig. 7).



Mit der beliebigen Polentfernung h wird zu den durch die Mittelpunkte (1), (2), (3).... der Bogenstücke $s_1, s_2, s_3 \dots$ angenommenen Kräften w ein Seilpolygon 0, I, II, III.... gezeichnet, dessen Seiten mit der Senkrechten durch den Scheitel zum Schnitte gebracht werden. Die hierdurch auf dieser Senkrechten abgetrennten Strecken $b_1, b_2, b_3 \dots$ werden wieder als senkrechte, an die Stelle der w tretenden Kräfte aufgefasst; es wird zu ihnen mit der Polentfernung h ein zweites Seilpolygon 0', I', II', III'.... gezeichnet, dessen verlängerte

Seiten auf den Senkrechten SS' die Strecken c_1, c_2, c_3, \dots , deren Summe $= u$ sein möge, abschneiden. Schliesslich werden auch die c_1, c_2, c_3, \dots als senkrechte, durch die Punkte (1), (2), (3).... gehenden Kräfte angesehen; es entspricht ihnen das Seilpolygon $0'', I'', II'', III'', \dots$, dessen äusserste Seiten auf der Geraden SS' die Strecke t bestimmen mögen; dann folgt:

$$\sum x^3 w = h^3 t$$

und

$$\sum x^2 w = h^2 u$$

mithin:

$$V_0 = \frac{1}{4} \gamma v \frac{ht}{u}$$

Aus Figur 7, in welcher die Seilpolygonseite $0''$ die Fortsetzung des Seilstrahles bildet, ergibt sich

$$d = \frac{ht}{u}$$

und man erhält:

$$28) \dots \dots \dots V_0 = \frac{1}{4} \gamma v d.$$

Die dem Belastungszustande in Figur 6 entsprechenden Biegemomente werden also für die linke Gewölbehälfte

$$29) \dots \dots \dots M = \frac{1}{4} \gamma v x [d - x]$$

und für die rechte Gewölbehälfte

$$30) \dots \dots \dots M = -\frac{1}{4} \gamma v x (d - x);$$

sie lassen sich leicht darstellen. Zeichnet man über der halben Stützweite l_1 eine Parabel mit der bei $x = \frac{1}{2} l_1$ gelegenen Scheitelordinate $f_0 = \frac{1}{16} \gamma v l_1^2$ und zieht von den Ordinaten dieser Parabel die Ordinaten η einer Geraden ab, welche durch $\eta = 0$ für $x = 0$ und $\eta_{11} = 4 f_0 \frac{(l_1 - d)}{l_1}$ für $x = l_1$ gegeben ist, so findet man an der Stelle x :

$$\overline{LN} = 4 f_0 \frac{x(l_1 - x)}{l_1^2} - 4 f_0 \frac{l_1 - d}{l_1} \cdot \frac{x}{l_1} = 4 f_0 \frac{x}{l_1^2} (d - x)$$

d. i.

$$\overline{LN} = \frac{1}{4} \gamma v x (d - x)$$

Es ist also $\overline{LN} = M$ und die in Figur 7 schraffierte Fläche ist die Momentenfläche für die belastete Gewölbehälfte. Die Momente für die unbelastete erhalten entgegengesetzte Vorzeichen. Den Werth η_{11} kann man auch schreiben:

$$\eta_{11} = \frac{1}{4} \gamma v l_1 (l_1 - d) = \frac{1}{4} \gamma v a^2,$$

wo $a = AD$ eine Strecke bedeutet, welche erhalten wird, indem man über AB einen Halbkreis errichtet und $CD \perp AB$ macht.*)

Nach Construction der Momentenfläche vermag man die durch die Momente M verursachten Kantenpressungen

$$k = \pm \frac{6M}{\delta^2}$$

zu berechnen. Die gesamte Inanspruchnahme ist

$$31) \dots \dots k = \frac{H \sec \varphi}{\delta} \pm 6 \frac{H - H'}{\delta^2} y \pm 6 \frac{M}{\delta^2}.$$

Ergeben sich für k zwei Werthe mit verschiedenen Vorzeichen, so bezeichne man mit k_1 und k_2 beziehungsweise die grösste Pressung und grösste Zugspannung und setze, unter Vernachlässigung der Zugfestigkeit, diejenige Pressung, welcher das Gewölbemauerwerk gewachsen sein mufs:

$$32) \dots \dots k = \frac{2N}{\delta} \frac{k_1 - k_2}{k_1 - 2k_2} = \frac{2H \sec \varphi}{\delta} \frac{k_1 - k_2}{k_1 - 2k_2} \dots \dots \dots **)$$

*) Man kann auch nach Zeichnen der Parabel die Strecke η_{11} mit Hilfe der Bedingung bestimmen, dafs für $x = d$ sich $M = 0$ ergeben mufs.

**) Dabei ist die Aenderung des Normaldruckes N in Folge der in Figur 6 dargestellten zu dem Normalfalle zu fügenden Belastung vernachlässigt worden.

Wir fügen noch die angenäherte Berechnung der Momente M hinzu. Ersetzt man in der Gleichung

$$V_0 = \frac{1}{4} \gamma v \frac{\sum x^3 w}{\sum x^2 w} = \frac{1}{4} \gamma v \frac{\sum x^3 \frac{\delta_0^3}{\delta^3} s}{\sum x^2 \frac{\delta_0^3}{\delta^3} s},$$

die Zeichen Σ wieder durch die Zeichen \int , so erhält man

$$33) \quad V_0 = \frac{1}{4} \gamma v \frac{\int_0^{l_1} x^3 ds \frac{\delta_0^3}{\delta^3}}{\int_0^{l_1} x^2 ds \frac{\delta_0^3}{\delta^3}} = \frac{1}{4} \gamma v \frac{\int_0^{l_1} x^3 dx \frac{\delta_0^3}{\delta^3} \sec \varphi}{\int_0^{l_1} x^2 dx \frac{\delta_0^3}{\delta^3} \sec \varphi}.$$

Macht man nun die Annahme $\frac{\delta_0^3}{\delta^3} \sec \varphi = \text{Const.}$, so gelangt man zu:

$$34) \dots \dots \dots V_0 = \frac{3}{16} \gamma v l_1$$

und es ergeben sich die von Schwedler entwickelten Gleichungen:

$$35) \quad \left\{ \begin{array}{l} M = \frac{1}{4} \gamma v x (\frac{3}{4} l_1 - x) \text{ für die belastete Hälfte des Gewölbes,} \\ M = -\frac{1}{4} \gamma v x (\frac{3}{4} l_1 - x) \text{ für die unbelastete Hälfte des Gewölbes.} \end{array} \right.$$

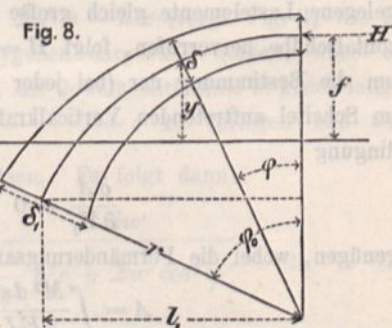
Das grösste Moment entspricht der Kämpferfuge und wird

$$36) \dots \dots \dots M = \mp \frac{1}{16} \gamma v l_1^2.$$

Man überzeugt sich durch vergleichende Rechnungen, dafs die Formeln 34 bis 36 Ergebnisse liefern, welche sich von denen der schärferen Theorie nur unwesentlich unterscheiden. Wir werden deshalb von der Formel 36 namentlich dann Gebrauch machen, wenn es sich um eine vorläufige Bestimmung der Gewölbstärke handelt.

§ 5. Berechnung der Stärke von Gewölben mit senkrechter Belastung. Vorläufige Annahme einer kreisförmigen Mittellinie.

Die bisherigen Entwicklungen setzen voraus, dafs die Stärke des Gewölbes zuerst versuchsweise angenommen und nach Berechnung der Pressungen k nöthigenfalls verbessert wird. Da nun die für die Abschätzung von δ zur Verfügung stehenden Erfahrungs-Formeln im allgemeinen sehr unsicher sind, weil sie den verschiedenartigen Bedingungen der Aufgabe entweder gar nicht oder nur unvollkommen Rechnung tragen, so dürfte die Aufsuchung eines zuverlässigeren Verfahrens nicht überflüssig sein. Wir berücksichtigen hauptsächlich die Bedürfnisse des Brückenbaues und trennen die Berechnung flacher Gewölbe von derjenigen der Gewölbe mit gröfserer Pfeilhöhe. Insbesondere beziehen sich die im vorliegenden Paragraph abgeleiteten Formeln auf annähernd kreisförmige Gewölbe, deren Centriwinkel ungefähr $2\varphi_0 \leq 90^\circ$ (Fig. 8).



Wird ein flaches Gewölbe nach einem Kreisbogen geformt, so weicht bei annähernd waagerechter Belastungslinie die durch den Mittelpunkt der Scheitelfuge und die Mittelpunkte der Kämpferfugen gezeichnete Stützlinie nur wenig von der Mittellinie des Gewölbes ab, weshalb es sich empfiehlt, zuerst die Belastung so über das Gewölbe vertheilt zu denken, dafs die kreisförmige

Mittellinie eine Stützlinie ist. Macht man dann noch eine Annahme bezüglich des Gesetzes, nach welchem sich δ mit φ ändert, beispielsweise die in der Regel gemachte (nur für flache Gewölbe zulässige) Voraussetzung

$$\delta = \frac{\delta_0}{\cos \varphi},$$

so lassen sich die in dem Ausdrucke für $H-H'$ enthaltenen Integrale ausführen, und es gelingt, die größte Inanspruchnahme k als Function des Radius r der Kreislinie, des Winkels φ_0 und der Belastungshöhe im Scheitel darzustellen. Hat man dieser Gleichung entsprechend die Gewölbestärke berechnet, so kann man die Form des Gewölbes so verbessern, daß seine Mittellinie eine genaue Stützlinie ist, worauf die Inanspruchnahme nach § 4 schärfer ermittelt werden kann.

Um diese Rechnungen durchzuführen, setzen wir in Gleichung 24

$$w = \frac{\delta_0^3}{\delta^3} s, \quad w' = \frac{\delta_0}{\delta} s,$$

gehen von den Summen Σ wieder zu den Integralen zurück und schreiben

$$37) \quad H-H' = H \frac{\int_0^{\varphi_0} \frac{\delta_0}{\delta} ds}{\frac{12}{\delta_0^2} \int_0^{\varphi_0} y^2 \frac{\delta_0^3}{\delta^3} ds + \int_0^{\varphi_0} \frac{\delta_0}{\delta} \cos^2 \varphi ds}$$

Mit $\frac{\delta_0}{\delta} = \cos \varphi$ folgt hieraus

$$38) \quad H-H' = H \frac{\sin \varphi_0}{\frac{12}{\delta_0^2} \int_0^{\varphi_0} y^2 \cos^3 \varphi d\varphi + \int_0^{\varphi_0} \cos^3 \varphi d\varphi}$$

Die Bedingungsgleichung 11) für die Lage der x -Achse lautet:

$$39) \quad \int y \frac{\delta_0^3}{\delta^3} ds = \int_0^{\varphi_0} y \cos^3 \varphi ds = 0 \text{ d. h. } \int_0^{\varphi_0} y \cos^3 \varphi d\varphi = 0.$$

Nun ist (Figur 8)

$$40) \quad y = r \cos \varphi - (r - f),$$

mithin geht 39) über in

$$r \int_0^{\varphi_0} \cos^4 \varphi d\varphi = (r - f) \int_0^{\varphi_0} \cos^3 \varphi d\varphi.$$

Führt man also die Bezeichnungen ein:

$$\left. \begin{aligned} \mu_1 &= \int_0^{\varphi_0} \cos^3 \varphi d\varphi = \sin \varphi_0 - \frac{1}{3} \sin^3 \varphi_0 \\ \mu_2 &= \int_0^{\varphi_0} \cos^4 \varphi d\varphi = \frac{3}{8} \varphi_0 + \frac{5}{8} \sin \varphi_0 \cos \varphi_0 \\ &\quad - \frac{1}{4} \cos \varphi_0 \sin^3 \varphi_0 \\ \mu_3 &= \int_0^{\varphi_0} \cos^5 \varphi d\varphi = \sin \varphi_0 - \frac{2}{3} \sin^3 \varphi_0 + \frac{1}{5} \sin^5 \varphi_0 \end{aligned} \right\} 41)$$

so findet man $r - f = r \frac{\mu_2}{\mu_1}$ und

$$42) \quad y = r \left(\cos \varphi - \frac{\mu_2}{\mu_1} \right).$$

Jetzt folgt:

$$\begin{aligned} &\int_0^{\varphi_0} y^2 \cos^3 \varphi d\varphi \\ &= r^2 \int_0^{\varphi_0} \left(\cos \varphi - \frac{\mu_2}{\mu_1} \right)^2 \cos^3 \varphi d\varphi \\ &= r^2 \int_0^{\varphi_0} \left[\cos^5 \varphi - 2 \cos^4 \varphi \frac{\mu_2}{\mu_1} + \left(\frac{\mu_2}{\mu_1} \right)^2 \cos^3 \varphi \right] d\varphi \end{aligned}$$

$$= r^2 \left[\mu_3 - 2 \mu_2 \frac{\mu_2}{\mu_1} + \left(\frac{\mu_2}{\mu_1} \right)^2 \mu_1 \right] = \left(\mu_3 - \frac{\mu_2^2}{\mu_1} \right) r^3,$$

und es geht Gleichung 38 über in

$$H-H' = \frac{H \sin \varphi_0}{12 \frac{r^2}{\delta_0^2} \left(\mu_3 - \frac{\mu_2^2}{\mu_1} \right) + \mu_1},$$

welcher Werth nun in Gleichung 31 einzusetzen ist. Dabei stellt sich heraus, daß die Inanspruchnahme immer für die Kämpferfuge der belasteten Gewölbehälfte den größten Werth annimmt; für diese Fuge ist nach Gleichung 42

$$y = r \left(\cos \varphi_0 - \frac{\mu_2}{\mu_1} \right)$$

und nach Gleichung 36 das Biegemoment in Folge der Belastung in Fig. 6:

$$M = -\frac{1}{16} \gamma v l_1^2 = -\frac{1}{16} \gamma v r^2 \sin^2 \varphi_0.$$

Es ergibt sich also

$$k = \frac{H \sec \varphi_0}{\delta_1} \mp \frac{6 H \sin \varphi_0 r \left(\cos \varphi_0 - \frac{\mu_2}{\mu_1} \right)}{\delta_1^2 \left[12 \frac{r^2}{\delta_0^2} \left(\mu_3 - \frac{\mu_2^2}{\mu_1} \right) + \mu_1 \right]} \mp \frac{3}{8} \gamma v \frac{r^2}{\delta_1^2} \sin^2 \varphi_0,$$

wobei δ_1 = Stärke des Gewölbes am Kämpfer.

Unter H ist der für den Normalfall (Figur 5) berechnete Horizontalschub zu verstehen; er ist — nach einem bekannten Gesetze —

$$43) \quad H = \gamma r (x_0 + \frac{1}{2} v)$$

x_0 = Höhe der bleibenden Belastung im Scheitel.

$$\text{Wird noch } \delta_1 = \delta_0 \sec \varphi_0$$

gesetzt, so folgt die Formel:

$$44) \quad k = \gamma \frac{r}{\delta_0} \left\{ (x_0 + \frac{1}{2} v) \left(1 \mp \frac{C_1 \frac{r}{\delta_0}}{C_2 \left(\frac{r}{\delta_0} \right)^2 + 1} \right) \mp C_3 v \frac{r}{\delta_0} \right\},$$

in welcher:

$$45) \quad \begin{cases} C_1 = \frac{6}{\mu_1} \sin \varphi_0 \cos^2 \varphi_0 \left(\frac{\mu_2}{\mu_1} - \cos \varphi_0 \right) \\ C_2 = 12 \left[\frac{\mu_3}{\mu_1} - \left(\frac{\mu_2}{\mu_1} \right)^2 \right] \\ C_3 = \frac{3}{8} \sin^2 \varphi_0 \cos^2 \varphi_0 = \frac{3}{32} \sin^2 2 \varphi_0. \end{cases}$$

Die nur vom Centriwinkel φ_0 abhängigen Coefficienten C_1, C_2, C_3 können aus der folgenden Tabelle entnommen werden.

Tabelle.

φ_0	C_1	C_2	C_3	φ_0	C_1	C_2	C_3
20°	0,227	0,0037	0,039	33°	0,534	0,0250	0,078
21°	0,248	0,0045	0,042	34°	0,558	0,0278	0,081
22°	0,270	0,0054	0,045	35°	0,582	0,0309	0,083
23°	0,292	0,0064	0,049	36°	0,606	0,0341	0,085
24°	0,315	0,0076	0,052	37°	0,629	0,0376	0,087
25°	0,339	0,0089	0,055	38°	0,651	0,0413	0,088
26°	0,363	0,0103	0,058	39°	0,673	0,0452	0,090
27°	0,387	0,0118	0,061	40°	0,693	0,0493	0,091
28°	0,411	0,0136	0,064	41°	0,713	0,0536	0,092
29°	0,436	0,0155	0,067	42°	0,732	0,0581	0,093
30°	0,460	0,0176	0,070	43°	0,750	0,0628	0,093
31°	0,485	0,0199	0,073	44°	0,766	0,0677	0,094
32°	0,510	0,0223	0,076	45°	0,781	0,0727	0,094

In Formel 44 bezieht sich das obere Vorzeichen auf die obere, das untere auf die untere Kante der Kämpferfuge. Er-

geben sich zwei Beanspruchungen k mit verschiedenen Vorzeichen, so bezeichne man mit k_1 und k_2 die absoluten Werthe der größten Pressung und der größten Zugspannung und setze bei Vernachlässigung der Zugfestigkeit des Mörtels die größte Pressung nach Gleichung 32:

$$46) \dots k = \frac{\gamma(2x_0 + v)r}{\delta_0} \cdot \frac{k_1 - k_2}{k_1 - 2k_2}$$

Beispiel. Eine gewölbte Eisenbahnbrücke habe bei 20 m Lichtweite einen Pfeil von 4 m. Material: gutes Klinkermauerwerk mit einer zulässigen Pressung von $k = 16 \text{ kg}$ für das qcm = 160 t für das qm. Veränderliche Belastung = 1,60 t für das qm. Gewicht des Cubikmeters Gewölbemauerwerk = 1,60 t; mithin Höhe der durch eine gleichwerthige Aufmauerung ersetzten Verkehrsast $v = 1,0 \text{ m}$.

Bei einer Scheitelstärke $\delta_0 = 0,90 \text{ m}$ ergibt sich für die zunächst als Kreisbogen geformte Mittellinie:

$$r = \text{rund } 15,5 \text{ m und } \varphi_0 = \text{rund } 42^\circ.$$

Dazu gehört laut Tabelle: $C_1 = 0,732$, $C_2 = 0,0581$, $C_3 = 0,093$.

Die bleibende Belastung setze sich wie folgt zusammen:

- a) Scheitelstärke + Uebermauerung = $0,90 + 0,15$,
- b) Kiesbett, $0,64 \text{ m}$ stark, bei einem Gewichte von $1,86 \text{ t}$ für das Cubikmeter.

Es ist also, auf Gewölbemauerwerk reducirt,

$$x_0 = 0,90 + 0,15 + 0,64 \frac{1,86}{1,60} = 1,80 \text{ m (abgerundet),}$$

und es ergeben sich nach Formel 44 für die Kämpferfuge die Beanspruchungen:

$$k = 1,6 \frac{15,5}{0,9} \left[(1,80 + 0,50) \left(1 \mp \frac{0,732 \frac{15,50}{0,90}}{0,0581 \left(\frac{15,50}{0,90} \right)^2 + 1} \right) \mp 0,093 \cdot 1,0 \frac{15,5}{0,90} \right]$$

$$I \dots k = 27,56 [2,30 (1 \mp 0,69) \mp 1,602]$$

$$k = \begin{cases} -25 \\ +151 \end{cases} \text{ t für das qm.}$$

An der oberen Kante der Kämpferfuge findet demnach eine Beanspruchung auf Zugfestigkeit statt. Soll nun die Zugwiderstandsfähigkeit vernachlässigt werden, so ist in Formel 46 zu setzen: $k_1 = 151$ und $k_2 = 25$, und es ergibt sich

$$k = \frac{1,6 [2 \cdot 1,80 + 1,0] 15,50}{0,90} \cdot \frac{151 - 25}{151 - 2 \cdot 25}$$

d. i. $k = 158 \text{ t}$ für das qm = rd. 16 kg für das qcm.

