

Biblioteka Główna i OINT
Politechniki Wrocławskiej



100100234218

ZEITSCHRIFT FÜR BAUWESEN.

HERAUSGEGEBEN

IM

MINISTERIUM DER ÖFFENTLICHEN ARBEITEN.

REDACTIONS-COMMISSION:

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

REDACTEUR:

F. ENDELL,

REGIERUNGS- UND BAURATH IM MINISTERIUM DER ÖFFENTLICHEN ARBEITEN.

JAHRGANG XXXII.

MIT LXXVII KUPFERTAFELN IN FOLIO UND QUART UND VIELEN IN DEN TEXT
EINGEDRUCKTEN HOLZSCHNITTEN.

1911. 1702.



3420

Abgegeben

von der

Bücherei

der Kgl. Technischen
Hochschule Danzig.

BERLIN 1882.

VERLAG VON ERNST & KORN.

(GROPIUS'SCHE BUCH- UND KUNSTHANDLUNG.)





Original-Beiträge.

Das neue Justizgebäude in Dresden.

(Mit Zeichnungen auf Blatt 1 bis 6 im Atlas.)

Das neue Justizgebäude in Dresden, welches das Landgericht Dresden, die strafrechtliche Abtheilung des Amtsgerichts Dresden und das Oberlandesgericht von Sachsen in sich aufnimmt, ist in den Jahren 1876 bis 1879 erbaut worden. Bei dem Entwurfe galt es, auf einem zwar geräumigen, doch unregelmäßig abgegrenzten Bauplatze im Anschluß an das schon einige Jahre vorher, unter anderen maafsgebenden Bedingungen errichtete Gefangenenhaus ein Gebäude in grossen Verhältnissen und in zweckentsprechender Eintheilung herzustellen, ohne Rücksicht auf den Bestand vorhandener unansehnlicher Nachbargebäude, deren Beseitigung zwar mit der Zeit erfolgen wird, welche bis dahin jedoch ein störendes Hinderniß bilden, das neue Justizgebäude zu seiner vollen Wirkung gelangen zu lassen. Das Gebäude zeigt in der Ansicht zwei bedeutende, fast rechtwinklig auf einander treffende Strafsenfronten, welche sich in einem kräftig vortretenden Eckbau vereinigen, der durch eine reichere, von Statuengruppen gekrönte Architektur zum Hauptpunkte der ganzen Bauanlage erhoben ist.

In Mitte jeder der zwei Hauptstraßenfronten befindet sich ein Haupteingang mit zwei grossen doppelarmigen Treppenaufgängen. Das Portal an der Pillnitzerstrasse bildet den Hauptzugang zu den Hallen und Vorräumen, den Sälen und zugehörigen Localitäten für das Landgericht, welches das Erdgeschofs und das erste Stockwerk des Vorder- und des Mittelgebäudes, sowie das erste und zweite Stockwerk des Hintergebäudes einnimmt. Das Portal an der Gerichtsstrasse dagegen führt zu dem Amtsgericht, welches die Räume des Erdgeschosses dieses und des nächst anliegenden Flügels ausfüllt und 4 Verhandlungssäle, 16 Richterzimmer zur Berathung mit den Schöffen, die Gerichtsschreiberei, ferner die Kasse, Aufbewahrungs- und andere Nebenräume enthält. Der doppelte Treppenaufgang führt in dem ersten Stockwerk nach der Staats- und Oberstaatsanwaltschaft im Gerichtsstraßenflügel und nach dem Oberlandesgericht, welches in dem zweiten Stockwerk beider Strafsenflügel untergebracht ist.

Die Axen der Zugänge durch die Hauptportale kreuzen sich im Mittelgebäude in der grossen Wartehalle für das Publikum vor dem Schwurgerichtssaal, welcher dadurch den Mittelpunkt des ganzen Bauwerkes bildet. Von dieser grossen Wartehalle im Erdgeschofs und dem ersten Stockwerk aus sind die sechs Säle für das Landgericht zugänglich. Die drei grössten Säle einschliesslich des Schwurgerichtssaals liegen im Erdgeschofs neben einander, durch Corridore getrennt, und bilden für sich bestehende, ein Stockwerk hohe Gebäude, welche sich an das Mittelgebäude anschliessen. Dieselben sind mit seitlichem und mit Decken-Oberlicht versehen. Die Corridore zwischen den Sälen führen in's

Freie und nach den Höfen, so dafs die Beamten resp. Geschworenen besondere Ausgänge haben und daher mit dem Publikum in der Halle nicht in Berührung kommen, vermitteln auch die ungestörte Vorführung der Untersuchungsgefangenen, zu deren Asservirung in der Nähe der beiden Säle für strafrechtliche Verhandlungen die erforderliche Anzahl von Zellen angeordnet ist. Im Mittelgebäude befinden sich neben jedem Saale ein Berathungszimmer, beim Schwurgerichtssaal geräumige Locale für die Geschworenen, aufserdem Zimmer für Rechtsanwälte, Zeugen, Parteien und Sachverständige.

Im Vordergebäude sind im Erdgeschofs rechts an dem Flur die Räume der Gerichtsvollzieher belegen, links von denselben und im ersten Stockwerk die Arbeitszimmer der Kammerdirectoren und des Präsidenten mit den Assessoren- und Registraturzimmern, die Kassenzimmer und die Gerichtsschreiberei, in dem zweiten Stockwerk in der rechten Ecke die zum Landgericht gehörige Handelskammer mit Saal, Berathungs- und Räthezimmern, Registraturen, Rechtsanwältezimmern etc. angeordnet.

Das Hintergebäude zunächst dem Gefangenenhause enthält in beiden Stockwerken die Zimmer der Untersuchungsrichter mit Gerichtsschreibern, Aufbewahrungsräume etc. Die Vorführung der Untersuchungsgefangenen erfolgt mittelst der Treppe in Mitten des Hintergebäudes und durch den Verbindungsbau vom anstofsenden Gefangenenhaus.

In dem ersten Stockwerk des Gerichtsstraßenflügels befindet sich die gesammte Localität der Staatsanwaltschaft für das Land- und das Amtsgericht, daneben die des Generalstaatsanwalts für das Oberlandesgericht, mit dem Vorstandszimmer in dem Eckbau.

In dem zweiten Stockwerk der zwei Strafsenflügel ist, mit Ausnahme der zum Landgericht gehörigen Handelskammer, das Oberlandesgericht eingerichtet, welches drei Verhandlungssäle mit Berathungszimmern, das Zimmer des ersten Präsidenten mit Registratur und Plenarsitzungszimmer, in dem Eckbau 5 Zimmer für Senatspräsidenten nebst Assessoren, ferner die Registratur, Zimmer für die Rechtsanwälte und für Zeugen, Sprech- und Wartezimmer, Garderobe, Bibliothek- und Archivräume umfaßt.

Der im Uebrigen disponible Dachraum ist durch Brandmauern mit eisernen Thüren von Wellenblech feuersicher abgetheilt. Auf demselben befinden sich die Expansionsgefäfsse für die Heifswasserheizung, ferner eine Anzahl Hydranten mit Strahlrohren der Wasserleitung zum Feuerschutz; auch münden daselbst die gemauerten Ventilationscanäle der Heifswasserheizung aus den Sälen und Zimmern, deren Fortsetzung entsprechend weite Dunstabzüge mit Abdeckung in der Dachplattform bilden.

In dem Kellergeschoß sind außer den gleichmäßig vertheilten Centralheizvorrichtungen mit den zugehörigen Heizmaterialräumen 7 Wohnungen für Subalternbeamte eingerichtet, in dem abhängenden Theil der Gerichtsstrafe, jedoch vollständig in Parterrehöhe, Reserve-Expeditionszimmer, außerdem geräumige Archive, Sections- und ärztliche Untersuchungszimmer, sowie Leichenzellen, Waschhaus etc. untergebracht.

Die Heizvorkehrungen bestehen im Mittelgebäude in Luftheizung nach Kelling's System mit kräftiger Ventilations- und Luftzuführungseinrichtung; sie erstrecken sich auf Corridore, Hallen, Gänge, Säle, Zimmer etc. Jeder Saal enthält einen besonderen Ofen, der Schwurgerichtssaal deren zwei, direct je unter einer der Ausströmungsöffnungen, welche in halber Höhe über dem Fußboden links und rechts unter einem gekuppelten Fenster münden; die Abführung der Circulationsluft nach dem Ofen zurück geschieht unterhalb des für das Publikum errichteten ansteigenden Podiums im Sockel der Abtheilungsbrüstung mittelst vergitterter Oeffnungen. Im Deckenoberlicht vorhandene, vom Corridor aus regulirbare Stellklappen dienen zur Verstärkung der Ventilation, um insbesondere bei Benutzung von Gaslicht die verdorbene Luft nach dem Dache und ins Freie zu führen. Behufs einer von Einwirkung des Luftzugs unabhängigen gleichmäßigen Wirkung der Ventilation befindet sich weiter ein quer unter den drei Sälen hin geführter unterirdischer Canal mit zwei seitlichen großen, mit Drahtgitter und Messinggaze gegen Staub und Rufs verwahrten Oeffnungen, die eine nach Süden, die andere nach Norden gerichtet; ebenso sind die bis über das Dach hinaus geführten Ventilationscanäle in dem im Mittelgebäude befindlichen, die Essen umfassenden Aufbau mit Oeffnungen nach zwei Seiten versehen, welche je nach der Richtung des Windes geöffnet oder geschlossen werden.

In sämmtlichen übrigen Flügeln werden die Corridore, Vor- und Expeditionszimmer, Säle etc. mittelst Heißwasserheizung nebst besonderen Caloriferen für die Ventilation erwärmt. Weite unterirdische Canäle, nach den großen Höfen gerichtet und mit Messinggaze gegen Staub geschützt, münden in diese Caloriferen, in welchen behufs Sättigung der warmen aufsteigenden Luft mit Feuchtigkeit ein Strahl der Wasserleitung aufspritzt, der, als Regen herabfallend, sich mit der Luft mischt und in Verbindung mit ihr nach oben steigend in die Zimmer tritt. Die Beheizung der Zimmer resp. Säle erfolgt wie gewöhnlich mittelst Leitung der Heizrohre längs den Fensterbrüstungen. Die Ventilationscanäle haben zwei mit Stellklappen versehene Oeffnungen, von denen die eine, nahe am Fußboden, für die Winter-, die andere, nahe unter der Decke, für die Sommerventilation dient. Jedes Zimmer ist überdies mit einer stellbaren Ventilationsvorrichtung versehen, welche im oberen Theil des Fensters angebracht ist, und darin besteht, daß mittelst Riemenzuges und durch eine eiserne in der Verkleidung verdeckt angebrachte Welle mit Getriebe in einem Kastenfenster die Scheibe des äußeren Fensters in die Höhe gestellt wird, während zu gleicher Zeit der entsprechende innere Fenstertheil nach innen klappt.

Die Heizung und Ventilation hat im Winter 1879/80 im Allgemeinen gut functionirt. Im Besonderen hat sich jedoch bei etwas stark ausgeprägter Individualität einzelner

Beamten als zweckmäßig herausgestellt, die vorstehend beschriebene Wasserverdunstungsvorrichtung bei jedem der Oefen anzubringen, um alle Klagen über Trockenheit der Zimmerluft zu beseitigen; sodann hat es sich als nothwendig erwiesen, die Heizrohre öfter vom Staube zu reinigen, und deshalb die Schutzgitter leicht losnehmbar herzustellen. Endlich ist eine, anfangs nur probeweise versuchte Einrichtung, welche nahe bei der Heizung sitzenden empfindlichen Personen die Differenz zwischen der aufsteigenden Wärme und der Abkühlung durch die Fensterflächen weniger fühlbar macht, jetzt allgemein eingeführt worden. Dieselbe besteht in stellbaren Klappen über den Heizgittern von ca. 1 m Länge, welche je nach Erfordern einzeln oder zu mehreren halb oder ganz geschlossen werden und so eine Herabminderung der Wärme um einige Grade ermöglichen. Aehnliche Abstellvorrichtungen auch bei der Heißwasserheizung anzubringen, haben wegen der Möglichkeit des Einfrierens ihr Bedenkliches und sind deshalb hier nicht in Anwendung gekommen.

Die Closetanlagen, sieben an der Zahl und in den verschiedenen Flügeln vertheilt, sind durchgängig nach Süvern's System mit Wasserspülung und Desinfection eingerichtet. Jedes System, mit Chamotteschlotten und Sitztrichtern, enthält Wasserspülung, die durch das Oeffnen und Schließen der Closetstür in Wirksamkeit tritt. Die Pissoirs sind mit Porzellanrundspülbecken mit Asphaltgerinne zum Ueberlaufspülen an einer Cementwand befestigt. Jedes System hat im obersten Theil ein Eisenblechgefäß für die Desinfectionsmasse, welche durch Einführung von Wasser aus der Wasserleitung aufgelöst wird und so die Closetsitze und Pissoire spült; im unteren Theil jedes Systems befindet sich ein eisernes Bassin, in welches die Schlote münden und worin die desinficirten Excremente ablagern, die von hier aus täglich mittelst Schützenzugs nach der Schleuse und durch diese in die Sammel- und Klärgruben geführt werden. Diese Gruben nehmen zugleich die Excremente aus dem Gefangenenhause auf, während die Thonrohrschleusen mit den Entwässerungsschleusen der Höfe zu einem Systeme vereinigt sind. Drei Sammelgruben und eine große Klärgrube, sämmtlich im Hofe des Gefangenenhauses unterirdisch angelegt und erstere durch Schützeinrichtungen beliebig auszuschalten eingerichtet, lagern die desinficirten, geruchlos gewordenen Excremente bis zur Beseitigung in Fässern im getrockneten Zustande ab, während die gleichfalls desinficirten, durch starken Wasserzufluß gereinigten flüssigen Bestandtheile unbeanstandet und geruchlos in die öffentliche Schleuse abfließen. — Bei der consequenten und gleichmäßigen Anwendung der Wasserspülung und Desinfection ist trotz des mehrjährigen Betriebes dieser Anlage irgend eine Beschwerde oder Ausstellung seitens der Wohlfahrtsbehörde nicht erhoben worden.

Das Gebäude ist in allen Theilen und in allen Stockwerken bis zum Dache mittelst der städtischen Hochdruckwasserleitung mit Nutz- und Trinkwasser reichlich versorgt und mit zahlreichen, sorgsamst vertheilten Feuerhähnen, mit Schläuchen und Strahlrohren, gegen Feuersgefahr geschützt.

Sämmtliche Innenräume, Vestibüle, Hallen, Treppen, Säle, Zimmer und Corridore sind mit Gas beleuchtet, ebenso die Höfe und die Außenfronten des Gebäudes. Die Beleuchtungsgegenstände in den Sälen, sowie in allen dem

öffentlichen Verkehr freistehenden Räumen und an den Außen-seiten sind durchgängig nach Zeichnung in dem Style hergestellt, welcher dem Gebäude entspricht, und es wird insbesondere die Wirkung der abendlichen Beleuchtung des großen Vestibüls mit Treppenhaus, der großen Wartehalle vor den Sälen und der größeren Säle selbst als eine imposante und sehr wirkungsvolle anerkannt.

Die bauliche Ausstattung des Gebäudes im Außen- und Innern ist durchgängig eine anständige und im monumentalen Style gehalten. Die Außenfronten sind in großen Verhältnissen in kräftiger Profilierung bei sorgfältiger Durchbildung überall von rein bearbeitetem, wetterbeständigstem Sandstein aus den besten Brüchen des Elbsandsteines aus Postelwitz und anderen an Festigkeit des Materials gleichstehenden Brüchen hergestellt. Dieselbe Architektur, nur in vereinfachter Weise und mit geputzten Wandflächen, ist auch bei den Hoffronten und Hintergebäuden in Anwendung gebracht. Besondere Sorgfalt und Aufmerksamkeit haben die weit freiliegenden Architrave über den Sälen der Eck- und Mittelvorlagen beansprucht, und es haben als Hilfsconstructionstheile zahlreiche eiserne, verdeckt angebrachte I-Träger Verwendung gefunden, an welchen die aus einzelnen Theilen bestehenden Architravstücke durch Einschaltung von Hängeeisen mit doppelten Haken, welche in die Stoßfugen eingelassen worden, angehängt sind. Erwähnenswerth ist die Entlastung der vollständig freistehenden Sandsteinsäulen der Vorlagen von dem Druck des starken Gesimses und der Aufbauten, welche namentlich an der Front des Eckbaues wegen der großen Belastung durch die aufgestellten Statuengruppen besondere Vorsicht erheischte. Die Entlastung der Säulen an den Vorlagen in den Frontmitteln ist durch Einsetzung einer entsprechenden Zahl eiserner unter dem Sims eingreifender Träger bewirkt, welche innerhalb auf der Mauer auf einem Langträger aufliegen, hinter dem sie von langen Bolzen gefaßt werden, die bis zum Gebälke des ersten Stockwerks reichen und dort fest in die Mauer eingesetzt und verschraubt sind. An der Front des Eckbaues, wo eine Belastung von über 150000 kg zu vertheilen war, sind in dem ersten und zweiten Stock hinter den Schäften des großen dreitheiligen Fensters gußeiserne verticale Träger mit Querträgern zu einem System verbunden, auf dem über dem Dachgebälk zwei lange hohe Blechträger ruhen, welche mittelst darauf befestigter Querträger das Simswerk mit Aufbau etc. von außen fassen und, im Innern bis zur Mittelmauer fortgeführt, mittelst des längeren Hebelsarmes die Last dahin überleiten, wobei zur Sicherstellung starke Zugbolzen, welche nach unten bis in die Höhe des Gebälkes über dem Erdgeschofs reichen und dort verschraubt worden, angebracht sind.

Die Bedachung des steileren Dachtheiles besteht aus äußerlich glasirten gefalzten Plattenziegeln nach französischem System, Fabrik Rudolph in Meißen, welche auf Latten trocken aufgehängt und nachträglich von innen mit Haarkalk verstrichen sind. Dagegen sind die Plattformen mit Dachpfannen von verzinktem Eisenblech von Hilgers in Rheinbrohl eingedeckt. Diese Bedachungsart, ihres vorzüglichen Materials und ihrer leichten Aufbringungs- und zweckmäßigen Befestigungsweise wegen sehr anempfehlenswerth und der Zinkbedachung weit vorzuziehen, bedarf doch bei geringer

Neigung besonderer Vorsicht und größerer horizontaler Ueberdeckung, als der Unternehmer für gewöhnlich anzuwenden pflegt, und hat derselbe aus diesem Anlaß im vorliegenden Falle auf eigene Kosten Umdeckungen vornehmen müssen, wobei die Mängel an den horizontalen Falzen, welche etwas zu niedrig waren, durch Verbesserung in der Construction beseitigt worden sind.

