

Biblioteka Główna i OINT  
Politechniki Wrocławskiej



100100234226

Dimbl. m

~~F 344~~

10/3 10

Włk

A 405 III

~~40~~

~~g#~~







# ZEITSCHRIFT FÜR BAUWESEN.

HERAUSGEGEBEN

IM

MINISTERIUM DER ÖFFENTLICHEN ARBEITEN.

REDACTIONS-AUSSCHUSS:

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

REDACTEURE:

OTTO SARRAZIN UND KARL SCHÄFER.

JAHRGANG XXXVII.

MIT LXXII KUPFERTAFELN IN FOLIO UND VIELEN IN DEN TEXT  
EINGEDRUCKTEN HOLZSCHNITTEN.

1911. 1702.



632



Abgegeben

von der

Bücherei

der Kgl. Technischen  
Hochschule Danzig.

BERLIN 1887.

VERLAG VON ERNST & KORN.

(GROPIUS'SCHE BUCH- UND KUNSTHANDLUNG.)





# ZEITSCHRIFT FÜR BAUWESEN.



HERAUSGEGEBEN

IM

MINISTERIUM DER ÖFFENTLICHEN ARBEITEN.

REDACTIONS-AUSSCHUSS:

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 XXXVII.

1887.

HEFT I BIS III.

## INHALT:

Seite	Seite
Die Hochbauten der neuen Packhof-Anlage in Berlin, mit Zeichnungen auf Blatt 1 bis 4 im Atlas, von Herrn Professor Fritz Wolff in Berlin und Herrn Wasser-Bauinspector Hermann Keller in Brunsbüttel . . . . .	1
Geschäftshaus der Lebensversicherungs-Actiengesellschaft „Germania-Stettin“ in Straßburg i. E., mit Zeichnungen auf Blatt 5 bis 7 im Atlas, von den Herren Architekten Kayser und v. Grofsheim in Berlin . . . . .	39
Die neue englische St. Georgs-Kirche im Schloßgarten „Monbijou“ in Berlin, mit Zeichnungen auf Blatt 8 und 9 im Atlas, von Herrn Geh. Regierungsrath Professor J. Raschdorff in Berlin . . . . .	43
Das Königliche Museum für Völkerkunde in Berlin, mit Zeichnungen auf Blatt 10 bis 13 im Atlas, von Herrn Bauinspector Klutmann in Berlin . . . . .	45
Die Mauerverbände an alten Bauwerken des Rheinlandes, von Herrn Oberst a. D. und Conservator der Alterthümer v. Cohausen in Wiesbaden (Forts. folgt)	51
Gewächshaus-Anlagen in England, Belgien und Holland, mit Zeichnungen auf Blatt 14 und 15 im Atlas, von Herrn Bauinspector F. Schulze in Berlin	67
Hölzerne Rollbrücken in Drontheim, mit Zeichnungen auf Blatt 16 im Atlas, von Herrn Regierungs-Baumeister W. Cauer in Berlin . . . . .	81
Die Entwicklung der Abwässerungs-Verhältnisse des holländischen Rheinlands, mit Zeichnungen auf Blatt 17 im Atlas, von Herrn Regierungs-Baumeister Danckwerts in Piefs . . . . .	85
Ueber die Bestimmung der Frostbeständigkeit der Materialien, von Herrn Dr. A. Blümcke in München . . . . .	103
Ueber den Transport und das Verladen der Steinkohlen, mit Zeichnungen auf Blatt 18 bis 20 im Atlas, von Herrn Regierungs-Baumeister Frahm in Hannover (Schluß folgt) . . . . .	111
Berechnung des Eisenbahn-Oberbaues, von Herrn Regierungsrath Dr. H. Zimmermann in Berlin . . . . .	123
Verzeichniß der im preussischen Staate und bei Behörden des deutschen Reiches angestellten Baubeamten (am 1. December 1886) . . . . .	175
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 von S. 51 bis 91 im Jahrgang 1886 dieser Zeitschrift. (Schluß folgt) . . . . .	92

Für den Buchbinder. Bei dem Einbinden des Jahrgangs sind die „Statistischen Nachweisungen“ aus den einzelnen Heften herauszunehmen und — in sich entsprechend geordnet — vor dem Inhaltsverzeichniß des Jahrgangs dem Uebrigen anzufügen.

BERLIN 1887.  
 VERLAG VON ERNST & KORN  
 WILHELM ERNST  
(GROPIUS'SCHE BUCH- UND KUNSTHANDLUNG)  
 WILHELMSTRASSE 99.



## Die Hochbauten der neuen Packhof-Anlage in Berlin.

(Mit Zeichnungen auf Blatt 1 bis 4 im Atlas.)

Der großen Bedeutung Berlins als wichtigster Handels- und Industrie-Platz Mitteleuropas entsprechen die dort befindlichen Lagerhaus-Anlagen in keiner Weise. Als Sammelpunkt eines weitverzweigten, vortrefflich ausgerüsteten Eisenbahnnetzes, an einer vorzüglichen, lebhaft benutzten Wasserstrasse gelegen, bietet Berlin trotzdem nur in ganz unzureichendem Maße Gelegenheit zum Umschlag der Waren zwischen Schiff und Eisenbahn. Die Verbesserung der bestehenden Verhältnisse nach diesen beiden Richtungen, also die Anlage von öffentlichen Lagerhäusern und von Umschlagsplätzen, welche eine rasche und billige Ueberladung der Frachtgüter vom Kahn auf den Bahnwagen oder das Landfuhrwerk und umgekehrt ermöglichen, gehört seit längerer Zeit zu den sehnlichsten Wünschen der Berliner Kaufmannschaft. Der Befriedigung dieses dringlichen Erfordernisses stellte sich bisher in erster Linie der Umstand entgegen, daß es höchst schwierig war, eine für den Bahnanschluss und den städtischen Verkehr günstig gelegene Stelle des Spreeufers zu finden, welche ohne allzu große Opfer der öffentlichen Benutzung dienstbar gemacht werden konnte.

Seitdem Berlin sich zu einem Hauptsitz des Welthandels aufgeschwungen hat, erwies sich jenes für den gesamten Warenverkehr vorhandene Bedürfnis ganz besonders dringlich für den unmittelbaren Verkehr mit dem Ausland. Für die Zollabfertigung der in großen Massen unverzollt eingehenden Auslandsgüter stand bis vor etwa 40 Jahren nur der unter Schinkels Leitung in der Zeit von 1828 bis 1831 erbaute Packhof auf der Museumsinsel am Kupfergraben zur Verfügung. Diese im Herzen der Stadt mit bequemem Anschluss an die Schifffahrt hergestellte Anlage mußte nach Entstehung der Eisenbahnen durch die auf den einzelnen Bahnhöfen errichteten Zollabfertigungsstellen ergänzt werden, deren im Laufe der Zeit sechs entstanden, zum Theil von sehr erheblicher Ausdehnung wie z. B. diejenige am Hamburger Bahnhof, welche in gewissen Jahreszeiten stärkeren Verkehr als der Packhof selbst besitzt. So sehr hierdurch der Warenhandel erleichtert wurde, so viel blieb doch zu wünschen übrig, weil die öffentliche steuerfreie Niederlage von jenen vereinzelt gelegenen Abfertigungsstellen aus nur mit Aufwendung hoher Frachtpesen erreicht werden konnte und die Verbindung zwischen dem Eisenbahn- und Wasserverkehr nirgends ermöglicht war.

Die ältesten Vorschläge zur Abänderung der genannten Uebelstände hatten die Anlage von Lagerhäusern und Umschlagsplätzen für den zollfreien Verkehr im Auge, insbesondere für den Getreidehandel, dessen Lagerungs- und Umladekosten durch zweckmäßige Einrichtungen in hohem Grade verringert werden können. Als geeignetste Stelle für die Herstellung einer solchen Anlage wurde seitens der Aeltesten der Berliner Kaufmannschaft bereits vor Jahren das im Besitz der damaligen Magdeburg-Halberstädter Eisenbahngesellschaft befindliche Grundstück längs der Spree unterhalb der vormals Tichy'schen Badeanstalt bezeichnet, dessen stromaufwärts gelegener Theil die untere

Hälfte des zur Ausführung gelangten neuen Packhofs umfaßt. Eine Verwirklichung der damaligen Pläne unter abgeänderten Verhältnissen mußte jedoch unterbleiben, bis die im Privatbesitz befindlichen Eisenbahnen, welche von den verschiedenen Reichsgrenzen zur Hauptstadt führen, in der kräftigen Hand des preussischen Staates vereinigt waren. Als die zur Verbindung der von Osten und Westen nach Berlin mündenden Bahnlinien errichtete Stadtbahn, welche den alten Packhof auf der Museumsinsel quer durchschneidet, zur Ausführung gelangte, entstand im Jahre 1874 der Gedanke, die bestehende Anlage in unmittelbare Verbindung mit dem Eisenbahnnetz zu bringen. Im weiteren Verlauf der hierüber angeknüpften Verhandlungen, welche einen derartigen Plan als unausführbar erscheinen ließen, wurde durch den damaligen Eisenbahn-Bauinspector Housselle ein Entwurf für eine ausgedehnte Lagerhaus- und Packhof-Anlage unterhalb der Moltkebrücke ausgearbeitet, die den Anforderungen des zollfreien Verkehrs im weitesten Sinne entsprechen sollte, während die für den Verkehr zollpflichtiger Waren vorgesehenen Räumlichkeiten etwas knapp bemessen waren. Dieser Entwurf diente als Grundlage für die „Schinkelaufgabe“ des Jahres 1880, deren preisgekrönte, vom Regierungs-Baumeister Plock herrührende Lösung durch die „Veröffentlichungen des Architekten-Vereins zu Berlin, Jahrgang 1880/81“ bekannt geworden ist.

An der Hand der bezeichneten Vorarbeiten begannen im Mai des Jahres 1880 zwischen den Vertretern der beteiligten Behörden und öffentlichen Körperschaften eingehende Verhandlungen über die Grundsätze, welche bei der Ausarbeitung des Entwurfs der neuen Kai- und Speicheranlage befolgt werden sollten. Man einigte sich dahin, von der Hereinziehung des zollfreien Verkehrs Abstand zu nehmen. Die Beseitigung aller auf den einzelnen Bahnhöfen vorhandenen Zollabfertigungsstellen und deren Ersatz durch die neu zu erbauende „Central-Zollabfertigungsstelle“ unterhalb der Moltkebrücke wurde als nicht empfehlenswerth erkannt. Als Schlussergebnis jener Verhandlungen ist der bei der Eisenbahndirection in Magdeburg durch Regierungs-Baumeister Plock im Sommer 1881 bearbeitete Plan anzusehen. Nachdem der Beschluß gefaßt war, das für eine andere Baustelle vom damaligen Regierungs-Baumeister, jetzigen Professor Wolff entworfene Verwaltungsgebäude der Provincialsteuerdirection auf dem für die neue Packhof-Anlage zu erwerbenden Grundstück zu errichten, wurde die erforderliche Umarbeitung des Gesamtplans und die weitere Bearbeitung der Entwürfe für die einzelnen Baulichkeiten der Ministerial-Bau-Commission in Berlin übertragen, welche hiermit die beiden genannten Beamten unter Leitung des damaligen Bauinspectors Weber betraute. Die baukünstlerische Bearbeitung der Entwürfe rührt von dem Professor Wolff her, während der eiserne Innenbau der Betriebsgebäude und der Plan für die Anlage der Hebevorrichtungen vom Civilingenieur Cramer entworfen sind.

Mit dem Bau wurde, nachdem im Sommer und Herbst 1882 die vorbereitenden Arbeiten beendet waren, im Frühjahr 1883 begonnen unter Oberleitung des Professors Wolff, dem für die besondere Bauleitung der beiden Verwaltungsgebäude der damalige Regierungs-Baumeister Bergmann zur Seite stand, während die Ausführung der übrigen Anlagen dem damaligen Regierungs-Baumeister Keller übertragen war. Trotz mannigfacher, durch wesentliche Umgestaltungen einzelner Theile der Entwürfe und durch die langwährende Arbeitseinstellung der Maurergesellen im Sommer 1885 verursachten Hemmnisse und Verzögerungen gelang es, die neue Packhof-Anlage bis zum Spätherbst 1885 in der Hauptsache fertig zu stellen. Das Dienstgebäude der Provincialsteuerdirection wurde bereits am 15. November 1885, dasjenige des Hauptsteueramts am 1. April 1886 und der eigentliche Packhof am 1. Juni 1886 der Steuerverwaltung amtlich übergeben. Um Verkehrsstörungen soweit als thunlich zu vermeiden, legte die Betriebsbehörde besonderen Werth darauf, den Umzug während des Hochsommers stattfinden zu lassen, weil in dieser Jahreszeit die Warenbewegung minder lebhaft zu sein pflegt und während der langen Tage die Gesamtdauer des Umzugs auf das geringste Mafß zu beschränken war. Am 5. Juli 1886 ist die neue Packhof-Anlage im ganzen Umfange dem Betrieb übergeben worden.

Dafs sowohl seitens der Beamten als auch seitens des Publicums von vorn herein die neu errichteten Baulichkeiten als bequem und zweckmäfsig anerkannt worden sind, verdanken die beiden Verfasser dieses Aufsatzes, die mit der Herstellung der inneren Einrichtung beauftragt waren, dem einmüthigen Zusammenwirken mit den Dirigenten der Provincialsteuerdirection und des Hauptsteueramts für ausländische Gegenstände, dem Wirklichen Geheimen Ober-Finanzrath Hellwig und dem Steuerrath von Pochhammer, sowie der thatkräftigen Unterstützung des als Decernent bei der Ministerial-Bau-Commission für die neue Packhof-Anlage bestellten Regierungs- und Bauraths Emmerich. Unter den mit der Bauführung der einzelnen Bautheile beauftragt gewesenem Mitarbeitern sind besonders zu nennen die jetzigen Regierungs-Baumeister Denkhaus und Schultze.

Ueber die allgemeinen Verhältnisse der neuen Packhof-Anlage und manche Einzelheiten enthalten nachbenannte, im „Centralblatt der Bauverwaltung“ erschienenen Veröffentlichungen ausreichende Angaben, auf welche zur näheren Unterrichtung verwiesen werden darf:

Die neue Packhof-Anlage für Berlin,

Jahrgang 1884, Nr. 37 und 38, S. 375 u. 387;

Feuersichere Dachdeckung der Packhofsgebäude in Berlin,

Jahrgang 1885, Nr. 16, S. 158;

Die Betriebsanlagen des neuen Packhofs in Berlin,

Jahrgang 1885, Nr. 40, 41 u. 42<sup>a</sup>, S. 409, 419 u. 433;

Die Betriebs-Eröffnung der neuen Packhof-Anlage in Berlin,

Jahrgang 1886, Nr. 30, S. 293.

Bezüglich der bei der Herstellung einer gröfseren Zollabfertigungsstelle mafsgebenden Gesichtspunkte wolle man ferner den im Jahrgang 1884, Nr. 29 u. 30, S. 293 u. 307 des „Centralblattes der Bauverwaltung“ veröffentlichten Aufsatz des Mitverfassers Keller „Anlagen für die Zollabfertigung in Häfen“ vergleichen.

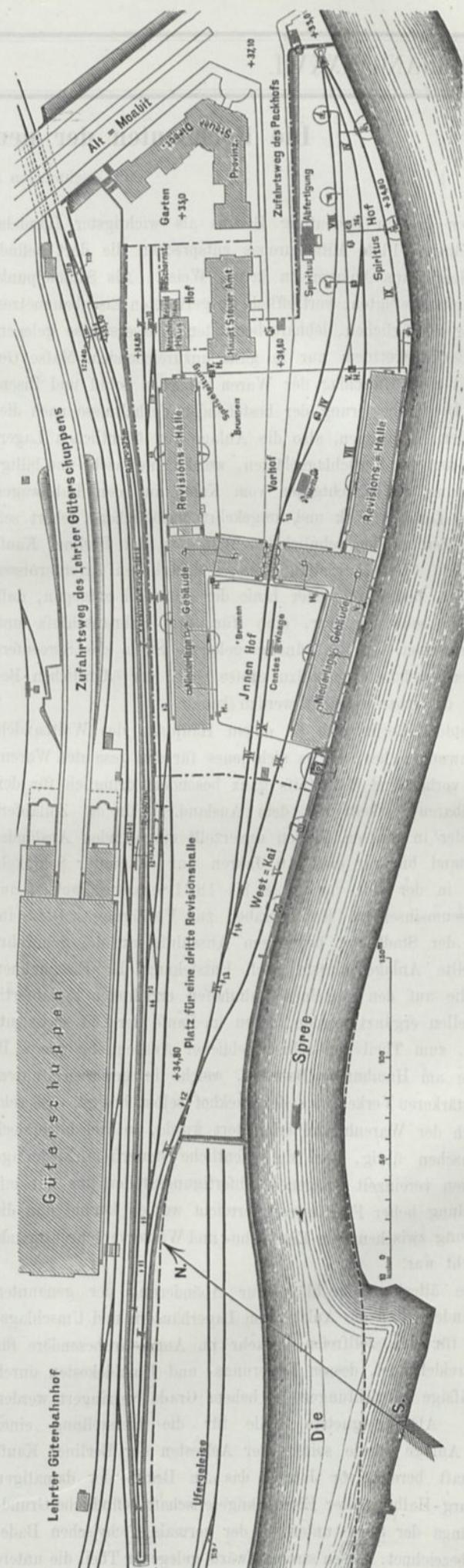


Abb. 1. Lageplan der neuen Packhof-Anlage in Berlin.

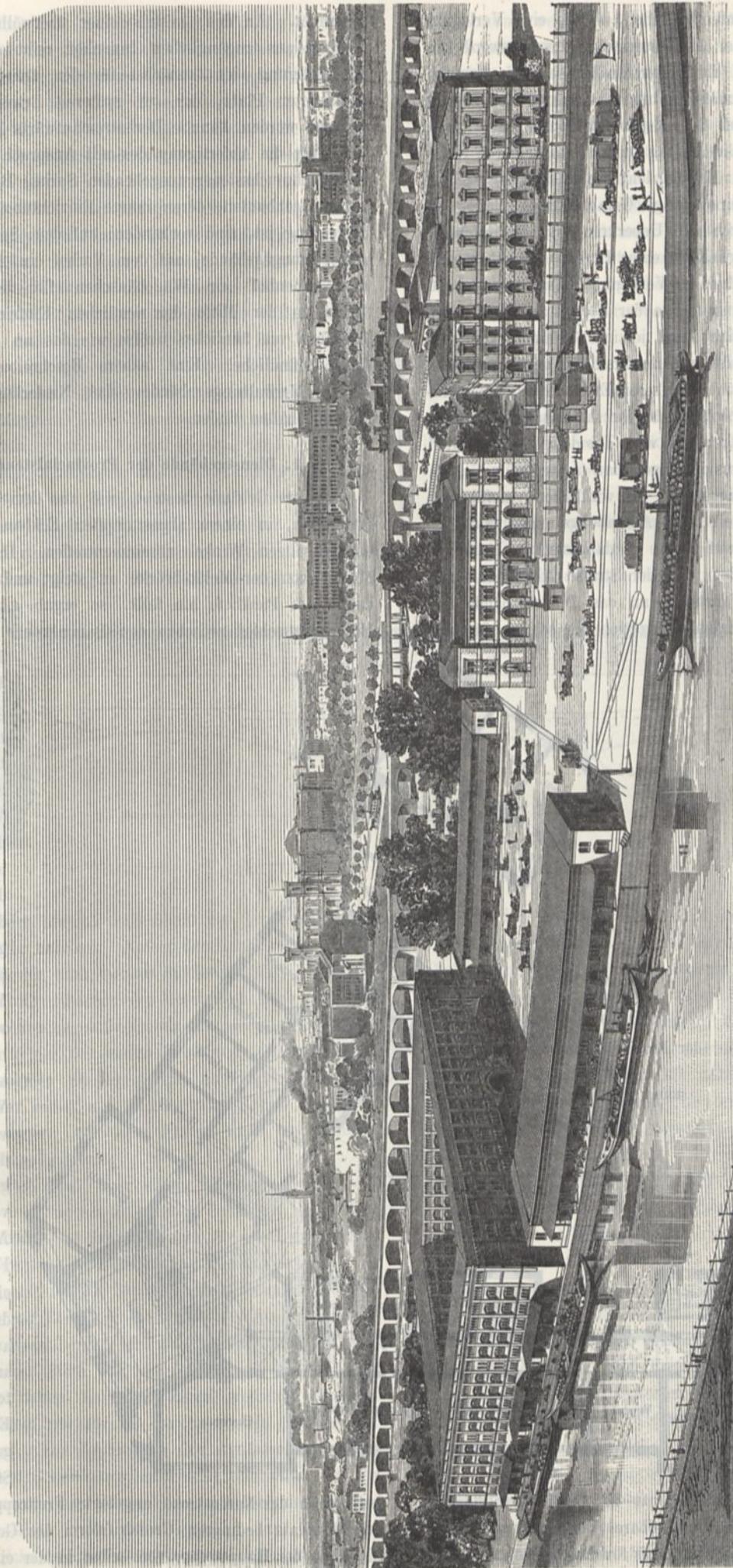


Abb. 2. Gesamtansicht aus der Vogelschau.  
**Die neue Packhof-Anlage in Berlin.**

Zu den bereits erwähnten Gründen, welche eine Verlegung des alten Packhofs von der Museumsinsel wünschenswerth erscheinen ließen, kam noch die Rücksichtnahme auf die Erweiterung der Königlichen Kunstsammlungen, welche nur durch Beseitigung der vorhandenen Gebäude im erforderlichen Umfang zu bewirken sein wird. Ohnehin lag in der unmittelbaren Nachbarschaft der mit großen Massen leicht entzündlicher Gegenstände gefüllten Speicher eine stetige Gefahr für jene unersetzlichen Schätze, zumal durch die Ueberkreuzung des Packhofs mit der Stadtbahn die Möglichkeit eines Brandes erhöht worden war. Wenn einerseits infolge der Verlegung Raum gegeben ist, die Museumsinsel späterhin im Sinne der hochherzigen Schöpfer, denen der Glanzpunkt Berlins seine jetzige Schönheit verdankt, weiter auszugestalten, so mußte andererseits dahin gestrebt werden, die neue Packhof-Anlage in ihrer äußeren Erscheinung der bevorzugten Lage würdig zu machen, welche ihr in nächster Nähe hervorragender Baudenkmale angewiesen war. Die dem „Centralblatt“ entnommene Gesamtansicht aus der Vogelschau (s. Spalte 5 u. 6), die ein im großen Ganzen richtiges Bild der wirklichen Ausführung bietet, mag darthun, wie weit diese Aufgabe gelungen ist.

Wie sich aus dem auf Spalte 4 dargestellten Lageplan ergibt, reiht sich längs dem von der Straße Alt-Moabit auf den Packhof führenden Zufahrtsweg an das Dienstgebäude für die Verwaltung der Provincialsteuerdirection ein solches für das Hauptsteueramt für ausländische Gegenstände. Innerhalb der Packhof-Einfriedigung befinden sich die zur Zollabfertigung und steuerfreien Lagerung bestimmten Gebäude und Hofräume, außerhalb der Einfriedigung das für den Betrieb der Wasserkraft-Hebewerke angelegte Maschinen- und Kesselhaus. Aus der mit einem Wachthäuschen versehenen Thorfahrt gelangt man in den breiten Vorhof, der gegen Nordwest und Südost durch die beiden dem Bahn- und dem Schiffsverkehr dienenden Revisionshallen, kurzweg Nordhalle und Südhalle genannt, gegen Südwest durch den Querflügel des hufeisenförmigen Niederlagegebäudes abgegrenzt ist. Die Langflügel dieses Gebäudes, welche die unmittelbare Verlängerung jener beiden Hallen bilden, sind im Erdgeschoß für die gleichen Zwecke

bestimmt. An den, mittels einer überwölbten Durchfahrt vom Vorhofe aus zugänglichen Innenhof reiht sich außerhalb der Einfriedigung ein zunächst für den freien Umschlagsverkehr bestimmter Platz, der zur späteren Erweiterung der Anlage benutzt werden kann. Der stromaufwärts gelegene Spiritushof dient für die Abfertigung des mit Anspruch auf Rückvergütung der Verbrauchssteuer ausgehenden Sprits, Biers usw. An kleineren Hochbauten, deren innere Einrichtung ohne weitergehende Bedeutung ist, sind vorhanden: auf dem Spiritushof ein kleines Abfertigungsgebäude, auf dem Vorhof ein Abtrittsgebäude, auf dem Innenhof ein Wägehäuschen für die Centesimalwaage, ferner in der Mitte der westlichen Einfriedigung ein Wachthäuschen von ähnlicher Größe wie das an der östlichen Thorfahrt befindliche. Eine nähere Beschreibung sollen nur die beiden Verwaltungsgebäude, das Niederlagegebäude und die Revisionshallen finden.

### 1. Dienstgebäude der Provincialsteuerdirection.

Dieses Gebäude besteht, wie aus dem Holzschnitt Abb. 3 ersichtlich, in einem abgestumpften Eckbau, dessen Flügel in einem spitzen Winkel zusammentreffen. Da die Straße Alt-Moabit von der Moltkebrücke an steigt und die Zufahrtsstraße nach dem Packhofe hin fällt, so ergab sich ein bedeutender Höhenunterschied zwischen den Dammkronen an den äußersten

Enden der Flügel. Um denselben weniger auffällig zu machen, sind 8 m breite, nahezu waagrecht liegende Vorgärten vor beiden Fronten angelegt worden. An der stumpfen Ecke dagegen ist ein mit gemustertem Mosaikpflaster versehener Vorplatz hergestellt, welchen eine 4 m breite Zufahrt derartig umzieht, daß Wagen unmittelbar vor den in der Mitte der Eckfront gelegenen Haupteingang vorfahren können. An den südlichen Flügel schließt sich ein Einfahrtsthor an, durch welches man auf den mit Gartenanlagen ausgestatteten Hof gelangt. Einen zweiten Zugang bildet von der Straße Alt-Moabit

her die an der Nordostecke angelegte Freitreppe. Bei der durch den Bauplatz bedingten Grundrissform des Gebäudes ergab sich die Lage der Haupttreppe von selbst in der einspringenden Ecke

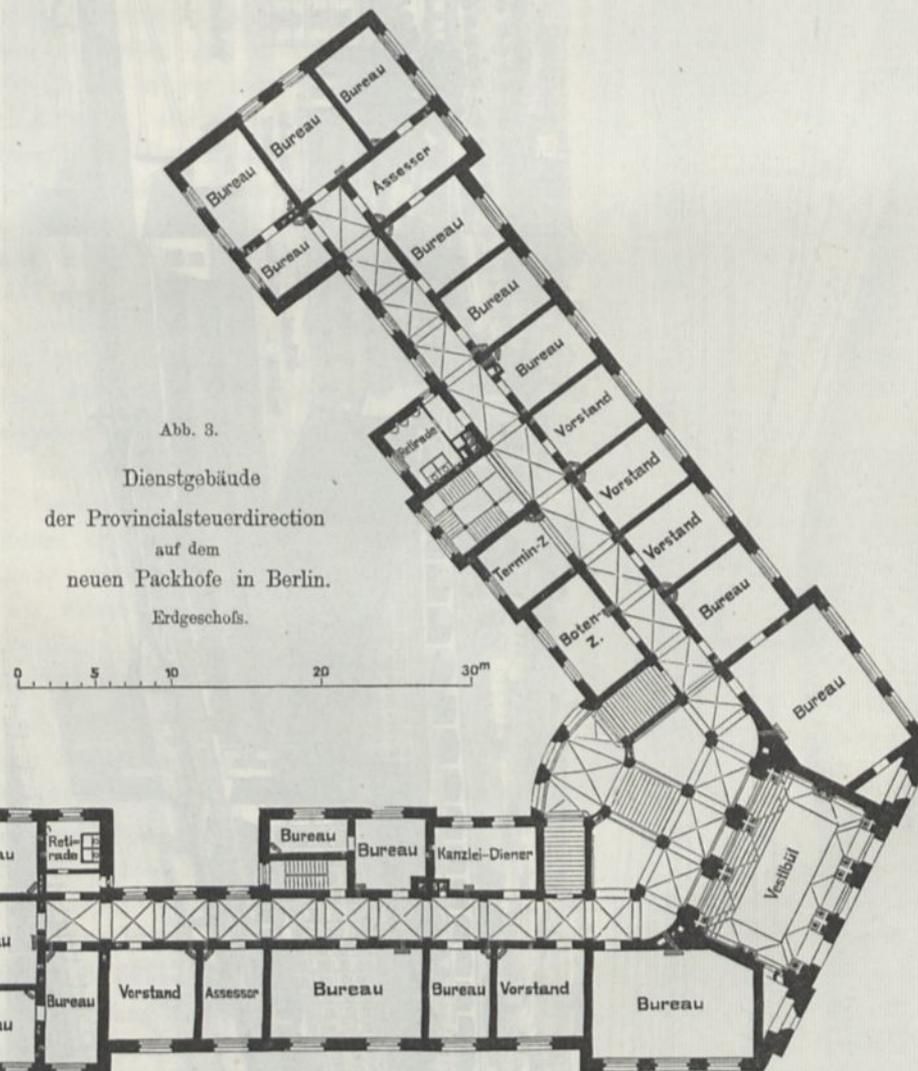


Abb. 3.  
Dienstgebäude  
der Provincialsteuerdirection  
auf dem  
neuen Packhofe in Berlin.  
Erdgeschoß.

zwischen den Flügeln, dem Haupteingange und der Vorhalle gegenüber. Von hier aus führen nach beiden Seiten geräumige Flure zu den einzelnen Räumen. Im Erdgeschoss befinden sich die Diensträume für drei Erbschaftssteuerämter. Das erste Stockwerk enthält in dem nördlichen Flügel die Dienstzimmer für den Provincialsteuerrdirector, den Reichsbeyollmächtigten und die Räte, den Sitzungssaal und Räume für Registratur und Journal, im übrigen die Dienstwohnung des Directors, bestehend in einem 90 qm großen, über der Vorhalle belegenen Saal und zehn Zimmern mit den nöthigen Neben- und Wirthschaftsräumen. Zu letzteren führt eine besondere, vom Hof aus zugängliche Nebentreppe. Das zweite Stockwerk wird fast ganz von den Diensträumen für Calculatur und Kanzlei in Anspruch genommen. Außerdem befinden sich daselbst noch zwei Zimmer für Assessoren, einige Reserveräume und das Formular-Magazin. Im Kellergeschofs sind in den nach der Strafsseite belegenen Räumen Vorrathsgelasse und die Heizstellen der Sammelheizungsanlage, an der vollständig über der Erde liegenden Hofseite drei Dienstwohnungen, eine von zwei Stuben, Kammer und Küche für den Botenmeister und zwei kleinere für den Pförtner und den Heizer, ferner die Waschküche nebst Plättstube angelegt. Das Kellergeschofs hat 3,40 m Höhe, das Erdgeschoss 4,40 m, das erste Stockwerk 4,70 m und das zweite Stockwerk 4,30 m. Der Festsaal der Wohnung des Provincialsteuerrdirectors hat 5,55 m Höhe erhalten und ragt

in das zweite Stockwerk hinein, doch bleibt der darüber liegende Raum noch vollständig nutzbar. Aufser der Haupttreppe, welche nur vom Erdgeschoss bis zum zweiten Stockwerk führt, vermittelt den dienstlichen Verkehr zwischen den Geschossen noch eine vom Keller bis zum Dachboden aufsteigende Treppe im nördlichen Flügel. Es bedarf keiner besonderen Erwähnung, dafs in allen Geschossen an passenden Stellen Aborte angelegt sind. Dieselben sind nicht nur selbst mit unmittelbarem Licht- und Luftzutritt versehen, sondern von den Fluren auch noch durch helle, luftige Vorräume getrennt.

Die Strafsenseiten sind über einem niedrigen Sockel von sächsischem Granit im Erdgeschoss ganz in Sandstein ausgeführt. In den oberen Geschossen ist Sandstein nur für die Gliederungen, für die Flächen dagegen Ziegelverblendung gewählt worden. Es sind dabei drei verschiedene Sandsteinarten benutzt worden, nämlich gelber Postaer Stein für die gebossten Quader des Erdgeschosses, gelber Nesselberger für die Gesimse desselben und hellgrauer Postelwitzer Stein für die oberen Geschosse. Zur Flächenverblendung haben Laubaner Ziegel gedient. An den Hofseiten ist Sandstein nur für die durchgehenden Gesimse zur Verwendung gelangt. Die Architektur des Aeußern ist in den Formen italiänischer Renaissance entwickelt und entspricht im wesentlichen derjenigen des Haupt-Steueramtsgebäudes, dessen Hauptansicht auf Blatt 1 im Atlas gegeben ist. Die Seite an der stumpfen Ecke ist ihrer bevorzugten Lage halber etwas

reicher und wegen der größeren Höhe des Festsaaes auch in den Grundzügen etwas abweichend von den übrigen Seiten ausgebildet. Für die Eindeckung der Dächer hat gewelltes Zinkblech Verwendung gefunden. Zur Sicherung des Gebäudes gegen Blitzschlag wurden die über das Dach hinaustretenden Schlotte und die über der Eckseite angebrachte eiserne Flaggenstange mit Fangespitzen versehen, welche mit dem Zinkblech des Daches metallisch verbunden sind. Dieses ist durch eiserne Leitungen theils mit dem Grundwasser unmittelbar, theils mit dem in der Erde liegenden Rohrnetz der Wasserleitung in Verbindung gebracht. Außerdem sind die im Dachboden liegenden Rohre der Wasserleitung und der Warmwasserheizung an ihren höchsten Punkten ebenfalls an das Dach durch eiserne Leitungen angeschlossen worden, um ein Ueberspringen des Blitzes nach diesen guten Leitern zu verhindern. Was im übrigen die Constructionen betrifft, so ist auf Dauerhaftigkeit und Feuersicherheit in erster Linie geachtet worden. Hölzerne Balken sind ganz vermieden, denn die Flure sind durchgängig mit Kreuzgewölben zwischen Gurtbögen überwölbt und die Dienst- und Wohnräume haben Gipsgufsdecken mit eisernen Trägern erhalten, deren Construction aus Abb. 4 ersichtlich ist. Das bei der Herstellung dieser Decken eingeschlagene Verfahren verdient eine ausführliche Beschreibung,

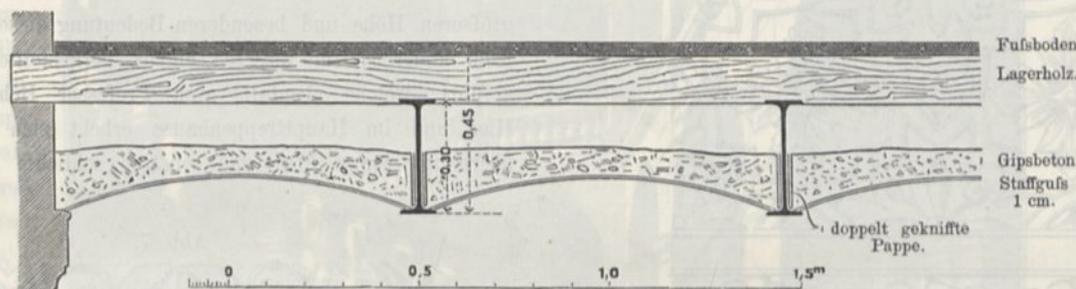


Abb. 4. Schnitt durch die Gipsgufsdecken.

weil es von den bisher üblichen Herstellungsweisen in manchen Punkten abweicht und sich als billig und bequem ausführbar bewährt hat. Da die Deckenfelder zwischen den Trägern, wie

das oft der Fall sein wird, erhebliche Verschiedenheiten in den Abmessungen der Länge und Breite aufwies und von einer Verdeckung der Träger aus constructiven Rücksichten von vornherein abgesehen wurde, so wären bei dem sonst üblichen Verfahren ebenso viele Gufsformen, wie verschiedene Deckenfelder vorhanden waren, nothwendig geworden. Um dies zu vermeiden, mußte ein Verfahren gewählt werden, welches sich allen Abmessungen leicht anpaßte. Es wurden zu dem Zwecke über Leimformen ganz dünne, gewölbte Gipstafeln von Staffgufs — Gipsstuckgufs mit Einlagen von gazeartigem Stoff — mit einem teppichartigen Ornament an der Unterfläche und ebenso gewölbte Friese annähernd in solchen Abmessungen gegossen, dafs beispielsweise 3 Tafeln und 4 Friese auf ein Deckenfeld gingen. Die Leimform mußte so groß sein, dafs sie für das größte vorkommende Tafelformat genügte, dann konnte man sie überall verwenden, denn kleinere Tafeln ließen sich selbstverständlich auch darauf herstellen. Nach erfolgter Erhärtung des Gusses wurden die Tafeln und Friese genau nach Mafs zurecht geschnitten und nun zwischen die Träger eingelegt. War ein Deckenfeld in dieser Weise geschlossen, so wurde in einer Stärke von durchschnittlich 10 cm der Stuckbeton aus Gips, Sand, Kalk und Ziegelbrocken aufgebracht, welcher die eigentliche Deckenmasse bildet und welchem die erste dünne Gufschale gewissermaßen als Lehre diente. Um der Stuckmasse beim Abbinden etwas Spielraum zu lassen, sind dicht an die

Trägerstege Streifen von doppelt gekniffter Pappe gelegt. Die Erhärtung erfolgt übrigens so schnell, daß nach Verlauf einer Viertelstunde die Decke bereits betreten werden konnte. Es verdient Erwähnung, daß trotz der während des Baues unvermeidlichen Erschütterungen durch das Hin- und Herschaffen von Rüstungen, Kalkkasten, Heizkörpern usw. keine Decke auch nur den leisesten Rifs oder Sprung bekommen hat, obwohl die sonst üblichen kostspieligen eisernen Zwischenconstructions, welche auch noch die üble Eigenschaft haben, sich durch häßliche Rostflecke auffällig zu machen, ganz fortgefallen sind. Die Ornamentirung der Deckenflächen in flachem Relief, bei welcher die in Abb. 5—7

Abb. 5—7. Flachmuster der Deckenflächen in den Dienst- und Wohnräumen des Provincialsteuerdirections-Gebäudes.

$\frac{1}{6}$  d. nat. Gröfse.

Abb. 5.

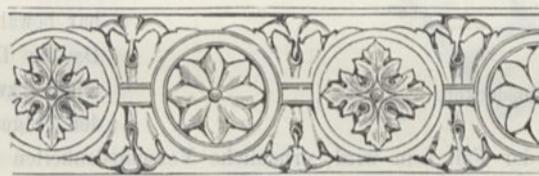
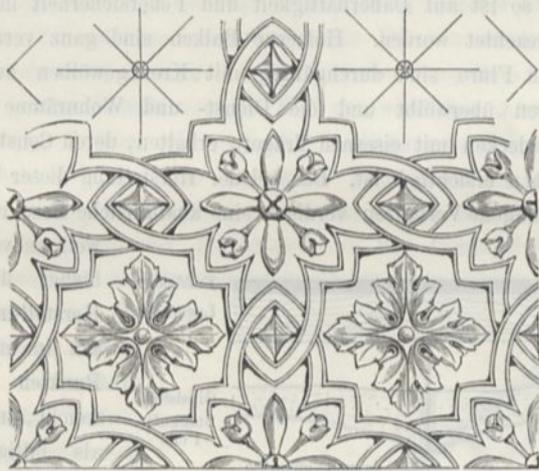
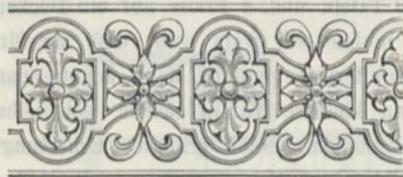
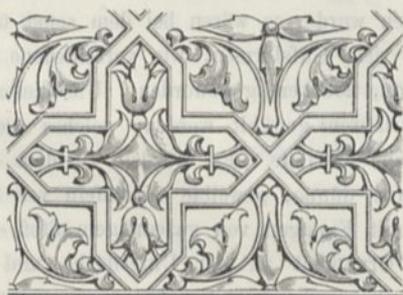


Abb. 6.



skizzirten, von dem Bildhauer, Professor Behrendt modellirten Muster nach Räumen abwechselnd verwendet worden sind, ist nicht nur des Aussehens wegen, sondern namentlich deshalb ausgeführt, weil die kleinen unvermeidlichen Gufsfehler, Blasen und dergl., welche sich bei glatten Decken sehr unangenehm bemerkbar gemacht hätten, durch die Musterung verdeckt werden.

Zudem wurde der Gufs selbst dadurch nicht theurer und man ersparte erheblich an den Kosten für Deckenmalerei, weil ein einfacher Anstrich der Decken für alle Diensträume und die gewöhnlichen Wohnräume vollständig ausreichte. Wo ein besonderer Werth auf Schalldämpfung gelegt werden mußte, also beispielsweise über und unter der Wohnung des Directors, sind die Stuckdecken noch mit ausgewaschenem und gedörtem Sande übertragen, sonst ist der Zwischenraum bis zum Fußboden hohl gelassen worden. Der Preis dieser Decken einschließlic des Holzfußbodens stellt sich auf durchschnittlich 21,40  $\mathcal{M}$  für das Quadratmeter und setzt sich folgendermaßen zusammen:

Deckenträger und Unterlagsplatten	9,40 $\mathcal{M}$
Gipsgufsdecke	6,50 „
Lagerhölzer	1,00 „
Dielenfußboden	3,50 „
Decken- und Trägeranstrich	0,50 „
Fußbodenanstrich	0,50 „
im ganzen 21,40 $\mathcal{M}$	

In den bevorzugteren Räumen der Dienstwohnung haben die Decken durch leichte Tönungen und ein wenig Vergoldung an den theilenden Friesen einen sehr festlichen Charakter erhalten. Ueber der Vorhalle und dem Festsaal sind wegen der größeren Höhe und besonderen Bedeutung dieser Räume Decken nach anderen, für dieselbe eigens hergestellten Modellen ausgeführt, welche ebenfalls vom Professor Behrendt herrühren. Hier und im Haupttreppenhaus erhebt sich die Ausstattung überhaupt etwas über das sonstige schlichte Maß.

Abb. 7.



Wie aus Abb. 3 und dem Schaubild Abb. 8 (s. S. 13 u. 14) ersichtlich, führt die Haupttreppe auf geschlossenen Wangen vom Erdgeschoss erst in einem Lauf nach einem sehr geräumigen Podest und theilt sich dann in zwei nach dem ersten Stock rechts und links steigende Arme. Dies wiederholt sie vom ersten bis zum zweiten Stock, hier aber auf steigenden Gurtbögen und

Kreuzgewölben ruhend. Die Stufen sind, um die Eigenlast der Construction thunlichst herabzumindern, von porösen Ziegeln über den in demselben Material ausgeführten Gewölben aufgemauert und mit Tritt- und Setzstufen von schlesischem Alt-Warthauer Sandstein bekleidet. Für das Geländer, welches als Balustrade ausgebildet ist, hat sächsischer Cottaer Stein, der wegen seines marmorartigen Aussehens sich besonders für Innenräume eignet, Verwendung gefunden. Die Decke dieses Treppenhauses ist unverbrennlich durch Gewölbe zwischen eisernen Trägern hergestellt, aber durch eine darunter angebrachte verputzte Holzconstruction nach Art der am Rhein üblichen Spliefsdecken unten eben abgeschlossen und mit ornamentaler Malerei ausgestattet. Die Diensttreppe des nördlichen Flügels ist in Sandsteinblockstufen mit Eichenholzbelag hergestellt, welche einerseits in die Wände des Treppenhauses eingreifen, andererseits auf einem Unterbau von schmiedeeisernen Trägern und gußeisernen Säulen ruhen. Freitragend wollte man sie wegen der stark durchbrochenen Fensterwand nicht machen. Hingegen ist die im südlichen Flügel befindliche Neben- und Wirthschaftstreppe so ausgeführt. Hinsichtlich der Fußböden ist zu erwähnen, daß die Vorhalle und die Flure einen Belag von Solnhofener Kalksteinfliesen von weißlich-gelber und grauer Farbe, welche in rautenförmigem Schachbrettmuster abwechseln, erhalten haben, während für die Wohnräume und bevorzugteren Dienstzimmer Parket- und Stabboden, im übrigen ein Fußboden von schmalen kiefernen Dielen gewählt ist. Im Dachboden ist unmittelbar über den Gufdecken ein Gipsestrich hergestellt, welcher den Bodenräumen ein freundliches und sauberes Ansehen giebt und die unteren Geschosse gegen das Holzwerk des Daches sicher abschließt. Für die Versorgung des Gebäudes mit Wasser ist eine Leitung angelegt, welche nach Belieben an die städtische Wasserleitung

angeschlossen oder während der Betriebszeit der Maschinenanlage des Packhofs mit Brunnenwasser durch eine sich selbstthätig auf einen Druck von drei Atmosphären einstellende Dampfmaschine gespeist werden kann. Die Röhren der Gasleitung sind überall sichtbar auf die Wände und unter die Träger der Decken gelegt, was bei einer sorgfältigen Arbeit durchaus nicht störend wirkt. An denjenigen Decken, welche in der Mitte einen Träger besitzen, bildet eine an diesem angebrachte geschmiedete Rosette den Anschlußpunkt für den Kronleuchter, wo hingegen die Mitte auf

ein Feld trifft, ist eine einfach verzierte Spange von Gasrohr vom einen zum andern Träger unter dem Felde angebracht, aus deren Mitte der ebenfalls mit einer Rosette geschmückte Ansatzstutzen nach unten abzweigt. Zur Erwärmung der Diensträume dient eine Warmwasserheizung, während die Flure und das Haupttreppenhaus Luftheizung erhalten haben. Die Heizung der Wohnräume erfolgt durch Kachelöfen. Dadurch, daß die Flure mittels kurzer, unter den Warmwasserheizkörpermündender Canäle mit den Diensträumen in Verbindung gebracht sind, ist für eine mäfsige Lüftung der letzteren gesorgt, die bei der geringen Personenanzahl, welche sich dort aufzuhalten pflegt, vollständig ausreicht. Selbstverständlich sind Ableitungscanäle ange-

legt, welche die verbrauchte Luft aus den Diensträumen bis über Dach führen. Die Ausdehnung des Gebäudes bedingte die Anlage von zwei Heizstellen für die Warmwasserheizung und von drei Heizkammern für die Luftheizung. Das Wasser wird in Koksschüttkesseln erwärmt, welche sich bis jetzt gut bewährt haben und sich durch die Bequemlichkeit des Betriebes und die Vermeidung von Rauchentwicklung vortheilhaft auszeichnen. Die Heizkörper bestehen theils in Cylinderöfen mit schmiedeeisernen Mänteln und Böden und geschweiften Siederöhren, theils in Doppelrohrregistern. Die Sockel beider Heizkörperarten sind von Gußeisen hergestellt und

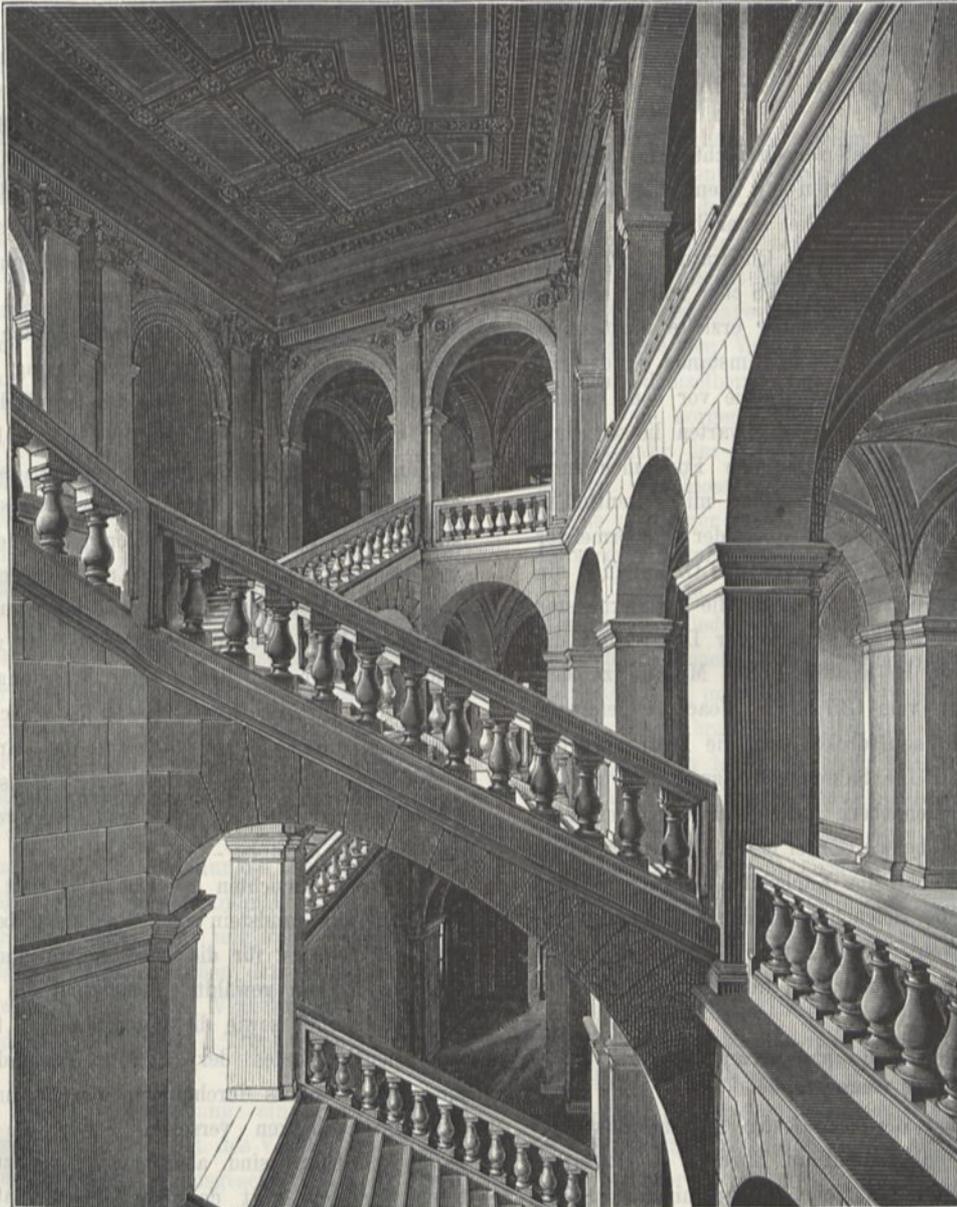


Abb. 8. Treppenhaus im Dienstgebäude der Provincialsteuereirection.

mit einer Schiebervorrichtung versehen, durch welche der Zutritt der frischen Luft vom Flure geregelt werden kann. Den Luftheizkammern wird mittels kurzer unterirdischer Canäle, welche durch Asphalt-schichten und Umkleidung mit Thon sorgfältig gegen den Untergrund abgeschlossen sind, die Außenluft zugeführt, nachdem sie in einer Filterkammer von Staub gereinigt ist. Die Feuerungen der Heizkammern sind mit einer Rauchverzehrvorrichtung versehen, indem dicht vor der Feuerbrücke vorgewärmte Luft in den Feuerraum eingeführt wird. Dies hat sich bei einigermaßen sorgfältiger Bedienung des Rostes als ausreichend bewährt. Die im vorigen Winter gemachten Erfahrungen gestatten, die Wirksamkeit der Sammelheizungen als eine recht befriedigende zu bezeichnen. Namentlich wurde auch die gute Beschaffenheit der Luft in den Fluren angenehm empfunden.

Obwohl die Abrechnungsarbeiten noch nicht ganz beendet sind, lassen sich die Ausführungskosten mit ziemlicher Genauigkeit auf 787 000 M. feststellen, was bei einer bebauten Fläche von 1888 qm als Einheitssatz für das Quadratmeter 417 M. und für das Cubikmeter 22 M. bei 35 778 cbm Inhalt ergibt. Die hierbei dem Kostenanschlage gegenüber erzielte nicht unerhebliche Ersparnis ist hauptsächlich dem Umstande zu danken, daß der Baugrund sich besser ergab, als die vor dem Beginn der Ausführung angestellten Bohrversuche erwarten ließen, und infolge dessen die veranschlagte künstliche Fundamentierung überflüssig wurde. An der Ausführung waren mit wesentlichen Leistungen beteiligt die Mauermeister W. Koch, der Zimmermeister Scharnweber, die Steinmetzmeister O. Plöger und O. Metzger, die Klempnermeister Fr. Peters und Thielemann, die Tischlermeister G. Lange und W. Zwang, der Schlossermeister Duske und die Malermeister C. Lange und F. Richter. Die Modelle zu den äußeren Ornamenten sind vom Bildhauer Noack angefertigt. Mit der Ausführung der Gipsfußdecken war die Bildhauerfirma Zeyer & Drechsler betraut. Die Sammelheizungsanlagen rühren von der Firma Rietschel & Henneberg her, während Wasser- und Gasleitung von David Grove bzw. Börner & Co. ausgeführt sind. Der Hoftöpfermeister Titel hat die Kachelöfen und die Firma Kreuzberger und Sievers die Beleuchtungsanlage geliefert. Die Blitzableitungsanlage ist von Xaver Kirchhoff nach den vom Professor Neesen angegebenen Grundzügen ausgeführt worden.

## 2. Dienstgebäude des Hauptsteueramts für ausländische Gegenstände.

In diesem Gebäude hat die Verwaltung des Packhofs ihre Geschäftsräume. Es liegt daher dicht am Eingang zu letzterem und greift mit seiner westlichen Seite in ihn hinein. Seine Hauptseite wendet das Gebäude nach der Zufahrtsstraße. Durch den Haupteingang erreicht man über einige Stufen die Höhe des Erdgeschosses, wo man die Haupttreppe gerade vor sich sieht und den das Haus der Länge nach durchziehenden, 3,50 m breiten Mittelflur nach beiden Seiten entlang blickt. An ihn reihen sich, wie aus dem auf Blatt 1 gegebenen Grundriss ersichtlich, diejenigen Diensträume, in denen das Publicum vorwiegend zu verkehren hat, nämlich auf der nördlichen Seite zwei Säle für Kasse und Subdivision und für Buchhalterei und Begleitscheinexpedition, auf der südlichen Seite drei Zimmer für Registratur und Kanzlei und ein geräumiges Wartezimmer, welches mit Schreibpulten zum Gebrauch des Publicums ausgestattet ist. In den Risaliten befinden sich einerseits die Amtszimmer des Diri-

genten und des Packhofsvorstehers, sowie ein mit einem Tresor verbundenes Zimmer für den Rendanten, andererseits ein Zimmer für den Stations-Controleur, ein mit einer Geräthekammer zusammenhängender Raum für die Amtsdienner und ein für den Gebrauch der Beamten bestimmter Abort. Durch das an der Westseite angeordnete zweite Portal gelangt man vom Erdgeschoße unmittelbar in den Packhof, während der unter der Haupttreppe befindliche Ausgang nach dem Wirtschaftshof und dem Maschinenhause führt. Im ersten Stockwerk befinden sich noch einige Diensträume, mit denen das Publicum selten in Berührung kommt, und mehrere Reservezimmer. Die östliche Hälfte wird von der aus sieben Zimmern mit Zubehör bestehenden Dienstwohnung des Hauptamtsdirigenten eingenommen, welche ebenso wie die darüber befindliche, etwas kleinere Vorsteherwohnung mittels der in der Achse des Mittelflurs angeordneten östlichen Treppe unmittelbar zu erreichen ist. Zu den Küchen dieser beiden Wohnungen führt eine besondere Wirtschaftstreppe, welche vom Keller bis zum Dachboden aufsteigt. Das zweite Stockwerk enthält außer der Dienstwohnung des Packhofsvorstehers noch zwei Wohnungen von je drei Zimmern und Zubehör für Steueraufseher und zwei große Räume für Archiv und repoinirte Acten. Weil die auf den Zugang über die Haupttreppe angewiesenen Wohnungen der Steueraufseher auch nach Schluß der Dienststunden zugänglich bleiben, die Diensträume aber vollständig abgeschlossen werden müssen, so sind im Mittelflur zu beiden Seiten des Haupttreppenhauses Glaswände mit verschließbaren Pendelthüren angeordnet worden. Im Kellergeschoße, welches nur 0,90 m in die Erde eingesenkt ist, befinden sich außer den Vorrathsgelassen und den Feuerungen der Sammelheizungsanlage zwei Wohnungen von je zwei Stuben, Kammer und Küche für Amtsdienner, eine Wohnung von Stube, Kammer und Küche für den Heizer, sowie die Waschküche und ein Abort. Das Kellergeschoße hat 3,40 m, das Erdgeschoße wegen der zuweiligen Ansammlung größerer Menschenmengen in den Diensträumen 5,47 m, das erste Stockwerk 4,70 m und das zweite 4,30 m Höhe.

In den Ansichten des Gebäudes tritt die gleichzeitige Anwendung von Sandstein und Backstein bereits im Erdgeschoße ein, und zwar ist für die Gliederungen und Gesimse gelber Alt-Warthauer Stein gewählt. Sonst sind die im Außenraum verwendeten Baustoffe, sowie die Constructionen fast gleich denjenigen des Dienstgebäudes der Provincialsteuerrichtung. Die Flure sind hier ebenfalls durchgängig gewölbt und die übrigen Räume mit Gipsfußdecken versehen. Für die Fußböden der Eingänge und Flure sind aber wegen des zu erwartenden lebhafteren Verkehrs statt der Solnhofener Platten die härteren geriefelten Mettlacher Fliesen angewandt worden. Die Haupttreppe ist in Eisen hergestellt mit Trittstufen von schwarzem Schiefer, während die östliche Treppe, welche zu den größeren Dienstwohnungen führt, in Sandsteinblockstufen besteht, die durch schmiedeeiserne Träger unterstützt werden und mit Trittstufen von Eichenholz belegt sind. Die Wirtschaftstreppe ist freitragend in Granit hergestellt. In den Heizungsanlagen ist auch hier der Grundsatz durchgeführt, daß die Diensträume mittels Warmwasserheizung, die Flure und das Haupttreppenhaus mittels Luftheizung erwärmt werden. Nur darin ist eine kleine Abweichung festzustellen, daß die Diensträume des Erdgeschosses durch einen an der Decke des Kellerflurs angeordneten Canal, welcher dessen ganze Breite einnimmt und befahrbar

hergestellt ist, unmittelbar frische, vorgewärmte Luft zugeführt erhalten, weil in diesem Gebäude wegen des starken Verkehrs ein lebhafteres Bedürfnis nach Lüftung vorhanden ist. Wegen der nicht sehr beträchtlichen Längenentwicklung gelang es, mit der Anlage einer Feuerungsstelle sowohl für die Warmwasser- als auch für die Luftheizungsanlage auszukommen, wobei zu bemerken ist, daß auch hier sämtliche Zimmer der Dienstwohnungen Kachelöfen erhalten haben.

Die Ausführungskosten werden annähernd 435000 M. betragen und stellen sich für das Quadratmeter bebauter Grundfläche auf 429 M., für das Cubikmeter umbauten Inhalts auf 21 M. In die Sandsteinarbeiten des Aufßern haben sich bei diesem Bau der Steinmetzmeister C. Schilling und die Dresdener Firma Helm & Friese getheilt. Die gußeiserne Haupttreppe ist von dem Eisenwerk „Wilhelmshütte“ bei Seesen hergestellt. An der Ausführung der Fenster und Thüren waren die Tischlermeister E. Gast und W. Zwang und die Schlossermeister F. W. Köppen und C. Duske betheilig. Die Heizungs- und Lüftungsanlage rührt von der Firma Schaeffer u. Walker her und mit den Malerarbeiten waren die Malermeister L. Goeflsler und Müller u. Gressin betraut. Im übrigen waren dieselben Kräfte wie beim Bau des Provincialsteuerdirections-Gebäudes beschäftigt.

### 3. Niederlagegebäude.

Das Niederlagegebäude der neuen Packhof-Anlage umfaßt die öffentliche Niederlage, die Theilungsläger und in seinem Erdgeschofs Revisionsräume. In dem längs der Spree gelegenen Langflügel findet die Revision der zu Wasser eingegangenen Güter statt, in dem längs der Eisenbahngleise gelegenen Langflügel die Revision der Eisenbahngüter, während das Erdgeschofs des Querflügels nördlich von der Durchfahrt als Revisionsraum für die Theilungsläger und fortlaufenden Conten, südlich von derselben für den sogenannten Retourwaren- und Veredlungsverkehr dient. Jeder der beiden 98,10 m langen Langflügel ist durch zwei Brandmauern in 3 Abtheilungen geschieden, der 71,56 m lange Querflügel durch eine Brandmauer in 2 Abtheilungen. Jede dieser 8 Abtheilungen ist mit einem Wasserkraft-Aufzug zur Beförderung der Güter zwischen den einzelnen Stockwerken ausgerüstet, während für den Verkehr der Beamten, Arbeiter usw. besondere feuersichere Treppenhäuser angeordnet sind.

Bevor auf die nähere Beschreibung eingegangen wird, mögen einige Bemerkungen über die Art des Verkehrs, der sich in dem Niederlagegebäude abspielt, vorausgeschickt werden. Die an der Grenze nicht zur Zollabfertigung gelangenden Auslandsgüter werden einer inneren Zollstelle, im vorliegenden Falle dem Hauptsteueramt Berlin mit Begleitschein zugesandt und zwar unter Raumverschluß, wenn die Art der Waren es dem Empfänger wünschenswerth macht die sogenannte „specielle Revision“ erst am Bestimmungsorte vorgenommen zu sehen. So bedient sich der von Hamburg nach Berlin gerichtete Stückgut- und Fafswaren-Verkehr mit Vorliebe der in bequemer Weise unter Raumverschluß zu legenden Deckkähne, deren Abfertigung ausschließlic am neuen Packhof bewirkt wird. An der Eisenbahnseite gelangen hauptsächlich die aus Frankreich, Belgien und den Niederlanden mit der Lehrter und Potsdamer Eisenbahn anlangenden, unter Raumverschluß gelegten Bahnwagen zur Abfertigung, jedoch auch solche von anderen Grenzgebieten,

welche Waren für die Niederlage oder Theilungsläger enthalten. Die zum Verbrauch im Inlande bestimmten Güter, welche der Empfänger nicht sofort nach ihrer Ankunft abholen lassen will, finden unter Zollverschluß in den als öffentliche Niederlage dienenden Speicherräumen gegen Erstattung der vorschriftsmäßigen Lagergebühren Aufnahme. Solche Güter müssen sowohl beim Eingang als beim Wiederausgang einer zollamtlichen Revision unterzogen werden, da es zulässig ist, die eingegangenen Warenposten ratenweise abzunehmen, und da ferner die beim längeren Lagern unvermeidlich entstehende Gewichtsverminderung nicht verzollt zu werden braucht. Aus diesem Grunde ist es unzulässig, sämtliche Stockwerke einer steuerfreien Niederlage mit Luken zu versehen, welche in senkrechten Reihen über einander liegen und mit je einer Winde bedient werden, wie dies bei Kaufmannsspeichern in zweckmäßiger Weise zu geschehen pflegt. Vielmehr müssen die Frontwände bis auf die zu den Revisionsräumen führenden Luken vollständig verschlossen sein, sodafs der gesamte Verkehr beim Ein- und Ausgang über diese, unter stetiger Zollaufsicht stehenden Räume geführt werden mufs.

Die Niederlageverwaltung hat nicht nur für die Unterhaltung und den Verschluß des Gebäudes, für Ruhe und Ordnung in demselben, sowie für eine sachgemäße Lagerung der Waren zu sorgen, sondern auch für die Abwendung von Feuersgefahr im Inneren des Gebäudes und in dem dazu gehörigen umschlossenen Raum. Für Beschädigung der Waren, welche aus einer ihr zur Last fallenden Vernachlässigung dieser Fürsorge entstehen, hat sie im vollen Umfange aufzukommen. Dieser Umstand macht es nothwendig, bei der Herstellung einer steuerfreien Niederlage der Rücksichtnahme auf die Sicherheit des Gebäudes nach allen Richtungen, insbesondere auf die Feuersicherheit, weit mehr Rechnung zu tragen, als bei Privatspeichern zu geschehen braucht, welche bei einer billigen Ausführung die Lagerspesen in höherem Grade herabzusetzen gestatten, als die Zuschläge der Feuerversicherungsgebühren betragen. Ein wesentlicher Unterschied zwischen einer steuerfreien Niederlage und Privatspeichern besteht ferner darin, daß erstere für alle möglichen Waren geeignet sein soll, während letztere gewöhnlich nur für eine bestimmte Gattung dienen und dementsprechend eingerichtet werden können.

Die genannten Pflichten der Niederlageverwaltung zwingen dieselbe ferner, das Betreten der Lagerräume nur den Beamten und vereidigten Arbeitern, den Bediensteten des Eigenthümers der Lagergüter dagegen in der Regel nur unter Aufsicht und in Begleitung von Zollbeamten zu gestatten. Die zur Ausbesserung der Verpackung und allenfalls zur Instandhaltung der Waren selbst unbedingt nöthigen Arbeiten dürfen nur von den ständigen Packhofsarbeitern verrichtet werden. Eine Ausnahme hiervon bilden die sogenannten „Theilungsläger“, in welchen die Waren von den Einlegern selbst ausgepackt, sachgemäß behandelt, umgepackt und aus denen sie nach Bedarf in kleineren Theilen unverzollt wieder ausgeführt oder zur Abfertigung gebracht werden können. Den Miethern solcher Theilungsläger werden die ausländischen Waren unverzollt mit der Mafsgabe verabfolgt, daß die Eintragung dieser Waren in ein „fortlaufendes Conto“ stattfindet und demnächst die Wiederausfuhr nachgewiesen oder die Verzollung zum Eingang bewirkt werden mufs. Zuverlässigen Großhandlungen pflegt man auf besonderen Antrag die Anlage von „Contentlagern“ auch aufserhalb des Packhofs zu gestatten. Alle für die Theilungsläger bestimmten

und auf fortlaufende Conten gebuchten eingehenden Frachtgüter werden in einem besonderen, von den übrigen Abfertigungsräumen getrennten Revisionsraum zollamtlich revidirt. Die Verzollung des in einzelnen Theilen ausgehenden Inhalts findet beim jedesmaligen Uebergange eines solchen Theils in den freien Verkehr statt, während bei der Rücksendung nach dem Auslande unter amtlicher Controle kein Zoll erhoben wird. Die einzelnen Läger können unter besonderen Verschluss des Miethers gelegt werden, der dieselben jederzeit während der Dienststunden betreten und seine Geschäftsfreunde zur Besichtigung der ausgepackten Waren mit einführen darf. Andererseits befinden sich die Theilungsläger auch stets unter Verschluss der Zollverwaltung, der außerdem das Recht der ständigen Aufsicht dadurch gewahrt ist, daß die Thüren mit verschließbaren Gucklöchern versehen sind, welche den ganzen Raum jederzeit, von den darin befindlichen Bediensteten des Miethers unbemerkt, zu überblicken gestatten.

Da die Miether und deren Leute den Weg zu den Theilungslägern durch einen unter beständiger Aufsicht befindlichen Zugang nehmen müssen, am zweckmäßigsten durch den zugehörigen Revisionsraum, der gegen die übrigen Räume abgeschlossen werden muß, so war in dem alten Packhof ein besonderes Gebäude für die genannten Zwecke errichtet, das aufser dem für die Revision bestimmten Erdgeschofs nur 2 Stockwerke enthielt, um für die Miether bequem benutzbar zu sein. Eine ähnliche Anordnung würde sich auch für den neuen Packhof empfohlen haben, wenn es nicht zweckmäßiger erschienen wäre, einen Theil der für den gegenwärtigen Verkehr überreichlich groß bemessenen Speicherräume der öffentlichen Niederlage einstweilen als Theilungsläger zu benutzen, bis der demnächstige Verkehrsaufschwung die Errichtung eines besonderen Gebäudes nothwendig macht. Die acht im ersteren und zweiten Stockwerk des Nordflügels und der nördlichen Hälfte des Querflügels gelegenen Bodenräume sind daher durch leichte Wände aus porösen Ziegeln in einzelne Läger von verschiedener Größe getheilt worden, deren Thüren sämtlich nach den frei bleibenden Mittelgängen führen. Als alleiniger Zugang für die Miether dient das nur vom Revisionsraum *c* aus zugängliche Treppenhaus, als alleiniger Güteraufzug der in demselben Raum gelegene Fahrstuhl. Die Zugangsluke des Revisionsraumes ist mit einem Windfang versehen, um die bei der Revision Beschäftigten gegen Zugluft zu schützen. Da es nicht angängig war, eine Heizungsanlage einzurichten, so sind Doppelfenster angeordnet worden. Die beiden auf Bl. 2 irrthümlicherweise mit *c* bezeichneten Räume dienen als Packraum für die Theilungslagerwaren und für die Aufbewahrung von Werthpaketen. Um die werthvollen, während der Revision offen liegenden Waren gegen den beim Verpacken unvermeidlichen Staub zu schützen, reichen die im oberen Theile verglasten, mit breiten Schlagthüren versehenen Bretterwände bis zur Decke. Die erforderlichen Amtszimmer mußten in das Erdgeschofs des Nordflügels eingebaut werden. Die in der Trennungswand befindlichen Fenster sind vergittert, die Thüre in der Regel verschlossen, ebenso wie die von den Treppenhäusern des Nordflügels zum ersten und zweiten Stockwerk führenden Thüren, die nur in Nothfällen geöffnet werden dürfen. Die beiden mit *d* bezeichneten Zimmer sind für den Rechnungsführer des Registers der fortlaufenden Conten, sowie für den diesem Dienstzweig vorstehenden Obercontroleur bestimmt. Das Zimmer *e* dient als Aufenthaltsraum für die Unterbeamten,

während *f* den Miethern der Theilungsläger und Inhabern fortlaufender Conten als Schreibstube zur Verfügung steht. Diese vier Zimmer sind mit Kachelöfen heizbar.

Auch der im südlichen Theile des Querflügels angeordnete Revisionsraum *b* für Retourwaren- und Veredelungsverkehr würde in einem besonderen Gebäude Platz finden dürfen, da seine unmittelbare Verbindung mit den Speicherböden nicht unbedingt erforderlich ist. Hier gelangen im sogenannten „Retourwarenverkehr“ diejenigen von einem inländischen Kaufmann oder Fabrikanten in das Ausland gesandten Waren zur Abfertigung, welche von dort wieder zurückkommen, weil ihre Annahme verweigert wird oder weil der Absender aus irgend welchem Grunde anderweit über dieselben verfügt. Falls ihr Ursprung durch Vorlegung des kaufmännischen Schriftwechsels und der Geschäftsbücher oder durch amtlich aufgenommene Erklärung des Verfertigers der Waren unzweifelhaft nachgewiesen wird, gehen sie zollfrei ein. Im „Veredelungsverkehr“ besteht die zollamtliche Behandlung der aus dem Auslande nach den inländischen Fabriken zur Vornahme einer weiteren, veredelnden Verarbeitung gesandten Waren darin, durch Stempelung, Siegelung oder Plombirung dieselben beim Eingange so deutlich zu kennzeichnen, daß sie beim Ausgang wieder erkannt werden können, um den Vortheil der Zollfreiheit zu genießen. Die mit der „Identificirung“ und sonstigen Abfertigung verbundenen Arbeiten verlangen einen gut abgeschlossenen Raum, der mit den Ausladestellen der Schiff- und Bahnwagen nicht in unmittelbarer Verbindung zu stehen braucht. Da auch hier die Einrichtung einer Heizungsanlage nicht zulässig erschien, sind die Lichtöffnungen des Revisionsraumes gleichfalls mit Doppelfenstern versehen, während die für den Zutritt des Publicums und die Einbringung der Frachtstücke bestimmte Luke einen Windfang erhalten hat. Die in dem Raum eingebauten beiden Amtszimmer für den Obercontroleur und für die mit Führung der Register usw. betrauten Beamten sind mit Kachelöfen heizbar. Für Waren, welche vorübergehend aufbewahrt werden sollen, dient ein an der Durchfahrtswand hergestellter Lattenverschlag.

Abgesehen von diesen, für eigenartige Zwecke eingerichteten Abtrennungen steht das ganze Erdgeschofs des Niederlagegebäudes nebst den unmittelbar daran stoßenden, gewissermaßen als Fortsetzungen der Erdgeschosse beider Langflügel zu betrachtenden Revisionshallen für die Revision der sofort beim Eingang oder aus der zollfreien Niederlage in den inländischen Verkehr übergehenden Güter zur Verfügung. Der Südflügel nebst der Südhalle dient für den Schiffsverkehr, der Nordflügel nebst der Nordhalle für den Bahnverkehr. Die innere Einrichtung unterscheidet sich nur dadurch, daß die Revisionsräume im Erdgeschofs der beiden Langflügel durch Brandmauern in einzelne, während der Dienststunden in stetiger Verbindung mit einander stehende Abtheilungen getrennt sind, während die Hallen vollständig freie Räume bilden, sowie durch das Vorhandensein der Güter-Aufzüge und Treppenhäuser, die aus dem Erdgeschofs des Niederlagegebäudes nach den oberen Stockwerken und nach dem Keller führen. Die nähere Beschreibung der inneren Einrichtung findet daher besser ihren Platz bei der Betrachtung der Revisionshallen, ebenso die Darstellung des Umladeverkehrs.

Für die Grundriffsform des Niederlagegebäudes war die Bedingung maßgebend, daß eine thunlichst ausgedehnte Lade-front längs der Spree, eine zweite längs der Ankunftsgeleise

liegen, ferner dafs dem zwischen beiden so festgelegten Langflügeln verbleibenden Hofraum eine möglichst grofse Breite gegeben werden sollte. Der Hofraum dient nicht nur als Fahr- und Ladestrafsse für Fuhrwerke und Bahnwagen, sondern wird auferdem für den Verkehr an der Centesimalwaage und als Lagerplatz für Faswaren benutzt. Von der Errichtung eines einstöckigen Lagerschuppens im nördlichen Theile des Innenhofs für die Aufbewahrung von Schmalz-, Fett- und Oelfässern,

nicht mehr als etwa 98 m zur Verfügung standen, so bieten die beiden Langflügel nach Abzug der Treppenhäuser, Aufzugschächte usw. nur etwa 9000 qm nutzbare Bodenfläche, wovon etwa 2200 qm für die Theilungsläger in Abzug kommen. Diese Fläche, um wenigens gröfser als die Lagerfläche des grofsen Niederlagegebäudes auf dem alten Packhof, würde zwar den gegenwärtigen Bedürfnissen genügen, dürfte sich jedoch bei dem mit Sicherheit zu erwartenden Aufschwung des Niederlageverkehrs

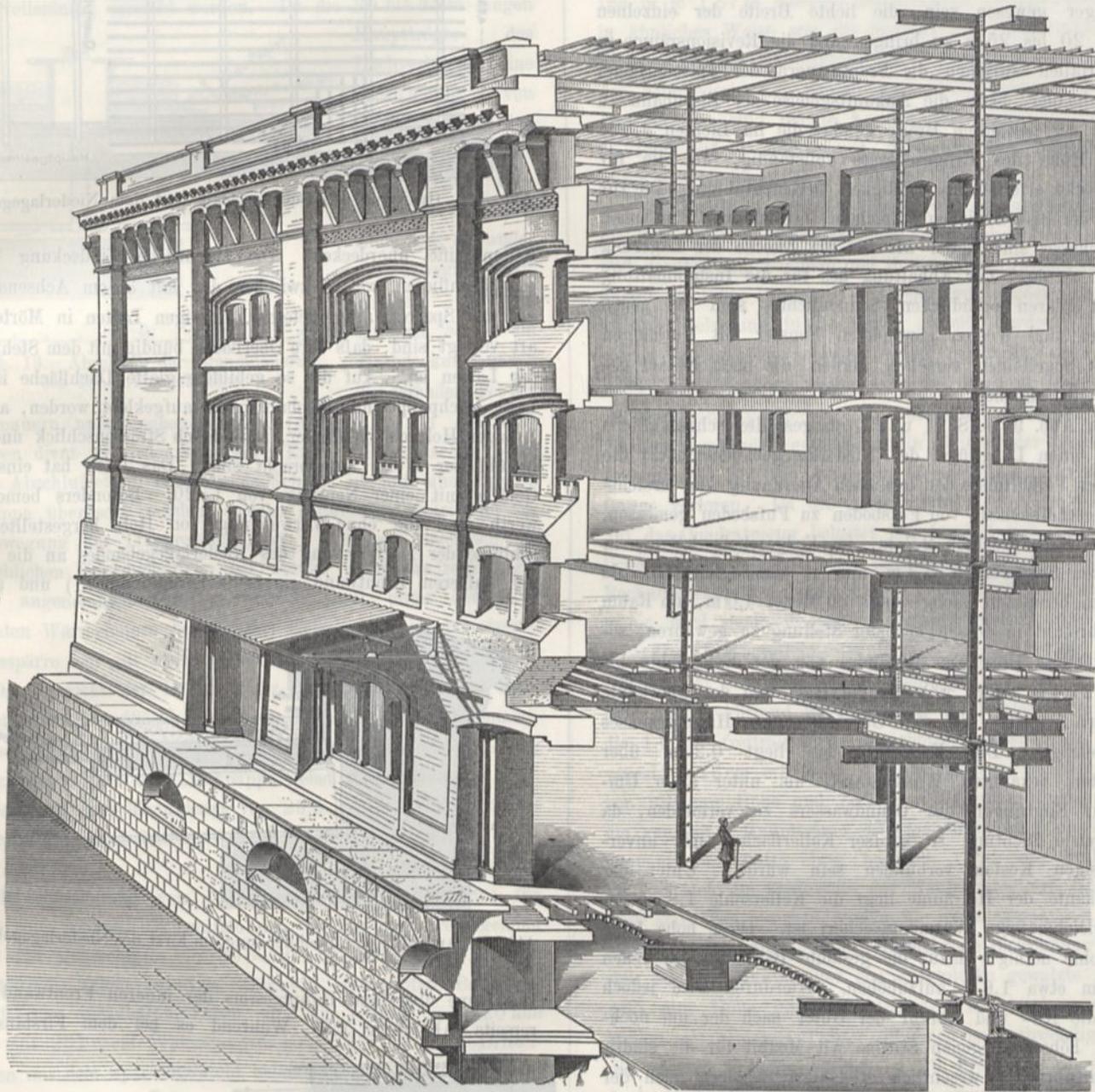


Abb. 9. Einblick in den südlichen Langflügel des Niederlagegebäudes.

welche in die Kellerräume des Niederlagegebäudes aus Rücksicht auf die Reinhaltung nicht eingeführt werden sollten, ist einstweilen abgesehen. Da im ganzen nur eine eng beschränkte Breite des Bauplatzes zur Verfügung stand, an dem breiteren Theile etwa 106, am schmaleren Theile 77 m, so durfte die Breite der beiden Langflügel nicht mehr als 14,5 m im Lichten betragen, um zwischen den Innenfronten einen trapezförmigen Hofraum von 42 bis 66 m Breite frei zu behalten. Um die Höhe des Gebäudes nicht übermäfsig zu steigern, durfte man demselben aufer Keller und Erdgeschoss nicht mehr als 4 Geschosse zur Lagerung von Gütern geben. Da für die Frontlänge

bald als zu gering erwiesen haben. Die Erwägung, dafs der Neubau auf eine längere Reihe von Jahren hinaus allen Anforderungen entsprechen müsse, gab dazu Veranlassung, die beiden nach Osten gekehrten Enden der Langflügel durch einen Querflügel mit einander zu verbinden, der im Keller, Erdgeschoss und ersten Stockwerk durch die mächtige, nach dem Innenhof führende Durchfahrt unterbrochen ist, während die 3 oberen Geschosse in unmittelbarer Verbindung mit den beiden Langflügeln eine in Hufeisenform gelegte Flucht von je acht Speicherabtheilungen bilden, deren jede durchschnittlich 380 qm nutzbare Bodenfläche enthält. Es ist von vornherein darauf

Bedacht genommen, späterhin die beiden westlichen Enden der Langflügel gleichfalls durch einen Querflügel mit einander zu verbinden, sodafs der Innenhof alsdann ein Viereck mit etwa 3800 qm Grundfläche bilden würde. Dieser Zustand ist in dem Vogelschaubild auf Spalte 5 u. 6 zur Darstellung gebracht.

Die beschränkte Breite des Bauplatzes war für die zur Ausführung gebrachten Abmessungen in so gebieterischer Weise maßgebend, dafs alle anderen Rücksichten dagegen zurücktreten mußten. Ohne jenen Zwang würde es aus naheliegenden Gründen zweckmäßiger gewesen sein, die lichte Breite der einzelnen Flügel auf 20 bis 25 m zu bringen und die Revisionsräume in besondere Hallen zwischen die Frontmauern der Speicherflügel und die Kaimauer, bezw. die Ankunftsgeleise der Eisenbahn zu legen. Bei der gewählten Breite genügt die im Lichten 4,3 m betragende Höhe des Erdgeschosses vollständig, um die für Revisionszwecke erforderliche Helligkeit herbeizuführen. Die zur Gewinnung der erforderlichen Stapelhöhe im Lichten 2,7 m hohen oberen Geschosse sind heller als für die Zwecke der Lagerung nöthig sein würde. Zur Abhaltung des für die Instandhaltung der meisten Waren schädlichen Sonnenlichtes sind die gegen Osten, Süden und Westen gewendeten Fenster mit Vorhängen aus starkem Segelleinen versehen worden, die nach Bedarf geschlossen werden können.

Der in Abb. 9 (s. S. 21 u. 22) dargestellte schaubildliche Einblick in einen Langflügel des Niederlagegebäudes macht die wesentlichsten Verhältnisse der baulichen Anordnung klar ersichtlich. Die Geschosshöhen, von Fußboden zu Fußboden gemessen, betragen im Kellergeschofs 2,7 m, im Erdgeschofs 4,8 m, in den 3 oberen Stockwerken 3,3 m und in dem gleichfalls als Speicherraum benutzten Dachgeschofs im Mittel 4,0 m, um Raum für den Fahrstuhl in dessen höchster Stellung zu gewähren, sodafs die mittlere Höhe des Gebäudes von der Kellersohle bis zum Dach 21,4 m mißt, während die Höhe von der Oberkante des Grundmauerwerks bis zur Oberkante des Hauptgesimses 20,7 m beträgt. Der Kellerfußboden liegt 0,2 m über dem höchsten bekannten Wasserstand, um unter allen Umständen ein Eindringen des Grundwassers zu vermeiden, da eine genügende Dichtung so großer Kellerflächen mit unverhältnismäßigen Kosten verbunden sein würde. Unter der Pflasteroberkante der Hofräume liegt die Kellersohle 1,8 m, sodafs eine gleichmäßige Wärme gesichert ist. Diese hohe Lage der Kellersohle nöthigte dazu, die gesamte Baufläche des neuen Packhofs um etwa 1,6 m aufzuhöhen. Hierdurch wird jedoch nicht nur die An- und Abfuhr der Güter nach der um nochmals 2,3 m höher gelegenen Strafe Alt-Moabit für die städtischen Frachtfuhrwerke wesentlich erleichtert, sondern auch der Anschluß an die Entwässerung des Stadttheiles Moabit ermöglicht und in gesundheitlicher Beziehung ein unberechenbarer Vortheil für die auf dem Packhof verkehrenden Beamten und Geschäftsleute und für die Bewohner der Dienstwohnungen erzielt. Gegen diese Vorzüge tritt der Mangel, dafs die Schiffsgüter 1,12 m höher gehoben werden, als sonst erforderlich gewesen wäre, vollständig zurück. Auf diese Höhe würde man den gewachsenen Boden jedenfalls haben erhöhen müssen, weil dieselbe der Schienenoberkante des Lehrter Güterbahnhofs entspricht, an dessen Geleise die Ladegeleise des neuen Packhofs durch ein mit flachem Gefälle angelegtes Verbindungsgeleis zum Anschluß gebracht sind.

Das Dachgespärre besteht aus schmiedeeisernen Hauptträgern, welche in der Längenrichtung des Gebäudeflügels die

einzelnen, 5 m von einander entfernten Stützen verbinden, sowie aus walzeisernen Sparren, die in je 1,67 m Abstand das 5 m breite Mittelschiff und die beiden 4,75 m im Lichten breiten

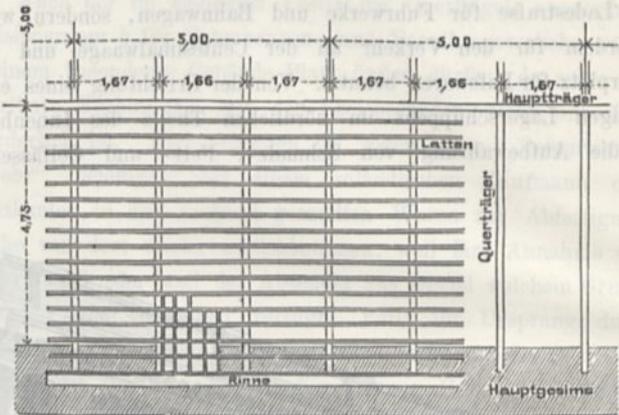


Abb. 10. Grundriß des Dachgespärres auf dem Niederlagegebäude.

Seitenschiffe überdecken. Die eigentliche Eindeckung besteht aus Thonfliesen, welche zwischen den mit 31 cm Achsenabstand auf den Sparren aufgenieteten L-förmigen Latten in Mörtel derart verlegt sind, dafs ihre Oberfläche bündig mit dem Stehflansch der Latten ist. Auf die so gebildete glatte Dachfläche ist eine Lage Dachpappe mit Asphaltmastix aufgeklebt worden, auf der 3 Lagen Holzcement-Papier, schließlichs Strafsenschlick und Kies in üblicher Weise aufgebracht sind. Das Dach hat einseitiges Gefälle mit einer Neigung von 1:20. Besonders bemerkenswerth sind die ohne Verwendung von Holz hergestellten Anschlüsse der Dachdeckung des Niederlagegebäudes an die Attika der äußeren Frontwand einerseits (Abbildung 11) und an die

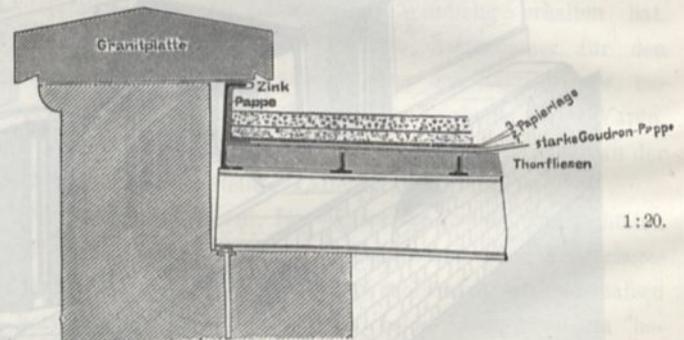


Abb. 11. Anschluß der Dachdeckung am First des Niederlagegebäudes.

Dachrinne über dem Hauptgesims der inneren Frontwand andererseits (Abbildung 12). Während es bei dem Firstanschlufs

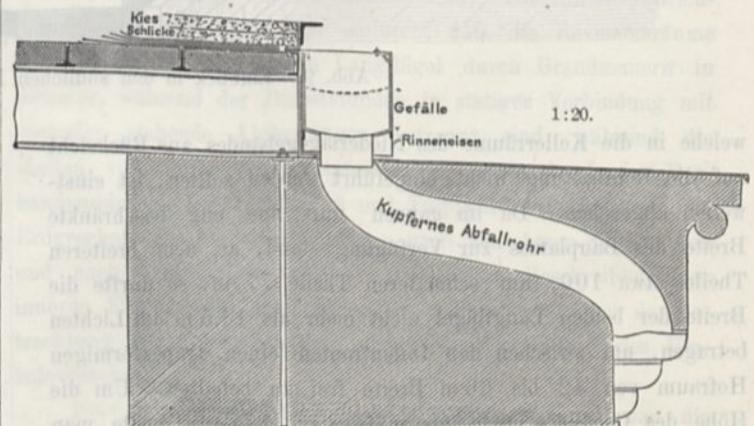


Abb. 12. Anschluß der Dachdeckung an der Traufe des Niederlagegebäudes.

darauf ankommt, eine vollständige Dichtung gegen das Eindringen von Regenwasser zu erzielen, welche gleichzeitig geringe Verschiebungen des eisernen Gespärres ermöglicht, muß beim Traufenanschluss außerdem dafür gesorgt werden, daß die zum Aufkleben der Dachpappe und des Holzcementpapiers verwandte Masse, deren Ausschwitzung bei starker Erwärmung des Daches nicht vollständig zu vermeiden ist, nicht etwa auf die Zinkabdeckung des Hauptgesimses und von dort nach der Frontwand, sondern in die Dachrinne abläuft. Dies ist in der dargestellten Weise vollständig erreicht worden. Da die 30 bis 35 m langen

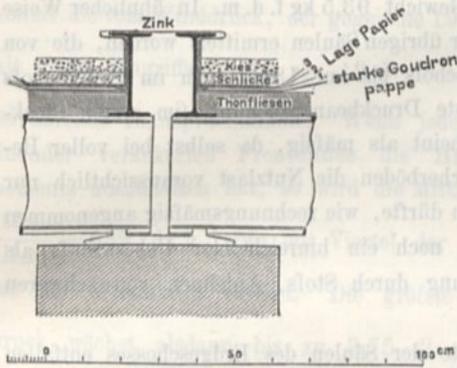


Abb. 13. Abschlufs der Brandmauern des Niederlagegebäudes.

Hauptträger des Dachverbandes eine Ausdehnung von  $\pm 9$  mm durch den Einfluß der Erwärmung erleiden können, also am einen Ende fest, am anderen beweglich aufgelagert werden mußten, so ist die Dachdeckung auf den Trägerenden über den Brandmauern unterbrochen worden. (Abb. 13.) Als Abschlufs derselben dient auf jeder Seite ein I Eisen. Der zwischen diesen beiden Abschlufseisen verbleibende Schlitz ist mit einer breiten Zinkkappe überdeckt worden, welche genügenden Spielraum für die Bewegung der Trägerenden läßt. Uebrigens erreichen die thatsächlichen Verschiebungen bei weitem nicht das rechnungsmäßig angenommene Maß, vielleicht weil unter dem aus schlechten Wärmeleitern bestehenden Holzcementdach das eiserne Dachgespärre sehr gut gegen wechselnde Erwärmung geschützt ist.

Das Gewicht der Dachdeckung setzt sich, auf das Quadratmeter der Grundfläche berechnet, folgendermaßen zusammen:

Kiesschüttung (4 cm hoch) und Schlicklage (4 cm hoch)	128 kg
Holzcementpapier und Dachpappe nebst Klebemasse	8 „
Fliesenbelag aus Thonfliesen von $29,5 \times 28 \times 5$ cm	85 „
Eiserne I förmige Latten, 3,2 lfd. m zu 6,2 kg rund	19 „
im ganzen	240 kg

Bei Zurechnung von 110 kg auf das Quadratmeter für Wind- und Schneedruck mußte den 1,67 m weit freiliegenden Latten ein Querschnitt von  $60 \times 60 \times 7$  mm gegeben werden. Die Sparren, welche bei 5 m Stützweite eine größte Belastung von 3070 kg auszuhalten haben, sind aus I Eisen von 220 mm Höhe mit 281 cbcm Widerstandsmoment, die in je 2 Drittelpunkten mit dem Sparrengewicht belasteten, 5 m weit frei liegenden Hauptträger aus I Eisen von 320 mm Höhe mit 789 cbcm Widerstandsmoment hergestellt. Die Sparren sind an den Seitenflächen der Hauptträger durch Winkeleisen angeschlossen und zu diesem Zweck am oberen Flansche ausgeklinkt. Mit dem jenseitigen Ende sind sie in den Umfassungswänden verankert. Ein Windverband erschien bei der großen Steifigkeit des Gespärres nicht erforderlich.

