

Original-Beiträge.

Die St. Pauls-Kirche zu Bromberg.

(Mit Zeichnungen auf Blatt 23 bis 28 im Atlas.)

Bald nach der Besizergreifung des Netzedistrikts im Jahre 1772 hatte Friedrich der Große für die evangelische Gemeinde in Bromberg ein Gotteshaus erbauen lassen. Dem Bedürfnisse einer kleinen Gemeinde von etwa 600 Seelen und der sparsamen Sinnesweise des Königs entsprechend, war dasselbe in bescheidenen Maassen und reducirten Stilformen, mit geputzten Holzdecken und ohne Thurm hergestellt worden. Das Anwachsen der Gemeinde hatte dann später vermittelt eingebauter Emporen, Verminderung der Gänge u. dgl. zu einer maximalen Ausnutzung des Raumes geführt, bis die Grenze des Möglichen bezw. Zulässigen erreicht war. Manche Versuche, den immer stärker hervortretenden Nothständen innerhalb einer Gemeinde, die bis auf 32000 Seelen herangewachsen war, durch einen rationellen Neubau ein Ende zu machen, waren bereits fehlgeschlagen, da erachtete es eine Anzahl von kirchlich und patriotisch gesinnten Männern, an ihrer Spitze Consistorialrath Taube, im Jahre 1865 für Pflicht, der lange gehegten Bauabsicht durch erneute Verhandlungen mit den städtischen und staatlichen Behörden noch ein Mal ernstlich näher zu treten. Aber auch dieses Mal war die Mühe groß, bevor der lange Weg durchmessen und das hohe Ziel erreicht wurde. Langwierige Verhandlungen über den Bauplatz und die Stellung der Kirche auf demselben sowie die kriegerischen Zeitläufte, welche eine sichere und rasche Finanzierung des Unternehmens behinderten, traten mehrfach hemmend in den Weg. So kam es, daß, obschon die Aufstellung des Entwurfs und speciellen Kostenanschlages durch den Unterzeichneten bereits im Frühjahr 1870 erfolgt war, doch erst bei dem Säcularfeste der preussischen Besitznahme des Netzedistrikts in Gegenwart Sr. Majestät des Kaisers die feierliche Grundsteinlegung am 14. September 1872 stattfinden konnte.

Leider fiel der von dem Stadtbaurathe Gräber geführte Betrieb noch in die durch maafslose Steigerung der Materialpreise und Lohnsätze übel berücktigten Baujahre, so daß eine Ueberschreitung des Anschlages unvermeidlich war und nach glücklicher Ueberwindung erneuter finanzieller Schwierigkeiten die feierliche Einweihung nicht vor dem 3. März 1876 vollzogen werden konnte.

Als Bauplatz stand ein Theil des grossen Weltzien-Platzes an der Danziger Chaussee zur Verfügung. Den grösseren Theil desselben hatten die städtischen Behörden geschenkt. Seine sehr günstige Abrundung erfolgte durch die Munificenz der K. Regierung, welche einen Theil des schönen, mit alten Bäumen bestandenen Regierungsgartens abtrat. In Folge dieser sehr dankenswerthen Opferwilligkeit hat die Kirche bei genauer Orientirung von Osten nach Westen eine sehr günstige Lage für die Betrachtung aus der Nähe wie aus der Ferne erhalten.

In dem von dem Gemeinde-Kirchenrathe aufgestellten Programme wurden in maximo 1400 Sitzplätze, theils zu ebener Erde, theils auf Emporen, ferner bequeme zugfreie Zugänge in ausreichender Zahl, eine angemessene grosse Sakristei und ein hoher Glockenthurm an der Westfront verlangt. Der durchweg zu überwölbende Bau sollte endlich schlicht und einfach in modernen rundbogigen Stilformen aus Backsteinen bei mässiger Verwendung von Terracotten erbaut werden.

Wie die Perspective, Blatt 23, und der Grundriss, Blatt 24, erkennen lassen, besteht der Baukörper aus einem quadratischen Vierungsraume — mit achteckiger flachgedeckter Kuppel darüber — an den sich zwei halbachtckige Kreuzflügel und ein quadratisches, in zwei Oblongjoche zerlegtes Langhaus anschliessen. Im Westen erhebt sich der von stattlichen Vorhallen bezw. Treppenhäusern eingefasste quadratische Thurm mit Steinhelm und im Osten beschliesst der etwas schmalere, in fünf Seiten des Achtecks endigende Chor nebst der umgangsartig angelegten Sakristei die Bauanlage.

Die Kirche hat fünf Zugänge erhalten: zwei im Osten, die sowohl zu den Emporentreppen als unterhalb derselben zur Sakristei führen, einen als Hauptportal entwickelt im Westen und je einen auf der Nord- und Südseite, der den Zugang zum Langhause und zur Orgelempore vermittelt. Für doppelten Thürabschluß ist überall gesorgt; ebenso durch die abgeschlossene Lage der massiven Steintreppen für geräuschlosen Verkehr im Innern von unten nach oben und umgekehrt.

Der Innenraum besteht aus der 13 m weit gespannten Vierung mit der auf Zwickeln ruhenden Achteckskuppel, ferner aus den mit halbachtckigen Kreuzgewölben überdeckten Kreuzflügeln, dem in gleicher Weise bedeckten Chore und dem kurzen zweijochigen Langhause. Der Fußboden liegt 0,92 m über dem Straßenspflaster, der des Chores und der Sakristei noch 0,30 m höher. Der letztgenannte Raum hat, seiner sakralen Bestimmung gemäss, innerhalb eines kleinen Polygonchörchens einen besonderen Altar erhalten. Die drei Emporen sind vermittelt geeigneter Holzbinder auf gußeisernen Säulen amphitheatralisch geordnet. Der Altar, die Kanzel und der Taufstein stehen in üblicher Weise im, bezw. am Chore; die Orgel mit dem Spieltische hat oberhalb der Sängerempore auf einer besonderen Bühne ihren Standplatz erhalten. Hinter derselben, im Westthurme befindet sich die Bälgekammer.

Die Eintheilung des geschlossenen Gestühls sowie die Lage der Gänge, sowohl unter wie auf den Emporen zeigt der Grundriss, Blatt 24. An Sitzplätzen sind pp. 1350 vorhanden; von der überwiegenden Mehrzahl derselben ist der

auf der Kanzel oder vor dem Altare stehende Geistliche zu sehen. Der gleiche Vorzug gilt von den pp. 400 Stehplätzen.

Für die Zugänglichkeit aller Gewölbe, Dachverbände, Gallerieen und Rinnen ist gesorgt. Zunächst fungiren in solchem Sinne die Treppen neben dem Chore sowie die Treppe im Westthurme. Zur Vierungskuppel führt eine eiserne Verticalleiter und zwar von dem Kuppelaltane aus, der, auf Consolen ruhend, einen innern Umgang bildet und die Dachverbände über dem Chore und den Kreuzflügeln vom Langhause aus bequem zugänglich macht. Vergl. die Durchschnitte auf den Blättern 27 und 28.

Die Tagesbeleuchtung des Innern wird unter den Emporen durch paarweis gestellte Rundbogenfenster, über den Emporen durch 13 grössere, theils zwei-, theils dreitheilige Maafswerksfenster und durch 8 Radfenster in der Kuppel bewirkt. Die von S. Majestät dem Kaiser gestifteten Chorfenster haben reiche, durch das K. Institut für Glasmalerei hergestellte Glasmalereien erhalten. Die Abendbeleuchtung erfolgt durch 208 Flammen, die theils in Kronen zu 36 Flammen vereinigt, theils als Wandleuchter zu 1 bis 3 Flammen an den Wänden und Säulen vertheilt sind.

Die sehr einfache Heizanlage ist von Heckmann und Zehender aus Mainz geliefert; die Heizung bewirken zwei Caloriferen von je 50 qm Heizfläche. Je nach Bedarf und Wunsch wird die Luft aus dem Kirchenraume selbst genommen oder von außen direct in die Heizcanäle geführt. Vergl. die Schnitte auf Blatt 27 und 28. Die Heizkammern liegen unter dem Chore, die Ausströmungsöffnungen der Warmluftcanäle sind im Fußboden vertheilt. Die Heizung hat sich bisher gut bewährt.

Die von dem Orgelbaumeister Sauer in Frankfurt a/O. gelieferte Orgel besitzt 43 klingende Stimmen und hat drei Manuale und ein Pedal, sowie acht Kastengebläse mit Kegelladen. Die drei Glocken im Gesamtgewichte von 43,87 t sind ein Werk des Gießers G. A. Jauck in Leipzig. Der schmiedeeiserne Glockenstuhl ist mit Antifrictionswellen versehen.

Auch bei diesem Bau, wie bei älteren Kirchenbauten, bei denen ihm die freie Entscheidung über die künstlerische Behandlung zustand, ist der Verfasser bestrebt gewesen, einen Beitrag zur weiteren Entwicklung der evangelischen Kirchenbaukunst dadurch zu liefern, daß er sich bemühte, eine Verschmelzung mittelalterlicher Structures mit der auf antiker Ueberlieferung ruhenden Formensprache der Gegenwart und zwar in streng synthetischem Sinne durchzuführen und gleichzeitig die äußere Erscheinung aus der inneren Raumgestaltung schlicht und organisch zu entwickeln. Ohne besondere Schwierigkeit hätte sich durch den Aufbau von zwei oder vier Flankirungsthürmen an der Vierungskuppel eine sogenannte „piquante Silhouette“ gewinnen lassen. Solche auf ihre Tendenz leicht durchschaubaren Kunstabsichten liegen dem Autor fern. Dagegen hätte derselbe die nur auf 15 m bemessene Höhererhebung der Kranzgesimse des Langhauses, der Kreuzflügel etc. gern ein wenig gesteigert, aber die Rücksichtnahme auf die ursprünglich festgesetzte Bausumme von rot. 270000 M. behinderte derartige wohlberechtigte Wünsche. Als dann unerwarteter Weise spätere Nachbewilligungen eintraten, war eine Abänderung des im Baue begriffenen Projects nicht mehr möglich.

Nach der Seite des Constructiven dürften folgende Bemerkungen genügen.

Der fast überall gleichmäßige, aus mittelfeinem Sande bestehende Baugrund gestattete die Anlage mälsig tiefer Fundamente aus gesprengten Feldsteinen, bei deren Maafsfixirung auf eine Ausgleichung der durch die verschiedenen Belastungen entstehenden ungleichen Pressungen Bedacht genommen worden ist. Der Kostenschonung halber wurden die Umfassungsmauern und Strebepfeiler in minimalen Maafsen hergestellt, aber bei sorgfältigster technischer Ausführung durch horizontal gelegte Bandeisen (in Höhen von ca. 1,25 m) derartig gestärkt, daß an keinem Punkte des Gebäudes Risse hervorgetreten sind. Die minimal gewählten Mauerstärken können daher unter Voraussetzung gleicher Bedingungen für die Praxis empfohlen werden.

Die Ziegelsteine sind von Bromberger Ziegelfabrikanten in gleichmäßiger Handarbeit in Casseler Oefen in Lederfarbe geliefert. Ein Versuch, auch die vollen Formsteine in nächster Nähe herstellen zu lassen, schlug fehl; die späteren Lieferungen derselben wie die der Terracotten übernahm die Firma March Söhne in Charlottenburg bei Berlin. Die Structur der Vierungskuppel mit ihrer Steinspitze, sowie der Thurmhelm und die im Ganzen einfachen Zimmerconstructions für die Dachverbände und die Emporen aus Holz und Eisen werden durch die Durchschnittezeichnungen auf Blatt 27 und 28 genügend veranschaulicht und bedürfen daher keiner weiteren Erläuterung. Das Gleiche gilt von der allerdings nur in den Hauptmotiven angedeuteten Ausmalung des Innern, welche dem Malermeister Th. Hase aus Berlin übertragen war. Der Altar und der Taufstein aus Seeberger Sandsteinen sind von der Firma Merkel (Keferstein) aus Halle angefertigt worden. Die Kanzel nebst Schalldeckel und Treppe, ganz aus Eichenholz sehr sauber und correct ausgeführt, ist eine Arbeit des Tischlermeisters Buchfink aus Bromberg. Die Dächer sind mit Chablonschiefer teppichartig eingedeckt. Die mit drei Zifferblättern ausgestattete Thurmuh ist ein Geschenk der Stadtgemeinde; ihre Anfertigung übernahm der Uhrmachermeister Schulz in Berlin. Der 63 m hohe Thurm und die ganze Kirche haben eine Blitzableiteranlage mit Kupferdrahtseil erhalten. Die Umgebung der Kirche ist mit Gartenanlagen geschmückt worden, die nach dem inzwischen erfolgten Abbruche des in der Nähe befindlichen alten Chausseehauses mit dem anstoßenden Garten der K. Regierung in anmuthiger Weise sich verbinden und dem Gebäude selbst zum würdigen Schmucke gereichen.

Die Kosten nach dem Revisionsanschlage haben betragen:

Titel	I ^a Maurerarbeiten	47444	M. 28	δ.
-	I ^b Maurermaterialien	145756	-	81 -
-	II Steinmetzarbeiten	6000	-	82 -
-	III Zimmerarbeiten	24296	-	89 -
-	IV Schmiedearbeiten	6303	-	23 -
-	V Eisen- und Zinkgußarbeiten	1832	-	72 -
-	VI Schieferdeckerarbeiten	5500	-	46 -
-	VII Klempnerarbeiten	6419	-	85 -
-	VIII Bildhauer- u. Stuckaturarbeiten	2393	-	76 -
-	IX Asphaltarbeiten	1192	-	41 -
-	X Tischlerarbeiten	15720	-	64 -
	Uebertrag	262861	M. 87	δ.

Uebertrag	262861	№	87	δ.
Titel XI Schlosserarbeiten	9821	-	41	-
- XII Glaserarbeiten	4898	-	09	-
- XIII Anstreicher- u. Malerarbeiten	9329	-	55	-
- XIV Heizungsanlage	7506	-	70	-
- XV Innere Einrichtung	41110	-	22	-
- XVI Leitung und specielle Beauf-				
sichtigung des Baues	31250	-	79	-
- XVII Gasbeleuchtung	7108	-	12	-
- XVIII Extraordinarium	13589	-	52	-
Gesamtsumme	387476	№	27	δ.

Da die bebaute Grundfläche rot. 950 qm beträgt, so hat das qm 407 *M.* 70 *δ.* gekostet, ein Einheitssatz, der in den oben erwähnten eigenartigen Verhältnissen selten theurer Baujahre sowie in den zahlreichen Transporten und ziemlich hohen Frachtsätzen seine genügende Erklärung findet.

In den mir vorliegenden schriftlichen Zeugnissen erfahrener Sachverständiger, darunter eines Mitgliedes hiesigen Oberkirchenrathes, ferner des ersten Pfarrers, Consistorialrathes Taube, und einiger Regierungsmitglieder wird die Akustik der Kirche übereinstimmend als eine gute bezeichnet.

Berlin, Juli 1882.

F. Adler.

Das neue Rathhaus zu Berlin. *)

Einleitung.

Das mit dem Beginne dieses Jahrhunderts hervorgetretene Bedürfnis einer Erweiterung der Geschäftsräume des Berliner städtischen Gemeinwesens mußte, bei der mit dem Wachstume der Stadt seit 1830 stetig zunehmenden Ausdehnung der Verwaltung, einen Rathhausneubau schließlich nothwendig machen. Trotz aller Uebelstände der alten Räume verzichtete man jedoch auf Abhilfe, so lange die Tilgung der Schulden aus den Kriegsjahren 1806 bis 1815 und andere dringende Ausgaben, zumal für das Schul- und Polizeiwesen, der Stadt die peinlichste Sparsamkeit auferlegten. Ein von Schinkel entworfener, nicht allzu kostspieliger Um- und Erweiterungsbau des alten Rathhauses, welcher übrigens den Anforderungen der Neuzeit nicht im entferntesten genügt haben würde, unterblieb gänzlich.

Endlich, nachdem man lange genug, unter Hinzunahme gemietheter Häuser, sich kümmerlich beholfen hatte, wurde 1856 der Beschluß zum Neubau eines Rathhauses gefaßt und das von der Königs-, Spandauer-, Jüdenstraße und Nagelgasse begrenzte Häuserviereck, von dem das alte Rathhaus die Ecke der Königs- und Spandauerstraße bildete, zur Baustelle bestimmt, deren bei weitem größerer, im Privatbesitze befindlicher Theil erst für fast drei Millionen Mark erworben werden mußte.

Nachdem durch eine 1857 ausgeschriebene Preisbewerbung ein geeigneter Entwurf nicht erlangt war, erhielt der verstorbene Baurath Wäsemann im Frühjahr 1859 den Auftrag zur Ausarbeitung und Ausführung seines Entwurfes, wobei die früher beabsichtigte Einrichtung von Verkaufsläden unterblieb, weil man sich inzwischen von der Unentbehrlichkeit des ganzen Erdgeschosses für dienst-

liche Zwecke überzeugt hatte. Zugleich wurde auf Wäsemanns Antrieb, um dem neuen Rathhause einen würdigen Vorplatz zu schaffen, die ursprünglich auf 21 m (67 Fuß) festgesetzte Breite der Königsstraße von der Jüden- bis zur Spandauerstraße auf im Mittel 36 m (rd. 115 Fuß) gesteigert. Vgl. den umstehenden Situationsplan.

Bei der Ausführung wurde zunächst der östliche Bautheil, zugleich mit dem Thurme und dem Mittelbau am großen Hofe, in Angriff genommen, das alte Rathhaus bis zur völligen Fertigstellung jenes Bautheiles in Benutzung gelassen und so der Verwaltung jede geschäftliche Störung erspart. Trotz des erheblichen Zeitverlustes, welcher durch die wegen bestehender Miethsverträge vielfach verzögerte Freilegung der Baustelle erwuchs, ist der Bau vom 1. April 1860 ab so gefördert worden, daß er im Beginne des Jahres 1870 bereits zum größten Theile seiner Bestimmung übergeben war.

Grundrifs und Raumvertheilung.

Die Grundrisse ¹⁾ sind theils aus den im ursprünglichen Programme ²⁾ gegebenen, theils aus den während der Bearbeitung und Ausführung des Entwurfes hinzugetretenen Bedingungen entstanden. Daher konnte den an Baudenkmäler „vom akademischen Standpunkte aus“ zu stellenden Ansprüchen nicht immer Rechnung getragen werden. Wegen des überaus lärmenden Verkehrs in der nächsten Umgebung des Rathhauses mußte z. B. darauf verzichtet werden, aus der Verlegung des Magistrats- und des Stadtverordneten-saales an Straßenfronten Vortheile für die künstlerische Wirkung des Bauwerkes zu erzielen.

Die Hauptabmessungen des Gebäudes betragen 98,24 m Länge zu 87,88 m Breite (313 zu 280 Fuß) bei 26 m (83 Fuß) mittlerer Fronthöhe.

Die Vertheilung der geforderten Räume geschah wie folgt:

- I. Im Kellergeschosse, bis zur Oberkante des Erdgeschosfs-Fußbodens 4,08 m (13 Fuß) hoch, vgl. den Holzschnitt auf Seite 305 u. 306, liegen:
 - a. der Rathskeller mit seinen Wirthschaftsräumen,
 - b. die Dienstwohnungen für den Castellan, den Techniker, den Portier und die Heizer (in dem mit *ABCD* bezeichneten Theil),

*) Während es sich hatte ermöglichen lassen, mit der Veröffentlichung dieses Bauwerkes bald nach seiner Vollendung durch eine Aufeinanderfolge von Zeichnungen in dem Jahrgange 1872 dieser Zeitschrift zu beginnen und selbige bis im Jahre 1876 zum Abschlusse zu bringen, war der Erbauer außer Stande gewesen, hiermit betreffs der im Jahrgange 1873 begonnenen Beschreibung gleichen Schritt zu halten. Erst später hatte er Mufse gefunden, die Daten für eine solche zusammenzustellen, und sind dieselben von ihm nicht lange vor seinem Tode der Redaction übergeben worden.

Herr Architekt L. A. Meyer, seinerzeit mit thätig gewesen bei dem Bau und mit dessen Ausführung bis ins Einzelne vertraut, hat es demnächst unternommen, jene Aufzeichnungen zu sichten, sie zu einem anschaulichen Bilde zu gestalten und so, für den Verstorbenen eintretend, eine Schuld abzutragen, durch welche dieser, nach seinem eigenen Bekennen, je länger desto mehr sich belastet fühlte.

Wir dürfen hoffen, daß die nachfolgende Beschreibung des Berliner Rathhausbaues auch jetzt noch dem Leser willkommen sein wird.
D. R.

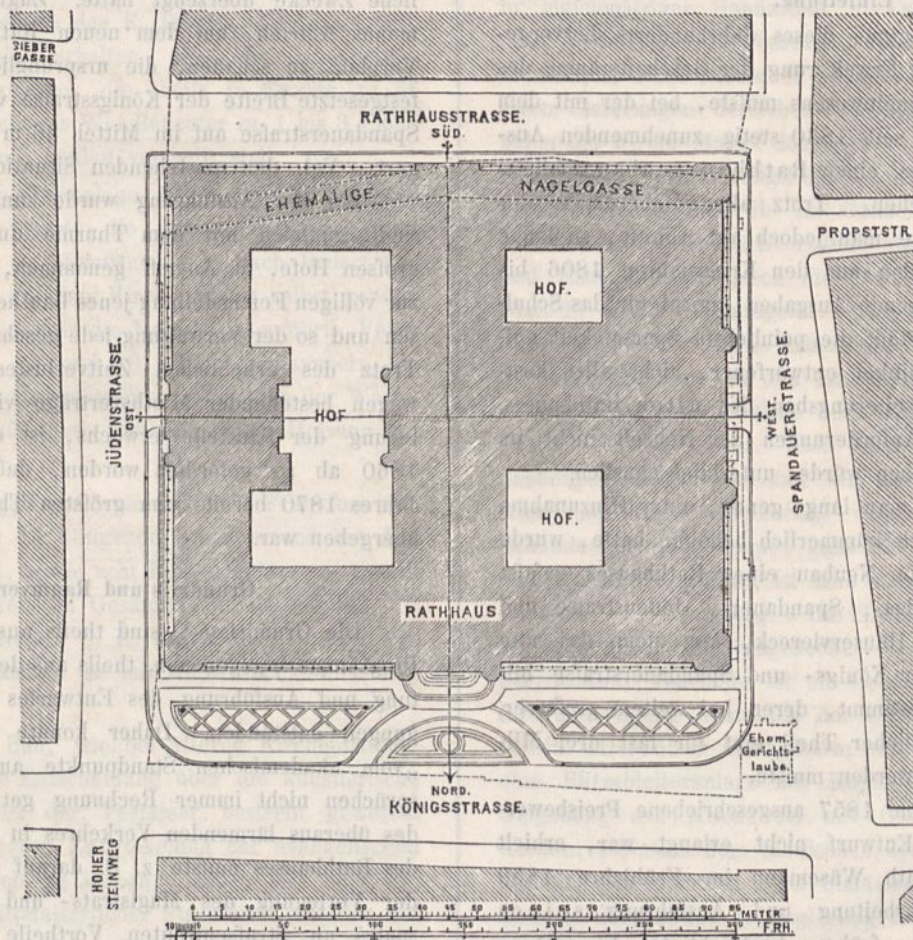
1) Vgl. Bl. 25 u. 26, Jahrg. 1872 dieser Zeitschr.

2) Vgl. S. 444 ff., Jahrg. 1857.

- c. die Kammern für die Warmwasser- und für die Luftheizung,
 - d. der Raum zur Verbrennung getilgter Schuldverschreibungen,
 - e. die Küchenräume für den Festsaal, und
 - f. Räume für Brennstoffe, Asche und Müll.
- II. Das Erdgeschoss, in dem die Oberkante des Fußbodens mit der des Granitsockels gleich liegt, ist bis zur Fußbodenoberkante des ersten Stockes 5,34 m (17 Fuß) hoch und enthält:
- a. die Stadthauptcasse,
 - b. die Sparcasse,
 - c. die Armenkasse,
 - d. die Steuerverwaltung,

- e. die Feuerversicherungsanstalt und das Militärbureau, endlich
 - f. die Portierlogen an den Eingängen in der Königs-, Spandauer- und Jüdenstrasse.
- III. Der erste Stock, theilweise mit einem Zwischengeschosse versehen, enthält:
1. in dem bis zur Fußbodenoberkante des zweiten Stockes 9,42 m (30 Fuß) hoch durchgehenden Theile:
 - a. den Magistratssitzungsaal nebst Vorraum,
 - b. den Stadtverordnetenitzungsaal nebst Vorsaal,
 - c. die Bibliothek nebst Lesezimmer;
 2. in dem mit einem Zwischengeschosse versehenen, bis zu dessen Fußbodenoberkante 4,71 m (15 Fuß) hohen Theile:

Situationsplan.



- a. das Zimmer für den Bürgermeister,
 - b. die Diensträume für die Centralverwaltung des Magistrates und die Zimmer der Stadträthe,
 - c. das Zimmer für den Oberbürgermeister,
 - d. Berathungszimmer für den Magistrat und
 - e. Bureaux für die Stadtverordnetenversammlung;
3. in dem bis zur Fußbodenoberkante des zweiten Stockes 4,71 m (15 Fuß) hohen Zwischengeschosse wurden untergebracht:
- a. die Kirchenabtheilung,
 - b. die Armenverwaltung und
 - c. eine Abtheilung der Steuerverwaltung;
4. liegt im ersten Stocke der bis zum Dachboden hinaufreichende bis zur Deckenunterkante 15,40 m hohe Festsaal.

- IV. Im zweiten Stocke, bis zur Dachfußbodenoberkante 5,49 m (17 1/2 Fuß) hoch, fanden ihre Stelle:
- a. die Bauverwaltung und deren Archiv,
 - b. das statistische Bureau,
 - c. die Schul- und Gewerbeabtheilung,
 - d. der Sitzungssaal derselben,
 - e. der Bürgersaal und
 - f. der Saal für Versammlungen der unbesoldeten Gemeindebeamten bzw. Servisverordneten.
- V. Im Dachboden sind die Räume für alte Acten hergerichtet; sonst dient derselbe, soweit er nicht durch die Oberlichter und die eisernen Hängewerke der Saaldecken in Anspruch genommen wird, nur als Standort der Wasserbehälter für die Heizung und die Löschvorrichtungen.

Die dem allgemeinen Verkehre geöffneten Corridore und Diensttreppen erhalten ihr Licht von den Höfen her. In jedem Geschoße sind zahlreiche helle und gut entlüftete Abtritte mit Wasserspülung eingerichtet.

Bauart.

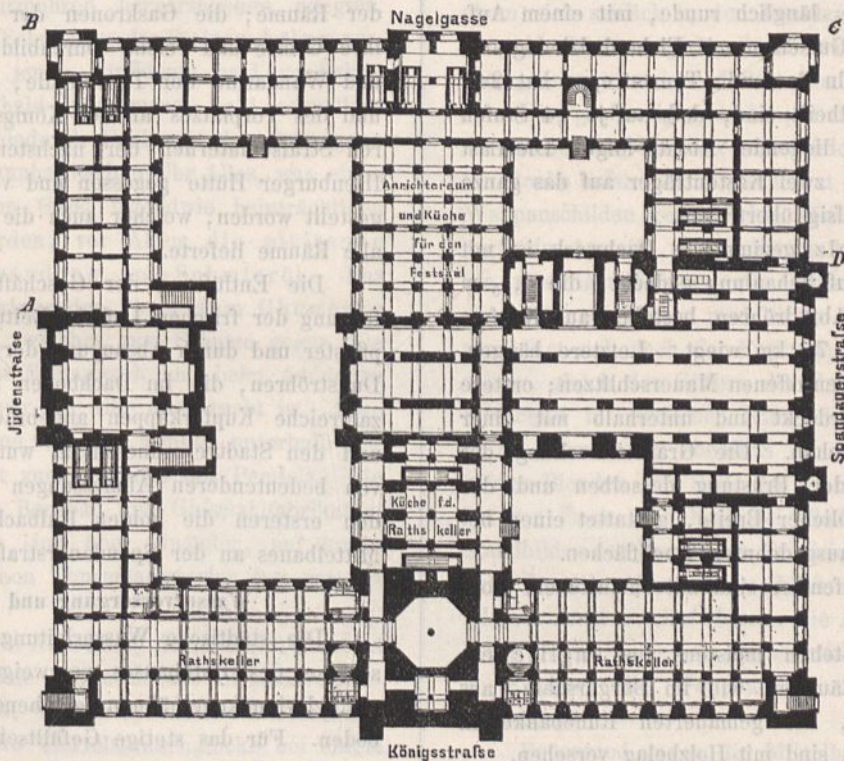
Das Rathhaus ist in Wänden und Treppen durchaus steinern erbaut. Zu den Grundmauern im Allgemeinen wurden auserlesene Rüdersdorfer Kalksteine, zu denjenigen des Thurmes und besonders stark belasteter Pfeiler Sandsteinquadern von Oberkirchleitha in Sachsen verwendet.

Alle Backsteinmauern sind durch Asphalttschichten gegen aufsteigende Nässe, die Straßenfronten überdies gegen seitliches Eindringen von Feuchtigkeit durch einen nur von den Mittel- und Eckbauten unterbrochenen, etwa 0,95 m breiten

Lichtgraben geschützt, dessen mit Granit abgedeckte Futtermauer ein kräftiges Eisengeländer trägt. Hierdurch wurde die Anordnung hoher Fenster für die Kellerräume ermöglicht. An den Mittel- und Eckbauten ist das Kellermauerwerk der Fronten mit Luftschichten versehen worden, wobei Klinker und Cement nicht gespart wurden. Dasselbe geschah bei den Fronten des großen Hofes, soweit derselbe nicht, wie die beiden kleineren Höfe, unterkellert ist. Unter dem Holzfußboden des Rathskellers liegt ein Cementbeton.

Die Frontwände und Gebäudeecken erhielten durchgehende Zuganker aus Rundeisen, deren Verschraubungen durch die Backsteinverblendung verdeckt werden. Letztere wurde, zur Sicherung sowohl gegen den Einfluß des Setzens des Kernmauerwerkes, als auch gegen Beschädigungen wäh-

Grundriss vom Kellergeschoße.



In $\frac{1}{3}$ des Maßstabes von Bl. 26, Jahrg. 1872.

rend des Baubetriebes, erst nach der Vollendung des Rohbaues ausgeführt.

Keller- und Erdgeschoße sind durchweg, theils mit preussischen oder böhmischen Kappen, theils mit Kreuzkappen geschlossen. Die Corridore und Hallen sind durchweg gewölbt und gepflastert. Der erste Stock und das Zwischengeschoße erhielten über den Geschäftsräumen und Sälen Holzdecken, deren Balken gleichlaufend mit den Fronten gelegt sind. Die Umfassungswände und Fensterbögen wurden auf diese Art entlastet und vor Schwächung durch einspringende Balkenköpfe, auch vor Uebertragung der die Fußböden treffenden Erschütterungen bewahrt; ferner vermied man die vielfachen Balkenauswechselungen, welche wegen der zahlreichen Schlitz für Gas-, Wasserleitungs- und Heizungsrohren in den Corridorwänden nöthig geworden wären. Während so die Balkenlagen über den Geschäftsräumen auf den starken Scheidewänden bzw. Gurtbögen ruhen, sind bei den Saaldecken eiserne Träger oder Hängewerke zu gleichem Zwecke angeordnet worden. Bei dem

Magistratssaale liegen die letzteren zwischen der Saaldecke und dem Fußboden des zweiten Stockes, bei dem Fest- und dem Stadtverordnetensaale im Dachboden. Für diese beiden Säle wurden die betreffenden Anordnungen von dem Geheimen Oberbaurath Schwedler entworfen.¹⁾

Im ersten Stocke und im Zwischengeschoße erhielten die Bibliothek nebst Lesezimmer, die Vorsäle des Magistrats- und des Stadtverordnetensaales, die Thurmhalle und das erste Treppenhaus Gewölbe; ebenso wurde der zweite Stock, mit alleiniger Ausnahme der großen Säle und des zweiten Treppenhauses, als Abschluß gegen den Dachboden durchgängig mit Gewölben überdeckt. Statt einer Verfüllung der zwischen diesen und den Befürungen verbleibenden Zwischenräume wurde überall Hohlmauerwerk, aus $\frac{1}{2}$ Stein starken überdeckten Wangen bestehend, oder Zwischenwölbung angewendet.

Aus den Decken der Diensträume im ersten Stocke und im Zwischengeschoße treten die mit gekehlten Brettern be-

1) Vgl. Bl. 54, 55 u. 56, Jahrg. 1869.

kleideten Balken hervor; die geschaalten Felder sind mit Kalkputz auf Doppelröhrung versehen. Die Säle und einige hervorragendere Räume erhielten Holzcassettendecken.

Die Durchfahrtshallen sind asphaltirt; der Rathskeller und die Beamtenwohnungen sind gediebt, die übrigen Keller Räume mit Mauersteinen hochkantig gepflastert. Alle Geschäftsräume haben Dielung von Kiefernholz; die Corridore aber sind im Erdgeschosse mit 10 bis 13 cm starken Granitplatten, in den oberen Geschossen mit 3 bis 5 cm starken Marmorfiesen beflurt. Die großen Säle, die beiden Berathungs- und das Oberbürgermeisterzimmer, sowie der Bürgersaal erhielten eichenen Stabfußboden, die Thurmhalle im ersten, der Thurmsaal und die Festsaalgalerie im zweiten Stocke venetianischen Terrazzoboden.

Die Treppen vom Keller bis zum Dache bestehen aus Granit, welcher meistens gestockt, bei der Haupt- und Festsaaltreppe jedoch sauber geschliffen zur Verwendung kam. Die im Dache antretende, länglich runde, mit einem Aufwande von 18600 \mathcal{M} in Gußeisen mit Eichenholzbelag ausgeführte, um zwei Spindeln laufende Thurmtrappe hat 248 Steigungen, die so eingetheilt sind, daß auf je 14 Stufen ein zwischen den Spindeln liegender Absatz folgt. Die Last dieser Treppe wird durch zwei Kastenträger auf das ganze Thurmmauerwerk gleichmäßig übertragen.

Das aus Kiefernholz gezimmerte Dachwerk ist mit englischem Schiefer auf Schaalung gedeckt; die 0,40 m breiten Dachrinnen und Abfallröhren bestehen aus Kupferblech, von dem das qm 7,5 kg wiegt. Letztere hängen, leicht zugänglich, in äußeren offenen Mauerschlitzen; erstere sind mit Laufbohlen überdeckt und unterhalb mit einer Nothrinne von Zink versehen. Die Granitabdeckung des Hauptgesimses zwischen der Brüstung desselben und der Rinne, überall von erheblicher Breite, gestattet einen bequemen Umgang um die ausgedehnten Dachflächen.

Die eichenen Doppelfenster sind mit rheinischem Doppelglase verglasert.

Die Lattebretter bestehen meistens aus englischem Schiefer, in einigen Räumen, wie im Bürgersaale, aus schlesischem Marmor, die gemauerten Ruhebänke in den Corridorfensternischen sind mit Holzbelag versehen.

Der Dachboden wird durch zahlreiche Schlitzfenster im Hauptgesimse und durch flachliegende Dachluken erleuchtet.

Die Thüren der untergeordneten und der Diensträume sind zum größeren Theile zweiflügelig in ausgefalteten Futterrahmen, gestemmt, in den Rahmstücken 4 cm oder bei 2 Dicken 5,25 cm stark, mit durchweg aus 3 Dicken verleimten Füllungen, in Kiefernholz, die Saalthüren ähnlich, jedoch in Eichenholz ausgeführt.

Heizung, Beleuchtung und Entlüftung.

Abgesehen von dem Fest- und dem Stadtverordneten-saale werden die Räume durch eine Warmwasserheizung erwärmt. Jeder der 9 Heizbezirke hat 2 Kessel und ein besonderes Röhrennetz, dessen Kupferröhren in den Abtritten meistens frei auf der Wand, in den Corridoren und Treppenhäusern in Mauerschlitzen hinter einfachen Gußeisengittern angebracht sind. In allen Geschäftsräumen, im Magistrats- und im Bürgersaale, auch in einigen anderen Sälen sind sauber lackirte Säulenöfen von Eisenblech, meistens auf kugelförmigen Füßen und mit schlichten Sockel- und Kranz-

gesimsen versehen, aufgestellt. In der Bibliothek, dem Vorsaale des Festsaales u. s. w. sind die Heizungsrohre in schrankartigen Gehäusen von bronzirtem Gußeisen angeordnet.

Von C. Heckmann in Berlin wurde die Wasserheizung, unter der besonderen Leitung des Ingenieurs H. Rösicke, ebenso zweckentsprechend und gediegen ausgeführt, wie die Luftheizung für den Fest- und den Stadtverordneten-saal von dem Ofenbaumeister Müller in Breslau eingerichtet worden ist.

Sämmtliche Schornsteinköpfe sind durch gußeiserne Decktafeln gegen Auswitterung und Beschädigung geschützt.

Die Hauptstränge der von der städtischen Anstalt eingerichteten Gasbeleuchtung, welche sich auf alle Theile und Räume des Hauses erstreckt, liegen, gleich denen der Wasserheizung und Wasserleitung, in Mauerschlitzen, durch gußeiserne Gitter verdeckt. Die Gestalt der Beleuchtungskörper entspricht überall der Bestimmung und Bedeutung der Räume; die Gaskronen der Säle zeichnen sich durch ihre Größe und reiche Durchbildung aus. Die Candelaber und Wandarme der Thurmhalle, der beiden Treppenhallen und des Vorplatzes an der Königsstraße, sowie die kleineren Straßenslaternen der nächsten Umgebung sind in der Ilsenburger Hütte gegossen und von Elster in Berlin fertiggestellt worden, welcher auch die Kronen, Arme u. s. w. für alle Räume lieferte.

Die Entlüftung der Geschäftsräume erfolgt durch Zuführung der frischen Luft in Leitungen unter dem Corridor-pflaster und durch Absaugung der verdorbenen Luft mittelst Dunströhren, die im Dachboden münden, auf dessen First zahlreiche Kupferkappen angebracht sind. Für den Fest- und den Stadtverordneten-saal wurden Absaugevorrichtungen von bedeutenderen Abmessungen vorgesehen und dabei für den ersteren die hohlen Halbdeckpfeiler zur Seite des Mittelbaues an der Spandauerstraße nutzbar gemacht.

Wasserversorgung und Entwässerung.

Die städtische Wasserleitung speist das durch alle Geschosse des Rathhauses verzweigte Röhrennetz, sowie die mit Schwimmkugelhähnen versehenen Wasserbehälter im Dachboden. Für das stetige Gefülltsein der letzteren wird ganz besonders Sorge getragen. Gutes Trinkwasser liefern die in Backsteinmauerung gesenkten Kesselbrunnen, in jedem der drei Höfe, welche theils mit Asphalt, theils mit Mosaikpflaster belegt sind.

Das Grundstück ist durch eine Thonrohrleitung nach der Spree hin entwässert. Die betreffende Anlage wurde von den Civilingenieuren Veitmeyer und Moore ausgeführt.

Asche, Müll und alle trockenen Abgänge werden unter den Höfen in gemauerten Gruben angesammelt, deren Entleerung zur Abfuhr durch die in den Gewölben ausgesparten Oeffnungen erfolgt, welche auch zum Hinabschütten der Steinkohlen benutzt werden.

Schutz gegen Feuersgefahr und Blitzschlag.

Ein Hauptaugenmerk wendete der Baumeister der Feuersicherheit seines Werkes zu und sorgte daher für Einwölbung der oben genannten Räume, für Pflasterung des Dachbodens zum größten Theile, und für Sondernung desselben durch die, die Dachfläche überragenden, mit englischen Schieferplatten gedeckten Brandmauern in Räume von höchstens 30 m Länge, welche durch starke schmiedeeiserne

Thüren gegen einander abgeschlossen sind. Zur erfolgreichen Bekämpfung von Feuersbrünsten sind in den Bodenräumen 8 stets mit je 3 cbm Wasser gefüllte Eisenblechbehälter und eine Anzahl von Spritzen aufgestellt, auch in allen Geschossen zahlreiche Feuerhähne eingerichtet worden. Das Rathhaus steht mit dem Hauptamte der Feuerwehr in unmittelbarer Verbindung durch einen Jedermann zugänglichen, an einer Wand der Durchfahrt angebrachten Feuermelder; auch ist dasselbe mit einer von dem Civilingenieur Veitmeyer ausgeführten Blitzableiteranlage versehen.

Thurmuhr.

Die von Johann Mannhardt in München gefertigte, nach jedesmaligem Aufziehen 8 Tage lang gehende Thurmuhr hat ein Stunden- und Viertelstundenschlagwerk und eine eigenartige Pendelvorrichtung, welche die Uhr gegen alle Nachteile schützt, die seither aus der Einwirkung der Wärme und Witterung auf Thurmuhren hervorzugehen pflegten. Während früher das zum Schmieren der Steigeradzähne verwendete Oel sich unter jenen Einflüssen bald verdickte, bald verdünnte und so bald langsamere, bald schnellere Pendelschwingungen und dadurch Fehler in der Zeitangabe verursachte, ist an der Mannhardtschen Uhr Alles, was einen ruhigen und gleichmäßigen Gang irgendwie beeinträchtigen könnte, vermieden worden, vor Allem die gleitende Reibung und die Anwendung von Schmieröl. Das Gehwerk hat ein freischwingendes, von dem Uhrwerke abgesondertes Pendel, welches zum Schutze gegen alle Erschütterungen durch das Schlagwerk und beim Aufziehen der Uhr an der Wand über der Uhr angebracht ist. Eine geringe, in Zwischenräumen von $\frac{1}{2}$ Minute unterhalb der Linse geübte Kraft genügt zum Antriebe des Pendels. Die vom Bochumer Verein für Bergbau und Gußstahlfabrikation gelieferten beiden Glocken sind über einander, auf durchgehender, mit dem eisernen Thurmdachwerke fest verbundener Spindel befestigt.

Vermöge dieser freien Anordnung der Glocken übertönt deren Schall das betäubende Geräusch des Straßverkehrs. Die Stundenglocke hat bei einem unteren Durchmesser von 1,44 m den Ton d, die Viertelstundenglocke bei einem solchen von 1,12 m den Ton g. Die 4 Zifferblätter von 4,60 m Durchmesser bestehen aus einem mit mattirtem Spiegelglase verglasteten Eisengerippe und sind mit einer Vorrichtung zur nächtlichen Erleuchtung mit Gas versehen. Die Uhrzeiger sind aus starkem Messingbleche getrieben und schwarz emaillirt.

An Kosten erforderte die Herstellung der Uhr:

1. für Uhrmacherarbeiten einschl. Nebenkosten	12054 M.
2. für die Glocken einschl. Schlagwerk, Hinaufschaffen u. s. w.	3185 -
3. für die vier Zifferblätter einschl. Nebenarbeiten	11798 -
4. für die Herstellung von Verschlügen, Pendel- u. Gewichtskästen, sowie für Maurer-, Zimmer-, Tischler- und Schlosserarbeiten	3573 -
somit zusammen 30610 M.	

Außere Gestalt des Bauwerkes.

Die durch Mittel- und Eckbauten wirksam gegliederten Fronten, deren Einzelheiten sich an oberitalienische

und toscanische Vorbilder anschließen, erheben sich in dunkelrothem Ziegelbau über einem hohen Sockel von grauem schlesischem Granit und zeigen im Erdgeschoße flachbogige, in den oberen Stockwerken rundbogig geschlossene Fenster, letztere mit Sandsteinmaafswerken versehen, welche da, wo das Zwischengeschoß eingeschaltet ist, die Balkenlage und die Brüstung desselben decken. Alle verzierten, mit schlesischem Granit abgedeckten waagerechten Gesimse und Friese, ebenso die meist reichen Umrahmungen aller Oeffnungen, die figürlichen Reliefs, Friestafeln u. s. w. sind aus gebranntem Thon hergestellt.

Die Fenster des vorwiegend Cassenräume enthaltenden Erdgeschosses sind sämtlich durch schöne schmiedeeiserne Gitter verschert.

Das Gebäude wendet der Königsstraße seine Hauptansicht zu, deren Mitte durch einen kräftig herausspringenden, von Achteckpfeilern begrenzten Bau¹⁾ betont ist, welchem sich seitlich in den Rücklagen je 9 Fenster anreihen. Den Abschluss an jeder Straßenecke bilden die 1,20 m vorspringenden einaxigen Eckbauten.²⁾

Die großartig gedachte, tief in den Mittelbau eingeschnittene, von der weit vorladenden Freitreppe bis zum zweiten Stocke aufsteigende Nische hat eine mit Laubgewinden und Wappenschilden geschmückte Einfassung. Im ersten Stocke ragt ein Austritt in die Nische hinein, dessen Hintergrund ein mächtiges Fenster mit Glasmalereien und dessen Brüstung ein von Hagen modellirtes Wappenfeld bildet. Darunter öffnet sich nach der Freitreppe zu der Haupteingang mit seiner, gleich den Gittern der Ergeschoßfenster, von Schulz-Hauschild in zierlicher Schmiedearbeit hergestellten Thür, deren Umrahmung ebenfalls ein Werk Hagens ist. In den beiden Blenden, zur Seite der Nische, stehen die nach Modellen von Encke und Keil bei Gladenbeck in Erz gegossenen Standbilder des Kurfürsten Friedrich I³⁾ und des Kaisers Wilhelm I. Die sitzenden weiblichen Gestalten in den Rundfeldern darüber schuf Hagen, die Adler in den Bogenzwickeln Wilh. Wolff, die Greifenzwickel des zweiten Stockes⁴⁾ A. Fischer, die Wappenfelder unter dem Hauptgesimse⁵⁾ Dankberg.

Bedeutend gegen die Mittelbauflucht zurücktretend, erhebt sich der Thurm⁶⁾ mit seinem abgestumpften Kupferdache und überragt von dem, gleich der hohlen Fahnenstange, deren Blitzableiterspitze 97 m über der Königsstraße liegt, in Schmiedeeisen ausgeführten Glockenstuhle, vgl. den Holzschnitt auf der nächsten Seite.

Der Uebergang vom Hauptgesimse des Mittelbaues zum Fusse des Thurmes wird auf der letzteren Vorderseite durch die von schlanken Sandsteinsäulen getragene Thurm-gallerie bewirkt, deren beide achteckige, mit Säulen und Blenden verzierte Abschlußpfeiler zugleich die Krönung der Eckpfeiler des Mittelbaues bilden.

Die durchbrochenen, fünfseitigen Ecken der oberen Thurmgeschoße mit ihren hohen Sandsteinsäulen lassen, im Vereine mit den schlanken Maafswerkfenstern, den sonst

1) Vgl. Bl. 24, Jahrg. 1872.

2) Vgl. Bl. 42, Jahrg. 1872.

3) Nicht des Königes Friedrich I, wie, der ursprünglichen Absicht entsprechend, auf Bl. 24, Jahrg. 1872, angegeben worden ist.

4) Vgl. Bl. 63, Jahrg. 1875.

5) Vgl. ebendaselbst.

6) Vgl. Bl. 59, Jahrg. 1872.

schweren Thurmkörper in leichteren Verhältnissen erscheinen. Acht oberhalb der Thurm-gallerie vorspringende Verstärkungen tragen je einen 2,70 m hohen schildhaltenden Bären, das Wappenthier der Stadt Berlin, nach Wilh. Wolff's Modell in gebranntem Thon bei March in Charlottenburg farbig ausgeführt.

In der Axe des mächtigen Mittelbaues an der Spandauerstrafse ¹⁾ liegt die Thoröffnung der Durchfahrt nach der Jüdenstrafse, mit zwei Eingangspforten zu jeder Seite; sämtliche Oeffnungen sind rundbogig und mit Schmiedeeisengittern geschlossen, welche bei den Pforten zur Abwehr des Zuges mit Spiegelscheiben verglaset wurden. Die trefflichen sandsteinernen Schlusssteinköpfe der 4 kleineren Bögen rühren von dem stattlichsten Theile des alten Rathhauses her. Ueber dem Erdgeschoss zeigt das Hauptgeschoss des Festsaales 5 grofse, der zweite Stock desselben 11 kleinere Rundbogenfenster. Die Zwickel der ersten sind mit weiblichen Gestalten von Drake ²⁾, Wissenschaften und Künste darstellend, gefüllt. ³⁾ Die senkrecht über den 6 Granitkragsteinen des Balcones angebrachten Friestafeln ⁴⁾ modellirte Calandrelli.

Die Eintheilung der Ansicht an der Jüdenstrafse gleicht im Wesentlichen jener an der Spandauerstrafse; der Mittelbau ⁵⁾ ist hier jedoch schmaler und von schlankeren Verhältnissen, da die hohen Fenster zwischen den Achteckpfeilern hier ziemlich eng gekuppelt sind. Zur Seite der Durchfahrtsöffnung befindet sich nur je eine Eingangspforte, genau wie dort, und mit Gittern geschlossen.

Die Bogenzwickel der Fenster des ersten Stockes zeigen sinnbildliche Gestalten des Ackerbaues, des Handels, des Maschinenbaues und der Schifffahrt, höchst reizvolle Arbeiten von A. Fischer. ⁶⁾

1) Vgl. Bl. 43, Jahrg. 1872.
 2) Durch ein Versehen ist auf dem betreffenden Blatte A. Fischer als Urheber genannt.
 3) Vgl. Bl. 66, Jahrg. 1876.
 4) Vgl. ebendasselbst.
 5) Vgl. Bl. 58, Jahrg. 1872.
 6) Vgl. Bl. 39, Jahrg. 1875 dieser Zeitschr. u. Bl. 4 i. Heft V, Jahrg. 1869 d. Arch. Skizzenb.

Die Ansicht an der Rathhausstrafse ist, der geringeren Bedeutung der letzteren entsprechend, erheblich schlichter als die übrigen behandelt; an Stelle der dortigen Mittelbauten wurde hier nur eine flache, 2 Fenster breite Vorlage angeordnet.

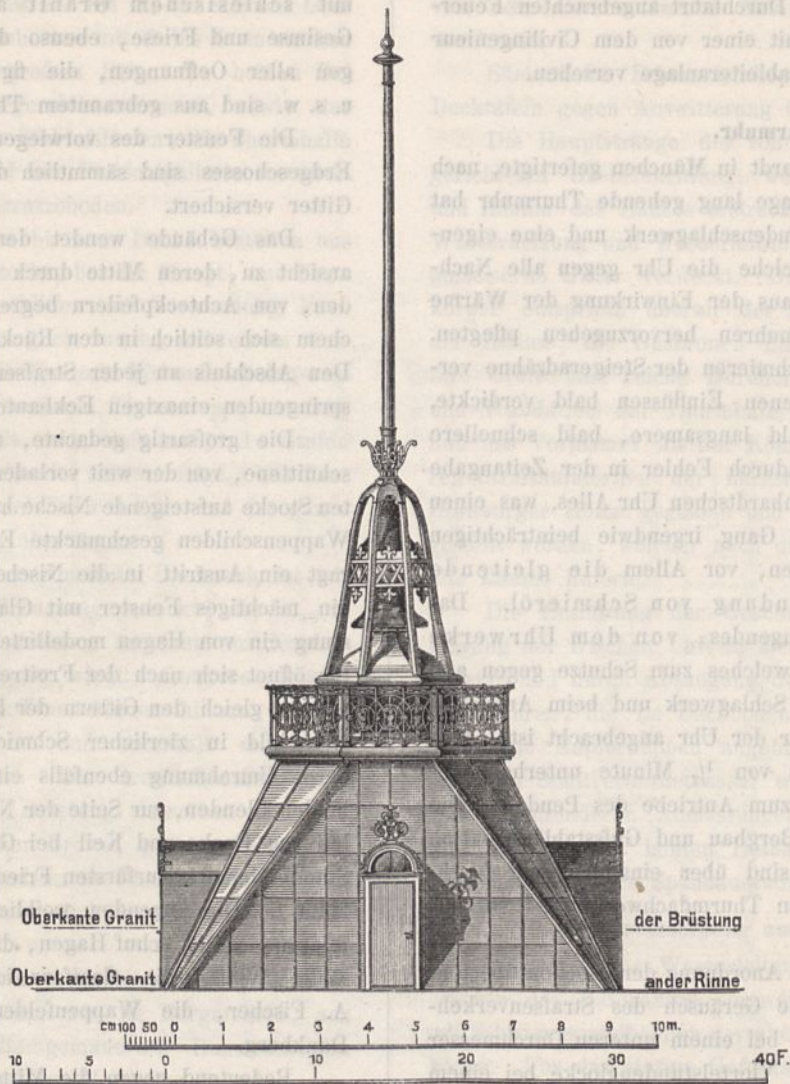
Wenige Jahre vor seinem Tode hatte der Erbauer des Rathhauses noch die Freude, die Brüstungen der Balcones des ersten Stockes mit dem ihnen längst zugedachten bildnerischen Schmucke, unter seiner eigenen Leitung ausgeführt, geziert zu sehen und dabei seinen Lieblingsgedanken zu verwirklichen, in diesem Friese eine Darstellung der Geschichte Berlins von ihren dunkelen Anfängen bis auf die heutige Zeit in grofsen Zügen zu geben. ¹⁾ Wir erblicken:

- I. in der Rathhausstrafse, am Spandauerstrafseneckbau: die Bekehrung der heidnischen Wenden; am Mittelbau: die Urbarmachung des Landes und die Erbauung der Stadt; endlich am Jüdenstrafseneckbau: Landleute mit Erzeugnissen ihrer Wirthschaft zu Markte ziehend;
- II. in der Jüdenstrafse, am Rathhausstrafseneckbau: Bilder

aus dem häuslichen Leben; am Mittelbau: die Rechtspflege (Gerichtslaube, Kaak, Roland) und am Königstrafseneckbau: Bilder aus dem Kriegsleben;

III. in der Königsstrafse, vom Thurme linker Hand: das gesellige Leben, die Gewerbethätigkeit, den Marktverkehr, die Schule, die Anfänge des Grofshandels in der mittelalterlichen Zeit, die Abwehr räuberischer Ueberfälle (die Quitzows), die Armen- und Krankenpflege, die Anerkennung der kurfürstlichen Oberhoheit und den Schlofsbau der Hohenzollern, und vom Thurme rechter Hand: Tetzels Ablaßkram, die Buchdruckerei (Thurneisser), die Aufnahme der vertriebenen französischen Protestanten, die Gründung der Akademie der Wissenschaften (Sophie Charlotte und Leibniz), das Erblühen der Künste unter König Friedrich I (Schlüter), den Beginn des Kunstgewerbes (Porcellanfabrik) und des Seidenbaues unter Friedrich dem Grofsen, die Verleihung der Städteordnung durch Friedrich Wilhelm III, das Wiedererwachen des vaterländischen Be-

1) Die auf den Kupfertafeln angedeuteten Friese sind lange vor deren Ausführung skizzirt und dieser daher nicht entsprechend.



wufstseins (Fichte, Schleiermacher, Jahn), die Opferfreudigkeit des Volkes, den Aufbruch zum Kampfe gegen Napoleon I und die Einholung der wiedereroberten Victoria auf dem Brandenburger Thore;

IV. in der Spandauerstrafse, am Königstrafseneckbau: das Zeitalter Friedrich Wilhelms III (Künstler und Gelehrte); am Mittelbau: das Zeitalter Friedrich Wilhelms IV; Aufschwung des Gewerbelebens, der Künste und der Wissenschaften; am Rathhausstrafseneckbau: die Begeisterung über die Wiederaufrichtung des Deutschen Reiches.

Die Friese an der Königsstrafse zur Linken vom Thurme schuf Otto Geyer, die zur Rechten Brodow, die an der Spandauerstrafse Calandrelli, endlich die an der Rathhaus- und Judenstrafse Schweinitz.

Die Zwickel der Rundbogenfenster in den Eckbauten hat an der Königs- und Judenstrafen-, sowie an der Juden- und Rathhausstrafsenecke A. Fischer, an der Königs- und Spandauerstrafsenecke Siemering, endlich an der Spandauer- und Rathhausstrafsenecke zur Strafsen mit Bildwerken geschmückt.¹⁾ Die seitlich über den Tragsteinen der Eckbalcone angebrachten nahezu quadratischen Reliefs wurden von Siemering, die vorn, senkrecht über den Tragsteinen aller Balcone verwendeten Friese von Schiffelmann modellirt.²⁾

Verwendete Materialien.

Für die Verblendung der Strafsenseiten gingen alle schlichten Ziegel aus den Augustinschen Hütten zu Lauban in Schlesien, alle verzierten und Bildwerke aufweisenden Stücke aus den Marchschen Werkstätten in Charlottenburg hervor. Der mattröthliche Sandstein der Fenstermaafswerke wurde aus den Brüchen zu Nebra, der zu dem Sockel und den Gesimsabdeckungen verwendete Granit aus Strehlen und Striegau bezogen.

Vorkehrungen für spätere Berüstung des Aeusseren.

Zum Berüsten der Strafsenfronten bei der Anbringung von Gasröhren für festliche Beleuchtungen, sowie von Gehängen, Wappenschilden und Bannern zur Ausschmückung des Gebäudes dienen die aus den waagerechten Streifen der Fensterpfeiler hervorspringenden, grosstheils durchbohrten eisernen Knäufe. Eine Vorkehrung, welche die Verwendung fliegender Gerüste vor den Uhrzifferblättern möglich macht, ist durch die Einmauerung gufseiserner Muffen zur Aufnahme der in die Thurmmauer einzuschiebenden Rüsthölzer geschaffen.

Die Ansichten der Höfe.