Auf die Abdeckung der Simsvorsprünge, Construction der Attiken, Dachrinnen, Mansardensimse, welche durchgängig aus starkem Zinkblech hergestellt wurden, ist möglichste Sorgfalt verwendet, derart, daß die Abdeckung der Simse und die Attikabekleidung selbstständig und unabhängig von den Dachrinnen ausgeführt ist. Dasselbe gilt namentlich bezüglich der Ableitung der Wasserläufe von den drei Saalbauten, welche sich vereinigen und bei denen sowohl für die Rinnen selbst, wie für die darunter befindliche Zinkauskleidung besondere Abflußrohre angebracht sind, um, für den Fall der Beschädigung der einen, mittelst der anderen die Wasserabführung ohne Schädigung des Innern zu vermitteln.

Der innere Ausbau ist, soweit die Räume hauptsächlich dem öffentlichen Verkehr dienen, in würdiger und dem ganzen Bau entsprechender Weise erfolgt; es betrifft dies die Vestibüle, Treppenhäuser, Wartehallen, Säle, Sitzungszimmer etc. — Terrazzofußboden in stylvollem Muster bildet in ersteren den Fußbodenbelag, während die Dielen durchgängig aus Riemenfußboden bestehen, und zwar in den Sälen und bessern Zimmern von Eichenholz, in den anderen Zimmern von Kiefernholz; Wesersandsteinplatten bilden den Fußbodenbelag der untergeordneteren Räume. In dem großen Haupttreppenhaus sind die Balustraden und die Füllungstafeln in den Postamenten von Serpentinsteine hergestellt; die Malerei dieses Raumes, der Vestibüle und Hallen ist eine mit reichlichen Stuckaturarbeiten in Verbindung gebrachte ansprechende und würdevolle. Im Schwurgerichtssaal sind die Wände mit Stuckmarmor bekleidet, und reich gegliederte Thüreinfassungen und Lambris bilden den Abschluss. Der große Civilsaal ist charakterisirt durch Holzdecke und Wandbekleidung mit Intarsien und mit tiefrother Wandfüllung. In sämtlichen Sälen und in den bevorzugteren Zimmern sind kräftig gekehlte Holzlambris an den Wänden, Stucksimse und Rosetten an den Decken angebracht. Die starken zweiflügeligen Thüren mit tiefen Futtertern sind gleichfalls kräftig gekehlt und mit polirten guten Beschlägen und Bronzedrückern nach specieller Zeichnung versehen. Bemerkenswerth sind die massiv eichenen Haupteingangsthore mit reicher schmiedeeiserner Vegitterung und theils vernickelten, theils bronzenen Drückern und Handgriffen.

Auch die sonstige Ausstattung der Säle, Zimmer und Expeditionsräume ist durchgängig stylgemäß durchgeführt; in den ersteren und in den Präsidialzimmern sind die Sitzungstische, Stühle, Pulte, Brüstungen, ebenso in den letzteren die Schränke, Ehrensitze, Uhrgehäuse etc. massiv aus Eichenholz gefertigt und mit Wachsfirnifß überzogen. Zu den mittelst Zugvorrichtung seitwärts sich öffnenden Vorhängen ist in allen Räumen Jutte in kräftiger Färbung verwendet. Elektrische Klingelzüge mit entsprechend vertheilten Tableaux vermitteln den Verkehr mit der Bedienung.

Dresden im September 1880.

A. Canzler.

Die Königliche geologische Landes-Anstalt und Berg-Akademie zu Berlin.

(Mit Zeichnungen auf Blatt 7 bis 14 im Atlas.)

Auf der Production des Bergbaues und der Hütten beruht in Preussen eine großartige vielverbreitete Gewerbsthätigkeit, die sich zu einer wesentlichen Grundlage des wirtschaftlichen Gedeihens unseres Vaterlandes ausgebildet hat. Die Erschließung und Entwicklung der natürlichen Quellen seines Wohlstandes, welche das Erdinnere birgt, ist deshalb schon lange ein wichtiger Gegenstand der staatlichen Fürsorge gewesen, und vornehmlich durch die Forschungen der geologischen Landes-Anstalt zu Berlin ist zur Zeit bereits ein vergleichsweise hoher Grad der Kenntniß der geologischen Verhältnisse des Landes erreicht worden.

Für die Organisation dieser Anstalt wurde die Einrichtung der Geological survey in London zum Vorbild gewählt. Wie dort mit demselben die Royal school of mines und ein Museum of practical geology verbunden ist, das aus zwei Gruppen besteht, der natural Materials und der artificial productions, so ist auch in Preussen für die Organisation der geologischen Landes-Anstalt in der engen Verbindung der wissenschaftlichen Thätigkeit mit dem praktischen Leben der beste Erfolg gesucht.

Die Arbeiten der geologischen Landes-Untersuchung gehören zu dem Ressort der Berg-Verwaltung. Auch hatte die in Berlin bestehende Berg-Akademie seither schon eine gewisse Beziehung zu der geologischen Landes-Untersuchung, insofern die der letzteren gehörigen Sammlungen in den Räumen der Berg-Akademie untergebracht und einzelne der bei der Landes-Untersuchung thätigen Geologen mit Vorträgen bei der Lehr-Anstalt beauftragt waren.

Gleichzeitig ist der Director der Berg-Akademie Referent für die geologische Landes-Untersuchung in der Bergwerks-Abtheilung des Königl. Ministeriums der öffentlichen Arbeiten. Seit dem Jahre 1868 bestand endlich noch eine dem Inhalte des Museum of practical geology theilweise und in den Anfängen entsprechende Sammlung, das Museum für Bergbau und Hüttenwesen, auf dem Grundstück der vormaligen Königlichen Eisengießerei.

Mit dem 1. Januar 1873 war die Begründung der geologischen Landes-Anstalt in organischer Verbindung mit der Berg-Akademie zu Berlin in Aussicht genommen. Für die vereinigten Anstalten wurde gleichzeitig der Neubau eines gemeinschaftlichen Gebäudes beschlossen, da für die Unterbringung und die Bearbeitung des von zahlreichen Beobachtern gesammelten Materials aus dem ganzen Staate ausgedehnte Räumlichkeiten erforderlich schienen und die Berg-Akademie, sowie das Berg- und Hütten-Museum in ihren bisherigen Räumen nicht für alle Zukunft erhalten bleiben konnten. Erstere, in der alten Börse provisorisch untergebracht, war in derselben die Erfordernisse des Unterrichts und der Lehrmittel zu befriedigen auf die Dauer nicht im Stande, weil bauliche Erweiterungen nicht stattfinden konnten, vielmehr das Gebäude in Folge der Bauprojecte für den Lustgarten und seine Umgebung früher oder später zum Abbruch kommen soll. Auch das Museum für Berg- und Hüttenwesen mußte über kurz oder lang verlegt werden, da für das Grundstück der Königlichen Eisengießerei eine andere Verwendung vorgesehen war.

Als Bauplatz für das neu zu errichtende Gebäude wurde der Materialien-Depotplatz der Königlichen Ministerial-Bau-Commission in der Georgenstraße in's Auge gefaßt, weil derselbe seiner Nähe zur Universität wegen sich ganz besonders zu dieser Verwendung eignete, einestheils um der wissenschaftlichen und technologischen Sammlungen willen, anderentheils auch, weil die in der Berg-Akademie zu haltenden Vorträge den Studirenden der Universität und umgekehrt zugänglich sein sollten.

Die Anlage der Stadtbahn hat die Ausführung dieses Projectes gehindert, da das Bauterrain von derselben in Anspruch genommen wurde. Die Königliche Staatsregierung beschloß darauf im Jahre 1874, den Neubau der geologischen Landes-Anstalt und der Berg-Akademie auf einem Theil des großen Raumes der ehemaligen Königlichen Eisengießerei in der Invalidenstraße, dem Neuen Thor gegenüber, zur Ausführung zu bringen. Die Wahl dieses Bauplatzes war um so günstiger, als gleichzeitig durch Staats-Ministerial-Beschluß die Einrichtung eines großen naturhistorischen Museums und des landwirthschaftlichen Museums nebst Lehr-Anstalt auf diesem Terrain festgestellt wurde und somit die vorhin berührten Beziehungen der Studirenden zu den naturhistorischen Sammlungen und Vorträgen in der Universität durch diese Verbindung umsommt gesichert blieben, als mit den Sammlungen der Universität auch die bezüglichen Lehrräume der naturhistorischen Facultät in den Neubauten ihren Platz finden sollten. Auch konnten die dem Neubau in der Georgenstraße zu Grunde gelegten Programm-Bedingungen und die darauf gegründeten Bauskizzen für den Neubau in der Invalidenstraße festgehalten werden, weil auf denselben sich ein einfaches und für die Benutzung höchst brauchbares, durchsichtiges Planschema aufbauen liefs.

Es wurden daher im Laufe des Jahres 1875 die definitiven Baurisse angefertigt, die alten Bauwerke der ehemaligen Eisengießerei beseitigt und nach Ueberwindung der durch die Vorschrift einer besonderen Bauffuchtlinie für die Invalidenstraße entstandenen Schwierigkeiten im Herbst desselben Jahres die Fundamente für den Neubau in Angriff genommen. Bereits um Ostern 1878 war der Director der Berg-Akademie in dem Besitz der für ihn eingerichteten Dienstwohnung in dem neuen Gebäude, und am 10. November desselben Jahres wurden die Räume der Berg-Akademie ihrer Bestimmung übergeben. Inzwischen waren im Laufe des Sommers die Sammlungen der geologischen Landes-Anstalt und des Museums für Berg- und Hüttenwesen in den Neubau allmählig übertragen worden, um demnächst darin ihre systematische Aufstellung zu erhalten.

Allgemeine Anordnung des Gebäudes.

Das Bauwerk besteht aus einem Hauptbau von 70,96 m und 54,96 m Frontenlänge und einem Flügelanbau von 35,30 und 20,55 m Frontenlänge.

Die vier Flügel des Hauptbaues umschließen eine mittlere Halle, welche mit Glas bedeckt ist und das Museum für Berg- und Hüttenwesen enthält.

Die vier Seiten des Hauptbaues liegen fast genau den vier Himmelsrichtungen zugewendet, und zwar ist die nach Süden gerichtete, dem neuen Thor gegenüber, welches den Abschluß der Louisenstraße bildet, die Hauptfront.

Das große Terrain der ehemaligen Eisengießerei ist für eine architektonisch hervorragende Ausbeutung behufs Bebauung mit monumentalen Gebäuden in sofern höchst ungünstig zu den umgebenden Straßenzügen gelegen, als dasselbe sich gegen die Richtung der Louisenstraße mit seiner Hauptlängen-Ausdehnung völlig nach Osten schiebt, und sich nirgends ein guter Standpunkt für einen genügend übersichtlichen Eindruck der darauf zu errichtenden Gebäudegruppen findet. Es wird jedoch zweifellos die imposante Größe der neuen Gebäude in der Zukunft bei Aufschließung des dortigen, jetzt noch größtenteils als Kirchhofsterrain unbenutzt liegenden Stadttheils bestimmend auf neu anzulegende Straßensachsen wirken und alsdann die jetzige ungünstige Lage der Gebäude verbessert werden.

In dieser Voraussicht ist die Gesamt-Bauanlage entworfen, und es ist zunächst wenigstens das Gebäude der geologischen Landes-Anstalt und Berg-Akademie mit seiner Mitte auf die Axe der Louisenstraße eingerichtet worden. Auf der Westseite grenzt das Baugrundstück an den kriegsfiscalischen Invalidenpark. An der Nord- und Ostseite berühren bebauten Privatgrundstücke das Terrain. An die Nordwestecke des Hauptbaues der geologischen Landes-Anstalt und Berg-Akademie schließt sich längs der Invalidenparkseite der Flügelbau an, welcher ausschließlich für die Zwecke der chemischen Lehrräume bestimmt worden ist.

A. Das Hauptgebäude, die geologische Landes-Anstalt und die Räume der Berg-Akademie enthaltend.

(Bl. 7 bis 10 im Atlas.)

Das Hauptgebäude enthält über dem 1,80 m über Terrain hohen Kellergeschofs das Erdgeschofs und zwei Stockwerke. Die mittlere glasbedeckte Halle liegt auf gleicher Höhe mit dem Erdgeschofs und zeigt einen ringsumlaufenden Säulengang mit einer Galerie im ersten Stockwerk.

Die Räume des Erdgeschosses sind im Wesentlichen für die Zwecke der Berg-Akademie eingerichtet. Neben den Lehrräumen sind darin auch die bergmännischen und metallurgischen Modell-Sammlungen, die Bibliothek und die Verwaltungsräume der Anstalt untergebracht. Für die Lehrzwecke der Berg-Akademie ist außerdem ein Observatorium im Dachgeschosse des Gebäudes angelegt, welches eine drehbare Blechkuppel mit Schlitzöffnungen deckt.

Im ersten Stockwerk finden sich die Sammlungsräume der geologischen Landes-Anstalt an der südlichen Hauptfront. — Es sind dafür 8 Säle eingerichtet, von welchen jeder das vollständige Bild je einer mehr oder weniger abgeschlossenen Gruppe eines Landestheils oder einer großen, besonders verbreiteten Formationsgruppe in Sammlungen der Gebirgsarten, der Versteinerungen und der in den Gebirgsschichten auftretenden nutzbaren Fossilien, sowie in geologischen Specialkarten und Profilen gewährt.

An diese geologische Darstellung schließen sich unmittelbar — auf der Galerie der inneren Halle des Berg- und Hütten-Museums — die Sammlungen der Erzeugnisse des Bergbaues, des Steinbruchbetriebes u. s. f. nach ihrer Be-

nutzung und zugleich territorial geordnet und in großen anschaulichen Stücken an.

In dritter Verbindung mit diesen beiden Gruppen, welche ein vollständiges Bild des Bodens des Preussischen Staates und der ihm entnommenen Urproduction geben, enthalten der westliche und östliche Flügel desselben Stockwerkes wissenschaftlich systematisch geordnete Sammlungen einerseits von Mineralien, andererseits von Versteinerungen; dieselben sind theils zur wissenschaftlichen Erläuterung und Ergänzung der Sammlungen des geologischen Landes-Museums und derjenigen der Bergwerks-Erzeugnisse, theils für die Lehrzwecke der Berg-Akademie bestimmt.

An diese Räume schließen sich ferner noch Arbeitsräume für solche, welche den Inhalt der Sammlungen ausbeuten wollen, und endlich zwei Auditorien für Mineralogie und Paläontologie.

Der Nordflügel des Hauptbaues ist zur Zeit nur im Erdgeschofs aufgebaut. Im ersten und zweiten Stock dagegen nicht. An dieser Stelle kann daher das Gebäude in Zukunft eine willkommene Ausdehnung der Räume erfahren.

Für die Arbeitszwecke der geologischen Landes-Anstalt ist eine Reihe von Arbeits-, Zeichner- und Kartenzimmern im zweiten Stockwerke auf der Süd- und Ostseite eingerichtet.

Im mittleren Raume des Südflügels liegt ein Versammlungssaal für festliche Gelegenheiten der Akademie und öffentliche Vorlesungen. Der Westflügel wird von der Dienstwohnung des Directors eingenommen.

Wie sich im ersten Stockwerke an die geologische Landessammlung die Bergwerksprodukten-Sammlung des Museums für Berg- und Hüttenwesen auf der Galerie der inneren Halle anschließt, so ist im Erdgeschofs der metallurgisch-technologische Inhalt des letzteren mit dem technischen Theil der Berg-Akademie-Sammlungen unmittelbar verbunden. Die gesammte Anordnung ist so gedacht, daß alle Sammlungen für den jederzeitigen Besuch des Publikums geöffnet sein sollen. — Im Kellergeschofs sind die Dienstwohnungen der Unterbeamten und die Wirtschaftsräume, sowie die Heizapparate für das ganze Gebäude und endlich eine mechanische Werkstatt für Herstellung von Modellen untergebracht. Als Verbindungsglieder zwischen den Geschossen des Gebäudes dienen eine 2,50 m breite Doppeltreppe im Südflügel und zwei Nebentreppen im Ost- und Westflügel, welche letzteren vom Keller bis zum Dachboden hinaufführen. Auf jeder der vier Seiten des Gebäudes ist ein Zugang in das Innere angeordnet. Auf der Südseite liegt der Haupteingang und das Vestibül des Hauses; der Eingang auf der Westseite wird hauptsächlich von der Dienstwohnung im zweiten Stockwerk benutzt; der Eingang auf der Ostseite soll als Nebeneingang dienen, und der Eingang an der Nordseite, rampenartig angelegt, ist zum Transport von Gegenständen bestimmt, welche im Museum für Berg- und Hüttenwesen aufgestellt werden.

Ein hydraulischer Aufzug dient zur Förderung schwerer Transport-Gegenstände vom Kellergeschofs bis zum zweiten Stockwerk hinauf.

Aufbau und Ausbau des Gebäudes.

Für den in Rede stehenden Bau lag es nahe, womöglich die vorzüglichsten heimischen Baumaterialien zu ver-

wenden, weil er seiner Bestimmung gemäß diejenigen Staats-Organen aufnehmen soll, welchen die Entwicklung des Bergbaues u. s. w. obliegt, und so ist nach sorgfältigen Prüfungen der rheinische Tuffstein von Weibern, unweit Brohl, aus welchem seit vielen Jahrhunderten die Kirchenbauten am Rhein errichtet sind, in Verbindung mit schlesischem Sandstein aus den Rackwitzer Brüchen bei Bunzlau als Baumaterial gewählt worden; letzterer für alle horizontalen und weit ausladenden, dem Wetterschlage ausgesetzten Gesimse, weil seine Wetterbeständigkeit durch sicher bezugte, völlig gut erhaltene Denkmale in der Gegend von Löwenberg in Schlesien nachgewiesen werden konnte. Der rheinische Tuffstein dagegen ist für alle Flächen und die weniger der Einwirkung der Witterung ausgesetzten Bauteile benutzt; er hat sich unter dem Einfluß einer stark durch Rauch geschwängerten Atmosphäre, welche vorzugsweise denjenigen Stadttheil beherrscht, in welchem das Gebäude liegt, bisher in der Farbe völlig unverändert erhalten, ein Vorzug dem Sandstein gegenüber, welcher auch an den alten romanischen Bauten am Rhein beobachtet werden kann.

Außerdem sind im Innern des Gebäudes wie auch außerhalb vielfach andere vaterländische Gesteinssorten zu Baugliedern verwendet worden, um dieselben nicht bloß in dem Museum als Theile der Sammlungen zu zeigen, sondern sie gleichzeitig auch in ihrer nutzbaren Verwendung für Bauzwecke vorzuführen. Es sind dies vornehmlich Rüdersdorfer Kalkstein in Quadern zur Aufführung von Futtermauern, Niedermendiger Basaltlava zu den Abdeckungsplatten derselben, Braunschweigischer Sandstein von Velpke, Breitenheimer Sandstein von der Nahe und schlesischer Granit von Striegau zu Stützen im Innern, sowie nassauischer Marmor von Vilmar an der Lahn. Von diesem Material ist auch ein Theil des Haupttreppenbelags hergestellt. Eine andere Treppe ist aus Stufen von Vogelskauber-Trachyt vom Drachenfels aufgeführt.