Da dieser Werth zulässig ist, so ist die Gewölbstärke ausreichend gewählt. Die Stärke am Kämpfer soll betragen:

$$\delta_1 = \frac{\delta_0}{\cos 42^\circ} = 1,21 \text{ m,}$$

wofür $1,26 \text{ m}$ (5 Stein) zu setzen ist.

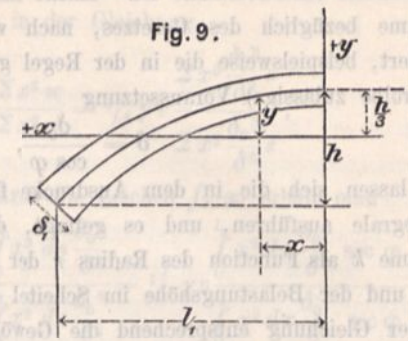
Wollte man, der älteren Gewölbetheorie entsprechend, die Annahme machen, es sei die für den Normalfall (Fig 5) mit der Mittellinie zusammenfallende Stützlinie die wirkliche Stützlinie, so müßte man in Gleichung I das Glied $\mp 0,69$ streichen und würde erhalten:

$$k = 27,56 [2,30 \mp 1,602] = \begin{cases} +19 \\ +108 \end{cases} \text{ t für das qm.}$$

§ 6. Fortsetzung. Vorläufige Annahme einer parabolischen Mittellinie.

Sehr häufig ist sowohl bei flachen als auch bei hohen Brückengewölben — bei letzteren, sobald die Belastungshöhe

im Scheitel verhältnißmäßig groß ist — die Stützlinie mit hinreichender Genauigkeit als eine Parabel anzusehen. Um für diesen Fall eine brauchbare, die schnelle Berechnung der Inanspruchnahme ermöglichende Formel zu erhalten, ersetzen



wir in Gleichung 37 die Constante δ_0 durch die mittlere Gewölbstärke δ_m , nehmen $\frac{\delta_m}{\delta} = 1$ an und erhalten

$$47) \dots H - H' = H \frac{\int f ds}{\frac{12}{\delta_m^2} \int y^2 ds + \int ds \cos^2 \varphi}$$

Weitere zulässige Vereinfachungen sind für flache Parabelbögen:

$$\int ds = \int_0^l dx = l, \quad \int ds \cos^2 \varphi = \int_0^l dx = l, \quad \int y^2 ds = \int_0^l y^2 dx.$$

Die Bedingungsgleichung zur Bestimmung der Lage der x -Achse geht mit diesen Annahmen über in

$$\int_0^l y dx = 0$$

und hieraus folgt, daß die x -Achse im Abstände $\frac{1}{3}h$ vom Scheitel der Parabel liegen muß. Nun ist:

$$y = \frac{h}{3} - h \frac{x^2}{l^2},$$

$$\int_0^l y^2 dx = \frac{4}{45} h^2 l,$$

mithin:

$$H - H' = \frac{H}{\frac{16 h^2}{15 \delta_m^2} + 1}$$

Dieser Werth ist in Gleichung 31 einzuführen. Gleichzeitig ist für die Kämpferfuge der belasteten Gewölbhälfte, welcher stets die größte Inanspruchnahme entspricht, zu setzen:

$$y = -\frac{2h}{3} \text{ und } M = -\frac{1}{16} \gamma v l^2,$$

sodafs sich, wenn δ_1 die Länge der Kämpferfuge bezeichnet,

$$48) \quad k = \frac{H \sec \varphi_0}{\delta_1} \mp \frac{4 H h}{\delta_1^2 \left(\frac{16 h^2}{15 \delta_m^2} + 1 \right)} \mp \frac{3 \gamma v l^2}{8 \delta_1^2}$$

ergiebt. Der Krümmungsradius der Parabel ist im Scheitel

$$r = \frac{l^2}{2h},$$

mithin wird der Horizontalschub für den Normalfall:

$$H = \frac{\gamma l^2}{2h} (x_0 + \frac{1}{2} v).$$

Setzt man noch das Verhältniß der Gewölbstärke im Scheitel zur Gewölbstärke am Kämpfer:

$$\frac{\delta_0}{\delta_1} = m,$$

und die mittlere Gewölbstärke:

$$49) \quad \delta_m = \frac{1}{2} (\delta_0 + \delta_1) = \frac{1+m}{2} \delta_1,$$

so gelangt man zu der Formel

$$50) \quad k = \frac{\gamma l_1^2}{2 \delta_1 h} \left[(x_0 + \frac{1}{2}v) \left(\sec \varphi_0 \mp \frac{4 \frac{h}{\delta_1}}{15 \frac{h^2}{\delta_1^2} \left(\frac{2}{1+m} \right)^2 + 1} \right) \mp \frac{3}{4} v \frac{h}{\delta_1} \right]$$

Ergeben sich hieraus Beanspruchungen mit verschiedenen Vorzeichen, und soll die Zugfestigkeit des Mörtels vernachlässigt werden, so bezeichne man wie früher die Pressung mit k_1 und die Zugspannung mit k_2 , beide Werthe absolut genommen, und setze:

$$k = \frac{2H \sec \varphi_0}{\delta_1} \frac{k_1 - k_2}{k_1 - 2k_2}, \text{ d. i.}$$

$$51) \quad k = \frac{\gamma l_1^2 (2x_0 + v)}{2h \delta_1} \sec \varphi_0 \frac{k_1 - k_2}{k_1 - 2k_2}$$

Will man die für die Parabel entwickelten Formeln zur Berechnung solcher Gewölbe benutzen, deren Stützlinie sich mehr der Kreislinie nähert, so ersetze man $\frac{l_1^2}{2h}$ durch r , schreibe also:

$$52) \quad k = \frac{\gamma r}{\delta_1} \left[(x_0 + \frac{1}{2}v) \left(\sec \varphi_0 \mp \frac{4 \frac{h}{\delta_1}}{15 \frac{h^2}{\delta_1^2} \left(\frac{2}{1+m} \right)^2 + 1} \right) \mp \frac{3}{4} v \frac{h}{\delta_1} \right]$$

$$53) \quad k = \frac{\gamma r (2x_0 + v)}{\delta_1} \sec \varphi_0 \frac{k_1 - k_2}{k_1 - 2k_2}$$

Nach diesen Formeln möge vergleichsweise das in § 5 behandelte Brückengewölbe berechnet werden. Es war $r = 15,5 \text{ m}$, $h = 4,0 \text{ m}$, $\delta_0 = 0,90 \text{ m}$, $\delta_1 = 1,21 \text{ m}$, $x_0 = 1,80 \text{ m}$, $v = 1,0 \text{ m}$, $\varphi_0 = 42^\circ$ also:

$$\sec \varphi_0 = 1,35 \quad m = \frac{\delta_0}{\delta_1} = \frac{0,90}{1,21} = 0,74,$$

$$k = \frac{1,6 \cdot 15,50}{1,21} \left[(1,80 + 0,50) \left(1,35 \mp \frac{4 \cdot \frac{4,00}{1,21}}{15 \frac{4,00^2}{1,21^2} \left(\frac{2}{1,74} \right)^2 + 1} \right) \mp \frac{3}{4} \cdot 1,0 \frac{4,00}{1,21} \right]$$

$$k = \left(\begin{matrix} -25 \\ +152 \end{matrix} \right) t \text{ für das qm.}$$

Da sich verschiedene Vorzeichen ergeben, setzen wir $k_1 = 159$, $k_2 = 32$, und wenden Gleichung 53 an. Es folgt:

$$k = \frac{1,6 (2 \cdot 1,8 + 1,0) 15,50}{1,21} \cdot 1,35 \cdot \frac{159 - 25}{159 - 2 \cdot 25} = 156 t,$$

gegen $k = 158$ nach der früheren Rechnung. Der Unterschied ist im vorliegenden Falle nur unbedeutend.

Wir fügen noch hinzu, dass die Formeln 50—53 (was zunächst überrascht) auch für große Pfeilhöhen brauchbare Ergebnisse liefern. Bedingung ist nur, dass die Stützlinie nicht zu sehr von der Parabel abweicht.

§ 7. Das Aklinoïden-Gewölbe mit constantem Querschnitte.

(Stützliniengewölbe bei waagerechter Belastungslinie).

Am größten ergeben sich die Abweichungen der Stützlinie von der Kreisform und von der Parabel bei Gewölben mit einer im Verhältniß zum Pfeile geringen Belastungshöhe

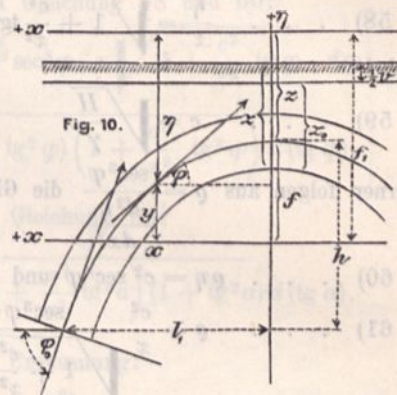
*) x_0 = Höhe der bleibenden Belastung im Scheitel.

$x = x_0 + \frac{1}{2}v$ im Scheitel; es folgt hier, bei waagerechter oder annähernd waagerechter Belastungslinie die Stützlinie genügend genau dem Gesetze:

$$54) \quad \frac{H}{\gamma} \frac{d^2 \eta}{dx^2} = \eta,$$

in welchem γ das Gewicht der Volumeneinheit des Gewölbematerials und η die Ordinate der Stützlinie, bezogen auf eine im Abstände x vom Mittelpunkte des Scheitelquerschnittes angenommene, waagerechte x -Achse bedeuten.

Die Berechnung der Inanspruchnahme unter Zugrundelegung der Gleichung 54 wird insofern ziemlich umständlich, als die in dem Ausdrucke für $H-H'$ vorkommenden Integrale elliptisch werden. Trotzdem mögen diese Rechnungen hier mitgetheilt werden, um den Vergleich der Ergebnisse der schärferen Theorie mit denjenigen zu ermöglichen, zu denen die Anwendung der für die Parabel abgeleiteten Formel führt. Außerdem dürften die betreffenden Untersuchungen als eine manchem Leser gewiß nicht unwillkommene Anwendung der Theorie der elliptischen Integrale anzusehen sein.



Es wird sich in der Folge nur um Feststellung des genaueren Werthes des einen Theil der Gesamtinanspruchnahme bildenden Pressung $k' = \pm \frac{6(H-H')y}{\delta^2}$ handeln, und zwar ist dieser Werth für die Kämpferfuge zu berechnen. Es folgt für diese Fuge, mit den aus Figur 10 ersichtlichen Bezeichnungen,

$$y = -(h + x - f_1),$$

mithin bei Annahme einer constanten mittleren Gewölbestärke δ_m nach Gleichung 47:

$$55) \quad k' = \mp \frac{6H}{\delta_1^2} (h + x - f_1) \frac{\int_0^{\varphi_0} ds}{\frac{12}{\delta_m^2} \int_0^{\varphi_0} y^2 ds + \int_0^{\varphi_0} ds \cos^2 \varphi}$$

Gleichzeitig muß die Bedingung erfüllt werden (Gleichung 39):

$$\int_0^{\varphi_0} y ds = 0,$$

woraus, mit $y = f_1 - \eta$,

$$f_1 s = \int_0^{\varphi_0} \eta ds \quad \text{also} \quad f_1 = \frac{1}{s} \int_0^{\varphi_0} \eta ds.$$

Nun ergibt sich

$$\int_0^{\varphi_0} y^2 ds = \int_0^{\varphi_0} (f_1 - \eta)^2 ds = f_1^2 s - 2f_1 \int_0^{\varphi_0} \eta ds + \int_0^{\varphi_0} \eta^2 ds = \int_0^{\varphi_0} \eta^2 ds - f_1^2 s,$$

und es geht, wenn ρ den Krümmungshalbmesser bedeutet, Gleichung 55 über in:

$$56) \quad k' = \mp \frac{6H}{\delta_1^2} \left(h + x - \frac{1}{s} \int_0^{\varphi_0} \eta \rho d\varphi \right) \times \frac{s}{\frac{12}{\delta_m^2} \left[\int_0^{\varphi_0} \eta^2 \rho d\varphi - \frac{1}{s} \left(\int_0^{\varphi_0} \eta \rho d\varphi \right)^2 \right] + \int_0^{\varphi_0} \rho \cos^2 \varphi d\varphi}$$

Darin bezeichnet $s = \int_0^{\varphi_0} \rho d\varphi$ die Länge des halben Aklinoideubogens, während $x = x_0 + 1/2 v$ zu setzen ist. ($x_0 =$ Höhe der bleibenden Last im Scheitel).

Zunächst sind einige bekannte, aus der Differentialgleichung 54 folgende Beziehungen zusammenzustellen.

Bestimmung der Form des Gewölbes. Berechnung von H .

Die Integration der Gleichung 54 liefert:

57) . . . $\frac{\eta}{x} = 1/2 \left(e^{\frac{x}{c}} + e^{-\frac{x}{c}} \right)$ und

58) . . . $\frac{\eta}{x} = \sqrt{1 + \frac{c^2}{x^2} \operatorname{tg}^2 \varphi}$,

wobei

59) . . . $c = \sqrt{\frac{H}{\gamma}}$.

Ferner folgen aus $\rho = \frac{\sec^3 \varphi}{d^2 \eta}$ die Gleichungen:

60) . . . $\rho \eta = c^2 \sec^3 \varphi$ und

61) . . . $\rho = \frac{c^2 \sec^3 \varphi}{x \sqrt{1 + \frac{c^2}{x^2} \operatorname{tg}^2 \varphi}}$.

Der Horizontalschub H ergibt sich aus

$\log \operatorname{nat.} \left[\frac{h}{x} + 1 + \sqrt{\left(\frac{h}{x}\right)^2 + 2\left(\frac{h}{x}\right)} \right] = \frac{l_1}{c}$,

und hieraus folgt, wenn zu den Briggschen Logarithmen übergegangen wird und die Bezeichnungen

62) . . . $\lambda = \frac{h}{x} + 1 + \sqrt{\left(\frac{h}{x}\right)^2 + 2\left(\frac{h}{x}\right)}$ und

63) . . . $C = \frac{l_1}{2,3025851 \cdot c}$

eingeführt werden,

64) . . . $C = \log \lambda$

und wegen $H = \gamma c^2 = \gamma \left(\frac{l_1}{2,3025851 \cdot c} \right)^2$,

65) . . . $H = 0,18861 \left(\frac{l_1}{C} \right)^2 \gamma$.

Der Neigungswinkel φ_0 der Kämpfertangente ergibt sich (durch Einsetzen von $\varphi = \varphi_0$ und $\eta = h + x$ in Gleichung 58) aus:

66) . . . $\operatorname{tg} \varphi_0 = \frac{x}{c} \sqrt{\frac{h^2}{x^2} + 2\frac{h}{x}}$.

Um die Ordinaten η schnell berechnen zu können, setze man

$e^{\frac{x}{c}} = e^{\frac{l_1}{c} \cdot \frac{x}{l_1}} = \lambda_x$.

Hieraus folgt:

$\log \operatorname{nat.} \lambda_x = \frac{l_1}{c} \cdot \frac{x}{l_1}$,

$\log \lambda_x = \frac{l_1}{2,3025851 \cdot c} \cdot \frac{x}{l_1} = \frac{x}{l_1} C$.

und es geht Gleichung 57 über in:

67) . . . $\frac{\eta}{x} = 1/2 \left(\lambda_x + \frac{1}{\lambda_x} \right)$.

Zahlenbeispiel. Es sei eine Aklinoide zu berechnen, für welche $\frac{l_1}{h} = 2$ und $\frac{h}{x} = 4$ ist.

Nach Gleichung 63 folgt:

$\lambda = 4 + 1 + \sqrt{4^2 + 2 \cdot 4} = 9,8990$,

und hierauf:

$C = \log \lambda = 0,9955913$.

Um nun beispielsweise $\frac{\eta}{x}$ für $\frac{x}{l_1} = 0,3$ zu finden, berechnet man

$\log \lambda_x = 0,3 C = 0,2986774$ | $\log \frac{1}{\lambda_x} = 0,7013226 - 1$
 $\lambda_x = 1,989195$ | $\frac{1}{\lambda_x} = 0,502716$

und findet nach Gleichung 67

$\frac{\eta}{x} = 1/2 (1,989195 + 0,502716) = 1,24596$.

In dieser Weise ist folgende Tabelle berechnet worden, und außerdem sind (mit Rücksicht auf einen später durchzuführenden Vergleich) die Ordinaten einer Parabel mit der gleichen Stützweite und Pfeilhöhe angegeben. Die Gleichung der Parabel ist:

$\frac{\eta}{x} = 1 + \frac{h}{x} \left(\frac{x}{l_1} \right)^2$.

$\frac{x}{l}$	$\frac{\eta}{x}$	$\frac{\eta}{x}$	$\frac{x}{l_1}$	$\frac{\eta}{x}$	$\frac{\eta}{x}$
	Aklinoide	Parabel		Aklinoide	Parabel
0,1	1,02639	1,04000	0,6	2,10481	2,44000
0,2	1,10691	1,16000	0,7	2,58867	2,96000
0,3	1,24596	1,36000	0,8	3,20916	3,56000
0,4	1,45072	1,64000	0,9	3,99904	4,24000
0,5	1,73205	2,00000	1,0	5,00000	5,00000

Die Ordinaten der beiden Curven weichen hiernach ganz beträchtlich von einander ab. Der Horizontalschub für die Aklinoide wird nach Gleichung 65:

$H = 0,1886117 \left(\frac{l_1}{C} \right)^2 \gamma = 0,190313 \gamma l_1^2$.

Berechnung der Integrale in Gleichung 56.

Mit Beachtung von Gleichung 60 ergibt sich:

$\int_0^{\varphi_0} \eta \rho d\varphi = c^2 \int_0^{\varphi_0} \sec^3 \varphi d\varphi = c^2 \int_0^{\varphi_0} \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \varphi} \cdot d(\operatorname{tg} \varphi)$

$\int_0^{\varphi_0} \eta \rho d\varphi = \frac{c^2}{2} \left[\frac{\operatorname{tg} \varphi_0}{\cos \varphi_0} + \log \operatorname{nat.} \operatorname{tg} (45^\circ + 1/2 \varphi_0) \right]$.

Die anderen in Gleichung 56 noch enthaltenen Integrale sind elliptische. Sie sollen auf die Legendre'schen Normalformen der ersten und zweiten Gattung gebracht werden; diese lauten:

$F(\varphi_0, \alpha_0) = \int_0^{\varphi_0} \frac{d\varphi}{\sqrt{1 - \alpha_0^2 \sin^2 \varphi}}$ und $E(\varphi_0, \alpha_0) = \int_0^{\varphi_0} \sqrt{1 - \alpha_0^2 \sin^2 \varphi} d\varphi$.

φ_0 heisst die Amplitude und α_0 der Modul des Integrales. Der complementäre Modul α_0' ist gegeben durch

$\alpha_0'^2 = 1 - \alpha_0^2$.

α_0 soll ein positiver echter Bruch sein.

Wird also ein Hülfswinkel τ_0 eingeführt, welcher der Gleichung

$\cos \tau_0 = \alpha_0'$

entspricht, so ist

$\alpha_0 = \sin \tau_0$.

Für die folgenden Rechnungen ist es wichtig, zu entscheiden, ob das Verhältniss $\frac{c^2}{x^2} > 1$ ist. Bezeichnet man mit q_s

den Krümmungshalbmesser der Akliode im Scheitel, so ist

$$H = \gamma \varrho_s \kappa \text{ und } c = \sqrt{\frac{H}{\gamma}} = \sqrt{\varrho_s \kappa}, \text{ also}$$

$$\frac{c^2}{\kappa^2} = \frac{\varrho_s}{\kappa}.$$

Da nun die schärfere Theorie nur von Bedeutung ist, sobald die Belastungshöhe im Scheitel gering ist, weil im Gegenfalle die Berechnung der Inanspruchnahme k ohne weiteres nach den für die Parabel entwickelten Formeln erfolgen darf, so möge der Fall

$$\frac{\varrho_s}{\kappa} > 1 \text{ d. h.}$$

$$68) \dots \dots \dots \frac{c^2}{\kappa^2} > 1$$

vorausgesetzt werden.