Für die Herstellung der Decken kam in Frage, daß dieselben einerseits der raschen Fortpflanzung des in einem Raume allenfalls entstehenden Feuers nach den anderen Räumen eine Zeit lang Widerstand leisten, eine ausreichende Dauerhaftigkeit und Festigkeit bei thunlichst geringem Eigengewicht besitzen, luftig, trocken, ohne übelen Geruch und ohne Neigung zu

Schweißwasserbildung sein, sowie eine elastische Unterlage für die Lagerung und Handhabung der Güter darbieten sollen. Am besten geeignet zur Erfüllung dieser verschiedenen Anforderungen erweist sich ein Fußbodenbelag aus kiefernen Bohlen, welche auf kiefernen Lagerhölzern ruhen, die in der Längenrichtung des Gebäudes über die walzeisernen Deckenträger gelegt sind. Zum Schutze gegen rasche Abnutzung haben die hauptsächlich mit Rollkarren befahrenen Theile des Bohlenbelags besondere Bahnen aus 5 mm starken, 1 m breiten Blechtafeln erhalten. Die in je 1,67 m Abstand angeordneten Deckenträger schließen in ähnlicher Weise wie die Sparren des Dachverbandes an die schmiedeeisernen Hauptträger an, welche in je 5 m Abstand von den schmiedeeisernen Säulen unterstützt werden. Zwischen die Deckenträger sind leichte Kappen aus porösen Lochsteinen von  $\frac{1}{2}$  Stein Stärke eingespannt, die einen feuersicheren Abschlufs unter dem Bohlenfußboden bilden.

Während in den für Massengüter eingerichteten Speichern die Belastung des Quadratmeters Lagerfläche öfters auf 2000 kg und darüber angenommen und thatsächlich zuweilen erreicht wird, durfte für die Decken des Niederlagegebäudes eine erheblich kleinere Belastung in Rechnung gestellt werden. Da die einzelnen Frachtstücke jederzeit leicht zugänglich sein müssen, so kann man dieselben weder so dicht, noch so hoch stapeln wie in Kaufmannspeichern. Auf den voll belegten Böden des Niederlagegebäudes geht etwa ein Drittel der gesamten freien Bodenfläche für die zwischen den Stapelreihen verbleibenden Gänge verloren. Da die ausgenutzte Lagerfläche bis zu 750 kg auf das Quadratmeter belastet ist, bemißt sich die durchschnittliche Belastung der Decken thatsächlich auf nur 500 kg. Die Rechnungsannahme von 1000 kg Nutzlast auf das Quadratmeter wird demnach nur in Ausnahmefällen wirklich erreicht.

Das Eigengewicht der Decken beträgt etwa 200 kg, die Nutzlast ist zu 1000 kg angenommen. Da die Lagerhölzer in etwa 0,8 m Abstand liegen, haben die Bohlen 5 cm Stärke und die 1,67 m freitragenden Lagerhölzer selbst einen Querschnitt von  $12 \times 16$  cm erhalten. Die Deckenträger bestehen aus I Eisen von 320 mm Höhe und 789 cbcm Widerstandsmoment, während die genieteten Hauptträger 475 mm Höhe und ein Widerstandsmoment von 1693 cbcm besitzen. Für die Kellerdecke ermäßigt sich die Stützweite der Hauptträger von 5,0 auf 4,3 m, weil statt der eisernen Säulen im Keller gemauerte Pfeiler angelegt worden sind. Eine vergleichende Berechnung ergab, daß sich für die Hauptträger der Kellerdecke gewalzte I Eisen von 425 mm Höhe mit 1754 cbcm Widerstandsmoment billiger stellen als genietete Träger, obgleich es nothwendig schien, für die großen Walzeisen eine um 25 Procent geringere zulässige Inanspruchnahme in die Rechnung einzuführen, als für die genieteten Träger, bei welchen die zulässige Inanspruchnahme auf 1000 kg f. d. qcm angenommen wurde.

Die gewählte Anordnung des Deckengespärres, bei der die Hauptträger parallel mit den Frontwänden, die Deckenträger und die Achsen der Kappen senkrecht dazu gerichtet sind, verdient den Vorzug vor der scheinbar näher liegenden Anordnung, wonach die Hauptträger senkrecht zu den Frontwänden zu richten wären. In letzterem Falle müßten auch die Lagerhölzer senkrecht zu den Frontwänden liegen, welche durch das Einbinden der Köpfe geschwächt werden würden. Die Balkenköpfe wären dem Verderben leichter ausgesetzt, und die gegen die Wände gewölbten Kappen müßten besonders verankert werden. Ein

Querverband ist bei der bedeutenden Steifigkeit der Decken überflüssig. Um den Hauptträgern die Möglichkeit der Längenausdehnung zu gewähren, sind sie am einen Ende fest, am anderen beweglich gelagert und die Kappen der Endfelder dementsprechend mit den Achsen senkrecht gegen die Brandmauern bzw. Giebelwände gelegt.

Um eine gute Beleuchtung der Böden zu erzielen, mußten die Fenster oben bis dicht unter die Decke reichen, während die Sohlbank 1,4 m über dem Fußboden liegt, damit die Güter ohne Beeinträchtigung des Lichteinfalls bis zu einer zweckmäßigen Höhe auch unmittelbar neben den Fenstern verstaут werden können. Da hierbei der Fensterbogen die unmittelbare Auflagerung der beiden mittleren Deckenträger in jedem Felde der oberen Speichergeschosse verhindert, so ist vor dem Bogen ein eiserner Wechselträger eingezogen, der auf den Vorlagen der Frontwandpfeiler aufruhet. Um diese Vorlagen nicht zu schwächen und eine durchlaufende Eisenverbindung dicht neben der Wand zu vermeiden, sind die Wechselträger unverbunden gelassen. Sowohl die Wechselträger als auch die unmittelbar auf den Vorlagen liegenden Deckenträger sind in den Frontwandpfeilern verankert. Die auf Bl. 4 dargestellte Mauerstärke dieser Pfeiler, durchschnittlich 1,2 m, ist groß genug, um im Falle eines Brandes genügenden Widerstand gegen seitliches Auseinanderdrängen der Frontwände zu bieten.

Für die Säulen wurde dem Schmiedeeisen hauptsächlich der Vorzug gegeben, weil bei gußeisernen Säulen sich ein inniger Zusammenhang mit dem eisernen Deckengespärre nur schwer erreichen läßt. Auch können sie leichter im Anstrich gehalten werden und sind widerstandsfähiger gegen Stöße, die bei versteckten Gußfehlern verhängnisvoll werden können. Die Frage der Feuerbeständigkeit ist zwar neuerdings von hervorragender Seite zu Ungunsten der schmiedeeisernen Säulen entschieden worden; jedoch dürfte bei der innigen Verbindung, welche zwischen dem allerseits verankerten Deckengespärre und den schmiedeeisernen Säulen des Niederlagegebäudes besteht, die Gefahr eines Deckeneinsturzes in Brandfällen nur gering sein. Die Säulen bestehen aus je 4 Winkeleisen in kreuzförmigem Querschnitt mit zwischengenieteten Blechstreifen von solcher Stärke, daß die Stege der Haupt- und Deckenträger zwischen den Winkeleisen Platz finden. Auf diese Weise sind Säulenstöße und Trägerstöße höchst einfach mit einander verbunden ohne besondere Anschlußtheile und ohne Kröpfung der Winkeleisen. Dieser Vorzug wurde als so schwerwiegend angesehen, daß die rechnermäßig günstigeren Querschnittsformen, welche zu minder vortheilhaften Anschlüssen nöthigen würden, zurückgestellt worden sind.

Behufs bequemer Aufstellung, sowie zur Vermeidung falscher Spannungen sind die Säulen in jedem Stockwerk gestoßen und nicht in unmittelbare Verbindung mit einander gebracht. Vielmehr steht die Säule des Oberstocks stumpf in der Einkerbung eines schmiedeeisernen Lagerblechs, das gleichfalls mit einer Einkerbung stumpf auf dem Kopfe der Säule des Unterstocks aufliegt. Die Kerbflächen sind sorgfältig ausgehobelt, die Endflächen der Säulen auf der Drehbank abgedreht. Auf jede Säule entfällt in jedem Stockwerk die Belastung von 25 qm Grundfläche, hierzu die von den oberen Säulen übertragene Last und das Eigengewicht. Beispielsweise nimmt jede Säule des zweiten Stockwerks 18700 kg dauernde und bei voller Beladung der Oberböden 52550 kg fremde Last auf, im ganzen ist also ungün-

stigenfalls  $P=71250$  kg. Nach der allgemeinen „Zerknickungsformel“ muß bei einer freien Länge  $l$  der Säule von 3,30 m ihr Trägheitsmoment  $J = \frac{Pl^2}{400} = \frac{71250 \cdot 10,89}{400} = 1940$

betragen. Der Querschnitt besteht aus 4 Winkeleisen von  $100 \times 100 \times 10$  mm, 2 Flacheisen von  $100 \times 11,5$  mm und 1 Flacheisen von  $211,5 \times 10$  mm in Kreuzform mit 210, bzw. 211,5 mm langen Doppelarmen. Das Trägheitsmoment dieses Querschnitts berechnet sich auf 2412, der Flächeninhalt auf 120,1 qcm. Die Inanspruchnahme auf Druck beträgt demnach 593 kg f. d. qcm, das Gewicht 93,5 kg f. d. m. In ähnlicher Weise sind die Querschnitte der übrigen Säulen ermittelt worden, die von 48,6 qcm im Dachgeschos bis auf 185,4 qcm im Erdgeschos anwachsen. Die größte Druckbeanspruchung (im ersten Stockwerk) mit 772 kg erscheint als mäßig, da selbst bei voller Beladung sämtlicher Speicherböden die Nutzlast voraussichtlich nur halb so groß ausfallen dürfte, wie rechnermäßig angenommen ist. Es bleibt daher noch ein hinreichender Ueberschuß als Sicherheit gegen Biegung durch Stöße, Anlehnen von schweren Gegenständen usw.

Auf die Fußplatte der Säulen des Erdgeschos entfallen 133 350 kg von den oberen Stockwerken, ferner von den auf derselben Platte aufgelagerten Haupt- und Deckenträgern, sowie als Eigengewicht 29650 kg, im ganzen also 163 000 kg, wovon jedoch nur ein Viertel dauernde Belastung ist. Die Mauerpfeiler des Kellergeschos, auf welchen die kräftigen gußeisernen Lagerstühle mittels einer Cementschicht aufgelagert sind, haben einen quadratischen Querschnitt von 0,9 m Seitenfläche bei 2,2 m Höhe erhalten. Da die unteren Schichten ungünstigenfalls einen Druck von 24,2 kg f. d. qcm auszuhalten haben, unter gewöhnlichen Verhältnissen etwa halb so viel, so sind die Pfeiler aus besten Klinkern in reinem Cementmörtel (1:3) hergestellt und mit Bleiplatten gegen das Grundmauerwerk abgesperrt. Durch eine in treppenförmigen Absätzen aus Klinkern hergestellte abgestutzte Pyramide von 0,61 m Höhe wird die Last auf das aus Kalkbruchsteinen in Cementmörtel ausgeführte Grundmauerwerk übertragen, das im obersten Absatz 1,80 m im Geviert stark und nach unten auf 2,75 m verbreitert ist, damit der Baugrund keinen höheren Druck als 2,9 kg f. d. qcm erhält.

Dem eisernen Innenbau entsprechend sind die Frontwände gestaltet. Ueber den starken, von breiten Luken und Fensterischen durchbrochenen Mauern des Erdgeschos lösen sich kräftige, den inneren Stützen entsprechende Pfeiler ab, zwischen denen die schwächeren, mit Fenstern durchbrochenen Wandflächen eingespannt sind (vgl. Bl. 4). Die sämtlichen Frontwände, Brandmauern usw. sind aus guten Hintermauerungssteinen in Kalkmörtel (1:2) hochgeführt, dem nur im Kellergeschos und an den stark belasteten Stellen des Mauerwerks, z. B. bei den Gewölben, an deren Kämpfern, unter den Lagerstühlen der Träger usw. ein Zusatz von Cement gegeben ist. Die inneren Ansichtsflächen sind im Rohbau gemauert, die äußeren Ansichtsflächen dagegen mit klinkerharten Vollsteinen verblendet, deren Wetter- und Farbenbeständigkeit sich vortrefflich bewährt. Die auf Bl. 3 und 4 dargestellte künstlerische Ausbildung wahrt vollständig die Eigenart des Backsteinrohbaues. Die zur Verwendung gelangten Formsteine würden ausnahmslos aus Vollsteinen durch Behauung derselben nachgebildet werden können. Die günstige Wirkung, welche durch die kräftige Gliederung der Ansichtsfläche hervorgerufen wird, kommt bei dem schönen

warmgelben Farbenton der Verblendsteine im vollen Mafse zur Geltung.

Bis zum Fußboden des Erdgeschosses enthält eine 5 m breite Achse der Frontwand rund 75 cbm Mauerwerk, besitzt mithin einschliesslich des zugehörigen Eigengewichts der unbelasteten Decken und des Daches ein Gewicht von 134 t. Da die Wandstärke der 2,3 m breiten Pfeiler an dieser Stelle 1,55 m beträgt, so hat das Mauerwerk einen gleichmäfsig vertheilten Druck von  $\frac{134\ 000}{230.155} = 3,75$  kg f. d. qcm auszuhalten. Hierzu

kommt die vom Winddruck, der gegen die 19 m hohen Frontwände mit einem Angriffsmoment von  $19.5.115. \frac{19}{2} = 104$  m t wirkt,

herrührende Inanspruchnahme. Wenn jede der beiden fest mit einander verankerten Frontwände die Hälfte dieses Angriffsmoments auszuhalten hat, so wird die Mittellinie des Drucks um  $\frac{104}{2.134} = 0,39$ , d. h. etwa ein Viertel der unteren Wandstärke,

aus der Wandmitte verlegt. Die grösste Beanspruchung auf Druck wächst alsdann bis zu  $3,75. 2. \frac{4}{3} = 10$  kg f. d. qcm an, während an der anderen Seite kein Zug entsteht. Ein Theil des waagerechten Winddrucks wird übrigens auf die senkrecht zu den Frontwänden stehenden Giebelwände und Brandmauern übertragen, sodafs die wirkliche Inanspruchnahme jedenfalls geringer ist. Bei voller oder theilweiser Belastung ändern sich die Verhältnisse nicht wesentlich. Im ungünstigsten Falle würde ohne Rücksicht auf die Querwände die Beanspruchung des Mauerwerks bis zu 12,8 kg f. d. qcm anwachsen können, während die aus vorzüglich festen Verblendklinkern hergestellte Aussenfläche der Frontwände einen weit höheren Druck würde auszuhalten vermögen.

Zur Verbindung des Innenhofs mit dem Vorhof dient die auf Bl. 3 in der Ansicht und im Querschnitt dargestellte Thorfahrt. Die beiden Thoröffnungen in den Frontwänden von 7,5 m Weite und 6 m Höhe haben aus den übereinstimmenden Rücksichten auf Schönheit und Festigkeit Spitzbogenform erhalten. Auf dem Scheitel der Thorbögen lasten, auf etwa 3 m Bogenlänge vertheilt, 121 t Gewicht der Frontwände, wozu noch das Eigengewicht kommt, sodafs die Scheitelbelastung etwa 50 t auf das lfd. m beträgt. Bei 1,29 m Stärke des 1,81 m breiten Bogens ergibt sich ein grösster Druck von 6,8 kg f. d. qcm im Scheitel. Um eine gute Druckvertheilung im Widerlager zu erhalten, sind die beiden zunächst der Thorfahrt gelegenen Felder der Frontwände nur mit schmalen Fenstern versehen worden. Da für die beiden Gurtbögen in der Mitte der Thorfahrt ähnliche Widerlager sich nicht beschaffen liefsen, so sind die darüber befindlichen beiden Säulen durch Hängewerk abgefangen worden. Diese Hängewerke bestehen aus 2 Streben, deren Füfse durch die als Spannbalken dienenden Hauptträger, welche den Fußboden des zweiten Stockwerks tragen, mit einander verbunden sind.

Die Treppenhäuser sind nach brandpolizeilicher Vorschrift derart angeordnet, dafs jede Speicherabtheilung von 2 Seiten aus zugänglich ist. Diejenigen des Südfügels haben besondere, nur bei Feuersausbruch zu öffnende Thüren erhalten, die unmittelbar nach dem Innenhof führen, diejenigen des Nordfügels solche nach der Bahnseite. Die in den Absätzen mit Kreuzgewölben, in den Läufen mit steigenden Tonnengewölben unterstützten Treppen sind aus porösen

Vollsteinen hergestellt und mit Eichenbohlen belegt. Die Wangenmauern, welche bei 0,51 m Stärke als Widerlager der Treppengewölbe dienen, lehnen sich gegen die 1,16 m im Quadrat starken Eckpfeiler, in denen die anschliessenden Haupt- und Deckenträger ihr Auflager finden. Durch die abweichende Ausbildung der thunlichst in die Achsen der Treppenläufe gelegten Fenster unterscheiden sich die Treppenhäuser, wie Bl. 3 zeigt, auch in der äufseren Ansicht von den für Lagerungszwecke dienenden Räumen.

Das Grundmauerwerk der Frontwände, Giebelwände, Brandmauern, Treppenwangen und Pfeiler steht beim grössten Theile des Nordfügels und des nördlichen Querfügels unmittelbar auf scharfem, gut tragfähigem Sand, während beim Südfügel der tragfähige Baugrund so tief lag, dafs eine künstliche Gründung sich als nothwendig erwies. Für das in den Thür- und Fensterachsen mit Aussparungen versehene Grundmauerwerk der Langmauern ist ein Betonbett zwischen Spundwänden hergestellt worden, wogegen das Grundmauerwerk der Kellerpfeiler auf Senkkästen steht, die im unteren Theil mit Beton ausgeschüttet sind. Die je nach der Tiefe des guten Untergrundes wechselnde Stärke des Betonbettes beträgt nirgends unter 1,5 m. Für die wasserseitige Frontwand ist eine eigenartige Gründung zur Anwendung gekommen, deren Rückfläche in Abbildung 14 schaubildlich darge-

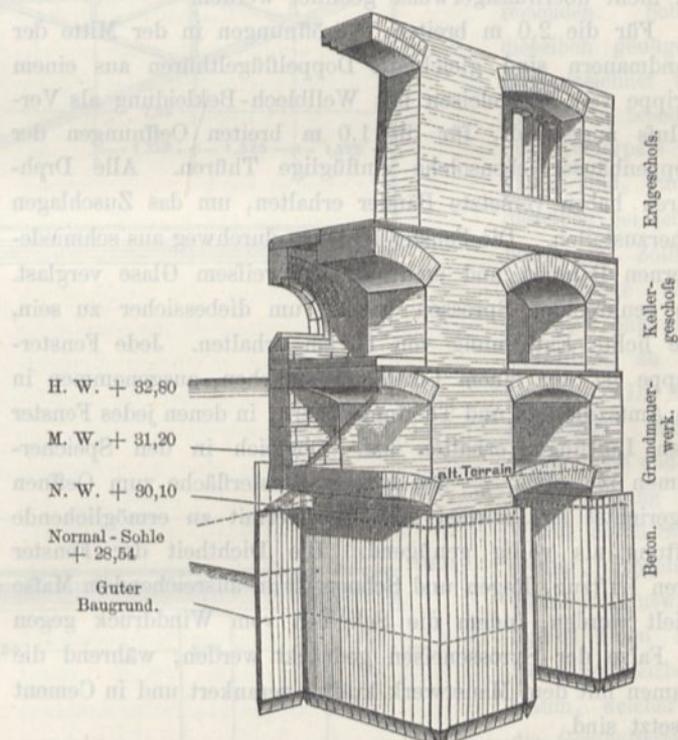


Abb. 14. Ufermauer und Grundmauer des Niederlagegebäudes.

stellt ist. Es handelte sich darum, die vor der Wasserfront des Gebäudes liegende Ufermauer, welche die mit Granitplatten abgedeckte Ladebühne trägt, in innige Verbindung mit der Frontwand selbst zu bringen. Zu diesem Zweck sind die auf Beton zwischen starken Spundwänden gegründeten Pfeiler der Frontwand nach der Wasserseite bis zur Vorderkante der Ufermauer verbreitert und durch Spannbögen unter einander verbunden worden. Die vom grössten Theile des Erddrucks entlastete Ufermauer, welche in den Zwischenräumen zwischen den Grundpfeilern auf den untersten Spannbögen steht, konnte eine verhältnissmäfsig geringe Stärke

erhalten. In Höhe des Kellergeschosses findet die Trennung zwischen Frontwand und Ufermauer statt, um einen in der ganzen Länge des Gebäudes unter der Ladebühne sich hinziehenden Gang zu gewinnen, der zur Aufnahme der Druckrohrleitung und der Betriebszylinder für die Wasserkraft-Krahne dient. Die halbkreisförmigen Oeffnungen der Ufermauer, welche mit 4 mm starkem Rohglas in kräftigen gitterartigen schmiedeeisernen Rahmen verglast worden sind, führen den Kellerräumen und jenem Gange das erforderliche Licht zu.

Die vom Keller bis zum Dachgeschofs führenden Aufzugsschächte mußten gemäß den baupolizeilichen Vorschriften mit Wellblech verkleidet werden. Im Erdgeschofs ist jeder Wellblechschacht mit einer Rollthüre aus Stahl-Wellblech versehen, um dem bedienenden Arbeiter die Verbindung mit der seitlich gelegenen Steuerung zu erleichtern und Platz zu gewinnen. In den übrigen Stockwerken sind dagegen doppelte Flügelthüren aus Wellblech angeordnet, deren Oeffnung nur erfolgen kann, nachdem ein Riegel gelöst ist, dessen Bewegung ausschließlich vom Erdgeschofs aus bewirkt zu werden vermag. Mit Hilfe einer einfachen Rufvorrichtung kann der am Steuerungshebel befindliche Arbeiter veranlassen, daß die Thüren des Aufzugsschachts vorschriftsmäßig nach vollendeter Benutzung wieder geschlossen, sowie daß dieselben nicht überflüssigerweise geöffnet werden.

Für die 2,0 m breiten Thüröffnungen in der Mitte der Brandmauern sind gleichfalls Doppelflügelthüren aus einem Gerippe von Winkeleisen mit Wellblech-Bekleidung als Verschluss angewandt, für die 1,0 m breiten Oeffnungen der Treppenhäuser ebensolche einflügelige Thüren. Alle Drehthüren haben versetzte Bänder erhalten, um das Zuschlagen sicherzustellen. Die Fenster bestehen durchweg aus schmiedeeisernen Rahmen und sind mit halbweißem Glase verglast. Die senkrechten Sprossen haben, um diebstahlsicher zu sein, eine lichte Entfernung von 16 cm erhalten. Jede Fenstergruppe ist mit einem Luftflügel versehen, ausgenommen in den Amtszimmern und Theilungslägern, in denen jedes Fenster einen Luftflügel erhalten hat. Obgleich in den Speicherräumen nur etwa  $\frac{1}{50}$  der ganzen Fensterfläche zum Oeffnen eingerichtet ist, erweist sich die hiermit zu ermöglichende Lüftung als völlig genügend. Die Dichtheit der Fenster gegen Luftzug, Regen und Schnee ist in ausreichendem Maße erzielt worden, indem die Scheiben vom Winddruck gegen die Falze der Sprosseneisen gedrückt werden, während die Rahmen mit dem Mauerwerk kräftig verankert und in Cement versetzt sind.

Um die Gefahren eines Brandes thunlichst abwehren zu können, hat jedes Treppenhaus in jedem Stockwerk einen Feuerhahn mit 10 m langem Schlauch erhalten, sodafs beim Ausbruch von Feuer der Brandherd in jedem Speicherboden von zwei Seiten her angegriffen werden kann. Die Zuleitung des Wassers findet aus senkrechten Standrohren statt, welche von dem über das ganze Packhofgrundstück verzweigten Leitungsnetze aus gespeist werden, und zwar während der Dienststunden mit dem von der Wasserversorgungspumpe des Packhofs gelieferten Wasser, aufserhalb der Dienststunden mit Wasser aus der städtischen Rohrleitung. Zum Schutz gegen Blitzschlag sind die zunächst den Aufzügen gelegenen gusseisernen Lagerstühle mit den tief in das Grundwasser

tauchenden Blechmänteln der Aufzugsschächte durch Drahtseile verbunden. Der vom Keller bis zum Dach in ununterbrochenem Zusammenhang reichende eiserne Innenbau dient als Leitung. Das eiserne Dachgespärre würde oben die elektrische Spannung vermuthlich genügend vertheilen. Um jedoch sicher zu sein, daß nicht eine nachtheilige Sammlung und Blitzschlag stattfindet, sind auf der Attika in Abständen von 5 m kurze Eisenspitzen angebracht, die durch Drahtseile mit der höchst gelegenen Pfette des Dachgespärres in Verbindung stehen. Die mit breitem Untergestell auf dem Holzcementdach frei aufstehenden schmiedeeisernen Flaggenstangen sind gleichfalls durch Drahtseile an das eiserne Dachgespärre angeschlossen. Von den beiden spreeseitigen Ecken des Südflügels führen besondere Leitungen nach den im Flufs versenkten Ableitungsplatten.

Die Entwässerung des Südflügels findet nach der Spree, die des Nordflügels und des Querbaues nach der Thonrohrleitung statt, welche das ganze Grundstück spreeabwärts nach dem Flusse zu entwässert und späterhin zum Anschluß an das Rohrnetz des Stadttheils Moabit gebracht werden soll. Das Traufwasser des Daches fließt in 8 Abfallrohren auf die Vordächer des Innenhofs und, vereinigt mit dem Traufwasser der Vordächer, durch 8 Regenrohre in die nach dem Hauptstrang der Thonrohrleitung führenden Zweigleitungen. Das Traufwasser der Vordächer längs der Vorhof-, Eisenbahn- und Wasserfronten wird mit dem Abwasser der Wasserkraft-Hebewerke gemeinschaftlich abgeführt. An der Wasserfront liefs sich gleichzeitig eine Entwässerung des Kellers hiermit verbinden. Die drei daselbst angelegten Abfallröhren, welche zugleich das Abwasser der 4 Krahne und 3 Aufzüge aufnehmen, sind zwischen den Grundpfeilern der Ufermauer unter den untersten Spannbögen hinweg in die Spree geleitet.

Die Kosten des Gebäudes waren auf 1 310 000  $\mathcal{M}$  veranschlagt, diejenigen der künstlichen Gründung auf 230 000  $\mathcal{M}$ . Da die Bauausführung in eine für die Beschaffung der Baustoffe und für die Verdingung der Arbeiten sehr günstige Zeit fiel, durch die günstige Lage der Baustelle zwischen Wasserstrafse und Eisenbahn, durch das allseitige Bestreben der an der Ausführung Beteiligten, ein gutes Ineinandergreifen der einzelnen Arbeiten und eine flotte Bauthätigkeit zu ermöglichen, schließlic auch durch die zum Theil gegen Erwarten gute Beschaffenheit des Baugrundes haben sich die Kosten jedoch erheblich niedriger gestellt, als nach den sorgfältigen Ermittlungen des Anschlags zu erwarten war. Vorbehaltlich einiger Abweichungen, welche bei der noch nicht abgeschlossenen Prüfung der Schlufsrechnungen vielleicht eintreten können, betragen die Kosten des Gebäudes 1 068 380  $\mathcal{M}$ , diejenigen der künstlichen Gründung 107 900  $\mathcal{M}$ . Die Gesamtkosten stellen sich also mit 1 176 280  $\mathcal{M}$  um 363 720  $\mathcal{M}$  niedriger als nach dem Kostenanschlag.

Im einzelnen entfallen auf	
Tit. I	Erdarbeiten . . . . . 7 140 $\mathcal{M}$
„ II	Maurerarbeiten . . . . . 470 600 „
„ III	Asphaltarbeiten . . . . . 2 610 „
„ IV	Steinmetzarbeiten . . . . . 23 300 „
„ V	Zimmerarbeiten . . . . . 111 030 „
„ VI	Eisenarbeiten . . . . . 331 230 „
„ VII	Klempnerarbeiten . . . . . 6 160 „
	952 070 $\mathcal{M}$

	Uebertrag . . .	952 070 <i>M</i>
Tit. VIII	Dachdeckerarbeiten . . . . .	11 050 „
„ IX	Tischler-, Schlosser-, Glaser-, Anstreicherarbeiten . . . . .	43 980 „
„ X	Malerarbeiten . . . . .	3 640 „
„ XI	Ofenarbeiten . . . . .	1 540 „
„ XII	Insgemein (u. a. Wasserleitung, Entwässerung, Blitzableitung, Decimalwaagen, Fenstervorhänge) . . . . .	56 100 „
	im ganzen	1 068 380 <i>M</i>

Bei einem Flächeninhalt der bebauten Grundfläche von 4595 qm kommt auf das Quadratmeter der Einheitsbetrag von 232,30 *M* ohne Einrechnung der künstlichen Fundirung, für letztere der Einheitsbetrag von 23,50 *M*. Der Rauminhalt des Niederlagegebäudes beträgt 95 116,5 cbm, der Einheitspreis für 1 cbm Rauminhalt 11,20 *M*. Die Kosten für das Quadratmeter nutzbare Lagerfläche berechnen sich im ganzen auf 68 *M*.

4. Revisionshallen.

Die beiden Revisionshallen sind wie das Niederlagegebäude als Backsteinrohbauten mit sparsamer Verwendung von einfachen Formsteinen hergestellt. Da die Ausführung nach gleichen Grundsätzen wie diejenige des Niederlagegebäudes bewirkt worden ist, gilt vieles dort Erörterte auch für diese Gebäude und bedarf keiner Wiederholung. Eine eingehendere Darstellung ist nur erforderlich für die Einrichtung der Revisionsräume selbst.

Die größere Halle längs der Spree (die Südhalle) besitzt eine Länge von 90,7 m, die längs der Eisenbahn errichtete Nordhalle eine Länge von 76,6 m, wovon je 11,6 m auf die beiden Kopfbauten, 79,1, bzw. 65,0 m auf die Revisionssäle entfallen, deren lichte Weite 15,13 m beträgt. Die Nordhalle, deren halber Querschnitt in der nebenstehenden Abbildung 15 dargestellt ist, hat eine Unterkellerung erhalten, wogegen die Südhalle, deren Grundrifs sich auf Bl. 2 dargestellt findet, nicht unter-

kellert worden ist. Vom Revisionssaale der Nordhalle ist ein 10 m breiter Raum für die Zollabfertigung des sogenannten Musterverkehrs abgetrennt. Das zugehörige Amtszimmer der Zollbeamten befindet sich im Erdgeschoss des östlichen Kopfbaues. Das zweite daselbst gelegene Zimmer ist der Eisenbahnverwaltung für Kassenzwecke überlassen. Im Erdgeschoss des westlichen Kopfbaues liegen zwei Amtszimmer für die oberen Aufsichtsbeamten der Zollabfertigung des Bahnverkehrs. Im Erdgeschoss des westlichen Kopfbaues der Südhalle dient das Zimmer *h* für den oberen Aufsichtsbeamten der Zollabfertigung des Schiffsverkehrs, die beiden Räume *g* als Amtszimmer für die Güterverwaltung, das Zimmer *i* als Kassenraum für die Rechnungsführer der Packhofsarbeiter, während die beiden Räume *k* und sämtliche in den zweiten Stockwerken der Kopfbauten gelegenen Zimmer mit alleiniger Ausnahme eines chemischen Laboratoriums und zweier für die öffentliche Benutzung vorbehaltener Schreibstuben an Spediteure vermietet sind.

Der für den Musterverkehr bestimmte Saal in der Nordhalle ist in ähnlicher Weise ausgebildet wie die Revisionsräume im Querflügel des Niederlagegebäudes und dient ähnlichen Zwecken. Eine gleiche Erleichterung wie die Waren des Veredlungsverkehrs genießen die

Warenmuster der nach dem Auslande gehenden Geschäftsreisenden. Sobald dieselben genügend gekennzeichnet und von einem besonderen Musterpafs begleitet sind, dürfen dieselben bei jedem beliebigen Zollamt die Grenze überschreiten, ohne einer Verzollung zu unterliegen. Die Ausfertigung dieser Musterpässe und die Kennzeichnung der Waren durch Stempelung, Siegelung, Plombirung usw. erfordert einen zugfreien und heizbaren Raum, welcher für die Geschäftsreisenden und deren Musterkoffer durch eine mit Windfang versehene Luke von der Ladebühne des Vorhofs aus zugänglich gemacht ist.

Als Revisionsraum für den Bahnverkehr dienen nach

dem bisherigen ein 55 m langer Saal der Nordhalle und 3 Säle im Erdgeschoss des Nordflügels des Niederlagegebäudes von 30, 35

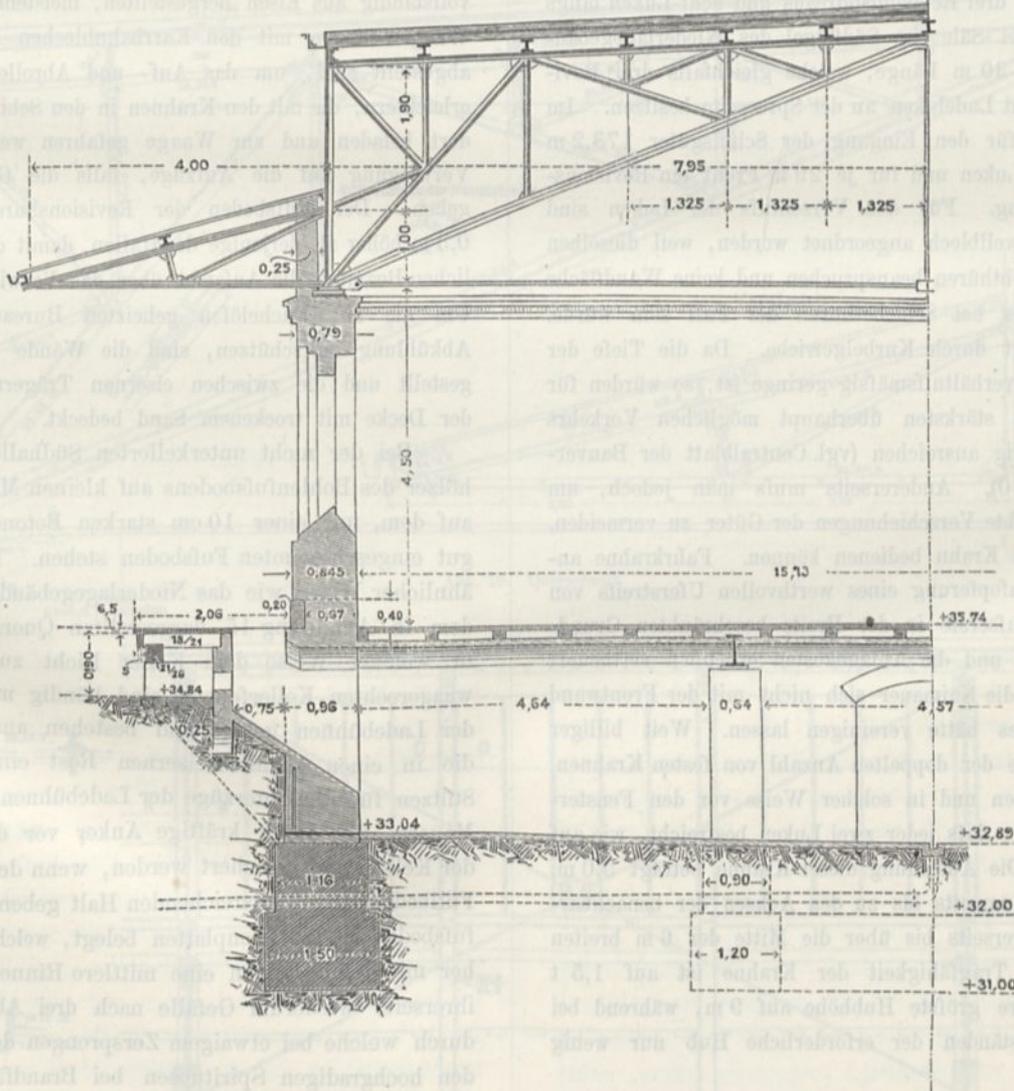


Abb. 15. Halber Querschnitt der Nordhalle.

und 30 m Länge. Ersterer ist nach der Bahnseite mit fünf Luken und zwei Revisionsbureaus, jeder der letzteren mit drei Luken und ein Revisionsbureau ausgerüstet. Im ganzen stehen also für die Entladung der Bahnwagen 150 m Ladefront mit 14 Luken und für je 30 m Ladefront ein Revisionsbureau zur Verfügung. Die mit Bahnwagen ankommenden Stückgüter gehen entweder mit städtischem Rollfuhrwerk ab, oder bleiben in Niederlage. Da die Ladebühnen an der Bahnseite 1,10 m über Schienenoberkante, d. h. in annähernd gleicher Höhe mit dem Wagenboden, an der Hofseite 0,90 m über Pflasterkrone, d. h. in gleicher Höhe mit dem Wagenbord der Rollfuhrwerke liegen, so können die meisten Güter mit einfachen Hilfsmitteln, sogenannten Brücken, Schrotleitern usw., übergerollt werden. Nur aushülfsweise wird man sich, um schwere Frachtstücke auf die oberen Lagen des Fuhrwerks zu heben oder von dort zu holen, künstlicher Hebevorrichtungen bedienen müssen. Jede Ladebühne der Nordhalle und des Niederlage-Nordflügels ist daher mit einem drehbaren Handkrahne von 1,5 t Tragfähigkeit und 5 m Ausladung ausgerüstet, deren sonach für die 150 m lange Bahnfront zwei und für die 120 m langen Ladefronten am Vor- und Innenhof gleichfalls zwei vorhanden sind.

Als Revisionsraum für den Schiffsverkehr dient der nach der Wasserseite zu 80 m, nach der Landseite zu 78,2 m lange Saal der Südhalle mit drei Revisionsbureaus und acht Luken längs der Spree, sowie drei Säle im Südflügel des Niederlagegebäudes von 30, 35 und 30 m Länge, welche gleichfalls drei Revisionsbureaus und acht Ladeluken an der Spreeseite besitzen. Im ganzen stehen also für den Eingang der Schiffsgüter 173,2 m lichte Front mit 16 Luken und für je 29 m Front ein Revisionsbureau zur Verfügung. Für den Verschluss der Luken sind Rollthüren aus Stahlwellblech angeordnet worden, weil dieselben weniger Platz als Drehthüren beanspruchen und keine Wandfläche wegnehmen, wie dies bei Schiebethüren der Fall sein würde. Die Bewegung erfolgt durch Kurbelgetriebe. Da die Tiefe der Revisionsräume eine verhältnismäßig geringe ist, so würden für die Bewältigung des stärksten überhaupt möglichen Verkehrs vier Krähne vollständig ausreichen (vgl. Centralblatt der Bauverwaltung 1885 S. 420). Andererseits muß man jedoch, um überflüssige waagerechte Verschiebungen der Güter zu vermeiden, jede Luke mit einem Krahn bedienen können. Fahrkrähne anzulegen würde die Aufopferung eines werthvollen Uferstreifs von dem ohnehin auf's äußerste in der Breite beschränkten Grundstück nöthig gemacht und die Anlagekosten erheblich vertheuert haben, weil alsdann die Kaimauer sich nicht mit der Frontwand des Niederlagegebäudes hätte vereinigen lassen. Weit billiger stellte sich die Anlage der doppelten Anzahl von festen Krähnen, deren also 8 vorhanden und in solcher Weise vor den Fensterachsen aufgestellt sind, daß jeder zwei Luken bestreicht, wie auf Blatt 2 dargestellt. Die Ausladung dieser Krähne beträgt 5,0 m, damit der Ausleger einerseits bis zu den Achsen der benachbarten Luken und andererseits bis über die Mitte der 6 m breiten Schiffe reicht. Die Tragfähigkeit der Krähne ist auf 1,5 t bemessen worden, ihre größte Hubhöhe auf 9 m, während bei gewöhnlichen Wasserständen der erforderliche Hub nur wenig um 6 m schwankt.

Einstweilen gelangen in der Südhalle und im Niederlage-Südflügel ausschließlichsolche Schiffsgüter zur zollamtlichen Abfertigung, die entweder mit Rollfuhrwerk in die Stadt oder zur Niederlage gehen. Man kann jedoch erwarten, daß sich

mit der Zeit ein mittelbarer Durchgangsverkehr vom Schiff auf die Eisenbahn der unter Zollaufsicht stehenden Stückgüter entwickeln wird. Auch ist darauf gerechnet, daß im Winter bei geschlossener Schifffahrt der mit Anspruch auf Rückvergütung der inländischen Verbrauchssteuer ausgehende Spiritus usw. beim Umschlag vom Frachtfuhrwerk auf die Eisenbahn über die im Winter wenig benutzten Revisionsböden der Südhalle gehen wird. Aus diesen Gründen sind längs der hofseitigen Ladebühnen der Südhalle und des Niederlage-Südflügels Eisenbahngeleise in das Hofpflaster gelegt, welche die unmittelbare Ueberladung von den Ladebühnen auf die Wagenböden gestatten. Wie an der Nordseite sind die Hoffronten der Südseite mit je einem Handkrahne ausgerüstet. Da die nach dem Hofe zu gelegenen Frontwände der Revisionsräume gewissermaßen die Zollgrenze bilden, würde die Anlage der Ladengeleise zwischen Kairand und Schuppen, wie solche in anderen Fällen häufig mit vollem Rechte ausgeführt worden ist, keinesfalls zweckmäßig gewesen sein, selbst wenn genügende Breite zur Verfügung gestanden hätte. Unter den vorliegenden Verhältnissen wäre durch eine derartige Anordnung die Klarheit und Uebersichtlichkeit des Verkehrs beeinträchtigt und die zollamtliche Ueberwachung sehr erschwert worden.

Jedes Revisionsbureau ist mit zwei Abfertigungsstellen versehen, deren jede eine Decimalwaage zur Verfügung hat. Diese vollständig aus Eisen hergestellten, meistens auf 1,5 t geachteten Waagen liegen mit den Karrbahnblechen bündig, so lange sie abgestellt sind, um das Auf- und Abrollen der Rollkarren zu erleichtern, die mit den Krähnen in den Schiffsraum herabgesenkt, dort beladen und zur Waage gefahren werden, bzw. nach der Verwiegung auf die Aufzüge, falls die Güter zur Niederlage gehen. Der Fußboden der Revisionsbureaus liegt um etwa 0,3 m höher als derjenige der Hallen, damit den im Innern befindlichen Beamten die Aufsicht über das Verwiegen erleichtert wird. Um die mit Kachelöfen geheizten Bureaus gegen zu starke Abkühlung zu schützen, sind die Wände mit Luftschicht hergestellt und die zwischen eisernen Trägern gewölbten Kappen der Decke mit trockenem Sand bedeckt.

Bei der nicht unterkellerten Südhalle liegen die Lagerhölzer des Bohlenfußbodens auf kleinen Mauerpfeilern, welche auf dem, mit einer 10 cm starken Betonschicht überdeckten, gut eingeschlemmten Fußboden stehen. Die Nordhalle ist in ähnlicher Weise wie das Niederlagegebäude unterkellert. Aus dem in Abbildung 15 dargestellten Querschnitt ergibt sich, in welcher Weise dem Keller Licht zugeführt wird. Die waagerechten Kellerfenster sind bündig mit dem Bohlenbelag der Ladebühnen gelegt und bestehen aus festen Glastafeln, die in einen schmiedeeisernen Rost eingekittet sind. Als Stützen für die Unterzüge der Ladebühnen dienen ausgekragte Mauern, die durch kräftige Anker vor dem Losreißen von der Kellerwand gesichert werden, wenn der gut unterstampfte Füllboden keinen ausreichenden Halt geben sollte. Der Kellerfußboden ist mit Thonplatten belegt, welche von beiden Seiten her mit Gefälle gegen eine mittlere Rinne versehen sind, die ihrerseits wiederum Gefälle nach drei Absturzschächten hat, durch welche bei etwaigem Zersprengen der im Keller lagernden hochgradigen Spirituosen bei Brandfällen der brennende Spiritus zum Abflus gelangt. Das nach der Spree führende gemeinschaftliche Abflußrohr steht mit dem Grundablaß des Wasserleitungsnetzes in Verbindung. Auf diese Weise hat man es in der Hand, den in stark erwärmtem Zustand ab-

fließenden Spiritus durch Einlassen einer bedeutend größeren Wassermasse zu verdünnen und abzukühlen. Als Zugang zu dem im Keller selbst angelegten Revisionsbureau dient eine besondere, vom Vorhof ausgehende Treppe. Für das Einbringen der Fässer dient ein Fallschacht neben dem hofseitigen Handkrah, mit welchem die schweren Fässer senkrecht herabgelassen werden, während man die leichteren Fässer mit einer flachen Rampe, die am östlichen Kopfbau angebracht ist, in den Keller rollt.

Sowohl die Hallen selbst als auch die Kopfbauten sind mit Holzcementdeckung auf Thonfliesenbelag versehen, deren Anordnung nebst den wichtigsten Einzeltheilen sich aus den beistehenden Abbildungen ergibt. (Vgl. Centralbl. d. Bwv.

1885, S. 158). Die Dachbinder der Hallen, welche in 5 m Abstand angeordnet sind, bestehen aus zwei gegen einander gelehnten Fachwerkssparren, deren Schub durch eine kräftige Zugstange aufgehoben wird. Die Stützweite des Binders beträgt 15,9 m, die größte Höhe in der Mitte 3,3 m, die Höhe an den Seiten bei 1 : 20 Dachneigung 2,9 m. Dieses bedeutende Maß giebt Gelegenheit, die Halle in ausgiebiger Weise durch hohes Seitenlicht zu erleuchten, ohne kostspielige und in der Unterhaltung mangelhafte Oberlichter oder Laternen verwenden zu müssen. Die Vordächer, welche die Ladebühnen überdecken, nehmen nur 1,4 m von der verfügbaren Höhe weg, sodafs die Glaswand 1,5 m hoch gemacht werden konnte. Für die Berechnung des auf den Abbildungen 2—7 im einzelnen

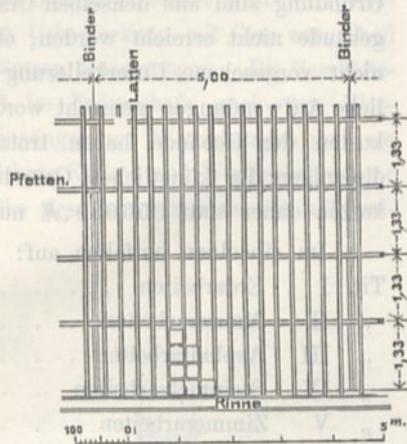


Abb. 16. Grundriß vom Dachgespärre.

Abb. 17. Rinne.

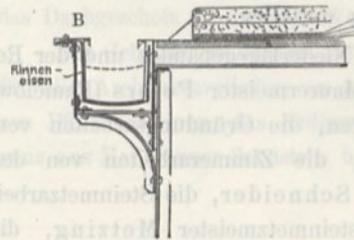


Abb. 18.

Einzelansicht bei B in Abb. 17 (1/4 nat. Gr.)



nehmen nur 1,4 m von der verfügbaren Höhe weg, sodafs die Glaswand 1,5 m hoch gemacht werden konnte. Für die Berechnung des auf den Abbildungen 2—7 im einzelnen

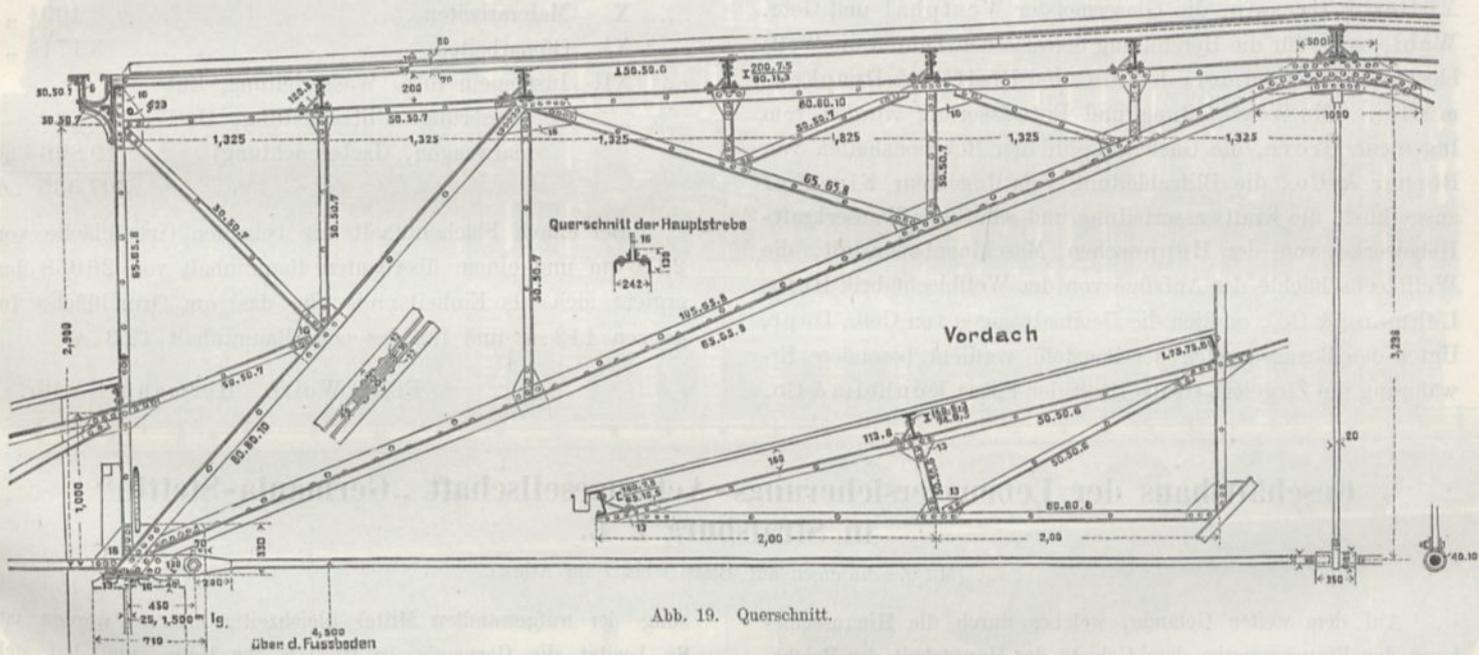


Abb. 19. Querschnitt.

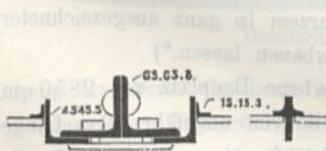


Abb. 21. Schnitt AB.

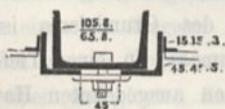


Abb. 22. Schnitt CD.

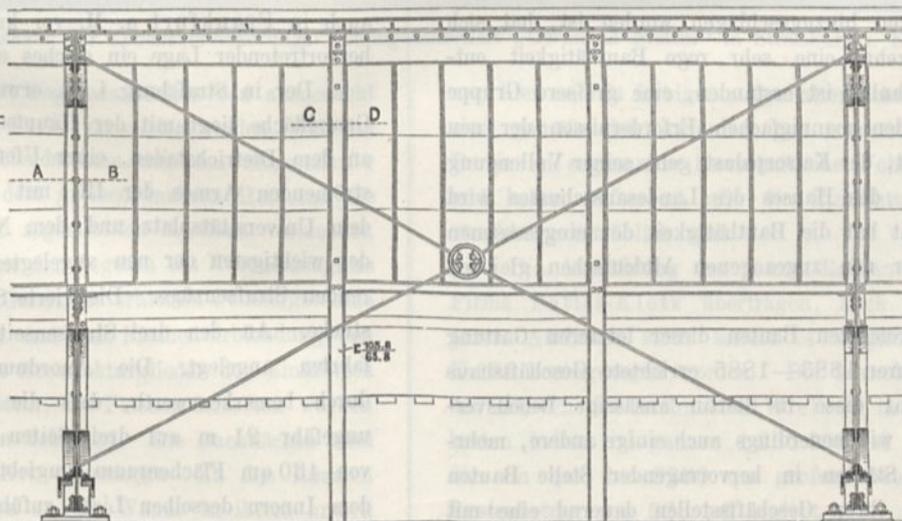


Abb. 20. Längenschnitt.

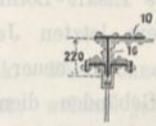


Abb. 23. Mittelstofs.

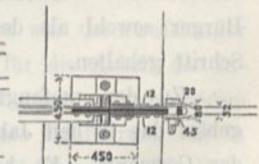


Abb. 24. Auflager.

Abb. 2—7. Ausbildung der Dachbinder der Revisionshallen.

dargestellten Eisenverbandes war maßgebend, dafs das Gewicht der Dachdeckung rund 250 kg f. d. qm, die zufällige Belastung rund 100 kg f. d. qm beträgt. Der Winddruck ist mit 115 kg f. d. qm angenommen worden. Das Eisengewicht eines Dachfeldes von 5 m Breite beträgt ausschliesslich der Latten 5270 kg, wovon auf den Binder 2020 kg und auf die Pfetten 1440 kg entfallen.

Die Maurerarbeiten des Niederlagegebäudes und der Revisionshallen sind von dem Maurermeister Peters (Ramelowsche Erben) ausgeführt worden, die Gründungsarbeiten vom Baugeschäft Simon & Co., die Zimmerarbeiten von den Zimmermeistern Hesse und Schneider, die Steinmetzarbeiten größtentheils vom Hofsteinmetzmeister Metzging, die Klempnerarbeiten vom Klempnermeister Thielemann, die Dachdeckerarbeiten von den Asphaltgeschäften Jeserich und Damcke & Co. Der eiserne Innenbau des Niederlagegebäudes wurde von der Actiengesellschaft Lauchhammer, derjenige der Revisionshallen von der Maschinenfabrik Belter & Schneevogl hergestellt. Beim inneren Ausbau der genannten Gebäude waren außerdem mit größeren Arbeiten betheilt: die Schlossermeister Puls und Grund, der Tischlermeister Lange, die Maler- und Anstreichermeister Frohns & Plath und Müller & Gressin, die Glasermeister Westphal und Gebr. Wahl, sowie für die Herstellung der eisernen Thüren die Wellblechfabriken Kammerich & Co. und Pfeiffer & Druckemüller. Die Wasserleitung und Entwässerung wurden vom Ingenieur Grove, die Gasleitung in den Revisionshallen von Börner & Co., die Blitzableitung vom Ingenieur Kirchhof ausgeführt, die Kraftwasserleitung und sämtliche Wasserkraft-Hebewerke von der Hoppeschen Maschinenbauanstalt, die Wellblechschächte der Aufzüge von der Wellblechfabrik Hein, Lehmann & Co., endlich die Decimalwaagen von Gebr. Dopp. Unter den Bezugsquellen der Baustoffe verdient besondere Erwähnung die Ziegelei „Grube Ilse“ der Firma Kunheim & Co.,

aus der die Verblendklinker und Formsteine des Niederlagegebäudes und der Revisionshallen bezogen worden sind

Die auf 333 900  $\mathcal{M}$  veranschlagten Kosten der Gebäude und auf 22 100  $\mathcal{M}$  veranschlagten Kosten der künstlichen Gründung sind aus denselben Ursachen wie beim Niederlagegebäude nicht erreicht worden, obgleich für die im Anschlag nicht vorgesehene Unterkellerung der Nordhalle sehr erhebliche Aufwendungen gemacht worden sind. Die Ausführungskosten der Gebäude haben trotzdem nur 307 335  $\mathcal{M}$  und diejenigen der künstlichen Gründung 14 340  $\mathcal{M}$ , die Gesamtkosten daher statt 356 000  $\mathcal{M}$  nur 321 675  $\mathcal{M}$  betragen.

Im einzelnen entfallen auf:

Tit. I	Erdarbeiten . . . . .	3 700 $\mathcal{M}$
„ II	Maurerarbeiten . . . . .	132 800 „
„ III	Asphaltarbeiten . . . . .	966 „
„ IV	Steinmetzarbeiten . . . . .	12 703 „
„ V	Zimmerarbeiten . . . . .	17 870 „
„ VI	Eisenarbeiten . . . . .	88 870 „
„ VII	Klempnerarbeiten . . . . .	4 370 „
„ VIII	Dachdeckerarbeiten . . . . .	6 210 „
„ IX	Tischler-, Schlosser-, Glaser- und Anstreicherarbeiten . . . . .	16 460 „
„ X	Malerarbeiten . . . . .	409 „
„ XI	Ofenarbeiten . . . . .	3 171 „
„ XII	Insgemein (u. a. Wasserleitung, Ent- wässerung, Blitzableitung, Deci- malwaagen, Gasbeleuchtung) . . . . .	19 806 „
		<hr/> 307 335 $\mathcal{M}$

Bei einem Flächeninhalt der bebauten Grundfläche von 2876 qm und einem überbauten Rauminhalt von 26 058 cbm ergibt sich als Einheitspreis für das qm Grundfläche im ganzen 112  $\mathcal{M}$  und für das cbm Rauminhalt 12,3  $\mathcal{M}$ .

Fritz Wolff. Hermann Keller.

## Geschäftshaus der Lebensversicherungs-Actiengesellschaft „Germania-Stettin“ in Strafsburg i. E.

(Mit Zeichnungen auf Blatt 5 bis 7 im Atlas.)

Auf dem weiten Gelände, welches durch die Hinausschiebung der Festungswerke dem Gebiete der Hauptstadt des Reichslandes Elsaß-Lothringen hinzugeschlagen worden ist, hat sich in dem letzten Jahrzehnt eine sehr rege Bauhätigkeit entfaltet. Ein neuer Bahnhof ist erstanden, eine größere Gruppe von Gebäuden dient den mannigfachen Erfordernissen der neu gegründeten Universität, der Kaiserpalast geht seiner Vollendung entgegen, ein Neubau des Hauses des Landesausschusses wird vorbereitet. — Hiermit hat die Bauhätigkeit der eingewohnten Bürger sowohl als der neu zugezogenen Altdeutschen gleichen Schritt gehalten.

Zu den umfangreichsten Bauten dieser letzteren Gattung gehört das in den Jahren 1883—1885 errichtete Geschäftshaus der Germania. Es hat diese in Stettin ansässige Lebensversicherungsgesellschaft, wie neuerdings auch einige andere, mehrfach in bedeutenden Städten in hervorragender Stelle Bauten aufführen lassen, um ihren Geschäftsstellen dauernd eine mit einem gewissen Glanz und Ansehen ausgestattete sichere Unterkunft zu schaffen, wobei natürlich eine möglichst gute Verzin-

sung der aufgewandten Mittel gleichzeitig erstrebt worden ist. So besitzt die Germania in Berlin ihr Heim und hat sich auch in Frankfurt a. M. vor kurzem in ganz ausgezeichnete hervortretender Lage ein solches erbauen lassen.\*)

Der in Strafsburg i. E. erworbene Bauplatz von 2850 qm Grundfläche liegt mit der Hauptseite von ungefähr 62 m Länge an dem Dietrichstaden, einer Uferstraße eines die Stadt durchströmenden Armes der Ill, mit den beiden andern Seiten an dem Universitätsplatz und dem Nicolairing, einem Theile eines der wichtigsten der neu angelegten, den alten Stadtkern berührenden Strafsenzüge. Die vierte Seite grenzt an Nachbargrundstücke. An den drei Strafsenseiten sind Eingänge bzw. Einfahrten angelegt. Die Anordnung des Grundrisses ist dadurch bemerkenswerth, dafs die Baumasse in einer Tiefe von ungefähr 21 m auf drei Seiten einen ausgedehnten Haupthof von 430 qm Flächenraum umgiebt, während zehn kleinere Höfe dem Innern derselben Licht zuführen. Es wird dadurch unter

\*) Vergl. Centralblatt der Bauverwaltung. Jahrg. 1885, S. 412.

Vermeidung der schlecht beleuchteten sogenannten Berliner Zimmer erreicht, dafs die Schlafzimmer die gute Lage an dem grofsen luftigen Hofraum erhalten, während den Nebenräumen, als Fluren, Kammern, Badezimmern, Aborten usw., noch genügend Licht und Luft von den Nebenhöfen zugeleitet wird. Im Erdgeschofs sind dieselben durch Ueberdeckung mit Glas zum Theil noch zu den umliegenden Räumen hinzugezogen. Die Geschäftsstelle der Gesellschaft liegt im Erdgeschofs nach dem Nicolairing zu, zwischen den Eingängen am Dietrichstaden und am Universitätsplatz sind ausgedehnte Kaffee- und Wirthschaftsräume eingerichtet, welche die Höhe des Zwischengeschosses mit um-

fassen. Der Rest ist zu Läden ausgebaut. Der Keller unter demselben wird, so weit er nicht von den Wirthschaftsräumen der Restauration bzw. für die Wohnungen der Stockwerke in Anspruch genommen ist, als Lagerkeller vermietet. Die drei Stockwerke enthalten je sechs von den drei Haupttreppen aus zugängliche gröfsere Wohnungen, während das Zwischengeschofs und das Dachgeschofs in kleinere Wohnungen eingetheilt ist.

Das Gebäude ist erbaut unter Verwendung von Werksteinen für alle Architekturglieder; an den Strafsenseiten ist der Sockel aus Pfinzthalsteinen, das Erdgeschofs und das Zwischengeschofs ganz aus Heilbronner Sandstein hergestellt. Für die Architektur-



Geschäftshaus der Lebensversicherungs-Actiengesellschaft „Germania-Stettin“ in Strafsburg i. E.

theile der oberen Geschosse ist Vogesensandstein von ausgesucht gleichmäßiger graugrünlcher Farbe verwendet worden, während die Flächen mit rothen Verblendsteinen aus den Siegersdorfer Werken bekleidet sind. In dem grofsen inneren Hof sind die beiden unteren Geschosse mit sogenannten Moellons verblendet, welche in den Sandsteinbrüchen der Vogesen als Nebenerzeugniß gewonnen werden; die oberen Geschosse erhielten Fenstergewände und Gesimse aus Vogesenstein und eine Flächenverblendung von rothen einfachen Ziegeln. Die Architekturglieder der Einfahrten sind von grauem Vogesensandstein, die Flächen derselben wurden mit gelben überglasten Ziegeln bekleidet. Die Dachflächen sind mit Schiefer nach deutscher Art eingedeckt. Zu den Räumen der Wirthschaft sind die Decken und die Wände in ihrem untern Theil mit braun gebeitztem Kiefernholz getäfelt, die verbleibenden verputzten Wandstreifen sind hell gestrichen, und haben

nur hier und da farbigen aufgemalten Schmuck. Die Wohnungen sind gemäß den Anforderungen ausgestattet, welche jetzt in Berlin an sogenannte herrschaftliche Wohnungen gestellt werden, und haben ausserdem alle die Einrichtungen erhalten, die in Strafsburg ortsüblich sind.

Die Ausführung des ganzen Rohbaues war der Strafsburger Firma Petiti-Klotz übertragen, auch für die Arbeit des inneren Ausbaues sind, soweit es möglich war, ortsangehörige Kräfte herangezogen worden. Die besondere Bauführung lag in den Händen des Architekten Wieland in Strafsburg. Die Baukosten haben im ganzen 1 230 000 *M.* betragen, sodafs sich für ein qm der 2330 qm grofsen bebauten Grundfläche ein Kostenbetrag von 528 *M.* ergibt.

Berlin, im November 1886.

Kayser und v. Grofsheim.

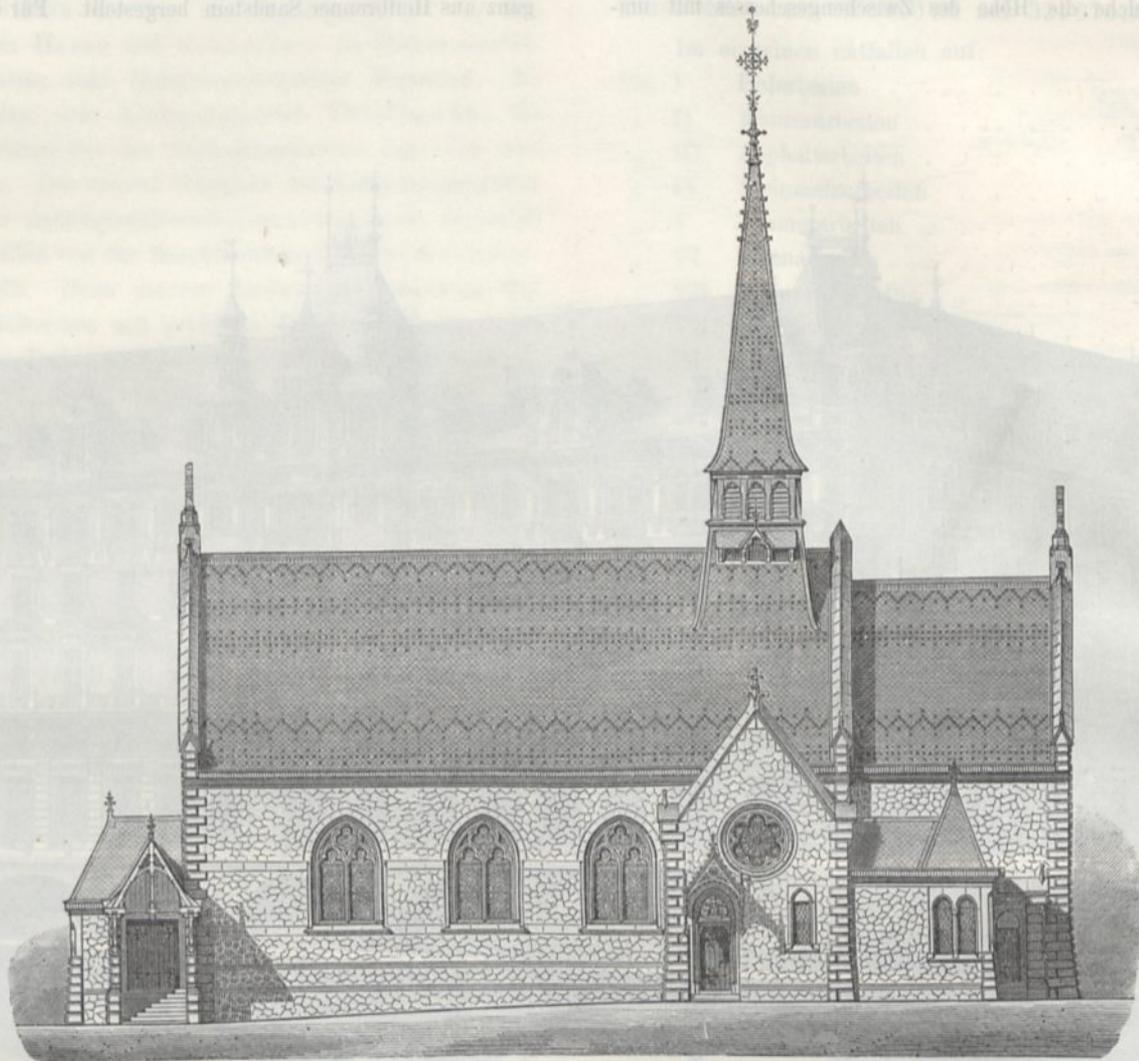
## Die neue englische St. Georgs-Kirche im Schloßgarten „Monbijou“ in Berlin.

(Mit Zeichnungen auf Blatt 8 und 9 im Atlas.)

Das neue Gotteshaus verdankt die Berliner Gemeinde der englischen bischöflichen Kirche den erfolgreichen Bemühungen der Kronprinzessin des Deutschen Reiches und von Preußen, Princess Royal von Großbritannien und Irland. Die hohe Stifterin beschaffte die erforderlichen Mittel für den Bau sowohl, als auch für den Unterhalt des Geistlichen, erhielt von Seiner Majestät

dem Kaiser den außerordentlich schönen Bauplatz im nordwestlichen Theile des Monbijougartens und betraute mit dem Bauentwürfe und der Bauausführung den Unterzeichneten.

Die Kirche sollte für 300 bequeme Sitzplätze eingerichtet werden unter Berücksichtigung der englischen Anschauungen und Gewohnheiten bezüglich der Raumanordnung und des Auf-



Englische St. Georgs-Kirche in Berlin. Südseite.

baues. Die Lösung ist aus der beigegebenen Ansicht und dem Grundrifs, sowie aus den Darstellungen im Atlas ersichtlich. Die Anlage ist zweischiffig, mit 9 m weitem Hauptschiff und einem schmalen Seitenschiff an der Nordseite; vier, durch granitne Säulen getrennte Spitzbogenöffnungen verbinden die beiden Schiffe. Oestlich legt sich der rechtwinklig geschlossene hohe Chor an, dem zu Seiten der Orgelraum und die Sacristei angeordnet sind; an der Westseite des Hauptschiffes liegt die Vorhalle mit dem Haupteingange und an der Südseite ein Ausbau mit dem Gestühl für die Kronprinzessin. Sämtliche Eingänge ergaben sich, abhängig von der Anfahrt wegen des Schloßgartens, an der Südseite der Kirche.

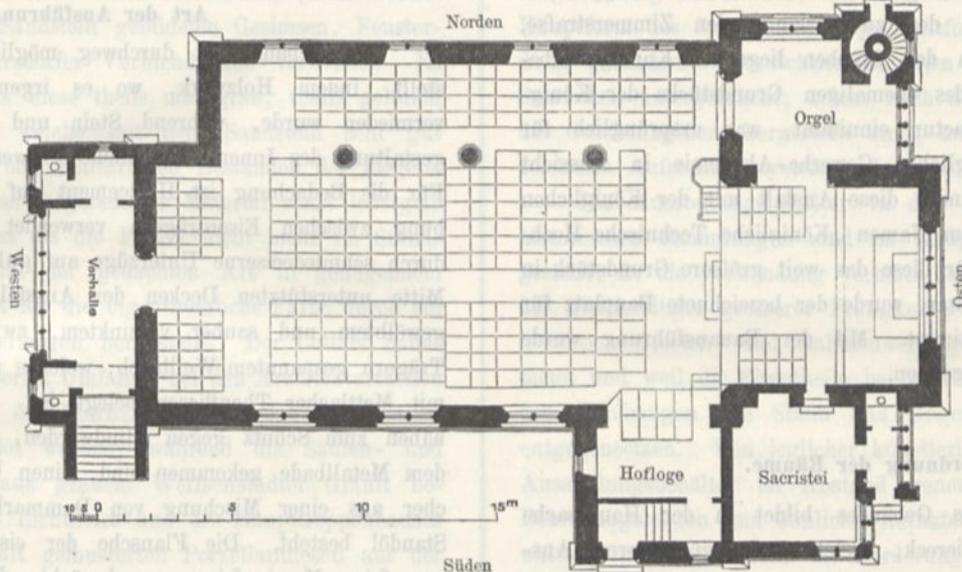
Das Außere zeigt einen aus dem Grundrifs entwickelten, malerisch gruppirten Aufbau mit einem schlanken Dachthurm. Die architektonischen Gliederungen sind in hellgrauem Sandstein,

die mäfsig hohen glatten Mauern in cyklopischem Bruchsteinverbände aus gesprengten Granitfindlingen hergestellt. Der Dachthurm, ebenso das Vordach des Haupteinganges zeigen Holzconstruction, während das Vordach des Einganges für die Höchsten Herrschaften aus Schmiedeeisen hergestellt ist. Die Dachflächen, mit Ausnahme des flachen Holzcementdaches über der westlichen Vorhalle, sind mit Schiefen in mehrfarbiger reicher Musterung in Kupferhaken eingedeckt. Die krönenden Spitzen, Kreuzblumen und Kantblätter bestehen aus getriebenem Zink.

Das Innere der Kirche reicht nach der Höhe durch den ganzen Dachraum, und infolge davon ist die Raumwirkung bedeutender, als sich nach dem Außenbau vermuthen läst. Der Fußboden der Kirche ebenso die Wandbekleidung im hohen Chor, in reichen Mustern aus englischen Majolicaplatten herge-

stellt, sind ein Geschenk der berühmten englischen Fabrik von Minton. Die glattverputzten Wände sind einstweilen in grauem Ton gehalten und mit schwarzen und weissen Linien gequadert; sie zeigen im unteren Theile die Nachahmung eines Stoffbehanges in brauner Farbe und schliessen nach oben mit farbigen Friesen, unter denen derjenige im Hauptschiff Bibelsprüche nach Auswahl der hohen Bauherrin enthält. Die Leibungen in den Bogen und Fenstern haben farbiges Flachornament erhalten. Die Decken zeigen die durch eiserne Zuganker gesicherte Holzconstruktion des Daches; die Structur des Holzes ist sichtbar geblieben, die Grundfarbe des Kiefernholzes nur durch reinen Oelstrich gehoben. Der farbige Schmuck besteht aus gemaltem Ornament in Schwarz, Roth und Gelblich-weiß, durch sparsam vertheilte Anwendung von Vergoldung gehoben, und ist im Kirchenraum einfach, im hohen Chor und in der Hofloge reicher behandelt. Die Fenster, einstweilen durch einfach gemusterte Bleiverglasung geschlossen, sollen später eine reiche Ausstattung erhalten. Der Altartisch, die Kanzel, das Kirchengestühl bestehen aus Eichenholz und sind nur an einzelnen wenigen Theilen durch Schnitzwerk geschmückt. Das Taufbecken aus Sandstein ist mit einem baldachinartig aufgebauten Döckel aus getriebenem Messing versehen. Das Abschlußgitter zwischen dem Hochschiff und dem Altarraume, die Communionbank und das Orgelgehäuse bestehen aus Schmiedeeisen; die zinnernen Orgelpfeifen sind farbig geschmückt. Das Antependium des Altars besteht aus einer kostbaren Stickerei, nach den Angaben der Kronprinzessin hergestellt und zum guten Theil von der Hohen Frau eigenhändig ausgeführt. Das Lectorium, aus Messing

und Email ist eine tüchtige englische Arbeit. Die Kirche ist mit einer Mitteldruckwasserheizanlage versehen und hat eine gutwirkende Lüftungseinrichtung. Bei abendlichem Gottesdienst dient Gasbeleuchtung. Es wurde schmiedeeisernen Wandarmen der Vorzug gegeben vor Candelabern und Gaskronen, in der Absicht, den freien Blick von dem Kirchengestühl auf die Kanzel nicht zu beeinträchtigen.



Englische St. Georgs-Kirche in Berlin. Grundriss.

Bei der künstlerischen Ausgestaltung, ebenso bei der speziellen Bauleitung hatte der Unterzeichnete an seinem Sohne, dem Regierungs-Baumeister Otto Raschdorff einen befähigten Gehülfen. Die technische Ausführung des Baues ist in jeder Beziehung tüchtig. Der Kronprinz und die Kronprinzessin hatten die hohe Gnade, Ihre Anerkennung den Unternehmern auszusprechen. Für den Bau waren thätig: der Maurermeister Baensch und der Zimmermeister Schneider, der Steinmetzmeister Metzging, der Dachdeckermeister Wernicke, der Bildhauer Haun, der Klemptnermeister Thielemann, die Tischlermeister Bormann, Hofmann, Bünger und Hahner, die Schlossermeister Dregerhof und Schmidt, der Glaser Röhlich und der Decorationsmaler Richter. Die Heiz- und Lüftungsanlage ist von D. Grove, die Orgel von Sauer in Frankfurt a. O. angefertigt. Das Verlegen der Majolicaplaten besorgte Rosenfeld u. Comp. Die Baukosten betragen zusammen 150 000 Mark. Die Grundsteinlegung der Kirche fand am 24. Mai 1884, dem Geburtstage der Königin von England, die feierliche Einweihung am 21. November 1885, dem Geburtstage der hohen Bauherrin, statt. Die Kirche trägt den Namen St. Georgs.

J. Raschdorff.

Das Königliche Museum für Völkerkunde in Berlin.

(Mit Zeichnungen auf Blatt 10 bis 13 im Atlas.)

#### Zweck, Geschichte und Lage des Gebäudes.

Das Königliche Museum für Völkerkunde ist bestimmt, folgende Sammlungen in sich zu vereinigen:

1. die vorgeschichtlichen Alterthümer, deren Hauptbestandtheile seither im Erdgeschosse des sogenannten „Neuen Museums“ unter dem Namen „Sammlung nordischer Alterthümer“ ihren Platz hatten;
2. die bis zur Fertigstellung des Neubaues im Kunstgewerbe-Museum aufgestellt gewesene Sammlung trojanischer Alterthümer, die bekannte Schenkung des unermüdeten Forschers Heinrich Schliemann;
3. die ethnologischen Sammlungen, welche den Zweck verfolgen, das Leben und Treiben, die Gewohnheiten und bis zu

einem gewissen Grade auch die Geschichte derjenigen Völkern zur Darstellung zu bringen, über welche im Gegensatze zu den bekannteren Culturvölkern des Alterthums zuverlässige Urkunden fehlen. Dieser Zweck wird erreicht durch Vorführung ihrer selbstverfertigten Waffen, Werkzeuge, Geräthe, ihrer Kleidung, Schmucksachen und Trophäen, durch Modelle und Abbildungen ihrer Behausungen, durch Gegenstände zur Befriedigung religiöser Bedürfnisse usw.

Die ethnologischen Sammlungen nehmen den bei weitem größten Theil der Museumsräume in Anspruch und sind, sowohl was den Werth ihrer einzelnen Theile, als auch die Zahl der vorhandenen Gegenstände betrifft, zur Zeit vielleicht die bedeu-

tendsten der Welt. Auch diese Sammlungen waren bis zur Uebersiedlung in das neue Haus zum größten Theil im Erdgeschoss des „Neuen Museums“ untergebracht, jedoch schon seit vielen Jahren der Oeffentlichkeit entzogen, weil der überaus schnelle und großartige Zuwachs eine geordnete und gesicherte Aufstellung nicht mehr ermöglichte, sondern die betreffenden Säle und Keller des Museums zu wahren Lagerräumen gestaltete.

Der für den Neubau gewählte Platz in der Königgrätzerstraße No. 120, Ecke der zu verlängernden Zimmerstraße, welcher mit demjenigen des daneben liegenden Kunstgewerbemuseums einen Theil des ehemaligen Grundstücks der Königlichen Porcellan-Manufactur einnimmt, war ursprünglich für den Neubau der Königlichen Gewerbe-Akademie in Aussicht genommen. Nachdem indes diese Anstalt mit der Königlichen Bau-Akademie unter dem Namen „Königliche Technische Hochschule“ vereinigt und für diese das weit größere Grundstück in Charlottenburg gewählt war, wurde der bezeichnete Bauplatz für das neue Museum bestimmt. Mit der Bauausführung wurde im Spätherbst 1880 begonnen.

#### Anordnung der Räume.

Die Grundform des Gebäudes bildet in der Hauptsache ein unregelmäßiges Viereck, welches zur günstigeren Ausnutzung der spitzwinkligen Baustelle an der Ecke der Königgrätzer- und Zimmerstraße eine Abrundung erhalten hat. Die vier Gebäudeflügel umschließen einen 1300 qm fassenden, zur Aufstellung besonders großer und schwerer Gegenstände bestimmten Hof.

Das Gebäude hat ein 3,5 m hohes Kellergeschoss und vier (bis Oberkante Fußboden gerechnet) 6,59, 6,16, 5,65 und 4,90 m hohe Stockwerke. Das Kellergeschoss enthält neben drei Wohnungen (für den Hausverwalter, den Röhrenmeister und den Pförtner) Werkstätten, Laboratorien und Lagerräume, sowie die Kesselanlage zur Heizung und Lüftung des Gebäudes. Im Erdgeschoss sind die Schliemannschen Sammlungen, sowie die vorgeschichtlichen Alterthümer aufgestellt, während die übrigen Stockwerke ausschließlich zur Aufnahme der ethnologischen Gegenstände bestimmt sind. Die Arbeitszimmer der Directoren und Assistenten, sowie Räume zu Conferenzen und für die Registratur sind in zweckentsprechender Weise in den verschiedenen Stockwerken untergebracht.

Der Hauptzugang zum Gebäude liegt an der oben bezeichneten abgerundeten Gebäudeecke. Hier gelangt man zunächst in eine, nach der Straße offene Vorhalle und von dieser in die mittels einer Flachkuppel überwölbte, in der Grundform länglich runde Flurhalle, welche durch ein von Otto Lessing entworfenes, durch Salviati in Venedig in Glasmosaik ausgeführtes allegorisches Deckengemälde einen bedeutsamen Schmuck erhalten hat. Von der Flurhalle führt eine neun Stufen hohe Steintreppe durch fünf Bogenöffnungen in einen im Grundriss fächerartig gestalteten 14 m hohen Lichthof, in welchem sich die beiden in Schmiedeeisen ausgeführten, durch alle Stockwerke reichenden Haupttreppen befinden. Der von Säulenhallen umgebene Lichthof dient im übrigen zur Aufstellung größerer und besonders hervorragender Schaustücke, wie des über 10 m hohen Abgusses des Sanchi Tope, eines altindischen Grabthores mit überaus reichem ornamentalen und figürlichen Schmuck. Ueber der

Flurhalle liegt die Aula mit ansteigenden Sitzplätzen für 200 Personen. Rings um dieselbe befindet sich eine Anzahl Arbeitszimmer und die Bibliothek. Durch Gruppierung der Gebäudeflügel um den großen Hof konnte den größeren Ausstellungssälen durch weite Fenster Licht von beiden Langseiten zugeführt werden, wodurch ein bisher wohl noch in keinem Museum vorhandener Grad von gleichmäßiger Helligkeit in allen Theilen erzielt worden ist.

#### Art der Ausführung.

Das Gebäude ist durchweg möglichst feuersicher hergestellt, indem Holzwerk, wo es irgend zu entbehren war, vermieden wurde, während Stein und Eisen auch zur Ausgestaltung des Inneren reichliche Verwendung gefunden haben. Für die Bedachung ist Holzcement auf  $\frac{1}{2}$  Stein starker Wölbung zwischen Eisenträgern verwendet.\*) Die 15 m tiefen, durch schmiedeeiserne Unterzüge auf gußeisernen Säulen in der Mitte unterstützten Decken der Ausstellungssäle bestehen aus gewölbtem und sauber verzinktem, zwischen schmiedeeisernen Trägern gespanntem Wellblech, welches mit Beton betragen und mit Mettlacher Thonfliesen belegt ist. Die verzinkten Bleche haben zum Schutz gegen Blindwerden, gleich nachdem sie aus dem Metallbade gekommen sind, einen Ueberzug erhalten, welcher aus einer Mischung von Dammarlack und holländischem Standöl besteht. Die Flansche der eisernen Träger sind mit geprefsten Messingfriesen geschmückt, deren Metall eine Legirung von 30 Loth Kupfer und 15 Loth Zink bildet. Auch diese Frieze sind mit Firnis überzogen worden, welcher sie vor dem Oxydiren schützt und ihnen eine goldähnliche Färbung verleiht. Dieselben sind aus Iserlohn in Westfalen bezogen, wo die Fabrication geprägter Bronzen seit fast 100 Jahren in großem Umfange betrieben wird.

Von der ursprünglich beabsichtigten Herstellung von Gipsdecke mit Eiseneinlage wurde Abstand genommen, nachdem eingehende Versuche und Probelastungen ergeben hatten, daß derartige Decken ohne Verwendung tragenden Fußbodengebälks (letztere Ausführung ist im Kunstgewerbe-Museum angewendet worden) keine ausreichende Sicherheit gewähren.

Die Wände der Ausstellungssäle sind bis auf Schulterhöhe mit glasirten Mettlacher Platten bekleidet. Im übrigen ist von jeglichem besonderen Schmuck der Räume Abstand genommen, weil die Erfahrung gelehrt hat, daß solcher in Museen allzu leicht geeignet ist, die Aufmerksamkeit des Beschauers abzulenken. Die Fußböden bestehen, wie bereits bemerkt, aus Mettlacher Thonfliesen, deren vorwiegend tiefrothe Färbung den ausgestellten Gegenständen einen wirksameren und ruhigeren Untergrund gewähren, als vielfarbige und gemusterte Böden. Von den übrigen Decken des Gebäudes sind noch zu erwähnen die aus starkem Zink hergestellte und ebenfalls mit Iserlohner gepresstem Messing geschmückten Cassettenfelder um das große Oberlicht des Lichthofes, ferner die auf Wunsch Schliemann's in Metall nachgebildete, von ihm aufgefundenene Decke des Schatzhauses von Orchomenos, endlich die länglich runde Holzdecke über der Aula. Bemerkenswerth ist ferner die Bildung der über 3 m weit gespannten Tonnengewölbe mit Stichkappen in den Säulenhallen des Lichthofes aus Rabitz'scher Patentmasse, welche

\*) Ueber die Wahl dieser Ausführungsweise vergleiche die Mittheilung des Unterzeichneten im Jahrgang 1882 des Centralblattes der Bauverwaltung, S. 448.

letztere in dieser Art der Anwendung ein neues Constructionsmittel geliefert hat.

Die in den Formen der italienischen Frührenaissance ausgestalteten Hauptfronten des Gebäudes an der Königgrätzer- und Zimmerstraße sind bis zum Gurtgesims mit gelbbraunem Sandstein von Staudernheim an der Nahe, in den oberen Geschossen mit schlesischem Sandstein aus den Brüchen bei Bunzlau und bei Wenig-Rackwitz bekleidet. \*) Zur Bekleidung der Seiten- und Hoffronten wurden außer den in sächsischem (theils Postelwitzer, theils Cottaer) Sandstein gebildeten Gesimsen, Fenstereinfassungen usw. Siegersdorfer Verblendsteine verwendet. Es ist bemerkenswerth, daß diese theils mausgrau, theils gelblich grau gefärbten Steine, welche mit dem Sandstein sehr gut zusammengehen, zum Theil fehlfarbigen Beständen der Ziegelei entstammen, während das Siegersdorfer Material sonst ledergelb oder braunroth ist. Erst als die Fabrik nicht mehr im Stande war, aussortirtes Material der gedachten Art in genügendem Umfange zu liefern, hat sie die eigenthümliche Farbe durch ein besonderes Fabricationsverfahren hergestellt. Der Cottaer Sandstein ist ferner in größerem Umfange bei den Architekturtheilen im Innern und zwar in der Flurhalle und an den Säulenhallen des Lichthofes verwendet worden, während die Säulen- und Pfeilerschäfte daselbst aus grauem Weissenstadter Granit bestehen. Die Wände des Lichthofes und des Haupttreppenhauses sind auf Schulterhöhe mit gemusterten Porzellanfliesen aus der Königlichen Manufactur in Charlottenburg bekleidet.

#### Heizung und Lüftung.

Die Erwärmung der Ausstellungsräume erfolgt mittels Warmwasserheizung, wobei der Dampf dreier Röhrenkessel (Root'schen Systems) als Wärmeerzeuger dient. Die Heizkörper sind in den Fensternischen stehende gußeiserne Rippenregister. Eine Anzahl in den verschiedenen Stockwerken übereinander liegender Registergruppen ist zu einzelnen Wasserheizsystemen zusammengefaßt, deren jedes durch je einen der im Kellerflur aufgestellten Wasserkessel seine Wärme erhält. Es hat diese Anordnung den großen Vorzug, daß bei etwa nothwendigen Reparaturen einzelne Räume ausgeschaltet werden können, ohne daß der Betrieb der übrigen Räume gestört wird. In ähnlicher Weise erfolgt die Erwärmung der Bibliothek und der kleineren Räume des Rundbaues, während die Aula, die Flurhalle und der große Lichthof mittels Dampfheizung erwärmt und gelüftet werden. Die Lüftung der Ausstellungssäle wird derartig bewirkt, daß frische, dem großen Hofe entnommene, in Dampfzirkammern vorgewärmte Luft durch gemauerte Canäle in die Räume gelangt, die verdorbene Luft durch ebensolche Canäle in den Bodenraum und von dort mittels Saugschlote ins Freie geführt wird.

#### Einrichtung der Sammlungssäle.

Für die Aufstellung der Sammlungsschränke in den Ausstellungsräumen ist eine Art Fischgrätensystem zur Anwendung gekommen, derart, daß in der Längsachse der Hauptsäle größere, nach der Länge getheilte, und senkrecht zu diesen kleinere, ebenfalls in der Mitte getheilte Schränke angeordnet

\*) Ueber die zur Verwendung gelangten natürlichen Bausteine findet sich Näheres in dem Aufsatz des Verfassers auf den Seiten 317, 330 und 338 des Jahrgangs 1882 des Centralblattes der Bauverwaltung.

sind. Zwischen je zwei der letzteren sind dann nach Bedarf noch schmälere und ungetheilte Schränke eingeschoben worden. Diese Art der Aufstellung, bei welcher an jeder Fensterwand ein breiter Gang freibleibt, ermöglicht die bei den ethnologischen Sammlungen besonders wichtige, die Uebersicht erleichternde Gruppierung der Gegenstände nach einzelnen Völkern. Bezüglich der Form und Größe der Schränke sind diejenigen der ethnologischen von denjenigen der vorhistorischen Sammlungen wenig verschieden, nur hat bei den letzteren neben der Hauptform das System der Doppelpultform reichlichere Verwendung gefunden. Die Schliemann'schen Funde endlich sind in Schränken untergebracht, welche nach dem besonderen Wunsche des Geschenkgebers hergestellt sind, und welche das oben bezeichnete Aufstellungssystem nicht zuliefen.

Die Ausstellungsbehälter in den ethnologischen und vorhistorischen Sammlungen sind im Hauptkörper aus Eisen hergestellt, da die Verwendung verhältnißmäßig dünner Eisenstäbe bei gleichzeitiger größerer Festigkeit gegenüber einem dickeren hölzernen Pfosten- und Rahmenwerk größere Schauffläche darbietet und weil die Eisentheile bei größerer Feuersicherheit auch dem Eindringen von Staub und Ungeziefer mehr Widerstand entgegenzusetzen. Von jeglicher künstlerischer Ausgestaltung der Ausstellungsbehälter ist Abstand genommen, es fehlen selbst Bekrönungsleisten und ähnliche Zuthaten, da die Museumsverwaltung von vornherein die Forderung stellte, daß alle dem Staube Gelegenheit zum Anhaften und Ansammeln bietende, durch die Nothwendigkeit nicht bedingte Zuthaten fortzulassen seien, abgesehen davon, daß künstlerisch ausgestaltete Behälter auch leichter die Aufmerksamkeit vom Inhalte abzulenken im Stande seien. Die bei Aufstellung der Sammlungen, sowie bei Wahl der Form und Ausführungsweise maßgebend gewesenen Gesichtspunkte sind das Ergebnis von Beobachtungen, welche der Unterzeichnete in Gemeinschaft mit dem Directorial-Assistenten des Museums, Herrn Dr. Vofs, in den zu dem vorliegenden Zweck besuchten Museen in Dresden, Wien, Kopenhagen, Stockholm und London gemacht hat. Eine nähere Beschreibung der Sammlungsschränke und ihrer inneren Einrichtung bleibt vorbehalten.

#### Kosten, Bauleitung usw.

Die Kosten des eigentlichen Baues, also mit Ausschluß der Einrichtungsgegenstände, haben rd. 2040000  $\mathcal{M}$  betragen, sodafs bei rd. 4431 qm bebauter Fläche auf das Quadratmeter 460  $\mathcal{M}$  und bei rd. 109423 cbm Rauminhalt auf das cbm 18,64  $\mathcal{M}$  entfallen. Die Kosten der inneren Einrichtung des Gebäudes, welche sich zunächst auf die beiden unteren Stockwerke und den Keller erstreckt, belaufen sich auf rd. 467000  $\mathcal{M}$ .