In constructiver Beziehung ist das Gebäude nach allen Richtungen möglichst solide gebaut worden. Namentlich muß hervorgehoben werden, daß die Decken der Räume bis auf die des zweiten Stockwerkes eingewölbt sind. Für diese letzteren Decken ist ebenfalls, durch Aufbringung eines Gips-Estrichs auf dem Dachfußboden, eine Sicherung gegen Feuersgefahr erreicht. Die Säle der unteren Geschosse haben Bogenwölbungen und Stichkappen, ebenso alle Corridore und die Galerien der inneren Museumshalle. Die Farbendecoration der Decken und Wände ist einfach gehalten, wie es dem Zweck der Räume entspricht, und nur in dem Vestibül des Hauses ist durch die Gunst der Königlichen Staatsregierung ein kunstreicher Schmuck der Wände durch zwei zugleich geologische und landschaftliche Darstellungen gewährt worden.

Die Dächer des Hauses sind mit Wellenzink gedeckt. Die innere Museumshalle hat eine eiserne Dach- und Decken-Construction von 15,75 m lichter Spannweite erhalten, auf welcher die Glasdeckung mit rheinischen mattgeschliffenen und verzierten Glastafeln im Innern und Rohglastafeln im Aeußeren verlegt ist.

Die Fußböden sind in den Sammlungs- und Lehrräumen aus Holz und in den Corridoren und Vorräumen in italienischem Terrazzo hergestellt.

In wirtschaftlicher Hinsicht ist das Gebäude in allen Theilen mit Wasserzuleitungen und Entwässerungsröhren, auch in jedem Geschosse mit Feuerhähnen versehen. — Die Gaszuleitung ist nach Bedarf ausgedehnt, und sind demgemäß die Lehrräume, die Zugangs-Corridore, Treppen etc. mit voller Gasbeleuchtung, die Sammlungsräume dagegen nur in mäßigerer Ausdehnung mit derselben versehen.

Die Heizung des Gebäudes geschieht durch Caloriferen. Es sind deren 14 Stück nöthig geworden, um die Wärmeleitungsrohre in den Wänden senkrecht in die Höhe steigen zu lassen. Die beiden Caloriferen, welche die innere Museumshalle heizen, sind für Circulationsheizung eingerichtet, da bei dem bedeutenden Cubikinhalte des Raumes ein schnelles Verderben der Luft nicht angenommen werden kann und die leichtere Erwärmung desselben durch die Circulation der Luft erreicht wird. Alle anderen Caloriferen werden durch Zuführung frischer Luft von außen her gespeist.

Die Abführung der verdorbenen Luft aus den Sammlungsräumen ist durch Anlage von einfachen Ventilationsröhren, welche bis über das Dach aufsteigen, vorgesehen. Für diejenigen Räume aber, in welchen sich, wie z. B. in den Auditorien, wiederholt Menschen in größerer Zahl aufhalten, ist eine Ventilation mit Aspiration angelegt. Es existiren in den abgerundeten Ecken der inneren Halle zwei solcher Aspirationsschächte, zu welchen die Ventilationscanäle auf den Deckengewölben unter den Fußböden jedes Geschosses geleitet sind. Die Aspirationsschächte werden im Winter durch die darin aufsteigenden Rauchröhren der Caloriferen erwärmt und im Sommer durch eigens angelegte Lockfeuer so weit geheizt, daß sie kräftig in Wirksamkeit treten.

Für die Regulirung der Warmluft-Zuführung in die Räume, sowie der Luftbewegung in den Aspirationsschächten sind selbstthätige elektrische Signal-Vorrichtungen angebracht, welche die Wirkungen der Heizung und der Ventilation nach den Heizstellen hin melden. Die Heizung wird hierdurch und weil alle Schieber an den Rohrzügen unmittelbar in den Heizkammern im Keller angebracht sind, an den Arbeitsstellen des Heizerpersonals von demselben regulirt.

(Schluß folgt.)

Einige Beispiele von Sammlungsschränken.

(Mit Zeichnungen auf Blatt 15 und 16 im Atlas.)

Die Anfertigung der Schränke für die Aufbewahrung und Schaustellung von Sammlungen jeder Art ist eine sehr wichtige Aufgabe bei der Neueinrichtung von Sammlungs-

gebäuden; derselben wird daher in neuester Zeit ganz besondere Aufmerksamkeit zugewendet, und es sind an manchen Orten außerordentlich gelungene Ausführungen gemacht

worden, welche wohl einer weiteren Bekanntmachung werth sind.

Seither existirte über diesen Gegenstand nur eine Veröffentlichung, welche unter dem Titel: „Drawings of the glass cases in the Southkensington-Museum, London“ vom Directorium dieses Museums im Jahre 1877 bei Vincent Brooks, Day and sons, London, herausgegeben ist. Es steht zu hoffen, daß nach Vollendung des Gewerbemuseums zu Berlin die Leitung desselben eine ähnliche Publikation über die in demselben mit großer Sorgfalt hergestellten Schränke veranstalten wird.

Als anderweitiger Beitrag sollen in diesem Aufsätze solche Schränke dargestellt werden, welche dem Verfasser auf seinen Reisen im Auslande bekannt geworden sind und nach seiner Meinung für die Anfertigung von Mobilien ähnlichen Zweckes nützliche Fingerzeige geben können, gleichzeitig auch diejenigen Schränke, welche von ihm für die Sammlungen der landwirthschaftlichen Hochschule zu Berlin ausgeführt worden sind.

Im Allgemeinen ist wohl der Grundsatz festzuhalten, daß die Schränke eines jeden Museums in ihrer äußeren Gestaltung gleichartig geformt werden und daß sie sich harmonisch der Architektur der Räume anschließen, für welche sie bestimmt sind. Man hat dabei jedoch in neuester Zeit vielfach davon Abstand genommen, sie mit besonders reich gegliederten Schmuckformen auszustatten, namentlich die Glasschränke nur aus einfach profilirtem Rahmenwerk construirt und dadurch anerkannt, daß dieselben nur eine schützende Hülle für die Sammlungsobjecte sein sollen, nicht aber Anspruch auf eine selbstständige architektonische Wirkung erheben dürfen.

Die Erfahrung hat ferner gelehrt, daß es zweckmäßig ist, den Schränken möglichst geringe Dimensionen zu geben, weil dadurch das nächste Betrachten der darin ausgestellten Gegenstände gestattet wird, auch das Arrangement verhältnißmäßig raumnutzender, das Oeffnen der Thüren leichter und das Anordnen der Gegenstände in den Schränken bequemer ausführbar ist. Endlich wird das Versetzen kleiner Schränke bei den Umstellungen, welche in allen größeren Sammlungen von Zeit zu Zeit vorkommen, schnell und ohne Schwierigkeiten geschehen können.

Bei der Ausführung der Schränke wird eine große Aufmerksamkeit auf die Dichtung der Schrankfugen und den sicheren Verschluss der Oeffnungen zu legen sein, denn Schutz gegen Staub und Sicherheit gegen Diebstahl sind wesentliche Bedingungen, welchen die Schrankherstellung genügen muß. Die nachfolgenden Beispiele sollen vor allen Dingen die verschiedenartige Erfüllung dieser Forderungen zeigen.

1. Schränke etc. in Sammlungsgebäuden des Auslandes.

(Bl. 15.)

Die Schränke des Southkensington-Museums in London sind nach den vorstehenden Bedingungen gearbeitet. Zu ihrer Herstellung sind die besten Materialien verwendet. Das Rahmenwerk ist Mahagoniholz, welches geschliffen und ebenholzartig gebeizt ist. Das Glas ist englisches Spiegelglas.

Die schwarze Farbe der Schränke giebt ihnen nicht bloß einen besonderen Reiz an sich, sondern eignet sich auch vorzüglich zur Umrahmung der in den Schränken ausgestellten Gegenstände. Die gute Wirkung schwarzer Schränke

ist durch vielfältige Versuche erprobt. Man hat auch an vielen Orten versucht, die innere Färbung der Schränke in ähnlicher Weise in angemessener Uebereinstimmung mit den Schaustücken in denselben zu bringen, damit sich dieselben möglichst vortheilhaft von einem wirkungsvollen Hintergrunde abheben. Von diesen Farben wird weiter unten die Rede sein.

Die Formen der Schränke sind ungeachtet der großen Verschiedenheit der Schauegegenstände auf wenige, möglichst gleichartige, beschränkt worden. Es giebt Schaukasten von 1 m Höhe, welche auf Tischen stehen, und Glasschränke von ca. 2,50 m Höhe. Die Grundform ist quadratisch oder oblong, in letzterem Falle ist die Länge das Doppelte der Breite. Diese Dimensionen sind durch die Maaße gegeben, in welchen die Spiegelglasscheiben fabricirt werden, welche entweder ca. 1 m im Quadrat oder 1 m breit und 2 m lang sind. Die oblongen Scheiben dienen sowohl für die langen Schautische als auch für die hohen Glasschränke. Die Tische für besonders kleine Schaustücke, welche eine nahe Betrachtung nöthig machen, sind schmaler als 1 m und zeigen wohl auch geneigte Schaufronten.

Die Figuren 1, 2 und 3 auf Blatt 15 stellen diese verschiedenen Formen dar. Ueber die doppelte Länge zur Breite hinaus sind im Southkensington-Museum wenige Schränke ausgeführt. Es ist nicht recht erkenntlich, warum die Länge der Schränke nicht größer gewählt ist, da nach anderweitigen Erfahrungen, welche namentlich in dem Gewerbemuseum und der landwirthschaftlichen Hochschule zu Berlin gemacht sind, die Anordnungen in Schränken, welche das Dreifache der Breite zur Länge haben, sich vortheilhafter ausführen läßt. Die Gliederung an den Schränken ist eine sehr einfache, denn die nur geringen Holzstärken des Rahmenwerks machten eine schwache Profilirung nothwendig. Die Details der Schränke sind in den Figuren 1a, 2a und 3a u. s. f. in etwa $\frac{3}{8}$ der natürlichen Größe dargestellt. Aus denselben wird die Dichtung der Thüren erkenntlich, welche dadurch erreicht ist, daß das Thürrahmenholz mit eingesetzten Federn in entsprechende Nuthen der festen Rahmenstücke einschlägt. Auf die Falzflächen ist überdies ein Velvetstreifen aufgeklebt, der beim Verschluss der Thüren zusammengepreßt wird.

Die Figuren 6, 7 und 8 zeigen verschiedenartige Behandlungen der Schlusfugen für Thüren aus anderen englischen Sammlungen, von denen die in Fig. 6 dargestellte, ohne Dichtung mit Velvetstreifen, insbesondere eigenthümlich ist. An Stelle des Velvets sind in dem zoologischen Museum zu Liverpool Zinkstreifen in die Verschlussfuge gelegt.

Wie dicht diese Schränke sämmtlich schließsen, ist daraus zu ersehen, daß in allen Sammlungen das Abstauben der ausgestellten Gegenstände außerordentlich selten nothwendig wird. — Nach den Versicherungen der Beamten des British Museums geschieht dort diese Reinigung nur in Zwischenräumen von 5—6 Jahren, und in dem zoologischen Museum zu Liverpool soll dieselbe innerhalb 16 Jahre nicht stattgefunden haben. Die Schränke der botanischen Sammlung zu Kewgardens bei London werden ebenfalls in Jahren nicht gereinigt. — Es muß hierbei noch hervorgehoben werden, daß man es liebt, den Schränken so wenige Thüröffnungen wie möglich zu geben. Die Tischschränke sind regelmäßig nur an einer Seite zu öffnen und die langen Glasschränke an den zwei diagonal gegenüberliegenden Seitenabtheilungen.

Die innere Ausstattung der Schränke zum Tragen der Schaustücke ist in den meisten Fällen unabhängig von der Schrankconstruction selbstständig in dieselben hineingestellt. Die Terrassen oder Träger der Auflagerborde sind von Holz oder Eisen construirt. Im letzteren Falle sind Glasplatten als Borde benutzt. Die Holzterrassen sind in der Regel mit Zeugstoffen überzogen und bilden lediglich Stufen.

Was die Färbung der inneren Flächen der Schränke betrifft, so sind dieselben im British Museum meistens mit einem hellen Türkisenblau überzogen, welche Farbe namentlich für Vasensammlungen von vorzüglicher Wirkung ist. Die kunstgewerblichen Sammlungen in Edinburgh und Southkensington, London, sind auf rothem Stoffhintergrund aufgestellt, welcher für Porzellansachen sich besonders günstig zeigt. An anderen Orten, in Liverpool u. s. w., findet man alle möglichen Farbentöne für die Ausstattung der Schränke gewählt; die weiße Färbung kommt am seltensten vor und fast nur in wissenschaftlichen Sammlungen.

Bemerkenswerth ist noch, daß die Terrassen in den Schränken des Southkensington-Museums mit den darauf stehenden Gegenständen im Ganzen aus den seitlich angebrachten Thüröffnungen herausgezogen werden können. Man hat diese Einrichtung besonders für das Arrangement der Gegenstände bequem gefunden.

Im Gegensatz zu den bisher gedachten, möglichst dicht geschlossenen Schränken sind in den Figuren 5, 5a und 5b einzelne Theile von Schränken aus der Sammlung des Conservatoire des arts et metiers zu Paris dargestellt. Diese Schränke sind aus polirtem Mahagoniholz von außerordentlich geringen Holzstärken gefertigt. Die Zeichnung zeigt, wie locker der Verschluss der lose eingesetzten Glasrahmen sein muß. In der That sind die Schränke sehr wenig fest gebaut, und wenn trotzdem die Schaustücke in denselben vorzüglich sauber erhalten werden, so ist dies lediglich der fortlaufenden Arbeit des zahlreichen Personals des Instituts zu danken, welches, mit Ausnahme der Stunden für den Besuch des allgemeinen Publikums, fortlaufend mit dem Reinigen der Schränke beschäftigt ist. Der Verschluss derselben durch die in den oberen Rahmen eingesteckten Stifte ist ebenso wenig sicher, als die Dichtung derselben genügt, und doch werden diese Schränke von der Verwaltung des Instituts für zweckmäßig gehalten.

Das sehr harte Mahagoniholz hat sich hier, wie auch bei den englischen Ausführungen vorzüglich brauchbar erwiesen; doch wird in neuerer Zeit auch Eisen häufig zu dem Bau der Schränke verwendet, ebenso Bronze, wo es die Mittel erlauben, wie in dem British Museum zu London.

Fig. 4 zeigt den Grundriß eines eisernen Schrankes aus der zoologischen Abtheilung des Hunterian-Museums der Universität zu Glasgow. Diese Schränke, ihrer Einrichtung wegen besonders interessant, haben 3,60 m Länge, 1,70 m Breite, der hölzerne Untersatz ist 0,75 m hoch und mit Kasten versehen. An einer Seite sind dieselben eckig geschlossen, auf der anderen Seite, vor dem Fensterpfeiler, liegt die Thür des Schrankes, welche zu einem mit Gardinen umschlossenen Mittelraume führt. Von hier aus sind die ausgestellten Gegenstände zugänglich. Die eine Thür ist sorgfältig gedichtet. Die Schränke sind aus Façoneisen construirt, welches die Rahmen für die eingekitteten Glas-scheiben bildet. Unabhängig von dieser Glaswand stehen

hinter den eisernen Rahmen Stützen von Rundeisen, an welchen hölzerne Querträger (Fig. 4a) mit Eisenklammern festgeschraubt sind. Auf diesen sind in Einschnitten eiserne Schienen hochkantig zum Tragen der Thierte eingelegt. Für zoologische Sammlungen haben solche Metallschränke den großen Werth, daß sie den schädlichen Insecten keine Gelegenheit zu Brutstätten geben.

Die Bronze-Schränke im British Museum sind bei 2,30 m Höhe ca. 1,10 m breit und 2,10 m lang. Sie sind dreitheilig und haben gebrochene Ecken. Der Untersatz ist von Mahagoniholz. Das Rahmenwerk hat ca. 25 mm Stärke und ist häufig durch Unterlage von Stahlschienen steif gemacht. An jeder Langseite ist in der Mitte eine ca. 0,60 m breite Thüröffnung.

2. Schränke etc. in der landwirthschaftlichen Hochschule zu Berlin. (Bl. 16.)

Alle Schränke, welche von dem Verfasser für die Sammlungen der landwirthschaftlichen Hochschule zu Berlin ausgeführt worden, sind aus Elsen- oder Pappelholz gefertigt und schwarz gebeizt. Sie sind dreitheilig, in der Ansicht ca. 3 m lang und je nach Bedürfnis 0,60 bis 1,50 m tief. Die Höhe der Schränke beträgt, soweit es zulässig war, übereinstimmend 2,80 m. Die innere Einrichtung für das Aufstellen der Sammlungsgegenstände ist aus Eisen construirt und frei in die Schränke hineingestellt, in welchen sie durch geringe Verschraubungen auf dem Boden oder an den Deckenrahmstücken gegen Verschiebungen gesichert ist. Die Dichtung der Schränke ist überall mit Feder und Nuth und mit Velvetstreifen in den Falzen ausgeführt. Der Thürverschluss, welcher weiter unten besprochen werden soll, erhöht durch seine Construction wesentlich die Dichtigkeit der Fugen.

Fig. 1 giebt einen der Wandschränke für die mineralogische Sammlung. Derselbe hat einen mit Vorrathskasten gefüllten Untersatz von 0,75 m Höhe und einen Glasaufsatz von 0,60 m Tiefe, welcher zur Schaustellung der Mineralien eingerichtet ist. Die Fig. 1a und c geben Details der Rahmenhölzer, und ist darin die Anbringung der Feder- und Nuthverbindung und die Lage des Velvetstreifens angedeutet.

Fig. 1b giebt den unteren Rahmen des Glasaufsatzes und die Kasteneinrichtung des Untersatzes. Diese Kasten sind verschieden hoch. An den Seitenwänden und den beiden Mitteltheilwänden des dreitheiligen Untersatzes sind überall Führungsleisten für die Kasten in 7 cm Entfernung angebracht. Es ist daher möglich, Kasten von 7,14 resp. 21 cm Tiefe zu verwenden und die Kasten verschiedener Schränke nach Belieben zu vertauschen. — Die Kasten sind durch besondere Schrankthüren verschlossen. Abweichend von der früher üblichen Weise, die Mineralien in den Schränken auf kleinen hölzernen Terrassen in einzelnen Höhenabtheilungen auszustellen, sind im vorliegenden Falle hinter den Holzrahmstücken schräge Stützen für eine fortlaufende Reihe von Terrassen angebracht, welche unten von angeschraubten Hülsen und oben von kleinen Schelleisen gehalten werden (Fig. 1d). Die Stützen sind aus 16 mm starken eisernen Röhren hergestellt und mit einer Reihe Löchern in 25 mm Entfernung versehen. In diese Löcher werden Consolen aus Flacheisen von geringer Stärke eingesteckt und von hinten her festgeschraubt. Die Verbindungen der Theile dieser Consolen sind durch Scharniergelenke so ein-

gerichtet, daß dieselben auch eine geneigte Lage der Schienen gestatten, auf welchen die Mineralien aufgestellt werden.