Wie die Fronten an den Strafsen wurden auch diejenigen der Höfe in Ziegelrohbau, im Kreuzverbande, ausgeführt, wobei in letzteren alle Gesimse mit starken englischen Schieferplatten abgedeckt sind. In dem grosfen 56,5 zu 25 m messenden Hofe ist die nach der Judenstrafse zu gewendete Durchfahrt,³⁾ gleich den beiden gegenüberliegenden zu den Bureaux führenden Treppen, besonders stattlich hervorgehoben. Der erstgenannte „Mittelbau am grosfen Hofe“ enthält über der Durchfahrt und den Pforten in der kräftigen, von Achteckpfeilern eingefafsten Vorlage

1) Vgl. Bl. 42. Jahrg. 1872 u. Bl. 40. Jahrg. 1875 sowie Bl. 46. Jahrg. 1876.

2) Vgl. Bl. 67, Jahrg. 1876.

3) Vgl. Bl. 60, Jahrg. 1872.

drei mächtige Rundbogenfenster. Das Sandsteinmaafswerk des mittleren derselben enthält in seinen Zwickeln, neben einem Wappenschilde, zwei nach Bläser's Erfindung von Itzenplitz gemeisselte Gestalten,¹⁾ welche Berlins Entwicklung „vom Fischerdorfe zur Weltstadt“ andeuten sollen.

Im Uebrigen ist dieser Hof dadurch, daß die Oeffnungen in seinen Fronten überall dem Bedürfnisse genau entsprechen, wirkungsvoll belebt. Einen besonders anziehenden Abschluß erhält der Blick nach Norden durch den über das Haus hoch emporragenden Thurm, dessen Verkürzung in der „Froschperspective“ einen überraschenden Eindruck macht.

Mit Ausnahme der grosfen Rundbogenfenster des Magistratssaales und des Haupttreppenhauses sind die Fenster der unteren Geschosse am grosfen Hofe flachbogig geschlossen. Für den zweiten Stock hingegen ist eine ringsumlaufende Rundbogenstellung auf zierlichen Säulen aus röthlichem Nebraer Sandsteine gewählt worden.

Die einfacher behandelten Fronten der kleineren Höfe erhalten durch die mächtigen Fenster der Festsaal- und der Haupttreppe sowie des Stadtverordnetensaales ein reich belebtes Ansehen. Vier Sandsteinköpfe von schöner Arbeit, dem alten Rathhause entnommen, fanden als Schlußsteine der die kleineren Höfe mit der Durchfahrt verbindenden Pforten Wiederverwendung.

Oberhalb der mit dunkelen „Rathenowern“ verkleideten Plinthe der Höfe sind sämtliche Flächen der Fronten mit Ziegeln aus Hermsdorf bei Berlin verblendet.

An die im Rohbau gehaltenen Hofansichten schliessen sich folgerichtig in gleicher Ausführung die Durchfahrten und Durchgänge an, gleichsam eine Fortsetzung von dem äusseren Gewande des Hauses bildend. Die Wände und Pfeiler dieser Hallen sind mit blaßrothen Hermsdorfer Ziegeln bekleidet, die Kreuzgewölbe dagegen erhielten Rippen und Schlußrosetten aus dem gleichen Ziegelthone, während die Kappen mit lichtgelblichen Backsteinen eingewölbt wurden.

In dem zwischen der Judenstrafse und dem grosfen Hofe belegenen Theile der Durchfahrt sind in den beiden stärkeren, der Hoffront näheren Pfeilern Actenaufzüge angeordnet, welche die Botenzimmer in bequemste Verbindung mit dem Actenwagen setzen. Die betreffenden, von der Thomasschen Fabrik hierselbst besorgten Einrichtungen sind im Skizzenbuche für den Ingenieur und Maschinenbauer, herausgegeben von Wiebe, Jahrg. 1870, Heft I, Bl. 4 und 5, dargestellt.

Die statt des mittleren Gewölbefeldes zwischen den Aufzugs- und den Frontpfeilern angeordnete Deckentäfelung kann, wenn gröfsere Gegenstände in die oberen Geschosse hinaufzuwinden sind, gleich einer Fallthür geöffnet werden.

Besonderer Erwähnung werth sind noch die beiden seitlichen, um einige Stufen über die Fahrbahn emporgehobenen Erweiterungen der Durchfahrt auf der Spandauerstrafsenseite, welche den Zugang zu den Geschäftszimmern des Erdgeschosses vermitteln. Die jene Vorräume schliessenden, mit Rippen und Wappenfeldern verzierten Spiegelgewölbe können als Muster einer Ausführung im Rohbau bezeichnet werden.

Die vortreffliche Ausführung der Maurerarbeiten geschah bei dem Rathhausbau durch die Meister: Einsiedler, Grundmann, Dammeier, Jung, Piefke und Urban.

1) Vgl. Bl. 63, Jahrg. 1875.

Innere bezw. künstlerische Ausstattung des Gebäudes.

Der Benutzungsart der Räume entsprechend, gestaltete sich die innere bezw. die künstlerische Ausstattung des Gebäudes höchst mannigfaltig.

Im Keller verdient der am 5. October 1869 eröffnete „Rathskeller“ besonders erwähnt zu werden, der sich, zumeist als vierschiffige Halle gestaltet, längs der ganzen Königsstraßenseite ausdehnt und weiterhin noch die Räume an der Spandauer- und Jüdenstraße fast bis an die dortigen Mittelbauten einnimmt. Durch leichte Schranken sind die Abtheilungen für den Wein- und den Bierausschank von einander geschieden, deren erstere sich vom Thurme bis zur Spandauerstraße und deren letztere sich von demselben bis zur Jüdenstraße erstreckt. Die beiden Eingänge wurden in den Königsstraßenseckbauten, jedoch an jenen beiden Straßenseiten, angeordnet.

Durch Fortlassung einzelner Pfeiler der mittleren Reihe und Einführung von entsprechenden Verstärkungen der Gewölbe konnten in der Mitte einige größere Gewölbefelder ohne den Verkehr hindernde Stützen, durch mächtige Gurtbögen gegliedert, geschaffen werden.

Die flachen böhmischen Kappen, sowie die Wand- und Pfeilerflächen des Rathskellers sind oberhalb des Oelpaneeles mit Leimfarbe in warmen röthlichen Tönen gestrichen.

Das ringförmige flache Gewölbe mit seichten Stichkappen über der unter dem Thurme belegenen achteckigen Mittelhalle wird von einer gedrungenen Säule getragen, deren Knauf ein Abgufs von demjenigen der Mittelsäule im Erdgeschoße der vielbesprochenen „Gerichtslaube“ des alten Rathhauses ist, welche nach ihrer endlichen Beseitigung im Babelsberger Park wieder aufgebaut worden ist.

Der Maler A. von Heyden hat die flachbogig geschlossenen Wandfelder der Mittelhalle mit sechs trefflichen auf das Trinken bezüglichen Gemälden geschmückt. Zeher ältester und neuester Zeit, Vertreter verschiedener Völker sind beim Genusse mehr oder minder berauschender Getränke schwelgend dargestellt; launige Reime unter den Bildern erläutern dieselben.

Zahlreiche von dem bekannten Schriftsteller Dr. Rudolph Löwenstein theils ausgewählte, theils um- und neugedichtete Trink- und Kernsprüche, voll Witz und Lebensweisheit, sind an die Wände und Bögen aller Räume des Rathskellers geschrieben.

Hinter der Mittelhalle liegt, am großen Hofe, die Rathskellerküche.

Für die Wandflächen der Cassen- und Geschäftsräume, sowie der Corridore und Dienstreppenhäuser, wurde statt des sonst für derartige Räume üblichen Anstriches in Leimfarben ein solcher in Oelwachsfarben gewählt, auf Grund von trüben in dem zuerst ausgeführten Bauteile gemachten Erfahrungen. Die dort mit Leimfarbe gestrichenen Räume befanden sich nach wenigen Jahren bei dem überaus starken Verkehre und der rücksichtslosen Benutzung schon vielfach in einem so übeln Zustande, daß zu einer völligen Erneuerung des Anstriches geschritten werden mußte; eine Arbeit, welche so erhebliche Kosten und Störungen herbeiführte, daß die Verwaltung nun endlich den theureren Anstrich, als den für die Dauer billigeren, genehmigte.

Jene Räume erhielten graue, röthliche oder grünliche Wandtöne, mit Strichen und einfach gemusterten Streifen

abgesetzt. Die Gurtbögen wurden ähnlich behandelt, die Flächen der Gewölbe in den Corridoren mit bunten Farben teppichartig chablonirt, in den Diensträumen jedoch nur licht getönt und mit Strichen abgesetzt.

Die braun lasirten Holzbalken der flachen Decken sind mit einfachen Friesen verziert, die geputzten Zwischenfelder licht getönt und mit Strichen eingerahmt.

Die Thüren und Fenster haben einen braunen, bei den ersteren dunkel holzartig geäderten, die gußeisernen Säulen einen bronzegrünen Oelanstrich erhalten.

Einen eigenartigen Schmuck der Schildbögen aller Corridore bildet eine Fülle sinniger Reime und trefflicher Sprüche, welche unter kundigem Beistande des Stadtgerichtsrathes Forck und R. Löwensteins mit besonderem Bezuge auf die Geschäfte der betreffenden Abtheilungen der Verwaltung gewählt sind.

Eine ziemlich reiche Durchbildung erfuhren die Berathungszimmer und die Zimmer der beiden Bürgermeister, der Stadträthe und des Stadtverordnetenvorstehers.

Die hölzernen Deckenbalken sind hier entweder lasirt und mit Borten geschmückt, während die geputzten Zwischenfelder mit einfachen Mustern in ruhigen matten Farben verziert wurden, oder es wurden die ganz in Holz cassetirten Decken mit leuchtend farbigem Grunde und sparsamer Vergoldung versehen. Beispiele von der letzteren Art geben die Aufnahmen des verstorbenen Baumeisters H. Schäffer.¹⁾

Die Wände dieser Räume zeigen, zum Theil auf geschachtelten und geschliffenen Putzflächen, eine reichere Bemalung, die bald über schlichten Sockeln, bald über einem Wandgetäfel beginnt.

Die Wände des etwa 8,80 m im Geviert messenden zweifenstrigen, in der Mitte der Rathhausstraßenfront belegenen Oberbürgermeisterzimmers sind in einem tiefen, stumpfgrünen Tone gehalten; die Deckenbalken sind dunkelbraun mit lichtem Muster, die mit leichten Verzierungen bedeckten Felder lassen die Adern des Kiefernholzes durchschimmern.

Alle Einrichtungsstücke, Vorhänge, Teppiche u. s. f. sind im ganzen Rathhause, bis zu den einfachsten Geräthen hinab, nach besonderer Angabe und Zeichnung oder nach sorgfältiger Auswahl, möglichst der Stimmung des Ganzen entsprechend, beschafft worden.

Das am südlichen, kleineren Hofe gelegene Zimmer des Stadtverordnetenvorstehers erhielt eine Holzcassettendecke, von deren grünem Grunde sich Goldrosetten wirksam abheben. Die Wände, in ihrer ganzen Höhe mit Kiefernholz getäfelt, welchem eine Tränkung mit klarem Firniß seine ursprüngliche Färbung läßt, sind durch sparsam verwendete Goldlinien belebt, unter Vermeidung aller deckenden Farben. Einen besonderen Schmuck der Seitenwände dieses Zimmers bilden zwei von Peters geschaffene, auf die preussische Städteordnung bezügliche Gemälde.

Durch den Haupteingang von der Königsstraße her in das Rathhaus eintretend, gelangt man zunächst in die Thurmhalle.²⁾ Hinter der oben erwähnten Gitterthür derselben bilden zwei viertheilige Glaswände, deren äußere in Gri-

1) Vgl. Heft III u. IV, Jahrg. 1872, des Archit. Skizzenb.

2) Vgl. Bl. 37, Jahrg. 1875.

saille verglaset ist, einen vollkommenen Zugabschluss; zwischen denselben liegt zur Rechten eine Portierloge.

Drei von den vier breiteren, die achteckige Thurmhalle umschließenden Wänden öffnen sich in ihrem oberen Theile als mächtige Rundbögen; das Fenster über dem Haupteingange ist mit einer nach A. von Heydens Zeichnung¹⁾ durch Louis Müller farbenprächtig ausgeführten Glasmalerei geschmückt. Dem gegenüber führt die hohe Bogenöffnung von der Thurmhalle zum ersten Treppenhaus, während sonst die durch den Thurm getrennten Gebäudehälften im Erdgeschoße bzw. im ersten Stocke durch Treppen bzw. Gallerieen verbunden sind. Von den letzteren her betritt man im ersten Stocke westwärts die Bibliothek, ostwärts den Sitzungssaal des Magistrates.

Als Pfeiler jener vier Bögen erheben sich etwa 11 m hoch die mit Diensten gegliederten, in ihrem oberen Theile ausgenischten Schmalseiten der Halle, die Stützen eines reichen Sterngewölbes bildend.

Dasselbe hat, gleich dem Gewölbe des darüber liegenden Thurmsaales im Scheitel eine kreisrunde Oeffnung von etwa 0,90 m Durchmesser mit einem gußeisernen Kranze, den eine Platte aus demselben Materiale schließt, nach deren Entfernung man Rsthölzer u. dergl. mittelst einer Winde zum Dachboden und Thurme hinaufschaffen kann.

In der Thurmhalle schon beginnt die 6,30 m breite Haupttreppe, von einem 3,15 m breiten Absatze unterbrochen, zwischen Wangen in gerader Richtung mit 39 Steigungen emporführend. Auf den Wangenmauern erheben sich im ersten Stocke je drei Bündelpfeiler aus Sandstein mit Stuccolustrotüberzug, deren Kämpfergesimse, mit denen der Thurmhalle gleichliegend, die reich gegliederten Sterngewölbe des ersten Treppenhauses aufnehmen.

Die von Louis Müller angefertigten Glasmalereien der großen Rundbogenfenster dieses Raumes und des oberen Vorsaales zeigen in bunten Farben auf einem Grisaillegrunde mit reichen Friesen die Wappen preussischer Städte.

Die durch ein zierliches Rippenwerk gegliederten Gewölbe sind, gleich denen der Thurmhalle, geputzt und hell in zart gestimmten Farben gehalten. Die Wandflächen wurden mit einem matt röthlichgrauen Stuccolustro überzogen. Alle Gesimse, Brüstungen und Capitale der Thurm- und Treppenhallen sind in geschliffenem Sandstein ausgeführt.

Die Ansicht der durch ein zierliches Schmiedeeisengitter gegen den oberen Vorsaal abgeschlossenen Bogenöffnung gegenüber dem Austritte der Haupttreppe trägt in großer, schon von der Thurmhalle aus lesbarer Schrift die von König Wilhelm I bei der Grundsteinlegung des Rathhauses am 11. Juni 1861 gesprochenen Worte: „An Gottes Segen ist Alles gelegen.“

An den Vorsaal im ersten Stocke, welcher in seiner Ausbildung der ersten Treppenhalle gleicht und in dessen Mitte sich die Haupttaxen des Rathhauses kreuzen, schließt sich zur Rechten der Sitzungssaal der Stadtverordneten an, dessen drei Eingangsthüren der Fensterwand des Vorsaales gegenüber angeordnet sind.

Vom ersten Treppenhaus her in der Mittelaxe fortschreitend, tritt man in das zweite Treppenhaus durch eine hohe rundbogige Glasthür ein, zu deren Seiten je eine

kleinere Thür in die Geschäftsräume der Stadtverordneten führt. Als Schmuck der Schildbögen der großartigen Vorräume wird eine Folge von Gemälden in den nächsten Jahren zur Ausführung gelangen.

Das zweite Treppenhaus, 17,90 m lang und 10 m breit, schließt gegen den Dachraum mit einer geputzten Holzdecke ab, deren Gesims oberhalb der flach vorladenden Hohlkehle ein größeres den Raum angenehm erhellendes Oberlicht umrahmt.

Die Verlängerung der Haupttreppe steigt ebenfalls zwischen Wangenmauern auf. Die Stufenbreite ist hier auf 3,50 m eingeschränkt; ein 1,90 m breiter Ruheplatz wurde zwischen die zweimal 15 Steigungen bis zur Höhe des Zwischengeschosses eingeschaltet.

Von da ab wird die Treppe zweiarmig und erreicht mit je zweimal 15 Steigungen und dazwischen liegendem, 1,90 m breitem Absatze die Höhe des zweiten Stockes.

Der Körper der etwa 0,95 m hohen, die Stufen auch längs der Wangenmauern und Treppenhauswände begleitenden Brüstungen besteht aus sauber geschliffenem Postelwitzer Sandstein mit Deckplatten aus halbweißem, carrarischem und mit Füllungen abwechselnd aus grünem und aus sogenanntem Pavonazzetomarmor.

Von dem geräumigen Treppenaustritte in der Höhe des Zwischengeschosses führt eine mit Schnitzwerk und durchbrochenen Füllungen von bronziertem Gußeisen verzierte Thür in weißem Marmorgewände zu dem Corridor des Gebäudetheiles an der Rathhausstraße.

Die das Oberlicht umgebende Deckenfläche harrt, gleich den vorläufig mit einem Grundputze überzogenen oberen Wandflächen des Treppenhauses noch eines künstlerischen Schmuckes. Im Uebrigen sind die Wände des zweiten Treppenhauses unten mit röthlichgrauem, oben mit grünem Stuccolustro bekleidet.

Von dem Treppenaustritte im zweiten Stocke führen drei rundbogige Glasthüren in den Saal für Bürgerversammlungen, welcher vom großen Hofe her sein Licht durch 5 große Rundbogenfenster empfängt, deren sehr schmale Pfeiler durch geschliffene achteckige, in geringem Abstände der Fensterwand vorgestellte und durch Kämpfersteine mit der letzteren verbundene Granitpfeiler verstärkt sind.

Die 12 Bogenfelder und der etwa 1,50 m hohe Wandfries sollen später mit Gemälden geschmückt werden. Die tiefen Fensterleibungen dieses Saales wurden bereits durch friesartige, dem Maler Peters wohlgelungene Malereien verziert, die allerlei Anspielungen auf Berlin's Vorzeit enthalten.

Die Pfeiler und Wände des Bürgersaales sind mit hellem Stuccolustro bekleidet; die reiche Stuckdecke ist in einem lichten Tone mit sparsamer Vergoldung gehalten.

Durch die Mittelthür in der Wand des Bürgersaales, gegenüber dem zweiten Treppenhaus, gelangt man in das Bauarchiv, welches mit einer wenig verzierten Holzdecke, worin sich zwei Oberlichter befinden, geschlossen ist und dessen Wandflächen in ihrem unteren Theile mit Kiefernholz getäfelt, darüber bis zum Frieße durch Leisten in Felder eingetheilt sind, welche mit tapetenartig tief graugrün chablonirter Leinwand bespannt wurden. Der Wandfries enthält skizzenhafte, auf die Bauhandwerke bezügliche Malereien.

Der angrenzende zur Aufstellung von Baumodellen dienende achteckige Thurmsaal ist in hellen Steintönen ge-

1) Vgl. Bl. 45, Jahrg. 1876.

strichen. Das kantige Kuppelgewölbe desselben zeigt in seinen mit gemalten Leisten eingerahmten Flächen Grau in Grau die Bildnisse von Schinkel, Stüler, Rauch und Cornelius. An den Wänden des durch die fünf Fenster im zweiten Stocke des Königsstraßenmittelbaues beleuchteten Raumes liest man sinnreiche Inschriften.

Außer den im Vorstehenden besprochenen, zumeist in dem Längenschnitte¹⁾ ersichtlichen Räumen sei hier noch des Saales für Versammlungen der unbesoldeten Gemeindebeamten bzw. Servisverordneten gedacht, der durch eine Thür gegenüber der Fensterwand des Bürgersaales zugänglich ist. Jener fast quadratische Saal²⁾ hat eine lichtbräunliche Holzdecke und wird durch 9 große Oberlichter in den Feldern derselben erhellt. Die Felder der tief ausgenischten Wände erhielten bräunliche und grünliche helle Töne; Wappenschilder in den Flachbogen der 12 Wandnischen enthalten die Abzeichen der Gewerke und mit Bezug auf letztere trefflich ausgewählte Denksprüche.

Eine dem Eingange vom Bürgersaale her gegenüberliegende Thür führt aus dem Servisverordnetensaale auf die Gallerie des Festsaales.

In den Vorsaal im ersten Stocke zurückkehrend, betreten wir von dort aus zunächst den Sitzungssaal der Stadtverordneten,³⁾ zu welchem übrigens außer der Haupttreppe noch die Treppen zu beiden Seiten der die große Durchfahrtshalle mit dem kleineren südlichen Hofe verbindenden Durchfahrt hinaufführen. Die eine von der letzteren links gelegene Treppe dient den Stadtverordneten zum Saale, die andere den Zuhörern zur Empore desselben als Zugang. Die erstere Treppe führt zu einer geräumigen Garderobe, aus welcher man durch den Vorsaal in den Stadtverordnetensaal gelangt, welcher etwa 16 m im Gevierte bei 8,55 m Höhe mißt und durch drei am nördlichen kleineren Hofe hoch über dem Fußboden beginnende, fast bis zur Decke reichende, flachbogige, sehr breite Grisailfenster beleuchtet wird, denen in der Wand gegenüber drei den Saal mit dem emporenartigen Zuhörerraum verbindende Bogenöffnungen entsprechen. Die beiden Seitenwände sind durch 0,95 m tiefe flachbogige Nischen gegliedert. Die Dreitheilung aller Wände bedingte die Gestaltung der Holzdecke, welche in dreimal drei viereckige Hauptfelder getheilt ist, deren jedes wiederum in je neun achteckige Cassetten zerfällt, aus deren reichgekehltter Umrahmung kräftig wirkende gedrechselte Rosetten herabhängen. Die in allen Theilen aus Kiefernholz hergestellte Decke ist in dunkelbraunen Tönen sparsam verziert. Einem Drittel des Sitzungssaales entspricht die Größe des Zuhörerraumes, welcher in allen Stücken dem oberen Theile des Saales gleichwerthig behandelt ist. Die vorwiegend in einem gesättigten Braun gehaltenen Wände haben in ihren sechs Nischen ebenso viele stattlich umrahmte Thüren und in ihrem unteren Theile eine über 3 m hohe Eichenholztäfelung. Alles Schnitzwerk der Thüren und der großen Wandpfeilercapitäle ist in Eichenholz kunstvoll ausgeführt. Oberhalb der Täfelung der Saalwände, sowie der Empore bis zu der Capitälhöhe hinauf sind die Wände und die Flächen der Pfeiler mit einer Steinpapptapete bekleidet,

1) Vgl. Bl. 37, Jahrg. 1875.

2) Vgl. Bl. 1, Heft V, Jahrg. 1872 des Archit. Skizzenb.

3) Vgl. Bl. 1 A, Jahrg. 1874 dieser Zeitschr. und Bl. 1, Heft II, Jahrg. 1872 des Archit. Skizzenb.

auf deren rothbraun und grün getönter Pressung das Muster durch Goldlinien wirksam hervorgehoben ist.

Oberhalb dieser Tapete haben die acht flachbogigen Wandnischen des Saales und der Empore ihren Abschluß durch Wandgemälde von Ludwig Burger's Hand erhalten, welche die vielseitige Thätigkeit der städtischen Verwaltung zur Anschauung bringen der Art, daß auf den in jeder Nische dargestellten Gegenstand zunächst durch eine reliefartig braun in braun gemalte Gestalt im kreisrunden Mittelfelde hingewiesen wird, neben der wir in den seitlichen Feldern farbige Bilder erblicken.

In der mittleren Nische der westlichen Saalwand trat an die Stelle des Rundbildes das Zifferblatt einer Uhr, umgeben von den Darstellungen der Lebensalter. Die Wandnische zur Linken zeigt im Rundbilde die Wissenschaft mit Schreibtafel und Weltkugel, in den Feldern daneben den Schulunterricht und den Kirchenbesuch. Die Wandnische zur Rechten enthält ein auf die Armenpflege bezügliches Rundbild: die Wohlthätigkeit; in den seitlichen Feldern sehen wir eine Wittve mit ihren Kindern, Gaben empfangend, ferner Spittelleute und Waisenkinder.

In der mittleren Nische der östlichen Saalwand ist im Rundbilde der Gott der Heilkunde, in den Feldern daneben der Besuch des Arztes bei einem Greise und eine Wärterin, einem Kranken Arznei einflößend, dargestellt. Die Wandnische links führt das Cassenwesen vor; im Rundbilde: die Sparsamkeit; in den Feldern: zur Spar- und Steuerkasse einzahlende Leute aus den verschiedenen Ständen. In der Wandnische rechts erblicken wir im Rundbilde die Gerechtigkeit, in den Feldern daneben einen Gewerkschöffen, Rechnungen prüfend und einen Schiedsmann beim Sühneversuche.

Auf der Zuhörerempore enthält die Wandnische links im Rundbilde die Vorsicht, dargestellt durch einen die Flamme hütenden Knaben; in den Feldern sehen wir einen Feuerwehrmann, Bedrängten zu Hilfe eilend, und einen Nachtwächter, ein Haus schließend. Die Wandnische rechts zeigt im Rundbilde die Baukunst, in den Feldern Straßenpflasterer bei der Arbeit und Maurer, das Berliner Wappen in die Front eines städtischen Baues einlassend.

Es sei noch erwähnt, daß die Fenster- und Wandbogenleibungen in Holz cassetirt und daß die Bogenzwickel und die viereckigen Felder oberhalb der Pfeilercapitäle mit Verzierungen bzw. städtischen Wappen ausgemalt sind.

An der Fensterwand des Saales ist, um einige Stufen erhöht, der Platz für den Vorsteher und dessen Stellvertreter angeordnet; rechts und links, etwas vorgeschoben, sind Tische für das Bureau und für Abgeordnete des Magistrates aufgestellt. Davor steigen, die ganze Breite des Raumes einnehmend, in gleichlaufend gekrümmten Reihen, die Pulte und Sitze der Stadtverordneten auf mäßig hohen Absätzen empor. Die Bauart dieser ganzen Einrichtung ist so beschaffen, daß letztere mit leichter Mühe hinweggeräumt und dann der Stadtverordnetensaal, bei hochfestlichen Gelegenheiten, in Verbindung mit dem Festsaale benutzt werden kann.

Die einfachen, jedoch stylvollen Möbel sind aus Eichenholz hergestellt. Unter der mit grünem Leder bezogenen Platte eines jeden Pultes ist eine verschließbare Schieblade angebracht. Die Armstühle für die Stadtverordneten haben

dunkelbraune Ledersitze und mit dem Stadtwappen geschmückte, gewirkte Rückenlehnen, während für die Zuhörer feste Bänke mit hohen Lehnen aufgestellt sind. Unter der Empore wurden Waterclosets angeordnet.

Um die vortreffliche Ausführung der Holzarbeiten hat sich der Tischlermeister Albrecht ganz besondere Verdienste erworben, im Verein mit den Holzbildhauern Robert, Alberty und Völker.

Durch eine der Thüren in der Westwand den Stadtverordnetensaal verlassend, gelangen wir in den Festsaal,¹⁾ dessen Hauptabmessungen 29,80 m Länge und 18,50 m Breite bei 15,40 m Höhe betragen. Das untere, mit einem kräftigen Gesimse abschließende Geschoss desselben ist 9,40 m hoch und wird durch eine Rundbogenstellung auf Halbsäulen von gialloartigem Stuckmarmor, welche Pfeilern vorgelegt sind, an den Schmalseiten in je 4, an den Langseiten in je 7 Felder eingetheilt. Von den letzteren ist das mittelste jedesmal noch besonders als Vorlage herausgeschoben. Hinter der Langwand gegenüber den Fenstern bildet sich ein schmaler, mit Tonnengewölben überdeckter Bogengang. Die Postamente der Pfeiler, Halbsäulen und Wände bestehen aus dunkelgrauem Prieborner Marmor, die Fußplatten der Stützen aus weißem carrarischem Marmor, die Sockel und Capitale derselben aus ächt vergoldetem Stuck. Der auch an den Wänden herumlaufende Kämpfer, sowie die Bogenleisten sind weiß mit einiger Vergoldung gehalten. Die Wandfelder sind mit licht grauröthlichem Stuccolustro bekleidet, mit braunen und grünen Friesen umrahmt, oben und unten mit reichen Mustern in Bronzetönen abgeschlossen. Darüber verbleiben 13 von Oscar Begas mit farbenprächtigen Bildern auf Goldgrund gefüllte Halbkreise. Der Maler stellte an der Fensterwand die Borussia dar, ihr zur Seite einen Knaben mit dem Reichsschwerte und die Berolina mit ihrem Wappenschild, neben ihr Knaben mit den Abzeichen des Handels und des Maschinenbaues. In der Mitte der Langwand, den Fenstern gegenüber, umschweben die Uhr zwei geflügelte Knaben, Vergangenheit und Zukunft. In den Halbkreisfeldern seitlich von der Uhr werden die Monate, zu je zweien auf einem Bilde, meistens durch Kindergestalten, vorgeführt, an der nördlichen Schmalwand der Tanz und das Festmahl, an der südlichen die Musik und der Gesang. Die verbleibenden 4 Bogenfelder der Schmalwände sind mit vergoldeten Gittern für die Ausströmung der warmen und für die Absaugung der verdorbenen Luft geschlossen.

Die cassettirten Bogenleibungen sind mit leuchtenden Farben und mit Vergoldung reich geschmückt. Die matt gebohten Eichenholzthüren haben Gewände aus weißem carrarischem Marmor und von Calandrelli erfundene Friese mit Kindergestalten.

Das 6 m hohe Obergeschoss des Saales bildet eine Bogenstellung kleineren Maafsstabes dergestalt, dafs die mittleren Vorlagen der beiden Langwände je 3, die Rücklagen je 12 Bogenöffnungen enthalten, wobei über den Halbsäulen des unteren Geschosses Pfeiler, über den Scheiteln der unteren Bögen aber nach der Tiefe gekuppelte Säulen mit einander abwechseln. An den beiden je 8 Bogenöffnun-

gen aufweisenden Schmalwänden dagegen stehen nur einfache Säulen vor Pfeilern, abwechselnd mit tiefen Pfeilern. Die Logen im oberen Geschosse des Festsaales sind theils vom Bürgersaale und der Festsaaltreppe, theils von den Diensträumen im zweiten Stocke aus zugänglich. Die grofse Loge am Servisverordnetensaale dient bei Festlichkeiten zur Aufstellung einer Musikbande.

Die Postamente, Pfeiler, Säulen und Brüstungen des oberen Geschosses des Festsaales bestehen aus Postelwitzer Sandstein, mit einem Ueberzuge von Stuccolustro in gellichem, rothbraunem und grünem Tone, während die Sockel und Capitale der Pfeiler und Säulen, sowie die Bogenleisten in Weiß, Bronze und Gold, auch die Leibungen ähnlich wie unten behandelt sind und aus den Scheiteln der letzteren Ampeln von Goldbronze herabhängen. Auch die Tönung der Wandflächen entspricht derjenigen im unteren Theile des Saales. Fries und Hauptgesims, in Weiß und Gold, bilden den Abschluß der Wand gegen die in allen Theilen ohne Beihilfe des Tischlers durch den Rathszimmermeister W. Braasch in Kiefernholz hergestellte Decke, aus deren Hauptfeldern mächtige Gaskronen, Meisterstücke der Elsterschen Fabrik, herabhängen.

Die 3 Hauptdeckenfelder sind umrahmt und untereinander verbunden durch Friese, welche durch kleinere, blau und roth bemalte, mit vergoldeten Hängezapfen geschmückte und durch blau-und-goldene Stäbe eingefafste Cassetten gebildet werden. In der Bemalung der Decke herrschen Blau, Roth und Gold vor und verleihen, im Vereine mit dem bräunlichen Tone des Kiefernholzes, dem Gänzen eine einheitliche Stimmung. Ludwig Burger malte die das brandenburgische und das preussische Wappen tragenden Knaben in dem Mittelfelde der Decke. Die Grisaillefenster führte auch hier Louis Müller aus, die Marmorarbeiten Schleicher, den Stuckmarmor und Stuccolustro Detoma, die Stuckarbeiten Dankberg und die Staffimalerei Schneider.

Die marmornen Standbilder Friedrichs des Grofsen und Friedrich Wilhelms III, Werke des Bildhauers Sufsmann-Hellborn, von Th. J. Flatau der Stadt geschenkt, haben zu beiden Seiten des Mittelbaues den Fenstern gegenüber ihre Aufstellung gefunden.

Nur bei den gröfsten Festlichkeiten werden alle Säle und Hallen zu einem riesigen Festraume verbunden, dessen Zugang die Haupttreppe bildet. Für gewöhnlich wird der Stadtverordnetensaal nicht geräumt, und es dient dann die Bibliothek als Durchgang zum Festsaale. Aufser der Haupttreppe ist als besonderer Aufgang zu demselben eine länglich runde Treppe am nördlichen kleineren Hofe angeordnet, zu der man von der Spandauerstrafse aus gelangt. Die durch Fenster mit Glasmalerei beleuchtete und gegen das Dach hin mit einem ringförmigen Tonnengewölbe geschlossene Treppe ist an ihren Wänden mit hellem Stuccolustro bekleidet, welchen braune und grüne Streifen umrahmen. Man betritt von dieser Festsaaltreppe aus im ersten Stocke das bei feierlichen Anlässen als Vorzimmer des Festsaales dienende Lesezimmer der Bibliothek, einen nahezu quadratischen Raum, welcher durch eine der Frontwand gleichlaufende Bogenstellung in zwei Theile zerlegt ist, deren schmalerer, zunächst den Fenstern, durch 3 Kreuzgewölbe und deren breiterer durch ein Muldengewölbe mit Stichkappen

1) Vgl. Bl. 2, Jahrg. 1873 dieser Zeitschr. und Bl. 1, Heft IV, Jahrg. 1871 des Archit. Skizzenb.

überspannt wird. Die Wände und Pfeiler haben ein Pannel von dunkelbraun und schwarz lasirtem Kiefernholze; letztere sind lichtgraugrün gefärbt und mit Goldstreifen eingefasst und an den Capitälern bronzirt. Die 9 Schildbögen der tiefrothen Stuccolustrowände enthalten, ebenso wie die Deckengewölbe, Gemälde von der Hand Ludwig Burgers.

Das in 7 viereckige und 10 dreieckige Felder getheilte Muldengewölbe zeigt in der Mitte der ersteren das deutsche Märchen, einen träumerisch sinnenden von goldigem Haare umwallten Mädchenkopf, in den umgebenden Vierecken die Hauptgestalten unserer Märchenwelt: den lindwurm tödtenden Ritter, die gefangene Königstochter, den sein Reich theilenden König, den Riesen und den Zwerg, die Hexe, den Hans im Glücke, und in den Dreiecken: die Berggeister, die Elfen, den Schlangenkönig, das Einhorn und andere Fabelwesen. Auf den Kreuzkappen an den Fenstern sehen wir die Geister der Luft und der Erde, des Feuers und des Wassers mit ihren Gebietern, ferner in den Schildbögen: die Loreley auf dem Felsen, Barbarossa im Kyffhäuser, Rübezahle die Tannen knickend, Schneewittchen im Sarge, Rothkäppchen im Walde, das schlafende Dornröschen, die Hexen auf dem Blocksberge, die versunkene Stadt Vineta und den wilden Jäger.

Auf Pfeilern von bayerischem Syenit stehen zwischen den Thüren der Festsaal- und der Bibliothekwand, einander gegenüber, Drake's wohlgetroffene Marmorbüsten der beiden Ehrenbürger der Stadt Berlin: Bismarck und Moltke.

Die Bibliothek ¹⁾ erstreckt sich vom Thurme, an der Königsstraße entlang, bis zur Spandauerstraßeenecke.

Dieser 8,50 m hohe Raum ist als eine vierschiffige, durch Kugelgewölbe mit Rippen überspannte Halle gestaltet worden. Die kräftigen Pfeiler sind auf den Seiten nach der mittleren Säulenreihe zu durch vorgelegte Halbdeckpfeiler, sonst, ebenso wie die Frontwände, durch viereckige Vorlagen gegliedert. Pfeiler und Wände haben ein eichenes Pannel und in verschiedenen Bronzen getönte Sockelgesimse und Capitäle. Alle Stützen und Wände sind mit Stuccolustro in vorherrschend dunkelgrünem Tone mit röthlichbraunen Einlagen und Goldstreifen bekleidet. Den unteren Theil der schlanken Gufseisensäulen umhüllt ein zierliches Rankenwerk aus ächter Bronze. Von den bronzirten Capitälern strahlen die Bündel der kräftig gegliederten Gewölberippen aus.

In der Bemalung der Kappen, Leibungen u. s. w. herrscht eine röthlichbraune Stimmung vor, für die einige Räume des durch H. Spielberg's vortreffliche Aufnahme bekannten Palazzo pubblico zu Siena ²⁾ das Vorbild gaben.

Das vierte zweigeschossige Schiff an der Hinterwand der Bibliothek enthält unten das Archiv und die Waterclosets der Festräume; eine kleine Treppe führt zu der Empore hinauf, welcher ein gefälliges, vergoldetes Schmiedewerk zwischen den Pfeilern als Brustwehr dient und deren Rückwand mit Bücherschränken besetzt ist; aus den Bögen hängen goldbronzene Gasampeln herab.

Die durchbrochenen, gufseisernen Gehäuse der Wasserheizung, Werke der Ilsenburger Gießerei, sind zu den Bücherschränken ³⁾ passend gestaltet. Durch die Heiz- und

Bücherschränke wird das Schiff an der Königsstraße in kleine Leseräume zerlegt, während der zweischiffige Mittelraum mit seiner Säulenreihe von Schränken frei geblieben ist.

In dem Eckbau an der Königs- und Spandauerstraße befinden sich in zwei Geschossen, durch eine gufseiserne Wendeltreppe verbunden, die Arbeitszimmer der beiden Bibliotheksbeamten.

Zu dem Lesezimmer führt unter der Empore von der Bibliothek aus ein Durchgang mit flacher Holzdecke, dessen Wände und Leibungen mit Eichenholz getäfelt sind.

Die Füllungen der von Albrecht gefertigten eichenen Thüren und Bücherschränke zeigen von Roschke's Meisterhand eingelegte Holzarbeiten, bei deren Ausführung abwechselnd dunkles in lichtet und lichtet in dunkles Holz eingeschnitten ist. Einen besonderen Schmuck erhält der obere Theil eines jeden Schrankes durch je drei gegossene Rundfelder mit flachen Bildnissen bedeutender Künstler und Gelehrter, welche in Berlin gelebt und gewirkt haben, nach Modellen von Siemering und zur Straßens. Die bronzenen Griffe der Schrankthüren sind mit Schmelzplatten in Blau und Gold aus der Fabrik von Ravené und Sufsmann geziert.

Die mit reichen Friesen eingefassten Schildbögen der Bibliothek malte Ernst Ewald aus. Die Bilder stellen dar: an der Schmalwand nach dem Thurme zu, über der Glashür, einen Genius, auf die Inschrift: „Der Geist macht lebendig“ deutend, welche ein Bildhauer in einen Stein zu meißeln beschäftigt ist; ferner am Schlusse der beiden Mittelschiffe: die Muse, den Knaben und den Jüngling durch ihren Gesang begeisternd; die Siegesgöttin, dem Manne und dem Greise Ruhmeskränze reichend; endlich rechts über der Empore: Minerva, die Schützerin der Wissenschaften und Künste.

An der Hinterwand über der Empore sind in 7, den unterhalb aufgestellten Bücherschränken entsprechenden Feldern die hier vertretenen Wissenschaften durch sinnbildliche Gestalten, Spruchbänder und von Genien getragene Schilde angedeutet.

Am Thurme beginnend, sehen wir die „Jurisprudenz“, durch die Tafeln der göttlichen zehn Gebote und durch die Ruthenbündel, Beile und Ketten, als die Abzeichen der römischen Rechtspflege angedeutet, darüber, von Genien getragen, die Waage. An dem Schranke darunter sind die Bildnisse von Suarez, dem Verfasser des allgemeinen Landrechtes, von Bismarck und von Savigny, dem großen Rechtslehrer, angebracht. Der nächste Bogen zeigt einen jugendlichen Aesculapius mit dem Schlangentaste und dem Arzneibecher, der Schrank darunter die Bildnisse der Aerzte und Naturforscher: Heim, Hufeland und Johannes Müller. Im dritten Bogenfelde ist die Sprachkunde angedeutet durch die Sphinx, am Schranke darunter sind Bopp, der Schöpfer der Sprachvergleichung, die Gebrüder Grimm, die Erforscher der deutschen Sprache und Dichtung, und Böckh, der berühmte Kenner der classischen Sprachen, verewigt. Im vierten Felde läßt uns die Mathematik ihre Werkzeuge und einen Theil des Thierkreises sehen; der Schrank darunter trägt die Bildnisse der drei großen Philosophen Berlins: Schleiermacher, Hegel und Fichte. In dem fünften Bogenfelde schwingt sich der Geist der Naturwissenschaft, eine Fackel haltend, empor über fabelhafte Thiergestalten; die Bildnisse

¹⁾ Vgl. Bl. I, Jahrg. 1873.

²⁾ Vgl. Bl. 1 bis 7, Jahrg. 1861.

³⁾ Vgl. Bl. 6, in Heft II, Jahrg. 1880 des Archit. Skizzenb.

der berühmten Naturforscher Leopold von Buch und Alexander von Humboldt und dasjenige des Sternkundigen Bode sind an dem betreffenden Schranke angebracht. Im sechsten Bilde wird uns die Geschichte vorgeführt: zwei gewappnete Genien kämpfen um eine Trophäe; der Bücherschrank zeigt die Bildnisse der Geschichtsschreiber Ranke und Raumer und dasjenige des Geographen Ritter. Im neunten Bilde, am Fenster, ist die Religion versinnbildlicht durch zwei Engel an einem rosenbekränzten Kreuze. Die Bildnisse der drei Berliner Musiker: Mendelssohn, Meyerbeer und Zelter sind an dem Bücherschranke angebracht. In dem siebenten und achten Wandfelde, über dem Durchgange zum Lesesaale, erblicken wir den Ruhm mit der Posaune und die Censur, wie sie, aus ihrer Geister und Bücher unterdrückenden Thätigkeit, unseligen Angedenkens, vertrieben, abgewendeten Hauptes mit verlöschter Fackel entflieht. Zum Schlusse zeigt uns die Wandfläche oberhalb der Thür zu den Bibliothekszimmern Buchdrucker bei ihrer Arbeit.

Die Schränke an der Königsstraßenfront weisen die Bildnisse auf von Schadow, Schinkel und Rauch; von Borsig, Freund und Egells; von W. von Humboldt, Moses Mendelssohn und L. Tieck; von Lette, Diesterweg und Twesten; von Spener, Spalding und Reinbeck; endlich diejenigen von Goethe, Schiller und Lessing. Im Mittelschiffe wurde an der Thurmwand Reinhold Begas' Modell zum Berliner Schillerdenkmal aufgestellt.

Ueber den Umgang im ersten Stocke der Thurmhalle gelangt man aus der Bibliothek zum Magistrats-sitzungssaale. Da, wie erwähnt, davon Abstand genommen werden mußte, denselben unmittelbar an eine der verkehrsreichsten Straßen der Hauptstadt zu legen, wurde dieser Saal an dem großen Hofe, mit den Fenstern nach Osten, der Art angeordnet, daß sich zwischen ihm und der Straßenfront eine Halle vom Thurme bis zu dem Bürgermeisterzimmer an der Judenstraßenecke erstreckt, die sich dort im Anschlusse an den Corridor an der Judenstraßenseite zu einem mächtig großen Vorraume erweitert. Diese etwa 8,50 m hohe Halle ist durch Kugelgewölbe mit Rippen auf den Wänden vorgelegten Pfeilern und Diensten geschlossen, wobei wie über der Bibliothek ein Hohlraum angeordnet ist, dessen flache Kappen den Fußboden des zweiten Stockes tragen. Gegenüber dem Eingange von der Thurmhalle her befindet sich eine vorläufig noch leere Nische, mit farbigem Stuccolustro bekleidet. Die Sockel der Wände und Stützen sind mit dunkelgrauem, die Pfeiler und Halbsäulen mit gelblich grauem Stuccolustro überzogen; die Capitäle und die Gewölberippen sind sandsteinartig gestrichen und mit einem dunkleren Flächenmuster und einem bunten Frieze verziert worden. Zwischen den Pfeilern läuft unten eine hohe Stuccolustroverkleidung hin, deren Rahmen grünen und deren Füllungen rothen Marmor nachahmen.

Vorläufig sind alle Wandflächen dieses Raumes, denen ein Bilderschmuck zugedacht ist, im wirksamsten Faltenwurfe mit einem grauen Stoffe bespannt.

Stattliche zweiflügelige Doppelthüren führen von der Vorhalle zu dem Sitzungssaale des Magistrates, ¹⁾ welcher, bei 17,60 m Länge und 10,05 m Breite, bis in die Tiefe der Cassetten eine Höhe von 7,85 m hat und durch 5 Grisaillefenster ein

wohlthuend gedämpftes Licht empfängt. Die in quadratische und länglich sechseckige Felder eingetheilte Stuckdecke erhielt einen licht eichenholzartigen Anstrich. Die Schauseiten der drei inneren Saalthüren sind mit Schnitzwerk verziert und eingefalst von gestäbten Pfeilern, deren Capitäle ein reiches Gebälk mit Fries tragen. Alle diese Theile sind vom Bildhauer Robert höchst kunstvoll in Eichenholz ausgeführt. Durch kräftig gegliederte Holzleisten und in die aufsteigenden Frieze eingefügte, zierlich durchbrochene Gufseisenfüllungen sind die Wandflächen getheilt, die überdies durch einen reichen etwa 1,25 m hohen rings herum laufenden Fries gegen die Decke abgeschlossen werden, zu welcher eine mit Blattwerk verzierte Hohlkehle den Uebergang vermittelt. Schöngedruckte Säulchen theilen jenen Fries in viereckige Felder, welche die in bunten Farben ausgeführten Wappen von Städten zeigen, die gleich Berlin ehemals zum Hansabunde gehört haben.

Die Wandflächen sind unterhalb, über Manneshöhe hinaus, mit einem eichenen Getäfel versehen, an welches sich Sitzbänke schliessen. Von der Deckleiste desselben bis zu dem Gesimse unterhalb des Wappenfrieses sind die Wandfelder mit einer geprefsten, in Braun und Gold gehaltenen Steinpappapete bekleidet, welche eine kräftige Eichenleiste umschließt. Von diesem prächtigen Grunde heben sich in reichen Goldrahmen die lebensgroßen Bildnisse preussischer Herrscher wirksam ab, sämmtlich Geschenke derselben an die Stadt Berlin. An der Wand den Fenstern gegenüber sehen wir den großen Kurfürsten, die Könige Friedrich I, Friedrich Wilhelm I und Friedrich den Großen, an der Schmalwand rechts davon die Könige Friedrich Wilhelm II und Friedrich Wilhelm III, an derjenigen links König Friedrich Wilhelm IV und Kaiser Wilhelm I. Einen ferneren Schmuck des Saales bilden zwei das Berliner Wappen enthaltende Felder sowie eine Uhr, mit dem Thierkreise umgeben, über den drei Thüren.

Der fast den ganzen Raum ausfüllende Sitzungstisch des Magistrates erhielt die Gestalt eines großen eiförmigen Ringes, der an jeder Langseite eine Lücke hat. Ganz in Eichenholz ausgeführt, wendet derselbe dem freien Raume in der Mitte eine geschlossene Ansicht in Rahmen und Füllungen, unterbrochen durch schöne Doppeldocken, zu, worauf die Platte der Art ruht, daß die für die Sitzenden so lästigen Tischfüße entbehrlich wurden. Vor dem Platze jedes Einzelnen steht auf der Tischplatte eine Gaslampe mit grüner Glocke. Das gemeinsame Leitungsrohr bildet, der Krümmung des Grundrisses folgend, über der Tischplatte ein niederes Geländer. Die Plätze der Magistratsmitglieder sind mit dem Dienerzimmer durch eine elektrische Leitung verbunden. Der für den Tisch gewählte Grundriß hat gegen den sonst gebräuchlichen, länglich viereckigen, den Vorzug, daß die an der Sitzung Theilnehmenden einander bequem sehen können.

Ein zum Auslegen von Zeichnungen, Plänen u. dgl. während der Berathungen bestimmter Tisch steht inmitten des Ringes, in welchen bei ihrer eidlichen Verpflichtung durch den Vorsitzenden die einzuführenden Beamten eintreten. Die eichenen Armstühle gleichen denjenigen im Stadtverordneten-saale.

Für die abendliche Beleuchtung ist, außer den erwähnten Lampen, durch eine prächtige Goldbronzekrone gesorgt.

1) Vgl. Bl. 29, Jahrg. 1873.

Im Einklange mit den vorherrschenden braunen und goldigen Tönen stehen die Fenstervorhänge und der den ganzen Fußboden bedeckende buntfarbige Smyrnatteppich.

Sämmtliche Tischlerarbeiten würden in den Albrechtischen Werkstätten meisterhaft ausgeführt.

Bauausführung und Baukosten.

Zunächst sei gestattet, hier noch einiges Allgemeine in Betreff der Bauausführung mitzutheilen, welche einschließlich der Ausarbeitung des Entwurfes und des Kostenanschlages, der Beschaffung sämtlicher Einrichtungsstücke und der Rechnungslegung den zwölfjährigen Zeitraum vom 15. Juni 1859 bis zum 1. Juli 1871 umfaßte.

Dem Baurath Wäsemann standen beim Rathhausbau vornehmlich zwei treue Gehilfen, mit voller Hingebung jeder an seinem Theile das Werk fördernd, zur Seite: für den Entwurf der hochbegabte Baumeister Kolscher und für die Ausführung der Baumeister Reifsners. Vor der Vollendung des Baues wurde der Erstere, leider viel zu früh, in der Vollkraft der Jugend und inmitten des reichen Schaffens, am 7. Juni 1868 seiner Kunst durch den Tod entzissen.

Die Nachfolger Reifsners, der am 1. Mai 1866 die Oberleitung der Berliner städtischen Gaswerke übernahm, waren die Baumeister Rospatt, Rowald und Erdmann, während für Kolscher kein Ersatz gefunden wurde.

Um die Bauführung haben sich die Maurermeister Kretschmer und Dorn, um das Rechnungswesen der Maurermeister Puttendörfer wesentliche Verdienste erworben.

Die einzelnen Bauarbeiten sind, soweit irgend thunlich, auf Grund von festen Verträgen mit den Meistern und Unternehmern verdingen worden. Wenngleich es hierbei vor allen Dingen mit haushälterischem Sinne zum Nutzen der Stadt zu handeln galt, so war die Bauleitung doch immer zunächst auf die Sicherstellung der größtmöglichen Gedeihenheit bedacht. An die Stelle des sonst üblichen, öffentlichen Ausgebotes der Lieferungen und Arbeiten trat daher die Verdingung derselben an eine möglichst große Anzahl von bewährten Unternehmern und Handwerkern, welche der Baumeister nach seinem freiesten Ermessen, gestützt auf seine Erfahrungen über die Leistungsfähigkeit der Einzelnen, heranzog.

Durch die Bereitung des Mörtels und den Betrieb der Aufzüge mit Dampfkraft sind sehr erhebliche Ersparnisse erzielt worden. Die für den Thurmbau vom Maschinenfabrikanten Thomas erfundene und ausgeführte Fördermaschine ist im Skizzenbuche für den Ingenieur und Maschinenbauer, herausgegeben von Wiebe, Jahrgang 1870 Heft I, veröffentlicht worden.

Nach dem Endergebnisse der Rechnungslegung wurden verausgabt für:

	Mark:
1. Maurerarbeiten	886314
2. Maurermaterialien	1658446
3. Steinmetzarbeiten	702398
4. Zimmerarbeiten	521980

Uebertrag 3769138

	Mark:
	Uebertrag 3769138
5. Staaker- und Lehmerarbeiten	4806
6. Schmiedearbeiten	71138
7. Eisenarbeiten	190924
8. Dachdeckerarbeiten	31803
9. Wasser- und Luftheizungsanlagen	418037
10. Töpferarbeiten	4185
11. Klempnerarbeiten	28215
12. Kupferschlägerarbeiten	93596
13. Tischlerarbeiten	357057
14. Schlosserarbeiten	127883
15. Glaserarbeiten	71813
16. Bildhauer-, Stuccateur-, Steinpapp- und Kunstmarmorirerarbeiten	126434
17. Zinkgufsarbeiten	16176
18. Maler-, Anstreicher- und Vergolderarbeiten	176204
19. Tapeziererarbeiten	2418
20. Bohnerarbeiten	7595
21. Uhrmacherarbeiten, einschl. der Herstellung der Zifferblätter, Lieferung der Glocken u. s. w.	30610
22. Entwässerungsarbeiten	30376
23. Gasleitung, einschl. der inneren und der äußeren Beleuchtungskörper	162557
24. Wasserleitungsanlagen, einschl. der Lieferung der Waterclosets u. s. w.	89743
25. Asphaltarbeiten	23930
26. Steinsetzerarbeiten	36832
27. Brunnenmacherarbeiten	2609
28. Blitzableiteranlage	6586
29. Bauaufsicht und Geschäftsführung	282467
30. Insgemein	191826

somit im Ganzen: 6354958.

Die Baukosten für das Quadratmeter der bebauten Grundfläche, einschließlich des Thurmes bis zu der im Mittel 26 m erreichenden Höhe der Fronten, stellen sich auf rund 950 *M.*, wobei die gesammte bebaute Grundfläche zu 6690 qm angenommen worden ist.

Die Baukosten für das Quadratmeter der bebauten Grundfläche des Thurmes, von der Höhe der Fronten an aufwärts gerechnet, stellen sich auf rund 2430 *M.* Die bebaute Grundfläche des Thurmes beträgt in dieser Höhe 184 qm, während seine Höhe bis zur Oberkante der Brüstung, über der Mitte der Königsstraße gemessen, fast 74 m erreicht.

Bei der Berechnung der vorstehenden Preisangaben sind die Titel 22, 26 und 27 der obigen Zusammenstellung der Baukosten außer Ansatz geblieben.

Dem Erbauer des neuen Rathhauses, welches unter den seit 60 Jahren in der Hauptstadt entstandenen Neubauten eine so hervorragende Stelle einnimmt, war es nicht vergönnt, die Vollendung seines Werkes lange zu überleben. Am 28. Januar 1879 starb Wäsemann. Sein Andenken wird, laut Beschluß der städtischen Behörden, durch die Aufstellung seiner Marmorbüste in einer der Hallen des Rathhauses demnächst auch äußerlich geehrt werden. In den Herzen Aller, die mit ihm und unter seiner Leitung,

sei es als Künstler, sei es als Handwerker oder in anderer Weise zu dem Rathhausbau in Beziehung gestanden haben, hat Wäsemann durch seine wohlwollende und durch ihre

ächte Liebenswürdigkeit wohlthuernde Gesinnung sich längst ein unvergängliches Denkmal gesetzt.

Berlin im Juni 1882. L. A. Meyer.

Der Marne-Saône-Canal.

(Mit Zeichnungen auf Blatt 45 bis 51 im Atlas und auf Blatt K im Text.)

Der zur Zeit in Frankreich im Bau befindliche Canal, welcher das obere Marnethal mit dem Thale der mittleren Saône verbindet, zeichnet sich vorzugsweise durch die große Sorgfalt aus, welche auf die Entwürfe der für die Canalanlage erforderlichen Bauwerke verwandt worden ist. Eine kurze Beschreibung der auf den beifolgenden Tafeln dargestellten Normalzeichnungen, sowie eine ausführliche Mittheilung über die Speisevorkehrungen des Marne-Saône-Canals dürfte wohl von allgemeinem Interesse sein. Diesen Angaben sind, neben einem Ueberblick über das Gesamtproject, zur besseren Orientirung über die Bedeutung der Canalanlage einige einleitende Bemerkungen vorangeschickt, welche den gegenwärtigen Zustand des ostfranzösischen Wasserstraßennetzes und die für den Ausbau desselben aufgestellten Projecte in Kürze erläutern sollen. Sämmtliche Notizen und Zeichnungen verdankt der Unterzeichnete der Güte des Obergeringieurs Herrn Carlier und der unter diesem die Bauausführung leitenden Ingenieure. Zu ganz besonderem Danke fühlt sich derselbe Herrn P. Gilbin, jetzt Obergeringieur in Troyes, verpflichtet, der ihm während seines Besuchs in Chaumont und während der von dort aus unternommenen Reisen in liebenswürdigster Weise mit Rath und That behilflich war.

I. Die ostfranzösischen Wasserstraßen.

Das Studium der französischen Wasserstraßen lehrt, daß Schifffahrtswege im Binnenlande überall dort den Wettstreit mit den Eisenbahnen auszuhalten vermögen, wo sie Massentransporte unter günstigen Verhältnissen aufnehmen und einen reich entwickelten Localverkehr in wirksamerer Weise, als dies den Eisenbahnen möglich ist, unterstützen können. In welch' außerordentlichem Grade die Transportmengen (und damit die volkwirtschaftliche Rentabilität) der Wasserstraßen davon abhängen, ob durch dieselben Industriebezirke oder Seehäfen mit den Gebieten der Massenproduction verbunden werden, oder ob das Verkehrsgebiet vorwiegend ackerbaureibend ist, hierfür liefert ein Vergleich der Schifffahrtswege des Garonnebeckens mit einigen Wasserstraßen des östlichen und nördlichen Frankreichs augenfälligen Beweis. Die Canäle, canalisirten und regulirten Flüsse des Garonnebeckens, deren Gesamtlänge nahezu 2000 km beträgt, haben im Jahre 1878 eine Transportmenge von 150 Mill. Kilometertonnen aufgenommen, also pro Kilometer nur 75000 Tonnen, wiewohl die Schiffbarkeit der meisten Wasserstraßen sehr günstig und das Verkehrsgebiet sehr reich an Erzeugnissen der Landwirtschaft und des Weinbaues ist. Dagegen sind auf den Canälen d'Aire à la Bassée und de Neufossé, welche das Kohlengebiet des Nord-Departements mit der Küste des Pas de Calais verbinden, in demselben Jahre pro Kilometer 643000, bzw. 723400 Tonnen Güter befördert worden, ferner auf der Wasser-

straße, welche das belgische Kohlenbecken mit dem industriereichen mittleren Frankreich, besonders mit Paris verbindet, nämlich auf dem Canal de St. Quentin, dem Seitencanal der Oise und der canalisirten Oise sogar 1838800, bzw. 1961800 und 1438400 Tonnen pro Kilometer.