Der Ausführung des Gebäudes lag ein im Jahre 1879 aufgestellter Entwurf nebst Kostenanschlag der Architekten Ende und Boeckmann zu Grunde, während der Entwurf und Kostenanschlag zur inneren Einrichtung von dem Unterzeichneten herrühren. Die obere Aufsicht über den Bau führte eine besondere Bau-Commission, welcher Vertreter des Arbeitsministeriums, des Cultusministeriums, ferner der Generaldirector der Königlichen Museen und der technische Decernent der Königlichen Ministerial-Bau-Commission angehörten. Die obere Leitung der Bauausführung wurde von dem Baurath Ende und dem Unterzeichneten gemeinschaftlich bewirkt, indem der

erstere mit der künstlerischen Ausgestaltung des Gebäudes, der letztere mit der technischen und geschäftlichen Leitung, sowie mit der Ausführung der gesamten inneren Einrichtung betraut war. Bei der besonderen Bauleitung waren der Regierungs-

Baumeister C. Hesse, sowie in längeren Zeitabschnitten die Regierungs-Bauführer Hasack, Lucas, Weifs, Reimer, Abesser und Schleicher beschäftigt.

Berlin, im November 1886. Klutmann.

## Die Mauerverbände an alten Bauwerken des Rheinlandes.

Bei der Betrachtung unserer neuzeitlichen Bauwerke muß man in vielen Fällen anerkennen, daß sie nach wohl überlegten, oft eigenartigen Plänen, unter aufmerksamer Leitung, von geschulten Handwerkern hergestellt sind. Im Gegensatz aber zu den Werken der Vorzeit lassen sie nichts erkennen von dem Standpunkt und dem Herkommen des Architekten oder des Handwerkers. Ob es deutsche, französische, italienische oder irgend welche andere Werkleute gewesen, die den Bau aufgeführt, er selbst giebt davon kaum jemals Zeugniß. Es fehlen alle individuellen Züge. Nirgends erkennt man am Zimmerverband, an der Steinbearbeitung, am Mauergefüge eine auf den Urheber deutende Eigenheit. Die Spur der Meisterhand, die wir bei allen andern Kunstwerken verfolgen können, die uns erfreut, wo wir sie finden, — den Pinselstrich am Gemälde, den Schnitt und die Punze am Holz- und Kupferstich und an der eisilirten Statuette, Drucker und Unterschneidung an der Thonvase — nichts von dem pflegt das Kunstwerk des Architekten aufzuweisen. Kaum die Eigenart des Baustoffes darf zur Erscheinung kommen — und doch sollt' ich meinen, daß beide wohl der Rede und der Anwendung werth wären — wie sie einst auch ohne Rede hervortraten und sich Geltung verschafften und fort und fort erhebend und anheimelnd auf uns wirken, wenn wir vor alten Bauwerken stehen, nicht als weinende Elegiker und nicht als frostige Utilitarier, sondern als praktische Männer, welche wissen, was sie wirken wollen und können.

Diese Betrachtungen waren es, die mich antrieben, in den nachfolgenden Blättern Beispiele von Mauerverbänden und einigen andern Baudetails zusammenzustellen, nicht nur zu einem kunstgeschichtlichen Zweck, sondern auch zu dem praktischen Ziele der Nachahmung und Fortbildung.

Zur Zeitbestimmung alter Bauwerke wie zur Herstellung und Erhaltung derselben genügt es nicht, daß uns Grund- und Aufriss derselben und die Profile und Ornamente der Werksteine vor Augen liegen, wir müssen, zumal wo diese fehlen, auch das Steinmaterial kennen, welches in den verschiedenen Bauperioden des Landes zur Anwendung gekommen ist, und müssen bekannt sein mit dem Mauergefüge, dem Mauerverband, wie er gleichfalls zeitweilig gewechselt hat.

Wenn die Frage nach dem Alter eines Bauwerks gestellt wird, so pflegen wir uns zuerst umzusehen nach dem, was etwa Geschichte und Tradition über dasselbe sagen, wir betrachten seine Lage im Gelände, seine geometrischen Verhältnisse, seine Grund- und Aufrisse und gehen dann näher ein auf die Einzelheiten von Profilen und Ornamenten, die sich in den Werken des Steinmetzen erhalten haben und fast untrügliche Führer von Jahrzehnten zu Jahrzehnten sind. Aber wo auch diese fehlen und nichts bleibt, als das Mauerwerk selbst, ist auch das durch seine Werkweise und sein Material noch im Stande, uns chronologische Schrittsteine — wenn auch weiter gestreckte als die des Steinmetzen — zu legen und uns über die Bauzeit Auskunft

zu geben. Wir halten den Platz nicht geeignet, um hier aus bekannten und unbekanntem Beispielen eine Geschichte der Mauertechnik zu schreiben, wohl aber für geeignet, einige Anhalte für die Zeitbestimmung einerseits, und andererseits für die Restauration von Bauwerken zu geben, sowie dem, der jene, wie uns scheint sehr wünschenswerthe, Geschichte schreiben wollte, einiges Material zur Hand zu reichen. Ja es scheint uns die Mauertechnik so wichtig und interessant, daß wir ihre Geschichte nicht nur in Schrift und Bild zu Papier gebracht wünschen, sondern daß wir eine Nachahmung seiner Verbände in Museen oder an deren Hofmauern in natürlichem Maafsstab wirklich ausgeführt und zu jedermanns Belehrung ausgestellt sehen möchten.

Nicht wie der Steinmetz, der, den Stil seiner Zeit scharf ausprägend, rasch wechselt und plötzlich aus weiter Ferne eine neue Weise einführt, führt uns der Maurer trocken und stetig, dem Landesbrauch und Material treu, nur langsam wechselnd, von Jahrhundert zu Jahrhundert und giebt in seiner Werkweise, in der Bearbeitung und Lagerung seines Materials, in seinen Mauerverbänden, seinem Mörtel und den hinterlassenen Spuren seiner Rüstungen dem Bau ein nicht minder wahrhaftiges Taufzeugniß als der Steinmetz.

Wir versuchen es, die Werkweisen des Maurers zusammenzustellen, und gehen dabei vom Rheinland aus, weil wir hier wohl datirte Bauten aller Zeiten, von der den Römern vorausgegangenen Urzeit bis zu unsern Tagen, ein reiche Menge der verschiedenartigsten, wir können fast sagen aller Baumaterialien vertreten finden, und — weil es das Land ist, von dem auch des Verfassers Erfahrungen anheben. Wenn wir dabei gelegentlich auch wohl weiter nach Süd und Norden greifen, so wird das keinen Schaden bringen.

Wir beginnen mit der Bearbeitung und Verbindung der Quader, beschreiben die der Handquader, dann die der Bruch- und Lesesteine, die der Ziegel und die aus der Mischung dieser Materialien entstandenen Verbände. Wir lassen danach die Verbindungsmaterialien, insbesondere eine Geschichte des Kalkes folgen, werden uns aber am liebsten an das selbst Gesehene und Erfahrene halten. Wir sprechen daher nicht von dem cyclopischen, pelagischen, Polygonal-Mauerwerk der Mittelmeerländer; wir besitzen ausführliche Beschreibungen und schöne Abbildungen von denselben, die zu vermehren keine Veranlassung ist.

### 1. Quaderbau der Römer.

Der schönste Quaderbau, der sich aus der Römerzeit dieserseits der Alpen erhalten hat, ist die Porta nigra zu Trier.

Die Quader von grauem Sandstein aus den Schichten zwischen dem bunten Sandstein und dem Muschelkalk in der Nähe von Trier, sind bis 2 m lang und bis 60 cm hoch und dick; sie sind aufsen roh belassen, wie sie aus dem Bruch kamen,

oder nur rauh mit der Zweispitz bossirt; sie haben keinen Randschlag, keine Abfasung. Die Stofsfugen sind nur an den Außenkanten scharf und rechtwinklig, im Innern aber unordentlich und selbst 4 cm weit klaffend. Die Lagerfugen sind mit dem Breitmeißel unregelmäßig und kreuzend geebnet: diese Arbeit ist zu scharf, als daß die Quader, wie wohl behauptet worden, auf einander hin und her geschliffen sein könnten, eine Arbeit, welche bei so schweren Blöcken sehr schwer gewesen wäre, und leichter durch Bearbeitung mit Meißel und Richtschieß geleistet worden ist. Mörtel ist keiner angewendet, wohl aber sind die neben einander liegenden Quader 30 cm hinter der Außenfläche durch eingeleitete, 43 cm lange Klammern aus 25 und 30 mm starken Hochkantseisen mit 70 mm langen Griffen verbunden. In einer Zeit, in der mit dem Untergange der Römerherrschaft auch die Eisenindustrie darnieder lag, hat man die Klammern herausgehauen und die Quader dadurch vielfach beschädigt.

Da wo die Quader wie im Lichten der Thürme eben bearbeitet sind, ist dies mittels der Zweispitz mit dem gardinenförmigen Schlag geschehen, das heißt mit dem bogenförmigen Schlag, den wir in den römischen Syenit-Brüchen an der Bergstraße und an den Steinsärgen bis ins 10. Jahrhundert noch sehen. Die Mendiger Lava und ein ähnliches vulkanisches Gestein haben die Römer nur zu Brückenbauten und, was auch schon die Urzeit that, zu Mühlsteinen angewandt.

Im Umkreis von Trier, Luxemburg, Metz ist der weisse Jurakalk, ein schönes gelblich weisses, von Muschelversteinerungen durchsetztes Gestein (der Jöhanisberger Stein) bei den Römern für Monumente sehr beliebt; auch zur romanischen Zeit werden aus ihm vorzugsweise ornamentirte Bauglieder mit Meißel und Bohrer bearbeitet. Wo immer ein Stein dieser Gattung in einer Mauer sichtbar ist, kann man sicher sein, beim Ausbruch ein romanisches Capitäl oder dergleichen zu finden. Erst in gothischer Zeit verlief man das Juragestein, um zum grauen, der bunten Sandsteinformation angehörigen Sandstein zu greifen. Im Mainzer Umkreis vertritt jenen der Ceritienkalk des Mainzer Beckens, auf den dann ebenso der Sandstein der Pfalz folgt. Unterhalb des Binger Loches, welches für den Steintransport ein großes, wenn auch nicht unüberwundenes Hemmnis bot, verwandte die romanische und frühgothische Zeit den Trachyt des Siebengebirges mit seinen großen Feldspathkrystallen zu Quadern und Ornamenten, ehe die gothische Zeit zu dem rothen Mainsandstein überging.

## 2. Bearbeitung harten Gesteins bei den Römern.\*)

In den oben genannten Steinbrüchen am Felsenmeer ist der harte Syenit dadurch in Werkstücke zerlegt (Abb. 1 u. 2), daß man eine gerade, 20 cm tiefe und 8 bis 10 cm breite, manchmal 10 m lange Furche mit der Zweispitz ausarbeitete und in diese je 20 cm von einander 3 cm tiefe Löcher einschlug, in welche (ohne Zweifel mit einem Futter von Blechstücken) eiserne

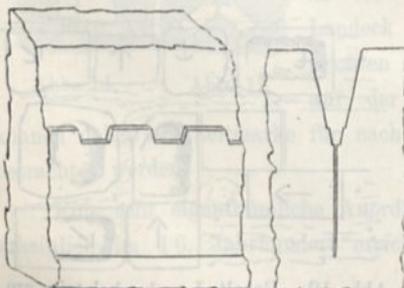


Abb. 1.

Abb. 2.

\*) Vgl. Römische Steinbrüche an der Bergstraße, A. v. Cohausen und E. Wörner, mit 6 Tafeln. Darmstadt bei L. Brill 1876.

Keile gleichmäßig angetrieben wurden, bis der Stein spaltete, ja schon mit einer für die Säule passenden Rundung spaltete.

Außerdem wurde aber auch die Technik des Sägens geübt. Es kommen reine Sägeschnitte von 4 m Länge, 4 mm Weite und 31 bis 39 cm Tiefe vor, eine Leistung in so hartem Gestein, vor der wir, obschon wir ihr die harte, trostlose Sklavenarbeit ansehen, auch heute Respect haben müssen. Von der Kunst des Sägens und Schleifens geben die oft nur 7 mm dicken Grünsteinplatten, welche die Römer bei ihren Bauten bei Trier sehr häufig, selbst mit einer flachen Profilierung angewandt haben, gleichfalls ein gutes Zeugnis.

Auf sie bezieht sich ohne Zweifel die Stelle in Ausonius Mosella 363, daß die Ruwer, die sich eine Stunde unter Trier in die Mosel ergießt, „kreischende Sägen wohl auch durch glänzende Marmore ziehe,“ da eben dort der Grünstein, den die Römer als Marmor bezeichnen, gebrochen wird. — Manche Platten, die überhaupt nicht über 25 cm groß vorkommen, deuten durch kreisförmige Furchung schon auf die Anwendung der Kreissäge. Es war überhaupt nicht nur leicht zu bearbeitender Sandstein, sondern auch eine sehr harte Basalt-Lava, welche die Römer (ohne Randschlag) zu den Pfeilern der Moselbrücke in Trier und der Nahebrücke bei Bingen verwandt haben.

Außer den Eisenklammern benutzten sie auch schwalbenschwanzförmige Holzklammern, von Vitruv subscus und securicula genannt, zur Verbindung von aufeinander liegenden Holzbalken und nebeneinander liegenden Steinquadern, wie sich bei der Römerbrücke bei Mainz vielfach gezeigt hat. Ein in die dortigen Quader passender Schwalbenschwanz ist Abbildung 3 dargestellt. Die zur Verbindung von Holzern dienenden sind breiter und kürzer. Schlanker sind die zum Zusammenhalten von Werkstücken, die sich bei der Bearbeitung als ungenutz erwiesen. Abbildung 4.

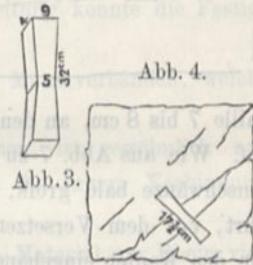


Abb. 3.

Abb. 4.

## 3. Quaderbau zur Zeit der Völkerwanderung.

Unter den Anlagen, welche die Höhen der Vogesen krönen, ist keine merkwürdiger, als die auf dem Odilienberg.\*) Die 4000 Schritt lange und nirgend über 500 Schritt breite Hochfläche wird längs ihres bald vor-, bald zurücktretenden Randes von einer Quadermauer begleitet, welche hier als Terrasse, dort als freistehende Mauer aufragt. Die Quader, meist unmittelbar hinter der Baustelle aus dem kiesigen Vogesensandstein gebrochen, sind höchstens 2 m lang, 80 bis 100 cm breit und 50 bis 80 cm hoch. Sie brechen von Natur rechtwinklig und gerade, und erhalten weder in der Front noch im Stofs und Lager eine weitere Bearbeitung.

Abb. 5. Der Aufbau, wenn auch mit ziemlich ebener und senkrechter Vorder- und Hinterfläche, und mit der erkennbaren Absicht auf waagerechte und gleich hohe Schichten, ist doch sehr unregelmäßig. Die Dicke der freistehenden Mauer, nur 1,30 bis 1,80 m, wird nur aus zwei Blöcken gebildet. Die äußeren und die inneren Kopfsteine



Abb. 5.

\*) Dr. F. X. Kraus, Kunst und Alterthum in Elsass-Lothringen I, S. 226.



Diese Art der Bearbeitung hatte den Vortheil, die Arbeit zu vereinfachen und abzukürzen, die Quader aber doch durch den Randschlag genau an die Schnur und ins Loth setzen zu können, durch die ungleich vorstehenden Bossen das Aufschieben der Sturmleitern zu erschweren und den aufschlagenden steinernen Geschützkugeln besseren Widerstand zu leisten, indem diese die tieferliegenden Kanten nicht treffen und deren Auspringen nicht veranlassen konnten. Auch geben die Bossen einen beim Versetzen der Quader sehr bequemen Angriff. — Bei kirchlichen Bauwerken fielen jene Befürchtungen weg, und die rauh und unvollendet aussehende Arbeit schien dem Heiligtum nicht würdig.

Vor 60 Jahren sah man die Bossenquader als ein Kriterium für Römerbauten an. Krieg von Hochfeld fußte in seinen militär-architektonischen Monographien und in seiner Geschichte dieser Disciplin weiter darauf und die Bayrische Akademie gab ihm eine gewisse Sanction, indem sie des Studiendirectors Mutzel Abhandlung: Die römischen Warthürme, besonders in Bayern, 1850 in ihre Schriften aufnahm.

Alle jene Thürme und Mauern, innerhalb und außerhalb Bayerns, innerhalb und außerhalb des römischen Grenzwalles, haben nichts mit den Römern gemein, sondern gehören kurz gesagt der Hohenstaufenzeit an. So finden wir sie in Sandstein am Barbarossa-Palast zu Gelnhausen und an den zahlreichen Hohenstaufen-Burgen längs der Vogesen und der Hardt, in Kalkstein diesseits und jenseits der rauhen Alp und in Rheinhessen, und in basaltischem Gestein zu Altwied, zu Wetzlar und zu Eger.

Die Bossenquader kommen allerdings auch in späterer Zeit wieder in Gebrauch, wegen ihres kräftigen Charakters und ihrer praktischen Form an Befestigungsthürmen, z. B. Nürnberg, Kloster Maulbronn 1441, dann als Eckverkleidung von Ziegel- und Bruchstein-Mauerwerk zur Zeit der Renaissance.

Nie aber haben die Römer\*) bei ihrer Rustica, z. B. am forum Augusti, an den Aquae Claudii, den Quadern einen flachen Randschlag gegeben; um sie in Schnur und Loth zu setzen, genügte ihnen ein Abschlagen der Stirnkanten nach dem Richtscheit. Abbildung 13.

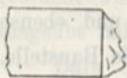


Abb. 13.

dem Richtscheit. Abbildung 13.

Nie haben die Römer ihre Quader in Mörtel versetzt. Sie benutzten zum Versetzen nicht die Mauerzange, die erst im 14. Jahrhundert in Anwendung kam, sondern sie wandten den Wolf an, der in einem im Oberhaupt des Steins eingehauenen Loch, das sich unten erweitert, sperrt und die Last festhält: Abb. 14 stellt ein solches einseitiges Loch in einem römischen Quader von Mainz, Abb. 15 ein zweiseitiges in einem Buckelquader an der um 1300 erbauten Burg Landeck in der Pfalz dar. Die seitlichen Löcher für die Mauerzange auf der Gesichtsseite der Quader können daher als Zeitmarke für nach 1300 ausgeführten Bauten betrachtet werden.

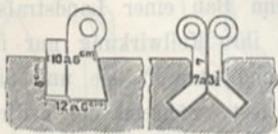


Abb. 14.

Abb. 15.

Eine sehr eigenthümliche Anordnung hat man dem wahrscheinlich im 16. Jahrhundert errichteten Quaderbau gegeben,

\*) Wir müssen dies etwas beschränken, indem Durm (Handbuch der Architektur I. S. 129) den Randschlag doch an Quadern Etruscischer Bauwerke in Italien fand, während derselbe in Griechenland längst bekannt war.

der in Nürnberg die Conterescarpe links vom neuen Thor bekleidet. Die rechtwinklig und glatt behauenen 30 bis 40 cm hohen Sandsteinquader sind in 19 Schichten auf Lager versetzt, welche nach hinten auf 40 cm 10 cm Fall haben, und jeder Quader steht mit seiner Unterkante um 7 bis 8 cm vor der Oberkante des darunterliegenden Quaders vor. Abb. 16. In der That setzt das schrägansteigende Lager dem Vorscheiben durch den Erddruck großen Widerstand entgegen; die vorspringende Unterkante erlaubt nicht die Lagerfuge zum Hinauf- oder Hinabsteigen zu benutzen, und schützt sie vor Nässe, sodafs kein Pflanzenwuchs sich in ihr ansiedeln kann.

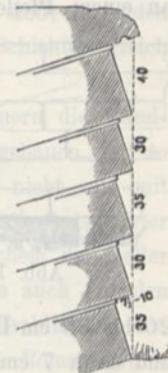


Abb. 16.

## 6. Mörtel-Mauerverband.

In der Schwere und Lagerhaftigkeit der Quader lag die Stärke und Standfestigkeit der aus ihnen erbauten Mauern. — Dem stand nur entgegen die Schwierigkeit des Transportes, wenn diese Steine nicht an Ort und Stelle gebrochen werden konnten. Man mußte daher zu kleineren greifen, welche leichter zur Stelle zu schaffen waren, selbst auf Saumthieren und auf schlechten Wegen; man war aber dann genöthigt, dies kleine Material durch Bindemittel zu großen schweren Massen zu vereinigen. Dies geschah durch Holzeinlagen, durch Kalkmörtel und durch Lehm. Durch sorgfältige Bearbeitung konnte die Festigkeit erhöht werden.

Wir sprechen zuerst nur von den Mauerverbänden, welche durch Kalkmörtel bewirkt wurden.

Was wir den Mauerverband nennen, ist gewöhnlich nur der der äußeren Bekleidung, doch ist die innere Verbindung nicht weniger wichtig.

Die Römer wandten bei Bruchstein-Material am Rhein vier Arten von Mauerverbänden an: den größeren und den kleineren Handquader-Verband (Appareil moyen und petit), den Netz-Verband (opus reticulatum), das Rauhmauerwerk (opus incertum) und den Fischgräten-Verband (opus spicatum). Sie pflegten ihre Mauern gern auf eine trockene Steinstickung zu fundamentiren, Abb. 17, welche bei schlüpfrigem Boden das Rutschen und den Anstau des Wassers hinter der Mauer verhinderte. Die trockene Rollschicht gab zugleich Gelegenheit, das natürliche Wasser und das Traufwasser von den Dächern nach Cisternen und Brunnen abzuführen (Saalburg.\*). Auch legte man wohl runde Querhölzer (Heidenmauer bei Wiesbaden) oder im frühen Mittelalter wurden Langhölzer (Heidenmauer bei Engers) in die Fundamentgruben gesenkt, sodafs wir ihre Abdrücke in der unteren Mörtelschicht wiederfinden.

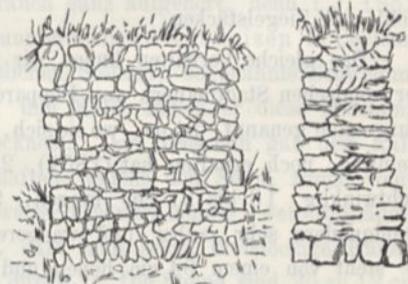


Abb. 17.

\*) Wir haben in Abb. 17 zugleich dargestellt, wie die Römer bei den Grenzwallthürmen, welche weiß verputzt und roth quadirt waren, das Parament sägeförmig angeordnet haben, damit der Verputz besser haften. Auf der Mauer ist das Cementbecken sichtbar, welches wir bei den Erhaltungsarbeiten stets anlegen und welches, mit Erde gefüllt, die Deckrasen und den Cement frisch erhalten.

### 7. Handquader-Verband.

In Abb. 18 geben wir die Darstellung des Steinverbandes an einem Pfeiler des römischen Aquäducs bei Mainz, an dem

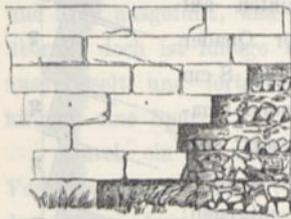


Abb. 18.

sich das Parament noch ausnahmsweise erhalten hat. Es ist um so lehrreicher, als es uns zugleich einen Einblick in das Innere, ja in das Verfahren beim Bau gewährt.

Wir sehen dort die 15 bis 16 cm hohen Handquader von 20 bis 80 cm Länge in je 6 waagerechten Schichten aufgeführt und dann 7 cm zurücktreten, sodafs die Pfeilerstärke alle Meter sich um 14 cm vermindert. Da, wo die Bekleidsteine abgefallen oder abgebrochen sind, sieht man meist schräg gestellte Stickungen von kleinen, höchstens 12 cm hohen Steinen, auch Kies und Ziegelbrocken, jede Zeile mit grobkiesigem Kalkmörtel überdeckt. Derselbe mufs sehr steif gewesen sein, da sich die Stickung weder unten in ihn eingedrückt hat, noch dafs er oben in die Fugen der Stickung eingedrungen ist, sondern diese unten eine Menge leere, dreieckige Höhlungen offen läfst. Eine oder auch zwei Steinzeilen mit ihren Mörtelschichten halten immer gleiche Höhe mit den Paramentschichten.

Abb. 19 stellt den kleinen Handquaderverband dar, welcher am Amphitheater von Trier herrscht. Die Handquader aus Muschelkalk sind mit Ausnahme der Ecksteine, welche länger sind, 16 cm lang, 9 cm hoch und 10 bis 11 cm tief. Die Lagerfugen sind 2 cm stark, die Stofs-fugen etwas schwächer.

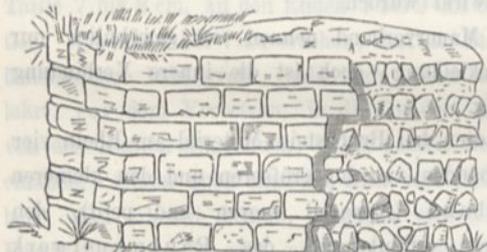


Abb. 19.

Wo die Bekleidsteine abgefallen sind, sieht man das Innere in Zeilenhochkantig gestellter Steine getheilt, welche einschliesslich der Mörtelschicht, den Zeilen des Paraments entsprechen. Der Mörtel ist kiesreich, frei von Ziegelmehl und Ziegelstücken.

Das gleiche Verhalten finden wir in dem schönen Parament der römischen Stadtmauern von Boppard und von Cöln. Letztere, Burgmauer genannt, ist da, wo sie sich, wie hinter dem Maurizius-Steinweg, noch erhalten hat (1851), 2,38 bis 2,50 m dick von rechtwinklig 16 bis 21 cm langen, 9 cm hohen Grauwacke-Handquadern sehr sauber und waagrecht im Verbands erbaut. Sie steht von einem 94 cm hohen und 2,66 cm breiten Grundgemäuer an noch 1,88 m im Boden und 2,50 m über dem Boden, sodafs ihre ganze Höhe noch 4,38 m beträgt; von dieser sind auch auf der Aufsenseite 63 cm verschüttet, sodafs ihre äufserer Höhe nunmehr 3,63 m beträgt.

Die römische Castellmauer von Boppard ist 2,82 m dick, unten ragte noch 6 bis 7 m auf. Sie steht auf einem trocken gestickten, oben regelrecht mit Handquadern aufgeführten Grundmauerwerk, welches mit einem abgeschrägten Werksteinsockel bedeckt ist, und über welchem 23 cm zurücktretend die Mauer sich erhebt. Diese ist aus 13 bis 15 cm hohen und 13 bis 31 cm langen Grauwacke-Handquadern mit 1 bis 2 cm starken

Mörtelfugen erbaut. Abb. 20 stellt den Mauerwinkel an einem Rundthurm dar.

Die gleiche Tendenz zeigen die Mauern des Castells Kreuznach und die Heidenmauer zu Wiesbaden. In beiden letztern wechseln Partien von Handquadern mit gröfseren Steinblöcken und Fischgrätenmauerwerk wild durch einander.

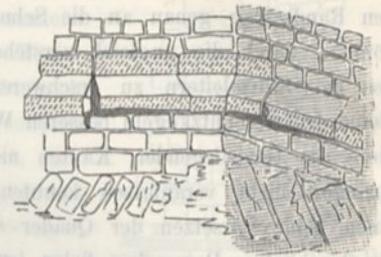


Abb. 20.

Die (römische) Heidenmauer zu Wiesbaden ist äufserst interessant, weil sie uns auch über das Verfahren beim Bau aufklärt.\*) Sie ist 500 m lang quer durch die Stadt zu verfolgen und steht, wo sie den Berg ersteigt, noch auf 84,50 m Länge und 5 m Höhe aufrecht, sodafs man ihre innere und äufserer Bekleidung und das Gefüge ihres Kerns untersuchen kann. Die Rüstlöcher, welche 1 m aus einander und 1,30 m über einander stehen, sind rund, mit nur 5 bis 6 cm Durchmesser im Mörtel sichtbar und gehen durch die ganze Mauerdicke von 2,20 m, sodafs man jetzt, wo die Rüsthebel verfault sind, hindurch sehen kann und man annehmen mufs, dafs derselbe Rüsthebel einst auf beiden Seiten vorstand und diente. Jedenfalls aber waren diese Hölzer, selbst wenn sie mit 1 m Vorstand von Standbäumen unterstützt gewesen wären, zu schwach, als dafs sie aufser dem Maurer auch noch die hin- und hergehenden Handlanger und eine Anhäufung von Baumaterialien hätten tragen können.

Dies und die eigenthümliche Anordnung der Bekleidsteine und des Inneren, sowie noch einige zu erwähnende Betrachtungen führen zu nachstehend entwickeltem Arbeitsverlaufe, welcher mit wenigen kunstgerechten Maurern, aber vielen gewöhnlichen Arbeitern rasche und gute Arbeit zu schaffen versprechen mogte. Die Handquader wurden im Steinbruch auf gleiche Höhe und beliebige Länge und Tiefe rechtwinklig zugehauen und ebenso wie die kleinen Abfallsteine auf Saumthieren an die Baustelle, vielleicht auf die Mauer selbst gebracht. Der Maurer steht, nachdem die Mauer in der gleich zu beschreibenden Art auf etwa 1,5 m Höhe gebracht ist, auf dem 40 cm breiten Gerüst von Brettern oder Hurden, welche durch die quer durch die Mauer gestreckten, 5 cm starken Rüsthebel ohne Standbäume frei getragen werden. Er empfängt die Handquader von einem Arbeitertrupp, welcher sich auf der Mauer hin- und herbewegt, und setzt sie an die Schnur und ins Loth. Ein anderer Trupp bringt die Abfallsteine herbei, stickt sie zwischen den Bekleidsteinen, wie beim Bau einer Landstrafse zwischen den Bordsteinen, sodafs sie ihre Keilwirkung nur in Richtung der Mauerlänge ausüben, und stampft sie und die Bekleidsteine mit leichtem Stampfen fest, während ein dritter Trupp den steifen Mörtel ausschüttet, der gleichfalls mit dem Stampfer selbst ausgebreitet wird. Der Maurer bedarf dabei keines Hammers und kaum einer Kelle; die andern Arbeiter bedürfen aufser den Körben und Tragen nur der Stampfer. Und in der That sehen wir auf der Trajansäule, wo Mauerarbeiter in ihrer Thätigkeit dargestellt sind, keine andern Utensilien als die drei letztgenannten, zumal aber die Stampfe überall in Anwendung gebracht. Auch in den römischen Trümmerstätten der

\*) Der Römische Grenzwall von Cohausen, Wiesbaden bei Kreidel 1884 S. 187, Taf. XXIII.

Saalburg, von Hedderheim u. a. haben sich keine Mauerhämmer und von Kellen nur ganz schmale rautenförmige gefunden, welche etwa zum Heranziehen, nicht aber zum Ausschöpfen des Mörtels geeignet waren. Nur dadurch, daß der Mörtel sehr wenig Wasser enthielt, war es möglich, so dicke Fugen, wie wir sie hier und zumal auch im Ziegelmauerwerk sehen, zu machen, ohne daß er herausquoll und ohne daß sich das ganze Mauerwerk und namentlich die Bekleidung nicht in andern Maße als das Innere setzte. Die Steifigkeit des römischen Mörtels konnten wir recht deutlich wahrnehmen an den Spuren eines nackten Fußes, der nur ganz seicht in die Oberfläche einer Mörtelschicht der Heidenmauer eingedrückt war; ja diese Trockenheit zeigt sich dort so groß, daß gar keine Verbindung zwischen den auf einander folgenden Schichten stattfand, daß diese sich ganz leicht abheben ließen, während es viele Anstrengung kostete, sie quer zu durchbrechen. Die Dicke der Mörtelfuge hatte den Vortheil, daß ihre Feuchtigkeit nicht so rasch wie aus dünnen Fugen von den trockenen Steinen aufgesaugt wurde, der Mörtel daher länger Zeit hat, seine Eigenschaft, unter Wasser zu erhärten, und überhaupt seine chemischen Eigenschaften zu entwickeln. Nur bei so steifem Mörtel und mit leichten Stampfen war es möglich, daß das innere Mauerwerk nicht auseinander quoll und die Bekleidung sprangte. Die Art der Ausführung, wie sie oft behauptet wird, als hätten die Römer und auch das Mittelalter sogenanntes Füllmauerwerk gemacht, indem es Steine und Mörtel kunterbunt zwischen zwei vorher aufgeführte Stirnwände eingeschüttet, ist eine technische Ungereimtheit, eine Unmöglichkeit, welche, so wenig wie ein heutiger, auch kein alter Architekt gewagt haben würde. Immer stieg das Innere langsam und gleichmäßig mit der Bekleidung auf, indem die, wenn auch nicht lagerhaften Steine in Schichten mit Schichten von steifem Mörtel wechselten und durch leichte Stampfen, die nicht das ganze Mauerwerk erschütterten, geebnet und zur Ruhe gebracht wurden. Ein flüssiger Mörtel würde einen Wasserdruck ausgeübt haben, dem keine Bekleidung widerstanden hätte.

Daß die römischen Kellen nicht den Zweck hatten, den Mörtel zu schöpfen, erkennt man schon an den auf der Saalburg gefundenen, in Abb. 20 a u. b dargestellten. Noch mehr erhellt dies bei c, der arabischen Kelle (Monstaria), die nur gebraucht werden kann, den Mörtel aus einander zu streichen. Daß diese, wie ihre Schwere (910 gr) vermuthen läßt, auch zum Hauen benutzt wurde, ist nicht an ihr zu erkennen, weder zum Behauen der Ziegel noch zum Festschlagen derselben im Lager. Bekanntlich benutzen die niederländischen Maurer keinen Hammer, sondern ihre kräftige Kelle dient ihnen zum Behauen und festschlagen der Ziegel und zum ausschöpfen des Mörtels. Die großen Bauunternehmer in Frankfurt benutzen zum Ausschöpfen des Mörtels eiserne Pfannen von 17 cm Weite und 6 cm Tiefe, und die Kelle nur zum vertheilen.

Was wir in Betreff des Handquaderverbandes der Römer gesagt haben, gilt auch von dem des Mittelalters auf die Dauer der romanischen Zeit bis zum Ende des 12. Jahrhunderts. Nach

ihm wird der Mauerverband vernachlässigt; auch der Fischgrätenverband hört auf. Es giebt römische und romanische Mauern, die nicht von einander zu unterscheiden sind; in beiden sind die Handquader oft quadratisch und alle Schichten gleich hoch und waagrecht durchgeführt.

Wir haben oben gesagt, daß bei den Römern die Handquader schon im Steinbruch auf ihr Format zugehauen und so zur Baustelle gebracht wurden. Dies geschah nicht nur mit den dort erwähnten Grauwacken, mit dem Muschelkalk bei Trier und mit dem Sandstein bei Heidelberg, mit welchem die Keller der römischen Häuser ausgekleidet sind, sondern auch mit den Trasssteinen, den sogenannten Tuffsteinen des Brohlthales und der Umgegend von Andernach; dort ließen die Römer große Steinbrüche militärisch ausbeuten und bezogen von da nicht nur große Hausteine für Monumente und Architekturen, sondern auch geformte Handquader für ihre Bauten bei Bonn, Cöln und überhaupt für den ganzen Niederrhein. Dieser Betrieb dauerte das ganze Mittelalter ununterbrochen fort bis ins 16. Jahrhundert, seine Producte wurden im Gelderland von dem Kreidesandstein von Mastrich und in Nordholland von dem Bentheimer Sandstein begrenzt; während sie am Oberrhein als Mauerstein etwa in der Kirche von Niederingelheim ihre Begrenzung finden, reichen sie als leichte Wölbsteine bis nach Speyer und werden mit dem Aufhören des romanischen Stils und dem Wiederaufkeimen der Ziegelfabrication durch Ziegel verdrängt. Ja es wurde, als man im 16. Jahrhundert die Eigenschaft des Trasses, den Mörtel unter Wasser zu erhärten, erkannt hatte, Gebäude und Stadtmauern aus Trasssteinen abgebrochen, um ihn als Zuschlag bei Wasserbauten zu verwerthen.

Hier muß auch noch einer andern Sorte bruchfertiger Handquader, welche am Rhein eine Zeit lang in Gebrauch war, Erwähnung geschehen, des Bendorfer Sandsteins, welcher in der Umgegend dieses Städtchens als Regal aus den festeren Schichten des Bimssteinsandes herausgehauen wurde. Die Steine hatten 25 u. 12 cm Länge und Breite bei 8 cm Dicke, und wurden, geschützt gegen Schlagregen und aufsteigende Erdfeuchtigkeit, durchschnittlich nur im Innern der Gebäude gebraucht. Die Kamine im Schloß zu Neuwied sind damit um 1722 erbaut, und in viel höhere Zeit hinauf wird ihre Anwendung schwerlich gehen. Jetzt hat ihr Gebrauch ganz aufgehört, denn i. J. 1852 erfand und begann ein Bauunternehmer, Rauheisen in Coblenz, die Fabrication von künstlichen Steinen, sogenannte Schwemmsteine, aus Bimssteinsand und Kalk, indem er diese Mischung wie Ziegel formte und trocknete. Der Bimsstein gab dem Kalk die hydraulischen Eigenschaften, welche den Stein, zumal wenn er langsam und bei Regenwetter erhärten konnte, wetterbeständig und so druckfest machte, daß man selbst dreistöckige Häuser massiv aus ihm ausführen durfte. \*) Die Steine sind 25 zu 12 cm groß und 12 oder 8 cm dick. Ihre Fabrication hat der Ebene des Neuwieder Beckens, in dem der Sand in 2 bis 5 m Mächtigkeit auf Kies und Löß unter der Ackererde liegt und ausgebetet wird, ein ganz anderes Aussehen gegeben.

#### 8. Der Netzverband.

Der Netzverband, opus reticulatum, soll nur zur Zeit der Republik und der ersten Kaiser in Italien vorkommen, am Rhein

\*) Der einzelne Stein beginnt erst bei einem Druck von 18 kg auf 1 qm Risse zu bekommen und hält, zwischen andere gepackt, noch mehr aus.

kommt er später, jedoch selten vor. Er ist uns hier aus einer römischen Villa gegenüber Trier bekannt, und aus einer Nachbildung auf einem großen ornamentierten Stein, den man in der Mosel bei Coblenz fand; erst kürzlich fanden wir ihn südlich von Ellwangen an einem Thor in der Teufelsmauer bei Dalkingen.

Abb. 21. Das Thor bildet ein Rechteck von 13 m Breite und 11,60 m Tiefe und hat etwa in der Mitte der Südseite eine 2,50 m breite Thoreinfahrt, die auch der nördlichen, jetzt zerstörten Auslandsseite nicht gefehlt haben wird. Während der ganze Bau aus Liaskalk errichtet ist, sind links und rechts des Thores schwach vertiefte Felder von 1,46 m Breite, deren Höhe, da der obere Theil zerstört ist, nicht angegeben werden kann. Sie sind ausgefüllt und geziert durch ein Netzmauerwerk, dessen quadratische Steine, 17 u. 17 cm groß, etwas verjüngt 30 cm tief in das Mauerwerk einbinden und aus Kalktuff bestehen, der östlich bei Goldberg innerhalb der Römergrenze gebrochen wurde.

Am Muro torto in Rom haben die Travertinesteine nur 8 cm im Quadrat und binden ebenso tief in das Mauerwerk; ihre Fugen sind 2 cm breit.

**9. Mauer-Mosaik.**

Der decorative Charakter des Netz-Mauerwerkes tritt, um bei rheinischen Bauwerken stehen zu bleiben, noch mehr hervor in dem Bogenfelde über dem Giebelfenster eines Hauses im Stift in Trier aus dem 11. Jahrhundert, wo rothe und blaugraue Platten mit einander wechseln.

Abb. 22. Besonders ist es aber der schon ganz zur Mauer-Mosaik gewordene Schmuck des Clarenthurses auf der nordwestlichen Ecke der römischen Stadtmauer von Cöln, der in dieser Beziehung eine Erwähnung und eine Darstellung verdient, die ihm unseres Wissens noch nicht zu theil geworden ist.

Abb. 23. Der Thurm hat eine lichte Weite von 4,23 m und eine Mauerstärke von 2,38 bis 2,43 m, sodafs sein äufserer Durchmesser zu 9 m angenommen werden kann. Er tritt mit seinem halben Durchmesser vor die westliche Mauerflucht und wird sich gegen die nördliche, jetzt fehlende, ebenso verhalten haben, sodafs die beiden äufseren Mauerlinien sich in seinem Mittelpunkt und zwar ziemlich

rechtwinklig schnitten. Diese Mauern sind von rechtwinkligen, 16 bis 21 cm langen, 9 cm hohen Grauwacken erbaut. Die ganze nach aufsen gekehrte Mantelfläche des Thurmes, die wohl 21,21 m Entwicklung hatte, war mit einem bunten Mosaik geschmückt, von welchem wir, da der nördliche Theil des Thurmes beschädigt ist, nur 17,5 lfd. m oder zwei Drittel in einer vom Sockel gemessenen Höhe von 5,60 m hier wiedergeben.

Die Mosaik beginnt erst 21 cm vom Anschluss an die Westmauer bestimmt und geradlinig; dicht an dem Anschluss war ein 2,95 m weites Thor in die Stadtmauer gebrochen, wahrscheinlich, wie eine Zahleninschrift auf dem südlichen Thorpfeiler angiebt, im Jahr 1389. Dasselbe ist mit kleinen Tuffquadern im Halbkreis umwölbt und dieser durch einen zweiten aus größeren Tuffquadern entlastet, sowie denn überhaupt der Ausbruch mit diesem Gestein wieder hergestellt ist. Später ist das Thor selbst wieder mit Grauwacken zugemauert worden. Die Bekleidung des Thurmes beginnt über einem 48 cm hohen abgeschragten Sockel von Trafschaustein, mit neun Schichten sauber behauener Grauwacken, auf welche sich ein 10 cm breites weisses Band von Trachyt legt; darauf folgen wieder vier mit einem weissen Bande überdeckte Grauwackeschichten, welche in Art eines Taues mit weissen Schrägstreifen getheilt sind. Es folgen wieder zwei Grauwackeschichten, welche mit weissen Zahnschnitten oder dergleichen unterbrochen und wieder mit einer durchlaufenden Trachytschicht abgeschlossen sind. Diese dient fünf halbrunden blinden Fenstern als Grundlinie. Dieselben sind durch schwarz und rothe Zickzacke umrahmt und in zwei Bogen mit keilförmigen weissen Trachyten geblendet. An sie schliessen sich und überhöhen sie acht Grauwackeschichten, welche durch Bänder unterbrochen werden von schwarz und weissen, auf die Spitze gestellten Rauten, sowie durch Dreiecke, welche aus ähnlichen schwarz und weissen und auch roth und schwarzen Rauten zusammengestellt sind. Darauf folgen 2,25 m über dem Sockel ein gleichmäfsig durchlaufendes, 42 cm breites Band von schwarz und weissen Rauten bzw. Dreiecken und diesen wieder zwei Grauwacke- und eine Trachytschicht, letztere als Basis für sechs halbkreisförmige, mit weissen Keilsteinen geblendete und mit rothen Steinen umrahmte Fenster. In der Mitte zwischen ihnen erheben sich schwarz und weifs gerautete Dreiecke, während zwischen diese und die Fensterbogen sich scheidrechte Gewölbe aus schwarzen und weissen Steinen spannen. Hier und da steht auf ihnen, gleichsam als Spielerei, eine briefförmige Figur aus weissen und rothen Steinen. Das Ganze wird wieder abgeschlossen durch ein durchlaufendes schwarz und weifs gerautetes Band. Auf dieses endlich bauen sich drei Tempel mit je vier weissen Säulen, im ganzen sechs Schichten hoch auf. Einer der Tempel hat noch ein rechtwinkliges schwarz und weifs geschachtes Dach. Dazwischen vertheilen sich, oder setzen die Reihe fort drei kreisrunde, weifs geblendete und roth umrahmte Fenster und noch einige andere ziemlich willkürliche Gebilde: ein schwarz und rothes, über

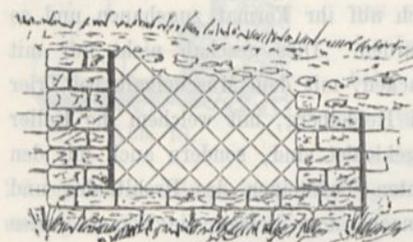


Abb. 21.

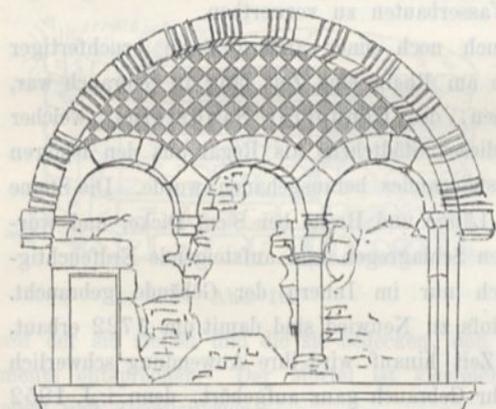


Abb. 22.

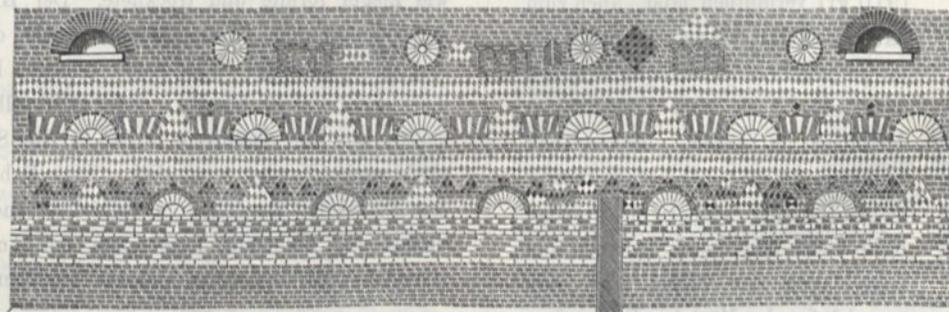


Abb. 23. Mauer-Mosaik des Clarenthurses in Cöln.

Abb. 23. Mauer-Mosaik des Clarenthurses in Cöln. Der Thurm hat eine lichte Weite von 4,23 m und eine Mauerstärke von 2,38 bis 2,43 m, sodafs sein äufserer Durchmesser zu 9 m angenommen werden kann. Er tritt mit seinem halben Durchmesser vor die westliche Mauerflucht und wird sich gegen die nördliche, jetzt fehlende, ebenso verhalten haben, sodafs die beiden äufseren Mauerlinien sich in seinem Mittelpunkt und zwar ziemlich

Eck gestelltes Schachbrett, der schwarz und roth gefiederte Theil eines Pfeils, ein schwarz und weifs gerautetes Dreieck und ein ebensolches Bandstück. Neu eingebrochene Halbkreis-Luken beenden die Reihe zu beiden Seiten, während das neue Dachgesims sie nach oben abschliesst.

Die Steine sind nicht ganz gleich groß, selbst die hier zumeist maßgebenden gleichseitigen Dreiecke haben 8 bis 9 cm Seitenlänge, und reichen durchschnittlich ebenso weit ins Mauerwerk. Alle aber sind schön glatt behauen und selbst geschliffen. Als Hauptmaterial für den Grund dient grünlich-graue Grauwacke, für schwarz nicht Basalt, sondern eine schwärzliche, manchmal mit weissen Quarzadern durchzogene Grauwacke, für gelb ein leicht verwitterbarer gelblicher Sandstein, wohl aus der Gegend von Aachen, für roth ein sehr harter Sandstein, der sich erratisch im Kies findet, und als weifs nicht Mainzer Kalkstein, sondern ein weisser Trachyt. Ziegel sind keine verwandt. Der Kalkmörtel ist feinsandig und sehr hart.

Die Mosaikarbeit ist gleichzeitig mit dem Thurm und dieser mit der ganzen Stadtumfassung, in der er steht, nach der Frankenerstörung um 355, wie ich glaube, unter Julian ausgeführt worden. Dafs dies in einer so prachtvoll zu nennenden Weise geschehen ist, läfst vermuthen, dafs es nicht aus öffentlichen Mitteln, sondern von irgend einem reichen Privatmann, der sich hervorthun wollte, etwa ebenso geschehen ist, wie das Praetorium von Cöln laut einer aufbewahrten Inschrift von einem Privatmann, dem T. Aequitius Catulus erbaut worden ist.

#### 10. Rauhmauerwerk.

Der Rauhmauerverband (Abb. 17), den die Römer „opus incertum“ nennen, ist bei ihnen so gut und so schlecht, wie er bis zur Gegenwart geblieben ist; höchstens könnte man sagen, dafs bei ihnen die Neigung, waagerechte Schichten und senkrechte Stofsfugen einzuhalten, stärker war als in der späteren Zeit, in der man sich vielfach begnügte, alle 1, 2, 3 Fufs eine waagerechte Abgleichung eintreten zu lassen. Der Rauhmauerverband allein giebt kein Kennzeichen zur Beurtheilung der Bauzeit, wenn nicht altes und neues unmittelbar aneinander stöfst. Wohl aber sehen wir an Gebäuden aus dem 13. bis 15. Jahrhundert Verbände in Anwendung gebracht, die, aus der Natur des Gesteins entnommen, sich bei römischen Gebäuden nicht finden würden.

So ist (Abb. 24) die römische Mauer von Boppard im 12. und im 14. Jahrhundert erhöht worden mit Grauwackegestein, welches durch Lager und Abgänge einen linsenförmigen Querschnitt hat, und bei dem sich die Steine nicht in Stofsfugen, sondern mit den Spitzen und mit schrägen Lagerfugen berühren. Auch an der im 13. Jahrhundert erbauten Isenburg im Saynthal sieht man diesen Verband.

An der gegen den Rhein gerichteten Stadtmauer von Oberwesel (Abb. 25) sind die von Natur in Rauten brechenden Grauwacken alle als Binder benutzt und zeigen ein rautenförmiges Netzmauerwerk, welches, wo sich das Gestein

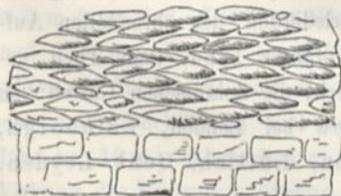


Abb. 24.

dazu findet, wohl auch zu Zwecken der Ausschmückung nachzuzahlen wäre.

Den Bergfried der Windeck über Weinheim an der Bergstrasse (Abb. 26) hat man zwar aus kleinem, keineswegs lager-

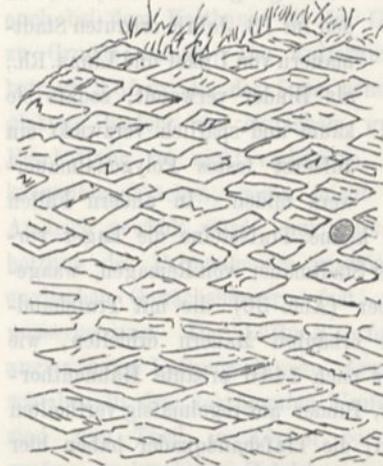


Abb. 25.



Abb. 26.

haften Porphyrgestein aufgebaut und dazwischen große ungefüge Brocken gestürzt, aber in gewissen Abständen von Rüsthöhe mit ziemlich gleich großen Porphyrböcken abgeglichen.

Aehnlich hat man auch an dem Bergfried der Heimburg, gegenüber Lorch am Rhein, Abb. 27, zwischen das dünnschiefelige und kleinbrechende Grauwackegestein Bänder von weissen Quarzblöcken eingelegt, welche einen sehr guten Effect machen. Zur Zeit, als diese Burg noch nicht restaurirt war, auch noch, als in den siebenziger Jahren Graf Wackerbart sie wohnlich einrichtete und später Gräfin Reichenberg sie gekauft und Sterneck umgetauft hatte, behielt die Burg ihr alterthümliches und malerisches Aussehen; seit aber vor einigen Jahren ein Deutsch-Russe sie halb als Steinbruch, halb zu seinen baukünstlerischen Einfällen benutzt, wendet man sich mit Abscheu weg und fragt, warum der Besitzer nicht einen neuen Steinbruch eröffnet und einen freien Hügel gewählt hat, um darauf ganz nach Gefallen seine Geschmacklosigkeit schalten zu lassen.



Abb. 27.

Wie die linsen- und die rautenförmig brechende Grauwacke, giebt es auch noch anderes Gestein, welches eine eigene Behandlung veranlaßt: es sind die holzscheitförmigen Grauwacken und die säulenförmigen Basalte.

Jene, in Stücken von 1,25 Länge und 20 cm Dicke, meist als Binder nur hier und da von Streckern unterbrochen, gaben das Material zu der um 1323 erbauten Stadtmauer von Wehn, Abb. 28, und zu der 30 Jahre später zwei Stunden davon erbauten Burg Adolfseck bei Schwalbach. Beide, nicht mit Kalkmörtel, sondern mit Lehm als Bindemittel aufgeführt, haben sich sehr gut erhalten. Die Mantelmauer von Adolfseck,

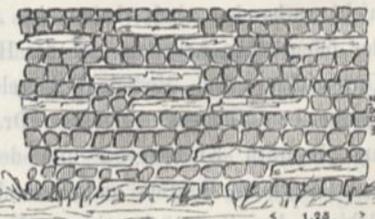


Abb. 28.

1,25 bis 1,50 m dick, ist nur an der Innenseite mit Kalkmörtel verputzt.

Die Basaltsäulen (Abb. 29) sind entweder in ähnlicher Art behandelt und an den Ecken in kreuzenden Lagen auf einander gelegt oder alle, wie an den im 13. Jahrh. erbauten Stadtmauern von Unkel und Linz a. Rh., als Binder verwandt, sodafs sie kaum und spärlich verzwickelt ein äufserst festes Polygonalmauerwerk bilden. In andern Fällen

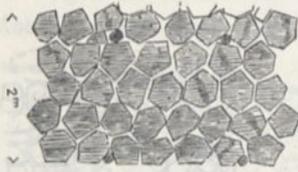


Abb. 29.

sind den Basaltbindern durch kleine Trafssteine die Lager vorbereitet, sodafs sie, wie an der Stadtmauer von Remagen, waagerechte Zeilen bilden. Oder aber (Abb. 30) die mit Trafs-handquaden erbauten Mauern erhielten, wie der kurz nach 1446 erbaute Hahnenhorzinger, Binder aus regelmäfsig vertheilten Basalten; die Trafs-handquader haben hier 10 cm Dicke und 20 bis 36 cm Länge.



Abb. 30.

Die Basalte sind von 30 bis 40 cm Stärke und 1 bis 1,5 m Länge.

Wie jetzt als Chausseeegländer, dienten die Basaltsäulen im 14. und 15. Jahrhundert als Anker, Tragsteine und Consolen für die Friesbogen der Wehrbauten.

#### 11. Fischgräten-Verband.

Der Fischgräten-Verband, opus spicatum, wird von Vitruv nur für Fußbodenbelag erwähnt; als solcher wird er im hessischen Hinterland, im Kreis Biedenkopf, wo der dortige Kiesel-schiefer sich sehr gut dazu eignet, in Kirchen und Gängen allgemein angewendet. Doch haben die Römer auch die Gesichtsteine von Mauern, wenn auch nicht häufig, nach dieser Werkweise geordnet. Wir geben in Abb. 31 einen Mauertheil im Römercastell Saalburg; gröfsere fan-



Abb. 31.

den sich an der östlichen Mauer des Castells bei Kreuznach, und sehr sauber ausgeführte im Innern eines römischen Mauerthurmes von Boppard. Abb. 32.



Abb. 32.

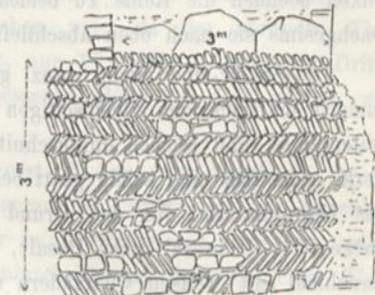


Abb. 33.

Im Mittelalter gehört der Fischgräten-Verband dem romanischen Profanbau an. Er schien für kirchliche Gebäude unwürdig und verschwand mit Einführung der Gothik. Der Verband entstand aus der Absicht, auch mit kleinen dünnen Steinen die waagerechte Schichtenreihe, welche durch nebenanstehende Handquader oder gröfsere Steine gegeben war, einzuhalten. Man lehnte dann die plattenförmigen Steine mehr oder weniger schräg an diese an und wechselte in den Schichten, indem man die Steine bald rechts bald links neigte, um einen nachtheiligen Seitenschub zu vermeiden.

Wir geben in Abb. 33 ein Beispiel des Fischgräten-Verbandes an einem, dem 12. Jahrhundert angehörigen Theil der Burg Königstein am Taunus.

Es scheint, dafs man den Verband wie beim Ziegelbau auch beim Bruchsteinbau, wenn sich das Gestein dazu eignete, als Ornament angewendete, und es ist nicht zu leugnen, dafs er dann in je zwei, einem Laubkranz ähnlichen Zeilen sich sehr wohl hierzu eignet; — wie denn überhaupt bei ländlichen Park- und burglichen Bauwerken der Mauerrohbau mit Bruchsteinen einer decorativen Behandlung in Form und Farbe sehr fähig ist und gewifs häufigere Anwendung fände, wenn der Architekt sich mehr Zeit und Mühe nähme, mit dem Handwerker zu verkehren. (Schluss folgt.)

## Gewächshaus-Anlagen in England, Belgien und Holland.

(Mit Zeichnungen auf Blatt 14 und 15 im Atlas.)

Die Mehrzahl der nach veralteten Anordnungen erbauten Gewächshäuser des Berliner botanischen Gartens, insbesondere die sogenannten Cultur- oder Anzuchthäuser, befinden sich in einem mehr oder weniger baufälligen Zustande, der einen Ersatz durch neue Anlagen erforderlich macht. In Anbetracht des hierfür nothwendigen erheblichen Kostenaufwandes, sowie des Umstandes, dafs ähnliche umfangreiche Anlagen in Deutschland nicht vorhanden sind, haben im Auftrage des Herrn Ministers der öffentlichen Arbeiten und des Herrn Ministers der geistlichen, Unterrichts- und Medicinal-Angelegenheiten der Director des botanischen Gartens Professor Dr. Eichler, der Regierungs- und Baurath Emmerich und der Unterzeichnete eine Reise nach England, Belgien und Holland unternommen, um auf dem Gebiete des Gewächshausbaues Erfahrungen zu sammeln und

diese demnächst bei der Aufstellung und Ausarbeitung der Entwürfe zu verwerthen. In Erledigung des ehrenvollen Auftrages wurden im Herbste des Jahres 1884, zum Theil getrennt, zum Theil gemeinschaftlich, die botanischen Gärten von folgenden Städten besucht: Kew bei London, Edinburgh, Glasgow, Brüssel mit Laeken, Lüttich, Gent, Leyden, Amsterdam und Hannover.

#### Kew.

Kew, ein kleiner Vorort von London, etwa 8 km westwärts von der City gelegen, hat wegen seiner längs des rechten Themse-Ufers in der Richtung von Norden nach Süden bis zu Richmond sich erstreckenden „Botanic Gardens“ Weltruf erlangt. Diese Gartenanlage nimmt einen Flächenraum von mehr als

100 ha ein, wovon auf den eigentlichen botanischen Garten, in dem sich mit Ausnahme des neu erbauten Kalthauses, auch Wintergarten genannt, sämtliche Treibhäuser und mehrere botanische Museen befinden, etwa 30 ha entfallen. Der übrige, durch ein eisernes Gitter von dem letzteren getrennte größere Theil dient als öffentlicher Park (Pleasure Grounds). Zum Vergleich sei erwähnt, daß der botanische Garten in Berlin etwa 11 ha, der Thiergarten etwa 250 ha umfaßt.

Der botanische Garten in Kew macht auf jeden, an bescheidenere Verhältnisse gewöhnten Fremden nicht allein wegen seiner Ausdehnung, sondern auch wegen der großartigen, zum Theil auf malerische Wirkungen berechneten gärtnerischen Anlagen einen überraschenden Eindruck. Ganz besondere Reize erhalten die Anlagen durch die geschickte Anordnung der Wege, Springbrunnen und Gebäude, sowie durch die prachtvollen Baumgruppen, die weiten Rasenflächen und die dadurch erzielten Fernsichten, welche nach allen Richtungen hin sich bieten und bei dem schönen, oft wechselnden Grün der Bäume im Gegensatz zu den duftigen Lufttönen herrliche Bilder gewähren. Trotz der bereits vorgerückten Jahreszeit befanden sich sowohl die Bäume als auch der Rasen noch in dem saftigsten Grün, was bei dem letzteren um so mehr auffallen mußte, als derselbe nicht, wie bei uns, besprengt zu werden pflegt und von dem Publicum betreten werden darf. Die Ursache für diese Erscheinung ist in der stets mit Wasserdunst erfüllten Atmosphäre und dem milderen Klima Englands zu suchen. Auch erklärt sich hieraus, daß Pflanzen, welche bei uns nur in Gewächshäusern gedeihen, dort im Freien fortkommen und gleichwohl eine überraschende Ueppigkeit entfalten, beispielsweise die zahlreichen schön geformten Araukarien, die stattlichen alten Cedern und italienischen Eichen.

Dem großartigen Gedanken, welcher sich in den gärtnerischen Anlagen ausdrückt, entsprechen im allgemeinen auch die baulichen Anlagen in Kew. In erster Linie sind zu erwähnen das im Jahre 1848 von Burton erbaute Palmenhaus und das bereits angeführte, ebenfalls nach Plänen von Burton erbaute Kalthaus (Temperate-House).

Das Palmenhaus, welches sich auf einer mächtig hohen, von herrlichen Blumenbeeten eingerahmten und durch Treppen zugänglichen Terrasse, mit der Front einem kleinen See zugekehrt, erhebt, ist mit der Hauptachse fast genau von Süden nach Norden gerichtet. Auf Blatt 14, Abb. 1 bis 3 ist das Gebäude in der Ansicht, im Grundriß und Querschnitt dargestellt. Der höher geführte Mittelbau hat 41 m Länge und 30,5 m Breite, während die niedrigeren, an den Enden halbkreisförmig abgeschlossenen, 15,2 m breiten Flügelbauten je 34,3 m lang sind. Die Gesamtlänge des Gebäudes beträgt hiernach rund 110 m. Das in Eisen und Glas erbaute Haus, welches auf einem Steinsockel von etwa 1 m Höhe ruht, hat durchweg gekrümmte Dachflächen und besitzt im Mittelbau eine lichte Höhe von 19 m. Abgesehen von der nicht glücklichen äußeren Wirkung des Bauwerkes, dessen unbestimmte weichliche Umrisse einen vollbefriedigenden Eindruck nicht machen, kann die gewählte Form insofern als eine zweckmäßige und nachahmenswerthe bezeichnet werden, als es möglich wird, die Pflanzen je nach ihrer Größe so aufzustellen, daß sie der Glasfläche möglichst nahe sind und überall auskömmliches Licht empfangen. Nicht zu empfehlen ist die gewählte Anordnung sehr langer, gekrümmter Glasscheiben, welche sich nur schwer ersetzen

lassen und wegen der sich bildenden Brennpunkte für die Pflanzen unter Umständen verderblich werden können.

Die bauliche Herstellung des Palmenhauses ist eine sehr leichte und zweckentsprechende, die den Lichteinfall so wenig als möglich behindert. Sowohl beim Palmenhause als auch bei dem Kalthause ist der Grundrißanordnung die Zahl 7 zu Grunde gelegt. Die Entfernung der Binder von einander beträgt 3,85 m, die der 5 cm hohen Sprossen 25 cm. Die Verglasung besteht aus einfachem grünlich-weißen Glase. Eine Beschattung ist nicht vorhanden, würde sich auch auf den gekrümmten Flächen, wenn nicht ein jährlich zu erneuernder Anstrich gewählt würde, nur schwer herstellen lassen. Die Beheizung des Palmenhauses geschieht, wie in den besichtigten englischen Gewächshäusern fast ausnahmslos, mittels Warmwasserheizung. Die Lüftung erfolgt durch die in der First angeordneten Lüftungsklappen, sowie durch verstellbare Lüftungsscheiben in den gekrümmten Umfassungswänden. Die Pflanzen sind zum Theil in Töpfen oder Holzkübeln, zum Theil in großen rechteckigen Holzkästen, deren Wände gleichzeitig die Einfassung der Gänge bilden, verpflanzt. Die Aufstellung der Gewächse ist mit großem Geschick bewirkt und gewährt nicht allein eine bequeme Uebersicht, sondern auch einen prächtigen Anblick. Zur Vermeidung von gepflasterten Fahrstraßen in dem Garten hat man einen mehrere Hundert Meter langen, durch Lichtschächte dürrig beleuchteten Tunnel von 1,75 m Breite und 1,90 m Höhe angelegt, welcher von dem an der StraÙe befindlichen Kohlenplatz nach den Gewächshäusern führt und mit einem Schienengeleise versehen ist, auf welchem mittels kleiner Wagen die erforderlichen Kohlen herbeigeschafft werden.

Das Kalthaus bzw. gemäßigtes Haus, auch wohl Wintergarten genannt, ist in Abb. 4 bis 6 auf Blatt 14 dargestellt und liegt südlich von dem Palmenhause in den „Pleasure Grounds“ auf einer etwa 1 m hohen Terrasse. Es besteht aus einem Rechteck mit zwei sich anschließenden Achtecken und ist in seiner Längsachse von N.O. nach S.W. gerichtet. Trotz seiner ungewöhnlich großen Abmessungen ist gleichwohl von vorn herein auf eine Vergrößerung durch Hinzufügen zweier Flügelbauten von rechteckiger Form Bedacht genommen, aber auch ohne diese macht schon jetzt das Gebäude einen prächtigen Eindruck. Da dasselbe vorzugsweise zur Aufnahme von solchen Gewächsen dient, welche im Sommer bei uns im Freien gedeihen, im Winter aber zu ihrer Erhaltung einer größeren Wärme bedürfen, so ist eine Anordnung gewählt worden, welche im Sommer so vollständige Lüftung des Raumes zuläßt, daß ein Hinausschaffen der Pflanzen ins Freie, wie es sich bei uns nöthig macht, gar nicht nothwendig wird. Es ist daher statt der gekrümmten eine gerade Dachfläche angeordnet, und darauf Bedacht genommen, daß etwa ein Drittel der gesamten Dachfläche, sowie die senkrechten Glaswände mittels leicht zu handhabender Zug- bzw. Roll-Vorrichtungen je nach Bedarf geöffnet werden können. Auf diese Weise wird erreicht, daß einerseits im Sommer innerhalb des Hauses annähernd dieselbe Temperatur herrscht wie außerhalb, andererseits aber im Winter ein vorzeitiges Treiben der Pflanzen nicht eintritt. Dem letzteren Umstande Rechnung tragend, wohl aber auch aus Schönheitsrücksichten ist dem Gebäude ein gemauertes Untergeschoß gegeben, welches wesentlich dazu beiträgt, daß es in seiner äußeren Erscheinung dem Palmenhause entschieden überlegen ist und als mustergiltiges Beispiel für derartige Anlagen angesehen werden darf.

Die Erwärmung geschieht auch hier durch Warmwasserheizung, deren Kessel mit Rücksicht auf die noch ausstehenden beiden Flügelbauten unter den beiden achteckigen Zwischenbauten angeordnet sind. Die eisernen Heizröhren von 11 cm Durchmesser liegen längs der Wege frei auf den Beeten und sind meist zu drei Paaren über einander angeordnet. Nur längs der Außenwände befinden sich unter einem mit Latten abgedeckten tafelförmigen Gestell von 1 m Breite und 80 cm Höhe acht Röhren in zwei Lagen übereinander. Die Länge der Heizröhren wird nach Vollendung der Anlage nahezu 4 englische Meilen betragen. Die Kosten des Bauwerks in seinem gegenwärtigen Zustande sollen 700 000 *fl.* betragen haben, was einem Einheitspreis von rund 220 *fl.* auf das qm entspricht. Die Verglasung besteht aus geraden weissen Scheiben und ist, wie in allen Gewächshäusern Englands und Schottlands, welche besichtigt wurden, eine einfache. Eine Beschattung ist nicht vorhanden. Da die Gewächse nicht wie bei uns während des Sommers ins Freie geschafft werden müssen, so sind sie nicht in Töpfen oder Kübeln, sondern in Beeten verpflanzt.

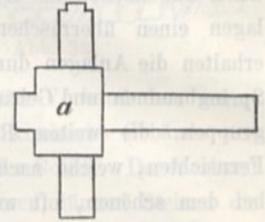
Durch die im Grundrifs angedeutete geschickte Anordnung der Wege und Beete, welche in gefälliger Weise von Thoneinfassungen umrahmt sind, sowie durch Anlage einer um den höher geführten Mittelbau im Inneren sich herumziehenden, mittels zweier Wendeltreppen zu erreichenden Emporbühne wird es ermöglicht, dafs der Besucher des Wintergartens sich jeder Pflanze nach Belieben nähern und auch überall einen vollkommenen Ueberblick über die Anlagen gewinnen kann. Wie beim Palmenhause ist auch hier durch Höherführung des Mittelbaues angestrebt, die Pflanzen je nach ihrer Gröfse aufstellen und der Glasfläche möglichst nahe rücken zu können. Diesem Umstande dürfte es auch in erster Linie zuzuschreiben sein, dafs die Gewächse in beiden Häusern sich ohne Ausnahme in einer auffallenden Ueppigkeit befanden. Es ist zu bedauern, dafs dem Palmenhause in dem Berliner botanischen Garten, dessen Grundrifs dem in Kew Gardens offenbar nachgebildet ist, statt seiner parallelepipedischen nüchternen Form nicht eine ähnliche, dem praktischen Bedürfnifs sowohl, als auch dem ästhetischen Gefühle genügende Gestalt gegeben ist; abgesehen von den schwerfälligen und kostspieligen Constructionen, welche durch die für dasselbe gewählte Form seiner Zeit bedingt wurden, ist eine zweckmäfsige und übersichtliche Aufstellung der Pflanzen fast zur Unmöglichkeit gemacht.

An baulich interessanten Gewächshäusern in Kew Gardens sind ferner zu erwähnen: das Wasserlilienhaus, das Victoria regia- und Orchideenhaus, sowie die Gruppe der Farren- und Succulentenhäuser.

Das Wasserlilienhaus liegt nördlich von dem Palmenhause, in der Längsachse desselben, hat eine quadratische Grundform und enthält in seinem mittleren Theile ein gröfseres kreisrundes und in den vier Ecken kleinere Wasserbecken zur Aufnahme der Wasserpflanzen. Das auf Blatt 14, Abb. 7 bis 9 dargestellte Haus ist unter mäfsiger Verwendung von Eisen in Holz gebaut, steht auf einem 85 cm hohen Sandsteinsockel und ist mit einem Satteldach gedeckt. Die Höhe der senkrechten Umfassungswände beträgt einschliesslich des Sandsteinsockels 2,65 m. Die senkrechten Glaswände sind durch waagerechte Sprossen in der Mitte einmal getheilt; die Scheiben haben das Maafs von 45 u. 90 cm, wohl das gröfste, welches überhaupt bei Gewächshäusern vorkommen dürfte. Der das vertiefte Mittel-

becken einfassende Rand tritt gegen den Fußboden des ringförmigen Umgangs nur mäfsig hervor und trägt ein eisernes Schutzgeländer. Die Heizröhren, sechs an der Zahl, ziehen sich an den Außenwänden herum. Ueber denselben befindet sich wie beim Kalthause ein eisernes tafelförmiges Gestell zur Aufnahme von kleineren Topfgewächsen, welche auf Schieferplatten in Kiesbettung stehen. Zur Lüftung des Hauses dienen drehbare Flügel in den senkrechten Glaswänden und Schiebefenster in der Dachfläche.

Das im nordöstlichen Theile des Gartens belegene Victoria regia- und Orchideenhaus zeigt den nebenstehenden kreuzförmigen Grundrifs. Der gegen die Flügelbauten etwas hervorgehobene Mittelbau *a* dient zur Zucht tropischer Wasserpflanzen, insbesondere der Victoria regia, während in den Flügelbauten verschiedene Pflanzen, namentlich aber Orchideen gepflegt werden. Eine nahe



bei letzterem belegene Gebäudegruppe enthält die Farren und die Familie der Succulenten. Die letztgenannten, zum Theil schon älteren, zum Theil noch neueren Gebäude sind wie das Orchideen- und Wasserlilienhaus in Holz unter Zuhülfenahme von Eisen gebaut. Die Grundrifsform ist meist eine rechteckige, das Dach ein Satteldach mit einem Neigungswinkel von etwa 25°. Die Umfassungswände bestehen in ihrem unteren Theile aus einem steinernen durchschnittlich 1 m hohen Sockel und in ihrem oberen Theile aus senkrechten, mit weissem Glase einfach verglasten und durch senkrechte Holzsprossen getheilten Fenstern mit 4,5 cm starken Holzrahmen, welche um eine durchlaufende obere Achse beweglich sind und mittels einer Hebelvorrichtung zusammen oder gruppenweise beliebig weit geöffnet werden können. Die innere Einrichtung ist so getroffen, dafs in der Mitte ein breites stufenförmiges, an den Seiten längs der Außenwände tafelförmiges Pflanzengerüste und dazwischen etwa 1 m breite Gänge angeordnet sind. An den Außenwänden, unterhalb der seitlichen Aufstellungsgerüste, führen die Heizröhren entlang. Die Heizkessel befinden sich meist in einem vertieften gemauerten und überdeckten Raume und dienen in der Regel als Wärmequelle für eine ganze Gebäudegruppe. Die Lüftung wird dadurch bewirkt, dafs in den Umfassungsmauern mit Schiebern versehene Oeffnungen angebracht sind, durch welche je nach Bedarf frische Luft eingeführt werden kann, welche sich an den Heizröhren vorwärmt und entweder durch die seitlichen Fenster der senkrechten Wände oder durch die Schiebefenster im Dache, welche etwa ein Drittel der gesamten Dachfläche einnehmen, wieder abströmt. Die seitlichen Aufstellgerüste (Abb. 10 a auf Blatt 14) bestehen aus einem eisernen Gestell, auf dem an der Vorderkante aufgebogene eiserne Platten oder Platten von Schiefer ruhen. Auf letzteren befindet sich eine Lage Kies, Koksasche oder kleiner Muscheln, in welcher die Töpfe stehen.

Die Breite der Glasscheiben ist zwischen 30 und 50 cm gehalten, die Länge derselben überschreitet das Maafs von 75 cm nur selten. Die Flügel in den senkrechten Wänden sind 120 cm breit, 77 cm hoch und enthalten je vier Scheiben. Die Scheiben in den senkrechten Wänden der neueren Gewächshäuser sind der Höhe nach niemals getheilt, weil sowohl das Uebereinandergreifen, als auch das stumpfe Aneinanderstossen zweier Scheiben, wie es bei den Gewächshäusern auf dem Festlande noch häufig vorkommt, mit mancherlei Nachtheilen hinsichtlich der Herstel-

lung, der Dichtung, der Beleuchtung und der Reinigung verbunden ist.

Die neuesten Cultur- oder Anzuchthäuser in Kew Gardens, von denen zur Zeit noch einige im Bau begriffen waren, werden nur in Holz ausgeführt. Die Mehrzahl derselben befindet sich zu ebener Erde, während andere etwas in den Boden versenkt sind. Sie haben ohne Ausnahme eine rechteckige Grundriffsform. Die durchschnittlich 1,25 m hohen Umfassungswände bestehen aus innen mit Cement geputztem und außen gefugtem Ziegelmauerwerk. Senkrechte Glaswände sind nicht vorhanden. An den Längswänden sind zu beiden Seiten eines etwa 1,25 m breiten Mittelganges tafelförmige, mit Schieferplatten abgedeckte Pflanzenaufstellgerüste von der oben beschriebenen Art, und unter denselben in größeren Abständen mit Wasser gefüllte Behälter aus Stein angeordnet, durch welche die Heizröhren geführt sind, um einerseits das zum Begießen der Pflanzen benötigte Wasser leicht zu erwärmen, andererseits einen für die Pflege gewisser Pflanzenarten erforderlichen Wasserdunst zu erzeugen. Aehnliche Vorrichtungen befinden sich auch in einigen der vorerwähnten Gewächshäuser. Nahe dem First sind zahlreiche Lüftungsscheiben und in den Umfassungswänden eine entsprechende Zahl von verschließbaren quadratischen Oeffnungen angebracht, um je nach Bedarf eine Lüftung des Raumes bewirken zu können. Das von Zink-, bezw. Eisenrinnen aufgefangene Regenwasser von den Dächern wird mittels Zinkrohre in die Wasserbehälter unter den Stellgerüsten geleitet, um dort zu verdunsten, oder zum Begießen der Pflanzen benutzt zu werden. Die Glasscheiben dieser Anzuchthäuser haben 25 cm Breite bei 27 cm Länge. Als Unterlage für die zum Aufrollen eingerichtete Beschattung, welche meist aus kleinen Holzstäben von rundem Querschnitt besteht, dienen auf dem Dache befestigte, unten aufgebogene Eisenstangen. Sogenannte Schweifsrinnen zur Aufnahme des Tropfwassers waren weder in den Erhaltungs- noch in den Anzuchthäusern vorhanden, sind auch bei in Holz hergestellten Häusern nicht unbedingt erforderlich, weil die von den Holzsprossen und Rahmen etwa herabfallenden Tropfen den Pflanzen erfahrungsmäßig nicht schaden, wenigstens nicht in dem Maße wie die von eisernen Sprossen herabfallenden Wassertropfen, welche meist aufgelösten Rost enthalten.

Nach Angabe der Gartenverwaltung haben sich die so angeordneten Gewächshäuser in jeder Beziehung bewährt, man findet daher auch die neueren Gewächshäuser in England, Belgien und Holland im wesentlichen nach denselben Grundsätzen erbaut. Nur in einer Beziehung weicht die Mehrzahl davon ab. Während nämlich bei den Gewächshäusern in Kew Gardens die Abdeckplatten der an den Längswänden befindlichen Pflanzenaufstellgerüste dicht an die Wand herangerückt sind, ist an anderen Orten meist ein kleiner Zwischenraum zwischen Abdeckplatte und Wand belassen. Derselbe hat den Zweck, die von den Heizröhren aufsteigende Wärme unmittelbar an der senkrechten Glaswand empor zu führen und die dort stattfindende größere Abkühlung, welche den nahe der Außenwand stehenden Pflanzen nachtheilig werden könnte, unschädlich zu machen. Auf diese Anordnung wurde von den Beamten der später besuchten botanischen Gärten großer Werth gelegt.

#### Edinburgh.

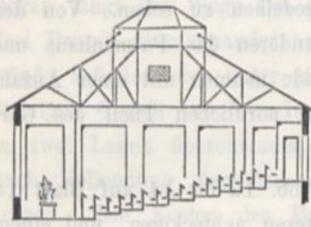
Der am Saume der nördlichen Stadttheile auf einer Anhöhe liegende, mit schönen gärtnerischen Anlagen versehene und

durch stattliche alte Bäume von theilweise seltener Schönheit gezierte botanische Garten Edinburghs umfaßt etwa 12 ha und ist daher um ein Geringes größer als der Berliner botanische Garten. Ueberraschend war es, auch hier in Schottland noch stattliche Araukarien im Freien gedeihen zu sehen. Von den Gewächshäusern sind hier unter anderen das Palmenhaus und das Warmhaus hervorzuheben. Beide nehmen mit einer Anzahl von kleineren Anzuchthäusern den nördlichen Theil des Gartens ein.

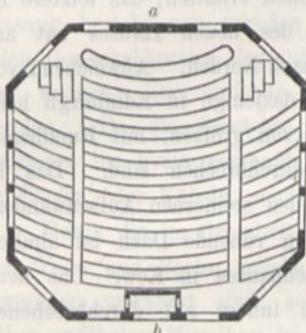
Das Palmenhaus, in den Abb. 12 bis 14 auf Blatt 14 dargestellt, besteht aus einem älteren achteckigen, und einem neueren rechteckigen Gebäude. Das erstere ist im Jahre 1832 erbaut und hat 1860 ein neues Dach erhalten; das letztere ist 1858 errichtet. Die Längsachse des neuen Hauses hat annähernd die Richtung von Süden nach Norden. Abweichend von den meisten Palmenhäusern, zeigt dasjenige in Edinburgh hohe massive Umfassungswände, welche von großen, mit Rundbogen abgeschlossenen Fensteröffnungen durchbrochen sind. Das in Eisen hergestellte, zum Theil auf den steinernen Außenwänden, zum Theil auf 14 eisernen Säulen ruhende Dach ist ähnlich geformt, wie dasjenige des Palmenhauses in Kew. Das neue Haus hat zwei äußere und zwei innere auf durchbrochenen Eisenplatten gangbare Emporbühnen, von denen die untere der letzteren für die Besucher des Gartens zugänglich ist. Das alte, niedrigere Haus hat nur eine äußere Emporbühne, welche in gleicher Höhe mit der unteren äußeren des neuen Hauses liegt und sich an diese anschließt. Das Palmenhaus wird, wie alle übrigen Gewächshäuser des Edinburgher botanischen Gartens, mittels Warmwasserheizung erwärmt. Die Verglasung der Häuser ist eine einfache und besteht aus weißem Glase. Die gebogenen Scheiben des Palmenhauses sind 39,5 cm breit und 65 cm lang. Eine Beschattung hat das Palmenhaus nicht. Vier im Inneren angeordnete Abfallröhren führen das Regenwasser in vier in den Ecken aufgestellte Behälter. Das Gebäude macht sowohl außen als innen einen recht stattlichen Eindruck und bewährt sich nach Angabe des Directors ganz vorzüglich. Trotz der verhältnismäßig hohen Außenwände hat den in Kübeln verpflanzten Palmen je nach ihrer Größe eine solche Stellung gegeben werden können, daß sie noch reichlich Licht empfangen und den Besuchern der erwünschte Ueberblick gewährt wird.

Das ebenfalls langgestreckte Warmhaus (s. Abb. 15 bis 18 auf Blatt 14) ist mit seiner Längsachse von Osten nach Westen gerichtet. Es besteht aus einem höher geführten achteckigen Mittelbau und zwei langen Flügeln, welche je durch zwei höher geführte, an der Vorderseite nach einem halben Sechseck geformte Zwischenbauten unterbrochen werden. Mit Ausnahme des durch eine Kuppel ausgezeichneten Mittelbaues, welcher in Eisen hergestellt ist, sind alle übrigen Gebäude von Holz gebaut und mit weißem Glase einfach verglast. Die mit einem Satteldach versehenen Flügelbauten haben einen 80 cm hohen Steinsockel, während bei den höher geführten Zwischenbauten die Glaswände unmittelbar über dem Fußboden beginnen. Die gegen Norden gekehrten Rückwände der Zwischenbauten sind in Stein hergestellt, um die Abkühlungsfläche thunlichst zu verringern. Da die im Hause untergebrachten Pflanzen verschiedene Temperaturen erfordern, so ist ersteres durch Glaswände, in denen sich Thüren befinden, in mehrere Abtheilungen zerlegt. Das Gebäude kann wegen seiner vielfachen Formen und zum

Theil unübersichtlichen Bauweise als nachahmenswerth nicht bezeichnet werden. — Die nördlich von dem Warmhause in größerer Zahl vorhandenen Anzuchthäuser sind ähnlich eingerichtet wie diejenigen in Kew Gardens.



Schnitt a—b.



Grundriss.

nicht vorhanden. Die Lüftung geschieht durch die in den Dachflächen und am First angebrachten Klappen.

#### Glasgow.

Der botanische Garten in Glasgow liegt, von dem Eingange leicht ansteigend, im Westen der Stadt, inmitten eines neu erstandenen, mit herrlichen Villen und Parkanlagen bedeckten Stadttheils. Derselbe nimmt einen Flächenraum von 13 ha ein, ist also etwas größer als der Berliner und der Edinburger botanische Garten. Er enthält zwei ausgezeichnete Gewächshäuser: das stattliche in Eisen und Glas erbaute Schauhaus, auch Krystall-Palast genannt, und das erst vor wenigen Jahren vollendete, in Teakholz erbaute Warmhaus.

Das Schauhaus steht, wie aus den Abb. 19 bis 21 auf Blatt 14 zu ersehen, aus zwei Theilen, einem schmalen Langhausbau, über dessen sich nach hinten halbkreisförmig erweiternden Mittelbau eine schön geformte Kuppel erhebt, und einem mächtigen, mit einer Flachkuppel überdeckten Centralbau von 50 m Spannweite. Beide Gebäude sind durch einen kurzen Zwischenbau mit einander verbunden. Die durch die Mittelpunkte beider Kuppeln geführte Achse hat annähernd die Richtung von Westen nach Osten. Der Eingang befindet sich in dem an der Westseite des Langhauses angeordneten Vorbau, welcher durch eine Glaswand von dem Langhause getrennt ist. Desgleichen sind die beiden Flügel des Langhauses durch Glaswände von dem Mittelbau, welcher mit dem dahinter liegenden Centralbau in unmittelbarem Zusammenhange steht, geschieden. Auf diese Weise bestehen in der Gebäudegruppe drei von einander getrennte Abtheilungen, welche je nach der Art der Pflanzen, welche in ihnen gepflegt werden, die geeigneten Wärmegrade erhalten. Unter der auf sechs eisernen Säulen ruhenden kleineren Kuppel am Eingange befindet sich ein Becken für Wasserpflanzen. Ein zweites, größeres aber weniger tiefes Becken befindet sich in der Mitte des Centralbaues und dient zur Aufnahme der großen Farren, welche aus einem künstlich

aufgebauten Felsen hervorzuwachsen scheinen, während die beiden ringförmigen Beete kleinere Farren und auch andere Pflanzen aufzunehmen bestimmt sind. Ein innerer Kranz von zwölf hohen, anscheinend nur dünnen eisernen Säulen trägt den höher geführten Mitteltheil des Centralbaues, während ein äußerer Kranz von der doppelten Anzahl Säulen den niedrigeren ringförmigen Theil des großen Daches unterstützt.

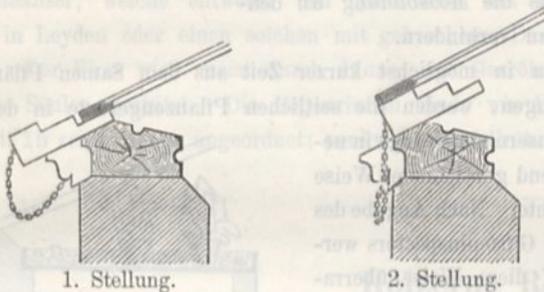
Das Gebäude ruht auf einem etwa 40 cm hohen Sandsteinsockel, auf welchen sich die gebogenen, aus Flacheisen bestehenden Binderrippen aufsetzen. Wenig unterhalb der bogenförmigen Ueberführung aus der Senkrechten in die Dachschräge befindet sich eine waagerechte Verbindung der Binderrippen, welche den ebenfalls gebogenen Sprosseneisen zur Unterstützung dient. In derselben Höhe etwa, an der Außenseite, liegt auch die verzierte Zinkrinne. Sämtliche Felder in den senkrechten Wänden sind um eine Mittelachse drehbar, um eine thunlichst reichliche Luftzuführung zu ermöglichen. Die Abführung der Luft erfolgt durch die in den Firsten angeordneten Klappen. Die Verglasung ist eine einfache. Die Scheiben sind 33 cm breit, 88 cm hoch und an dem bogenförmigen Uebergang von der Wand zum Dach gekrümmt. An den Rundtheilen verjüngen sich außerdem die Scheiben nach oben, was, wie schon früher bemerkt, mancherlei Nachtheile zur Folge hat. Die Heizung ist eine Warmwasserheizung, deren Kessel in einem besonderen kleinen Gebäude südlich von dem Centralbau untergebracht sind. Die Heizungsrohre befinden sich in dem Langhause unter den seitlichen Pflanzenaufstellgerüsten, in dem Centralbau dagegen liegen sie in drei Ringen zu je sechs bzw. vier frei auf den Beeten, bzw. in dem Mittelbecken. Eine Beschattung ist vorgesehen. Das Gebäude macht einen äußerst leichten und gefälligen Eindruck und eignet sich zu einer vortheilhaften und übersichtlichen Aufstellung der Pflanzen ungemein.

Ganz besonderes Interesse erregte das erst vor wenigen Jahren vollendete und offenbar mit großem Kostenaufwande erbaute Warmhaus. In richtiger Erkenntniß der bereits oben erörterten Vorzüge, welche das Holz dem Eisen gegenüber besitzt, insbesondere seines geringen Wärmeleitungsvermögens und der dadurch bedingten geringeren Abkühlung wegen, hat man hier einen bedeutsamen Versuch auf dem Gebiete des Gewächshausbaues gemacht, indem man, abweichend von dem in den letzten Jahren zur Regel gewordenen Eisenbau, ein Gebäude von sehr erheblichen Abmessungen fast ausschließlich in Holz erbaute. Man hat dazu ein fremdländisches Holz, das aus Ostindien stammende Teakholz gewählt, weil dasselbe sehr leicht und biegsam, und allen anderen Holzarten an Härte und Dauerhaftigkeit überlegen sein soll. Leider waren über die Kosten, da Director und Inspector des Gartens zur Zeit verreist waren, keine Angaben zu erhalten.

Der Grundriss des Gebäudes (vergl. die Abb. 22 bis 24 auf Blatt 14) hat eine hufeisenförmige Gestalt. Die Längsachse des Hauptgebäudes ist von Westen nach Osten gerichtet. Innerhalb des Hufeisens hat eine Anzahl kleinerer Treibhäuser und Glaskasten Platz gefunden. Der höher geführte Mittelbau dient als Palmenhaus; rechts und links schliessen sich zunächst je ein Haus für Nutzpflanzen und in weiterer Folge je ein Orchideenhaus an. In dem linksseitigen Eckbau sowie dem sich rechtwinklig anschließenden Flügel mit erweitertem vieleckigen Abschluss befinden sich niedrige tropische Pflanzen und tropische Wasserpflanzen, unter anderen die *Victoria regia*, welche in dem

vieleckigen Ausbau in einem kreisförmigen Becken von mäfsigen Abmessungen gezüchtet wird. Der rechtsseitige Eckbau nebst Flügel dient zur Aufnahme von niedrigen Pflanzen gemäfsigteren Klimas. Die einzelnen Abtheilungen werden durch Glaswände, in denen den Gängen entsprechend je zwei Thüren angeordnet sind, von einander getrennt. Die schmiedeeisernen Röhrenkessel der Warmwasserheizung befinden sich unter dem nördlichen Theile des Palmenhauses. Zur Erzeugung von Wasserdunst sind in den einzelnen Abtheilungen, je nach der Art der Pflanzen in gröfserer oder geringerer Zahl, aus Schiefer bestehende Wasserbehälter aufgestellt, durch welche die Heizröhren führen. Eine besonders bemerkenswerthe Einrichtung, wie sie unter anderen auch in dem neu erbauten Gewächshause des botanischen Gartens in Lüttich getroffen ist, besteht darin, dafs in dem oberen Theile des Mittelbaues noch eine Anzahl Heizröhren an den Außenwänden herumgeführt ist, um der dort stattfindenden Abkühlung nach Möglichkeit zu begegnen. Nach Angabe des Directors Morren in Lüttich soll sich diese Einrichtung ganz vorzüglich bewähren.

Als einfache und zweckmäfsige Lüftungsvorrichtung mag noch die bei den Treibhäusern in Glasgow angewendete erwähnt



werden. Die um den First drehbaren Deckfenster können, wie vorstehend dargestellt, mittels eines stufenförmig ausgeschnittenen Klotzes in drei verschiedene Lagen gebracht werden, wodurch es ermöglicht wird, die Luftzuführung je nach Bedarf zu bemessen.