Fig. 2 Blatt 16 zeigt eine Ansicht der freistehenden Glasschränke, welche in größter Zahl für die Unterbringung der Sammlung benutzt sind. Ihre Tiefe wechselt von 0,60 bis 0,50 m, je nach der Größe der darin ausgestellten Gegenstände. Der Untersatz von 0,50 m Höhe enthält zwei Reihen Schubkasten für Doubletten oder Vorräthe. Fig. 2a und c geben Details der Rahmenstücke. Fig. 2b zeigt das Detail vom Untersatz mit den Kasteneinrichtungen, welche ebenfalls in Führungsleisten laufen.

Die innere Einrichtung aus Eisen ist so construirt, daß hinter den beiden mittleren Rahmenstücken und an den beiden Seiten je ein Bock aus 16 mm starken Röhren steht. Zwei solcher Röhren sind oben durch eine I-förmige Muffe z (Fig. 2) zusammengeschraubt, und in dem aufrecht gerichteten Stück derselben ist ein gleiches Rohrstück y bis zur Decke des Schrankes reichend eingeschraubt. Die Böcke sind untereinander mit horizontalen Stangen von 13 mm Durchmesser verbunden, welche in messingenen an den Böcken befestigten Muffen verschraubt sind. Sie stehen mit den als Thierklauen gestalteten Füßen frei auf dem Schrankboden. Gegen ein Vorrücken sind sie dadurch gesichert, daß die lothrechten Röhren, welche bis zur Schrankdecke hinaufreichen, an den beiden mittleren Rahmhölzern der Decke befestigt sind. Zum Tragen der Glasborde von durchweg 12 cm Breite und 1 cm Dicke dienen Klemmschrauben, welche in Fig. 2d in der Aufsicht und der Ansicht dargestellt sind. Diese Klemmschrauben sind aus Rothguß in zwei Stücken x und y hergestellt, welche um die Böcke umgelegt und daran festgeschraubt werden können. Die hakenförmige Versetzung der beiden Theile gestattet ein sehr festes Anschrauben dieser Klammern. Durch die Seitenösen werden die 5 und 16 mm starken Schienen hindurchgesteckt, welche die Glasborde tragen. Zum gleichmäßigen Auflager der letzteren sind unter denselben schmale Gummistreifen v gelegt. Dergleichen Klemmschrauben x sind ebenfalls um die lothrechten Röhren, welche bis zur Schrankdecke reichen, umgelegt, und an den durchgesteckten Längsschienen werden bildliche Darstellungen aufgehängt, welche zur Erläuterung der in den Schränken ausgestellten Gegenstände dienen sollen.

Diese in den geringsten Dimensionen ausgeführte Einrichtung verschwindet völlig gegen die ausgestellten Schaugegenstände und giebt in jeder Weise Gelegenheit und Raum für den geschickten Aufbau derselben.

Für den Verschluss der Schränke des Instituts dienen die in Fig. 2e dargestellten Schraubstifte. Der stählerne Stift ist mit seinen Schließblechen an dem Rahmenholz befestigt gezeichnet. Links ist sein Kopf in der Aufsicht, rechts sein unteres Ende mit den Flügelansätzen dargestellt, welche bei der Drehung des Stiftes sich gegen zwei keilförmige nach verschiedenen Richtungen gewendete Flächen drücken und wie eine Schraube den Thürflügel an die festen Rahmenhölzer des Schrankes anziehen. Das Schlußblech des

festen Rahmenholzes ist mit den keilförmigen Ansatzflächen in der Mitte der Fig. 2e in der Ansicht gezeichnet. Die Drehung des Stiftes wird nur durch einen Schlüssel möglich, welcher von seitwärts auf die eingefeilten Schlitz des Kopfes aufgesetzt wird. Mit den Händen ist der kleine Kopf der Vorrichtung nicht zu drehen, da der Stift sich außerordentlich fest anziehen läßt. Jede Schrankthür hat oben und unten einen solchen Verschluss. Die Dichtung der Thürfugen erreicht durch denselben einen außerordentlichen Grad.

In Fig. 3 ist ein Schaukasten mit 0,76 m hohem Untersatz dargestellt, welcher mit einer Kasteneinrichtung der früher beschriebenen Art versehen ist.

Fig. 3a und b zeigen die Profile des oberen Rahmenholzes und eines Eckpfostens. Fig. 3c stellt das Gesims des Untersatzes mit dem unteren Rahmen des darauf ruhenden Schaukastens dar. Der Schaukasten wird, wie die Zeichnung ergibt, durch Herabklappen der vorderen Glasseite geöffnet, und sein Inhalt wird durch diese Oeffnung herausgezogen. Fig. 3d stellt diese Vorrichtung im Detail dar.

Es wurde bei der Herstellung der Schaukasten gewünscht, daß der Inhalt nach seiner Einführung in denselben in die Neigung der Decke gehoben werden möchte. Es ist deshalb ein Rahmen construirt, in welchen nicht bloß die Tafel mit den Schaustücken eingeschoben wird, sondern welcher auch durch Scharniere an seiner vorderen Seite zu bewegen und, durch curvenartig ausgeschnittene Keilstücke an der hinteren Seite von unten befestigt, über Rollen hin sich heben läßt, wenn die Rollen, welche an einer Holzplatte zu beiden Seiten befestigt sind, mit derselben vor und zurück geschoben werden.

Fig. 3e zeigt diese Vorrichtung im Querschnitt. Die Tafel für die Schaustellung ist mit einer Führung in den Rahmen eingesetzt und der Keil unter dem Rahmen von ganz hartem Holz gefertigt. Die Rollen von Messing sind darunter in einer Leiste eingefügt, welche auf dem hinteren Ende einer Platte festliegt. Diese Platte bildet in ihrer vorderen Ansicht das Gesims des Schrankuntersatzes und wird an zwei Knöpfen herausgezogen; sie dient alsdann zugleich als Tischplatte, auf welcher die Tafel mit den Schaustücken beim Herausziehen aufruhet.

Diese Schaukasten sind überall zu zweien aneinander gerückt aufgestellt.

Fig. 4 stellt Glasschränke von 0,70 m Tiefe dar, welche auf 0,76 m hohen Tischen ruhen. Diese Glasschränke haben eine feste Mittelwand, welche aus Holzrahmen mit Füllungen von mattem Glase gebildet ist. In denselben sind drei Borden auf Eisenschienen eingelegt, so daß also vier Etagen für Schaustellungen geboten sind.

Die Details der Rahmenhölzer geben die Figuren 4a, b, c und d.

Die Schränke der mineralogischen Abtheilung des Instituts sind innen braun gestrichen; alle Eisentheile der inneren Einrichtung sind geschliffen und mit einem Wachsüberzug zum Schutze gegen das Rosten versehen, die Messingtheile dagegen mit einem dünnen Lack überzogen.

A. Tiede.

Studien über die Gestaltung der Sandküsten und die Anlage der Seehäfen im Sandgebiet.

(Fortsetzung zu S. 411 u. f. im Jahrg. 1881.)

§. 23. Die künstliche Spülung der Tidehäfen.

1) „Nur solche Häfen, vor denen ein bedeutender Fluthwechsel stattfindet, können künstlich gespült werden. Dieses geschieht, indem das Hochwasser in weite, zur Seite des Hafens belegene Bassins eintritt und hier durch Schleusen zurückgehalten wird, die man zur Zeit des niedrigsten Wassers plötzlich öffnet. In dieser Weise ist beim Beginne der Spülung ein Gefälle wirksam, welches nahe dem ganzen Fluthwechsel gleich ist. Man erachtet aber selbst dieses, wie es sich in seiner mittleren Größe herausstellt, noch nicht für genügend, und beschränkt daher ganz allgemein die Spülungen nur auf die Zeit der Springfluthen.“

2) „Die Entstehung des Spülstroms beginnt in dem Augenblicke der Oeffnung der Schleusenthüren. Da in diesem Augenblicke die Druckhöhe am größten ist, sollte man sofort die größte Ausflußmenge und die größte Geschwindigkeit des Spülstromes erwarten. Beides ist aber nicht der Fall. — Diese Erscheinung erklärt sich durch die Trägheit der ruhenden Wassermassen; das Wasser vor den Schleusen muß erst in Bewegung gesetzt werden, und zur Erzeugung dieser Bewegung ist mehr Kraft erforderlich, als zur Unterhaltung derselben. Aus demselben Grunde verfließt einige Zeit, wie es scheint je nach der Länge des Spülbassins mehr oder weniger, bis die größte Ausflußmenge durch die Schleusen strömt, so daß diese erst dann gefunden wird, wenn der Wasserspiegel im Bassin sich schon merklich gesenkt hat. — Im Uebrigen geht die Entwicklung des Spülstromes regelmäßig vor sich; der Wassermenge entsprechend, wächst das Gefälle und die Geschwindigkeit, bis beide, im Augenblicke der größten Wassermenge, ebenfalls ihren höchsten Werth erreichen. Wenn es gelingt, die Oeffnung der Schleusen so abzuspannen, daß der Augenblick von Niedrigwasser mit dem der größten Ausflußmenge zusammentrifft, so wird das Gefälle und die Wirkung des Spülstromes ein Maximum. Nach Erreichung desselben vermindert sich schnell die Wassermenge, und eine Wirkung des Spülstroms auf sein Bett ist nicht mehr bemerkbar.“ Die kräftige Spülung dauert je nach den localen Verhältnissen nur 10 bis höchstens 30 Minuten.

Das zur Füllung der Spülbassins verwendete Wasser ist entweder Fluthwasser, vom Meere aus bei geöffneten Schleusenthüren eintretend, oder Binnenwasser, aus Flüssen und Entwässerungscanälen herkommend. Liegt der Hafen in der Nähe von Wattflächen, so bringt jede Füllung eine außerordentlich beträchtliche Menge Schlick in das Bassin, die zu einer raschen Auffüllung Veranlassung giebt. Trotzdem der ausgehende Strom einen großen Theil der Niederschläge mit sich reißt, betragen z. B. in Cuxhaven³⁾ die jährlichen Ablagerungen ca. 10 cm. Im Vorhafen haben sie gleichzeitig ca. 1,3 m betragen. Für Honfleur wird sogar die mittlere Aufschlickung des Vorhafens pro Tide auf 3 mm geschätzt,⁴⁾ was ca. 2,1 m per Jahr entspricht; in gewissen

Perioden ist sie noch 3- bis 4mal größer. Die Ablagerung im Spülbassin dürfte auf 30 bis 50 cm per Jahr anzunehmen sein.

Man hat zwar, um einer solch enormen Verlandung zu begegnen, neuerdings in Vorschlag gebracht, nur die oberen abgeklärten Schichten des Fluthwassers in das Bassin eintreten zu lassen. Doch ist die Wirkung dieses an sich guten Vorschlags bis jetzt noch nirgends constatirt. In Honfleur ist z. Z. eine derartige Construction, Klappthore mit horizontaler Drehachse, in Montage. Eine ähnliche Anlage ist für die Speisung des Bassin de Penhouët in St. Nazaire in Aussicht genommen. Um dem Nachtheil der starken Sandablagerung zu entgehen, ist vielfach die Füllung durch das relativ reinere Wasser kleinerer Flüsse, die bei Hochwasser, wo sie stark getrübt sind, besondere Ausläufe erhalten, z. B. in Cherbourg, bewirkt worden, oder durch Entwässerungscanäle der Polder, z. B. in Calais und Dunkerque. Doch führt diese Anordnung den Uebelstand mit sich, daß die auch hierbei unvermeidlichen Niederschläge und die Einmengen fremder Körper, Baumäste u. s. w., welche bei der Spülung in den Vorhafen und auf die Barre getragen werden, dort eventuell die Baggerung erschweren können. In Dunkerque z. B., wo sich die Verwendung von Saugbaggern als sehr vorthellhaft, selbst bei mäsig hohem Seegang (0,6 m bis 0,8 m) erwiesen hat, wird deren Effect sehr beeinträchtigt durch die Verunreinigung des an und für sich reinen Sandes mit den schlammigen Niederschlägen des Spülbassins, während die groben fremden Körper sogar häufig directe Beschädigungen der Apparate verursachen.

Wenn schon die Beschaffung geeigneten Spülwassers nicht ohne große Schwierigkeiten ist, so leiden die künstlichen Spülungen, welche zur Zeit in Anwendung sind, noch an manchen anderen Mifsständen, so daß an verschiedenen Orten, z. B. in Le Havre, seitdem die Unternehmer der Ballastlieferungen mit Dampfbaggern arbeiten, die Spülanlagen unbenutzt bleiben. Man nimmt allgemein an, daß der Spülstrom auf die Barre keine Wirkung mehr ausüben kann, wenn dieselbe mit einer Wasserschicht von mehr als etwa 3 m Tiefe überdeckt ist. Selbst die bestangelegten und kräftigsten Spülungen, z. B. die von Ostende, welche in $\frac{3}{4}$ Stunden über 1 Mill. cbm Wasser ausläßt, können nur 2 m bis 2,5 m Tiefe unter Niedrigwasser herstellen.

Vielfach ist man daher dazu übergegangen, Baggerung zu Hilfe zu nehmen. In Dunkerque erhofft man von der Combination der Spülung mit der Baggerung weit bessere Resultate als von den seitherigen Spülungen, besonders auf der Barre selbst, auf deren Erniedrigung der Spülstrom allein nicht genügenden Effect ausüben kann.

In vielen Fällen hat man die Fluthbassins als Reservoir benutzt, was natürlich nur auf Kosten des in denselben gehaltenen Wasserstandes möglich ist. Sowohl diese Anordnung, als auch das Bestreben, den Vorhafen zu spülen, beeinträchtigt die Benutzung des Hafens in hohem Grade. Die Spülung des Vorhafens ist überdies 1) „nur von untergeordneter Bedeutung, da man hier, wo ein heftiger Wellenschlag

1) Hagen, Seebau III. p. 39.

2) Lentz, Die künstl. Spülung der Seehäfen. Zeitschr. f. Bauwesen 1868 p. 60.

3) Lentz, a. a. O.

4) Éstignard, L'embouchure de la Seine.

1) Hagen, a. a. O.

nur selten eintritt, durch Baggern die erforderliche Tiefe darstellen kann.“ Die Wirbel und Sturzwellen, welche im Vorhafen entstehen, sobald das Spülbassin an dessen innerer Seite gelegen ist, benachtheiligen die in demselben aufgesetzten oder in Kolken liegenden Schiffe. Außerdem kann die meist nicht frei zu wählende Austrittsrichtung des Spülstroms Veranlassung geben zu Unterwaschungen und Beschädigungen der Quaimauern und anderer Constructionen.

Die Anlage der Spülschleusen am äußeren Ende des Vorhafens, also am landseitigen Ende des Außenhafens ist weit glücklicher, da während der Spülung selbst, zur Zeit des Niedrigwassers, dieser Theil des Hafens unbenutzt bleibt. Schwierig ist es jedoch, dann die Ausmündung des Spülstroms in die Richtung des Außenhafens zu bringen, was z. B. auch bei der neuen Anlage in Calais (Fig. 12) nicht ganz erreicht ist. Dies, wie dort geschehen, durch Combination mehrerer Spülströme zu erzielen, ist immerhin nur ein Aushilfsmittel, das zu anderen Nachtheilen, Verlusten an lebendiger Kraft und unregelmäßigen Profilen, führen muß. Selbst wenn die vorhin als vortheilhaft bezeichnete Lage für die Spülschleusen gewählt wird, geht durch die großen Längen der Außenhäfen Gefälle, also auch Spülwirkung verloren.

Der naheliegende Gedanke, die Spülung direct an die Hafeneinfahrt zu legen, ist fast nirgends aufgenommen worden. Bei Oystreham hat man den Ausfluß der Orne zur Spülung der Einfahrtsrinne benutzt durch Anlage eines parallel zum Ufer gebauten wellenbrecherartigen Steinwalles. Für La Rochelle hatte Bouquet de la Grye ein Project aufgestellt, demzufolge der Einfahrts canal aus einer Reihe von Spülbassins, welche längs dessen Südmole anzulegen sein würden, so daß die Spülströme an verschiedenen Punkten des Canals austreten, der letzte aber an seinem seewärts gelegenen Ende, echelonförmig gespült werden sollte. In Honfleur ist augenblicklich ein Spülbassin im Bau, nahezu fertig gestellt, dessen Ausmündung direct an der Hafeneinfahrt liegt. Das neue Reservoir hat 60 ha Fläche und kann 400000 bis 900000 cbm Spülwasser liefern, je nach der Fluthgröße, da man jede Tide für die Spülung auszunutzen beabsichtigt.

Wenn diese flüchtige Beschreibung der zur Zeit üblichen Anordnungen zu dem Schlusse führen muß, daß sie dem wichtigen Zwecke, den die künstliche Spülung zu erreichen bestimmt ist, nur höchst unvollkommen entsprechen, so darf man doch keineswegs die Hoffnung aufgeben, durch naturgemäßere Anlagen und rationellere Methoden die künstlichen Spülströme in ihrem Auftreten und in ihrer Wirkung den natürlichen Spülströmen ähnlicher machen zu können. In welcher Weise dies zu erreichen wäre, soll im Folgenden untersucht werden.

§. 24. Form der Hafendämme mit Rücksichtnahme auf die Spülung der Einfahrt. Schlauchhäfen.

Einerseits die Nothwendigkeit, daß die einsegelnden Schiffe im Außenhafen ihre lebendige Kraft todlaufen müssen, andererseits das Bestreben, die Molenköpfe in größere Tiefen zu bringen, haben zur Folge, daß die Hafendämme fast aller mit künstlicher Spülung ausgerüsteter Häfen sehr lang sind. Dazu kommt noch, daß die Spülschleusen häufig nicht direct in den Außenhafen münden, sondern zunächst in den Vorhafen. Die Entfernung derselben von der Hafeneinfahrt schwankt daher zwischen 500 bis 1500 m, beträgt

aber zuweilen ausnahmsweise noch erheblich mehr. Bedenkt man, daß das Gefälle sich höchst ungleich ausbildet, daß bei weitem der größte Theil sich unmittelbar hinter der Schleuse concentrirt, so leuchtet ohne Weiteres ein, daß eine Möglichkeit, auf die Hafeneinfahrt irgendwelche Wirkung auszuüben, für den Spülstrom nur dann vorhanden ist, wenn er auf seinem Wege wenig Widerstand erfährt.