I. Das Integral $S_1 = \int_0^{\varphi_0} \varrho \cos^2 \varphi d\varphi$ geht, wenn für ϱ der durch Gleichung 61 angegebene Werth gesetzt wird, über in

$$S_1 = \frac{c^2}{\kappa} \int_0^{\varphi_0} \frac{\sec \varphi d\varphi}{\sqrt{1 + \frac{c^2}{\kappa^2} \tan^2 \varphi}} = \kappa \frac{c^2}{\kappa^2} \int_0^{\varphi_0} \frac{d\varphi}{\sqrt{1 - \left(1 - \frac{c^2}{\kappa^2}\right) \sin^2 \varphi}},$$

es erscheint also in der Normalform der ersten Gattung. Der

Modul $\sqrt{1 - \frac{c^2}{\kappa^2}}$ ist aber, wegen $\frac{c^2}{\kappa^2} > 1$, imaginär, und deshalb verwandeln wir das Integral S_1 mittels der Substitution

$$69) \dots \dots \dots \frac{c^2}{\kappa^2} \tan \varphi = \tan \alpha$$

$$\text{in: } S_1 = c \int_0^{\alpha_0} \frac{d\alpha}{\sqrt{1 - \left(1 - \frac{\kappa^2}{c^2}\right) \sin^2 \alpha}}$$

Wir erhalten also:

$$70) \int_0^{\varphi_0} \varrho \cos^2 \varphi d\varphi = c F(\alpha_0, \kappa_0) \text{ mit } \kappa_0 = \sqrt{1 - \frac{\kappa^2}{c^2}} \text{ und } \alpha_0 = \frac{\kappa}{c}.$$

Die Amplitude dieses Integrals ist (nach den Gleichungen 69 und 66) bestimmt durch

$$71) \dots \dots \dots \tan \alpha_0 = \sqrt{\frac{h^2}{\kappa^2} + 2 \frac{h}{\kappa}}.$$

II. Für die Bogenlänge $s = \int_0^{\varphi_0} \varrho d\varphi$ ergibt sich der Werth:

$$s = \frac{c^2}{\kappa} \int_0^{\varphi_0} \frac{\sec^3 \varphi d\varphi}{\sqrt{1 + \frac{c^2}{\kappa^2} \tan^2 \varphi}} = \kappa \frac{c^2}{\kappa^2} \int_0^{\varphi_0} \frac{\sqrt{1 + \tan^2 \varphi} d(\tan \varphi)}{\sqrt{1 + \frac{c^2}{\kappa^2} \tan^2 \varphi}}$$

und mit Beachtung von Gleichung 69:

$$s = c \int_0^{\alpha_0} \frac{\sqrt{1 + \frac{\kappa^2}{c^2} \tan^2 \alpha}}{\sqrt{1 + \tan^2 \alpha}} d(\tan \alpha),$$

wofür man mit der Legendre'schen Bezeichnung

$$72) \dots \dots \dots \sqrt{1 - \kappa_0^2 \sin^2 \alpha} = \mathcal{A} \alpha$$

nach einfacher Umformung erhält:

$$s = c \int_0^{\alpha_0} \frac{\mathcal{A} \alpha d\alpha}{\cos^2 \alpha}.$$

Eine Reductionsformel für dieses Integral liefert die Differentiation von $\mathcal{A} \alpha \tan \alpha$ mit gleichzeitiger Beachtung der identischen Gleichung:

$$73) \dots \dots \dots \frac{\kappa_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{\mathcal{A} \alpha} = \frac{1}{\tan \alpha} \left[\frac{1}{\mathcal{A} \alpha} - \mathcal{A} \alpha \right].$$

Man erhält

$$d(\mathcal{A} \alpha \tan \alpha) = \frac{\mathcal{A} \alpha d\alpha}{\cos^2 \alpha} - \frac{d\alpha}{\mathcal{A} \alpha} + \mathcal{A} \alpha d\alpha$$

und hieraus durch Integration:

$$74) \dots \dots \dots \int_0^{\alpha_0} \frac{\mathcal{A} \alpha d\alpha}{\cos^2 \alpha} = \mathcal{A} \alpha_0 \tan \alpha_0 + F(\alpha_0, \kappa_0) - E(\alpha_0, \kappa_0).$$

Daher ist die Bogenlänge der halben Akliode

$$75) \dots \dots \dots s = c [\mathcal{A} \alpha_0 \tan \alpha_0 + F(\alpha_0, \kappa_0) - E(\alpha_0, \kappa_0)].$$

III. Berechnung des Integrales: $S_2 = \int_0^{\varphi_0} \eta^2 \varrho d\varphi$.

Es folgt mit Hinweis auf Gleichung 58 und 60:

$$S_2 = \int_0^{\varphi_0} \varrho \eta \cdot \eta d\varphi = \int_0^{\varphi_0} c^2 \sec^3 \varphi \cdot \kappa \sqrt{1 + \frac{c^2}{\kappa^2} \tan^2 \varphi} \cdot d\varphi$$

$$= c^2 \kappa \int_0^{\varphi_0} \sqrt{(1 + \tan^2 \varphi) \left(1 + \frac{c^2}{\kappa^2} \tan^2 \varphi\right)} d(\tan \varphi),$$

und mit der Substitution Gleichung 69:

$$S_2 = \kappa^2 c \int_0^{\alpha_0} \sqrt{\left(1 + \frac{\kappa^2}{c^2} \tan^2 \alpha\right) (1 + \tan^2 \alpha)} d(\tan \alpha),$$

woraus in Folge leichter Umformung:

$$S_2 = \kappa^2 c \int_0^{\alpha_0} \frac{\mathcal{A} \alpha d\alpha}{\cos^4 \alpha}.$$

Zu einer Reductionsformel für das Integral $\int \frac{\mathcal{A} \alpha d\alpha}{\cos^n \alpha}$, in welchem n eine gerade Zahl ist,*) gelangt man durch Differentiation von $\frac{\mathcal{A} \alpha \tan \alpha}{\cos^{n-2} \alpha}$, indem man aufser der Gleichung 73 noch die identischen Gleichungen

$$\kappa_0'^2 = 1 - \kappa_0^2 = 1 - \kappa_0^2 (\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha) = \mathcal{A}^2 \alpha - \kappa_0^2 \cos^2 \alpha$$

und $\frac{1}{\mathcal{A} \alpha \cos^{n-2} \alpha} = \frac{\mathcal{A}^2 \alpha - \kappa_0^2 \cos^2 \alpha}{\kappa_0'^2 \mathcal{A} \alpha \cos^{n-2} \alpha} = \frac{\mathcal{A} \alpha}{\kappa_0'^2 \cos^{n-2} \alpha} - \frac{\kappa_0^2}{\kappa_0'^2} \frac{1}{\mathcal{A} \alpha \cos^{n-4} \alpha}$ berücksichtigt. Es gelingt dann die Reduction auf die Integrale $\int \frac{\mathcal{A} \alpha d\alpha}{\cos^2 \alpha}$ und $\int \frac{d\alpha}{\mathcal{A} \alpha}$, von denen das erstere bereits oben durch $\int \frac{d\alpha}{\mathcal{A} \alpha}$ und $\int \mathcal{A} \alpha d\alpha$ ausgedrückt wurde.

Im vorliegenden Falle ergibt sich:

$$d \left[\frac{\mathcal{A} \alpha \tan \alpha}{\cos^2 \alpha} \right] = 3 \frac{\mathcal{A} \alpha d\alpha}{\cos^4 \alpha} - \frac{1 + \kappa_0'^2}{\kappa_0'^2} \frac{\mathcal{A} \alpha d\alpha}{\cos^2 \alpha} + \frac{\kappa_0^2}{\kappa_0'^2} \frac{d\alpha}{\mathcal{A} \alpha},$$

woraus durch Integration:

$$3 \int_0^{\alpha_0} \frac{\mathcal{A} \alpha \tan \alpha}{\cos^4 \alpha} = \frac{\mathcal{A} \alpha_0 \tan \alpha_0}{\cos^2 \alpha_0} + \frac{1 + \kappa_0'^2}{\kappa_0'^2} \int_0^{\alpha_0} \frac{\mathcal{A} \alpha d\alpha}{\cos^2 \alpha} - \frac{\kappa_0^2}{\kappa_0'^2} F(\alpha_0, \kappa_0).$$

Beachtet man Gleichung 74, so gelangt man schliesslich zu:

$$76) \int_0^{\varphi_0} \eta^2 \varrho d\varphi = \frac{\kappa^2 c}{3} \left\{ \frac{1 + \kappa_0'^2}{\kappa_0'^2} [\mathcal{A} \alpha_0 \tan \alpha_0 - E(\alpha_0, \kappa_0)] + 2 F(\alpha_0, \kappa_0) + \frac{\mathcal{A} \alpha_0 \tan \alpha_0}{\cos^2 \alpha_0} \right\}.$$

In den Formeln 75 und 76 darf $\mathcal{A} \alpha_0$ ersetzt werden durch $\frac{\cos \alpha_0}{\cos \varphi_0}$, sodafs sich ergibt:

*) Bei ungeradem n ist $\int \frac{\mathcal{A} \alpha d\alpha}{\cos^n \alpha}$ nicht elliptisch.

$$\Delta\alpha_0 \operatorname{tg} \alpha_0 = \frac{\sin \alpha_0}{\cos \varphi_0} \quad \text{und}$$

$$\frac{\Delta\alpha_0 \operatorname{tg} \alpha_0}{\cos^2 \alpha_0} = \frac{\operatorname{tg} \alpha_0}{\cos \alpha_0 \cdot \cos \varphi_0}$$

Wir gelangen dann nach einigen einfachen Umformungen zu der folgenden

Formel für die Pressung k' :

$$77) \quad k' = \frac{6Hx}{\delta_1^2} \left(\frac{h}{x} + 1 - \frac{1}{2} \frac{\varepsilon}{\varepsilon'} \frac{1}{\cos \tau_0 x^2} \frac{\varepsilon'}{\delta_m^2} \left(4\varepsilon'' - 3 \frac{1}{\cos^2 \tau_0} \frac{\varepsilon^2}{\varepsilon'} \right) + F(\alpha_0 x_0) \right)$$

Dabei ist:

$$78) \quad \begin{cases} \varepsilon = \frac{\operatorname{tg} \varphi_0}{\cos \varphi_0} + \log \operatorname{nat.} \operatorname{tg} (45^\circ + \frac{1}{2} \varphi_0) \\ \varepsilon' = \frac{\sin \alpha_0}{\cos \varphi_0} + F(\alpha_0 x_0) - E(\alpha_0 x_0) \\ \varepsilon'' = \frac{1 + \cos^2 \tau_0}{\cos^2 \tau_0} \left[\frac{\sin \alpha_0}{\cos \varphi_0} - E(\alpha_0 x_0) \right] + 2F(\alpha_0 x_0) + \frac{\operatorname{tg} \alpha_0}{\cos \alpha_0 \cos \varphi_0} \\ \operatorname{tg} \alpha_0 = \sqrt{\left(\frac{h}{x} \right)^2 + 2 \frac{h}{x}} \end{cases}$$

$$\cos \tau_0 = x_0' = \frac{x}{c} = 2,3025851 \frac{x}{l} C \text{ (nach Gl. 70 und 63)}$$

$$\log 2,3025851 = 0,3622157$$

$$x_0 = \sin \tau_0$$

$$\operatorname{tg} \varphi_0 = \cos \tau_0 \operatorname{tg} \alpha_0$$

$$H = 0,18861171 \left(\frac{l}{C} \right)^2 \gamma; \quad [\log 0,18861171 = 0,2755686 - 1]$$

$$C = \log \lambda^*)$$

$$\lambda = \frac{h}{x} + 1 + \sqrt{\left(\frac{h}{x} \right)^2 + 2 \frac{h}{x}}$$

δ_0 = Scheitelstärke, δ_1 = Kämpferstärke, $\delta_m = \frac{1}{2}(\delta_0 + \delta_1)$

$$\frac{\delta_0}{\delta_1} = m, \quad \delta_m = \frac{1+m}{2} \delta_1$$

Bevor wir zu der Durchführung eines Zahlenbeispiels schreiten, schalten wir einige Bemerkungen über die Berechnung von $F(\alpha_0 x_0)$ und $E(\alpha_0 x_0)$ ein.

Numerische Berechnung der elliptischen Integrale $F(\alpha_0 x_0)$ und $E(\alpha_0 x_0)$.

Von den beiden, auf der Landen'schen Substitution beruhenden Methoden, ein elliptisches Integral $F(\alpha_0 x_0)$ in ein anderes mit kleinerem Modul und größerer Amplitude oder in ein solches mit größerem Modul und kleinerer Amplitude zu verwandeln, wollen wir uns der ersteren bedienen. Nach dieser ergibt sich:**)

$$F(\alpha_0 x_0) = F(\alpha_n \sin \tau_n) = \frac{F(\alpha_n \sin \tau_n)}{2^n} \sqrt{\frac{\cos \tau_1 \cos \tau_2 \cos \tau_3 \dots \cos \tau_{n-1}}{\cos \tau_0}}$$

Dabei sind $\sin \tau_1, \sin \tau_2, \sin \tau_3, \dots, \sin \tau_{n-1}$ die fallenden Moduln, welche der Reihe nach aus dem gegebenen Modul $\sin \tau_0$ mittels der Gleichungen folgen:

$$\sin \tau_1 = \frac{1}{2} \operatorname{tg}^2 \tau_0, \quad \sin \tau_2 = \frac{1}{2} \operatorname{tg}^2 \tau_1, \quad \sin \tau_3 = \frac{1}{2} \operatorname{tg}^2 \tau_2, \dots$$

Die zu diesen Moduln gehörigen steigenden Amplituden bestimmen sich aus den Gleichungen:

$$\operatorname{tg}(\alpha_1 - \alpha_0) = \cos \tau_0 \operatorname{tg} \alpha_0; \quad \operatorname{tg}(\alpha_2 - \alpha_1) = \cos \tau_1 \operatorname{tg} \alpha_1; \\ \operatorname{tg}(\alpha_3 - \alpha_2) = \cos \tau_2 \operatorname{tg} \alpha_2, \dots$$

Werden nun die fallenden Moduln so weit entwickelt, bis sich ein Werth $\sin \tau_n$ ergibt, der mit ausreichender Genauigkeit = 0 gesetzt werden darf, so folgt:

$$F(\alpha_n \sin \tau_n) = \int_0^{\alpha_n} \frac{d\alpha}{\sqrt{1 - \sin^2 \tau_n \sin^2 \alpha}} = \alpha_n$$

und

$$I. \quad F(\alpha_0 \sin \tau_0) = \frac{\alpha_n}{2^n} \sqrt{\frac{\cos \tau_1 \cos \tau_2 \cos \tau_3 \dots \cos \tau_{n-1}}{\cos \tau_0}}$$

*) log. Brigg.

**) Vergl. Schlömilch, Compendium der höheren Analysis, II. Band, 1866, Seite 298 und 308.

Für das elliptische Integral der zweiten Gattung ergibt sich dann:
II. $E(\alpha_0 x_0) = F(\alpha_0 x_0) \left\{ 1 - \frac{1}{2} x_0^2 - \frac{1}{4} x_0^2 x_1 - \frac{1}{8} x_0^2 x_1 x_2 - \frac{1}{16} x_0^2 x_1 x_2 x_3 \dots \right\}$
+ $\frac{1}{2} x_0 \sqrt{x_1} \sin \alpha_1 + \frac{1}{4} x_0 \sqrt{x_1 x_2} \sin \alpha_2 + \frac{1}{8} x_0 \sqrt{x_1 x_2 x_3} \sin \alpha_3 + \dots$
wobei $x_0 = \sin \tau_0, x_1 = \sin \tau_1, x_2 = \sin \tau_2, \dots$ die fallenden Moduln sind.

Aufgabe. Es sind die Integrale $F(\alpha_0 x_0)$ und $E(\alpha_0 x_0)$ zu berechnen für

$$\alpha_0 = 78^\circ 27' 47'' \quad \text{und} \quad x_0 = \sin \tau_0 = \sin 73^\circ 20' 54''.$$

Man erhält folgende

fallende Winkel τ	steigende Winkel α
$\tau_0 = 73^\circ 20' 54''$	$\alpha_0 = 78^\circ 27' 47''$
$\frac{1}{2} \tau_0 = 36^\circ 40' 27''$	$\log \operatorname{tg} \alpha_0 = 0,6901056$
$\log \operatorname{tg} \frac{1}{2} \tau_0 = 9,8719673$	$\log \cos \tau_0 = 9,4572068$
$\log \operatorname{tg}^2 \frac{1}{2} \tau_0 = 9,7439346 = \log \sin \tau_1$	$\log \operatorname{tg}(\alpha_1 - \alpha_0) = 0,1473124$
$\tau_1 = 33^\circ 40' 45,1''$	$\alpha_1 - \alpha_0 = 54^\circ 32' 10,0''$
$\frac{1}{2} \tau_1 = 16^\circ 50' 22,5''$	$\alpha_1 = 90^\circ + 42^\circ 59' 57,0''$
$\log \operatorname{tg} \frac{1}{2} \tau_1 = 9,4809719 \cdot 8$	$\log \operatorname{tg} \alpha_1 = 0,0303567 \cdot 6$
$\log \operatorname{tg}^2 \frac{1}{2} \tau_1 = 8,9619439 \cdot 6 = \log \sin \tau_2$	$\log \cos \tau_1 = 9,9202045 \cdot 1$
$\tau_2 = 5^\circ 15' 22,5''$	$\log \operatorname{tg}(\alpha_2 - \alpha_1) = 9,9505612 \cdot 7$
$\frac{1}{2} \tau_2 = 2^\circ 37' 41,2''$	$\alpha_2 - \alpha_1 = 90^\circ + 48^\circ 15' 15,0''$
$\log \operatorname{tg} \frac{1}{2} \tau_2 = 8,6618258 \cdot 3$	$\alpha_2 = 3 \cdot 90^\circ + 1^\circ 15' 12,0''$
$\log \operatorname{tg}^2 \frac{1}{2} \tau_2 = 7,3236516 \cdot 6 = \log \sin \tau_3$	$\log \operatorname{tg} \alpha_2 = 1,6599869 \cdot 6$
$\tau_3 = 0^\circ 7' 14,6''$	$\log \cos \tau_2 = 9,9981698 \cdot 3$
$\frac{1}{2} \tau_3 = 0^\circ 3' 37,3''$	$\log \operatorname{tg}(\alpha_3 - \alpha_2) = 1,6581567 \cdot 9$
$\log \operatorname{tg} \frac{1}{2} \tau_3 = 7,0223338$	$\alpha_3 - \alpha_2 = 3 \cdot 90^\circ + 1^\circ 15' 31,0''$
$\log \operatorname{tg}^2 \frac{1}{2} \tau_3 = 4,0446676 = \log \sin \tau_4$	$\alpha_3 = 6 \cdot 90^\circ + 2^\circ 30' 43,0''$
$\tau_4 < 1''$	$\log \operatorname{tg} \alpha_3 = 8,6421658$
Wir setzen $\cos \tau_4 = 1$, berechnen also die steigenden Amplituden bis zu α_4 .*)	$\log \cos \tau_3 = 9,9999991$
	$\log \operatorname{tg}(\alpha_4 - \alpha_3) = 8,6421649$
	$\alpha_4 - \alpha_3 = 6 \cdot 90^\circ + 2^\circ 30' 43,0'' (**)$
	also $\alpha_4 - \alpha_3 = \alpha_3$ und $\alpha_4 = 2\alpha_3$, mithin
	$\frac{\alpha_n}{2^n} = \frac{\alpha_4}{2^4} = \frac{\alpha_3}{2^3} = \frac{1}{8} \cdot (542^\circ 30' 43,0'')$
	$= 244130''$

Nun folgt im Bogenmaß:

$$\frac{\alpha_n}{2^n} = \frac{244130 \cdot \pi}{180 \cdot 60 \cdot 60}$$

und nach Formel I

$$F(\alpha_0 x_0) = \frac{244130 \cdot \pi}{180 \cdot 60 \cdot 60} \sqrt{\frac{\cos \tau_1 \cos \tau_2 \cos \tau_3}{\cos \tau_0}} = 2,012702.$$

Hierauf ergibt sich nach Formel II,

$$E(\alpha_0 x_0) = F(\alpha_0 x_0) \left[1 - \frac{1}{2} x_0^2 - \frac{1}{4} x_0^2 x_1 - \frac{1}{8} x_0^2 x_1 x_2 - \frac{1}{16} x_0^2 x_1 x_2 x_3 - \frac{1}{32} x_0^2 x_1 x_2 x_3 x_4 \right] \\ + \frac{1}{2} x_0 \sqrt{x_1} \sin \alpha_1 + \frac{1}{4} x_0 \sqrt{x_1 x_2} \sin \alpha_2 + \frac{1}{8} x_0 \sqrt{x_1 x_2 x_3} \sin \alpha_3 \\ + \frac{1}{16} x_0 \sqrt{x_1 x_2 x_3 x_4} \sin \alpha_4$$

worein zu setzen:

$$\begin{array}{ll} \log x_0 = \log \sin \tau_0 = 9,9813948 \quad (***) & \log \sin \alpha_1 = 9,8641334 \\ \log x_1 = \log \sin \tau_1 = 9,7439346 & \log \sin \alpha_2 = 9,9998961 \\ \log x_2 = \log \sin \tau_2 = 8,9619440 & \log \sin \alpha_3 = 8,6417582 \\ \log x_3 = \log \sin \tau_3 = 7,3236517 & \log \sin \alpha_4 = 8,9423607 \\ \log x_4 = \log \sin \tau_4 = 4,0446676 & \end{array}$$

weshalb:

$$E(\alpha_0 x_0) = 2,0127019 - 0,9237173 - 0,2561201 - 0,0117316 - 0,0000124 - 0,0000000 \\ + 0,2608947 + 0,0539722 + 0,0005430 + 0,0000006 \\ E(\alpha_0 x_0) = 1,136531.$$

Zahlenbeispiel für die Berechnung der Pressung in einem Aklinoidegewölbe.