#### Brüssel.

Der botanische Garten in Brüssel liegt an einem Bergabhänge in dem nördlichen Theile der Stadt; er erstreckt sich längs des schönen Boulevard du Jardin Botanique in westlicher Richtung von der Rue Royale bis fast zum Nordbahnhof und ist etwa halb so groß wie der botanische Garten in Berlin. Von dem Viaducte, mittels dessen die Rue Royale über die im Zuge des genannten Boulevards bestehende Thalsenkung geführt wird, hat man einen prachtvollen Blick über die ausgedehnten und stattlichen, mit großem Geschick ausgeführten gärtnerischen Anlagen, sowie über das im Hintergrunde auf der Höhe erscheinende, lang gestreckte, sich auf Terrassen aufbauende, durch Kuppel und Säulenhallen belebte, malerisch aufgebaute Pflanzenhaus, welches im Anfange dieses Jahrhunderts von einem italienischen Architekten erbaut und offenbar mehr dem künstlerischen Gefühl als dem praktischen Verstande entsprungen ist. Abb. 25 u. 26 auf Blatt 15 geben die Ansicht und den Grundriß desselben. Das Gebäude enthält an seiner gegen Süden gekehrten Front Gewächshäuser, in den dahinter belegenen Räumen die Bibliothek und das Herbarium. An die Terrassen lehnen sich mehrere mit Pultdach versehene Treibhäuser an.

Die übrigen, zahlreich vorhandenen Gewächshäuser stammen ebenfalls aus einer älteren Zeit und haben in der Regel eine

rechteckige Grundrißform. Die Dächer sind meist nach einem Spitzbogen geformte Satteldächer, welche an den Stirnen senkrechte Abschlüsse haben, im Gegensatz zu den in England üblichen, nach allen Seiten abgewalmten Dächern. Zuweilen findet man auch dreischiffige Anlagen, beispielsweise bei dem durch die Abb. 27 und 28 auf Blatt 15 angedeuteten Farrenhause, welches nach den punktierten Linien der Abb. 28 demächst eine Erweiterung erfahren soll, um auch für höhere Pflanzen einen geeigneten Aufstellungsort zu gewinnen.

Die in Eisen errichteten Häuser, wie sie in Belgien und Holland sehr häufig vorkommen, lassen sich infolge der höchst einfachen Zusammensetzung ohne erheblichen Kostenaufwand herstellen, beeinträchtigen den Lichteinfall nur wenig, gestatten eine bequeme Beschattung und eignen sich wegen ihrer Form ganz besonders als Schauhäuser. Die an allen Häusern angebrachte Beschattung besteht aus runden, durch Schnüre mit einander verbundenen Holzstäbchen von etwa 2 m Länge, welche von unten nach oben aufgerollt werden. Zu diesem Zwecke sind an den Firsten Laufbühnen angebracht. Die Verglasung ist eine einfache, die Erwärmung geschieht durch Warmwasserheizung. Die Treibhäuser sind ähnlich wie die in Kew Gardens eingerichtet und bieten im übrigen nichts Bemerkenswerthes.

#### Laeken.

Die etwa 4 km nördlich von Brüssel belegene Vorstadt Laeken, zugleich die Sommerresidenz des Königs, enthält in dem ausgedehnten Schloßspark neben manchen älteren und neueren Gewächshäusern einen erst vor wenigen Jahren vollendeten großartigen Wintergarten, wie er kaum seines Gleichen finden dürfte. Die Zeichnungen 29 bis 31 geben ein Bild von demselben. Auf einem Kranz von 36 dorischen Säulen erhebt sich eine in Eisen hergestellte und mit Glas eingedeckte gewaltige Kuppel von 36 m Durchmesser. Der Mittelbau, in welchem die besten hochstämmigen Palmen Platz gefunden haben, wird von einem ringförmigen, in Eisen und Glas gebauten, mit gekrümmtem Pultdach versehenen Gewächshause von 10 m Spannweite umschlossen, welches wiederum mit zwei rechteckigen, in einer Achse liegenden Flügelbauten verbunden ist. Der eine dieser Flügel schließt sich an das alte geräumige Orangeriegebäude an. Der vertiefte Fußboden des Kuppelraumes wird mit dem höher liegenden Fußboden des ihn umschließenden Gewächshauses, durch drei ringförmige, vor den Säulen angeordnete Stufen vermittelt. Die Heizungsrohre der Warmwasserheizung sind im Mittelbau unter den Gängen, in dem ringförmigen Gewächshause und den beiden Flügeln hingegen längs der Umfassungswände freiliegend angeordnet.

Von den Gewächshäusern verdienen die Anzuchthäuser, welche zur Zeit noch im Bau begriffen waren, Beachtung. Man hat hier unter Beibehaltung der spitzbogigen Form den Versuch gemacht, statt der eisernen Binder solche aus Holz einzuführen. Dieselben bestehen, wie in Abb. 32 auf Blatt 15 ersichtlich gemacht ist, aus einzelnen stumpf auf einander gesetzten und verlaschten Bohlenstücken, welche sich auf ein halbkreisförmig gebogenes, auf den niedrigen Umfassungsmauern mit den beiden Enden ruhendes Flacheisen auflegen, und mit diesem an den Berührungspunkten verschraubt sind.

Die von dem großen Handelsgärtner Linden in Gent ausgeführten Gewächshäuser, welche eine vortheilhaftere Verglasung zulassen, als die mit stetig gekrümmten Dachflächen versehenen

Gewächshäuser, sollen sich als Anzuchthäuser sehr gut bewähren. Es werden meist mehrere, etwa fünf, zu einer Gruppe verbunden und durch eine Sammelheizung, welche in Laeken unterirdisch angeordnet war, gemeinschaftlich erwärmt.

#### Lüttich.

Der botanische Garten in Lüttich, welcher in dem östlichen Stadttheile liegt, bildet ein von bebauten Strafsen eingeschlossenes, von Süden nach Norden mäfsig ansteigendes unregelmäßiges Fünfeck von 4,5 ha Gröfse.

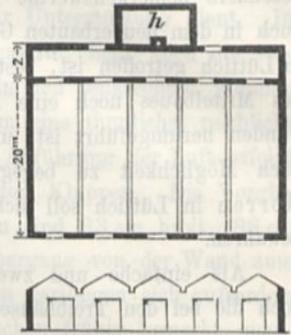
Die in zwei Hauptgruppen vereinigten Gewächshäuser nehmen den nördlichen Theil des Gartens ein und sind mit den Fronten fast genau gegen Süden gerichtet. Die Abbildungen 33 bis 35 auf Blatt 15 geben die Ansicht und den Grundrifs der Anlage, sowie einen Durchschnitt in gröfserem Mafsstabe. Das langgestreckte, an beiden Enden mit kurzen Flügelbauten und halbrunden Abschlüssen versehene Hauptgebäude steht auf einer mit Balustraden eingesäumten und durch Treppen und Rampen zugänglich gemachten hohen Terrasse und wird durch zwei gegen die Front kräftig hervortretende und hoch emporragende, von Galerien umgebene Achteckbauten, von denen der linksseitige als Palmenhaus, der rechtsseitige als Orangeriehaus dient, in seiner äußeren Erscheinung wirksam belebt. Der zwischen diesen befindliche Gebäudetheil enthält in der Mitte einen Vorflur mit Treppe, links vom Flur ein mit gekrümmtem Pultdach versehenes Gewächshaus für ostasiatische und rechts vom Flur ein ebenso geformtes für mexikanische und australische Pflanzen. Die übrigen Räume des Gebäudes dienen zu Unterrichtszwecken, zu Wohnungen für Gärtnergehülfen und zur Aufbewahrung der reichhaltigen Sammlungen des Herbariums.

Am Fusse der Terrasse breitet sich eine hufeisenförmig gestaltete Gruppe von Gewächshäusern aus, welche nach Muster des Warmhauses in Glasgow erst vor wenigen Jahren in Holz erbaut sind. Der nach der Tiefe langgestreckte, an den Ecken abgestumpfte Mittelbau derselben enthält das Aquarium, unter dessen hinterem Theile die Kessel der Warmwasserheizung sich befinden. Rechts und links vom Mittelbau schliefsen sich je zwei durch Glaswände getrennte Warmhäuser an. Der linksseitige Eckbau enthält tropische, der rechtsseitige Pflanzen des gemäßigten Klimas. Der an den ersteren sich rechtwinklig anschließende, in zwei Abtheilungen getheilte Flügelbau dient als gemäßigtes Haus, der entsprechende rechtsseitige, ebenfalls getheilte Flügelbau als Kalthaus.

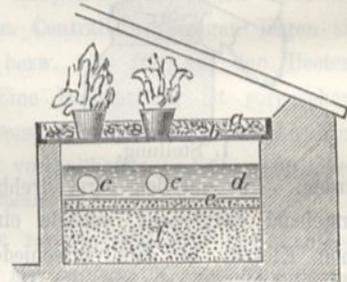
In den beiden Abschlussbauten der Flügel erfolgt die Verpflanzung der Gewächse, um die Gewächshäuser selbst stets rein zu erhalten. Eine ähnliche Anordnung ist auch bei den innerhalb des Hufeisens angeordneten Treibhäusern getroffen; dieselbe wurde von der Gartenverwaltung als sehr zweckmäfsig empfohlen. Aufser den Treibhäusern hat noch eine Anzahl von Glaskästen und Mistbeeten innerhalb des Hufeisens, ähnlich wie in Glasgow, Platz gefunden. Sämtliche Häuser haben eine einfache, aus weißem Glase bestehende Verglasung. Die aus Abb. 35 ersichtliche innere Einrichtung der Gewächshäuser stimmt im wesentlichen mit derjenigen des Warmhauses in Glasgow überein, nur dafs in Lüttich statt der aus Schiefer bestehenden Wasserbehälter in den Fußboden vertiefte muldenartige Becken aus Cement unter der Mittelstallage angeordnet sind. Die Gewächshausanlage in Lüttich kann in jeder Beziehung als eine durchaus gelungene und mustergültige bezeichnet werden.

#### Gent.

Von den zahlreichen Handelsgärtnereien, welche Gent besitzt, gilt als die bedeutendste die des Gärtners Linden. In dessen ausgedehnten Gartenanlagen befinden sich viele ältere und viele neuere Gewächshäuser von den verschiedensten Formen, entweder in Eisen, oder in Holz oder auch aus beiden Baustoffen zusammengesetzt. Die Verglasung ist meist eine einfache, nur bei wenigen älteren Häusern war noch eine doppelte, zum Theil aus halbgrünem Glase bestehende vorhanden. Die neuerdings erbauten Treibhäuser sind wie in Laeken in Gruppen von fünf bis zu acht errichtet und an dem einen Stirnende, wie nebenstehend dargestellt, mittels eines Ganges, an den sich die Sammelheizung anschlieft und in dem auch das Umpflanzen der Gewächse geschieht, mit einander verbunden, während an dem anderen Stirnende je eine Thür ins Freie führt. Die Außenwände sind mit Goudron gestrichen, um einerseits die Wärme thunlichst zusammenzuhalten, andererseits die Moosbildung an denselben zu verhindern.



Um in möglichst kurzer Zeit aus dem Samen Pflänzlinge zu erzeugen, werden die seitlichen Pflanzengerüste in den Anzuchthäusern neuerdings in nebenstehend gezeichneter Weise eingerichtet. Nach Angabe des dortigen Garteninspectors werden auf diese Weise überraschende Ergebnisse erzielt, so dafs jetzt in etwa zwei Jahren eine Pflanze ebenso weit gebracht wird, wie früher in fünf Jahren. Im übrigen boten die Gewächshäuser sowie die Treib-



a Koksasche, b Holzkasten,  
c Heizröhren, d Wasser,  
e Samen, f Sand.

häuser etwas Neues und von dem bereits Gesehenen Abweichendes nicht; dagegen erschien wahrhaft staunenswerth der Umfang des Betriebes und der Handelsbeziehungen einer solchen, nach großem Mafsstabe angelegten Gärtnerei, die nicht allein fast täglich nach den verschiedenen Erdtheilen große Mengen von Pflanzen verschickt, sondern auch dorthin fortwährend Pflanzen bezieht und zu diesem Zwecke in allen Erdtheilen besondere Reisende unterhält.

#### Leyden.

Einen kleinen, aber vortrefflich gepflegten botanischen Garten besitzt die alte Universitätsstadt Leyden. Das schon ältere Palmenhaus in demselben zeigt die bei dem botanischen Garten in Brüssel bereits besprochene Spitzbogenform, ist einfach verglast und wird mittels einer Warmwasserheizung erwärmt. Sodann verdient das erst vor kurzem vollendete, durch die Abb. 36 bis 39 auf Blatt 15 veranschaulichte, in Teakholz erbaute Anzuchthaus erwähnt zu werden, in welchem zur Herbeiführung einer beschleunigten Entwicklung der Pflanze aus dem Samen ähnliche Einrichtungen getroffen sind, wie in Gent. Das Gebäude zeigt ein auffallend flaches Satteldach, welches in der Absicht so gewählt ist, die Pflanzen der Glasfläche thunlichst nahe bringen zu können und den Unterschied zwischen der

Wärme im Scheitel einerseits und am Fusse des Daches andererseits möglichst einzuschränken. Das mit bedeutendem Kostenaufwande hergestellte und mit einer Warmwasserheizung versehene Gebäude kann als Muster derartiger Anlagen gelten. Die Thüren haben ohne Ausnahme kupferne Beschläge.

Schließlich erfordert noch besondere Beachtung das auf Blatt 15 in Abb. 40 u. 41 im Grundrifs und Durchschnitt dargestellte Farrenhaus, welches aus einem höher geführten, achteckigen, von massiven Wänden umschlossenen und mit Glas abgedeckten Mittelbau und einem den ersteren umschliessenden, ebenfalls mit Glas pultförmig abgedeckten und durch zwei Eingänge zugänglich gemachten niedrigen Anbau besteht. In dem mittleren Oberlichtraum, dessen Wände mit Tuffstein bekleidet sind, befinden sich die Farren, während der umschliessende, aus Pitch-pine-Holz hergestellte Anbau als Treibhaus für verschiedene Pflanzenarten dient. Wie der Director des botanischen Gartens mittheilte, sollen die Farren in dem mittels Warmwasserheizung erwärmten Oberlichtraum ganz vorzüglich gedeihen.

#### Amsterdam.

Der botanische Garten in Amsterdam besitzt nur ältere Gewächshäuser, welche entweder den Querschnitt des Palmenhauses in Leyden oder einen solchen mit gebrochener Dachfläche zeigen. Der First wird meist durch dünne, aus Gasröhren bestehende Säulen gestützt. Die Regenrinnen sind, wie Abb. 42 auf Blatt 15 zeigt, innen angeordnet; senkrechte Abfallröhren füh-

ren das Wasser in kleine Sammelbecken. Mit Ausnahme des Palmenhauses, welches eine doppelte Verglasung hat, sind sämtliche Gewächshäuser einfach verglast. Aehnlich wie in dem Farrenhause in Leyden, sind die Wände des Palmenhauses in Amsterdam mit Niedermendiger Lava bekleidet, auf welcher die verschiedenen Moose und Schlinggewächse in überraschender Ueppigkeit gedeihen. Die Erwärmung geschieht auch hier ausnahmslos mittels Warmwasserheizung.

#### Hannover.

Die älteren Gewächshäuser in dem botanischen Garten in Herrenhausen sind meist einfacher Art. Sie zeigen Satteldächer, sind in Holz und Eisen hergestellt, haben eine doppelte Verglasung und werden mittels Warmwasserheizung erwärmt. Die Lüftungsöffnungen in den Umfassungswänden können mittels runder Holzstöpsel geschlossen werden. Die neueren Treibhäuser, welche etwa 1 m in die Erde versenkt sind, haben einfache Verglasung. Die aus weißem Glase bestehenden Scheiben, von denen drei zwischen je zwei Bindern angeordnet sind, haben eine Breite von 37 cm.

Das neu erbaute Palmenhaus, von dem in Bezug auf Form und Bauweise dasselbe gelten dürfte, was weiter oben von dem Palmenhause des Berliner botanischen Gartens gesagt ist, kann hier füglich unerörtert bleiben, da dasselbe bereits mehrfach veröffentlicht ist.

F. Schulze.

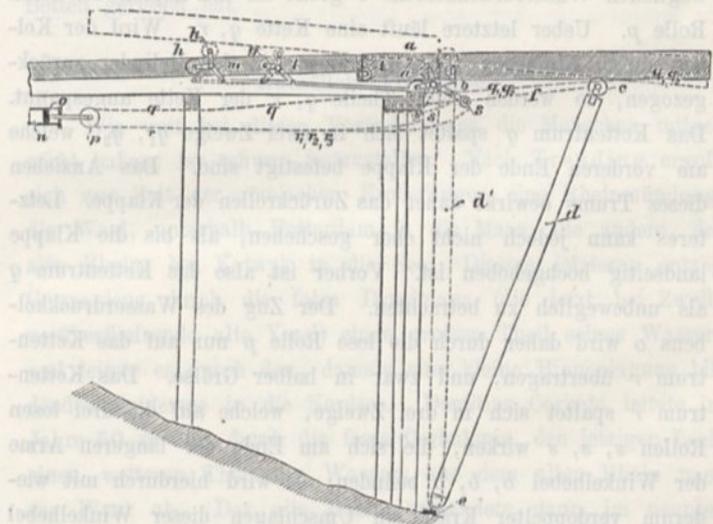
## Hölzerne Rollbrücken in Drontheim.

(Mit Zeichnungen auf Blatt 16 im Atlas.)

Ueber den Canalhafen in Drontheim, welcher den Bahnhof von der Stadt trennt, führen zur Vermittlung des Strafsenverkehrs drei auf Pfahljochen ruhende hölzerne Brücken von 9,5 bis 11,4 m Breite. Für den Schiffsverkehr sind bei denselben Oeffnungen von rund 10 m Weite in der Weise geschaffen, daß der mittelste Theil der Brücke aus zwei Klappen besteht, deren jede über den an ihrer Seite angrenzenden Theil der festen Fahrbahn zurückgerollt wird. Zu diesem Behufe ist die Fahrbahn der festen Theile etwas breiter und der Geländerabstand derselben etwas größer angelegt, als dies bei dem beweglichen Theil der Fall ist.

Eine dieser Brücken stellen die Zeichnungen auf Bl. 16 im Atlas dar. Danach sind die festen Theile der Brücke folgendermaßen angeordnet. Auf den in gewöhnlicher Art gebildeten Pfahljochen, deren Pfähle den auf S. 540 des Jahrgs. 1885 des Centralblattes der Bauverwaltung beschriebenen Schutz gegen den Seewurm durch Thonröhren erhalten haben, ruhen Längsbalken, welche eine doppelte Lage von Querbohlen tragen. Ueber dieser besteht die Brückendecke bei der Fahrbahn aus Schotter, während beim Fußgängerwege Längshölzer darüber gestreckt sind, die eine fernere Lage Querbohlen tragen. Die Klappen, deren Bewegung unabhängig von einander geschieht, sind in folgender Art gebildet. Jede Klappe besitzt drei eiserne Hauptträger. Bei jedem derselben bestehen Ober- und Untergurt aus je zwei Winkeleisen, das Gitterwerk aus Flacheisennetzwerk. Die Querträger sind hochkantige Bohlen, welche durch die Oeffnungen

des Netzwerks quer durchgesteckt sind. Auf diesen liegt bei der Fahrbahn doppelter Längsbelag, bei den Fußgängerwegen tragen Längszwischenträger einen Querbelag.



Wenn die Brücke geschlossen ist, so ruhen, wie in dem vorstehenden Holzchnitt besonders gezeichnet ist, die drei Hauptträger der Klappe mit ihren landseitigen Enden auf den drei Rollen *a, a, a* auf, welche sich an den kürzeren Armen der drei Winkelhebel *b, b, b* befinden. Letztere sind an den Köpfen der Balken des festen Brückentheils über dem letzten Pfahljoch drehbar gelagert. Eine zweite Unterstüzung für die drei Hauptträger

bilden auf etwa  $\frac{2}{3}$  der Länge derselben nach der Brückenmitte zu die drei Rollen  $c, c, c$ , welche ihrerseits sich am oberen Ende der drei Rundholzstreben  $d, d, d$  befinden. Diese drei Streben, welche durch Bleibekleidung gegen den Seewurm geschützt sind, stützen sich mit ihren unteren Enden auf die Cylinderlager  $e, e, e$ , um welche sie nach Zurückrollen der Klappe zurückschwingen und so die Oeffnung ganz freilegen. Die drei Streben sind durch quer und kreuzweis gerichtete Hölzer zu einem ganzen verbunden, führen also gemeinsam diese Schwingbewegung aus. Während die Brücke geschlossen ist, werden die drei Streben durch die Halteketten  $f, f, \dots$  in ihrer schrägen Stellung festgehalten und verhindert, nach der Mitte der Brücke zu umzufallen. — Das Oeffnen der Brücke geschieht, indem die Winkelhebel  $b, b, b$  in unten zu beschreibender Weise umgeschlagen und hierdurch die Rollen  $a, a, a$  hochgehoben werden; damit wird auch das landseitige Ende der Klappe gehoben, welches auf diesen Rollen ruht. Gleichzeitig tauchen aus den Fußgängerwegen der festen Brückentheile jederseits die Rollen  $g, h, g, h$  auf, welche sich an den kürzeren Armen der Winkelhebel  $l, l, m, m$  befinden. Die längeren Arme der letzteren sind nämlich durch Gelenkstangen so mit den Winkelhebeln  $b, b$  verbunden, daß sie den Bewegungen derselben folgen müssen. Dann rollt die Klappe auf der durch die Rollen  $c, a, g, h$  bezeichneten, etwa um 1:14 geneigten Ebene rückwärts in die Höhe und zieht, sobald sie soweit gelangt ist, daß sie auf den Rollen  $c, c, c$  nicht mehr aufruht, die schrägen Streben  $d, d, d$  durch entsprechend angebrachte (in der Zeichnung fortgelassene) Ketten mit zurück. Zu bemerken ist, daß die Rollen  $g, h$  nur je zweimal vorhanden sind, und zwar unter den äußeren Hauptträgern der Klappe, daß also der mittlere Hauptträger derselben bei geöffneter Brücke am landseitigen Ende nicht unterstützt ist. Wegen der großen Steifigkeit der Klappe ist dies unschädlich.

Die Bewegungen werden durch Wasserdruck unter Vermittlung von Ketten bewirkt. Die Stange des im Cylinder  $n$  beweglichen Wasserdruckkolbens  $o$  greift an den Zapfen der losen Rolle  $p$ . Ueber letztere läuft eine Kette  $q, r$ . Wird der Kolben durch Einlassen von Druckwasser in den Cylinder zurückgezogen, so werden beide Theile  $q, r$  der Kette angespannt. Das Kettentrum  $q$  spaltet sich in zwei Zweige  $q_1, q_2$ , welche am vorderen Ende der Klappe befestigt sind. Das Anziehen dieses Trums bewirkt daher das Zurückrollen der Klappe. Letzteres kann jedoch nicht eher geschehen, als bis die Klappe landseitig hochgehoben ist. Vorher ist also das Kettentrum  $q$  als unbeweglich zu betrachten. Der Zug des Wasserdruckkolbens  $o$  wird daher durch die lose Rolle  $p$  nur auf das Kettentrum  $r$  übertragen, und zwar in halber Größe. Das Kettentrum  $r$  spaltet sich in drei Zweige, welche auf die drei losen Rollen  $s, s, s$  wirken, die sich am Ende der längeren Arme der Winkelhebel  $b, b, b$  befinden; es wird hierdurch mit wiederum verdoppelter Kraft ein Umschlagen dieser Winkelhebel und somit ein Heben der Rollen  $a, a, a$  sowie der Klappen bewirkt. Gleichzeitig heben sich, wie oben beschrieben, durch die Verbindung der Winkelhebel  $l$  und  $m$  mit  $b$  auch die Rollen  $g, g, h, h$ . Die Klappe ist nun an ihrem landseitigen Ende frei, folgt daher nunmehr dem Zuge des Kettentrums  $q$ , während das am Ende seiner Bewegung angelangte Kettentrum  $r$  alsdann unbeweglich ist. Die Kraft, mit welcher der Zug des

Kettentrums  $q$  erfolgt, ist halb so groß und die Geschwindigkeit, mit welcher er erfolgt, doppelt so groß, als bezw. Kraft und Geschwindigkeit des Wasserdruckkolbens. — Das Schließen der Brücke geschieht durch langsames Ablassen des Druckwassers. Es genügt hierzu das eigene Gewicht der Klappe und die Neigung der Rollenbahn.

Die beiden Hähne, durch welche die Cylinder beider Klappen bedient werden, befinden sich, indem der eine von ihnen durch eine Unterwasserleitung mit dem zugehörigen Cylinder verbunden ist, auf demselben Ufer und können daher unmittelbar nach einander durch einen Mann besorgt werden. Oeffnen und Schließen der Brücke erfordert denn auch nur eine sehr kurze Zeit, je etwa eine Minute. Der Vorgang erinnert durch die Geschwindigkeit und Genauigkeit, mit welchen er bei dem Mangel jeglicher äußerlich sichtbaren Bewegungsvorrichtung geschieht, an eine Verwandlung auf dem Theater. Der bedienende Arbeiter dreht rasch nach einander die beiden Hähne auf. Die beiden Klappen kippen hoch, während gleichzeitig Thorbäume an den Seiten vorschwingen, welche durch Stricke mit den Hebeln  $b, b$  in Verbindung stehen und die Rollen  $g, g, h, h$  aus Oeffnungen der Fußgängerwege auftauchen, indem sie die eisernen Klappen, welche diese sonst bedecken, selbst nach oben aufschlagen machen. Nun rollen die Brückenklappen in die Höhe und ziehen die Streben nach sich. Mit gleicher Schnelligkeit und Genauigkeit erfolgt der Schluß. Dabei ist die Einfachheit der zur Verwendung gekommenen mechanischen Vorrichtungen zu bewundern.

An Besonderheiten ist noch zu bemerken, daß zum Betriebe der Cylinder das Wasser der städtischen Wasserleitung dient, welches 5 bis 7 Atmosphären Druck aufweist. Die Druckcylinder haben bei den drei Brücken 31,5 bis 36,5 cm Durchmesser und 3,8 m Länge. Während die Winkelhebel  $b, b, b$  ein Hochkippen der Klappen bewirken, werden letztere durch das gleichzeitig stark angespannte Kettentrum  $q$  an die Stirnen der festen Brückentheile angepreßt, wodurch ihrem Hochgleiten sich eine starke Reibung entgegensetzen muß. Um diesem Uebelstande zu begegnen, tragen die Klappen an ihrer landseitigen Stirn Reibungsrollen  $t, t$  (nur in der obigen Holzschnittfigur angegeben), welche an entsprechenden Schienen der Stirn des bezüglichen festen Brückentheils hochrollen.

Sehr günstig bei diesen Rollbrücken ist die sichere Unterstützung der Klappen bei geschlossener Brücke, da bei dem Hinüberrollen von Wagen sich kaum die Spur einer Erschütterung wahrnehmen läßt. Ferner erscheint es als wesentlicher Vortheil, daß man die ganze Bewegungsvorrichtung sehr bequem von der Unterseite der Brücke beobachten und daher auch vorkommendenfalls leicht ausbessern bezw. erneuern kann. — Im Winter haben sich trotz des in Drontheim reichlich vorhandenen Schnees und Eises die Brücken vortrefflich bewährt. Die große Kraft des Wasserdrucks bricht leicht die landseitigen Enden der Klappen los, wenn diese etwa festgefroren sind, und die Klappen selbst schieben den auf den festen Brückentheilen liegenden Schnee zurück.

Die Kosten je einer dieser Brücken haben einschließlichsämtlicher Bewegungsvorrichtungen im Durchschnitt 23000  $\mathcal{M}$  betragen. Erbaut sind sie von dem Stadttingenieur Herrn Dahl in Drontheim, dessen sehr entgegenkommenden eingehenden Mittheilungen die vorstehenden Aufzeichnungen entnommen sind.

W. Cauer.

## Die Entwicklung der Abwässerungs-Verhältnisse des holländischen Rheinlands.

(Mit Zeichnungen auf Blatt 17 im Atlas.)

Obgleich über einzelne Polder des holländischen Rheinlands, über das Haarlemermeer, Lütkemeer usw. bereits zahlreiche Aufsätze in deutschen Fach-Zeitschriften vorhanden sind, so fehlt doch, soweit bekannt, bis jetzt eine Darstellung der gemeinsamen Wasserverhältnisse dieses Theils der Provinz Südholland, dessen Grenzen ungefähr durch die Städte Haag, Gouda, Utrecht, Amsterdam und Ymuiden bestimmt sind. Die Entwicklung derselben ist aber gerade für uns von hervorragender Bedeutung, weil sie in günstigem Gegensatz zu der Geschichte unserer nordfriesischen Marschen steht und uns lehrt, daß dieselben zwar vor Zeiten durch die Uneinigkeit ihrer Bewohner dem Untergange preisgegeben, doch heute noch durch planmäßiges und gemeinsames Vorgehen vom Meere zurückerobert werden können. Es soll daher im folgenden unternommen werden, einerseits im Anschluß an die einschlägige, zum Schluß aufgeführte Literatur, andererseits auf Grund eigener Anschauung des Verfassers eine Uebersicht dieser Entwicklung zu geben. Wenn dabei das von den holländischen Ingenieuren Conrad, Reuvens und Stieltjes über die besagten Verhältnisse im Jahre 1868 erstattete Gutachten eine besonders eingehende Berücksichtigung finden wird, so erscheint dies dadurch gerechtfertigt, daß dasselbe sich heute in allen Theilen als stichhaltig erwiesen hat und für die zukünftigen wasserbaulichen Maßnahmen als Richtschnur dienen wird. Daß die Bedeutung dieses Gutachtens auch in Holland gewürdigt wird, erhellt schon daraus, daß dem inzwischen verstorbenen Conrad in der Kirche zu Haarlem ein Marmordenkmal gesetzt ist mit der Inschrift: „Dem Besieger der Stürme und Wellen.“

### Geologische Verhältnisse.

In der Zeit der älteren Schwemmlandsbildungen erstreckte sich die Meeresküste Nordwestdeutschlands in einer geschlossenen Linie vom Blaavandshuk in Jütland über Sylt, Helgoland, Terschelling und Texel in fast gerader Linie bis nach Ostende. Sie ragte steil aus dem Meere empor, war durch eine geschlossene Dünenkette eingefast und wurde nur durch die Mündungen einerseits der mit der Oder und Weichsel vereinigten Elbe, andererseits der vereinigten Flüsse Schelde, Maas und Rhein durchbrochen. Durch die sagenhafte cimbrische Fluth — eine Erdbewegung, die gleichgerichtet mit dem Streichen des rheinischen Schiefergebirges und des Harzes erfolgte —, wurden die Weichsel und Oder von der Elbmündung abgeschnitten, die Landenge von Dover durchbrochen und die ganze nordwestdeutsche Küste unter die Oberfläche des Meeres versenkt. Von der früheren Steilküste ragte nur noch die Dünenkette aus dem Meere empor, hinter ihr lag eine große Lagune. Die Flüsse durchschlichen diese in tragem, vielfach wechselndem Lauf und durchbrachen jene bei allzu hohem Aufstau bald hier bald dort. Die Sinkstoffe, welche sie früher an der offenen Steilküste nicht hatten absetzen können, brachten sie nun in der Lagune zur Ablagerung. So schichteten sie, stets wechselnd in Richtung und Geschwindigkeit, auf ein und derselben Stelle groben Sand, feinen Schlick und zerriebenen Kalk der Muschelschalen über einander, und wenn dann die Stelle der Strömung des Wassers

für eine Zeit lang entzogen war, so wuchsen aus dem Grunde die Algen und Tange hervor, verfilzten sich zu dichten Torfschichten und wurden endlich wieder mit Sand und Schlick zudeckt. So entstand aus der Tiefe des Meeres das Watt. Aber kaum tauchte es über dem Ebbespiegel auf, so bedeckte sich der leicht bewegliche Boden unter dem Einfluß der Luft mit den Wurzelfasern der Wasserfäden. Die Oberfläche wurde verfilzt, fing bei der nächsten auflaufenden Fluth neue Schlammtheile, entwickelte eine neue Pflanzendecke und wuchs mehr und mehr empor. Und je nach der Höhenlage gediehen neue höher entwickelte Pflanzen: Queller und Riete — noch echte Salzpflanzen —, Binsenlilie und Andel, ein köstliches Futtergras, und zuletzt der weisse Klee. — Dann war das Land zur Eindeichung reif.

### Wirkung des Meeres und der Flüsse.

Indessen wurde diese Landbildung vielfach wieder unterbrochen. An der äußeren Küste nagten die Brandung und der Sturm, zertrümmerten den festen Schutzwall der älteren Bodenbildungen, spülten die Feinerdetheile in die Tiefe des Meeres und trieben die gröberen Sande über die Dünen weg in die Lagune hinein. Die Dünen wanderten langsam rückwärts, und unaufhaltsam drang die See vor, bis der Mensch ihr durch gewaltige Strand- und Dünenbefestigungen ein Ziel setzte. In der Lagune aber wühlten gleichzeitig die Ströme, zerstörten das neu entstandene Land und bildeten es aufs neue.

Was im besonderen den Rhein betrifft, so steht es nach Staring ziemlich fest, daß jener zur Römerzeit bei Katwyk in die See geflossen ist, dann aber nach der Verlandung dieser Mündung um das Jahr 900 n. Chr. sich südlich nach der Maas und nördlich durch das Haarlemermeer nach dem Y neue Betten gerissen hat.

### Künstliche Flußläufe.

Wie weit bei diesen Veränderungen die Menschen mitgewirkt haben, ist schwer festzustellen. Nach Treuding ergoß sich zur Zeit der römischen Eroberungen eine Rheinmündung, die Waal, unterhalb Rotterdam in die Maas, die andere, der alte Rhein, bei Katwyk in die See. Diesem letzteren entzog Germanicus durch die fossa Drusiniana (die jetzt bei Zwolle vorüberfließende alte Yssel) einen großen Theil seines Wassers und leitete es durch den, damals eine kleine Binnenlagune bildenden Zuidersee in die Nordsee. Domitius Corbulo leitete im Jahre 50 n. Chr. durch die fossa Corbulonis, den jetzigen Leck, einen weiteren Theil des Wassers aus dem alten Rhein nach der Waal ab. Der alte Rhein versandete dann im neunten Jahrhundert völlig. Später trennte sich vom Leck die holländische Yssel von Vreeswyk aus nach Norden ab und vereinigte sich mit ihm wieder bei Krimpen oberhalb Rotterdam.

Auf den höchsten Stellen der Watten, welche von alters her den Hirten zum Schutz gegen Hochfluthen dienten, entstanden allmählich geschlossene Ansiedlungen, Burgen und Städte. Leyden, Haag, Haarlem u. a. sind auf solchen Werdern erbaut.

### Erste Eindeichungen.

Etwa um das Jahr 1000 n. Chr. wurde dann mit der Eindeichung einzelner reifer Wattflächen begonnen — zuerst durch niedrige Sommerdeiche, dann, als diese allzu oft durch Sturmfluthen zerstört und durch tiefe Poele (Pfuhe) unterwühlt wurden, durch hochwasserfreie Winterdeiche. Uebrigens wurde zunächst ganz regellos vorgegangen. Wo sich eine hohe Wattinsel erhob, wurde sie mit einem Ringdeich umschlossen und mittels Siele bei niedrigen Wasserständen in den nächsten Poel oder Flusarm entwässert. Allmählich näherten sich jedoch die einzelnen Ringdeiche einander, und nun galt es, die entgegenstehenden Anforderungen der Einzelnen dem Vortheile der Gesamtheit unterzuordnen. Es wurden daher gröfsere Polderverbände, Wasser-Genossenschaften gegründet, und zwar die Hoogheemraadschap Rijnland schon vor 1255, Schieland 1273 durch Graf Floris V. und Amstelland 1525 durch Kaiser Karl V. Die Aufgabe derselben bestand in der Beaufsichtigung und Unterhaltung aller gemeinsamen Werke, der Deiche und Siele, der Dünen, Brücken und Wege, der gemeinsamen Wasser-aufnahmebecken (Busencanäle), sowie der Verveenung der Torfmoore.

Aufser den einzelnen Polderdeichen wurden für gröfsere Bezirke (Bane) gemeinsame Bandeiche höher als die übrigen aufgeführt, um gegen aufsergewöhnliche Hochfluthen geschlossene Vertheidigungslinien zu bilden. So sind z. B. der südliche Deich des alten Rheins und der nördliche der holländischen Yssel noch jetzt Bandeiche, deren Kronen auf + 0,95 m A. P. liegen, während die Kronenhöhe der übrigen Polderdeiche zwischen — 0,22 und + 0,70 m A. P. schwankt.

Eine große Gefahr lag in dem Zusammensinken des aufgeschlemmten Wattbodens. Man muß annehmen, daß die zur Eindeichung reifen Watten ursprünglich mindestens 0,3 m über mittlerer Fluth = + 1,2 m A. P. gelegen haben. Da die Polder jetzt durchschnittlich auf — 1,5 m A. P. liegen, so erhellt daraus eine mittlere Senkung von 1,8 m. Dieselbe ist daraus zu erklären, daß die feinen Schlicktheile allmählich in die gröberen Sandschichten eingeschlemmt und die trockenen Torfschichten in sich selbst zusammengesunken, sowie daß zur Herstellung der mächtigen Deiche große Bodenmassen aus den Poldern abgegraben sind. Zur Abwehr der hieraus erwachsenden Gefahren wurde von den Genossenschaften bestimmt, daß jedes gegrabene Loch mit Ausnahme der Torfstiche sofort wieder mit anderem Boden ausgefüllt, jeder Torfstich aber nach seinem Abbau trocken gelegt und landwirthschaftlich genutzt werden müsse.

### Abwässerung des Rheinlandes bis zum Jahre 1804.

Was nun insbesondere die Rheinlandsgenossenschaft betrifft so wurde dieselbe nach erfolgtem Durchbruch der Nordsee in die Zuidersee gegen Norden hin durch das Y begrenzt. Nach dem Uebersichtsplan auf Blatt 17 umfaßte sie von der Stadt Amsterdam aus den Sloterbinnenpolder, den Oosteinderpoel, die Westeinderplassen, den Nieuwekoop en Noordenpolder, wurde dann vom alten Rhein begrenzt und erstreckte sich über Leyden bis Katwyk. An größeren Meeren befanden sich darin das Haarlemmer-, Lütke-, Slotter-, Brassemermeer, der Oosteinderpolder u. a. Dieselben dienten als Wasserbehälter (Busen) für die kleineren, dazwischen liegenden Polder, sie entwässerten einerseits bei Spaarndam und Halfweg mittels Schleusen unmittelbar in das

Y, andererseits auf der ganzen südlichen Grenze in den alten Rhein, der wiederum durch das Haarlemmermeer mit den Y-Schleusen in Verbindung stand. Der alte Rhein nahm außerdem noch das Polderwasser der weiter östlich gelegenen Woerdener Genossenschaft in unbeschränkter Weise auf und führte es dem Y zu, leitete dagegen das noch weiter oberhalb in der Provinz Utrecht aufgenommene Wasser bereits oberhalb der Woerdener Genossenschaft wieder ab; derselbe nahm auch das Polderwasser der südlich gelegenen Wassenaar-, Vliet- und Hazerswoude-Genossenschaften, jedoch mit der Beschränkung auf, daß die betreffenden Schleusen im Rheindeich geschlossen werden mußten, sobald der alte Rhein den Wasserstand von — 0,275 m A. P. erreichte. Da diese drei Genossenschaften weiter keine Abwässerung besaßen, so stieg das Wasser in ihren Busencanälen alsdann bald hoch an und verursachte große Beschwerden.

Ganz besonderer Art waren endlich die Verhältnisse der Gouwe-Genossenschaft. Dieselbe wässerte von alters her in die holländische Yssel bei Gouda ab. Da sie jedoch darin wegen der Höhe der mittleren Ysselstände sehr behindert war, so schloß sie folgenden Vertrag mit der Rheinlands-Genossenschaft. Sie durfte nach dem alten Rhein abwässern so lange dieser tiefer als — 0,275 m A. P. stand, mußte aber das Wasser des Rheinlands aufnehmen, so lange die Gouwe tiefer als — 0,35 m A. P. stand. Sobald jedoch einerseits die Gouwe höher als — 0,35 m, andererseits der alte Rhein höher als — 0,275 m angestaut war, so wurde die Gouwesche Schleuse im alten Rheindeich geschlossen und jede Genossenschaft auf sich selbst angewiesen.

Die Abwässerung des Rheinlands war also nur durch die beiden Schleusen bei Spaarndam und Halfweg unbeschränkt möglich. Die Unzulänglichkeit derselben zeigte sich immer mehr, als im Laufe der Zeit die großen Binnenmeere, die bis dahin als Sammelbecken gedient hatten, eins nach dem andern trocken gelegt wurden.

Nachstehend ist das Jahr der Trockenlegung für einige größere Polder angegeben:

Soetermeerpolder, trocken gelegt im Jahre . . . . .	1614
Lisserpoelpolder „ „ „ . . . . .	1622
Hemmeerpolder <sup>1)</sup> „ „ „ . . . . .	1624
Sloterdykermeerpolder „ „ „ . . . . .	1641
Stommeerpolder „ „ „ . . . . .	1650
Wassenaarpolder „ „ „ . . . . .	1666
Driemanspolder „ „ „ . . . . .	1668
Googerpolder „ „ „ . . . . .	1715
Damhouderpolder „ „ „ . . . . .	1736
Grietpolder <sup>2)</sup> „ „ „ . . . . .	1741
Vierambachtpolder „ „ „ . . . . .	1736/44
Gelderwoudpolder „ „ „ . . . . .	1759/65
Palensteinpolder „ „ „ . . . . .	1760/62
Nieuwedrooggenpolder „ „ „ . . . . .	1771
Grootdrooggenpolder „ „ „ . . . . .	1771
Veender en Lykerpolder „ „ „ . . . . .	1784
Aalanderveenpolder „ „ „ . . . . .	1786/88
Nieuwekoop polder „ „ „ . . . . .	1797/1809
Akkerslootpolder <sup>3)</sup> „ „ „ . . . . .	1816
Huiszitterpolder „ „ „ . . . . .	1850

1) Auf dem Plane mit *b* bezeichnet.

2) „ „ „ „ *d* „

3) „ „ „ „ *e* „

Haarlemmermeerpolder trockengelegt im Jahre . . . . .	1852
Schinkelpolder „ „ „ . . . . .	1858
Lütkeameerpolder „ „ „ . . . . .	1864
Blankartspolder 1) „ „ „ . . . . .	1865
Oosteinderpoelpolder „ „ „ . . . . .	1866
Ookmeerpolder „ „ „ . . . . .	1874.

#### Abwässerung des Rheinlandes von 1804 bis 1868.

Diese Verkleinerung der Wassersammelbecken des Rheinlandes führte dazu, daß in den Jahren 1804 bis 1807 die Dünen bei Katwyk durchstochen und Schleusen zur natürlichen Abwässerung erbaut wurden. Da hierdurch die Wassersnoth bedeutend eingeschränkt wurde, so nahm man demnächst keinen Anstand, mit einer weiteren Verkleinerung der Sammelbecken vorzugehen. Namentlich wurde im Jahre 1852 das 18 060 ha große Haarlemmermeer trockengelegt, wodurch die Größe der gemeinsamen Busencanäle des Rheinlandes von 22 500 ha auf 4300 ha vermindert wurde. Freilich wurde zu gleicher Zeit für eine künstliche Entwässerung des Rheinlandsbusens durch Erbauung von Dampfschöpfwerken neben den Schleusen von Halfweg, Spaardam und Gouda Sorge getroffen, indessen genügten dieselben nicht, um den Wasserstand in den Busencanälen stets genügend tief zu erhalten. Besonders ungünstig gestalteten sich die Abwässerungs-Verhältnisse im Winter 1866/67, während dessen der regelrechte Winterpeil des Busens von — 0,40 m A. P. fast stets, und der von — 0,275 m während langer Zeiträume überschritten war, sodaß namentlich die Genossenschaften von Wassenaar, Vliet, Hazerswoude und Gouda bei dem alsdann bestehenden Verbot der Wasserzuführung auf den Rheinlandsbusen arge Beschwerden zu ertragen hatten.

#### Gutachten von Conrad, Reuvens und Stieltjes.

Infolge dessen wurden die Wasserbaubeamten Conrad, Reuvens und Stieltjes zu einem Gutachten darüber aufgefordert, mit welchen Mitteln der regelrechte Winterpeil von — 0,40 m A. P. dem Rheinlandsbusen unter allen Umständen gewahrt werden könne. Dieses Gutachten soll im folgenden in seinen Grundzügen mitgeteilt werden, doch ist, dem vorliegenden Zwecke entsprechend, die Reihenfolge der Entwicklungen etwas geändert worden. Die zeichnerischen Beigaben sind nach den umfangreicheren Tabellen des Werkes: „Het verzekeren van een vasten boezemstand aan Rijnland; beschouwd door Conrad, Reuvens en Stieltjes, Alkmaar 1868“ aufgetragen, die Uebersichtskarte ist nach der Waterstaatskaart van Nederland, Haag 1865/79, angefertigt.

Das Gutachten unterscheidet zunächst diejenigen Mittel, welche die Rheinlands-Genossenschaft selbst auf ihrem eigenen Gebiete anwenden kann, von denjenigen, deren Anwendung von Verhandlungen mit fremden Genossenschaften abhängt.

Zu ersteren rechnet es die Begradigung und Erweiterung der Busencanäle, die Erweiterung und Vermehrung der Entwässerungs-Schleusen und Schöpfwerke, die Beseitigung von zwei Walkmühlen und mehreren Spülcanälen bei Gouda, welche ihr Betriebs- bzw. Spülwasser aus der holländischen Yssel entnahmen und in den Gouwebusen ablaufen ließen, sowie die Beseitigung der Leidschen Dammschleuse, welche das Spülwasser für die Grachten der Stadt Leyden aus dem höher gelegenen

1) Auf dem Plane mit *a* bezeichnet.

Schielandsbusen entnahm und in den Rheinlandsbusen abführte. Hierzu rechnet es auch die Beseitigung der lästigen Bestimmung, daß die Abwässerung der südlich vom alten Rhein liegenden Genossenschaften nach dem Rheinland nur bei niedrigeren Wasserständen als — 0,275 m A. P. stattfinden durfte, — übrigens eine Bestimmung, die von selbst fortfiel, sobald in Zukunft der Rheinlandspeil wirklich auf — 0,40 m A. P. dauernd erhalten werden konnte.

Was die Mittel anbetrifft, deren Anwendung von Verhandlungen mit fremden Genossenschaften abhing, so weist das Gutachten darauf hin, daß die Erfolge der Rheinlands-Genossenschaft wesentlich beeinflusst wurden durch die Entwürfe der Abschließung des Y bei Schellingwoude, der holländischen Yssel an ihrer Ausmündung in den Leek u. a.

Das Gutachten giebt dann folgende Grundlagen:

#### a) Größe der Busencanäle usw.

Die Größe der Busencanäle des gesamten Rheinlands beträgt . . . . . 3641 ha  
davon entfallen auf den Gouwebusen . . . . . 74 ha  
auf die drei andern südlichen Genossenschaften 170 „  
zusammen 244 ha  
es verbleiben also für die Busencanäle des nördlichen Rheinlands einschließlich der Woordener Genossenschaft mit 163 ha . . . . . 3397 ha,  
welche mit einander ohne jedes Hindernis in offener Verbindung stehen.

Wenn das Wasser höher als — 0,40 m A. P. steigt, so überschwemmt es noch einen Theil des an den Busencanälen liegenden, uneingedeichten Vorlandes und zwar etwa 1500 ha, welche tiefer als — 0,25 m A. P. liegen. Auf diesen Flächen sammelt sich das Niederschlagswasser der ganzen Rheinlands-Genossenschaft einschließlich Woerden, und zwar

von Dünengelände . . . . .	10 821 ha
eingedeichten Polderländereien des Rheinlands . . . . .	76 719 „
uneingedeichten Busenländereien „ „ . . . . .	14 442 „
Busencanälen „ „ . . . . .	3 641 „
Polder- und Busenländereien der Woordener Genossenschaft . . . . .	16 827 ha
zusammen	122 450 ha

oder mit Ausschluß des Dünengeländes und der Busencanäle . . . . . 107 988 ha

Daraus ergibt sich das Verhältniß der Busencanäle zu den Polder- und Busenländereien wie 1:29,66. Dies ist sehr günstig, denn es stellt sich beispielsweise für die Genossenschaften von Schermesland in Nordholland . . auf 1:38,75,  
„ Amstelland . . . . . „ 1:50,10,  
„ Schieland . . . . . „ 1:77,46.

Sehr ungünstig ist das vorstehende Verhältniß jedoch für die südlich vom alten Rhein liegenden Genossenschaften, sobald die Rheindeich-Schleusen geschlossen sind, nämlich

für die Gouwe-Genossenschaft . . . . .	1:94,48,
„ „ Vliet- „ . . . . .	1:73,82,
„ „ Wassenaar- „ . . . . .	1:124,75,
„ „ Hazerswoude- „ . . . . .	1:198,00,

während es sich dann gleichzeitig für den nördlichen Theil der Rheinlands-Genossenschaft um so günstiger stellt, nämlich 1:25,10.

Demnach ist eine Vergrößerung der Oberfläche der Busencanäle nicht erforderlich, wohl aber müssen Mafsregeln getroffen werden, durch welche eine stetige Verbindung der südlichen Genossenschaften mit dem nördlichen Theil des Rheinlands gesichert wird.

b) Entwässerungs-Schleusen der Busencanäle.

Die Abmessungen der Entwässerungs-Schleusen zu Halfweg, Spaarndam, Katwyk und Gouda sind aus den betreffenden Zeichnungen auf Blatt 17 zu ersehen.

c) Schöpfwerke der Busencanäle.

Desgleichen sind dort die Schleusen der Schöpfwerke zu Halfweg, Spaarndam und Gouda dargestellt. Die Umfangsgeschwindigkeiten der Schöpfräder in einer Minute sind eingeschrieben.

d) Windmühlen der Polder.

Um das Wasser aus den Poldern auf den Rheinlandsbusen zu heben, arbeiten

im nördlichen Theil und Woerden . . .	171 Windmühlen,
„ südlichen „ „ „ „ . . .	86 „
zusammen	257 Windmühlen

mit einer Ruthenlänge von durchschnittlich 22,12 m. Aus Versuchen von Douwes 1775, Grinwis 1821, Kros 1839, Brünings 1735 u. a. wird abgeleitet, dafs solche Mühlen bei einem Winddruck von 0 bis 2,5 kg auf 1 qm noch nicht arbeiten können,

bei 2,5 bis 5 kg auf 1 qm (schwacher Mahlwind) 10 cbm in der Minute 1 m hoch heben,

bei 5 bis 10 kg (steifer Mahlwind) desgleichen . . . 23 cbm,

bei 10 bis 15 kg (sehr starker Mahlwind) „ . . . 38 cbm,

bei 15 kg und mehr (Sturm) nicht mehr arbeiten können.

e) Dampfschöpfwerke der Polder.

Aufser den obigen Windmühlen heben noch mehrere Dampfschöpfwerke das Polderwasser auf den Rheinlandsbusen und zwar

1. aus dem Lütkemeer hebt eine Gwynne'sche Schwungmaschine in der Minute 15 cbm oder in 24 Stunden 21 600 cbm 3,9 m hoch;

2. aus dem Oosteinderpoel heben 2 ebensolche Maschinen zusammen in der Minute 56 cbm oder in 24 Stunden 80 640 cbm 4 m hoch;

3. aus dem Haarlemermeer heben 3 Schöpfwerke,	
in Leeghwater in 24 Stunden	382 080 cbm,
in Cruquius „	406 224 „
in Lijnden „	432 432 „
zusammen	1 220 736 cbm 4,55 m hoch.

Ausnahmsweise und gewöhnliche Umstände der Wasserbeschwerden.

Nachstehende Umstände sind für die folgende Berechnung nicht weiter berücksichtigt:

1. dafs an einem einzelnen Tage gleichzeitig jede natürliche Entwässerung der Busencanäle durch die Schleusen infolge hohen Wasserstandes der Nordsee gehemmt wird, dabei Regen in größter Menge fällt und aus den Poldern auf die Busencanäle geschöpft wird, und dafs all dieses Wasser nun an demselben

Tage durch Schöpfwerke aus dem Busen in die See fortgeschafft werden soll,

2. dafs die ungünstigsten Zeiträume des Wasserzufflusses auf die Busencanäle, welche jemals beobachtet sind, unglücklicherweise mit den ungünstigsten Zeiträumen des Wasserabflusses aus den Busencanälen, welche zu irgend einer andern Zeit beobachtet sind, zusammenfallen könnten.

Vielmehr sind dem Gutachten nur die wirklich eingetretenen ungünstigsten Zeiträume des Winters 1866/67 zu Grunde gelegt, und zwar ist

I. angenommen, dafs die Zeiträume des stärksten Wasserzufflusses auf den Busen, welche im Winter 1866/67 wirklich vorgekommen sind, möglicherweise mit den Zeiträumen beschwerlichen (aber nicht vollständig gehinderten) natürlichen Wasserabflusses durch die Schleusen, welche zwar gleichfalls im Winter 1866/67, aber zu irgend einer andern Zeit, wirklich vorgekommen sind; hätten zusammenfallen können. Aber auch dieser Fall ist als ein ausnahmsweiser bezeichnet und nur zum Ueberblick durchgerechnet.

II. Dem Gutachten sind vielmehr schliesslich lediglich diejenigen, durchaus nicht ungewöhnlichen Fälle des Zu- und Abflusses zu Grunde gelegt, deren gleichzeitiges Auftreten im Winter 1866/67 die Wasserbeschwerden wirklich verursacht hat.

Berechnung zu I.

Den Berechnungen zu I sind viertägige Zeiträume zu Grunde gelegt, weil im Winter 1866/67 ein besonders starker Wasserzuffluss oder ein besonders beschränkter Abfluss längere Zeit als vier Tage hindurch nicht angedauert hat.

a) Berechnung der stärksten Wasserzufflussmengen.

α. Durch die Windmühlen.

Viertägige Zeiträume, in denen die Windstärke also auch die Wasserzufuhr durch die Windmühlen andauernd am größten war, sind am 13. bis 16. November, am 7. bis 10. December, am 26. bis 29. December und am 5. bis 8. Februar gewesen.

Für den Durchschnitt dieser Zeiträume ist

gemessen	also berechnet eine
ein Winddruck	Fördermenge in der
von	Minute von
0—2,5 kg	0 cbm 0 Stunden lang
2,5—5 „	10 „ 7 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> „ „
5—10 „	23 „ 36 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> „ „
10—15 „	38 „ 35 „ „
15—mehr	0 „ 17 „ „
	zusammen 96 Stunden = 4 Tage.

Darnach können in diesen Zeiträumen der stärksten Winde

1. Durch die 257 Windmühlen des ganzen Rheinlands  
 $257 [7\frac{1}{2} \cdot 10 + 36\frac{1}{2} \cdot 23 + 35 \cdot 38] \cdot 60 = 34\ 610\ 190$  cbm,

2. durch die 171 Mühlen des nördlichen Rheinlands und Woerden  $\frac{171}{257}$  der vorigen Menge . . . = 23 028 570 cbm,

3. durch die 40 Mühlen von Woerden allein  $\frac{40}{257} \cdot \dots = 5\ 386\ 800$  cbm

durchschnittlich auf den Busen gehoben sein.

Da aber bei den obigen stark schwankenden Windstärken sechs Stunden täglich für das Drehen in den Wind, Reffen der Windsegel, Schmierens des Gangwerks usw. in Abzug gebracht

werden, so ermäßigen sich die vorstehenden Wassermengen unter Berücksichtigung einzelner Nebenumstände

für 257 Windmühlen zu . . . . .	24 489 205 cbm,
„ 171 „ „ . . . . .	16 294 370 „
„ 40 „ „ . . . . .	3 811 550 „

β. Durch die Dampfschöpfwerke der Polder

wurden dem Rheinlandbusen nach früherer Berechnung in einem viertägigen Zeitraum 4 · (1 220 736 + 21 600 + 80 600) = 5 291 904 cbm zugeführt.

γ. Durch Regenwasser.

In den sechs ungünstigsten viertägigen Regenzeiten des Winters 1866/67 hat die Regenhöhe höchstens 40 mm erreicht. Es sind demnach in vier Tagen auf 3641 ha Busencanäle des ganzen Rheinlands 1 456 400 cbm, auf 3397 ha desgleichen ohne die südlichen Polder 1 358 800 cbm Regen gefallen.

Die Regenmenge, welche auf das Vorland der Busencanäle gefallen ist, läßt sich schwer berechnen und ist gegen das zu η berechnete Kuverwasser ausgeglichen.

δ. Durch Sickerwasser aus den Dünen.

Nach Beobachtungen in der Nähe von Velsen sind von 1000 lfdm m Dünen im Winter 1866/67 78,4 cbm in der Stunde abgeflossen. Dies ergibt für vier Tage und

für 41 000 lfd. m Dünen des ganzen Rheinlands	308 640 cbm,
„ 21 000 „ „ „ „ nördlichen „	218 300 „
„ 12 000 „ „ „ „ südlichen „	90 340 „

ε. Durch das Verbrauchs- und Leckwasser der Schiffsschleusen.

Dasselbe ist nicht berechnet, da die Anzahl der Schleusungen und die Aufsenwasserstände nicht bekannt waren, vielmehr mit dem Kuverwasser zu η in ausgleichende Berechnung gesetzt.

ζ. Sonstiger Wasserzufluß.

Das durch die Walkmühlen bei Gouda, die Spülcanäle bei Gouda, die Leidenschen Grachten usw. dem Rheinlandbusen zugeführte Wasser ist nicht in Berechnung gezogen, weil der Zufluß desselben in Zukunft durch anderweitige Verträge gehindert oder beschränkt werden soll.

η. Entlastung durch Kuverwasser.

Durch das Kuverwasser, welches aus dem Rheinlandbusen durch die Deiche in die Polder zurückfließt, wird der Busen entlastet. Für das Haarlemermeer allein wurden in der Zeit vom 1. November bis 31. December 1866 täglich 67 100 cbm

Kuverwasser beobachtet. Danach ist das Kuverwasser aller Rheinlandspolder jedenfalls ein genügender Ausgleich gegen die Zuflüsse zu γ, ε und ζ.

Wiederholung.

Für diejenigen viertägigen Zeiträume des Winters 1866/67, in denen bei steifem Mahlwind die Leistung der Poldermühlen sehr groß war und gleichzeitig ein starker Regen fiel, berechnet sich aus vorstehenden Angaben der größte Wasserzufluß:

1. für den ganzen Rheinlandbusen einschließlich Woerden durch 257 Windmühlen zu	24 489 205 cbm
„ die Dampfschöpfwerke der Polder zu	5 291 904 „
„ Regen zu	1 456 400 „
„ Sickerwasser der Dünen zu	308 640 „
zusammen zu	31 546 149 cbm
2. für den Rheinlandbusen einschließlich Woerden, aber ausschließlich der südlichen Polder durch 171 Windmühlen zu	16 294 370 cbm
„ die Dampfschöpfwerke zu	5 291 904 „
„ Regen zu	1 358 800 „
„ Sickerwasser der Dünen zu	218 300 „
zusammen zu	23 163 374 cbm

b) Berechnung der Abflussmengen.

Es sind im ganzen 6 viertägige Zeiträume beschwerlichen Wasserabflusses aus den Busencanälen in Berechnung gezogen und zwar

α) obige vier Zeiträume (vergleiche a. α), in denen der Wasserzufluß aus den Poldern auf die Busencanäle am größten war;

β) zwei andere Zeiträume des Winters 1866/67, in denen der natürliche Abfluß durch die Entwässerungsschleusen des Rheinlandbusens (nicht der künstliche durch die Schöpfwerke) am geringsten war, nämlich der 18. bis 21. November und der 24. bis 27. November. Dieselben sind jedoch lediglich des Ueberblicks wegen und nicht behufs Einführung in die Schlufsberechnung betrachtet.

1. Natürliche Abwässerung durch die Schleusen.

Der Berechnung zu Grunde gelegt ist die Formel:

$$M = \mu b \left( h - \frac{1}{3} H \right) \sqrt{2 g H},$$

worin μ nach Versuchen an den Katwyker Schleusen = 0,85 gesetzt ist. Die Binnen- und Aufsenwasserstände sind für die Stunden der Abwässerung gemittelt. Darnach ist folgende Tabelle berechnet:

	Halfweg	Spaarndam	Katwijk	Gouda	
Zeitdauer der Abwässerung im Mittel					
für die vier Zeiträume zu α . . . . .	29,75	29,75	9,9	0	Stunden
„ „ zwei „ „ β . . . . .	4,5	4,25	5,5	0	„
Abflussmenge für den viertägigen Zeitraum im Mittel					
zu α . . . . .	3 507 161	7 677 333	1 081 700	0	cbm
zu β . . . . .	425 169	864 052	533 813	0	„

2. Künstliche Abwässerung durch die Schöpfwerke.

Die Wassermengen sind aus den Umdrehungszahlen und den Abmessungen der Schöpfpräder nach der Formel Q = n · b · t · π (d — t) ohne Annahme einer Füllungszahl berechnet. Darnach ergibt sich folgende Tabelle:

	Halfweg	Spaarndam	Gouda	
Zeitdauer der Abwässerung im Mittel				
für die vier Zeiträume zu α . . . . .	29,1	38,5	51,75	Stunden
zu β . . . . .	41,75	40	63,5	„
Abflussmenge für den viertägigen Zeitraum im Mittel				
zu α . . . . .	2 086 588	3 095 835	1 647 201	cbm
zu β . . . . .	2 148 066	2 713 063	1 991 592	„

Wiederholung.

Demnach sind durch natürliche und künstliche Abwässerung vom Rheinlandbusen abgeflossen:

im Mittel der viertägigen Zeiträume zu  $\alpha$ ) 19 095 818 cbm  
desgl.  $\beta$ ) 8 675 755 „

Berechnung zu II.

Nunmehr werden im Folgenden diejenigen beiden Zeiträume des Winters 1866/67 betrachtet, in denen der Wasserstand des Rheinlandbusens eine wirklich gefährliche Höhe erreicht hat.

1. Zeitraum vom 4. bis 7. December 1866.

Der Busenpeil stieg in 3 Tagen von — 0,32 m auf — 0,20 m, also um 0,12 m oder täglich um 40 mm. Vom 7. December an blieb der Busenpeil längere Zeit hindurch auf — 0,20 m stehen.

Während des ganzen Zeitraums waren regnerisches Wetter und starker Mahlwind, dabei förderten in den ersten 28 Stunden alle 257 Windmühlen das Polderwasser auf die 3641 ha großen Busencanäle des ganzen Rheinlands, dann war der Busenstand von — 0,275 m erreicht, die südlichen Mühlen mußten stoppen, nur die nördlichen 171 Mühlen förderten noch 44 Stunden lang das Polderwasser auf die 3397 ha großen nördlichen Busencanäle und auf die 1500 ha großen Vorländereien derselben.

Es betrug:

der Wind- druck auf das qm	in den ersten 28 Stunden	in den späteren 44 Stunden	die Fördermenge einer Mühle in einer Minute
0 — 2,5 kg	3 1/4 Stunden	15 1/4 Stunden	0 cbm
2,5 — 5 „	2 „	12 1/4 „	10 „
5 — 10 „	11 „	5 „	23 „
10 — 15 „	10 1/4 „	11 1/4 „	38 „
15 — mehr	1 1/2 „	1/4 „	0 „
zusammen	28 Stunden	44 Stunden.	

Danach sind durch die Windmühlen bei Annahme von täglich 20 Betriebsstunden innerhalb dreier Tage aus den Poldern auf den Busen gefördert:

$$\left\{ \begin{array}{l} 257 ( 2 \cdot 10 + 11 \cdot 23 + 10 \frac{1}{4} \cdot 38 ) \cdot 60 + \\ + 171 ( 12 \frac{1}{4} \cdot 10 + 5 \cdot 23 + 11 \frac{1}{4} \cdot 38 ) \cdot 60 \end{array} \right\} = 14 200 000 \text{ cbm}$$

desgleichen durch die Dampfschöpfwerke der Polder nach näherer, hier nicht durchgeführter Berechnung . . . . . 2 374 100 „

An Regen abzüglich der Verdunstung sind in den ersten 28 Stunden auf 3641 ha 18,1 mm, in den letzten 44 Stunden auf 3397 ha 18,8 mm gefallen . . . . . 1 297 657 „

An Sickerwasser aus den Dünen sind dem Busen nach näherer Berechnung zugeflossen 190 076 „

zusammen 18 061 833 cbm

In derselben Zeit sind vom Rheinlandbusen abgeflossen nach näheren, hier nicht durchgeführten Berechnungen:

durch die Entwässerungsschleusen 8 944 352 cbm  
durch die Schöpfwerke 4 022 157 „

zusammen 12 966 689 cbm

Also blieb am Ende des dreitägigen Zeitraums der Rheinlandbusen mit 5 095 144 cbm mehr belastet als am Anfang, oder es wurden innerhalb 24 Stunden 1 698 381 cbm mehr zu- als abgeführt.

2. Zeitraum vom 24. bis 28. Januar 1867.

Der Busenpeil stieg innerhalb 4 1/2 Tage von — 0,38 m auf — 0,18 m, also um 0,20 m oder täglich um 45 mm. Vom 28. Januar an blieb er dann längere Zeit auf — 0,18 m stehen.

Während des ganzen Zeitraums war wieder regnerisches Wetter und starker Mahlwind, während der ersten 48 Stunden arbeiteten alle 257 Windmühlen, dann, nachdem der Busenstand von — 0,275 m erreicht war, die nördlichen 171 Windmühlen während 60 Stunden.

Die Berechnung wie zu 1 durchgeführt, ergibt, dafs nach 4 1/2 Tagen der Busen mit 7 403 047 cbm mehr belastet war als am Anfang, oder dafs innerhalb 24 Stunden 1 645 122 cbm mehr zu- als abgeführt wurden.

Vergleichsrechnung zu II.

Im ersten der vorstehenden Zeiträume ist auf  $\frac{3641+3397}{2}$   
= 3519 ha Busencanälen eine Wasserschicht von 0,12 m, und auf 1500 ha Busenvorländer eine solche von 0,05 m Höhe (— 0,25 bis — 0,20) aufgespeichert worden; danach sind mehr zu- als abgeführt . . . . . 4 972 800 cbm.

Oben sind zu 1 berechnet . . . . . 5 095 144 „

Für den zweiten der vorstehenden Zeiträume ergibt dieselbe Art der Berechnung, dafs mehr zu- als abgeführt sind 8 088 000 cbm.

Oben sind zu 2 berechnet . . . . . 7 403 047 „

Aus der Geringfügigkeit dieser Unterschiede ergibt sich, dafs nicht allein diese Schlufsergebnisse, sondern auch die Grundlagen der vorangegangenen Berechnungen richtig sind.

Erste Erweiterung zu II.

Die vorstehenden Verhältnisse werden sich in Zukunft insofern wesentlich ändern, als die Windmühlen der südlichen Polder den Betrieb bei — 0,275 m Busenpeil nicht mehr einstellen werden, sobald Vorkehrungen für eine genügende Wasserabführung getroffen sind.

Für den Zeitraum vom 4. bis 7. December 1866 würden sich alsdann folgende Zahlen ergeben haben:

Es würden durch die 257 Windmühlen 17 058 300 cbm  
durch die Dampfschöpfwerke wie vorhin . 2 374 100 „  
durch Regen . . . . . 1 343 529 „  
durch Sickerwasser der Dünen . . . . . 231 480 „  
zusammen 21 007 409 cbm

dem Rheinlandsbusen zugeführt;

dagegen

durch die Entwässerungsschleusen wie vorhin 8 944 352 cbm  
durch die Schöpfwerke einschliesslich des dann mitwirkenden Schöpfwerks bei Gouda . 5 391 446 „  
zusammen 14 335 978 cbm

abgeführt worden sein, sodafs im ganzen . 6 671 431 cbm  
oder innerhalb 24 Stunden . . . . . 2 223 810 „  
mehr zu-, als abgeführt worden wären.

Für den Zeitraum vom 24. bis 28. Januar 1867 ergibt sich nach derselben Berechnung ein Ueberschufs an Wasserzuführung innerhalb 24 Stunden von 2 134 067 cbm.

Zweite Erweiterung zu II.

Noch höher ergeben sich diese Wassermengen, wenn der Peil des Rheinlandsbusens in den beiden vorstehenden Zeiträumen statt auf — 0,32 m bzw. — 0,38 m sogar auf — 0,40 m

hätte gehalten werden sollen. Die Windmühlen hätten alsdann wegen der geringeren Hubhöhe größere Wassermengen aus den Poldern gehoben, die Entwässerungsschleusen hätten wegen des geringeren Gefälles, die Dampfschöpfwerke wegen der größeren Hubhöhe geringere Wassermengen aus den Busencanälen in die See abgeführt.

Da diese Umstände sich in die Berechnung schwer einsetzen lassen, so ist nur berücksichtigt, daß die Entwässerungsschleusen alsdann weniger abgeführt haben würden, nämlich nur noch für den ersten Zeitraum nach genauer Berechnung

5 225 554 cbm
dazu die Leistung der Schöpfwerke wie vorhin 5 391 446 „
zusammen 10 617 000 cbm

Zufluß wie vorhin . . . . . 21 007 409 „  
demnach Ueberschuß an Wasserzufuhr . . . 10 390 409 cbm  
oder innerhalb 24 Stunden . . . . . 3 463 436 „

Für den zweiten Zeitraum ergibt dieselbe Berechnung einen Ueberschuß des Wasserzufflusses innerhalb 24 Stunden . . . = 2 886 772 cbm.

#### Betrachtungen über einige naheliegende Verbesserungsvorschläge.

1. Die Zuführung des Betriebswassers der Goudaer Walkmühle und des Spülwassers der Leiden'schen Grachten usw. auf den Rheinlandsbusen muß in Zukunft während der Wintermonate unterbleiben.

2. Sehr nützlich sind Vorkehrungen gegen das Kuvern der Polderdeiche, weil dadurch, daß das Kuverwasser immer wieder in die Polder zurückfließt, in Zeiten günstiger Abwässerungsverhältnisse eine möglichst schleunige Abführung des Wassers vom Rheinlandsbusen verhindert wird.

3. Die Entwässerungsschleusen des Rheinlandsbusens müssen verbessert, namentlich muß der Drempeel der Katwyker Schleusen möglichst um 1 m tiefer gelegt werden. Es ist nachgerechnet, daß die Wasserabführung dadurch ebensoviel gesteigert wird, als wenn die Schleuse unter Beibehaltung derselben Drempeelhöhe um 13,2 m verbreitert würde.

4. Der Querschnitt der Busencanäle muß behufs besseren Wasserzufflusses zu den Entwässerungsschleusen vergrößert werden. Es ist nachgewiesen, daß namentlich auf dem Busencanal vor den Katwyker Schleusen ein bedeutender Gefällverlust eintritt, sodafs die Schleusen bei niedrigen Nordseewasserständen nicht genügend weit ziehen können und z. B. den Wasserstand des Rheinlandsbusens bei Niedrigwasser innerhalb einer einzelnen Tide nicht merklich senken. Desgleichen ist der Zug der Spaarndamer Schleusen innerhalb einer Tide nicht mehr bei Niedrigwasser, der Halfweger Schleusen nicht mehr bei Aalsmeer sichtbar. Demnach genügt der Querschnitt der Ringfahrt des Haarlemermeeres nicht.

#### Einfluß des Nordseecanals.

Nach dem im Jahre 1868 vorliegenden Entwurf, welcher auch später trotz der nachfolgend dagegen erhobenen Bedenken zur Ausführung gelangt ist, sollte das Y nach Abschluß gegen Ebbe und Fluth mit der Nordsee und Zuidersee durch Entwässerungsschleusen bei Ymuiden und Schellingwoude und mit der Zuidersee außerdem durch ein Schöpfwerk von 225 Pferdekräften bei Schellingwoude verbunden werden.

Daß die Abmessungen der Entwässerungsschleusen für die Abführung des Wassers bei gewöhnlichen Außenwasserständen genügen, wird in dem Gutachten eingehend nachgewiesen. Dagegen genügen 225 Pferdekräfte für das Schellingwouder Schöpfwerk nicht.

Der Nordseecanal soll mit einem Wasserpeil von — 0,50 m A. P. Wasser aufnehmen:

- a) von einem Theil von Rheinland mit dem Peil von — 0,40 m. Durch die Schleusen von Halfweg und Spaarndam können bei einem Gefälle von 0,10 m täglich abfließen . . . 5 397 000 cbm
- b) von einem Theil von Amstelland mit dem Peil von — 0,40 m. Durch 8 Schleusen des Amsterdamer Hafens können bei 0,10 m Gefälle täglich abfließen . . . . . 11 599 800 cbm
- c) von einem Theil des Schermerbusens mit dem Peil von — 0,40 m. Durch die Schleusen bei Zaandam fließen bei 0,10 m Gefälle ab . . . . . 2 918 419 cbm
- d) von verschiedenen kleineren Poldern am Y.

Da die Schöpfwerke von Halfweg und Spaarndam mit zusammen 280 Pferdekräften nicht einmal für einen Theil des Rheinlands allein genügen, so können 225 Pferdekräfte offenbar nicht das Wasser aus den sämtlichen obigen Ländereien noch 0,1 m höher in die See fördern.

Es ist in derselben Weise, wie dies weiter oben für den Rheinlandsbusen geschehen ist, berechnet, daß in den beiden Zeiträumen vom 4. bis 7. December 1866 und vom 24. bis 28. Januar 1867 aus dem Y, wenn dasselbe damals schon abgeschlossen gewesen wäre, innerhalb 24 Stunden 7 611 787 bzw. 6 714 278 cbm durch das Schellingwouder Schöpfwerk hätten gefördert werden müssen.

Da der mittlere Wasserstand der Zuidersee in diesen Zeiträumen — 0,03 m bzw. — 0,11 m, also der mittlere Hub bei einem Binnenpeil von — 0,50 m A. P. 0,47 m bzw. 0,39 m betrug, so wären danach 657 bzw. 404 Soll-Pferdekräfte notwendig gewesen. Wenn aber die Untersuchungen von Delprat berücksichtigt werden, wonach für jedes Wasserhebezeug wegen der Geschwindigkeitsverluste usw. eine Hubhöhe von mindestens 0,92 m in Rechnung zu ziehen ist, so ergibt sich das Erforderniß von 1000 Soll-Pferdekräften.

#### Einfluß des Schiffahrtscanals Nieuwediep-Ymuiden-Maasmündung.

Dieser Canal, welcher behufs Verbindung der drei Kriegshäfen mit 5 m Tiefgang entworfen ist, würde für den Rheinlandsbusen ein vortreffliches Sammelbecken bilden, namentlich wenn er dicht hinter den Dünen entlang geführt und dadurch den Entwässerungsschleusen und Schöpfwerken möglichst nahe gerückt würde.

#### Einfluß des Abschlusses der holländischen Yssel.

Solange die Yssel bis Gouda der Ebbe und Fluth unterworfen ist, kann das Rheinland durch die Schleusen daselbst nur ausnahmsweise und durch das Schöpfwerk nur mit bedeutender Hubhöhe entwässert werden. (Gewöhnliche Ebbe — 0,237, gewöhnliche Fluth + 1,043 m A. P.)

Durch den Abschluß der Yssel bei Krimpen unterhalb Gouda würde zwar die natürliche Abwässerung ganz aufgehoben, dafür aber die künstliche wesentlich erleichtert werden. Wenn der Wasserstand der Yssel, ebenso wie jetzt schon oberhalb, so auch in Zukunft unterhalb Gouda auf + 0,30 m gehalten werden könnte, so würde das Schöpfwerk bei Gouda ohne Unter-

brechung mit voller Kraft arbeiten. Die Kosten für die Erbauung neuer Schleusen und Schöpfwerke auf dem Abschlufsdamm bei Krimpen würden deshalb nicht erheblich ins Gewicht fallen, weil sie auf die Nachbarbusen des Rheinlands mit vertheilt würden.

#### Verbesserung der bestehenden Schöpfwerke.

Die Hauptabmessungen der im Jahre 1868 bestehenden Schöpfwerke bei Halfweg, Spaarndam und Gouda sind auf Blatt 17 gezeichnet. Dieselben hatten (vergl. das Goudaer Rad) Schöpfräder ohne innere Trommel, bei denen sich demnach der Wasserspiegel zwischen zwei Schaufeln waagrecht einstellt und der Füllungsraum für verschiedene Unterwasserstände ändert. Diese Räder müssen wegen ihres kleinen Durchmessers schon bei mäfsig hohem Aufsenwasser stillstehen. Um diesem Uebelstande abzuhelfen, ist die Umänderung der Schöpfräder in Overmars'sche Pumpräder empfohlen, welche mittels der inneren Radtrommel das Wasser wesentlich höher würden heben können.

#### Erbauung eines neuen Schöpfwerks.

Nach den vorhergegangenen Berechnungen (Zweite Erweiterung zu II) hätten, um den Peil des Rheinlandbusens gleichmäfsig auf  $-0,40$  m A. P. zu erhalten, in den beiden verhängnisvollen Zeiträumen des Winters 1866/67  $3\frac{1}{2}$  Millionen cbm Wasser innerhalb 24 Stunden mehr abgeführt werden müssen, als geschehen ist.

Ueber die Hubhöhen während dieser Zeiträume giebt folgende Zusammenstellung Auskunft:

	ungünstigste d. h. höchste			also Hubhöhe für einen Binnen- wasserstand von —0,46 m A. P.
	Ebbe	Fluth	Mittel	
für Halfweg	+ 0,28	+ 0,67	+ 0,49	0,95 m
„ Spaarndam	+ 0,20	+ 0,64	+ 0,43	0,89 „
„ Katwyk	+ 0,29	+ 1,56	+ 0,67	1,13 „
„ Gouda	+ 1,16	+ 2,06	+ 1,61	2,07 „

(Hierbei ist eine Senkung des Binnenpeils an den Schleusen von 0,06 m angenommen.)

Demgemäfs würde ein neues Schöpfwerk, welches in täglich 20 Betriebsstunden  $3\frac{1}{2}$  Mill. cbm Wasser fördern soll, wenn es in Halfweg Spaarndam Katwyk Gouda erbaut würde,

616	577	732	1341	Soll-Pferdekräfte
-----	-----	-----	------	-------------------

erfordern.

Falls die Yssel unterhalb Gouda abgeschlossen würde, so ermäfsigte sich daselbst die Hubhöhe auf 0,76 m und die erforderliche Kraft auf 492 Soll-Pferdekräfte, sodafs alsdann das neue Schöpfwerk am besten bei Gouda erbaut werden würde, denn zu den Kosten des ausserdem erforderlichen Schöpfwerks bei Krimpen würde das Rheinland nur einen kleinen Theil beitragen. Andernfalls wird Katwyk als Aufstellungsort für das Schöpfwerk empfohlen, weil es in der Mitte des Rheinlands und namentlich in der Nähe der südlichen Polder liegt und in guter Verbindung mit den Binnenseen steht.

#### Schlufsergebnisse des Gutachtens.

1. Wenn für den Nordseecanal ein Schöpfwerk von 1000 Pferdekräften erbaut wird, so braucht Rheinland weiter kein neues Schöpfwerk. Die Entwässerungsschleusen des Nordseecanals sind für Zeiten der natürlichen Abwässerung jedenfalls ausreichend.

2. Wenn die Yssel abgeschlossen wird, so mufs ein neues Schöpfwerk bei Gouda erbaut werden. Das daselbst schon bestehende Schöpfwerk von 200 Soll-Pferdekräften, welches bis dahin in Zeiten der Noth meistens still gestanden hat, wird in Zukunft bei einem Hub von 0,8 m in der Minute 1125 cbm fördern können, sodafs das neue Schöpfwerk alsdann nur noch 1680 cbm in der Minute zu heben braucht, wozu 300 Soll-Pferdekräfte erforderlich sind.

3. Wenn keiner der vorstehenden beide Fälle eintritt, so mufs ein neues Schöpfwerk bei Katwyk erbaut werden. Da durch Umwandlung der bestehenden Schöpfräder in Overmars'sche Pumpräder die Leistung der drei bestehenden Schöpfwerke von 400 auf 532 Soll-Pferdekräfte gesteigert werden kann, und da nach früherer Berechnung im ganzen die Neubeschaffung von 732 Pferdekräfte erforderlich ist, so genügen alsdann für das neue Schöpfwerk  $732 - 132 = 600$  Pferdekräfte.

4. Zum Schlufs wird empfohlen, den Winterpeil des Rheinlandbusens auf  $-0,30$  m festzusetzen. Da dann täglich nur  $2\frac{1}{4}$  Millionen oder bei 20stündiger Betriebszeit in der Minute nur 1892 cbm zu fördern sind, und da der Hub sich gleichzeitig von 1,13 m auf 1,03 m verringert, so sind dann nur 433 Pferdekräfte erforderlich.

#### Jetziger Zustand des Rheinlandbusens.

Die einzelnen Verhandlungen und Mafsnahmen, welche diesem Gutachten gefolgt sind, entziehen sich der diesseitigen Kenntnifs. Es sei deshalb nur zum Schlufs der jetzige Zustand des Rheinlandbusens geschildert.

1. Bezüglich der Ausführung des Seecanals von Nieuwediep nach der Maasmündung ist nichts weiter bekannt.

2. Die Abschließung der holländischen Yssel unterhalb Gouda ist nicht erfolgt. Das Ysselwasser darf in den Gouwebusen nur noch vom 1. Mai bis 1. October und auch dann nur bis zum Binnenpeil von  $-0,65$  m A. P. eingelassen werden.

3. Die Versuche mit der Overmars'schen Schaufelconstruction, welche 1872—73 an den Schöpfrädern von Gouda angestellt sind, haben kein gutes Ergebnifs gehabt. Dagegen hat sich die von J. D. Rijk angegebene Schaufelform gut bewährt. Wie aus der bez. Fig. auf Bl. 17 ersichtlich ist, verfolgen diese beiden Schaufelformen ganz verschiedene Zwecke. Die Overmars'sche Schaufel soll saugen, die Rijk'sche soll drücken. Die Saugwirkung der ersteren ist nicht genügend eingetreten, dagegen ist die Nutzleistung der Rijk'schen Schaufeln zu 87% ermittelt worden. Der Eintauchungswinkel derselben in das Unterwasser beträgt für jeden einzelnen Punkt 30 Grad, und die Schaufelwurzel berührt die innere Radtrommel tangential, sodafs auch ein guter Ablauf des Wassers im Oberwasser erreicht wird. Vor allem aber kann die Luft beim Eintritt der Schaufeln in das Wasser leicht entweichen, beim Austritt aus demselben leicht unter die Schaufeln gelangen und dadurch das an denselben hängende Wasser loslösen. Dadurch ist der höchste, für den Betrieb zulässige Aufsenwasserstand von  $+1,20$  m auf  $+2,15$  m erhöht.

Die sechs neuen Rijk'schen Pumpräder machen bei allen Aufsenwasserständen 3,9 bis 4 Umdrehungen in der Minute, ein Rad fördert in der Minute 3,9 bis  $4,0 \cdot 27 = 105$  bis 108 cbm. Die Dampfmaschine ist so kräftig, dafs sie bei einem Binnenwasserstande von  $-0,30$  m bis  $-0,50$  m A. P.:

bis zum Aufsenwas- serstand von m	arbeiten kann mit Rädern	also in der Minute fördert cbm	und bei einem Hub von m	leistet an Wasser- pferdekräften Pfer.
+0,50	6	630—648	0,8—1,0	112—143
+0,75	5	525—540	1,05—1,25	122—150
+1,20	4	420—432	1,50—1,70	140—163
+1,90	3	315—324	2,20—2,40	154—173
+2,15	2	210—216	2,45—2,65	115—127.

Die in dem Gutachten angerathene grössere Ausnutzung der vorhandenen Maschinenkraft ist jedenfalls erreicht.

4. Der Nordseecanal ist entgegen dem vorstehenden Gutachten genau nach dem früher vorliegenden Entwurf ausgeführt. Das Schöpfwerk bei Schellingwoude, welches nach Wiebe eine Wassermenge von 30 cbm in der Secunde 0,5 m hoch heben, also 200 Wasserpferdekräfte leisten sollte, entspricht jedoch den gehegten Erwartungen nicht. Die Appold'schen Kreiselpumpen schlucken sehr viel Luft und können nicht 30 cbm in der Secunde fördern. Sie sind daher auch nicht im Stande gewesen, den Wasserspiegel des Nordseecanals dauernd auf — 0,50 m zu erhalten, und es zeigten sich namentlich im Winter 1877/78 hier dieselben Uebelstände, welche vorhin für das Rheinland aus dem Winter 1866/67 geschildert sind.

Deshalb ist später bei Seeburg ein zweites Schöpfwerk von 300 Soll-Pferdekräften erbaut worden, welches zwar in erster Linie zur Spülung der Amsterdamer Grachten dient, dabei aber, indem es das Spülwasser grösstentheils aus dem Nordseecanal und dem Amstellandbusen entnimmt, dem Schellingwouder Schöpfwerk eine wesentliche Unterstützung gewährt.

5. Infolge der geringen Wirksamkeit des Schellingwouder Schöpfwerks sah sich die Rheinlandgenossenschaft gezwungen, im Jahre 1881 das durch das obige Gutachten vorgeschlagene Schöpfwerk von 700 Wasserpferdekräften bei Katwyk zu erbauen.

Die sechs Schöpfräder sind für einen mittleren Binnenpeil von — 0,60 m (— 0,30 m bis — 0,80 m) und für einen Aufsenwasserstand von höchstens + 1,20 m entworfen. Jedes von ihnen macht bei allen Wasserständen gleichmäfsig vier Umdrehungen in der Minute und fördert bei einem Binnenpeil

von	in einer Umdrehung	in einer Minute
— 0,80 m	66 cbm	264 cbm
— 0,70 „	71 „	284 „
— 0,60 „	76 „	304 „
— 0,50 „	80 „	320 „
— 0,40 „	84 „	336 „
— 0,30 „	88 „	352 „

Bis zu 1,5 m Hubhöhe können alle sechs Räder in Betrieb bleiben, fördern dann beispielsweise bei — 0,30 m Binnenpeil, also + 1,20 m Aufsenwasser, 2112 cbm in der Minute und leisten demnach  $\frac{2112 \cdot 1,5}{4,5} = 700$  Wasserpferdekräfte.

6. Der Mahlpeil für alle Schöpfwerke des Rheinlandbusens ist jetzt für die Monate

September auf — 0,52 m A. P.	März auf — 0,42 m A. P.
October „ — 0,47 „	April „ — 0,47 „
November „ — 0,42 „	Mai „ — 0,52 „
December „ — 0,37 „	Juni „ — 0,57 „
Januar „ — 0,37 „	Juli „ — 0,57 „
Februar „ — 0,37 „	August „ — 0,57 „

festgesetzt.

### Schluss.

Nach dieser Neuordnung der Abwässerungsverhältnisse kann das Rheinland sich zur Zeit gegen alle Wasserbeschwerden gesichert fühlen. Aber schon reift ein grosartiges Unternehmen, welches auch auf das Rheinland einen grossen Einfluss ausüben wird: die Trockenlegung des südlichen Theils der Zuidersee. Als Grundbedingung wird allseitig mit Recht eine Erhöhung des Peils des Nordseecanals auf — 0,30 m A. P. bezeichnet, da eine zu tiefe Lage der neu zu schaffenden Busencanäle für das Gelingen des ganzen Werks verhängnissvoll werden könnte. Die Folge davon wird sein, dafs auch das Rheinland seinen Busenstand erhöhen mufs. Wenn dann aber ein gemeinsamer Busenpeil für alle diese Genossenschaften bestehen wird, so werden die abwechselnd günstigen Wasserstände der nördlichen Zuidersee und der Nordsee möglichst günstig ausgenutzt werden können, und wie die Rheinlandgenossenschaft seinerzeit aus den einzelnen Polderverbänden hervorgegangen ist, so wird sich in Zukunft eine grosse Genossenschaft zur gemeinsamen Regelung der Abwässerungsverhältnisse aller einzelnen jetzt bestehenden Genossenschaften bilden.

### Literatur.

- Rivierpolders in Nederland, hunne gebreken en de middelen tot herstel. B. te Gempt. Haarlem 1857.
- Het Haarlemermeer, door J. P. Ammersfoordt. Harlem 1857.
- A. van Egmond. Beschrijving van den Waterstaat van het Hoogheemraadschap Rijnland. Nieuwe Verhandlingen van het Batav. Genootschap van proefondervindelijk wissbegeehrte te Rotterdam, tweede reeks, erste deel tweede stuck 1867.
- Statistieke opgave en beschrijving van het Hoogheemraadschap Schieland, door Gegers Deynoot. Nieuwe Verhandlingen 10te deel.
- Geschied en waterbouwkundige beschrijving en droogmaking van den Zuidplaspolder in Schieland, door J. A. Beijerinck. Verhandlingen van het koninklijk instituut van Ingenieurs 1851/52.
- De zeeeringen en waterschappen van Noordholland, door G. de Vries. Haarlem 1864.
- Het Hoogheemraadschap van Rijnland, door Gevers van Endegeest. 1871.
- Het verzekeren van een vasten boezemstand aan Rijnland, door Conrad, Reuven en Stieltjes. Alkmaar 1868.
- Rapport van 12. October 1877, betreffende het Noordzeekanal en de uitwatering van Rijnland, Amstelland, Schermerboezem en Waterland, door J. W. Conrad.
- Waaterstaatskaart van Nederland, door Thorbecke en Conrad. 1:50000. Haag 1865—79.
- Staring, bodem van Nederland. Haarlem 1856.
- Treuding, Ent- und Bewässerung. Hannov. Zeitschrift 1865.
- Oppermann, Haarlemermeer. „ „ 1865.
- L. Hagen, Haarlemermeer. Zeitschrift für Bauwesen 1860.
- Wiebe, Amsterdamer Seecanal. „ „ „ 1872.
- Kuntze, desgl. „ „ „ 1881.
- Hagen, Handbuch der Wasserbaukunst.
- L. Meyn. Insel Sylt. Erläuterungen zur geolog. Specialkarte von Preussen, Bd. I, Heft 4.
- „ „ Geologie von Helgoland. Kiel 1864.
- „ „ Der Friedrichskoog in Dithmarschen, Petermanns Mittheilungen 1857.
- G. Berendt und L. Meyn. Bericht über eine Reise nach Nederland. Zeitschrift der deutschen geolog. Gesellschaft XXVI.

Danckwerts.

### Ueber die Bestimmung der Frostbeständigkeit von Materialien.

In einer früheren Arbeit<sup>1)</sup> glaube ich die Ausführbarkeit des zuerst von Brard angedeuteten und später von Héricart de Thury etwas näher beschriebenen Verfahrens bei Prüfung von Materialien auf Frostbeständigkeit mittels Verwendung künstlich erzeugter Kälte dargethan zu haben. Auf Grund der dort mitgetheilten nicht sehr zahlreichen und sich nur auf Sandsteine erstreckenden Versuche stellte ich als Maß für die Frostbeständigkeit den von den Materialien beim Gefrieren erlittenen mittleren Mengenverlust auf. Meine inzwischen weiter unter Leitung und Unterstützung des Herrn Professor Gottgetreu fortgesetzten Untersuchungen haben keine Veranlassung gegeben, dieses Ergebniss umzustofsen. Die neueren Versuche sind in gleicher Weise geschehen wie zuvor, nur wurde die Gefriervorrichtung etwas größer genommen, sodafs sie sechs Steine aufnehmen konnte. Außerdem wurde die eine Reihe der Versuchsstücke nicht mehr dreiseitig berieselt, sondern, um die abfrierenden Theilchen sammeln zu können, in Wasser getaucht, ohne sie mit der Luftpumpe völlig zu durchtränken, sodafs sie sich infolge der Haarröhrenkraft vollsogen.