Auf die Barre kann er nur wirken, sobald sein Austritt aus der Einfahrt strahlartig erfolgt. Es muß ihm deshalb, noch bevor er die Mündung erreicht, eine bestimmte Richtung angewiesen worden, welche er vermöge der Trägheit auch im freien Meere längere Zeit beizubehalten bestrebt ist. Die Bedingungen sind im Uebrigen ähnliche wie für den Ausfluß aus Ansatzröhren. Je größer die Anfangsgeschwindigkeit und je größer die Wassermenge, um so größer ist die Spülwirkung. Gerade wie die conische Form der Ansatzröhren, wird eine Verengung der im Uebrigen schlauchförmig angelegten Molen nach der Einfahrt zu günstigen Effect auf den Ausfluß haben. Hierbei ist es besser, dieselben nicht geradlinig convergiren zu lassen, sondern den Spülstrom durch die nicht allzu scharfe Krümmung eines der Hafendämme längs demselben zu concentriren. Infolge der inneren Reibungen geht zwar ein gewisser Theil der lebendigen Kraft verloren; doch wird der verbleibende Rest um so wirksamer zusammengehalten und auf die Stelle geleitet, wo man der Spülkraft bedarf.

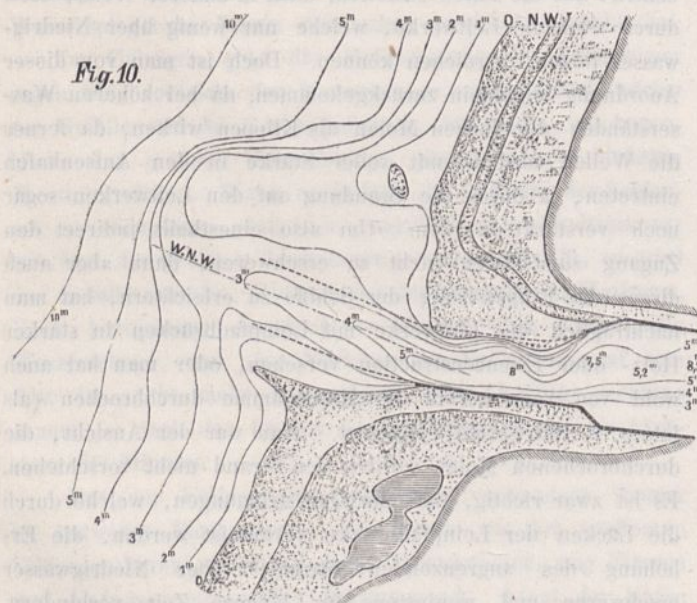
Man würde den genannten Zweck, den Spülstrom concentrirt auf die Barre zu leiten, auch in anderer Weise, etwa durch einfache Leitwerke, welche nur wenig über Niedrigwasser liegen, erreichen können. Doch ist man von dieser Anordnung allgemein zurückgekommen, da bei höheren Wasserständen die flachen Molen als Klippen wirken, da ferner die Wellen alsdann mit voller Stärke in den Außenhafen eintreten, ja durch die Brandung auf den Leitwerken sogar noch verstärkt werden. Um also einestheils indirect den Zugang zum Hafen nicht zu erschweren, dann aber auch direct die Einpassirung der Schiffe zu erleichtern, hat man nachträglich die Leitwerke mit Leinpfadbrücken in starker Holz- oder Eisenconstruction versehen, oder man hat auch wohl von vorn herein die Hafendämme durchbrochen (als jetées à claire voie) angelegt. Man war der Ansicht, die durchbrochenen Molen würden den Strand nicht verschieben. Es ist zwar richtig, daß die Querströmungen, welche durch die Lücken der Leinpfadbrücke veranlaßt werden, die Erhöhung des angrenzenden Strandes über Niedrigwasser erschweren und wenigstens für längere Zeit verhindern. Die Schlußwirkung wird aber, nur etwas später eintretend, genau dieselbe sein wie bei voll gebauten Hafendämmen.¹⁾

Ein Beispiel, welches oft als Beweis des Gegentheiles angeführt wird, die Molenanlage der Adourmündung, dürfte eine nähere Besprechung verdienen. An der Adourmündung²⁾ sind nämlich nach dem Muster einer im Binnenmeer, an der Mündung der Regii Lagni in Neapel, ausgeführten Anlage durchbrochene Molen gebaut worden, deren als Leitdämme dienende Steinschüttungen weit unter Nie-

1) Vgl. Cap. 2.

2) Lieussou, Renaud et Payen, Moyens pour améliorer l'entrée de l'Adour. 1856. Bouquet de la Grye, Rapport sur l'embouchure de l'Adour. 1861.

drigwasser ihre Kronenlage haben, — 2 m nach dem Lande zu, — 3 m am seeseitigen Ende. Der in freier See liegende Theil hat als Tragpfeiler der Leinpfadsbrücke gusseiserne Säulen von 2 m Durchmesser erhalten, in Axenabständen von je 5 m mittelst comprimierter Luft versenkt. Die Steinschüttungen umgeben dieselben und verbinden ihre Fußpunkte kontinuierlich. Der Anschluß an das Land wird durch höher liegende Steinschüttungen, welche mit weit geöffneten Leinpfadbrücken, die auf schmiedeeisernen Jochen, noch mehr landwärts auf gemauerten Pfeilern aufrufen, bewirkt. Der hauptsächlich von N. her zugeführte Kies und Sand wandert durch die Mole in den Einfahrts canal und lagert dort bis etwa in die Mitte desselben eine Bank ab (Fig. 10), wodurch die Strömung an der nach dem Lande zu vollwandigen, weiter seewärts offenen Südmole concentrirt wird. Ein weiteres Vorrücken ist hierdurch erschwert, ebenso eine allzugroße Erhöhung, da die Spülung, besonders zur Zeit der Schneeschmelze in den Pyrenäen ungemein kräftig ist. Die kontinuierlich zugeführten Sinkstoffe müssen daher zum größten Theil mit dem Spülstrom nach der Mündung zu wandern, wo sie sich zunächst auf der Barre ablagern, sehr bald aber vom Küstenstrom nach dem südlichen Ufer transportirt werden. Ein Theil wird auch direct von der Querströmung durch die Lücken der Südmole getrieben. Die ursprüngliche Kronenlage der Leitdämme betrug 4 m unter Niedrigwasser, welche Höhe sich jedoch als zu gering erwies.



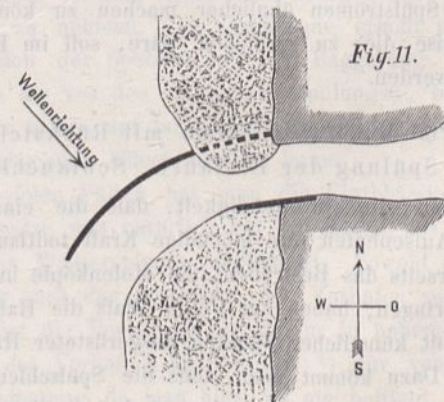
Die Wirkung ist trotz des ungemein starken und ständig in Action befindlichen natürlichen Spülstroms lange nicht so bedeutend, als man hoffen zu dürfen glaubte. Die Rinne auf der Barre wechselt zwar weniger häufig ihre Lage, hat jedoch an Tiefe nicht erheblich gewonnen. Die Vorwanderung des Strandes ist durch die beschriebene Anlage zwar in engere Grenzen gewiesen (wiewohl sie keineswegs ganz verhindert wird) und jedenfalls bedeutend verlangsamt. Die Barre dient als Zwischenstation für den größten Theil der vom Küstenstrom zugeführten Materialien. Und wenn man berücksichtigt, daß deren Menge relativ gering, der Spülstrom aber außerordentlich stark ist, so erscheinen die tatsächlichen Resultate nicht belangreich. Hierzu kommt, daß die Einschnürung des Einfahrts canals innerhalb der Molen

für die Schifffahrt kaum weniger nachtheilig ist als die äußere Barre. Selbst wenn, wie man hofft, eine Fortsetzung der Hafendämme bis auf die Barre ein weiteres Vorschieben derselben nicht zur Folge haben wird, so ist doch eine Vertiefung der Rinne in großem Maße schwerlich zu erwarten, da der Spülstrom durch die Lücken der Molen seitlich ausweicht, bevor er hoch genug angestaut wird, um die zum Durchbrechen der Barre erforderliche Kraft entwickeln zu können.

Eine ähnliche Erscheinung, wie sie an der Adourmündung sich zeigt in der stetigen Abnagung der von der Nordseite her in den Einfahrts canal hereinragenden Bank, ist bei verschiedenen Häfen beobachtet worden, wo unmittelbar vor dem Kopf desjenigen Hafendammes, der vom Küstenstrom zunächst getroffen wird, die Ablagerung von Kies oder Sand zungenartig vorspringt. Diese Zunge lenkt zwar den Spülstrom ab; doch gerade infolge dessen greift derselbe ihren inneren Rand ständig an, da er seine alte Richtung beizubehalten sucht. Die Wirkung des Spülstroms ist dann intensiver wie in denjenigen Fällen, wo die Barre in weiterem Abstand von der Mündung liegt.

Um auch in größerer Entfernung die Intensität noch zu erhalten, hat man wohl mehrfach bewegliche Leitdämme (guideaux), z. B. in Dunkerque, angewandt, welche einige Zeit vor der Spülung an Ort und Stelle gefloßt und dann aufgerichtet werden. Außerhalb der Hafendämme lassen sie sich natürlich nur bei sehr ruhiger See verwenden. Da jedoch die Spülung des Inneren besser unterbleibt und durch Baggerung ersetzt wird, die concentrirte Führung des Spülstroms bis zur Hafendammung aber zweckmäßiger durch angemessene Form der Molen und passenden Abstand derselben zu bewirken ist, so kann die Verwendung solcher beweglichen Leitdämme wohl zur Aushilfe bei älteren Anlagen empfehlenswerth sein, darf aber schwerlich als wesentliches Element in eine Neuanlage aufgenommen werden.

In anderer Weise läßt sich bei Neuanlagen weit wirksamer der Spüleffect vermehren. Dadurch nämlich, daß man den Winkel, welchen der Spülstrom mit der herrschenden Windrichtung einerseits, mit dem Küstenstrom andererseits einschließt, möglichst weit von -180° abweichen läßt. Könnte erreicht werden, daß der austretende Spülstrom nahezu in demselben Sinne sich bewegt wie der Wellenschlag und die Küstenströmung, so müßte sein Effect unter allen Umständen ein bedeutender sein. Diese Erwägung bestimmte Bouquet de la Grye, für die Adourmündung eine total von der jetzigen abweichende Molenform in Vor-



schlag zu bringen. Um die Richtigkeit seiner Anschauung in kleineren Verhältnissen zu versuchen, projectirte er zunächst

eine analoge Anlage für den kleinen Hafen von Cap-Breton, die jedoch bis jetzt nicht in Anwendung gekommen ist. Auch hier geht die Richtung der Wandersände von N. nach S.; die Dünung kommt mit großer Kraft von N.W. Es wurde daher beabsichtigt, zwei annähernd parallele Molen von ungleicher Länge anzulegen (Fig. 11), welche an ihren Wurzeln senkrecht zur Küste gerichtet, dann aber sanft nach S.W. umgebogen werden sollten. Die nördliche Mole würde landseitig durchbrochen, seewärts jedoch vollwandig zu construiren sein, die kürzere Südmole dagegen in ganzer Länge vollwandig. Der von N. zuwandernde Sand würde voraussichtlich eine Bank in ganzer Breite der Durchbrechung in die Einfahrtsrinne schieben, welche den Spülstrom gegen die Südmole drängt. Da derselbe hier nicht ausweichen kann, würde die Bank kräftig abgebrochen werden, und die aufgelöste Masse bei Ebbebeströmung, durch den vollwandigen Theil der Nordmole gegen Wellenschlag geschützt, nach S. wandern. Der Südstrand würde sich zwar vollständig ausbilden, ohne jedoch die Hafeneinfahrt zu gefährden. Die Bildung einer Barre bleibt bei diesem Project so lange vermieden, bis die Vorwanderung des Strandes von N. her die nördliche Mole eingeschlossen hat. Die Anlage einer Durchbrechung wird diesen Zeitpunkt zwar erheblich verzögern, aber keinesfalls ganz verhindern. Sobald derselbe erreicht ist, würde man genöthigt, den durchbrochenen Theil des Hafendamms vollwandig auszubauen. Aber auch dann behält die Einfahrt ihre günstige Richtung und günstige Form gegen Dünung und Küstenstrom. Küstenstrom und Spülstrom stehen alsdann in einem ähnlichen Verhältniß zu einander, wie ein Binnenstrom zum Nebenflusse, dessen Mündung bei künstlichem Ausbau gleichfalls stets stromabwärts gerichtet wird.

Will oder kann man so bedeutende Concessionen den Rücksichten auf Erhaltung der Tiefe, was zu deren Gunsten eventuell auf Kosten der bequemen Einsegelung geschehen müßte, nicht machen, so sind doch jedenfalls starke Ablenkungen, plötzliche Profilwechsel und trichterförmige Erweiterungen der Molen zu vermeiden, durch welche sehr oft die Spülströme ausgeführter Hafenanlagen in hohem Grad geschwächt und beeinträchtigt werden.

§. 25. Die Wirkungsweise der Spülung. — Erosive Wirkung.

Der Spülstrom bietet in fast allen wesentlichen Eigenschaften die schlagendsten Analogieen mit den natürlichen Flußläufen des Binnenlandes. Um so auffallender erscheint es daher auf den ersten Blick, daß sämtliche Beobachtungen überaus große Geschwindigkeiten für die Lösung und Fortbewegung der auszuspülenden Materialien als erforderlich ergeben haben, weit größere, als sie in Flüssen erfahrungsmäßig erforderlich sind. Nach Lentz verlangt die Ausspülung schlickigen Bodens ca. 0,75 m per Sec. mittlere Geschwindigkeit, die Ausspülung von Sand sogar 1,50 m bis 2,00 m, während nach Dubuat bekanntlich etwa $\frac{1}{10}$ dieser Werthe dem Zustande des labilen Gleichgewichts in Flüssen entsprechen würde. Es erklärt sich dies einfach aus dem Umstand, daß die Angaben für Flüsse auf die Fortbewegung, die Angaben für Spülströme aber auf das Inbewegungsetzen sich beziehen.

Die Wirkung des Spülstroms ist eine doppelte, eine erosive und eine transportirende. Bei weitem der größte Theil der Spülkraft wird durch die Erosion aufgezehrt, so daß nur relativ geringe Massen überhaupt in Bewegung kommen. Bei Flüssen wird die Erosionswirkung zur Zeit der großen Hochwässer ausgeübt; die Geschiebe, einmal in Bewegung gebracht, erfordern nur geringe Geschwindigkeiten, in derselben erhalten zu werden. Auch die kleinen Nebenflüsse mit starkem Gefälle und großen Geschwindigkeiten übernehmen für einen Theil der am Boden größerer Ströme fortgewälzten Materialien die kraftverzehrende Arbeit des Lösens.

Hierdurch erklärt sich auch die stets von neuem bestätigte Erscheinung, daß bei den in gewissen Perioden mehrfach kurz auf einander folgenden Spülungen die erste weit bessere Resultate ergiebt als die folgenden. Der frisch abgelagerte Sand bedarf nämlich, um in Bewegung gesetzt zu werden, viel weniger Kraft als der schon seit längerer Zeit abgelagerte, welcher durch die späteren Niederschläge comprimirt ist, außerdem aber durch Ausfüllung der Zwischenräume mit Schlick und feineren Sandkörnchen oft fast steinartige Härte erreicht hat. In Dunkerque wurde z. B. durch Minard beobachtet, ¹⁾ „daß nach der Ausbildung des Spülstromes während der ersten 15 Minuten stellenweise eine Vertiefung von 3 Fuß eintrat, daß jedoch die späteren Aenderungen sehr unbedeutend und kaum noch zu erkennen waren. Es wird aber darauf aufmerksam gemacht, daß dieser sehr große Erfolg nur dadurch veranlaßt war, daß man vorher seit 14 Tagen nicht gespült hatte.“ Die am ersten Tage beseitigte Masse dürfte also vermuthlich die Ablagerung sein, welche in jener Periode erfolgt war. Eine continuirliche Spülung würde diese Ablagerung überhaupt nicht haben aufkommen lassen, selbst wenn ihre absolute Stärke nur gering gewesen wäre.

Daß die thatsächlichen Ergebnisse der künstlichen Spülungen verhältnißmäßig so ungemein geringe sind, hat seinen Grund ferner zum großen Theil in der allzuweiten Entfernung der Spülschleusen von dem Orte, an welchem die Erosion statthaben soll. ²⁾ „Die heftigen Wirbel, welche sich vor der Schleuse bilden, zerstören schon einen großen Theil der dem Wasser mitgetheilten lebendigen Kraft; und dieses geschieht in noch höherem Maße, indem es sich über den ganzen Vorhafen verbreitet. — Sobald der Strom aus der Spülschleuse tritt, die jedesmal eine viel geringere Breite als der Hafen hat, so zeigt sich nämlich dieselbe Erscheinung, welche man allgemein bemerkt, so oft ein Strahl bewegten Wassers in eine ruhende Wassermasse dringt. Die letztere wird, so weit sie den ersteren berührt, von diesem mit fortgerissen; und indem hierdurch das Niveau sich senkt, so fließen seitwärts in entgegengesetzter Richtung andere Wassermassen hinzu, die aber wieder vom Spülstrom gefaßt und in der Richtung desselben fortgeführt werden. In dieser Art bilden sich drehende Bewegungen oder Wirbel, die nicht nur einen bedeutenden Theil der lebendigen Kraft consumiren, sondern auch stellenweise sehr starke Vertiefungen zu veranlassen pflegen. Durch letztere wird oft die Spülschleuse selbst gefährdet; und man muß

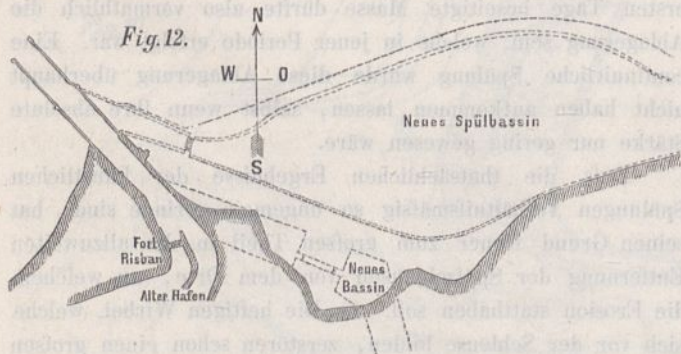
1) Hagen, Seebau III. p. 43.

2) Hagen, a. a. O.

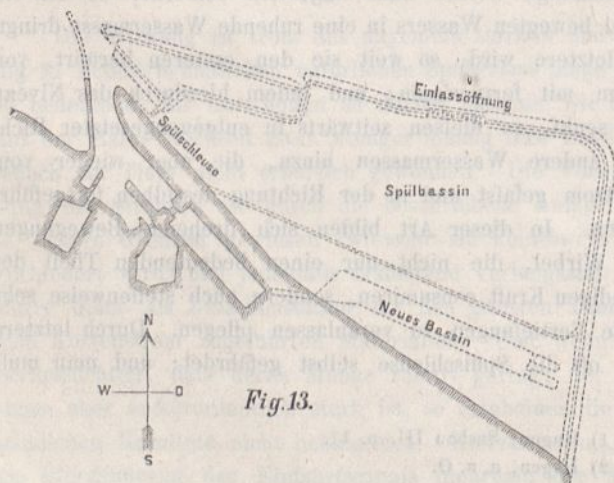
daher eine solche mit großer Vorsicht fundiren, namentlich aber für die gehörige Sicherung und hinreichende Ausdehnung des Sturzbettes sorgen.“ Mit anderen Worten heißt das: man muß den besten Theil der Spülkraft künstlich tödten, weil seine Wirkung an einem unrichtigen Orte erfolgt.