Während die Wasserstraßen des westlichen und südlichen Frankreichs seit der Einführung der Eisenbahnen mehr und mehr an Verkehr verloren haben und theilweise fast ganz verödet sind, behaupten die ostfranzösischen Schifffahrtswege, welche das an mineralischen Producten reiche Grenzgebiet durchziehen und die Industriebezirke des Landesinnern mit der See und mit den Kohlenbecken Belgiens und der Saar verbinden, ihre Bedeutung siegreich gegen die mit allen Mitteln sie bekämpfenden Eisenbahnen. Die Verwirklichung des „Freycinet'schen Programmes“, d. h. des durch ein Gesetz vom 5. August 1879 aufgestellten Gesamtplanes zum einheitlichen Ausbau der französischen Wasserstraßen, hat daher mit Recht im Osten begonnen. Es galt zunächst, die Bezirke der Metallindustrie, welche ihren wichtigsten Sitz in Französisch-Lothringen, Hochburgund und der südlichen Champagne hat, in möglichst unmittelbarem Anschluß mit dem flandrischen Kohlenrevier zu bringen. Der aus dem Maasthal durch das Thal der Mosel nach der oberen Saône führende Canal de l'Est war bereits im Bau begriffen, als jener einheitliche Plan zur Aufstellung kam, und ist seitdem nahezu vollendet worden. Inzwischen hat man den Neubau von drei anderen Canälen erster Ordnung begonnen, nämlich des Aisne-Oise-, des Saône-Doubs- und des Marne-Saône-Canals. Der letztgenannte ist der größte und wichtigste derselben. Außerdem sind mehrere Canäle untergeordneter Bedeutung in Angriff genommen worden. Das „Freycinet'sche Programm“ unterscheidet zwischen Wasserstraßen erster Ordnung (Lignes principales), welche vom Staat verwaltet, bzw. neu hergestellt oder angekauft werden sollen, soweit sie nicht bereits Staatseigenthum sind, und Wasserstraßen untergeordneter Bedeutung (Lignes secondaires), welche auch von Privaten oder Actiengesellschaften angelegt und betrieben werden dürfen. Die Wasserstraßen erster Ordnung sollen allmählig zu einem einheitlichen Netze ausgebaut werden, das den Canalschiffen von 300 Tonnen Tragfähigkeit den durchgehenden Verkehr ermöglicht. Zu diesem Zwecke müssen die Schleusen mindestens 38,50 m Kammerlänge zwischen dem Abfallboden und der Thornische des Unterhauptes, 5,20 m nutzbare Breite in den Häuptern und 2,50 m Drempeltiefe besitzen, während für die freie Strecke eine Tiefe von 2,0 m als ausreichend erachtet wird. Etwa die Hälfte der gegenwärtig vorhandenen Schifffahrtswege, nämlich 2120 km schiffbare Flüsse und 3570 km Canäle, hierunter fast sämtliche Wasserstraßen im Osten und Norden, sind in die Gruppe der Lignes principales gereiht. Die meisten derselben besaßen bei der Aufstellung

des „Programmes“ weder die erforderlichen Tiefen, noch die nothwendigen Schleusendimensionen. Im Laufe der letzten Jahre ist mit dem Umbau einer großen Zahl von Wasserstraßen in dem bezeichneten Sinne energisch begonnen worden, jedoch ausschließlich im östlichen Frankreich. Vielfach werden bei den Umbauten auch die öfters unzureichenden Speisungsanlagen verbessert und vervollständigt. Der Ersatz einiger Schleusentreppen durch künstliche Hebungen ist ins Auge gefaßt worden.

Für die Ergänzung des bereits bestehenden Netzes von Wasserstraßen erster Ordnung ist der Neubau von 10 Canälen in Aussicht genommen. Die drei oben genannten, in den östlichen Grenzdepartements herzustellenden Verbindungen zwischen Doubs und Saône, zwischen Saône und Marne, sowie zwischen den Seitencanälen der Aisne und der Oise sind bereits im Bau. Für den im Mündungsbecken der Seine anzulegenden Canal von Le Havre nach Tancarville, und für die beiden im nordöstlichen Frankreich auszuführenden Wasserstraßen von der Maas unterhalb Mezières nach der oberen Schelde, ferner aus dem französischen Kohlengebiet nach Paris (Grand canal du Nord) sind die Vorarbeiten vollständig oder doch nahezu abgeschlossen. Der in Centralfrankreich zu erbauende Canal von La Fouillouse bei St. Etienne nach Roanne, die für den Westen vorgesehenen beiden großen Schifffahrtslinien von Orléans nach Nantes und aus dem Loirethal nach der Garonne, endlich der für den Süden geplante Seitencanal des Etang de Thau sind einstweilen noch nicht in nähere Erwägung gezogen worden. Um Mißverständnisse zu vermeiden, muß angeführt werden, daß ein früher aufgestellter Plan zum Ausbau des französischen Wasserstraßennetzes, der z. B. auch im Jahrgange 1880 S. 161 der Zeitschrift für Bauwesen erwähnt worden ist, niemals gesetzliche Gültigkeit gehabt hat, sondern nur die im Jahre 1874 formulirten Anschauungen einer parlamentarischen Commission wiedergibt. Ein Vergleich der an jener Stelle aufgeführten Projecte mit den oben genannten im „Freycinet'schen Programme“ vorgesehenen Linien beweist, daß in der Zwischenzeit (von 1874 bis 1879) eine bedeutsame Wandlung der Ansichten vor sich gegangen ist. Eine praktischere Auffassung der Wasserstraßenfrage hat Platz gegriffen, indem der industriereiche Osten eine entschiedene Begünstigung erfährt.

Nach der Fertigstellung sämtlicher Wasserstraßen, welche in dem beifolgenden Uebersichtskärtchen*) angegeben sind, werden im östlichen Frankreich drei Hauptlinien radial nach Paris führen: 1) die Oise, welche mit dem St. Quentin-Canal, sowie mit dem Sambre-Oise-Canal in das flandrische Kohlenbecken überleitet und durch die Aisne und den Ardennencanal mit der unteren Maas in Verbindung steht, 2) die Marne, welche durch ihren Seitencanal und den Rhein-Marne-Canal eine Verbindung mit dem Saar-Kohlenbecken bewirkt, einstweilen allerdings noch in sehr unvollständiger Weise wegen der mangelhaften Schiffbarkeit des canalisirten Flußlaufes, 3) die obere Seine, die Yonne und der Canal de Bourgogne, welche den Uebergang in das mittlere Saônethal bewirken.

Außer diesen drei radial nach Paris führenden Linien ziehen sich zwei große Schifffahrtswege parallel der

Grenze aus dem Saônethal nach dem flandrischen Kohlengebiet.

Die am meisten nach Osten gelegene Linie, der Canal de l'Est, beginnt bei Givet an der belgischen Grenze in unmittelbarem Anschluß an die belgische Maas-Canalisierung und benutzt zunächst das Maasbett, verfolgt alsdann das Thal dieses Flusses als Seitencanal und erreicht die Wasserscheide zwischen Maas und Mosel in der als Scheitelstrecke für den Canal de l'Est dienenden Haltung von Pagny des Rhein-Marne-Canals. Der in das Moselthal absteigende Ast dieses Canals wird von beiden Linien gemeinschaftlich benutzt. Von Toul dient auf kurze Strecke die canalisirte Mosel dem von Norden nach Süden gerichteten Verkehr. Alsdann folgt die Linie dem Moselthal als Seitencanal bis unterhalb Epinal, erklimmt hierauf die Wasserscheide zwischen Mosel und Maas und fällt endlich im Thale des Coney bis zur canalisirten Saône.

Die zweite parallel der Grenze führende Linie beginnt unweit der Ausmündung des St. Quentin- und des Sambre-Oise-Canals im Seitencanal der Oise und leitet zunächst in den Seitencanal der Aisne über. Durch den Aisne-Marne-Canal gewinnt sie das Thal der Marne, welchem sie als Seitencanal bis zum Quellgebiet dieses Flusses unweit Langres folgt. Nach Durchbrechung der Wasserscheide mit einem ziemlich langen Tunnel zieht sich die Linie im Thale der Vingeanne bis zur Saône, welche sie bei Pontailier erreicht. Der zwischen dem Endpunkte des Rhein-Marne-Canals und Vitry-le-François gelegene Theil des Marne-Seitencanals ist bereits seit 1845 im Betrieb. Kurz vor dem Feldzuge von 1870/71 entschloß man sich zur Verlängerung des Seitencanals in das obere Marnethal. Nach mehrjähriger Unterbrechung ist der „Canal de la Haute-Marne“ genannte Theil bis Donjeux fertiggestellt worden. Bei diesem Orte beginnt der zur Zeit im Bau befindliche Marne-Saône-Canal.

Die östliche Parallellinie, der Canal de l'Est, verbindet das belgische, längs der Maas sich hinziehende Kohlengebiet unmittelbar mit den industriereichen Departements Ardennes, Meurthe-et-Moselle, Vosges und Haute-Saône. Aus den Hüttenwerken des Departements Meurthe-et-Moselle kommt z. B. etwa ein Drittel der gesamten französischen Gufseisenproduction, 450000 Tonnen von 1390000 Tonnen, welche im ganzen Lande erzeugt werden. Auch die Production von Schmiede- und Walzeisen ist eine bedeutende, z. B. in Meurthe-et-Moselle 36000, in Ardennes 56000 Tonnen. Ferner wird auf den Transport der an verschiedenen Stellen des Verkehrsgebietes gewonnenen Bausteine und Dachschiefer, von Bauholz, Salz und anderen Massengütern gerechnet. Man hofft auf eine mittlere Frachtenmenge von etwa 1 Mill. Tonnen per Jahr. Am lebhaftesten wird voraussichtlich die Frequenz im oberen Maas- und im Moselthale sein, wohin eine bedeutende Transportmasse vom Rhein-Marne-Canal überleitet werden dürfte.

Die westliche Parallellinie, deren südliches Endglied der Marne-Saône-Canal ist, bildet die kürzeste Verbindung zwischen dem reichentwickelten flandrischen Wasserstraßennetze und dem Rhônebecken. Sie wird deshalb auch als Schifffahrtsstraße zwischen Marseille und Dunkerque bezeichnet. In der Begründung des Specialprojectes ist hierauf, jedoch wohl nicht mit Recht, ein besonderer Werth gelegt.

*) Siehe Seite 431/432.

Selbst wenn es gelingen sollte, Waaren ohne Umladung auf dem Binnenschiffahrtswege vom Mittelmeere zum Canal La Manche zu befördern, welche Möglichkeit, mit Rücksicht auf die ungünstigen Schiffahrtsverhältnisse des Rhönestroms zwischen seiner Mündung und Lyon, noch in weiter Ferne steht, so ist dennoch der Transport auf dem Seewege trotz dessen fast dreimal größerer Länge für die meisten Waaren billiger und außerdem weniger zeitraubend. Wohl aber wird sich voraussichtlich einerseits von der Rhône und Saône her in das gewerblüthige Marnethal, andererseits von den nördlichen Departements aus ebendorthin und über die Marne-Saône-Wasserscheide hinweg ein ziemlich lebhafter Verkehr entwickeln. Die Eisenwerke zwischen St. Dizier und Bologne, welche jährlich etwa 70000 Tonnen Guß- und 60000 Tonnen Schmiedeeisen erzeugen, können in Zukunft die französischen Kohlen aus dem Loirebecken und dem Creusotbecken von Süden her, sowie aus dem Valenciennesbecken von Norden her billiger beziehen wie aus dem deutschen Saargebiet, auf das sie jetzt angewiesen sind. Auch die Zufuhr von Erzen wird erleichtert. Die übrigen Erzeugnisse der von der neuen Canallinie berührten Landschaft, welche für Wasserfracht sich eignen, finden auf den beiderseits anschließenden Schiffahrtswegen günstigen Anschluß. Ob die zu erwartenden Transportmengen jedoch groß genug sind, um die sehr bedeutenden Anlagekosten wirtschaftlich zu rechtfertigen, entzieht sich der Beurtheilung.

Nach Fertigstellung des Marne-Saône-Canals steht das Rhônebecken durch drei Wasserstraßen in directer Verbindung mit dem Norden: 1) durch den Canal de l'Est, 2) durch den Marne-Saône-Canal und die an denselben sich schließenden Canäle, 3) durch den Canal de Bourgogne, die Yonne, die obere und untere Seine. Als ein Vorzug der mittleren Linie wird angeführt, daß dieselbe durchweg aus Canälen besteht, während die beiden anderen Linien auf große Strecken canalisirte Flußläufe benutzen. Trotz der fast überall angewandten beweglichen Wehre leidet die Schiffbarkeit der meisten canalisirten Flüsse Frankreichs sehr stark durch die schroffen und plötzlich eintretenden Wasserstandsunterschiede. Reifende Hochfluthen und langanhaltende Wasserarmuth unterbrechen die Schiffahrt zuweilen, selbst auf dem frequentesten Schiffahrtswege von Flandern nach Paris, in der Oise wochenlang, noch häufiger in der canalisirten Marne. Hierzu kommt, daß oft nur geringer Werth auf die Regulirung der zwischen je 2 Wehren gelegenen Flußläufe gelegt ist, so daß bei Hochwasser, wenn die Wehre geöffnet sind, der sich selbst überlassene Strom seine Ufer angreift und die ausgebagerte Fahrinne verschüttet. Man betrachtet daher die Benutzung des Flußbettes zum Ausbau einer Wasserstraße vielfach als einen, nicht immer zu vermeidenden Uebelstand und gelangt schließlich zu der extremen These, daß „die Flüsse den Zweck haben, Canäle zu speisen“.

Bevor zur näheren Beschreibung des Marne-Saône-Canals übergegangen wird, mag noch auf einen charakteristischen Unterschied zwischen den deutschen und französischen Wasserstraßen aufmerksam gemacht werden. In Frankreich überwiegt die Canalschiffahrt, in Deutschland die Schiffahrt auf freiem Strome. Die in Frankreich üblichen plumpen, kistenförmigen Canalboote transportiren zwar im Verhältniß zu ihrer Länge und Breite sehr bedeutende

Frachtmengen, lassen sich jedoch nur mit großem Kraftaufwand bewegen und sind auf freien Strömen kaum zu gebrauchen. Die in Deutschland üblichen Flußschiffe nöthigen bei der Anlage von Canälen zur Wahl weit größerer Schleusen- und Querprofil-Abmessungen, wodurch die Anlagekosten in hohem Grade wachsen, mit den engen französischen Canälen verglichen, deren Normalschleuse nur 5,2 m nutzbare Breite und 38,5 m nutzbare Länge hat, während bekanntlich für die neu anzulegenden deutschen Canäle die entsprechenden Maasse auf 8,6 m und 67 m festgesetzt sind. In Rücksicht auf die Befahrung mit Canalbooten begünstigt man in Frankreich die Canalisirung der Flüsse, selbst derjenigen, welche recht wohl zur Regulirung geeignet wären. Man nimmt damit natürlich auch alle Nachtheile in Kauf, welche die mit Sehleusungen verbundene Schiffahrt gegenüber der Schiffahrt auf freiem Strome besitzt. Die durchschnittliche Länge der einzelnen Haltungen ist sehr gering, auf den meisten Wasserstraßen nur 2 bis 3 Kilometer. Die Dampfschiffahrt, welche in verschiedenen Formen auf den Flüssen und Canälen Deutschlands eine so hervorragende Rolle spielt, hat sich deshalb in Frankreich nur wenig einzubürgern vermocht.

Inwieweit die erwähnte Verschiedenheit in der Physis beider Länder begründet ist, oder ob sie zum Theil durch die allmälige Entwicklung bestimmter, beim Bau und Betrieb der Wasserstraßen maafsgebenden Principien zu erklären sein wird, dies zu untersuchen liegt nicht in der Absicht. Es erschien jedoch nothwendig, den genannten charakteristischen Unterschied hervorzuheben, bevor mit der Beschreibung des im Neubau begriffenen Marne-Saône-Canals begonnen wird, um beim Vergleiche desselben mit deutschen Wasserstraßen vor Fehlschlüssen zu bewahren.

II. Uebersicht des Gesamtprojectes.

1. Vorbemerkung.

Schon unter Louis Philipp's Regierung wurden durch den Ingenieur Brière de Mondétour Vorarbeiten ausgeführt zur Anlage eines Canals, welcher von Vitry-le-François aus das Marnethal verfolgen, bei Langres die Wasserscheide durchbrechen und im Thale der Vingeanne bis zur Saône bei Pontailier sich hinabziehen sollte. Der Ausbau des Eisenbahnnetzes drängte dieses Project, wie viele andere, in den Hintergrund. Inzwischen hat die Ostbahngesellschaft das für die Tracenenwicklung günstige linke Marneufer für die von Chaumont bis Langres im Thale dieses Flusses entlanggeführte Hauptlinie Paris-Basel und für die von Chaumont abwärts nach Blesmes zum Anschluß an die Hauptlinie Paris-Straßburg führende Zweigbahn in Anspruch genommen.

Nachdem das Bedürfniß der oberhalb Saint-Dizier lebhaft entwickelten Eisenindustrie einen Schiffahrtsanschluß an den Rhein-Marne-Canal dringend erwünscht gemacht hatte, wurde im Juni 1868 der Bau eines Canals von Vitry-le-François bis nach Joinville gesetzlich beschlossen und im Laufe der folgenden Jahre zur Ausführung gebracht. Derselbe führt den Namen Canal de la Haute-Marne, stellt sich jedoch durchaus als eine Fortsetzung dar des seit lange im Betrieb befindlichen Marne-Seitencanals, der bei Vitry in den Rhein-Marne-Canal übergeht. Nach längerer, durch den deutsch-französischen Krieg veranlaßter Unterbrechung wurde im Jahre

1878 der Ober-Marne-Canal bis nach Donjeux weiter geführt. Die ganze Länge von Vitry bis Donjeux beträgt 74 km, die Zahl der Schleusen 34, das durchschnittliche Gefälle derselben 3,10 m. Die Tiefe des Canals ist auf 2,10 m bemessen worden, die nutzbare Breite der Schleusen auf 5,20 m, ihre nutzbare Länge auf 35,0 m. Jedoch sind inzwischen die meisten Schleusen bereits auf die Länge von 38,50 m umgebaut worden.

Sowohl diese seit 4 Jahren fertiggestellte Strecke, als auch ihre Fortsetzung thalaufwärts hat auf die vom Ingenieur Brière geplante Trace verzichten müssen, weil die Eisenbahn den günstig gestalteten linken Thalhang einnimmt, und ist auf den engeren rechtsseitigen Thalhang angewiesen, an den sich die Marne in vielfach gewundenem Laufe dicht andrängt. Im Vingeannethal konnte dagegen die alte Trace in der Hauptsache beibehalten bleiben. Die Neubearbeitung des generellen Projectes rührt von M. Duretteste, jetzt Inspecteur général in Paris, her.

Die Scheitelhaltung ist um etwas über 6 m tiefer angenommen wie in dem Brière'schen Entwurfe vorgesehen war. Um die Länge des Canaltunnels, mit welchem der Gebirgsstock bei Langres durchbrochen wird, möglichst zu beschränken, erwies sich nachträglich eine Verlegung der Trace an jener Stelle als nothwendig. Nach dem neuen Entwurf wird der Marneast des Canals von Donjeux bis zur Scheitelstrecke auf 74,5 km Länge 40 Schleusen erhalten, deren durchschnittliches Gefälle 3,50 m beträgt. Die Scheitelstrecke selbst wird 10,0 km lang. Der Saôneast fällt auf 62 km Länge mit 52 Schleusen um 156 m, so daß das mittlere Gefälle 3,6 m mißt. Die ganze Länge des Marne-Saône-Canals beträgt sonach 146,5 km, während die generelle Trace von Donjeux bis Pontailler 151 km lang war. Das ganze beim Auf- und Absteigen zu überwindende Gefälle beträgt 296 m. Der Wasserspiegel der Scheitelhaltung liegt 340,55 m, die letzte Haltung des Ober-Marne-Canals bei Donjeux 200,5 m, der mittlere Wasserstand der Saône an der Ausmündung des Canals 184,6 m über Meeresspiegel. Das mittlere Schleusengefälle beträgt, da 92 Schleusen vorgesehen sind, 3,22 m, die mittlere Länge einer Haltung (nach Abrechnung der Scheitelstrecke) 1,52 km.

Auf Blatt 45 sind in dem Uebersichtsplane die Schleusen von der Scheitelstrecke aus numerirt. Nach neueren Bestimmungen soll ein Theil der Schleusen des Saôneastes durch eine Ascenseuranlage (senkrechte Hebung) ersetzt werden.

2. Trace von Donjeux bis Langres.

Die Linie beginnt mit Schleuse Nr. 40, unter deren Oberhaupt ein Mühlgraben hindurch geleitet wird. Sie bleibt zunächst auf dem rechten Ufer der Marne, deren Krümmungen sie sich möglichst anschmiegt. In der zweiten Haltung muß die Eisenbahn zweimal mit Unterführungen gekreuzt werden. Bei Provencher, wo der Fluß durch eine schroff vorspringende Bergnase zu einem weiten Bogen genöthigt wird, verfolgt der Canal die Sehne desselben mit einem 340 m langen Tunnel. Bis Vouécourt hält sich die Linie zwischen der Marne und dem Fuße des Berghanges. Etwas weiter oberhalb wird abermals eine scharfe Krümmung des Flusses abgeschnitten, und zwar durch einen Einschnitt von beträchtlicher Tiefe. Von Viéville ab entwickelt sich

die Linie in dem breiter werdenden Thale ohne weitere Schwierigkeiten bis in die Nähe von Bologne, wo die Eisenbahn von Bologne nach Épinal durch eine Unterführung gekreuzt werden muß.

Oberhalb dieser Kreuzung geht der Canal mit einem Aquaducte auf das linke Ufer des Flusses über, um nicht der scharfen Serpentine desselben folgen zu müssen. Hierdurch wird zwar eine Ueberbrückung des Wildbaches von Briancourt erspart, dagegen eine zweimalige Ueberschreitung der Marne mit je 25 m weiten Aquaducten, sowie eine Durchtunnelung des Bergvorsprunges bei Condes mit einem 275 m langen Canaltunnel erforderlich. In der Haltung zwischen den Schleusen Nr. 29 und 28 ist auf eine längere Strecke eine Umleitung des Flusses erforderlich, um die ohnehin schon sehr scharfe Curve der Canallinie nicht noch schärfer machen zu müssen. Bei Chamarandes wird abermals die Marne überschritten und die Bergnase auf dem linken Ufer mit einem kurzen Tunnel durchsetzt. Nachdem der Canal unterhalb der Mündung des Suizebaches wieder auf das rechte Marneufer zurückgegangen ist, verfolgt er dasselbe mit Ausnahme einer kurzen Strecke bei Foulain bis zur Scheitelhaltung.

Die Marne kann oberhalb St. Dizier bei gewöhnlichen Wasserständen kaum mehr auf den Namen eines Flusses Anspruch machen. Sie fließt in einem engen, von ziemlich hohen, jedoch großentheils flach abfallenden Hügelketten besäumten Thale, in dessen lehmigem Grunde sie sich mit vielen Schlangenwindungen ihren Lauf ausgehöhlt hat. Auch das Canalbett liegt nur an wenigen Stellen in anderen Bodenarten, z. B. in der Nähe von Donjeux, wo dünnschieferiger Sandstein das Thal durchzieht. Die erste Anfüllung der dortigen Haltung führte zu einer weithin sich geltend machenden Inundirung der Aecker durch Drängewasser. Nach verschiedenartigen Versuchen entschloß man sich, die Canalsole und einen Theil der Böschungen mit einer etwa 50 cm hohen Schicht Formsand, der in den Eisengießereien der Umgegend viel verwandt wird, zu bedecken und die durch Zuleitung von Wasser breiartig gewordene Masse in die Sohle und Seitenböschungen einzupflügen.

An mehreren Stellen, wo die Berge sich höher aufbauen und von üppigem Waldstand bekrönt sind, bietet das Thal der Marne prächtige Landschaftsbilder, vor allem bei Joinville und bei Chaumont. Von epheumrankten Basteien umgeben, blickt diese alte Stadt aus stolzer Höhe in das liebliche Thal. Weiter zurück leuchtet aus dunklen Tannen hervor der zierliche Viaduct, mit dem die Ostbahn das tief eingeschnittene Thal der Suize in gewaltiger Höhe überschreitet. Oberhalb Chaumont flachen die Lehnen des Thales sich allmähig ab bis zu dem Quellengebiete bei Langres, wo aus engen Querthälern die Seitenbäche, deren Zusammenfluß die Marne bildet, sich vereinigen. Von dem Bahnhofe aus betrachtet, der in dem Thalgrunde liegt, scheint die Festung Langres auf einem isolirten Bergkegel zu liegen, kühn und trutzig, mit malerisch hübschen Mauern und Zinnen und thurmgeschmückten Thoren, die das frühe Mittelalter und die Römerzeit errichtet hat. Wenn man die Stadt in südlicher Richtung verläßt, so zeigt sich dem Auge in überraschender Weise ein anderes Bild — eine weite, weite Hochebene, hier und da ein kleines Gehöft, ein ärmliches Dorf, selten Wald. Die Thalsenken verrathen sich nur durch

den Nebel, der über ihnen sich geschlossen hält. Wo zwei dieser Senken von Norden und Süden her am meisten sich nähern, durchbricht der Canal die Wasserscheide, welche das Gebiet des atlantischen Meeres von dem Zuflußgebiete des mittelländischen Meeres trennt.

Auf der Strecke zwischen Chaumont und Langres wurde die Tracirung der Canallinie durch das Vorhandensein der Eisenbahn an mehreren Stellen bedeutend erschwert, besonders bei Boischaulle, wo die Marne dicht gegen den Höhenrand gedrängt ist, in dessen steile Lehne der Canal eingeschnitten werden muß. Bei La Pommeraye durchsetzt die Eisenbahn einen Bergvorsprung mit einem kurzen Tunnel, dessen Herstellung jedoch sehr kostspielig war. Man hat deshalb vorgezogen, die Canallinie mit einer scharfen Curve um den Berg zu leiten, wiewohl diese Umleitung zu einer doppelten Bahnkreuzung nöthigt. Beide Kreuzungsstellen fallen mit Schleusen (Nr. 15 und 14) zusammen, über deren Unterhäupter die Geleise übergeführt sind, um besondere Bauwerke zu sparen.

Von Rolampont bis zum jenseitigen Ende der Scheitelhaltung ist auf Taf. 45 das specielle Project der Canaltrace eingetragen. Erhebliche Abweichungen zwischen dem generellen Entwurf und den Specialentwürfen, welche den Submissionen zu Grunde gelegt sind, finden fast ausschließlich in der Scheitelhaltung selbst statt, ferner, wie bereits erwähnt, bei der Schleusentreppe, durch welche dieselbe mit dem Vingeannethal verbunden ist. Im generellen Entwurfe lag die Ausmündung des Canaltunnels auf der Saõneseite bedeutend weiter nach Westen, wodurch die Linie um 4,5 km länger war (151 km gegen 146,5 km), ohne daß sonstige Vortheile erreicht wurden. Zwischen Rolampont und Langres unterscheidet sich der Specialentwurf von dem generellen Project hauptsächlich dadurch, daß alle Curven mit weniger als 200 m Radius durch flachere Krümmungen ersetzt, die Schleusengefälle gleichmäßig gemacht und mehrere Verlegungen der Marne vermieden sind. Der schwierige Uebergang bei Schleuse Nr. 1, wo der Canal in kurzer Aufeinanderfolge die Eisenbahn und eine Staatsstraße (Route Nationale Nr. 19) kreuzen, sowie den Fluß aus seinem Bette drängen muß, ist auf Taf. 45 Fig. 4 näher dargestellt.

Um an Bauwerken zu sparen, sind, wenn angängig, fast sämtliche den Canal kreuzenden Straßen und Feldwege über die Unterhäupter der Schleusen geführt. Ebenso sind, wenn irgend thunlich, die vom rechten Berghang zufließenden Bäche und Wasserläufe unter den Oberhäuptern der Schleusen hindurchgeleitet. Zwischen den Schleusen Nr. 4 und 5 mußte die Linie neben die Eisenbahn in einen ziemlich tiefen Einschnitt gelegt werden, um eine doppelte Bahnkreuzung zu vermeiden. Die hier gewonnenen Erdmassen werden weiter unterhalb verwandt, wo der Canal großentheils auf Dammschüttung liegt. Oberhalb Moulin Rouge mündet der aus dem Reservoir de la Mouche kommende Zubringer in den Canal. Das große Reservoir de la Liez giebt dagegen sein Wasser in die Scheitelhaltung ab.

Häfen sind auf der Marneseite vorgesehen an 11 verschiedenen Stellen, also in durchschnittlich $\frac{74,5}{11} = 6,8$ km Entfernung. Zwei derselben dienen zum Anschluß größerer

Eisenwerke. Bei Bologne und Langres findet eine Verbindung mit der Eisenbahn statt.

Die Bauausführung bietet keine besonderen Schwierigkeiten, da fast überall fetter Lehmboden auf bedeutende Tiefen vorhanden ist. Die Schleusen und sonstigen Bauwerke bedürfen keine künstlichen Fundirungen. Ebensowenig braucht in den Einschnitten auf kostspielige Dichtungsarbeiten Bedacht genommen zu werden. Für die Schüttung der Dämme ist gut geeigneter, undurchlässiger Boden in genügender Menge vorhanden.

3. Trace von Langres bis Pontailler.

Der größte Theil der Scheitelhaltung wird von dem Tunnel und seinen beiden Voreinschnitten eingenommen. Auf Taf. 45 ist das Längenprofil der Scheitelhaltung im Maafsstabe 1 : 40000 dargestellt, ferner auf Taf. 47 einige Querprofile der Voreinschnitte und der Tunnelanlage, sowie einige charakteristische Situationsbeispiele auf Taf. 46.

Die ganze Länge der Scheitelhaltung beträgt 10,0 km, wovon 4,82 km auf den Tunnel, 2,88 km auf den nördlichen und 1,8 km auf den südlichen Voreinschnitt entfallen. Der nördliche Berghang steigt sehr flach an. Um die ohnehin schon sehr bedeutende Erdmasse, welche aus dem Voreinschnitte gewonnen und nur zum Theil für die Thalsperre des Reservoirs der Liez verwendet wird, möglichst zu vermindern, hat man den Tunnel bereits bei einer Tiefe von nur 12,5 m (zwischen dem Haltungswasserspiegel und dem natürlichen Terrain) beginnen lassen. Da nach Fig. 17 (Taf. 47) die First des Vollaushruchs um 6,8 m über dem Wasserspiegel liegt, so bleibt am Tunnelmundloch nur eine 5,7 m starke Schicht über der First. Innerhalb der folgenden 2 km ist das über dem Tunnel anstehende Gebirge nirgends mächtiger als höchstens 30 m. Erst vom dritten Kilometer steigt das Terrain rascher. In 3,3 km Entfernung vom nördlichen Mundloch wird das Plateau erreicht, dessen Breite in der Canaltrace nur 0,72 km beträgt. Die Höhe der Erdoberfläche über der Tunnelfirst schwankt hier zwischen 113 bis 119 m (460 bis 465,79 m über Meeresspiegel). Nach der Saône zu fällt der Berghang steil ab, auf 0,8 km Länge um 106 m, so daß am südlichen Tunnelmundloch die über der First gelegene Bergschicht eine Stärke von etwa 9 m hat. Die aus dem Voreinschnitte und dem Tunnel geförderten Massen müssen zum bei weitem größten Theile seitlich abgelagert werden.

So unbequem für den Canalbetrieb ein längerer Tunnel ist, so liefs sich ein solcher beim Uebergang aus dem Wasserbecken der Marne in das der Saône keinesfalls vermeiden, da sich eine niedrigere Einsattelung der Wasserscheide nirgends findet. Durch Höherlegung der Scheitelhaltung um einige Meter hätte sich zwar eine bedeutende Abkürzung des Tunnels erreichen lassen, jedoch nur durch Vermehrung der überdies schon reichlich großen Schleusenzahl. Um die Mifsstände, welche die Tunneldurchfahrt bietet, (nämlich: die Vermehrung der Zugwiderstände in dem auf große Länge eingeschränkten Canalprofil, sowie die Schwierigkeiten der Treidelung) auf ein möglichst geringes Maaf zu begrenzen, wird beabsichtigt, nach dem Muster der Scheitelhaltungen des Canal de St. Quentin, des Rhein-Marne-Canals (Bief de Mauvages) u. s. w., eine Kette in die Scheitelhaltung zu legen. Da die Kettenschleppzüge nur in längeren Zwischen-

räumen gehen können, muß Vorsorge getroffen werden, beiderseits des Tunnels durch Canalverbreiterung Liegeplätze für die auf den Abgang des Schleppzuges wartenden Schiffe zu schaffen. Ferner hat man die Wassertiefe des Canals auf 2,5 m gebracht, wodurch die Widerstände der Schiffsbewegung in hohem Grade herabgemindert werden. Weitere Angaben über den Canaltunnel folgen später.

Südlich des Dorfes Heuilley-Cotton sollte nach dem generellen Projecte der Canal mit einer sehr steilen Schleusentreppe von 14 Schleusen um 45 m auf 3,1 km Länge in das Vingeannethal fallen. Die einzelnen Haltungen, deren Breite aus Betriebsrücksichten sehr groß angenommen war, würden im Durchschnitt nur etwa 250 m lang geworden sein. Um den hierdurch entstehenden Unzuträglichkeiten zu entgehen und an Speisewasser, dessen Beschaffung mit großen Kosten verbunden ist, zu sparen, hat man sich zu der bereits erwähnten Anlage von „Ascenseurs“ entschlossen. Es sollen zwei Hebewerke mit 20,5 m Hubhöhe angelegt werden, eines am unteren Ende, ein zweites in der Mitte der in Frage stehenden Strecke. Jedes derselben würde mit einer einfachen beweglichen Kammer zu versehen sein. Die beiden hydraulischen Cylinder sollen durch eine 1,6 km lange Druckleitung mit einander in Verbindung gesetzt werden, um die bei der Senkung eines Schiffes aus der Scheitelhaltung geleistete Arbeit zur Hebung eines Schiffes aus dem Vingeannethal in die mittlere Haltung zu benutzen. Die zur Erlangung eines speciellen Entwurfs zwischen 10 französischen und englischen Ingenieuren ausgeschriebene Concurrenz war zur Zeit der Abfassung dieses Aufsatzes noch nicht zur Entscheidung gelangt.

Bei Villegusien erreicht der Canal, nachdem er kurz zuvor die bei der Station Culmont-Chalindrey von der Hauptbahn Paris-Basel abzweigende Eisenbahnlinie nach Dijon gekreuzt hat, das Thal der Vingeanne. Bis in die Nähe von Piépape ist der Boden des linken Ufers, auf dem die Trace sich ohne Schwierigkeiten entwickelt, wenig durchlässig und vortrefflich zur Anlage eines Schiffahrtscanal's geeignet. Unterhalb jenes Ortes wird der Boden auf dem linken Ufer sehr klüftig und zum Canalbau in keiner Weise brauchbar. Die Linie geht daher auf das nicht ganz so ungünstige rechte Ufer des Flüsches über mittelst eines Aquaductes von 15 m Spannweite. Bei Dommarion-Choilly erweist sich eine Fußverlegung als notwendig, zwischen den Schleusen Nr. 27 und 28 die Durchstechung eines aus durchlässigem Boden bestehenden Bergvorsprungs. Erst bei Cusey wird wieder vollkommen zuverlässiger Baugrund erreicht. Die ganze 14 km lange Strecke von Piépape bis Cusey muß voraussichtlich künstlich gedichtet werden.

Von Cusey an beginnt das Thal der Vingeanne größere Breite anzunehmen, so daß der Canal sich auf dem Thalgrunde frei bewegen und diejenige Linie aussuchen kann, welche die geringsten Ausgaben für Erdarbeiten und Mauerwerk notwendig macht. Bei Maxilly wird die von Auxonne nach Gray führende Zweigbahn mit einer Unterführung gekreuzt, zu welchem Zwecke die Schienengeleise um etwa 1,1 m angehoben werden müssen. Die Canallinie endigt in einem Schleusencanal der Saônecanalisierung, etwa 2 km oberhalb der Stadt Pontailler.

4. Genereller Plan der Speisung des Canals.

Bereits bei den ältesten Entwürfen war man sich bewußt, daß weder die Marne noch die Vingeanne die zur Speisung des Marne-Saône-Canals notwendigen Wassermengen liefern könne. Man glaubte jedoch, das quellenreiche Gebiet des Bergstocks, in welchem jene beiden Flüsse ihren Ursprung nehmen, würde die Scheitelhaltung in ausreichendem Maße mit Zuflußwasser versorgen, wenn der Tunnel und seine Voreinschnitte die unterirdischen Wasseradern aufschlossen. Als diese Ansicht bei näherer Prüfung sich nicht haltbar erwies, verfiel man in das entgegengesetzte Extrem: man dachte an die Anordnung von 12 Speisereservoirs, meistens freilich von geringem Umfang. Durch die Herstellung von Eisenbahnen in einigen für die Anlage der kleinen Reservoirs ins Auge genommenen Seitenthälchen, sowie durch Abänderungen der Canaltrace würde man zur Umgestaltung des früheren Entwurfs genötigt worden sein, auch wenn sich nicht die Concentrirung der aufzuspeichernden Wassermassen auf eine weit geringere Anzahl großer Reservoirs empfehlenswerth gezeigt hätte. In dem generellen Canalproject von 1873 war die Anlage von 5 Speisereservoirs mit einem Gesamtinhalte von 32 225 000 cbm Wasser beabsichtigt worden. Das Specialproject von 1879 beschränkt die Zahl der Speisereservoirs auf 3, deren Gesamtinhalt auf 34 900 000 cbm gebracht werden soll.

Der generelle Entwurf hatte für die Speisung des Canals folgenden Plan aufgestellt: Die Marneseite sollte mit Ausnahme der beiden obersten Haltungen während der Hälfte des Jahres vollständig aus der Marne, während der 3 Monate des Hochsommers vollständig aus den Speisereservoirs und während des letzten Vierteljahres zur Hälfte aus der Marne und zur Hälfte aus den Reservoirs gespeist werden. In ähnlicher Weise würde das Wasser der Vingeanne für die Speisung der unterhalb Piépape gelegenen Haltungen der Saône-seite in Anspruch zu nehmen sein. Die Scheitelhaltung, die beiden obersten Haltungen der Marneseite und die in das Vingeannethal hinabfallende Schleusentreppe wären ausschließlich auf die Speisereservoirs angewiesen. In der Hauptsache kommt dieser Plan bei der definitiven Anlage zur Ausführung.

Man war von der Voraussetzung ausgegangen, für die Speisung des Canals genüge pro laufenden Meter per Tag durchschnittlich 1 cbm Wasser, also pro Kilometer per Secunde 11,57 Liter. Die Tabelle auf S. 341 zeigt, in welcher Weise die erforderliche Wassermenge durch 7 Speiseschleusen (prises d'eau) dem Canale zugeführt werden sollte. In der fünften Colonne ist angegeben, wie groß die Wassermenge der Marne an der für die Ableitung des Wassers in Aussicht genommenen Stelle zur Zeit des niedrigsten Wasserstandes auf Grund von Consumtionsmessungen in Rechnung gestellt werden darf. Außerdem wollte man 3 Hilfszubringer anlegen, welche aus kleineren Seitenbächen per Secunde im ganzen 45 Liter Wasser dem Canale zuführen würden.

Man würde etwa 60 % des gesammten bei Niedrigwasser in der Marne überhaupt zum Abfluß gelangenden Wassers, im oberen Laufe des Flusses sogar über 80 %, in den Canal ableiten müssen, was nicht geschehen könnte, ohne die zur Ausnutzung der Wasserkraft dienenden 31 Mäh-

len und sonstigen industriellen Etablissements während längerer Zeit brach zu legen.

Benennung der Speiseschleusen	Bezeichnung d. gespeisten Haltungen Nr.	Länge derselben km	Bedarf an Speisewasser l	Wassermenge d. Marne z. Zeit d. niedrigsten Wasserstandes l
1. Bei Moulin Rouge . .	3 bis 8	8,792	102	123
2. Bei Rolampont . . .	9 „ 13	9,539	111	276
3. Bei La Pommeraye . .	14 „ 18	8,316	96	400
4. Bei Lusy	19 „ 23	9,086	105	616
5. Bei Valdeschour . . .	24 „ 29	13,339	154	620
6. Bei Bologne	30 „ 33	7,891	91	1322
7. Bei Vignory	34 „ 39	13,631	157	1400
		70,684	816	—

Wird jedoch während 3 Monate vollkommen und während weiterer 3 Monate theilweise auf die Zuleitung aus den genannten Speiseschleusen verzichtet, so ist für die andersartige Beschaffung von $70684 \times (3 + \frac{3}{2})30 = 9\,500\,000$ cbm Wasser Sorge zu tragen.

In ähnlicher Weise wurde ermittelt, daß für die Speisung der 56 km langen Strecke zwischen Piépape und der Ausmündung des Canals in die Saône während der Sommermonate eine Reserve von 7 500 000 cbm erforderlich wäre. Für die Speisung der Scheitelhaltung, sowie der anschließenden Canalstrecken, nach dem generellen Project 24 km, welche während des ganzen Jahres auf die Reservoirs angewiesen sind, nahm man einen Bedarf von 9 000 000 cbm an, so daß die Aufspeicherung von $(9,5 + 7,5 + 9) = 26$ Mill. Cubikmeter Speisewasser nothwendig erschien.

Eine Controllrechnung, welche voraussetzte, daß täglich 20 Schiffe die einzelnen Schleusen des Canals auf der Durchfahrt passirten, führte zu einem ähnlichen Ergebniß.

Jede Schleusung entzieht der oberen Haltung bis zu 800 cbm Wasser. Wenn während 300 Tage je 20 Schiffe auf der Bergfahrt 800 cbm und auf der Thalfahrt ebenfalls 800 cbm der Scheitelhaltung entziehen, so stellt sich der gesammte durch den Verkehr hervorgerufene Wasserverbrauch auf 9 600 000 cbm. Die Wasserverluste, welche durch Versickerung, Verdunstung, Undichtigkeiten der Schleusenthore u. s. w. verursacht werden, kann man schätzungsweise im Durchschnitt auf 600 cbm pro Kilometer per Tag annehmen,

Kostenüberschlag für die Canalstrecke Donjeux-Langres (70,7 km).

Erdarbeiten	2 798 000 cbm à 1,44 fr. = 4 029 000 fr., pro km 39 580 cbm = 56 970 fr.
Bauwerke	5 808 000 fr., pro km 82 170 fr.
Grunderwerb	325,45 ha à 7 194 fr. = 2 341 000 fr., pro km 4,6 ha . . . = 33 120 fr.
Allgemeine Kosten, Dichtungsarbeiten u. s. w.	922 000 fr., pro km 13 060 fr.

Gesamtkosten der Marneseite: 13 100 000 fr., pro km 185 320 fr.

Kostenüberschlag für die Canalstrecke Langres-Pontailier (80,3 km).

Erdarbeiten	4 316 000 cbm à 1,60 fr. = 6 920 400 fr., pro km 53 730 cbm = 86 130 fr.
Bauwerke	13 175 500 fr., pro km 164 000 fr.
Grunderwerb	360,0 ha à 5 000 fr. = 1 800 000 fr., pro km 4,47 ha . . . = 22 400 fr.
Allgemeine Kosten, Dichtungsarbeiten u. s. w.	2 380 100 fr., pro km 29 600 fr.
Speisereservoirs	5 724 000 fr.

Gesamtkosten der Scheitelhaltung u. Saône-seite: 30 000 000 fr., pro km 302 130 fr. (exclus. Speisereservoirs).

Für die ganze Länge des Canals, die nach dem generellen Project 151 km beträgt, waren sonach 43 100 000 fr.,

also für 151 km Canallänge per Jahr auf 33 069 000 cbm. Da jedoch auf 126 km Länge während $(6 + \frac{3}{2})$ Monate die letztgenannten Wasserverluste durch unmittelbare Entnahme aus den Flüssen Marne und Vingeanne gedeckt werden können, würden $(6 + \frac{3}{2})30 \times 126 \times 600 = 17\,010\,000$ cbm weniger, also nur 16 059 000 cbm aus den Speisereservoirs zu entnehmen sein, deren Gesamttinhalt sich demnach auf $(9,6 + 16,1) = 25,7$ Mill. cbm bemessen würde.

Mit Rücksicht auf die unvermeidlichen Verluste bei der Aufspeicherung der zur Speisung dienenden Wassermassen hatte man bereits bei dem generellen Projecte das Fassungsvermögen der 5 geplanten Reservoirs um etwa 20 % größer, nämlich auf 32,2 Mill. cbm angenommen. Das Specialproject geht über diese Zahl noch hinaus. Wenn auch durch die inzwischen beschlossene Anlage von Ascenseurs an Stelle der Schleusentreppe bei Heuilley-Cotton die Verhältnisse etwas modificirt sind, so dürfte doch der von Herrn P. Gilbin mit großer Sorgfalt bearbeitete specielle Plan zur „Wasserversorgung des Canals aus Speisereservoirs“ eine nähere Mittheilung verdienen. Der nächste Abschnitt mag derselben, sowie einer Beschreibung der Constructionen, welche für die Speisungsanlagen erforderlich sind, gewidmet sein.

5. Herstellungskosten.

Dem generellen Kostenanschlag waren die Preise zu Grunde gelegt, welche bei dem Neubau des C. de la Haute-Marne bezahlt worden sind. Die Ermittlungen der zu bewegenden Erdmassen, des Grunderwerbs und der für die Anlage der Bauwerke erforderlichen Lieferungen und Arbeiten konnten zunächst nur überschläglich angestellt werden. Inzwischen haben sich durch die gleichzeitige Ausführung einer sehr bedeutenden Anzahl von öffentlichen Bauten in ganz Frankreich die Arbeitspreise in sehr hohem Maße gesteigert. Hunderttausende von italienischen Erd- und Felsarbeitern sind in das Land geströmt, um den übermäßigen Bedarf zu decken. Trotzdem beträgt die Steigerung der Tagelöhne seit 1878 etwa 25 %. Wenn sonach die Zahlen des generellen Kostenanschlages keine absolute Gültigkeit haben können, so wird ihre relative Größe durch die allgemeine Preissteigerung doch nur wenig beeinflusst, so daß eine Mittheilung der Hauptsummen angemessen erscheint.

also pro km 285 430 fr. vorgesehen. Für den C. de la Haute-Marne haben die kilometrischen Kosten 270 900 fr., für den

Rhein-Marne-Canal 243680 fr., für den Aisne-Marne-Canal 358330 fr. betragen. Die zum C. de l'Est gehörigen Canalstrecken haben annähernd 300000 fr. pro km erfordert. Es ist anzunehmen, daß diese Durchschnittskosten beim Baue des Marne-Saône-Canals noch erheblich überschritten werden, da seit der Inangriffnahme des C. de l'Est die Arbeitspreise außerordentlich gestiegen sind und die Bauausführung an und für sich größere Kosten mit sich bringen muß, hauptsächlich für die Scheitelhaltung, deren langer Canaltunnel und ausgedehnte Reservoiranlagen den Bau in hohem Grade vertheuern.

Ein Vergleich der einzelnen Anschlagstitel lehrt, daß an den Gesamtkosten des Canales die künstliche Speisungsanlage mit 13,2 % theilhaftig ist. Auf der Marneseite werden erforderlich für Erdarbeiten 30,6 %, für Bauwerke 44,3 %, für Grunderwerb 17,9 %, für sonstige Ausgaben 7,1 % der Anschlagssumme. In der Scheitelstrecke und der südlichen Strecke des Canals entfallen auf Erdarbeiten 28,5 %, auf Bauwerke 54,3 %, auf Grunderwerb 7,6 %, auf sonstige Ausgaben 9,6 %. Die Differenzen erklären sich dadurch, daß die Tunnelanlagen als Bauwerke in Rechnung gestellt sind und daß im Vingeannethal der Werth des Bodens verhältnißmäßig gering ist, während seine Durchlässigkeit die Kosten für Dichtung bedeutend erhöht. Die Vertheilung der Gesamtkosten des ganzen Canals ergibt:

für Bauwerke . . .	18 984 000 fr. oder	44,1 %
„ Erdarbeiten . . .	10 949 000 fr. „	25,3 %
„ Grunderwerb . . .	4 141 000 fr. „	9,6 %
„ sonstige Ausgaben	3 302 000 fr. „	7,7 %
„ Speisereservoir	5 724 000 fr. „	13,3 %
Summa	43 100 000 fr. =	100 %

III. Die Speisungsanlagen.

1. Zahl und Größe der Speisereservoirs.

Als Grundlage des für die Speisung des Canals aufgestellten Planes sind die Messungen der Niederschlagsmengen gewählt worden, welche seit 1858 in Langres und seit 1873 in verschiedenen, unweit der zukünftigen Reservoirs gelegenen Dörfern, nämlich in Marac, Perogney, Bourg, Villegusien und Chalindrey stattgefunden haben. Die Beobachtungsperiode der Station in Langres ist lang genug, wie der Vergleich mit älteren meteorologischen Stationen zeigt, um ein Urtheil über die mittlere Niederschlagsmenge zu gewinnen. Die Vergleichung der an den übrigen Beobachtungsstellen gesammelten Daten liefert den Nachweis, daß die Niederschläge über die ganze in Frage kommende Fläche nahezu gleichmäßig vertheilt sind. Die Regenhöhe eines Jahres kann auf 0,95 m angenommen werden.

Schwieriger ist die Frage zu lösen, ein wie großer Antheil der Niederschlagsmenge in den Reservoirs aufgespeichert zu werden vermag. Im Allgemeinen ist die zum Abflusse gelangende Wassermenge bei durchlässigem Boden größer als bei undurchlässigen Bodenarten, weil das rasch versickernde Wasser, vor der Verdunstung geschützt, in Quellenform wieder zu Tage tritt. Jedoch fällt die unterirdische Gestaltung der Wasserscheiden keineswegs immer mit der aus der Betrachtung der Erdoberfläche ermittelten Gestaltung zusammen, da die Lagerung der undurchlässigen Bodenarten oft von dem Relief der Oberfläche erheblich abweicht. Hierdurch erklärt sich größtentheils die außer-

ordentliche Verschiedenheit der über die Versickerung der Niederschläge angestellten Beobachtungen.

Die Beobachtungen über den Procentsatz der auf undurchlässigem Boden zum Abfluß gelangenden Regenwassermenge zeigen etwas größere Uebereinstimmung, wiewohl sie gleichfalls erhebliche Schwankungen je nach der Ortslage, dem Klima, der Intensität des Regenfalles, der Bodencultur und geologischen Formation aufweisen, etwa von $\frac{1}{3}$ bis $\frac{2}{3}$ des gesammten Niederschlages. Nach eingehenden Erwägungen wurde angenommen, daß etwa 0,50 m Regenhöhe in den Reservoirs aufgespeichert werden könne, 52,6 % der überhaupt zum Niederschlag gelangenden Wassermassen. Die meteorologischen Beobachtungen in dem Zuflußgebiet des für die Speisung des Canal de Bourgogne angelegten Reservoirs von Grosbois, dessen sonstige Verhältnisse weit ungünstiger als die der zukünftigen Speisereservoirs des Marne-Saône-Canals sich erweisen, haben ergeben, daß die jährliche Regenhöhe im Durchschnitt auf 0,761 m anzunehmen ist, während thatsächlich 0,38 m, also 49,8 % der Niederschlagsmenge zur Aufspeicherung gelangt sind. Dieser Vergleich dürfte darthun, daß die obige Annahme keinesfalls zu hoch gegriffen ist. Das Zuflußgebiet des Reservoirs von Grosbois besteht nur zum Theil aus durchlässigem Boden (Kalkfels), größtentheils jedoch aus undurchlässigen Bodenarten (Thon und Mergel der Liasformation), während das Zuflußgebiet der Speisereservoirs des Marne-Saône-Canals zum größten Theil aus durchlässigem Kalkstein der unteren oolithischen Formation und nur im Thale der Liez aus undurchlässigem Thone besteht. Es ist daher zu vermuthen, daß die zur Aufspeicherung verfügbare Wassermenge den Procentsatz von 52,6 % noch erheblich übersteigen wird.

Im generellen Project hatte man 5 Reservoirs vorgesehen, von denen jedoch 2, welche der definitive Plan vollkommen unterdrückt, nur relativ geringe Massen von Speisewasser aufzusammeln geeignet waren. In dem für die Ausführung bestimmten Plane sind 2 Reservoirs, welche durch Anlage von Staudämmen in den Thälern der Liez (unterhalb des Dorfes Lecey) und der Mouche (beim Dorfe St. Ciergues) gebildet werden sollen, für die Marneseite, 1 Reservoir im Thale der Vingeanne bei Aprey für die Saône-seite in Aussicht genommen. Aus dem Reservoir der Mouche wird der Zubringer nach der zweiten Haltung der Marneseite geführt. Die beiden anderen Reservoirs sollten die Scheitelhaltung an beiden Enden mit Speisewasser versorgen. Zu diesem Zwecke würde auf der Saône-seite ein äußerst langer Zubringer in durchlässigem Boden angelegt werden müssen. Beim Ersatz der Schleusentreppe durch eine Ascenseuranlage ist es jedoch thunlich, den Zubringer im Vingeannethal herabzuleiten und auf bedeutend kürzerem Weg bei Villegusien in den Canal ausmünden zu lassen.

Das Reservoir der Mouche wird in dem scharf eingeschnittenen, engen Thale des gleichnamigen Baches angelegt. Um den Wasserspiegel bis auf die Meereshöhe 361,15 m zu bringen, ist die Anlage eines Staudammes erforderlich, dessen größte Höhe 20,38 m beträgt. Das Zuflußgebiet, nur zum kleineren Theile aus undurchlässigem Boden bestehend, besitzt 6500 ha Oberfläche, würde also im Durchschnitt per Jahr 32 500 000 cbm Wasser liefern. Wie Fig. 5 auf Taf. 45 zeigt, beträgt die Oberfläche des Reservoirs

selbst nur 102 ha und sein größter Cubikinhalte bei vollständiger Anfüllung 9 330 000 cbm. Der tiefste Punkt der Sohle liegt auf der Meereshöhe 340,77 m, die zweite Haltung der Marneseite des Canals, in welche der Zubringer ausmünden soll, auf 333,21 m. Man würde also den ganzen Inhalt des Reservoirs zur Entleerung bringen können. Um jedoch die Fischzucht aufrecht zu erhalten, ist angenommen, daß die Entleerung nur bis zur Meereshöhe 345,0 m stattfindet. Alsdann verbleibt noch eine Wassermenge von 335 000 cbm zurück, deren Oberfläche 20 ha beträgt.

Die Anlage des Reservoirs zwingt zum Ankauf einiger, übrigens nicht bedeutenden Mühlen, welche in der für die Wasseraufspeicherung nothwendigen Thalfläche gelegen sind. Eine größere Anzahl oberhalb und unterhalb liegender industriellen Etablissements wird nicht beeinträchtigt, da der größere Theil des zufließenden Wassers ohnehin nicht aufgesammelt werden soll, sondern nach wie vor zur Kraftausnutzung verfügbar bleibt. Die unterhalb des Staudammes gelegenen Mühlen werden sogar wesentlichen Vortheil aus der Errichtung des Reservoirs ziehen.

Das für den Zubringer zur Verfügung stehende Gefälle, 11,08 m, wird theilweise aufgebraucht, um das Bett der Mouche selbst auf größere Längen benutzen zu können, zu welchem Zwecke ein plötzlicher Abfall von 5,7 m Höhe sich erforderlich zeigt, theilweise auch zur Ueberschreitung des Seitenthälchens der Bonnelle mit einem Siphon.

Das Reservoir der Liez wird das gesammte zufließende Wasser des Baches Liez aufspeichern mittelst eines bis zu 14,43 m hohen Staudammes, dessen Abstand vom Marne-Saône-Canal nur 360 m beträgt. Das aus vollständig undurchlässigem Boden bestehende Zuflußgebiet ist auf 3400 ha, einer Wassermenge von 17 000 000 cbm per Jahr entsprechend, ermittelt worden. Um die Fischzucht zu ermöglichen und aus gesundheitlichen Rücksichten muß jedenfalls eine bedeutende Wassermasse in dem Bassin dauernd zurückbleiben. Es ist daher die Zuleitung des Speisewassers ausschließlich für die Scheitelhaltung, deren Wasserspiegel auf 340,55 m Meereshöhe liegt, vorgesehen und eine Senkung des Wasserstandes nur bis zu diesem Niveau in Aussicht genommen. Alsdann bleiben noch 855 000 cbm mit 47,5 ha Oberfläche im Reservoir zurück. Bei vollständiger Anfüllung (bis zur Ordinate 351,0 m) beträgt die Oberfläche des Reservoirs 292 ha und seine Wassermasse 17 395 000 cbm, wovon jedoch nur 16 540 000 cbm alljährlich erneuert zu werden brauchen. Der Zubringer erhält nur 1,22 km Länge.