Es liege ein Aklinoidegewölbe mit folgenden Verhältnissen

$$\text{vor:} \quad \frac{l_1}{h} = 2, \quad \frac{h}{x} = 4, \quad \frac{\delta_0}{\delta_1} = \frac{3}{4}, \quad \frac{\delta_m}{\delta_1} = \frac{1}{2} \frac{\delta_0 + \delta_1}{\delta_1} = \frac{7}{8},$$

$$\frac{\delta_1}{l_1} = \frac{1}{10}.$$

*) Für unsere Zwecke wäre es bereits zulässig, $\tau_3 = 0$ zu setzen.

**) Es muß schließlichs nahezu werden: $\alpha_n - \alpha_{n-1} = \alpha_{n-1}$, also $\alpha_n = 2\alpha_{n-1}$.

***) Die Berechnung von $E(\alpha_0 x_0)$ nach der angewandten Formel ist deshalb sehr bequem, weil die Werthe $\log x_n = \log \sin \tau_n$ bereits bei Ermittlung der fallenden τ gefunden wurden. Es empfiehlt sich dabei, nicht $x_4 = 0$ zu setzen.

Zunächst berechnet man

$$\lambda = 9,8990, \quad C = \log \lambda = 0,9955913, \quad H = 0,190313 \gamma l_1^2$$

$$\operatorname{tg} \alpha_0 = \sqrt{4^2 + 2 \cdot 4} = \sqrt{24} \text{ (nach Gleichung 71)}$$

$$\alpha_0 = 78^\circ 27' 47''$$

$$\alpha_0' = \cos \tau_0 = 2,3025851 \cdot \frac{\pi}{l} C = 2,3025851 \cdot \frac{1}{8} \cdot 0,9955913$$

$$\log \cos \tau_0 = 9,4572068$$

$$\tau_0 = 73^\circ 20' 54''$$

$$\log \sin \tau_0 = 9,9818948$$

Nachdem nunmehr die elliptischen Integrale

$$F(\alpha_0, \alpha_0) = 2,0127 \text{ und } E(\alpha_0, \alpha_0) = 1,1365$$

ermittelt worden sind, werden die Werthe bestimmt:

$$\varphi_0 = \alpha_1 - \alpha_0 = 54^\circ 32' 10'', \text{ weil } \operatorname{tg} \varphi_0 = \cos \tau_0 \operatorname{tg} \alpha_0 \text{ und}$$

$$\cos \tau_0 \operatorname{tg} \alpha_0 = \operatorname{tg}(\alpha_1 - \alpha_0) \text{ ist,}$$

(vergl. die Berechnung der steigenden Amplituden)

$$\log \operatorname{tg} \varphi_0 = 0,1473124$$

$$\log \cos \varphi_0 = 9,7635700$$

worauf alle in den Gleichungen 77 und 78 vorkommenden Größen gegeben sind. Diese Gleichungen liefern:

$$\varepsilon = 3,5598 \quad \varepsilon' = 2,5650 \quad \varepsilon'' = 53,5226$$

und (mit $\pi = 1/8 l_1$):

$$k' = \mp \gamma \frac{l_1^3}{\delta_1^2} \frac{0,9440}{\frac{l_1^2}{\delta_m^2} 0,5249 + 2,01}$$

Bis jetzt gilt k' für alle Aklinoidengewölbe mit $\frac{l_1}{h} = 2$ und

$\frac{h}{\pi} = 4$. Setzt man ein: $\delta_1 = 1/10 l_1$ und $\delta_m = \frac{7 l_1}{80}$, so folgt

$$k' = \mp 1,338 \gamma l_1$$

Die gesamte Inanspruchnahme wird nach Formel 31, wenn für die Kämpferfuge $M = -\frac{\gamma v l_1^2}{16}$ gesetzt wird,

$$k = \frac{H \sec \varphi_0}{\delta_1} + k' \mp \frac{3 \gamma v l_1^2}{8 \delta_1^2}$$

Mit $\delta_1 = \frac{l_1}{10}$, $H = 0,190313 \gamma l_1^2$ und $\log \cos \varphi_0 = 9,7635700$ ergibt sich:

$$k = (3,280 \mp 1,338) \gamma l_1 \mp 37,5 \gamma v$$

Ist die Stützweite $2 l_1 = 36$ m, das Gewicht des Gewölbemauerwerks = $1,6$ t für das Cubikmeter und die veränderliche Belastung (Straßenbrücke für größeren Güterverkehr) = $0,640$ t für das qm, also

$$v = \frac{0,64}{1,60} = 0,4 \text{ m, so folgt:}$$

$$k = (3,280 \mp 1,338) 1,6 \cdot 18 \mp 37,5 \cdot 1,6 \cdot 0,4 = \left\{ \begin{array}{l} + 32 \\ + 157 \end{array} \right\} t$$

für das qm, d. i.

$$k_{max} = 15,7 \text{ kg für das qcm.}$$

Das Gewölbe wäre hiernach aus bestem Klinkermauerwerk herzustellen. Für dieses ist $k = 16$ t für das qcm zulässig.

Näherungsformel für die Pressung k .

Eine für die erste Abschätzung der Gewölbestärke recht brauchbare Formel zur genäherten Berechnung der Inanspruchnahme eines Aklinoidengewölbes erhält man, wenn man in die für die Parabel abgeleitete Gleichung 48 die der Akloide entsprechenden Werthe H und φ_0 einführt. Dabei darf man mit genügender Annäherung setzen:

$$79) \quad H = \frac{\gamma l_1^2}{2h} (\pi + 0,14h),$$

und gelangt (wenn man noch $16/15$ durch 1 ersetzt) zu der Formel:

$$80) \quad k = \frac{\gamma l_1^2}{2 \delta_1 h} \left\{ (\pi + 0,14h) \left(\sec \varphi_0 \mp \frac{4 \frac{h}{\delta_1}}{\left(\frac{h}{\delta}\right)^2 + 1} \right) \mp \frac{3}{4} \frac{v h}{\delta_1} \right\};$$

in dieser bedeutet:

δ_1 = Stärke des Gewölbes am Kämpfer,

δ = mittlere Stärke des Gewölbes.

Der Winkel φ_0 ist nach Gleichung 66 und mit Beachtung

von $c^2 = \frac{H}{\gamma} = \frac{l_1^2}{2h} (\pi + 0,14h)$ gegeben durch:

$$81) \quad \operatorname{tg}^2 \varphi_0 = 4 \frac{h^2 \pi + 0,5h}{l_1^2 \pi + 0,14h}$$

Ergeben sich aus der Formel 80 zwei Pressungen mit verschiedenen Vorzeichen, so setze man

$$k = \frac{H \sec \varphi_0}{\delta_1} \frac{k_1 - k_2}{k_1 - 2k_2}$$

d. i., wegen Gleichung 79,

$$82) \quad k = \frac{\gamma l_1^2}{\delta_1 h} (\pi + 0,14h) \sec \varphi_0 \frac{k_1 - k_2}{k_1 - 2k_2}$$

Bezüglich der Bedeutung von k_1 und k_2 ist auf §. 3 zu verweisen.

Setzt man für das vorhin berechnete Gewölbe, dessen Form von der Parabel ziemlich abweicht, in die Gleichungen 80 und 81 $v = 0,4$ m, $l_1 = 18$ m, $h = 1/2 l_1 = 9$ m, $\pi = \pi_0 + 1/2 v = 1/4 h$,

$$\delta_1 = 1/10 l_1 = 1/5 h, \quad \delta_0 = 3/4 \delta_1 \text{ also } \delta = \frac{\delta_0 + \delta_1}{2} = \frac{7h}{40} \text{ und}$$

$$\gamma = 1,6 \text{ t,}$$

so erhält man:

$$\operatorname{tg}^2 \varphi_0 = 25/13, \quad \varphi_0 = 54^\circ 12', \quad \sec \varphi_0 = 1,710$$

$$k = \left\{ \begin{array}{l} + 39 \\ + 153 \end{array} \right\} t \text{ für das qm, also}$$

$$k_{max} = 153 \text{ kg für das qcm.}$$

Der Unterschied zwischen diesem Werthe und dem vorhin berechneten $k_{max} = 157$ ist ganz unwesentlich, umso mehr als es sich bei Ableitung der Gleichung 80 nur darum handelte, eine Formel zu gewinnen, welche — an Stelle der bislang üblichen ganz unzuverlässigen empirischen Angaben — die vorläufige Abschätzung der Stärke eines nachträglich einer genaueren Berechnung zu unterwerfenden Gewölbes handelte.

Die Formel 80 darf zur Berechnung sowohl von hohen als auch von flachen Gewölben angewendet werden. Für das in § 5 behandelte Kreisgewölbe war z. B.

$$l_1 = 10,4 \text{ m } h = 4,0 \text{ m } \delta_1 = 1,21 \text{ m } \delta_0 = 0,90 \text{ m, also}$$

$$\delta = 1/2 (\delta_0 + \delta_1) = 1,055 \text{ m;}$$

ferner war:

$$\pi = \pi_0 + 1/2 v = 1,80 + 0,50 = 2,30 \text{ m, } v = 1,0 \text{ m, } \gamma = 1,6 \text{ t.}$$

Aus Gleichung 81 folgt:

$$\operatorname{tg}^2 \varphi_0 = 4 \cdot \frac{4,0^2}{10,4^2} \cdot \frac{2,30 + 0,50 \cdot 4,0}{2,30 + 0,14 \cdot 4,0}, \text{ und hieraus:}$$

$$\sec \varphi_0 = 1,375,$$

und Gleichung 80 liefert:

$$k = \frac{1,6 \cdot 10,4^2}{2 \cdot 4,0 \cdot 1,21} \left\{ (2,30 + 0,14 \cdot 4,0) \left(1,375 \mp \frac{4 \cdot \frac{4,00}{1,21}}{\left(\frac{4,00}{1,055}\right)^2 + 1} \right) \mp \frac{3}{4} 1,0 \cdot \frac{4,0}{1,21} \right\};$$

d. i. $k = \begin{Bmatrix} -18 \\ +159 \end{Bmatrix}$ t für den qm.

Nun wird (da die beiden Werthe k verschiedene Vorzeichen haben) gesetzt: $k_1 = 159$ $k_2 = 18$ und nach Gleichung 82

$$k = \frac{1,6 \cdot 10,4^2(2,30 + 0,14 \cdot 4,0)}{4,0 \cdot 1,21} \cdot 1,375 \frac{159 - 18}{159 - 2 \cdot 18} = 161 \text{ t für das qm.}$$

In §. 5 wurde erhalten $k = 158$ t für das qm, das Ergebniss ist also ein nur sehr wenig verschiedenes.

II. Abschnitt.

Das unsymmetrische Stützliniengewölbe.

Es sei ASB die auf irgend eine waagerechte x -Achse und eine geneigte y -Achse bezogene Mittellinie des durch beliebig gerichtete Kräfte R belasteten, bei A und B gegen starre Widerlager sich lehnenen Stützliniengewölbes. Fig. 11.

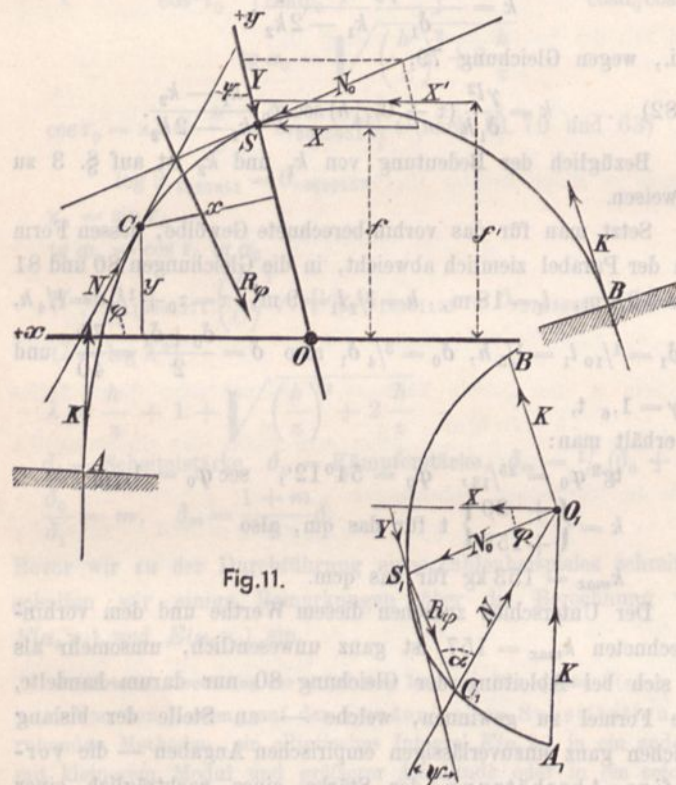


Fig. 11.

Als Coordinaten des beliebigen Bogenpunktes C seien die Lothe von C auf die Coordinatenachsen eingeführt. N_0 und N seien die in S und C an die Mittellinie gelegten Tangenten; letztere bilde mit den Coordinatenachsen die Winkel φ und ψ . $B_1 S_1 C_1 A_1$ sei die Kräftelinie und O_1 der Pol derselben. Vergl. §. 1.

Werden die Strahlen $O_1 S_1$ und $O_1 C_1$ parallel den Tangenten N_0 und N gezogen, so stellen $O_1 S_1$ und $O_1 C_1$ nach Größe und Richtung die Drücke auf die Gewölbequerschnitte bei S und bei C vor. Die Sehne $S_1 C_1$ ist gleich der Mittelkraft R_φ der auf das Gewölbestück SC wirkenden äußeren Kräfte R .

Zerlegt man den Druck $N_0 = O_1 S_1$ in die Seitenkräfte X und Y , welche den Coordinatenachsen parallel sind und von denen die letztere im entgegengesetzten Sinne dieser Achsen positiv genommen werden soll, und bezeichnet man die Ordinate des Punktes S mit f und das Loth von C auf die Kraft R_φ mit r , so ist

$$83) \dots X(f - y) - Yx = R_\varphi r$$

und der Normaldruck $N = O_1 C_1$ wird:

$$84) \dots N = X \cos \varphi + Y \cos \psi + R_\varphi \cos \alpha.$$

Die Werthe X und Y entsprechen der mit der Mittellinie des Gewölbes zusammenfallenden Stützlinie, sie sind gegeben, sobald die Form des Gewölbes bestimmt ist, was in bekannter Weise — am schnellsten durch Versuchen — geschehen kann.

Der wirkliche Druck auf den Gewölbequerschnitt bei S möge die Seitenkräfte X' und Y' haben, von denen die erstere im Abstände f' von der x -Achse angreife und die zweite mit der y -Achse zusammenfalle. Es entsteht dann bei C das Biegemoment:

$$85) \dots M = X'(f' - y) - Y'x - R_\varphi r$$

und der Normaldruck

$$86) \dots N' = X' \cos \varphi + Y' \cos \psi + R_\varphi \cos \alpha.$$

Zieht man Gleich. 83 von Gleich. 85 und Gleich. 84 von Gleich. 86 ab und setzt:

$$87) \dots \begin{cases} X - X' = \Delta X, & Y - Y' = \Delta Y, \\ Xf - X'f' = \Delta M_0 \end{cases}$$

so erhält man:

$$88) \dots \begin{cases} M = \Delta X \cdot y + \Delta Y \cdot x - \Delta M_0 \\ N' = N - \Delta X \cos \varphi - \Delta Y \cos \psi. \end{cases}$$

Die Aenderungen ΔX und ΔY der Kräfte X und Y , sowie die Aenderung ΔM_0 des Momentes Xf müssen die Bedingung erfüllen:

Die Formänderungsarbeit muß ein Minimum sein. Sie müssen also der Gleichung genügen:

$$\frac{12}{\delta_0^2} \int M^2 \frac{\delta_0^3}{\delta^3} ds + \int N'^2 \frac{\delta_0}{\delta} ds = \text{minimum},$$

wofür, da die bezüglichen Untersuchungen nur graphisch durchgeführt werden sollen und zu diesem Zwecke das Gewölbe in Stücke mit den endlichen Längen $s_1 s_2 s_3 \dots$ (die in der Regel gleich lang genommen werden) zerlegt wird, geschrieben werden soll:

$$89) \dots \frac{12}{\delta_0^2} \sum M^2 w + \sum N'^2 w' = \text{minimum},$$

wobei $w = \frac{\delta_0^3}{\delta^3} s$ und $w' = \frac{\delta_0}{\delta} s$ (vergl. Gleich. 5) ist, während δ_0 die Stärke des Gewölbes an irgend einer Stelle bedeutet.

Häufig darf eine constante Gewölbestärke in Rechnung gestellt werden, und folgt dann, wenn $s_1 = s_2 = s_3 \dots = \text{Const.}$ gewählt wird,

$$w = 1 \text{ und } w' = 1,$$

wobei unter δ_0 die mittlere Gewölbestärke zu verstehen ist.