Ehe nun hier eine Mittheilung über die weiteren Versuche erfolgt, dürfte es sich empfehlen, einiges über die Art des Mengenverlustes voranzuschicken.

Brard<sup>2)</sup> sagt hierüber: „Die zerfrierbaren oder eisklüftigen Steine zersetzen sich auf drei verschiedene Arten:

1. in unregelmäßige, eckige Splitter,
2. in dünnere oder dickere Blättchen,
3. in gröbere oder feinere Körner.“

„Die Steine, welche in unregelmäßige Splitter zerfrieren, sind gewöhnlich kalkhaltige, dichte Felssteine, auf deren Oberfläche man äußerst feine Streifen von grauer oder gelber Farbe wahrnimmt, die sich nach allen Richtungen durchschneiden. Die zweite Art bemerkt man an thonhaltigen spaltbaren Kalksteinen, an grobem Schiefer und an glimmerhaltigen Felssteinen. Endlich sind Steine, welche fein zerbröckeln, die gewöhnlichsten; von dieser Art sind die grob- und feinkörnigen Kalksteine, manche Granitarten und besonders Sandsteine. Ich sage nicht, dafs alle diese Steinarten dem Zerfrieren unterworfen seien, sondern ich deute nur die Art und Weise an, wie sie von dem Frost zerstört werden, wenn sie ihm nicht zu widerstehen vermögen.“

Nach Héricart de Thury giebt es außerdem noch folgende zwei Zerstörungsarten:

1. diejenige, deren Wirkung darin besteht, dafs Platten streckenweise und nur an solchen Stellen abfallen, welche aus Mangel-

haftigkeit oder durch unterbrochenen Zusammenhang des Gefüges Löcher oder Schalen enthalten, welche von einem Spalt oder dem Dazwischenkommen einer fremdartigen Materie herrühren, und

2. diejenige, die bei manchen Steinen auftritt, welche mit einer Art von Regelmäßigkeit angegriffen zu werden scheinen und an welchen man im beschädigten Zustande ziemlich merkbar wurmförmige Erhöhungen wahrnimmt. —

Die erste Art des Zerfrierens nach Brard habe ich nur an einem Marmor (aus Vorarlberg) beobachtet, muß aber bemerken, dafs die abgesprengten Stücke etwas zu groß erschienen, um sie noch als „Splitter“ bezeichnen zu können; dagegen konnte ich die zweite und dritte Art des Zerfrierens mit Sicherheit feststellen. Ebenso kam die erste der von H. de Thury angegebenen Verwitterungserscheinungen vor, aber an keinem der von mir untersuchten Materialien bemerkte ich die zweite von ihm angegebene Zerstörungsart. Außerdem verloren alle untersuchten Materialien, wie bereits von den Sandsteinen erwähnt, äußerst feine staubartige Theilchen.

Der von mir angegebene Gewichtsverlust hat nun zwei Ursachen, nämlich aufser der mechanischen Wirkung des im Steine gefrierenden noch die auflösende des beim Versuch in Anwendung kommenden Wassers (bei meinen Versuchen 800 cbcm). Der erste Theil ist abhängig von der Größe des Versuchsstückes und in gewisser Beziehung von der Menge des aufgenommenen Wassers, der zweite ebenso von der Größe der Oberfläche, von der Menge des den Stein umgebenden Wassers und von seiner Temperatur; bei kalkhaltigen Steinen von dem Gehalt der Luft an Kohlensäure und von der Zeit, während welcher das Material sich im Wasser befindet; von letzterer aber nur soweit, bis das Wasser bezüglich der löslichen Bestandtheile gesättigt ist. Um nun den Betrag des nur durch die Wirkung des Frostes hervorgebrachten Theils zu ermitteln, kann man entweder das Wasser mit den löslichen Bestandtheilen des Materials sättigen, oder das Versuchsstück (bezw. ein zweites) während gleicher Zeit im Wasser liegen lassen, ohne es dem Frost auszusetzen, und bestimmen, wieviel sich von ihm auflöste, was dann von dem Gesamtgewichtsverlust abzuziehen ist. Ueber die Wahl des Verfahrens müssen Versuche entscheiden.

Aus folgenden Beispielen erhellt, wie groß unter Umständen die einzelnen Beträge des Mengenverlustes sein können. Die Versuchsstücke waren auf der Schmirgelplatte möglichst eben geschliffen. Die Versuchsdauer wurde absichtlich über acht Tage ausgedehnt.

Oberfläche in qcm	Gesamt- verlust gr	Vom Gesamtverlust		Während 8 Tage löste sich in 80 cbcm Wasser gr	Verhältniß		
		blieb fest gr	war gelöst gr		der Oberflächen.	der Gesamtver- luste.	des nur durch Lösung ent- standenen Verlustes.
Sandstein 5mal gefroren.							
359	0,468	0,099	0,369	0,013	} $\frac{359}{203} = 1,77$ ; $\frac{0,468}{0,294} = 1,59$ ; $\frac{0,013}{0,007} = 1,86$ .		
203	0,294	0,002	0,292	0,007			
Marmor 10mal gefroren.							
364	0,294	0,028	0,266	0,025	} $\frac{364}{207} = 1,72$ ; $\frac{0,294}{0,162} = 1,81$ ; $\frac{0,025}{0,015} = 1,67$ .		
207	0,162	0,028	0,134	0,015			
Granit 10mal gefroren.							
377	0,292	0,107	0,185	0,091	} $\frac{377}{217} = 1,74$ ; $\frac{0,292}{0,168} = 1,74$ ; $\frac{0,091}{0,050} = 1,82$ .		
217	0,168	0,064	0,134	0,050			

1) Centralblatt der Bauverwaltung; Jahrg. 1885, Seite 379.

2) Die Anführung ist entnommen aus Rondelet, Baukunst I. Bd. S. 473; übersetzt von Distelbarth.

Wie man sieht, verhalten sich die Gesamtgewichtsverluste und die nur durch Lösung entstandenen nahezu wie die Oberflächen, dagegen ist dies durchaus nicht mehr der Fall mit den einzelnen Beträgen des Gesamtverlustes. Dies erklärt sich daraus, daß der größte Theil des schon abgefrorenen Materials in Lösung geht, welches einerseits während einer viel größeren Zeit im Wasser liegt, andererseits sich in dem für die Lösung günstigeren feinvertheilten Zustande befindet. Es wurde nun für einen Theil der Materialien bestimmt, wie viel von dem Gesamtgewichtsverlust in Lösung übergegangen war; selbstverständlich haben diese Beträge nur insofern Werth, als sie angeben, wieviel die in Anwendung gebrachte Wassermenge (800 cbcm) unter Umständen auflösen kann. Es lösten sich bei Marmorarten und Kalksteinen im günstigsten Falle bis zu 0,9 gr, im ungünstigsten 0,4 gr. Erstere Zahl wurde mehrmals nach den ersten 10 Gefrierungen beobachtet; nach späteren kamen größere Werthe als 0,4 gr nur dann vor, wenn der Gewichtsverlust bei mehr als 10 Gefrierungen, also bei längerem Verweilen des Materials in Wasser bestimmt wurde. Bei Graniten schwankten die Zahlen zwischen 0,2 gr und 0,5 gr. Da diese Zahlen wenig Werth haben, so wird hier betreffs derselben genaueres nicht mitgetheilt.

Streng genommen kann man nun den Gesamtgewichtsverlust nur dann zur Vergleichung benutzen, wenn es sich um Materialien derselben Art handelt, die also dieselben löslichen Bestandtheile besitzen; handelt es sich aber um den Vergleich von Materialien verschiedener Art, z. B. um Sandsteine, Marmore und Granite, so müssen beide Beträge ermittelt werden. Allerdings kann man den nur auf Rechnung der Lösung zu setzenden, welcher ohnehin nicht groß ist, durch Verminderung des Wassers so klein machen, daß er das Ergebniss nicht mehr wesentlich beeinflusst.

Was den Mengenverlust bei einem und demselben Versuchsstück anlangt, so ergab sich dafür nicht immer derselbe Werth; vielmehr war der nach den ersten 10 Gefrierungen bestimmte Verlust größer als nach den nächstfolgenden; später zeigte sich dagegen wieder ein Wachsen. Eine einzige Ausnahme davon machte eine Granitprobe.

Bei den Sandsteinen waren diese Unterschiede nicht sonderlich groß, sodafs sie auf Kosten von Unregelmäßigkeiten im Material gesetzt werden durften; aber bei einigen Kalksteinen traten solche Verschiedenheiten auf, daß man sie entschieden anderen Ursachen zuschreiben muß. Vielleicht sind die anfänglichen Mengenverluste deshalb größer, weil von der Bearbeitung her sich Staub in den Poren befindet, oder weil das Material an der Oberfläche weich ist. Das spätere Wiederauwachsen kann man der beginnenden Zerstörung zuschreiben, bei welcher sich größere Stücke am Verluste theilnehmen.

Aus der nebenstehenden Zusammenstellung I ist der Gang der Mengenverluste bei einigen Materialien ersichtlich.

Die auf der nächsten Seite folgende Zusammenstellung II enthält das Verzeichniss der weiter untersuchten Materialien, und zwar dieselben gleich nach Gewichtsverlusten geordnet. Da bei den meisten das erste Eintreten der Verwitterung überhaupt nicht oder wenigstens nicht bestimmt festgestellt werden konnte, so mußten die Ergebnisse der Untersuchung mit der Erfahrung verglichen werden. Die Uebereinstimmung ist eine befriedigende.

## I. Zusammenstellung.

Mittlerer Gewichtsverlust während		
		Rother Sandstein.
der 1ten 10 Gefrierungen . . .		0,086 gr
- 2 - 10 - . . .		0,073 -
- 3 - 10 - . . .		0,087 -
		Grauer Sandstein.
- 1ten 10 - . . .		0,082 gr
- 2 - 10 - . . .		0,077 -
- 3 - 10 - . . .		0,076 -
- 4 - 10 - . . .		0,109 -
		Kalkstein Ammonweiler.
- 1ten 10 - . . .		0,308 gr
- 2 - 10 - . . .		0,158 -
		Kalkstein Savonnière.
- 1ten 10 - . . .		0,271 gr
- 2 - 10 - . . .		0,152 -
		Trientiner Marmor, weifs.
- 1ten 10 - . . .		0,090 gr
- 2 - 10 - . . .		0,053 -
- 3 - 10 - . . .		0,047 -
- 4 - 10 - . . .		0,063 -
- 5 folgenden 10 Gefrierungen		0,117 -
		Belgischer Granit.
- 1ten 10 - . . .		0,056 gr
- 2 - 10 - . . .		0,021 -
- 3 - 10 - . . .		-
- 4 - 10 - . . .		0,015 -
- 5 - 10 - . . .		-
- 6 - 10 - . . .		-
- 7 - 10 - . . .		-
- 8 - 10 - . . .		-
- 9 - 10 - . . .		0,013 -
- 10 - 10 - . . .		-
- 11 - 10 - . . .		-
- 12 - 10 - . . .		-
- 5 folgenden 10 Gefrierungen		-
		Tuffstein Polling.
- 1ten 10 - . . .		0,173 gr
- 2 - 10 - . . .		0,158 -
- 3 - 10 - . . .		0,139 -
- 4 - 10 - . . .		0,069 -
- 5 - 10 - . . .		-
- 6 - 10 - . . .		-
- 7 - 10 - . . .		0,043 -
- 8 - 10 - . . .		-
- 9 - 10 - . . .		-
- 10 - 10 - . . .		-
		Granit Metten.
- 1ten 10 - . . .		0,083 gr
- 2 - 10 - . . .		0,057 -
- 3 - 10 - . . .		0,043 -
- 4 - 10 - . . .		0,058 -
		Granit unbek. Herkunft.
- 1ten 10 - . . .		0,057 gr
- 2 - 10 - . . .		0,043 -
- 3 - 10 - . . .		0,043 -
- 4 - 10 - . . .		0,095 -
- 5 - 10 - . . .		-
- 6 - 10 - . . .		0,086 -
- 7 - 10 - . . .		0,094 -
- 8 - 10 - . . .		0,067 -
- 9 - 10 - . . .		0,064 -
- 10 - 10 - . . .		0,064 -

## II. Zusammenstellung.

Name.	Unter der Glocke der Luftpumpe getränkte Materialien.							In Wasser eingetauchte Materialien.			Bemerkungen.	
	Specificsches Gewicht.	Wasseraufnahme in Volum. %	Mittlerer Gewichtsverlust während Gefrierungen.	Kleinster Gewichtsverlust	beobachtet während Gefrierungen.	Mittlerer Gewichtsverlust während		Mittlerer Gewichtsverlust während				
						der 1. 20 Gefr.	der 1. 10 Gefr.	der 1. 20 Gefr.	der 1. 10 Gefr.	der 1. 5 Gefr.		
Rother Sandstein, Rotherfels a/M.	2,31	11,3	0,082	24	0,073	10—20	0,080	0,086	—	—	0,091	Ein mit der Luftpumpe getr. Stück zeigte Risse    einer Kante nach d. 24. Frieren, ein berieseltes nach dem 63.
Grauer Sandst., Gründen.	2,54	5,3 <sup>1)</sup>	0,084	43	0,076	20—30	0,080	0,082	—	—	—	Ein mit der Luftpumpe getr. Stück zeigte Risse nach dem 43. Frieren, ein berieseltes nach dem 70.
Br. Sandst., Heilbronn.	2,09	17,1	0,137	13	0,137	80—100	—	0,137	—	—	0,232	Sprünge nach dem 13. Frieren.
Gelber Sandst., Lichtenau.	1,96	24,9	1,018	8	—	—	—	—	—	—	—	Sprünge nach dem 3. Frieren.
Gris Violet dunkel, Nassau.	—	0,1	0,020	100	0,017	80—100	0,035	0,053	0,034	—	0,068	Keine Zeichen der Einwirkung des Frostes.
Belgischer Granit, St. Lampert.	—	0,2	0,021	125	0,013	90—100	0,049	0,056	0,051	—	0,057	
Gris Violet hell, Nassau.	2,77	0,1	0,024	100	0,009	80—100	0,051	0,059	0,051	—	—	
Rouge Griotte, Merbas le Château.	—	0,2	0,025	40	0,019	30—40	0,038	0,057	0,035	—	0,073	
Weisser Marmor, Carara.	2,70	0,1	0,027	120	0,020	100—120	0,048	0,061	0,041	—	—	
Rosenheimer Granit . . .	—	0,9	0,039	74	0,023	60—70	0,088	0,104	0,104	—	0,083	Wurde 109mal dem Fr. ausges.; nach 80—90maligem Frieren zeigten sich schwache Abblätterungen, an einer ebenen Seite zeigten sich kleine Höhlungen, deren erstes Auftreten nicht mit Bestimmtheit festgestellt werden konnte.
Tuffstein Polling . . .	1,55	35,2	0,074 0,102	100 20	0,043	70—100	0,166 0,102	0,173	0,090	0,152	—	Ein mit der Luftp. getr. Stück zeigte Sprünge durch das ganze Material nach dem 14. Fr. Bei den nur d. Capillarität vollges. Stücken traten dieselben nicht auf.
Weisser Kalkst., Abensberg.	2,14	10,2	0,099	5	—	—	—	0,128	—	—	0,090	Ein mit der Luftp. getr. Stück zersprang nach dem 5. Fr. in 2 Theile, ein nur berieseltes dagegen zeigte keine Sprünge.
Muschelkalk, Marktbreit.	2,35	11,0	0,121 0,100	5 4	—	—	—	—	—	—	—	Zwei mit der Luftp. getr. Stücke zeigten nach dem 5., bez. 4. Fr. Sprünge durch das ganze Material.
Weisser Kalkstein, Savonnière.	1,61	30,4	0,211	20	0,152	10—20	0,211	0,271	—	—	—	Zeigte nach dem 3. Fr. Sprünge parallel einer Kante ähnlich den Sandsteinen.
Gelber Kalkstein, Ammonweiler.	2,06	12,6	0,233	20	0,158	10—20	0,233	0,308	—	—	0,287	Zeigte beim ersten Frieren sehr starke Abblätterungen.
Weisser Kalkstein, St. Juste.	1,74	35,1	0,475	5	—	—	—	—	—	—	—	Nach dem ersten Frieren Sprung durch das ganze Material.
Weisser Kalkst., Estailades.	2,02	25,3	0,521	2	—	—	—	—	—	—	—	Ausspringen von Glimmerblättchen.
Granit unbekannter Herkunft, sehr quarzreich.	2,61	1,3	0,064	100	0,043	10—30	0,050	0,057	—	—	—	Die mit der Luftp. getr. Stücke zeigten zwischen dem 30—40. Fr. Risse parallel einer oder mehrerer Kanten, ähnlich wie bei den Sandsteinen; aber das erste Eintreffen konnte nicht genau beobachtet werden; auch waren diese Risse sehr unregelmäßig und unzusammenhängend.
Granit Blauberg I . . .	2,65	0,8	0,055	40	0,033	20—30	0,056	0,060	—	0,064	—	Von den Cementmischungen zeigten die zwei letzten Sprünge nach dem 4. bzw. 3. Fr. bei den mit der Luftp. getr. Stücken, wodurch die betr. Seiten nach außen zu gewölbt erschienen; die erste Sorte zeigte bedeutend feinere Risse, die erst nach dem 50. Fr. sicher zu bemerken waren.
- - - II . . .	2,67	0,8	0,055	40	0,041	20—30	0,068	0,080	—	0,083	—	
- Metten . . .	2,65	2,1	0,060	40	0,043	20—30	0,073	0,083	—	0,079	—	
- Wunsidel . . .	2,60	1,8	0,064	40	0,045	20—30	0,081	0,089	—	0,085	—	
Mischung von 1 Theil <sup>2)</sup> Portland-Cement und 1 Theil Quarzsand.	—	—	0,052	56	—	—	—	—	0,029	0,057	—	Die mitgetheilte Zahl ist das Mittel aus an 4 verschiedenen Würfeln erhaltenen, überhaupt die kleinste unter gleichen Verhältnissen beobachtete.
Mischung von 1 Theil Portland-Cement und 2 Theilen Quarzsand.	—	—	0,092	9	—	—	—	—	0,048	0,060	—	
Mischung von 1 Theil Portland-Cement und 3 Theilen Quarzsand.	—	—	0,240	5	—	—	—	—	0,051	0,090	—	
Asphalt von Meißner in Stargard in Pommern.	—	—	0,017	50	—	—	—	—	—	—	—	

1) Infolge eines Versehens wurde in der früheren Arbeit diese Zahl zu hoch angegeben.

2) Die Würfel der Portland-Cement-Sandmischungen hatten nur 7 cm Kantenlänge; zur Vergleichung müßten die Zahlen für die Gewichtsverluste noch mit  $\frac{8^3}{7^3}$  multiplicirt werden.

Bezüglich der ersten fünf Marmore ist darauf aufmerksam zu machen, daß deren Reihenfolge eine andere sein würde, wenn sie nach den aus 10 oder 20 Gefrierungen ermittelten Gewichtsverlusten geordnet würden; dieser Umstand ist aber ohne Bedeutung, denn die Zahlen unterscheiden sich einestheils nur um sehr wenig, dann sind ferner diese Materialien erfahrungsgemäß von gleicher Frostbeständigkeit.

Bezüglich der ersten sechs Marmore und der vier letzten Granite ist zu bemerken, daß streng genommen ihre Gewichtsverluste nicht mit denen der übrigen vergleichbar sind, weil sie verschieden bearbeitet waren. Während die andern Versuchsstücke ziemlich ebene Seitenflächen besaßen, waren diese mit gröberen Werkzeugen behauen, wodurch erstens die Oberflächen etwas vergrößert, dann das Material selbst weicher, also weniger frostbeständig wurde. Dadurch sind die Gewichtsverluste etwas zu groß ausgefallen. Nimmt man an, daß der Einfluß der Bearbeitung nach einer größern Anzahl von Gefrierungen durch Wegsprengen der weichern Theile verschwindet, so können die gefundenen kleinsten Werthe des Mengenverlustes als Vergleichszahlen genommen werden.

Ferner ist hervorzuheben, daß die Mengenverluste für das unter der Glocke der Luftpumpe getränkte Material und für das in Wasser eingetauchte bzw. durch die Haarröhrchenkraft vollgesogene Material nahezu gleich sind. Dies steht mit meiner früheren Bemerkung, der Mengenverlust sei von der aufgenommenen Wassermenge abhängig, scheinbar in Widerspruch. Aber bereits in meiner früheren Arbeit bemerkte ich, daß bei dem dreiseitig berieselten Material die ersten Zeichen der Zerstörung oft bedeutend später eintraten, als bei dem vollständig getränkten.

Ich glaubte dieses eigenthümliche Verhalten durch die Annahme erklären zu können, ein nur dreiseitig berieselter Würfel böte dem Froste weniger Angriffspunkte dar; ich war nämlich der Ansicht, daß bei einem solchen das Wasser ungleichmäßig vertheilt sei und die Kanten der nicht berieselten Seiten trocken blieben. Später bin ich aber darauf aufmerksam gemacht worden, daß diese Meinung unrichtig ist, daß vielmehr bei so kleinen Versuchsstücken das Wasser sich in sehr kurzer Zeit gleichmäßig vertheilt, daß also die Ursache des schnelleren Eintretens der Zerstörung die größere Wassermenge ist, welche das Material unter der Glocke der Luftpumpe aufnahm. So zeigte ein mit Hilfe der Luftpumpe getränkter Würfel von rothem Sandstein (Rothenfels a/M.) bei einer Wasseraufnahme von 11,3 % seines Volumens die ersten Zeichen der Zerstörung nach dem 24. Frieren, ein dreiseitig berieseltes Stück bei 6,4 % Wasseraufnahme dagegen erst nach dem 63. Frieren. Bei grauem Sandsteine (Gründen) verwitterte das vollständig getränkte Stück bei 5,3 % Wasseraufnahme nach dem 43., das nur berieselte bei 4 % Wasseraufnahme nach dem 70. Frieren.

Da nun, wie bereits mitgeteilt, kurz vor beginnender Verwitterung die Mengenverluste wieder größer werden, so kann man übereinstimmende Zahlen nur dann erhalten, wenn man hinreichend weit von dem Eintreten der Zerstörung fernbleibt; dies ist nun bei Ermittlung der mitgetheilten Werthe der Fall.

Nachstehend sind noch einige Materialien aufgeführt, deren Prüfung eigentlich überflüssig gewesen wäre, weil sie Risse und Sprünge oder fremdartige Beimengungen enthielten, die nothwendig in kurzer Zeit die Zerstörung herbeiführen müssen.

III. Zusammenstellung.

	Mittlerer Gewichtsverlust.	Während Gefr.	
Vorarlberger Marmor, schwarz . . . . .	0,038	50	Nach dem 4. Frieren Verlust von Splittern und größeren Stücken.
- - - - -	0,039	20	
- - - - -	0,064	5	
Trientiner Marmor, roth . . . . .	0,069	45	Nach dem 17. Fr. Abblättern, nach dem 24. Fr. Risse, nach dem 45. sehr starker langer Rifs.
- - - weifs . . . . .	0,085	30	
- - - gelb . . . . .	0,104	41	
Marmor aus Langued'oc . . . . .	0,125	10	Nach dem 14. Fr. Abblättern, nach dem 26. Abbröckeln. Nach dem 13. Fr. Abblättern, nach dem 41. Risse.
Veroneser Brucchiatto . . . . .	0,111	42	
Nagelfluë . . . . .	0,240	20	Verlust von sehr großen Stücken.
- . . . .	0,865	2	
- . . . .	0,835	2	Nach dem 1. Fr. Sprung durch das ganze Stück. Nach dem 1. Fr. Sprung durch das ganze Stück.

Es ist mir von verschiedenen Seiten der Einwurf gemacht worden, das Tränken der Steine unter der Glocke der Luftpumpe müsse zu falschen Ergebnissen führen, weil in Wirklichkeit ein Stein nie soviel Wasser aufnimmt, als er nach vollständiger Entfernung der Luft aus seinen Poren aufnehmen kann. Bekanntlich soll man die Versuchsstücke in der Weise tränken, daß man sie in ein Gefäß legt und nach und nach

Wasser zugießt. Bei folgenden Materialien ist diese Anordnung befolgt, indem nach je 24 Stunden das Wasser um 5 mm erhöht wurde; darauf blieben die Steine noch acht Tage unter Wasser liegen. Nachdem dann die aufgenommene Wassermenge bestimmt worden, wurden die Steine wieder unter die Glocke der Luftpumpe gebracht, um zu sehen, wieviel Wasser nach dem Auspumpen noch aufgenommen wurde. Die folgende Zusammenstellung erhält die Ergebnisse.

IV. Zusammenstellung.

	Ursprüngliches Gewicht (nicht bei 30° getrocknet) gr	Gewicht nach dem Vollsaugen gr	Gewicht nach dem Auspumpen gr	Nach dem Auspumpen noch aufgenommenes Wasser gr
Kalkstein, St. Juste <sup>1)</sup> . . . . .	869	1008	1040	32
- Estailades . . . . .	840	925	962	37
Sandstein, Ellingen . . . . .	1043	1122	1153	31
- Oberdachstetten . . . . .	1032	1100	1127	27
Grünsandstein, Albach . . . . .	1042	1125	1142	17
Sandstein, Zeil . . . . .	1150	1215	1217	2
- Gründen . . . . .	1272	1298	1299	1
- Waldaschaff . . . . .	1135	1208	1208	0

1) Als bei diesem porigsten Material das Aufsaugen dadurch verlangsamt wurde, daß alle 12 Stunden 10 cbcm Wasser zugegossen wurden, nahm das betreffende Versuchsstück 7 cbcm mehr auf als zuvor.

Bei den drei letzten Materialien sind die nach dem Auspumpen noch aufgenommenen Wassermengen verschwindend klein. Der Grund, weshalb dies bei den übrigen nicht der Fall ist, scheint darin zu liegen, daß dieselben überaus schnell das Wasser aufsaugen; es kann also sehr leicht vorkommen, daß die eingeschlossene Luft keine Zeit hat zu entweichen. Um also eine größere Sättigung zu erzielen, müßte man die jedesmal zugegebene Wassermenge noch kleiner nehmen. Um nun aber vergleichbare Ergebnisse zu erhalten, muß man sehr darauf achten, daß die Materialien in möglichst gleicher Weise gesättigt werden. Es dürfte dazu die Luftpumpe, wenn auch nicht das einfachste, so doch das am schnellsten zum Ziele führende Mittel sein.

Wenn von mir als Maß für die Frostbeständigkeit die Gewichtsverluste angenommen worden, so geschah dies in erster Linie deshalb, weil ich durch die Betrachtungen Brard's darauf geführt wurde (auch bei der Alaunprobe ist ja der Gewichtsverlust das Unterscheidungsmerkmal), dann aber aus dem sehr einfachen Grunde, weil ich wegen mangelnder Hilfsmittel andere Untersuchungen nicht ausführen konnte. Von sehr hoher Bedeutung ist es nämlich, daß, wie Bauschinger<sup>1)</sup> gezeigt hat, die

Druckfestigkeit der Materialien geändert wird. Handelt es sich also nur um die letztere, nicht aber um das äußere Ansehen und den damit zusammenhängenden Mengenverlust, so wird man selbstverständlich den letztern nicht berücksichtigen.

Ferner weiß man, daß die Durchlässigkeit eines Materials durch die Einwirkung des Frostes vermehrt wird. Ich konnte diese Thatsache bei den meisten Materialien bestätigen, insofern sie nämlich nach einer Zahl von Gefrierungen etwas mehr (1 gr bis 2 gr) Wasser aufnehmen; aber diese Mengen lagen so wenig außerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler, daß sie einer weiteren Beobachtung nicht für werth gehalten werden konnten.

Schließlich bleibt noch zu erwähnen, daß der Umstand nicht von mir berücksichtigt worden ist, daß die Materialien während des Frierens in den meisten Fällen belastet sind.

Ich bin den Herren Prof. Dr. W. v. Miller, Gottgetreu und Bauschinger für das überaus freundliche Entgegenkommen, mit dem sie mir ihre Arbeitsräume zur Verfügung stellten und damit die Vollendung meiner Arbeit ermöglichten, ebenso Herrn Bildhauer Crabichler für manche fördernde Bemerkung zu größtem Danke verpflichtet. Ad. Blümcke.

## Ueber den Transport und das Verladen der Steinkohlen.

(Mit Zeichnungen auf Blatt 18 bis 20 im Atlas.)

Der von Jahr zu Jahr steigende Verbrauch der Steinkohle, eine Folge der stetig fortschreitenden Civilisation, hat es nöthig gemacht, ihrem Vertrieb und ihrer Behandlung eine immer größere Beachtung zu schenken. Indes nicht alle Länder, welche von der Natur mit dem Besitz dieses wichtigen Brennstoffes bedacht sind, haben sich bislang gleichmäßig an der Vervollkommnung der Einrichtungen betheiliget, welche erforderlich sind, um die Steinkohlen von ihrem Gewinnungsorte aus sowohl zum Nutzen der heimischen Gewerthätigkeit über das eigene Land zu vertheilen, als auch fremde Länder, meistens überseeische, damit zu versorgen. Namentlich was den letzteren Punkt, den Versand in überseeische Länder, anbelangt, so hat man es lange fast ausschließlich einem einzigen Volke, den Engländern, überlassen, das einträgliche Geschäft der Kohlausfuhr zu betreiben, während andere Völker, so namentlich die Belgier und die Deutschen, welche kaum weniger reich mit Kohle gesegnet sind, sich darauf beschränkten, diese fast ausschließlich im eigenen Lande zu verwerthen. Gestützt auf die günstige geographische Lage ihres Landes und dessen vortheilhafte Küstenentwicklung, haben die Engländer es verstanden, das Kohlenversandgeschäft zu einer überaus einträglichen Einnahmequelle zu gestalten. Eine unternehmende Kaufmannschaft, unterstützt durch eine hochentwickelte Ingenieurkunst, die es versteht, ohne Schablone in jedem einzelnen Falle die richtigen Anlagen für den Handel zu machen, hat zur Erleichterung des Kohlenverkehrs im Laufe der Zeit in England eine Reihe von Einrichtungen geschaffen, die zu den bemerkenswerthesten Werken der Technik zählen.

1) Bauschinger, Mittheilungen aus dem mech. techn. Laborat. der Techn. Hochschule in München. 10. Heft. 1844. Seite 12.

Der Zweck vorliegender Abhandlung ist der, einige von den weniger bekannten Anlagen dieser Art im Zusammenhange vorzuführen, welche der Verfasser theils aus eigener Anschauung, theils aus den Beschreibungen englischer Fachschriften, sowie durch mündliche Mittheilungen kennen gelernt hat.

### Allgemeines über Beförderungsmittel für den Kohlenverkehr.

Zur Fortschaffung der Kohlen werden Landfuhrwerke nur in untergeordneter Weise benutzt, namentlich nur bei unmittelbarer Vertheilung geringerer Mengen an naheliegende Verbrauchsstellen, während für den eigentlichen Handelsverkehr im großen nur die Beförderung mit der Eisenbahn oder auf dem Wasserwege in Frage kommen kann.

Die Beförderung in Schiffsgefäßen, und zwar entweder auf künstlichen Wasserstraßen oder auf natürlichen Wasserläufen, hat vor der Beförderung auf dem Schienenwege den erheblichen Vortheil geringerer Versandkosten, ein Umstand, der bei den großen Massen, um die es sich meistens handelt, sehr ins Gewicht fällt, während andererseits der Schienenweg im allgemeinen eine schnellere und regelmäßige Beförderung gestattet. Die Regelmäßigkeit der Beförderung ist eine wichtige Bedingung für das Gedeihen eines umfangreichen Kohlenverkehrs, wogegen die Schnelligkeit der Beförderung weniger in Frage kommt. Wenn es daher durch geeignete Einrichtungen neben entsprechenden Anordnungen sich erreichen läßt, daß der Versand zu Wasser mit einer gewissen Regelmäßigkeit vor sich geht, so ist, abgesehen von wenigen Ausnahmen, für den Kohlenvertrieb der Wasserweg dem Schienenweg entschieden vorzuziehen.

### I. Kohlenbeförderung auf Canälen und Flüssen und Umladen aus den Canalschiffen in die Seeschiffe.

Was zunächst die Schiffsgefäße anbelangt, welche zur Kohlenbeförderung dienen können, so hat man entweder Canal- und Flussschiffe gewöhnlicher Bauart oder besonders hergerichtete eiserne Verschiffungsgefäße angewendet. Im ersten Falle wird die Kohle entweder unmittelbar in das Schiff geschüttet oder erst in kleine eiserne Kasten von 2 bis 3 t Inhalt gefüllt, die dann in das Schiff hinein gesetzt werden. Es hat dies den Zweck, das etwaige Umladen möglichst zu vereinfachen, sowie namentlich der bei demselben eintretenden Zerstückelung thunlichst vorzubeugen. Im anderen Falle werden die Kohlen stets unmittelbar in die Verschiffungsgefäße hineingeschüttet.

#### 1. Beförderung in gewöhnlichen Canal- und Flussschiffen ohne Anwendung von Transportkästen.

Die Kohlen werden entweder auf der Zeche unmittelbar in das Canalschiff geladen oder erreichen den Wasserweg erst unter Benutzung der Eisenbahn. Für das Umladen in das Seeschiff kommt in Frage:

##### a) Ueberladen mit Körben, die von Arbeitern getragen werden.

Dies ist die einfachste Art. Es ist aber wohl kaum nöthig darauf hinzuweisen, daß dieselbe sehr kostspielig ist und daß das Ueberladen viel Zeit erfordert. Man kann sie daher auch nur dann anwenden, wenn der Kohlenverkehr so unbedeutend ist, daß der Aufwand besonderer mechanischen Einrichtungen nicht begründet erscheint. Indessen darf nicht verschwiegen werden, daß diese Art des Ueberladens noch heute in fast allen Häfen Frankreichs angewendet wird, mit Ausnahme von Marseille, wo in den letzten Jahren durch Wasserdruck betriebene Umladevorrichtungen erbaut sind, sowie daß sie auch in Belgien bis vor wenigen Jahren die Regel bildete. Ja selbst in England, wo es doch sonst an mechanischen Einrichtungen nicht mangelt, wird noch ein Theil der Kohlen in dieser Weise übergeladen. Es geschieht dies namentlich in einigen Häfen von Wales, um dem Zerbröckeln der Kohlen möglichst vorzubeugen.

##### b) Ueberladen mit Hilfe von Kränen.

Eine Vorrichtung, welche außerordentlich häufig zum Ueberladen von Kohlen angewandt wird, ist der Krahn. Man schaufelt die Kohlen in Kübel von 500 bis 600 kg Inhalt und diese werden von dem Krahn, der auf dem Seeschiff oder auf einem zwischen See- und Canalschiff befindlichen Pier steht, gefaßt, bis über die Schiffsluke geschwenkt und dort ausgeschüttet. Die Kübel sind häufig so eingerichtet, daß sie auf drei Rollen laufen, welche die Spitzen eines Dreiecks bilden, und so leicht, dem Fortschreiten des Ueberladens entsprechend, nach jeder beliebigen Stelle des Schiffes gebracht werden können. In London, im Stepney-Dock und Victoria-Dock, ist diese Verladeweise allgemein im Gebrauch. Das Ausschütten der Kübel geschieht immer ohne Anwendung der Schaufel. Dabei ist die Einrichtung häufig so getroffen, daß die Kübel keine Klappen haben, sondern mit einer unterhalb des Schwerpunkts liegenden Drehachse versehen sind. Derartige Kübel, welche in England sehr häufig auch zum Ueberladen anderer Materialien, wie Sand u. dgl., benutzt werden, gestatten ein schnelles Entleeren und erfordern wenig Erneuerungen. Abb. 1 auf Blatt 18 zeigt einen solchen Kübel nach dem Patent von R. Hudson. Die Drehachse  $a$  ist unterhalb des Schwerpunktes des gefüllten Kübels angebracht, sodafs derselbe sich in schwan-

kendem Gleichgewicht befindet und nach dem Zurückschlagen einer Gabel  $b$  seinen Inhalt von selbst ausschüttet. Der leere Kübel ist dann seinem Gewicht nach so ausgeglichen, daß die Drehachse sich über dem Schwerpunkt befindet, mithin ein selbstthätiges Aufrichten erfolgt. Bisweilen hat man die Kübel aber auch so eingerichtet, daß sie die Kohle mechanisch fassen. Dies sind die sogenannten Greiferkübel. Die Anwendung derselben ist naturgemäß nur bei sogen. Gruskohle möglich, doch selbst bei dieser ist sie nach den in England gemachten Beobachtungen nur eine sehr beschränkte. Häufiger werden Greiferkübel zum Verladen von Ballast, sowie zum Baggern verwandt.

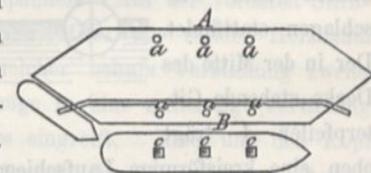
Was nun die zur Anwendung kommenden Kräne anbelangt, so findet man die verschiedensten Arten vor, theils Hand-, theils Dampfkrahne, theils solche, welche durch Wasserkraft betrieben werden, und zwar gewöhnlich in der bekannten Form mit Krahnssäule, Ausleger und Zugstange, bei der der Ausleger nach dem Anheben der Last eine Drehbewegung machen muß. Letztere kann man vermeiden, wenn man die in Abb. 2 auf Blatt 18 dargestellte Vorrichtung anwendet, welche in Cardiff und Newcastle zum Entladen benutzt wird.

Die Vorrichtung besteht im wesentlichen aus einem langen Arm  $A$ , in lothrechter Richtung drehbar, der am Ende mit einer Rolle versehen ist, über welche eine Kette gezogen wird, an der das Ueberladegefäß befestigt ist. Wenn der Arm die Lage  $AB$  inne hat, so kann das Gefäß mittels der Kette gehoben werden bis die Kugel  $D$  anstößt, worauf der Arm mitgenommen wird und in die Stellung  $A_1 B_1$  kommt. Das Ueberladegefäß befindet sich dann (vergl. die Zeichnung) über dem kleineren der beiden neben einander liegenden Schiffe und sein Inhalt kann in dieses entleert werden, bezw. läßt sich das Gefäß von neuem füllen, je nachdem ein Umladen aus dem großen in das kleine Schiff oder umgekehrt stattfinden soll.

Diese Vorrichtung findet auch Verwendung zum Ueberladen von Ballast aus den Seeschiffen in Eisenbahnwagen. Es ist zu dem Zweck an dem Holzgerüst noch ein Trichter  $T$  angebracht. Der bewegliche Arm wird so lange gedreht, bis das Gefäß über dem Trichter hängt; es wird alsdann in diesen entleert, und der Ballast fällt von selbst in den Wagen  $C$ .

Auf der Themse findet man unterhalb London schwimmende eiserne Prahme nach beistehender Zeichnung, mitten im Fluß verankert, welche zum Ueberladen von Kohlen aus Seeschiffen in Flussschiffe dienen. Diese Prahme haben die Form eines unregelmäßigen Sechsecks, an dessen zwei längere Seiten  $A$  und  $B$ , deren jede mit drei Kränen  $a$  versehen ist, sich die Seeschiffe legen, und dessen vier kurze Seiten die Flussschiffe einnehmen. Die Kohle wird zunächst in Kübel gefüllt, diese werden mit den Kränen  $a$  gehoben und in Schüttrinnen ausgestürzt, welche die Kohle in kleine untergeschobene Wagen leiten, mittels welcher auf einem Schienengeleise die Weiterbeförderung nach der zum Verladen geeigneten Stelle stattfindet. In London ladet man gewöhnlich Tag und Nacht, wobei während der Dunkelheit der Schiffsraum durch Gas erleuchtet wird, welches man in Gummischläuchen nach den Schiffen leitet. In einigen Fällen tragen sogar die eben beschriebenen Prahme eine kleine Gasanstalt.

Die bisher beschriebenen Vorrichtungen zum Ueberladen aus Canal- und Flussschiffen in Seeschiffe sind insofern ungün-



stig, als die Arbeit nicht ohne Unterbrechungen vor sich geht. Zwischen dem Füllen der Kübel, dem Anhängen an den Krahn, dem Ueberschwenken usw. verläuft viel Zeit, sodass die Arbeiter nicht in wünschenswerther Weise ausgenutzt werden können. Deshalb hat man neuerdings versucht, nach Art der amerikanischen Elevatoren besondere Maschinen zu bauen, welche von einer Stelle aus bewegt werden und ein ununterbrochenes Füllen der Ueberladegefäße gestatten. Von einem selbstthätigen Füllen derselben nach Art eines Baggers ist dabei abgesehen, die Kohlen werden geschaufelt. Der Vortheil der Elevatoren liegt daher nur in der besseren Ausnutzung der Arbeiter durch Einführung von zweckmäßigen Gedingsätzen, sowie in der Ersparung an Triebkraft durch Bewegen der Maschine von einer einzigen Stelle aus. Solche Elevatoren sind in England dem Ingenieur James Rigg patentirt, indes bisher dort zum Kohlenüberladen noch nicht zur Verwendung gekommen, sollen aber auf der Donau zum Ueberladen von Kohle und Getreide benutzt werden. Einen derselben stellen die nachstehenden Zeichnungen dar. Die beiden Pontons, welche die ganze Vorrichtung tragen, sind je aus drei Theilen zusammengesetzte hohle Blechcylinder. Durch übergelegte eiserne T-Träger und Balken ist ein geräumiges Deck gebildet. Ein auf dem Deck stehender Dampfkessel erzeugt den zum Betriebe einer zweicylindrigen Maschine erforderlichen Dampf.

Diese Maschine wird verwendet: 1. um das endlose Drahtseil zu treiben, welches die beiden Reihen von Ueberladegefäßen trägt; 2. um den aus Gitterwerk gebildeten Rahmen, die Elevatorleiter, zu heben und zu senken; 3. um dieselbe zu drehen. Letzteres ist nöthig, damit beim Fortbewegen des Elevators von einem Ort zum andern kein Umschlagen stattfindet. Der in der Mitte des Decks stehende Gitterpfeiler *A* trägt

oben eine kreisförmige Laufschiene, auf welcher sich ein Gufsstück *B* zwischen den beiden Endlagen der Elevatorleiter drehen kann, nämlich der Lage senkrecht zur Längsrichtung der Pontons, die während des Ueberladens eingenommen wird, und der Lage gleichlaufend mit der Längsrichtung der Pontons im Zustande der Ruhe. In dem Gitterpfeiler befindet sich, oben mit dem Gufsstück *B* verbunden, eine hohle gufseiserne Säule, in welcher ein endloses Treibseil hochgeht; dieses Treibseil kann mit Hilfe der auf Deck befindlichen Reibungsscheiben durch die Dampfmaschine in Bewegung gesetzt werden und läuft über sechs Scheiben *c*, welche es vermöge eines zwischen Führungen sich bewegenden Gegengewichtes straff halten. An jedem Ende der Elevatorleiter befinden sich zwei fünfeckige Scheiben, über welche die endlosen Drahtseile geführt sind, welche die Ueberladegefäße tragen und zu deren Fortbewegung dienen. Auf einer zweiten Achse am oberen Ende der Leiter befindet sich

eine Reibungsscheibe *d*, welche durch das darüber geführte Treibseil beim Anlassen der Dampfmaschine in Drehung versetzt wird. Ein Zahnradvorgelege überträgt die Bewegung auf die obere fünfeckige Scheibe *c*, welche ihrerseits die Drahtseile mit den daran befestigten Ueberladegefäßen zwingt, sich langsam auf- bzw. abwärts zu bewegen. Die Ueberladegefäße sind durch Gelenke an runden Stahlspindeln befestigt, welche an jedem Ende kleine, in Führungen laufende Rollen tragen. Diese Führungen bilden einen Theil von den Gurtungen der als Fachwerkträger construirten Elevatorleiter, deren unteres Ende nach abwärts gebogen ist, damit es möglichst tief in den Schiffsraum hineingesenkt werden kann. Zum Heben und Senken der Leiter ist eine Bockwinde vorgesehen, von welcher Ketten über Rollen in dem Gitterpfeiler emporgehen und oben unter Zuhülfenahme von Rollen *bb* Flaschenzüge bilden. Zum Drehen um die lothrechte Achse ist die in dem Gitterpfeiler befindliche, vorhin erwähnte gufseiserne hohle Säule unten mit einem großen Zahnrad versehen. In dieses Zahnrad greift eine endlose Schraube ein, die durch Kegelhäder mit der Maschinenwelle in Verbindung gebracht ist.

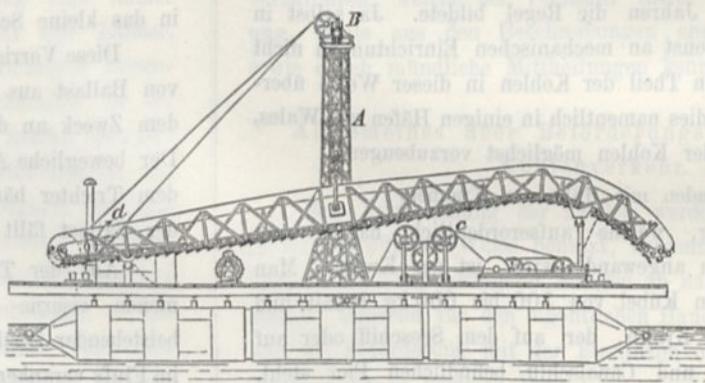
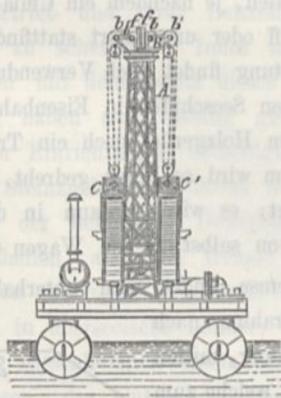
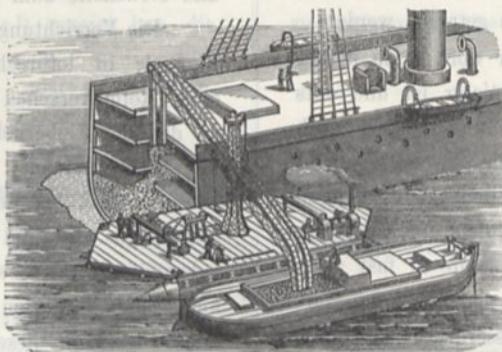
Der Gang der Maschine beim Ueberladen wird in der Weise geregelt, daß die Ueberladegefäße sich langsam genug bewegen, um von den im Canalschiff stehenden Arbeitern (bis acht an der Zahl) bequem gefüllt werden zu können.

2. Beförderung in gewöhnlichen Canal- und Flufsschiffen mit Anwendung von Transportkästen.

Wenn man es mit sehr zerbrechlicher Kohle zu thun hat oder es aus anderen Gründen erwünscht ist, beim Versand die Zerkleinerung der Kohle möglichst zu beschränken, so bedient man sich eiserner Kästen zur Aufnahme der Kohlen. Die aus Eisenblech hergestellten Kästen werden schon auf der Zeche gefüllt

und so entweder unmittelbar in die Canalschiffe hineingesetzt oder mittels der Eisenbahn an den Wasserweg geschafft. Diese Art findet Anwendung auf einigen Canälen in Wales. Das Ueberladen und Entleeren der 2½ bis 3 t fassenden Kästen in die Seeschiffe geschieht hier entweder durch gewöhnliche Krähne oder mittels der früher beschriebenen Einrichtung mit in lothrechter Ebene beweglichem Ausleger (Abb. 2 auf Blatt 18).

In Cardiff wendet man auch die auf Blatt 18 Abb. 3 dargestellte Vorrichtung zum Ueberladen an. Am Rande des Kais erhebt sich ein hölzernes Gerüst, welches einen waagerechten Ausleger trägt. Auf diesem Ausleger sind vier Scheiben angebracht, von denen die eine *a* beweglich als Laufkatze eingerichtet ist. Ueber die Scheiben laufen zwei Ketten, wovon die eine die Laufkatze *a* hin und her bewegen soll und die andere die Last heben und senken kann. Diese beiden Bewegungen



James Rigg's Patent.

werden mit Hilfe zweier Trommeln *A* hervorgebracht, auf welche die Ketten sich entgegengesetzt aufrollen. Die beiden Ketten können unabhängig von einander oder gleichzeitig wirken, indem die eine Trommel auf eine hohle Achse gekeilt ist, durch welche die Achse der anderen Trommel hindurchgesteckt ist; eine geeignete Kupplung gestattet, die beiden Trommeln gleichzeitig oder einzeln zu bewegen und demnach die Ketten entweder beide oder jede für sich anzuspannen bzw. nachzulassen. Man kann auf diese Weise der Laufkatze *a* sowie dem Kasten die zum Ueberladen nöthigen Bewegungen erteilen. Die Lade- stelle soll nur eine Leistungsfähigkeit von 300 t täglich haben und hat dabei einen kostspieligen und umständlichen Betrieb; sie wird daher auch nur wenig noch zum Kohlenüberladen ge- braucht, sondern meistens zum Entladen von Ballast.

### 3. Kohlenbeförderung in besonderen Verschiffungs- gefäßen.

Bei Beförderung der Kohle in gewöhnlichen Canalschiffen, einerlei, ob mit oder ohne Anwendung von Transportkasten, sind einerseits die Ueberladekosten sehr bedeutend, andererseits geht das Ueberladegeschäft naturgemäÙ nur langsam vor sich. Der steigende Wettbewerb sowohl der verschiedenen Canalgesell- schaften unter sich, als auch vor allen Dingen der Wettkampf zwischen Canalschiffahrt und Eisenbahnen, führten in England dazu, für einige Canalstrecken Vorrichtungen zu erdenken, um einestheils die Kosten und die Zeitdauer des Ueberladens herab- zumindern, andernteils auch mehr Regelmäßigkeit in die Ca- nalschiffahrt zu bringen. Die Unregelmäßigkeit der Beförderung hatte zwar durch Anwendung der Dampfkraft schon bedeutend abgenommen, doch waren mit Bezug auf das Ueberladen geringe Fortschritte gemacht. Der Kampf mit den Eisenbahnen hatte bei einigen Canalstrecken mit starkem Kohlenverkehr nur Aus- sicht auf Erfolg, wenn es gelang, in derselben Weise wie schon seit langer Zeit ganze Eisenbahnwagen ausgestürzt wurden, auch ganze Canalfahrzeuge auf einmal in die Seeschiffe zu entleeren. Das gewöhnliche Canalschiff eignete sich nicht zu diesem Zweck, theils wegen seiner Form, theils auch wegen der unvermeid- lichen Beschädigungen beim Ausstürzen, es mußte vielmehr eine besondere Schiffsform zur Anwendung kommen. Am meisten bemühte sich die sogen. „Aire and Calder Company“ für die Sache, eine Schiffahrtsgesellschaft, welche ausgedehnte Canal- strecken in Yorkshire besitzt, als dieselbe sich anfangs der sechziger Jahre durch die Mitbetheiligung der Eisenbahnen ernstlich in ihrem Bestehen bedroht sah. Auf den Strecken dieser Gesellschaft findet ein lebhafter Verkehr mit Stückgut, Erzen, Holz und Kohlen statt, wovon Stückgut sowohl einge- führt als auch ausgeführt, Holz und Erze vorwiegend eingeführt und Kohlen ausschließlich ausgeführt werden.

Die Flüsse Aire und Calder bilden im Verein mit einem Canal von Goole nach Knottingley eine wichtige Verbindung zwischen dem Mersey bei Liverpool einerseits und dem Humber bei Hull andererseits. Der Fluß Aire wird erst bei Leeds für größere Flußschiffe zugänglich, bildet hier die Fortsetzung des Canals von Liverpool nach Leeds und nimmt unterhalb dieser Stadt den Fluß Calder auf. Etwas oberhalb der Stadt Goole ergießt sich der Aire in den aus dem nördlichen Theile York- shires kommenden Fluß Ouse, der seinerseits nach Aufnahme des von Süden kommenden Trent in den Humberfluß mündet, welcher, an Hull vorbeifließend, sich in die Nordsee ergießt.

Die großen Handelsplätze für die Kohlenausfuhr sind hier Great-Grimsby, Hull und Goole. Schon 1836 wurde auf diesen Strecken versuchsweise Dampfkraft in Gestalt von Raddampfern verwendet. Jetzt wird der Dienst des schnellen Güterverkehrs durch Kähne mit eigenen Maschinen versehen, die 40 t selbst laden und noch zwei Kähne mit ebensoviel Gewicht schleppen. Diese legen, einschließlic des Schleusenaufenthalts und ob- gleich auf der Hauptlinie von 50 km Länge, zwischen Leeds und Goole, sich zehn Schleusen befinden, diese Strecke in zehn Stunden zurück. Für die Kohlenausfuhr sind seit 1862 Canal- schiffe nach dem Patent von W. H. Bartholomew, dem General-Director und Ober-Ingenieur der Aire- und Calder- Gesellschaft, im Betriebe.

Die Bartholomew'schen Canalschiffe sind einfache viereckige Kasten, vorn und hinten etwas abgerundet, deren Wände und Boden aus Eisenblech hergestellt und durch Formeisen versteift sind. Diese Kasten werden nach Art einer Gliederkette anein- andergereiht, mit einem wasserdurchschneidenden Vordertheil versehen und durch einen kleinen Dampfer gestofsen oder gezo- gen. Die Abmessungen der Kasten sind im Laufe der Zeit immer größer geworden. Zuerst hatte man solche mit etwa 20 t Tragkraft, jetzt ist man bis auf 35 t gegangen. Im August 1884 wurde von den Ingenieuren der Gesellschaft geäußert, daß man beabsichtige, die Tragfähigkeit auf 40 t zu vergrößern, eine Vergrößerung über 40 t hinaus sei nicht möglich, da die Ueberladevorrichtung in Goole die Kasten dann nicht mehr ausstürzen könne. Das Schiff ist auf Blatt 18, Abb. 4 bis 8, in Grundrifs, Querschnitt, Vorderansicht, Län- genschnitt und Längenschnitt dargestellt. Die Abmessungen betragen bei den größten, im Jahre 1884 im Gebrauch be- findlichen Gefäßen 6 m Länge, 4,5 m Breite und 1,60 m Tief- gang. Zur bequemen Bewegung der Mannschaften hat das Transportgefäß ein Deck erhalten, welches aber das Auskippen nicht behindern darf und daher nur an drei Seiten in einer Breite von etwa 0,75 m angebracht ist. Gleichlaufend mit der Längsrichtung kann ein leichter hölzerner Langbaum in ent- sprechenden gußeisernen Schuhen befestigt werden, welcher dazu dient, beim Befördern von Stückgut (es wird z. B. Ge- treide in Säcken aus Goole mit zurückgenommen) ein Stück Segeltuch über das Schiff zu spannen. Auf der vorderen Stirn- wand jedes Gefäßes ist in der Mitte ein runder Holzbaum lothrecht stehend befestigt, welcher behufs Verbindung zweier auf einander folgenden Fahrzeuge in eine nuthartige Vertiefung des vorhergehenden Fahrzeuges eingreift. Eine um den Kopf des Holzbaumes gelegte Kette bewirkt diese Verbindung. Außer der so in der Mitte befindlichen Kupplung ist noch eine Art Hilfskupplung vorhanden, welche darin besteht, daß kurze Ket- tenstücke mit nicht zu großem Spielraum um an den Seiten angebrachte Poller *aa* geschlungen werden. An der Stirnwand jedes Fahrzeuges befinden sich einfache hölzerne Buffer mit Spi- ralfeder, welche bei voller Belastung in Höhe der Wasserlinie liegen und auf entsprechende Holzplatten in der Hinterwand des vorhergehenden Fahrzeuges wirken.

Schiffahrtsbetrieb. Die oben beschriebenen Transport- gefäße werden in der auf Blatt 18, Abb. 9 und 10 dargestell- ten Art zu einem Schiffszug vereinigt. Die von der Aire- und Calder-Gesellschaft im Jahre 1884 eingerichteten Züge hatten eine Länge von 70 bis 80 m, doch hielten die Ingenieure der Gesellschaft es für möglich und zweckmäßsig, eine Länge von

über 100 m zu wählen. Zum Fortbewegen des Zuges dient ein Schraubendampfer, welcher nicht schleppt, sondern sich hinter den Zug setzt und ihn schiebt. Dies hat einmal den Vortheil, daß die von der Schiffsschraube erzeugten Wellen die Schiffsgefäße nicht treffen, andererseits läßt sich der Zug bequemer und sicherer lenken. Leere Züge wurden indes auch von den Dampfmaschinen geschleppt. Der ganze Schiffszug mit Stofsdampfer und Kopfstück, dessen Besatzung aus nur vier Mann besteht, nämlich Maschinist und Steuermann in doppelter Besatzung für Tag und Nacht, und welcher mit einer Geschwindigkeit von 7 bis 8 km in der Stunde fährt, wird durch ein langes Drahtseil gesteuert, welches durch die mit einer Oeffnung versehenen Poller der Transportgefäße zu beiden Seiten des Zuges von dem Stofsdampfer nach dem vorn befindlichen Kopfstück (bow-piece) läuft. Letzteres ist nach vorn zugespitzt und hinten in derselben Weise abgerundet, wie die Transportgefäße. Auf Deck ist es mit einer gewöhnlichen Bockwinde und vier waagrecht liegenden Scheiben ausgerüstet. Der Stofsdampfer nimmt selbst keine Ladung auf, sein Tiefgang wird durch ein an Bord befindliches Wasserfaß geregelt. Auf dem Deck befinden sich zwei Dampfzylinder, welche mit Dampf aus dem im Schiffsraum befindlichen Kessel gespeist werden. An den Kolben dieser beiden Dampfzylinder sind die Steuerseile befestigt, welche zunächst in einigen Windungen um die vorn befindliche große Seilscheibe laufen, dann über zwei kleine Scheiben und durch die Poller sämtlicher zu einem Zuge vereinigten Gefäße hindurch nach dem Kopfstück geführt sind. Dort werden die Seile über die erwähnten vier auf Deck befindlichen waagrecht liegenden Scheiben nach der Bockwinde geführt. Mittels dieser sollen die Steuerseile in Spannung versetzt und die einzelnen Theile des Zuges zu einem ganzen vereinigt werden. Jenachdem nun der eine oder andere der auf dem Stofsdampfer befindlichen Dampfkolben durch Einlassen von Dampf vor- oder rückwärts bewegt wird, wird durch das Seil die große Scheibe nach rechts oder links gedreht, somit also die Spitze des Zuges nach rechts oder links gesteuert und der ganze Zug gekrümmt (Blatt 18, Abb. 10). Durch diese Einrichtung ist es möglich, mit dem langen Schiffszug scharfe Krümmungen mühelos zu durchfahren.

Ein solcher Schiffsbetrieb läßt sich natürlich nur auf verhältnißmäßig ruhigen Wasserflächen, also auf Canälen und kleineren Flußläufen einführen. Denn die rechteckige Form, welche mit Rücksicht auf das Entladen und die bequeme Vereinigung zu einem Zuge angenommen wurde, entspricht nur unvollkommen der Standsicherheit des Schwimmens. Auf den in Rede stehenden englischen Flußstrecken kommen keine sehr starken Wellenbewegungen vor, wogegen in den Goole-Docks, die eine größere Wasserfläche besitzen, sich nicht selten ziemlich bedeutender Wellenschlag einstellt. Dort soll es vorgekommen sein, daß einzelne Gefäße, nachdem sie von dem ganzen Zuge losgetrennt waren, infolge zu heftiger Bewegung des Wassers umschlugen. Es ist möglich, mittels dieses gegliederten Schiffszuges Kohle vom Bahnhof Leeds bis Goole (50 km) für etwa 0,35  $\mathcal{M}$ . die Tonne, und bis in den Schiffsraum, alle Spesen eingerechnet, für 0,60  $\mathcal{M}$ . zu befördern.

Vorausgegangen war dieser Construction die eines im Jahre 1858 in Greenwich gebauten, für den Dienst auf dem Flusse Lee bei London bestimmten Dampfcanalbootes von 32 m Länge, das sich leicht in drei Theile zerlegen liefs und so die Vor-

theile des größeren Schiffes mit eigener Dampfkraft mit der Möglichkeit, das Fahrzeug durch kurze Schleusen zu bringen, vereinigen sollte. Diese Anordnung ist wegen Mängel bei der Anwendung nicht viel in Gebrauch gekommen.

Am Zielpunkt Goole angelangt, wird der oben beschriebene Schiffszug durch Lösen der Schlußbolzen getrennt und jeder Kasten kann mittels des noch näher zu beschreibenden Aufzuges aus dem Wasser gehoben und in das Seeschiff ausgeleert werden.

Goole ist der am tiefsten landeinwärts liegende Seehafen am Flusse Ouse, welcher weiter abwärts, nach Aufnahme des Trent, den Namen Humber führt. Die Lancashire- und Yorkshire- und die North Eastern-Bahn besitzen ausgedehnte Geleisanlagen und eigene große Docks im Hafen. Diese Docks stehen mit dem südlich davon gelegenen, ebenfalls sehr ausgedehnten Canaldock, das seinerseits unmittelbare Schleusenauslässe nach dem Ouse besitzt, in nächster Verbindung. In das Canaldock münden zwei Wasserstraßen, vom Westen die Aire- und Calder-Schiffahrt und vom Süden her die Don-Schiffahrt. — Der Umschlag zwischen Canal und Meer erfolgt, bei der zweckmäßigen Lage der Canal- und Seedocks, für alle die verschiedenen Versandgegenstände der ersteren ungemein bequem und es ist der Aire- und Calder-Schiffahrt möglich gewesen, mit den Eisenbahnen nicht allein im Preise, sondern auch in der Zeit in Wettstreit zu treten. Die Stadt Goole, noch vor dreißig Jahren ein kleines Dorf, hat sich jetzt zu einer ansehnlichen Handelsstadt emporgearbeitet und den größten Theil des Seeverkehrs an sich gezogen, der früher auf Hull und Great-Grimsby entfiel.

Kohlenaufzug. Der Kohlenaufzug ist auf Blatt 18, Abb. 12 und 13 und Blatt 19, Abb. 1 bis 5 dargestellt und befindet sich an der im Lageplan mit A bezeichneten Stelle. Er besteht aus folgenden Haupttheilen: a) dem eigentlichen Fördergerüst, einem aus vier starken Holzpfosten hergestellten, stark verstreuten Aufbau; b) dem eigentlichen Fahrstuhl, Käfig (cage) genannt, welcher sich zwischen jenen Pfosten auf- und abbewegt; c) der sog. Kippwiege (cradle), welche sich im Käfig befindet und zum Kippen des Schiffsgefäßes dient; d) den Hebecylindern mit Zubehör zum Heben des Käfigs nebst Wiege und Schiff; e) der Wasserkraftmaschine zum Kippen und f) der nach der Schiffsluke führenden Schüttrinne.

a) Das Fördergerüst. Die Verstrebung der aufrecht stehenden hölzernen Pfosten besteht aus langen schräg gestellten Balken mit waagerechten Gurthölzern und eingelegten Andreaskreuzen. Die vier Pfosten sind unter sich durch waagrecht liegende Hölzer und durch Diagonalen verbunden. Oben sind starke Doppel-T-Träger auf das Fördergerüst gelegt, welche die oberen Maschinen und das über dem Maschinenraum befindliche Dach tragen.

b) Der Käfig. Dieser wird gebildet durch einen oberen und einen unteren waagerechten Rahmen, welche durch vier starke Ecksäulen und durch Gitterstäbe mit einander verbunden sind; er ist mittels eines Kastenträgers a (Abb. 4, Blatt 19) an die Kolben der oben stehenden Wasserdruckzylinder gehängt. An der dem Dock zugekehrten Seite sind vier Lagerböcke b (Abb. 5) zur Aufnahme der Drehzapfen der Wiege angebracht, aus Blech und Winkleisen zusammengesetzte, aufrecht stehende Träger von im ganzen trapezförmiger Gestalt. Das Eigengewicht des Käfigs usw. wird durch zwei an den Seiten angebrachte

Gegengewichte nahezu ausgeglichen, sodass die Hebecylinder nur die fremde Last zu heben brauchen.

c) Die Wiege. Dieselbe besteht aus vier Uförmig gebogenen Trägern *c* von doppelt Tförmigem Querschnitt, welche durch Querverbindungen und Diagonalen fest mit einander verbunden sind. An einer Seite haben diese Uförmigen Träger je eine Drehachse, welche in auf den oben erwähnten Lagerböcken befestigten Lagern ruht; sie können sich zwischen die beiden in einem Abstände von etwa 0,20 m befindlichen beiden Blechwände dieser Lagerböcke legen. An der entgegengesetzten Seite ist ein Ansatz *d* angenietet, welcher einmal die Wiege in der waagerechten Lage unterstützt, dann aber auch die Kippbewegung begrenzt, indem er sich gegen den oberen Rahmen des Käfigs legt und so die Wiege verhindert, herauszufallen.

d) Die Wasserdruck-Hebecylinder. Zum Heben des Transportgefäßes nebst Käfig usw. sind zwei Wasserdruckcylinder oben im Maschinenraum aufgestellt, welche ihr Druckwasser aus der im ganzen Hafen verzweigten Leitung erhalten. Die Hebecylinder sind aus gusseisernen, genau abgedrehten Stücken zusammengesetzt und stehen auf einem Kastenträger, welcher den Druck auf das Fördergerüst überträgt. Ihre Kolbenstangen, etwa 10 cm stark, werden durch eine unten an dem eben erwähnten Kastenträger befestigte Stopfbüchse geführt und sind durch starke Schraubenmutter mit dem Käfig verbunden.

e) Die Maschine. Zum Kippen der Wiege mit dem Schiffsgefäß ist oben auf dem Fördergerüst eine Maschine untergebracht, welche in Abb. 12 Blatt 18 dargestellt ist. Dieselbe besteht aus fünf Kettentrommeln, vier für die nach der Wiege führenden Ketten und eine für die Kette eines Gegengewichts, welches die Maschine beim Kippen unterstützt, einer drei-cylindrigen rotirenden Kolbenmaschine, dem Zahnradvorlege, welches durch mehrfache Uebersetzungen die Kolbenmaschine mit den Kettentrommeln in Verbindung setzt, und der Bremsvorrichtung. Die Kolbenmaschine wird ebenfalls mit Druckwasser getrieben, welches den um eine waagerechte Achse schwingenden Cylindern durch die Drehzapfen zugeführt wird. — Derartige Maschinen sind der Firma Armstrong, Mitchell and Comp. in Newcastle patentirt und werden von derselben in großer Vollkommenheit geliefert.

Das mittlere Gegengewicht hat, wie schon erwähnt, den Zweck, die Maschine beim Kippen zu unterstützen. Es ist so groß, dass das Eigengewicht der Wiege und des Transportgefäßes nahezu ausgeglichen ist, sodass die Kolbenmaschine nur die Nutzlast zu heben braucht. Ein zwischen den Wiegenträgern angebrachtes Gegengewicht *e* bewirkt das selbstthätige Zurückkippen nach erfolgter Entleerung. Um beim Niedergange des Käfigs die Kolbenmaschine ausser Verbindung mit den Kettenwellen setzen zu können, ist eine Ausrückvorrichtung angebracht. Ferner ist die Vorgelegewelle mit einem Bremsrad versehen, um die rückläufige Bewegung jederzeit mit Sicherheit beherrschen zu können. Sodann ist im Maschinenraum ein optischer Telegraph aufgestellt, welcher den Maschinisten über die jeweilige Stellung des Fördergerüsts und die Lage der Wiege unterrichtet, sodass er stets die nothwendigen Bewegungen rechtzeitig einleiten oder hemmen kann und im Stande ist, den Käfig sehr genau in der jedesmal erforderlichen Höhenlage einzustellen.

f) Die Schüttrinne. Die Schüttrinne besteht aus einem aus I-Eisen, Winkelleisen und Blech zusammengenieteten Kasten und hat den Zweck, die Kohlen nach der Schiffs Luke zu führen. Die Rinne ist an einem Ende drehbar auf einem Kastenträger gelagert und wird am anderen Ende durch Ketten gehalten, welche nach dem Maschinenraum führen und mittels welcher von dort aus die Neigung der Rinne dadurch geregelt werden kann, dass man diese Ketten mit den Gegengewichtsketten des Käfigs in Verbindung bringt und nun den Käfig sich auf- oder abwärts bewegen lässt, jenachdem man das Ende der Rinne höher oder tiefer haben will. Der erwähnte Kastenträger ist beweglich mit den vorderen Pfosten des Fördergerüsts verbunden und wird durch Sperrkegel in seiner jedesmaligen Stellung festgehalten. Das Heben und Senken des Trägers nebst Schüttrinne geschieht auch in einfachster Weise dadurch, dass man ihn mit den Gegengewichtsketten in Verbindung bringt. Um die Kohle stets in geschlossenem Strahl nach der Schiffs Luke führen zu können, was mit Hinsicht auf die möglichst geringe Zerstückelung wünschenswerth ist, hat man die Rinne vorn mit einer Klappe versehen, welche erst geöffnet wird, wenn sich die Rinne ganz mit Kohle gefüllt hat. Das Oeffnen und Schließen der Klappe geschieht mittels einer auf der Schüttrinne stehenden Bockwinde. — Eine besondere Sorgfalt war auf die Ueberdeckung des Zwischenraumes zwischen dem Schiffsgefäß und der Schüttrinne zu verwenden, einerseits, damit keine Kohle durchfällt und verloren geht, andererseits aber auch, damit die Lager nicht verunreinigt werden. Die Ueberdeckung wird in sehr sinnreicher Weise durch ein verschiebbares Blech bewirkt, welches auf Blatt 18, Abb. 13 dargestellt ist. Dasselbe ist drehbar oben auf den Uförmigen Trägern der Wiege befestigt und schiebt sich unter Vermittlung eines Bügels beim Kippen über den erwähnten Zwischenraum.

Zur Bedienung der Ueberladevorrichtung sind nur vier Mann erforderlich, ein Maschinist, welcher oben im Maschinenraum die verschiedenen Ventile und Steuerhebel bedient, zwei Mann, welche das Einbringen der vollen Gefäße usw. besorgen, und ein Mann, der die leeren Gefäße wegbringt.

Der Vorgang beim Entladen ist nun folgender: Das volle Transportgefäß wird mit einer neben dem Aufzug stehenden Bockwinde herangezogen und in den Käfig eingebracht. Der Maschinist lässt Druckwasser in die Hebecylinder ein, worauf der Käfig mit dem Schiff bis zu der erforderlichen Höhe emporgehoben wird. Zwei Arbeiter gehen dabei mit hoch und befestigen während des Aufgangs das Schiff durch vier starke Klammerhaken an der Wiege. Nachdem die erforderliche Höhe erreicht ist, schließt der Maschinist das nach den Hebecylindern führende Ventil, worauf Ruhe eintritt, und öffnet dafür das nach der Kolbenmaschine führende Ventil. Die Maschine setzt sich in Bewegung, die nach der Wiege führenden vier Ketten fangen an, sich auf die vier entsprechenden Trommeln aufzuwickeln, und bewirken eine Drehung der Wiege mit dem Schiffsgefäß um die rechts befindlichen Drehachsen. Nach Maßgabe des Fortschritts dieser Kippbewegung beginnt nun ganz allmählich das Ausstürzen der Kohlenladung aus dem Schiffsgefäß über die Schüttrinne in das Seeschiff hinein. Wird dabei die Schüttrinne immer nahezu gefüllt gehalten, so fällt stets Kohle auf Kohle aus sehr geringer Höhe, sodass ein Zerstückeln fast ganz vermieden wird. Nach einer Drehung von ungefähr 110° fällt schließlich die dem Seeschiff zugekehrte Seite des Transport-

gefäßes nach Lage und Richtung in die Verlängerung der Ebene der Schüttrinne. Dann legt sich der obenerwähnte Ansatz an der Wiege gegen den Käfig und verhindert die weitere Drehbewegung. Vor Beginn des Kippens haben die beiden Arbeiter die Wiege verlassen und sind auf die auf der Schüttrinne durch übergelegte Bretter gebildete Plattform getreten, von wo aus der eine die Klappe der Schüttrinne bedient, der andere später mit einem Kratzeisen den letzten Rest Kohle aus dem Schiffsgefäß entfernt. Beim Niedergange lösen die beiden Arbeiter die erwähnten Klammerhaken wieder, worauf der dritte Arbeiter das leere Gefäß aus dem Käfig entfernt.

Was die Leistung der Ueberladevorrichtung anbetrifft, so ergaben in Goole angestellte Beobachtungen, daß das Einbringen des Transportgefäßes in den Käfig eine Minute erforderte; zum Heben und Senken waren je  $1\frac{1}{2}$  Minuten und zum Kippen und Entleeren sechs Minuten erforderlich, sodaß in zehn Minuten ein Schiff entladen wurde. Dies setzte aber voraus, daß beim Ausstürzen kein Aufenthalt entstand, wozu vor allen Dingen erforderlich ist, daß Leute genug angestellt werden, die das Vertheilen der Kohle im Schiffsraum, das sog. Trimmen, besorgen. In Goole war dies nicht immer der Fall, es kam nicht selten vor, daß die Kohle nicht nur die ganze Schiffs Luke verstopfte, sondern auch noch ein Theil des Decks vollgeschüttet war. Dann mußte mit dem Entladen eingehalten werden, wodurch natürlich eine beträchtliche Verzögerung entstand. Es werden daher auch nur vier bis fünf Gefäße stündlich entladen, immerhin eine bedeutende Leistung, wenn man bedenkt, daß jedes Gefäß 35 t Kohlen faßt. Es wird in Goole Tag und Nacht übergeladen. Die jährliche Leistung ist eine außerordentlich große, denn der Umschlag beträgt etwa 400000 t Kohlen fürs Jahr und es ist außer dem Hebethurm

nur noch eine Kippvorrichtung zum Entladen von Eisenbahnwagen vorhanden.

Bezüglich der Lage ist noch zu bemerken, daß die den Ousefluß stromaufwärts fahrenden Dampfer bei *B* in das Hafenbecken eintreten und sich mit ihrer Langseite vor den Aufzug legen. Der Schiffszug dagegen kommt bei *C* auf dem Canal von Knottingley her an und wird im Dock selbst behufs Entladens zergliedert, ebenso wird dort der Leerzug aus den entladenen Fahrzeugen neu gebildet. Die Gefäße werden von der einen Seite in die Ueberladevorrichtung eingefahren und verlassen dieselbe nach der Entleerung auf der anderen Seite, sodaß die Bewegungen in guter Ordnung und schnell vollzogen werden können.

Was die Kosten der ganzen Vorkehrung betrifft, so sollen dieselben sich auf 600000  $\mathcal{L}$  belaufen haben. Darin sind aber sicher auch diejenigen Kosten enthalten, welche durch die ausgedehnten Versuche und durch Anschaffungen von Modellen usw. entstanden sind, womöglich auch die Kosten für eine ältere Vorrichtung, die bis Anfang der siebziger Jahre in Gebrauch war und eine etwas andere Einrichtung hatte. Wenn man die ähnlich erbauten Armstrong'schen Tips, welche 70 bis 80000  $\mathcal{L}$  kosten, mit dem Aufzug in Goole vergleicht, so scheint es, daß mit Benutzung der vorliegenden Erfahrungen eine Neuanlage mit bedeutend geringeren Kosten herzustellen ist.

Schließlich sei noch erwähnt, daß man früher in Goole versucht hat, ein Waggon Schiff zu erbauen, d. h. ein Schiff für die Beförderung auf Eisenbahngeleisen geeignet zu machen. Der Wagen sollte auf einer geneigten Ebene ins Wasser hinabgelassen werden und der Kasten sich von dem Untergestell abheben. Die Sache soll sich aber nach Angaben der englischen Ingenieure nicht bewährt haben. (Schluß folgt.)

## Die Berechnung des Eisenbahn-Oberbaues.

### I. Einleitung. Geschichtliches.

Die Spannungen, welche in der Schiene und Langschwelle infolge der Nachgiebigkeit der Bettung durch das Befahren hervorgerufen werden, und der Druck, den die Schwelle dabei auf die Unterlage ausübt, sind zuerst von Winkler unter der Annahme berechnet worden, daß die Eindrückung der Schwellen in die Bettung an einem beliebigen Punkte dem hier herrschenden Drucke proportional sei.<sup>1)</sup> Diese Annahme kehrt bei allen andern Schriftstellern, die sich mit diesem Gegenstande befaßt haben, wieder und soll auch der folgenden Arbeit zu Grunde gelegt werden. Ferner hat aber Winkler die Rechnung noch dadurch vereinfacht, daß er von vorn herein annimmt, die elastische Linie sei eine aus lauter gleich langen und gleich geformten Wellen bestehende Curve. Dies setzt voraus, daß der zu untersuchende Körper nicht nur unendlich lang und überall in gleicher Weise gestützt, sondern auch mit lauter

gleichen Lasten in gleich großen Abständen besetzt ist. Für die Theile eines Schienenstranges, die sich in der Nähe der Mitte eines Zuges befinden, ist die letztere Voraussetzung wohl hinreichend erfüllt; unter den Rädern der Locomotive aber, deren Druck fast immer bedeutend größer ist, als derjenige der Wagenräder, und deren Wirkung daher in der Regel für die Bestimmung der Abmessungen von Schiene und Schwelle maßgebend ist, befindet sich der Schienenstrang in einem wesentlich andern als dem von Winkler vorausgesetzten Zustande.

Derselbe Forscher hat später nochmals eine Darstellung seines Rechnungsverfahrens gegeben, und dabei die Schwellenbreite und den Druck auf die Flächeneinheit (statt des früher in Betracht gezogenen Druckes für die Längeneinheit) eingeführt, an den grundsätzlichen Annahmen aber nichts geändert.<sup>1)</sup> Dasselbe gilt für L. Hoffmann, der in seinem Buche über den Langschwellen-Oberbau der Rheinischen Eisenbahn die Rechnungsweise Winklers angenommen und nur eine die Anwendung erleichternde, jedoch nicht ganz fehlerfreie Hülfsstafel hinzugefügt hat.<sup>2)</sup> Die dort abgebildete Curve des Druckes auf die Bet-

1) Winkler, die Lehre von der Elasticität und Festigkeit, Prag 1867. Seite 182, § 195. — Ob und in welchen Grenzen etwa diese Annahme streng zutrifft, ist noch nicht ermittelt. Jedenfalls ist sie aber für kleine Formänderungen zulässig, welcher Art auch das die Beziehung zwischen der Senkung und dem Bettungsdruck regelnde Gesetz in Wirklichkeit sein möge, wenn nur (im Bereich der Anwendung) einer stetigen Aenderung der Senkung eine eben solche Aenderung des Druckes entspricht.

1) Winkler, Vorträge über Eisenbahnbau. Erstes Heft: Der Eisenbahn-Oberbau. Dritte Auflage, Prag 1875. Seite 265—267.

2) Hoffmann, der Langschwellen-Oberbau der Rheinischen Eisenbahn. Berlin 1880. Tafel VI.



Pressungen eine so annähernde Genauigkeit nicht besitzen, wie zur unmittelbaren Bestimmung der Abmessungen erforderlich sein würde.<sup>1)</sup> Da diese Auffassung auch heute noch im wesentlichen zutreffend sein dürfte, so möge die von Schwartzkopff gegebene Begründung hier kurz wiederholt werden: Abgesehen von der Unsicherheit der Theorie der Biegung im allgemeinen, ist der Uebelstand, dafs zur Ermöglichung einer theoretischen Behandlung meistens Annahmen gemacht werden müssen, welche sich mit den wirklichen Verhältnissen wenig decken, bei der Theorie des Eisenbahn-Oberbaues in besonders grossem Mafse vorhanden. Ausserdem sind bei der Beurtheilung der Güte eines Oberbaues so viele praktische Gesichtspunkte zu berücksichtigen, dafs hier noch mehr als für andere Bauconstructions der Satz gilt, dafs nur die Erfahrung über den Werth oder Unwerth einer bestimmten Anordnung entscheiden kann. Wenn nun zwar hiernach jene Theorien ein sicheres Mafs für die Leistungsfähigkeit eines Oberbaues nicht geben, so können sie doch zu einem Vergleich der Güte verschiedener Anordnungen benutzt werden. Es ist anzunehmen, dafs unter übrigens gleichen Verhältnissen, d. h. bei gleichem Bettungsmaterial, gleich guter Unterstopfung usw., die Bodenpressungen und die Spannungen im Eisen sich annähernd so verhalten, wie die aus jenen Formeln hervorgehenden Rechnungswerthe.

Von diesem Gesichtspunkte aus erscheint eine grofse Genauigkeit der Rechnung entbehrlich und — nach Schwartzkopff — eine Vereinfachung der ziemlich verwickelten, strengen Formeln wünschenswerth. Diese Aufgabe ist nun in dem genannten Werke sehr eingehend behandelt worden. Gegen die Lösungen findet sich — soweit die Ergebnisse nicht durch die von Hoffmann und Lehwald-Riese übernommenen, oben besprochenen Ungenauigkeiten beeinflusst sind — kaum etwas zu erinnern. Da jedoch die Anwendung der strengeren Formeln bei Benutzung geeigneter Hilfstabellen keineswegs sehr umständlich ist, da ferner der Gebrauch der Näherungsformeln in manchen Fällen entweder langwierige Untersuchungen über den Genauigkeitsgrad erfordert, oder zu täuschenden Ergebnissen führen kann, so dürften die genauen Formeln im allgemeinen zu bevorzugen sein. Sie bieten überdies den Vortheil, dafs sie leichter hinsichtlich ihrer Richtigkeit zu prüfen sind, und dafs über die Bedeutung der in ihnen auftretenden Gröfsen kein Zweifel entstehen kann. Der Hauptwerth der von Schwartzkopff angestellten Untersuchungen liegt also wohl weniger in den abgeleiteten Formeln, als in den dabei gewonnenen, allgemeinen Anschauungen. Als Beispiel einer solchen möge hier der Satz angeführt werden, dafs der Einfluss der Biegsamkeit der Schwellen auf die Bodenpressung in praktischen Fällen mitunter gering ist, sodafs der Druck auf die Bettung hinreichend genau als gleichförmig vertheilt angesehen werden kann.

In neuerer Zeit ist die Theorie des eisernen Oberbaues ausserordentlich gefördert worden durch die Untersuchungen von Schwedler, der zum erstenmal ein Verfahren angegeben hat, nach welchem der Einfluss verschiedener Lasten, die in beliebigen Abständen auf der Langschwelle vertheilt sind, berechnet werden kann.<sup>2)</sup> Ungefähr gleichzeitig hat sich der Verfasser —

1) Schwartzkopff, der eiserne Oberbau. Berlin 1882. Seite 133—160.

2) Diese wichtige Abhandlung ist nur in englischer Sprache veröffentlicht und zwar in einem 1882 von der Institution of Civil Engineers in London unter dem Titel „Wood, on iron permanent way“ herausgegebenen Heft auf Seite 97—120. Das Buch ist leider ver-

angeregt durch die auf den Reichseisenbahnen ausgeführten, auch von Schwedler benutzten Versuche, deren Ergebnisse die Unzulänglichkeit der bis dahin aufgestellten Theorien deutlich vor Augen führten — mit dem Gegenstande beschäftigt und dieselbe Lösung gefunden, von deren Veröffentlichung jedoch Abstand genommen, weil es ihm wünschenswerth erschien, zuvor auch den Einfluss des bei jener Lösung nicht berücksichtigten Abhebens der Langschwelle von der Bettung zu untersuchen. Da sich letzteres nur durch ein ziemlich umständliches Näherungsverfahren erreichen liefs, so wurde schon damals der grösste Theil der Tabellen berechnet, die der vorliegenden Arbeit beigegeben sind und zur Erleichterung vieler von den Zahlenrechnungen dienen, die bei der Untersuchung des Verhaltens der verschiedenen Oberbau-Arten vorkommen können.

Ausserdem hat Schwedler aber in der unten genannten Abhandlung ein äufserst sinnreiches Verfahren angegeben, nach welchem die in der Querschwellen auftretenden Spannungen mit Hilfe der vorerwähnten, für die Langschwelle gültigen Formeln näherungsweise berechnet werden können. Dieses Verfahren dürfte den in Wirklichkeit vorkommenden Verhältnissen wesentlich besser entsprechen, als das von Lehwald-Riese entwickelte, das eigentlich nur auf Einzelunterlagen und zur Ermittlung der durch die Querbiegung in Längsschnitten der Lang- oder Querschwellen hervorgerufenen Spannungen ohne weiteres angewendet werden kann. — Ferner hat Schwedler den Widerstand der Bettung gegen gröfsere, auf seitliche Verschiebung der Massen hinwirkende Belastungen untersucht und daraus Schlüsse hinsichtlich der erforderlichen Schwellenbreite und des höchstens zulässigen Druckes für die Flächeneinheit gezogen. Ueberhaupt ist die ganze Abhandlung vorwiegend der Anwendung der aufgestellten Theorien gewidmet und demgemäfs reich an Zahlenbeispielen und an vergleichenden Erörterungen des Einflusses, den die einzelnen Abmessungen der verschiedenen Oberbau-Arten auf deren Verhalten im Betriebe ausüben; dagegen sind Ableitungen oder Beweise für die vorgeführten Sätze und Formeln theils gar nicht, theils nur in gedrängter Kürze gegeben, wodurch das Verständnifs für manchen Leser — ganz abgesehen von den aus der fremden Sprache erwachsenden Umständlichkeiten — einigermassen erschwert werden kann.

Bei dieser Sachlage dürfte eine zusammenfassende, in sich abgeschlossene Darstellung des bisher Erreichten nicht ohne Nutzen sein. Selbstverständlich soll damit nicht ein Ersatz für die besprochenen Werke und Abhandlungen, sondern nur ein das Studium derselben und die Anwendung der Theorie erleichterndes Hilfsmittel geboten werden. Von diesem Gedanken ausgehend, hat der Verfasser einerseits die Ableitung der Formeln möglichst kurz und übersichtlich zu gestalten sich bemüht, an-

griffen. — Die Gleichungen, auf welche Schwedler die Berechnung des Langschwellen-Oberbaues gründet, finden sich allerdings schon bei Winkler in dessen Lehre von der Elasticität und Festigkeit, Seite 184, No. 125 und 126. Es scheint aber ihre Verwendbarkeit zur Berechnung des Einflusses ungleicher Lasten in wechselnden Abständen unbeachtet geblieben zu sein; wenigstens ist eine derartige Anwendung vor Schwedler nicht bekannt geworden. Bei Winkler treten diese Gleichungen nur als Näherungsformeln für einen Stab auf, der mit unendlich vielen, gleich grofsen Lasten in gleichen, sehr grofsen Abständen besetzt ist, während Schwedler dieselben auf den unendlich langen, nur eine einzige Last tragenden Stab anwendet und so zur Bestimmung der Theilwirkungen einer Gruppe beliebig angeordneter Lasten benutzt. In dieser Weise sind die in Rede stehenden Gleichungen von Winkler erst in der vor kurzem erschienenen dritten Auflage des ersten Heftes der Vorträge über Brückenbau gedeutet und verwendet worden.

derseits aber doch von den wichtigeren Zwischenrechnungen wenigstens so viel vorgeführt, daß der Gang der Entwicklung leicht verfolgt und auf seine Richtigkeit geprüft werden kann. Ferner sind die Zahlenwerthe der häufiger vorkommenden Größen in Tabellen gebracht, durch deren Benutzung sich die besondere Ausrechnung im Einzelfalle entweder ganz vermeiden, oder doch sehr vereinfachen läßt. Dagegen ist eine allseitige theoretische Untersuchung der einzelnen Oberbausysteme nicht beabsichtigt, sondern an Beispielen nur so viel vorgeführt, wie zur Erläuterung der entwickelten Rechnungsregeln nöthig erschien. Uebrigens wird der kundige Leser in der vorliegenden Arbeit auch einiges sachlich Neue finden, wie beispielsweise die Abschnitte über den einseitig begrenzten, unendlich langen Stab, über den Einfluß äußerer und innerer Stetigkeits-Unterbrechungen, insbesondere aber ein strenges Verfahren zur Berechnung des Stabes von endlicher Länge mit Einzellasten in beliebiger Stellung und die Anwendung dieses Verfahrens auf die Querschwellen, sowie manches Andere, das einer freundlichen Aufnahme hiermit empfohlen sein möge.

## II. Ableitung der Formeln.

### § 1. Differentialgleichung der elastischen Linie. Allgemeine Integration.

Zwischen dem Moment  $M$  und der Querkraft  $Q$  (Transversalkraft) in einem beliebigen Querschnitte eines auf Biegung beanspruchten Stabes besteht die allgemeine Beziehung

$$\frac{dM}{dx} = Q,$$

worin  $Q$  die Summe aller der äußeren Kräfte darstellt, die an dem (vom betrachteten Querschnitte aus) in der Richtung  $-x$  der Stabachse gelegenen Körpertheil angreifen, und wobei diejenige Drehrichtung der Momente positiv angenommen ist, die der Wirkung einer im Sinne von  $+Q$  gerichteten Kraft entspricht. Bestehen die äußeren Kräfte in der Nähe des Querschnittes nur aus einer stetig über die Stabachse vertheilten Belastung vom Werth  $p$  für die Flächeneinheit, also  $bp$  für die Längeneinheit des Stabes, dessen gedrückte Fläche die Breite  $b$  hat, so ist

$$\frac{dQ}{dx} = bp, \text{ also auch } \frac{d^2M}{dx^2} = bp,$$

wenn  $Q$  und  $p$  in demselben Richtungssinne positiv gerechnet werden, wie es in der Folge geschehen soll, indem  $Q$  sowohl wie  $p$  im Sinne des widerstehenden Bettungsdruckes, also in der Richtung nach oben positiv angenommen wird.<sup>1)</sup>

Ferner ist bekanntlich, wenn das Elasticitätsmaß mit  $E$ , das überall gleiche, auf die waagerechte Schwerpunktsachse bezogene Trägheitsmoment des Stabquerschnittes mit  $J$  bezeichnet wird, allgemein

$$M = -EJ \frac{d^2y}{dx^2},$$

welche Gleichung hinsichtlich der Gültigkeit des Vorzeichens nur an die Bedingung gebunden ist, daß die Abweichung  $y$  der elastischen Linie von der Geraden in derjenigen Richtung nega-

tiv gerechnet wird, nach welcher der durch ein positives Moment gekrümmte Stab seine hohle Seite wendet. Zu diesem Zwecke ist nach der über das Vorzeichen von  $Q$  und damit auch von  $M$  soeben getroffenen Festsetzung eine nach unten gerichtete Abweichung, d. h. eine Senkung als positiv einzuführen. Hiermit ergibt sich als Gleichung der elastischen Linie:

$$EJ \frac{d^4y}{dx^4} = -bp,$$

also eine die Größen  $M$  und  $Q$  nicht mehr enthaltende Beziehung, die hinsichtlich der Vorzeichen nur noch die Voraussetzung einschließt, daß die positiven Richtungen von  $y$  und  $p$  einander entgegengesetzt sind. Die Gültigkeit der folgenden Entwicklungen ist also unabhängig davon, in welchem Sinne man  $Q$  und  $M$  positiv rechnet.<sup>1)</sup>

Wird nun angenommen, daß die Größe des widerstehenden Flächendruckes  $p$  der Tiefe  $y$  der Einsenkung proportional, etwa

$$1) \dots \dots \dots p = Cy$$

sei, so geht die Gleichung der elastischen Linie in die Form

$$2) \dots \dots \dots \frac{d^4y}{dx^4} = -\lambda^4 y$$

über, wenn zur Abkürzung

$$3) \dots \dots \dots \sqrt[4]{\frac{Cb}{4EJ}} = \lambda$$

gesetzt wird.<sup>2)</sup> Die Integration der Differentialgleichung 2) führt jetzt zu der erstmals von Winkler entwickelten Gleichung der elastischen Linie in endlicher Form:

$$y = Ae^{\lambda(1+i)x} + Be^{\lambda(1-i)x} + Ce^{-\lambda(1+i)x} + De^{-\lambda(1-i)x} \\ = Ae^{\lambda x} e^{i\lambda x} + Be^{\lambda x} e^{-i\lambda x} + Ce^{-\lambda x} e^{-i\lambda x} + De^{-\lambda x} e^{i\lambda x}.$$

Hierin ist  $e = 2,71828$  die Grundzahl der natürlichen Logarithmen, und  $i = \sqrt{-1}$ .

$$\text{Da nun } e^{i\lambda x} = \cos \lambda x + i \sin \lambda x, \\ e^{-i\lambda x} = \cos \lambda x - i \sin \lambda x,$$

so folgt

$$y = (A+B) e^{\lambda x} \cos \lambda x + (C+D) e^{-\lambda x} \cos \lambda x + \\ (A-B) e^{\lambda x} i \sin \lambda x - (C-D) e^{-\lambda x} i \sin \lambda x.$$

Wird zur Abkürzung

$$A+B = \frac{1}{2} U_1; \quad (A-B) i = \frac{1}{2} V_1 \\ C+D = \frac{1}{2} U_2; \quad -(C-D) i = \frac{1}{2} V_2 \text{ und} \\ \lambda x = \xi$$

gesetzt, so erhält man die nachfolgenden Gleichungen für  $y$  und dessen Differentialquotienten nach  $x$  bis zur vierten:

1) Die obige Festsetzung der Vorzeichen von  $Q$  und  $M$  ist der in den grundlegenden Untersuchungen von Winkler und Schwedler gewählten (und von den nachfolgenden Schriftstellern unverändert beibehaltenen) entgegengesetzt, stimmt aber mit derjenigen überein, die im Brückenbau allgemein gebräuchlich und neuerdings auch von Winkler für den Stab auf elastischer Unterlage angewendet worden ist. Sie bietet den Vortheil, daß das häufig zu erwähnende und für die Beanspruchung des Stabes besonders wichtige Biegemoment im Querschnitt unter der Last mit positivem Vorzeichen erscheint. Vergl. Winkler, Vorträge über Brückenbau. Theorie der Brücken. I. Heft. Dritte Auflage. Wien 1886. Seite 181—184.