Das Reservoir der Vingeanne soll in einem der tiefen Einschnitte angelegt werden, welche durch die Erosion der Tagewässer in die Schichten der unteren oolithischen Formation, aus denen die Hochebene von Langres gebildet ist, eingebrochen und bis weit in den Lias hinein ausgehöhlt sind. Im Allgemeinen eignen sich diese Thälchen wenig zur Anlage von Reservoiren, weil sie nach unten hin rascher an Breite als an Tiefe zunehmen. Dicht hinter dem Zusammenfluß der beiden Quellbäche der Vingeanne findet sich jedoch ausnahmsweise eine Thalenge, die sich zur Errichtung einer Thalsperre um so mehr empfiehlt, als dort gleichzeitig 2 Mulden (wie beim Reservoir der Mouche) zur Aufspeicherung des Speisewassers nutzbar gemacht werden.

Das Zuflußgebiet, zum größten Theile aus durchlässigen Formationen, vielfach wechselnden Schichten von Sandsteinen, sandigen Thonen, Mergeln und muschelreichen dichten Kalken bestehend, hat eine Oberfläche von 2400 ha und kann etwa 12 000 000 cbm Wasser per Jahr liefern. Wenn die Thalsperre eine Höhe von 26,2 m erhält, so wird ein Reservoir gebildet, dessen Fläche 78 ha beträgt, während sein Inhalt auf 8 175 000 cbm ermittelt worden ist. Es bleibt sonach noch genügend viel Wasser übrig zur Versorgung der Mühlen, welche unterhalb der, bei dieser beträchtlichen Höhe aus Mauerwerk herzustellenden Thalsperre gelegen sind.

Falls vom Reservoir der Vingeanne aus die Scheitelhaltung gespeist werden sollte, so würde der Zubringer die sehr bedeutende Länge von 26 km erhalten müssen, da er unterwegs eine Reihe von Seitenthälern antrifft, denen seine Trace zu folgen genöthigt ist. Man könnte zwar diese schluchtartigen Thälchen mit Siphons durchsetzen, würde jedoch hierdurch die Anlage erheblich vertheuern, und darauf verzichten müssen, die unterwegs aufzunehmenden Bäche zur Speisung mitzubenutzen. Der um 1 m tiefer als das Niveau der Scheitelhaltung, also mit der Ordinate 339,55 m ausmündende Zubringer muß mindestens ein Gefälleverhältniß von $\frac{1}{10000}$ erhalten, also 2,60 m Totalgefälle, so daß sein Ausfluß im Reservoir auf 342,15 m liegen würde. Entleert man das Reservoir, dessen Oberfläche bei vollständiger Anfüllung auf 360,0 m liegt, bis zur Ordinate 342,65 m, so bleibt noch eine dauernde Füllung von 585 000 cbm zurück, welche eine 15 ha große Fläche bedeckt.

Die Einführung des Speisewassers aus dem Reservoir der Vingeanne in die Scheitelhaltung hätte den Vortheil, daß die Scheitelstrecke an beiden Enden mit Wasser versorgt würde, wodurch man eine kontinuierliche Strömung, welche bei einer einseitigen Wasserzuführung unvermeidlich und für den Schiffahrtsbetrieb im Canaltunnel sehr lästig sein wird, vollständig vermeiden könnte. Außerdem würde es angängig sein, erforderlichenfalls die auf der Marneseite aufgespeicherten Wasservorräthe auf der Saôneseite zu verwenden und umgekehrt. Wie bereits bemerkt, wird die Errichtung der Ascenseuranlage, da bei deren Ausführung das Reservoir der Liez für die Wasserversorgung der Scheitelhaltung ausreichend ist, den kostspieligen Bau des übermäßig langen, in durchlässigen Bodenarten herzustellenden Zubringers überflüssig machen. Es wird vielmehr für die Einleitung des im Reservoir der Vingeanne aufgespeicherten Wassers in den Marne-Saône-Canal bei Villegusien ein nur 8 km langer, im Vingeanne Thal anzulegender Zubringer nöthig.

Nachfolgende Tabelle (S. 347/348) faßt in übersichtlicher Weise die im Vorangehenden genannten Zahlenangaben zusammen.

Sämmtliche Reservoirs, deren Zuflußgebiet größtentheils aus durchlässigen Bodenarten besteht, liegen vollständig in undurchlässigem Boden, nämlich im Liasthon und Liasmergel, sowie in den aus fettem Lehm bestehenden Alluviallande der Thalgründe.

Ein Vergleich des definitiven Projectes mit dem generellen Entwurf lehrt, daß die Anlage einer geringen Anzahl großer Reservoirs weit vortheilhafter ist als die Anlage vieler kleinen Reservoirs. Durch die Errichtung von Staudämmen bei Cohons und St. Maurice, welche Höhen bis zu 16,10 m und 15,52 m hätten erhalten müssen, würde man

Bezeichnung des Reservoirs	Flächen- inhalt des Zuflufs- gebiets	Verfügbare Wasser- menge pro Jahr	Bei vollständiger Füllung			Desgl. nach Abzug d. dauernden Bestandes		
			Cubikin- halt	Oberfläche	Cubikin- halt pro ha	Cubikin- halt	Oberfläche	Cubikin- halt pro ha
	ha	cbm	cbm	ha	cbm	cbm	ha	cbm
Reservoir der Mouche . . .	6500	32 500000	9 330000	102	91470	8 995000	82	109695
Reservoir der Liez . . .	3400	17 000000	17 395000	292	59570	16 540000	244.5	67650
Reservoir der Vingeanne . .	2400	12 000000	8 175000	78	104810	7 600000	63	120635
Summen und Mittelwerthe	12300	61 500000	34 900000	472	73940	33 135000	389,5	85070

Wassermassen von 2 250 000 und 935 000 cbm aufgespeichert haben, während der Cubikinhalt des Reservoirs der Vingeanne im Vorproject auf 4 305 000, der Cubikinhalt des Reservoirs der Mouche auf 7 340 000 cbm angenommen war. Dadurch, daß die größte Stauhöhe des Reservoirs der Vingeanne von 20,20 m auf 26,20 m vermehrt worden ist, ist das Fassungsvermögen des Bassins um 3 870 000 cbm vergrößert worden, in ähnlicher Weise durch Vermehrung der Stauhöhe um 2,08 m beim Reservoir der Mouche um 1 990 000. Die infolge der größeren Stauhöhen erforderlichen Verstärkungsbauten sind natürlich weit billiger, als die Staudämme bei Cohons und St. Maurice geworden wären. Außerdem erspart man erheblich an Unterhaltungs- und Bedienungskosten, und man vermindert die Größe der abwechselnd im Trockenen und unter Wasser befindlichen Flächen, ein Umstand, der aus gesundheitlichen Rücksichten nicht unterschätzt werden darf.

Ein Vergleich mit den Speisereservoirs anderer französischer Canäle, des Rhein-Marne-, des Centre-, des Nivernais-, des Bourgogne- und des Ostcanals beweist, daß das spezifische Fassungsvermögen des Reservoirs der Liez zwar von einigen älteren Speisebassins, nämlich den Reservoirs von Grosbois, von Panthier, von Chazilly und des Settons übertroffen wird, während das spezifische Fassungsvermögen der Reservoirs der Mouche und der Vingeanne mit rund 110 000 bis 120 000 cbm auf jede Hektare der nutzbaren Oberfläche unerreicht dasteht.

2. Ausgiebigkeit der Reservoirs.

Um nachzuweisen, daß die Reservoirs dem Bedarf an Speisewasser genügen können, ist angenommen worden, während 180 Tage müsse die ganze Canalstrecke zwischen Bologne und Pontailier aus den aufgespeicherten Wassermassen gespeist werden. In der anderen Hälfte des Jahres liefern die allenthalben, auch in der Scheitelhaltung vorgesehenen kleinen Speiseschleusen genügende Mengen von Speisewasser durch Entnahme aus den natürlichen Wasserläufen. In der Scheitelhaltung wird voraussichtlich während der wassereichen Jahreszeit eine nicht unerhebliche Wassermenge dem Canale durch Quellenbildung zufießen.

Auf jeden Tag entfallen nach obiger Annahme $\frac{33\ 135\ 000}{180}$
 = 184 000 cbm Speisewasser. Bei einem Schiffsverkehr, dessen Transportmasse im Jahre 1 Mill. Tonnen beträgt, würden per Tag etwa 32 000 cbm für (40) Schleusen verbraucht werden, weitere 8 000 cbm für Verluste durch Undichtigkeiten der Schleusenthore, durch Unachtsamkeiten bei deren Bedienung, durch Verdunstung u. s. w. Es würden sonach 144 000 cbm per Tag zum Ersatz der durch Versickerung entstehenden Verluste übrig bleiben.

Je größere Sorgfalt man bei den auf künstliche Speisung angewiesenen Canälen auf die Dichtung des benetzten Canalbettes verwendet, um so geringer können die in Reservoirs aufgespeicherten Speisewassermengen sein. Wenn sich keine Gelegenheit zur Anlage ausgiebiger Speisebassins bietet, so muß man entweder durch vorsichtige Schüttung der Canalwälle mit ausgesuchtem Materiale und durch Verstopfung der Sickeradern bei Einschnitten in durchlässigem Boden, oder durch häufige Anordnung von Speiseschleusen, welche das oberhalb verlorene Wasser dem Canale aus dem Fluß oder Bach, in welchem es als Tagewasser wieder zum Vorschein kommt, unterhalb wieder zurückführen, den Wasserbestand sichern. Wenn durch die Terrainbeschaffenheit jedoch die Möglichkeit geboten ist, größere Speisereservoirs anzulegen, so erweist es sich mit Rücksicht auf die Sicherheit des Betriebes und auf die Anlagekosten vortheilhaft, große Massen von Speisewasser in Vorrath zu halten, während die Dichtung des Canalbettes zwar in sorgfältiger Weise, jedoch ohne besonders kostspielige Arbeiten zu bewirken ist.

Die für den Marne-Saône-Canal in Aussicht genommenen Reserven sind weit beträchtlicher als die, welche beim Rhein-Marne-, beim Centre-, beim Nivernais- und beim Ost-Canal zur Verfügung stehen. Am nächsten kommt ihm der, übrigens auch unter ähnlichen Verhältnissen und in ähnlichen Bodenarten hergestellte Canal de Bourgogne. Derselbe besitzt 5 Reservoirs, deren Cubikinhalt von 26 000 000 cbm sich nicht als ausreichend erwiesen hat und durch Anlage eines sechsten, 5 300 000 cbm fassenden Bassins unterstützt werden soll. Wiewohl beim Baue des Bourgogne-Canals nur wenig Rücksicht auf die Dichtung des Canalbettes genommen worden ist, hofft man auf Grund der seitherigen Erfahrungen mit den auf 31 300 000 cbm verstärkten Speisewasser-Reserven die normale Schiffbarkeit einer 167 km langen Canallinie jederzeit sicherstellen zu können, während für den nur 125 km langen Marne-Saône-Canal sogar 33 135 000 cbm vorgesehen sind.

Die Ausgiebigkeit der aufgespeicherten Speisewassermengen dürfte sonach zwar außer Frage stehen. Um jedoch vollkommen sicher zu gehen, sind folgende Grundsätze für die Herstellung des Canales selbst aufgestellt:

1) Auf gute Ausführung der Dammschüttungen mittelst Stamparbeit ist besonderer Werth zu legen. 2) Die Speiseschleusen, welche das Wasser aus der Marne, Vingeanne und ihren Zuflüssen entnehmen, müssen in kurzen Abständen errichtet werden (etwa alle 6 km), sowohl aus dem oben erwähnten Grunde als auch, um während der Canalfüllung die Bildung von Strömungen in dem Canale zu vermeiden. 3) Die Einschnitte dürfen wenn irgend möglich nicht diejenigen undurchlässigen Formationen verlassen, in welchen die Marne ohne nennenswerthe Wasserverluste fließt,

nämlich die Schichten des großen Ooliths und des Cornbrash.

Letztere Bedingung kann für das Vingeannethal, das größtentheils in durchlässige Bodenarten eingeschnitten ist, keine Gültigkeit beanspruchen. Vielmehr muß man dort zu künstlichen Dichtungsarbeiten seine Zuflucht nehmen.

Die Verwendung der 3 Speisereservoirs zur Wasserversorgung des Canals ist so gedacht, daß die Marneseite unterhalb der ersten Haltung bis Bologne hauptsächlich aus dem Reservoir der Mouche, die übrige Strecke jedoch aus den beiden anderen Reservoirs gespeist wird. Das für die Schleusungen sowie das für etwa die Hälfte des zur Deckung der sonstigen Verluste (exclusive Sickerverluste) erforderliche Wasser muß aus den in die Scheitelhaltung mündenden Zubringern beschafft werden. Wenn angenommen wird, daß die andere Hälfte der kleineren Verluste und die Versickerung gleichmäßig über die ganze Länge des Canals sich vertheilen, so entfallen auf die 50,5 km lange Strecke, welche vom Reservoir der Mouche zu speisen ist, $(4000 + 144000) \times \frac{50,5}{125} \times 180 = 10\,762\,560$ cbm Speisewasser per Jahr, auf den 74,5 km langen Rest $\{(4000 + 144000) \times \frac{74,5}{125} \times 180\} + \{(4000 + 32000) \times 180\} = 22\,357\,440$ cbm. Das Reservoir der Mouche, das nur 8 995 000 cbm abzugeben vermag, muß daher von dem Reservoir der Liez unterstützt werden.

Die Voraussetzung, daß die Versickerungsverluste gleichmäßig über die ganze Canallänge vertheilt sein werden, trifft natürlich nur bei Betrachtung der großen Abschnitte, innerhalb deren sich die je nach der speciellen Bodenbeschaffenheit sehr verschiedenen specifischen Versickerungsmengen ausgleichen, mit hinreichender Genauigkeit zu. Im mittleren Vingeannethal wird voraussichtlich der Durchschnittssatz erheblich überschritten, während er in der Scheitelhaltung jedenfalls nicht erreicht wird.

Die Zuführung des Speisewassers aus den Reservoirs kann in doppelter Weise erfolgen, entweder durch die Zubringer an ihren Ausmündungstellen, oder unter Zuhilfenahme der natürlichen Flußläufe, deren Wasserführung auf diese Weise während der trockenen Jahreszeit künstlich vermehrt würde. Im ersten Falle entsteht in dem Canal eine schwache Strömung, welche durch geschickte Handhabung der Schleusenschützen auf ein völlig unschädliches Maas gebracht werden kann. Im anderen Falle erreicht man gleichzeitig den Vortheil, die Mühlenwerke unterstützen zu können. Diese Methode ist jedoch nur anwendbar, wenn das Flußbett undurchlässig ist, also auf der Marneseite, dagegen nicht auf der Saône-Seite, weil in dem klüftigen Bette der Vingeanne erhebliche Sickerverluste entstehen würden.

Die Zubringer sollen 1,5 fache Böschungen, 1,25 bis 1,40 m Wassertiefe und je nach ihrem Gefälle und der abzuführenden Wassermenge verschieden große Sohlenbreiten erhalten. Der Zubringer des Reservoirs der Mouche würde 1 : 3333 (0,0003) Längsgefälle und 1,25 m Wassertiefe bekommen. Bei einer Sohlenbreite von 1,25 m ergibt sich eine mittlere Geschwindigkeit von 0,52 m und eine Wassermenge von 2,03 cbm per Secunde. Der Zubringer des Reservoirs der Liez erhält 1 : 5000 (0,0002) Gefälle, 1,40 m Wassertiefe und 2,0 m Sohlenbreite, woraus eine mittlere

Geschwindigkeit von 0,50 m und eine Wassermenge von 2,87 cbm per Secunde folgt. Der Zubringer des Reservoirs der Vingeanne würde, wie früher erwähnt, wegen seiner großen Länge das Minimalgefälle 1 : 10000 (0,0001) erhalten müssen, demnach bei 1,30 m Wassertiefe und 1,75 m Sohlenbreite eine mittlere Geschwindigkeit von 0,31 m besitzen und eine Wassermenge von 1,49 cbm per Secunde liefern.

Die genannten Geschwindigkeiten, 0,31 bis 0,52 m per Secunde, dürften als Grenzwerte nach unten und oben anzusehen sein, da bei einer Verminderung die Widerstände des Graswuchses und der Verschlämmung zu beträchtlich werden, während bei einer Vermehrung die aus Lehmboden bestehenden Sohlen- und Böschungflächen in Gefahr kommen würden.

Wenn nach einer Schiffahrtssperre zur Neufüllung einzelner Haltungen oder größerer Längen des Canals geschritten werden soll, so müssen in den unteren Strecken die Speiseschleusen, welche mit den natürlichen Wasserläufen in Verbindung stehen, zu Hilfe gezogen werden. Erforderlichenfalls würde dem Wassermangel derselben aus den Reservoirs nachzuhelfen sein. Um die zwischen der zweiten und siebenten Schleuse der Marneseite gelegene Strecke, deren Länge 7,7 km und deren Wassermenge 215 000 cbm beträgt, durch den Zubringer des Reservoirs der Mouche anzufüllen,

sind $\frac{215000}{2,03 \cdot 60 \cdot 60} = 29\frac{1}{2}$ Stunden erforderlich. Die Anfüllung der Scheitelstrecke, der ersten Haltung auf der Marneseite und der nach dem Vingeannethal abfallenden Schleusentreppe, im Ganzen 17,9 km mit 650 000 cbm Wassermenge, würde aus den Reservoirs der Liez und der

Vingeanne in $\frac{650000}{(2,87 + 1,49) \cdot 60 \cdot 60} = 41\frac{1}{2}$ Stunden stattfinden können. Durch die Ascenseuranlage wird dies Verhältniß nicht wesentlich abgeändert. Da für die kurzen Haltungen der Schleusentreppe außer dem normalen Cubikinhalt von rund 110 000 cbm in ihren aus Betriebsrücksichten nothwendigen Verbreiterungen noch eine Wassermenge von 154 000 cbm vorgesehen war, bleibt für die Scheitelhaltung selbst und für die oberste Haltung der Marneseite eine, aus dem Reservoir der Liez zu ersetzende Füllmasse von 386 000 cbm. Die Anfüllung würde demnach

$\frac{386000}{2,87 \cdot 60 \cdot 60} = 37\frac{1}{2}$ Stunden erfordern.

3. Ausführung der Reservoiranlagen.

Die beiden auf der Marneseite gelegenen Reservoirs werden durch die Anlage von Staudämmen aus Erdschüttung gebildet, das Reservoir der Vingeanne dagegen durch den Bau einer gemauerten Thalsperre. Sowohl für den Staudamm im Thale der Liez, als auch für den im Thal der Mouche lassen sich die nothwendigen, sehr bedeutenden Massen zur Stampfarbeit geeigneten Bodens in nächster Nähe verhältnißmäßig billig gewinnen, während im Thale der Vingeanne die Beschaffung der wegen der größeren Höhe der Stauanlage noch weit größeren Erdmasse auf Schwierigkeiten stoßen würde. Das Project der gemauerten Thalsperre war zur Zeit meines Besuches des Marne-Saône-Canals noch nicht festgestellt, wohl aber die Projecte der beiden Staudämme, mit deren Ausführung inzwischen begonnen wor-

den ist. Da beide im wesentlichen übereinstimmen, genügt die nähere Beschreibung der für das Reservoir der Liez erforderlichen Bauanlagen, woran sich eine kurze Erwähnung der beim Reservoir der Mouche vorkommenden Abweichungen schliessen soll.

Die allgemeinen Verhältnisse des Reservoirs der Liez sind auf S. 345 bereits beschrieben worden. Aus Fig. 4 auf Taf. 45 geht hervor, daß die zur Errichtung des Staudammes günstigste Stelle kurz vor der Ausmündung des Seitenthälchens in das Hauptthal der Marne liegt. Zahlreiche Bohrungen haben ergeben, daß der Boden in grösserer Tiefe aus festem Mergelschiefer besteht, der von Thon und einem gleichfalls völlig wasserdichten Gemenge aus Thon und Kies überlagert wird. In der Thalsole folgt auf eine 3,5 m starke fette Lehmschicht eine 0,75 m starke Schicht blauen Thones, sodann eine 1 m starke Schicht von Thon- und Kies-Gemenge, hierauf eine 0,75 m starke Schicht verwitterten thonigen Schiefers, endlich der nach unten zu immer fester werdende Mergel. Am oberen Rande der Thalhänge wird der Mergelschiefer von einer nur 0,5 bis 1 m starken Thonlage überdeckt, welche ihrerseits unter einer 0,3 bis 0,5 m starken Ackerkrume liegt. Nach Entfernung der letzteren ist die ganze für den Bau des Staudammes und die Anlage des Reservoirs in Betracht kommende Fläche als undurchlässig und unnachgiebig anzusehen.

Die gesammte zur Dammschüttung nothwendige Bodenmasse beträgt 167480 cbm. Hiervon würden aus den Baugruben der für die Reservoiranlage erforderlichen Kunstbauten und des Staudammes selbst, sowie aus den Einschnitten des Zubringers 32800 cbm zu entnehmen sein. Die Erdarbeiten der obersten Haltung der Marneseite liefern einen Ueberschufs von 28465 cbm, der gleichfalls zur Dammschüttung Verwendung findet. Die Hauptmasse muß jedoch aus dem Voreinschnitte des großen Tunnels gewonnen werden. 106215 cbm Thon und Kies, welche anderenfalls seitlich abgelagert werden müßten, gelangen durch einen Mehrtransport von 2100 m ohne weitere Schwierigkeit zur Baustelle des Staudammes. Bei diesen für die Beschaffung billigen Schüttungsmaterials überaus günstigen Verhältnissen konnte die Anlage einer gemauerten Thalsperre überhaupt nicht in Erwägung kommen.

In Fig. 6 auf Taf. 46 ist der Grundriß, in Fig. 5 die Ansicht von der Reservoirseite und in Fig. 7 der Querschnitt (an der tiefsten Stelle) des Staudammes dargestellt. Für die Krone wurde als Breite 5,50 m angenommen, für die innere Böschung das Neigungsverhältniß 1 : 1,5, für die äußere Böschung ein nach dem Dammfusse zu mit Zwischenlage von Banketts von 1 : 1,5 auf 4 : 7 und sodann auf 1 : 2 übergehende Neigung. Die innere Böschung ist gleichfalls in eine noch grössere Anzahl terrassenförmig ansteigender Stufen von je 1,70 m Höhe und Breite zerlegt, welche durch 1,00 m breite, um je 0,10 m ansteigende Banketts von einander getrennt werden.

Die Bestimmung der Dimensionen läßt sich auf theoretischem Wege nicht mit Zuverlässigkeit bewirken. Da jedoch vielfache Erfahrungen über die gute oder schlechte Bewährung ähnlicher Anlagen vorliegen, konnte aus dem Vergleiche derselben die Profilform des Staudammes ermittelt werden. Eine gute Anordnung ist die allmähliche Abflachung der äußeren Böschung. Die bei dem Staudamme

des Reservoirs von Cercey aufgetretenen Rutschungserscheinungen haben Veranlassung zu dieser Anordnung gegeben.

Um zu verhindern, daß die bei starkem, übrigens sehr selten eintretenden Ostwinde sich bildenden Wellen über die Krone des Staudammes schlagen können, liegt die Dammkrone 2,1 m über dem höchsten Wasserstande. Die Kronenbreite beträgt 5,50 m. Sie ist durch eine massive Schutzmauer von 0,50 m Breite und 1,25 m Höhe in 2 Streifen getheilt, einen inneren, 3,0 m breiten, der mit Steinverkleidung versehen ist, und einen äußeren 2,0 m breiten, der eine Rasendecke erhalten soll. Da auf der östlichen Seite der allerdings in ihrer Längenrichtung weit ausgedehnten Wasserfläche das Plateau von Langres sich zu beträchtlicher Höhe erhebt, wird sich nur ausnahmsweise ein starker Wellenschlag gegen die Dammseite hin auszubilden vermögen. Jedenfalls kann selbst im ungünstigsten Falle die Schutzmauer, deren Krone 3,35 m über dem höchsten Wasserstande liegt, ein Ueberschlagen der Sturzwellen unmöglich machen.

Die Bankette der inneren Böschung, welche mit der Dammkrone parallel liegen, sind ebenso wie die Böschungen der einzelnen Terrassen mit 0,4 bis 0,5 m starken Steinverkleidungen aus Bruchsteinen versehen, welche in Mörtel verlegt sind und auf Beton aufrufen. Der Böschungsfuß wird durch eine 1,25 m starke, auf einer 0,5 m tiefen Betonlage stehende Herdmauer gebildet, deren größte Höhe in der Mitte 4,82 m beträgt. An den Thalhängen steigt die Herdmauer treppenförmig auf.

Der eigentliche Dammkörper besteht aus einem sorgfältig gestampften Gemenge von Thon und Kies. Bevor dasselbe zur Schüttung gelangt ist, hatte man den Rasen und die oberste Lehmschicht bis auf 0,30 m Tiefe weggenommen, sowie 4 Einschnitte von 1,5 m Breite und 1,0 bis 1,35 m Tiefe in der ganzen Breite des Thalgrundes ausgehoben, um der Dammschüttung eine sichere Basis zu geben. Die Mengung der Schüttmassen erfolgt in Regie, um sicher zu sein, daß die Reservoirseite und der Kern des Dammes aus völlig undurchlässigem Boden hergestellt werden.

Dem grösstentheils aus fettem Thon, Lehm und Thonschiefer bestehenden Materiale aus den Canaleinschnitten wird so viel Kies, der aus einigen Theilen der Einschnitte in ausreichender Menge gewonnen wird, zugesetzt, daß das Gemenge die erforderliche Consistenz und Dichtigkeit gewinnt. Die Aufbringung der Schüttmassen erfolgt durch den Unternehmer der Bauausführung in horizontalen Lagen, deren Stampfung jedoch wiederum in Regie vorgenommen wird. Auf beiden Seiten der Arbeitsstelle sind (ähnlich wie bei einem Dampfpluge) Locomobilen aufgestellt, welche zwischen sich eine Walze hin- und herrollen, deren Gewicht allmählich von 4 bis auf 6 t gebracht wird. Gleichzeitig wird aus einem vom Liezbach gespeisten Brunnen das für die Anfeuchtung der Schüttmassen nothwendige Wasser über die ganze Schüttungsfläche vertheilt.

Die Gesamtlänge des Staudammes beträgt 459,30 m, wozu noch 35,0 m für die Entlastungsanlage kommen, so daß die Krone des Stauwerkes 494,30 m breit ist. Fig. 6 und Fig. 5 zeigen, in welcher Weise die Breite des Dammes nach den Thalhängen zu durch Todtlaufen der Bankette allmählich abnimmt. In Fig. 6 ist ferner angegeben, daß in 2,0 m Abstand vom Fusse der äußeren Böschung ein Ent-

wässerungsgraben angeordnet ist, welcher die Tagewässer vom Damme abhalten soll. Eine Drainirung des Untergrundes, die bei manchen ähnlichen Anlagen zur Vermeidung von Abrutschungen des vorderen Böschungsfußes sich als notwendig erwies, erschien nicht erforderlich. Jener Entwässerungsgraben erhält nur 0,8 m Tiefe und 0,5 m Sohlenbreite.

Die Speiseschleusen (prises d'eau) des Zubringers, durch welche das Speisewasser nach dem Canal abgeleitet wird, sind in einem, am linken Thalhange erbauten Mauerkörper angelegt, wie in Fig. 15 bis 21 auf Taf. 46 dargestellt ist. In der Mitte des Dammes ist ein bis zur Krone hochgeführter Schacht aufgemauert, welcher auf der Reservoirseite mit einem, aus 2 Futtermauern gebildeten Schlitz durch 2 in verschiedener Höhenlage angeordnete Schützöffnungen verbunden ist. Nach der Thalseite zu führt ein gewölbter Durchlaß aus dem Schachte nach dem Zubringer. Der kreisförmige Schacht hat 1,20 m Durchmesser, der Durchlaß 1,20 m Breite und 1,60 m Höhe, jede der beiden Schützöffnungen 0,80 m Breite und 1,0 m Höhe. Die beiden, den Schlitz begrenzenden Futtermauern stehen um 1,20 m von einander ab und sind durch eine große Zahl kleiner Gewölbe gegen einander verspreizt. Sämmtliche Mauern sind auf ihren Rückflächen mit Contreforts versehen, um die Dammschüttung zum innigen Anschluß zu bringen.

Die Sohle des Schachtes und der unteren Schützöffnung liegt auf Ordinate 339,915 m, also nur um 1,865 m höher als die Sohle der Scheitelhaltung. Die Sohle der oberen Schützöffnung liegt auf Ordinate 345,497 m, also um 5,503 m unter dem höchsten Wasserstande. Jede der Schützöffnungen gestattet für sich allein bei einem Ueberdrucke von nur 1,25 m der für den Zubringer in Aussicht genommenen Wassermenge, 2,87 cbm per Sec., den Durchfluß. Erst sobald der Wasserstand des Reservoirs unter die Ordinate 342,17 m sinkt, beginnt eine allmähige Abnahme des Abflußquantums. In dem zunächst dem Schacht gelegenen Theile des Schlitzes sind 2 Falze für die im Falle von Reparaturen der Schützen anzubringenden Dammbalken vorgesehen. Die Aufzugswinden für die eisernen Schütztafeln werden auf der Reservoirseite der Dammkrone aufgestellt.

Der Durchlaß, welcher das in den Schacht eingetretene Speisewasser aus dem Staudamme leitet, mündet in einen aus Mauerwerk hergestellten Canal von 2,50 m Breite und 2,25 m Höhe (Fig. 18), der zunächst über den Entlastungsgraben geführt und unmittelbar darauf von einem 4 m breiten Wegebrückchen überkreuzt wird. Hinter diesem Bauwerk beginnt der eigentliche Zubringer, ein mit 1,5 fachen Böschungen ausgeschachteter Canal von 2,0 m Sohlenbreite. Auf Taf. 45 (Fig. 4) ist die Trace desselben dargestellt. Die Nähe des Canals und der Eisenbahn haben dazu genöthigt, den Zubringer in den Berghang einzuschneiden, so daß auf dem größten Theile seiner Länge ein Schutzgraben angebracht werden mußte, um das Bergwasser abzufangen und das abgeklärte Speisewasser gegen Verunreinigung zu schützen.

Die Kreuzung des nach dem Zubringer führenden Verbindungscanals mit dem Entlastungsgraben besteht aus einem gewölbten Aquaduct von 3,0 m Spannweite, dessen Seitenwände mit je 2 Schützöffnungen versehen sind, um das aus

den Speiseschleusen kommende Wasser erforderlichenfalls in den Entlastungsgraben leiten zu können. Jede Schützöffnung hat 1,0 m Breite und 1,0 m Höhe. Wenn der Verbindungscanal 2,0 m hoch angefüllt ist, so fließen aus jeder Oeffnung 3 cbm, im Ganzen also 12 cbm per Sec. Durch Oeffnung der beiden Speiseschleusenschützen und der 4 Schützen des Aquaducts kann man das Reservoir mit großer Geschwindigkeit bis zum niedrigsten Wasserstande entleeren.

Der Grundablaß, an der tiefsten Stelle des Thales gelegen, besteht aus einem Doppeldurchlaß mit 2 Oeffnungen von je 0,80 m Breite und 1,0 m Höhe. Die Sohle des Doppeldurchlasses hat eine Neigung von 1 : 200. Nach dem Reservoir zu liegt sie auf Ordinate 336,372 m, während der höchste Punkt des oberen Hauptes, von welchem aus die Grundschützen gezogen werden, auf 342,10 m liegt. Sobald der Wasserstand bis zu diesem Niveau gefallen ist, kann durch Aufzug der Grundschützen in kurzer Zeit eine vollständige Entleerung des Reservoirs vorgenommen werden. Ohne Ueberdruck beträgt das Ausflußquantum per Sec. 3 cbm, mit Ueberdruck natürlich entsprechend mehr. Während der Bauausführung wird das für die Anwässerung der Schüttung und die Mörtelbereitung nicht aufgebrauchte Wasser der Liez durch den Grundablaß abgeleitet. In Fig. 8 bis 13 auf Taf. 46 sind die beiden Häupter im Längenschnitt, Ansicht und Aufsicht dargestellt, ferner in Fig. 14 ein Querschnitt des Grundablasses in der Mitte seiner 50,712 m (zwischen den Häupterstirnen) betragenden Länge. Der Ablaßcanal mündet, wie Fig. 6 zeigt, zusammen mit dem Entlastungsgraben in das alte Liezbett. Sein Längsgefälle beträgt 1 : 360, seine Sohlenbreite 3,50 m, seine Böschungsneigung 1 : 1,5.

In Bezug auf die Entlastungsanlagen zeigen die ausgeführten Staudämme sehr beträchtliche Verschiedenheiten. Jedenfalls müssen sie um so größer sein, je größer die Oberfläche des Zuflußgebietes und je kleiner bei sonst gleichen Verhältnissen die Oberfläche des Reservoirs ist. Weiterhin ist von Einfluß: die Art, in welcher der Regen fällt, ob gleichmäßig vertheilt oder ob in plötzlichen heftigen Güssen, der Durchlässigkeitsgrad und die Bestellung des Bodens u. s. w. Wenn die Schützen der Speiseschleusenanlage in guter Ordnung sich befinden, so ist bei sorgfältiger Aufsicht das Vorhandensein von Entlastungsanlagen kaum nothwendig. (Fig. 1—3, Taf. 47.)

Sie dienen jedoch gewissermaßen als Sicherheitsventile im Falle der Unachtsamkeit des Aufsichtspersonals, oder wenn die Schützen der Speiseschleusen den Dienst versagen. Um diesem Zwecke entsprechen zu können, ist ein Ueberfall allein nicht ausreichend, falls man ihm nicht eine übermäßige Länge geben würde. Außer dem 25 m breiten Ueberfall wurde daher noch ein im Lichten 5 m weites Schützensgerinne vorgesehen, dessen Schwelle 1,25 m unter dem höchsten Wasserstande liegt.

Wenn im ungünstigen Falle das Niveau des Reservoirs um 0,20 m über den Normalstand gestiegen ist, so fließen über die Krone des Ueberfalls 3,8 cbm per Sec., durch das Schützensgerinne jedoch, falls sämmtliche Schützen geöffnet sind, sogar 12,3 cbm per Sec., im Ganzen also 16,1 cbm per Sec. oder 1391000 cbm per Tag. Die über dem Normalstand befindliche Wasserschicht von 0,20 m Höhe entspricht einer Wassermenge von 584000 cbm. Somit ist die

Speiseschleuse bei der Mühle Pouvain in der Scheitelhaltung (welche auf Taf. 48 gezeichnet ist), 2) 10 m unterhalb des Unterhauptes der Schleuse Nr. 3 bei Moulin-Rouge, 3) 15 m unterhalb des Unterhauptes der Schleuse Nr. 7 bei Chanoy, 4) 2 km unterhalb von Rolampont. Die Entfernungen zwischen den vier genannten Speiseschleusen betragen 5,4 km, 6,0 km und 5,3 km, sind also nahezu gleich groß. Der bequemen und sicheren Bedienung wegen liegen alle genannten Bauwerke in unmittelbarer Nähe von Schleusenwärterwohnungen.

Sämmtliche Canalspeiseschleusen haben je 2 Oeffnungen von 1 m Höhe. Die Staubassins, welche durch diese Schleusen in Verbindung mit dem Canale stehen, werden auf einem Normalwasserstande gehalten, welcher um 0,40 m den Wasserspiegel der angrenzenden Haltung übersteigt. Die Stauwerke, wodurch dies geschieht, bestehen entweder aus festen Wehren mit Freigerinne oder aus Einfügung von beweglichen Wehrtheilen in andere Constructionen, wie Fluß-

brücken, z. B. bei Chanoy, oder Durchlässe, z. B. bei Boischaulle, worauf später zurückgekommen werden wird.

Wenn im Hochsommer der Wasserstand des Staubassins erheblich abnimmt, wird ein Dammbalkenverschluss erforderlich, welcher das Canalwasser am Rückstau verhindert. Ebenso müssen Dammbalken eingelegt werden, wenn der Canal entleert werden soll zu einer Zeit, in welcher das Staubassin angefüllt ist. Im Uebrigen ist bei der in Fig. 10 bis 24 auf Taf. 47 dargestellten Construction nichts weiter zu bemerken. Die große Höhe der Stirnmauern wird durch das Hochwasser der Marne bedingt. Um Auskolkungen in der Canalsohle bei der Anfüllung des Canals zu vermeiden, ist dieselbe mit Steinwürfeln abgedeckt. Eine ähnliche Anlage des Canal de l'Est, eine Speiseschleuse, deren Staubassin durch ein kleines Nadelwehr auf dem Normalwasserstande gehalten wird, stellt Fig. 5 bis 9 auf Taf. 47 dar.

(Schluß folgt.)

Ueber halbkreisförmige Brücken bis 10 Meter Spannweite.

(Mit Zeichnungen auf Blatt H im Text.)

Um bei halbkreisförmigen Brücken die Drucklinie im mittleren Drittel des Ziegelsteingewölbes zu belassen, hat man in neuerer Zeit dasselbe nur für einen Winkel von 120° ausgeführt (Cöln-Mindener Bahn und Ostbahn) und von da an das aus Bruchsteinen hergestellte Widerlager beginnen lassen, welches bis zum Schluß des Halbkreises noch mit radialen Fugen gemauert ist.

Die Construction der Widerlager ist abhängig gemacht worden von dem senkrechten Theil H ihrer Höhe und zwar in der Weise, daß für geringe Höhen von H bis 1 m die in Fig. 1 und für größere Höhen die in Fig. 2 dargestellte Form zur Anwendung gekommen ist.

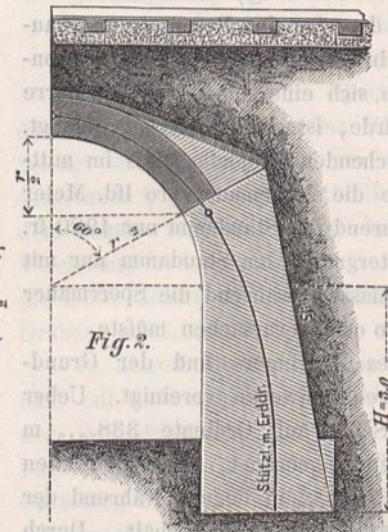
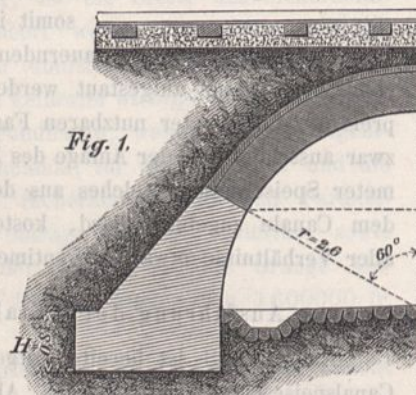
In Fig. 1 schließt sich die Rückfläche des Widerlagers tangential an die aus einer Ziegelsteinflachschicht mit Asphalt- oder Cementdecke versehene Abdeckung und in Fig. 2 ist die Rückfläche mit $\frac{1}{5}$ Neigung ausgeführt worden. In beiden Fällen beträgt der Gewölbecentriwinkel 120° .

Die Bestimmung der Dimensionen der nach Fig. 1 geformten Widerlager ist vom Unterzeichneten im Jahrgange 1881 des Wochenblattes für Architekten und Ingenieure pag. 299 veröffentlicht worden. Die Dimensionen der Widerlager nach Fig. 2 könnte man aus den bekannten empirischen Formeln bestimmen; allein da ohne Construction der Stützlinie die Lage derselben in ihrem Schnitt mit der Sohle nicht bekannt ist, so kann auch die Bodenpressung und Materialbeanspruchung, die beiden maßgebenden Factoren

für richtige Wahl der Widerlagerstärke, nicht beurtheilt werden. Aus diesem Grunde sind die bekannten empirischen Formeln für die Widerlagerstärke von geringem Werth.

Im Nachfolgenden soll nun versucht werden, für die Widerlagerstärke der in der Praxis so vielfach vorkommenden kleineren halbkreisförmigen Brücken und Durchlässe bis 10 m Spannweite bei geringer Ueberschüttungshöhe (bis 1 m) Formeln zu entwickeln, welche, soweit es bei senkrechten Widerlagern möglich ist, auf Materialersparnis und zulässige Materialbeanspruchung Rücksicht nehmen und eine Beurtheilung der Bodenpressung durch Kenntniß der Lage der Stützlinie mit und ohne Erddruck an der Bauwerksohle ermöglichen.

Die Ermittlung der geringsten noch zulässigen Dimensionen für Widerlager mit 1 : 5 geneigter Rückfläche kann geschehen durch Bestimmung von zwei Grenzwerten, unter welche die Widerlagerstärke nicht herabsinken darf, wenn das Bauwerk gegen Kippen um die äußere und innere Kante gesichert sein soll, das eintreten kann, wenn außer dem Gewichte des Bauwerks und der Ueberschüttung nur der Horizontalschub des Gewölbes wirkt (einseitige Ueberschüttung), oder nur der Erddruck als angreifende Kraft auftritt (Hinterfüllung ohne Abrüstung des Gewölbes). Der erste der erwähnten Grenzwerte entspricht einer für symmetrische mobile Belastung ohne Erddruck construirten und durch



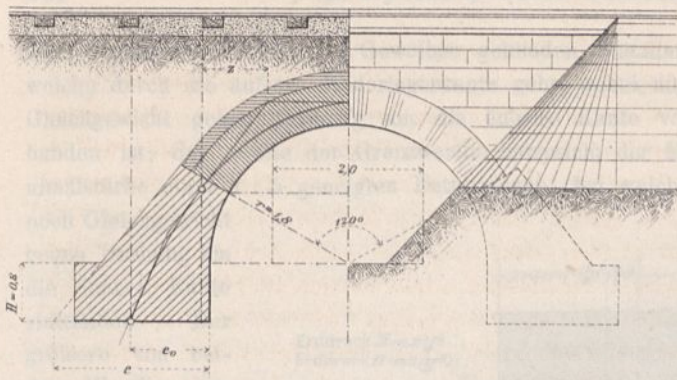


Fig. 1. Widerlagerform für $H < 1m$.

Widerlagerstärke an der Sohle $e = 2 \cdot e_0$

Schwerpunktsabstand $z = 0.08 + 0.42r$

Gleichungen der Stützlinie mit Erddruck.

$$r = 0-3 \quad y = 0-4$$

$$x = 0.24 + r \left[0.23 - y(0.03 - 0.01y) - 0.02r \right] + \frac{y}{6} \left[2.12 - y(0.6 - 0.04y) \right] \quad 1)$$

$$r = 3-5 \quad y = 0-4$$

$$x = 0.08r + 0.48 + \frac{y}{6} \left[1.63 - y(0.33 - 0.02y) \right] \quad 2)$$

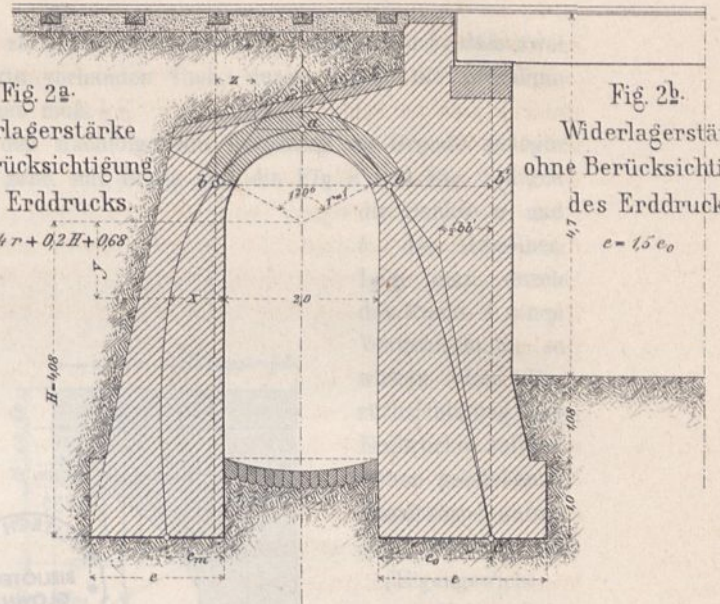


Fig 2a.
Widerlagerstärke
mit Berücksichtigung
des Erddrucks.

$$e = 0.24r + 0.2H + 0.68$$

Fig 2b.
Widerlagerstärke
ohne Berücksichtigung
des Erddrucks.

$$e = 1.5e_0$$

Entfernung der Stützlinie ohne Erddruck an der Bauwerksohle.

$$r = 0-3 \quad H = 0-4$$

$$e_0 = 0.19 + r(0.34 + 0.04H - 0.04r) + \frac{H}{6} \left[2.42 - H(0.48 - 0.04H) \right] \quad 3)$$

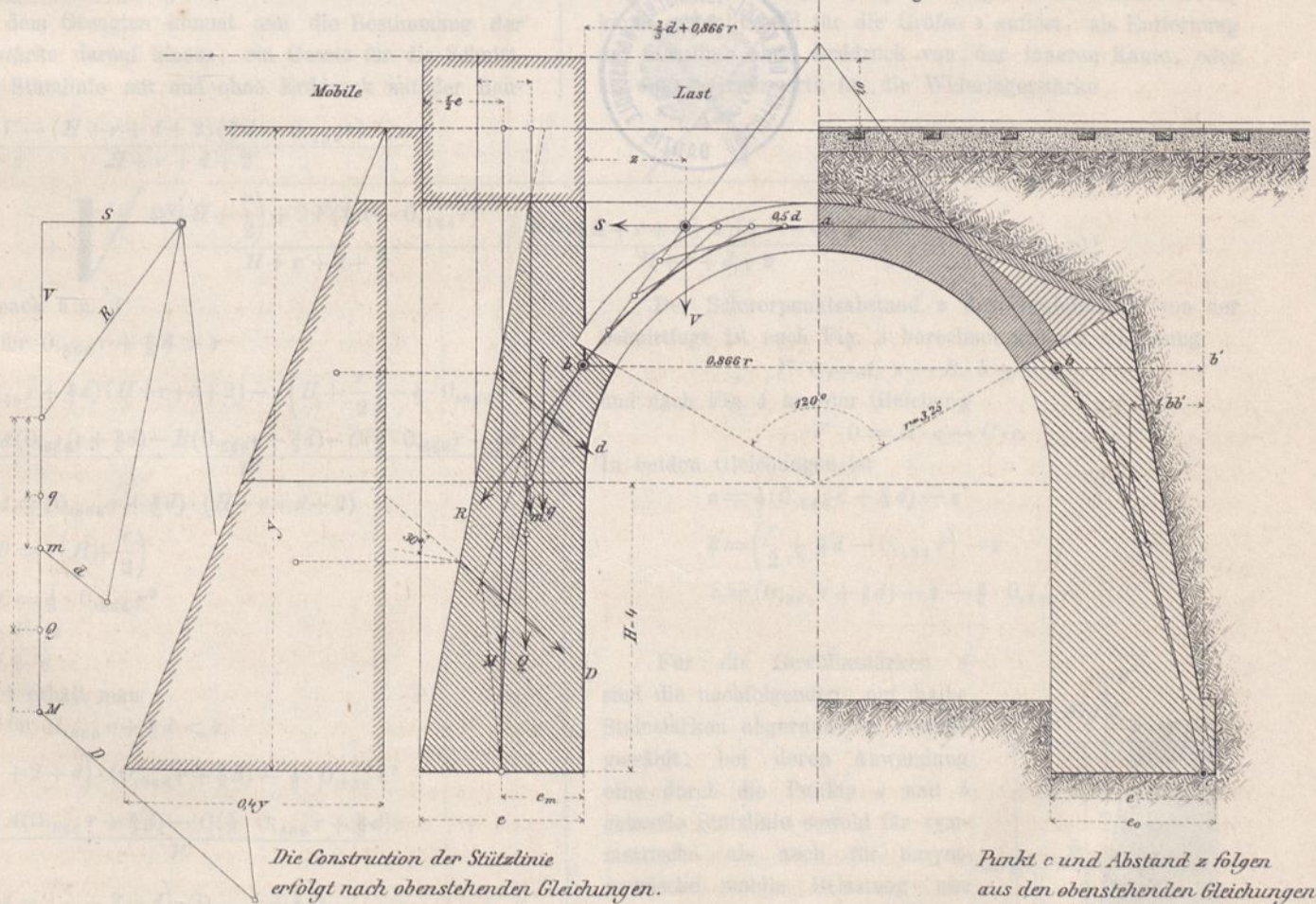
$$r = 3-5 \quad H = 0-4$$

$$e_0 = 0.16r + 0.46 + \frac{H}{6} \left[2.62 - H(0.3 - 0.02H) \right] \quad 4)$$

Construction der Stützlinie

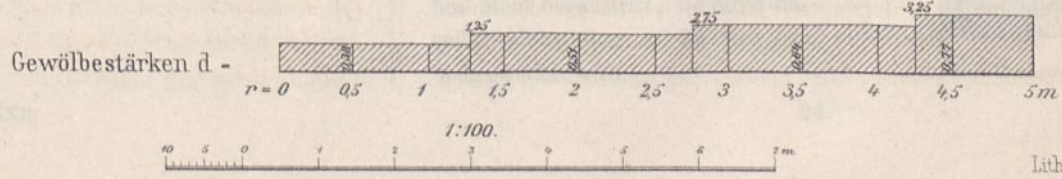
Fig 3. mit Erddruck.

Fig 4. ohne Erddruck.



Die Construction der Stützlinie erfolgt nach obenstehenden Gleichungen.

Punkt c und Abstand z folgen aus den obenstehenden Gleichungen.



zwei bestimmte Punkte des Gewölbes gehenden Stützlinie, welche durch die äußere Widerlagerkante geht, wobei noch Gleichgewicht gegen Drehung um die äußere Kante vorhanden ist; der zweite der Grenzwerte entspricht der Minimalstärke einer 1 : 5 geneigten Futtermauer, bei welcher noch Gleichgewicht gegen Drehung um die innere Kante stattfindet. Der grössere von beiden Werthen ergibt die Minimalstärke des Widerlagers. Entspricht die so gefundene Widerlagerstärke noch der Bedingung, daß bei Berücksichtigung des Erddruckes die Stützlinie aus dem mittleren Drittel der Bauwerksohle nicht heraustritt, so ist das Material nur auf Druck beansprucht und die Widerlagerstärke genügend.

Nach dem Gesagten kommt nun die Bestimmung der Widerlagerstärke darauf hinaus, ein Gesetz für die Schnittpunkte der Stützlinie mit und ohne Erddruck mit der Bau-

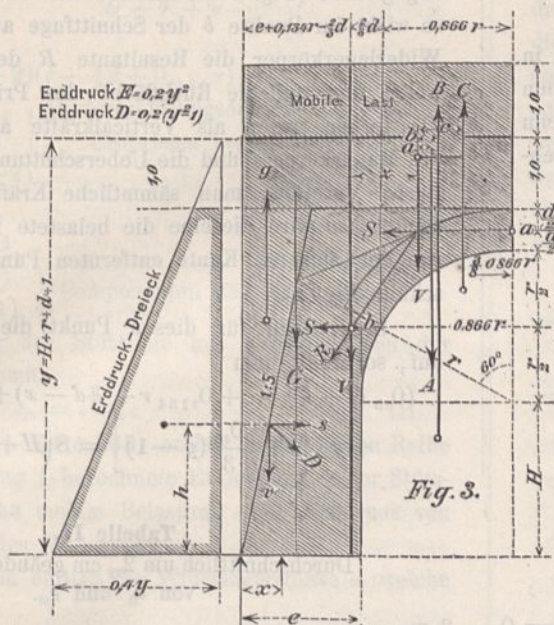


Fig. 3.

werksohle zu bestimmen unter der Voraussetzung, daß zwei feste Punkte vorhanden sind, durch welche die Stützlinie immer gehen muß.

Die der nachfolgenden Rechnung zu Grunde gelegte Stützlinie gehe mit Bezug auf die Fig. 3 und Fig. 4 durch die Punkte *a* und *b* des Gewölbes. Legt man durch den Punkt *b* einen Verticallschnitt, so wirken ohne Berücksichtigung des Erddruckes auf den stehen gebliebenen Mauerkörper aufser dem Gewichte *G* (Eigengewicht sammt Ueberschüttung und mobiler Last) der Horizontalschub *S* und das Gewicht *V* des Bauwerkes sammt Ueberschüttung und mobiler Last bis zur Schnittfuge. Man erhält somit, wenn

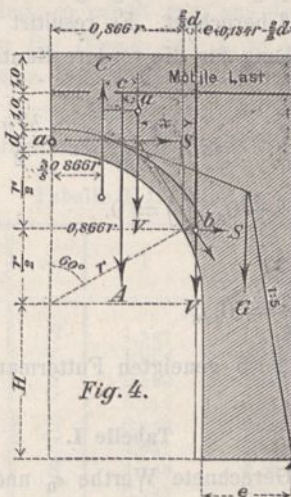


Fig. 4.

man die Momentengleichung in Bezug auf die äußere Drehkante aufstellt und für die Größe *e* auflöst, als Entfernung der Stützlinie ohne Erddruck von der inneren Kante, oder als ersten Grenzwert für die Widerlagerstärke

$$e = - \frac{V - (H + r + d + 2) \left(\frac{2}{3} d - 0,134 r \right)}{H + r + d + 2} + \sqrt{\frac{2S \left(H + \frac{r}{2} \right) + 2V \left(\frac{2}{3} d - 0,134 r \right)}{H + r + d + 2} + \left[\frac{V - (H + r + d + 2) \left(\frac{2}{3} d - 0,134 r \right)}{H + r + d + 2} \right]^2 - \left(\frac{2}{3} d - 0,134 r \right)^2} \quad \text{I.}$$

Hierin ist nach Fig. 3

1) für $0,866 r + \frac{2}{3} d > r$

$$V = (0,866 r + \frac{2}{3} d) (H + r + d + 2) - r \left(H + \frac{r}{2} \right) - \frac{1}{3} \cdot 0,866 r^2$$

$$z = \frac{0,35 A (0,866 r + \frac{2}{3} d) - B (0,366 r + \frac{2}{3} d) - C (\frac{5}{8} \cdot 0,866 r + \frac{2}{3} d)}{V}$$

$$A = (0,866 r + \frac{2}{3} d) \cdot (H + r + d + 2)$$

$$B = r \left(H + \frac{r}{2} \right)$$

$$C = \frac{1}{3} \cdot 0,866 r^2$$

$$S = \frac{2 \cdot V \cdot z}{r + d}$$

Nach Fig. 4 erhält man

2) für $0,866 r + \frac{2}{3} d < r$

$$V = \left(\frac{r}{2} + 2 + d \right) \cdot (0,866 r + \frac{2}{3} d) - \frac{1}{3} \cdot 0,866 r^2$$

$$z = \frac{0,35 A (0,866 r + \frac{2}{3} d) - C (\frac{5}{8} \cdot 0,866 r + \frac{2}{3} d)}{V}$$

$$A = \left(\frac{r}{2} + 2 + d \right) \cdot (0,866 r + \frac{2}{3} d)$$

$$C = \frac{1}{3} \cdot 0,866 r^2$$

$$S = \frac{2 \cdot V \cdot z}{r + d}$$

Der Schwerpunktsabstand *z* des Gewichtes *V* von der Schnittfuge ist nach Fig. 3 berechnet aus der Gleichung

$$V \cdot 0 = A \cdot a - B \cdot b - C \cdot c$$

und nach Fig. 4 aus der Gleichung

$$V \cdot 0 = A \cdot a - C \cdot c.$$

In beiden Gleichungen ist

$$a = \frac{1}{2} (0,866 r + \frac{2}{3} d) - z$$

$$b = \left(\frac{r}{2} + \frac{2}{3} d - 0,134 r \right) - z$$

$$c = (0,866 r + \frac{2}{3} d) - z - \frac{2}{3} \cdot 0,866 r.$$

Für die Gewölbestärken *d* sind die nachfolgenden, auf halbe Steinärken abgerundeten Werthe gewählt, bei deren Anwendung eine durch die Punkte *a* und *b* gehende Stützlinie sowohl für symmetrische als auch für unsymmetrische mobile Belastung aus dem inneren Drittel des Gewölbes nicht heraustritt, wodurch dasselbe nicht über 10 kg pro qcm beansprucht wird.

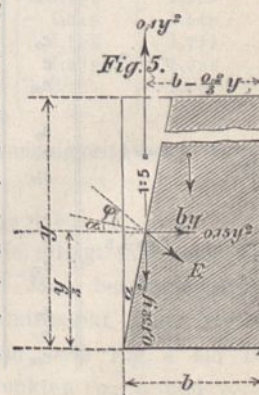


Fig. 5.

$$\frac{2r}{d} = \frac{1}{0,38}, \frac{2}{0,38}, \frac{3}{0,51}, \frac{4}{0,51}, \frac{5}{0,51}, \frac{6}{0,64}, \frac{7}{0,64},$$

$$\frac{8}{0,64}, \frac{9}{0,77}, \frac{10}{0,77}.$$

Für Bestimmung des zweiten der erwähnten Grenzwerte ist die geringste Stärke einer 1 : 5 geneigten Futtermauer aus Fig. 5 zu ermitteln.