Die partielle Differentiation der Gleichung 89 nach M_0 liefert, da N' unabhängig von M_0 ist,

$$\sum M \frac{\partial M}{\partial M_0} w = 0$$

und, wegen $\frac{\partial M}{\partial M_0} = -1$,

$$\sum M w = 0 \text{ d. i. } \Delta X \sum x w + \Delta Y \sum y w - \Delta M_0 \sum x = 0.$$

Wird die Lage des bislang willkürlichen Koordinatenursprungs so gewählt, daß

$$90) \dots \sum x w = 0 \text{ und } \sum y w = 0$$

ist, so folgt $\Delta M_0 = 0$ und, wegen Gleichung 87,

$$91) \dots X' f' = X f,$$

weshalb die erste der Gleichungen 88 übergeht in

$$92) \dots M = \Delta X y + \Delta Y x.$$

Differentiirt man nunmehr die Gleichung 89 nach ΔX und nach ΔY , so ergibt sich:

$$\frac{12}{\delta_0^2} \sum M \frac{\partial M}{\partial(\Delta X)} w + \sum N' \frac{\partial N'}{\partial(\Delta X)} w' = 0 \text{ und}$$

$$\frac{12}{\delta_0^2} \sum M \frac{\partial M}{\partial(\Delta Y)} w + \sum N' \frac{\partial N'}{\partial(\Delta Y)} w' = 0$$

worein zu setzen:

$$\frac{\partial M}{\partial(\Delta X)} = y, \quad \frac{\partial M}{\partial(\Delta Y)} = x, \quad \frac{\partial N'}{\partial(\Delta X)} = -\cos \varphi,$$

$$\frac{\partial N'}{\partial(\Delta Y)} = -\cos \psi.$$

Man gelangt zu:

$$\frac{12}{\delta_0^2} \sum (\Delta X y + \Delta Y x) y w - \sum (N - \Delta X \cos \varphi - \Delta Y \cos \psi) \cos \varphi \cdot w' = 0,$$

$$\frac{12}{\delta_0^2} \sum (\Delta X y + \Delta Y x) x w - \sum (N - \Delta X \cos \varphi - \Delta Y \cos \psi) \cos \psi \cdot w' = 0,$$

und diese Gleichungen gehen, wenn der Neigungswinkel der y -Achse so gewählt wird, daß $\sum xyw = 0$ wird, über in:

$$94) \begin{cases} \Delta X \left(12 \frac{\sum y^2 w}{\delta_0^2} + \sum x \cos^2 \varphi \right) + \Delta Y \sum w \cos \varphi \cos \psi = \sum w' N \cos \varphi, \\ \Delta Y \left(12 \frac{\sum x^2 w}{\delta_0^2} + \sum x \cos^2 \psi \right) + \Delta X \sum w \cos \varphi \cos \psi = \sum w' N \cos \psi. \end{cases}$$

Einige der in diesen Gleichungen vorkommenden Summen lassen sich in bequemer Weise mit Hilfe von Seilpolygonen darstellen. Desgleichen läßt sich leicht die an die Gleichungen $\sum xw = 0, \sum yw = 0, \sum xyw = 0$ gebundene Lage des Koordinatensystems auf zeichnerischem Wege finden (vergl. Fig. 12). Denkt man nämlich in den Mit-

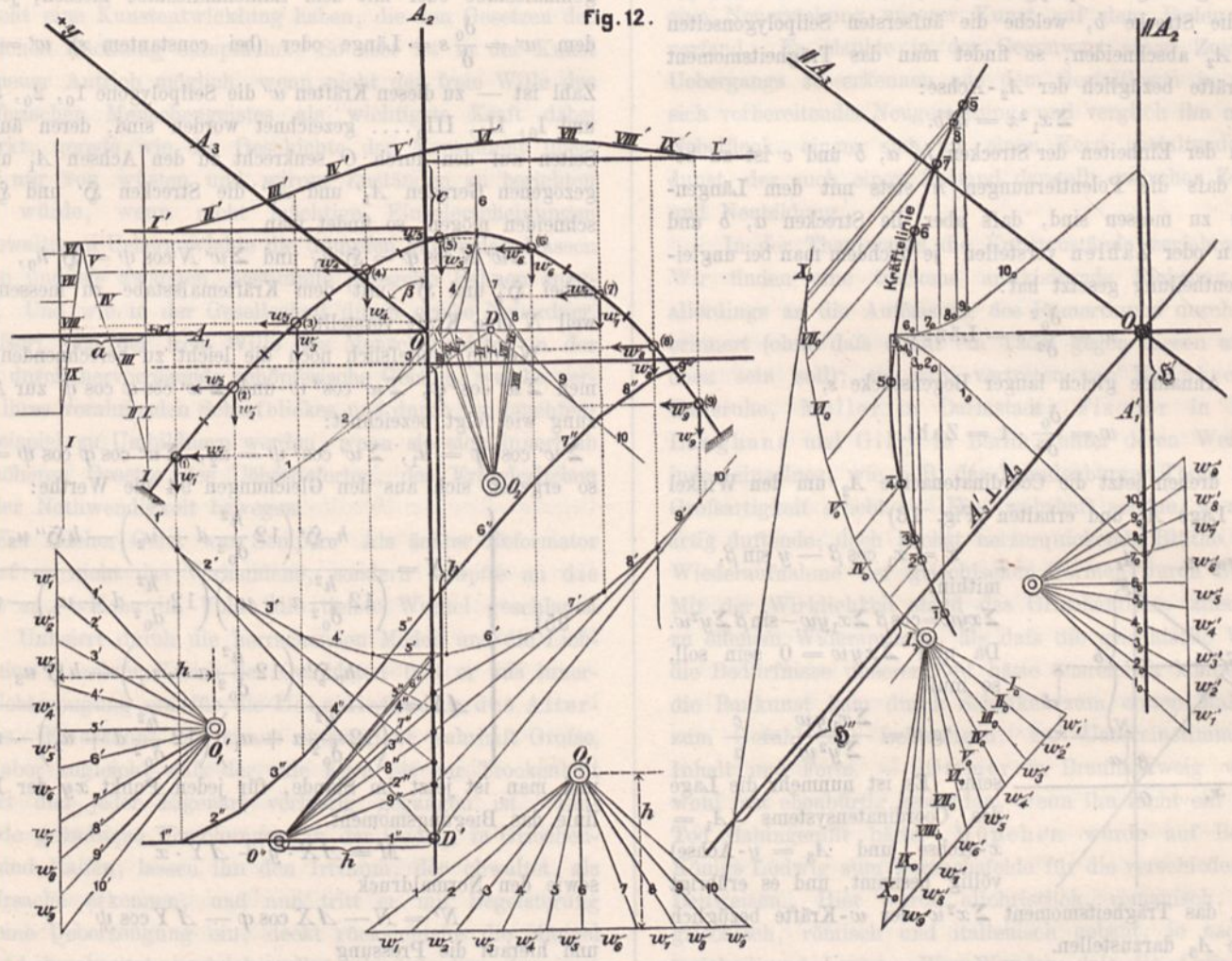


Fig. 12.

telpunkten (1), (2), (3)... der Bogenstücke $s_1, s_2, s_3 \dots$, in welche die Mittellinie des Gewölbes zerlegt wurde, Kräfte $w_1 = s_1 \frac{\delta_0^3}{\delta_1^3}, w_2 = s_2 \frac{\delta_0^3}{\delta_2^3}, w_3 = s_3 \frac{\delta_0^3}{\delta_3^3} \dots$ wirkend, welche senkrecht zur Ebene der Mittellinie gerichtet sind, so muß der Ursprung O in die Mittelkraft dieser w -Kräfte fallen, und der Neigungswinkel der y -Achse muß so gewählt werden, daß das Centrifugalmoment $\sum xyw$ dieser w -Kräfte bezüglich des Koordinatensystems gleich Null wird, daß also die Koordinatenachsen Hauptachsen werden.

Wir fassen jetzt die w einmal als waagerechte, dann als senkrechte, in der Ebene der Mittellinie wirkende gleichgerichtete

Kräfte auf und zeichnen mit der Polentfernung h die den Polen O_1 und O_1' entsprechenden Seilpolygone 1, 2, 3, 4... und 1', 2', 3', 4'... deren äußerste Seiten sich beziehungsweise in D und D' schneiden. Es ist dann der Schnittpunkt der durch D und D' gelegten waagerechten bzw. senkrechten Achsen A_1 und A_2 der gesuchte Ursprung O und die Achse A_1 die gesuchte x -Achse.

Jetzt bringen wir sämtliche Seiten 1, 2, 3, 4... des dem Pole O_1 entsprechenden Seilpolygons mit der Achse A_1 zum Schnitte, ziehen von diesen Schnittpunkten aus die Strahlen I, II, III, IV... nach dem in der Entfernung h von der A_1 angenommenen Pole O_2 und zeichnen das diesen Strah-

len entsprechende Seilpolygon I, II, III, IV, ..., I, dessen äußerste Seiten I und I auf der Achse A_1 die Strecke a abschneiden. Es ist dann das Trägheitsmoment der w -Kräfte, bezüglich der Achse A_1 :

$$\sum y^2 w = h^2 a.$$

Zeichnet man weiter zu den senkrechten w -Kräften das Seilpolygon I' II' III' ... I', dessen Seiten senkrecht zu den Seilstrahlen I II III ... I (Pol O_2) sind, und misst die Strecke c , welche die äußersten Seilpolygonseiten I' und I' auf der Achse A_2 abschneiden, so erhält man das Centrifugalmoment, bezogen auf A_1 und A_2 :

$$\sum x_1 y w = h^2 c.$$

Bringt man schließlich sämtliche Seiten des Seilpolygons 1', 2', 3', 4' ... mit der Achse A_2 zum Schnitte, zieht von den Schnittpunkten aus nach dem in der Entfernung h von dem A_2 angenommenen Pole O'' die Strahlen 1'', 2'', 3'', 4'' ..., zeichnet das zugehörige Seilpolygon 1'', 2'', 3'', 4'' ... 1'' und bestimmt die Strecke b , welche die äußersten Seilpolygonseiten auf der A_2 abschneiden, so findet man das Trägheitsmoment der w -Kräfte bezüglich der A_2 -Achse:

$$\sum x_1^2 w = h^2 b.$$

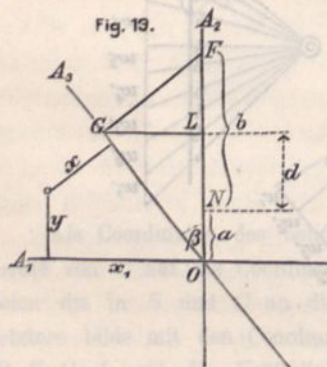
Bezüglich der Einheiten der Strecken h , a , b und c ist zu bemerken, daß die Polentfernungen h stets mit dem Längenmaßstabe zu messen sind, daß aber die Strecken a , b und c Längen oder Zahlen vorstellen, je nachdem man bei ungleicher Bogentheilung gesetzt hat:

$$w = \frac{\delta_0^2}{\delta^2} s = \text{Länge}$$

oder, bei Annahme gleich langer Bogenstücke s ,

$$w = \frac{\delta_0^3}{\delta^3} \cdot 1 = \text{Zahl.}$$

Wir drehen jetzt die Coordinatenachse A_2 um den Winkel β in die Lage A_3 und erhalten (Fig. 13)



$$x = x_1 \cos \beta - y \sin \beta,$$

mithin:

$$\sum x y w = \cos \beta \sum x_1 y w - \sin \beta \sum y^2 w.$$

Da nun $\sum x y w = 0$ sein soll, so muß

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{\sum x_1 y w}{\sum y^2 w} = \frac{c}{a}$$

sein. Es ist nunmehr die Lage des Koordinatensystems ($A_1 = x$ -Achse und $A_3 = y$ -Achse) völlig bestimmt, und es erübrigt

nur noch, das Trägheitsmoment $\sum x^2 w$ der w -Kräfte bezüglich der Achse A_3 darzustellen.

Man findet

$$\sum x^2 w = \cos^2 \beta \sum x_1^2 w + \sin^2 \beta \sum y^2 w - 2 \sin \beta \cos \beta \sum x_1 y w$$

und, wegen

$$\sum x_1 y w = \operatorname{tg} \beta \sum y^2 w,$$

$$\sum x^2 w = \cos^2 \beta \sum x_1^2 w - \sin^2 \beta \sum y^2 w$$

$$= \cos^2 \beta \cdot h^2 b - (1 - \cos^2 \beta) h^2 a, \text{ d. h.}$$

$$\sum x^2 w = h^2 [(a + b) \cos^2 \beta - a].$$

Trägt man (Fig. 13) auf der Achse A_2 die Strecken $\overline{ON} = a$ und $\overline{NF} = b$ ab, zieht $\overline{FG} \perp$ Achse A_3 und $\overline{GL} \perp$ Achse A_2 , so ist:

$$\overline{GO} = (a + b) \cos \beta \text{ und } \overline{LO} = (a + b) \cos^2 \beta, \text{ mithin}$$

$$\overline{NL} = (a + b) \cos^2 \beta - a.$$

Setzt man also $\overline{NL} = d$, so ist:

$$\sum x^2 w = h^2 d.$$

Die Summen $\sum w' N \cos \varphi$ und $\sum w' N \cos \psi$ lassen sich als die auf den Pol O der Kräftelinie als Drehpunkt bezogenen Momente erster Ordnung von Kräften w' deuten, welche beziehungsweise senkrecht zu den Achsen A_1 und A_3 gerichtet sind und durch die Endpunkte der Fahrstrahlen N gehen; denn es sind die Abstände dieser Kräfte vom Pole O gleich $N \cos \varphi$ bzw. gleich $N \cos \psi$. Dabei sind die auf der Kräftelinie angenommenen Angriffspunkte dieser w' -Kräfte den Mittelpunkten (1), (2), (3) ... der Bogenstücke $s_1, s_2, s_3 \dots$ so zuzuordnen, daß beispielsweise der Angriffspunkt 3 von w_3' den Endpunkt desjenigen Fahrstrahles bildet, welcher der im Punkte (3) an die Mittellinie gelegten Tangente parallel ist. Nachdem mit der beliebigen Polentfernung h_0 — welche wir mit dem Längenmaßstabe oder mit dem Zahlenmaßstabe messen, je nach-

dem $w' = \frac{\delta_0}{\delta} s = \text{Länge}$ oder (bei constantem s) $w' = \frac{\delta_0}{\delta} = \text{Zahl}$ ist — zu diesen Kräften w' die Seilpolygone $1_0, 2_0, 3_0 \dots$ und $I_0, II_0, III_0 \dots$ gezeichnet worden sind, deren äußerste Seiten auf den durch O senkrecht zu den Achsen A_1 und A_3 gezogenen Geraden A_1' und A_3' die Strecken \mathfrak{S}' und \mathfrak{S}'' abschneiden mögen, so findet man

$$\sum w' N \cos \varphi = \mathfrak{S}' h_0 \text{ und } \sum w' N \cos \psi = \mathfrak{S}'' h_0,$$

wobei \mathfrak{S}' und \mathfrak{S}'' mit dem Kräftemaßstabe zu messen sind, weil N eine Kraft vorstellt.

Werden schließlich noch die leicht zu berechnenden Summen $\sum w' \cos^2 \varphi$, $\sum w' \cos^2 \psi$ und $\sum w' \cos \varphi \cos \psi$ zur Abkürzung wie folgt bezeichnet:

$$\sum w' \cos^2 \varphi = u_1, \quad \sum w' \cos^2 \psi = u_2, \quad \sum w' \cos \varphi \cos \psi = u_3,$$

so ergeben sich aus den Gleichungen 94 die Werthe:

$$95) \quad \left\{ \begin{aligned} AX &= \frac{h_0 \mathfrak{S}' \left(12 \frac{h^2}{\delta_0^2} d + u_2 \right) - h \mathfrak{S}'' u_3}{\left(12 \frac{h^2}{\delta_0^2} a + u_1 \right) \left(12 \frac{h^2}{\delta_0^2} d + u_2 \right) - u_3^2}, \\ AY &= \frac{h_0 \mathfrak{S}'' \left(12 \frac{h^2}{\delta_0^2} a + u_1 \right) - h \mathfrak{S}' u_3}{\left(12 \frac{h^2}{\delta_0^2} a + u_1 \right) \left(12 \frac{h^2}{\delta_0^2} d + u_2 \right) - u_3^2}, \end{aligned} \right.$$

und man ist jetzt im Stande, für jeden Punkt xy der Mittellinie das Biegemoment

$$M = AX \cdot y + AY \cdot x$$

sowie den Normaldruck

$$N' = N - AX \cos \varphi - AY \cos \psi$$

und hierauf die Pressung

$$96) \quad \dots \quad k = \frac{N'}{\delta} \pm \frac{6M}{\delta^2}$$

in dem entsprechenden Gewölbequerschnitte anzugeben.

Führt hierbei die Gleichung 96 zu einer negativen Pressung (Zugspannung) und soll die Zugwiderstandsfähigkeit des Gewölbematerials ganz vernachlässigt werden, so ist die Formel

$$k = \frac{2N'}{\delta} \frac{k_1 - k_2}{k_1 - 2k_2}$$

anzuwenden, in welcher k_1 und k_2 die in §. 3 erklärte Bedeutung haben.

Heinrich Müller-Breslau.

Gottfried Semper.

Vortrag, gehalten von Oscar Sommer in den Versammlungen des Architekten- und Ingenieur-Vereins in Frankfurt a/M.
am 23. November und 14. December 1885.

„Nur einen Herrn kennt die Kunst: das Bedürfnis! Sie artet aus, wo sie der Laune des Künstlers, mehr noch, wo sie mächtigen Kunstbeschützern gehorcht.“ — Mit diesem kühnen Worte begann Semper in jugendlichem Feuer seine Laufbahn. Er hat dadurch in manchem Kunstgelehrten die Ansicht befestigt, daß sich die Baustile ähnlich wie bei Entstehung der Arten in der Natur durch Vererbung und Anpassung langsam fortentwickeln müßten. In diesem einzigen Punkte ist Sempers Ansicht im reiferen Alter eine andere geworden. Ja, wenn wir wirklich Schöpfer wären, wenn wir uns nicht damit begnügen müßten, kleine Nachschöpfer zu sein, welche die Werke der lebenden Natur in ihrem Geiste nur widerspiegeln lassen, dann würden wir vielleicht eine Kunstentwicklung haben, die den Gesetzen der natürlichen Züchtung entspräche. So aber ist in der Kunst kein neuer Antrieb möglich, wenn nicht der freie Wille des schöpferischen Menschengestes als wichtigste Kraft dabei mitwirkt, gerade wie die Geschichte der Menschheit überhaupt nur von wüsten und wirren Zuständen zu berichten haben würde, wenn nicht mächtige Einzelercheinungen mit gewaltigem Uebergewichte die dumpfen gährenden Massen lenkten und sie zwingen, bestimmte geregelte Bahnen anzutreten. Und wie in der Gesellschaft durch große Neuordner, so äußert sich der freie Wille des Menschengestes in der Kunst durch hervorragende schöpferische Geister, welche vermöge ihres vorahnenden Scharfblickes und durch ihr leuchtendes Beispiel zu Umbildnern werden, wenn sie sich innerhalb der höheren Gesetze des Ueberlieferten, des Erforderlichen und der Nothwendigkeit bewegen.

Ein solcher Geist war Semper. Als ächter Reformator verwarf er nicht das Vorhandene, sondern knüpfte an die Weise an, welche im Volke die tiefste Wurzel geschlagen hatte. Unbeirrt durch die herrschenden Moden und die Liebhabereien einzelner Kreise der Gebildeten tritt er aus innerster Ueberzeugung ein für die Ueberlieferung des Alterthums. Er erkennt das daraus entstandene wahrhaft Große, sieht aber zugleich, daß der edle Kern bis zur Trockenheit erstarrt und jeder Eigenart verlustig gegangen ist. Eingehende gründliche Forschungen an der Quelle, in Griechenland und Italien, lassen ihn den Irrthum, der obwaltet, als die Ursache erkennen, und nun tritt er mit Begeisterung für seine Ueberzeugung ein, deckt rücksichtslos die Mängel auf und beschreitet zugleich selbst als Künstler den vorgezeichneten Weg. So zeigt er der Welt durch Wort und That, wo die Ziele der Baukunst zu suchen sind.

Die Umwälzung von 1789 hatte der Herrschaft des Zopfes ein jähes Ende bereitet, ohne jedoch selbst fähig zu sein, eine dauernde Gestaltung zu erzeugen. Der Republik und des Kaiserreichs Römerthum war ebenso unwahr, wie die Nachahmung des Hellenenthums. Ein Rückschlag dagegen machte sich geltend in der romantischen Vorliebe für das Mittelalter. Dieselbe erschien erst recht gesucht und trat auch, hauptsächlich von ultramontanen Kreisen getragen, nur vereinzelt auf. Aus der Vorliebe für das Einfache verfiel man in die Ueberladung, und ähnlich wie heute wurden

die Stile der Reihe nach durchgekostet bis zum Rococo Ludwigs XV., sodafs Semper schon 1834 ausruft: „Das schnelle Fortschreiten giebt uns Hoffnung, daß der Unfug nun bald am Ende ist!“ — „Unsere Häuser sollen Häuser des 19. Jahrhunderts sein. Man soll sie in Zukunft nicht für Werke eines anderen Jahrhunderts halten müssen. Man begeht sonst ein Plagiat an der Vergangenheit und belügt die Zukunft. Am schmähdlichsten aber behandelt man die Gegenwart, denn man spricht ihr die Existenz ab und beraubt sie der monumentalen Urkunden!“

Wie die Kunst der Hellenen auf dem fruchtbaren Boden vieler längst erstorbener und verwitterter Zustände der Gesellschaft hervorgewachsen ist, so glaubte auch Semper an eine Neuerstehung unserer Kunst auf dem Boden, den er vorfand. Er glaubte in der Gegenwart einen Zustand des Uebergangs zu erkennen aus dem Gestaltlosen in die Stufe sich vorbereitender Neugestaltung, und verglich ihn mit einem Nebelfleck, einem sich um einen Kern gestaltenden Welt-dunst, der auch einen Zustand darstellt zwischen Zerstörung und Neubildung.