Dieser schwerwiegende Uebelstand ist schon seit lange erkannt, ohne daß man jedoch versucht hätte, das Uebel bei der Wurzel zu fassen: die Spülschleusen nicht am inneren Ende des Vorhafens, auch nicht am inneren Ende des Aufsenhafens, sondern an der Hafenmündung selbst anzulegen, wie dies zur Zeit in Honfleur geschieht.

Das wichtigste Bedenken, welches derartigen Anlagen entgegenstand, war vermuthlich die Scheu, Spülbassins im freien Meere anzulegen. Die meisten Spülanlagen benutzen Fluthbassins, Festungsgräben oder Sammelcanäle von Entwässerungsanlagen als Reservoir; oder es werden doch die Ufer der besonders zum Zweck der Spülung angelegten Becken als Lagerplätze für Holz und ähnliche Güter, zum Anschluß industrieller Etablissements, für Werfte u. s. w. ausgenutzt. Man ist durch alle diese Nebenzwecke in der freien Disposition der Spülungen sehr stark behindert. Erst in allerneuester Zeit hat sich die Ansicht Bahn gebrochen, daß die Erhaltung der Tiefe auf der Barre wichtig genug ist, um besondere, für sie allein bestimmte Anlagen herzustellen. Mehrfach wurden Projecte verfaßt, Spülbassins dem Meere selbst abzugewinnen. Beispiele für die Verwirklichung dieses Gedankens sind die im Bau befindlichen Anlagen in Calais und in Honfleur.



In Calais (Fig. 12) hat man durch einen Deich von $2\frac{1}{2}$ km Länge eine Fläche von ca. 100 ha, deren größerer Theil für die Anlage eines Reservoirs dient, beschafft. Die Spülschleuse mündet der bereits in Wirksamkeit befindlichen, nach dem Fort Risban benannten, gegenüber schräg in den



Aufsenhafen, so daß die von O. und von W. kommenden Ströme gegen denselben Punkt convergiren. In Honfleur (Fig. 13) ist das 60 ha große Spülbassin vor dem eigentlichen Hafen in das Aestuarium der Seine hineingebaut. Man hat hier die Vorsicht gebraucht, die Füllung durch besondere Oeffnungen zu bewirken, welche mit Klappthoren geschlossen sind, um durch deren allmähliches Schließen nur die weniger schlickreichen Wasserschichten in das Reservoir eintreten zu lassen. ¹⁾ „Die Wirkung der Spülungen, zweifelhaft in vielen anderen Fällen, scheint hier das einzig anwendbare Mittel zu sein, um die Zugänge zum Hafen rein und die Einfahrt frei zu halten. Die Aufgabe ist, eine Rinne in einer Bank aus beweglichem schlickigen Sande herzustellen und stets neu zu öffnen; und dies kann nur geschehen, wenn die Niederschläge sofort nach ihrer Bildung wieder weggerissen werden. — Die zur Anlage des Reservoirs ausgewählte Stelle ist durch locale Verhältnisse vorgeschrieben. Man kann thatsächlich an keinem anderen Platz ein Bassin von einer so bedeutenden Ausdehnung anlegen, daß es dem beabsichtigten Zwecke würde genügen können.“

Ein anderes Bedenken gegen die Anordnung der Spülschleusen dicht neben der Hafeneinfahrt war wohl die Besorgniß, die Thore möchten zu sehr vom Wellenschlage leiden. Es ist natürlich, daß man dieselben nicht unmittelbar dem Wogenpralle aussetzen darf. Doch lassen sie sich, z. B. durch Vorbau eines zweiten Systems von Thoren ohne Bohlenbekleidung, die dem Wellenschlag wenig Angriffsfläche bieten, dabei aber seine Kraft brechen, genügend schützen, auch wenn man auf jene günstige Lage nicht verzichten will. Vorschläge ähnlicher Art sind mehrfach gemacht. ²⁾

Uebrigens ist die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, die Ausmündung des Spülstroms nahe an oder in die Einfahrt zu legen, ohne die Spülbassins dortselbst anzuordnen. Man würde nämlich, wenn dieselben in weiterem Abstände liegen, einen gemauerten Canal nach der Mole und in derselben entlang führen können. ³⁾ Bouquet de la Grye hat für die neuprojectirte Hafenanlage in der Mare de la Besse bei La Rochelle vorgeschlagen, das Spülreservoir in größerer Entfernung vom Hafen anzulegen, wo eine sumpfige Niederung die Möglichkeit einer billigen Herstellung gewährt. „Um den Aufsenhafen und die Rinne rein zu halten, könnte man in der ganzen Länge derselben eine Reihe von schmiedeisernen, mit Löchern versehenen Röhren aufstellen, wie für einen der Häfen am Canal La Manche vorgeschlagen war; diese Röhren würden mit dem Reservoir communiciren. Ein zweites, praktischeres Verfahren bestünde darin, einen gemauerten Canal in der massiven Mole auszuspüren und durch staffelförmig angebrachte Spülöffnungen, welche von dem Bassin aus zu speisen wären, die Sinkstoffe aufzuwühlen und wegzuführen.“

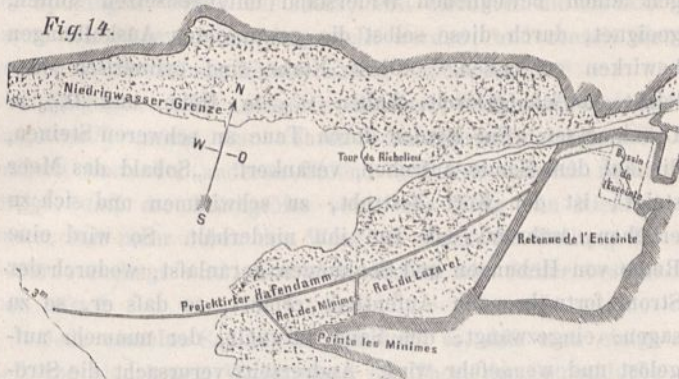
Die staffelartige Anordnung von Spülöffnungen, welche zur Reinigung der Schleusenthor-Kammern bereits mehrfach in Ausführung gebracht ist, hat derselbe Ingenieur für das Alternativproject, eine Hafenanlage in der Baie de La Rochelle, in Aussicht genommen (Fig. 14). Für den Fall, daß die jetzige Lage des Hafens beibehalten bleiben sollte, würde nach seinem vorzüglich durchgearbeiteten Gutachten eine

1) Manen, Bassin de retenue des chasses à Honfleur.

2) Bouquet de la Grye, Baie de La Rochelle.

3) Bouquet de la Grye, Baie de La Rochelle.

nach Süden convex gekrümmte Mole in die Bai einzubauen sein, welche 1400 m von der Pointe des Minimes die 3 m-Tiefenlinie erreicht. Die Rinne soll nördlich derselben durch



Spülung aus zwei Bassins, die im Zwischenraume zwischen dem Südufer und der Mole anzulegen wären, offen gehalten werden, außerdem durch Spülung aus einem dritten Bassin hinter der jetzigen Ufereinfassung und aus den Fluthbassins. Die Flächen der drei Reservoirs sind zu 10 ha, 31,80 ha und 42,30 ha angenommen. Das innere Bassin müßte eine Schleuse mit 8 m Thorweite, das zweite zwei Schleusen von je 4 m Thorweite, das dritte eine solche von 2,50 m Weite erhalten. Dieselben würden, von innen beginnend, successive zu öffnen sein. „Dieses System erinnert an den Giffardschen Injector. — Man wirkt durch successive Stöße gegen eine in Bewegung befindliche Masse. Bei jeder Spülöffnung muß daher eine allgemeine Geschwindigkeitszunahme entstehen; es wird eine größere Wassermasse aus dem nördlichen Theil der Bai mitgerissen und in dieser selbst eine elliptische Wirbelbewegung erzeugt, welche mehr als hinreichend erscheint, die Reinhaltung herbeizuführen.“ Die Tiefen, welche sich dabei längs der Mole selbst ausbilden, müssen ganz bedeutende sein, da die Geschwindigkeit des Spülstroms außerordentlich groß ist, ca. 4 bis 5 m per Sec.

§. 26. Mittel zur Beförderung der erosiven Wirkung des Spülstroms.

Für die Reinigung der Einfahrt zur Mare de la Besse hat Bouquet de la Grye in dem angeführten Citat noch ein anderes System empfohlen, nämlich die Spülung aus schmiedeisernen, mit Löchern versehenen Röhren. Es rührt dieser Vorschlag vom Civilingenieur Bergeron her, der im Mai 1874 über sein Project einen Vortrag im französischen Civil-Ingenieurverein hielt. ¹⁾ „Ich habe an die Verwendung metallischer Röhren, mit Löchern versehen, gedacht, welche in die wegzuspülende Sandbank versenkt werden sollen. Man würde in dieselben Wasser unter starkem Druck eintreten lassen, das bei seinem raschen Austritt aus den Löchern eine Reihe von eben so vielen kleinen Quellen bilden müßte, wodurch der Sand aufgetrieben und seewärts oder auf den Strand geführt werden würde durch den Spülstrom oder durch die Ebbebestromung. — M. Plocq, Ingénieur en chef in Dunkerque, ist der Ansicht, daß die Wassermasse, welche aus den Spülbassins austritt, sobald sie am Ende der Molen Rinnen oder tiefe Gräben findet, die von den Quellen, welche beim Austritt aus den Metallröhren den Sand aufwirbeln, erzeugt sind, sich in dieselben stürzen, sie erwei-

tern und den Sand, welcher die Hafeneinfahrt versperret, in die hohe See treiben wird.“

Bergeron geht von der Meinung aus, die Ebbebestromung, welche in Dunkerque bis zu 1,50 m per Sec. Geschwindigkeit annimmt, würde für den Transport vollkommen genügen, wenn man durch sein Verfahren nur für die rechtzeitige Erosion sorgte. „Die Tideströmungen gleiten über die Oberfläche der Bänke weg wie über ein Betonbett. Die Sandkörnchen und die feinen Schlicktheilchen haben sich ineinander gepreßt und festgezwängt; sie bilden einen widerstandsfähigen Boden, auf dem man umhergehen könnte, ohne daß der Fuß einsänke. — Man kann sich hierdurch erklären, daß selbst von den Spülströmen die Sandbänke nur wenig angegriffen werden. Wenn jedoch durch das genannte Verfahren der Sand aufgewühlt wird und sich mit dem darüber streichenden Wasser mengt, so ist klar, daß er mit demselben von der Strömung weggetrieben werden muß. Die Tideströmung allein hat ihn herbeigeführt; sie wird ihn auch wieder wegführen können, wenn er von Neuem in Auflösung sich befindet.“

Sowohl der Erfinder, als andere, besonders englische Ingenieure haben das bezeichnete System mit Modificationen verschiedener Art zur Ausführung lebhaft empfohlen, ohne daß es über vorbereitende Versuche hinaus gekommen wäre. Die in Boulogne vorgenommenen Proben fielen sehr ungünstig aus, hauptsächlich da sich die Löcher verstopften und nur zum kleinsten Theil zur Wirkung kamen, und da der aufgespülte Sand, weil die spülende Wassermenge zu gering war, um ihn weiter zu tragen, sofort wieder zu Boden fiel. Eine erfolgreiche Zukunft ist für das System Bergeron wohl schon deshalb kaum zu erwarten, weil die Möglichkeit, diese Apparate bei einigermaßen starkem Seegang in Action zu bringen, höchst problematisch scheint.

Dagegen ist in Dunkerque eine andere, von Bergeron ebenfalls angeregte, Idee zur Ausführung gelangt, nämlich die Unterstützung der Spülung durch Saugebagger. ¹⁾ „Die Einfahrt Rinne ist eine künstlich im flachen Sandstrande erhaltene Furche, bis etwa 600 m jenseits der Molenköpfe reichend. Die Strandmaterialien wandern infolge der gemeinschaftlichen Wirkung der Strömung und des Wellenschlags von W. nach O., und sind ständig bestrebt, die Furche auszufüllen; außerdem werden durch die S.W.-Winde zeitweise plötzliche Anhäufungen von Sand veranlaßt; Massen von 30000 bis 40000 cbm schlagen sich in weniger als 14 Tagen auf der westlichen Hälfte der Rinne nieder, engen ein und versperren sogar zuweilen die Hafeneinfahrt. — Man arbeitet z. Z. an einer Verdoppelung der Spülkraft durch Anlage neuer Reservoirs, und man hofft, daß durch dieselbe allein, wenn sie in solcher Weise vermehrt wird, jederzeit die nothwendige Tiefe von 3 m in dem vorderen Theil der Rinne, etwa 300 bis 400 m jenseits der Molenenden, erhalten werden kann. In dem seewärts gelegenen Theile würde jedoch die Barre nicht mit genügendem Erfolg durch die Spülung allein angegriffen werden können, weshalb sich die Verwaltung der öffentlichen Arbeiten entschlossen hat, hier durch Baggerung dieselbe Tiefe herzustellen und zu erhalten wie am landseitigen Ende.“ Der seit 1877 dauernd verwandte Saugebagger der Compagnie des Fives-Lille hat die beab-

¹⁾ Mémoires et compte rendu de la société des ingénieurs civils 1874 p. 280.

¹⁾ Notices. Exposit. univ. à Paris en 1878.

sichtigte Wirkung, da er bei mälsigem Seegang noch erfolgreich arbeiten kann und Prähme nicht bedarf, durch Herstellung von Löchern in der Barre, deren Reihenfolge dem Spülstrom, auch dort, wo seine Kraft nur mehr gering ist, den Weg anweist, im großen Ganzen erreicht. Andere Methoden der Baggerung und vereinfachte, solidere Apparate können dies, wie neuere Versuche zu beweisen scheinen, in noch höherem Grade.

Doch gilt hier dasselbe, was früher von der Verwendung beweglicher Leitdämme gesagt wurde. Die Benutzung der Seebagger zur Offenhaltung der Rinne ist ein vorzügliches Aushilfsmittel bei bereits bestehenden Hafenanlagen. Es würde dagegen unrichtig sein, vorausgesetzt daß sich andere Mittel für die Erhaltung der Einfahrtstiefe auffinden lassen, die Baggerung in freier See als wesentliches Element bei Neuanlagen einzuführen. Der Hauptwerth dieser Methode liegt weniger in der Förderung des Baggergutes selbst, als vielmehr in der Vorbereitung eines Wegs für den Spülstrom, dessen erosive Wirkung hierdurch erheblich begünstigt wird.

Andere mechanische Mittel zu gleichem Zwecke sind vielfach vorgeschlagen, jedoch nur in beschränktem Maaße zur Anwendung gekommen, da sie während der Zeit, wo man ihrer am meisten bedarf, bei stürmischer See, den Dienst versagen. Speciell für die Offenhaltung der Zugänge zur Rhede von Dunkerque schlug 1862 De La Roche-Poncié¹⁾ vor, die Spülkraft der Tidenströmungen zu verstärken „durch Aufwühlung des Grundes auf mechanischem Wege, etwa mittels eines Pfluges, der von einem Dampfboote hin und her bewegt werden sollte.“ Aehnliche Vorrichtungen wurden mit großem Erfolg mehrfach bei Neubauten an geschützteren Orten angewandt, z. B. bei der Austiefung des „Aufsefahrwassers“ zu Emden und bei Anlage der Hafeneinfahrt von Nieuwe-Diep. Auch zur Reinigung der Priele vor Sielen bedient man sich vielfach eggenartiger Kratzmaschinen, welche den Schlick und Sand so weit lockern, daß die ausgehende Strömung ihn entfernen kann.

In Honfleur sollen nach einer Angabe von Lavalley in früheren Jahren Arbeiter durch Harken kurz vor Beginn der Spülung den schlickigen Sand aufgewühlt haben. 1872 entschloß sich M. Arnoux,²⁾ Ingénieur des Ponts et Chaussées, „eine Rinne durch die Sandbank mit Hilfe einer durchbrochenen Pfahlreihe zu öffnen (ausgehend von den Versuchen an der Mündung der Regii-Lagni, nach deren Muster auch die Molen an der Adourmündung erbaut sind). Dieser Versuch, auf einer Länge von etwa 50 m unternommen, ergab bemerkenswerthe Resultate. Man nahm wahr, daß die Tidenströmungen bei einer einzigen Tide rings um die kleinen in den Sand eingetriebenen Pfähle Kolke von 0,80 m bis 1,00 m Tiefe aufwühlten. Da die Pfähle nur in Abständen ihres doppelten Durchmessers von einander entfernt standen, bildet die Aneinanderreihung der Kolke einen förmlichen Graben.“ Diese Anordnung belästigte jedoch die kleinen Fischerboote, welche bei Hochwasser ihren Weg versperrt fanden; auch war der Erfolg ziemlich langwierig und die Herstellung kostspielig, zumal bei weiterem Fortgang der

1) De La Roche-Poncié, Côte Nord de France.

2) Arnoux, Redressement du chenal du port d'Honfleur. Ann. d. Ponts et Chauss. 1873. I Sem. p. 489.

Ausspülung viele Pfähle weggetrieben wurden, was sofort neue Versandungen veranlafte. „Man ging daher zur Verwendung von Weidenkörben über, welche den Tidenströmungen einen beweglichen Widerstand entgegensetzen sollten, geeignet, durch diese selbst die gewünschten Auskolkungen bewirken zu lassen.“ Diese Körbe sind cylindrisch oder leicht conisch geformt, haben 0,60 m Höhe und 0,50 m Durchmesser. Sie werden durch Taue an schweren Steinen, die auf dem Sande aufruhren, verankert. „Sobald das Meer steigt, ist der Korb bestrebt, zu schwimmen und sich zu erheben, während das Tau ihn niederhält. So wird eine Reihe von Hebungen und Senkungen veranlaßt, wodurch der Strom fortwährenden Aufenthalt erfährt, so daß er, so zu sagen: eingezwängt, den Sand aufwühlt, der nunmehr aufgelöst und weggeführt wird. Andererseits verursacht die Strömung, indem sie sich in dem Korbe fängt, eine Drehung desselben, und durch diese wirbelartige Bewegung erweitert sich der Kolk. Bei der Ebbe treten dieselben Erscheinungen im entgegengesetzten Sinne auf; und es genügt eine einzige Tide, um ein Loch von 0,80 m bis 1,00 m Tiefe mit einem Durchmesser von ca. 3 m zu erzeugen.“ — Mit Hilfe von 80 Körben, die in 2,50 m Axenabstand verlegt waren, wurde in 2 Tagen eine 200 m lange, 5 bis 6 m breite, 1,30 m tiefe Rinne hergestellt, welche vom Spülstrom sofort aufgenommen und erweitert wurde.