Der Erddruck $E = \gamma \cdot 0,2 y^2$ ist nach den Formeln in Ritter's Ing. Mechanik pag. 322 Jahrgang 1876 für einen Reibungswinkel $\varphi = 30^\circ$ berechnet. Es resultirt nun, wenn man die Momentengleichung für die vordere Kante als Drehkante aufstellt,

$$0,1 \gamma_1 y^2 \left(b - 0,2 \cdot \frac{y}{3} \right) + 0,15 \gamma \cdot \frac{y^3}{3} - \gamma_1 \cdot \frac{b^2 y}{2} - 0,132 \gamma y^2 \left(b - 0,2 \cdot \frac{y}{3} \right) = 0.$$

Hieraus folgt für $\gamma_1 = \frac{5}{4} \gamma$

$$\frac{b}{y} = 0,28$$

als Minimalstärke einer 1 : 5 geneigten Futtermauer.

Für die Widerlagerstärke lautet somit der zweite Grenzwert:

$$b = 0,28 (H + r + d) \quad \text{II.}$$

Denkt man sich das Bauwerk im Scheitel horizontal abgeglichen (Fig. 3 der Holzschnitte und Fig. 3 auf Blatt H), so wirkt im Punkte b der Schnittfuge auf den trapezförmigen Widerlagerkörper die Resultante R der Stützlinie im Gewölbe und auf die Rückfläche das Prisma des Erddruckes D ; ferner treten als Verticalkräfte auf das Eigengewicht des Mauerkörpers und die Ueberschüttung sammt der mobilen Last. Vereinigt man sämtliche Kräfte zu einer Resultierenden, so wird dieselbe die belastete Fuge in einem um x von der äußeren Kante entfernten Punkte schneiden (Holzschnitt Fig. 3).

Stellt man für diesen Punkt die Momentengleichung auf, so erhält man

$$(0,5 G + V) \cdot (e + 0,134 r - \frac{2}{3} d - x) + s \cdot h + g \cdot \left[x - \frac{0,2}{3} (y - 1) \right] = S \left(H + \frac{r}{2} \right) + v(x - 0,2 h).$$

Tabelle I.

Gerechnete Werthe e_0 und e_m .

Tabelle II.

Durchschnittlich um 2,2 cm geänderte Werthe von e_0 und e_m .

$r = 0 - 3$ m.

H Meter	=	0	1	2	3	4		0	1	2	3	4
$r=0,5$	e_0	35	75	96	112	—		35	70	93	108	—
	e	—	100	120	140	—		—	100	120	140	—
	e_m	41	63	69	66	—		35	60	70	—	—
$r=1$	e_0	43	85	110	127	140		49	86	111	128	141
	e	—	112	132	152	172		—	112	132	152	172
	e_m	—	69	77	77	71		45	69	79	79	73
$r=1,5$	e_0	61	103	131	151	166		61	100	127	146	161
	e	—	124	144	164	184		—	124	144	164	184
	e_m	—	79	89	91	87		54	77	87	88	84
$r=2$	e_0	70	111	140	161	178		71	112	141	162	179
	e	—	136	156	176	196		—	136	156	176	196
	e_m	—	83	95	98	96		62	84	94	96	94
$r=2,5$	e_0	77	118	148	171	189		79	122	153	176	195
	e	—	148	168	188	208		—	148	168	188	208
	e_m	—	87	100	104	101		69	90	100	103	103
$r=3$	e_0	92	133	164	189	208		85	130	163	188	209
	e	—	160	180	200	220		—	160	180	200	220
	e_m	74	96	109	114	114		75	95	105	109	111

$r = 3 - 5$ m.

$r=3$	e_0	92	133	164	189	208		94	133	164	189	210
	e	—	160	180	200	220		—	160	180	200	220
	e_m	74	96	109	114	114		72	94	107	113	114
$r=3,5$	e_0	99	139	170	195	216		102	141	172	197	218
	e	—	172	192	212	232		—	172	192	212	232
	e_m	—	99	111	117	118		76	98	111	117	118
$r=4$	e_0	105	144	175	200	221		110	149	180	205	226
	e	—	184	204	224	244		—	184	204	224	244
	e_m	—	100	113	119	121		80	102	115	121	122
$r=4,5$	e_0	120	159	191	218	239		118	157	188	213	234
	e	—	196	216	236	256		—	196	216	236	256
	e_m	—	—	—	—	—		84	106	119	125	126
$r=5$	e_0	125	163	195	221	243		126	165	196	221	242
	e	—	208	228	248	268		—	208	228	248	268
	e_m	91	110	123	130	132		88	110	123	129	130

Die Zahlen sind in Centimetern angegeben für e_0 , e und e_m .

Hieraus resultirt für die Entfernung x der Stützlinie mit Erddruck von der äußeren Widerlagerkante die Gleichung

$$x = \frac{(0,5G + V)(e - \frac{2}{3}d + 0,134r) + sh + 0,2hv}{G + V + v - g} - \frac{S(H + \frac{r}{2}) + 0,2g(\frac{y-1}{3})}{G + V + v - g}$$

Hierin ist:

$$G = (H + r + d + 2)(e - \frac{2}{3}d + 0,134r)$$

$$g = 0,1 \cdot (y - 1)^2 \left\{ \begin{array}{l} \text{Hinterschüttungsdreieck, welches im} \\ \text{Erdrprisma berücksichtigt ist.} \end{array} \right.$$

$$h = \frac{(y - 1)(y + 2)}{3(y + 1)}$$

$$y = H + r + d + 1$$

$$S = 0,15(y^2 - 1)$$

$$v = 0,132(y^2 - 1) \left\{ \begin{array}{l} \text{Componenten des Erddruckes } D. \end{array} \right.$$

Die Entfernung der Stützlinie mit Erddruck von der inneren Kante ist somit

$$e_m = e - x \quad \text{III.}$$

Die Tabelle I (s. Seite 363) enthält in der ersten Reihe die aus der Gleichung I berechnete Entfernung e_0 der Stützlinie für symmetrische mobile Belastung ohne Erddruck von der inneren Kante des Widerlagers.

Die zweite Reihe enthält die Widerlagerstärke e , welche durchschnittlich zu

$$e = e_0 + 0,23 \text{ m}$$

gewählt worden und nicht kleiner ist als der aus Formel II berechnete zweite Grenzwert.

Die dritte Reihe enthält die aus Gleichung III berechnete Entfernung e_m der Stützlinie mit Erddruck von der inneren Widerlagerkante unter Zugrundelegung der gewählten Widerlagerstärke e .

Ändert man die in der Tabelle I enthaltenen gerechneten Werthe e_0 und e_m um durchschnittlich 2,2 cm, welche Größe als Genauigkeitsgrenze der Construction bei einem Maassstabe von 1 : 100 anzusehen ist, so erhält man die Tabelle II. In derselben ist aber ein bestimmtes Zahlen-gesetz ausgesprochen. Mit Hilfe der höheren arithmetischen Reihen kommt man nun zu folgenden Resultaten:

Widerlagerstärke an der Bauwerksohle bei Berücksichtigung des Erddruckes

$$e = 0,24r + 0,2H + 0,68 \text{ m. 1)}$$

Entfernung der Stützlinie ohne Erddruck von der inneren Kante an der Bauwerksohle

$$\begin{aligned} &\text{für } r = 0 - 3, H = 0 - 4 \text{ m} \\ e_0 &= r(0,34 + 0,04H - 0,04r) + \\ &+ \frac{H}{6} [2,42 - H(0,48 - 0,04H)] + 0,19 \quad \text{. 2)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\text{für } r = 3 - 5, H = 0 - 4 \text{ m.} \\ e_0 &= 0,16r + 0,46 + \frac{H}{6} [2,62 - H(0,3 - 0,02H)] \quad \text{. 3)} \end{aligned}$$

Entfernung der Stützlinie mit Erddruck von der inneren Kante an der Bauwerksohle

$$\begin{aligned} &\text{für } r = 0 - 3, H = 0 - 4 \text{ m} \\ e_m &= 0,24r + r[0,23 - H(0,03 - 0,01H) - 0,02r] + \\ &+ \frac{H}{6} [2,12 - H(0,6 - 0,04H)] \quad \text{. 4)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\text{für } r = 3 - 5, H = 0 - 4 \text{ m} \\ e_m &= 0,08r + 0,48 + \frac{H}{6} [1,63 - H(0,33 - 0,02H)] \quad \text{. 5)} \end{aligned}$$

Die Formel 1 zeigt, daß bei gegebenem Radius und variablen Werthen von H die Widerlagerstärke an der Bauwerksohle im Verhältniß der Neigung der Rückfläche (1 : 5) ab- resp. zunimmt. Ein Bauwerk von der Höhe H hat also bei gegebenem Radius in der Fuge y (Blatt H Fig. 2a) dieselbe Stärke, wie ein Bauwerk von demselben Radius an der Sohle, dessen Höhe y ist. Da ferner nach Tabelle III die Größen S und V , welche bei der Bestimmung der Lage der Stützlinie in Betracht kommen (Blatt H Fig. 3), nahezu constant sind, so erhält man aus den Gleichungen 4 und 5, wenn man für $H=y$ und $e_0=x$ setzt, die Gleichungen der Stützlinie mit Erddruck im Widerlager, entsprechend einer für horizontale Fugen auf graphischem Wege gefundenen Stützlinie (Blatt H Fig. 3).

Tabelle III. Werthe von S und V .

H	=	1	2	3	4
$r=0,5$	S	1,367	1,403	1,45	—
	V	1,965	2,151	2,337	—
$r=1$	S	2,296	2,304	2,316	2,328
	V	3,112	3,231	3,350	3,469
$r=1,5$	S	3,629	3,636	3,647	3,659
	V	4,936	5,075	5,214	5,353
$r=2$	S	4,700	4,699	4,697	4,708
	V	6,262	6,334	6,406	6,478
$r=2,5$	S	5,812	5,811	5,809	5,808
	V	7,626	7,631	7,636	7,641
$r=3$	S	7,480	7,482	7,479	7,481
	V	9,988	10,013	10,038	10,063
$r=3,5$	S	8,714	8,714	8,714	8,714
	V	11,645	11,645	11,645	11,645
$r=4$	S	9,978	9,978	9,978	9,978
	V	13,435	13,435	13,435	13,435
$r=4,5$	S	11,983	11,983	11,983	11,983
	V	16,292	16,292	16,292	16,292
$r=5$	S	13,369	13,369	13,369	13,369
	V	18,306	18,306	18,306	18,306

Die Stützlinie ohne Erddruck und die Stützlinie im Gewölbe kann in sehr einfacher Weise construirt werden, sobald der Schwerpunktsabstand z (vergl. Holzschnitt Fig. 3) bekannt ist.

Nachstehende Tabelle giebt die bei der Berechnung der Tabelle I gefundenen Werthe von z :

$H =$	1	2	3	4
$r=0,5$	0,306	0,288	0,273	—
$r=1$	0,509	0,492	0,477	0,463
$r=1,5$	0,739	0,720	0,703	0,687
$r=2$	0,942	0,931	0,921	0,912
$r=2,5$	1,147	1,146	1,145	1,144
$r=3$	1,363	1,360	1,356	1,353
$r=3,5$	1,549	1,549	1,549	1,549
$r=4$	1,723	1,723	1,723	1,723
$r=4,5$	1,938	1,938	1,938	1,938
$r=5$	2,107	2,107	2,107	2,107

und läßt sich mit genügender Genauigkeit durch folgende Gleichung ausdrücken:

$$z = 0,08 + 0,42r \text{ m.}$$

Die Construction der Stützlinie erfolgt nun nach Fig. 4 auf Blatt H in folgender Weise: Man bestimme aus den Gleichungen 2) resp. 3) den Schnittpunkt c der Stützlinie mit der Sohle und construire dann, wie Fig. 4 auf Bl. H zeigt, die Tangenten in den Punkten a , b und c . Die

Stützlinie zwischen den genannten Punkten ist ein die Tangenten berührender Parabelast.

Der Gebrauch der gefundenen Gleichungen zur Construction halbkreisförmiger Brücken, wie sie nach Blatt H bei einigen Preussischen Staatsbahnen ausgeführt worden sind, dürfte die Anwendung der sogenannten Normalien ersetzen, die oftmals ihren Zweck nur unvollkommen erfüllen.

Vorkommende Senkungen bei Widerlagern sind zum Theil Folge zu starker Bodenpressung, welche bei Normalien ohne Untersuchung der Lage der Stützlinie nicht beurtheilt werden kann.

Bei richtiger Construction eines Bauwerkes muß aber auf den zulässigen Bodendruck in jedem Specialfall Rücksicht genommen werden.

Essen im März 1882.

L. Dyrfsen.

Ueber die Natur des besten Stahles für Eisenbahnschienen.

Von M. L. Gruner, Französischer General-Berginspecteur a. D.

(Aus den Annales des ponts et chaussées, Janvier 1882, in's Deutsche übertragen von Edm. Müller, Landes-Bauinspector.)

Vor einiger Zeit wurde eine von dem Herrn Minister der öffentlichen Arbeiten ernannte Commission damit beauftragt, die beiden in Frankreich bei den großen Eisenbahngesellschaften üblichen Schienenprofile in Bezug auf Dauer und Kosten mit einander zu vergleichen. Soll man der Schiene mit flachem Fuß, der sogenannten amerikanischen Schiene, oder der mit doppeltem Kopf den Vorzug geben?*) Diese Frage hat unzweifelhaft ihre Bedeutung, doch scheint mir diejenige über die Beschaffenheit des Metalles wichtiger, weil die Beschaffenheit des Materials die Dauer der Schienen in der That mehr beeinflusst, als die Form. Bezüglich letzterer haben auch die Beschlüsse der genannten Commission in ihrer Denkschrift vom 12. April 1881 die Frage fast unentschieden gelassen. Die Commission hat sich darauf beschränkt, die beiden Profile, welche in Bezug auf Kosten und Dauer sich nur sehr wenig unterscheiden, nur im Allgemeinen zu vergleichen, ohne auf die relativen Stärken der einzelnen Theile einzugehen, die doch auf die Dauer der Schienen Einfluß haben müssen ebenso wie die Beschaffenheit des Metalles, aus dem sie bestehen.

Ich will nun versuchen, die Frage in den beiden eben gedachten Beziehungen zu behandeln, nicht in der Hoffnung, zu einem endgültigen Urtheil zu gelangen, als vielmehr, um die Aufmerksamkeit sowohl der mit der Verwendung, als der mit der Herstellung der Schienen beschäftigten Ingenieure darauf hinzulenken.

Was zunächst den wichtigeren Theil der Frage, die Beschaffenheit des Metalles betrifft, so handelt es sich nicht darum, eine Wahl zu treffen zwischen dem alten Schweißisen, oder zwischen dem Eisen und dem Stahl. Von dem Schweißisen ist man seit zwanzig Jahren abgekommen; aber der Stahl an sich zeigt unzählige Nüancen, von dem weichsten bis zu dem härtesten Stahl, wie er zu den feinsten Werkzeugen aller Art gebraucht wird, und es gilt daher zu entscheiden, welche von diesen Nüancen, ob man für Eisenbahnschienen härteren oder weicheren Stahl wählen soll.

In dem Schlußwort des genannten Berichtes könnte diese Frage schon als gelöst erscheinen. Es wird als selbstverständlich, ohne Beweis und ohne Grundangabe behauptet, daß in Bezug auf die Dauer die Schienen aus hartem Stahl den Vorzug verdienen; man fügt nur noch hinzu, daß bei weicheren Schienen Brüche seltener vorkämen. Aber selbst

den ersten Theil der Behauptung zugegeben, — eine Behauptung, welche jetzt in den Vereinigten Staaten außerordentlich angefochten wird, — würde es sich immer noch darum handeln, zu wissen, bis zu welchem Härtegrad man gehen kann, um auf der einen Seite die Schienenbrüche, auf der anderen eine schnelle Abnutzung zu vermeiden. Und in dieser Beziehung ist man auch in Frankreich nicht einer Meinung; denn während die Nordbahn einen Stahl von der Bruchfestigkeit 60 bis 74 kg pro qmm bei einer Verlängerung von 20 bis 10 % verlangt, fordert die Südbahn 79 bis 83 kg Bruchfestigkeit bei einer Verlängerung von 11 bis 4 %.

In den anderen Ländern des Continents, Deutschland, Oesterreich, Rußland etc., geht das Streben im Allgemeinen dahin, für Schienen einem Stahl den Vorzug zu geben, welcher bereits unter einer Last von weniger als 60 kg bricht. Diese Differenz zwischen Frankreich und den übrigen Ländern ist schon von Deshayes in seiner Arbeit über die Einteilung und den Gebrauch des Stahles angegeben.

In Schweden, Oesterreich, Deutschland, sagt dieser Ingenieur, bedient man sich für Schienen hauptsächlich des gewöhnlichen weichen Stahles der dritten Klasse, charakterisirt durch eine Bruchfestigkeit von 50 bis 60 kg, während man in Frankreich mehr den Stahl der vierten Klasse von 60 bis 70 kg, die Südbahn sogar einen Stahl der fünften Klasse mit 70 bis 80 kg Bruchfestigkeit wählt.

In Oesterreich ist augenblicklich eine von der Regierung ernannte Commission damit beschäftigt, allgemeine Bedingungen auszuarbeiten, um damit den Unbequemlichkeiten und Nachtheilen vorzubeugen, welche mit der bestehenden Mannigfaltigkeit der Anforderungen verbunden sind. Diese Verschiedenheit ist allerdings sehr groß. Die Staatsbahn, hauptsächlich von französischen Ingenieuren verwaltet, hat ganz ähnliche Grundsätze angenommen, wie unsere Gesellschaften, während die übrigen Bahnen mehr im Sinne der deutschen Vorschriften verfahren. Sie schätzen den Werth des Metalles nach directem Zug und ziehen somit Widerstand und Contraction gleichzeitig in Betracht, woraus auch bis zu einem gewissen Grade die Sprödigkeit des Materials beurtheilt werden kann; sie machen keine Schlagversuche, wie solche in Frankreich üblich sind und welche wegen ihrer Einfachheit und Sicherheit den Vorzug verdienen.

Ich habe mich des weiteren hierüber ausgesprochen in meiner Notiz über die mechanischen Eigenschaften des phosphorhaltigen Stahls. (Annales des mines 1870. tom. 17.)

*) Ausführliche Abhandlung hierüber in den Annales des ponts et chaussées Octobre 1881.

Auch der schwedische Ingenieur Sandberg, der in den Vereinigten Staaten mit der speciellen Abnahme der Schienen beauftragt war, hat sich ganz kürzlich zu Gunsten der Proben mittelst eines Fallbärs ausgesprochen. (Railroad Gazette 4. Februar 1881.)

In Oesterreich also und in Deutschland fordert man im Allgemeinen, daß der Stahl wenigstens einer Belastung von 55 kg widersteht, und daß die Contraction an der Bruchstelle größer ist als 20 %; es soll ferner die Summe der beiden Zahlen wenigstens die Zahl 85 erreichen, d. i. also etwa 55 kg und 30 % oder 60 kg und 25 % u. s. w. Die Elisabeth- und die Franz-Joseph-Eisenbahn gehen selbst bis zu 50 kg Widerstandsfähigkeit zurück, vorausgesetzt, daß die Contraction 35 % beträgt. Auch in Deutschland nehmen jetzt mehrere Gesellschaften für die Festigkeit mindestens 55 kg an, wenn diese Zahl mit der der Contraction wenigstens 85 bis 90 ergibt. Man sieht somit, daß in Deutschland und Oesterreich für die Schienen der weiche gewöhnliche Stahl dritter Klasse des genannten Herrn Deshayes gesucht wird.

Derselbe Schluss folgt aus den Versuchen mit dem Fallbär, welche von einigen anderen Gesellschaften vorgeschrieben sind. So unterwirft die Südbahn in Oesterreich ihre Schienen mit flachem Fuß dem Stofs einer Masse von 1000 kg, welche 15 Wiener Fuß (4,75 m) bei einer Entfernung der Stützpunkte von 3 Fuß (0,95 m) herabfällt. Die Elisabethbahn erfordert ein Gewicht von 500 kg bei 6,50 m Fallhöhe und 1 m Entfernung der Stützpunkte. Die 33 kg schweren Schienen der ungarischen Ostbahn müssen den Schlag eines Gewichtes von 1000 kg aushalten können bei 4 m Fallhöhe und 1,10 m Stützweite. Die in Oberitalien verwendete Schiene mit zweifachem Kopf, 35 kg schwer, wird mit einem Gewicht von 1000 kg von 10 m Höhe herabfallend geprüft, während die Stützpunkte wiederum 1,10 m von einander entfernt sind. In den Vereinigten Staaten endlich beträgt das Fallgewicht für die 30 kg schweren Schienen 1000 kg, die Fallhöhe 6,10 m und die Stützweite 0,915 m.

Wenn man diese Bedingungen mit den in Frankreich geltenden Vorschriften vergleicht, so erkennt man sofort, wie viel weicher die Schienen anderer Länder sind als die Frankreichs. Man begnügt sich in Frankreich gewöhnlich mit einem Fallgewicht von 300 kg, einer Stützweite von 1,10 m und einer Fallhöhe von 2,50 bis 3,00 m. Die so getroffenen Schienen dürfen eine dauernde Durchbiegung über ein gewisses Maß hinaus nicht behalten. So bestimmt als Maximum der Durchbiegung:

die Gesellschaft Paris-Lyon-Méditerranée (P.-L.-M.) 0,006 m
 die Ostbahn für die 36 kg schweren Schienen . . . 0,012 -
 desgl. für die 30 kg schweren . . . 0,013 bis 0,015 -
 die Nordbahn je nach dem Gewicht . . . 0,010 bis 0,011 -
 die Westbahn für Schienen mit doppeltem Kopf . . . 0,008 -
 desgl. für Schienen mit flachem Fuß 0,015 -

Aus den einzelnen Bestimmungen der verschiedenen Bahnen ergibt sich, daß der Stahl der Schienen der Südbahn härter ist, als der der übrigen Linien, daß alsdann die Schienen der Bahn P.-L.-M. kommen, dann die der Nord-, der Ost- und der Westbahn, welche ihrerseits wieder härter sind, als die der österreichischen Staatsbahn und besonders härter als die der meisten übrigen Linien des Continents.

Zu den Proben durch den Schlag gesellen sich häufig in Frankreich noch die Versuche zur Feststellung der Steifigkeit des Metalles. Die auf zwei Stützen im Abstände von 1,10 m gelegte Schiene muß während 5 Minuten je nach ihrem Eigengewichte 16, 17 oder 18 Tonnen tragen können, ohne eine bleibende Durchbiegung zu behalten, und darf unter einer etwa doppelt so großen Last von 30, 35 oder 40 Tonnen nicht brechen. Diese bei fast allen französischen Gesellschaften übereinstimmenden Bedingungen beweisen, daß der Stahl der französischen Schienen relativ hart ist.

Keine der französischen Eisenbahn-Verwaltungen fordert die Prüfung auf Zug und noch weniger einen gewissen Kohlenstoffgehalt oder eine bestimmte chemische Zusammensetzung, ausgenommen vielleicht die P.-L.-M.-Gesellschaft, die wenigstens 0,003 an Kohlenstoff in dem Material verlangt. Im Gegentheil fordert man meistens, daß das Material gehärtet sei, und stellt Untersuchungen darüber an, ob der Stahl ein anderes Material von bekannter Festigkeit ritzt.

Uebrigens führen die Prüfungen auf Zug in den Eisenwerken zu demselben Resultat. So bricht der Stahl der Gesellschaft P.-L.-M. erst bei einer Last von 65 kg bei 14 % Verlängerung oder 30 bis 35 % der Einziehung; die äußersten Ziffern sind 55 bis 80 kg mit 16 bis 10 % der Verlängerung oder 20 bis 35 % der Einziehung. Das sind die Kennzeichen der vierten Klasse nach Deshayes. Der Stahl der Schienen der Südbahn bricht erst bei einer Belastung von 85 kg im Mittel mit 10 bis 12 % der Verlängerung und 25 bis 30 % der Einziehung. Die äußersten Grenzen sind 70 bis 115 kg mit 14 bis 6 % der Verlängerung, was dem harten Stahl der fünften Klasse entspricht.

Wenn man auf diese Stahlsorten die Bedingungen anwenden wollte, welche die deutschen und österreichischen Gesellschaften vorschreiben, so würde man finden, daß die Summe der Zahlen für die Festigkeit und die Einziehung bei der Gesellschaft P.-L.-M. $65 + 30 = 95$, und bei der Südbahn $80 + 25 = 105$ bis 30 , also 105 bis 110 sein würde; Zahlen, welche ebenfalls zeigen, daß die Schienen dieser beiden Linien viel härter und steifer sind, als die der deutschen und österreichischen Bahnen.

Wenn man endlich die chemische Beschaffenheit der für Schienen geeigneten Stahlsorten untersuchen wollte, so würde man bei den einzelnen Werken bedeutende Unterschiede finden, weil man auf die verschiedensten Arten denselben Grad der Widerstandsfähigkeit und Härte erzeugen kann. Es genügt z. B., den Gehalt an Kohlenstoff und Mangan im umgekehrten Verhältniß variiren zu lassen, oder die Menge des Kohlenstoffs zu vermindern, wenn Kieselsäure und Phosphor wachsen. Hieraus folgt, um dies beiläufig zu erwähnen, wie wenig angezeigt es für den Abnehmer der Schienen sein würde, eine gewisse chemische Formel vorzuschreiben, wie dies kürzlich von einer der bedeutendsten Gesellschaften der Vereinigten Staaten versucht worden ist. Untersucht man die Schienen der Gesellschaft P.-L.-M., so findet man für dieselbe Widerstandsfähigkeit nur bei im Allgemeinen wenig verschiedenen mechanischen Eigenschaften:

bald $C = 0,40$ bis $0,45$ %, bald $C = 0,60$ bis $0,70$ %.
 - $Mn = 0,60$ - $0,50$ - - $Mn = 0,40$ - $0,30$ -
 - $Si = 0,30$ - $0,35$ - - $Si = 0,10$ - $0,20$ -

Der Phosphor ist in beiden Fällen nur in dem Verhältniß von 0,10 % und der Schwefel ebenfalls nur in geringen Quantitäten vorhanden. Andererseits sollen die Schienen der Südbahn, bei 0,60 bis 0,70 % Kohlenstoff, eine größere Menge Mangan und Kieselsäure enthalten, als die der Gesellschaft P.-L.-M., vorausgesetzt, daß sie unter dem Fallgewicht bei 4 m Fallhöhe brechen. Diese sonderbare Bedingung, die daher kommt, daß man fälschlich Sprödigkeit und Zerbrechlichkeit als ein Zeichen der Festigkeit ansieht, begreift also in sich eine größere Unreinheit des Metalls. Wenn in der That der Stahl einfach kohlenstoffreicher wäre, als der der Gesellschaft P.-L.-M., so würde er nicht nur härter, sondern auch widerstandsfähiger sein, und es würde somit die Schiene nicht bei der Fallprobe von 4 m Höhe zerbrechen. Aus dem Gesagten folgt mit Sicherheit, daß die französischen Schienen und besonders die der Gesellschaft P.-L.-M. und der Südbahn bei weitem härter sind, als die meisten der Schienen anderer Länder.

Thatsächlich giebt es also in dieser Beziehung die größten Verschiedenheiten. Deshalb ist es auch nicht müßig, die Frage zu untersuchen: welcher Grad der Härte eigentlich derjenige sei, welcher hinsichtlich der Dauer der Schienen als der geeignetste angenommen werden kann. Man hat sich hiermit in den Vereinigten Staaten mehr beschäftigt, als in Europa, und zwar waren die Umstände, unter welchen die Frage aufgeworfen wurde, die folgenden:

In dem Winter 1876/1877 wurden zahlreiche Schienen der Pennsylvania Railroad zerbrochen oder geborsten aufgefunden. Der Verwaltungsrath der genannten Linie wünschte die Ursache der Brüche kennen zu lernen und beauftragte Dr. Dudley, einen Chemiker, die mechanischen Eigenschaften und die chemische Beschaffenheit der schlechten Schienen zu untersuchen, und sie mit den guten Schienen derselben Bahn zu vergleichen. Die Schienen entstammten den verschiedensten englischen und amerikanischen Werken.

Die Resultate dieser Studien sind in zwei Berichten der Verhandlungen des American Institute of mining engineers veröffentlicht. Der erste Bericht ist vom August 1878, der zweite, wichtigere vom Februar 1881. Beide haben Veranlassung zu sehr interessanten Discussionen gegeben, in denen die Schlüsse Dudleys von den Ingenieuren und Leitern der Schienenfabriken auf das lebhafteste angegriffen wurden. Aber man muß auch gestehen, daß Dudley die Einwendungen geradezu herausgefordert hat, indem er sich nicht damit begnügte, die physikalische und chemische Natur der guten und schlechten Schienen und die Folgen, welche unmittelbar daraus entspringen, zu bezeichnen, sondern eine engbegrenzte chemische Formel aufstellen zu müssen glaubte, über welche hinaus Schienen als schlecht zu bezeichnen seien. Den durch die Bedingnißhefte vorgeschriebenen mechanischen Proben will er eine chemische Formel hinzufügen, wobei er — wie ich das schon erwähnt habe — vergißt, daß dieselben physikalischen Eigenschaften auf die verschiedenste Weise in Bezug auf chemische Zusammensetzung erreicht werden können. Wenn man auch noch nicht in genügender Weise den bestimmten Einfluß aller Elemente auf die Natur des Stahles kennt, um die Grenzen feststellen zu können, über welche hinaus eine Schiene verworfen werden muß, so weiß man doch, daß mehrere Wege zu demselben Ziele führen, und daß verschiedene chemische Zusammen-

setzungen gleich widerstandsfähige Schienen geben können. Eine einzige chemische Formel ist um so weniger annehmbar, als die Art der Herstellung, die mechanische Arbeit, welcher das Metall unterworfen ist, und selbst das angenommene Profil einen wesentlichen Einfluß auf die guten und schlechten Eigenschaften der Schienen haben.

Diese Anstände vorausgeschickt, bleibt doch die Analyse des Dr. Dudley bestehen. Es ist eine vorzügliche Arbeit, deren Inhalt wohl zu beherzigen ist, wenn man den wahren Grund der längeren oder kürzeren Dauer der Schienen erkennen will. Es sollen deshalb hier die beiden Berichte genauer beleuchtet werden.

In dem ersten, der hauptsächlich dazu dienen soll, die Ursachen des völligen oder theilweisen Bruches festzustellen, ist die physikalische und chemische Natur von 25 verschiedenartigen, aus dem Geleis entnommenen Schienen angegeben. Dies sind einerseits völlig zerbrochene oder einfach durch den Druck abgesplitterte (crushed) Schienen, andererseits solche Schienen, die sich vollständig gut erhalten haben oder ganz und gar durch die Reibung abgenutzt sind. Man hat den Stahl dieser 25 Schienen analysirt, hat dabei jedoch nur den Kohlenstoff, das Mangan, den Phosphor und die Kieselsäure bestimmt, indem man — meiner Ansicht nach nicht ganz mit Recht — voraussetzt, daß Schwefel, Kupfer und andere Bestandtheile nur in geringen Mengen vorkommen dürften, weil sonst bereits beim Walzen sich Risse hätten zeigen müssen und die Schienen somit nicht zur Verwendung gekommen wären. Aus diesem Grunde setzt Dudley voraus, daß die geprüften Schienen die übrigen Substanzen nicht in schädlichen Mengen enthielten.

Gleichzeitig mit der chemischen Untersuchung wurden die Schienen mechanischen Versuchen auf Zug und Torsion unterworfen, die nach und nach bis zur Grenze der Elasticität und bis zum Bruch fortgesetzt wurden.

Werden die Versuchresultate für die 13 zerbrochenen oder gespaltenen Schienen und für die 12 in gutem Zustande oder bloß in Folge der Reibung abgenutzten Schienen mit einander verglichen, so findet man, daß die ersteren aus einem mittelmäßig harten Stahle bestehen, mit einer Bruchfestigkeit von 52 bis 55 kg pro qmm und einer Verlängerung von 20 %, während die 12 nicht im Geleis zerbrochenen Schienen bei einer Belastung von 45 bis 52 kg und, nach einer Verlängerung von mehr als 21 % brechen. Die schlechten Schienen enthielten gewöhnlich mehr als 1 % fremder Bestandtheile, im Mittel:

Kohlenstoff	0,366 %
Mangan	0,521 -
Phosphor	0,132 -
Kieselsäure	0,047 -

zusammen 1,066 %

und nach Abzug des Kohlenstoffs 0,7 %.

Die zwölf guten Schienen dagegen enthielten weniger als 1 % anderer Bestandtheile als Eisen, und zwar im Mittel:

Kohlenstoff	0,287 %
Mangan	0,369 -
Phosphor	0,077 -
Kieselsäure	0,044 -

zusammen 0,777 %

nach Abzug des Kohlenstoffs 0,490 %.

Hieraus folgt, was übrigens schon bekannt war, daß die zu sehr mit fremden Elementen versetzten Schienen spröde und brüchig sind, d. h. Gefahr laufen, unter dem Schläge der Räder zerbrochen zu werden, obgleich die statische Festigkeit und die Härte des Stahles größer sind, als in den guten Schienen.

Von diesem Gesichtspunkte aus muß man also einem reinen und weichen Stahl den Vorzug geben.

Hätte Dudley sich mit diesem allgemeinen Resultate begnügt, so würde niemand etwas dagegen eingewendet haben, doch Dudley ist weiter gegangen; er hat aus seinen Analysen gefolgert, daß eine gute Schiene enthalten müsse:

Kohlenstoff	0,25 bis 0,35 %
Mangan	0,40 - 0,30 -
Phosphor höchstens	0,10 -
Kieselsäure höchstens	0,04 -

und diese Zusammensetzung wurde von da ab den Schienenfabrikanten durch die Bedingnißhefte der Pennsylvania Railroad Cy auferlegt.

Zu sagen, daß eine Schiene außerhalb dieser feststehenden Formel nichts werth sein könne, heißt über das Ziel hinausgehen. Man kann zahlreiche Analysen von guten Schienen anführen, welche mehr Kieselsäure und Mangan, und selbst mehr Phosphor enthielten, wenn nur dann der Kohlenstoff in geringerer Menge vorhanden ist.

Zu dieser Formel fügt Dudley eine andere, welche darauf beruht, die Widerstandsfähigkeit der Schienen durch das, was er die phosphorischen Einheiten (phosphoric units) nennt, zu messen. Er geht von der Voraussetzung aus, daß hauptsächlich der Phosphor das Element ist, welches das Eisen härtet und spröde macht (hardener and brittle-maker). Jedem 0,01 % Phosphor im Stahl giebt er den Namen phosphorische Einheit; dann behauptet er, allerdings etwas willkürlich und jedenfalls ohne genügende Bestätigung durch Versuche, daß 0,02 Kieselsäure, 0,03 Kohlenstoff und 0,05 Mangan dieselbe Wirkung hervorbringen müssen, wie 0,01 % Phosphor. Um die ganze Summe der phosphorischen Einheiten zu erhalten, fügt er dann der Zahl der Procente des Phosphors die Hälfte der Procente an Kieselsäure, ein Drittel der Procente an Kohlenstoff und ein Fünftel der Procente an Mangan hinzu. So würde man also für die Normalschiene der Pennsylvania-Bahn nach der angegebenen Formel folgende Einheitszahlen haben:

für den Phosphor	10
- - Kohlenstoff $\frac{1}{3}$ von 0,25 bis 0,30	8 bis 10
- - Mangan $\frac{1}{5}$ von 0,30 bis 0,40	6 bis 8
- - Kieselsäure $\frac{1}{2}$ von 0,04	2
zusammen	26 bis 30.

Hieraus leitet Dudley die jedenfalls eigenthümliche Vorschrift her, daß Schienen nicht über 31 Phosphoreinheiten besitzen dürften. Ich will mich nicht dabei aufhalten, diese sonderbare Theorie zu bekämpfen, und nur bemerken, daß Dudley ebenso wie unsere Südbahn-Gesellschaft zuzugeben scheint, daß diejenigen Elemente, welche die Härte erzeugen, gleichzeitig auch den Fehler der Zerbrechlichkeit zur Folge haben. Der Kohlenstoff, der eigentliche Verstählungsstoff, der die Widerstandsfähigkeit und Härte des Eisens erhöht, ohne die Zerbrechlichkeit zu begünstigen, wenn er allein im Eisen vorhanden, findet sich nach Dudley, gleich dem Phosphor, unter das zurückgedrängt, was er Verunreinigungen des

Stahles nennt. Ich will nicht sagen, daß die Kieselsäure und das Mangan, wenn sie dem Kohlenstoffe in bedeutenden Mengen beigefügt sind, nicht gleichfalls zur Sprödigkeit beitragen, aber man weiß aus den Versuchen von Mazek und aus der Erfahrung, daß das Mangan in beschränkter Menge vielmehr einen günstigen Einfluß auf den Stahl hat, und daß die Kieselsäure nicht so schädlich ist, wie Dudley dies zu glauben scheint. Ich beschränke mich deshalb darauf, aus dem ersten Bericht Dudleys das immerhin schon wichtige Resultat zu ziehen, daß die brüchigen Schienen der Pennsylvania-Bahn außer 0,366 % Kohlenstoff 0,7 % fremder Bestandtheile enthalten, unter denen 0,132 Phosphor, während die guten Schienen außer 0,287 % Kohlenstoff nur 0,49 % fremder Bestandtheile enthalten, worunter 0,077 % Phosphor, so daß die Zerbrechlichkeit der ersteren wohl einem allzu starken Phosphorgehalt oder allgemein einer zu großen Menge fremder Bestandtheile zuzuschreiben sein dürfte. Ich füge hinzu, daß, wenn es auch für den Fabrikanten nützlich, ja nothwendig ist, die chemische Zusammensetzung der schlechten Schienen zu kennen, man sich doch hüten muß, ihm eine bestimmte Formel aufzuerlegen; man muß einfach Garantien für die Dauerhaftigkeit fordern, d. h. genaue und umfassende mechanische Versuche anstellen. — Uebrigens beweisen die oben angeführten mechanischen Prüfungen, daß gute Schienen relativ weich sind, da doch die Widerstandsfähigkeit unter 52 kg liegt, und die Verlängerung höher ist als 21 %, während die brüchigen Schienen eine Festigkeit über 53 kg haben bei einer Verlängerung unter 20 %.

In dieser ersten Arbeit beschäftigte sich Dudley nicht mit dem Verschleiß der Schienen durch Reibung, sondern nur mit der Festigkeit und Zerbrechlichkeit. Während er jedoch die 12 nicht zerbrochenen Schienen prüfte, wurde er von der ungleichen Abnutzung und besonders von der Thatsache überrascht, daß es, im Gegensatz zu den bestehenden Grundsätzen, gerade die weichen, wenig kohlenstoffhaltigen Schienen waren, welche die geringste Abnutzung erlitten hatten. Er wurde so veranlaßt, nachzuforschen, ob nicht andere Ingenieure gleiche Thatsachen beobachtet hätten. Und wirklich enthalten zwei englische Berichte aus den Jahren 1875 und 1876 Beobachtungen, welche die soeben angeführten, anscheinend paradoxen Schlüsse bestätigen.

Damals hat Smith, General-Director des großen unter dem Namen Barrow Hematite Steel Works bekannten Werkes in Cumberland, der Gesellschaft der Civilingenieure Londons eine Denkschrift vorgetragen, in welcher er vorschlägt, die Härte der Schienen mit Hilfe eines Apparates zu prüfen, welcher die Kraft angiebt, die nothwendig ist, um Löcher ähnlich denen für die Laschen durchzustossen. Der Steg der zu lochenden Schienen hatte eine Stärke von 0,019 m und der Durchmesser der Löcher betrug 0,022 m. Smith unterwarf diesem Versuche 30 Bessemerschienen, die 8 Jahre lang auf der Hauptlinie der Furnees railway gelegen hatten. Nach der Größe der zur Durchbohrung der Löcher nothwendigen Belastung theilte Smith die Schienen in weiche und harte. Um die ersteren, 20 an der Zahl, zu durchstossen, hatte er Lasten von 46 $\frac{1}{2}$ und 52 $\frac{1}{2}$ Tonnen nothwendig, zum Durchstossen der übrigen 10 brauchte er 56 $\frac{3}{4}$ bis 82 $\frac{1}{2}$ Tonnen, im Mittel also bei den weichen Schienen circa 49 Tonnen, bei den harten 64 $\frac{3}{4}$. In den ersteren war das Verhältniß des Kohlenstoffs zwischen 0,0028 und 0,0032, im Mittel also

0,003; bei den letzteren zwischen 0,0036 und 0,0057 oder im Mittel 0,0046. Beim Vergleich des Gewichts der abgenutzten Schienen und des ursprünglichen Gewichts hat Smith nun — ganz entgegengesetzt von dem, was man a priori hätte vermuthen sollen, — gefunden, daß die weichen Schienen weniger abgenutzt waren, als die harten.

Der andere Bericht stammt von Price Williams und handelt über die Unterhaltung der Eisenbahnen. Williams hat den Verschleiß nach dem Verlust an Höhe des Kopfes der Schienen gemessen und für jeden $\frac{1}{16}$ Zoll, welcher verloren gegangen ist, den darüber hingegangenen Verkehr berechnet. So hat er für 7 Schienen von ungleicher Festigkeit gefunden, daß ein Verkehr von 10 055 000 Tonnen bei drei harten Schienen dieselbe Abnutzung von $\frac{1}{16}$ Zoll verursacht hat, wie 15 567 000 Tonnen bei vier weichen Schienen. Offenbar genügen diese ersten Daten nicht, um allgemeine Schlüsse von einiger Bedeutung zu rechtfertigen, aber sie müssen wenigstens die Aufmerksamkeit der Ingenieure auf diese Frage lenken. Und es waren allerdings diese ersten Beobachtungen, welche die Verwaltung der Pennsylvania-Eisenbahn veranlaßten, Dudley mit dem speciellen Studium der Abnutzung der Schienen zu beauftragen. Das Resultat dieser letzten Arbeit wurde dem American Institute of mining engineers in seiner letzten Februarsitzung zu Philadelphia mitgetheilt, und die Schlüsse dieser wichtigen bedeutungsvollen Arbeit bestätigten thatsächlich die vorstehend angegebene Beobachtung, daß nämlich die harten Schienen sich jedenfalls schneller abnutzen, als die weichen.

Der in der zweiten Arbeit eingeschlagene Weg war folgender: Aus dem Geleis der Pennsylvania-Eisenbahn wählte man 64 Schienen aus, von denen die meisten 10 Jahre im Betriebe waren; 16 wurden aus den ebenen geraden Strecken entnommen, 16 aus den Curven in horizontalen Strecken, und zwar 8 aus dem inneren, 8 aus dem äußeren Schienenstrang; 16 weitere Schienen nahm man aus geraden Strecken in der Steigung und endlich 16 aus den Curven in Steigungen, von denen wiederum 8 dem inneren, 8 dem äußeren Schienenstrange angehörten. In jeder der vier, oder vielmehr der sechs Kategorien wurde die eine Hälfte unter den stark abgenutzten Schienen gewählt, die andere unter den wenig beschädigten. Alle waren übrigens gute Schienen, welche weder einen Bruch, noch eine Zersplitterung erlitten hatten.

Aus dem Kopfe jeder dieser 64 Schienen löste man Stücke heraus für die Versuche auf Torsion, auf Abscheeren und auf Zug, und aus dem Steg der Schienen entnahm man andere Stücke von der Stärke der Schiene selbst und $1\frac{1}{2}$ Zoll Breite für die Versuche auf Biegung. Die Stücke für die Versuche auf Zug, die einzigen, für welche ich hier die Resultate mittheilen werde, hatten 5 Zoll (0,127 m) Länge zwischen den Köpfen und $\frac{3}{4}$ Zoll (0,019 m) Durchmesser. Während der Versuche wurden die Belastungen nach und nach um 2000 liv. (907 kg) auf den Quadratzoll vermehrt, das ist 1,405 kg pro qmm; und nach jeder partiellen Belastung maß man mit dem Mikrometer die Verlängerung, um die Elasticitätsgrenze feststellen zu können.

Man analysirte den Stahl einer jeden Schiene ebenso, wie in der ersten Arbeit angegeben, indem man sich aus den oben mitgetheilten Gründen darauf beschränkte, wiederum nur den Kohlenstoff, das Mangan, den Phosphor und

die Kieselsäure zu bestimmen. Um die Abnutzung der Schienen beurtheilen zu können, ist das Profil jeder einzelnen in natürlicher Größe im Originalbericht abgebildet, mit dem punktirten Umriss der ursprünglichen Form. Man kann so feststellen, daß die eigentliche Deformation selbst bei den weichsten Schienen fast gleich Null ist, und daß die Differenz zwischen den beiden Profilen fast nur aus dem Verschleiß des Metalls durch Reibung entstanden ist. Die Abnutzung selbst ist bestimmt worden durch Vergleich des Gewichts von 1 lfd. Yard der alten und der neuen Schienen; aber da das Gewicht der Schienen, wie sie aus den Werken kommen, nicht ganz feststehend ist und dasjenige der verschiedenen für die Prüfung ausgewählten Schienen bei der Verlegung nicht bestimmt worden war, so mußte man darauf indirect zurückkommen. Zu diesem Zwecke hat man den Umriss des abgenutzten Profils mit dem Umriss des ursprünglichen Profils unter Zuhilfenahme eines Integral-Planimeters verglichen und die Dichtigkeit des Metalls einer jeden Schiene direct dadurch bestimmt, daß normale, $\frac{1}{2}$ Zoll starke Abschnitte einer jeden Schiene erst in der Luft und dann in destillirtem Wasser gewogen wurden. Man hat so zu dem Metallverlust für jeden laufenden Yard Schiene gelangen können, und indem man diese Ziffern durch die Anzahl der Millionen Tonnen, welche den durch die Schiene ausgehaltenen Verkehr darstellen, dividirt, erhält man das Maas für die Abnutzung, d. h. den Verlust für eine Million Tonnen. Für einen Verkehr von 40 bis 50 Millionen Tonnen ist der Totalverlust an Gewicht pro Yard im Allgemeinen zwischen 2 und 4 liv. = 1 bis 2 kg pro lfd. Meter und für jede Million Tonnen Verkehrslast. Nach der angewendeten Methode zur Bestimmung der verschiedenen Ursachen der Abnutzung schätzt Dudley auf Grund einer ausführlichen Darlegung den möglichen Irrthum auf weniger als $1\frac{1}{2}\%$, was auch mir mehr als wahrscheinlich erscheint.

Der Originalbericht enthält außer den oben erwähnten Profilen in natürlicher Größe eine Reihe Tabellen, auf denen für die 64 Schienen die einzelnen Resultate aller Versuche, denen das Metall unterworfen war, wiedergegeben sind. Eine letzte Tabelle faßt die Mittel der 12 Kategorien der Schienen zusammen, d. h. das Mittel jeder der 6 Kategorien der stark abgenutzten Schienen und der 6 Kategorien der wenig abgenutzten Schienen, und endlich die beiden allgemeinen Mittel der 32 stark verschlissenen und der 32 schwach verschlissenen Schienen.

Anstatt diese verschiedenen Tabellen in englischen Maassen wiederzugeben, beschränke ich mich hier auf die Zusammenstellung der nachstehenden Tabelle in Metermaß. Die erste Colonne giebt den Gewichtsverlust auf 1 lfd. Meter Schiene für eine Million Tonnen Verkehrslast. Die drei folgenden Columnen enthalten die Resultate der Versuche auf Zug, und zwar den Widerstand gegen Zerreißen, die Elasticitätsgrenze in Kilogramm für 1 qmm und die Verlängerung eines Stückes von 127 mm im Augenblick des Zerreißens. Die fünfte Colonne enthält in Kilogramm für 1 qmm die entwickelte Kraft beim Abscheeren, und die sechste in Millimeter das, was der Verfasser detrusion nennt, d. h. den Fortschritt des schneidenden Instrumentes in dem Augenblicke, wo das Stück nachzugeben beginnt. Dieser Versuch wurde mit einem cylindrischen Stück von $\frac{5}{8}$ Zoll (0,016 m) Durchmesser gemacht.

Ich nehme diese beiden Angaben auf, weil man danach bis zu einem gewissen Punkte die Härte des Metalls schätzen kann. Der Widerstand auf Abscheeren ist um so größer, und die Detrusion um so geringer, je härter der Stahl ist. Die Spalten, welche die Versuche auf Torsion und Biegung betreffen, habe ich weggelassen, weil sie weniger, als die genannten, in Bezug auf die Abnutzung der Schienen von Bedeutung sind. In den chemischen Analysen lasse ich die Phosphoreinheiten Dudleys fort und bringe an ihrer Stelle

die Summe der fremden Bestandtheile, endlich in einer letzten Spalte dieselben Summen nach Abzug des Kohlenstoffes. Man kann so den Grad der Reinheit des Stahls beurtheilen, welcher, wie wir sehen werden, eine ziemlich wichtige Rolle in der Frage bezüglich der Dauer der Schienen spielt. Endlich habe ich in der beigefügten Tabelle die 12 Kategorien der Schienen auf 8 vermindert, indem ich die Schienen in Curven auf horizontaler Strecke nicht von den Curvenschienen in Steigungen getrennt habe.

Zahl und Angabe des Ortes, wo die Schienen gelegen.	Verlust am Gewicht auf 1 m Schienenlänge in Gramm auf eine Million Tonnen Verkehr	Prüfung auf Zug			Prüfung auf Abscheeren		Chemische Zusammensetzung des Stahles, Bestandtheile auf 100 Theile Metall					
		Widerstandsfähigkeit pro qmm in kg <i>R</i>	Elasticitätsgrenze pro qmm in kg <i>L</i>	Verlängerung für 127 mm in Procent <i>a</i>	Kraft pro qmm Querschnitt	„Detrusion“ in mm	<i>C</i>	<i>Mn</i>	<i>Pb</i>	<i>Si</i>	Zusammen	Sal. nach Abzug des Kohlenstoffes
Mittel von 8 wenig abgenutzten Schienen aus der horizontalen und geraden Linie	8,70	50,9	25,7	17,5	40,0	2,36	0,282	0,455	0,104	0,056	0,897	0,615
Mittel von 8 stark abgenutzten Schienen aus der horizontalen und geraden Linie	29,75	56,1	26,7	14,5	44,7	2,31	0,381	0,675	0,115	0,046	1,217	0,826
Mittel von 8 wenig abgenutzten Schienen aus der geraden Linie in der Steigung	27,00	55,9	26,4	19,6	40,0	2,44	0,324	0,562	0,076	0,102	1,064	0,740
Mittel von 8 stark abgenutzten Schienen aus der geraden Linie in der Steigung	43,95	57,1	25,7	15,6	43,2	2,03	0,379	0,669	0,095	0,051	1,195	0,816
Mittel von 8 wenig abgenutzten Schienen aus Curven, innere Schienen	20,97	50,3	23,3	19,7	39,2	2,40	0,337	0,432	0,060	0,036	0,865	0,528
Mittel von 8 stark abgenutzten Schienen aus Curven, innere Schienen	44,10	55,8	27,6	12,1	43,6	2,14	0,416	0,615	0,120	0,036	1,197	0,771
Mittel von 8 wenig abgenutzten Schienen aus Curven, äußere Schienen*)	44,60	54,0	25,7	11,7	42,5	2,29	0,391	0,516	0,066	0,046	1,019	0,628
Mittel von 8 stark abgenutzten Schienen aus Curven, äußere Schienen	88,65	56,4	27,1	14,7	43,3	2,24	0,386	0,630	0,092	0,054	1,162	0,776
Allgemeines Mittel der 32 wenig abgenutzten Schienen	25,30	52,8	25,3	17,1	41,1	2,37	0,334	0,491	0,077	0,060	0,962	0,628
Allgemeines Mittel der 32 stark abgenutzten Schienen	51,40	56,3	26,8	14,2	43,5	2,17	0,390	0,647	0,106	0,047	1,190	0,800

*) Der Stahl einiger von diesen Schienen zeigte eine außerordentlich geringe Verlängerung.

Wenn man mit einiger Aufmerksamkeit die Zahlen der vorstehenden Tabelle betrachtet, so wird man erkennen, daß bei allen Kategorien ohne Ausnahme die Schienen aus reinem und weichem Stahl das wenigste Metall unter dem Verkehr der darübergehenden Züge verloren haben. Vergleicht man beispielsweise die beiden ersten Zahlenreihen, welche sich auf Schienen in den horizontalen und geraden Strecken beziehen, so findet man, daß die Abnutzung der harten Schienen mehr als dreimal so stark ist, als die Abnutzung der weichen Schienen; die Abnutzung der weichen Schienen ist 8,70 g und die der harten 29,75 g. Die größere Härte dieser letzteren ist durch eine um 5,2 kg pro qmm größere Widerstandsfähigkeit beim Bruch angezeigt, das ist ein Zehntel der Festigkeit der weichen Schienen, die Verlängerung ist geringer in dem Verhältniß $\frac{14,5}{17,5}$, der Widerstand auf Abscheeren um 4,7 kg pro qmm größer. Man findet außerdem eine höhere Elasticitätsgrenze, ein Vorhandensein von Kohlenstoff von 0,381 gegen 0,282 ‰, und eine Gesamtmenge fremder Bestandtheile außer dem Kohlenstoff von 0,826 ‰ gegen 0,615 ‰.

Die absolute Abnutzung ist in den Steigungen stärker, als in den Horizontalen, wie dies erwartet werden konnte.

In Bezug auf den Unterschied der Abnutzung zwischen den beiden Arten Schienen in den Steigungen erkennt man auch das Uebergewicht der weichen Schienen, nur ist die Differenz hier geringer; aber auch die Analyse und die mechanischen Versuche zeigen einen geringeren Abstand zwischen dem weichen und harten Stahl. Die weicheren enthalten 0,324 Kohlenstoff gegen 0,379, und die Summe der übrigen fremden Bestandtheile ist 0,740 gegen 0,816 ‰.

Der Unterschied ist wieder größer in den Curven. Die Abnutzung der harten Schienen ist doppelt so groß wie die der weicheren, und wenn man besonders die Schienen des inneren Stranges betrachtet, so sieht man, daß die Abnutzung wesentlich mit der Härte der Schienen wächst; die Belastungen für den Bruch und die Abscheerung der harten Schienen sind 55,8 kg und 43,6 kg, und die der weichen Schienen 50,3 und 39,2 kg, andererseits der Kohlenstoffgehalt und der Gehalt an fremden Bestandtheilen 0,416 ‰ und 0,771 ‰ gegen 0,337 und 0,528 ‰. Dahingegen ist der Abstand der Härte in den überhöhten Schienen der

Curven gleich Null, wenigstens wenn man sie nach dem Kohlenstoffgehalt bemisst. Indessen ist die Anomalie theilweise ausgeglichen durch die fremden Bestandtheile, welche 0,776 %₀, beziehungsweise 0,628 %₀ erreichen. Es dürfte übrigens nicht zu verwundern sein, wenn die äußeren Schienen der Curven sich nicht wie die anderen verhalten, weil dort, wie man aus den Profilen der abgenutzten Schienen ersehen kann, hauptsächlich die innere Seitenfläche durch den Spurring unter dem Einfluß der Centrifugalkraft abgenutzt wird.

Vergleicht man somit die Gesammtheit der 32 harten Schienen mit den 32 weichen Schienen, so findet man, daß die Abnutzung der ersteren fast die doppelte ist: 51,40 g gegen 25,30 g, und daß der Unterschied der Härte gekennzeichnet ist durch einen Ueberschuß von 3,5 kg für den Bruch und von 2,4 kg für die Abscheerung, durch einen Unterschied in der Verlängerung von 14,2 %₀ gegen 17,1 %₀ und in der chemischen Analyse durch einen Gehalt an Kohlenstoff und anderer fremder Bestandtheile von 0,390 und 0,800 gegen 0,334 und 0,628 %₀. Diese Unterschiede wären noch bedeutender, wenn man aus dem Gesamtmittel die überhöhten Schienen in den Curven fortließ, weil sie, wie ich soeben erwähnt, einer Abnutzung besonderer Art unterworfen sind.

Aus diesen Resultaten scheint mir mit ziemlicher Bestimmtheit die Unhaltbarkeit der bis jetzt geltenden Theorie hervorzugehen, nach welcher angenommen wird, daß die Schienen sich um so weniger abnutzen, je härter sie sind. Jedenfalls würde ich, wenn man einwenden wollte, daß die Zahl der geprüften Schienen eine zu beschränkte sei, um einen allgemeinen Schluß zu gestatten, daran erinnern, daß nicht nur die beiden Berichte Dudleys über die 25 und 64 Schienen übereinstimmende Resultate gegeben haben, sondern auch diese Resultate mit den früher durch die Ingenieure J. T. Smith und Price Williams in England angestellten Beobachtungen übereinstimmen. Die alte Theorie kann somit nicht mehr zugelassen werden, wenn nicht ganz bestimmte entgegengesetzte Versuchsergebnisse vorliegen. Auch in Amerika selbst scheint in der Discussion, welche sich über die Berichte Dudleys erhob, der Hauptschluß die Zustimmung der meisten der auf dem Meeting zu Philadelphia anwesenden Ingenieure gefunden zu haben. Das, was mit Recht besonders von den Schienenfabrikanten getadelt wurde, ist der Anspruch, den Stahl für die Schienen in eine zu enge chemische Formel einzwängen zu wollen, und sich nicht mit einfachen mechanischen Proben zu begnügen. Dudley beschließt seinen Bericht mit der Folgerung: daß es sehr rathsam erscheine, in den Bedingnißheften für die chemische Zusammensetzung der Schienen das in der Tabelle angegebene Mittel der 32 guten Schienen vorzuschreiben, daß man jedoch auch weiter gehen und die allgemeinere Formel des ersten Berichtes zulassen könne, also:

Kohlenstoff	0,25 bis 0,35 % ₀ oder thunlichst 0,30 % ₀
Mangan	0,40 - 0,30 - - - 0,35 -
Phosphor	0,10 % ₀
Kieselsäure	0,04 % ₀
Schwefel und Kupfer ohne Vorschrift.	