2) Diese Hilfsgröße ist bisher meist mit  $k$  oder  $K$  bezeichnet worden. Da viele Fachleute gewohnt sind, die zulässige Beanspruchung  $k$  zu nennen, so ist für die obige Wurzelgröße hier die Bezeichnung  $\lambda$  gewählt, um Unzuträglichkeiten zu vermeiden, wie sie sich z. B. bei Lehwald-Riese, Seite 46—49, aus der ständigen Bezeichnung zweier verschiedener Größen mit ein und demselben Buchstaben ergeben.

1) Siehe Winkler, Festigkeitslehre, S. 48, § 61; oder Grashof Theorie der Elasticität (2. Auflage) Seite 68 No. 47. Zeitschrift f. Bauwesen. Jahrg. XXXVII.

$$4) \begin{cases} y = \frac{1}{2} e^{\xi} \cos \xi \cdot U_1 + \frac{1}{2} e^{-\xi} \cos \xi \cdot U_2 + \frac{1}{2} e^{\xi} \sin \xi \cdot V_1 + \frac{1}{2} e^{-\xi} \sin \xi \cdot V_2 \\ \frac{1}{x} \frac{dy}{dx} = \frac{1}{2} e^{\xi} \left\{ \begin{matrix} \cos \xi \\ -\sin \xi \end{matrix} \right\} U_1 - \frac{1}{2} e^{-\xi} \left\{ \begin{matrix} \cos \xi \\ +\sin \xi \end{matrix} \right\} U_2 + \frac{1}{2} e^{\xi} \left\{ \begin{matrix} \cos \xi \\ +\sin \xi \end{matrix} \right\} V_1 + \frac{1}{2} e^{-\xi} \left\{ \begin{matrix} \cos \xi \\ -\sin \xi \end{matrix} \right\} V_2 \\ \frac{1}{x^2} \frac{d^2 y}{dx^2} = -e^{\xi} \sin \xi \cdot U_1 + e^{-\xi} \sin \xi \cdot U_2 + e^{\xi} \cos \xi \cdot V_1 - e^{-\xi} \cos \xi \cdot V_2 \\ \frac{1}{x^3} \frac{d^3 y}{dx^3} = -e^{\xi} \left\{ \begin{matrix} \cos \xi \\ +\sin \xi \end{matrix} \right\} U_1 + e^{-\xi} \left\{ \begin{matrix} \cos \xi \\ -\sin \xi \end{matrix} \right\} U_2 + e^{\xi} \left\{ \begin{matrix} \cos \xi \\ -\sin \xi \end{matrix} \right\} V_1 + e^{-\xi} \left\{ \begin{matrix} \cos \xi \\ +\sin \xi \end{matrix} \right\} V_2 \\ \frac{1}{x^4} \frac{d^4 y}{dx^4} = -2 e^{\xi} \cos \xi \cdot U_1 - 2 e^{-\xi} \cos \xi \cdot U_2 - 2 e^{\xi} \sin \xi \cdot V_1 - 2 e^{-\xi} \sin \xi \cdot V_2 \\ = -4y \end{cases}$$

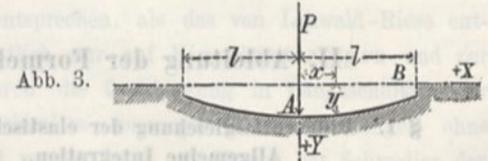
womit die Richtigkeit der Integration erwiesen ist. Auf der rechten Seite dieser Gleichungen könnten immer je zwei Glieder mit einem gemeinschaftlichen Factor zusammengefasst werden. Dies ist jedoch absichtlich nicht geschehen, weil die entwickeltere Form die weitere Rechnung erleichtert. Es handelt sich nämlich jetzt darum, die Integrations-Festwerthe (Constanten)  $U_1, U_2, V_1$  und  $V_2$  zu bestimmen, wozu nähere Festsetzungen über die Art der Belastung des Stabes erforderlich sind und aufser der obigen Gruppe noch die allgemeinen Gleichungen  $M = -EJ \frac{d^2 y}{dx^2}$  oder  $Q = -EJ \frac{d^3 y}{dx^3}$  oder — mit  $EJ = \frac{Cb}{4x^4}$  nach 3) —:

$$5) \dots \dots M = -\frac{Cb}{4x^4} \frac{d^2 y}{dx^2} \text{ und } Q = -\frac{Cb}{4x^4} \frac{d^3 y}{dx^3}$$

zu benutzen sind.

§ 2. Stab von endlicher Länge mit Einzellast in der Mitte.

Es werde zunächst ein gewichtlos gedachter Stab von der Länge  $2l$  angenommen, in dessen Mitte eine Einzellast  $P$  angreift. Der Nullpunkt der  $x$  liege ebenfalls in der Stabmitte, wie Abbildung 3 andeutet. Dann müssen die Festwerthe  $U_1, V_1, U_2, V_2$  folgenden vier Bedingungen genügen:



$$\begin{aligned} \frac{dy}{dx} = 0 \text{ für } x=0 \text{ (elastische Linie waagrecht bei A); } \frac{d^2 y}{dx^2} = 0 \text{ für } x=l \text{ (Biegunsmoment } = 0 \text{ bei B);} \\ \frac{d^3 y}{dx^3} = 0 \text{ für } x=l \text{ (Querkraft } = 0 \text{ bei B); } -\frac{Cb}{4x^4} \frac{d^3 y}{dx^3} = -\frac{P}{2} \text{ für } x=0 \text{ (Querkraft } = -\frac{P}{2} \text{ bei A).} \end{aligned}$$

Die letzte Bedingung lässt sich auch auf die Form  $\frac{1}{x^3} \frac{d^3 y}{dx^3} = \frac{2x}{Cb} P$  bringen. Setzt man nun noch zur Vereinfachung

$$6) \dots \dots \dots x l = \lambda,$$

so ergibt sich durch Einführung der vorstehenden besonderen Werthe in die allgemeinen Gleichungen 4) die folgende Gruppe:

$$7) \begin{cases} U_1 - U_2 + V_1 + V_2 = 0 \\ -e^{\lambda} \sin \lambda \cdot U_1 + e^{-\lambda} \sin \lambda \cdot U_2 + e^{\lambda} \cos \lambda \cdot V_1 - e^{-\lambda} \cos \lambda \cdot V_2 = 0 \\ -e^{\lambda} \left\{ \begin{matrix} \cos \lambda \\ +\sin \lambda \end{matrix} \right\} U_1 + e^{-\lambda} \left\{ \begin{matrix} \cos \lambda \\ -\sin \lambda \end{matrix} \right\} U_2 + e^{\lambda} \left\{ \begin{matrix} \cos \lambda \\ -\sin \lambda \end{matrix} \right\} V_1 + e^{-\lambda} \left\{ \begin{matrix} \cos \lambda \\ +\sin \lambda \end{matrix} \right\} V_2 = 0 \\ -U_1 + U_2 + V_1 + V_2 = \frac{2x}{Cb} P. \end{cases}$$

Aus diesen vier Gleichungen würden sich die vier Festwerthe nach den Regeln der Determinantenlehre leicht unmittelbar berechnen lassen. Man kommt jedoch ebenso bequem und etwas schneller zum Ziele, wenn man zunächst die erste und letzte Gleichung dazu benutzt,  $U_2$  und  $V_2$  durch  $U_1$  und  $V_1$  auszudrücken, und wenn man so die ersteren Werthe aus der zweiten und dritten Gleichung entfernt, deren Auflösung nach  $U_1$  und  $V_1$  dann nur die Ausrechnung zweizeiliger Determinanten erfordert. Auf diese Weise ergibt sich, indem man einmal die erste Gleichung von der letzten subtrahirt, das andere Mal beide addirt:

$$2(U_2 - U_1) = \frac{2x}{Cb} P; \quad 2(V_2 + V_1) = \frac{2x}{Cb} P \text{ oder } U_2 = U_1 + \frac{x}{Cb} P; \quad V_2 = -V_1 + \frac{x}{Cb} P. \dots 8)$$

Die Einführung dieser Werthe in die zweite und dritte Gleichung der Gruppe 7) ergibt nach einigen Umformungen:

$$\begin{aligned} (e^{\lambda} - e^{-\lambda}) \sin \lambda \cdot U_1 - (e^{\lambda} + e^{-\lambda}) \cos \lambda \cdot V_1 &= e^{-\lambda} (\sin \lambda - \cos \lambda) \frac{x}{Cb} P, \\ \left\{ \begin{matrix} (e^{\lambda} + e^{-\lambda}) \sin \lambda \\ + (e^{\lambda} - e^{-\lambda}) \cos \lambda \end{matrix} \right\} U_1 + \left\{ \begin{matrix} (e^{\lambda} + e^{-\lambda}) \sin \lambda \\ - (e^{\lambda} - e^{-\lambda}) \cos \lambda \end{matrix} \right\} V_1 &= e^{-\lambda} \cdot 2 \cos \lambda \cdot \frac{x}{Cb} P. \end{aligned}$$

Mit Benutzung der hyperbolischen Functionen<sup>1)</sup>  $\frac{e^{\lambda} - e^{-\lambda}}{2} = \text{Sin } \lambda$  und  $\frac{e^{\lambda} + e^{-\lambda}}{2} = \text{Cos } \lambda$  können diese Gleichungen etwas einfacher in folgender Weise geschrieben werden:

1) Eine kurze Darstellung des Begriffes und der wesentlichsten Eigenschaften dieser wichtigen Functionen (auf die zuerst der Mathematiker Lambert in den Mémoires de l'Académie de Berlin 1768 aufmerksam gemacht hat) findet sich in der dritten Auflage von L. A. Sohncke's Sammlung von Aufgaben aus der Differentialrechnung. Eine Zusammenstellung der wichtigsten, auf diese Functionen bezüglichen Formeln und Zahlenwerthe enthält das Taschenbuch der Mathematik von Dr. W. Ligowski, der dieselben übrigens schon im Jahre 1854 zur Bestimmung der Form und Stärke gewölbter Bögen angewendet und das Verfahren in der Zeitschrift für Bauwesen veröffentlicht hat. Dort findet sich gleichfalls ein kurzer Abriss der Lehre von den hyperbolischen Functionen, außerdem aber eine ziemlich umfangreiche Tabelle der fünfstelligen Logarithmen von Sin  $\varphi$  für  $\varphi = 0,000$  bis  $\varphi = 2,399$ . Eine ähnliche Anwendung hat Verf. in einem Aufsätze über Seilcurven gemacht, der auf Seite 231 in No. 26 des Centralblattes der Bauverwaltung für 1883 abgedruckt ist.

$$9) \begin{cases} \sin \lambda \sin \lambda U_1 - \cos \lambda \cos \lambda V_1 = e^{-\lambda} (\sin \lambda - \cos \lambda) \frac{\alpha P}{2Cb}, \\ \begin{cases} \cos \lambda \sin \lambda \\ + \sin \lambda \cos \lambda \end{cases} U_1 + \begin{cases} \cos \lambda \sin \lambda \\ - \sin \lambda \cos \lambda \end{cases} V_1 = e^{-\lambda} \cdot 2 \cos \lambda \frac{\alpha P}{2Cb}. \end{cases}$$

Hiernach wird nun die Determinante der Coefficienten von  $U_1$  und  $V_1$ :

$$\Delta = \begin{vmatrix} \sin \lambda \sin \lambda & -\cos \lambda \cos \lambda \\ \begin{cases} \cos \lambda \sin \lambda \\ + \sin \lambda \cos \lambda \end{cases} & \begin{cases} \cos \lambda \sin \lambda \\ - \sin \lambda \cos \lambda \end{cases} \end{vmatrix} \\ = \begin{cases} \sin \lambda \sin \lambda (\cos \lambda \sin \lambda - \sin \lambda \cos \lambda) \\ + \cos \lambda \cos \lambda (\cos \lambda \sin \lambda + \sin \lambda \cos \lambda) \end{cases}$$

$$10) \Delta = \sin \lambda \cos \lambda + \sin \lambda \cos \lambda = \frac{1}{2} (\sin 2\lambda + \sin 2\lambda).$$

Ersetzt man die Coefficienten von  $U_1$  durch die Ausdrücke auf der rechten Seite der Gleichungen 9), so ergibt sich zur Bestimmung von  $U_1$  die Determinante

$$\frac{\Delta_u}{e^{-\lambda} \frac{\alpha P}{2Cb}} = \begin{vmatrix} (\sin \lambda - \cos \lambda) & -\cos \lambda \cos \lambda \\ 2 \cos \lambda & \begin{cases} \cos \lambda \sin \lambda \\ - \sin \lambda \cos \lambda \end{cases} \end{vmatrix} \\ = \begin{cases} (\sin \lambda - \cos \lambda) (\cos \lambda \sin \lambda - \sin \lambda \cos \lambda) \\ + 2 \cos \lambda \cos^2 \lambda \end{cases}$$

$$11) \Delta_u = [\cos \lambda - (\cos \lambda + \sin \lambda) (\sin \lambda \cos \lambda - \cos^2 \lambda)] e^{-\lambda} \frac{\alpha P}{2Cb}$$

Da  $e^{-\lambda} \cos \lambda = \frac{1}{2} (1 + e^{-2\lambda})$ , ferner  $e^{-\lambda} (\cos \lambda + \sin \lambda) = 1$  und  $\cos^2 \lambda = \frac{1}{2} (1 + \cos 2\lambda)$  ist, so kann man auch schreiben

$$\Delta_u = \frac{1}{2} (2 + \cos 2\lambda - \sin 2\lambda + e^{-2\lambda}) \frac{\alpha P}{2Cb}$$

Auf ähnliche Weise ergibt sich, wenn man die Coefficienten von  $V_1$  durch die Ausdrücke auf der rechten Seite der Gleichungen 9) ersetzt, zur Bestimmung von  $V_1$ :

$$\frac{\Delta_v}{e^{-\lambda} \frac{\alpha P}{2Cb}} = \begin{vmatrix} \sin \lambda \sin \lambda & (\sin \lambda - \cos \lambda) \\ \begin{cases} \cos \lambda \sin \lambda \\ + \sin \lambda \cos \lambda \end{cases} & 2 \cos \lambda \end{vmatrix} \\ = \begin{cases} 2 \sin \lambda \sin \lambda \cos \lambda \\ - (\sin \lambda - \cos \lambda) (\cos \lambda \sin \lambda + \sin \lambda \cos \lambda) \end{cases}$$

$$12) \Delta_v = [\sin \lambda + (\sin \lambda + \cos \lambda) (\sin \lambda \cos \lambda - \sin^2 \lambda)] e^{-\lambda} \frac{\alpha P}{2Cb}$$

und durch eine ähnliche Umformung wie früher:

$$\Delta_v = \frac{1}{2} (\cos 2\lambda + \sin 2\lambda - e^{-2\lambda}) \frac{\alpha P}{2Cb}$$

Demnach ist

$$13) \begin{cases} U_1 = \frac{\Delta_u}{\Delta} = \frac{\alpha P}{2Cb} \frac{2 + \cos 2\lambda - \sin 2\lambda + e^{-2\lambda}}{\sin 2\lambda + \sin 2\lambda} \\ V_1 = \frac{\Delta_v}{\Delta} = \frac{\alpha P}{2Cb} \frac{\cos 2\lambda + \sin 2\lambda - e^{-2\lambda}}{\sin 2\lambda + \sin 2\lambda} \end{cases}$$

Nach Einführung dieser Werthe in die Gleichungen 8) sind nunmehr auch  $U_2$  und  $V_2$  bekannt und somit alle vier Festwerthe für den vorliegenden Belastungsfall bestimmt. Um jedoch die Anwendung zu erleichtern, hat der Verfasser

$$14) \dots U_1 = \frac{\alpha P}{2Cb} u; \quad V_1 = \frac{\alpha P}{2Cb} v$$

gesetzt, die Größen  $u$  und  $v$ , sowie  $u+v$  und  $u-v$  für regelmäßig fortschreitende Werthe von  $\lambda$  berechnet und die zwei ersteren in die beifolgenden Tabellen gebracht. Ausserdem ist die Abhängigkeit dieser Größen von  $\lambda$  durch Abbildung 4 veranschaulicht.<sup>1)</sup> Für  $U_2$  und  $V_2$  in gleicher Weise besondere

1) Da für  $\lambda > 2,5$  die Werthe von  $u, v, u+v$  und  $u-v$  sehr klein sind, so wurden dieselben zur Erhöhung der Deutlichkeit in

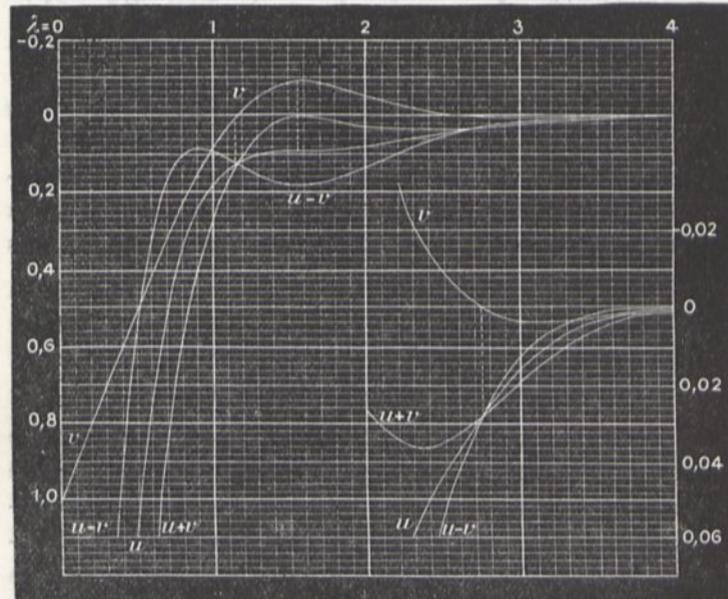


Abb. 4. Abhängigkeit der Festwerthe  $u, v, u+v$  und  $u-v$  von der Stablänge.

Hilfsgrößen einzuführen, ist nicht erforderlich, da nach den Gleichungen 8):

$$15) \dots U_2 = (2+u) \frac{\alpha P}{2Cb} \text{ und } V_2 = (2-v) \frac{\alpha P}{2Cb}$$

Mit Hilfe dieser Beziehungen, die auch auf die Form

$$U_2 - V_2 = (u+v) \frac{\alpha P}{2Cb} \text{ und } U_2 + V_2 = (u-v+4) \frac{\alpha P}{2Cb}$$

gebracht werden können, lassen sich die Größen  $U_2$  und  $V_2$  aus den Gleichungen 4) entfernen. Setzt man noch zur Abkürzung

$$\begin{cases} e^{-\xi} (\cos \xi + \sin \xi) = \eta \\ -e^{-\xi} \sin \xi = \eta' \\ e^{-\xi} (\cos \xi - \sin \xi) = \mu \\ -e^{-\xi} \cos \xi = \mu' \end{cases}$$

so erhält man die folgende Gruppe 16), aus der alle für die Form und Beanspruchung des Stabes und der Unterlage maßgebenden Größen leicht für jede beliebige Stablänge zu berechnen sind:

$$16) \begin{cases} y = \frac{\alpha P}{2Cb} \{ u \cdot \cos \xi \cos \xi + v \cdot \sin \xi \sin \xi + \eta \} \\ \frac{dy}{dx} = \frac{\alpha^2 P}{2Cb} \{ (u+v) \sin \xi \cos \xi - (u-v) \cos \xi \sin \xi + 2\eta' \} \\ \frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{\alpha^3 P}{Cb} \{ v \cdot \cos \xi \cos \xi - u \cdot \sin \xi \sin \xi - \mu \} \\ \frac{d^3 y}{dx^3} = \frac{\alpha^4 P}{Cb} \{ (v-u) \sin \xi \cos \xi - (v+u) \cos \xi \sin \xi - 2\mu' \} \end{cases}$$

Auch hierbei kann mit Vortheil von den angehängten Tabellen Gebrauch gemacht werden, in denen sich

$$\begin{cases} \cos \xi \cos \xi; \sin \xi \sin \xi; e^{-\xi} \cos \xi; e^{-\xi} (\cos \xi + \sin \xi) \\ \sin \xi \cos \xi; \cos \xi \sin \xi; e^{-\xi} \sin \xi; e^{-\xi} (\cos \xi - \sin \xi) \end{cases}$$

Abbildung 4 rechts nochmals, und zwar im zehnfachen Maßstabe des übrigen Theiles, aufgetragen. — Die Größen  $u+v$  und  $u-v$  werden seltener gebraucht; sie sind deshalb, und um die Tabellen nicht zu überfüllen, nur in Abbildung 4 angegeben.

für eine Reihe von Werthen der Hilfsgröße  $\xi = \lambda x$  zusammengestellt finden.<sup>1)</sup>

Zur Vereinfachung des Schreibwerkes soll fernerhin

$$17) \begin{cases} u \operatorname{Co} \xi \cos \xi + v \operatorname{Si} \xi \sin \xi + e^{-\xi} (\cos \xi + \sin \xi) = (\eta) \\ v \operatorname{Co} \xi \cos \xi - u \operatorname{Si} \xi \sin \xi - e^{-\xi} (\cos \xi - \sin \xi) = -(\mu) \end{cases}$$

gesetzt werden, wonach sich unter Benutzung von 1) und 5) aus 16) ergibt:

$$18) \left\{ \begin{aligned} y &= \frac{\alpha P}{2Cb} (\eta); & p &= \frac{\alpha P}{2b} (\eta); & M &= \frac{P}{4\alpha} (\mu). \end{aligned} \right.$$

Hiermit ist also die Senkung  $y$ , der Druck  $p$  auf die Flächeneinheit der Bettung und das Biegemoment  $M$  für einen Querschnitt im Abstände  $x = \xi : \alpha$  von der Längsmittle des Stabes bestimmt.

§ 3. Deutung der Ergebnisse.

Besondere Formeln für einzelne Punkte.

Aus den vorstehenden Gleichungen lassen sich zwar die Größen  $y$ ,  $p$  und  $M$  ohne besondere Mühe für jede beliebige Länge  $2l$  des Stabes und für alle Querschnitte desselben berechnen. Für einzelne Fälle ist aber noch eine weitere Vereinfachung möglich, durch die zugleich bemerkenswerthe Aufschlüsse über die Eigenschaften der elastischen Linie gewonnen werden können, und auf welche daher nunmehr etwas näher eingegangen werden soll.

Zunächst ist für den besonders wichtigen Querschnitt in der Mitte der Stablänge mit

$$\begin{aligned} \xi = 0 & \quad \cos \xi = 1 & \quad \sin \xi = 0 \\ e^{-\xi} = 1 & \quad \operatorname{Co} \xi = 1 & \quad \operatorname{Si} \xi = 0 \end{aligned}$$

und mit Benutzung der Gleichungen 13), 14) und 16):

$$19) \left\{ \begin{aligned} (\eta_0) &= u + 1 = \frac{2 + \operatorname{Co} 2\lambda + \cos 2\lambda}{\operatorname{Si} 2\lambda + \sin 2\lambda} \\ (\mu_0) &= -v + 1 = \frac{\operatorname{Co} 2\lambda - \cos 2\lambda}{\operatorname{Si} 2\lambda + \sin 2\lambda} \end{aligned} \right.$$

Durch diese Ausdrücke, deren Zahlenwerth bei gegebenem  $\lambda$  ohne weiteres aus den am Schlufs folgenden Tabellen entnommen werden kann, sind die Einsenkung  $y_0$ , der Bettungsdruck  $p_0$  und das Biegemoment  $M_0$  für den Querschnitt, in welchem die Last  $P$  angreift, bestimmt, da nach Gleichung 18):

$$20) \quad p_0 = \frac{\alpha P}{2b} (\eta_0) \quad \text{und} \quad M_0 = \frac{P}{4\alpha} (\mu_0) \quad \text{ist.}$$

Bezeichnet man diejenige Last, die in ihrem Angriffspunkte die Senkung  $y = 1$  herbeiführt, mit  $D$ , so ergibt sich aus Gleichung 18) ferner:

$$21) \quad \frac{1}{D} = \frac{\alpha (\eta_0)}{2Cb} \quad \text{oder} \quad D = \frac{2Cb}{\alpha (\eta_0)} \quad \text{und damit} \quad y_0 = \frac{P}{D}.$$

Die Gröfse  $D$  hat offenbar eine ähnliche Bedeutung für den Gesamtwiderstand, wie  $C$  für den Widerstand, den die Flächeneinheit der Bettung dem Einsinken der Schwelle entgegensetzt.

Der Einfluss, welchen die Biegsamkeit des Stabes auf die Gröfse des Bodendruckes ausübt, läfst sich zweckmäfsig durch einen Vergleich von  $p_0$  mit dem mittleren Bettungsdruck

1) Die oben bezeichneten Ausdrücke werden auch für andere Unabhängig-Veränderliche als  $\xi$  gebraucht. Der Allgemeinheit wegen ist deshalb in den Tabellen  $\varphi$  statt  $\xi$  gesetzt.

$p_m = \frac{P}{2bl}$  ermessen. Man findet leicht

$$21^*) \quad \dots \quad \frac{p_0}{p_m} = \alpha l (\eta_0) = \lambda (\eta_0).$$

Die Werthe  $y_0$ ,  $p_0$  und  $M_0$  sind die gröfsten, die überhaupt vorkommen. Um die Abhängigkeit derselben von der Stablänge zu veranschaulichen, sind  $(\eta_0)$ ,  $p_0 : p_m$  und  $(\mu_0)$  in Abbildung 5

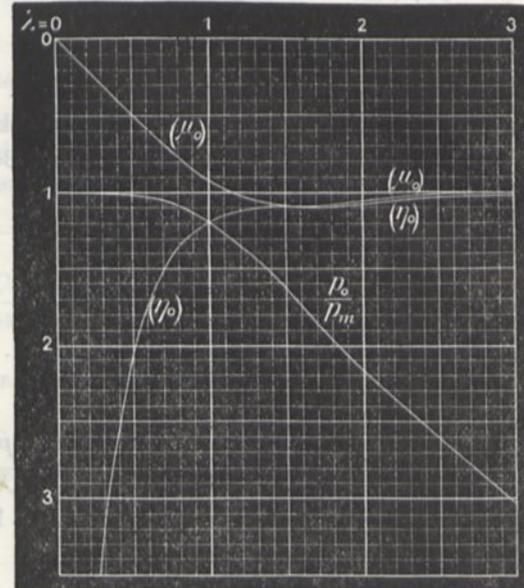


Abb. 5. Abhängigkeit der gröfsten Senkung und des gröfsten Biegemomentes von der Stablänge.

als Functionen von  $\lambda$  aufgetragen. Es zeigt sich, dafs  $(\eta_0)$  mit wachsendem  $\lambda$  anfänglich schnell abnimmt und sich dann allmählich dem Werth 1 nähert. Dagegen ändert sich  $p_0 : p_m$  zuerst wenig, wächst dann aber für gröfsere  $\lambda$  ziemlich schnell. Ferner wächst  $(\mu_0)$  anfänglich nahezu proportional der Länge, erreicht dann einen gröfsten Werth, von welchem an wieder Abnahme eintritt. Die Ursache der letzteren Erscheinung wird alsbald eingehend erörtert werden.

Ferner ist das Verhalten der Stabenden von Wichtigkeit. Mit  $x = l$ , also  $\xi = \lambda$  folgt aus der ersten der Gleichungen 17):

$$22) \quad (\eta_\lambda) = u \operatorname{Co} \lambda \cos \lambda + v \operatorname{Si} \lambda \sin \lambda + e^{-\lambda} (\cos \lambda + \sin \lambda),$$

eine Gleichung, die durch Einführung der Werthe von  $u$  und  $v$  in besonderen Fällen wesentlich vereinfacht werden kann. Die aus 10), 11) und 12) folgenden Gleichungen:

$$u = \frac{\operatorname{Co} \lambda - (\operatorname{Co} \lambda + \operatorname{Si} \lambda) (\sin \lambda \cos \lambda - \cos^2 \lambda)}{\operatorname{Si} \lambda \operatorname{Co} \lambda + \sin \lambda \cos \lambda} e^{-\lambda}$$

$$v = \frac{\operatorname{Si} \lambda + (\operatorname{Si} \lambda + \operatorname{Co} \lambda) (\sin \lambda \cos \lambda - \sin^2 \lambda)}{\operatorname{Si} \lambda \operatorname{Co} \lambda + \sin \lambda \cos \lambda} e^{-\lambda}$$

ergeben nämlich

a) für Werthe von  $\lambda$ , deren Cosinus = 0, also Sinus =  $\pm 1$  ist, d. h. für  $\lambda = (n + \frac{1}{2})\pi$ , entsprechend

$$\begin{aligned} \lambda &= \frac{1}{2}\pi & \frac{3}{2}\pi & \frac{5}{2}\pi \quad \text{usw.} \\ u = \frac{e^{-\lambda}}{\operatorname{Si} \lambda} &= 0,09033 & 0,000161 & 0,00000030 \\ v = -\frac{e^{-\lambda}}{\operatorname{Si} \lambda} &= -0,09033 & -0,000161 & -0,00000030 \end{aligned}$$

womit nach Gleichung 22)

$$23a) \quad \dots \quad (\eta_\lambda) = \mp e^{-\lambda} \pm e^{-\lambda} = 0.$$

b) Aehnlich ergibt sich für Werthe von  $\lambda$ , deren Sinus=0, also deren Cosinus =  $\pm 1$  ist, d. h. für  $\lambda = n\pi$ , entsprechend

$$\lambda = \pi \quad 2\pi \quad 3\pi \text{ usw.}$$

$$u = \frac{2e^{-\lambda}}{\text{Sin } \lambda} + \frac{e^{-\lambda}}{\text{Cos } \lambda} = 0,01121 \quad 0,0000209 \quad 0,00000039$$

$$v = \frac{e^{-\lambda}}{\text{Cos } \lambda} = 0,00373 \quad 0,0000070 \quad 0,00000013$$

womit aus Gleichung 22) folgt

$$23b) \dots (\eta_\lambda) = \pm \frac{2}{\text{Sin } \lambda}$$

In den Gleichungen 23a) und 23b) gilt immer das obere Vorzeichen, wenn  $n$  eine gerade, das untere, wenn  $n$  eine ungerade Zahl ist. Es tritt also am Ende des Stabes eine

Hebung } ein, wenn  $\lambda$  zwischen  $\left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{2}\pi \text{ u. } \frac{3}{2}\pi \text{ usw.} \\ \text{Senkung} \end{array} \right\}$   
 Senkung }  $\left\{ \begin{array}{l} 0 \text{ u. } \frac{1}{2}\pi \quad \frac{3}{2}\pi \text{ u. } \frac{5}{2}\pi \end{array} \right\}$   
 liegt. Ist  $\lambda$  einer der Grenzlängen  $\frac{1}{2}\pi, \frac{3}{2}\pi, \frac{5}{2}\pi$  usw. gleich, so bewirkt die Belastung des Stabes weder eine Hebung, noch eine Senkung der Enden. Hieraus folgt, dafs die elastische Linie eine Wellenlinie ist, und dafs mit der Stablänge die

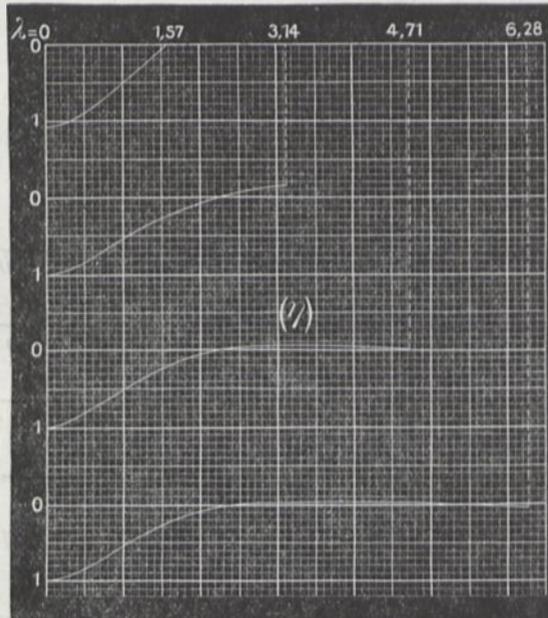


Abb. 6. Elastische Linie für Stäbe verschiedener Länge.

Anzahl der Wellen wächst, wie dies durch die Abbildung 6 veranschaulicht wird. In dieser Erscheinung gelangt zum Ausdruck, dafs die ursprüngliche Annahme

$$p = Cy$$

auch den Fall umschließt, dafs  $y$  (und damit  $p$ ) negativ wird, d. h. dafs die Unterlage dem Abheben des Stabes einen Zugwiderstand entgegensetzt. Da dies bei einer auf Bettung ruhenden Schwelle in Wirklichkeit nicht eintritt, so sind die bisherigen Ableitungen nur für solche Stäbe streng gültig, deren Länge kleiner als  $\pi : \kappa$  ist; auf Stäbe von gröfserer Länge dürfen sie nur insoweit als Näherungsformeln angewendet werden, wie der Einfluss der rechnermäfsigen Hebung und Zugbeanspruchung — die im Verhältnifs zur Senkung und zum Druck unter dem Angriffspunkte der Last immer nur klein ist — vernachlässigt werden kann.<sup>1)</sup> Beispielsweise ist mit

1) Wenn der biegsame Stab einer nach beiden Richtungen hin wirksamen Einspannung unterworfen ist, wie z. B. etwa der Obergurt einer offenen Brücke, dann fällt natürlich die Ungenauigkeit, welche bei der Schwelle aus der Möglichkeit des Abhebens entspringt, fort, so dafs hier die oben entwickelten Formeln mit grofser Annäherung auch für längere Stäbe gültig sein würden. Dagegen tritt in dem Umstande, dafs die einer seitlichen Ausbiegung entgegen wirkenden Kräfte nicht stetig über die ganze Gurtlänge vertheilt sind, eine neue Fehlerquelle auf.

	$\lambda = \frac{1}{2}\pi$	$\frac{2}{2}\pi$	$\frac{3}{2}\pi$	$\frac{4}{2}\pi$
für $\xi = 0$ ( $\eta_0$ )	1,090	1,011	1,00016	1,000021
„ $\xi = \frac{1}{2}\pi$ ( $\eta$ )	0	0,216	0,2075	0,2079
„ $\xi = \frac{3}{2}\pi$ ( $\eta$ )	—	—0,173	—0,0451	—0,0435
„ $\xi = \frac{5}{2}\pi$ ( $\eta$ )	—	—	0	—0,0094
„ $\xi = \frac{7}{2}\pi$ ( $\eta$ )	—	—	—	0,0075

Aehnlich ist mit

	$\lambda = \frac{1}{2}\pi$	$\frac{2}{2}\pi$	$\frac{3}{2}\pi$	$\frac{4}{2}\pi$
für $\xi = 0$ ( $\mu_0$ )	1,090	0,996	1,00016	0,999993
„ $\xi = \frac{1}{2}\pi$ ( $\mu$ )	0	—0,182	—0,2075	—0,2078
„ $\xi = \frac{3}{2}\pi$ ( $\mu$ )	—	0	—0,0451	—0,0431
„ $\xi = \frac{5}{2}\pi$ ( $\mu$ )	—	—	0	0,0078
„ $\xi = \frac{7}{2}\pi$ ( $\mu$ )	—	—	—	0

Hiernach ist also in der That, wenn  $\lambda > \frac{1}{2}\pi$ , sowohl der Einfluss der Stablänge auf die Senkung und das Biegemoment in der Mitte, als auch die Hebung oder Senkung der Stabenden ziemlich klein und es nimmt letztere Gröfse mit wachsender Länge des Stabes sehr schnell ab. Dieser Umstand führt zu einem vereinfachten, demnächst ausführlich zu erörternden Rechnungsverfahren für Stäbe von grofser Länge, sodafs die unmittelbare Anwendung der bisher entwickelten Formeln sich auf die Fälle beschränkt, in denen die Länge des biegsamen Körpers entweder kleiner ist als  $\pi : \kappa$ , oder doch dieses Mafs so wenig überschreitet, dafs die — unbelastet vorausgesetzten — Stabenden sich frei von der Unterlage abheben können, und dafs mithin die Länge  $\pi : \kappa$  in Rechnung gestellt werden darf. Dann wird, wie früher nachgewiesen,:

$$u = 0,09033 \quad v = -0,09033.$$

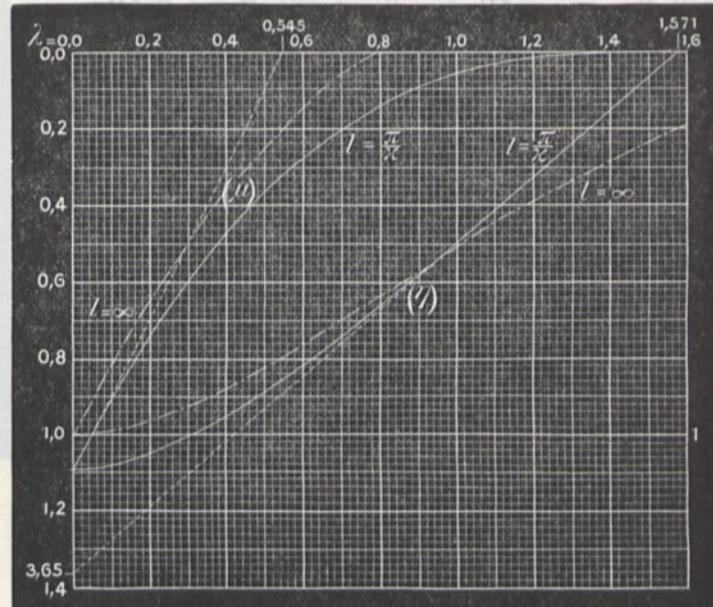


Abb. 7. Elastische Linie und Momentencurve für einen Stab von der Länge  $l = \pi : \kappa$  und  $l = \infty$ .

In Abbildung 7 sind die hiermit berechneten Werthe von  $(\eta)$  und  $(\mu)$  aufgetragen und die Berührenden zu dem Endpunkt der Curve der  $(\eta)$  und dem Anfangspunkt der Curve der  $(\mu)$  eingezeichnet. Ferner sind zum Vergleich die Curven der  $(\eta)$  und  $(\mu)$ , die sich für  $\lambda = \infty$  ergeben, als strichpunktirte Linien beigefügt. Da die Einsenkung (und der Bodendruck) an verschiedenen Stellen ein und desselben Stabes dem Werth von  $(\eta)$ , da ebenso das Moment dem Werthe  $(\mu)$  proportional ist, so stellen die Curven in Abbildung 7 offenbar zugleich die elastische Linie und die Momentencurve des Stabes für die beiden Fälle  $\lambda = \frac{1}{2}\pi$  und  $\lambda = \infty$  dar. Für die Stabmitte ist insbesondere  $(\eta_0) = (\mu_0)$

=1,0903, wie mit Rücksicht auf obige Werthe von  $u$  und  $v$  aus Gleichung 19) folgt. Nach 20) wird also hier

$$p_0 = 0,545 \frac{\alpha}{b} P; \quad M_0 = 0,273 \frac{P}{\alpha}$$

Dieser Werth von  $M_0$  ist der grösste, der durch eine Einzelast in einem Stabe von endlicher Länge überhaupt hervorgebracht werden kann, da — wie ein Blick auf Abbildung 4 zeigt —  $v$  für  $\lambda = \frac{1}{2}\pi$  seinen kleinsten Werth annimmt, und da  $M_0$  proportional  $1-v$  ist. Auch die Neigung der Stabenden wird für diese Länge grösser, als für jede andere; und zwar liefert die zweite Gleichung der Gruppe 16) mit obigen Werthen von  $u$  und  $v$  und mit  $\xi = \lambda = \frac{1}{2}\pi$ , wenn jener Neigungswinkel mit  $\nu$  bezeichnet wird:

$$\text{tang } \nu = -\frac{\alpha^2 P}{2Cb} \frac{2}{\sin \frac{1}{2}\pi} = -0,4345 \frac{\alpha^2 P}{Cb}$$

Da  $\nu$  mit ziemlicher Sicherheit (und jedenfalls genauer als  $y_0$ ), etwa durch Aufsetzen einer Libelle auf jedes Stabende zu messen sein dürfte, so wird man vielleicht die letzte Gleichung zur Bestimmung von  $C$  mit Vortheil anwenden können.

§ 4. Endloser Stab mit einer oder mehreren Lasten in beliebigen Abständen.

Es möge nun  $\alpha l = \lambda = \infty$  angenommen werden, womit aus den Gleichungen 13) und 14) — wegen  $e^{-\infty} = 0$  und  $\sin \infty = \infty$  — folgt:

$$u = v = 0$$

Hiernach nehmen die Gleichungen 16) die einfachere Form an:

$$24) \left\{ \begin{aligned} y &= \frac{\alpha P}{2Cb} e^{-\xi} (\cos \xi + \sin \xi); & \frac{dy}{dx} &= -\frac{\alpha^2 P}{Cb} e^{-\xi} \sin \xi \\ \frac{d^2 y}{dx^2} &= -\frac{\alpha^2 P}{Cb} e^{-\xi} (\cos \xi - \sin \xi); & \frac{d^3 y}{dx^3} &= \frac{2\alpha^4 P}{Cb} e^{-\xi} \cos \xi \end{aligned} \right.$$

und die früher zur Abkürzung eingeführten Grössen ( $\eta$ ) und ( $\mu$ ) erhalten den Werth

$$25) \eta = e^{-\xi} (\cos \xi + \sin \xi); \quad \mu = e^{-\xi} (\cos \xi - \sin \xi)$$

so dass auch hier die Gleichungen 18) gelten, wenn an Stelle von ( $\eta$ ) und ( $\mu$ ) die besonderen Werthe  $\eta$  und  $\mu$  gesetzt werden. Demnach ist für einen beliebigen Querschnitt des unendlich langen Stabes die Wirkung einer im Abstände  $x = \xi : \alpha$  befindlichen Einzellast kurz ausgedrückt durch die Gleichungen

$$26) y = \frac{\alpha P}{2Cb} \eta; \quad p = \frac{\alpha P}{2b} \eta; \quad M = \frac{P}{4\alpha} \mu$$

Mit Benutzung der im § 2 eingeführten Bezeichnung

$$27) -e^{-\xi} \sin \xi = \eta' \quad \text{und} \quad -e^{-\xi} \cos \xi = \mu'$$

nehmen die zweite und die vierte Gleichung der Gruppe 24), von denen fernerhin ebenfalls häufig Gebrauch gemacht werden muss, die Form

$$28) \frac{dy}{dx} = \frac{\alpha^2 P}{Cb} \eta' \quad \text{und} \quad \frac{d^3 y}{dx^3} = -\frac{2\alpha^4 P}{Cb} \mu'$$

an. Da nun nach 5)

$$Q = -\frac{Cb}{4\alpha^4} \frac{d^3 y}{dx^3}$$

so erhält man zur Bestimmung des Neigungswinkels  $\nu$  der elastischen Linie gegen die Waagerechte und der Querkraft  $Q$  in einem beliebigen Punkte der Stabaxe die Gleichungen

$$29) \text{tang } \nu = \frac{\alpha^2 P}{Cb} \eta' \quad \text{und} \quad Q = \frac{P}{2} \mu'$$

Aus 26) und 29) erhält man insbesondere für  $\xi = 0$  mit  $\eta = \mu = 1$ ,  $\eta' = 0$  und  $\mu' = -1$ :

$$30) y_0 = \frac{\alpha P}{2Cb}; \quad p_0 = \frac{\alpha P}{2b}; \quad M_0 = \frac{P}{4\alpha}; \quad Q_0 = -\frac{P}{2}$$

und  $\text{tang } \nu_0 = 0$ . Es sind dies die grössten Werthe von  $y$ ,  $p$ ,  $M$  und  $Q$ , die überhaupt vorkommen, so lange nur eine einzige Last auf dem Stabe ruht. Hiermit kann man  $P$  aus den Gleichungen 24) entfernen, also  $y$ ,  $\nu$ ,  $M$  und  $Q$  als Functionen einer beliebigen von den vier Grössen  $y_0$ ,  $p_0$ ,  $M_0$  und  $Q_0$  ausdrücken. Wir beschränken uns darauf, die folgende Gleichungsgruppe anzuführen:

$$31) y = y_0 \eta; \quad p = p_0 \eta; \quad M = M_0 \mu; \quad Q = -Q_0 \mu'$$

welche ein klares Licht auf die Bedeutung der Hilfsgrössen  $\eta$ ,  $\mu$  und  $\mu'$  wirft.

Da die anfänglich beobachtete Einschränkung, dass die Last in der Längenmitte des Stabes angreife, für einen unendlich langen Stab offenbar gegenstandslos ist, insofern jede beliebige Stelle desselben als Mitte angesehen werden kann, so gelten die Gleichungen 24) bis 29) für jede einzelne einer Gruppe von mehreren Lasten — immer vorausgesetzt, dass die früher erwähnten, beim Abheben von der Bettung eintretenden Störungen vernachlässigt werden dürfen. Sind dann

$$\left. \begin{array}{l} P_1 \quad P_2 \quad P_3 \dots \text{ die vorhandenen Lasten,} \\ x_1 \quad x_2 \quad x_3 \dots \text{ deren Abstände von einem Punkt } A, \\ \eta_1 \quad \eta_2 \quad \eta_3 \dots \\ \eta'_1 \quad \eta'_2 \quad \eta'_3 \dots \\ \mu_1 \quad \mu_2 \quad \mu_3 \dots \\ \mu'_1 \quad \mu'_2 \quad \mu'_3 \dots \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{die zugehörigen Werthe von } \eta, \mu, \eta' \\ \text{und } \mu' \text{ nach 25) und 27),} \end{array}$$

so wird für den Punkt  $A$ :

$$32) y = \frac{\alpha}{2Cb} \left\{ P_1 \eta_1 + P_2 \eta_2 + P_3 \eta_3 + \dots \right\} = \frac{\alpha}{2Cb} \Sigma P \eta$$

$$33) \text{tg } \nu = \frac{\alpha^2}{Cb} \left\{ P_1 \eta'_1 + P_2 \eta'_2 + P_3 \eta'_3 + \dots \right\} = \frac{\alpha^2}{Cb} \Sigma P \eta'$$

$$34) M = \frac{1}{4\alpha} \left\{ P_1 \mu_1 + P_2 \mu_2 + P_3 \mu_3 + \dots \right\} = \frac{1}{4\alpha} \Sigma P \mu$$

$$35) Q = \frac{1}{2} \left\{ P_1 \mu'_1 + P_2 \mu'_2 + P_3 \mu'_3 + \dots \right\} = \frac{1}{2} \Sigma P \mu'$$

Sind alle Lasten gleich gross etwa  $P_1 = P_2 = P_3 = \dots = P$  so wird insbesondere:

$$36) y = \frac{\alpha P}{2Cb} \Sigma \eta \quad 37) \text{tang } \nu = \frac{\alpha^2 P}{Cb} \Sigma \eta'$$

$$38) M = \frac{P}{4\alpha} \Sigma \mu \quad 39) Q = \frac{P}{2} \Sigma \mu'$$

Bei Anwendung der obigen Gleichungen und der später folgenden, daraus abgeleiteten Gruppen 46), 48) und 51) ist zu beachten, dass  $\nu$  und  $Q$  für Punkte, die zu beiden Seiten einer Last in gleichen Entfernungen liegen, nur der Grösse nach gleich, hinsichtlich des Vorzeichens aber entgegengesetzt sind. Man muss deshalb, um richtige Ergebnisse zu erhalten, die Producte  $P \eta'$  und  $P \mu'$  für Lasten, die in der Richtung  $+\xi$  (rechts) vom betrachteten Querschnitte liegen, mit dem entgegengesetzten Vorzeichen von dem, welches den Grössen  $\eta'$  und  $\mu'$  nach 27) zukommt, in die Rechnung einsetzen. Dagegen sind die Producte  $P \eta$  und  $P \mu$  für Querschnitte rechts und links von der Last nicht nur der Grösse, sondern auch dem Vorzeichen nach gleich, erfordern also keine besondere Rücksichtnahme auf die Lage zur Last. Von der Richtigkeit dieser Regel überzeugt man sich leicht, wenn man sie auf den mitten zwischen zwei gleichen Lasten liegenden Querschnitt anwendet. In diesem müssen offenbar  $\nu$  und  $Q$  Null,  $y$  und  $M$  aber doppelt so gross sein, als wenn nur eine der Lasten vorhanden wäre.

Die Berechnung von  $y$ ,  $p=Cy$ ,  $\text{tang } \nu$ ,  $M$  und  $Q$  ist hier nach eine äußerst einfache, sobald die Werthe von  $\eta$ ,  $\eta'$ ,  $\mu$  und  $\mu'$  bekannt sind. Es wurden deshalb, wie schon früher erwähnt, die Größen  $\eta$  und  $\mu$ , sowie auch  $\eta'$  und  $\mu'$  in die am Schluss folgenden Tabellen aufgenommen. Um jedoch die durch diese Größen ausgedrückte Abhängigkeit der Senkung (oder Hebung), der Neigung, des Biegemomentes und der Querkraft von der Laststellung noch besser zu veranschaulichen, sind dieselben in Abbildung 8 als Functionen von  $\xi = \pi x$  auf-

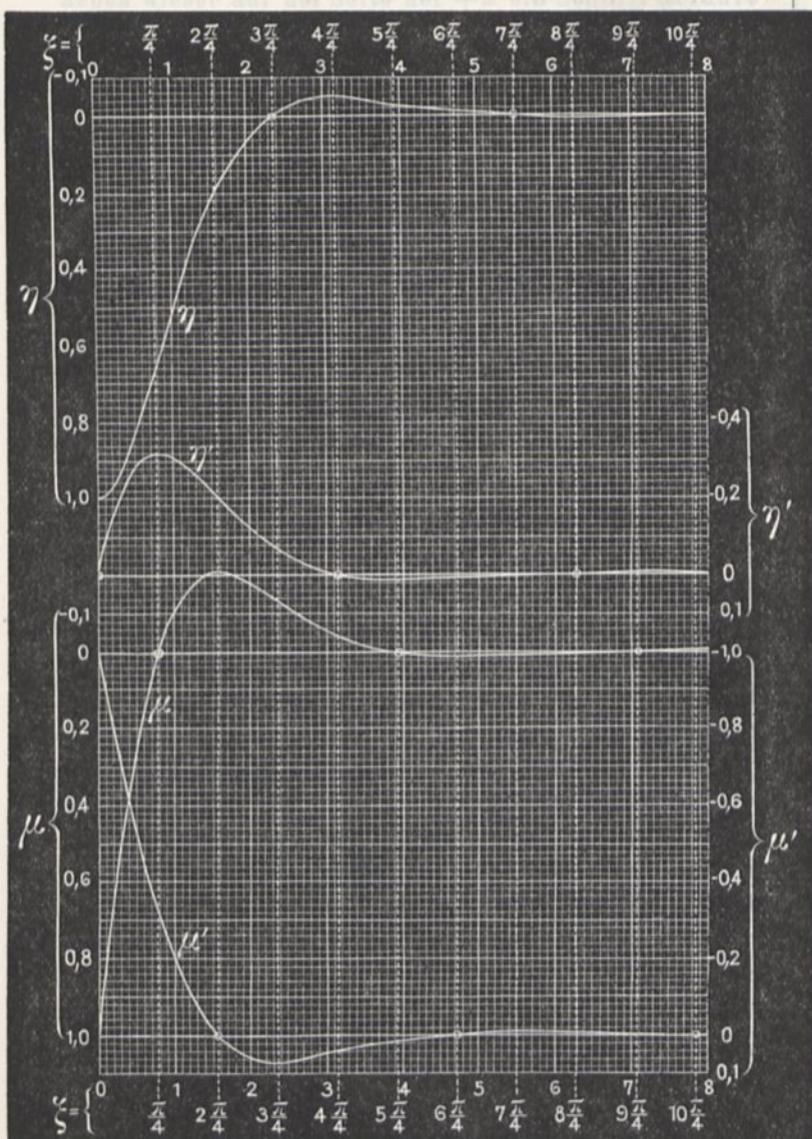


Abb. 8. Darstellung der Hilfsgrößen  $\eta$ ,  $\eta'$ ,  $\mu$ , und  $\mu'$ .

getragen. Die so gewonnenen Curven stellen die (verzerrt gezeichnete) elastische Linie, die Neigungslinie, die Momentencurve und die Querkraftcurve für den unendlich langen, durch eine Einzellast beanspruchten Stab dar; denn die Werthe  $x$ ,  $y$ ,  $\text{tang } \nu$ ,  $M$  und  $Q$ , welche zu den einzelnen Punkten der Stabaxe gehören, sind den die Curvenpunkte festlegenden Werthen  $\xi$ ,  $\eta$ ,  $\eta'$ ,  $\mu$  und  $\mu'$  proportional. Da aber durch  $x$  nicht nur die Abstände verschiedener Stabquerschnitte von dem unveränderlichen Angriffspunkt einer ruhenden Last, sondern auch die Entfernungen einer beweglichen Last von ein und demselben Querschnitt gemessen werden, so geben jene Curven auch ein Bild der Aenderungen, welche die Größen  $y$ ,  $\text{tang } \nu$ ,  $M$  und  $Q$  in ein und demselben Querschnitt erleiden, wenn die Last von diesem aus die ganze Länge des Stabes durchläuft. Die Curven der  $\eta$ ,  $\eta'$ ,  $\mu$  und  $\mu'$  sind also zugleich die Einfluslinien für die Senkung, die Neigung, das Biegemoment und die Querkraft.

Außerdem besitzen aber diese Linien noch weitere merkwürdige Eigenschaften, die eine ausführliche Darlegung verdienen, da sich mit deren Hilfe zahlreiche, bisher noch nicht behandelte Aufgaben in einfacher Weise lösen lassen.

Es möge noch bemerkt werden, daß die wiederholte Berechnung des Einflusses einer größeren Anzahl von Lasten, deren Abstände von einander sich nicht ändern, dadurch erleichtert werden kann, daß man bei der Bildung der in den Gleichungen 32) bis 39) auftretenden Summen ein abgekürztes Verfahren anwendet, ähnlich dem, welches vom Verfasser im Jahrgang 1877 der Zeitschrift des Architekten- und Ingenieur-Vereins zu Hannover unter der Bezeichnung „Momentenschema“ für die Berechnung von Brückenträgern angegeben worden ist. Da der Raum ein näheres Eingehen nicht gestattet, so wird das Verfahren an anderer Stelle vorgeführt werden.

§ 5. Form und sonstige Eigenschaften der Einfluslinien.

Für die Punkte, in denen die elastische Linie die Axe der  $x$  schneidet, die also durch Aufbringen der Last weder gesenkt noch gehoben wurden, ergibt sich aus der ersten der Gleichungen 24) mit  $y = 0$

$$\cos \xi = -\sin \xi, \text{ also } \xi = \frac{3}{4}\pi, \frac{7}{4}\pi, \frac{11}{4}\pi \text{ usw.}$$

wonach diese Punkte — vom ersten an — alle gleichweit von einander entfernt sind, nämlich um die Länge  $l = \pi : \alpha$ .

Ferner zeigt die zweite Gleichung, daß  $\frac{dy}{dx} = 0$  wird, für

$$\sin \xi = 0, \text{ also } \xi = 0, \pi, 2\pi \text{ usw.}$$

In den hierdurch bestimmten Punkten, die ebenfalls überall den gleichen waagerechten Abstand  $l = \pi : \alpha$  haben, ist die elastische Linie der Axe der  $x$  parallel; hier treten also die größten Senkungen bzw. Hebungen auf.

Aus der dritten Gleichung folgt mit  $\frac{d^2y}{dx^2} = 0$

$$\cos \xi = \sin \xi, \text{ also } \xi = \frac{1}{4}\pi, \frac{5}{4}\pi, \frac{9}{4}\pi \text{ usw.}$$

wodurch die Punkte, in denen das Biegemoment Null wird, d. h. die Wendepunkte der elastischen Linie, bestimmt sind. Auch diese liegen also durchweg in dem Abstände  $l = \pi : \alpha$ .

Aus der vierten Gleichung endlich ist zu ersehen, daß  $\frac{d^3y}{dx^3} = 0$  wird für

$$\cos \xi = 0, \text{ also } \xi = \frac{1}{2}\pi, \frac{3}{2}\pi, \frac{5}{2}\pi \text{ usw.}$$

womit die Punkte festgelegt sind, in denen die Querkraft Null, also das Moment zu einem Größtwerth wird.

Hiernach sind die Curven der  $\eta$ ,  $\eta'$ ,  $\mu$  und  $\mu'$  Wellenlinien mit überall gleicher Wellenlänge  $l$ , und es haben alle Punkte von gleichartiger Bedeutung in den einzelnen Wellen immer den gleichen waagerechten Abstand vom Anfang und Ende derselben. Insbesondere folgen in jeder Welle auf den Schnittpunkt mit der Achse in der Richtung  $+\xi$  und im Abstände  $\frac{1}{4}l$ ,  $\frac{1}{2}l$ ,  $\frac{3}{4}l$ ,  $l$  ein Punkt größter Abweichung, ein Wendepunkt, ein Punkt größter Krümmung und schließlich der nächste Schnittpunkt mit der Achse. Ferner stehen aber auch je zwei Werthe von  $y$ ,  $\frac{dy}{dx}$ ,  $\frac{d^2y}{dx^2}$  und  $\frac{d^3y}{dx^3}$ , die zu Punkten gehören, deren  $\xi$  sich um eine Wellenlänge unterscheiden, in einem einfachen unveränderlichen Verhältniß zu einander. Da nämlich allgemein

so ist leicht ersichtlich, daß man die mit einem beliebigen Werthe von  $\xi$  aus den Gleichungen 24) sich ergebenden Werthe jener Größen nur mit  $-e^{-\pi} = -0,0432$  zu multipliciren oder mit  $-23,14$  zu dividiren braucht, um diejenigen Werthe zu erhalten, die zu  $\xi + \pi$  gehören. Dies Ergebniss läßt sich durch folgenden Satz zum Ausdruck bringen:

Wenn man von dem Nullpunkt an die sämtlichen Wellen der elastischen Linie durchläuft, bilden die zu gleichartigen Punkten gehörenden  $\xi$  eine arithmetische Reihe mit der Differenz  $\pi$ ; die zu jenen Punkten gehörenden, durch die Gleichungen 24) bestimmten vier Functionen von  $\xi$  aber eine geometrische Reihe mit dem Exponenten  $-e^{-\pi}$ .

Diese eigenthümliche Uebereinstimmung im Verhalten der vier Functionen läßt sich in folgender Weise erklären. Es möge als Nullpunkt der Grundabschnitte (Abscissen) ein im Abstand  $\frac{1}{4}\pi$  vom ursprünglichen Anfang gelegener Punkt gewählt und der Abstand des Punktes  $\xi$  von dem neuen Anfang mit  $\zeta$  bezeichnet werden, sodafs also

$$\xi = \zeta + \frac{\pi}{4}$$

ist, dann wird

$$e^{-\xi} = e^{-\zeta} e^{-\pi/4}$$

$$\cos \xi = \sin \frac{\pi}{4} (\cos \zeta - \sin \zeta); \quad \sin \xi = \sin \frac{\pi}{4} (\cos \zeta + \sin \zeta)$$

$$\cos \xi + \sin \xi = 2 \sin \frac{\pi}{4} \cos \zeta$$

$$\cos \xi - \sin \xi = -2 \sin \frac{\pi}{4} \sin \zeta,$$

womit nach Gleichung 25) und 27):

$$40) \begin{cases} \eta = e^{-\pi/4} \sin \frac{\pi}{4} (+2e^{-\zeta} \cos \zeta) & = 2c_1 (-\mu') \\ \eta' = e^{-\pi/4} \sin \frac{\pi}{4} (-e^{-\zeta} (\cos \zeta + \sin \zeta)) & = c_1 (-\eta) \\ \mu = e^{-\pi/4} \sin \frac{\pi}{4} (-2e^{-\zeta} \sin \zeta) & = 2c_1 (+\eta') \\ \mu' = e^{-\pi/4} \sin \frac{\pi}{4} (-e^{-\zeta} (\cos \zeta - \sin \zeta)) & = c_1 (-\mu). \end{cases}$$

Von dem Punkte  $\xi = \frac{1}{4}\pi$  verläuft also die Curve der  $\eta$  — von dem unveränderlichen Factor  $2c_1$  abgesehen — nach demselben Gesetze, nur mit entgegengesetztem Vorzeichen, wie vom Punkte  $\xi = 0$  an die Function  $\mu'$ . Es ist das in der ersten Gleichung durch das Zeichen  $2c_1 (-\mu')$  sinnbildlich ausgedrückt. Ferner zeigt  $\eta'$  jetzt den Verlauf des früheren  $-\eta$ ;  $\mu$  denjenigen von  $\eta'$  und  $\mu'$  den von  $-\mu$ .

Verlegt man den Anfangspunkt der  $\zeta$  nochmals um  $\frac{1}{4}\pi$  in der Richtung  $+\xi$ , sodafs also

$$\xi = \zeta + \frac{\pi}{2}$$

ist, dann wird  $e^{-\xi} = e^{-\zeta} e^{-\pi/2}$

$$\cos \xi = -\sin \zeta; \quad \cos \xi + \sin \xi = \cos \zeta - \sin \zeta$$

$$\sin \xi = +\cos \zeta; \quad \cos \xi - \sin \xi = -(\cos \zeta + \sin \zeta)$$

und hiermit

$$41) \begin{cases} \eta = e^{-\pi/2} (+e^{-\zeta} (\cos \zeta - \sin \zeta)) & = c_2 (+\mu) \\ \eta' = e^{-\pi/2} (-e^{-\zeta} \cos \zeta) & = c_2 (+\mu') \\ \mu = e^{-\pi/2} (-e^{-\zeta} (\cos \zeta + \sin \zeta)) & = c_2 (-\eta) \\ \mu' = e^{-\pi/2} (+e^{-\zeta} \sin \zeta) & = c_2 (-\eta'). \end{cases}$$

Von dem Punkte  $\xi = \frac{1}{2}\pi$  an verläuft also die Curve der  $\eta$  nach demselben Gesetze, wie die auf den ursprünglichen Anfang

bezogene Curve der  $\mu$ ; ferner zeigt  $\eta'$  jetzt den Verlauf, wie früher  $\mu'$  usw.

Verlegt man schliesslich den Anfang der  $\zeta$  wieder um  $\frac{1}{4}\pi$  in der positiven Richtung, sodafs

$$\xi = \zeta + \frac{3\pi}{4}$$

ist, dann wird  $e^{-\xi} = e^{-\zeta} e^{-3\pi/4}$ , ferner

$$\cos \xi = -\sin \frac{3\pi}{4} (\cos \zeta + \sin \zeta); \quad \sin \xi = \sin \frac{3\pi}{4} (\cos \zeta - \sin \zeta)$$

$$\cos \xi + \sin \xi = -2 \sin \frac{3\pi}{4} \sin \zeta$$

$$\cos \xi - \sin \xi = -2 \sin \frac{3\pi}{4} \cos \zeta$$

und hiermit

$$42) \begin{cases} \eta = e^{-3\pi/4} \sin \frac{3\pi}{4} (-2e^{-\zeta} \sin \zeta) & = 2c_3 (+\eta') \\ \eta' = e^{-3\pi/4} \sin \frac{3\pi}{4} (-e^{-\zeta} (\cos \zeta - \sin \zeta)) & = c_3 (-\mu) \\ \mu = e^{-3\pi/4} \sin \frac{3\pi}{4} (-2e^{-\zeta} \cos \zeta) & = 2c_3 (+\mu') \\ \mu' = e^{-3\pi/4} \sin \frac{3\pi}{4} (+e^{-\zeta} (\cos \zeta + \sin \zeta)) & = c_3 (+\eta). \end{cases}$$

Jetzt hat also vom Punkte  $\xi = \frac{3}{4}\pi$  an — immer abgesehen von dem unveränderlichen Factoren — die Curve  $\eta$  denselben Verlauf, wie vom Punkte  $\xi = 0$  an die Curve der  $\eta'$ ; dagegen befolgt diese vom Punkte  $\xi = \frac{3}{4}\pi$  an dasselbe Gesetz, wie die Function  $-\mu$  von dem ursprünglichen Anfang aus usw. Die Beziehungen zwischen den verschiedenen Curvenabschnitten sind auch hier, wie vorher immer, in den Gleichungen selbst angedeutet.

Aus diesen Ergebnissen folgt der Satz: Die vier Functionen  $\eta$ ,  $\eta'$ ,  $\mu$  und  $\mu'$  unterliegen ein und demselben Bildungsgesetz. Die vier Curven, welche diese Functionen darstellen, sind also nicht der Art nach, sondern nur hinsichtlich des Mafsstabes der Höhen und des Punktes verschieden, von welchem ab die Unabhängig-Veränderliche gemessen wird.

§ 6. Einseitig begrenzter, unendlich langer Stab, an dessen Ende äufsere Kräfte angreifen.

Wird der zuvor betrachtete Stab in einem beliebigen Punkte durchschnitten, so ändert sich der Biegungszustand nicht, wenn an der Schnittstelle statt der vorher durch den Zusammenhang der Theile erzeugten inneren Kräfte gleichwerthige äufsere angebracht werden. Denkt man sich den einen Theil entfernt, so gewährt der übrig bleibende ein Bild des Einflusses, welchen äufsere, an dem Ende eines einseitig unendlich langen Stabes angreifende Kräfte auf diesen ausüben. In der Folge soll der Einfachheit wegen immer der in der Richtung  $-x$  (d. h. links) liegende Theil entfernt gedacht werden, sodafs die an dem übrig gebliebenen (rechts liegenden) Theile zur Aufrechterhaltung des Gleichgewichtszustandes anzubringenden äufseren Kräfte in demselben Sinne wirken, wie die bisherigen, von vornherein als Einwirkungen des linken auf den rechten Theil aufgefaßten inneren Kräfte. Eine senkrechte Kraft wird zunächst positiv gerechnet, wenn sie den Sinn von  $+Q$  hat, d. h. wenn sie von unten nach oben gerichtet ist; ein Moment wird als positiv angenommen, wenn es den Sinn von  $+M$  hat, d. h. wenn es den Stab nach oben hohl krümmt oder — was dasselbe sagt —

am linken Stabende im Sinne des Uhrzeigers („rechts herum“) dreht, wie dies in Abbildung 9 angedeutet ist. Auf den links liegenden Stabtheil würden positive Kräfte und Momente natürlich in entgegengesetztem Sinne wirken.

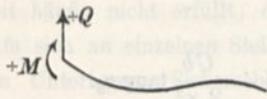


Abb. 9.

Es möge nun zuerst durch den nach beiden Richtungen unendlich langen, mit einer Einzellast besetzten Stab dicht neben dieser auf der Seite der +x ein Schnitt geführt

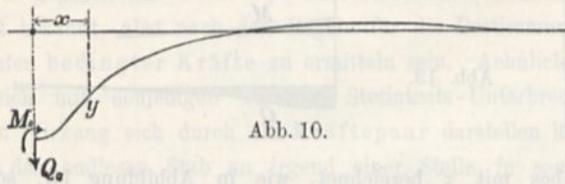


Abb. 10.

werden, wie dies in Abbildung 10 dargestellt ist. Dann bestimmen die Gleichungen 30) ohne weiteres das Kräftepaar  $M_0$  und die Kraft  $Q_0$ , welche in der Schnittstelle angebracht werden müssen, wenn an dem Gleichgewichtszustande des verbleibenden Stabtheiles nichts geändert werden soll. Dieser Zustand ist — von der Größe der Einsenkung  $y_0$  abgesehen — dadurch gekennzeichnet, dass die Neigung  $\nu$  der elastischen Linie gegen die Waagerechte bei jeder beliebigen Größe der Last  $P$  am Ende des Stabes Null ist. Da nun

$$43) \dots M_0 = \frac{P}{4\alpha}; Q_0 = -\frac{P}{2} \text{ also } \frac{M_0}{Q_0} = -\frac{1}{2\alpha}$$

mithin das Verhältniß  $M_0 : Q_0$  ebenfalls unabhängig ist von der Größe der Last  $P$ , so stellt die letzte Gleichung die einzige Bedingung dar, welcher die am Ende des Stabes wirkenden äußeren Kräfte genügen müssen, wenn die elastische Linie an dieser Stelle stets waagrecht bleiben soll. Ist diese Bedingung erfüllt, dann ist durch Annahme eines der beiden Werthe  $Q_0$  und  $M_0$  der andere bestimmt und es kann  $P$  überall nach Belieben durch  $Q_0$  oder  $M_0$  ersetzt werden, womit die durch den Schnitt bewirkte Beseitigung von  $P$  auch in den Gleichungen zum Ausdruck gebracht wird. Wäre dagegen etwa die Senkung  $y_0$  des Stabendes gegeben oder beobachtet, so würde aus 30) folgen:

$$44) \dots M_0 = \frac{Cb}{2\alpha^2} y_0; Q_0 = -\frac{Cb}{\alpha} y_0$$

womit auch für alle übrigen Punkte des Stabes  $y, \nu, M$  und  $Q$  als Functionen von  $y_0$  ausgedrückt werden können. In allen Fällen ist das Gesetz, nach welchem sich diese Größen mit zunehmendem  $x$  ändern, jetzt noch dasselbe, wie für den beiderseits unbegrenzten Stab.

Wesentlich anders verhält sich der durch einen Schnitt im Abstand  $\frac{1}{4}\pi : \alpha$  vom Angriffspunkt der Last abgetrennte Stabtheil. Denn für diese Schnittstelle ist mit  $\xi = \frac{1}{4}\pi$  nach den Gleichungen 25):

$$\eta = 2e^{-\pi/4} \sin \frac{\pi}{4}; \mu = 0$$

und nach 27):

$$\eta' = -e^{-\pi/4} \sin \frac{\pi}{4}; \mu' = -e^{-\pi/4} \sin \frac{\pi}{4}$$

Giebt man den zu diesem Punkte gehörigen Werthen von  $y, \nu, M$  und  $Q$  den Zeiger 1, so wird nach 26) und 29):

$$45) \left\{ \begin{aligned} y_1 &= \frac{\alpha P}{Cb} e^{-\pi/4} \sin \frac{\pi}{4}; & M_1 &= 0 \\ \text{tang } \nu_1 &= -\frac{\alpha^2 P}{Cb} e^{-\pi/4} \sin \frac{\pi}{4}; & Q_1 &= -\frac{P}{2} e^{-\pi/4} \sin \frac{\pi}{4} \end{aligned} \right.$$

Hier ist also — da ein Biegemoment im Endquerschnitt nicht vorhanden ist — nur eine nach unten gerichtete Einzelkraft  $= Q_1$  anzubringen, wenn an dem Gleichgewichtszustande des verbleibenden Stabtheiles nichts geändert werden soll. Wollte man diese nunmehr äußere Kraft mit  $P_1$  bezeichnen und nach unten positiv rechnen, so wäre mit Berücksichtigung des Umstandes, dass  $Q_1$  nach 45) an sich negativ ist, zu setzen  $P_1 = -Q_1 = \frac{1}{2} P e^{-\pi/4} \sin \frac{\pi}{4}$ , also  $P = \frac{2P_1}{e^{-\pi/4} \sin \frac{\pi}{4}}$

und die Gleichungen 45) nähmen jetzt die Form an:

$$y_1 = \frac{2\alpha P_1}{Cb}; \text{ tang } \nu_1 = -\frac{2\alpha^2 P_1}{Cb}; Q_1 = -P_1$$

Bezeichnet ferner  $\alpha$  den Abstand eines beliebigen Punktes vom Ende des Stabes, wie dies in Abbildung 11 angedeutet ist, und

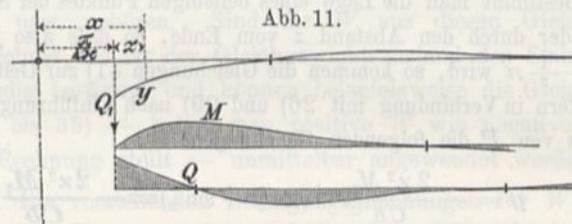


Abb. 11.

setzt man  $\alpha \alpha = \zeta$ , so wird  $\xi = \zeta + \frac{1}{4}\pi$  und es treten die Gleichungen 40) in Kraft. Mit Benutzung derselben und nach Einführung des aus 45) folgenden, durch  $Q_1$  oder  $P_1$  ausgedrückten Werthes von  $P$  in die Gleichungen 26) und 29) ergibt sich:

$$46) \left\{ \begin{aligned} y &= -\frac{2\alpha Q_1}{Cb} e^{-\zeta} \cos \zeta &= -\frac{2\alpha Q_1}{Cb} \mu &= -\frac{2\alpha P_1}{Cb} \mu \\ \text{tg } \nu &= \frac{2\alpha^2 Q_1}{Cb} e^{-\zeta} (\cos \zeta + \sin \zeta) &= \frac{2\alpha^2 Q_1}{Cb} \eta &= -\frac{2\alpha^2 P_1}{Cb} \eta \\ M &= \frac{Q_1}{\alpha} e^{-\zeta} \sin \zeta &= -\frac{Q_1}{\alpha} \eta' &= \frac{P_1}{\alpha} \eta' \\ Q &= Q_1 e^{-\zeta} (\cos \zeta - \sin \zeta) &= Q_1 \mu &= -P_1 \mu \end{aligned} \right.$$

Hiernach können die Werthe von  $y, \nu, M$  und  $Q$  ohne weiteres mit Hilfe der Tabellen oder der Curven für  $\eta, \eta', \mu$  und  $\mu$ , berechnet werden, sofern man diese nur für den Werth der Unabhängig-Veränderlichen aufsucht, welcher dem Abstände des fraglichen Punktes vom Ende des Stabes entspricht. Da die jetzt zu benutzenden Theile der Curven, die jene Hilfsgrößen darstellen, Stücke der schon früher in § 5 untersuchten Einflußlinien sind, so gelten die dort gezogenen Schlüsse auch für den jetzt vorliegenden, einseitig begrenzten Stab.

Es möge nun der Schnitt wiederum an einer anderen Stelle, nämlich im Abstände  $\frac{1}{2}\pi : \alpha$  vom Angriffspunkt der Last  $P$ , gelegt werden. Für diese Stelle ist nach den Gleichungen 25):

$$\eta = e^{-\pi/2}; \mu = -e^{-\pi/2}$$

und nach 27):

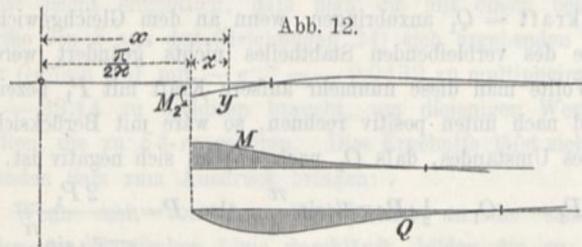
$$\eta' = -e^{-\pi/2}; \mu' = 0$$

Giebt man den zu diesem Punkte gehörigen Werthen von  $y, \nu, M$  und  $Q$  den Zeiger 2, so wird nach 26) und 29):

$$47) \left\{ \begin{aligned} y_2 &= \frac{\alpha P}{2Cb} e^{-\pi/2}; & M_2 &= -\frac{P}{4\alpha} e^{-\pi/2} \\ \text{tang } \nu_2 &= -\frac{\alpha^2 P}{Cb} e^{-\pi/2}; & Q_2 &= 0 \end{aligned} \right.$$

Da eine Querkraft an der Schnittstelle nicht vorhanden ist, so genügt die Anbringung eines linksdrehenden Momentes

vom Werthe  $M_2$ , um den vor der Durchschneidung vorhandenen Gleichgewichtszustand des Stabes unverändert aufrecht zu



erhalten, wie es Abbildung 12 veranschaulicht. Aus 47) folgt

nun  $P = -\frac{4xM_2}{e^{-\pi/2}}$  und hiermit weiter

$$y_2 = -\frac{2x^2M_2}{Cb}; \quad \text{tang } v_2 = \frac{4x^3M_2}{Cb}$$

Bestimmt man die Lage eines beliebigen Punktes der Stabaxe wieder durch den Abstand  $x$  vom Ende, so daß also jetzt  $\xi = \zeta + \frac{1}{2}\pi$  wird, so kommen die Gleichungen 41) zur Geltung und liefern in Verbindung mit 26) und 29) nach Einführung des Werthes von  $P$  die folgenden Gleichungen:

$$48) \begin{cases} y = -\frac{2x^2M_2}{Cb}e^{-\zeta}(\cos \zeta - \sin \zeta) = -\frac{2x^2M_2}{Cb}\mu \\ \text{tg } v = \frac{4x^3M_2}{Cb}e^{-\zeta}\cos \zeta = \frac{4x^3M_2}{Cb}\mu' \\ M = M_2e^{-\zeta}(\cos \zeta + \sin \zeta) = M_2\eta \\ Q = -2xM_2e^{-\zeta}\sin \zeta = 2xM_2\eta' \end{cases}$$

Auch hier treten also wieder ganz dieselben Hilfsgrößen  $\eta, \eta', \mu$  und  $\mu'$  auf, wie früher, und sind die Eigenschaften des Stabes schon durch die Untersuchungen im § 5 bekannt.

Wird schliesslich der Stab im Abstände  $\frac{3}{4}\pi : x$  vom Angriffspunkte der Last durchgeschnitten, so gehören zu diesem Schnittpunkte nach den Gleichungen 25) und 27) die

$$\text{Werthe } \eta = 0; \quad \mu = -2e^{-3\pi/4}\sin \frac{3\pi}{4}; \\ \eta' = -e^{-3\pi/4}\sin \frac{3\pi}{4}; \quad \mu' = e^{-3\pi/4}\sin \frac{3\pi}{4}$$

Versieht man die entsprechenden Werthe von  $y, v, M$  und  $Q$  mit dem Zeiger 3, so wird nach 26) und 29):

$$49) \begin{cases} y_3 = 0; \quad M_3 = -\frac{P}{2x}e^{-3\pi/4}\sin \frac{3\pi}{4} \\ \text{tg } v_3 = -\frac{x^2P}{Cb}e^{-3\pi/4}\sin \frac{3\pi}{4}; \quad Q_3 = \frac{P}{2}e^{-3\pi/4}\sin \frac{3\pi}{4} \end{cases}$$

Hierdurch sind das Kräftepaar  $M_3$  und die Kraft  $Q_3$  bestimmt, welche an der Schnittstelle angebracht werden müssen, wenn an dem Gleichgewichtszustande des verbleibenden Stabtheiles nichts geändert werden soll. Dieser Zustand zeigt das besondere Merkmal, daß die Senkung des Punktes, der nach der Durchschneidung das Ende des Stabes bildet, bei jeder Gröfse der Last  $P$  Null ist. Damit dies auch bei dem durchgeschnittenen Stabe der Fall sei, müssen die anzubringenden äufseren Kräfte der Bedingung

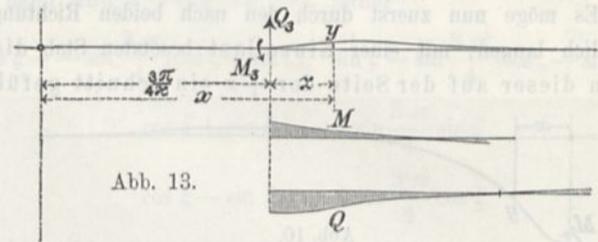
$$50) \quad \frac{M_3}{Q_3} = -\frac{1}{x}$$

genügen. Es kann dann  $P$  in allen Gleichungen nach Belieben entweder durch  $M_3$  oder durch  $Q_3$  ersetzt werden. Mit Rücksicht auf die später zu machende Anwendung empfiehlt es sich jedoch,  $\text{tang } v_3$  als maßgebende Gröfse einzuführen. Man

erhält mit  $P = -\frac{Cb \text{ tang } v_3}{x^2 e^{-3\pi/4} \sin \frac{3\pi}{4}}$  aus den Gleichungen 49):

$$M_3 = \frac{Cb}{2x^3} \text{ tang } v_3; \quad Q_3 = -\frac{Cb}{2x^2} \text{ tang } v_3$$

Wird jetzt der Abstand eines beliebigen Punktes vom Ende



des Stabes mit  $x$  bezeichnet, wie in Abbildung 13, so ist  $\xi = \zeta + \frac{3}{4}\pi$ . Es können also jetzt die Gleichungen 42) unter Einführung des Werthes von  $P$  dazu benutzt werden, die Gleichungen 26) und 29) für den neuen Anfangspunkt umzuformen. Es ergibt sich auf diese Weise

$$51) \begin{cases} y = \frac{\text{tang } v_3}{x} e^{-\zeta} \sin \zeta = -\frac{\text{tang } v_3}{x} \eta' \\ \text{tg } v = \text{tang } v_3 e^{-\zeta} (\cos \zeta - \sin \zeta) = \text{tang } v_3 \mu \\ M = \frac{Cb \text{ tg } v_3}{2x^3} e^{-\zeta} \cos \zeta = -\frac{Cb \text{ tg } v_3}{2x^3} \mu' \\ Q = -\frac{Cb \text{ tg } v_3}{2x^2} e^{-\zeta} (\cos \zeta + \sin \zeta) = -\frac{Cb \text{ tg } v_3}{2x^2} \eta \end{cases}$$

Hiermit ist die mannigfaltige Bedeutung und Verwendbarkeit der Functionen  $\eta, \eta', \mu$  und  $\mu'$  hinlänglich dargethan und gleichzeitig die Lösung der nunmehr zu behandelnden Aufgaben angebahnt. Es braucht wohl kaum noch hervorgehoben zu werden, daß die Gleichungen 46), 48) und 51) für alle möglichen Lagen des Endpunktes und jede beliebige Gröfse von  $P_1, M_2$  und  $\text{tang } v_3$  gelten, da in diesen Gleichungen die nur zur Ableitung benutzten Werthe  $\xi$  und  $P$  nicht mehr auftreten. Dagegen erscheint es nicht überflüssig, nochmals darauf hinzuweisen, wie die in den Gleichungen 46), 48) und 51) angegebenen Vorzeichen auf der Voraussetzung beruhen, daß die Kräfte und Kräftepaare am linken Ende des Stabes angreifen. Wirken dieselben statt dessen auf das rechte Ende eines nach links hin unbegrenzten Stabes und betrachtet man jetzt — der im Eingange dieses Paragraphen getroffenen Festsetzung gemäß — nach unten gerichtete  $Q$  und linksdrehende  $M$  als positiv, so sind in den Gleichungen 46) und 51) die Ausdrücke für  $y$  und  $M$ , dagegen in den Gleichungen 48) diejenigen für  $\text{tang } v$  und  $Q$  nicht mit dem dort angegebenen, sondern mit entgegengesetztem Vorzeichen in Rechnung zu stellen. Dies läßt sich leicht dadurch als richtig erweisen, daß man die Schnitte nicht rechts von der anfänglich gegebene Kraft  $P$ , sondern links von derselben legt und im übrigen die Rechnung wie zuvor (jedoch mit Beachtung der im § 3 zu den Gleichungen 32) bis 35) gegebenen Erläuterungen) durchführt.

§ 7. Endloser Stab mit äufseren Stetigkeits-Unterbrechungen.

Es ist bisher stillschweigend vorausgesetzt worden, daß der Widerstand, welcher dem Eindringen des endlosen Stabes in die Bettung entgegenwirkt, überall dieselbe, im geraden Verhältnifs zur Senkung  $y$  stehende Gröfse  $Cy$  habe, und daß

sonst an äußeren Kräften nur senkrecht abwärts wirkende Einzellasten vorhanden seien. Diese Voraussetzung ist in Wirklichkeit häufig nicht erfüllt, da es beispielsweise vorkommen kann, daß sich an einzelnen Stellen, wie über Mauerkörpern, besonderen Unterlagen, Sickerschlitzten u. dergl. ein vermehrter oder verminderter Widerstand darbietet. Die Wirkungen derartiger Stetigkeits-Unterbrechungen lassen sich als senkrechte, nach oben oder unten gerichtete Kräfte darstellen und daher mit Hilfe der Gleichungen 32) bis 35) berechnen, sobald die Größe der Kräfte gegeben ist. Diese wird aber fast immer von vornherein nicht bekannt, also nach den Regeln für die Bestimmung sogenannter bedingter Kräfte zu ermitteln sein. Aehnlich verhält es sich mit denjenigen äußeren Stetigkeits-Unterbrechungen, deren Wirkung sich durch ein Kräftepaar darstellen läßt, die also den endlosen Stab an irgend einer Stelle in senkrechter Ebene verdrehen oder auch einer durch andere Kräfte herbeigeführten Verdrehung entgegenwirken, wie es beispielsweise durch Einspannung des Stabes beim Uebergang auf die Fahrbahn von Brücken geschehen kann. Auch hier ist die Größe des einspannenden Kräftepaars erst mit Hilfe der besonderen die Art der Lagerung ausdrückenden Bedingungen zu ermitteln; dagegen kann die Wirkung des Paares natürlich nicht mehr aus den Gleichungen 32) bis 35) berechnet, sondern es muß von den später entwickelten Formeln Gebrauch gemacht werden. Für die hierbei auftretenden Rechnungen möge Nachstehendes als Anhalt dienen.

a) Stetigkeits-Unterbrechungen, die einer senkrechten Kraft gleichwerthig sind, sollen kurz Widerstände genannt, mit  $W$  bezeichnet und positiv gerechnet werden, wenn sie nach oben gerichtet sind. Man kann annehmen, daß diese Widerstände im Allgemeinen ebenso wie der Bettungsdruck — nur in anderem Verhältniß — der Einsenkung des Punktes proportional seien, an dem sie angreifen. Bezeichnet man den Gesamtdruck, welcher der Einheit der Senkung entspricht, mit  $D$ , die endgültige Senkung selbst mit  $\Delta y$ , so ist hiernach zu setzen:

$$52) \quad W = D \Delta y \quad \text{oder} \quad \Delta y = \frac{W}{D}$$

Wenn nun an einem endlosen Stab eine Gruppe abwärts gerichteter Kräfte  $P_1, P_2, P_3$  usw., ferner eine Gruppe aufwärts gerichteter Kräfte  $W_1, W_2, W_3$  usw. angreifen, wie dies Abbildung 14 veranschaulicht, so erzeugen die Lasten an dem belie-

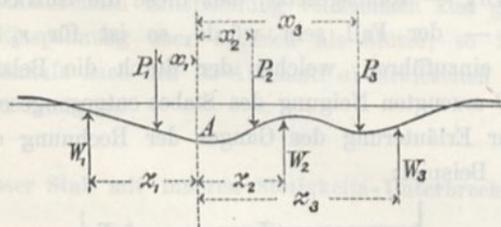


Abb. 14.

bigen Punkte  $A$  eine nach Gleichung 32) zu berechnende Senkung, die Widerstände eine demselben Gesetz unterliegende Hebung. Die endgültige Senkung ist offenbar dem Unterschied beider Einflüsse gleich, d. h.

$$53) \quad \Delta y = \frac{\sum P \eta_i - \sum W \eta_j}{2Cb}$$

worin sich die Summenzeichen über alle vorhandenen Kräfte erstrecken und jedes  $P$  und  $W$  mit demjenigen Werthe von  $\eta$

multipliziert auftritt, welcher seinem Abstände von dem Punkte  $A$  entspricht. Eine solche Gleichung wie 53) kann insbesondere auch für jeden Angriffspunkt  $O$  eines Widerstandes aufgestellt werden. Für jeden dieser Punkte besteht aber außerdem eine Gleichung von der Form 52). Man hat also, wenn  $n$  Widerstände vorhanden sind,  $2n$  Gleichungen ersten Grades für die  $2n$  Unbekannten  $W_1, W_2 \dots W_n$  und  $\Delta y_1, \Delta y_2 \dots \Delta y_n$ , aus denen diese in jedem Falle berechnet werden können. Entfernt man die letzteren Größen, so ergibt sich insbesondere zur Bestimmung der Widerstände die Gleichungsgruppe:

$$54) \quad \begin{cases} \frac{\sum P \eta_1 - \sum W \eta_1}{2Cb} = \frac{W_1}{D} \\ \frac{\sum P \eta_2 - \sum W \eta_2}{2Cb} = \frac{W_2}{D} \end{cases}$$

in welcher unter  $\eta_1, \eta_2$  usw. diejenigen Werthe von  $\eta$  verstanden sind, die zu den Abständen der  $P$  und  $W$  von  $W_1, W_2$  usw. gehören. Sind die  $W$  aus diesen Gleichungen berechnet, so ist der Gleichgewichtszustand des Stabes vollständig bestimmt und können beispielsweise die Gleichungen 33) bis 35) — indem man positive  $W$  wie negative Lasten in Rechnung stellt — unmittelbar angewendet werden.