Eine ähnliche Wirkung beabsichtigt Garnhams Patent,¹⁾ demzufolge eine Art von Schiffsschraube an einem in den Sand verankerten Kabel angebracht werden soll, welche durch die Strömung in Drehung versetzt wird und so den Sand aufwühlt. Dieses Mittel und andere gleicher Art sind weniger ihrer selbst wegen von Interesse, als weil sie beweisen, daß man allgemein einen Mangel empfindet, welcher zur Zeit die Spülungen von fragwürdigem Werthe erscheinen läßt, den Mangel nämlich, daß ihre erosive Wirkung an derjenigen Stelle, wo sie am meisten nothwendig ist, völlig unzureichend erscheint.

§. 27. Die Wirkungsweise der Spülung. — Transportirende Wirkung.

In den meisten Häfen, welche durch künstliche Spülung ihre Einfahrtstiefen frei halten, wird nur zur Zeit der Springfluthen gespült.²⁾ „Man beginnt gewöhnlich am Tage des Voll- oder Neumondes, also in einer Zeit, wo der Fluthwechsel noch nicht die volle Größe erreicht hat, und fährt damit 6 Tage nach einander fort. — Gemeinhin wird an jedem Tage nur eine einzige Spülung vorgenommen, weil dabei manche Vorkehrungen getroffen werden müssen, die man nicht übereilen mag. Dazu kommt auch noch, daß an solchen Orten, wo die Hafenzzeit nicht in die Nähe des Mittags fällt, das eine Niedrigwasser oft schon zur Nacht oder während der Dunkelheit eintritt. Eine Spülung ist aber alsdann nicht mehr ausführbar, weil solche für die im Hafen liegenden Schiffe und für kleinere Fahrzeuge, die vielleicht gerade einkommen, gar zu gefährlich sein würde. — Wenn dagegen die Hafenzzeit nahe auf 12 Uhr fällt, wie auf der östlichen Seite des Canals, von Calais bis Ostende, so lassen sich fast immer zwei Spülungen, nämlich eine morgens und die andere

1) Scientific American 1873. II. 2.

2) Hagen, Seebau III. p. 51.

abends gegen 6 Uhr vornehmen, und man hat dabei den Gewinn, daß man die stärkeren Fluthwechsel vollständiger benutzt. Man beschränkt aber in diesem Falle die Anzahl der Spülungen wieder auf sechs, weil hierdurch die erreichbaren Wirkungen schon dargestellt werden, und sonach die weitere Wiederholung keinen Erfolg haben könnte.“

Entgegen dem anderorts üblichen Verfahren wird in Cuxhaven¹⁾ „nicht nur während der Springtiden gespült, sondern auch bei anderen Tiden, was sich dadurch rechtfertigt, daß die Fluthgröße sowie die Höhe von Niedrigwasser fast mehr durch den Wind als durch die Stellung der Gestirne bedingt wird, und sich deshalb nie vorher bestimmen läßt.“

Jede einzelne Spülung erfolgt dann so, daß man einige Zeit vor niedrigstem Wasserstand die Thore der Spülschleuse plötzlich öffnet und die Ausströmung längere Zeit anhalten läßt, 1 bis höchstens $1\frac{1}{2}$ Stunden, wenn die Fluthbassins als Reservoir dienen, andernfalls wohl auch 2 bis 3 Stunden. „Wenn es gelingt, die Oeffnung der Schleusen so abzapfen, daß der Augenblick von Niedrigwasser mit dem der größten Ausflußmenge zusammentrifft, so wird das Gefälle und die Wirkung des Spülstroms ein Maximum. Nach Erreichung desselben vermindert sich schnell die Wassermenge, und eine Wirkung des Spülstromes auf sein Bett ist nicht mehr bemerkbar.“

Vergleicht man diese Thatsachen mit dem häufig constatirten Umstand, daß relativ kleine und schwache continuirliche Spülströme verhältnißmäßig große Tiefe dauernd zu erhalten vermögen, ohne daß ihre Geschwindigkeit jemals auch nur annähernd die Werthe erreicht, welche bei der künstlichen Spülung schon als unwirksam bezeichnet werden, so ist klar, daß die Continuität der Auswässerung eine vorwiegende Rolle spielen muß. Gerade weil die Spülung nur so selten erfolgt, nimmt ihr Effect so rasch ab. In Cuxhaven, wo die Spülungen nur den Zweck hatten, den Vorhafen zu reinigen, waren die erreichten Resultate wohl hauptsächlich deshalb relativ günstige, besonders seitdem man in den vierziger Jahren die compacten Sandschichten durch Baggerung entfernt hatte, weil sie in ziemlich kurzen Zwischenräumen erfolgten.

Es erklärt sich die nicht zu bezweifelnde vortheilhafte Wirkung der langen Dauer jedes Spülstroms, sowie der Wiederholung in kurzen Zeiträumen wohl einfach dadurch, daß die Sandkörnchen nicht Zeit finden, sich in festen Massen abzulagern, welche durch die Schlickkörperchen gleichsam zusammengekittet werden. Die Sinkstoffe bleiben bis in um so größere Tiefen in Bewegung, je häufiger und je nachhaltiger der Spülstrom ist, oder sie werden doch, bevor sie sich zu einer zähen widerstandsfähigen Decke niedergeschlagen haben, wieder aufgewühlt und von der Küstenströmung davongeführt. Eine Barre bildet sich unter allen Umständen; aber die Rinnen bleiben in derselben tiefer und bewahren eine beständigere Lage, je häufiger die eingetriebenen Sandtheilchen losgespült werden, weil diese Losspülung um so leichter stattfindet, je kürzer die Intervalle der Spülung sind.

Die transportirende Wirkung der ausgehenden Strömung kann nur dann ausgenutzt werden, wenn die Erosion genü-

gend vorarbeitet, wenn Massen genug gelöst sind, die weiter transportirt werden können. Wird daher dafür gesorgt, daß auf der Barre selbst zur Zeit des Austritts der spülenden Wassermassen der Sand im schwebenden Zustande ist, so findet eine Fortbewegung aus der für die Schiffahrt gefährlichen Gegend jedesmal statt, wenn die Schleusen geöffnet werden, da dies meistens zu einer Zeit geschieht, wo die Ebbeströmung im offenen Meere nahezu ihre größte Geschwindigkeit besitzt, jedenfalls groß genug, um einmal gelöste Sinkstoffe nicht sofort wieder zum Niederschlag gelangen zu lassen. Je nach der Stärke und Richtung des Wellenschlags dauert die Suspension kürzer oder länger. Das Gesamtergebnis wird, wie früher gezeigt, eine Verschiebung und Erniedrigung der Barre, bezw. eine Vertiefung der Rinnen in der Barre sein.

Das Kentern der Tideströmungen erfolgt zwischen Niedrigwasser und halber Fluth, um so früher, je größeren Widerstand die Ausbildung der Fluthwelle erleidet. Da in jener Periode die Geschwindigkeiten gering, momentan sogar Null sind, so wird um diese Zeit die Tendenz der Ablagerung sehr groß. Ein kleiner Theil der vom Ebbestrom mitgeführten Sände lagert sich sofort ab, ein größerer Theil wandert mit dem Fluthstrom wieder zurück und ist bestrebt, die Rinne auszufüllen oder die Barre zu erhöhen, wenn um jene Zeit der Spülstrom bereits aufgehört hat, wie dies bei dem üblichen Verfahren allgemein der Fall ist. Er ist um so mehr hierzu bestrebt, je kräftiger die Brandung auf der Barre ihn in Mitleidenschaft zieht. Diejenigen Sandkörner, welche zu schwer sind, um in Suspension gerathen zu können, legen, auf dem Meeresgrunde fortrollend, einen ähnlichen Weg zurück, wie die schwebenden Sandtheilchen.

Die Kraft des Wellenschlags, welche den Sand von der seeseitigen Böschung auf den Scheitel der Barre wirft, wirkt ununterbrochen. Die Tideströmungen nehmen in gesetzmäßigen Intervallen ein Maximum an, gehen dann aber auf Null zurück. Die Spülung müßte während dieser Periode das Gleichgewicht herstellen. Ein hervorragender Fehler der üblichen künstlichen Spülungen liegt aber darin, daß der Spülstrom meist gerade dann aufhört, wenn er am wichtigsten ist, nämlich zur Zeit des Kenterns. Im Anfang der Fluthströmung treten bekanntermaßen die stärksten Versandungen ein. Gerade dann müßte die transportirende Wirkung des Spülstroms recht zur Geltung kommen; selbst wenn seine Geschwindigkeit nur mehr gering ist, kann sie die günstigsten Effecte ausüben, da die Fluthströmung selbst anfangs kaum bemerkbare Intensität hat.

Auch in dieser Beziehung ist eine nachhaltige Auswässerung sehr im Vortheil, wie sich das z. B. an Tideströmen besonders dadurch zeigt, daß die vom Oberwasser verstärkte Ebbeströmung noch längere Zeit fort dauert, während die Fluthströmung vom Meere aus in die Mündung tritt. Es erfolgt dann eine Einzwängung, ja eine Ueberlagerung der Ebbe durch die Fluthströmung, deren Ergebnisse, z. B. in den Mündungsbecken der Seine und der Gironde, äußerst tiefe, niemals versandende, furchenartige Pässe sind.

Die transportirende Wirkung des künstlichen Spülstroms kommt nach dem Vorstehenden nur dann vollständig zur Geltung, wenn man ihn den natürlichen Spülströmen in seiner Dauer möglichst ähnlich macht, nämlich wenn 1) jede Tide zur Spülung benutzt wird, und wenn man 2) die Dauer

1) Lentz, a. a. O.

jeder einzelnen Spülung bis über den Moment des Kenterns der Tidenströmungen (bei Ostende z. B. etwa 2 Stunden nach Niedrigwasser) hinaus ausdehnt.

Die Gründe, welche mit Fug und Recht bei den üblichen Anlagen dahinzielenden Vorschlägen entgegengehalten werden können und müssen, beweisen nur, daß auch in dieser Beziehung eine Reform dringend erforderlich ist, eine fundamentale Reform der Anlagen selbst. Man würde sich nicht vor der Ausführung der Spülungen scheuen, auch wenn ihre unmittelbaren Erfolge scheinbar geringe wären, sobald die anderweite Benutzung der Reservoirs, häufig wichtiger als die Aufspeicherung des Spülwassers, sobald nicht andererseits die ungünstige Ausmündung des Spülbassins in den Vorhafen dem entgegenstände. Durch die Ausnutzung für

widerstrebende Zwecke werden sehr oft die Spülanlagen in ihrer Ausnutzung für die Erhaltung der Einfahrtstiefe erheblich beeinträchtigt, während die Spülungen selbst als nothwendiges Uebel, sogar als Hemmiß des Schiffahrtbetriebes, zu dessen Förderung sie bestimmt sind, erscheinen.

Dieselben Mittel, welche im Früheren als am besten geeignet, die erosive Wirkung des Spülstroms zu befördern, bezeichnet wurden, helfen auch dem letztgenannten Uebelstande ab und ermöglichen damit, die Spülungen häufiger vornehmen und jeder einzelnen Spülung längere Dauer geben zu können. Diese Mittel aber bestehen in: 1) Anlage des Spülbassins außerhalb des Vorhafens, 2) Anlage der Spülschleuse in Nähe der Hafenmündung.

(Schluß folgt.)

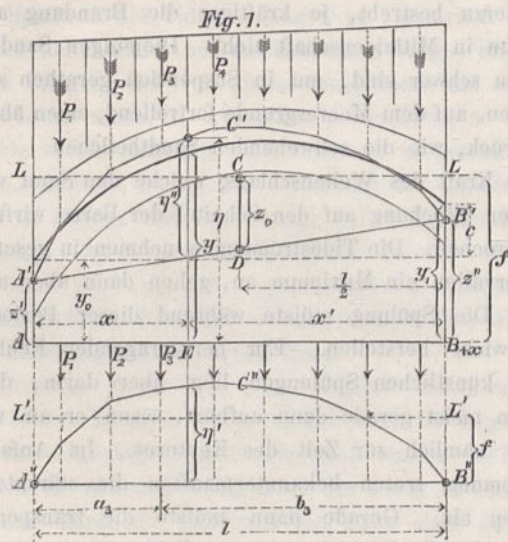
Elasticitätstheorie der Tonnengewölbe.*)

I. Abschnitt.

Allgemeine Theorie.

§. 1. Drucklinie und Stützlinie.

Zerlegt man ein Tonnengewölbe (Fig. 1), dessen Abmessung normal zur Stirnfläche = 1 ist, durch verticale Schnitte in Lamellen und zeichnet mit beliebig gewählter Poldistanz H' zu den Gewichten P dieser Lamellen ein Seil-



polygon, welches die Auflagerverticalen in A'' und B'' schneidet, so sind die Verticalabstände η' des Seilpolygons von der Schlußlinie $A''B''$ direct proportional den Angriffsmomenten eines frei auf zwei Stützen liegenden, durch die Gewichte P belasteten Balkens AB . Es ist nämlich

$$1) \quad \eta' = \frac{M_x}{H'}$$

*) Die vorliegende Abhandlung, zu welcher der Verfasser durch einen von Winkler im Architektenvereine in Berlin gehaltenen Vortrag (Deutsche Bauzeitung 1879, pag. 117 u. 127, ferner 1880 pag. 58) angeregt wurde, lehrt die Drucklinie eines beliebig gestellten, in verticalem Sinne belasteten Tonnengewölbes in derselben Weise ermitteln, wie die eines elastischen, einfach gekrümmten Stabes.

Ganz besonderer Werth wurde auf die Möglichkeit einer einfachen Berücksichtigung der Längenänderung der Bogenaxe gelegt, da deren Vernachlässigung in den meisten Fällen zu bedeutenden Fehlern Veranlassung giebt.

Trotzdem außer den geläufigeren Sätzen über das Seilpolygon die Elasticitätstheorie der gekrümmten Stäbe als bekannt vorausgesetzt wurde, sind in einem Nachtrage die 3 Elasticitätsgleichungen in der hier verwendeten Form kurz abgeleitet worden.

unter M_x das dem Balkenquerschnitt E entsprechende Moment verstanden; dasselbe wird

$$2) \quad M_x = \frac{x}{l} \sum P b - \sum P(x - a),$$

wo a und b die Abstände der Lasten P von den Auflagern A und B bedeuten.

Sind nun A' und B' die Angriffspunkte der Kämpferdrücke des Gewölbes, und bezeichnet man mit

z' und z'' die Entfernungen der Punkte A' und B' von der zur x -Axe gewählten beliebigen Horizontalen AB ,

η'' die Ordinate der Drucklinie $A'C'B'$ des Gewölbes, gemessen bis zur Schlußlinie $A'B'$,*)

η desgl. gemessen bis zur x -Axe,

H den Horizontalschub des nur durch verticale Kräfte belastet angenommenen Gewölbes,

dann ist auch

$$\eta'' = \frac{M_x}{H},$$

mithin

$$3) \quad \eta'' = \eta' \frac{H'}{H},$$

und man findet die Gleichung der Drucklinie

$$\eta = z + \eta' \frac{H'}{H}$$

oder, wegen $z = z' + (z'' - z') \frac{x}{l}$,

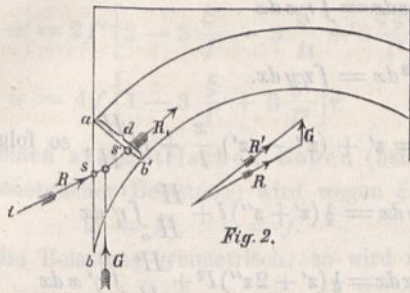
$$4) \quad \eta = z' + (z'' - z') \frac{x}{l} + \eta' \frac{H'}{H}.$$

Die Drucklinie ist hiernach bestimmt, sobald z' , z'' und H gegeben sind, denn die Werthe η' lassen sich leicht construiren oder mittelst Gleichung 1 und 2 berechnen.

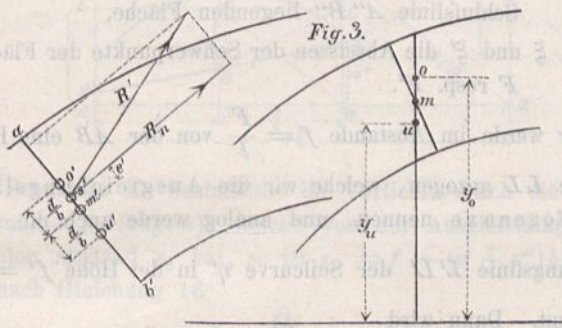
Kennt man aber die Drucklinie, so kann man leicht die Stützlinie, das ist den geometrischen Ort der Punkte bestimmen, in welchen die radialen Fugen durch die auf sie wirkenden Druckresultanten geschnitten werden.

*) Es wird als bekannt vorausgesetzt, daß in die in Figur 1 gezeichneten Seilpolygone Curven einbeschrieben werden müssen und daß die Berührungspunkte der Seilpolygone mit den Seilcurven in den das Gewölbe in Lamellen zerlegenden verticalen Schnitten liegen. Die Schlußlinie $A'B'$ setzen wir stets horizontal voraus.

Handelt es sich z. B. um die Fuge ab' (Fig. 2), deren Länge d sein möge, und ist s der Schnittpunkt der Druck-



linie mit der verticalen Fuge ab , ferner ts die im Punkte s an die Drucklinie construirte Tangente, so wirkt der Druck R auf die Fuge ab in der Richtung ts und giebt, mit dem negativen Werthe des Gewichtes G des Dreiecks $ab'b$ zusammengesetzt, den Druck R' auf Fuge ab' . Der Schnittpunkt s' der Kraft R' und der Fuge ab' ist ein Punkt der Stützlinie.



Zerlegt man jetzt R' normal und parallel zur Fuge in zwei Seitenkräfte, und bezeichnet erstere mit R_n (Fig. 3), ferner mit e' den Abstand des Punktes s' vom Mittelpunkte M' der Fuge ab' , so sind die Pressungen in der oberen beziehungsweise unteren Fugenkante

$$5) \begin{cases} k_o = \frac{R_n}{d} + 6 \frac{R_n e'}{d^2} = \frac{6 R_n}{d^2} \left[e' + \frac{d}{6} \right] \\ k_u = \frac{R_n}{d} - 6 \frac{R_n e'}{d^2} = \frac{6 R_n}{d^2} \left[\frac{d}{6} - e' \right]. \end{cases}$$

Dabei ist bezüglich der Vorzeichen vorausgesetzt:

- 1) e' ist positiv, sobald es oberhalb m' liegt;
- 2) Druckspannungen sind positiv, Zugspannungen negativ.