Diese Berichte Dudleys erfuhren viele Anfechtungen. So verurtheilte Ingenieur Hunt, Director des Werkes zu Troy, die Formel Dudleys. Er erklärte, daß die meisten seit 18 Monaten gefertigten Schienen wenigstens 0,35 %₀

Kohlenstoff und fast 1 %₀ Mangan enthielten, daß ihr Widerstand gegen Abnutzung zwar noch nicht bekannt sei, daß aber jedenfalls die harten Metalle nicht so blasig seien und sich besser als weicher Stahl walzen ließen. Er weist auf sehr widerstandsfähige Schienen hin, die in Troy gemacht sind und folgende Bestandtheile enthalten:

Kohlenstoff	0,40 % ₀
Mangan	0,85 bis 0,95 % ₀
Phosphor	0,08 - 0,085 -
Kieselsäure	0,05 - 0,60 -

Ingenieur Cloud von der Reparaturwerkstatt der Pennsylvania-Eisenbahn meint, daß die Abnutzung ebenso gut und vielleicht noch besser an den Bandagen der Triebäder als an den Schienen beobachtet werden könne. Er habe nämlich bei der Rückkunft der Bandagen in die Werkstatt mehrmals einen Unterschied von 2,5 bis 3 cm an den Durchmessern der beiden zu einer Achse gehörigen Räder gefunden, und zwar sei stets die härtere Bandage am meisten abgenutzt gewesen. Diese Unterschiede finden sich selten, fügt er hinzu, weil im Allgemeinen die Fabrikanten auf dieselbe Achse Bandagen von gleicher Festigkeit bringen; aber es kommen Ausnahmen vor, und man kann dann die Thatsache der ungleichen Abnutzung feststellen, die stets in der oben angegebenen Weise sich vollzieht.

Im Allgemeinen hat niemand die Folgerung, daß weiche Schienen sich weniger abnutzen, als harte, ernstlich in Frage gestellt, aber alle erheben sich gegen den Anspruch, die chemische Zusammensetzung der Schienen in den Bedingnißheften angeben zu wollen. Es muß einem Jeden sein Geschäft überlassen bleiben: dem Fabrikanten die Wahl der Grundstoffe und die Fabrikationsweise, dem Käufer die Festsetzung derjenigen mechanischen Eigenschaften, welche er für Schienen, Achsen und Bandagen als gut erachtet. Es läuft dies immer wieder auf die Frage hinaus, welches der für die Dauer der Schienen günstigste Grad der Weichheit oder Härte ist. Man kann hierbei natürlich nicht an einen ganz außerordentlich weichen Stahl oder an Eisen oder ein Metall denken, welches für Dampfkessel wohl geeignet ist. Es würde seine Form unter dem Druck verändern und würde nicht genügend steif sein. Nothwendig ist ein widerstandsfähigeres und härteres Metall. Wenn es sich nur um reinen Stahl handelte, also Tiegelstahl, der nur Kohlenstoff enthält, so könnte man ohne Zweifel ziemlich hartes Material anwenden, weil dann die Härte jedenfalls mit Dauerhaftigkeit gepaart ist; aber da es sich um gemeinen Stahl handelt, der mehr oder weniger durch fremde Stoffe verunreinigt ist, so bedingt die Härte stets einen gewissen Grad von Sprödigkeit und Zerbrechlichkeit, der nicht nur die Brüche begünstigt, sondern auch, wie wir gesehen haben, den Verschleiß der Schienen. Im Grunde genommen ist also nicht die Härte in des Wortes eigentlicher Bedeutung zu fürchten, als vielmehr diejenige Härte, welche durch die Unreinheit bewirkt wird. Je mehr fremde Stoffe ein Metall enthält, um so schneller nutzt es sich ab. Es ist somit nothwendig, daß der Schienenstahl außer dem Kohlenstoff nicht mehr fremde Bestandtheile enthält, als unbedingt nothwendig ist, um ihm einen gewissen Grad von Steifigkeit ohne Zerbrechlichkeit zu verleihen. Diese Grenzmenge wechselt mit dem Gehalt an Kohlenstoff. Je mehr Kohlenstoff der Stahl enthält, um so weniger verträgt er

fremde Elemente, ohne spröde zu werden. Diesen Satz hat Terre-Noire für den Phosphor, Mazek für die Kieselsäure bewiesen, und dies gilt auch für das Mangan, obgleich sein zerstörender Einfluß nicht so ausgeprägt ist und dasselbe sogar bis zu einem gewissen Punkte, bei wenig Kohlenstoffgehalt, die vom Phosphor und der Kieselsäure herkommenden Fehler wieder gut machen kann. Aus diesem Grunde wird man nicht ein bestimmtes Minimum für die Menge der fremden Bestandtheile festsetzen können.

Trotzdem geht aus den Untersuchungen Dudleys hervor, daß jedenfalls der Stahl für die Schienen weich genug sein muß, um bei einem Zuge von 50 kg pro qmm bei einer Verlängerung von 16 bis 20 % zu reißen, und man sieht, daß in diesem Falle bei einem Gehalt von 0,30 % Kohlenstoff und 0,10 % Phosphor die Summe sämtlicher fremden Bestandtheile 0,60 % nicht überschreiten darf. Aber sollte es nicht vortheilhaft sein, sich noch weicheren und reineren Schienen zuzuwenden? Wenn auch niemand bei der augenblicklichen Kenntniß der Dinge hierüber Bestimmtes anzugeben im Stande sein wird, so scheint eine Bejahung jener Frage doch nahe zu liegen, da keine der Schienen von 50 kg Festigkeit sich unter der Last der Züge in der Form verändert und zu der Vermuthung Anlaß gegeben hat, ihre Steifigkeit habe nicht genügt. Es würden aber die weicheren Schienen vermuthlich theurer sein; man könnte nur die besten Erze verwenden, und die Herstellung wäre schwieriger. Man kann deshalb für den Augenblick diese Grenze als wenig entfernt von derjenigen erachten, deren Festhaltung sich für die Praxis empfiehlt. Jedenfalls erkennt man, daß nicht nur die französischen Schienen, deren Haltbarkeit meistens zwischen 60 und 70 kg angenommen wird, sondern auch die deutschen und österreichischen Schienen, deren Zugfestigkeit im Allgemeinen zwischen 55 und 60 kg liegt, härter sind, als diejenigen, welche nach den Untersuchungen Dudleys am besten der Abnutzung widerstehen.

Zur Erklärung der von den bisherigen Anschauungen abweichenden Theorie, daß eine weiche Schiene mehr Widerstand gegen Verschleiß leistet als eine harte, kann man annehmen, daß die Flächen der Schienen wie auch der Radbandagen nicht vollständig eben und glatt, sondern mit unendlich kleinen Zählern besetzt sind, welche um so leichter abbrechen müssen, je unreiner die Masse ist. Hierin könnte eine Ursache für die besseren Dienste des weichen Stahles liegen, aber es ist sicherlich nicht die einzige, ja meines Erachtens nicht einmal die hauptsächlichste. Eine wirkungsvollere Ursache der Abnutzung ist der Rost, und zwar ist diese Oxydation um so energischer, je unreiner der Stahl ist, namentlich je mehr Mangan er enthält, welches leichter oxydirt als Eisen.

Was die Unreinheit der Metalle überhaupt betrifft, so haben die Untersuchungen des geschickten Constructeurs Adamson aus Manchester behufs Feststellung des Widerstandes verschiedener Eisen- und Stahlsorten gegen die zerfressende Wirkung des Meerwassers klar bewiesen, daß Eisen und Stahl um so leichter oxydiren, je unreiner sie sind.

Adamson legte eine Reihe Eisen- und Stahlplatten von gleichem Gewicht und gleicher Oberfläche, nachdem sie vorher sorgfältig von allem Oxyd gereinigt worden waren, in Wasser, welches 1 % concentrirte Schwefelsäure enthielt. Diese Platten wurden 17 Tage lang in dem gesäuerten

Wasser gelassen, aber alle 24 Stunden wieder gewogen, um den Fortgang der Zerstörung festzustellen. In der That beweisen diese Versuche, daß ein Metall um so weniger angegriffen wird, je härter es ist; und wenn bei diesen Untersuchungen auch die Oxydation durch die Säure unterstützt wurde, so ist doch klar, daß die Bedingungen hier nicht wesentlich andere waren, als wenn sich das Metall in der Luft befindet, wobei der Wassergehalt und die Kohlenensäure ähnlich auf das Eisen wirken müssen, wie das leicht gesäuerte Wasser.

Ich begnüge mich, im Folgenden die hervorragendsten Resultate wiederzugeben.

Das gewöhnliche beim Puddelprozeß gewonnene Eisen, enthaltend 1,20 % fremder Bestandtheile und zwar hauptsächlich Phosphor und Schlacke, verlor in 17 Tagen von seinem ursprünglichen Gewicht 79,30 %
 das Kesselblech aus gutem Schweifeseisen des Werkes Tudhoë 46,40 -
 das Eisenblech aus bestem Schweifeseisen (bestbest) desselben Werkes 34,70 -
 Bessemer-Stahl, mittelhart,*). 13,30 -
 weicher Bessemer-Stahl**). 4,80 -
 Endlich verlor das reine geschmolzene Eisen, welches nur 0,040 % Phosphor mit Spuren von Kohlenstoff, Mangan, Kieselsäure und Schwefel enthielt, weniger noch als der weiche Bessemer Stahl.

Der Einfluß der Unreinheiten und im besonderen des Mangans ist klar. Geht aber daraus nicht zugleich hervor, daß die Schienen auch um so weniger oxydiren werden, je reiner, d. h. je weicher sie sind, und muß man nicht weiter daraus schließen, daß, wenn die weichen oder besser die reinen Schienen sich weniger abnutzen als die harten unreinen Schienen, dies in dem stärkeren, zersetzenden Einfluß der feuchten Luft auf das verunreinigte Stahl seine Ursache findet? Jedenfalls ist ein zu starker Gehalt an Mangan in den Schienen zu vermeiden, entgegengesetzt dem, was jetzt in den meisten Werken geschieht.

Den bösen Einfluß der Feuchtigkeit beweist die folgende Thatsache, von Herrn Talabot mitgetheilt: In dem langen Tunnel der Nerthe in der Nähe von Marseille, wo das Geleis gerade und horizontal liegt, haben die Gußstahlschienen nur eine Dauer von 7 bis 8 Jahren, während sie die doppelte Zeit außerhalb aushalten, wo die trockene Luft der Provence sie bestreicht. Der Einfluß des Rostes ist hier offenbar, und man müßte hier nur Schienen aus weichem und reinem Stahl verwenden. Es ist klar, daß in der im Tunnel herrschenden Luft die Kohlenensäure des Rauches theilweise durch das Wasser absorbirt wird, wodurch dann die zerstörende Wirkung des Wassers sich steigert. —

*) Der mittelharte Bessemer Stahl enthielt:
 Kohlenstoff 0,330 %
 Mangan 1,008 -
 Kieselsäure 0,065 -
 Phosphor 0,075 -
 Schwefel 0,022 -
 zusammen 1,500 %

***) Der weiche Bessemer Stahl enthielt:
 Kohlenstoff 0,115 %
 Mangan 0,504 -
 Kieselsäure 0,055 -
 Phosphorsäure 0,037 -
 Schwefel 0,028 -
 zusammen 0,739 %

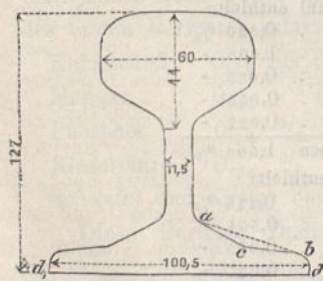
Was nun den anderen Theil der Frage, den Einfluß der relativen Stärke der einzelnen Theile der Eisenbahnschienen auf die Dauer der letzteren anbetrifft, so wird es sich darum handeln, zu untersuchen, ob die Natur des Metalls nicht mit dem angenommenen Profil wechseln muß.

Der Stahl verhält sich beim Walzen anders, als das weiche Eisen. Dieses ist nicht dem Erhärten ausgesetzt, wenn es ein wenig abgekühlt gewalzt wird, während der Stahl, bei der Berührung der Walzen geschreckt, sich um so leichter härtet, je dünner das Stück ist. Hiernach wird es klar, daß die Ränder des Fusses mehr dem Erhärten ausgesetzt sind, als der Kopf.

Die Profile der Vignoleschiene wurden zunächst mit Bezug auf weiches Eisen erdacht. Man hat mit Recht angenommen, daß bei gleichem Gewicht es sich empfiehlt, den Kopf stärker zu machen als den Fuß, und hat daher die Kanten des Fusses bis auf 6 und 5 mm geschwächt. Diese geringe Stärke bot schon eine gewisse Schwierigkeit beim Walzen des Schweisseisens. Der kalt gewordene Rand bekam leicht Risse, aber es war doch das Metall nicht geschreckt. Anders verhält es sich mit dem Stahl. Wenn die Walzen gut eingerichtet sind und das Metall gut ist, so giebt es keine Risse, aber die Kanten des Fusses werden geschreckt. Das Metall ist dann zum Schaden der Festigkeit in einer sehr ungleichen Spannung der Moleküle; ein schwacher Schlag und jedenfalls der geringste Einschnitt, oder die kleinste Verletzung des Randes genügt meistens, um durch einen demnächstigen Stoß oder Fall der Schiene den sofortigen Bruch herbeizuführen. Man erkennt dann aus der Farbe und der Feinheit des Kornes, daß wirklich das Metall längs des dünnen Randes des Fusses geschreckt ist. Man muß somit den Stahl entweder weniger hart machen oder die Kante des Fusses verstärken. Es folgt hieraus, daß ein Stahl, der für Schienen mit doppeltem Kopf geeignet ist, für Vignoleschienen zu hart sein kann.

Uebrigens wachsen naturgemäß die Schwierigkeiten mit der Härte des Stahls. Das Metall wird in Folge derselben bei erhöhter Temperatur brüchig und seine Fügsamkeit vermindert sich, wie die Härte sich steigert. Es muß also bei einer geringeren Temperatur gewalzt werden, während es andererseits nothwendig ist, das Packet durch eine größere Zahl Walzen gehen zu lassen, bevor es zur Schlußwalze gelangt, was wiederum aber eine neue Ursache zur Abkühlung wird.

Es giebt noch einen zweiten Punkt, welcher die Zerbrechlichkeit der Schienen mit flachem Fuß begünstigt und mir eine sofortige Abänderung zu fordern scheint. Um die Laschen besser anlegen zu können, geben die meisten Eisenbahngesellschaften Frankreichs dem Fuße ein Profil mit doppelter Neigung. Der dem Steg zunächst liegende Theil



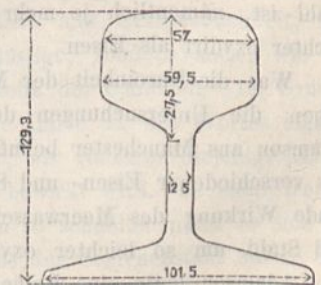
macht einen größeren Winkel mit demselben, als der nach dem dünnen Rande des Fusses zu liegende Theil. Es bildet sich so zu beiden Seiten des Steges eine Art Furche oder Längsrinne und in Folge dessen ein wenig allmäliger Uebergang von dem dickeren, nicht geschreckten Theile zu dem, welcher eine plötz-

liche Abkühlung erfahren hat. Dies ist jedenfalls eine Ursache zur Schwächung und zum Bruch. Anstatt eines einspringenden Winkels müßte der Uebergang nach und nach in Form einer Curve stattfinden, oder noch besser, man müßte, wie in Amerika, mit einer einzigen Neigung herabgehen, so daß die fragliche Rille ganz vermieden wird. In dem vorstehenden Profil müßte man die gerade Linie *ab* annehmen, statt der gebrochenen Linie *acb*.

Es wäre weiter nothwendig, daß bei dem Uebergange aus der Linie *ab* zu der senkrechten Kante die Dicke des Fusses bei den 32 bis 38 kg schweren Schienen nicht unter 8 bis 10 mm betrüge. Endlich bietet ein zu dünner Fuß noch einen anderen Mißstand, welcher erwähnt zu werden verdient. Das Walzen eines Stückes mit so complicirtem Profil, wie es die Schienen zeigen, erfordert eine Berechnung des Walzenprofils in der Weise, daß eine transversale Lostrennung zwischen Kopf, Steg und Fuß möglichst vermieden werde, und dieses richtige Verhältniß ist um so nothwendiger, je stahlähnlicher das Metall ist, d. h. je weniger es fähig ist, im Moment der Walzung von einem Theile des Profils zum anderen überzufließen. Die Walzung erfordert also, daß die Breite des Fusses nach und nach vermindert werde. Wird demgemäß von einer ursprünglichen Breite von 16 cm zu der endgültigen Breite von 10 cm übergegangen, so wird das Metall der Kante allmähig zur Mitte hingeschoben. So lange der Stahl noch weich ist, geht dies ohne Schwierigkeiten; aber wenn in Folge der Härte des Metalls etwas kalt gewalzt werden muß, so sind die dünnen Ränder des Fusses bereits gehärtet, wenn das benachbarte Metall des Steges noch weich ist. Es werden dann Theile des Randes in Form von festen Körnchen in die mittlere halbflüssige Masse eingebettet, und dieser Vorgang wird ganz besonders bei dem Profil *acb* eintreten. Man kann diese Thatsache sehr wohl erkennen, wenn man die untere Fläche des Schienenfußes betrachtet. Es sind nämlich oft unter der Schiene zwei leichte Vertiefungen zu bemerken, entsprechend der oberen Rille, und wenn man die Schiene zerbricht, so kann man auch den ziemlich schroffen Uebergang von der geschreckten Zone zu der nicht geschreckten erkennen. Es giebt dort offenbar eine sehr ungleiche Molekularspannung, aus der sich der Bruch in Folge eines mäßigen Stoßes erklären läßt. Man wird diese Gefahr sicherlich vermeiden durch Verstärkung der Kante des Fusses, durch Beseitigung der oberen gebrochenen Linie und besonders auch dadurch, daß man nicht einen allzu harten Stahl vorschreibt.

Ohne auf eine weitere Kritik der Schienenprofile einzugehen, will ich nur erwähnen, daß man in Amerika, in Folge der Beobachtungen der Formveränderung des Schienenkopfes unter dem Einfluß des Spurkranzes der Räder, den verticalen Theil der Seitenflächen des Kopfes durch eine schräge Begrenzung, wie beistehend angegeben, ersetzt hat.

Wenden wir uns nun zum Schluß der vorhergehenden Betrachtung über die Abnutzung und die Dauer der



Schienen, so möchte folgendes Resultat daraus zu ziehen sein:

1) Die Schienen aus weichem Stahl von höchstens 50 kg Zugfestigkeit nutzen sich weniger ab und dauern länger, als die Schienen aus hartem Stahl, wie sie in Frankreich üblich sind.

2) Die schnellere Abnutzung der Schienen aus hartem Stahl liegt hauptsächlich in der größeren Oxydirbarkeit des Eisens, wenn es mit Stoffen, wie Mangan, Kieselsäure und Phosphor vermischt ist. In dieser und anderen Beziehungen ist dem reinen Stahl stets der Vorzug zu geben.

3) Der Stahl für Schienen mit doppeltem Kopf kann ohne Gefahr härter sein, als der für Schienen mit flachem Fuß; man muß aber niemals die sonderbare Bedingung aufstellen, daß Schienen bei einer gewissen Fallhöhe brechen müssen, denn diese Bedingung begreift stets eine größere Unreinheit in sich.

4) Um die relative Brüchigkeit der Vignoleschienen zu vermeiden, dürfen die Kanten des Fußes nicht zu dünn

sein, jedenfalls nicht unter 8 bis 10 mm, und die obere Fläche des Fußes darf nicht eine doppelte Längsrille bilden. Es muß mit einem Worte alles vermieden werden, was die plötzliche Abkühlung der dünnen Theile der Schiene während des Walzens begünstigt.

5) Es wäre wünschenswerth, wenn sich die Eisenbahngesellschaften über eine kleine Anzahl Schienenprofile verständigten, und daß, sofern noch Zweifel über die Richtigkeit vorstehender Schlüsse vorhanden wären, eine aus Ingenieuren und Chemikern bestehende Commission gewählt würde, um diese Fragen noch weiter zu studiren und unter Zuziehung der Werke zu prüfen. Letztere müßten veranlaßt werden, eine Reihe Schienen desselben Profils, aber verschiedener Härte und Festigkeit anzufertigen. Diese verschiedenen Schienen müßten dann in sehr frequente Geleise eingelegt werden und würden gestatten, auf Grund der gemachten Erfahrungen die oben behandelte Frage zum Abschlusse zu bringen.

Mittelalterliche Dorfkirchen im Herzogthum Braunschweig.

(Mit Zeichnungen auf Blatt 30 und 30a im Atlas.)

(Schluß.)

Einen anderen Charakter als die früher besprochenen Kirchen besitzt die Dorfkirche zu Vorwohle, welche mehr die Gestalt der in dem Okerkreise befindlichen Kirchen hat; besonders auffällig ist der rechteckige Thurm und die kreisrunde Apside. Der Ort Vorwohle („vor dem Walde“) verdankt seine Entstehung dem daselbst einst vorhandenen Nonnenkloster Koly, so daß die Kirche einen Theil dieses Klosters ausgemacht haben wird. Interessant ist das diesmal reichere Eingangsportal; die Oeffnung war ehemals mit einer stark beschlagenen Thür und diese mit einem Schloß versehen, welches in primitivster Weise aus einem ausgehöhlten Holzstück bestand. Auch das Thurmdach mit den halb offenen Giebeln, bei welchen man an die Firstöffnung der Giebel sächsischer Bauernhäuser erinnert wird, ist beachtenswerth.

Die bedeutendste Dorfkirche des Okerkreises ist jedenfalls die bereits mehrfach publicirte Kirche zu Melverode, einem zwischen Braunschweig und Wolfenbüttel belegenen Dorfe. Die Kirche ist von einem Grafen Bruno, Nachkommen des Gründers von Braunschweig („Brunonis vicus“) gestiftet und sichtlich ein Bau aus der Mitte des 12. Jahrhunderts; sie bildet eine kleine dreischiffige Pfeilerbasilika mit romanischen Kreuzgewölben; dem quadratischen Chor ist eine kreisrunde Apsis vorgelegt. Nebenapsiden liegen in den östlichen Mauern der Seitenschiffe. Der Thurm hat die für Dorfkirchen im Okerkreise charakteristische Gestalt, ist viereckig und mit einem Satteldache versehen, dessen Giebel, im Gegensatze zu den Thürmen der Dorfkirchen des Weserkreises, an der Nord- und Südseite sich befinden; die östliche Thurmmauer ruht auf den ersten beiden Pfeilern des Kirchenschiffes. Für das angegebene Alter der Kirche sprechen die Profile der Sockel und Kämpfer der Pfeiler, die attische Basis der Säulen ohne Eckblätter und die an den Chormauern vor einiger Zeit aufgefundenen Wandmalereien.

Nur wenige Jahre jünger als die Kirche zu Melverode ist die kleine ebenfalls in unmittelbarer Nähe vor Braunschweig belegene Capelle zu St. Leonhard, ein Bau aus dem Ende des 12. Jahrhunderts; sie diente einem im Anfange des 13. Jahrhunderts für arme Aussätzige gegründeten, dem Patron St. Leonhard geweihten Hospitale. Das Schiff besteht aus zwei Jochen, welche mit romanischen Kreuzgewölben ohne Quergurte überdeckt sind; der gewölbte Chor ist quadratisch und mit runder, früher bemalter Apsis geschlossen.

Ebenfalls mit einer runden Apsis schließt der Chor der Kirche zu Lehre. Dem Chore sind hier zwei Schiffe, welche nach Westen breiter werden, vorgelegt; der Thurm hat die Breite des ersten Schiffes, und die Seiten desselben stehen im Verhältniß von 1 : 2. Das untere Thurmgewölbe stand mit dem Kirchenschiffe durch zwei in Rundbögen über der Kämpferschmiege geschlossenen Oeffnungen in Verbindung; eine ähnliche Oeffnung über diesen beiden läßt auf eine vorhanden gewesene Empore an der Westseite schließen. Jedes Geschofs ist mit Schiefsscharten versehen; das obere Thurmgewölbe hat nach allen Seiten weite, mit dem Rundbogen geschlossene und mit starker Wasserschräge versehene Fenster, sowohl zur Aussicht, als zur Vertheidigung eingerichtet. Ueber dem massiven Thurme erhebt sich ein hölzerner mit Ziegeln gedeckter Zwillingsturm mit Brücke und Glockenhäuschen. Die Architekturtheile bestehen entweder aus einer flachen Hohlkehle oder steilen Schmiege. Dem südlichen Eingange ist eine kleine Vorhalle, ein Paradies von entschieden gothischem Charakter, vorgelegt, an welcher verschiedene Steinmetzzeichen sichtbar sind. Die interessante kleine Kirche ist mehrfach umgebaut und erweitert worden. Die älteren Theile derselben können recht gut einem Bau des 12. Jahrhunderts angehören. Bereits im 9. Jahrhundert wird Lehre, als Leri, an der Scuntera

in gagino Derlingo gelegen, erwähnt. Der Ort bildete den Mittelpunkt einer Gaugrafschaft und war schon 888 ein Besitzthum der Brunonen.

Was endlich die Technik der skizzirten Dorfkirchen anbetrifft, so sind die älteren derselben aus Findlingen mit Kalkmörtel, diejenigen aus späterer Zeit aus behauenen und in regelrechten Verband gelegten Feld- und Bruchsteinen aufgeführt. Der Mörtel ist durchweg von einer ausgezeichneten Beschaffenheit, und da die starken Mauern gewöhnlich nur aus kleinen Steinen hergerichtet sind, so hat man

einen vollständigen Betonguß gebildet, welchem Umstände die gute Erhaltung dieses Mauerwerks zuzuschreiben sein wird. Einige Kirchen zeigen noch die alte Technik der eingeritzten Quaderfugen, z. B. die Kirche in Lehre, die Capelle in St. Leonhard u. a. Während die Weserkirchen durchweg aus rothem Wesersandstein hergestellt sind, zeigen die Kirchen des Okerkreises Kalkstein aus der Nähe von Braunschweig (Roggenstein) oder vom Elme.

Pfeifer.

Die Stoa König Attalos des Zweiten zu Athen.

(Mit Zeichnungen auf Blatt 52 und 53 im Atlas.)

Meine Beschäftigung mit den Denkmälern Pergamon's während des Winters 1879/80 bewog mich, als ich im December 1880 Gelegenheit fand, Athen wieder zu berühren, auch der Anlage eine speciellere Aufmerksamkeit zu widmen, welche einer jener kleinasiatischen Dynasten, Attalos der Zweite, daselbst gestiftet hatte. Es lag nahe, solches an der Hand der bis jetzt vollkommensten Publikation dieses Baues zu thun, und zwar derjenigen, welche F. Adler in der Zeitschrift für Bauwesen 1875 S. 17 ff. (in knapper Form bereits im Berliner Winkelmannsprogramm 1874 ¹⁾) veröffentlicht hatte. Einerseits war aber durch den inzwischen erfolgten Abbruch eines modernen Hauses an dem Nordende — eben dessen, welches die photographische Ansicht von des Granges in der gedachten Publikation dort noch zeigt — Gelegenheit zu weiteren Aufschlüssen über die Planbildung an jener Stelle gegeben worden, andererseits stiegen mir auch einige Bedenken gegen die von Adler versuchte Restauration bezüglich der mehrfachen Stützenstellung und der darauf basirten Querschnittsconstruction auf. Das Resultat meiner Beobachtungen war aber zunächst nur ein negatives, da ich für eine Specialuntersuchung nicht die genügende Zeit hatte, indem mich meine Aufträge schleunigst nach Pergamon führten.

Als wir aber dort im Laufe des Winters 1880/81 eine Anlage aufdeckten, ²⁾ die, obwohl noch gründlicher zerstört als der Athenische Bau, doch nach sorgfältiger Prüfung aller zerstreuten Trümmer in Anlage und Formgebung die größte Verwandtschaft mit jener Stiftung Attalos des Zweiten zeigte, ja als es sogar zu hoher Wahrscheinlichkeit wurde, daß auch hier derselbe Attalos der Erbauer gewesen, da erschien es mir unabweisbar, auch dieser Zwillingsanlage in Athen ein eingehenderes vergleichendes Studium zu widmen. Ich benutzte dazu nach meiner Rückkehr aus Pergamon einen mehrwöchentlichen Aufenthalt in Athen im Sommer 1881. Wenn ich in Nachstehendem die Resultate vorlege, so verhehle ich mir keineswegs, daß gegenwärtig eine Arbeit über dieses Denkmal eine abschließende nicht sein kann. Dazu fehlt es vor Allem an der nöthigen Säuberung der Ruinenstätte und ihrer Umgebung; namentlich wird die Frage

nach der Gestaltung der beiden Schmalseiten, obwohl durch die letzten Abbruchsarbeiten gefördert, nicht eher eine Lösung finden können, als nicht das Nord- und Südende vollständig freigelegt ist. Was aber das System und den Querschnitt anbetrifft, so wird wesentlich Neues kaum zu erwarten sein. Da aber bei der Schwierigkeit der lokalen Verhältnisse eine weitere Ausgrabung noch in unbestimmte Entfernung gerückt ist, so glaubte ich mit meiner Arbeit dieserhalb nicht warten, sondern dieselbe schon jetzt als eine Ergänzung bezüglich Berichtigung der Publikation von F. Adler bieten zu müssen, um so mehr, als gerade gegenwärtig das hohe Interesse, welches die Denkmäler der hellenistischen Epoche nach jeder Richtung hin beanspruchen, und speciell die in Vorbereitung begriffene Publikation über Pergamon eine möglichst umfangreiche Mittheilung alles darauf bezüglichen Materials geradezu erfordert.

Ich habe aber in diesem Sinne in den Zeichnungen vor Allem nur das Thatsächliche gegeben, d. h. was noch in situ, so namentlich in dem Situationsplan, und mich auf Reconstructionen nur in so fern eingelassen, als solche wenigstens mit einiger Wahrscheinlichkeit für gesichert anzusehen sind, oder zum Verständniß des Ganzen nothwendig erschienen; Unsicheres dagegen, wie speciell die Ansichten der Schmalseiten, vorläufig bei Seite gelassen. Ferner werden die durchweg eingetragenen Maßse die Prüfung des Gegebenen erleichtern.

Der Bau ist, wie aus der später mitzutheilenden Wehinschrift hervorgeht, eine Stiftung Attalos des Zweiten, Königs von Pergamon, also aus der Zeit zwischen 159—138 v. Chr. Die Zeugnisse der Alten geben uns jedoch keinen Anhalt; nirgend außer bei Athenaeus ¹⁾ wird seiner Erwähnung gethan und auch hier nur allgemein als einer Anlage am Kerameikos. Mithin sind wir bei der Frage nach seiner ursprünglichen Gestaltung lediglich auf die technische Erforschung der vorhandenen Reste angewiesen. Wir wissen ebenso wenig, wie viel von dem Bau noch stand, als derselbe mit seiner langen hierzu besonders geeigneten Front in die Befestigungslinie hineingezogen wurde, welche von der Nordwestecke der Akropolis ausgehend direct auf die Halle zuläuft, an ihrem nördlichen Ende unter spitzem Winkel nach Südost umbiegt, um mit abermaliger südlicher Wendung am Ostfuß der Burg entlang, dann südlich um

¹⁾ Erstere dann noch in Separat-Ausgabe: Die Stoa des Königs Attalos II. zu Athen, mit 7 Tafeln und 3 Holzschnitten. 1875.

²⁾ R. Bohn, Der Tempel der Athena Polias in den Abh. d. K. Ak. der Wiss. 7. Juli 1881.

Die Ergebnisse der Ausgrabungen zu Pergamon 1880—1881. S. 35 f.

¹⁾ Athenaeus V. S. 212 f.

dieselbe herum bis zum Odeion des Herodes Attikus und endlich nördlich wieder zur Burg zurückzuführen. Man benutzte hierzu die Halle in der Art, daß man sämtliche Thüren zu den hinteren Gemächern verbaute, diese selbst dann mit Bauschutt anfüllte, so daß ein mächtiger Wall entstand. Die Vertheidigungsfähigkeit erhöhte man dadurch, daß man nach der Außenseite hin einige Thürme vorspringen ließ, von denen sich der eine, mittlere, fast vollständig, von einem nördlichen noch die Südwand erhalten hat. Diesem Umstande verdanken wir auch die Erhaltung der schmalen Südfront mit den anschließenden Stufenresten, indem auch dieser Theil in einen solchen Thurm hineingezogen war; denn im Uebrigen wurde, was etwa noch von der Stützenstellung gestanden, rasirt, ja sogar der Mauerwall indirect durch das Ausheben eines Grabens vor demselben erhöht. Dadurch nämlich läßt es sich nur erklären, daß jetzt so viele Bauwürmer, die einst zur Halle gehörten, tief unter dem antiken Planum, also in jenem Graben gefunden werden, da dieser später, als die Befestigung ihre Bedeutung verlor, wieder zugeworfen wurde.

Die Technik dieser Ringmauer aber, namentlich da, wo sie selbständig auftritt, zeigt eine gewisse naive Nachahmung der älteren Structur und zwar hier der hellenistischen Epoche. Es lag auch wohl nahe, das antike Material in derselben Lagerung, wie es einst benutzt, wieder zu verwenden. Hochkantige Schichten wechseln mit flachkantigen ab, Marmor mit Poros, glatte mit profilirten, je nach Bedürfnis zurecht gehauenen, Blöcken. Es ist eine ähnliche Structur, wie sie auch das von Beulé aufgedeckte Unterthor der Akropolis zeigt, und weist offenbar auf dieselbe Entstehungszeit hin. Und wie ich geneigt bin, jenes Thor und was damit zusammenhängt, in die Zeit des Justinian zu setzen aus technischen Gründen, welche ich in einer demnächst erscheinenden Specialarbeit über die Propyläen darzulegen versucht habe, so wird auch diese Anlage aus der gleichen Epoche stammen und nicht erst in die Zeit der burgundischen oder florentinischen Herzöge verwiesen, noch viel weniger aber in die Zeit des Valerian hinaufgerückt werden können.

Wie sehr aber diese Befestigung die antike Anlage so zu sagen verschlungen hatte, zeigt der Umstand, daß ihrer nirgends in den mittelalterlichen Berichten Erwähnung gethan wird, weder in den Tractaten des Wiener noch des Pariser Anonymos; auch Paul Babin in seinem Briefe schreibt nichts darüber. Erst später, als wohl ein Theil der Befestigung wieder in Trümmer gesunken war und sich darin ärmliche türkische Hütten eingestet hatten, beginnen die Berichte der englischen Reisenden uns die ersten Nachrichten zu geben.

Alles darauf Bezügliche ist aber bei F. Adler so vollständig zusammengestellt, daß ich mich wohl bescheiden kann, dasselbe zu wiederholen. Wir lernen daraus für die Reconstruction sehr wenig. Nur die Erwähnung eines Giebels ist von Wichtigkeit, dann aber namentlich die sehr sorgfältige Zeichnung von E. Dodwell;¹⁾ welche einen Blick auf die schmale Nordfront von Nordost her giebt. Deutlich zeigt sie den Giebel, aber auch ein mittleres Risalit, wel-

ches bis in das zweite Stockwerk hineinragt. Beides ist für die Gestaltung der Front von größter Wichtigkeit, wie wir sehen werden. Unerklärlich ist mir nur der pfeilerartige Aufsatz auf der Ecke; man möchte annehmen, daß derselbe aus einer späteren Zeit stamme, doch fragt man sich, wie kam derselbe dahin und welchem Zwecke diente er? Weniger Werth hat die andere Zeichnung von Dodwell,¹⁾ welche im Vordergrund rechts den mittleren Befestigungsthurm giebt, dahinter die Mauer des nördlichen Thurmes und darüber hinausschauend die Reste eines bis über die Mitte hinaus erhaltenen Giebels, den man aber wohl jener Nordfront zuschreiben darf.

Die moderne topographische Wissenschaft deutete die sparsamen Reste in verschiedenem Sinne, ohne das Richtige zu treffen. Klarheit brachten erst die in den Jahren 1859 bis 1861 seitens der archaeologischen Gesellschaft in Athen trotz der bedeutenden gerade an dieser Stelle sich darbietenden Schwierigkeiten begonnenen und mit Ausdauer durchgeführten Ausgrabungen. Die Resultate derselben wurden kurz hintereinander in den Programmen der Jahre 1861 und 1862 bekannt gemacht.²⁾ Sie ergaben, erstens den Umfang der Anlage, zweitens ihre Art und drittens den Namen des Stifters. Es war eine langgestreckte Halle an der Ostseite der Agora von rot. 112 m Länge bei 19,50 m Tiefe, welche der genannte Attalos gestiftet hatte.

Waren jene Mittheilungen, und was sich daran schloß wohl geeignet, als Ausgangspunkt für epigraphische, namentlich aber auch topographische Forschungen zu dienen, so blieb doch die architektonische Untersuchung des Denkmals lange aus, denn jene Publikationen beschränkten sich nur auf eine Skizze der Situation und des Grundrisses. Das Erste, was meines Wissens darüber erschien, war eine Abhandlung von Ussing,³⁾ welche durch einige erläuternde Skizzen, die sich auf die Front und den Querschnitt beziehen, eine geringe Ergänzung zu dem Vorhandenen bot. Wie aber bereits Adler hervorhebt, entbehrt die Arbeit „der Genauigkeit in der Messung wie der Schärfe in der Beobachtung“; sie bezieht sich auch nur auf das Untergeschoß, da der Verfasser das Vorhandensein einer Oberstoa gar nicht erkannt hat.

In den Jahren 1874 bezüglich 1875 erschienen dann die oben bereits erwähnten Specialarbeiten von F. Adler, und es wurde durch diese zuerst das eigentliche Wesen der Anlage, ihre Eigenartigkeit in Disposition und Aufbau dargelegt. Zu derselben Zeit, im September 1874, wurde dann durch die archaeologische Gesellschaft in Athen noch ein Haus, welches den nördlichen Abschluß der Halle bedeckte, abgebrochen und damit eine wesentliche Ergänzung in diesem Punkte gewonnen.⁴⁾

Der beifolgende Situationsplan Taf. 52 zeigt den gegenwärtigen Zustand. Die dunkelste Färbung bedeutet die noch über den Boden emporragenden antiken Mauern, die etwas hellere die noch erkennbaren Fundamente. Die stärkere

1) E. Dodwell. A classical and topographical tour through Greece. I. 371.

2) Γενική συνέλευσις τῶν μελῶν τῆς ἐν Ἀθήναις ἀρχαιολογικῆς ἐταιρείας. 1861 u. 1862.

3) J. L. Ussing, Kong Attalos' Stoa i Athen. Kopenhagen 1873. med 3 Tavler.

4) Πρακτικά. 1876. pag. 22.

1) E. Dodwell. Views and descriptions of cyclopiian, or, pelagic remains in Greece and Italy. 1801. 1805. 1806. London 1834. Pl. 71.

einfache Schraffirung bezeichnet die Reste der mittelalterlichen Befestigung, während die hellere die Begrenzung durch moderne Baulichkeiten kennzeichnet. Man sieht daraus, daß das gesammte Terrain in zwei ungleiche Theile durch eine dammartig hindurchführende Gasse, die aus neuerer Zeit stammen mag, getrennt ist. Nördlich liegt der größere aufgedeckte Complex; er umfaßt die Nordfront, namentlich den östlichen Theil mit der Ecke, wo als besonders wichtig die Mauer bis zum Kranzgesims erhalten ist, von dem sogar noch ein Stück an seiner alten Stelle liegt, mithin eine directe Höhenmessung gestattet (siehe auch die Photographie von des Granges bei F. Adler). Vor diese Nordwand springt nach Aufsen eine Nische vor, die sich nach der Halle zu öffnet, und deren Marmorfußboden mit einer umlaufenden Bank vollständig erhalten ist. Von der langen Mittelwand sind die Fundamente mit der Marmorschwelle fast durchweg vorhanden, ja auf letzterer noch eine Anzahl von Thürgerüsten, an anderen Stellen wenigstens die durch die Bearbeitung kenntlichen Standspuren derselben; zwischen ihnen stehen hochkantige Platten, auf welche eine Flachsicht folgt. Vor der Wand zieht sich jetzt bei der dritten Thür beginnend da, wo ein antikes Fundament rechtwinklig zu jener einsetzt, ein Graben hin, der von den Ausgrabungen stammt, und in dem zahlreiche Bauwürmer gefunden worden sind. Der Stufenabschluss im Westen ist nicht mehr intakt, nur die Fundamente lassen sich erkennen; wohl liegt noch eine fortlaufende Stufenreihe dort, welche man bei flüchtiger Betrachtung als in situ befindlich ansehen kann, doch sind sie offenbar erst bei der Fundirung des großen Thurmes, dessen Südmauer daneben noch steht, von ihrem nahen Lagerort nach hierher verückt worden. Wichtig sind aber die Fundamente für zwei Säulen der mittleren Stützenreihe, auf denen sich die Standspuren und innerhalb derselben die Dübellöcher, mit den Gufscanälen scharf markiren, welche also eine directe Messung der Axenentfernung gestatten. Zwischen und neben ihnen ist noch das antike Unterpflaster erhalten, unterbrochen von Platten, die wohl zur Aufstellung einzelner Widmungen dienten. Endlich ist noch in gleicher Flucht mit den eben genannten Basen nahe der Mittelaxe des Gebäudes in 52,92 m Entfernung von der Nordwand ein Fundament sichtbar, unmittelbar neben jenem Mittelthurm.

Bedeutend kleiner ist der südliche Abschnitt des ausgegrabenen Terrains, aber verhältnißmäßig besser conservirt. Denn es stehen dort nicht nur drei der Hintergemächer mit ihren Umfassungsmauern bis zu bedeutender Höhe, ja die Mittelwand mit den Thürgerüsten sogar bis zum oberen Wandsims, so daß auch hier eine genaue Höhenbestimmung im Innern möglich ist, sondern es ist auch die Süd- wand einschließlich ihres westlichen Stirnpfeilers erhalten, welcher also die Höhe der unteren Halle giebt. Hieran schließt sich die Reste von drei Stufen, die von der Agora zum Innern der Halle emporführten, mit der wasserabführenden Marmorrinne davor. Auf der Oberstufe markirt sich durch Witterung und eingeritzte Aufschnürung kenntlich die Standspur der ersten Säule von Süd her. In gleicher Flucht mit jenen vorerwähnten Basen der Mittelreihe sind auch hier wieder deren zwei zu verzeichnen, von denen die eine zunächst der Süd- wand sogar noch die profilirte Marmorbasis der Säule trägt. Südwestlich sind dann noch


die Reste der zu einander rechtwinklig laufenden Futtermauern erhalten, welche die Stoa und den Raum vor ihr gegen das südlich höher gelegene Terrain abschlossen.

So viel über das, was noch in situ ist. Es läßt sich daraus wenigstens die allgemeine Anlage erkennen als eine lange Flucht von Gemächern, deren Anzahl bestimmbar und denen eine tiefe zweischiffige Halle vorgelegt ist.

Für den Aufbau konnte hieraus mit Ausnahme der drei Stufen und jenes vorerwähnten Stirnpfeilers wenig gewonnen werden. Dazu bedurfte es einer sorgfältigen vergleichenden Messung des mannigfaltigen Materials, so weit solches ans Licht gezogen war. Zunächst läßt sich aus diesem Chaos leicht erkennbar eine dorische Ordnung heraussondern. Von den Säulen ist eine Reihe mehr oder minder fragmentirter Trommeln gefunden worden, darunter eine Anzahl, welche in allen Variationen zwischen 0,10 bis 0,40 m Abstand von der Unterfläche den Uebergang von dem einfachen Polygon mit abgestumpften Ecken zur segmentförmigen ionischen Cannelirung geben (Taf. 53). Da auch außerdem eine vollständige Trommel von 1,23 m Höhe sich dort befindet, welche nur Polygonform hat, so erkennt man leicht die Säulen als in der Weise gebildet, daß sie bis zu einer gewissen Höhe (circa ein Drittel) einfach polygon, dann aber gefurcht waren, ein Motiv, welches ja vielfach wiederkehrt und gerade bei solchen dem starken Verkehr dienenden Anlagen aus dem praktischen Gesichtspunkte hervorgegangen ist, scharfe Kanten an den der Berührung stark ausgesetzten Stellen zu vermeiden.

Die vorerwähnte Verschiedenheit von 0,10 bis 0,40 m erklärt sich eben einfach aus den verschiedenen Höhen der untersten Trommeln; es kann jedoch daraus nicht ein Grund für eine zweite Stützenreihe abgeleitet werden.

Hierzu kommt ein dorisches Capital später Formen- gebung; unter einem niedrigen Abacus ein Echinus, der häufig geradlinig, nur zuweilen, leicht zurücktretend, ein wenig gekrümmt ist. Die Riemchenfesseln sind im Querschnitt dreikantig, bald zart, bald kräftig, auch untereinander ungleich; der Uebergang zu den Furchen erfolgt mittelst leicht geschwungener Curve. Auf der Unterfläche markirt sich noch die Aufschnürung für zwei senkrecht auf einander- stehende Durchmesser, sowie für die sämtlichen zwanzig Radien, welche von dem eingedrehten Mittelpunkt nach den betreffenden Stegmitten laufen (Taf. 53).

Von dem dorischen Architrave ist die Gesamtlänge nur an wenigen Exemplaren meßbar und bestimmt sich auf in medio 2,425 m. Er ist 0,436 m hoch mit niedrigem Abacus; von der Tropfenregula erscheint je eine halbe an jedem Ende, dazwischen aber zwei ganze, so daß wir also hieraus den directen Beweis für dreitriglyphisches System ablesen können. Die Unterfläche des Blockes hat eine einfache Vertiefung; den oberen Abschluss an der Innenseite konnte ich wegen der Zerstörung dieser Stelle an den bis jetzt zugänglichen Stücken nicht erkennen; er bestand wahrscheinlich aus einem kleinen Kyma mit einer Lysis oder einem Abacus darüber. Die Längsverbinding ist eine doppelte und geschieht durch 0,25 m lange Klammern, welche beider- seitig hakenförmig eingreifen; es erscheint also nicht mehr die in älterer Zeit übliche -Form. Auf der Oberfläche markirt sich deutlich durch die Witterungsspuren die Stellung der Triglyphen, welche mit Verticaldübeln bei seit-

lichem Gufscanal befestigt sind. An der Vorderfläche stand die Weihinschrift 0,10 m vom unteren Rande entfernt, die Buchstaben selbst 0,14 m hoch:

Βασιλεὺς Ἀττάλου βασιλέως Ἀττάλου καὶ βασιλίσσης Ἀπολλωνίδος.

Das Triglyphon ist aus verschiedenartig getheilten Blöcken gebildet; zuweilen eine Triglyphe zwischen zwei Metopen, zuweilen umgekehrt; aber auch längere Blöcke, zwei Triglyphen mit zwei Metopen enthaltend, kommen vor. Seine Höhe beträgt 0,531 m, die Triglyphenbreite 0,322 bis 0,328 m. Auch hier zeigt sich wieder die ungleichmäßige Arbeit, denn bald geht der knapp vortretende Abacus bei Triglyphe und Metope in gleicher Höhe durch, bald reicht er bei ersterer tiefer hinunter, zuweilen tritt er auch seitlich über die Triglyphenbreite hinaus. Die Glyphen haben dreiecksförmigen Querschnitt und sind oben horizontal geschlossen; nach rückwärts sind die Blöcke unbearbeitet und nicht verklammert.

Hierauf folgte endlich ein dorisches Geison, dessen Zugehörigkeit durch sein Längenmaafs 1,21 bis 1,22 m (gleich der halben Architravlänge) und durch die mit den Triglyphen stimmende Theilung der viae gesichert ist. Letztere sowie die Tropfen daran sind sehr niedrig und verschwinden in der Horizontalprojection unter der tief hinabreichenden Hängeplatte vollständig. Die Krönung nähert sich der Lysisform. Die Ausladung ist verhältnißmäßig gering, weil sie ja nicht dem Zwecke zu dienen brauchte, das Wasser möglichst weit von der Front abzuleiten; ebensowenig hat auch die Oberfläche eine wasserbergende Rinne, vielmehr markirt die verschiedene Verwitterung deutlich, daß in einem Abstände von 0,18 m von der Vorderkante, theilweise aber weiter zurücktretend, ein weiteres Glied folgte, auf dessen Befestigung auch die Dübellöcher mit seitlichem Gufscanal hinweisen. Sicher ist also, daß mit diesem Geison die Halle nicht abschloß; wir kommen später darauf zurück. Bei einigen Blöcken finden sich an der Unterfläche noch Spuren eines T-förmigen Klammerbandes; diese können nach ihrer Lage, und da in hellenistischer Zeit diese Form nicht mehr vorkommt, nur von einer früheren Benutzung des Materials stammen; es dürfte dieses die auch sonst schon wahrscheinliche Annahme unterstützen, daß sich hier bereits ältere Anlagen befanden, welche durch den Neubau der Halle ersetzt wurden.

Daß nun diese dorische Ordnung wirklich hierher gehörte, wird wie im Allgemeinen durch die Fundumstände, so durch die im Maafsstab passende Säulenstandspur auf der Oberstufe, namentlich aber durch die Länge der noch in situ befindlichen, bezüglich daneben liegenden, Stufen gesichert, welche genau gleich der Hälfte des Architravs ist. Da aber auch der südliche Stirnpfeiler einschließend Capital noch steht, so ist dadurch die Höhe der Stützen und mit ihnen die der Unterstoa gegeben (Taf. 53). Die Anzahl der zwischen den beiden Anten stehenden Säulen läßt sich durch einfache Rechnung bestimmen. Die lichte Länge ist allerdings wegen der bedeutenden Terrainhindernisse etwas schwer zu ermitteln. Eine möglichst sorgfältige mit Stahlband und Latten unternommene Messung ergab als Lichtmaafs 110,75 m zwischen den beiden Frontwänden. Dagegen springt die Ante um 0,02 m vor; der aufgeschnürte Mittelpunkt der ersten Säule liegt 1,960 m von der Süd-

ante entfernt, und da wir voraussetzen können, daß die Anlage am Nordende symmetrisch war, so bestimmt sich die Anzahl der Säulen x wie folgt:

$$x = \frac{110,75 - 2(1,96 + 0,02)}{2,425} = 44$$

plus einem sehr kleinen Bruchtheil, der sich aber aus der an wenigen Stücken nicht ganz genau meßbaren Architravlänge erklärt.¹⁾ Umgekehrt läßt sich nun diese wieder genau in ihrem Mittelwerth berechnen, der aber in der keineswegs exacten Ausführung wohl nicht unbedeutenden Schwankungen unterworfen sein wird:

$$x = \frac{110,75 - 2(1,96 + 0,02)}{44} = 2,427$$

ein Maafs, welches, wie wir gleich sehen werden, mit den meßbaren Abständen der hinteren Stützenreihe genau correspondirt. Es haben also 45 Säulen in der Front zwischen den Anten gestanden.

Die Oberfläche des Geison wies auf eine weitere Gliederfolge hin. Der Beweis, daß nicht etwa nur eine Terrasse mit einer Brustwehr darauf ruhte, liegt in dem Fehlen der doch in diesem Falle nothwendigen wasserabführenden Rinne, dann aber auch direct in der hohen Mittelwand, wo nicht nur der Wandsims sondern über demselben die Löcher für das darauf ruhende Gebälk vorhanden sind, welches also nothwendiger Weise eine äußere entsprechende Stützenstellung voraussetzt. Letztere ist denn auch durch zahlreiche Fundstücke gesichert. Ich nehme zunächst mit Adler einen auf dem Geison ruhenden Lehrabacus an, obwohl ich von demselben nichts finden konnte, aber nach Analogie der Halle in Pergamon, wo derselbe in verschiedenen Stücken meßbar vorhanden. Darauf standen Stützen, axial zu den unteren, mit jener in hellenistischer Zeit so beliebten Bildung der Combination eines Pfeilers mit zwei ionisch gefurchten Dreiviertelsäulen. Der Zweck hierfür liegt wohl weniger in dem dadurch erleichterten Anschluß der Schrankenplatten, denn das Gleiche ist an anderer Stelle auch ohne dieses erreicht, als vielmehr in der durch die bedeutende Tiefe erzeugten Nothwendigkeit eines breiten Epistyls zur Aufnahme des Deckengebälkes, ohne dadurch zu schwere Verhältnisse zwischen Durchmesser und Höhe der Säule hervorzurufen. Auch die Basis zeigt eine hellenistische Form; eine fallende Blattwelle mit einer Spira darunter ruht auf einem rechteckigen Plinthus.

Von dem Capital sind nur wenige Fragmente übrig geblieben, speciell fehlen die Stücke, um die genaue Linie der Volute zu zeichnen; doch genügt das Vorhandene, um die allgemeine Form zu erkennen, wie solche auf Taf. 53 dargestellt ist: eine einfache volutirte Fascie mit einem kleinen Kymation darunter bei der geringen Gesamthöhe von nur 0,115 m. Das Capital sitzt direct auf dem durch einen Rundstab beendeten Schaft.²⁾

1) Ussing a. a. O. berechnet von einem irrthümlichen Axenmaafs ausgehend nur 40 Säulen.

2) F. Adler hat noch einen besonderen mit Palmetten und Lotoskelchen geschmückten Hals angenommen. Allerdings sind von einem solchen verschiedene Stücke vorhanden. Aber erstens stimmen sie in ihrer feinen und zierlichen Arbeit mit dem Capital nicht überein; ferner ist dieser Hals mit einem skulptirten Kymation gekrönt, während sich doch an dem Capitalblock bereits ein solches befindet, also dadurch eine ungewöhnliche Häufung der Formen entstehen würde, und drittens liegt ein Gegenbeweis darin, daß der aus einzelnen Segmentstücken angenähert bestimmbare Durchmesser des Halses

Schwieriger ist die Lösung der Frage nach dem Gebälk. F. Adler benutzt zur Restauration desselben einige auf dem Platze im Nordwesten der Halle liegende Epistylstücke, bei denen ein fascirter Architrav mit Kyma und Lysis und einem glatten Fries darüber aus einem Stück gearbeitet ist. Ihre Zugehörigkeit erscheint mir aber vorläufig noch zweifelhaft; denn obwohl mehrere vollständig erhalten sind, zeigt kein einziges die nothwendige Axenlänge von 2,427 m; vielmehr das eine nur 1,975 m; ein anderes ist auf 1,60 m Länge profilirt, dann unbearbeitet; ein anderes ist ein diagonal abgeschnittenes Eckstück von 1,635 m Länge. Nun weiß ich nicht, wo bei der gleichmäßigen Axentheilung diese Epistylia an der Front ihre Verwendung gefunden haben sollten, und daß sie nicht in das Innere gehört haben können, werden wir gleich sehen, ganz abgesehen davon, daß auch dorthin ihre Maasse keineswegs passen. Diese Bedenken erschienen mir zu gewichtig, um die betreffenden Epistylia für die Reconstruction hier zu verwenden; sie mögen, wie so vieles Andere, bis in die Nähe der Stoa verschleppt worden sein. Dagegen vermag ich jedoch nichts Sicheres an ihre Stelle zu setzen; daß davon nichts vorhanden ist, braucht uns nicht Wunder zu nehmen, wenn wir bedenken, daß von dem wegen seiner Maasse sicher hierher gehörenden Geison nur zwei Stücke sich fanden, und diese in einer Grube nahe dem mittleren Befestigungsturm; eine weitere Aufräumung dort wird uns das richtige Gebälk gewiß liefern. Da ich aber bei der Darstellung des restaurirten Frontsystems auf Taf. 53 dasselbe nicht entbehren konnte, so bedarf es einiger erläuternder Worte zu der etwas eigenthümlich erscheinenden Form, die ich gewählt, der Combination eines fascirten Architraves mit einem Triglyphon darüber auf einer ionischen Stützenstellung. Diese Annahme stützt sich zunächst auf die Analogie mit der pergamenischen Halle; denn dort ist ein derartiges Gebälk und zwar fünftriglyphisches System auf ionischen Stützen für die Oberstoa vollständig gesichert. Die sonstige Uebereinstimmung der Hallenstructur macht auch die Uebertragung dieser Form nicht unwahrscheinlich. Eine weitere Unterstützung dürfte die Annahme in der Bildung des Geison selbst finden; denn in jenen breiten Mutulen, welche ein Mittelding zwischen dorischen viae und korinthischen Consolen sind, läßt sich nicht unschwer eine krönende Fortsetzung der Triglyphen, also ein directer Zusammenhang erkennen. Und in der That finden wir eine solche Lösung bei der Porticus, deren Reste sich längs der Südfront des Dionysostheaters am Fusse der Akropolis nachweisen lassen,¹⁾ und die ja wohl mit größerem Rechte Eumenes dem Zweiten, dem älteren Bruder unseres Attalos, zugeschrieben werden mag, als jene Halle ostwärts vom Odeion, deren Entstehungszeit ja auch U. Köhler als gleichzeitig mit dem Herodesbau annimmt.²⁾ Bei der Theaterstoa findet sich nämlich ein Gebälk, Architrav und Triglyphon aus einem Block, von ziemlich bedeutender Höhe, 0,73 m, und 0,70 m Axenweite, zu dem durch gleiche Axenmaasse gesichert, ein

nahezu das Doppelte von dem oberen Säulendurchmesser beträgt. Diese Gründe dürften also die Zugehörigkeit des Halses zu diesen ionischen Doppelsäulen ausschließen.

1) Vitruv. V. 9.