Die vorstehenden Bedingungsgleichungen für  $W$  in allgemeiner Form aufzulösen, lohnt sich nicht, da besondere Aufschlüsse aus den Ergebnissen nicht gewonnen werden können. Statt dessen möge zur Veranschaulichung des Rechnungsganges das folgende einfache Beispiel vorgeführt werden. Der endlos gedachte Stab trage drei gleiche, im Abstand  $r$  von einander angreifende Lasten  $P$ . An zwei Punkten, die beide in der Entfernung  $l$  auf verschiedenen Seiten der mittelsten Last  $P$  liegen, befinde sich eine besondere Unterlage, durch deren Wirkung die Einsenkung des Stabes an dieser Stelle vermindert wird. Die Beschaffenheit beider Unterlagen möge die gleiche sein, sodaß hier zwei gleiche, nach oben gerichtete Widerstände  $W$  in Rechnung zu stellen sind. Dann ergibt sich die in Abbildung 15 dargestellte Kräfte-Ver-

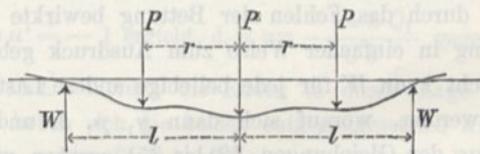


Abb. 15.

theilung und man erhält — indem man  $\alpha r = \rho$  und  $\alpha l = \lambda$  setzt und die Werthe von  $\eta$  und  $\mu$  mit dem Zeiger versieht, der dem Abstände der zugehörigen Kraft vom Punkte  $O$  entspricht — die Bedingungsgleichung

$$\frac{\alpha P}{2Cb} (\eta_{\lambda-\rho} + \eta_{\lambda} + \eta_{\lambda+\rho}) - \frac{\alpha W}{2Cb} (\eta_0 + \eta_{2\lambda}) = \frac{W}{D}$$

woraus, da  $\eta_0 = 1$  ist,

$$55) \quad \begin{cases} W = P \frac{\eta_{\lambda-\rho} + \eta_{\lambda} + \eta_{\lambda+\rho}}{\frac{2Cb}{\alpha D} + 1 + \eta_{2\lambda}} \end{cases}$$

Ist  $W$  hiernach berechnet, dann folgt alles weitere aus den Gleichungen 32) bis 35). Beispielsweise ergibt 34) das Biegemoment im Angriffspunkte  $A$  der mittleren Last:

$$M = \frac{P}{4\alpha} (1 + 2\mu_\rho) - \frac{W}{2\alpha} \mu_\lambda$$

womit der Einfluß der örtlichen Widerstandsvermehrung auf das Biegemoment für jenen Punkt des Stabes bestimmt

ist. Die Gröfse der Senkung am Punkte  $O$  ergibt sich jetzt am einfachsten aus der Gleichung  $y = W : D$ . Diese lehrt, dafs  $y$  nur dann bei beliebiger Gröfse von  $W$  Null wird, wenn  $D$  unendlich grofs ist. Die Bedingung einer vollkommen starren Lagerung ist also ausgedrückt durch die Gleichung

$$55a) D = \infty, \text{ womit in obigem Beispiel } W = \frac{P\eta_{\lambda-e} + \eta_{\lambda} + \eta_{\lambda+e}}{1 + \eta_{2\lambda}}$$

wird. Sind besondere Widerstände nicht vorhanden, so wird natürlich  $D=0$  und es treten einfach die ursprünglichen Gleichungen (32) bis (35) in Kraft. Sinkt aber die Widerstandsfähigkeit oder der Gegendruck der Bettung an einzelnen Stellen noch unter das sonst vorhandene Mafs — wie dies etwa vorkommen kann, wenn der Bettungskies weniger fest gelagert ist oder ganz fehlt — so ist offenbar  $D$  negativ in die Rechnung einzustellen, deren Gang im übrigen ungeändert bleibt. Wird beispielsweise angenommen, dafs an den Angriffspunkten der beiden  $W$  in Abbildung 15 das Kiesbett auf eine (kleine) Länge  $= a$  unterbrochen sei, so fehlt der Gegendruck der Bettung auf die Fläche  $ab$ , mithin wird nach der früher hinsichtlich der Gröfse des Bettungswiderstandes gemachten Annahme  $D = -Cab$ , womit dann, wenn  $\alpha a = \alpha$  gesetzt wird, aus 55) folgt

$$55b) W = P \frac{\eta_{\lambda-e} + \eta_{\lambda} + \eta_{\lambda+e}}{2 - \alpha} = -\alpha P \frac{\eta_{\lambda-e} + \eta_{\lambda} + \eta_{\lambda+e}}{2 - \alpha(1 + \eta_{2\lambda})} - \frac{\alpha}{1 + \eta_{2\lambda}}$$

Liegt der Stab nur an einer Stelle hohl, so fällt natürlich das Glied  $\eta_{2\lambda}$ , welches die Wirkung der zweiten Stetigkeits-Unterbrechung ausdrückt, fort und es wird für jede beliebige Stellung der Lastengruppe

$$W = -\alpha P \frac{\eta_{\lambda-e} + \eta_{\lambda} + \eta_{\lambda+e}}{2 - \alpha}$$

Rückt insbesondere die Mittellast über die hohl liegende Stelle, so wird

$$56) W_0 = -\alpha P \frac{1 + 2\eta_e}{2 - \alpha} \text{ und } y_0 = \frac{W_0}{-Cab} = \frac{\alpha P}{2Cb} \frac{1 + 2\eta_e}{1 - \frac{1}{2}\alpha}$$

womit die durch das Fehlen der Bettung bewirkte Zunahme der Senkung in einfacher Weise zum Ausdruck gebracht ist. Ebenso leicht kann  $W$  für jede beliebige andere Lastengruppe bestimmt werden, worauf sich dann  $y$ ,  $p$ ,  $M$  und  $Q$  ohne weiteres aus den Gleichungen (32) bis (35) ergeben und nöthigenfalls durch Curven dargestellt werden können, wie dies beispielsweise in Abbildung 16 für die Wirkungen einer Ein-

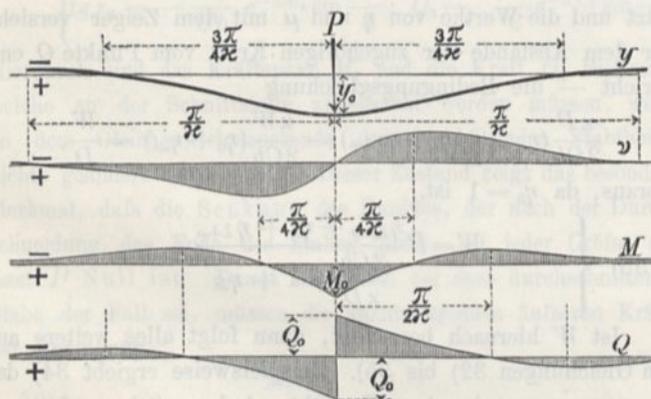


Abb. 16. Einfluss einer Einzellast. (Senkung.)

zellast (oder einer Senkung) geschehen ist.

b) Die Stetigkeits-Unterbrechungen, die einem Kräftepaar gleichwerthig sind, haben eine geringere

Bedeutung für die Praxis und sollen daher nur kurz behandelt werden. Fügt man zu dem in Abbildung 13 dargestellten Stabe ein ganz gleich beanspruchtes, jedoch gegen ersteren um 180 Grad in senkrechter Ebene gedrehtes Stück hinzu, wie dies Abbildung 17 zeigt, und denkt man sich

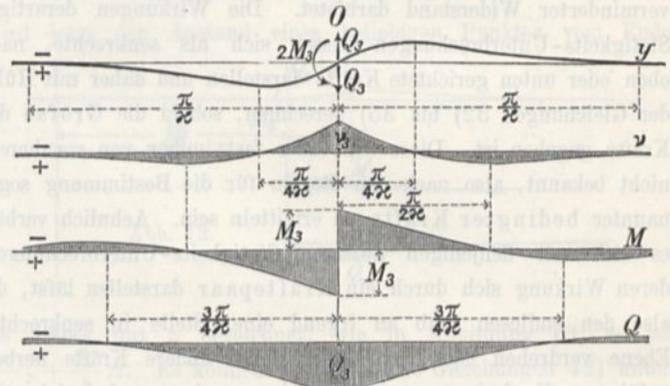


Abb. 17. Einfluss eines äußeren Kräftepaars. (Einspannung.)

die beiden Theile fest mit einander verbunden, so heben sich die einander gleichen und entgegengesetzt gerichteten Kräfte  $Q_3$  auf; die beiden Momente  $M_3$  aber vereinigen sich — weil in demselben Sinne drehend — zu einem Kräftepaar  $2 M_3$ , welches den nunmehr endlosen Stab nach beiden Richtungen hin in gleicher Weise, aber in entgegengesetztem Sinne verbiegt. Auf diesen Stab können offenbar die Gleichungen (49) bis (51) angewendet werden, mit deren Hilfe sich alle für die Beanspruchung maßgebenden Gröfsen sofort bestimmen lassen, wenn  $M_3$  oder  $\tan \nu_3$  gegeben ist und hinsichtlich des links von  $O$  liegenden Theiles die Schlussbemerkung zu § 6 berücksichtigt wird. Hiernach ist der Verlauf von  $y$ ,  $\tan \nu$ ,  $M$  und  $Q$  in Abbildung 17 dargestellt. Die Momentencurve zeigt, dafs  $M$  links vom Angriffspunkt  $O$  des Kräftepaars  $2 M_3$  positiv, rechts davon negativ ist und im Angriffspunkte selbst von  $+M_3$  in  $-M_3$  übergeht. Ferner läfst die Querkraftcurve erkennen, dafs  $Q$  am Punkt  $O$  einen Gröfswert (und zwar ein sogenanntes analytisches Maximum) hat. Dabei tritt eine sprungweise Aenderung nicht ein; vielmehr hat  $Q$  auf beiden Seiten von  $O$  denselben Werth.

Soll nun das äußere Kräftepaar die Eigenschaft haben, die Neigung des Stabes im Angriffspunkte für jede Belastung unverändert zu erhalten, wie es bei fester Einspannung — vorausgesetzt, dafs diese die Senkung nicht hindert — der Fall sein würde, so ist für  $\nu_3$  derjenige Winkel einzuführen, welcher der durch die Belastung im Punkt  $O$  erzeugten Neigung des Stabes entgegengesetzt gleich ist. Zur Erläuterung des Ganges der Rechnung diene das folgende Beispiel:

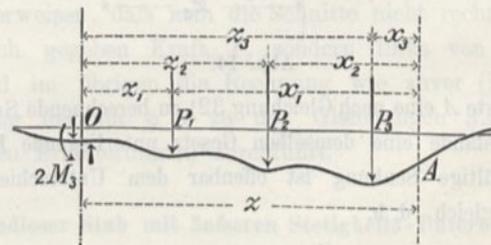


Abb. 18.

In dem links von den Lasten  $P_1, P_2, P_3 \dots$  im Abstände  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3 \dots$  liegenden Punkte  $O$ , Abbildung 18, würden die

Lasten bei freier Beweglichkeit des Stabes eine Neigung hervorrufen, die nach 33) zu bestimmen ist aus

$$\text{tang } \nu_1 = \frac{-\kappa^2}{Cb} \left\{ P_1 \eta'_1 + P_2 \eta'_2 + P_3 \eta'_3 + \dots \right\}$$

Diese Neigung muß durch die Wirkung des bei  $O$  anzubringenden Kräftepaars gerade aufgehoben, d. h. der Stab muß an dieser Stelle um  $-\nu_1$  gedreht werden, wenn er die Form und Lage annehmen soll, welche bei fester Einspannung des Punktes  $O$  eintreten würde. Demnach ist:

$$57) \quad \text{tang } \nu_3 = \frac{\kappa^2}{Cb} \left\{ P_1 \eta'_1 + P_2 \eta'_2 + P_3 \eta'_3 + \dots \right\} = \frac{\kappa^2}{Cb} \Sigma P \eta'_\zeta$$

worin  $\eta'_1, \eta'_2, \eta'_3, \dots$ , allgemein  $\eta'_\zeta$  diejenigen Werthe von  $\eta'$  sind, die zu den Abständen  $x_1, x_2, x_3$  gehören. Für einen beliebigen rechts von der Einspannungsstelle im Abstände  $x$  von  $O$  und  $x_1, x_2, x_3, \dots$  von den Lasten  $P_1, P_2, P_3, \dots$  gelegenen Punkt  $A$  ergibt sich nun beispielsweise durch Anwendung der Gleichungen 32), 34) und 51) mit leicht verständlicher Bezeichnung:

$$58) \quad \begin{cases} y = \frac{\kappa}{2Cb} (\Sigma P \eta'_\xi - 2 \eta' \Sigma P \eta'_\zeta) \\ M = \frac{1}{4\kappa} (\Sigma P \mu'_\xi - 2 \mu' \Sigma P \eta'_\zeta). \end{cases}$$

Für die Einspannungsstelle selbst wird  $\eta' = 0$ , wonach also — wie vorausgesetzt — die Senkung dieses Punktes von der Einspannung unabhängig ist. Ferner wird für den dicht neben der Einspannungsstelle auf der positiven Seite derselben liegenden Querschnitt  $\mu' = -1$ , also das Moment, welches ohne die Einspannung vorhanden sein würde, durch diese um

$$59) \quad \frac{Cb \text{ tang } \nu_3}{2 \kappa^3} = \frac{1}{2 \kappa} \Sigma P \eta'_\xi = M_3$$

geändert, also um einen positiven Betrag, wenn  $\text{tang } \nu_3$  positiv ist, d. h. wenn  $\nu$  ohne die Einspannung am Punkt  $O$  negativ sein würde; im entgegengesetzten Falle ist die Aenderung, die das ursprünglich vorhandene Biegemoment rechts von  $O$  erleidet, negativ. Umgekehrt verhält es sich mit dem dicht neben  $O$  auf dessen linker Seite liegenden Querschnitt, da an der Einspannungsstelle das durch die Einspannung allein ausgeübte Moment von  $+M_3$  auf  $-M_3$  übergeht, die endgültige Momentencurve hier also einen Sprung von gleicher Größe machen muß. Hiermit ist die Wirkung einer die Höhenlage im Punkt  $O$  nicht beeinflussenden Einspannung vollkommen klar gestellt; wirkt die Einspannung aber zugleich als Stütze, so ist der bezügliche Einfluss nach den im Abschnitt a) entwickelten Regeln besonders zu ermitteln.

§ 8. Endloser Stab mit inneren Stetigkeits-Unterbrechungen.

Die im § 7 behandelten, an einzelnen Stellen von außen auf den Stab wirkenden Kräfte und Kräftepaare haben natürlich — wie auch früher schon hervorgehoben — entsprechende Unstetigkeiten im Verlauf der inneren Kräfte zur Folge. Hier soll dagegen der Einfluss einer theilweisen oder gänzlichen Aufhebung des inneren Zusammenhanges einzelner Stabquerschnitte untersucht werden. Derartige innere Stetigkeits-Unterbrechungen treten in der Wirklichkeit an den Stößen der Langschwelen und Schienen in mehr oder minder hohem Grade auf, je nachdem die Verlaschung, insbesondere der Langschwelle, entweder

ganz fehlt, oder zwar vorhanden, aber doch nicht so wirksam ist, wie es nöthig wäre, wenn ein dem unverschwächten Querschnitt vollkommen gleichwerthiges Gefüge erreicht werden sollte. Die örtliche Störung des Zusammenhanges kann sich als verminderte Widerstandsfähigkeit gegen Biegung oder gegen Verschiebung aneinander grenzender Querschnitte geltend machen. Da diese beiden Fälle eine verschiedene Behandlung erfordern, so möge jeder für sich untersucht werden. Die Verbindung der Ergebnisse gestattet dann die Berechnung des Einflusses auch solcher Unterbrechungen des Zusammenhanges, bei welchen die Widerstandsfähigkeit des Stabes nach beiden Richtungen vermindert oder ganz aufgehoben ist.

a) Stetigkeits-Unterbrechungen, die einer Querkraft gleichwerthig sind. Fügt man zu einem nach Abbildung 11 belasteten, einseitig begrenzten Stabe einen zweiten, der ganz gleich beansprucht, jedoch um 180 Grad in senkrechter Ebene gegen den ersteren gedreht ist, so erhält man die in Abbildung 19 dargestellte Anordnung, bei welcher die Stab-

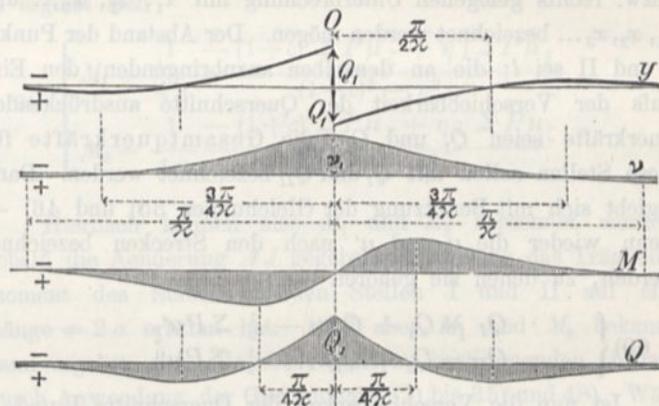


Abb. 19. Einfluss einer Aenderung der Querkraft. (Verschiebung.)

Enden im Punkte  $O$  um den doppelten Betrag desjenigen Werthes von  $y$ , der sich aus der ersten Gleichung der Gruppe 46) mit  $\zeta = 0$ , also  $\mu' = -1$  ergibt, d. h. um  $\frac{-4 \kappa Q_1}{Cb}$  gegeneinander verschoben sind. Werden die Enden in dieser Lage fest verbunden, so heben sich die beiden entgegengesetzten Kräfte auf; der nunmehr endlose Stab behält also die bisherige Form seiner Theile bei, ohne dafs es hierzu der Einwirkung äußerer Kräfte bedarf. Im Querschnitt  $O$  ist das Biegemoment Null, die Querkraft  $= -Q_1$ ; den weiteren Verlauf der inneren Kräfte zeigt der untere Theil der Abbildung 19. Sobald  $Q_1$ , gegeben ist, können nämlich die Gleichungen 46) angewendet werden, durch die der Gleichgewichtszustand des Stabes vollkommen bestimmt ist. Insbesondere läßt die hiernach entworfene Abbildung erkennen, dafs  $Q$  und  $\nu$  auf beiden Seiten von  $O$  dasselbe Vorzeichen haben, dafs dagegen  $M$  in  $O$  stetig, also unter Vorzeichenwechsel, durch Null geht.

Sind mehrere solche Stetigkeitsunterbrechungen vorhanden, so ist die Wirkung jeder einzelnen in gleicher Weise zu ermitteln; die Gesamtwirkung ergibt sich dann als algebraische Summe der Einzelwirkungen, deren Vorzeichen — soweit es sich um den Einfluss einer Unterbrechung auf den links davon liegenden Theil des Stabes handelt — nach der am Schlusse des § 6 gegebenen Regel oder nach Maßgabe des Verlaufes der in Abbildung 19 dargestellten Einflusslinien zu bestimmen sind. Ist der

Stab außerdem noch belastet, so treten die entsprechenden Formänderungen und Beanspruchungen, die ebenso wie für den Stab ohne Stetigkeitsunterbrechungen zu berechnen sind, hinzu. Es handelt sich dann nur noch darum, die Größe der Querkräfte zu bestimmen, welche der Wirkung jener Stetigkeitsunterbrechungen gleichwerthig sind. Die Art und Weise, wie dies im Einzelfalle zu bewerkstelligen ist, möge durch ein Beispiel erläutert werden.

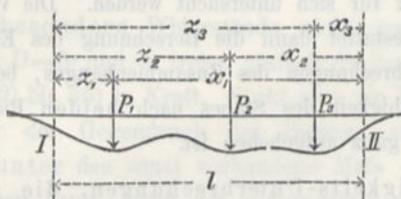


Abb. 20.

An den Punkten I und II des Stabes, Abbildung 20, seien Stetigkeitsunterbrechungen der in Rede stehenden Art vorhanden, während zwischen diesen Punkten sich eine Gruppe von Lasten \$P\_1, P\_2, P\_3 \dots\$ befindet, deren Abstände von der links, bezw. rechts gelegenen Unterbrechung mit \$x\_1, x\_2, x\_3 \dots\$ und \$\xi\_1, \xi\_2, \xi\_3 \dots\$ bezeichnet werden mögen. Der Abstand der Punkte I und II sei \$l\$; die an denselben anzubringenden, den Einfluss der Verschiebbarkeit der Querschnitte ausdrückenden Querkräfte seien \$Q\_I\$ und \$Q\_{II}\$; die Gesamtquerkräfte für diese Stellen sollen mit \$Q\_I\$ und \$Q\_{II}\$ bezeichnet werden. Dann ergibt sich mit Benutzung der Gleichungen 35) und 46) — wenn wieder die \$\mu\$ und \$\mu'\$ nach den Strecken bezeichnet werden, zu denen sie gehören —

$$60) \begin{cases} Q_I = Q_1 + Q_2 \mu_\lambda - \frac{1}{2} \sum P \mu'_\xi \\ Q_{II} = Q_2 + Q_1 \mu_\lambda + \frac{1}{2} \sum P \mu'_\xi \end{cases}$$

Ist nun die Verschiebbarkeit der Querschnitte I und II eine solche, dass innere Querkräfte dort überhaupt nicht auftreten können, so sind \$Q\_I\$ und \$Q\_{II}\$ Null; also müssen die Werthe von \$Q\_1\$ und \$Q\_2\$ den Bedingungen

$$\begin{aligned} Q_1 + \mu_\lambda Q_2 &= -\frac{1}{2} \sum P \mu'_\xi \\ \mu_\lambda Q_1 + Q_2 &= -\frac{1}{2} \sum P \mu'_\xi \end{aligned}$$

genügen. Hieraus ergibt sich

$$61) Q_1 = -\frac{1}{2} \frac{\sum P \mu'_\xi + \mu_\lambda \sum P \mu'_\xi}{1 - \mu_\lambda^2}; Q_2 = -\frac{1}{2} \frac{\sum P \mu'_\xi + \mu_\lambda \sum P \mu'_\xi}{1 - \mu_\lambda^2}$$

Diese Ergebnisse lehren, dass \$Q\_1\$ und \$Q\_2\$ einander entgegengesetzt gleich werden, wenn \$\sum P \mu'\_\xi = \sum P \mu'\_\xi\$, d. h. wenn die Belastung symmetrisch zu den Punkten I und II ist. Da \$\mu\_\lambda\$ mit wachsendem \$\lambda\$ sehr schnell abnimmt, so treten die Glieder, welche die erstere Größe als Factor enthalten, gegen die anderen um so mehr zurück, je weiter die beiden Stetigkeits-Unterbrechungen von einander entfernt sind; sie sind in aller Strenge Null, wenn nur eine solche Unterbrechung vorhanden ist. In diesem Falle würde sich beispielsweise für einen beliebigen Punkt A zwischen I und der Lastgruppe mit \$Q\_1 = -\frac{1}{2} \sum P \mu'\_\xi\$ nach 32) bis 35) und 46) ergeben:

$$62) \begin{cases} y = \frac{x}{2Cb} (\sum P \eta + 2\mu' \sum P \mu'_\xi) \\ \text{tang } \nu = \frac{x^2}{Cb} (-\sum P \eta' + \eta \sum P \mu'_\xi) \\ M = \frac{1}{4x} (\sum P \mu - 2\eta' \sum P \mu'_\xi) \\ Q = \frac{1}{2} (-\sum P \mu' + \mu \sum P \mu'_\xi) \end{cases}$$

Hierin stellen die ersten Glieder der rechten Seite die unmittelbare Wirkung der Lasten, die zweiten Glieder die Wirkung der Stetigkeits-Unterbrechung dar.<sup>1)</sup> Ist nur eine, dicht neben I liegende Last vorhanden, also \$\xi=0\$, so wird \$\mu'\_\xi = -1\$ und für den Querschnitt I selbst

$$\eta = \mu = 1, \mu' = -1, \eta' = 0, \text{ also } Q_I = -\frac{1}{2} P \text{ und}$$

$$63) \begin{cases} y_0 = 3 \frac{x}{2Cb} P & \text{tang } \nu_0 = -\frac{x^2}{Cb} P \\ M_0 = \frac{P}{4x} & Q_0 = 0 \end{cases}$$

Im Vergleich zu dem ununterbrochenen, endlosen Stabe wird also unter der Last durch den Einfluss der Verschiebbarkeit der Stabenden im Querschnitt I die Senkung verdreifacht; das Biegemoment bleibt ungeändert, und die Querkraft wird — der Voraussetzung entsprechend — Null. Ferner ist die gegenseitige

$$64) \begin{cases} \left( \begin{array}{l} \text{Verschiebung der} \\ \text{Stabenden} \end{array} \right) = \frac{-4x}{Cb} Q_1 = \frac{2x}{Cb} P \\ \text{und für den links liegenden Stabtheil die} \\ \left( \begin{array}{l} \text{Hebung am} \\ \text{rechten Ende} \end{array} \right) = \frac{2x}{Cb} P - \frac{3x}{2Cb} P = \frac{x}{2Cb} P. \end{cases}$$

Da die Querkraft in I Null ist, so verhält sich der links gelegene Theil wie ein einseitig begrenzter, am Ende durch das Moment \$M\_0\$ beanspruchter Stab. Man kann also die Hebung dieses Endes mit Hilfe der ersten Gleichung der Gruppe 48) berechnen, was wieder zu dem vorstehenden Ergebnisse führt, und so die Richtigkeit des ganzen Verfahrens bestätigt.

b) Stetigkeits-Unterbrechungen, die einem Moment gleichwerthig sind, lassen sich in ganz ähnlicher Weise behandeln, wenn man von den Gleichungen 48) Gebrauch macht. Wird zu dem nach Abbildung 12 beanspruchten einseitig begrenzten Stabe ein eben solcher, jedoch um 180 Grad in waagerechter Ebene gedrehter hinzugefügt, wie Abbildung 21 zeigt, und eine feste Verbindung zwischen den vorher

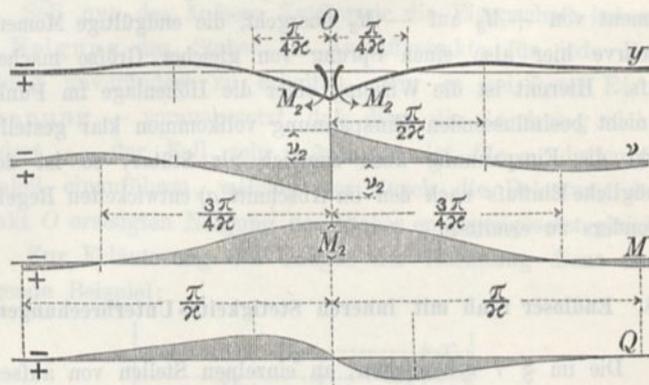


Abb. 21. Einfluss einer Änderung des Biegemomentes. (Verdrehung.)

1) Um keinen Zweifel über die wirklichen Werthe der in obigen Gleichungen auftretenden Zeichen aufkommen zu lassen, möge bemerkt werden, dass die \$\eta, \eta', \mu\$ und \$\mu'\$ sich in der ersten Summe jeder Gleichung auf die Abstände der zugehörigen Lasten von dem Punkte A, in der zweiten Summe aber auf die Abstände der Lasten vom Ende des Stabes beziehen, während die Werthe, mit denen die letzteren Summen multiplicirt sind, dem Abstände des Punktes A vom Stabende entsprechen.

freien Stabenden in Punkt  $O$  hergestellt, so halten sich die beiden Momente im Gleichgewicht. Der jetzt endlose Stab behält also die bisherige Form seiner Theile, ohne dafs hierzu die Mitwirkung von Kräften, aufser den inneren Spannungen und dem Widerstand der Bettung, erforderlich ist. Treten dann solche Kräfte neu hinzu, so erleidet der Stab weitere Formänderungen, deren Gröfse nach den Regeln zu bestimmen ist, welche für den geraden, spannungslosen Stab gelten. Da  $Q$  im Punkt  $O$  Null ist, so hat  $M$  an dieser Stelle einen Gröfswert; im übrigen ist der Verlauf von  $M$  und  $Q$  im unteren Theile der Abbildung 21 angedeutet. Es verdient bemerkt zu werden, dafs  $Q$  im Punkte  $O$  stetig durch Null geht, also das Vorzeichen wechselt. Dagegen hat  $M$  auf beiden Seiten von  $O$  dasselbe Vorzeichen.

Als Beispiel für die Bestimmung der Biegemomente, welche die Wirkung von Stetigkeits-Unterbrechungen der in Rede stehenden Art ersetzen können, möge wieder der durch Abbildung 20 veranschaulichte Belastungsfall dienen. Bezeichnet man die Momente, die in I und II anzubringen sind, um den Einfluß der Verdrehbarkeit der Stabquerschnitte auszudrücken, mit  $M_I$  und  $M_{II}$ , die Gesamtmomente für diese Stellen mit  $M_I$  und  $M_{II}$ , schliesslich die  $\eta$  und  $\mu$  nach den zugehörigen Strecken, so ergibt sich mit Hilfe der Gleichungen 34) und 48):

$$65) \left\{ \begin{array}{l} M_I = M_1 + M_2 \eta_\lambda + \frac{1}{4\alpha} \sum P \mu_\zeta \\ M_{II} = M_2 + M_1 \eta_\lambda + \frac{1}{4\alpha} \sum P \mu_\xi \end{array} \right.$$

Es werde nun angenommen, dafs die beiden Stabhälften, die bei strenger Durchführung des geschilderten Vorganges im Punkte  $O$  einen Knick aufweisen würden, in Wirklichkeit durch ein kurzes stetig gekrümmtes, den schroffen Richtungswechsel der Stabachse vermittelndes Zwischenstück verbunden seien, wie dies in Abbildung 22 angedeutet ist. Dieses Stück

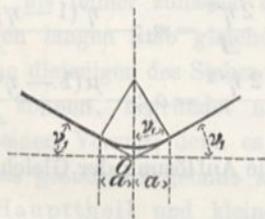


Abb. 22.

habe die Länge  $2a$  und das Trägheitsmoment  $J + AJ$ ; es sei in unbelastetem Zustande geradlinig. Dann kann die Achse dieses Stückes — vorausgesetzt, dafs  $a$  nur klein ist — näherungsweise als ein Kreisbogen von der Länge  $2a$  und dem Mittelpunktswinkel  $2v_1$  betrachtet werden, womit sich für den Krümmungshalbmesser der Werth  $a : v_1$  ergibt. Ist  $v_1$  hinreichend klein, so kann Bogen und Tangente vertauscht werden. Mit Hilfe der bekannten Beziehung zwischen dem Biegemoment und dem Krümmungshalbmesser eines Stabes, und der zweiten Gleichung der Gruppe 48), in welcher  $\mu' = -1$  zu setzen ist, erhält man nun die zwei Bedingungen:

$$66) \quad M_I = -E(J + AJ) \frac{v_1}{a} \quad \text{und} \quad v_1 = \frac{4\alpha^3}{Cb} M_I = \frac{M_I}{\alpha EJ}$$

in denen  $M_I$  das ursprünglich an den Enden der beiden Stabhälften angebrachte,  $M_{II}$  das nach der Belastung der zu einem endlosen Stabe vereinigten Hälften vorhandene Biegemoment für den Querschnitt I bezeichnet. Entfernt man  $v_1$  aus diesen beiden Gleichungen, so ergibt sich mit  $\alpha a = \alpha$  und indem man genau dieselbe Betrachtung für die Stetigkeitsunterbrechung bei II anstellt:

$$67) \quad M_I = -\frac{J + AJ}{\alpha J} M_1; \quad M_{II} = -\frac{J + AJ}{\alpha J} M_2$$

Führt man diese Werthe von  $M_I$  und  $M_{II}$  in die Gleichungen 65) ein, wobei zur Abkürzung

$$68) \quad \frac{J + AJ}{\alpha J} = c$$

gesetzt werden möge, und löst man nach  $M_1$  und  $M_2$  auf, so ergibt sich

$$69) \left\{ \begin{array}{l} M_1 = \frac{1}{4\alpha} \frac{-(1+c) \sum P \mu_\zeta + \eta_\lambda \sum P \mu_\xi}{(1+c)^2 - \eta^2_\lambda} \\ M_2 = \frac{1}{4\alpha} \frac{-(1+c) \sum P \mu_\xi + \eta_\lambda \sum P \mu_\zeta}{(1+c)^2 - \eta^2_\lambda} \end{array} \right.$$

Hiernach können also  $M_1$  und  $M_2$  berechnet werden, sobald die Aenderung  $AJ$  gegeben ist, welche das Trägheitsmoment des Stabes an den Stellen I und II auf eine Länge  $= 2a$  erlitten hat. Sind aber  $M_1$  und  $M_2$  bekannt, dann ergeben sich alle sonst noch zu bestimmenden Gröfsen durch Anwendung der Gleichungen 32) bis 35) und 48). Wäre beispielsweise an jenen Punkten  $AJ = -J$ , also ein vollkommenes Gelenk vorhanden, so würde nach 68) die Verhältniszahl  $c$  Null werden, wodurch sich die Gleichungen 69) in leicht ersichtlicher Weise vereinfachen. Da  $\eta_\lambda$  mit wachsendem  $\lambda$  sehr schnell abnimmt, so werden die Glieder, welche die erstere Gröfse als Factor enthalten, um so kleiner, je weiter die beiden Stetigkeits-Unterbrechungen von einander entfernt sind, und verschwinden natürlich ganz, wenn nur eine solche Unterbrechung vorhanden ist. In diesem Falle würde sich für einen beliebigen Punkt  $A$  zwischen I

und der Lastgruppe mit  $M_1 = -\frac{1}{4\alpha} \sum P \mu_\zeta$  ergeben:

$$70) \left\{ \begin{array}{l} y = \frac{\alpha}{2Cb} (\sum P \eta + \mu \sum P \mu_\zeta) \\ \text{tang } v = \frac{\alpha^2}{Cb} (-\sum P \eta' + \mu' \sum P \mu_\zeta) \\ M = \frac{1}{4\alpha} (\sum P \mu - \eta \sum P \mu_\zeta) \\ Q = \frac{1}{2} (-\sum P \mu' - \eta' \sum P \mu_\zeta) \end{array} \right.$$

Die ersten Glieder der rechten Seite gehen aus den Gleichungen 32) bis 35) hervor und drücken die unmittelbare Wirkung der Lasten aus; die zweiten Glieder stellen die nach 48) berechnete Wirkung des Gelenkes im Punkte I dar.<sup>1)</sup>

1) Vergleiche die Anmerkung zu 62).

Ist nur eine, dicht neben I liegende Last vorhanden, also  $\zeta = 0$ , so wird  $\mu_\zeta = 1$  und für den Querschnitt I selbst

$\eta = \mu = 1$ ,  $\mu' = -1$ ,  $\eta' = 0$ , also  $M_I = -\frac{P}{4z}$  und

$$71) \left\{ \begin{array}{l} y_0 = \frac{z}{Cb} P \\ M_0 = 0 \end{array} \right. \quad \text{tang } \nu_0 = -\frac{z^2}{Cb} P \quad Q_0 = \frac{1}{2} P$$

Ein Vergleich mit den Ergebnissen für den ununterbrochenen Stab zeigt, daß durch den Einfluss des Gelenkes die Senkung verdoppelt wird; daß die Querkraft ungeändert bleibt, während das Moment — der Voraussetzung entsprechend — Null wird. Die Neigung  $\nu_0$  ist dieselbe, wie bei dem unter a) behandelten Falle. Da an dem rechten Ende der linken Stabhälfte nur die Querkraft  $Q_0$  angreift, so läßt sich  $y_0$  auch nach Gleichung 46) berechnen. Man erhält dasselbe Ergebnis wie vor, womit eine Probe für die Richtigkeit der Rechnung geliefert ist.

#### § 9. Stab von endlicher Länge mit beliebig vertheilten Einzellasten.

Wird ein solcher als Theil eines endlosen Stabes aufgefaßt, so lassen sich die Formänderungen und Beanspruchungen des herausgetrennten Stückes durch Verbindung der in § 8 unter a) und b) angewendeten Verfahren berechnen. Bezeichnet man die Querschnitte, in denen nunmehr eine vollständige Aufhebung des Zusammenhanges stattfindet, wieder mit I und II, so kann die in Abb. 20 dargestellte Lastvertheilung den weiteren Betrachtungen zu Grunde gelegt werden. Diese Anordnung stellt jetzt sogar den allgemeinsten Fall dar, da sowohl die Lasten, wie auch die Stetigkeits-Unterbrechungen, die etwa außerhalb der Schnittstellen I und II noch vorhanden sind, natürlich auf das zwischen den letzteren liegende Stück des Stabes keinen Einfluss ausüben können. Die Gleichungen 60) sind nun je durch ein Glied zu ergänzen, das die Wirkung des Momentes der einen Schnittstelle auf die Querkraft in der andern ausdrückt; und ebenso ist in den Gleichungen 65) je ein Glied hinzuzufügen, welches die Wirkung der Querkraft des einen Schnittpunktes auf das Biegemoment im andern darstellt.<sup>1)</sup> So ergibt sich die folgende Gruppe:

$$72) \left\{ \begin{array}{l} Q_I = Q_1 + Q_2 \mu_\lambda - 2z M_2 \eta'_\lambda - \frac{1}{2} \Sigma P \mu'_\zeta \\ Q_{II} = Q_2 + Q_1 \mu_\lambda + 2z M_1 \eta'_\lambda + \frac{1}{2} \Sigma P \mu'_\xi \\ M_I = M_1 + M_2 \eta_\lambda + \frac{1}{z} Q_2 \eta'_\lambda + \frac{1}{4z} \Sigma P \mu_\zeta \\ M_{II} = M_2 + M_1 \eta_\lambda - \frac{1}{z} Q_1 \eta'_\lambda + \frac{1}{4z} \Sigma P \mu_\xi \end{array} \right.$$

Bei vollständiger Aufhebung des Zusammenhanges können Querkräfte und Momente in den Schnittpunkten nicht auftreten; in den vorstehenden Gleichungen ist also  $Q_I = Q_{II} = 0$  und  $M_I = M_{II} = 0$  zu setzen. Bringt man nun die Summen auf eine Seite, die übrigen, nach Unbekannten geordneten

1) Die Wirkung der ersteren Art ist mit Hilfe der vierten Gleichung der Gruppe 48), die der zweiten Art aus der dritten Gleichung der Gruppe 46) zu berechnen. Wegen der Vorzeichen der Querkräfte und Momente vergleiche die Bemerkung am Schlusse des § 6 oder die Abbildungen 19 und 21.

Glieder auf die andere, so erhält man die Bedingungsgleichungen, denen die Größen  $Q_1$ ,  $Q_2$ ,  $M_1$  und  $M_2$  genügen müssen, in der nachstehenden, für die weitere Rechnung bequemer Form:

$$73) \left\{ \begin{array}{l} 1 \cdot Q_1 + \mu \cdot Q_2 + 0 \cdot M_1 - 2z \eta' \cdot M_2 = \frac{1}{2} \Sigma P \mu'_\zeta \\ \mu \cdot Q_1 + 1 \cdot Q_2 + 2z \eta' \cdot M_1 + 0 \cdot M_2 = -\frac{1}{2} \Sigma P \mu'_\xi \\ 0 \cdot Q_1 + \frac{\eta'}{z} \cdot Q_2 + 1 \cdot M_1 + \eta \cdot M_2 = -\frac{1}{4z} \Sigma P \mu_\zeta \\ -\frac{\eta'}{z} \cdot Q_1 + 0 \cdot Q_2 + \eta \cdot M_1 + 1 \cdot M_2 = -\frac{1}{4z} \Sigma P \mu_\xi \end{array} \right.$$

Hierin ist der einfacheren Schreibung halber der Zeiger  $\lambda$  weggelassen; alle nicht besonders bezeichneten  $\eta$ ,  $\eta'$  und  $\mu$  beziehen sich also auf die ganze Stablänge. Die Auflösung geht nun nach den Regeln der Determinantenlehre leicht vor sich. Bezeichnet man die Determinante aus den Coefficienten der Unbekannten mit  $\mathcal{A}$ , dann ist

$$74a) \mathcal{A} = 1 - \eta^2 - \mu^2 + \eta^2 \mu^2 - 4 \eta \eta' (1 - \eta \mu - \eta'^2).$$

Da  $\eta$ ,  $\eta'$  und  $\mu$  mit wachsender Länge des Stabes sehr schnell abnehmen, so wird für große Längen annähernd  $\mathcal{A} = 1$ . Der vorstehende Ausdruck für  $\mathcal{A}$  läßt sich auch auf die Form

$$74b) \mathcal{A} = [(1 - \eta)(1 + \mu) - 2 \eta'^2] \cdot [(1 + \eta)(1 - \mu) - 2 \eta'^2]$$

bringen, welche später Verwendung finden wird. Eine dritte Form erhält man, wenn man innerhalb der beiden Hauptklammern ausmultipliziert und für  $\eta$ ,  $\eta'$  und  $\mu$  die Werthe einführt, die sich nach § 4 mit  $\xi = \lambda$  aus den Gleichungen 25) und 27) ergeben. Dann wird nämlich

$$74c) \mathcal{A} = 4e^{-2\lambda} (\mathcal{C} \sin \lambda - \sin \lambda) (\mathcal{C} \sin \lambda + \sin \lambda) \\ = 4e^{-2\lambda} (\mathcal{C} \sin^2 \lambda - \sin^2 \lambda) = 2e^{-2\lambda} (\mathcal{C} \cos 2\lambda + \cos 2\lambda - 2)$$

woraus  $\mathcal{A}$  leicht zu berechnen ist. Setzt man jetzt zur Abkürzung

$$75) \left\{ \begin{array}{l} \frac{1 - \mu^2 - 2 \eta'^2}{\mathcal{A}} = m_1; \quad \frac{\eta(1 - \mu^2) - 2 \eta'^2 \mu}{\mathcal{A}} = m_2 \\ \frac{\eta'(\mu - \eta)}{\mathcal{A}} = \frac{2 \eta'^2}{\mathcal{A}} = n_1; \quad \frac{\eta'(1 - \eta \mu - 2 \eta'^2)}{\mathcal{A}} = n_2 \\ \frac{1 - \eta^2 - 2 \eta'^2}{\mathcal{A}} = o_1; \quad \frac{\mu(1 - \eta^2) - 2 \eta'^2 \eta}{\mathcal{A}} = o_2 \end{array} \right.$$

so gestaltet sich die Auflösung der Gleichungen 73) wie folgt:

$$76) \left\{ \begin{array}{l} M_1 = \frac{1}{4z} \{-m_1 \Sigma P \mu_\zeta + m_2 \Sigma P \mu_\xi + 2n_1 \Sigma P \mu'_\zeta - 2n_2 \Sigma P \mu'_\xi\} \\ M_2 = \frac{1}{4z} \{m_2 \Sigma P \mu_\zeta - m_1 \Sigma P \mu_\xi - 2n_2 \Sigma P \mu'_\zeta - 2n_1 \Sigma P \mu'_\xi\} \\ Q_1 = \frac{1}{2} \{-n_1 \Sigma P \mu_\zeta + n_2 \Sigma P \mu_\xi + o_1 \Sigma P \mu'_\zeta - o_2 \Sigma P \mu'_\xi\} \\ Q_2 = \frac{1}{2} \{-n_2 \Sigma P \mu_\zeta + n_1 \Sigma P \mu_\xi + o_2 \Sigma P \mu'_\zeta - o_1 \Sigma P \mu'_\xi\} \end{array} \right.$$

Mit Benutzung der hieraus berechneten Werthe von  $M_1$ ,  $M_2$ ,  $Q_1$  und  $Q_2$  ergibt sich nun alles weitere durch die Gleichungen 32) bis 35), 46) und 48). Beispielsweise ist für einen Punkt  $A$  im Abstände  $l_1$  bzw.  $l_2$  von den Stabenden I und II — wenn jetzt die mit  $l_1$  und  $l_2$  berechneten Werthe der Hilfsgrößen  $\eta$ ,  $\eta'$ ,  $\mu$  und  $\mu'$  die Zeiger 1 bzw. 2 erhalten, während die zu den Entfernungen der Lasten  $P_1, P_2, P_3 \dots$  vom Punkte  $A$  gehörigen Werthe jener Größen nicht besonders bezeichnet werden:

$$77) \left\{ \begin{aligned} y &= \frac{\kappa}{2Cb} (\Sigma P\eta - 4\kappa M_1\mu_1 - 4\kappa M_2\mu_2 + 4Q_1\mu'_1 - 4Q_2\mu'_2) \\ \operatorname{tg} \nu &= \frac{\kappa^2}{Cb} (\Sigma P\eta' - 4\kappa M_1\mu'_1 + 4\kappa M_2\mu'_2 + 2Q_1\eta_1 + 2Q_2\eta_2) \\ M &= \frac{1}{4\kappa} (\Sigma P\mu + 4\kappa M_1\eta_1 + 4\kappa M_2\eta_2 - 4Q_1\eta'_1 + 4Q_2\eta'_2) \\ Q &= \frac{1}{2} (\Sigma P\mu' + 4\kappa M_1\eta'_1 - 4\kappa M_2\eta'_2 + 2Q_1\mu_1 + 2Q_2\mu_2) \end{aligned} \right.$$

Dabei sind in den Gleichungen für  $\operatorname{tg} \nu$  und  $Q$  diejenigen Producte  $P\eta'$  bzw.  $P\mu'$ , welche sich auf Lasten beziehen, die rechts vom Querschnitt  $A$  liegen, mit  $-1$  zu multipliciren, ehe die Summe gebildet wird. Die Vorzeichen der übrigen Glieder der Gleichungen 77) hängen zum Theil davon ab, ob der durch das betreffende Glied ausgedrückte Einfluss von der linken oder von der rechten Schnittstelle herrührt. Es wird genügen, in dieser Beziehung auf den mehrfach erwähnten Schlussatz in § 6 hinzuweisen, mit dessen Hülfe sich die Richtigkeit der in den Gleichungen 77) auftretenden Vorzeichen besonders dann leicht prüfen lässt, wenn man noch die Abbildungen 19 und 21 als Anhalt benutzt.

Hiermit ist die Aufgabe, die Form und Beanspruchung des mit beliebig vertheilten Einzellasten besetzten Stabes von endlicher Länge zu bestimmen, ganz allgemein gelöst. Der Versuch, dasselbe Ziel zu erreichen, indem man von der Differentialgleichung der elastischen Linie ausgehend die Integrationsfestwerthe unmittelbar aus den Stetigkeits- und Gleichgewichtsbedingungen bestimmt, scheidet an den außerordentlichen Schwierigkeiten, welche sich der Durchführung der Rechnung entgegenstellen. Selbst wenn man als Belastung nur zwei gleiche, symmetrisch zur Stabmitte liegende Kräfte annimmt, ergeben sich für die acht Integrationsfestwerthe acht sehr verwickelte Gleichungen, die sich zwar leicht auf nur sechs zurückführen lassen, aber selbst dann noch so unhandlich sind, dass die Auflösung nicht lohnt. Dagegen sind die vorstehenden Ergebnisse verhältnismäßig einfach; und der Umweg, welcher mit dem Verfahren insofern verknüpft ist, als immer zunächst die Formänderungen für den unendlichen langen Stab gleichen Querschnittes zu berechnen sind, ehe diejenigen des Stabes von endlicher Länge bestimmt werden können, begründet nicht einen Mangel, sondern vielmehr einen Vorzug; denn es erleichtert die Anwendung, wenn das gesuchte Ergebniss sich aus einem leicht zu berechnenden Haupttheil und kleinen, daran anzubringenden Berichtigungen zusammensetzt, die unter Umständen auch ganz vernachlässigt werden können.

Da nämlich die Größen  $\eta$ ,  $\mu$ ,  $\eta'$  und  $\mu'$ , wie früher gezeigt worden ist, mit wachsendem  $\xi$  sehr schnell abnehmen, so sind bei einigermaßen beträchtlichem Abstand des Punktes  $A$  von dem einen Ende des Stabes die Glieder der Gleichungen 74) bis 77), welche sich auf dieses Ende beziehen, sehr klein. Sie werden natürlich in aller Strenge Null, wenn der Stab überhaupt nur einseitig begrenzt ist, wie dies in Wirklichkeit etwa bei toden Geleissträngen mit Langschwellen-Oberbau, sowie auch beim Befahren eines eben verlegten Stranges durch die vorrückenden Schienenwagen oder den Verlegkrahn vorkommt. In solchen Fällen kann der Schnittpunkt II als unendlich fern

angesehen werden, womit dann diejenigen Werthe von  $\eta$ ,  $\eta'$ ,  $\mu$  und  $\mu'$ , welche sich auf die ganze Stablänge, oder auf das Stück  $l_2$  beziehen, aus den obigen Gleichungen verschwinden. So ergibt sich aus 74), 75) und 76):

$$A=1; \quad m_1=1; \quad o_1=1 \\ m_2=n_1=n_2=o_2=0$$

$$78) \quad M_1 = -\frac{1}{4\kappa} \Sigma P\mu_\zeta \quad Q_1 = \frac{1}{2} \Sigma P\mu'_\zeta$$

und hiermit aus 77), wenn der jetzt entbehrliche Zeiger 1 weggelassen wird:

$$79) \left\{ \begin{aligned} y &= \frac{\kappa}{2Cb} (\Sigma P\eta + \mu \Sigma P\mu_\zeta + 2\mu' \Sigma P\mu'_\zeta) \\ \operatorname{tg} \nu &= \frac{\kappa^2}{Cb} (\Sigma P\eta' + \mu' \Sigma P\mu_\zeta + \eta \Sigma P\mu'_\zeta) \\ M &= \frac{1}{4\kappa} (\Sigma P\mu - \eta \Sigma P\mu_\zeta - 2\eta' \Sigma P\mu'_\zeta) \\ Q &= \frac{1}{2} (\Sigma P\mu' - \eta' \Sigma P\mu_\zeta + \mu \Sigma P\mu'_\zeta) \end{aligned} \right.$$

Diese Gleichungen hätten sich leicht unmittelbar aus 72) ableiten lassen; sie bilden offenbar eine Verbindung der Gruppen 62) und 70). Ferner kann die Annahme, dass nur eine Last  $P$  am Stabende selbst vorhanden sei, als Probe dienen. Es ergibt sich dann nämlich für einen Punkt dicht neben der Last und rechts von dieser mit  $\eta=1$ ,  $\mu=1$ ,  $\eta'=0$  und  $\mu'=-1$ :

$$y = \frac{2\kappa}{Cb} P; \quad \operatorname{tg} \nu = -\frac{2\kappa^2}{Cb} P; \quad M=0; \quad Q=-P$$

was mit den in § 6 für den einseitig begrenzten, unendlich langen Stab gefundenen Ergebnissen vollkommen übereinstimmt.

Eine wesentliche Vereinfachung der Gleichungen 74) bis 77) tritt auch dann ein, wenn der Stab zwar beiderseits begrenzt und nicht sehr lang, aber symmetrisch belastet ist, wie dies insbesondere beim Querschwellen-Oberbau geschieht. Dieser Fall möge seiner Wichtigkeit wegen etwas ausführlicher behandelt werden.

#### § 10. Stab von endlicher Länge mit symmetrischer Belastung.

Die symmetrische Belastung ist dadurch gekennzeichnet, dass alle Lasten paarweise auftreten und dass die Mitte eines jeden Paares in die Stabmitte fällt. Daraus folgt, dass für die eine Last des Paares  $\mu_\xi$  und  $\mu'_\xi$  denselben Werth haben, wie  $\mu_\xi$  und  $\mu'_\xi$  für die andere; und da hiernach für jedes Lastenpaar die Producte  $P\mu_\xi = P\mu'_\xi$  und  $P\mu'_\xi = P\mu_\xi$  sind, so müssen auch die Summen aller dieser Producte gleich sein. Also ist bei symmetrischer Belastung in Gleichung 76) zu setzen:

$$\Sigma P\mu_\xi = \Sigma P\mu'_\xi \quad \text{und} \quad \Sigma P\mu'_\xi = \Sigma P\mu_\xi,$$

womit sich ergibt:

$$M_1 = \frac{1}{4\kappa} \{ -(m_1 - m_2) \Sigma P\mu_\zeta - 2(n_2 - n_1) \Sigma P\mu'_\zeta \}$$

$$Q_1 = \frac{1}{2} \{ + (n_2 - n_1) \Sigma P\mu_\zeta + (o_1 - o_2) \Sigma P\mu'_\zeta \}.$$

Berechnet man die Coefficienten der Summenglieder aus 75), so folgt nach einigen Umformungen:

$$m_1 - m_2 = \frac{(1 - \mu) [(1 - \eta)(1 + \mu) - 2\eta'^2]}{\mathcal{A}}$$

$$n_2 - n_1 = \frac{-\eta' [(1 - \eta)(1 + \mu) - 2\eta'^2]}{\mathcal{A}}$$

$$o_1 - o_2 = \frac{(1 + \eta) [(1 - \eta)(1 + \mu) - 2\eta'^2]}{\mathcal{A}}$$

Nach 74b) enthält  $\mathcal{A}$  den im Zähler aller drei Ausdrücke vorkommenden Factor  $(1 - \eta)(1 + \mu) - 2\eta'^2$  ebenfalls; dieser hebt sich also fort und es bleibt im Nenner nur der Ausdruck  $(1 + \eta)(1 - \mu) - 2\eta'^2$  übrig. Wird zur weiteren Abkürzung

$m_1 - m_2 = m$ ;  $n_2 - n_1 = n$ ;  $o_1 - o_2 = o$  gesetzt, so ergibt sich jetzt:

$$80) \begin{cases} m = \frac{1 - \mu}{(1 + \eta)(1 - \mu) - 2\eta'^2} \\ n = \frac{-\eta'}{(1 + \eta)(1 - \mu) - 2\eta'^2} \\ o = \frac{1 + \eta}{(1 + \eta)(1 - \mu) - 2\eta'^2} \end{cases}$$

Bezeichnet man die Länge des ganzen Stabes mit  $2l$  und wie früher  $\lambda l$  mit  $\lambda$ , so sind die in 80) auftretenden Werthe von  $\eta$ ,  $\eta'$  und  $\mu$  bestimmt durch die Gleichungen

$$\eta = e^{-2\lambda} (\cos 2\lambda + \sin 2\lambda); \quad \mu = e^{-2\lambda} (\cos 2\lambda - \sin 2\lambda)$$

$$\eta' = -e^{-2\lambda} \sin 2\lambda.$$

Durch Einführung dieser Werthe lassen sich die Gleichungen 80) leicht auf die Form

$$80a) \begin{cases} m = \frac{-\cos 2\lambda + \sin 2\lambda + e^{2\lambda}}{2(\sin 2\lambda + \sin 2\lambda)} \\ n = \frac{\sin 2\lambda}{2(\sin 2\lambda + \sin 2\lambda)} \\ o = \frac{\cos 2\lambda + \sin 2\lambda + e^{2\lambda}}{2(\sin 2\lambda + \sin 2\lambda)} \end{cases}$$

bringen, nach welcher  $m$ ,  $n$  und  $o$  für Stablängen von 0 bis  $2\pi : \lambda$  berechnet wurden. Die Ergebnisse finden sich in den angehängten Tabellen und sind außerdem zur besseren Veranschaulichung der Abhängigkeit von  $\lambda$  in Abbildung 23 aufgetragen. \*) Für  $\lambda = 0$  ist genau  $m = \frac{1}{2}$ ,  $n = -\frac{1}{4}$ ,  $o = \infty$ ;

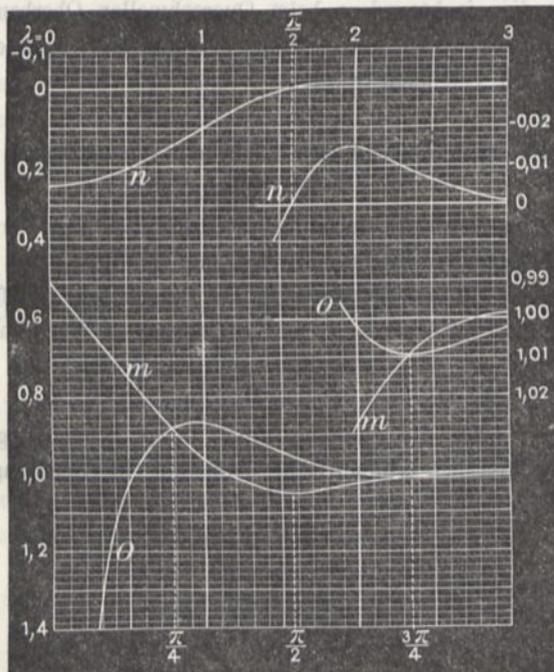


Abb. 23. Abhängigkeit der Größen  $m$ ,  $n$  und  $o$  von der Stablänge.

\*) Der größeren Deutlichkeit wegen sind  $m$ ,  $n$  und  $o$  für  $\lambda > \frac{1}{2}\pi$  auf der rechten Seite der Abbildung 23 nochmals im zehnfachen Maßstabe des übrigen Theiles dargestellt.

mit wachsender Länge des Stabes wächst  $m$ , dagegen nehmen  $n$  und  $o$  ab.

Mit diesen drei Hilfsgrößen sind nun die gesuchten Momente und Querkräfte zu berechnen aus

$$81) \begin{cases} M_1 = -\frac{1}{4\lambda} (m \Sigma P \mu'_\zeta + 2n \Sigma P \mu'_\zeta) = M_2 \\ Q_1 = \frac{1}{2} (n \Sigma P \mu'_\zeta + o \Sigma P \mu'_\zeta) = -Q_2. \end{cases}$$

Für größere Längen, und zwar schon von  $\lambda = 3$  an, wird sehr nahe  $m = 1$ ,  $n = 0$  und  $o = 1$ , womit aus 81) für  $M_1$  und  $Q_1$  dieselben Werthe folgen würden, wie aus 78). —

Ferner vereinfachen sich die Gleichungen 77) dadurch, daß man  $M_2$  und  $Q_2$  durch  $M_1$ , bzw.  $-Q_1$  ersetzt. So ergibt sich

$$82) \begin{cases} y = \frac{\lambda}{2Cb} (\Sigma P \eta - 4\lambda M_1 (\mu_1 + \mu_2) + 4Q_1 (\mu'_1 + \mu'_2)) \\ \text{tg } \nu = \frac{\lambda^2}{Cb} (\Sigma P \eta' - 4\lambda M_1 (\mu'_1 - \mu'_2) + 2Q_1 (\eta_1 - \eta_2)) \\ M = \frac{1}{4\lambda} (\Sigma P \mu + 4\lambda M_1 (\eta_1 + \eta_2) - 4Q_1 (\eta'_1 + \eta'_2)) \\ Q = \frac{1}{2} (\Sigma P \mu' + 4\lambda M_1 (\eta'_1 - \eta'_2) + 2Q_1 (\mu_1 - \mu_2)) \end{cases}$$

Da die hierin auftretenden Größen  $\eta$ ,  $\eta'$ ,  $\mu$  und  $\mu'$  den Tabellen entnommen oder aus der Abbildung 8 ersehen werden können, so gestaltet sich die Rechnung nach 80), 81) und 82) ziemlich einfach und dürfte mit vorstehender Entwicklung dem praktischen Bedarf genügt sein. In theoretischer Hinsicht haftet aber den bisherigen Ergebnissen der Mangel an, daß sie die Beziehung zwischen der Größe von  $y$ ,  $\text{tg } \nu$ ,  $M$  und  $Q$  und der Lage des Punktes  $A$  nicht klar hervortreten lassen. Es ist das zum Theil die Folge davon, daß die Längen, deren Functionen in obigen Gleichungen auftreten, von mehreren verschiedenen Anfangspunkten aus gemessen werden, nämlich für die mit  $P$  multiplicirten Größen von den einzelnen Lasten und für die mit den Zeigern 1 und 2 versehenen Werthe vom linken, bzw. rechten Ende des Stabes aus. Um diesem Uebelstande abzuwehren, soll jetzt die Mitte des Stabes als Anfangspunkt der Messung für alle Grundabstände eingeführt und die Entfernung der einzelnen Lasten  $P_1, P_2 \dots$  von diesem Punkte mit  $r_1, r_2 \dots$  bezeichnet werden, wie dies in Abbildung 24 angedeutet ist. Faßt man nun die in den Summen der Gleichungen 81) auftretenden Produkte  $P \mu'_\zeta$  und  $P \mu'_\zeta$  immer zunächst für die einzelnen Lastenpaare zusammen, so erhält man — mit  $\lambda l = \lambda$  und  $\lambda r = \rho$  — für jedes Paar einen Ausdruck von der Form

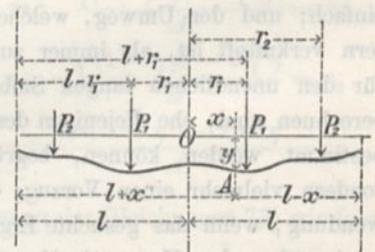


Abb. 24.

$P(\mu_{\lambda-\rho} + \mu_{\lambda+\rho})$  bzw.  $P(\mu'_{\lambda-\rho} + \mu'_{\lambda+\rho})$ , da die linke Last des Paares stets im Abstände  $\lambda - \rho$ , die rechte Last im Abstände  $\lambda + \rho$  vom linken Ende des Stabes liegt. Nun ist aber nach 25)

$$\mu_{\lambda-\rho} = e^{-(\lambda-\rho)} (\cos(\lambda-\rho) - \sin(\lambda-\rho))$$

$$\mu_{\lambda+\rho} = e^{-(\lambda+\rho)} (\cos(\lambda+\rho) - \sin(\lambda+\rho))$$

woraus nach einigen Umformungen folgt

$$\begin{aligned} \mu_{\lambda-\varrho} + \mu_{\lambda+\varrho} &= e^{-\lambda} [(\cos \lambda - \sin \lambda)(e^\varrho + e^{-\varrho}) \cos \varrho \\ &\quad + (\cos \lambda + \sin \lambda)(e^\varrho - e^{-\varrho}) \sin \varrho] \\ &= 2(\mu_\lambda \text{Cof } \varrho \cos \varrho + \eta_\lambda \text{Sin } \varrho \sin \varrho). \end{aligned}$$

In ähnlicher Weise ergibt sich nach 27):

$$\begin{aligned} \mu'_{\lambda-\varrho} &= -e^{-(\lambda-\varrho)} \cos(\lambda-\varrho); \quad \mu'_{\lambda+\varrho} = -e^{-(\lambda+\varrho)} \cos(\lambda+\varrho) \\ \mu'_{\lambda-\varrho} + \mu'_{\lambda+\varrho} &= -e^{-\lambda} [\cos \lambda (e^\varrho + e^{-\varrho}) \cos \varrho \\ &\quad + \sin \lambda (e^\varrho - e^{-\varrho}) \sin \varrho] \\ &= 2(\mu'_\lambda \text{Cof } \varrho \cos \varrho + \eta'_\lambda \text{Sin } \varrho \sin \varrho). \end{aligned}$$

Also ist

$$83) \begin{cases} \frac{1}{2} \sum_{-\lambda}^{+\lambda} P \mu_\zeta = \mu_\lambda \sum_0^\lambda P \text{Cof } \varrho \cos \varrho + \eta_\lambda \sum_0^\lambda P \text{Sin } \varrho \sin \varrho \\ \frac{1}{2} \sum_{-\lambda}^{+\lambda} P \mu'_\zeta = \mu'_\lambda \sum_0^\lambda P \text{Cof } \varrho \cos \varrho + \eta'_\lambda \sum_0^\lambda P \text{Sin } \varrho \sin \varrho. \end{cases}$$

Durch die den Summenzeichen beigefügten Grenzangaben soll angedeutet werden, daß die auf der linken Seite stehenden Summen so viel Glieder enthalten, wie Einzellasten auf der Länge des ganzen Stabes vorhanden sind, während in den Summen der rechten Seite nur so viele Glieder auftreten, wie Lastenpaare im Ganzen oder Einzellasten auf der Hälfte des Stabes vorkommen. Dabei sind die letzteren Summen nur abhängig von der Größe und Lage der Lasten, nicht aber von der Länge des Stabes. Führt man diese Werthe von  $\sum P \mu_\zeta$  und  $\sum P \mu'_\zeta$  in die Gleichungen 81) ein, so ergibt sich

$$84) \begin{cases} M_1 = -\left( \frac{m\mu_\lambda + 2n\mu'_\lambda}{2\lambda} \sum_0^\lambda P \text{Cof } \varrho \cos \varrho + \frac{m\eta_\lambda + 2n\eta'_\lambda}{2\lambda} \sum_0^\lambda P \text{Sin } \varrho \sin \varrho \right) \\ Q_1 = \left( n\mu_\lambda + o\mu'_\lambda \right) \sum_0^\lambda P \text{Cof } \varrho \cos \varrho + \left( n\eta_\lambda + o\eta'_\lambda \right) \sum_0^\lambda P \text{Sin } \varrho \sin \varrho \end{cases}$$

Nun ist nach Abbildung 24 für den Punkt A:

$$l_1 = l + x,$$

also 
$$\begin{aligned} \eta_1 &= \eta_{\lambda+\xi} = e^{-(\lambda+\xi)} (\cos(\lambda+\xi) + \sin(\lambda+\xi)); \\ \eta'_1 &= \eta'_{\lambda+\xi} = -e^{-(\lambda+\xi)} \sin(\lambda+\xi); \\ \mu_1 &= \mu_{\lambda+\xi} = e^{-(\lambda+\xi)} (\cos(\lambda+\xi) - \sin(\lambda+\xi)); \\ \mu'_1 &= \mu'_{\lambda+\xi} = -e^{-(\lambda+\xi)} \cos(\lambda+\xi). \end{aligned}$$

Ferner ist 
$$l_2 = l - x,$$

dennach 
$$\begin{aligned} \eta_2 &= \eta_{\lambda-\xi} = e^{-(\lambda-\xi)} (\cos(\lambda-\xi) + \sin(\lambda-\xi)); \\ \eta'_2 &= \eta'_{\lambda-\xi} = -e^{-(\lambda-\xi)} \sin(\lambda-\xi); \\ \mu_2 &= \mu_{\lambda-\xi} = e^{-(\lambda-\xi)} (\cos(\lambda-\xi) - \sin(\lambda-\xi)); \\ \mu'_2 &= \mu'_{\lambda-\xi} = -e^{-(\lambda-\xi)} \cos(\lambda-\xi). \end{aligned}$$

Hieraus folgt

$$\begin{aligned} \eta_1 &= \eta_\lambda e^{-\xi} \cos \xi + \mu_\lambda e^{-\xi} \sin \xi \\ \eta_2 &= \eta_\lambda e^\xi \cos \xi - \mu_\lambda e^\xi \sin \xi, \end{aligned}$$

also

$$85) \begin{cases} \eta_1 + \eta_2 = 2(\eta_\lambda \text{Cof } \xi \cos \xi - \mu_\lambda \text{Sin } \xi \sin \xi) \\ \eta_1 - \eta_2 = 2(-\eta_\lambda \text{Sin } \xi \cos \xi + \mu_\lambda \text{Cof } \xi \sin \xi). \end{cases}$$

Ferner wird

$$\begin{aligned} \eta'_1 &= \eta'_\lambda e^{-\xi} \cos \xi + \mu'_\lambda e^{-\xi} \sin \xi \\ \eta'_2 &= \eta'_\lambda e^\xi \cos \xi - \mu'_\lambda e^\xi \sin \xi, \end{aligned}$$

woraus

$$86) \begin{cases} \eta'_1 + \eta'_2 = 2(\eta'_\lambda \text{Cof } \xi \cos \xi - \mu'_\lambda \text{Sin } \xi \sin \xi) \\ \eta'_1 - \eta'_2 = 2(-\eta'_\lambda \text{Sin } \xi \cos \xi + \mu'_\lambda \text{Cof } \xi \sin \xi). \end{cases}$$

Weiter ergibt sich

$$\begin{aligned} \mu_1 &= \mu_\lambda e^{-\xi} \cos \xi - \eta_\lambda e^{-\xi} \sin \xi \\ \mu_2 &= \mu_\lambda e^\xi \cos \xi + \eta_\lambda e^\xi \sin \xi \end{aligned}$$

mithin

$$87) \begin{cases} \mu_1 + \mu_2 = 2(\mu_\lambda \text{Cof } \xi \cos \xi + \eta_\lambda \text{Sin } \xi \sin \xi) \\ \mu_1 - \mu_2 = 2(-\mu_\lambda \text{Sin } \xi \cos \xi - \eta_\lambda \text{Cof } \xi \sin \xi). \end{cases}$$

Schließlich wird

$$\begin{aligned} \mu'_1 &= \mu'_\lambda e^{-\xi} \cos \xi - \eta'_\lambda e^{-\xi} \sin \xi \\ \mu'_2 &= \mu'_\lambda e^\xi \cos \xi + \eta'_\lambda e^\xi \sin \xi \end{aligned}$$

woraus folgt

$$88) \begin{cases} \mu'_1 + \mu'_2 = 2(\mu'_\lambda \text{Cof } \xi \cos \xi + \eta'_\lambda \text{Sin } \xi \sin \xi) \\ \mu'_1 - \mu'_2 = 2(-\mu'_\lambda \text{Sin } \xi \cos \xi - \eta'_\lambda \text{Cof } \xi \sin \xi). \end{cases}$$

Ersetzt man nun in den Gleichungen 82) die Größen  $M_1$  und  $Q_1$ , sowie auch die zweigliedrigen Klammergrößen, mit denen sie multiplicirt sind, durch die entsprechenden, aus den Gleichungen 84) bis 88) folgenden Werthe — wobei  $m, n$  und  $o$  aus 80) oder 80a) zu entnehmen sind — so erhält man Ausdrücke, die sich leicht nach Functionen von  $\varrho, \xi$  und  $\lambda$  ordnen lassen. Diejenigen Glieder, welche Functionen der letzteren Größe sind, erscheinen zwar zunächst sehr verwickelt, können aber in ziemlich einfache Form gebracht werden. Allerdings sind hierzu umfangreiche Rechnungen erforderlich, die sich einer auszugsweisen Wiedergabe entziehen. Es bleibt daher nur übrig, sogleich die nachstehenden Endergebnisse anzuführen:

$$89) \quad y = \frac{\lambda}{2Cb} \sum P \eta + \frac{\lambda}{Cb} (u \sum P \text{Cof } \varrho \cos \varrho + v \sum P \text{Sin } \varrho \sin \varrho) \text{Cof } \xi \cos \xi + \frac{\lambda}{Cb} (v \sum P \text{Cof } \varrho \cos \varrho + w \sum P \text{Sin } \varrho \sin \varrho) \text{Sin } \xi \sin \xi;$$

$$90) \quad \text{tg } \nu = \frac{\lambda^2}{Cb} \sum P \eta' + \frac{\lambda^2}{Cb} (u+v) \sum P \text{Cof } \varrho \cos \varrho + (v+w) \sum P \text{Sin } \varrho \sin \varrho \text{Sin } \xi \cos \xi + \frac{\lambda^2}{Cb} (v-u) \sum P \text{Cof } \varrho \cos \varrho + (w-v) \sum P \text{Sin } \varrho \sin \varrho \text{Cof } \xi \sin \xi;$$

$$91) \quad M = \frac{1}{4\lambda} \sum P \mu + \frac{1}{2\lambda} (-v \sum P \text{Cof } \varrho \cos \varrho - w \sum P \text{Sin } \varrho \sin \varrho) \text{Cof } \xi \cos \xi + \frac{1}{2\lambda} (+u \sum P \text{Cof } \varrho \cos \varrho + v \sum P \text{Sin } \varrho \sin \varrho) \text{Sin } \xi \sin \xi;$$

$$92) \quad Q = \frac{1}{2} \sum P \mu' + \frac{1}{2} (u-v) \sum P \text{Cof } \varrho \cos \varrho + (v-w) \sum P \text{Sin } \varrho \sin \varrho \text{Sin } \xi \cos \xi + \frac{1}{2} (u+v) \sum P \text{Cof } \varrho \cos \varrho + (v+w) \sum P \text{Sin } \varrho \sin \varrho \text{Cof } \xi \sin \xi.$$

Die hierin auftretenden Größen  $u, v$  und  $w$  sind Functionen nur von  $\lambda$  und durch die Gleichungen

$$93) \begin{cases} u = \frac{2 + \cos 2\lambda - \sin 2\lambda + e^{-2\lambda}}{\text{Sin } 2\lambda + \sin 2\lambda} \\ v = \frac{\cos 2\lambda + \sin 2\lambda - e^{-2\lambda}}{\text{Sin } 2\lambda + \sin 2\lambda} \\ w = \frac{2 - \cos 2\lambda + \sin 2\lambda - e^{-2\lambda}}{\text{Sin } 2\lambda + \sin 2\lambda} \end{cases}$$

bestimmt. Die beiden ersteren Größen kamen schon im § 2 bei Untersuchung des durch eine Last in der Mitte beanspruchten Stabes vor; alle drei sind aus den beifolgenden Tabellen zu entnehmen, welche auch — wie schon erwähnt — die Werthe von  $\eta, \eta', \mu$  und  $\mu'$  nebst denjenigen der Sinus- und Cosinus-Producte enthalten. Hiernach würden sich nöthigenfalls die Zahlenwerthe von  $y, \nu, M$  und  $Q$  auch aus den Gleichungen 89) bis 92) ohne nennenswerthe Mühe berechnen lassen, besonders dann, wenn alle Lasten gleich

grofs sind, oder wenn gar nur eine Last auf jeder Stabhälfte vorhanden ist, wie bei der Querschwellen. In diesem Falle sind aus den der Tabelle entnommenen  $u, v, w, \cos \varrho \cos \varrho, \sin \varrho \sin \varrho$  die sechs Producte

$$\begin{array}{ll} u \cos \varrho \cos \varrho, & u \sin \varrho \sin \varrho \\ v \cos \varrho \cos \varrho, & v \sin \varrho \sin \varrho \\ w \cos \varrho \cos \varrho & \text{und } w \sin \varrho \sin \varrho \end{array}$$

zu berechnen, die entweder unmittelbar oder als Summen und Differenzen in allen vier Gleichungen auftreten, aus denen also die von  $\xi$  unabhängigen Ausdrücke jener Gleichungen durch einfache Addition oder Subtraction gebildet werden können. Damit sind dann  $y, v, M$  und  $Q$  leicht für jeden beliebigen Punkt  $A$  im Abstände  $x$  von der Stabmitte zu bestimmen, wie dies an anderer Stelle gezeigt werden soll. Noch mehr aber, als auf die praktische Verwendbarkeit der Gleichungen 89) bis 92) dürfte auf die allgemeinen Gesichtspunkte Werth zu legen sein, welche sie bei näherer Betrachtung eröffnen.

Das erste Hauptglied jeder Gleichung stellt nämlich — der Ableitung gemäß — denjenigen Werth dar, welchen die auf der linken Seite stehende Gröfse bei einem endlosen Stabe annehmen würde. Die Bedeutung dieses Gliedes ist vollkommen klar auch ohne die Einführung eines festen Anfangspunktes der Zählung für die Grundabschnitte. Die in den Summen auftretenden Producte werden gebildet, indem man jedes  $P$  mit demjenigen Werthe von  $\eta, \eta', \mu$  oder  $\mu'$  multiplicirt, welcher dem Abstände des Punktes  $A$  von diesem  $P$  entspricht. Dabei sind in den Gleichungen für  $\tan v$  und  $Q$  diejenigen Producte, welche sich auf Lasten beziehen, die rechts von  $A$  liegen, mit entgegengesetzten Vorzeichen einzustellen. Im übrigen ist die Lage des Punktes  $A$  ohne Einfluss auf die Rechnungsregel. Bezieht man dagegen alle Lasten, wie auch den Punkt  $A$ , auf einen festen Nullpunkt, so erhält man die fraglichen Hauptglieder in einer Form, die nur so lange unmittelbar anwendbar bleibt, wie  $A$  in demselben Lastzwischenraum liegt, und die besondere Rücksichtnahme auf die Unstetigkeiten erheischt, welche in dem gesetzmäßigen Verlauf von  $y, v, M$  und  $Q$  an jedem Lastangriffspunkte eintreten. Der gröfseren Allgemeinheit wegen ist deshalb das erste Hauptglied der Gleichungen 89) bis 92) in einer Form beibehalten worden, die von derjenigen der beiden anderen abweicht.

Das zweite und dritte Hauptglied jeder Gleichung drücken vereint die Aenderung aus, welche die auf den endlosen Stab bezogenen Werthe von  $y, v, M$  und  $Q$  infolge der Heraustrennung eines Stückes von endlicher Länge erleiden. Das Gesetz, nach welchem diese Aenderung beim Fortschreiten des Punktes  $A$  verläuft, muß offenbar für die ganze Stablänge dasselbe sein; denn da erstere nur aus der Beseitigung des Biegemomentes und der Querkraft an den Enden des Stabes entspringt, so können Stetigkeits-Unterbrechungen an irgend einem zwischenliegenden Querschnitte nicht vorkommen. Gerade die Bestimmung der in Rede stehenden Aenderungen ist es, welche die Lösung der vorliegenden Aufgaben — gegenüber der sehr einfachen Berechnung des endlosen Stabes — erschwert, und deshalb auch vorwiegendes Interesse beanspruchen darf. Es erscheint daher angezeigt, die Einflüsse etwas näher zu untersuchen, von denen die Gröfse jener Aenderungen, die kurz mit  $\Delta y, \Delta v, \Delta M$  und  $\Delta Q$  bezeichnet werden sollen, abhängt.

Ist die Länge eines Stabes von bestimmtem Querschnitt und die Vertheilung der Lasten gegeben, so sind die Werthe von  $u, v, w, \Sigma P \cos \varrho \cos \varrho$  und  $\Sigma P \sin \varrho \sin \varrho$  festgelegt. Die Gleichungen für  $\Delta y$  und  $\Delta M$  können jetzt auf die Form

$$\begin{array}{l} \Delta y = (u, \varrho) \cos \xi \cos \xi + (v, \varrho) \sin \xi \sin \xi \\ \text{und } \Delta M = (-v, \varrho) \cos \xi \cos \xi + (u, \varrho) \sin \xi \sin \xi \end{array}$$

gebracht werden, in der die Klammergröfsen unveränderliche Functionen von  $l, r$  (und  $P$ ) sind. Mit ähnlicher Bezeichnung ergibt sich ferner

$$\begin{array}{l} \Delta v = (u + v, \varrho) \sin \xi \cos \xi + (v - u, \varrho) \cos \xi \sin \xi \\ \text{und } \Delta Q = (u - v, \varrho) \sin \xi \cos \xi + (u + v, \varrho) \cos \xi \sin \xi. \end{array}$$

Hiermit ist die Abhängigkeit der in Rede stehenden Gröfsen von der Lage des Punktes  $A$  in einfacher Weise ausgedrückt. Zum Beispiel ergibt sich für die Stabmitte, wegen  $\xi = 0$ , mit  $\sin \xi = 0$  und  $\cos \xi = 1$ :

$$\begin{array}{ll} \Delta y_0 = (u, \varrho); & \Delta M_0 = (-v, \varrho) \\ \Delta v_0 = 0; & \Delta Q_0 = 0; \end{array}$$

und für einen Punkt im Abstände  $\frac{1}{2} \pi : x$  von der Mitte, wegen  $\xi = \frac{1}{2} \pi$ , mit  $\cos \xi = 0$  und  $\sin \xi = 1$ :

$$\Delta y_1 = (v, \varrho) \sin \frac{\pi}{2}; \quad \Delta v_1 = (v - u, \varrho) \cos \frac{\pi}{2}$$

$$\Delta M_1 = (u, \varrho) \sin \frac{\pi}{2}; \quad \Delta Q_1 = (u + v, \varrho) \cos \frac{\pi}{2}.$$

Diese Ergebnisse beleuchten zugleich die statische Bedeutung der Klammergröfsen.

Auf ähnliche Art würde sich bei veränderlicher Laststellung, aber fester Lage des Punktes  $A$ , ergeben:

$$\begin{array}{l} \Delta y = (u, \xi) \Sigma P \cos \varrho \cos \varrho + (v, \xi) \Sigma P \sin \varrho \sin \varrho \\ \Delta M = (-v, \xi) \Sigma P \cos \varrho \cos \varrho + (-w, \xi) \Sigma P \sin \varrho \sin \varrho \\ \Delta v = (u + v, \xi) \Sigma P \cos \varrho \cos \varrho + (v + w, \xi) \Sigma P \sin \varrho \sin \varrho \\ \Delta Q = (u - v, \xi) \Sigma P \cos \varrho \cos \varrho + (v - w, \xi) \Sigma P \sin \varrho \sin \varrho. \end{array}$$

Wäre beispielsweise nur eine Last  $P$ , und zwar in der Mitte des Stabes vorhanden, also auf jeder Stabhälfte die Last  $\frac{1}{2} P$  im Abstände  $r = 0$  von der Mitte, so würde wegen  $\varrho = 0$ :

$$\Sigma P \cos \varrho \cos \varrho = \frac{1}{2} P; \quad \Sigma P \sin \varrho \sin \varrho = 0,$$

$$\text{womit } \Delta y = (u, \xi) \frac{P}{2}; \quad \Delta v = (u + v, \xi) \frac{P}{2}$$

$$\Delta M = (-v, \xi) \frac{P}{2}; \quad \Delta Q = (u - v, \xi) \frac{P}{2}.$$

In derselben Weise könnte man auch die Gröfsen  $\Delta y, \Delta v, \Delta M$  und  $\Delta Q$  als Functionen von  $\lambda$  ausdrücken, die mit unveränderlichen Zahlenwerthen multiplicirt sind, welche von  $\varrho$  und  $\xi$  abhängen; nur ist der Bau jener Functionen, wie die Gleichungen 93) erkennen lassen, ziemlich verwickelt. In jedem Falle ist aber die wirkliche Form der verschiedenen, in vorstehendem der Kürze wegen nur sinnbildlich angedeuteten Werthe ohne weiteres aus den Gleichungen 89) bis 93) zu ersehen. Beispielsweise zeigt sich, dafs die vier letzten Klammerausdrücke mit den ersten zwei Gliedern auf der rechten Seite der Gleichungen 16) übereinstimmen, wodurch die Beziehung klar gekennzeichnet ist, in welcher die dort für den einzelnen Fall gefundene Lösung zu der vorliegenden allgemeinen steht.

Da der verfügbare Raum nunmehr erschöpft ist, so schliesen wir mit dem Bemerkten, dafs eine anderweitige Veröffentlichung in Aussicht genommen ist, die Gelegenheit bieten wird, die vorliegende Abhandlung in mehrfacher Hinsicht zu vervollständigen und insbesondere auch einen Abschnitt über die Anwendung der entwickelten Regeln beizufügen.

Berlin, im November 1886. Dr. H. Zimmermann.

II. Tabelle der Werthe  $\eta, \eta', \mu, \mu'$ .

$\eta = e^{-\varphi} (\cos \varphi + \sin \varphi)$   $\eta' = -e^{-\varphi} \sin \varphi$   $\mu = e^{-\varphi} (\cos \varphi - \sin \varphi)$   $\mu' = -e^{-\varphi} \cos \varphi$ .

Table with 15 columns and 20 rows of numerical values for parameters eta, eta', mu, mu' at various angles phi.

III. Tabelle der Hilfsgrößen

u, v, w und m, n, o.

(S. § 2 und § 10.)

Table with 8 columns (lambda, u, v, w, m, n, o, lambda) and 20 rows of numerical values for auxiliary variables.

IV. Tabelle zur Berechnung der Senkung, des Druckes auf die Bettung und des Biegemomentes in der Mitte kurzer Stäbe. (S. § 2.)