In der That waren die Kunstzustände zerfahren genug. Wir finden eine trockene antikisirende Richtung, welche allerdings an die Auffassung des Römerthums durch Palladio erinnert (ohne daß damit ein Tadel gegen diesen ausgesprochen sein soll); sie wird vertreten von Weinbrenner in Carlsruhe, Moller in Darmstadt, Fischer in München, Langhans und Gilly in Berlin, unter deren Werken sich indes einzelnes, wie z. B. das Brandenburger Thor, zu ächter Großartigkeit erhebt. — Eine wahrhaft schöne, zwar fremdartig duftende, doch höchst herzerquickende Blüthe treibt die Wiederaufnahme der griechischen Formen durch Schinkel. Mit der Wirklichkeit stand das Griechenthum allerdings in zu offenem Widerspruche, als daß die griechische Weise für die Bedürfnisse unserer Zeit hätte ausreichen können. Aber die Baukunst kam durch Schinkel zum ersten Male wieder zum Gefühl des Lebendigen, zur Uebereinstimmung von Inhalt und Form. — Ottmer in Braunschweig wäre ihm wohl fast ebenbürtig geworden, wenn ihn nicht ein zu früher Tod dahingerafft hätte. München wurde auf Befehl des Königs Ludwig zum Versuchsfelde für die verschiedenartigsten Bauweisen. Hier wurde altchristlich, romanisch, gothisch, griechisch, römisch und italienisch gebaut, je nach Schulweisheit und Laune. Was Wunder, daß die Auffassung der einzelnen Stile nur eine äußerliche und oberflächliche blieb. Selbst dem genialen Klenze, welcher zum ersten Male die italienische Renaissance behandelte, gelang es nicht, den Ausdruck seines innersten Empfindens hineinzulegen. Gärtner vollends zersplitterte seine Kraft zwischen der byzantinischen und römischen Weise. Immerhin wäre die Baukunst in München, die von so schönen Anfängen ausging, sicherlich zu einer lebensfähigen Blüthe gelangt, wenn nicht das Ueberhandnehmen mittelalterlicher Romantik Schritt um Schritt alles wieder verloren gemacht hätte, was bereits errungen war. Wenn Semper Kleinasien als den Mischkessel bezeichnet, in welchem die Trümmer alter Culturzustände vereinigt den

Mischstoff abgeben, aus welchem die edle hellenische Kunstform gegossen werden sollte, so konnte er deutlich einen ähnlichen Vorgang in deutschen Zuständen erblicken, wo Gemische von Formen zum Theil in schroffen Gegensätzen zu einander standen, zum Theil sich verbinden ließen. Es fehlte nur die ordnende Hand, welche aus diesem Wirrwarr den rechten Weg zur Klarheit zu zeigen vermochte. Es ist gewiß kein Zufall, daß sich Semper (der 1803 in Hamburg geboren war), nachdem er in Göttingen Mathematik und Archäologie getrieben hatte, nach Paris begab, um sich der Baukunst zu widmen. Es wird uns berichtet, daß er zunächst in München bei Gärtner die Erlernung derselben begann, daß er aber bald vom Maler Bülow veranlaßt wurde, mit nach Regensburg zu gehen, um den Dom aufzunehmen, von wo ihn ein Zweikampf zu flüchten zwang. Waren es demnach zunächst allerdings äußere Umstände, die ihn ins Ausland trieben, so läßt sich doch annehmen, daß er, der offenbar schon eine große persönliche Freiheit genoss, einem dunklen Drange folgte, als er gerade nach Paris ging. Denn die Ueberlegenheit des französischen Geschmacks war damals in Deutschland unbestritten. Er ahnte damals wohl nicht, daß er hauptsächlich mit dazu berufen war, uns von der Führerschaft Frankreichs in der Kunst zu befreien.

In dem gährenden, wieder vor einer gewaltsamen Umwälzung stehenden Paris fand er in angestrengter Thätigkeit seine Befriedigung, indem er sich mit Begeisterung eng an französisches Wesen anschloß. Später fand er an dem Kölner Gau einen Lehrer und Freund, der ihn ebensowohl in die Wissenschaft, wie in die Kenntniß der Bauformen, namentlich der Renaissance einführte. Hier eignete er sich die den Franzosen eigenthümliche Behandlung der baulichen Aufgaben an, die auf folgerichtiger Entwicklung beruht und von der man damals in Deutschland kaum eine Ahnung hatte.

1830 begab er sich auf eine Studienreise durch Südfrankreich, über Genua und Florenz nach Rom, woselbst er sich in längerem Aufenthalt vorzugsweise an die Schüler der französischen Akademie anschloß. Von hier ging er über Sicilien nach Griechenland, wo er mit seinem Freunde Jules Goury, neben einem eifrigen Studium der Formen selbst, die griechischen Tempel und Ruinen auf ihre farbige Bemalung untersuchte, ganz überraschende Entdeckungen machte und zahlreiche Farbenskizzen anfertigte. Gerade die Farbe in der Kunst der Griechen war es, welche für Semper der Schlüssel werden sollte für seine Auffassung der Baukunst überhaupt. Gleich nach seiner Rückkehr nach Deutschland verfaßte er eine Schrift: „Bemerkungen über vielfarbige Architektur und Skulptur bei den Alten.“ Diese kleine Schrift machte ein ganz beispielloses Aufsehen in Deutschland und bewirkte, daß der Name Semper wie mit einem Zauberschlage bekannt wurde. Daraufhin konnten ihn auch Gau und Schinkel für die gerade erledigte Directorstelle der Bauakademie in Dresden vorschlagen, welche Schinkel anfangs nicht abgeneigt schien selbst zu übernehmen. In Dresden wurde er der Schöpfer vieler Bauten, unter denen folgende die hervorragendsten sind: die Synagoge 1838—40, das Hoftheater 1838—41, die Villa Rosa 1839, der gothische Cholerabrunnen 1843, der Oppenheimersche Palast 1845—48, das neue Museum, begonnen 1847. Dazu kommen einige großartige Festdecora-

tionen, die Ausschmückung der Antikensäule im Japanischen Palais, an kunstgewerblichen Arbeiten ein silberner gothischer Ehrenbecher und eine Prachtvase für Meissen; schliesslich die Bühnen-Decorationen zur Antigone. Es gehören auch in diese Zeit eine Sgraffitofaçade für ein Haus in Hamburg und ein Entwurf zur Nicolaikirche für Hamburg, nebst der kleinen Schrift über evangelischen Kirchenbau.

Es muß als ein unersetzlicher Verlust betrachtet werden, daß diese blühende Thätigkeit des jungen Meisters durch die Ereignisse von 1848 so jäh unterbrochen wurde, und daß dadurch zehn seiner besten Jahre der Kunst verloren gegangen sind — zum Trost dagegen kann angenommen werden, daß seine schriftstellerische Arbeit wohl nicht in dem Mafse ergiebig gewesen sein würde, wenn diese Unterbrechung in seinem baukünstlerischen Schaffen nicht eingetreten wäre. Semper hatte keineswegs die Absicht, sich an den Umtrieben thätig zu betheiligen; wenschon er im Herzen der Sache nicht abgeneigt war, so fühlte er sich vermöge seiner Stellung dem Könige verpflichtet. Von seinen Freunden jedoch verleitet, beim Barrikadenbau mitzuwirken, konnte er nicht mehr zurück. Als die Regierungstruppen siegreich geblieben waren, gelang es ihm, nach Paris zu entfliehen, von wo die Weltausstellung in London ihn bald nach dort überzusiedeln veranlafte.

In London schrieb er: „Die vier Elemente der Baukunst“, eine kleine Schrift, welche als Vorläufer seines späteren „Stil“ zu betrachten ist, ein Jahr darauf, 1852: „Wissenschaft, Industrie und Kunst“, in welcher Schrift er Vorschläge zur Verbesserung des Unterrichts in dem Kunstgewerbe machte und besonders die rückwirkende Kraft der Kleinkünste auf die große Kunst betonte. Seine schöpferische Thätigkeit beschränkte sich auf Entwürfe zu Gegenständen der Metalltechnik, für welche er ein Lehramt am Kunstgewerbeverein im Malboroughhouse übernommen hatte. Hervorzuheben ist ein prächtiger Leichenwagen für den Herzog von Wellington, welcher in einem Nebenraum der Paulskirche aufbewahrt wird.

1855 wurde Semper an das Polytechnikum nach Zürich berufen, woselbst im Jahre 1858 mit dem Neubau des Lehrgebäudes seine Bauthätigkeit wieder begann. Wenn ihm Zürich auch einen Zufluchtsort bot, wie so manchem bedeutenden Flüchtling dieser Zeit, so war doch das mehr auf das Nützliche gerichtete Volk der Schweizer nicht im Stande, ein Feld der Thätigkeit zu bieten, wie es eines Semper würdig gewesen wäre. Mit Begeisterung ergriff er jede Gelegenheit, durch großartige Entwürfe den Gesichtskreis der Bauherren zu erweitern und die Freude an den Werken zu erwecken — aber vergebens. In den meisten Fällen schloß Semper über das eng gesteckte Ziel weit hinaus. Nur wenige von seinen zahlreichen Entwürfen sind zur Ausführung gelangt. Von denselben sind außer dem Polytechnikum zu nennen: die Sternwarte in Zürich 1861, das Rathhaus in Winterthur 1866. Außerdem entstanden die Entwürfe für eine Kuranstalt in Ragaz und eine in Baden, für einen Bahnhof in Zürich, welcher verändert von Wanner ausgeführt worden ist, für ein Rathhaus in Glarus, zu einem Bebauungsplan des Kratzquartiers mit einem neuen Rathhaus in Zürich, für eine katholische Kirche in Winterthur, zu verschiedenen Villen und Stadthäusern,

von denen auch einzelne ausgeführt worden sind. An Entwürfen nach auferhalb entstanden: ein Theater für Rio de Janeiro, das Münchener Festtheater (im Auftrage des Königs von Baiern) und eine Börse für Wien.

Seine wichtigste That in Zürich ist das Buch „der Stil oder praktische Aesthetik“, welches auf drei Bände angelegt war, von denen aber der dritte, der eine vergleichende Baulehre enthalten sollte, nie erschienen ist. Der erste Band, die textile Kunst, wurde gerade jetzt vor 25 Jahren in Frankfurt herausgegeben. Der zweite Theil enthält: Die Keramik, Tektonik, Stereotomie und Metallotechnik. Außerdem veröffentlichte er noch zwei akademische Vorträge: „Ueber die formelle Gesetzmäßigkeit des Schmuckes“ und „über Baustile“, welche als Ergänzungen und Vervollständigungen der im „Stil“ enthaltenen Gedanken zu betrachten sind.

Sempers Aufenthalt in Zürich dauerte im ganzen 16 Jahre. 1871, in seinem 68. Lebensjahre, wurde er als Oberbaurath zum Neubau der Hofmuseen und des Hofschauspielhauses nach Wien berufen. Auch hier faßte er die Aufgabe von der großartigsten Seite auf und entwarf im Zusammenhange die Hofburg nebst einem Hause für das Hofburgtheater, und als Gegenstück dazu auf der andern Seite der Ringstraße die Hofmuseen, wobei die Verbindung über die Ringstraße durch zwei mächtige Triumphbogen gebildet werden sollte. Ausgeführt wurden von dem Entwurfe bis jetzt nur die beiden Hofmuseen und in veränderter Stellung das Hofburgtheater. Wie weit an der Ausführung der Museen der Baron v. Hasenauer, der Sempern zur Seite stand, betheilig war, ist nicht ganz festgestellt worden. Jedenfalls verräth das Aeufere der Museen durchaus die Hand Sempers. Zum Theater stammen nur die Pläne von ihm, während die Ausführung durch v. Hasenauer bewirkt wird. Zu dieser Zeit erfolgte auch in gänzlich veränderter Gestalt der Wiederaufbau des abgebrannten Dresdener Hoftheaters, ferner entstand ein Entwurf zu dem ebenfalls abgebrannten Hoftheater in Darmstadt. Von der Wiener Künstlerschaft wurde sein 70. Geburtstag in großartiger Weise gefeiert, aber spätere Schwierigkeiten, die ihm daselbst bereitet wurden, veranlaßten ihn, wiederholt nach Italien zu gehen. Das letzte Mal lag die Absicht zu Grunde, seine angegriffene Gesundheit zu stärken. Am 15. Mai 1879 starb Semper in Rom, im 76. Jahre seines Lebens. Er ruht an der Pyramide des Cestius auf dem protestantischen Friedhofe. Semper machte auf jeden, der ihn kennen lernte, den Eindruck einer bedeutenden Persönlichkeit. Es paarte sich in ihm ein eigenthümliches Gemisch von Herbheit und Lebensfrische, oft war er hypochondrisch, stets leidenschaftlich und bis in sein hohes Alter voll künstlerischen Feuers und schöpferischer Kraft.

Sempers Anschauungen und Lehransichten.

Semper erkannte den Einfluß der Antike auf alle unsere Verhältnisse. Es war ihm eine unbestrittene Thatsache, daß nicht nur unsere Schulbildung, sondern auch die Mehrzahl unserer Einrichtungen, ja unsere ganze Bildung und Cultur, Kunst und Poesie, auf dem Alterthum beruht. Selbst die romantische Kunst des Mittelalters war hervorgewachsen aus der römischen, und die Baukunst hätte schon viel früher ihre uralte überlieferte Bedeutung wiedererlangt, wenn ihre

Entwicklung nicht durch den Spitzbogenstil, als Ausfluß einer märchenhaften Phantasie, unterbrochen worden wäre. Ist doch, nachdem die Gothik im Mittelalter ihre Entwicklung von den Keimen bis zur Vollendung vollständig durchgemacht hat, an ihrer Stelle in allen Landen eine Wiederbelebung des klassischen Alterthums eingetreten, welche den Zusammenhang unseres Culturzustandes mit der Antike von neuem bezeugt hat. — Eine Wiederaufnahme der mittelalterlichen Romantik hätte für Semper ein Verleugnen dessen bedeutet, was im Volke tief Wurzel geschlagen hatte, und wäre einem Brachlegen des Bodens gleichgekommen, auf dem neue Kunst und neues Leben aufwachsen und erblühen konnte. Allerdings war das Feld noch nicht geebnet und den erstarrten Bauweisen mußte eine neue Anregung gegeben werden.

Sempers gründlicher allgemeinen Bildung entging es nicht, daß die Schönheit und Vollendung der griechischen Schriftwerke bei den uns überlieferten alten Bildwerken nicht in gleichem Maße vorhanden war. Selbst die Deutungen Winkelmann's und die neuen Aufnahmen von Stuart und Revett, welche eine ganz neue Erkenntniß der griechischen Kunst anbahnten, konnten diese Lücke nicht ausfüllen. Erst eingehende Forschung an den Denkmalen selbst machte Sempern klar, daß die Ueberlieferungen insofern an Unvollständigkeit litten, als eine weitgreifende Bemalung der Werke der Bildnerei und der Baukunst ganz unbeachtet geblieben war. Diese Entdeckung, welche wohl schon andere gemacht hatten, ist von diesen entweder für eine antike Geschmacksverirrung erklärt, oder ganz unbeachtet gelassen worden. Semper dagegen glaubte in der Nichtbeachtung dieser Thatsache den Urgrund gefunden zu haben, daß die Baukunst hinter ihren Schwesterkünsten zurückgeblieben war. Das Magere, Trockene, Scharfe, Charakterlose der neueren Erzeugnisse der Baukunst liefs sich nun einfach erklären durch die unvollständige Nachahmung antiker Bruchstücke. Zwar war damit noch nicht ohne weiteres der Faden gefunden, der aus den Irrgärten neuzeitlicher Verwirrung herausführte, denn im Sinne der Antike unsere neuen Bauwerke bemalen zu wollen, fiel Sempern gar nicht ein. Es war auch noch anderen Gesichtspunkten Rechnung zu tragen. Schon die Renaissance in Italien hatte die Vielfarbigkeit der antiken Baukunst übersehen. Die Begeisterung der Künstler des 15. Jahrhunderts für die Antike hielt die noch in der Ueberlieferung erhalten gebliebene Vielfarbigkeit der maurischen, venetianischen und florentinischen Bauwerke für eine Zuthat der Barbarei und bemerkte in ihrem Umsturzeifer die spärlichen noch vorhandenen Reste an der Antike selbst nicht, zumal da Ausgrabungen noch kaum gemacht und Pompeji noch nicht entdeckt war. Die Formen der Baukunst und der Bildnerei erstanden zwar zur Zeit der Renaissance fast in antiker Schöne, aber bald empfand man einen gewissen Mangel an dem Alten, legte aber die Schuld diesem selbst bei, statt ihn in der unvollständigen Erkenntniß desselben zu suchen. So verfiel man in das Risalit- und Schnörkelwesen, um den mageren kalten Steinmassen in ihren leeren Verhältnissen Abwechslung von Schatten und Licht, Fülle und Leben zu ertheilen. „Der überladenste Palast aus der schlimmsten Haarzopfperiode“, meint Semper, „sieht sich noch immer wohlgefälliger an, als die neuen Bastardgeburten des modernen Fracks mit der

Antike.“ In der That trat durch die sogenannte Reinigung der antiken Stile erst die Vernüchterung, wenn auch in gewissem Sinne eine Veredlung ein.

„Welche Wege waren nun aber einzuschlagen?“ — Die Frage war nicht so einfach zu beantworten, denn es mußte sowohl auf das Klima und selbst die Sitten eines Landes, als auch auf die geschichtliche Entwicklung Rücksicht genommen werden. „denn“, sagt Semper, „die Baukunst hat den Irrthum, die Antike farblos zu sehen, in der großen Zeit der Renaissance auf eine Weise verdaut und verarbeitet, daß es schwer ist, das daraus entstandene wahrhaft Große durch anderes — wenigstens sofort — zu ersetzen.“ — Nunmehr setzte er sein ganzes Leben ein, um diese Frage zu lösen. Es erforderte eine tiefe Forscherarbeit, und nur ein Gelehrter, der zugleich Künstler war, konnte eine so wirklich lebensvolle Lehransicht aufstellen, welche eine Richtschnur enthielt nicht nur für das Verständniß der Vergangenheit, sondern auch für die Möglichkeiten und Ziele der Zukunft. Immer von demselben Grundgedanken ausgehend, fand er eine Uebereinstimmung der von ihm aufgestellten Grundsätze fast in allen Bauweisen und zu allen Zeiten. Dieser Grundgedanke war eine weitgreifende Bekleidungsweise, die in der Bemalung des griechischen Marmortempels den vergeistigsten Ausdruck gefunden hatte. Semper sah in einem Werke der Baukunst noch etwas Höheres als das bloße Baugerüst, er sah eine Wesenheit, die wie eine Pflanze als etwas Gewachsenes erscheinen mußte, wobei man nicht immer auf die Frage hingeleitet zu werden brauchte: wie verhalten sich die Theile zum Gesetze der Schwere. Naturgemäß erstreckt sich seine Lehre auch auf die Kleinkünste, weil die ästhetische Nothwendigkeit gerade an diesen am klarsten und faßlichsten hervortritt, und weil sich an ihnen bereits gewisse Gesetze der ausübenden Aesthetik vorbildlich festgestellt hatten, bevor die große Kunst eine bereits fertige Formensprache von ihnen entlehnte. Leider hat Semper seine Lehrsätze nirgends einfach und klar im Zusammenhange aufgezeichnet. Trotz der inneren Folgerichtigkeit aller seiner Grundgedanken, welche ihm unzweifelhaft deutlich vor Augen geschwebt haben, ist es doch (weil dieselben nur zerstreut in seinen Werken enthalten sind, und wegen seiner etwas schwerfälligen, man möchte sagen zopfigen Schreibweise) äußerst mühsam, dieselben in ein einfaches klares Gefüge zusammenzufassen.

Es seien hier in kurzer Ausführung seine Grundsätze in freier Uebertragung angedeutet. Semper nennt das Hauptwerk, welches seine Lehrsätze enthält, den „Stil“. In der That läßt sich auch alles, was die Lehre von den kosmischen Künsten enthalten soll, aus der Erklärung des Wortes „Stil“ folgern. — Wenn wir das nun versuchen wollen, so ist es aber nothwendig, vorher kurz anzudeuten, wie man den Begriff Kunstwerk und die Gedanken, die dem Kunstwerke zu Grunde liegen, die Kunstgedanken, aufzufassen hat.