2) U. Köhler: Hallenanlage am Südfusse der Akropolis zu Athen. Mittheilungen des Deutschen archäolog. Instituts zu Athen III. 147 f.

in ganz ähnlicher Weise mit Mutulen formirtes Geison gehört. Mithin darf die versuchte Reconstruction immerhin einen gewissen Grad von Wahrscheinlichkeit beanspruchen, obwohl weitere Ausgrabungen erst Sicherheit geben werden.

Des Geison ist schon Erwähnung geschehen (Taf. 53), eigenthümlich ist seine Form allerdings, sowohl in der Bildung der plattenförmigen Mutulen, die ohne Zwischenglied direct auf dem Friesen ruhen, wie in der durch ein eingeschobenes Kymation getrennten Hängeplatte, auf deren oberem Theil die leicht gekrümmte Sima ohne Junktur aufsitzt. Die tiefe wasserbergende Rinne mit den leider sehr zerstörten Löwenmasken als Wasserspeiern, der aufgebogene Rand an den Stoffsugen, welche durch tegulae geschlossen waren, beweisen, daß hier der Bau mit dem Dache abschloß. Die letzte Endigung bildeten dann wohl skulptirte Stirnziegel, von denen sich verschiedene Reste gefunden haben.

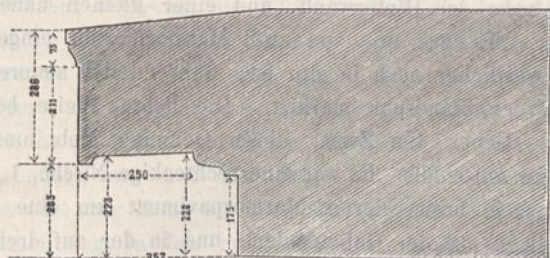
Zwischen den Säulen dieser Oberstoa befanden sich Schranken, welche sich direct an den leicht nach innen gekrümmten Mitteltheil der Stützen anschlossen. Es sind Marmorplatten von 0,085 m Dicke, beiderseits mit linearen Mustern in flachem vortretenden Relief geschmückt, welches, wie Adler bemerkt, den Metallguß zum Vorbilde hat. Oben sind dieselben mit einem 0,085 m hohen, beiderseits ein wenig vortretenden, Holm abgeschlossen, auf dem aber, noch nach den auf seiner Oberfläche befindlichen Klammerbändern zu urtheilen, noch ein besonderes Deckglied gelegen haben muß.³⁾

Da aber kein Säulenschaft der Oberstoa auch nur annähernd vollständig gefunden worden, so ist eine directe Höhenbestimmung des Obergeschosses nicht möglich; doch sind glücklicherweise zwei Anhaltspunkte gegeben, welche eine indirecte Messung ermöglichen. Denn durch den einen Geisonrest auf der Nordostecke ist uns die Gesamthöhe der Stoa von Oberstufe bis Oberkante Geison zu 10,65 m gegeben. Zieht man davon die Höhe der Unterstoa (5,225 + 1,255) ab, so bleibt für das Obergeschosß zusammen 4,17 m übrig. Ferner ist aber auch der Wandsims der Oberstoa an der Thürwand und mit ihm die Unterkante des Gebälks erhalten, welche letztere 9,66 m über der Thürschwelle bezüglich 9,94 m über der Oberstufe liegt. Beide Maasse geben ein übereinstimmendes Resultat, wobei nur eine geringe Variation in dem Verhältniß zwischen Säule und Gebälk möglich ist, je nachdem man die Höhe des inneren Architraves um einige Centimeter mehr oder minder annimmt; wahrscheinlich war sie wohl gleich der Höhe des Wandsimses. Denn daß das Gebälk nicht erst auf dem hohen combinirten Epistylblock gelegen, sondern in denselben eingriff, ist durch andere Analogien zur Genüge gesichert.

Nach diesen Gesichtspunkten ist das Profil auf Taf. 53 reconstruirt.

So weit ist das gesammte Material pentelischer Marmor; derselbe bleibt jedoch auf die Front beschränkt, denn der Bau im Uebrigen, so die hohe Ostwand, die beiden schmalen Fronten, die mittlere Thürwand und die einzelnen Trennungswände sind wohl wegen Sparsamkeitsrücksichten aus einem wetterbeständigen Poros aufgeführt worden. Eine Ausnahme davon macht nur die Wandschwelle mit den darauf ruhenden Thürgerüsten, und zwischen diesen hochkantigen Sockelplatten mit ihrer Abdeckung, so wie die Einfassungen

der seitlichen Nischen, zu denen sämtlich Marmor aber vorzugsweise vom Hymettos verwendet worden ist. Die Frage nun, wo hörte der Porosbau auf und wo begann der Marmor, ist keineswegs so schwierig, da ihre Lösung ja im Grundriß schon gegeben ist, speciell an dem noch stehenden Theil der Südfront. Wie dort an die Marmor-Eckante direct die Porosquadern der Wand ansetzen, so wird sich dieses in gleicher Weise durch das zweite Stockwerk bis zum Hauptgesims fortgesetzt haben, und dem entsprechend werden



auch an dieser Stelle die beiden Geisa, von der Front und von der Wand, zusammengestoßen sein. Diese Lösung scheint mir auch die einfachste und gesetzmäßigste zu sein. Liegt doch in der verschiedenartigen Profilierung durchaus kein Widerspruch dagegen. Denn wir sehen das Gleiche auch in der besten Zeit beispielsweise an den Propyläen, am Südflügel wie auch am Mittelbau, wo das dorische Geison des westlichen Hexastyls sich über den beiden das Mittelvestibül einschließenden Wänden einfach als Hängeplatte in gleicher Höhe fortsetzt. Ist es doch auch natürlich, daß die Profilierung eines Geison über einer Stützenstellung eine andere ist, als über einer geschlossenen Wand. Ferner ist es auch nicht notwendig, irgend ein Mittelglied zum beiderseitigen Todtlaufen einzuschieben, beide Profile gehen einfach in einander über; denn die Ausladung und Höhe der Poros-Hängeplatte ist genau gleich dem Marmorgeison, also vollkommen geeignet, dasselbe direct aufzunehmen. In der Verschiedenheit des Materials liegt auch kein Gegengrund; denn der Wechsel längs der ganzen Front aufsteigend, mußte sich auch auf das Gesims an derselben Stelle fortsetzen.¹⁾

Der so detaillirte Marmorbau bildet die Front einer Halle von 110,75 m lichter Länge bei 13,30 m Tiefe von Oberstufen Vorderkante aus gemessen. An beiden Schmalseiten ist sie geschlossen. Da aber die Tiefe eine zu bedeutende ist, um zwischen beiden Stockwerken eine zur Aufnahme einer mobilen Belastung genügende Decke herzustellen, so mußte zur Unterstützung derselben eine mittlere

1) Mit Recht urtheilt schon F. Adler, daß nicht etwa beide Geisa längs der Front übereinander hingelaufen sein können; ebenso wenig vermag ich mich aber damit einverstanden zu erklären, daß dadurch „beide Kranzgesimse eine klare und architektonisch wirksame Ecke empfangen“, wenn man an der Schmalseite das Marmorgeison nur ein kurzes Stück — Adler nimmt 1,22 m an — herumgeführt, und dann gerade um die Geisonhöhe hinaufgerückt, mit dem Porosgesimse begonnen hätte. Bei der geringen unteren Mauerdicke von nur 0,66 m ist es unmöglich, den Marmorbau oben so weit zurücktreten zu lassen, daß das dorische Geison durch den Vorsprung der wieder flucht-rechten Poroswand hätte aufgenommen werden können, sondern es wird an dieser Stelle stets ein Conflict bleiben, welcher unruhig wirken muß. Auch erscheint es unwahrscheinlich, daß das, doch nur aus einer willkürlichen Stellung der Geisa zu einander ermittelte, Breitenmaß von 1,22 m im Obergeschoß eintreten sollte, wo solches im Untergeschoß nur gleich der Ante, also 0,70 ist. Man wird vielmehr auch dort nur die ionische Eckante als aus Marmor hergestellt zu denken haben. Die scheinbare Unterstützung, welche für jenes Maß von 1,22 bezüglich 1,25 m in der Entwicklung der Giebelfronten gesucht wird, beruht auf einer, wie wir sehen werden, irrtümlichen Annahme einer mittleren Thür daselbst und dadurch hervorgerufenen axialen Bestimmung des Giebelfirstes.

Stützenstellung eingeschoben werden. Glücklicher Weise haben sich, wie oben erwähnt, die Fundamente für letztere an einigen Stellen erhalten; und zwar die der ersten, zweiten und, wie sich berechnen läßt, elften Säule von Nord her, sowie der ersten und zweiten von Süd her (Situation Taf. 52), bei vorletzter sogar die marmorne Säulenbasis noch in situ. Diese Reste genügen aber, um das mittlere Axenmaß dieser Reihe zu bestimmen; angenähert ergibt es sich schon aus der directen aber nicht ganz genau möglichen Messung des Abstandes zwischen den ersten Säulen zu rot. 4,80 m, also gleich dem Doppelten des Axenmaßes in der Front. Daß die Teilung keine sehr exacte gewesen ist, dürfen wir annehmen (vergl. die gleich zu erwähnenden Maße an der Halle östlich vom Odeion), aber wir können dennoch direct sagen, daß mit jeder zweiten Frontsäule eine Innenstütze correspondirte.

Und in der That, zieht man von der Gesamttinnenlänge 110,75 zunächst $4,36 + 4,44$ ab und dividirt in den Rest von 101,95 mit 21 hinein, so ergibt sich als mittleres Axenmaß 4,855, also $= 2 \times 2,4275$.

Jenes mittlere Fundament diente also der elften Säule zur Basis, denn $\frac{52,92 - 4,36}{10} = 4,856$.¹⁾

Dasselbe System einer schlankeren Säulenordnung in der Front mit einer lichter Stützenstellung dahinter zur Herstellung einer tiefen Halle, zeigen aber auch die verwandten Anlagen, und es scheint hierfür vollkommen typisch geworden zu sein. Ich erwähne nur das Nächstliegende. So die Stoa in Pergamon, wo die Axenmaße 2,49 m bezüglich 4,98 m betragen, so in Athen die Halle am Asclepieion, wo mit der vorderen Reihe von 2,75 m Abstand eine hintere von 5,50 m correspondirt;²⁾ ferner die große Halle östlich vom Odeion, wo die Front leider bis auf die Fundamente zerstört ist, wo aber die Basen der mittleren Stützenstellung sich erhalten haben, auf denen die Axen vorgeritzt sind. Daß man dabei nicht gerade sehr genau verfuhr, beweist ihre Ungleichmäßigkeit, indem ich daselbst Abstände von 4,87, 4,89, 4,95, 5,00 messen konnte.

Für die Bildung der betreffenden Stützen ist ein directer Anhalt zunächst in der noch in situ befindlichen Basis gegeben, welche aus doppelter Spira mit Trochilus dazwischen, auf einem Plinthus ruhend, besteht (Taf. 53). Der Schaft war glatt. Die Form des Capitäls kann zweifelhaft erscheinen; da sich jedoch verschiedene Reste von kelchförmigen stark überfallenden Blättern fanden, mit einem Abacus gekrönt, welche auch im Maßstabe vollständig hierher paßten — die Breite jedes Blattes beträgt 0,085 m, also ist bei der Anzahl von 20 der Umfang gleich 1,70 m, welches dem oberen Durchmesser von 0,54 m entspricht —

1) Für die Annahme F. Adler's zwischen diesen Stützen, entsprechend der Front, je noch eine Säule einzufügen, liegt eine Nöthigung nicht vor, denn der dafür geltend gemachte Grund, die Spannung wäre für Marmorgebälk zu groß, fällt wie wir sehen werden fort, da die Decke aus Holz construiert war. Dasselbe gilt auch für die Annahme einer dritten, zwischen Front und Mittelstützen eingeschobenen, Säulenreihe. Beiden widerspricht auch der Fundbestand direct, indem nahe dem Nordende noch das alte Kiesel-Unterpflaster zwischen den Basen und seitlich von ihnen erhalten ist (siehe Situation Taf. 52); es kann also dort niemals ein Fundament etwa herausgebrochen sein.

2) Zu demselben Resultat kommt auch U. Köhler: Der Südring der Akropolis IV. in den Mittheilungen d. archäolog. Instituts zu Athen 1877. S. 231 ff.

so glaubte ich dieselben um so mehr als hierher gehörig betrachten zu können, da auch die pergamenische Halle genau dieselbe Capitälform an dieser Stelle zeigt. Im Uebrigen würden höchstens einige Reste, die zu einem größeren ionischen Capitäl gehörten, in Frage kommen.

Die bedeutenden Spannungen der Breite und Tiefe nach schliessen natürlich den Gedanken an ein im Innern durchgeführtes Marmorgebälk vollständig aus. Und in der That ist ja auch nicht ein dazu zu rechnendes Fragment gefunden worden. Leider ist die Thürwand in dem erhaltenen südlichen Theile gerade in der entsprechenden Höhe durch mannigfaches Flickwerk zu entstellen, um an ihr den directen Beweis für das Gebälk und seine Höhenlage ablesen zu können. Wir werden aber nicht fehl gehen, wenn wir auf der mittleren Stützenreihe der Längsrichtung noch einen gemeinschaftlichen Unterzug annehmen, auf dem die Querbalken ihr mittleres Auflager fanden. Auf diesen ruhte dann vermittelst kleinerer Zwischenbalken der Fußboden der Oberstoa. Ein Beweis für das Holzgebälk liegt auch in der Behandlung der Rückseite des Triglyphon und Geison, welche rauh gelassen und ohne Klammerverbindung darauf hinweist, daß kein Stein, sondern nur Holz sich angeschlossen haben kann.

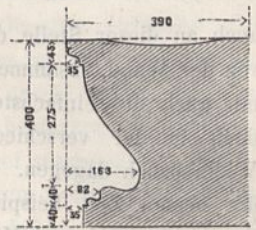
Ein Argument gegen die Holzconstruction darin zu finden, daß dieselbe nicht monumental, weil nicht wetterbeständig sei, dem vermag ich nicht beizupflichten. Könnte doch nur ein schräg getriebener Regen den der Front nächstliegenden Theil des Fußbodens treffen. Aber wie das Dachgerüst durch seine vorzügliche Ziegelconstruction vollkommen gegen solche Einflüsse geschützt ist, so auch der Fußboden durch den dicken Estrichüberzug, wie uns Vitruv¹⁾ ja ausdrücklich bezeugt. Und in Pergamon war zweifellos eine Holzdecke.

Daß auch die Oberstoa in der Mitte eine Holzstütze gehabt habe, ist nicht unbedingt nothwendig, da Decke und Dach, die nur sich selbst zu tragen hatten, wohl frei darüber gespannt werden konnten. Für die axiale Lage der Binderbalken ist hier der Beweis direct gegeben, indem sich an der Thürwand oberhalb des Wandsimses die Löcher zum Auflager für dieselben noch an einigen Stellen und zwar correspondirend mit den Mittelstützen erhalten haben.

So viel über das Frontsystem und den Querschnitt der Halle. Ich füge hieran einige Bemerkungen über die Grundriffsdisposition. Bei der Reconstruction (Taf. 52) ist eine gleichmäßig durchgehende Front ohne Vorsprünge, weder an den Ecken noch in der Mitte, angenommen worden. Einen Grund hierfür sehe ich sowohl in der glatt durchlaufenden Rückwand, die ja so weit bis über die Mitte hinaus erhalten ist, um zu erkennen, daß eine besondere Tiefenentwicklung nie stattgefunden hat; ferner aber spricht gegen Eckrisalite direct der Befund der Südwestecke; und in der Mitte ein solches anzunehmen liegt um so weniger eine Veranlassung vor, da auch die verwandten Anlagen nichts Derartiges zeigen; diese langgestreckten Fronten scheinen vielmehr geradezu typisch für diese Gattung von Nützlichkeitsbauten gewesen zu sein. Daß in der Front zufällig eine Säule in die Mitte kommt, vermag ich weniger als zwingenden Grund hierfür anzuerkennen, da ja die eigentliche Axen-

theilung in der hinteren Stützenreihe liegt und dort allerdings die Mittelaxe in das Intercolumnium fällt. Die Mittelstütze in der Front ist eben nur eine Consequenz der halbirtten Spannung.

An beiden Schmalseiten wird die Halle durch kurze Wände begrenzt, die an der Südseite noch bis zu 3,40 m Höhe stehen und bei einer Dicke von 0,65 bis 0,68 m abwechselnd aus Hoch- und Flachschichten construiert sind. Die Südwand wird von zwei Oeffnungen durchbrochen, einer größeren nahe der Hinterwand, und einer kleinen nahe der Eckante. Erstere war von zwei Marmorpfosten eingefast, deren westlicher noch in situ ist, während der andere sich nur in der Standspur markirt. Die lichte Weite beträgt 3,43 m. Ueber den Zweck dieser Oeffnung giebt uns die Nordseite Aufschluß. Es war eine rechteckige Nische, 1,690 m tief, 4,27 m breit, deren Marmorpaviment um eine Stufe höher liegt als der Hallenboden, und in der auf drei Seiten eine profilierte Marmorbank umläuft. Taf. 52 giebt den Grundriß und Querschnitt dieser Nische, der beigefügte Holzschnitt das Bankprofil im größeren Maasstabe. Daß im Süden die gleiche Anlage war, zeigt uns ein Blick auf Taf. 52, wo die Südseite der Südfront dargestellt ist. Zwar



ist die Rückwand der Nische unter dem unmittelbar daselbst ansteigenden Terrain nicht mehr erkennbar; doch sieht man noch die Fundamente, bezüglich die Ansätze für die beiden Seitenwände und für die Bank vor denselben. Daß, da die Breite dieselbe, auch die Tiefe eine entsprechende war, darf man annehmen. Eigenthümlich sind einige Löcher in der Einfassung der Nordnische, in der Schwelle wie in den Pfosten, welche auf einen Verschluss hinweisen; einen specielleren Zweck vermag ich jedoch hierfür nicht anzugeben.

Auffällig erscheint aber die bedeutende Stärke der Seitenwände; denn während die Wandstärke durchweg nur rot. 0,66 m, auch an der Rückwand der Nische nicht mehr beträgt, kann jene Stärke nur dadurch hervorgerufen sein, daß sie einem Gewölbe als Widerlager dienen sollte. Die Nische war also mit einem Tonnengewölbe überdeckt. Diese meine Annahme fand noch nachträglich eine Bestätigung darin, daß mir Herr Professor Kumanudis in Athen mittheilte, es wäre ihm aufgefallen, daß bei der Aufräumung an dieser Stelle einige keilförmige Steine gefunden worden seien, die er sich nicht hätte erklären können. Jetzt sind dieselben allerdings verschwunden und wahrscheinlich bei den Restaurationsarbeiten daselbst verwendet worden. Sie finden also in der Nischenwölbung ihren Grund. Wir sehen, daß sich der Architekt das gerade in der hellenistischen Zeit sich bahnbrechende Structursystem nicht hat entgehen lassen; es lag wohl auch, wie wir bemerken können, hier noch ein besonderer Grund vor. Aufsen längs der Süd- wand markiren sich nämlich deutlich die Ansatzspuren von Stufen (Taf. 52); es führte also dort eine Treppe empör von 0,229 m Steigung bei 0,325 m Auftritt, welche den Gedanken nahe legt, daß sie zur Verbindung mit der Oberstoa diene. Erkennbar sind nur die zehn unteren Stufen. Doch darf man wohl annehmen, daß dieselben sich in gerader Flucht bis zur Fußbodenhöhe des Obergeschosses fortgesetzt haben; ihr Austritt würde dann ebensoweit von der Thür-

1) Vitruv. de diversis fabricis architectonicae. XIX.

wand, bezüglich der Nischen-Ostwand entfernt bleiben, als ihr Antritt von der Westante. Und wie unten nur eine schmale, niedrige Thür aus der Halle herausführte, so wird oben entsprechend symmetrisch eine ähnliche Thür wieder hineingeführt haben. Dafs man mit der Treppenlänge sehr beschränkt war, beweist auch der Umstand, dafs die unterste Stufe noch in die Antepagmente der Thür hineintritt. Dann findet auch die Nischenwölbung ihre weitere Erklärung, indem dieselbe dazu bestimmt war den oberen Treppenlauf zu unterstützen, während die Nische selbst die künstlerische Ausbildung des nutzbaren Raumes unter demselben bildete. Der untere Theil der Treppe war nicht bedeckt oder nach der Front zu abgeschlossen, denn bei der Ante weist an dem Südhaupt nichts auf einen Anschluß in ganzer Höhe hin, sondern nur auf eine Stufe mit einer Schranke (?) darüber bis zur Höhe der untersten Quader (Taf. 52). Im Gegentheil liegt in dem jetzt abgehauenen, also einst herumgeführten Capitäl und in dem glatten Südrande des voll aufliegenden Architraves ein Zeugniß dafür, dafs hier nichts angeschlossen haben kann. Zweifelhaft aber erscheint es, wie die Treppe in den Raum über der Nische eingetreten ist. Denn dafs jener Vorbau bis in das zweite Stockwerk reichte, beweist die oben erwähnte Ansicht von Dodwell, welche allerdings die Nordseite giebt. Doch dürfen wir annehmen, dafs die Anlage beiderseits im Wesentlichen symmetrisch war; obwohl sich im Norden bis jetzt wegen der Ueberbauung weder von einer kleinen Thür noch von einer Treppe etwas wahrnehmen läßt. Es ist aber in so fern ein Unterschied vorhanden, dafs hier im Gegensatz zur Südseite wegen des fallenden Terrains besondere Substructionen nothwendig waren. Wie groß der Terrainunterschied war, wissen wir bei der heutigen allgemeinen Verschüttung nicht mehr; doch liegt noch jetzt der Boden nördlich um 2,00 m tiefer, als das Hallenpflaster und läßt deshalb die Substructionen längs der Nordmauer und an der Nordostecke deutlich erkennen. Es sind Quadern aus Poros 0,24 bis 0,32 m hoch, in leichter Dossirung. Die sorgfältige Bearbeitung ihrer Vorderfläche, auf der aber noch die Versetzungsbossen stehen geblieben, im Gegensatz zu den sonstigen rohen Fundamentblöcken, spricht dafür, wie auch F. Adler urtheilt, dafs sie „stets sichtbar bleiben, also einen monumentalen Unterbau formiren sollten“.

Wegen der Unsicherheit in der genauen Bestimmung des Treppenverlaufes glaubte ich in der Reconstructionszeichnung davon Abstand nehmen zu müssen. Vielleicht auch diente sie auf der Südseite dazu, wenn sie von einem kleinen Podest unterbrochen wurde, um auf das südlich angrenzende höher gelegene Terrain zu führen, dessen Vorhandensein aus den Futtermauern an der Südwestecke ersichtlich ist. Es schließt dieses aber auch den Gedanken an irgend einen axialen Eingang, etwa durch die Nische hindurch, von dieser Seite her aus.

An die Halle schließt sich rückwärts eine lange Flucht von Gemächern an; wie aus dem Situationsplan erkenntlich, sind genügende Anhaltspunkte gegeben, um ihre Anzahl und annähernd ihre Eintheilung zu bestimmen. Es waren deren 21; ihre Tiefe beträgt rot. 4,90 m; die Breite scheint verschieden, namentlich sind die äußersten beiden schmaler als die übrigen; da sie aber breiter sind als ein Intercolumnium, so fällt ihre Eintheilung nicht mit den Axen der Halle

zusammen, doch sind sie im Allgemeinen symmetrisch zu einer Mittelaxe gruppiert. Für ihre Dimensionirung scheint das praktische Bedürfnis als Verkaufsräume u. s. w. gesprochen zu haben, theilweise aber auch die Hineinziehung älterer Reste, auf welche wir später kommen werden.

Sämmtliche aufgehenden Wände sind mit abwechselnden Hoch- und Flachsichten aus Poros construiert; einmal folgen sich zwei Flachsichten unmittelbar; nur die Thürwand hat eine Sockelschicht von 1,06 m mit einer Deckplatte von 0,25 m Höhe aus Marmor. Entsprechend der Halle liegen auch zwei Gemächer übereinander. Die unteren öffnen sich nach der Stoa zu in großen Thüren, in med. 1,66 m breit, nach oben sich auf 1,58 m verengend, 3,44 m hoch. Unter- und Oberschwelle sowie die Antepagmente sind aus Marmor; die Profilirung und den Verband des Deckbalkens giebt das System Taf. 53. Dafs dieselben, wohl durch hölzerne Thürflügel, verschließbar waren, beweisen die Pfannen und Riegellöcher.¹⁾ Genau axial über diesen unteren lagen die Thüren zu den oberen Gemächern. Sie sind, weil zugemauert, jetzt schwer erkennbar; doch lassen sich eben in jenem südlichen Theil deren zwei noch an den durch mehrere Schichten hindurch vertical übereinander liegenden Stoßfugen verfolgen, dann aber auch aus der um eine halbe Schichtstärke vermehrten Dicke der Oberschwelle folgern (siehe das System Taf. 53). Eine besondere profilirte Umrahmung haben jedoch diese Thüren nicht. Unterhalb derselben sind dann wahrscheinlich im Zusammenhange mit dem Befestigungsbau andere Thüren durchgebrochen worden, welche aber jetzt gleichfalls wieder zugemauert sind.

Unmittelbar über den alten Thüren liegt dann das Wandgesims als einfache vortretende Platte von einem kleinen Kymation gekrönt, auf dem dann, wie schon erwähnt, die Deckbalken ruhten.

Die Beleuchtung erhielten die Gemächer, aufer durch die Thüren, noch durch je ein kleines Schlitzfenster, 0,60 m hoch, außen 0,075 m breit, nach innen sich verbreiternd. Verschiedene regelmäßig längs der Wände wiederkehrende kleine Löcher werden zur Befestigung von Bordbrettern gedient haben, wie solche zur Lagerung und Schaustellung von Waaren etc. in Verkaufsläden nothwendig waren.

Ueber den Schmalseiten der Stoa, deren Breite sich also aus der Tiefe der Halle und der Gemächer zusammensetzt, erhob sich je ein Giebel. Wir wissen dieses aus den Berichten älterer Reisender (vgl. pag. 389) und sahen es direct in jener schon mehrfach genannten Abbildung bei Dodwell; ein Zeichen dessen, dafs er im Anfang unseres Jahrhunderts noch theilweise stand.²⁾ Jedoch genügt die Skizze zur Bestimmung der Giebelneigung nicht. Wollte man einige der umher liegenden Geisonstücke dazu verwen-

1) Die Detailzeichnung bei F. Adler, als Holzschnitt im Text, ist in so fern nicht ganz genau, als die Tiefe des Thürgerüsts in Wirklichkeit gleich der Wandstärke, d. h. 0,68 m ist und nicht 1,05 m, wie dort gezeichnet.

2) Die Behauptung von A. Hauser (in dem Repertorium für Kunstwissenschaft, Wien 1876, Seite 315), welcher den Giebel von den Schmalseiten fort und auf ein bezüglich zwei Risalite an die Front verweisen will, entbehrt nach dem Gesagten jeder Begründung. Ebenso wenig zutreffend sind seine Zweifel an der Treppe auf der Südseite, und dem Zugang zur Oberstoa. Richtig sind dagegen seine Bemerkungen über die lichtere Stützenstellung und das Gebäk.

den, wo Stofs- und Lagerfuge nicht rechtwinklig zu einander laufen, unter der Voraussetzung, daß das Giebelgeison mit verticalen Stofsugen construiert wäre, so käme man zu einem unmöglichen Resultat, indem sich darnach bei 0,40 m Länge die Steigung nur auf 0,04 m berechnet, also die Giebelhöhe nur $\frac{1}{20}$ der Spannung betragen würde, ein Maafs, welches schon aus praktischen Gründen der Dachdeckung viel zu gering erscheinen mufs. Wir müssen uns also vorläufig der Entscheidung dieses Punktes begeben. Noch schwieriger ist aber die Frage nach dem oberen Abschluß der Risalite. Da ich hierfür gar keine Anhaltspunkte gewinnen konnte, aber in der Reconstruction doch etwas geboten werden mußte, so habe ich gleichfalls einen Giebel angenommen, ohne solches aber irgend wie begründen zu können.

Daß ältere Anlagen in den Stoebau hineingezogen seien, erwähnte ich schon. Es zeigt sich dieses namentlich

in dem dritten Gemach von Norden her. Dasselbe birgt tief unter dem jetzigen Niveau eine bis in die Neuzeit benutzbare Quelle; diese wurde, aus älterer Zeit stammend, bei dem Stoebau sorgfältig conservirt und für fortgesetzte Benutzung eingerichtet. Da F. Adler dieser interessanten Anlage bereits eine eingehende Beschreibung gewidmet hat, so kann ich hierauf verzichten; ich bemerke nur noch, daß dieselbe wohl mit jener oben (pag. 391) erwähnten unmittelbar westlich quer durch die Halle laufenden Fundamentmauer in Verbindung gestanden haben wird.

Ich schliesse hiermit, da es nicht in dem Zwecke dieser Mittheilung liegen kann, auf sonstige sich daran knüpfende baugeschichtliche oder topographische Fragen einzugehen.

Berlin im December 1881.

Richard Bohn.

Mittheilungen nach amtlichen Quellen.

Die Eisenbahnbrücke über die Weichsel bei Graudenz.

(Mit Zeichnungen auf Blatt 31 bis 42 im Atlas und auf Blatt J im Text.)

(Schluß.)

VII. Der eiserne Ueberbau.

Die allgemeine Anordnung des eisernen Brücken-Ueberbaues ist aus den Zeichnungen auf Blatt J, 38 und 39 ersichtlich. Im Uebrigen sind die sämtlichen maafsgebenden Detailconstructions im Princip der Brücke bei Thorn (vergl. Zeitschrift für Bauwesen, Jahrg. 1876, S. 197 u. ff. und Blatt 38—42) getreu nachgebildet, und bleibt hierzu nur noch Folgendes zu bemerken:

Jede der elf Oeffnungen ist mit einem schmiedeeisernen Brückenkörper von 97,3 m Stützweite überspannt, welcher aus 2 Hauptträgern besteht, die in einer Entfernung von 11,536 m zwischen ihren Mittellinien auf den Pfeilern unterstützt und durch kräftige End-Querverbindungen gegen einander gehalten sind.

Jeder Hauptträger enthält 18 Felder und zwar 14 Felder von je 5,652 m, 2 Felder von 4,710 m und 2 Felder von 4,376 m Weite.

Der seitlichen Einwirkung des Winddruckes ist durch Anordnung von Horizontalgittern zwischen den oberen und unteren Gurtungen begegnet. Das Ausknicken der Querstreben wird durch 2 Reihen paralleler Langstreben verhindert.

Zwischen die Querträger sind 6 Reihen Schwellenträger in je 1,648 m Entfernung der Mittellinien eingespannt, welche zur Unterstützung der I-förmigen Querträger des Schienengeleises und der Fahrbahn dienen. Auf jeder Seite werden die beiden äußeren Reihen dieser Träger durch Horizontalgitter und Querstreben gegen seitliches Ausknicken gesichert, während für die mittleren I-förmigen Träger dieser Zweck durch die erwähnten I-förmigen Träger erreicht wird.

VIII. Die fortificatorische Sicherung der Brücke. (Bl. 40 u. 41.)

Zu diesem Zwecke wurde die Anlage eines Blockhaustambours auf dem linksseitigen Weichselufer unmittelbar

neben dem Endpfeiler Nr. I und eines schußfesten mit Scharfen versehenen Thores auf Pfeiler Nr. X verlangt.

Die für den Blockhaustambour erforderlichen beiden Thor-Anlagen, welche, geschlossen, die Eingänge der beiden Blockhäuser nach der Landseite und der Brücke hin absperren und dann gleichzeitig eine ungehinderte Communication zwischen denselben gestatten, sind in ihrer Construction verschieden, und zwar besteht diejenige, welche das Blockhaus gegen den Damm abschließt, aus Gitterthoren und die der Brücke zugekehrte aus Thoren, welche aus vollen Bessemer-Stahlplatten hergestellt sind.

Ebenso sind die Thore auf Pfeiler Nr. X aus Bessemer Stahlplatten construiert.

Die Entfernung zwischen den Frontwänden der Blockhäuser beträgt 16,6 m; dieselbe wird durch 3 schmiedeeiserne Säulen in zwei Fußwege neben den Blockhäusern von 2,38 m lichter Weite, eine Oeffnung für Eisenbahngleise von 4,2 m lichter Weite, und eine Oeffnung für Fuhrwerk von 5,48 m lichter Weite getheilt.

Die Thore sind an die Säulen aufgehängt und für die Fußwege einflügelig, für die Schienen und Fahrbahn zweiflügelig.

Die Gitterthore auf Pfeiler Nr. I (Bl. 40) bestehen aus verticalen Flacheisenstäben von 35×10 mm Stärke und 3,15 m Länge (von Oberkante des Schienengeleises), welche, in Abständen von circa 162 mm, auf drei, über die ganze Breite der Thorflügel reichende Tragbänder von 60×13 mm Stärke aufgenietet sind. Diagonalkreuze aus Flacheisenstäben von 50×8 mm Stärke, mit den einzelnen Gitterstäben vernietet, verstärken die Construction.

Zur Feststellung der Thorflügel hat jeder derselben oben und unten einen Schubriegel, welcher bei geöffnetem Thor unten in einen Haustein, oben in die über die Säulen ge-

legten **I**-Eisenträger eingreift; bei geschlossenem Thore greifen die unteren Riegel ebenfalls in einen Haustein, während sich bei den zweiflügeligen Thoren der obere Riegel des einen Flügels in einen Kloben des anderen Flügels, bei den einflügeligen Thoren dagegen in einen in die Mauer des Blockhauses eingemauerten Kloben schiebt. Die eingeschobenen Riegel werden durch Vorhängeschlösser festgehalten, die Thore selbst durch feste Kastenschlösser verschlossen.

Bei den festen Thoren auf Pfeiler Nr. I haben die Bessemer-Stahlplatten 10 mm Dicke und 13,15 m Höhe von Schienen-Oberkante. Die einzelnen Thorflügel werden von den Säulen mittelst 3 Charnierbänder aus Flacheisen von 105×13 mm getragen; von diesen sind die beiden äußeren über die ganze Länge der Thorflügel säumend aufgenietet, während das mittlere Band nur bis zur Mitte des Thorflügels reicht. Von den Drehbolzen ist der obere und mittlere, um ein Ausheben der Flügel zu verhindern, als Schraubenbolzen mit Kopf und Mutter hergestellt; dagegen sitzt der untere Drehbolzen in dem an der Säule befestigten Bande fest. Das Band des Thores ist oben geschlossen und mit einem Stahlfutter versehen, welches, indem es sich auf den Drehbolzen auflegt, eine leichtere Bewegung des Thores gestattet.

Außer diesen Bändern ist auf jeden Thorflügel ein Kreuz aus Flachstäben von 105×13 mm aufgenietet und die vordere Seite durch einen Flachstab von 105×13 mm gesäumt, der gleichzeitig als Anschlagleiste dient.

Eine Stützrolle, welche auf einem Kranze von glatt bearbeiteten Granitplatten läuft, stützt die Thorflügel beim Öffnen und Schließen. Zum Feststellen derselben dienen Schubriegel, welche durch kleine Hebel leicht zu bewegen sind und unten in Hausteine mit eingegossenen gußeisernen Kloben eingreifen, während die oberen Riegel sich in Kloben einschieben, welche an die, über die Säulen gelegten **I**-Eisenträger angenietet sind.

Jede Säule der festen Thore wird mit der entsprechenden Säule der Gitterthore durch zwei **I**-Eisenträger verbunden, und können zwei dieser **I**-Eisenträger, aneinandergelascht, beim Schließen der Thore über die 3 Säulen der festen Thore gelegt werden; die übrigen **I**-Eisenträger verbleiben in ihrer Lage und steifen die Säulen gegen einander ab. An die über die drei Säulen der festen Thore gelegten **I**-Eisenträger sind Riegelkloben genietet, welche gleichzeitig den geschlossenen festen Thoren als Anschlag dienen.

Außerdem ist jedes Thor noch mit einem Schubriegel versehen, welcher bei den zweiflügeligen die beiden Thorflügel gegeneinander hält und die einflügeligen gegen die Mauer feststellt.

Schließlich haben die beiden doppelflügeligen Thore noch einen langen eisernen Hebel erhalten, welcher, an dem einen Thorflügel in seiner Mitte um einen Zapfen drehbar, beim Schluß der Thore in je zwei Krampen eines jeden Flügels eingedreht und durch einen Schieber festgestellt werden kann; letzterer wird alsdann durch ein Vorhängeschloß festgehalten, während jedes Thor selbst durch ein Kastenschloß verschließbar ist.

Zum Beobachten der Brücke, resp. um dieselbe durch Geschosse bestreichen zu können, ist jeder Thorflügel mit zwei Schießscharten versehen, welche durch Ueberfallklappen, die sich durch Flügelschrauben feststellen lassen, geschlossen

werden. Diese sind im Zapfen drehbar und werden beim Öffnen nach oben gedreht und gegen einen eingienieteten Stift gelegt.

Die eisernen Säulen haben einen Querschnitt von 600 mm im Quadrat und bestehen aus Eisenplatten von 10 mm Dicke, welche durch Winkeleisen in den 4 Ecken mittelst Nietung verbunden sind. Sie erhalten an den Stellen, an denen die Aufhängebänder angebracht sind, zur Verstärkung innen angenietete Kränze aus Winkeleisen. Die aus Gußeisen hergestellte Bekrönung ragt über die Oberkante der Thore hinweg. Der Fuß der Säulen liegt 300 mm unter Oberkante des Schienengeleises, ist hier durch Winkeleisen von $(105 + 105) \times 13$ mm auf den vier Seiten gesäumt und durch dieselben mit einer Gußeisenplatte von 830 mm im Quadrat verschraubt; letztere ist in Cement auf das Fundament gelegt und durch 4 Bolzen von 30 mm Durchmesser mit einer Gegenplatte, welche 2 m tief im Fundament liegt, verankert. — Der Fuß der Säule ist bis zur Höhe der Fußwege eingemauert.

Das feste Thor auf Pfeiler Nr. X (Bl. 41) ist um eine verticale Achse drehbar, welche im Kreuzungspunkte der Mittellinien des zwischen den Fahrbahnen befindlichen Geländers, und des auf den festen Auflagern ruhenden Endquerträgers angebracht ist. Dadurch ergeben sich zwei ungleiche Längen für die Flügel des Thores von 6,26 m und 4,405 m und eine einseitige Belastung der Drehachse. Um diese davon zu befreien und das ganze Thor beweglicher zu machen, erhält der Flügel auf der Straßensfahrbahn eine Stützrolle, welche beim Schließen und Öffnen des Thores auf einer schwach gewölbten, in die Fahrbahn eingelassenen und mit derselben verschraubten Flachschiene läuft.

Das Thor ist aus 10 mm starken Bessemer-Stahlplatten von 3,149 m Höhe über Oberkante des Schienengeleises hergestellt, so daß im geschlossenen Zustande des Thores der ganze lichte Raum des Portales ausgefüllt ist. Die einzelnen Platten, die sich vertical gefügt neben einander reihen, sind durch Flachstäbe von 160×13 mm mit einander verbunden. Um die große Fläche gegen den Winddruck zu versteifen und jedes Verbiegen zu vermeiden, sind durch vertical aufgenietete **I**-Eisen die Flügel in fünf Felder geteilt. Diese Felder sind dann durch Druckstreben aus **I**-Eisen und durch Zugeisen aus Flachschiene von 160×13 mm gesichert. Zwei Winkeleisen von $(105 + 80) \times 13$ mm säumen das Thor in seinem ganzen Umfange, während die Oberkante der Platten durch 2 Winkeleisen von $(80 + 80) \times 13$ mm eingefasst wird.

Die Drehachse des Thores läuft oben mittelst eines Zapfens von 60 mm Durchmesser in einem Lager, welches an die obere Endquerverbindung angenietet ist. Der untere Zapfen, ebenfalls 60 mm stark, läuft mittelst eines Stahlfutters in einem auf den Endquerträger aufgenieteten Spurtopfe. Vertical unter der Drehachse ist der Endquerträger, um die Last des Thores sicher tragen zu können, nochmals gelagert. Zur Feststellung des geschlossenen Thores werden durch einen Hebel am kleinen Thorflügel gleichzeitig zwei Riegel oben und ein Riegel unten in entsprechende Kloben, ein fünfter Riegel durch Hebel und Zugstange nach oben seitlich eingeschoben. Ist dies geschehen, so können die beiden Bewegungshebel durch Schieber festgestellt und letztere durch Vorhängeschlösser gesichert werden. Die Zug-

stange des oben erwähnten fünften Riegels des großen Thorflügels läßt sich auf den entsprechenden Bewegungshebel aufstreifen, und verhindert somit das Oeffnen des Riegels. Zwei kleine Schubriegel sind außerdem seitlich angebracht, und werden in die Endverticalen eingeschoben.

Im geöffneten Zustande des Thores können nur die unteren Riegel und die beiden kleinen Schubriegel in dazu gehörige Kloben eingeschoben werden, während der obere Theil des Thores durch zehn Spannstangen gegen Verbiegen gesichert wird.

Das Thor ist mit neun Schiefscharten versehen, welche wie oben beschrieben construirt sind.

IX. Statische Berechnung.

Der statischen Berechnung der Brückenkörper ist die Annahme zu Grunde gelegt, daß die äußerste Faserspannung eines jeden schmiedeeisernen Constructionstheils für die gewöhnlich vorkommenden Belastungen höchstens 750 kg pro qcm betragen darf. Nur für die außergewöhnliche Belastung durch Winddruck ist ein Steigen der äußersten Faserspannungen bis zu höchstens 11 kg pro qcm als zulässig erachtet worden.

Dem entsprechend ist festgesetzt, daß die äußerste Faserspannung pro qcm betragen darf:

- 1) bei den Hauptträgern, Querträgern, Schwelenträgern unter der gewöhnlichen Belastung bis zu 750 kg,
- 2) bei den Hauptträgern unter gleichzeitigem Winddruck bis zu 900 „
- 3) bei dem oberen und unteren Horizontalgitter, den oberen Querstreben und den Fußweg-Langträgern bis zu 1150 „

Die Niete sollen für gewöhnliche Belastungen mit höchstens 700 kg, für außergewöhnliche im Maximum mit 900 kg pro qcm beansprucht werden.

Die Pressung und Spannung der äußersten Faser in den Hölzern des Belages soll 75 kg pro qcm nicht überschreiten.

In den Fußstücken der Auflager soll die äußerste Faserschicht pro qcm mit höchstens 250 kg gespannt und mit 500 kg gedrückt werden.

Die Pressung pro qcm Cementfuge soll im Maximum nicht mehr als 15 kg, diejenige der Pendel in den Auflagern pro cm Höhe und cm Länge nicht mehr wie 22,5 kg betragen.

Für jeden auf Zugspannung beanspruchten Querschnitt sind die in diesem Querschnitt liegenden Niete abgezogen worden, für alle gedrückten Querschnitte dagegen ist der volle Querschnitt in Rechnung gezogen.

Das Eigengewicht der Eisenconstruction ist aus den Abschlußrechnungen der Weichselbrücke bei Thorn pro lfd. m und pro Hauptträger zu 3529,7 kg pro lfd. m und pro Hauptträger Holzbelag und Schienen zu 510,3 „

in Summa pro lfd. m Hauptträger zu 4040 kg bestimmt worden.

Als mobile Belastung ist angenommen, daß die beiden Eisenbahngleise der Brücke voll belastet werden. Es ergibt sich alsdann pro lfd. m und pro Hauptträger eine Belastung von 3584,5 kg.

Aus diesen Gewichten ergeben sich die in den betreffenden Belastungs- und Spannungsskizzen auf Blatt J angegebenen Werthe.

X. Der Anstrich der Eisenconstruction.

Sämmtliche Eisentheile der Brücke haben, nachdem sie von Rost durch Beizen gereinigt waren, zunächst in der Fabrik einen Anstrich von Leinöl und einen solchen von Bleimennige-Oelfarbe erhalten, und sind dann nach erfolgter Montage noch zweimal mit dem letzteren versehen worden.

Die verwendete Farbe wurde aus einem Gewichtstheil Leinöl auf 4 Gewichtstheile Mennige hergestellt. Mit 1 kg Farbe ließen sich durchschnittlich 5,5 qm Fläche einmal streichen. Da die gesammte Oberfläche des Eisens ca. 97000 qm beträgt, so sind für jeden Anstrich rot. 3530 kg Oel und 14129 kg Bleimennige verbraucht worden.

Der Anstrich der unteren Brückentheile, soweit dieselben nicht direct zugänglich waren, erfolgte von den an der Untergurtung hängenden fahrbaren Revisionsbühnen aus. Für die höher liegenden Theile, Verticalen, Diagonalen und Obergurtung, dagegen wurde ein besonderes Gerüst construirt, welches auf der Obergurtung verschiebbar war und auf Blatt 42 in Fig. 6 u. 7 dargestellt ist. Da dasselbe nur für die Bauzeit dienen sollte, erfolgte die Ausführung in leichtester Weise aus Holz. Es besteht aus dem über beide Gurtungen hinüberreichenden Wagen und zwei außerhalb der Trägerwände beweglich an jenen aufgehängten Gerüsten.

Der Wagen, dessen 2 Langbalken d (nur $1\frac{3}{18}$ cm stark) durch schwache schmiedeeiserne Zugstangen e von den Lagerpunkten her unterstützt wird, läuft mittelst 4 Flanschräder auf den äußeren horizontalen Schenkeln der oberen Winkeleisen der Obergurtung.

Er trägt in der Mitte eine für Lasten von 400 kg construirte Winde, mit deren Hilfe die Bewegung des Gerüstes durch Taue bewirkt wurde. An seinen beiden Enden sind starke schmiedeeiserne Zapfen befestigt, um welche die beiden Hängebühnen wegen der geneigten Lage der Obergurtung in verticaler Richtung schwingen können. Die Bühnen sind in 4 Etagen von 2 m Höhe eingetheilt.

Die vier verticalen Hängesäulen f bestehen aus je zwei Brettern von $\frac{4}{5}$ cm Stärke, zwischen denen ein Raum von 4 cm Breite für die Befestigung der Querverbindungen g verbleibt. Auf letzteren liegen die armirten Etagenbretter h zum Aufenthalt für die Anstreicher. Ferner sind in dem erwähnten Zwischenraum in jeder Etage zwei horizontale, hochkantige Bretter i verschiebbar untergebracht. Dieselben dienen, wenn nach dem Innern des Brückenkörpers vorgeschoben und mit einem losen Brette belegt (Fig. 6 links), zum Anstrich der inneren Seiten der Trägertheile, müssen aber, wie in Fig. 6 rechts dargestellt ist, während der Bewegung der Vorrichtung nach außen durchgestoßen werden.

Zur Ueberführung dieses Gerüstes von einem Joch auf das andere wurden während der Arbeit über die Trägerenden und zwar zwischen den beiden vorletzten Knotenpunkten starke mit Laufschiene versehene Balken auf die Obergurtung gelegt und über den Endverticalen unterstützt. Obgleich die letzteren vor den übrigen Verticalen stark nach außen hin vortreten, konnte das Gerüst an ihnen doch vermöge seiner Leichtigkeit und der Beweglichkeit aller Theile ohne Mühe vorübergeschoben werden.

Die beschriebene Vorrichtung hat sich während der drei Baujahre, in denen sie benutzt wurde, sehr gut bewährt.

XI. Die Montage des eisernen Ueberbaues.

Die Gerüste zur Montage des eisernen Ueberbaues sind auf Bl. 42 in Fig. 1 bis 5 dargestellt. Sie bestehen aus dem, auf eingerammten Pfählen bezw. auf den Fangedämmen der Strompfeiler ruhenden Untergerüst und dem vollständig isolirten Mittel- und Obergerüst.

Das Untergerüst, in Sprengwerksform erbaut, bietet besondere Eigenthümlichkeiten nicht dar. Für die Bemessung der Holzstärken und die Zahl der Grundpfähle war die aufzubringende Last bestimmend. Dieselbe setzt sich zusammen aus dem Eigengewicht der Eisenconstruction, soweit letztere vor dem Losschlagen der Unterstützungen aufgebracht wird, und aus dem Gewicht des Gerüsts, der Geräte, Werkzeuge, Arbeiter und der etwa aufliegenden anderweitigen Constructionsstücke, und betrug für jeden Knotenpunkt und Träger resp. 19000 kg und rot. 9000 kg, in Summa 28000 kg.

Da meistens je 3 Knotenpunkte eines Trägers auf 6 Pfählen ruhen, kommen auf jeden der letzteren rot. $\frac{3 \cdot 28000}{6} = 14000$ kg.

Mit Rücksicht auf die möglichen Ausspülungen des Untergrundes und die zeitweise stärkere Belastung eines Joches wurden die Pfähle, deren mittlerer Durchmesser 34 cm beträgt, 6 m tief eingerammt, und haben sich in Folge dessen Bewegungen niemals gezeigt.

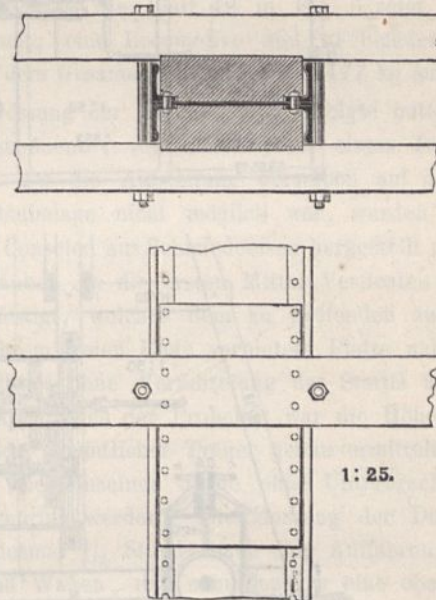
Um den Gefahren entgegenzutreten, welchen die im Strome stehenden Pfahljochs durch das Antreiben von Flößen oder Fahrzeugen ausgesetzt waren, wurde vor jedem derselben ein Schutzbock gerammt, aus drei schräggestellten, oben mit einander verbundenen Pfählen bestehend. Bei den Oeffnungen zwischen den Pfeilern VIII und X, deren Ueberbrückung im letzten Baujahre erfolgte, erschien dieses aber nicht ausreichend, weil dort unter normalen Verhältnissen die Hauptfahrt für die Flöße sich befindet.

Daher wurde daselbst noch in der Mitte zwischen den Holzjochen je ein Schutzbock gerammt, und ein vollständiger Verschluss der beiden Oeffnungen durch Schwimmbalken angeordnet, deren Einstellung nach dem jeweiligen Wasserstande mittelst Ketten erfolgte. Diese Vorsichtsmaafsregeln waren hauptsächlich für die Nachtzeit erforderlich, da, wie früher schon erwähnt, der der Bauverwaltung gehörige Dampfer den Sicherheitsdienst bei Tage hinreichend auszuüben im Stande war. Uebrigens hat sich während der ganzen Bauzeit nach dieser Richtung hin kein Unfall ereignet.

Von den früher üblichen Constructions unterscheidet sich das hier zur Verwendung gebrachte Mittel- und Obergerüst vortheilhaft dadurch, daß es ausschließlich die Verticalen der Hauptträger zur Stützung benutzt und in Folge dessen ausnehmend wenig Holz verbraucht. Jede Verticale trägt, ca. 3 m vom oberen Ende entfernt, einen sie vollständig umfassenden, aus zwei gleichen Hälften zusammengesetzten gußeisernen Schuh (Fig. 1 und 3 bei a), welcher durch starke Schraubenbolzen festgeklemmt wird, und den Halt gegen verticale Verschiebung dadurch erhält, daß sich die Nietköpfe der Winkeleisen in entsprechende Aussparungen des Gußeisens einlegen. Der Schuh ist mit

den nöthigen Ansätzen zum Einsetzen der Holzstreben des Gerüsts versehen.

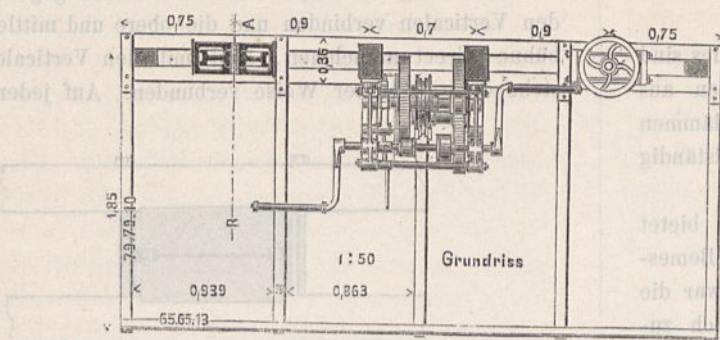
Die Zangenholzer, welche die beiden gegenüberliegenden Verticalen verbinden und die obere und mittlere Gerüstbühne direct aufnehmen, sind mit den Verticalen in bestehend gezeichneter Weise verbunden. Auf jeder Seite der



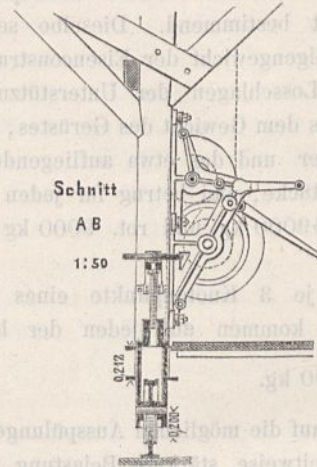
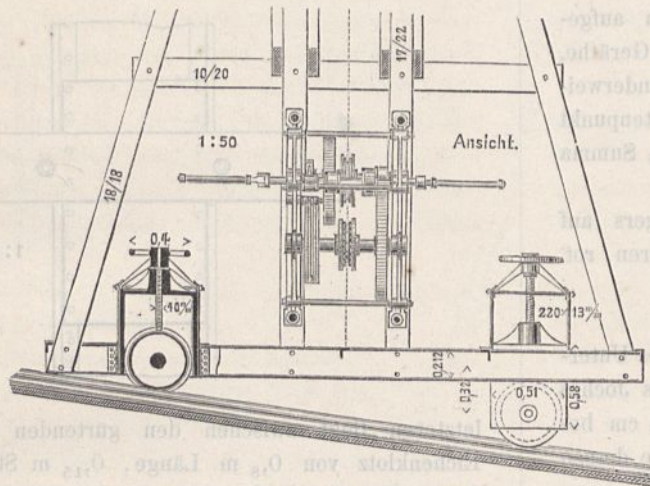
letzteren liegt zwischen den gürtenden Winkeleisen ein Eichenklotz von 0,8 m Länge, 0,15 m Stärke und 0,47 m Breite (Fig. 3 bei b). Derselbe ist nach den Eisentheilen hin mit Gruben versehen, in welche die Nietköpfe genau hineinpassen. Die Zangen umschließen beiderseits die Eichenklötze mit Einkämmung. Indem sie außerhalb der Verticalen durch Schraubenbolzen ganz fest zusammen gezogen werden, ist theils durch die Reibung, theils durch den Widerstand, den die Nietköpfe leisten, jede Bewegung unmöglich gemacht. — Zum Einbauen der Eisentheile dienten, wie aus den Zeichnungen auf Bl. 42 ersichtlich, zwei Laufkrahne (auf nächster Seite im Detail dargestellt), einer auf der Unterrüstung, der andere auf der Oberrüstung, von ca. 5500 kg Eigengewicht und 6000 kg Tragfähigkeit. Letztere entsprach dem Gewicht der schwersten zu bewegenden Stücke, der Endverticalen. Die Hebung erfolgte mittelst einer Kettenwinde, deren 18 mm starke Kette über gezahnte Räder frei abließ. Für die horizontale Verschiebung der Last war eine Laufkatze auf den Krahnbalken vorhanden. Der auf dem Obergerüst befindliche Krahn mußte während seiner Thätigkeit auf der, der Öbergürtung entsprechend geneigten Schienenbahn hin und her gezogen werden, was mittelst starker Taue und Flaschenzüge bewirkt wurde. Um zu verhüten, daß hierbei seine Verticalaxe sich ebenfalls neigte, wurde der Krahnfuß so projectirt, daß die Laufrollen auf- und niedergeschoben werden konnten. In den vorstehenden Figuren ist die bezügliche Construction dargestellt. Der Krahnfuß besteht aus einem eisernen Rahmen, in welchem die Stiele und Streben fest verschraubt sind. Jede Rolle liegt in einem starken Körper von Gußeisen, dessen senkrechte gehobelte Wandungen in einem mit dem Rahmen verbundenen schmiedeeisernen Bügel geführt werden. Letzterer ist am oberen Ende durchbohrt zur Einbringung einer Schraubenspindel, mittelst deren, mit

Hilfe eines aufgesetzten Handrades, die Einstellung der Rolle auf die gewünschte Höhe erfolgt.

selben wurden mit dem Fuß zwischen die Stofsplatten der Knotenpunkte gelegt, hier durch zwei, in correspondirende



Detail der Laufkrahne.



Fast das gesammte im zweiten und dritten Baujahre erforderliche Eisen wurde von der Fabrik aus per Bahn nach der an der Weichsel ca. 80 cm oberhalb der Brückenbaustelle belegenen Ostbahn-Station Schulitz geschafft und dort in Weichselkähne übergeladen. Aus letzteren gelangte es unmittelbar auf die Rüstung mit Hilfe eines Hebekrahns, welcher im zweiten Baujahre bei Pfeiler VIII, im dritten bei Pfeiler X nach den zu jener Zeit noch freien mittleren Oeffnungen VIII/IX und IX/X hin erbaut wurde.

Das bezügliche Gerüst mußte der Steinpackung wegen weit vor die Pfeiler vorgeschoben werden. Es ist auf Bl. 42 in Fig. 8 und 9 dargestellt. Zum Heben diente eine Dampfwinde und ein drehbarer Ausleger, welcher die Eisentheile gleich auf kleine Eisenbahnwagen legte zum directen Transport nach der Verwendungsstelle.