Table with 5 columns (lambda, eta\_0, P\_0/pm, mu\_0, lambda) and 20 rows of numerical values for deflection, pressure, and moment.

$$(\eta_0) = \frac{2 + \cos 2\lambda + \cos 2\lambda}{\sin 2\lambda + \sin 2\lambda}$$

$$(\mu_0) = \frac{\cos 2\lambda - \cos 2\lambda}{\sin 2\lambda + \sin 2\lambda}$$

$$\frac{P_0}{pm} = (\eta_0)\lambda; \lambda = l \sqrt[4]{Cb:4EJ}$$

Die Hilfsgrößen u, v, w und m, n, o sind bestimmt durch die Gleichungen:

$$u = \frac{2 + \cos 2\lambda - \sin 2\lambda + e^{-2\lambda}}{\sin 2\lambda + \sin 2\lambda}$$

$$v = \frac{\cos 2\lambda + \sin 2\lambda - e^{-2\lambda}}{\sin 2\lambda + \sin 2\lambda}$$

$$w = \frac{2 - \cos 2\lambda + \sin 2\lambda - e^{-2\lambda}}{\sin 2\lambda + \sin 2\lambda}$$

$$m = \frac{-\cos 2\lambda + \sin 2\lambda + e^{2\lambda}}{2(\sin 2\lambda + \sin 2\lambda)}$$

$$n = \frac{2(\sin 2\lambda + \sin 2\lambda)}{\cos 2\lambda + \sin 2\lambda + e^{2\lambda}}$$

$$o = \frac{2(\sin 2\lambda + \sin 2\lambda)}{2(\sin 2\lambda + \sin 2\lambda)}$$

I. Haupttabelle zur Berechnung des Eisenbahn-Oberbaues.

$\varphi$	$\sin \varphi$	$\cos \varphi$	$e^\varphi$	$e^{-\varphi}$	$\sin \varphi$	$\cos \varphi$	$e^{2\varphi}$	$e^{-2\varphi}$	$\sin 2\varphi$	$\cos 2\varphi$	$e^{2\varphi}$	$e^{-2\varphi}$	$\sin 2\varphi$	$\cos 2\varphi$	$\sin 2\varphi$	$\cos 2\varphi$	$\varphi$
0,0	0,000 00	1,000 00	1,000 00	1,000 00	0,000 00	1,000 00	1,000 00	1,000 00	0,000 00	1,000 00	1,000 00	1,000 00	0,000 00	1,000 00	0,000 00	1,000 00	0,0
0,1	0,099 83	0,995 01	1,105 17	0,904 84	0,100 17	0,995 01	1,221 40	0,818 73	0,198 67	0,980 07	1,221 40	0,818 73	0,198 67	0,980 07	0,201 34	1,020 07	0,1
0,2	0,198 67	0,980 07	1,221 40	0,818 73	0,201 34	0,980 07	1,491 82	0,670 32	0,389 42	0,921 06	1,491 82	0,670 32	0,389 42	0,921 06	0,410 75	1,081 07	0,2
0,3	0,295 52	0,955 34	1,349 86	0,740 82	0,304 52	0,955 34	1,991 82	0,500 00	0,564 65	0,825 34	1,991 82	0,500 00	0,564 65	0,825 34	0,521 10	1,127 63	0,3
0,4	0,389 42	0,921 06	1,491 82	0,670 32	0,410 75	0,921 06	2,718 28	0,367 88	0,717 36	0,696 71	2,718 28	0,367 88	0,717 36	0,696 71	0,841 47	1,175 20	0,4
0,5	0,479 43	0,877 58	1,648 72	0,606 53	0,521 10	0,877 58	3,481 69	0,223 13	0,841 47	0,540 30	3,481 69	0,223 13	0,841 47	0,540 30	0,932 04	1,245 99	0,5
0,6	0,564 65	0,825 34	1,822 12	0,548 81	0,636 65	0,825 34	4,481 69	0,165 30	0,932 04	0,362 36	4,481 69	0,165 30	0,932 04	0,362 36	1,049 64	1,337 43	0,6
0,7	0,644 22	0,764 84	2,013 75	0,496 59	0,758 58	0,764 84	5,481 69	0,110 80	0,985 45	0,169 97	5,481 69	0,110 80	0,985 45	0,169 97	1,175 20	1,450 46	0,7
0,8	0,717 36	0,696 71	2,225 54	0,449 33	0,868 67	0,696 71	6,481 69	0,077 88	1,000 00	0,000 00	6,481 69	0,077 88	1,000 00	0,000 00	1,301 30	1,509 46	0,8
0,9	0,783 33	0,621 61	2,459 60	0,406 57	0,988 11	0,621 61	7,481 69	0,053 03	0,999 57	-0,029 20	7,481 69	0,053 03	0,999 57	-0,029 20	1,509 46	1,648 72	0,9
1,0	0,841 47	0,540 30	2,718 28	0,367 88	1,175 20	0,540 30	8,481 69	0,037 88	0,909 30	-0,416 15	8,481 69	0,037 88	0,909 30	-0,416 15	1,715 20	1,810 66	1,0
1,1	0,891 21	0,453 60	3,004 17	0,332 87	1,335 65	0,453 60	9,481 69	0,025 01	0,808 50	-0,588 50	9,481 69	0,025 01	0,808 50	-0,588 50	1,904 30	1,904 30	1,1
1,2	0,932 04	0,362 36	3,320 12	0,301 19	1,509 46	0,362 36	10,481 69	0,015 00	0,675 46	-0,737 39	10,481 69	0,015 00	0,675 46	-0,737 39	2,049 64	2,049 64	1,2
1,3	0,963 56	0,267 50	3,669 30	0,272 53	1,698 38	0,267 50	11,481 69	0,007 47	0,515 50	-0,856 89	11,481 69	0,007 47	0,515 50	-0,856 89	2,201 30	2,201 30	1,3
1,4	0,985 45	0,169 97	4,055 20	0,246 60	1,904 30	0,169 97	12,481 69	0,002 37	0,334 99	-0,942 22	12,481 69	0,002 37	0,334 99	-0,942 22	2,375 57	2,375 57	1,4
1,5	0,997 50	0,070 74	4,481 69	0,223 13	2,129 28	0,070 74	13,481 69	0,001 30	0,141 12	-0,989 99	13,481 69	0,001 30	0,141 12	-0,989 99	2,549 64	2,549 64	1,5
1,6	0,999 57	-0,029 20	4,953 03	0,201 88	2,301 80	-0,029 20	14,481 69	0,000 00	0,000 00	-1,000 00	14,481 69	0,000 00	0,000 00	-1,000 00	2,737 39	2,737 39	1,6
1,7	0,991 67	-0,128 85	5,473 94	0,182 68	2,481 69	-0,128 85	15,481 69	0,000 00	-0,058 37	-0,968 80	15,481 69	0,000 00	-0,058 37	-0,968 80	2,937 39	2,937 39	1,7
1,8	0,973 85	-0,227 20	6,049 64	0,165 30	2,669 30	-0,227 20	16,481 69	0,000 00	-0,255 54	-0,906 50	16,481 69	0,000 00	-0,255 54	-0,906 50	3,147 39	3,147 39	1,8
1,9	0,946 30	-0,323 29	6,685 89	0,149 57	2,868 16	-0,323 29	17,481 69	0,000 00	-0,442 52	-0,806 76	17,481 69	0,000 00	-0,442 52	-0,806 76	3,373 99	3,373 99	1,9
2,0	0,909 30	0,416 15	7,389 06	0,135 34	3,086 86	0,416 15	18,481 69	0,000 00	-0,611 86	-0,709 97	18,481 69	0,000 00	-0,611 86	-0,709 97	3,617 39	3,617 39	2,0
2,1	0,863 21	-0,504 85	8,166 17	0,122 46	3,323 99	-0,504 85	19,481 69	0,000 00	-0,756 80	-0,653 64	19,481 69	0,000 00	-0,756 80	-0,653 64	3,873 99	3,873 99	2,1
2,2	0,808 50	-0,588 50	9,025 11	0,110 80	3,577 46	-0,588 50	20,481 69	0,000 00	-0,871 58	-0,490 26	20,481 69	0,000 00	-0,871 58	-0,490 26	4,144 31	4,144 31	2,2
2,3	0,745 71	-0,666 28	9,974 18	0,100 26	3,843 96	-0,666 28	21,481 69	0,000 00	-0,951 60	-0,307 33	21,481 69	0,000 00	-0,951 60	-0,307 33	4,427 39	4,427 39	2,3
2,4	0,675 46	-0,737 39	11,023 2	0,090 72	4,127 39	-0,737 39	22,481 69	0,000 00	-0,996 16	0,087 50	22,481 69	0,000 00	-0,996 16	0,087 50	4,717 39	4,717 39	2,4
2,5	0,598 47	-0,801 14	12,182 5	0,082 09	4,432 29	-0,801 14	23,481 69	0,000 00	-0,958 92	0,283 66	23,481 69	0,000 00	-0,958 92	0,283 66	5,017 39	5,017 39	2,5
2,6	0,515 50	-0,856 89	13,463 7	0,074 27	4,759 00	-0,856 89	24,481 69	0,000 00	-0,883 45	0,468 52	24,481 69	0,000 00	-0,883 45	0,468 52	5,317 39	5,317 39	2,6
2,7	0,427 38	-0,904 07	14,879 7	0,067 21	5,094 26	-0,904 07	25,481 69	0,000 00	-0,772 77	0,634 69	25,481 69	0,000 00	-0,772 77	0,634 69	5,627 39	5,627 39	2,7
2,8	0,334 99	-0,942 22	16,444 6	0,060 81	5,437 39	-0,942 22	26,481 69	0,000 00	-0,631 27	0,775 57	26,481 69	0,000 00	-0,631 27	0,775 57	5,947 39	5,947 39	2,8
2,9	0,239 25	-0,970 96	18,174 1	0,055 02	5,794 55	-0,970 96	27,481 69	0,000 00	-0,464 60	0,885 52	27,481 69	0,000 00	-0,464 60	0,885 52	6,277 39	6,277 39	2,9
3,0	0,141 12	-0,989 99	20,085 5	0,049 79	6,159 99	-0,989 99	28,481 69	0,000 00	-0,279 42	0,960 17	28,481 69	0,000 00	-0,279 42	0,960 17	6,617 39	6,617 39	3,0
$\pi$	0,000 00	-1,000 00	28,140 7	0,043 21	6,548 7	-1,000 00	29,481 69	0,000 00	0,000 00	1,000 00	29,481 69	0,000 00	0,000 00	1,000 00	7,000 00	7,000 00	$\pi$
3,2	-0,058 37	-0,998 30	24,532 5	0,040 76	6,937 39	-0,998 30	30,481 69	0,000 00	0,116 55	0,993 19	30,481 69	0,000 00	0,116 55	0,993 19	7,389 06	7,389 06	3,2
3,4	-0,255 54	-0,966 80	29,964 1	0,033 37	7,337 39	-0,966 80	31,481 69	0,000 00	0,494 12	0,809 40	31,481 69	0,000 00	0,494 12	0,809 40	7,794 55	7,794 55	3,4
3,6	-0,442 52	-0,896 76	36,598 2	0,027 32	7,759 06	-0,896 76	32,481 69	0,000 00	0,793 67	0,608 35	32,481 69	0,000 00	0,793 67	0,608 35	8,173 99	8,173 99	3,6
3,8	-0,611 86	-0,790 97	44,701 2	0,022 37	8,159 99	-0,790 97	33,481 69	0,000 00	0,967 92	0,251 26	33,481 69	0,000 00	0,967 92	0,251 26	8,559 99	8,559 99	3,8
4,0	-0,707 11	-0,707 11	50,754 0	0,019 70	8,548 7	-0,707 11	34,481 69	0,000 00	1,000 00	0,000 00	34,481 69	0,000 00	1,000 00	0,000 00	8,947 39	8,947 39	4,0
4,2	-0,756 80	-0,653 64	54,598 2	0,018 32	8,937 39	-0,653 64	35,481 69	0,000 00	0,989 36	-0,145 50	35,481 69	0,000 00	0,989 36	-0,145 50	9,347 39	9,347 39	4,2
4,4	-0,871 58	-0,490 26	66,686 3	0,015 00	9,337 39	-0,490 26	36,481 69	0,000 00	0,854 60	-0,519 29	36,481 69	0,000 00	0,854 60	-0,519 29	9,767 39	9,767 39	4,4
4,6	-0,951 60	-0,307 33	81,450 8	0,012 28	9,747 39	-0,307 33	37,481 69	0,000 00	0,584 92	-0,811 09	37,481 69	0,000 00	0,584 92	-0,811 09	10,197 39	10,197 39	4,6
4,8	-0,993 69	-0,112 15	99,484 3	0,010 05	10,167 39	-0,112 15	38,481 69	0,000 00	0,222 89	-0,974 84	38,481 69	0,000 00	0,222 89	-0,974 84	10,637 39	10,637 39	4,8
5,0	-0,998 92	0,087 50	121,510	0,008 230	10,587 39	0,087 50	39,481 69	0,000 00	0,000 00	-1,000 00	39,481 69	0,000 00	0,000 00	-1,000 00	11,037 39	11,037 39	5,0

I. Haupttabelle zur Berechnung des Eisenbahn-Oberbaues.

$\varphi$	$\sin \varphi$	$\cos \varphi$	$\sin \varphi \cos \varphi$	$\cos \varphi \sin \varphi$	$\sin \varphi \sin \varphi$ + $\cos \varphi \cos \varphi$	$\sin \varphi \sin \varphi$ - $\cos \varphi \cos \varphi$	$\sin \varphi \cos \varphi$ + $\cos \varphi \sin \varphi$	$\sin \varphi \cos \varphi$ - $\cos \varphi \sin \varphi$	$\sin \varphi$ + $\cos \varphi$	$\sin \varphi$ - $\cos \varphi$	$\sin 2\varphi$ + $\cos 2\varphi$	$\sin 2\varphi$ - $\cos 2\varphi$	$\sin 2\varphi$ + $\sin 2\varphi$	$\sin 2\varphi$ - $\sin 2\varphi$	$\cos 2\varphi$ + $\cos 2\varphi$	$\cos 2\varphi$ - $\cos 2\varphi$	$\varphi$
0,0	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	1,0000	1,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	2,0000	0,0000	0,0
0,1	0,0100	0,9999	0,0099	0,9999	1,0099	0,9899	0,0200	1,0098	0,8900	0,1198	1,1787	0,7814	0,4001	0,0067	2,0013	0,0400	0,1
0,2	0,0400	0,9999	0,0399	0,9999	1,0399	0,9599	0,0799	1,0398	0,7800	0,2598	1,3104	0,5316	0,8001	0,0213	2,0013	0,1600	0,2
0,3	0,0800	0,9999	0,0799	0,9999	1,0799	0,8999	0,1399	1,0798	0,6598	0,4198	1,3898	0,7201	1,2013	0,0426	2,0180	0,3600	0,3
0,4	0,1599	0,9999	0,1598	0,9999	1,1598	0,8398	0,2198	1,1597	0,5316	0,6196	1,4146	0,6025	1,6054	0,0851	2,0341	0,6400	0,4
0,5	0,2498	0,9899	0,2497	0,9899	1,2497	0,7397	0,3197	1,2496	0,3981	0,8515	1,3817	0,5017	2,0167	0,3333	2,0833	1,0027	0,5
0,6	0,3397	0,9798	0,3396	0,9798	1,3396	0,6396	0,4196	1,3395	0,2669	1,0847	1,2944	0,3544	2,4415	0,5774	2,1731	1,4483	0,6
0,7	0,4296	0,9697	0,4295	0,9697	1,4295	0,5295	0,5195	1,4294	0,1262	1,3032	1,1552	0,0000	2,8897	0,9185	2,3207	1,9809	0,7
0,8	0,5195	0,9596	0,5194	0,9596	1,5194	0,4294	0,6194	1,5193	0,0000	1,4142	1,0000	0,0000	3,3013	1,3013	2,5091	2,5091	0,8
0,9	0,6094	0,9495	0,6093	0,9495	1,6093	0,3293	0,7193	1,6092	0,0265	1,5172	0,7465	0,0000	3,9162	1,9683	2,8802	3,3346	0,9
1,0	0,6993	0,9394	0,6992	0,9394	1,6992	0,2292	0,8192	1,6991	0,3017	1,3817	0,4931	0,0000	4,5361	2,7175	3,3465	4,1783	1,0
1,1	0,7892	0,9293	0,7891	0,9293	1,7891	0,1291	0,9191	1,7890	0,4376	1,0623	0,2200	0,0000	5,2656	3,6481	3,9794	5,1564	1,1
1,2	0,8791	0,9192	0,8790	0,9192	1,8790	0,0290	1,0190	1,8789	0,5668	0,8132	0,0619	0,0000	6,1416	4,7907	4,8195	6,2943	1,2
1,3	0,9690	0,9091	0,9689	0,9091	1,9689	0,0000	1,1190	1,9688	0,6966	0,6236	0,0000	0,0000	7,2102	6,1792	5,9121	7,6258	1,3
1,4	1,0589	0,8990	1,0588	0,8990	2,0588	0,0000	1,2190	2,0587	0,8154	0,4382	0,0000	0,0000	8,5269	7,8569	7,3105	9,1949	1,4
1,5	1,1488	0,8889	1,1487	0,8889	2,1487	0,0000	1,3189	2,1486	0,9262	0,3274	0,0000	0,0000	10,1509	9,8767	9,0777	11,0577	1,5
1,6	1,2387	0,8788	1,2386	0,8788	2,2386	0,0000	1,4188	2,2385	1,0000	0,2274	0,0000	0,0000	12,1875	11,5487	10,5920	12,5920	1,6
1,7	1,3286	0,8687	1,3285	0,8687	2,3285	0,0000	1,5187	2,3284	1,0567	0,1274	0,0000	0,0000	14,7098	12,3043	11,2883	13,2849	1,7
1,8	1,4185	0,8586	1,4184	0,8586	2,4184	0,0000	1,6186	2,4183	1,1201	0,0274	0,0000	0,0000	17,8429	15,2209	14,0319	15,9655	1,8
1,9	1,5084	0,8485	1,5083	0,8485	2,5083	0,0000	1,7185	2,5082	1,2015	0,0000	0,0000	0,0000	21,7275	18,7280	17,4160	19,2095	1,9
2,0	1,5983	0,8384	1,5982	0,8384	2,5982	0,0000	1,8184	2,5981	1,3254	0,0000	0,0000	0,0000	26,5331	22,9512	21,5708	23,1527	2,0
2,1	1,6882	0,8283	1,6881	0,8283	2,6881	0,0000	1,9183	2,6880	1,4111	0,0000	0,0000	0,0000	32,4641	28,0467	26,6546	27,9619	2,1
2,2	1,7781	0,8182	1,7780	0,8182	2,7780	0,0000	2,0182	2,7779	1,5686	0,0000	0,0000	0,0000	39,7677	34,2072	32,8604	33,8409	2,2
2,3	1,8680	0,8081	1,8679	0,8081	2,8679	0,0000	2,1181	2,8678	1,7000	0,0000	0,0000	0,0000	48,7434	41,6709	40,4242	41,0889	2,3
2,4	1,9579	0,7980	1,9578	0,7980	2,9578	0,0000	2,2180	2,9577	1,8111	0,0000	0,0000	0,0000	59,7549	50,7308	49,6350	49,8593	2,4
2,5	2,0478	0,7879	2,0477	0,7879	3,0477	0,0000	2,3179	3,0476	1,9000	0,0000	0,0000	0,0000	73,2443	61,7472	60,8468	60,6718	2,5
2,6	2,1377	0,7778	2,1376	0,7778	3,1376	0,0000	2,4178	3,1375	1,9911	0,0000	0,0000	0,0000	89,7499	75,1621	74,4936	73,9263	2,6
2,7	2,2276	0,7677	2,2275	0,7677	3,2275	0,0000	2,5177	3,2274	2,0822	0,0000	0,0000	0,0000	109,928	91,5169	91,1074	90,1704	2,7
2,8	2,3175	0,7576	2,3174	0,7576	3,3174	0,0000	2,6176	3,3173	2,1733	0,0000	0,0000	0,0000	134,580	111,474	111,340	110,071	2,8
2,9	2,4074	0,7475	2,4073	0,7475	3,4073	0,0000	2,7175	3,4072	2,2644	0,0000	0,0000	0,0000	164,684	135,843	135,991	134,439	2,9
3,0	2,4973	0,7374	2,4972	0,7374	3,4972	0,0000	2,8174	3,4971	2,3555	0,0000	0,0000	0,0000	201,434	165,613	166,037	164,266	3,0
$\pi$	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	1,0000	1,0000	0,0000	1,0000	0,0000	201,434	201,993	202,676	200,755	$\pi$
3,2	0,7148	0,9999	0,7147	0,9999	1,7147	0,9899	0,0248	1,7146	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	267,745	267,745	268,747	266,747	3,2
3,4	1,4007	0,9999	1,3999	0,9999	2,4000	0,9599	0,0499	2,4000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	301,038	300,805	301,917	299,930	3,4
3,6	2,0866	0,9999	2,0858	0,9999	3,0861	0,8999	0,0999	3,0861	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	449,417	448,429	449,794	448,055	3,6
3,8	2,7725	0,9999	2,7717	0,9999	3,7720	0,8099	0,1999	3,7720	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	670,509	668,921	670,324	669,107	3,8
4,0	3,4584	0,9899	3,4576	0,9899	4,4579	0,6899	0,3199	4,4579	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	999,350	998,130	999,350	998,847	4,0
4,2	4,1443	0,9798	4,1435	0,9798	5,1474	0,5298	0,4398	5,1474	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	1,491,47	1,489,49	1,490,33	1,490,62	4,2
4,4	4,8302	0,9697	4,8294	0,9697	5,8305	0,3897	0,5597	5,8305	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	2,322,68	2,322,68	2,323,01	2,323,01	4,4
4,6	5,5161	0,9596	5,5153	0,9596	6,5164	0,2696	0,6796	6,5164	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	3,517,71	3,516,54	3,517,93	3,517,93	4,6
4,8	6,2020	0,9495	6,2012	0,9495	7,2023	0,1695	0,7995	7,2023	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	5,195,83	5,194,83	5,196,88	5,196,88	4,8
5,0	6,8879	0,9394	6,8871	0,9394	7,8882	0,0894	0,9194	7,8882	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	7,382,22	7,382,22	7,383,37	7,383,37	5,0

## Verzeichniß der im preussischen Staate und bei Behörden des deutschen Reiches angestellten Baubeamten.

(Am 1. December 1886.)

### I. Im Ressort des Ministeriums der öffentlichen Arbeiten.

#### Verwaltung der Eisenbahn-Angelegenheiten und des Land- und Wasser-Bauwesens.

##### A. Bei Central-Behörden.

###### Beim Ministerium.

<p>Hr. Schneider, Ober-Bau- und Ministerial-Director der technischen Abtheilung für die Staats-Eisenbahnen.</p> <p style="text-align: center;">a) Vortragende Räthe.</p> <p>Hr. Schönfelder, Ober-Baudirector.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Herrmann, desgl.</li> <li>- Grund, Geheimer Ober-Baurath.</li> <li>- Siegert, desgl.</li> <li>- Gercke, desgl.</li> <li>- Schwedler, desgl.</li> <li>- Baensch, desgl.</li> <li>- Franz, desgl.</li> <li>- Dieckhoff, desgl.</li> <li>- Wiebe, desgl.</li> <li>- Oberbeck, desgl.</li> <li>- Hagen, desgl.</li> <li>- Grüttefien, desgl.</li> <li>- Adler, desgl.</li> <li>- Küll, desgl.</li> <li>- Schröder, desgl.</li> <li>- Kozlowski, desgl.</li> <li>- Stambke, Geheimer Baurath.</li> <li>- Endell, desgl.</li> </ul>	<p>Hr. Nath, Geheimer Baurath.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Jungnickel, desgl.</li> <li>- Dresel, Regierungs- und Baurath, Hilfsarbeiter.</li> </ul> <p style="text-align: center;">b) Im technischen Bureau der Abtheilung für die Eisenbahn-Angelegenheiten.</p> <p>Hr. Ehlert, Regierungs- und Baurath, Vorsteher des Bureaus.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Claus, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.</li> <li>- Huntemüller, desgl.</li> <li>- Fritze, desgl.</li> <li>- Thelen, desgl.</li> </ul> <p style="text-align: center;">c) Im technischen Bureau der Abtheilung für das Bauwesen.</p> <p>Hr. von Tiedemann, Regierungs- und Baurath, Vorsteher des Bureaus.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sarrazin, Regierungs- und Baurath.</li> <li>- Thiele, Baurath.</li> <li>- Boettger, Land-Bauinspector.</li> <li>- Wiethoff, Land-Bauinspector.</li> <li>- Claussen, Wasser-Bauinspector.</li> <li>- Thür, Land-Bauinspector.</li> </ul>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

##### B. Bei dem Eisenbahn-Commissariat in Berlin.

Hr. Bensen, Geheimer Ober-Regierungsrath. | Hr. Koschel, Regierungs- und Baurath.

##### C. Bei den Königlichen Eisenbahn-Directionen.

###### 1. Eisenbahn-Direction in Berlin.

<p>Hr. Wex, Präsident.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Krancke, Ober-Baurath, Abtheilungs-Dirigent.</li> <li>- Grapow, Geheimer Regierungsrath, Mitglied der Direction.</li> <li>- Rock, desgl. desgl.</li> <li>- Bachmann, desgl. desgl.</li> <li>- Sattig, Regierungs- und Baurath.</li> <li>- Haafsenier, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.</li> <li>- Piernay, desgl.</li> </ul> <p style="text-align: center;">Betriebsamt Berlin (Berlin-Sommerfeld).</p> <p>Hr. von Schütz, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nowack, desgl.</li> <li>- Roth, desgl. in Frankfurt a/O.</li> <li>- Mehrstens, desgl. desgl.</li> </ul> <p style="text-align: center;">Betriebsamt Berlin (Stadt- u. Ringbahn).</p> <p>Hr. Taeger, Regierungs- und Baurath.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Housselle, desgl.</li> </ul>	<p>Hr. Blanck, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Grapow, desgl.</li> </ul> <p style="text-align: center;">Betriebsamt Stralsund.</p> <p>Hr. Klose, Regierungs- und Baurath.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Michaelis, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.</li> <li>- Goos, desgl.</li> <li>- Schüler, desgl.</li> <li>- Schröder, desgl. in Berlin.</li> </ul> <p style="text-align: center;">Betriebsamt Breslau (Breslau-Sommerfeld).</p> <p>Hr. Schulze, Regierungs- und Baurath.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vogel, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.</li> <li>- Rebentisch, desgl.</li> <li>- Grofse, desgl. in Liegnitz.</li> </ul> <p style="text-align: center;">Betriebsamt Breslau (Breslau-Halbstadt).</p> <p>Hr. Monscheuer, Regierungs- und Baurath.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Löhr, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.</li> <li>- Sartig, desgl. in Liegnitz.</li> </ul>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Betriebsamt Görlitz.

- Hr. Garcke, Regierungs- und Baurath.
- Wollanke, Baurath.
- Gantzer, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Cramer, desgl. in Hirschberg.
- Bothe, desgl. in Waldenburg.

Betriebsamt Stettin (Berlin-Stettin).

- Hr. von Geldern, Regierungs- und Baurath.
- Jacobi, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Heinrich, desgl.
- Wiegand, desgl. in Freienwalde.
- Bathmann, desgl. in Berlin.

Betriebsamt Stettin (Stettin-Stralsund).

- Hr. Lademann, Regierungs- und Baurath.
- Wolff, Baurath.
- Lüken, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- von Boguslawski, desgl.
- Lorentz, desgl. in Greifswald.

Betriebsamt Berlin (Berlin-Dresden).

- Hr. Fischer, Regierungs- und Baurath.

Betriebsamt Cottbus.

- Hr. Wagemann, Regierungs- und Baurath.
- Sprenger, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Rieken, desgl. in Berlin.

Betriebsamt Guben.

- Hr. Büttner, Regierungs- und Baurath.
- Bansen, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector in Züllichau.
- Plate, desgl. in Schwiebus.

2. Eisenbahn-Direction in Bromberg.

- Hr. Schmeitzer, Ober-Baurath, Abtheilungs-Dirigent.
- Suche, Regierungs- und Baurath, Mitglied der Direction.
- Giese, desgl. desgl.
- Baumert, desgl. desgl.
- Bauer, desgl. desgl.
- Reuter, Regierungs- und Baurath.
- Bachmann, desgl.
- Niemann, Baurath.
- Rohrman, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Doepke, desgl.
- Storbeck, desgl.
- Bergmann, Land-Bauinspector.

Betriebsamt Berlin.

- Hr. Rasch, Regierungs- und Baurath.
- Magnus, Baurath.
- Hoffmann, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Röhner, desgl. in Cüstrin.
- Stuert, desgl. in Landsberg.

Betriebsamt Bromberg.

- Hr. Blumberg, Regierungs- und Baurath.
- Siehr, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Naud, desgl.
- Doerenberger, desgl.
- Schulte, desgl. in Graudenz.

Betriebsamt Danzig.

- Hr. Wolff, Regierungs- und Baurath.
- Darup, desgl.
- Multhaupt, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Braune, desgl. in Elbing.
- Francke, desgl. in Dirschau.
- Oertel, desgl. in Elbing.

Betriebsamt Königsberg.

- Hr. Rupertus, Regierungs- und Baurath.
- Sperl, desgl.
- Buchholz, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Massalski, desgl. in Tilsit.
- Sonne, desgl. in Insterburg.
- Dunaj, desgl. in Lyck.

Betriebsamt Thorn.

- Hr. Kahle, Regierungs- und Baurath.
- Grofsmann, desgl.
- Boysen, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector in Graudenz.
- Paffen, desgl. in Osterode.

Betriebsamt Schneidemühl.

- Hr. Vieregge, Regierungs- und Baurath.
- Balthasar, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Sauer, desgl.

Betriebsamt Stettin.

- Hr. Abraham, Regierungs- und Baurath.
- Mohr, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Schnebel, desgl. in Stargard.
- Schwarz, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector in Cöslin.
- Ritter, desgl. in Stolp.

Betriebsamt Stolp.

- Hr. Nahrath, Regierungs- und Baurath.
- Schultz, desgl.
- Ellenberger, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinsp. in Neustettin.
- Lincke, desgl. daselbst.

Betriebsamt Allenstein.

- Hr. Reys, Regierungs- und Baurath.
- Fuchs, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Tacke, desgl. in Insterburg.

Betriebsamt Posen.

- Hr. Kricheldorf, Regierungs- und Baurath.
- Frankenfeld, desgl.
- Prins, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector in Inowrazlaw.

3. Eisenbahn-Direction in Hannover.

- Hr. Durlach, Ober-Bau- und Geheimer Regierungsrath, Abtheilungs-Dirigent.
- Früh, Geheimer Regierungsrath, Mitglied der Direction.
- Rampoldt, desgl. desgl.
- Busse, Regierungs- und Baurath, desgl.
- Leuchtenberg, Regierungs- und Baurath.
- Hellwig, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- du Plat, desgl.
- Schwering, desgl.
- Bremer, desgl. in Oldesloe.

Betriebsamt Hannover (Hannover-Rheine).

- Hr. Knoche, Regierungs- und Baurath.
- Fischer, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Maret, desgl.
- Schmiedt, Baurath in Minden.
- Arndt, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector in Osnabrück.
- Müller, desgl. in Hamm.

Betriebsamt Hannover (Hannover-Altenbeken).

- Hr. Beckmann, Regierungs- und Baurath.
- Göring, Baurath.
- Boedecker, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Schellenberg, desgl. in Hameln.

## Betriebsamt Paderborn.

- Hr. Schulenburg, Regierungs- und Baurath.  
 - Koch, desgl.  
 - George, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.  
 - Sarrazin, desgl.

## Betriebsamt Harburg.

- Hr. Melchior, Regierungs- und Baurath.  
 - Lobach, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.  
 - Sauerwein, desgl.  
 - Müller, desgl. in Uelzen.

## Betriebsamt Cassel (Hannover-Cassel).

- Hr. Wilde, Baurath.  
 - Sobeczko, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.  
 - Reusing, desgl.  
 - Herzog, desgl. in Hannover.

## Betriebsamt Cassel (Main-Weser-Bahn).

- Hr. Uthemann, Regierungs- und Baurath.  
 - Werres, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.  
 - Beckmann, desgl.  
 - Heyl, Baurath, in Frankfurt a/M.  
 - Schwamborn, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinsp. in Marburg.

## Betriebsamt Bremen.

- Hr. Scheuch, Baurath.  
 - Horwicz, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.  
 - Bachrecke, desgl.  
 - Wiesner, desgl.

## 4. Eisenbahn-Direction in Frankfurt a/M.

- Hr. Vogel, Ober-Baurath, Abtheilungs-Dirigent.  
 - Hasse, Regierungs- und Baurath, Mitglied der Direction.  
 - Böttcher, desgl. desgl.  
 - Hottenrott, Regierungs- und Baurath.  
 - Kirsten, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.  
 - Velde, desgl.  
 - König, desgl.  
 - Hanke, desgl.  
 - Becker, desgl.

## Betriebsamt Frankfurt a/M.

- Hr. Porsch, Regierungs- und Baurath.  
 - Schmidt, desgl.  
 - Schmitz, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.  
 - Wolff, desgl.  
 - Bücking, Baurath in Fulda.  
 - Seliger, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector in Göttingen

## Betriebsamt Nordhausen.

- Hr. Ballauff, Regierungs- und Baurath.  
 - Gudden, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.  
 - Franke, desgl.  
 - Bischof, desgl. in Eschwege.  
 - Busse, desgl. in Halle.

## Betriebsamt Wiesbaden.

- Hr. Hilf, Geheimer Regierungsrath.  
 - Usener, Baurath.  
 - Wagner, desgl.  
 - Zickler, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.  
 - Alken, desgl.  
 - Böhme, desgl. in Limburg.

## Betriebsamt Berlin.

- Hr. Stock, Regierungs- und Baurath.  
 - Ritter, Baurath.  
 - Richard, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.  
 - Schmidt, desgl. in Hettstedt.

## 5. Eisenbahn-Direction in Magdeburg.

- Hr. Loeffler, Präsident.  
 - Spielhagen, Ober-Bau- und Geheimer Regierungsrath, Abtheilungs-Dirigent.  
 - Hardt, Geheimer Regierungsrath, Mitglied der Direction.  
 - Schubert, Regierungs- und Baurath, desgl.  
 - Skalweit, desgl. desgl.  
 - Hassenkamp, Regierungs- und Baurath.  
 - Neitzke, desgl.  
 - Eggert, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.  
 - Crüger, desgl.

## Betriebsamt Berlin (Berlin-Lehrte).

- Hr. Illing, Regierungs- und Baurath.  
 - Masberg, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.  
 - Rehbein, desgl.  
 - Neuenfeldt, desgl. in Stendal.

## Betriebsamt Berlin (Berlin-Magdeburg).

- Hr. Schneider, Regierungs- und Baurath.  
 - Beil, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.  
 - Mackenthun, desgl.  
 - Schucht, Baurath in Brandenburg.

## Betriebsamt Magdeburg (Wittenberge-Leipzig).

- Hr. Urban, Regierungs- und Baurath.  
 - Knebel, desgl.  
 - Kern, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.  
 - Bode, desgl.  
 - Müller, desgl.  
 - Mackensen, desgl.  
 - Nitschmann, desgl. in Halle.  
 - Peltz, Land-Bauinspector daselbst.

## Betriebsamt Magdeburg (Magdeburg-Halberstadt).

- Hr. Seick, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.  
 - Schwedler, desgl.  
 - Schlemm, desgl.  
 - Schmidt, desgl.  
 - Israel, desgl. in Sangerhausen.

## Betriebsamt Halberstadt.

- Hr. Theune, Regierungs- und Baurath.  
 - Schunck, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.

## Betriebsamt Braunschweig.

- Hr. Sterneke, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.  
 - Menadier, desgl.  
 - Fuldner, desgl.  
 - Steigerstahl, desgl.  
 - Peters, desgl. in Seesen.

## 6. Eisenbahn-Direction in Cöln (linksrheinisch).

- Hr. Lohse, Ober-Bau- und Geheimer Regierungsrath, Abtheilungs-Dirigent.  
 - Dircksen, desgl.  
 - Rüppell, Regierungs- und Baurath, Mitglied der Direction.  
 - von Gabain, Regierungs- und Baurath, desgl.  
 - Jüttner, Regierungs- und Baurath.  
 - Gehlen, Baurath.  
 - Semler, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.  
 - Schürmann, desgl.

## Betriebsamt Trier.

- Hr. de Nerée, Regierungs- und Baurath.  
 - Bayer, Baurath.  
 - Wiegand, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.  
 - Blum, desgl.

## Betriebsamt Coblenz.

- Hr. Altenloh, Regierungs- und Baurath.  
 - Wachenfeld, Baurath.  
 - Schreinert, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.  
 - Viereck, desgl. in Bonn.

Betriebsamt Cöln (linksrheinisch).

- Hr. Dieckmann, Regierungs- und Baurath.  
 - Schaefer, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.  
 - Rennen, desgl. in Euskirchen.  
 - Westphal, desgl.

Betriebsamt Crefeld.

- Hr. Siecke, Regierungs- und Baurath.  
 - v. d. Sandt, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.  
 - Homburg, desgl. in Cleve.  
 - Hagen, desgl.

Betriebsamt Saarbrücken.

- Hr. Bormann, Regierungs- und Baurath.  
 - Usener, desgl.  
 - Loycke, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.  
 - Könen, desgl.  
 - Daub, desgl. in Creuznach.  
 - Zeh, Baurath

Betriebsamt Aachen.

- Hr. Dulk, Regierungs- und Baurath.  
 - Hentsch, desgl.  
 - Rucker, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.  
 - Rettberg, desgl. in M.-Gladbach.  
 - Berthold, desgl.

7. Eisenbahn-Direction in Cöln (rechtsrheinisch).

- Hr. Jaedicke, Geheimer Regierungsrath, Abtheilungs-Dirigent (auftrw.).  
 - Rumschoettel, Regierungs- u. Baurath, Mitglied der Direction.  
 - Schilling, desgl. desgl.  
 - Bessert-Nettelbeck, desgl. desgl.  
 - Koltenhoff, Regierungs- und Baurath.  
 - Meifsnor, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.  
 - Kluge, desgl.  
 - Altstädt, desgl. in Siegburg.

Betriebsamt Münster (Münster-Emden).

- Hr. Buchholtz, Regierungs- und Baurath.  
 - Haarbeck, desgl.  
 - Arndts, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.  
 - Höbel, desgl.  
 - Seeliger, desgl.  
 - Vofs, Baurath. in Emden.  
 - Herold, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector in Norden.

Betriebsamt Münster (Wanne-Bremen).

- Hr. van den Bergh, Regierungs- und Baurath.  
 - Lueder, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.  
 - von Flotow, desgl.  
 - Friedrichsen, desgl.  
 - Frederking, desgl. in Osnabrück.

Betriebsamt Dortmund.

- Hr. Zillefsen, Regierungs- und Baurath.  
 - Janssen, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.  
 - Caspar, desgl.  
 - Ulrich, desgl.  
 - Stölting, desgl. in Hamm.

Betriebsamt Essen.

- Hr. Grünhagen, Regierungs- und Baurath.  
 - Brennhausen, Baurath.  
 - Pilger, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.  
 - Bönisch, desgl.  
 - Koch, desgl.  
 - Vollrath, desgl.  
 - Goldkuhle, desgl.

Betriebsamt Düsseldorf.

- Hr. Ruland, Regierungs- und Baurath.  
 - Totz, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.  
 - Staggemeyer, desgl.  
 - Meisel, desgl. in Wesel.

Betriebsamt Wesel.

- Hr. Ruchholz, Regierungs- und Baurath.  
 - Heis, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.  
 - Wollanke, desgl. in Burgsteinfurt.  
 - Schmidt, desgl.

Betriebsamt Cöln.

- Hr. Behrend, Regierungs- und Baurath.  
 - Paul, desgl.  
 - Thomsen, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector in Wetzlar.

Betriebsamt Neuwied.

- Hr. Menne, Regierungs- und Baurath.  
 - Lange, desgl.  
 - Richter, Baurath.  
 - Hövel, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.  
 - Mackensen, desgl.  
 - Dr. Bräuler, desgl. in Limburg.

8. Eisenbahn-Direction in Elberfeld.

- Hr. Brandhoff, Ober-Bau- und Geheimer Regierungsrath, Abtheilungs-Dirigent.  
 - Quensell, Geheimer Regierungsrath, Mitglied der Direction.  
 - Mechelen, Regierungs- und Baurath, desgl.  
 - Lex, desgl. desgl.  
 - Delmes, Regierungs- und Baurath.  
 - Fischbach, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.  
 - Clausnitzer, desgl.  
 - Hesse, desgl.  
 - Rofskothen, desgl. in Düsseldorf.  
 - Schachert, desgl. in Barmen.

Betriebsamt Düsseldorf.

- Hr. Siewert, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.  
 - Brewitt, desgl.  
 - Brökelmann, desgl.  
 - Goepel, desgl.  
 - von den Bercken, desgl. in Lennep.  
 - Lottmann, desgl. in Elberfeld.

Betriebsamt Essen.

- Hr. Janssen, Regierungs- und Baurath.  
 - Berendt, Baurath.  
 - Awater, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.  
 - Kuhlmann, desgl.  
 - Schwartz, desgl. in Dortmund.

Betriebsamt Cassel.

- Hr. Tobien, Regierungs- und Baurath.  
 - Kiene, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.  
 - Hahn, desgl. in Warburg.  
 - Ehrenberg, desgl. in Arnsberg.

Betriebsamt Altena.

- Hr. Otto, Regierungs- und Baurath.  
 - Rump, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.  
 - Werner, desgl.  
 - Philippi, desgl. in Siegen.

Betriebsamt Hagen.

- Hr. von Rutkowski, Regierungs- und Baurath.  
 - Schmidts, desgl.  
 - Bechtel, Baurath.  
 - Bartels, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.  
 - Eversheim, desgl.

9. Eisenbahn-Direction in Erfurt.

- Hr. Quassowski, Ober-Bau- und Geheimer Regierungsrath, Abtheilungs-Dirigent.  
 - Messow, Regierungs- und Baurath, Mitglied der Direction.  
 - Wiedenfeld, desgl. desgl.  
 - Dato, desgl. desgl.  
 - Textor, Regierungs- und Baurath.  
 - Kistenmacher, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.  
 - Kiepenheuer, desgl.

Betriebsamt Cassel.

- Hr. Hinüber, Regierungs- und Baurath.  
 - Allmenröder, Baurath.  
 - Hinrichs, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.

Betriebsamt Erfurt.

- Hr. Schwarzenberg, Baurath.  
 - Claudius, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.  
 - Schwedler, desgl.  
 - Höft, desgl. in Arnstadt.

Betriebsamt Weisfenfels.

- Hr. Lütteken, Regierungs- und Baurath.  
 - Wenderoth, Baurath.  
 - Bens, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.  
 - Zinkeisen, desgl. in Leipzig.

Betriebsamt Berlin.

- Hr. Dr. zur Nieden, Regierungs- und Baurath.  
 - Lanzendörffer, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.  
 - Kolle, desgl.  
 - Clemens, Baurath in Wittenberg.  
 - Gestewitz, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector in Leipzig

Betriebsamt Dessau.

- Hr. Murray, Regierungs- und Baurath.  
 - Bollmann, Baurath.  
 - Zeyfs, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.  
 - Fischer, desgl.  
 - König, desgl. in Hoyerswerda.

Betriebsamt Halle a/S.

- Hr. Kessel, Regierungs- und Baurath.  
 - Wessel, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.

10. Eisenbahn-Direction in Breslau.

- Hr. Grotfend, Ober-Bau- und Geheimer Regierungsrath, Abtheilungs-Dirigent.  
 - Schwabe, Geheimer Regierungsrath, Mitglied der Direction.  
 - Pl i desgl. desgl. (tritt am 1. Jan. 1887 in den Ruhestand).  
 - Schmitt, Regierungs- und Baurath, desgl.  
 - Bender, desgl. desgl.  
 - Mentzel, Regierungs- und Baurath.  
 - Piosseck, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.

Betriebsamt Breslau (Brieg-Posen).

- Hr. Jordan, Regierungs- und Baurath.  
 - Gabriel, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.  
 - Doulin, desgl.  
 - Büscher, desgl. in Lissa.

Betriebsamt Breslau (Breslau-Tarnowitz).

- Hr. Naumann, Regierungs- und Baurath.  
 - Seydler, Baurath.  
 - Stratemeyer, desgl.  
 - Fuhrberg, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector in Tarnowitz.

Betriebsamt Breslau (Breslau-Stettin).

- Hr. Gutmann, Regierungs- und Baurath.  
 - Sellin, Baurath.  
 - Reimer, desgl. in Stettin.  
 - Dr. Mecklenburg, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector in Grünberg.

Betriebsamt Oppeln.

- Hr. Wernich, Regierungs- und Baurath.  
 - Schaper, desgl.

Betriebsamt Glogau.

- Hr. Rintelen, Regierungs- und Baurath.  
 - Beyer, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.  
 - Fein, desgl.

Betriebsamt Kattowitz.

- Hr. Steegmann, Geheimer Regierungsrath.  
 - Neumann, Regierungs- und Baurath.  
 - Kolszewski, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.  
 - Brauer, desgl.  
 - Gottstein, desgl. in Beuthen.

Betriebsamt Ratibor.

- Hr. Schröder, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.  
 - Urban, desgl.

Betriebsamt Posen.

- Hr. Pauly, Regierungs- und Baurath.  
 - Buddenberg, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.  
 - Treibich, desgl.  
 - Thewalt, desgl.  
 - Mappes, desgl. in Ostrowo.  
 - Kieckhoefer, desgl. in Oels.

Betriebsamt Neifse.

- Hr. Taeglichsbeck, Regierungs- und Baurath.  
 - Müller, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.  
 - Sugg, desgl.  
 - Glünder, Baurath in Glatz.

11. Eisenbahn-Direction in Altona.

- Hr. Tellkampf, Ober-Bau- und Geheimer Regierungsrath, Abtheilungs-Dirigent.  
 - Wegener, Eisenbahn-Director, Mitglied der Direction.  
 - Krause, Regierungs- und Baurath, desgl.  
 - Caesar, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.  
 - Haafs, desgl.

Betriebsamt Berlin.

- Hr. Eilert, Regierungs- und Baurath.  
 - Schneider, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.  
 - Kühnert, desgl. in Wittenberge.

Betriebsamt Hamburg.

- Hr. Eckolt, Baurath (tritt am 1. Jan. 1887 in den Ruhestand).  
 - Jungbecker, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.  
 - Kärger, desgl.  
 - Hesse, desgl.

Betriebsamt Kiel.

- Hr. Müller, Regierungs- und Baurath.  
 - Ullrich, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.  
 - Schmidt, desgl.

Betriebsamt Flensburg.

- Hr. Petersen, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.

D. Bei Provincial-Verwaltungs-Behörden.

1. Regierung in Königsberg in Pr.

- Hr. Zaßtrau, Regierungs- und Baurath in Königsberg.
- Natus, desgl. daselbst.
  - Hellwig, desgl. daselbst.
  - Schmarsow, Kreis-Bauinspector in Neidenburg.
  - Dempwolff, Hafen-Bauinspector in Memel.
  - Friedrich, Baurath, Kreis-Bauinspector in Braunsberg.
  - Ihne, desgl. in Königsberg (Ldkr. Fischau-
  - Cartellieri, Baurath, desgl. in Allenstein. sen).
  - Kaske, desgl. desgl. in Bartenstein.
  - Schütte, desgl. desgl. in Rastenburg.
  - Siebert, Kreis-Bauinspector in Königsberg (Stadtkreis I).
  - Ossent, desgl. in Ortelsburg.
  - Meyer, Baurath, desgl. in Memel.
  - Funck, desgl. desgl. in Königsberg (Ldkr. Eylau).
  - Rauch, desgl. desgl. in Königsberg (Landkreis).
  - Hoehne, desgl. in Rössel.
  - Bessel-Lorck, Land-Bauinspector, (technischer Hilfsarbeiter) in Königsberg.
  - Fuchs, Kreis-Bauinspector in Mohrungen.
  - Gibelius, desgl. in Osterode O/Pr.
  - Dapper, desgl. in Labiau.
  - Mende, desgl. in Wehlau.
  - Schierhorn, Hafen-Bauinspector in Pillau.
  - vom Dahl, Bauinspector, (techn. Hilfsarbeiter) in Königsberg.
  - Morgenstern, Wasser-Bauinsp. in Zölz bei Maldeuten O/Pr.
  - Tieffenbach, comm. Kreis-Bauinspector in Königsberg (Stadt-
  - Otto, comm. Wasser-Bauinspector in Tapiau. kreis II).

2. Regierung in Gumbinnen.

- Hr. Loenartz, Regierungs- und Baurath in Gumbinnen.
- Dittmar, desgl. daselbst.
  - Siehr, Baurath, Kreis-Bauinspector in Insterburg.
  - Kapitzke, desgl. desgl. in Tilsit.
  - Schlichting, Baurath, Wasser-Bauinspector daselbst.
  - Dannenberg, desgl. Kreis-Bauinspector in Lyck.
  - Zirolecki, desgl. in Johannisburg.
  - Blankenburg, desgl. in Gumbinnen.
  - Kellner, desgl. in Kaukehmen.
  - Schoetensack, Wasser-Bauinspector in Kukerneese.
  - Bluhm, Kreis-Bauinspector in Pillkallen.
  - Niermann, desgl. in Goldap.
  - Happe, desgl. in Stallupönen.
  - Hillenkamp, Bauinspector (techn. Hilfsarbeiter) in Gumbinnen.
  - Marggraff, Kreis-Bauinspector in Angerburg.
  - Scheurmann, desgl. in Sensburg.
  - Voerkel, desgl. in Lötzen.
  - Beckmann, desgl. in Ragnit.

3. Ober-Präsidium (Weichselstrom-Bauverwaltung) in Danzig.

- Hr. Kozlowski, Regierungs- und Baurath, Strom-Baudirector in Danzig.
- Kischke, Baurath, Wasser-Bauinspector in Elbing.
  - Barnick, desgl. desgl. in Marienwerder.
  - Steinbick, desgl. desgl. in Dirschau.
  - Bauer, Wasser-Bauinspector in Culm.
  - Görz, Wasser-Bauinspector und Stellvertreter des Strom-Bau-
  - directors in Danzig.

4. Regierung in Danzig.

- Hr. Ehrhardt, Regierungs- und Baurath in Danzig.
- Lorck, desgl. daselbst.
  - von Schon, Baurath, Kreis-Bauinspector in Danzig.
  - Passarge, desgl. desgl. in Elbing.
  - Dittmar, Kreis-Bauinspector in Marienburg.
  - Mebus, desgl. in Pr. Stargard.
  - Beckershaus, desgl. in Carthaus.

- Hr. Habermann, Bauinspector (techn. Hilfsarbeiter) in Danzig.
- Kummer, Hafen-Bauinspector in Neufahrwasser.
  - Mau, Kreis-Bauinspector in Berent.
  - Siefert, desgl. in Neustadt W/Pr.

5. Regierung in Marienwerder.

- Hr. Schmidt, Regierungs- und Baurath in Marienwerder.
- Freund, desgl. daselbst.
  - Schmundt, Baurath, Kreis-Bauinspector in Graudenz.
  - Elsafer, desgl. desgl. in Strasburg W/Pr.
  - Engelhard, desgl. desgl. in Dt. Crone.
  - Otto, desgl. desgl. in Conitz.
  - Büttner, Kreis-Bauinspector in Marienwerder.
  - Dollenmaier, desgl. in Dt. Eylau.
  - Klopsch, desgl. in Thorn.
  - Schauptensteiner, desgl. in Schlochau.
  - Wilcke, desgl. in Flatow.
  - Bickmann, desgl. in Schwetz.
  - Posern, Bauinspector (techn. Hilfsarbeiter) in Marienwerder.

6. Ministerial-Bau-Commission in Berlin.

- Hr. Keller, Regierungs- u. Baurath.
- Emmerich, desgl.
  - Haesecke, Bauinspector.
  - Röhnisch, desgl.
  - Spitta, desgl.
  - Schulze, desgl.
  - Werner, Wasser-Bauinspector.
  - Klutmann, Bauinspector.
  - Kleinwächter, desgl.
  - Ertmann, Wasser-Bauinspector.
  - Saal, Land-Bauinspector } technische
  - Eger, comm. Wasser-Bauinspector } Hilfsarbeiter.

7. Polizei-Präsidium in Berlin.

- Hr. Lange, Regierungs- und Baurath in Berlin.
- Weber, desgl. daselbst.
  - Badstübner, Baurath, Bauinspector daselbst.
  - Soenderop, desgl. desgl. daselbst.
  - von Stückradt, desgl. daselbst.
  - Krause, Baurath, desgl. daselbst.
  - Tiemann, desgl. daselbst.
  - Runge, desgl. in Charlottenburg.
  - Launer, desgl. in Berlin.
  - Froebel, desgl. daselbst.

8. Regierung in Potsdam.

- Hr. Weishaupt, Geheimer Regierungsrath in Potsdam.
- Dieckhoff, Regierungs- u. Baurath daselbst.
  - Lorenz, desgl. daselbst.
  - Süßmann, Baurath, Kreis-Bauinspector in Wittstock.
  - Rotmann, desgl. desgl. in Prenzlau.
  - Koppen, desgl. in Berlin.
  - Blaurock, Baurath, desgl. in Angermünde.
  - Düsterhaupt, desgl. desgl. in Freienwalde a/O.
  - Schuke, desgl. Wasser-Bauinspector in Rathenow.
  - Thiem, Wasser-Bauinspector in Eberswalde.
  - Köhler, Baurath, Kreis-Bauinspector in Brandenburg a/H.
  - Leiter, Wasser-Bauinspector, in Thiergartenschleuse bei Ora-
  - nienburg.
  - Schönrock, Baurath, Kreis-Bauinspector in Berlin.
  - Gette, desgl. in Potsdam.
  - Brunner, Baurath, desgl. in Neu-Ruppin.
  - Domeier, Kreis-Bauinspector in Beeskow.
  - Reinckens, desgl. in Jüterbog.
  - Bohl, Baurath, desgl. in Berlin.
  - Stengel, Wasser-Bauinspector in Fürstenwalde, Spree.
  - von Lancizolle, Kreis-Bauinspector in Nauen.
  - Toebe, desgl. in Perleberg.

- Hr. Wiesel, Wasser-Bauinspector in Zehdenick.  
 - Müller, Karl, desgl. in Potsdam.  
 - Prentzel, Kreis-Bauinspector in Templin.  
 - Krüger, Land-Bauinspector (techn. Hilfsarbeiter) in Potsdam.  
 - Borchers, Wasser-Bauinspector (desgl.) in Potsdam.

## 9. Regierung in Frankfurt a/O.

- Hr. Schack, Regierungs- und Baurath in Frankfurt a/O.  
 - von Morstein, Regierungs- und Baurath daselbst.  
 - Pollack, Baurath, Kreis-Bauinspector in Sorau.  
 - Treuhaupt, desgl. Wasser-Bauinspector in Landsberg a/W.  
 - Petersen, desgl. Kreis-Bauinspector daselbst.  
 - Grun, desgl. desgl. in Zielenzig.  
 - Giebe, desgl. desgl. in Friedeberg N.-M.  
 - Müller, Louis, desgl. desgl. in Arnswalde.  
 - von Rutkowski, desgl. in Königsberg N.-M.  
 - Müller, August, Kreis-Bauinspector in Guben.  
 - Beutler, desgl. in Cottbus.  
 - Bertuch, desgl. in Frankfurt a/O.  
 - von Niederstetter, Land-Bauinspector (techn. Hilfsarbeiter) in Frankfurt a/O.  
 - Engisch, Kreis-Bauinspector in Züllichau.  
 - Lipschitz, desgl. in Luckau.  
 - Reiche, Bauinspector (techn. Hilfsarbeiter) in Frankfurt a/O.

## 10. Regierung in Stettin.

- Hr. Steinbrück, Regierungs- und Baurath in Stettin.  
 - Haupt, comm. desgl. daselbst.  
 - Thömer, Baurath, Kreis-Bauinspector in Stettin.  
 - Richrath, desgl. Hafen-Bauinspector in Swinemünde.  
 - Alberti, Kreis-Bauinspector daselbst.  
 - Weizmann, Baurath, desgl. in Greifenhagen.  
 - Steinbrück, desgl. in Cammin.  
 - Jacob, desgl. in Demmin.  
 - Schleppe, desgl. in Greifenberg.  
 - Balthasar, desgl. in Stargard i/P.  
 - Mannsdorf, desgl. in Anclam.  
 - Hermann, Wasser-Bauinspector in Stettin.  
 - König, Bauinspector (techn. Hilfsarbeiter) in Stettin.  
 - Johl, Kreis-Bauinspector in Naugard.

## 11. Regierung in Cöslin.

- Hr. Döbbel, Regierungs- und Baurath in Cöslin.  
 - Benoit, desgl. daselbst.  
 - Fölsche, Baurath, Kreis-Bauinspector in Belgard.  
 - Kleefeld, desgl. desgl. in Neustettin.  
 - Jaeckel, desgl. desgl. in Stolp.  
 - Backe, desgl. in Dramburg.  
 - Naumann, desgl. in Cöslin.  
 - Wurffbain, desgl. in Lauenburg i/P.  
 - Böttger, Bauinspector (techn. Hilfsarbeiter) in Cöslin.  
 - Anderson, Hafen-Bauinspector in Colbergermünde.  
 - Pfeiffer, comm. Kreis-Bauinspector in Schlawe.

## 12. Regierung in Stralsund.

- Hr. Wellmann, Regierungs- und Baurath in Stralsund.  
 - Cramer, Baurath, Kreis-Bauinspector daselbst.  
 - Siber, desgl. Wasser-Bauinspector daselbst.  
 - Barth, Kreis-Bauinspector daselbst.  
 - Frölich, Baurath, Kreis-Bauinspector in Greifswald.

## 13. Regierung in Posen.

- Hr. Koch, Geheimer Regierungsrath in Posen.  
 - Albrecht, Regierungs- und Baurath daselbst.  
 - Schönenberg, Baurath, Kreis-Bauinspector in Poln. Lissa.  
 - Habermann, Wasser-Bauinspector in Posen.  
 - Hirt, Kreis-Bauinspector daselbst.  
 - Wronka, Baurath, Kreis-Bauinspector in Ostrowo.  
 - Helmeke, desgl. desgl. in Meseritz.

- Hr. Krone, Kreis-Bauinspector in Birnbaum.  
 - Volkmann, desgl. in Obornik.  
 - Stocks, desgl. in Samter.  
 - de Groot, desgl. in Wollstein.  
 - Grafsmann, desgl. in Rawitsch.  
 - Schulz, Joh., Wasser-Bauinspector (techn. Hilfsarbeiter) in Posen.  
 - Spanke, Kreis-Bauinspector in Krotoschin.  
 - Schulz, Paul, desgl. in Wreschen.  
 - Hauptner, desgl. in Schrimm.

## 14. Regierung in Bromberg.

- Hr. Reichert, Regierungs- und Baurath in Bromberg.  
 - Michaelis, desgl. daselbst.  
 - Herschenz, Baurath, Kreis-Bauinspector in Gnesen.  
 - Graeve, Baurath, Kreis-Bauinspector in Czarnikau.  
 - Küntzel, desgl. desgl. in Inowraclaw.  
 - Heinrich, desgl. in Mogilno.  
 - Bauer, desgl. in Nakel.  
 - Muttray, desgl. in Bromberg.  
 - Eckhardt, desgl. in Schubin.  
 - Wichgraf, Bauinspector (techn. Hilfsarbeiter) in Bromberg.  
 - Teubert, Wasser-Bauinspector in Bromberg.  
 - Baske, comm. Kreis-Bauinspector in Wongrowitz.

## 15. Oberpräsidium (Oderstrom-Bauverwaltung) in Breslau.

- Hr. Bader, Geheimer Regierungsrath, Strom-Baudirector in Breslau.  
 - Cramer, Baurath, Wasser-Bauinspector in Brieg.  
 - Orban, desgl. desgl. in Cüstrin.  
 - Müller, desgl. desgl. in Crossen a/O.  
 - Kröhnke, Baurath, Wasser-Bauinspector und Stellvertreter des Strom-Baudirectors in Breslau.  
 - Roeder, R., Wasser-Bauinspector in Ratibor.  
 - Brinkmann, desgl. in Steinau a/O.  
 - Bretting, desgl. in Glogau.  
 - Hamel, desgl. (technischer Hilfsarbeiter) in Breslau.

## 16. Regierung in Breslau.

- Hr. Herr, Geheimer Regierungsrath in Breslau.  
 - Beyer, Regierungs- und Baurath daselbst.  
 - Gandtner, Baurath, Kreis-Bauinspector in Schwéidnitz.  
 - Baumgart, desgl. desgl. in Glatz.  
 - Stephany, desgl. desgl. in Reichenbach.  
 - Knorr, desgl. desgl. in Breslau.  
 - Woas, Kreis-Bauinspector in Brieg.  
 - Reuter, Baurath, desgl. in Strehlen.  
 - Koppen, Karl, desgl. in Oels.  
 - Berndt, desgl. in Trebnitz.  
 - Lünzner, desgl. in Wohlau.  
 - Jonas, desgl. in Neumarkt.  
 - Weinbach, Bauinspector (techn. Hilfsarbeiter) in Breslau.

## 17. Regierung in Liegnitz.

- Hr. von Zschock, Regierungs- und Baurath in Liegnitz.  
 - Knechtel, Baurath, Kreis-Bauinspector in Hoyerswerda.  
 - Borchers, desgl. desgl. in Sagan.  
 - Starke, desgl. desgl. in Görlitz.  
 - Schiller, Baurath, Kreis-Bauinspector in Bunzlau.  
 - Weinert, desgl. desgl. in Grünberg.  
 - Jahn, desgl. in Liegnitz.  
 - Bruns, Bauinspector (tech. Hilfsarbeiter) in Liegnitz.  
 - Momm, Kreis-Bauinspector in Landeshut.  
 - Jungfer, desgl. in Hirschberg.

## 18. Regierung in Oppeln.

- Hr. Laessig, Regierungs- und Baurath in Oppeln.  
 - Schattauer, desgl. daselbst.  
 - Rösener, Baurath, Kreis-Bauinspector in Neifse.  
 - Bandow, desgl. desgl. in Oppeln.

Hr. Bachmann, Baurath, Kreis-Bauinspector in Oppeln.  
 - Stenzel, desgl. in Gleiwitz.  
 - Staudinger, Baurath, desgl. in Cosel.  
 - Hammer, desgl. in Piefs.  
 - Schorn, desgl. in Ratibor.  
 - Holtzhausen, desgl. in Leobschütz.  
 - Roseck, desgl. in Carlsruh O/S.  
 - Becherer, desgl. in Rybnik.  
 - Moebius, desgl. in Gr. Strehlitz.  
 - von Lukomski, desgl. in Kreuzburg.  
 - Rhenius, desgl. in Neustadt O/S.  
 - Schalk, desgl. in Grottkau.  
 - Blau, desgl. in Beuthen O/S.  
 - Oehmcke, Land-Bauinspector in Oppeln } techn.  
 - Dittrich, Bauinspector daselbst } Hilfsarbeiter.

#### 19. Ober-Präsidium (Elbstrom-Bauverwaltung) in Magdeburg.

Hr. Muyschel, Geheimer Regierungsrath, Strom-Baudirector in  
Magdeburg.  
 - Katz, Baurath, Wasser-Bauinspector in Lüneburg.  
 - Schramme, Baurath, desgl. (technischer Hilfsarbeiter) in  
Magdeburg.  
 - Maafs, desgl. desgl. in Magdeburg.  
 - Heyn, desgl. desgl. in Stendal.  
 - Grote, Baurath, Wasser-Bauinspector in Torgau.  
 - Bayer, desgl. Stellvertreter des Strom-  
Baudirectors in Magdeburg.  
 - Fischer, Wasser-Bauinspector in Wittenberge.  
 - Krebs, desgl. in Lauenburg a/E.

#### 20. Regierung in Magdeburg.

Hr. Döltz, Regierungs- und Baurath in Magdeburg.  
 - Pralle, desgl. daselbst.  
 - Schüler, Baurath, Kreis-Bauinspector in Halberstadt.  
 - Fritze, desgl. desgl. in Magdeburg.  
 - Kluge, desgl. desgl. in Genthin.  
 - Schlitte, desgl. desgl. in Quedlinburg.  
 - Reitsch, desgl. desgl. in Magdeburg.  
 - Gerlhoff, desgl. desgl. in Osterburg.  
 - Fiebelkorn, desgl. desgl. in Schönebeck.  
 - Meifsner, desgl. desgl. in Salzwedel.  
 - Schmidt, desgl. desgl. in Wolmirstedt.  
 - Varnhagen, desgl. desgl. in Halberstadt.  
 - Pitsch, desgl. desgl. in Wanzleben.  
 - Heller, desgl. desgl. in Neuhaldensleben.  
 - Haake, Bauinspector (techn. Hilfsarbeiter) in Magdeburg.

#### 21. Regierung in Merseburg.

Hr. Steinbeck, Regierungs- und Baurath in Merseburg.  
 - Michaelis, desgl. daselbst.  
 - Pietsch, Baurath, Kreis-Bauinspector in Torgau.  
 - Werner, desgl. desgl. in Naumburg a/S.  
 - Kilburger, desgl. desgl. in Halle a/S.  
 - Boës, Wasser-Bauinspector in Naumburg a/S.  
 - Schröder, Baurath, Kreis-Bauinspector in Sangerhausen.  
 - Mathy, Wege-Bauinspector in Halle a/S.  
 - Thurmann, Kreis-Bauinspector in Wittenberg.  
 - Lucas, desgl. in Delitzsch.  
 - Brünecke, Wasser-Bauinspector in Halle a/S.  
 - Delius, Kreis-Bauinspector in Eisleben.  
 - Bastian, desgl. in Merseburg.  
 - Boltz, desgl. in Weissenfels a/S.  
 - Biedermann, Wege-Bauinspector in Merseburg.  
 - Heeren, desgl. in Torgau.  
 - Brinkmann, Land-Bauinspector in Merseburg. } techn.  
 - Gnuschke, Bauinspector daselbst. } Hilfsarbeiter.

#### 22. Regierung in Erfurt.

Hr. Hesse, Regierungs- u. Baurath in Erfurt.  
 - Boetel, Baurath, Kreis-Bauinspector in Erfurt.

Hr. Daemicke, Baurath, (techn. Hilfsarbeiter) in Erfurt.  
 - Heller, desgl. Kreis-Bauinspector in Nordhausen.  
 - Linker, desgl. in Mühlhausen i/Thür.  
 - Beisner, desgl. in Heiligenstadt.  
 - Caspary, desgl. in Suhl.

#### 23. Regierung in Schleswig.

Hr. Becker, Regierungs- und Baurath in Schleswig.  
 - Germer, desgl. daselbst.  
 - Suadicani, comm. desgl. daselbst.  
 - Nönchen, Baurath, Kreis-Bauinspector in Hadersleben.  
 - Edens, desgl. Wasser-Bauinspector in Rendsburg.  
 - Weinreich, desgl. desgl. in Husum.  
 - Friese, desgl. Kreis-Bauinspector in Kiel.  
 - Kröhnke, desgl. desgl. in Glückstadt.  
 - Treede, desgl. desgl. in Husum.  
 - Greve, desgl. desgl. in Altona.  
 - Heydorn, desgl. desgl. in Ploen.  
 - von Wickede, desgl. desgl. in Meldorf.  
 - Jensen, desgl. desgl. in Flensburg.  
 - Hotzen, desgl. desgl. in Schleswig.  
 - Frölich, Wasser-Bauinspector in Glückstadt.  
 - Münchhoff, Land-Bauinspector (techn. Hilfsarbeit.) in Schleswig.  
 - Reimers, Wasser-Bauinspector in Tönning.  
 - Boden, desgl. (techn. Hilfsarbeiter) in Schleswig.  
 - Natorp, Kreis-Bauinspector in Oldesloe.

#### 24. Regierung in Hannover.

Hr. Sasse, Regierungs- und Baurath in Hannover.  
 - Buhse, desgl. daselbst.  
 - Heye, Baurath, Wasser-Bauinspector in Hoya.  
 - Meyer, desgl. desgl. in Hameln.  
 - Hacker, Kreis-Bauinspector in Hannover.  
 - Rodde, Bauinspector (techn. Hilfsarbeiter) in Hannover.  
 - Bergmann, Kreis-Bauinspector daselbst.  
 - Tophof, desgl. in Hameln.  
 - Tesmer, desgl. in Nienburg.  
 - Hensel, desgl. daselbst.  
 - Lehmebeck, desgl. in Diepholz.

#### 25. Regierung in Hildesheim.

Hr. Rumpf, Regierungs- und Baurath in Hildesheim.  
 - Cuno, desgl. daselbst.  
 - Praël, Baurath, Kreis-Bauinspector in Hildesheim.  
 - Koppen, desgl. desgl. in Einbeck.  
 - Westphal, desgl. desgl. in Clausthal.  
 - Wichmann, desgl. desgl. in Hildesheim.  
 - Freye, desgl. desgl. in Goslar.  
 - Wolff, desgl. desgl. in Osterode a/H.  
 - Gamper, desgl. desgl. in Göttingen.  
 - Schade, Wasser-Bauinspector in Hildesheim.  
 - Heimann, Bauinspector (techn. Hilfsarbeiter) in Hildesheim.

#### 26. Regierung in Lüneburg.

Hr. Höbel, Regierungs- und Baurath in Lüneburg.  
 - Heithaus, desgl. daselbst.  
 - Brünneke, Baurath, Kreis-Bauinspector in Lüneburg.  
 - Fenkhausen, desgl. desgl. in Celle.  
 - Höbel, desgl. desgl. in Uelzen.  
 - Hartmann, desgl. desgl. in Walsrode.  
 - Röbbelen, Kreis-Bauinspector in Gifhorn.  
 - Junker, desgl. desgl. in Harburg.  
 - Schelten, Wasser-Bauinspector in Harburg.  
 - Lindemann, Kreis-Bauinspector in Hitzacker.

#### 27. Regierung in Stade.

Hr. Pampel, Regierungs- und Baurath in Stade.  
 - Hasenjäger, desgl. daselbst.  
 - Tolle, Baurath, Wasser-Bauinspector in Vegesack.  
 - Schaaf, desgl. desgl. in Stade.  
 - Valett, desgl. Kreis-Bauinspector in Buxtehude.

- Hr. Höbel, Baurath, Wasser-Bauinspector in Geestemünde.  
 - Schulz, desgl. Kreis-Bauinspector in Verden.  
 - Bertram, desgl. desgl. daselbst.  
 - Schwägermann, desgl. desgl. in Stade.  
 - Post, Kreis-Bauinspector in Neuhaus a/Oste.  
 - Bouck, Bauinspector (techn. Hilfsarbeiter) in Stade.  
 - Hellwig, Kreis-Bauinspector in Geestemünde.

## 28. Regierung in Osnabrück.

- Hr. Grahn, Regierungs- und Baurath in Osnabrück.  
 - Meyer, Baurath, Wasser-Bauinspector in Lingen.  
 - Haspelmath, desgl. Kreis-Bauinspector daselbst.  
 - Oppermann, desgl. Wasser-Bauinspector in Meppen.  
 - Reifsnier, desgl. Kreis-Bauinspector in Osnabrück.  
 - Theune, Kreis-Bauinspector daselbst.  
 - Ratjen, Bauinspector (techn. Hilfsarbeiter) daselbst.

## 29. Regierung in Aurich.

- Hr. Tolle, Regierungs- und Baurath in Aurich.  
 - Heidelberg, desgl. daselbst.  
 - Clauditz, Baurath, Wasser-Bauinspector in Leer.  
 - Wertens, Kreis-Bauinspector daselbst.  
 - Dr. Taaks, Baurath, Wasser-Bauinspector in Wittmund.  
 - Panse, desgl. desgl. in Norden.  
 - Dannenberg, desgl. desgl. in Emden.  
 - Breiderhoff, Kreis-Bauinspector in Norden.

## 30. Regierung in Münster.

- Hr. Uhlmann, Regierungs- und Baurath in Münster.  
 - Quantz, Kreis-Bauinspector daselbst.  
 - von Hülst, desgl. in Recklinghausen.  
 - Herborn, desgl. in Rheine.  
 - Balzer, desgl. in Münster.  
 - Schmitz, Bauinspector (techn. Hilfsarbeiter) daselbst.  
 - Roeder, Franz, Wasser-Bauinspector in Hamm.

## 31. Regierung in Minden.

- Hr. Eitner, Regierungs- und Baurath in Minden.  
 - Winterstein, Baurath, Kreis-Bauinspector in Höxter.  
 - Cramer, desgl. desgl. in Bielefeld.  
 - Harhausen, desgl. desgl. in Herford.  
 - Biermann, desgl. desgl. in Paderborn.  
 - Kaufmann, Bauinspector (techn. Hilfsarbeiter) in Minden.

## 32. Regierung in Arnberg.

- Hr. Geifler, Regierungs- und Baurath in Arnberg.  
 - Haege, Baurath, Kreis-Bauinspector in Siegen.  
 - Haarmann, desgl. desgl. in Bochum.  
 - Westphal, desgl. desgl. in Soest.  
 - Genzmer, desgl. desgl. in Dortmund.  
 - Hammacher, Kreis-Bauinspector in Hagen.  
 - Carpe, desgl. desgl. in Brilon.  
 - Landgrebe, desgl. desgl. in Arnberg.  
 - Annecke, Bauinspector (technischer Hilfsarbeiter) daselbst.

## 33. Regierung in Cassel.

- Hr. Zeidler, Regierungs- und Baurath in Cassel.  
 - von Schumann, desgl. daselbst.  
 - Neumann, desgl. daselbst.  
 - Blanckenhorn, Baurath, Kreis-Bauinspector daselbst.  
 - Griesel, desgl. desgl. in Hersfeld.  
 - Kullmann, desgl. Wasser-Bauinspector in Rinteln.  
 - Hoffmann, desgl. Kreis-Bauinspector in Fulda.  
 - Spangenberg, desgl. desgl. in Steinau.  
 - N. N., Wasser-Bauinspector in Cassel.  
 - Koppen, Julius, Baurath, Kreis-Bauinspector in Schmalkalden.  
 - Arnold, desgl. desgl. in Hanau.  
 - Knipping, desgl. desgl. in Rinteln.  
 - Schuchard, desgl. desgl. in Cassel.  
 - Difsman, desgl. desgl. in Melsungen.  
 - Bornmüller, Kreis-Bauinspector in Gelnhausen.  
 - Stoll, Bauinspector (techn. Hilfsarbeiter) in Cassel.

- Hr. Büchling, Kreis-Bauinspector in Eschwege.  
 - Loebell, desgl. in Hofgeismar.  
 - Rüppel, Bauinspector (techn. Hilfsarbeiter) in Cassel.  
 - Wentzel, Kreis-Bauinspector in Marburg.  
 - Leithold, desgl. in Fritzlar.  
 - Beckmann, desgl. in Fulda.  
 - Lütcke, desgl. in Kirchhain.  
 - Rosskothen, desgl. in Frankenberg.  
 - von den Berken, desgl. in Homberg.

## 34. Regierung in Wiesbaden.

- Hr. Cremer, Regierungs- und Baurath in Wiesbaden.  
 - Cuno, desgl. daselbst.  
 - Wagner, Baurath, Kreis-Bauinspector in Frankfurt a/M.  
 - Herrmann, desgl. desgl. in Geisenheim.  
 - Helbig, desgl. desgl. in Wiesbaden.  
 - Moritz, desgl. desgl. daselbst.  
 - Eckhardt, desgl. Wasser-Bauinspector in Frankfurt a/M.  
 - Scheele, desgl. Kreis-Bauinspector in Dillenburg.  
 - Cramer, desgl. in Langen-Schwalbach.  
 - Spinn, desgl. in Weilburg.  
 - Holler, Baurath, desgl. in Homburg v/d. Höhe.  
 - Hilgers, Bauinspector (techn. Hilfsarbeiter) in Wiesbaden.  
 - Hehl, Kreis-Bauinspector in Diez.  
 - Lauth, desgl. in Biedenkopf.  
 - Holtgreve, desgl. in Montabaur.  
 - Dr. von Ritgen, Bauinspector (techn. Hilfsarbeiter) in Wiesbaden.  
 - Wolfram, Wasser-Bauinspector in Diez.

## 35. Ober-Präsidium (Rheinstrom-Bauverwaltung) in Coblenz.

- Hr. Berring, Geh. Regierungsrath, Strom-Baudirector in Coblenz.  
 - Hartmann, Baurath, Wasser-Bauinspector in Düsseldorf.  
 - Demnitz, desgl. in Cöln a/Rh.  
 - von Demming, desgl. (Stellvertreter des Strom-Baudirectors) in Coblenz.  
 - Kirch, Wasser-Bauinspector (techn. Hilfsarbeiter) daselbst.  
 - Rüsgen, desgl. daselbst.  
 - Beyer, desgl. in Wesel.

## 36. Regierung in Coblenz.

- Hr. Kirchhoff, Regierungs- und Baurath in Coblenz.  
 - Möller, Baurath, Kreis-Bauinspector in Creuznach.  
 - Scheepers, Baurath, Kreis-Bauinspector in Wetzlar.  
 - Zweck, desgl. desgl. in Andernach.  
 - Henderichs, desgl. in Coblenz.  
 - Höffgen, Wasser-Bauinspector in Cochem a. Mosel.  
 - Kifs, Bauinspector (techn. Hilfsarbeiter) in Coblenz.

## 37. Regierung in Düsseldorf.

- Hr. Borggreve, Geheimer Regierungsrath in Düsseldorf.  
 - Lieber, Regierungs- und Baurath daselbst.  
 - Denninghoff, desgl. daselbst.  
 - Bormann, Baurath, Kreis-Bauinspector in Elberfeld.  
 - Niedieck, Kreis-Bauinspector in Essen.  
 - Mertens, Baurath, Kreis-Bauinspector in Wesel.  
 - Radhoff, desgl. desgl. in Geldern.  
 - Möller, Baurath, Kreis-Bauinspector in Düsseldorf.  
 - Ewerding, desgl. in Crefeld.  
 - von Perbandt, Bauinspector (techn. Hilfsarbeiter) in Düsseldorf.  
 - Rohns, comm. Wasser-Bauinspector in Ruhrort.

## 38. Regierung in Cöln.

- Hr. Gottgetreu, Geheimer Regierungsrath in Cöln.  
 - Eschweiler, Baurath, Kreis-Bauinspector in Siegburg.  
 - Freyse, desgl. in Cöln.  
 - Reinike, desgl. in Bonn.  
 - Kosbab, Bauinspector (techn. Hilfsarbeiter) in Cöln.

39. Regierung in Trier.

- Hr. Seyffarth, Geheimer Regierungsrath in Trier.
- Heldberg, Regierungs- und Baurath daselbst.
- Schönbrod, Baurath, Wasser-Bauinspector in Saarbrücken.
- Brauweiler, Kreis-Bauinspector in Trier.
- Freudenberg, Baurath, desgl. in Berncastel.
- Krebs, desgl. in Trier.
- Treplin, Wasser-Bauinspector daselbst.
- Koch, Kreis-Bauinspector in Saarbrücken.

40. Regierung in Aachen.

- Hr. Kruse, Regierungs- und Baurath in Aachen.
- Dieckhoff, Baurath, Kreis-Bauinspector daselbst.
- Nachtigall, desgl. desgl. in Düren.
- Mergard, desgl. desgl. in Aachen.
- Friling, Kreis-Bauinspector in Montjoie.
- Spillner, Bauinspector (techn. Hilfsarbeiter) in Aachen.

41. Regierung in Sigmaringen.

- Hr. Laur, Regierungs- und Baurath in Sigmaringen.

Verwaltung für Berg-, Hütten- und Salinenwesen.

- Hr. Gebauer, Geheimer Bergrath in Berlin.
- Neufang, Baurath, Bau- und Maschineninspector im Ober-Bergamts-District Bonn, in Saarbrücken.
- Dr. Langsdorf, Baurath, Bauinspector im Ober-Bergamts-District Clausthal, in Clausthal.
- Dumreicher, Baurath, Bau- und Maschineninspector im Ober-Bergamts-District Bonn, in Saarbrücken.

- Hr. Buchmann, Baurath, Bauinspector im Ober-Bergamts-District Halle a/S., in Schönebeck bei Magdeburg.
- Braun, Bau- und Maschineninspector im Bezirk der Bergwerks-Direction Saarbrücken.
- Gieseke, Bauinspector im Ober-Bergamts-District Dortmund, in Osnabrück.
- Haselow, Bauinspector im Ober-Bergamts-District Breslau, in Gleiwitz.

II. Im Ressort anderer Ministerien und Behörden.

1. Beim Hofstaate Sr. Majestät des Kaisers u. Königs, beim Hofmarschallamte, beim Ministerium des Königlichen Hauses.

- Hr. Persius, Hof-Architekt und Geheimer Regierungsrath in Berlin. (s. auch bei II. 2.)
- Tetens, Hof-Baurath in Berlin.
- Hofsfeld, Hof-Bauinspector daselbst.
- Bohne, desgl. in Potsdam.
- Hr. Krüger, Hofkammer- und Baurath bei der Hofkammer der Königlichen Familiengüter, in Berlin.
- Hr. Niermann, Hausfideicommiss-Baurath in Berlin.
- Haerberlin, Hof-Baurath in Potsdam.
- Knyrim, desgl. in Wilhelmshöhe bei Cassel.
- Geyer, Hof-Bauinspector in Berlin.

2. Beim Ministerium der geistlichen, Unterrichts- und Medicinal-Angelegenheiten und im Ressort desselben.

- Hr. Spieker, Geheimer Ober-Regierungsrath in Berlin.
- Persius, Geheimer Regierungsrath, Conservator der Kunstdenkmäler, in Berlin.
- Hr. Voigtel, Geheimer Regierungsrath, Dombaumeister in Cöln.
- Dr. Meydenbauer, Regierungs- und Baurath beim Ministerium in Berlin.
- Leopold, Baurath bei der Kloster-Verwaltung in Hannover.
- Hofmann, Land-Bauinspector und akademischer Baumeister in Greifswald.
- Merzenich, Land-Bauinspector, Architekt für die Königl. Museen in Berlin.

- Hr. Bürckner, Land-Bauinspector im Ministerium in Berlin.

- Ditmar, desgl. daselbst.
- Weber, comm. Bauinspector, Zeichenlehrer a. d. Landesschule in Pforta.

3. Beim Ministerium für Landwirtschaft, Domänen und Forsten.

- Hr. Cornelius, Geheimer Ober-Regierungsrath in Berlin.
- Kunisch, Geheimer Regierungsrath in Berlin.
- Reimann, Land-Bauinspector in Berlin.
- Runde, Baurath, Meliorations-Bauinspector in Kiel.
- Hefs, desgl. desgl. in Hannover.
- Schulemann, desgl. desgl. in Bromberg.
- Schönwald, desgl. desgl. in Cöslin.
- Schmidt, desgl. desgl. in Cassel.
- Gravenstein, Meliorations-Bauinspector in Düsseldorf.
- Köhler, desgl. desgl. in Potsdam.
- Wille, desgl. desgl. in Magdeburg.
- Fahl, desgl. desgl. in Danzig.
- von Münstermann, desgl. desgl. in Breslau.
- Nestor, desgl. desgl. in Trier.
- von Lancizolle, desgl. desgl. in Münster.
- Gerhardt, desgl. desgl. in Königsberg i/Pr.

4. Den diplomatischen Vertretungen im Auslande sind attachirt:

- Hr. Garbe, Professor und Baurath in London.
- Pescheck, Wasser-Bauinspector in Paris.
- Hinckeldeyn, Land-Bauinspector in New-York.
- Küster, desgl. in Rom.
- Volkmann, Wasser-Bauinspector in St. Petersburg.

III. Bei besonderen Bauausführungen.

- Hr. Fülcher, Regierungs- und Baurath, Mitglied der Kaiserl. Canal-Bau-Commission in Kiel.
- Tiede, Baurath, leitet den Bau des naturhistorischen Museums in Berlin.
- Haeger, Baurath, beim Bau des Reichstagsgebäudes in Berlin.
- Schwartz, Baurath, leitet die Main-Canalisirungsbauten in Frankfurt a. Main.
- Mohr, Wasser-Bauinspector, leitet den Bau des Oder-Spree-Canals in Fürstenwalde/Spree.
- Eggert, Land-Bauinspector, leitet den Bau des Kaiserpalastes in Straßburg i. Els.

- Hr. Kortüm, Land-Bauinspector, leitet die Universitätsbauten in Göttingen.
- Weyer, Land-Bauinspector, leitet den Bau des Dikasterialgebäudes in Danzig.
- Waldhausen, Land-Bauinspector, leitet die Universitätsbauten in Breslau.
- Nitka, Land-Bauinspector, leitet den Erweiterungsbau des Kaiserl. statistischen Amtes in Berlin.
- Kracht, Wasser-Bauinspector, bei den Rheinstrombauten in Bonn.
- Mütze, Wasser-Bauinspector, bei Rheinstrom-Regulirungsbauten in Coblenz.

- |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Hr. Tolkmitt, Wasser-Bauinspector, beim Bau des Nord-Ostsee-Canals in Kiel.</p> <p>- Keller, Wasser-Bauinspector, beim Bau des Nord-Ostsee-Canals in Brunsbüttel.</p> <p>- Schröder, Land-Bauinspector, leitet den Restaurationsbau der Schlofskirche in Wittenberg.</p> <p>- Thomas, Wasser-Bauinspector, leitet die Bühnenbauten auf der Insel Sylt.</p> <p>- Bergmann, Land-Bauinspector, leitet den Neubau des Eisenbahn-Directionsgebäudes in Bromberg.</p> <p>- Germelmann, Wasser-Bauinspector, leitet die Canalisirung der Stadt Emden.</p> | <p>Hr. Kayser, Wasser-Bauinspector, bei Elbstrom-Regulirungsbauten in Wittenberge.</p> <p>- Kuntze, Wasser-Bauinspector, bei dem Bau des Nord-Ostsee-Canals in Kiel.</p> <p>- Peltz, Land-Bauinspector, leitet den Neubau des Empfangsgebäudes auf Bahnhof Halle a/S.</p> <p>- Burczek, Wasser-Bauinspector, bei Elbstrom-Regulirungsbauten in Wittenberg.</p> <p>- Löwe, Wasser-Bauinspector, bei den Warthe-Regulirungsbauten in Landsberg a/W.</p> <p>- Schultz, Herm., Wasser-Bauinspector, bei den Weichselstrom-Regulirungsbauten in Kurzebrack bei Marienwerder.</p> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

#### IV. Im Ressort der Reichs-Verwaltung.

##### A. Im Ressort des Reichs-Amtes des Innern.

Hr. Busse, Geheimer Regierungsrath in Berlin.

##### B. Bei dem Reichs-Eisenbahn-Amt.

Hr. Streckert, Geheimer Ober-Regierungsrath in Berlin.

Hr. Gimbel, Geheimer Regierungsrath in Berlin.

- E. Emmerich, desgl. daselbst.

##### C. Bei dem Reichsamte für die Verwaltung der Reichs-Eisenbahnen.

Hr. Kinel, Wirklicher Geheimer Ober-Regierungsrath in Berlin.

Hr. Zimmermann, Dr., Regierungsrath in Berlin.

Bei den Reichseisenbahnen in Elsafts-Lothringen und der Wilhelm-Luxemburg-Eisenbahn.

##### a) bei der Betriebs-Verwaltung der Reichs-Eisenbahnen.

Hr. Cronau, Ober-Regierungsrath, Abtheilungs-Dirigent.

- Funke, desgl. desgl.
- Schübler, Regierungsrath, Mitglied d. Kaiserl. General-Direction.
- Hering, desgl. desgl.
- Schieffer, Eisenbahn-Bau- u. Betriebsinspector, Hilfsarbeiter bei der Kaiserl. General-Direction; sämtl. in Strafsburg.
- Kecker, Eisenbahn-Betriebs-Director, in Metz.
- Büttner, desgl. Vorsteher des betriebstechnischen Büreaus in Strafsburg.
- Ostermeyer, desgl. daselbst.
- Steltzer, desgl. in Colmar.
- Coermann, desgl. in Mülhausen.
- Schröder, desgl. in Strafsburg.
- Kriesche, desgl. Vorsteher d. bautechnischen Büreaus in Strafsburg.
- Koeltze, desgl. in Saargemünd.
- Schneidt, desgl. Vorsteher des Materialienbureaus in Strafsburg.
- von Kietzell, Eisenbahn-Bau- u. Betriebsinspector in Hagenau.
- Pabst, desgl. in Strafsburg.

Hr. Schultz, Eisenbahn-Bau- u. Betriebsinspector in Schlettstadt.

- Wachenfeld, desgl. in Mülhausen.
- Ottmann, desgl. in Metz.
- Bennegger, desgl. in Colmar.
- Weltin, desgl. in Strafsburg.
- Dietrich, desgl. in Saarburg.
- Lachner, desgl. in Saargemünd.
- Strauch, Eisenbahn-Bau- u. Betriebsinspector in Mülhausen.
- Franken, desgl. in Metz.
- Rhode, desgl. daselbst.
- Bossert, desgl. in Saargemünd.
- Fetzer, desgl. daselbst.
- Laubenheimer, Dr., desgl. in Strafsburg.

##### b) bei der der Kaiserl. General-Direction der Eisenbahnen in Elsafts-Lothringen unterstellten Wilhelm-Luxemburg-Bahn.

Hr. de Bary, Eisenbahn-Betriebs-Director,

- Salentiny, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Graff, desgl.
- Mersch, Ingenieur, sämlich in Luxemburg.

##### D. Bei der Reichs-Post- und Telegraphen-Verwaltung.

Hr. Kind, Geheimer Ober-Regierungsrath in Berlin.

- Neumann, Post-Baurath in Erfurt.
- Arnold, desgl. in Karlsruhe i/Baden.
- Wolff, desgl. in Stettin.
- Cuno, desgl. in Frankfurt a/M.
- Nöring, desgl. in Königsberg i/Pr.
- Zopff, desgl. in Dresden.
- Tuckermann, desgl. in Berlin.
- Hindorf, desgl. in Cöln (Rhein).
- Skalweit, desgl. in Hannover.

Hr. Kefslor, Post-Baurath in Berlin.

- Hegemann, desgl. in Arnberg.
- Schmedding, desgl. in Breslau.
- Hake, desgl. in Hamburg.
- Perdisch, Post-Baurath in Schwerin i/M.
- Kux, stellvertretender Post-Baurath in Posen.
- Stüler, Post-Bauinspector in Berlin.
- Neumann, Post-Bauinspector in Berlin.
- Boettger, desgl. in Breslau.
- Techow, desgl. in Berlin.

Hr. Busse, Geheimer Regierungsrath, Director der Reichsdruckerei in Berlin.

## E. Bei dem preussischen Kriegsministerium in Berlin und im Ressort desselben.

## a) Ministerial-Bau-Abtheilung.

- Hr. Afsmann, Geheimer Ober-Baurath, Abtheilungs-Chef.  
 - Voigtel, Geheimer Baurath.  
 - Bernhardt, desgl.  
 - Wodrig, Intendantur- und Baurath.  
 - Bandke, desgl.

## b) Intendantur- u. Bauräthe und Garnison-Baubeamte.

## 1. Bei dem Garde-Corps.

- Hr. Schönhals, Intendantur- und Baurath, in Berlin.  
 - Verworn, Garnison-Bauinspector daselbst.  
 - la Pierre, desgl. in Berlin.  
 - Pieper, desgl. in Potsdam.  
 - Böhm, desgl. in Berlin.

## 2. Bei dem I. Armee-Corps.

- Hr. Bruhn, Intend.- und Baurath, in Königsberg i/Pr.  
 - Kienitz, Garnison-Bauinspector in Graudenz.  
 - Zacharias, desgl. in Insterburg.  
 - Bähcker, desgl. in Königsberg i/Pr.  
 - Stegmüller, desgl. in Danzig.

## 3. Bei dem II. Armee-Corps.

- Hr. Gödeking, Intendantur- und Baurath, in Stettin.  
 - Bobrik, Garnison-Bauinspector in Colberg.  
 - Gerasch, desgl. in Stralsund.  
 - Dublanski, desgl. in Thorn.  
 - Saigge, desgl. in Stettin.

## 4. Bei dem III. Armee-Corps.

- Hr. Boethke, Intendantur- u. Baurath, in Berlin.  
 - Spitzner, Garnison-Bauinspector in Frankfurt a/O.  
 - Arendt, desgl. in Berlin.  
 - Busse, desgl. daselbst.  
 - Döbber, desgl. in Spandau.

## 5. Bei dem IV. Armee-Corps.

- Hr. Habbe, Garnison-Bauinspector, bautechn. Intend.-Mitglied  
 ad int. in Magdeburg.  
 - Ullrich, Garnison-Bauinspector in Erfurt.  
 - v. Rosainski, desgl. in Wittenberg.  
 - Schneider I., desgl. in Halle a/S.  
 - v. Zychlinski, desgl. in Magdeburg.

## 6. Bei dem V. Armee-Corps.

- Hr. Schüfsler, Intendantur- u. Baurath in Posen.  
 - Kalkhof, Garnison-Bauinspector in Glogau.  
 - Schneider II., desgl. in Posen.  
 - Herzog, desgl. in Liegnitz.

## 7. Bei dem VI. Armee-Corps.

- Hr. Steuer, Intendantur- u. Baurath in Breslau.  
 - Brook, Garnison-Bauinspector in Cosel.  
 - Zaar, desgl. in Breslau.  
 - Ahrendts, desgl. in Neifse.

## 8. Bei dem VII. Armee-Corps.

- Hr. Kührtze, Intendantur- u. Baurath in Münster.  
 - Veltman, Garnison-Bauinspector in Minden.  
 - Beyer, desgl. in Münster.  
 - Gabe, desgl. in Wesel.

## 9. Bei dem VIII. Armee-Corps.

- Hr. Steinberg, Intendantur- u. Baurath in Coblenz.  
 - Goldmann, Garnison-Bauinspector daselbst.  
 - Hauck, desgl. in Cöln.  
 - Heckhoff, desgl. in Trier.

## 10. Bei dem IX. Armee-Corps.

- Hr. von Sluyterman-Langeweyde, Intendantur- und Baurath  
 in Altona.  
 - Kentenich, Garnison-Bauinspector in Altona.  
 - Bolte, desgl. in Flensburg.  
 - Drewitz, desgl. in Schwerin.  
 - Schmidt, desgl. in Altona.

## 11. Bei dem X. Armee-Corps.

- Hr. Schuster, Intendantur- und Baurath in Hannover.  
 - Linz, Garnison-Bauinspector daselbst.  
 - Werner, desgl. in Oldenburg.  
 - Atzert, Regier.-Baumeister, Garnison-Baubeamter ad int. in  
 Braunschweig.

## 12. Bei dem XI. Armee-Corps.

- Hr. Sommer, Intendantur- und Baurath in Cassel.  
 - Gummel, Garnison-Bauinspector daselbst.  
 - Rettig, desgl. in Darmstadt.  
 - Reinmann, desgl. in Mainz.  
 - Meyer, desgl. in Frankfurt a/M.

## 13. Bei dem XIV. Armee-Corps.

- Hr. Duisberg, Intendantur- u. Baurath in Karlsruhe.  
 - Gerstner, Garnison-Bauinspector daselbst.  
 - Jungeblodt, desgl. in Freiburg i/B.

## 14. Bei dem XV. Armee-Corps.

- Hr. Appelius, Intendantur- u. Baurath in Strafsburg i/E.  
 - Ecklin, Garnison-Bauinspector in Mülhausen i/E.  
 - Rühle v. Lilienstern, desgl. in Strafsburg i/E.  
 - Stolterfoth, desgl. in Metz.  
 - Köhne, desgl. in Saargemünd.

## F. Bei dem Marineministerium und im Ressort desselben.

## 1. In der Admiralität.

- Hr. Wagner, Geheimer Admiralitätsrath und vortragender Rath  
 in Berlin.  
 - Vogeler, Wirkl. Admiralitäts- und vortrag. Rath in Berlin.

## 2. Bei den Werften und Hafengebäude-Commissionen.

- Hr. Rechter, Marine-Hafenbau-Director in Wilhelmshaven.

- Hr. Franzius, Marine-Hafenbau-Director in Kiel.  
 - C. Müller, desgl. in Danzig.  
 - Schirmacher, Marine-Hafenbau-Oberingenieur in Kiel.

## 3. Bei den Marine-Intendanturen.

- Hr. Bugge, Marine-Garnisonbau-Oberingenieur in Wilhelmshaven.

## Verzeichnifs der Mitglieder der Akademie des Bauwesens.

Präsident: Hr. Ober-Bau- und Ministerial-Director Schneider.

Stellvertreter: Hr. Ober-Baudirector Herrmann.

### A. Abtheilung für den Hochbau.

#### 1. Ordentliche Mitglieder.

1. Hr. Ober-Baudirector Herrmann, Stellvertreter des Präsidenten und Abtheilungs-Dirigent.
2. - Baurath und Professor Ende, Stellvertreter des Abtheilungs-Dirigenten.
3. - Geheimer Ober-Baurath Professor Adler.
4. - „ „ Ober-Regierungsrath Kind.
5. - „ „ „ „ Spieker.
6. - Geheimer Regierungsrath Persius.
7. - Geheimer Ober-Baurath Afsmann.
8. - Geheimer Regierungsrath und Professor Raschdorff.
9. - Professor Jacobsthal.
10. - Baurath Heyden.
11. - Professor Otzen.
12. - Stadt-Baurath Blankenstein.
13. - Baurath Schmieden.
14. - Professor Spielberg.
15. - Geheimer Ober-Regierungsrath Cornelius.

#### 2. Aufserordentliche Mitglieder.

##### a. Hiesige.

16. Hr. Director und Professor von Werner.
17. - Professor A. Wolff.
18. - Geheimer Ober-Regierungsrath Dr. Schöne.
19. - Geheimer Gesellschaft.
20. - Director an der Kgl. Nationalgalerie Dr. Dohme.
21. - Regierungs- und Baurath Emmerich.

##### b. Auswärtige.

22. Hr. Ober-Baurath und Professor Lang in Carlsruhe.
23. - Geheimer Regierungsrath Voigtel in Cöln.
24. - Geheimer Regierungsrath u. Professor Hase in Hannover.
25. - Baurath und Director Lüdecke in Breslau.
26. - Professor Giese in Dresden.
27. - Professor und Ober-Baurath Dr. von Leins in Stuttgart.
28. - Ober-Baurath, Hof-Baudirector von Egle in Stuttgart.
29. - Ober-Baurath u. Professor von Neureuther in München.
30. - Ober-Baudirector Siebert in München.

### B. Abtheilung für das Ingenieur- und Maschinenwesen.

#### 1. Ordentliche Mitglieder.

1. Hr. Ober-Bau- u. Ministerial-Director Schneider, Präsident.
2. - Ober-Baudirector Schönfelder, Abtheilungs-Dirigent.
3. - Geheimer Ober-Baurath Schwedler, Stellvertreter des Abtheilungs-Dirigenten.
4. - Geheimer Ober-Baurath Grütteffien.
5. - Wirkl. Geheimer Ober-Regierungsrath Kinel.
6. - Geheimer Ober-Regierungsrath Streckert.
7. - Professor Dr. Winkler.
8. - Geheimer Ober-Baurath Grund.
9. - „ „ „ „ Gercke.
10. - „ „ „ „ Baensch.
11. - „ „ „ „ A. Wiebe.
12. - „ „ „ „ L. Hagen.
13. - Geheimer Commerzienrath Schwartzkopff.
14. - Eisenbahn-Directions-Präsident Wex.
15. - Geheimer Baurath Stambke.

#### 2. Aufserordentliche Mitglieder.

##### a. Hiesige.

16. Hr. Geheimer Regierungsrath u. Professor Dr. von Helmholtz.

##### b. Auswärtige.

17. Hr. Geheimer Regierungsrath Dr. Werner Siemens.
18. - Civilingenieur Veitmeyer.
19. - Geheimer Admiralitätsrath Wagner.
20. Hr. Ober-Baurath Dr. Scheffler in Braunschweig.
21. - Wasser-Baudirector Nehls in Hamburg.
22. - Ober-Baudirector Franzius in Bremen.
23. - Geheimer Regierungsrath Prof. Launhardt in Hannover.
24. - Geh. Rath, Director und Professor Dr. von Bauernfeind in München.
25. - Professor O. Grove in München.
26. - „ „ Bauschinger daselbst.
27. - Geheimer Rath, Professor Dr. Zeuner
28. - „ „ Finanzrath Köpcke
29. - Wasser-Baudirector Schmidt
30. - Ober-Baurath von Brockmann in Stuttgart.
31. - Eisenbahn-Director Wöhler in Straßburg i/E.
32. - Ober-Baurath Dr. von Ehmann in Stuttgart.
33. - Baudirector Honsell in Karlsruhe.