Ein Kunstgedanke ist ein Erzeugniß des Geistes, welches darauf abzielt, einen Zweck zu verwirklichen nach Art einer natürlichen Erscheinung, bedingt und verändert durch die menschlich unvollkommene Art der Stoffbehandlung. Indem wir ein Werk hervorbringen wollen, welches irgend einem äußerlichen und zugleich geistigen Zwecke dienen soll, spiegelt sich in unserm Geiste ein Wesen der

Natur, wir stellen uns seine Entstehung durch das Zusammenwirken von Kräften auf den Stoff vor und suchen unser Werk insoweit in entsprechender Weise zu schaffen, als es die Möglichkeit unserer Stoffbehandlung zuläßt. Ein Kunstwerk ist demnach ein im menschlichen Geiste wiedergespiegeltes Wesen, in welchem der Grundgedanke durch stoffliche Verkörperung zur Erscheinung kommt. Das Kunstwerk besteht, wie ein natürliches Wesen, aus einzelnen Elementen oder Theilen, die einander neben- und untergeordnet sind, von einander abhängen und sich gegenseitig ergänzen. Es sind zu unterscheiden das Element des Inhaltes und die Elemente der Structur, die sich zu einander verhalten wie z. B. das Kleinod zu der Fassung auf dem Gebiete des Schmuckes. Das Element des Inhaltes ist in baulichem Sinne ohne Einfluß und bezieht sich nur auf den geistigen Zweck des Werkes. Die Elemente der Structur dagegen haben die Aufgaben, den Inhalt von der übrigen Welt loszulösen, als selbständiges Ganzes hinzustellen und zu schützen, mit einem Worte die Lebensfähigkeit zu ermöglichen. Die Zahl der zusammenwirkenden Kräfte bei dem Entstehen eines Kunstwerkes ist unbestimmbar, es lassen sich aber zwei Arten derselben unterscheiden, welche Semper innere und äußere Kräfte nennt. Die inneren sind solche, welche sich auf Naturgesetze, Stoff und theilweise auch auf den Zweck, soweit er allgemeinen irdischen Bedingungen unterworfen ist, beziehen. Diese sollte man richtiger als bleibende bezeichnen. Die äußeren Kräfte sind veränderliche, d. h. solche, welche sich auf Volk, Persönlichkeit, Land, Zeit und Künstler, überhaupt auf mehr oder weniger zufällig Hinzutretendes beziehen. Die Haupteigenschaft eines Kunstwerkes, überhaupt dasjenige, weswegen wir Kunstwerke hervorbringen, ist die Schönheit. Ein Theil des Begriffes „schön“ ist in dem enthalten, was wir Stil nennen.

Die Stillehre hat das Entstehen des Schönen in der Kunst zu ihrem Gegenstande. Sie kann aber für sich allein den Begriff des Schönen nicht erschöpfen, weil das Ethische und das Sinnliche darin nicht mit einbegriffen werden kann. Stil (Handschrift, Ausdrucksweise) in einem Kunstwerke heißt: 1) das Erreichen des Zweckes durch die Kunstgedanken, 2) das Anpassen der Grundgedanken an den Stoff in Beziehung auf die waltenden Naturkräfte, 3) die organische Gesetzmäßigkeit der Elemente oder einzelnen Theile und das Zusammenpassen und entsprechende Bei- und Unterordnen derselben, wobei entweder die Natur unmittelbar maßgebend ist, oder geschichtlich bestehende und als solche anerkannte Kunstwesenheiten mittelbar als Richtschnur dienen, 4) die dem Stoff angemessene Behandlung durch die technischen Hilfsmittel bei Verkörperung des Gedankens.

1. Das Erreichen des Zweckes durch die Kunstgedanken. Der Kunstgedanke muß so gefaßt sein, d. h. es müssen solche Wesen und Formen aus der Natur oder aus vorhandenen Stilen zum Vorbild genommen werden, daß damit der Gedanke, welcher der Absicht zu Grunde liegt, zum Ausdruck gelangen kann. In diesem Sinne kann man von einem Kirchenstil, ländlichen Stil, schweren Stil, hohen Stil usw. reden. Es ist selbstverständlich, daß, wenn ursprünglich nur Wesen der Natur unmittelbar als Grundlage der Neubildungen gedacht werden müssen, doch auch schon fertige und auf jenem Ursprung fußende, geschichtlich fest-

gestellte und anerkannte Wesen ebenfalls mittelbar als Vorbilder dienen werden. Es bezieht sich diese erste Eigenschaft also hauptsächlich auf das Programm und auf solche Bedingungen, die mit demselben zusammenhängen. Es machen sich hier mehr wie sonst äußere, d. h. veränderliche Kräfte geltend, welche auf den Stil einwirken. Dahin sind zu rechnen: a) räumliche und persönliche Einflüsse, z. B. Klima, natürliche Beschaffenheit des Landes, Bildungsrichtung des Volkes, geschichtliche Erinnerungen und Ueberlieferungen, Einwirkungen der Umgebung, des Menschen oder der Körperschaft, welche das Werk bestellt, usw. b) Gelegenheit und zufällige Veranlassung des Entstehens, c) die Hand des Künstlers, dessen besondere Persönlichkeit und Stimmung.

2) Das Anpassen des Kunstgedankens an den Stoff in Beziehung auf die waltenden Naturkräfte ist eine Eigenschaft, die unmittelbar mit der vorigen zusammenhängt und nur gedanklich von ihr zu trennen ist, denn wir können nicht von vornherein mit einem Idealstoff arbeiten, wie es die Natur scheinbar thut, weil ihr die Schranken der mühsamen Bearbeitung nicht gezogen sind. Wir müssen vielmehr unsere Gedanken so beschränken, daß wir den nichtlebendigen Stoff mit den uns unmittelbar gegenüberstehenden Gesetzen der Schwere und aller sonst wirkenden äußeren Einflüsse in Einklang zu bringen vermögen. Wie je nach der Wahl des Stoffes, d. h. je nach den äußeren Eigenthümlichkeiten desselben, für denselben Zweck eine verschiedene Durchbildung gewählt werden muß, so kann man in diesem Sinne von einem Holzstil, Steinstil, Metallstil usw. sprechen, wobei noch nicht auf die besondere Bearbeitung der Baustoffe hingewiesen wird, sondern nur das allgemein Formbedingende derselben in Betracht kommt. Da nun aber der Gedanke doch gerade auf das, was wir in der Natur als organisch auffassen, abzielt, so kann die eigentliche Construction nicht schon an und für sich der Organismus sein, welcher bezweckt wird, sondern es muß der Schein erweckt werden, als ob der todte Stoff mit organischem Leben ausgestattet sei. Hier fangen wir an, in poetischer Freiheit den Stoff als eine ideale Masse aufzufassen, und suchen der Bestimmung einzelner Theile durch körperliche oder gemalte Nachbildungen von Thier- und Pflanzentheilen einen entsprechenden Ausdruck zu verleihen, oder wir suchen das mittelbar anzudeuten durch passende Verwendung feststehender Muster und Sinnbilder, welche auf einer naturwüchsigen Kunstübung beruhen, wie Schnüre, Kränze, Geflechte, Bänder usw. — Ja es kann unter Umständen ein ganzes bauliches Gefüge als künstlerischer Grundgedanke in einem anderen Stoffe verwendet werden, und man spricht in diesem Sinne z. B. vom Gebälk im Steinstil, oder von einem Holzstil, der auf den Stein übertragen ist, usw. — Rechnet man noch ein ausgebreitetes Bekleidungs-system hinzu, welches die verwendeten Stoffe verstecken oder hervorheben kann, je nachdem der Bekleidungsstoff stellenweise oder überall, dick oder dünn aufgetragen wird, so sind damit die Mittel erschöpft, welche zur Beseelung des todten Baugerüsts angewendet werden können. Aber alles dieses läßt eine Trennung von Kernschema und Kunstschema, wie Boetticher will, nicht zu, da in dem Baugerüst selbst schon der organische Gedanke verborgen liegen muß und dieser durch die belebenden Formen nur erklärt und hervorgehoben werden soll. Am deutlichsten wird diese Ansicht

bekräftigt und erläutert durch die Karyatidenstellung am Erechtheion, wo Jungfrauen an die Stelle der Säulen treten, um das Gebälk zu tragen.

3) Die organische Gesetzmäßigkeit der Elemente oder einzelnen Theile und das Zusammenpassen und entsprechende Bei- und Unterordnen derselben, wobei entweder die Natur unmittelbar maßgebend ist, oder geschichtlich bestehende und als solche anerkannte Kunstwesenheiten mittelbar als Richtschnur dienen. — Wir haben unterschieden zwischen Elementen des Inhalts und Elementen der Structur. Die ersteren werden ihrer Natur nach mehr unter die Eigenschaft fallen, welche als „das Erreichen des Zweckes durch den Kunstgedanken“ bezeichnet wurde. Sie werden vielfach veränderlichen Einflüssen unterworfen sein, oft auch werden sie nur als etwas Gedachtes, außerhalb des Werkes selbst Liegendes und nur zeitweise Vorhandenes auftreten. Ein reich ausgebildeter Fensterrahmen z. B. setzt als Inhalt, als Eingerahtes, eine herausschauende Person voraus, oder ein reichgeschmückter Saal als Inhalt eine nur zeitweise anwesende Versammlung. Wir werden uns daher hier hauptsächlich mit den Elementen der Structur zu beschäftigen haben, welche dem Inhalte gegenüber als dienende Glieder auftreten und nicht nur zum Inhalt, sondern auch untereinander in ein richtiges Verhältniß zu treten und eine dementsprechende Gestalt anzunehmen haben. Dabei haben wir zu trennen diejenigen Formgedanken, welche unmittelbar der Natur entnommen werden, von denen, welche in bestehenden Bauweisen als abgeleitete bereits schon vorhanden sind. Die formbildende Gesetzmäßigkeit in der Natur, wie wir sie für die Kunst aufzufassen haben, beruht nun nicht auf der unbedingten Wahrheit, wie sie die Naturforschung sucht, sondern sie ist eine Ableitung, theilweise sogar eine dichterisch freie Ableitung des Menschengenies, der ja auch z. B. in eine Landschaft mit seinem Künstlerauge etwas anderes hineinlegt, als was der Naturforscher darin sieht. Trotzdem ist in dieser Naturauffassung eine Wahrheit, wenn auch eine bedingte, durchaus vorhanden. Daher ist es selbstverständlich, daß von der Natur nur die Grundsätze, welche bei der Formbildung der Lebewesen obwalten, für die Kunst abzuleiten sind, daß wir aber unmittelbar keine Vorgänge oder keine Formen aus der Natur für die kosmischen Künste entnehmen können, es sei denn als Sinnbilder, um damit gewisse Thätigkeiten auszudrücken. Ebenso selbstverständlich ist es aber, daß diese formbildenden Gesetze der Natur nie und in keiner Bauweise außer acht gelassen werden dürfen, da sie das einzige Mittel in der weiten Welt sind, was eine formlose Masse zu einem Werke der Kunst stempeln kann. Eine Construction braucht diese Gesetze der Natur nicht.

Es ist also nichts so innerlich, d. h. so bleibend, als diese Gesetze. Außerlich, d. h. veränderlich, ist einzig und allein die Art und Weise, wie diese formbildenden Gesetze je nach zeitlichen und räumlichen Verhältnissen aufgefaßt und angewendet werden können. Eine reine Construction fällt an und für sich noch nicht unter diese Gesetze, da sie auf Wirklichkeit beruht und mit jener Ableitung nichts zu thun hat, ist aber auch nicht als Kunstwerk im eigentlichen Sinne aufzufassen, und überall da, wo nur reine Construction als solche an einem Werke zu Tage tritt, hört dieses auf, ein Kunstwerk zu sein.

Wenn wir der Natur die formbildenden Gesetze ablauschen wollen, so müssen wir dieselben an wirklichen lebendigen Geschöpfen zu erkennen suchen. Bei der Gestaltung und Erhaltung eines jeden derartigen Wesens sind Kräfte thätig. Das Ergebniss ihres Wirkens ist die Form. In ihr spiegelt sich das Wesen desjenigen Geschöpfes ab, dem die Form anhaftet, also auch dasjenige bewegende Gesetz, was bei der Entstehung des Geschöpfes in Thätigkeit war. Daher beruht der Eindruck, den die Form auf unsern Schönheitssinn macht, zunächst auf einem unbewußten Messen, Abwägen und Zusammensetzen von Kräften, die von unserer Wissenschaft nicht faßbar sind. Wir fühlen den Kampf und suchen nach dem Gleichgewicht der Kräfte. Es kommt nun darauf an, die Wirksamkeit und gegenseitige Richtung dieser Kräfte zu ermitteln.

Die am allgemeinsten thätige ist die Anziehungskraft der Massen, also die Schwerkraft. Ihr gerade entgegen wirkt die Lebenskraft, das ist diejenige, die unabhängig vom Willen das lebendige Wachsthum der Gestaltung von unten nach oben senkrecht aufwärts hervorbringt. Beide Kräfte treten miteinander in Kampf, woraus eine Gestaltung hervorgeht, welche als Form in die Erscheinung tritt. Die Lebenskraft oder die besondere Daseinskraft wirkt allerdings von einem Mittelpunkt aus nach allen Richtungen (Anziehungskraft des der Wesenheit innewohnenden Schwerpunktes), wendet sich aber ihrem Haupthindernisse, der Schwerkraft, besonders entgegen, und nur dann, wenn die besondere Kraft so groß ist, daß sie als Siegerin aus diesem Kampfe hervorgehen kann, tritt ihr Vorhandensein als Form in die Erscheinung. Zusammengesetzter wird der Widerstreit schon, wenn ein Theil vom Ganzen sich loslöst und mit einer Selbständigkeit zweiten Ranges auftritt, wie ein Zweig am Baume. Auch hier wirken ähnliche Kräfte gegeneinander, nämlich die Wachsthumskraft gegen die innere Anziehung des Einzelwesens, wobei als allgemeine Kraft (und zwar hier schräg wirkend) die Anziehung der Erde bedingend und ändernd hinzutritt. — In beiden Fällen können die Ergebnisse der Kämpfe verschieden sein, je nach dem Ueberwiegen der Kräfte nach der einen oder der anderen Seite hin. Die Eigenschaft, welche hieraus hervorgeht, nennt man Proportionalität.

Es ist unschwer, aus dem soeben Angedeuteten eine Anleitung zu ziehen für unsern vorliegenden Zweck. Ganz der gleiche Widerstreit, welcher sich aus Schwerkraft und Lebenskraft ergibt, und der in der Natur wirklich besteht, wird beim Kunstwerk, z. B. beim Bauen, künstlich dargestellt, und es tritt hier ein überdachtes Messen und Abwägen deutlich zu Tage. Wenn das Auge z. B. für eine Säule gewisse Verhältnisse verlangt, so ist es nicht ein Gefühl für die Festigkeit, das sich hier geltend macht, sondern das Gefühl für Körperfülle, welches aus der Anschauung und Kenntniß lebendiger Wesen, vornehmlich der Krone der Schöpfung, des Menschen, hervorgegangen ist und tief in uns wurzelt. — Daß hier die Natur zum Vorbilde gedient hat, geht schon daraus hervor, daß sogar die Bezeichnungen, wie Fufs, Körper, Schaft, Capitäl usw. ganz gleichbedeutend sind in der Natur und in der Kunst.

Eine andere Kraft, welche nur bei dem höher begabten Wesen auftritt, wirkt auf den Punkt, welcher der Gegen-

stand ihrer Gefühle ist und auf welchen diese, als willenbegabte Wesen, ihre Absichten und freien Bewegungen richten. Dieser Punkt kann zwar seine Lage ändern, aber immer wird das Einzelwesen sich in derselben Art nach diesem Punkte hin wenden. Dieser mehr geistigen Willenskraft wirkt die Trägheit der Massen bei Beginn einer Bewegung als Kraft entgegen, bei dem Aufhalten der Bewegung wirkt die Trägheit fördernd, die Willenskraft hemmend. Der Widerstreit, welcher hieraus hervorgeht, erfolgt in waagerechter Lage und bringt die Beziehung von vorn und hinten hervor. Aus demselben entsteht eine zweite Bildung, die zu der Proportionalität in Wechselwirkung steht, d. h. von dieser beeinflusst wird und auf sie Einfluss ausübt; ein schwer zu fassendes Ergebniss. Die aus der Lösung dieses Streites hervorgehende Eigenschaft nennt Semper die Richtung der Form, und es muß hervorgehoben werden, daß vor ihm noch niemand auf diese Eigenschaft aufmerksam gemacht hat. Auch hierfür giebt es etwas Aehnliches in der Kunst, jedoch mit dem Unterschiede, daß dem Kunstwerke, wenn es ein feststehendes ist, nur insofern die Form der Richtung zukommt, als es in Beziehung zu dem richtungsbegabten Menschen treten soll. Es öffnet sich demselben gewissermaßen und ladet ihn ein, sich und seine Bewegungen auf dasselbe hinzurichten. Es kann auch hier ein stärkerer und geringerer Grad dieses Ausdrucks eintreten, ja er kann unter Umständen ganz verschwinden, wie z. B. bei dem Monopteros. Durch letzteres wird etwas in sich Abgeschlossenes gekennzeichnet, das mit der übrigen Welt in keinem Zusammenhange steht.

Aus den angeführten beiden gegeneinander wirkenden Kräftepaaren ergeben sich zwei Gestaltungsachsen, die senkrechte oder die Lebensachse und die waagerechte oder die Willensachse, welche einander rechtwinklig durchschneiden. Entsprechend der Ausdehnung im Raume besteht aber noch rechtwinklig auf beiden eine dritte Achse, und in dieser wirkt in der Natur keine andere Kraft, als die Anziehung des dem Systeme selbst innewohnenden Schwerpunktes. Dieselbe ist nach links und rechts ganz die gleiche, ein Widerstreit tritt nicht ein, es muß also nach dieser Achse alles vollständig gleich, d. h. symmetrisch sein. Wir sind auch in der Kunst nicht im Stande, ein neues Gestaltungsgesetz für diese Achse zu erfinden. Sobald wir von der Symmetrie abgehen, kann diese Abweichung als nichts anderes auftreten und aufgefaßt werden, denn als eine Unregelmäßigkeit, wenn auch einer solchen an und für sich nicht unter allen Umständen die Berechtigung abgesprochen werden kann. Hiermit sind wir mit den Gestaltungsachsen am Ende, denn so wenig wir im Stande sind, uns noch eine vierte Ausdehnung im Raum vorzustellen, ebensowenig können wir noch eine vierte Gestaltungsachse hinzufügen.

Die vorhin erwähnte Anziehung des dem System selbst innewohnenden Schwerpunktes besteht natürlich auch ursprünglich in den beiden erstgenannten Achsen, der Lebensachse und der Willensachse, aber gerade durch die hier hinzutretenden Kräfte, welche der Erde oder einem Einzelwesen entstammen, wird das Gleichgewicht gestört, um dann in der Resultante, der Form, wieder hergestellt zu werden. — Fällt eine von jenen Kräften fort, so tritt auch in deren Achse die innere Anziehung allein auf, wie es z. B. beim

Baume der Fall ist, wo nur in der Lebensachse das allseitige Gleichgewicht gestört wird, während nach beiden anderen Achsen Symmetrie herrscht, welche man in diesem Falle allseitige Symmetrie oder Eurythmie nennt. Wendet man dies Gesetz auf die Kunst an, d. h. läßt man die Beziehung zu der übrigen Welt fallen, so kann man dadurch etwas als unzulänglich, abgeschlossen, selbständig kennzeichnen. So sind zu allen Zeiten die Heldengräber von den einfachsten bis zu den großartigsten als einfache Hügel, als Pyramiden oder gewaltige Rundbauten, wie z. B. die Grabmäler des Augustus und Hadrian, eurythmisch gebildet. Im Kleinen ist das Sinnbild des von der übrigen Welt nicht mehr zu Beeinflussenden, d. h. der ewigen Dauer, der einfache in sich abgeschlossene Ring, der durch die darin herrschende Eurythmie zum Sinnbild wird. Dafs auch in der senkrechten Achse kein Widerstreit stattfindet, d. h. dafs auch hier, wie überall, nur die innere Anziehung wirkt, kommt weder im Thier- noch im Pflanzenreiche vor, sondern nur bei unbelebten Gebilden, z. B. bei den Krystallen. Diese sind in sich abgeschlossene kleine Welten, welche mit der übrigen Welt, was die Form anlangt, in gar keiner Verbindung stehen.