Die Montage ging in nachbezeichneter Weise vor sich. Nachdem die Mittellinie des Joches auf der Rüstung und den Pfeilern genau vorgezeichnet war, wurden die immer nur von Knotenpunkt zu Knotenpunkt reichenden Richtstücke der Untergurtung, unterstützt durch Eisenklötze und Kropfschrauben, verlegt, ausgerichtet und von der Trägermitte ausgehend verbunden. Sobald die wichtigsten Nieten geschlagen waren, erfolgte das Einbauen der Quer- und Schwellenträger und der unteren Windstreben, darauf das vollständige Vernieten aller dieser Theile. Sodann wurden die beiden Hauptlager auf denjenigen Pfeiler versetzt, welcher dem soeben erwähnten Hebekrahn zunächst lag, und die zugehörigen Endverticalen nebst ihren Verbindungstheilen aufgerichtet. Nunmehr ging man, von dem anderen Pfeiler her beginnend, mit dem Einbringen der Mittelverticalen vor. Die-

Nietlöcher gesenkte Dorne drehbar befestigt und in der Richtung der Brückenaxe so nach dem letzterwähnten Pfeiler hin übergeneigt, daß sie mit der Horizontalen einen Winkel von ca. 20° bildeten. Zur Unterstützung in dieser Lage diente ein, auf die Untergurtung gesetzter niedriger Holzbock. In gleicher Weise wurden die weiteren Verticalen jener ersten parallel eingelegt und gegen einander abgestützt, wie dies aus Fig. 1 auf Blatt 42 links ersichtlich ist.

Gleichzeitig erfolgte das Befestigen der gußeisernen Schuhe *a*, der Eichenklötze *b* und Doppelzangen *c* des Ober- und Mittelgerüstes an den Verticalen, sowie das Einbauen der zwischen Schuh und Doppelzangen projectirten Streben.

Nachdem diese Arbeit für das ganze Joch vollendet war, wurde mit Hilfe von Flaschenzügen und Tauen mit dem Aufrichten der Verticalen von der bereits stehenden Endverticale aus vorgegangen. War eine von ihnen in die senkrechte Lage gebracht, so erhielt sie sofort den nöthigen Halt, oben theils durch die Langholme der Gerüste, theils durch provisorische eiserne Zuganker, unten durch Verschraubung mit den Querträgern, und konnte hier dann schon mit dem Einbauen der weiteren Gerüsttheile vorgegangen werden. Die noch fehlenden Hauptlager und Endverticalen wurden versetzt, sobald der Laufkrahn auf diesem Joch entbehrlich und auf das nächstfolgende vorgeschoben war. Ebenfalls von der Mitte ausgehend, wurden nunmehr die Richtstücke der Obergurtung eingebracht, nachdem vorher die Verticalen nach allen Seiten hin eine genau senkrechte Stellung erhalten hatten.

Während der Vernietung baute man den oberen Querverband und die Windstreben ein. Letztere durften aber an

den Knotenpunkten der Obergurtung erst dann, wenn der Träger frei über dem Gerüst schwebte, vernietet werden. Denn es hatte sich bei den zuerst montirten Jochen gezeigt, daß sie andernfalls in Folge der bei der Fortnahme der Träger-Unterstützungen eintretenden Verkürzung der Obergurtung schlotterig wurden.

Bis dahin war auf eine genau horizontale Lage der Untergurtung gehalten. Vor dem Einbauen der Haupt-Diagonalen aber wurde die Ueberhöhung der Träger, in der Mitte um 60 mm, nach den Lagern hin parabolisch abfallend, bewirkt. Dieselbe war so bemessen, daß annähernd bei voll belasteter Brücke die Untergurtung, entsprechend der in der statischen Berechnung gemachten Annahme, eine gerade horizontale Linie bilden sollte. Ferner lag dieser Maßnahme die Absicht zu Grunde, Biegungsspannungen in den Knotenpunkten der Ober- und Untergurtung bei voll belasteter Brücke möglichst zu vermeiden.

Die Diagonalen wurden in der Werkstatt an ihrem unteren Ende nicht gelocht, auch behufs Ausgleichung etwaiger Montage-Fehler, um ein Geringes länger geliefert, als die Zeichnung verlangte. Erst nach Ausführung der Ueberhöhung erfolgte das Kürzen auf die richtige Länge und das Bohren der Nietlöcher, wobei auf den zur Erzeugung gleichmäßiger Spannung erforderlichen Anzug Rücksicht genommen werden mußte.

Der Gerüstbau nahm für jedes Joch durchschnittlich eine Zeit von 6 Wochen in Anspruch, wovon 4 Wochen auf die nur mit einer Dampftramme betriebene Rammarbeit, zwei auf das Richten und Verbinden kamen. Weitere 7 bis 8 Wochen erforderte die Herstellung der Eisenconstruktion bis zum Fortnehmen der Träger-Unterstützungen. Die im dritten Baujahre bei der Montage erzielte bedeutende Leistung von 6 Jochen war daher nur dadurch zu erreichen, daß die Unternehmerin 3 Untergerüste und 2 Ober- und Zwischengerüste beschaffte und so es ermöglichte, gleichzeitig an mehreren Punkten zu arbeiten.

XII. Die Probebelastung.

Nach den Lieferungsbedingungen für den eisernen Ueberbau sollte jeder Brückenkörper pro Meter seiner Länge mit 7200 kg belastet werden.

Davon war eine Hälfte auf dem Schienengeleise, die andere in gleicher Entfernung von der Brücken-Mittellinie auf dem Fahrwege aufzubringen. Um die Dauer der Prüfung möglichst abzukürzen, wurde die Belastung des Geleises

durch 7 schwere Locomotiven, diejenige des Fahrweges in folgender Weise bewirkt:

Außerhalb der Brücke, ca. 100 m vor dem auf Pfeiler XII befindlichen Trägerende, wurde in das Fahrgeleise eine provisorische Weiche eingelegt, und von dieser ein zweites Geleise abzweigend, welches sich, auf dem Fahrwege 3,88 m von der Brückenmitte entfernt, über sämtliche Joche erstreckte, wie Blatt 42 in Fig. 6 zeigt. Dasselbe war bestimmt, eine Locomotive und 11 beladene Arbeitswagen mit dem Gesamtgewicht von 17477 kg aufzunehmen.

Die Messung der Durchbiegung erfolgte mittelst zweier Nivellir-Instrumente, von denen jedes einem Träger zugeeignet war. Da die Aufstellung derselben auf dem beweglichen Bohlenbelage nicht möglich war, wurden zwei weit ausladende Consolen aus Schmiedeeisen hergestellt und mittelst Klemmschrauben an die ersten Mittel-Verticalen desjenigen Joches befestigt, welches dem zu prüfenden zunächst lag. Eine an ihrem freien Ende vernietete Platte nahm das Instrument direct ohne Vermittelung des Statifs auf. Schon vor dem Aufbringen der Probelast war die Höhenlage aller Knotenpunkte sämtlicher Träger genau ermittelt, es konnten daher die einzelnen Joche ohne Unterbrechung nacheinander geprüft werden. Die Messung der Durchbiegung begann jedesmal $\frac{1}{2}$ Stunde nach dem Auffahren der Locomotiven und Wagen, und nahm nahezu eine eben so lange Zeit in Anspruch, mithin erforderte die Prüfung der ganzen Brücke nur 11 Stunden.

Als Durchschnitts-Resultat ergab sich unter der Einwirkung der obigen Last eine Durchbiegung in der Trägermitte von 42 mm, welche nach Entfernung der Locomotiven und Wagen und des provisorischen Geleises bis auf 11 mm (bleibende Durchbiegung) verschwand. Da schon durch das Eigengewicht (einschließlich des Belages und des definitiven Fahrgeleises) die Brückenkörper sich in der Mitte um durchschnittlich 34 mm gesenkt hatten, die bei der Montage gegebene Ueberhöhung aber 60 mm betrug, so geht die Untergurtung des Trägers bei voller Belastung fast genau um ebensoviele (16 mm) unter die Horizontale herab, wie sie sich in unbelastetem Zustande über derselben erhebt (15 mm).

XIII. Die Baukosten.

In dem Nachfolgenden sind Angaben über die zur Ausführung gekommenen Massen und die gezahlten resp. erzielten Einheitspreise zusammengestellt.

Massen	Bezeichnung der Leistungen	Einheitspreise		
		pro	M.	ℓ.
A. Pfeilerbauten.				
2390	cbm Boden aus den Baugruben der Pfeiler I und XII mittelst des Vertical-Handbaggers auszubaggern und zu verkarren, excl. Beschaffung und Unterhaltung der Geräte und Rüstungen	cbm	2	54
6030	cbm Boden aus den Fundamentbrunnen der Pfeiler II bis VI behufs Senkung derselben wie vor	cbm	3	16
	Bemerkung: Obige 6030 cbm geben nur den projectmäßigen Inhalt der auszubaggernden Erde ohne die von seitwärts in die Brunnen eindringenden Massen an, während der Einheitspreis aus den Gesamtkosten auf die Masse von 6030 cbm reducirt ist.			
29370	cbm Boden aus den Baugruben der Strompfeiler VIII bis XI mittelst des Schiffs-Dampfbaggers auszubaggern und zu verkarren excl. Beschaffung und Unterhaltung der Maschinen und Geräte	cbm	—	62
5900	cbm Beton anzufertigen und zu versenken excl. Beschaffung und Unterhaltung der Maschinen und Geräte und excl. Material	cbm	4	75
1112	cbm Fundament-Mauerwerk der Landpfeiler I und XII von Feldsteinen herzustellen incl. Gerüste und Geräte excl. Wasserschöpfen und Mörtelbereitung	cbm	4	25
2457	cbm Mantelmauerwerk der Fundamentbrunnen bei Pfeiler II bis VI aus Ziegelsteinen wie vor	cbm	4	50

Massen	Bezeichnung der Leistungen	Einheitspreise		
		pro	ℳ	φ.
138	cbm Gurtbogen-Mauerwerk der Pfeiler I bis VI und XII aus Ziegelsteinen wie vor	cbm	10	—
1662	cbm Ausmauerung der Brunnen bei Pfeiler II bis VI aus Ziegelsteinen wie vor	cbm	4	—
13083	cbm aufgehendes Mauerwerk sämmtlicher Pfeiler größtentheils aus Ziegelsteinen, bei den Landpfeilern theilweise aus Feldsteinen wie vor	cbm	4	50
1830	cbm Werksteinverblendung einschliesslich der Auflagersteine zu versetzen wie vor	cbm	16	50
99	cbm Werksteine zur Brunnenüberdeckung und unter den Auflagersteinen wie vor	cbm	15	—
488	qm Granitdeckplatten 15 cm bis 20 cm stark zu verlegen wie vor	qm	4	—
1809	qm sichtbar bleibende Fläche des aufgehenden Ziegelmauerwerks mit klinkerartigen Ziegelsteinen zu verblenden wie vor (Zulage)	qm	—	50
1809	qm desgleichen zu fugen wie vor	qm	—	60
20600	cbm Mauerwerk (Granit, Ziegel und Feldsteine), den Mörtel zu bereiten excl. Beschaffung und Unterhaltung der Gebäude, Maschinen und Geräte	cbm	1	20
160	lfde. m Schirmwand 5 m tief einzurammen und später zu beseitigen excl. Beschaffung und Unterhaltung der Rammen	lfde. m	97	—
433	lfde. m Faschinenwand zu rammen, Senkfaschinen anzufertigen und einzulegen, die Wand später wieder zu beseitigen excl. wie vor	lfde. m	50	—
106	lfde. m Pfahlwand der beiden Landpfeiler einzurammen und abzuschneiden excl. wie vor	lfde. m	119	—
315	lfde. m desgleichen der Strompfeiler wie vor	lfde. m	116	—
86	Stück Rostpfähle des Landpfeilers I wie vor	Stück	36	—
655	Stück Rostpfähle der Strompfeiler wie vor	Stück	34	—
15	Stück Brunnenkränze der Kämpenpfeiler incl. Material und Verlegen	Stück	726	—
28810	cbm Steinpackung um die End- und Strompfeiler und bei Pfeiler VI herzustellen incl. Material	cbm	9	02
B. Eiserner Ueberbau.				
7988512	kg Schmiedeeisen incl. Montiren und zweimaligem Mennigeanstrich	1000 kg	388	—
232996	kg Gufseisen wie vor	1000 kg	319	—
16455	kg Gufsstahl wie vor	1000 kg	815	—
4304	kg Bleiplatten	1000 kg	700	—
113	kg Rothgufs	1000 kg	8500	—
96470	qm Oberfläche des dritten Mennigeanstrichs der Eisentheile in 11 Jochen à rot. 8770 qm	Joch	1888	—
6967	qm Belag der äusseren Fufsstege, bestehend aus 10/6 cm starken Eichen-Unterzügen und 5 cm starken kiefernen Bohlen incl. Verlegen und Befestigen	qm	3	49
5355	qm Belag der Fahrbahn, bestehend aus 11 cm starken unteren kiefernen Langbohlen und 5 cm starken oberen kiefernen Querbohlen incl. wie vor	qm	7	28
2195	lfde. m der beiderseitigen Abweishölzer neben der Fahrbahn von 16/26 cm starkem profilirten Kiefernholz incl. Verlegen und incl. Befestigen und Anbringen der Abweise-Eisen	lfde. m	2	81
921	qm Belag des inneren Fufssteiges, bestehend aus 11/21 cm starken kiefernen Unterzügen und 5 cm starken kiefernen Bohlen incl. Verlegen und Befestigen	qm	4	05
3277	qm Belag zwischen und neben den Schienen des Geleises, bestehend aus 5 cm starken kiefernen Langbohlen incl. wie vor	qm	2	70

Die Gesamtbaukosten betragen:

a) für den Unterbau der Brücke, einschliesslich der Aufbauten auf den Landpfeilern 2 000 000 ℳ

b) für 2 Mastenkrähne incl. Dampfmaschine und Zubehör incl. Schienenbahnen 23 000 „

c) für Uferdeckwerke und Terrainregulirungen 60 000 „

Uebertrag 2 083 000 ℳ

Uebertrag 2 083 000 ℳ

d) für den eisernen Ueberbau incl. Anstrich excl. Eisenhahnschienen 3 200 000 „

e) für den Bohlenbelag 103 000 „

in Summa 5 386 000 ℳ

Die Ausführung des Baues erfolgte in den Jahren 1876 bis 1879 unter der oberen Leitung des bautechnischen Mitgliedes der Königlichen Direction der Ostbahn, Regierungs- und Baurath Suche, durch den Eisenbahn-Bau- und Betriebs-Inspector Tobien.

Hydrotechnische Untersuchungen zur Regulirung des Przemsafusses.

(Mit Zeichnungen auf Blatt F und G im Text.)

(Schluss.)

7. Wassermenge und mittlere Flufsgeschwindigkeit, hergeleitet aus den Flügelmessungen bei 0,74 m Chelmeker und 0,76 m Ober-Pegel.

Die mittlere Geschwindigkeit in der Verticalen ist der Quotient aus der Geschwindigkeitsfläche und der Wassertiefe. Wie die Berechnung der mittleren Geschwindigkeit in den 10 Abschnitten erfolgt ist, kann z. B. aus der nächstfolgenden Tabelle ersehen werden. Hieraus ist auf Blatt G die

Horizontalcurve C—C der mittleren Geschwindigkeiten abgeleitet, welche die in den Abschnitten gefundenen Punkte stetig verbindet. Diese Curve zeigt naturgemäß dieselbe Zusammensetzung aus 3 Zweigen wie A—A und B—B. In gleicher Weise findet man die mittlere Geschwindigkeit eines Profilschnittes als Quotienten des im Abschnitt liegenden Theils der von der Curve C—C eingeschlossenen Geschwindigkeitsfläche, dividirt durch die Abschnittsbreite, wie nachstehend auf Spalte 417 Abschnitt Nr. I als Beispiel zeigt.

Mittlere Geschwindigkeit (v_m) in der Verticale jedes Abschnitts (mittlere Verticalgeschwindigkeit).

Vertical-Profil des Abschnittes	Die Flügelachse liegt unter dem zeitigen Wasserspiegel cm	Gefundene mittlere Geschwindigkeit pro Secunde m	Gemittelte Geschwindigkeit einer Wasserschicht m	Höhe d. Wasserschicht bei 0,76 m Wasserstand am oberen Pegel cm	Vertical-Geschwindigkeitsfläche	Mittlere Vertical-Geschwindigkeit v_m	Oberflächen-Geschwindigkeit v_0	Boden-Geschwindigkeit hergel. aus d. mittl. Vertical-Parabel v_u	$\frac{v_m}{v_0}$
I	8	0,696	0,676	13	8,788	0,379	0,696	-0,255	0,545
	20	0,656	0,588	20	11,760				
	40	0,519	0,473	20	9,460				
	60	0,426	0,309	20	6,180				
	80	0,191	0,096	30	2,880				
	110	0							
			Summa	103	39,068				

Mittlere Geschwindigkeit v_m für jeden Profil-Abschnitt aus der Curve CC der mittleren Geschwindigkeit.

Abschnitt Nr.	Punkt Nr.	Geschwindigkeit in Metern		
		einzeln	zusammen	gemittelt im Abschn. v_m
I	1	0,050	1,712	0,285
	2	0,145		
	3	0,238		
	4	0,332		
	5	0,427		
	6	0,520		

Unter Zugrundelegung dieser mittleren Geschwindigkeiten sind endlich in folgender Tabelle die Wasser-

mengen jedes Abschnittes berechnet, und ergibt deren Summe:

die gesuchte Wassermenge . . . = 22,024 cbm,
 die Querprofilfläche . . . = 27,67 qm,
 die mittlere Flufsgeschwindigkeit = 0,796 m.

8. Berechnung der mittleren Geschwindigkeit aus dem relativen Gefälle nach den Formeln von Eytelwein und Hagen für den Wasserstand von 0,74 m am Chelmeker und 0,76 m am Ober-Pegel.

Die mittlere Flufsgeschwindigkeit v ist

I. nach Eytelwein = $K\sqrt{RJ}$,

II. nach der neuen Formel = $K_1\sqrt{R}\sqrt[6]{J}$,

Berechnung der Wassermenge und mittleren Flufsgeschwindigkeit bei 0,74 m am Chelmeker Pegel und 0,76 m am Ober-Pegel.

Nr. des Querprofil-Abschnitts	Berechnung der Abschnittsfläche			Fläche des ganzen Abschnittes qm	v_m mittlere Geschwindigkeit eines Abschnittes m	Wassermenge des Abschnittes pro Secunde cbm	Bemerkungen	
	Peiltiefe einzeln	Peiltiefe gemittelt	Breite m					
I	0,00	0,22	1	0,22	0,22	0,285	0,633	Der benetzte Umfang des Querprofils beträgt 22,80 m
	0,44		1	0,77				
	1,10		1	1,23				
	1,35		1	1,35				
II	1,35	1,37	1	1,37	2,72	0,721	1,961	R = Querschnitt des benetzten Flussprofils ist daher. = $\frac{27,67}{22,80}$
	1,39		1	1,34				
III	1,29	1,34	1	1,34	2,68	0,738	1,978	= 1,214 m
	1,39		1	1,35				
IV	1,30	1,35	1	1,35	2,70	0,806	2,176	Mittlere Geschwindigkeit im Flussprofil $V = \frac{22,024}{27,67}$
	1,39		1	1,37				
V	1,35	1,33	1	1,33	2,70	0,869	2,346	Die wahre mittlere Geschwindigkeit U_m wurde in Nr. 2 gefunden = 0,752 m
	1,30		1	1,40				
VI	1,50	1,50	1	1,50	2,90	0,893	2,590	Es ist sonach $U_m = 0,945 v$.
	1,50		2	3,00				
VII	1,50	1,45	1	1,45	2,85	0,994	2,833	
	1,40		1	1,40				
VIII	1,40	1,45	1	1,45	2,97	1,003	2,979	
	1,50		1	1,52				
IX	1,35	1,45	1	1,45	2,93	0,591	1,732	
	1,35		1	1,08				
	0,80		1	0,40				
	0,00		1	0,40				
	Summa		22,0	—	27,67	—	22,024	

worin $K = 50,9$ in Metermaafs,
 $K_1 = 2,425$ " "
 $R = \frac{\text{Querschnitt}}{\text{benetzten Umfang}}$ des Flussprofils,
 J das relative Gefälle des Wasserspiegels bezeichnet.

Für die Berechnung der mittleren Geschwindigkeit des Wassers im Profil B wird das mittlere relative Gefälle des Wasserspiegels auf der 100 m langen Strecke zwischen Profil A und C zu Grunde gelegt. Für die Zeit der Messungen mit dem Woltman'schen Flügel ergibt sich dasselbe als das

Mittel der dicht vor und nach denselben aufgenommenen Nivellements.

Das relative Gefälle betrug bei:

Nivellement Nr. III	0,000520	am rechten Ufer,
" " "	0,000500	am linken Ufer,
" " IV	0,000460	am rechten Ufer,
" " "	0,000300	am linken Ufer,
" " V	0,000450	am rechten Ufer,
Mittel aus III u. IV	0,000400	am linken Ufer,

im Mittel 0,000438;

also $J = 0,000438$.

Nach der zuletzt mitgetheilten Tabelle ist

$$R = 1,214$$

$$V = 0,796;$$

daher nach Formel I

$$0,796 = K \sqrt{1,214 \cdot 0,000438}$$

$$\sqrt{1,214} = 1,102$$

$$\sqrt{0,000438} = 0,0209.$$

$$K = \frac{0,796}{1,102 \cdot 0,0209} = \text{rot. } 34,5.$$

Nach den Kutter'schen Tabellen für den Coefficienten K in Formel I würde für die Przema die XI. Kategorie anzunehmen sein, woraus sich für $R = 1,0$, der Coefficient $K = 37,5$ ergeben würde.

Nach Formel II ist

$$0,796 = K_1 \sqrt{1,214 \cdot \sqrt[6]{0,000438}}$$

$$\sqrt[6]{0,000438} = 0,27558$$

$$K_1 = \frac{0,796}{1,102 \cdot 0,27558} = \text{rot. } 2,62.$$

9. Mittlere Geschwindigkeit und Wasserspiegelgeschwindigkeit.

a. Verhältniß der mittleren Geschwindigkeit (v_m) zur Wasserspiegelgeschwindigkeit (v_0).

Das Verhältniß $\frac{v_m}{v_0}$ variirt zwischen 0,545 und 0,904.

Wenn man jedoch den Abschnitt I ausschaltet, in welchem sich der Einfluß des unregelmäßigen Ufers sehr bemerklich macht und die Geschwindigkeit nach unten stark abnimmt, so liegen die Grenzen zwischen 0,80 und 0,904; und beträgt $\frac{v_m}{v_0}$ im Mittel 0,86.

Grebenauf fand bei den Rheinmessungen $\frac{v_m}{v_0}$ im Mittel 0,82.

b. Verhältniß der mittleren Flufgeschwindigkeit (v) zur größten Thalweggeschwindigkeit (c).

Die größte Thalweggeschwindigkeit findet sich in Profil IX = 1,228 m,

die mittlere Flufgeschwindigkeit $v = 0,796$, daher

$$\frac{v}{c} = \frac{0,796}{1,228} \text{ rot. } 0,65,$$

Grebenauf fand bei den Rheinmessungen $\frac{v}{c} = 0,73$.

10. Vertical-Geschwindigkeitscurven und Verhältniß zwischen Bodengeschwindigkeit, mittlerer Verticalgeschwindigkeit und Wasserspiegelgeschwindigkeit.

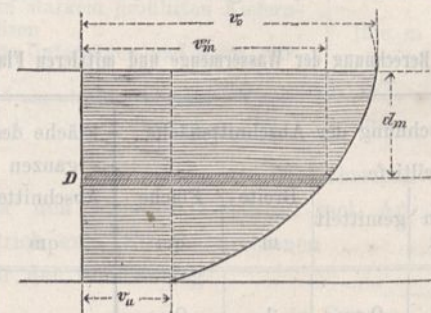
a. Geschwindigkeitscurven.

Alle bisherigen Geschwindigkeitsmessungen in regelmäßigen Flufprofilen haben ergeben, daß die graphisch dargestellte Vertical-Geschwindigkeitslinie sich ziemlich genau einer Parabel anschließt, und wird einerseits angenommen, daß die Parabelaxe horizontal und zwar im Wasserspiegel oder wenig unter derselben liege, andererseits durch Hagen (Wasserbau II. Theil §. 27) nachgewiesen, daß die Axe der Parabel senkrecht stehe und der Scheitel in der Flußsohle liege.

Da die Bestimmung der Verticalcurve besonders für die Herleitung des Werthes der direct nicht meßbaren Bodengeschwindigkeit, sowie des Ortes der mittleren Geschwindigkeit von Wichtigkeit ist, so sollen nachstehend beide Theorien nach dieser Richtung hin einer kurzen Betrachtung unterzogen werden.

Die zu construierende Parabel muß die gleiche Geschwindigkeitsfläche (F) einschließen, also dieselbe mittlere Verticalgeschwindigkeit ergeben, wie das durch die Messungen gefundene Geschwindigkeits-Polygon.

b. Bodengeschwindigkeit v_u .



Für beide oben angeführten Theorien gilt:

$$F = D \cdot v_m = D \cdot v_m + \frac{2}{3}(v_0 - v_u)D, \text{ worin } D \text{ die Wassertiefe,}$$

v_0 die Wasserspiegelgeschwindigkeit,

v_m die mittlere Verticalgeschwindigkeit,

v_u die Bodengeschwindigkeit bezeichnet

$$v_{m1} = v_u + \frac{2}{3}(v_0 - v_u)$$

$$3 v_m = v_u + 2 v_0 \text{ oder } v_u = 3 v_m - 2 v_0,$$

d. h. die Bodengeschwindigkeit ist gleich der 3fachen mittleren Geschwindigkeit minus der doppelten Wasserspiegelgeschwindigkeit.

Wenn man nun noch in vorstehender Formel den gefundenen Quotienten $\frac{v_m}{v_0} = 0,86$ einsetzt, so folgt

$$v_u = 0,67 v_m = 0,58 v_0 \text{ oder}$$

$$v_u = \frac{2}{3} v_m = \frac{7}{12} v_0.$$

c. Ort der mittleren Geschwindigkeit.

1) Bei der Annahme, daß die Parabelaxe im Wasserspiegel liegt, berechnet sich die Tiefe d_m unter Wasserspiegel, woselbst die mittlere Geschwindigkeit stattfindet, wie folgt

$$D^2 = p(v_0 - v_u) \quad p = \frac{D^2}{v_0 - v_u}$$

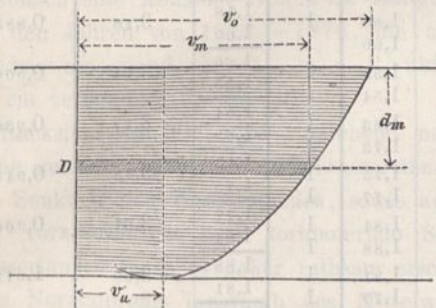
$$D_m^2 = \frac{D^2}{(v_0 - v_u)}(v_0 - v_m)$$

$$d_m = D \frac{\sqrt{v_0 - v_m}}{v_0 - v_u} \quad v_u = 3v_m - 2v_0$$

$$d_m = D \frac{\sqrt{v_0 - v_m}}{3(v_0 - v_m)} = D \sqrt{\frac{1}{3}}$$

$$d_m = 0,577 D.$$

2) Bei der Annahme, daß die Parabelaxe senkrecht steht und der Scheitel in der Flußsohle liegt,



ist $(v_0 - v_u)^2 = p D \cdot v d \cdot p = \frac{(v_0 - v_u)^2}{D}$

$$(v_m - v_u)^2 = \frac{(v_0 - v_u)^2}{D} (D - d_m)$$

$$\frac{d_m}{D} = 1 = \left(\frac{v_m - v_u}{v_0 - v_u} \right)^2$$

$$v_u = 3v_m - 2v_0$$

$$\frac{p_m}{D} = 1 - \frac{[2(v_0 - v_m)]^2}{[3(v_0 - v_m)]^2} = 1 - \frac{4}{9} = \frac{5}{9}$$

$$d_m = 0,556 D = \frac{5}{9} D.$$

Der Unterschied beider Resultate beträgt demnach nur 2 pCt., und ist es daher für die Praxis ohne erheblichen Einfluß, welche der beiden Theorien für die Bestimmung des Ortes der mittleren Verticalgeschwindigkeit angenommen, während für die Bodengeschwindigkeit in beiden Fällen das gleiche Resultat gefunden wird.

11. Mittlere Geschwindigkeit und Wassermenge bei 0,79 m am Chelmeker-Pegel und 0,88 m am Ober-Pegel.

Vorstehende Resultate sind benutzt, um aus den Schwimmermessungen die Wassermenge und mittlere Geschwindigkeit für den Wasserstand von 0,79 m am Chelmeker und 0,88 m am Ober-Pegel annähernd abzuleiten, wobei angenommen wird, daß das Verhältniß der mittleren Geschwindigkeit zur Oberflächengeschwindigkeit einer Verticalen bei beiden Wasserständen constant bleibt. Hiernach sind analog dem früheren Verfahren in folgenden Tabellen die mittleren Geschwindigkeiten der Abschnitte, die mittlere Flußgeschwindigkeit und die Wassermengen berechnet.

Als Querschnittsfläche des Profils gilt hierfür das zur Zeit der Schwimmermessungen gepeilte in Blatt G mit schwachen Linien eingezeichnete Flußprofil. Es berechnet sich bei diesem Wasserstande

- die Wassermenge = 27,372 cbm,
- die Flußprofilfläche = 32,80 qm
- und die mittlere Flußgeschwindigkeit = 0,835 m.

Berechnung der mittleren Vertical-Geschwindigkeiten aus der Wasser-spiegel-Geschwindigkeit unter Annahme des bei den Flügelmessungen

gefundenen Verhältnisses $\frac{v_m}{v_0}$.

Profil-Abschnitt	v'_0 Schwimmer-Geschwindigkeit in der Mitte des Abschnitts	$\frac{v_m}{v'_0}$	v'_m Mittlere Vertical-Geschwindigkeit	Bemerkungen
I	0,79	0,54	0,427	Aus den nebenstehenden Werthen v'_m ist die Horizontal-Curve CC auf Blatt G construiert.
II	1,01	0,84	0,848	
III	1,065	0,83	0,884	
IV	1,000	0,90	0,900	
V	1,065	0,88	0,937	
VI	1,085	0,87	0,944	
VII	1,095	0,88	0,964	
VIII	1,135	0,90	1,022	
IX	1,095	0,82	0,898	
X	0,840	0,80	0,672	

Mittlere Geschwindigkeit (v_m) in jedem Profilabschnitt, berechnet aus der Horizontal-Curve der mittleren Geschwindigkeit.

Profil-Abschnitt Nr.	Punkt Nr.	Geschwindigkeit in Metern			gemittelt im Abschnitt
		einzeln	zusammen		
I	1	0,042	1,868	0,311	
	2	0,130			
	3	0,225			
	4	0,345			
	5	0,500			
	6	0,626			
II	7	0,735	3,303	0,826	
	8	0,823			
	9	0,863			
	10	0,882			
III	11	0,887	3,532	0,883	
	12	0,885			
	13	0,880			
	14	0,880			
IV	15	0,885	3,599	0,900	
	16	0,894			
	17	0,905			
	18	0,915			
V	19	0,925	3,742	0,936	
	20	0,933			
	21	0,940			
	22	0,944			
VI	23	0,945	3,777	0,944	
	24	0,945			
	25	0,943			
	26	0,944			
Uebertrag		19,821			

Profil Abschnitt Nr.	Punkt Nr.	Geschwindigkeit in Metern		
		einzel	zusammen	gemittelt im Abschnitt
		Uebertrag	19,821	
VII	27	0,950	3,864	0,966
	28	0,957		
	29	0,970		
	30	0,987		
VIII	31	1,007	4,049	1,012
	32	1,020		
	33	1,020		
	34	1,002		
IX	35	0,965	3,577	0,894
	36	0,920		
	37	0,872		
	38	0,820		
X	39	0,766	3,155	0,526
	40	0,704		
	41	0,630		
	42	0,525		
	43	0,375		
	44	0,155		
		Summa	34,466	

Die wahre mittlere Geschwindigkeit (v'_m) ist sonach = $\frac{34,466}{44} = 0,783$ m.

B. Feststellung der Normalbreite für die Przema-Regulirung.

1. Zweck der Regulirung.

Die Regulirung der Przema hat in erster Linie die Beförderung der Schifffahrt ins Auge zu fassen, während die Sicherung der Ufer erst in zweiter Linie in Betracht kommt.

Zur Erreichung einer möglichst lohnenden Schifffahrt ist auf eine möglichst große Fahrtiefe hinzuwirken, um größere Ladungen und demgemäß einen wohlfeileren Wassertransport zu erzielen. Deshalb muß dahin gestrebt werden, daß der Tiefgang der Fahrzeuge auf der Przema demjenigen auf der anschließenden Weichselstrecke gleichkommt, damit die Ladungsfähigkeit auf beiden Flüssen dieselbe bleibe. Da die Weichselfahrzeuge durchschnittlich 0,80 m Tiefgang brauchen und die Wasserschicht unter dem Schiffe noch ca. $\frac{1}{3}$ der Eintauchung betragen soll, so würde sich eine auch für die Przema zu erstrebende Minimaltiefe von $\frac{4}{3} \cdot 0,80$ m = 1,07 oder rot. 1,05 m ergeben. Die Möglichkeit einer solchen Fahrtiefe wird bedingt durch den Wasserreichthum und das relative Gefälle des Flusses sowie durch die Breite der Fahrzeuge.

2. Wasserstände.

Da der Wassergehalt des Flusses einem beständigen Wechsel unterworfen, und andererseits danach zu trachten ist, die Schifffahrt während des Jahres möglichst lange aufrecht zu erhalten, so wird es zunächst nothwendig, eine Untersuchung über die täglichen Wasserstände anzustellen.

Berechnung der Wassermenge und mittleren Flufsgeschwindigkeit bei 0,88 am oberen Pegel = 0,79 am Pegel zu Chelmek.

Nr. des Abschnittes	Peiltiefe		Breite	Querschnitt		Zugehörige mittlere Vertical- Geschwin- digkeit m	Wasser- menge cbm
	ein- zeln m	ge- mittelt m		ein- zeln qm	des Abschnittes qm		
I	0	0,3	1,0	0,30	2,54	0,311	0,790
	0,6	0,9	1,0	0,90			
	1,2	1,34	1,0	1,34			
	1,48	1,48	1	1,48			
II	1,48	1,53	1	1,48	3,01	0,826	2,486
	1,59	1,58	1	1,53			
III	1,57	1,60	1	1,58	3,18	0,883	2,808
	1,63	1,60	1	1,60			
IV	1,58	1,55	1	1,60	3,15	0,900	2,835
	1,52	1,54	1	1,55			
V	1,57	1,63	1	1,54	3,17	0,936	2,967
	1,70	1,73	1	1,63			
VI	1,76	1,75	1	1,73	3,48	0,944	3,285
	1,75	1,77	1	1,75			
VII	1,80	1,84	1	1,77	3,61	0,966	3,487
	1,88	1,88	1	1,84			
VIII	1,88	1,81	1	1,88	3,69	1,012	3,734
	1,74	1,77	1	1,81			
IX	1,80	1,80	1	1,77	3,57	0,894	3,192
	1,80	1,80	1	1,80			
X	1,67	1,73	1	1,73	3,40	0,526	1,788
	0,83	1,25	1	1,25			
	0	0,42	1	0,42			
		Sa.			32,80	—	27,372

Der Umfang beträgt 23,6 m.

Die mittlere Geschwindigkeit des ganzen Querprofils (V_1) beträgt daher $\frac{27,372}{32,8} = 0,835$.

Diese wird ermöglicht durch die statistischen Aufzeichnungen, welche preussischerseits über den in der Przema an der Brücke bei Kl.-Chelm aufgestellten Pegel — der im Folgenden nach dem gegenüberliegenden österreichischen Orte Chelmek benannt wird — gemacht worden und in den Acten der Königlichen Regierung zu Oppeln aufbewahrt sind. Hieraus ist eine Tabelle über die Wasserstände innerhalb der letzten 14 Jahre zusammengestellt worden. Dieser Zeitraum ist in zwei Theile getrennt, wovon der erste, von 1862 bis 1872, in die Zeit des noch unregulirten, der zweite von 1873 bis 1876, in die Zeit des auf der unteren Strecke bis über Kl.-Chelm und Chelmek hinauf regulirten Flußlaufes fällt.

Aus dieser Tabelle wird ersichtlich, daß der zwischen den Grenzen von 60—80 cm anzunehmende Mittelwasserstand in der ersten Periode länger als in der zweiten angehalten hat. Es ergeben sich nämlich bei Annahme der für den Schifffahrtsbetrieb überhaupt in Betracht kommenden 8 Monate von April bis incl. November pro Jahr durchschnittlich.

a) für die Zeit von 1862 bis 1872

14 Tage Niedrig-Wasserstände unter 0,60 m a. P.
186 „ Mittel- „ von 0,60—0,80 m a. P.

b) für die Zeit von 1873 bis 1876

134 Tage Niedrig-Wasserstände unter 0,60 m a. P.
93 „ Mittel- „ von 0,60—0,80 m a. P.

Diese Veränderung ist der im Jahre 1863 vollendeten Regulirung der unteren Przemsa-Strecke, — innerhalb welcher der Chelmek Pegel steht — zuzuschreiben, welche unter gleichzeitiger Senkung der Sohle auch eine Senkung des Wasserspiegels zur Folge gehabt hat.

Aber abgesehen von dem Einfluß der Regulirung zeigt sich eine auch anderweitig durch die Erfahrung bereits festgestellte, bis zu einer gewissen Grenze fortdauernde Senkung des Niedrigwassers, dessen Pegelstand sich im Mittel aus den Jahren

von 1862 — 1866 zu 0,360 m
 von 1868 — 1872 zu 0,54 m

ergiebt, wonach eine Abnahme von 6 cm stattgefunden hat, welche in den Jahren von 1873 — 1876, die einen gemittelten Niedrigwasserstand von 0,47 m a. P. aufweisen, um weitere 7 cm vermindert worden ist.

Mit Rücksicht auf die, wie vorstehend nachgewiesen, eingetretene geringe Dauer der Mittelwasserstände oder die scheinbare Senkung des Wasserstandes, sowie auf die wirkliche und voraussichtlich noch fortdauernde Senkung des Niedrigwassertandes muß es daher rathsam erscheinen, die Breite des Normalprofils innerhalb des Mittelwasserstandes möglichst einzuschränken, um auch künftig eine im Jahre möglichst lange andauernde Fahrtiefe für die Schifffahrt zu erreichen.

Der aus einem Zeitraume von 14 Jahren nachgewiesene Niedrigwassertand beträgt 0,54 a. P., wofür rot. 0,50 m a. P. angenommen werden soll, desgleichen der mittlere Jahreswasserstand 0,75 m a. P., welcher Werth innerhalb der

in der Tabelle für die Mittelwasserstände angenommenen Grenzwerte 0,360 und 0,80 m liegt und in der regulirten Strecke als der Normal-Mittel-Wasserstand betrachtet werden muß.

3. Ausbildung des Flußbettes auf der regulirten Flußstrecke von Chelmek abwärts.

Von gleicher Wichtigkeit erscheint die Ermittlung des Einflusses, welchen die auf der unteren Strecke ausgeführte Regulirung bereits auf die Ausbildung des Flußbettes und der Fahrtiefe ausgeübt habe. Zu diesem Zweck wurden von dem Ober-Ingenieur Matula am 1. und 2. Juni, also gleichzeitig mit den Wassermessungen im Czarnuchowitzer Durchstich, auf der Strecke von Chelmek abwärts bis zur Weichsel zahlreiche Peilungen bei einem Wasserstande von 0,74 — 0,79 am Chelmek Pegel ausgeführt, woraus sich ergiebt, daß die Breite des Flusses im Allgemeinen noch zu bedeutend ist, als daß sich in demselben eine genügend tiefe und regelmäßige Stromrinne bilden könnte. Indessen ist ein großer Theil der aufgenommenen Profile doch geeignet, zur Beurtheilung des angemessensten Normalprofils einige Anhaltspunkte zu bieten.

Der günstige Umstand, daß die Peilungen gleichzeitig mit den Wassermessungen, also bei einer bekannten Mittelwassermenge des Flusses = 22,02 cbm vorgenommen wurden, ermöglichte auch die Berechnung der mittleren Geschwindigkeiten in den gemessenen Profilen.

Die wichtigsten Resultate der angestellten Untersuchungen sind aus folgender Tabelle ersichtlich:

E s b e t r ä g t	Bei den Profilen Nr. 4, 12 und 17			Bei den Profilen Nr. 1, 11, 15, 16 und 23 bis 29			Bei allen 14 regelmäßigen Profilen			
	Grenzwerte von	bis	Mittelwerth	Grenzwerte von	bis	Mittelwerth	Grenzwerte von	bis	Mittelwerth	
a. für den Mittel-Wasserstand von 0,75 m am P. zu Chelmek										
1) der wasserhaltende Querschnitt	31,30	39,00	34,4	27,55	35,90	30,6	27,55	39,00	31,4	qm
2) die Wasserspiegelbreite	41	42	41,3	22	37	29,7	22	42	32,2	m
3) die mittlere Wassertiefe	0,77	0,95	0,83	0,82	1,28	1,06	0,77	1,28	0,98	m
4) die mittlere Geschwindigkeit	0,56	0,70	0,64	0,61	0,80	0,73	0,56	0,80	0,71	m pro Secunde
b. für den Niedrig-Wasserstand von 0,50 m am P. zu Chelmek										
1) die mittlere Wassertiefe	0,52	0,70	0,58	0,57	1,03	0,81	0,52	1,03	0,73	m
2) die größte Wassertiefe	0,85	0,95	0,92	1,15	1,85	1,47	0,85	1,85	1,35	m
3) die Breite der 1,05 m und mehr tiefen Stromrinne	—	—	—	4,6	17,2	11,1	4,6	17,2	8,7	m

4. Herleitung eines Normalprofiles für Mittelwasser aus den Peilungen der unteren Flußstrecke.

Die vorstehende Zusammenstellung ermöglicht nunmehr, aus den Peilungen ein zweckentsprechendes Normalprofil annähernd festzustellen. Als zweckmäßigste Form des Flußbettes ist hierbei eine Parabel anzunehmen, deren Scheitel in der Mitte der Sohle liegt, wie dies annähernd bei regelmäßig ausgebildeten Flüssen beobachtet wurde.

I. Zieht man alle 14 regelmäßigen Profile in Betracht, so würde sich aus dem Mittel derselben ein Normalprofil für Mittelwasser von rot. 32 qm Fläche, 32 m Wasserspiegelbreite und 1 m mittlerer Tiefe ergeben, in welchem eine mittlere Geschwindigkeit = rot. 0,369 m vorhanden ist. Dadurch entsteht das hier gezeichnete Normalprofil, bei welchem sich die Wassertiefe in der Mitte

$$D = \frac{32}{\frac{2}{3} \cdot 32} = 1,50 \text{ m}$$



berechnet. Diese Tiefe ist in den Profilen No. 13, 16, 21, 22, 25 und 26 schon vorhanden, während sie in No. 8, 11, 15, 23, 24, 27 bis 30 noch überschritten wird.

Der obere Theil des Flußbettes entspricht der Tangente an die Parabel im Wasserspiegel mit dem Steigungsverhältniß von 3 : 16 oder 1 : 5 1/3. Die Breite b, auf welche bei Niedrigwasser = 0,50 m a. P. noch eine Fahrtiefe von 1,05 m vorhanden ist, würde bei diesem Normalprofil 11,7 m betragen, wie sich aus nachstehender Rechnung ergiebt.

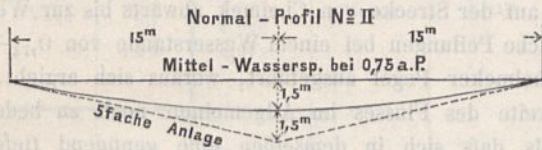
Es ist nämlich, wenn die Gleichung der Parabel $y^2 = px$,

$$16^2 = p \cdot 1,5, \text{ woraus } p = 170,7$$

$$\frac{b^2}{4} = 170,7 (1,5 - 1,30)$$

$$b = 11,7 \text{ m.}$$

II. Werden jedoch die Profile No. 4, 12 und 17, welche eine zu große Wasserspiegelbreite haben und deshalb auch nicht die verlangte Fahrtiefe erreichen, ausgeschaltet, so folgt aus den Mittelwerthen der übrigen 11 Profile ein Normalprofil mit rot. 30 qm Fläche, 30 m Wasserspiegelbreite und 1,06 m mittlerer Wassertiefe, in welchem eine mittlere Geschwindigkeit von 0,73 m vorhanden ist.



Hieraus ergibt sich das vorstehende Normalprofil mit derselben größten Wassertiefe von 1,5 m. Der obere Theil des Flußbettes entspricht der Tangente an die Parabel im Wasserspiegel mit dem Steigungsverhältniß 3 : 15 oder 1 : 5.

Die Fahrtiefe von 1,05 m bei Niedrigwasser würde hierüber auf 11,0 m Breite stattfinden.

Es ist nämlich $15^2 = p \cdot 1,5$
woraus $p = 150$

$$\frac{b^2}{4} = 150 (1,5 - 1,30) \text{ und}$$

$$b = 11,0 \text{ m.}$$

Die größte Bodengeschwindigkeit (v_u), welche im Stromstrich stattfindet, ergibt sich

1) nach Bazin aus der Formel $v_u = v - 6 \sqrt{RJ}$, worin v die mittlere Flußgeschwindigkeit,

$$R = \frac{\text{Fläche}}{\text{benetzter Umfang}} \text{ des Flußprofils,}$$

J das relative Gefälle, im Mittel = 0,000767 ist.

2) aus den Ermittlungen im Abschnitt A durch die Werthe

$$\frac{v}{c} = 0,65 \text{ (cfr. 10.)}$$

$$v_u = 0,58 v_o = 0,58 c \text{ (cfr. 11.)}$$

woraus $v_u = \frac{0,58}{0,65} v = 0,89 v.$

Für beide obige Normalprofile ist nun R annähernd = 0,994, v durchschnittlich = 0,70, und ist alsdann nach der Bazin'schen Formel

$$v_u = 0,7 - 6 \sqrt{0,994 \cdot 0,000767} = \text{rot. } 0,54 \text{ m,}$$

nach der zweiten Formel

$$v_u = 0,89 \cdot v = 0,89 \cdot 0,7 = \text{rot. } 0,62 \text{ m.}$$

Das Mittel beider Resultate würde mithin 0,58 m als größte Geschwindigkeit in der Flußsohle ergeben, welche annähernd auch bei der Wassermessung im Czarnuchowitzer Durchstich in den Verticalprofilen No. IV bis IX* ermittelt worden ist.

Da die Bodengeschwindigkeit der mittleren Stromrinne nach den Ufern zu abnimmt, so würde eine nachtheilige Aus-tiefung der Sohle nicht zu erwarten stehen.

Die grösste Thalwegsgeschwindigkeit beträgt für beide Profile annähernd $\frac{0,70}{0,65} = 1,1 \text{ m.}$

5. Gefälleverhältnisse des Flusses vor und nach der projectirten Regulirung.

Aus dem Längenprofil zum Project dieses Jahres über die Regulirung der Przema (Blatt F), für welches die Wasser-spiegelhöhen aus dem vom Vermessungsrevisor Hruzik im Jahre 1870 angefertigten Nivellementsplane entnommen sind, lassen sich die Gefälleverhältnisse ersehen, welche vor und nach der Regulirung stattfinden. Es beträgt hiernach die Ordinate des Mittelwasserspiegels

bei Stat. 0 (Anfang der Strecke bei Slupna) = 24,802 m

„ „ 180 (Brücke zu Chelmek) . . = 10,690 m

„ „ 234 (Mündung in die Weichsel) = 6,652 m

mithin das absolute Gefälle

von Stat. 0 — Stat. 180 = 14,112 m

„ „ 180 — „ 234 = $\frac{4,038 \text{ m}}{5400}$
= 18,150 m.

Auf der oberen, bis Stat. 166 noch zu regulirenden Strecke beträgt nun die natürliche Flußlänge von Stat. 0 bis 180 noch 20585 m. Hieraus ergibt sich das gegenwärtig vorhandene durchschnittliche relative Gefälle auf der Strecke

von Stat. 0 — Stat. 180 = $\frac{14,112}{20585} = 0,000685$

„ „ 180 — „ 234 = $\frac{4,038}{5400} = 0,000748$

und im Mittel = $\frac{18,150}{25985} = 0,000699.$

Mit Ausführung des qu. Projectes würde also eine Ver-kürzung des Flußlaufes um 2585 m entstehen und am An-fangspunkte der Flußstrecke jedenfalls eine Senkung des Wasserspiegels hervorgerufen werden, welche, wie nach-stehend motivirt, auf rot. 0,20 m zu schätzen ist.

Der in der bereits regulirten Strecke bei Stat. 180 (des Regulirungsprojectes) an der Brücke zu Chelmek gelegene Pegel zeigt nämlich in den Jahren von 1862—1872, also vor der Regulirung der unteren Strecke, die Höhe der Mittelwasserstände zwischen 0,60—0,80 a. P., im Durch-schnitt 0,70 a. P., während nach der Regulirung in den Jahren 1873—1876 dieselben Wasserstände in den Monaten Juli bis November als Niedrigwasserstände zwischen 0,44 bis 0,60 a. P., im Mittel 0,52 a. P. vorkommen. Mithin ist eine Senkung des Wasserspiegels von 0,18 m eingetreten, wofür rund 0,20 m angenommen werden kann, und steht zu erwar-ten, daß dieselbe Erscheinung sich auch auf der oberen Flußstrecke wiederholen wird.

Hiernach würden die obigen Gefälleverhältnisse dahin modificirt, daß das absolute Gefälle auf der Strecke

von Stat. 0 bis Stat. 180 sich auf 13,912 m

„ „ 0 „ „ 234 „ „ 17,950 m ermäßigt.

Das durchschnittliche relative Gefälle J des regulirten Flusses berechnet sich mithin für die obere Strecke von Stat. 0 bis Stat. 180 auf

$$\frac{13,912}{18000} = 0,000773$$

für die untere Strecke von Stat. 180 bis Stat. 234 auf

$$\frac{4,038}{5,400} = 0,000748$$

und für die ganze Strecke von Stat. 0 bis Stat. 234 auf

$$\frac{17,950}{23,400} = 0,000767.$$

6. Theoretische Untersuchung der Normalprofile I und II.

Unter Berücksichtigung der vorstehend nachgewiesenen Gefälleverhältnisse wird es nun erforderlich, die auf empirischem Wege gefundenen Normalquerprofile einer theoretischen Untersuchung zu unterziehen. Dieselbe erfolgt auf Grund der Formel $v = K \sqrt{RJ}$.

Als Ziel der Regulierung muß die Erreichung des Durchschnittsgefälles hingestellt werden, welches sich aus dem absoluten Gefälle der ganzen Flußstrecke ergibt, also des relativen Gefälles $J = 0,000767$, von welchem übrigens die Durchschnittsgefälle des seither regulirten, wie des unregulirten Flußtheiles nicht wesentlich verschieden sind. Die im Längenprofil Blatt G dargestellte starke Linie bezeichnet den Mittelwasserspiegel, welcher sich nach Herstellung einer gleichmäßigen Vertheilung des Gefälles einstellen würde, und gestattet ein Urtheil über die Veränderungen, welche bis zur Erreichung dieses Zieles im Flußbette noch vorgehen müssen.

Der Werth von R ergibt sich aus den obigen Normalprofilen $= \frac{32}{32,2}$ resp. $\frac{30}{30,2} = \text{rot. } 0,994$.

Der Coefficient K ist laut Abschnitt A. 8 in dem Querprofil des Czarnuchowitzer Durchstichs $= 34,5$ gefunden worden, und dürfte es gerechtfertigt erscheinen, denselben auch für den übrigen Flußlauf, als dem wahren Werth am meisten entsprechend, beizubehalten. Hieraus würde folgen

$$v = 34,5 \sqrt{0,994 \cdot 0,000767} = 0,953 \text{ m}$$

oder

$$\text{rot.} = 0,95 \text{ m.}$$

Es beträgt nun der Querschnitt in dem Normalprofil No. I $= 32 \text{ m}$, in No. II $= 30 \text{ m}$, mithin gehören zur vollständigen Ausfüllung der Profile

$$\text{No. I} = 32 \cdot 0,95 = 30,40 \text{ cbm,}$$

$$\text{No. II} = 30 \cdot 0,95 = 28,50 \text{ cbm,}$$

also Wassermengen, welche für den Mittelwasserstand nicht vorhanden sind.

Die beabsichtigte Fahrtiefe würde daher nicht erreicht, sondern ca. $0,25 \text{ m}$ geringer werden.

Der scheinbare Widerspruch in diesen Resultaten dürfte sich wohl dadurch erklären lassen, dafs für die regulirte Strecke, in welcher eine Anzahl von Querprofilen hinreichende Wassertiefen zeigt, ein gleichmäßig vertheiltes Gefälle noch nicht vorhanden ist, wie dies auch zur Genüge aus einer Betrachtung der übrigen Querprofile hervorgeht, welche wegen ihrer geringen Wassertiefe bei der Ermittlung des Normalprofils nicht berücksichtigt werden konnten.

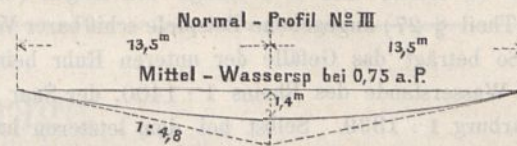
Diese Flußstrecke ist daher als aus einer größeren Anzahl von Wasserhaltungen gebildet anzusehen, welche jede ein tieferes Becken einschließen und durch Stromschnellen mit den anschließenden Haltungen verbunden sind.

Man kann sich demnach der Ansicht nicht verschließen, dafs es wahrscheinlich nöthig werden wird, eine noch größere Einschränkung des Flußbettes vorzunehmen, wenn die beanspruchte Minimalfahrtrife von $1,05 \text{ m}$ erreicht werden soll, ohne künstliche Aufstauungen auszuführen.

7. Theoretische Ermittlung eines Normalprofiles.

Das Normalprofil (No. III), welches, diesen Anforderungen annähernd entsprechend, sich auf theoretischem Wege

ermittelt, ist nebenstehend gezeichnet und hat unter gleicher Annahme der Parabelform eine Wasserspiegelbreite von 27 m ,



sowie eine Wassertiefe im Stromstrich von $1,40 \text{ m}$. Es wird nämlich der Querschnitt $F = \frac{2}{3} \cdot 1,4 \cdot 27 = 25,2 \text{ qm}$, der benutzte Umfang $= 27,2 \text{ m}$ daher

$$R = \frac{25,2}{27,2} = 0,926$$

und $v = 34,5 \sqrt{0,926 \cdot 0,000767} = 0,919$,
mithin die Wassermenge $= 0,919 \cdot 25,2 = 23,16 \text{ cbm}$,
also annähernd die im Durchstich direct gefundene Zahl.

Die mittlere Wassertiefe beträgt hierbei

$$\frac{25,2}{27,0} = 0,93 \text{ m.}$$

Der obere Theil des Flußbettes erhält ein Steigungsverhältniß von $2,8 : 13,5$ oder $1 : 4,8$.

Die Breite, in welcher sich für Niedrigwasser eine Fahrtiefe von $1,05 \text{ m}$ darstellen würde, beträgt $7,2 \text{ m}$.

Es ist nämlich

$$13,5^2 = p \cdot 1,4 \cdot p = 130,2,$$

$$\frac{b^2}{4} = 130,2 (1,40 - 1,30),$$

$$b = 7,2.$$

Für die Bodengeschwindigkeit im Stromstrich ergibt sich

1) nach Bazin

$$\begin{aligned} v_u &= v - 6 \sqrt{RJ} \\ &= v - 6 \sqrt{0,926 \cdot 0,000767} \\ &= 0,92 - 0,16 = 0,76 \text{ m} \end{aligned}$$

2) nach den Ermittlungen im Czarnuchowitzer Durchstich

$$v_u = 0,89 \quad v = 0,89 \cdot 0,92 = 0,82 \text{ m.}$$

Das Mittel beider Resultate ergibt $0,79 \text{ m}$ als größte Geschwindigkeit in der Flußsohle.

Die größte Thalwegsgeschwindigkeit würde annähernd $\frac{0,92}{0,65} = 1,41 \text{ m}$ betragen.

Die vorstehende Ermittlung des Normalprofils hat die im Czarnuchowitzer Durchstich, also am unteren Ende des Flusses gefundene Wassermenge als Grundlage.

Genau genommen wird am oberen Ende der zu regulirenden Strecke diese Wassermenge nicht vorhanden sein. Da jedoch das auf dieser Flußlänge hinzutretende Niederschlagsgebiet nicht flaches Land und in der Größe nicht bedeutend ist, so wird sich nur ein geringer Unterschied der in beiden Endpunkten durchfließenden Wassermengen ergeben, so dafs es nur nöthig sein dürfte, die gefundene Normalprofilbreite von 27 m nach oberhalb bis auf etwa 25 m allmählich zu verringern.

8. Einfluß der Regulierung auf den Schiffahrtsbetrieb.

Das Gefälle des regulirten Flusses beträgt nach den vorstehenden Erörterungen im Durchschnitt

$$0,000767 \text{ oder } 1 : 1300.$$