Wir kommen nun zu den in bestehenden Bauweisen schon vorhandenen Grundsätzen und Formgedanken, welche für die Gesetzmäßigkeit der Bestandtheile und für das Zusammenpassen und entsprechende Neben- und Unterordnen derselben mittelbar maßgebend sind. Es bildet dies den Hauptinhalt von Sempers „Stil.“ Hier wird der Stoff indessen so reich und vielseitig, dafs wir uns auf das Aller-nothwendigste aus der Baukunst beschränken müssen.

Ursprünglich beruhen diese Gesetze und Kunstformen alle auf der Natur. Aber im Laufe der Zeit sind einzelne Formen feststehend und sinnbildlich geworden, haben sich in der Ueberlieferung festgesetzt und allgemeine Anerkennung und Geltung gefunden. Diese sind es, von denen hier die Rede sein wird.

Semper spricht von den vier Elementen der Baukunst. Von denselben steht aber das eine, das des Inhalts, denjenigen der Structur gegenüber. Der letzteren sind drei, nämlich diejenigen des Abschlusses nach oben, diejenigen des seitlichen Abschlusses und diejenigen, welche den Inhalt nach unten von der Erde lostrennen.

Als Element des Inhaltes bezeichnet Semper den Herd, um den sich die ersten Gruppen versammeln. Durch alle Entwicklungsstufen bildet er, oder was später an seine Stelle tritt, der Altar, der Tisch des Hauses und wie es auch genannt werden mag, den Brennpunkt, um den sich das Ganze ordnet und gestaltet.

Die drei Elemente der Structur sind: das Dach, die Umfriedigung und der Erdaufwurf, es sind die abwehrenden und erhaltenden Elemente. Sie haben unter Beobachtung der oben entwickelten Naturgesetze den Inhalt abzuschließen, einzurahmen und überhaupt zur Selbständigkeit zu erheben. Das Allumfassende, Einrahmende ist daher auch die erste, einzige und ewige Art des Hervorhebens eines Inhaltes, welche sich allüberall im Grofsen und im Kleinen, in jeder möglichen Form und Lage, sowohl waagrecht, wie senkrecht wiederholt. Der Grundgedanke hierzu ist eurythmisch. Der blätterumkränzte Säulenknopf, das mit

der Krone umfangene Haupt sind solche Sinnbilder, deren Ursprung aber nirgends anders zu suchen ist, als in der Natur, wo wir in der Blütenkrone, der regelmässigen Umzweigung des Baumstammes und so tausendfach die eurythmische Gestaltung vorfinden. In waagerechter Lage wird die Eurythmie des Rahmens nur selten gestört. Steht die Umrahmung dagegen senkrecht, so vermischt sich sofort die Proportionalität mit der inneren Eurythmie derselben, d. h. es tritt die Beziehung von unten und oben auf. Aus allen Bauweisen kennen wir die verschiedenartigsten Mittel und Abstufungen, um das Unten und Oben im Rahmen, vom einfachen Auftreten des Fufses und der Bekrönung bis zum vollständig ausgebildeten Gerüst des Tragenden und Getragenen, auszudrücken.

Die Elemente des Daches umfassen ursprünglich die Structur im engeren Sinne. Vermöge der faserigen Beschaffenheit der Hölzer eignen sich diese besonders zu der Herstellung der Ueberdeckung, und es ist daher ursprünglich das Dachwerk und, da von dem Dachwerk das Stützwerk anfangs nicht getrennt wurde, das ganze Baugerüst aus dem Holzbau hervorgegangen. Wie wir früher schon angedeutet haben, kann die Construction selbst künstlerisch anregen, aber wohlverstanden wird sie dadurch nicht zum unmittelbar nachzuahmenden Vorbild. Die auf das Stoffliche gerichtete Auffassung der Kunst hat zu den sonderbarsten und unfruchtbarsten Grübeleien geführt; man darf nur an die dicken Bände erinnern, welche seit Vitruv über den Ursprung des dorischen Tempels aus dem Holzbau geschrieben sind. Nicht unmittelbare Nachahmungen von Theilen eines Holzbaues in Stein sind die Säulen, Gebälke, Triglyphen, Dielenköpfe, Tropfen, Consolen usw., sondern es sind alles nur feststehende und sinnbildliche Ausdrücke, welche erst entstehen konnten, nachdem jene Formgedanken eine lange Reihe von Verkörperungen durchgemacht hatten, und nachdem sich hierdurch ihre Einzelheiten in der Anschauung und Gefühlsweise einzelner Völker festgesetzt hatten. Dem Genius des griechischen Volkes war es vorbehalten, aus dieser Fülle von Erscheinungen die Ergebnisse zu ziehen.

Mit ganz besonderer Liebe behandelt Semper die Umfriedigung, weil hier, in der Bekleidung der Wandflächen nämlich, der eigentliche Ausgangspunkt seiner Lehre liegt.

„Welche Urtechnik“ — fragt er — „entwickelt sich an der Umfriedigung? Keine andere als die Kunst der Wandbereiter, das ist der Mattenflechter und der Teppichwirker.“ — Und somit kommt er auf die Webekunst, welcher er den ganzen ersten Band seines Buches widmet. Die Ehre, auf jenen Umstand zuerst hingewiesen zu haben, gebührt einzig und allein Semper. Die Wand hat ursprünglich nur die Bedeutung des Raumabschlusses und wird auch dann noch als solche gekennzeichnet, wenn sich zur Sicherheit, zum Tragen oder zu gröfserer Dauer hinter dem Teppich bereits starke Mauern befinden. Man sieht hier deutlich eine Verläugnung der Construction, weil man dieselbe mit dem Gedanken des Organischen nicht hätte in Einklang bringen können. — Semper weist an einer ganzen Reihe von asiatischen Urvölkern nach, dafs sich an der Wand die Verkleidung ausgebildet hat in Stoffen, Thierhäuten, Holz, Marmorplatten, überglasten Ziegeln, Bewurf, Mosaik und Metallplatten bis zum Goldblech, und dafs die Vielfarbigkeit aus der Technik

der Wandbereiter entstanden ist. Bei den Griechen tritt die Farbe als körperloseste Bekleidung auf der unsichtbar zusammengefügt Cellamauer des Marmortempels auf. Das Unten und Oben bei der Wand wird nicht wie sonst bei etwas aufrecht Stehendem als Fufs und Bekrönung ausgedrückt, sondern wie bei etwas Angeheftetem oder Hängendem als Reihung, Saum, Naht, Bänder, Fransen, Mäander und Palmettenreihen, welche je nach Bedürfnis nach oben oder unten gerichtet sind, oder ohne Richtung bleiben. Tritt eine Feldertheilung oder Umrahmung auf, so erhält diese, wiewohl sie senkrecht aufgerichtet steht, eine unlaufende Schmuckform mit einziger Beziehung auf die Mitte, weil die Felder der Wandfläche als Theile einer Matte anzusehen sind, die ursprünglich waagrecht gedacht ist, dann aber als senkrechter Raumabschluss verwendet wurde. Erst bei Thür- und Fenster-rahmen tritt wieder die Beziehung zu Unten und Oben auf, weil sie nicht zur Wandfläche gehören, sondern als darin angebrachte selbständige Gestelle anzusehen sind. In denselben, im Vorhang und in dem Thürflügel tritt sofort wieder die alte Eigenschaft der Fläche ein. Ein die Mittelfläche der Wandfüllung füllendes Muster kann ohne Richtung sein, oder die Beziehung von unten nach oben haben; figürliche Darstellungen dagegen müssen natürlich aufrecht gerichtet werden. Die waagerechten Abschlüsse, Decke und Fufsboden, fallen gleichfalls dem Gebiete der Wandbereiter zu, die Decke allerdings nur soweit, als zwischen den Bautheilen offene Felder bleiben, aber oft auch im ganzen, wenn sie als ausgespanntes Velum gedacht ist. An der Decke wie am Fufsboden finden im Rahmwerk natürlich nur eurythmische Beziehungen zu dem Innern des Rahmens statt.

In dem Erdaufwurf des Herdes liegt ursprünglich das Vorbild jeder Ueberhöhung des Bodens, die der Mensch seit frühester Gesittung überall wählt und aufbaut, um irgend etwas von der Erde abzulösen und dadurch als Geweihtes hinzustellen. An den ältesten Denkmalen zeigt sich der Steinbau als solcher, d. h. in der ihm eigenthümlichen Formenbildung, nur an den Unterbauten. Aber alles Daraufgestellte, obschon auch aus Stein hergestellt, giebt unmittelbar diese seine Entstehung nicht zu erkennen, sondern kleidet sich in Kunstformen, die theils der Kunst der Zimmerer, theils der Webekunst angehören. Diese Loslösung der Form vom Stofflichen liefs die Frage nach der Construction gar nicht aufkommen. Es war diese Stoffverneinung, welche der griechischen Kunst den Stempel des Gewordenen und des Geistigen im höchsten Grade aufgedrückt hat. Die Quadern und sich daran anschließende Sockel- und Gurtbildung der Bogen und der Gewölbe fand nur auf den Unterbau Anwendung, wurde aber bei dem Baugerüst des Werkes selbst sorgfältig vermieden. Die Hellenen schlossen so auch den Bogen, den sie recht gut kannten, als bauliches Element aus ihrer monumentalen Kunst aus, um jeden unnöthigen Hinweis auf die Schwere und die Trägheit der Massen zu vermeiden, welcher die gewollte Loslösung der Form vom Stofflichen vollständig gestört haben würde. Auf der anderen Seite aber bildete der gequaderte Unterbau des Werkes einen willkommenen Gegensatz zu dem stoffverneinenden Oberbau. Hier tritt die eigentliche Construction in ihrem wirklichen Wesen und in ihrer wahrhaften Gestalt auf. Es wird der Quaderbau zwar bis zu einem gewissen Grade zur Kunstform

erhoben, aber doch derjenigen des eigentlichen Werkes nicht als ebenbürtig zur Seite gestellt.

Erst die Römer erhoben den Quaderbau und mit ihm den Bogen und das Gewölbe zu höherer künstlerischer Bedeutung, indem sie die zellenförmige Bauart des Unterbaues auf den Hochbau übertrugen. Dieses auf dem Stoff beruhende Formgesetz verdankt seine Einführung in die Baukunst der bei den Räumen eintretenden Nothwendigkeit, größere Baumassen zu bewältigen. Der Quaderbau der Römer bleibt immer ein starker Realismus, wenschon ihm die künstlerische Berechtigung nicht abgesprochen werden kann. Eine erhöhte Bedeutung erhält derselbe, wo er als Gegensatz andere Theile in höherem Grade als gewordene erscheinen läfst. — Eine Construction aber, die rein als solche auftritt, bleibt unkünstlerisch. Der zellenförmige Unterbau fand bei den Griechen vollen Ausdruck, wie z. B. bei dem Unterbau des Zeustempels in Athen, wo die inneren Scheidewände der Tonnengewölbe äufserlich als Vorsprünge zu Tage traten. Dieses auf den Hochbau übertragen, gab bei den Römern die Anregung für die vortretenden Halbsäulen mit den dazwischen befindlichen Bögen, wie wir sie am Kolosseum sehen und bewundern. Für die Gewölbe selbst fanden indessen die Römer keinen eigentlichen Ausdruck, dieselben treten nur als gebogene Decken auf.

Wir erkennen an den bestehenden Kunstwerken, wie an den maßgebenden Naturgesetzen, einige Bestandtheile, welche zu den bleibenden zu rechnen sind. Gewisse Formgedanken beruhen so unmittelbar auf den Bildungsgesetzen der natürlichen Wesen, dafs sie in allen Bauweisen sich entweder unmittelbar wiederfinden, oder ihre Nachwirkung sich überall nachweisen läfst. Die Säule z. B. ist ein solcher Formgedanke. Im Uebrigen unterscheidet die Geschichtsforschung gewisse Bauweisen, die man als vollendete bezeichnet. Es machen sich hier alle diejenigen Einflüsse geltend, welche schon oben als veranlafst durch Klima, Zeit, Künstlerhand usw. gekennzeichnet sind.

Für einen vollendeten Stil giebt es zwei Lebensbedingungen. Die Entwicklung in der besprochenen Weise, aber dann auch die demselben vom Volke gezollte Anerkennung, man möchte sagen der derselben gewidmete Glaube. Dieser kann sich naturgemäfs nur langsam und unter günstigen Bedingungen ausbreiten. Der besondere Vortheil einer späteren Weise beruht stets darauf, dafs die Formgedanken der Vergangenheit, weil sie uns ferner gegenüberstehen, freier und sachlicher aufgefaßt und angewendet werden können, sodafs in dieser Beziehung ein steter, wenn auch oft nur sprungweiser Fortschritt in der Welt nicht zu verkennen ist.

Wir kommen nun zu der letzten Eigenschaft, durch welche ein Werk stilvoll wird, das ist:

4. Die dem Stoff angemessene Behandlung durch die technischen Hilfsmittel bei Verkörperung des Gedankens.

Diese Bedingung setzt voraus, dafs der Stoff als solcher in die Erscheinung tritt, steht aber deswegen keineswegs mit der stoffverneinenden Ansicht der Kunst im Widerspruch, da der Stoff nicht seiner selbst wegen auftritt, sondern vermittelt der Behandlung durch Menschenhand geadelt wird und so erst recht im Stande ist, dem Gedanken zum Ausdruck zu dienen.

Es handelt sich hier um technische Arbeitsvorgänge, durch welche sich im Laufe der Jahrhunderte Eigenschaften herausgebildet haben, die als stilistische bezeichnet werden müssen. Dieselben beruhen darauf, daß man gewisse natürliche Eigenthümlichkeiten der Stoffe mitwirken läßt, welche vermöge vollkommenerer oder unvollkommenerer Werkzeuge und Behandlungsarbeiten zur Erscheinung gebracht sind. Diese Eigenschaften erstrecken sich naturgemäß mehr auf einzelne Theile und auf die Kleinkünste. Thongefäße z. B. erhielten durch die Drehscheibe ihre Eigenart. Durch die Anwendung der Glaspfeife im Zusammenhange mit dem Ausspinnen der Fäden erhielten die Glasgefäße ihre besondere Form. Das Metall wiederum fand wegen seiner mannigfachen Eigenschaften die verschiedenartigsten Behandlungsweisen, und hierauf beruht je eine besondere Anwendung und Ausdrucksweise, sodaß man in diesem Sinne von Metalltechnik, Holztechnik usw. sprechen kann. Erst durch die größeren Fortschritte der Technik in unseren Tagen und durch das auf Massenleistung gerichtete Bestreben sind diese Eigenschaften der Stoffe theilweise verwischt worden, sodaß wir vor der großen Frage stehen: Wieweit haben dieselben überhaupt ihre alleinige Berechtigung, solange sie noch auf — nach unsern Begriffen — unvollkommener Technik beruhen? — Soviel ist gewiß, daß die Kunst bis jetzt den Erfindungen der Technik noch nicht hat folgen können. Man hilft sich vielfach mit der Nachahmung der durch die Handarbeit hervorgebrachten Bildungen. Ist das in allen Fällen verwerflich? Wenn z. B. eine auf dem Glasblasen und Glasspinnen beruhende Form eines Römerglases, oder die durch einzelne aufgesetzte Schmucktheile bereicherte Gestalt eines Steinkruges heute mit einem Schlage durch Pressung in einer Form erzeugt wird, um eine Massenerzeugung zu erzielen, ist das ein unter allen Umständen verwerfliches Verfahren? — Wir stehen zu sehr inmitten der Entwicklung, wir stehen dieser und ähnlichen Fragen zu sehr betheiligigt gegenüber, als daß wir sie endgültig beantworten könnten. Einstweilen sehen wir nur, wie durch Maschinenbetrieb und Erwerbslust eine Menge überlieferter Muster zersetzt werden. Die einzige Hoffnung, welche wir hegen können, ist die, daß dieser Drang nach Erwerb und Gewinn seinen wahren Vortheil erkennen, die besten Kräfte aufsuchen und sich dienstbar machen möge, dann wird er als Beschützer und Pfleger der Künste mehr Eifer zeigen, als selbst ein Mäcenat oder ein Medici es that.

Welche Schlüsse zog nun Semper aus dieser seiner Lehre für uns und für die Zukunft unserer Baukunst?

Seine Grundabsicht war, der Baukunst wieder den schönen Hauch des Lebens zu verleihen. Mit der allgemeinen Bemalung war das nicht zu erreichen, denn der Sinn für die Farbe im Aeußeren war verloren gegangen. Im Inneren zwar waren die Erfordernisse der Bequemlichkeit, Wärme, Behaglichkeit dieselben geblieben, hier konnte eine Verkleidung der Wände und Bautheile in Stuck, Holz, Teppichen, Anstrich usw. in ursprünglicher Bedeutung wieder aufgenommen werden, hier war der Malerei ihr Feld eröffnet. — Doch empfiehlt er, darauf acht zu haben, daß die Wand durch das darauf Dargestellte niemals ihre ursprüngliche

Bedeutung als Raumabschluss verliere. Ausnahmsweise könne, wo derselbe wohl wirklich, aber nicht dem Gedanken nach vorhanden sei, eine Raumerweiterung durch gemalte Darstellungen erzielt werden. — Bei dem Anstrich sichtbarer Theile des Baugerüsts will er Rücksicht genommen haben auf die den Stoffen eigenthümlichen statischen Verhältnisse.

Im Aeußeren dagegen eigneten sich höchstens einige geputzte Flächen für die Malerei, mit der Einschränkung, daß dem Klima, den Sitten des Landes und der Art des Gebäudes Rechnung getragen würde. Semper hat hierfür mit Erfolg die Sgraffitomalerei neu eingeführt. Auch spricht er der Anwendung verschiedenfarbiger Baustoffe das Wort, deren künstlerische Weiterbildung keine von unseren Ueberlieferungen verletze. Der Ziegelbau z. B. gestatte eine schmückende Ausbildung, die zugleich dem Flechtwerk und dem Fugenverbaude der Steine entspreche. Doch erklärt er alles dieses nur für armselige Hausmittel. Nicht ein Heilmittel, sondern eine durchgreifende Verjüngung thäte uns Noth.

Wie die Römer den vollendeten Werken der Griechen unbefangen gegenüberstanden, mit den vorhandenen Säulenordnungen als etwas Gegebenem schalten und dieselben zur Ausbildung ihrer Werke nach Belieben verwenden konnten, so stehen wir der gesamten Antike und ihrer Wiedergeburt im Mittelalter frei und unabhängig gegenüber. Je mehr Semper darüber nachgedacht und je mehr Erfahrungen er in der Ausübung der Kunst gesammelt hatte, desto mehr befestigte sich in ihm die Ueberzeugung, daß der zur Römerzeit angefangene und in der Renaissance ausgebildete Realismus nicht nur nicht mehr auszutilgen sei, sondern daß in demselben, bei Mitbenutzung der Formen der Hellenen, auch der Ausgangspunkt gegeben sei, von dem aus die verlorengegangene, vergeistigte Formenpoesie der Antike wieder zu gewinnen sei.

Der Fortschritt des Römerthums beruht darauf, daß die antiken Formen auf erweiterte Aufgaben durch reiche, neue und geistreiche Zusammenstellungen anwendbar gemacht wurden. Neben der Bemalung entstanden reichere und kräftigere Einzelausbildungen, oft fand ein Ueberziehen mit plastischem Schmuck, oft auch die Anwendung von farbigen Baustoffen statt, überhaupt aber wurde das Baugerüst wirkungsvoll hervorgehoben, wobei der Stein in der Mauer durch Fugenschnitt, im Bogen durch Keil- und Schlußsteine formgebend wurde.

Wenn nun auch der reine Sinn, welcher den Griechen eigen war, bei den Römern nicht mehr überall vorhanden war, ja wenn zum Theil, namentlich zur Zeit des Verfalls, oft eine gewisse Rohheit zu Tage trat, so ist doch in den Werken der römischen Kunst eine Fülle entwicklungsfähiger Gedanken enthalten, welche zum Theil noch unbeachtet sind. Mit der großartigen Bauweise der Römer betrat die Baukunst eine ganz neue Bahn, die sie erst in der Zukunft bis zum Ende durchlaufen wird.

Aus der Erkenntniß des römischen Alterthums erwarb sich denn auch die Renaissance jene köstliche Freiheit des Schaltens über die antiken Vorbilder und ihren Gedankenreichtum, der selbst die alte Kunst hier und da hinter sich läßt. Hätte sie die reineren Formen der griechischen Tempel zum