Die beiden Punkte o' und u' (Fig. 3), welche die Fuge ab' in 3 Theile zerlegen, heißen die Kernpunkte der Fuge. Ihre Abstände vom Stützpunkte s' seien $e_{o'}$ und $e_{u'}$. Dann ist

$$e + \frac{d}{6} = e_{u'} \quad \frac{d}{6} - e = e_{o'}$$

und man erhält

$$6) \begin{cases} k_o = \frac{6 R_n e_{u'}}{d^2} = + \frac{6 M_u}{d^2} \\ k_u = \frac{6 R_n e_{o'}}{d^2} = - \frac{6 M_o}{d^2}, \end{cases} *$$

wo M_u und M_o die Angriffsmomente in Bezug auf die Kernpunkte sind.

*) Das Moment der links vom Schnitte wirkenden Kräfte soll rechts drehend positiv gesetzt werden, wie dies wohl in der Statik der Bauconstructions jetzt allgemein üblich ist. Dann aber ist $R_n e' = - M_o$ als links drehendes Moment.

Die Werthe $e_{o'}$ und $e_{u'}$ sind beide positiv, sobald s' zwischen die beiden Kernpunkte fällt. Liegt z. B. s' oberhalb e' , so wird $e_{o'}$ negativ bei positiv bleibendem $e_{u'}$.

Die Construction der Stützlinie aus der gegebenen Drucklinie wird in der Praxis stets entbehrlich. Man verfährt mit hinlänglicher Genauigkeit, wenn man die Momente M_o und M_u für die Kernpunkte o und u der verticalen Fuge bildet und unter d die Länge der durch die Mitte der verticalen Fuge gelegten radialen Fuge versteht.

Die Momente M , M_o und M_u lassen sich nach Winkler auf die Form bringen:

$$7) \quad M = H(\eta - y),$$

$$8) \quad M_o = H(\eta - y_o), \quad M_u = H(\eta - y_u),$$

so daß man

$$9) \quad k_u = - \frac{6 H}{d^2} (\eta - y_o); \quad k_o = \frac{6 H}{d^2} (\eta - y_u)$$

erhält.

Kennt man also H und die Werthe η , d. h. sind H , z' und z'' gegeben, so ist die Berechnung der Materialanspruchnahme ohne Weiteres möglich.

Nachzutragen bleibt, daß die Formeln 5 nur für einen geraden Stab gültig sind, und daß man genauer zu sagen hätte

$$10^a) \begin{cases} k_o = \frac{R_n}{d} + \frac{R_n e'}{\rho d} + \frac{6 R_n e' \rho}{d^2 \left(\rho + \frac{d}{2} \right)} \\ k_u = \frac{R_n}{d} + \frac{R_n e'}{\rho d} - \frac{6 R_n e' \rho}{d^2 \left(\rho - \frac{d}{2} \right)}, \end{cases} *$$

wo ρ den Krümmungsradius der Bogenaxe bedeutet.

Setzt man

$$10) \begin{cases} \frac{6 \rho \left(\rho + \frac{1}{2} d \right)}{6 \rho^2 + d \left(\rho + \frac{1}{2} d \right)} = \alpha \\ \frac{6 \rho \left(\rho - \frac{1}{2} d \right)}{6 \rho^2 - d \left(\rho - \frac{1}{2} d \right)} = \alpha', \end{cases}$$

so folgt

$$10^b) \begin{cases} k_o = \frac{6 R_n}{\alpha d^2} \left[e' + \alpha \frac{d}{6} \right] \\ k_u = - \frac{6 R_n}{\alpha' d^2} \left(\alpha' \frac{d}{6} - e' \right). \end{cases}$$

An Stelle der Kernpunkte o' und u' (Fig. 3) treten also zwei Punkte o'' und u'' , so daß

$$\overline{o''m} = \frac{\alpha' d}{6} \quad \text{und} \quad \overline{u''m} = \frac{\alpha d}{6}$$

wird. Man verfährt aber in der Regel genügend genau, wenn man die Formeln 5 oder 9 anwendet.

§. 2. Die 3 Elasticitätsgleichungen. — Drucklinie des Normalzustandes.

Zur Ermittlung der 3 Unbekannten H , z' und z'' liefert die Elasticitätslehre die 3 Gleichungen:

*) Ist $J = \frac{d^3}{12}$ das Trägheitsmoment des Querschnitts, so ist im Abstände η von m die Normalspannung $= \frac{R_n}{F} + \frac{M}{\rho F} + \frac{M \eta \rho}{J(\rho + \eta)}$. Dieser Werth ist nicht mehr linear, wie der aus der Navier'schen Hypothese sich ergebende und gewöhnlich angewandte: $\frac{R_n}{F} + \frac{M \eta}{J}$.

Setzt man, um k_o und k_u zu erhalten, $\eta = + \frac{d}{2}$ beziehungsweise $= - \frac{d}{2}$, ferner $F = d$, $J = \frac{d^3}{12}$ und $M = R_n e$, so erhält man die Formeln 10.

$$12) \dots \int_0^l M \frac{ds}{EJ} = 0$$

$$13) \dots \int_0^l Mx \frac{ds}{EJ} = 0$$

$$14) \dots \int_0^l My \frac{ds}{EJ} = 0.$$

In diesen bedeutet

E den Elasticitätsmodul des Gewölbematerials,

$J = \frac{d^3}{12}$ das Trägheitsmoment des Gewölbequerschnitts,

M das Angriffsmoment für den Mittelpunkt der Fuge.

Bei Ableitung der Gleichungen wurde vorausgesetzt, daß:

- 1) die Länge der Bogenaxe sich in Folge der Deformation des Gewölbes nicht ändert,
- 2) die Widerlager vollkommen unverschieblich sind,
- 3) keinerlei Spannungen durch Ausführungsfehler entstehen und namentlich das Setzen des Lehrgerüsts keine Spannungen im Gewölbe erzeugt,
- 4) daß bei einer bestimmten Temperatur in dem gewichtslos und unbelastet gedachten Gewölbe keine Spannungen vorhanden sind und diese Temperatur sich nicht ändert.

Werden diese Bedingungen erfüllt, so nennen wir das Gewölbe im Normalzustande. Alle diejenigen Ursachen, welche eine Aenderung der dem Normalzustande entsprechenden Drucklinie (der normalen Drucklinie) bewirken, fassen wir unter dem Namen Störungen zusammen und unterscheiden in der Folge:

- a) Störungen, welche sich rechnermäßig leicht bestimmen lassen (es sind dies die sub 1 erwähnten),
- b) Störungen, deren Feststellung bis jetzt nicht gelungen ist, weil Resultate von Beobachtungen, die allein eine zuverlässige Grundlage für die Theorie bilden, nicht vorliegen.

Vorerst soll, um die Rechnung möglichst durchsichtig zu gestalten, auch von den sub a angeführten Störungen abgesehen werden. Es wird sich später zeigen, daß die so aufgestellten Gesetze nur einer geringen Abänderung bedürfen, wenn diese Störungen berücksichtigt werden sollen.

Die Gleichungen 9 vereinfachen wir zunächst durch eine Annahme bezüglich des Gesetzes, nach welchem sich der Querschnitt ändert (vorbehaltlich nachträglicher Entwicklung eines correcteren Verfahrens) und erinnern, daß man bei Berechnung der eisernen Bögen entweder die Voraussetzung $J = \text{Const.}$ oder $J \cos \varphi = \text{Const.}$ macht, unter φ den Neigungswinkel der an die Bogenaxe construirten Tangente verstanden. In der Regel wird bei Kreisbögen die erstere Voraussetzung gewählt, doch ziehen wir es vor, für $J \cos \varphi = J \frac{dx}{ds}$ den constanten Mittelwerth J' einzuführen, weil diese Annahme der Wirklichkeit besser entspricht. Bezüglich der Gestalt der Bogenaxe und der Belastung des Gewölbes machen wir keinerlei einschränkende Voraussetzung.

Die Gleichungen 9 gehen jetzt über in

$$\int_0^l M dx = 0 \quad \int_0^l Mx dx = 0 \quad \int_0^l My dx = 0$$

und nach Einsetzen von

$$M = H(\eta - y)$$

in

$$15^a) \begin{cases} \int_0^l y dx = \int_0^l \eta dx \\ \int_0^l yx dx = \int_0^l \eta x dx \\ \int_0^l y^2 dx = \int_0^l \eta y dx. \end{cases}$$

Setzt man $\eta = z' + (z'' - z') \frac{x}{l} + \eta' \frac{H}{H'}$, so folgt

$$15^b) \begin{cases} \int_0^l y dx = \frac{1}{2}(z' + z'')l + \frac{H'}{H} \int_0^l \eta' dx \\ \int_0^l yx dx = \frac{1}{6}(z' + 2z'')l^2 + \frac{H'}{H} \int_0^l \eta' x dx \\ \int_0^l y^2 dx = z' \int_0^l y dx + (z'' - z') \int_0^l \frac{yx dx}{l} + \frac{H'}{H} \int_0^l \eta' y dx. \end{cases}$$

Es bedeute nun

F den Inhalt der Fläche, welche durch die Bogenaxe, die Gerade AB (Fig. 1) und die Auflagerverticalen eingeschlossen wird,*)

F' den Inhalt der zwischen den Seilcurven η' und der Schlußlinie $A''B''$ liegenden Fläche,

ξ und ξ' die Abscissen der Schwerpunkte der Flächen F resp. F' .

Weiter werde im Abstände $f = \frac{F}{l}$ von der AB eine Horizontale LL gezogen, welche wir die Ausgleichungslinie der Bogenaxe nennen, und analog werde auch die Ausgleichungslinie $L'L'$ der Seilcurve η' in der Höhe $f' = \frac{F'}{l}$ bestimmt. Dann wird

$$\int_0^l y dx = fl; \quad \int_0^l \eta' dx = f'l$$

$$\int_0^l yx dx = fl\xi; \quad \int_0^l \eta' x dx = f'l\xi',$$

und es gehen die Gleichungen 15^b über in

$$16) \quad f = \frac{1}{2}(z' + z'') + \frac{H'}{H} f'$$

$$17) \quad f \frac{\xi}{l} = \frac{1}{6}(z' + 2z'') + \frac{H'}{H} f' \frac{\xi'}{l}$$

$$18) \quad u = z' + (z'' - z') \frac{\xi}{l} + \frac{H'}{H} u'$$

worin

$$19) \quad u = \frac{\int_0^l y^2 dx}{fl}, \quad u' = \frac{\int_0^l \eta' y dx}{f'l},$$

welche Werthe in §. 3 durch Construction wie durch Rechnung bestimmt werden sollen.

Aus den Gleichungen 16 bis 18 folgt nun

$$20) \quad z'' = 2f \frac{3\xi - l}{l} - 2f' \frac{H'}{H} \frac{3\xi' - l}{l}$$

$$21) \quad z' = 2f \frac{2l - 3\xi}{l} - 2f' \frac{H'}{H} \frac{2l - 3\xi'}{l}$$

*) Bezeichnet man mit F_d den Inhalt der von der Drucklinie, der AB und den Auflagerverticalen eingeschlossenen Fläche, so muß nach der ersten der Gleichungen 15^a, $F = F_d$ sein; nach der zweiten müssen die Schwerpunkte der beiden Flächen in derselben Verticalen liegen. Dagegen ist die von Foepll aus der dritten Gleichung gefolgerte Bedingung, daß die Schwerpunkte beider Flächen auch in derselben Horizontalen liegen, daß also die Schwerpunkte beider Flächen zusammenfallen, unrichtig. Die Gleichung müßte heißen $\int y^2 dx = f \eta^2 dx$. (Vergl. Foepll, Theorie d. Gewölbe, Leipzig 1880.)

22)
$$H = H' \frac{u' - w'}{u - w},$$

worin

23)
$$\begin{cases} w' = 2f' \left[2 - 3 \frac{\xi'}{l} - 3 \frac{\xi'}{l} + 6 \frac{\xi'^2}{l^2} \right] \\ w = 4f \left[1 - 3 \frac{\xi}{l} + 3 \frac{\xi^2}{l^2} \right]. \end{cases}$$

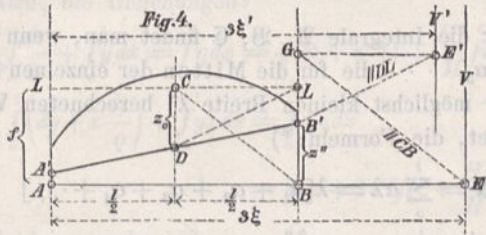
Für einen symmetrischen Bogen (bei im Allgemeinen unsymmetrischer Belastung) wird wegen $\xi = \frac{1}{2} l$

$$w' = f', \quad w = f.$$

Ist auch die Belastung symmetrisch, so wird noch $\xi' = \frac{1}{2} l$ und

24)
$$z' - z'' = f - \frac{H'}{H} f'.$$

Die Lage der Schlußlinie $A'B'$ läßt sich nach Berechnung von H leicht construiren. Dabei soll der Bogen unsymmetrisch gedacht werden.



Schneidet die Schlußlinie die Verticale durch die Mitte im Punkte D (Fig. 4), welche von der Ausgleichsline LL den Abstand z_0 hat, so ist $z_0 = f - (z' + z'') \frac{1}{2}$, mithin nach Gleichung 16

25)
$$z_0 = \frac{H'}{H} \cdot f',$$

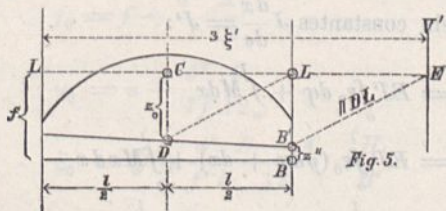
und man kann nach Bestimmung des Punktes D schreiben

$$z' = f \frac{3\xi - l}{\frac{1}{2}l} - z_0 \frac{3\xi' - l}{\frac{1}{2}l}.$$

Zieht man nun die Verticalen V und V' in den Abständen 3ξ resp. $3\xi'$ von A , verbindet den Mittelpunkt C der LL mit B , ferner D mit L durch Gerade, verlängert AB bis zum Schnittpunkte E mit der V und zieht dann $EG \parallel BC$, hierauf GE' horizontal bis zum Schnitte mit der Verticalen V' und schließlich $E'B' \parallel DL$, so ist

$$\overline{BB'} = \overline{BG} - \overline{GB'} = f \frac{3\xi - l}{\frac{1}{2}l} - z_0 \frac{3\xi' - l}{\frac{1}{2}l} = z',$$

mithin ist durch die beiden Punkte B' und D die Lage der Schlußlinie gegeben.



Bei symmetrischem Bogen ist $\xi = \frac{1}{2} l$ und Punkt G fällt mit L zusammen. Man verlängere dann (Fig. 5) LL bis zur Verticalen V' und ziehe $E'B' \parallel DL$.

§. 3. Bestimmung von u und u' .

Wenn die Gestalt der Bogenaxe durch eine Gleichung $y = F(x)$ gegeben ist, kann man die zur Berechnung von u erforderliche Integration ausführen. In der Regel ist aber diese Integration zu umständlich, und verdient ein Nähe-

rungsverfahren den Vorzug, welches darin besteht, daß die Fläche F in möglichst schmale Lamellen von der constanten Breite λ (Figur 6) zerlegt und

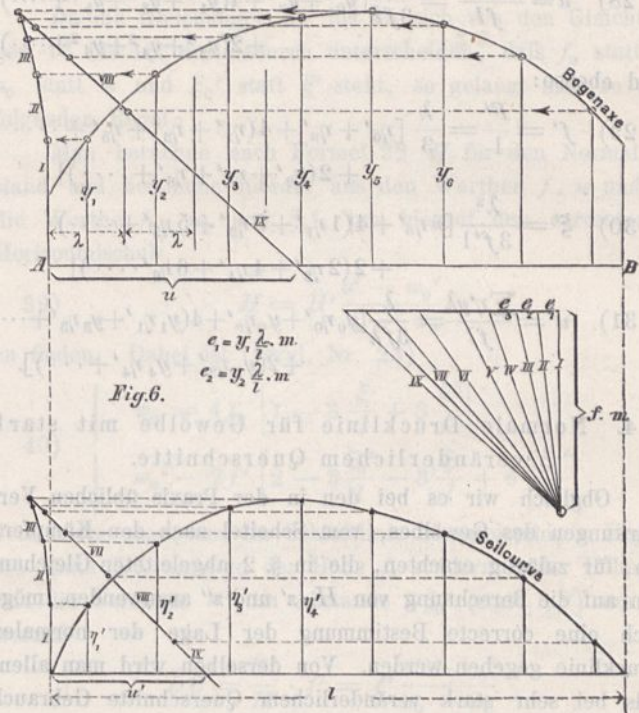


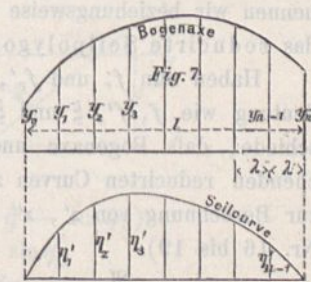
Fig. 6.

$$u = \frac{\int_0^l y^2 dx}{fl} = \frac{\sum_0^l y \frac{y \lambda}{l}}{f} = \frac{\sum_0^l y \frac{my\lambda}{l}}{mf}$$

gesetzt wird. m ist eine beliebige Zahl. Nun kann $\sum y \frac{my\lambda}{l}$ aufgefaßt werden als das Moment der durch die Endpunkte der Ordinaten y gehenden horizontalen Kräfte $m \frac{y\lambda}{l}$ bezogen auf einen in der AB gelegenen Drehpunkt. Construirt man also zu diesen Kräften $m \frac{y\lambda}{l}$ mit der Poldistanz mf vom Punkte A aus ein Seilpolygon, so ist die zwischen den beiden äußersten Seilpolygonseiten gelegene Strecke der AB gleich dem gesuchten u .*)

Ebenso construirt man u' als das durch $mf l$ dividirte statische Moment der durch die Endpunkte der Ordinaten η' gehenden horizontalen Kräfte $m \frac{y\lambda}{l}$ in Bezug auf einen in der $A''B''$ gelegenen Drehpunkt.

Will man die Werthe u und u' durch Rechnung bestimmen, so bezeichne man mit $y_0 y_1 y_2 \dots y_n$ die die Lamellen begrenzenden Ordinaten (Fig. 7) und findet dann, unter Voraussetzung einer geraden Anzahl Lamellen nach der Simpson'schen Regel:



26)
$$f = \frac{F}{l} = \frac{\lambda}{3l} [y_0 + y_n + 4(y_1 + y_3 + y_5 + \dots) + 2(y_2 + y_4 + y_6 + \dots)]$$

*) Wählt man nur Poldistanz f , so erhält man nicht u , sondern $m \cdot u$.

$$27) \quad \xi = \frac{\lambda^2}{3fl} [n \cdot y_n + 4(1 \cdot y_1 + 3 \cdot y_3 + 5 \cdot y_5 + \dots) + 2(2 \cdot y_2 + 4 \cdot y_4 + 6 \cdot y_6 + \dots)]$$

$$28) \quad u = \frac{\sum y^2 \lambda}{fl} = \frac{\lambda}{3fl} [y_0^2 + y_n^2 + 4(y_1^2 + y_3^2 + y_5^2 + \dots) + 2(y_2^2 + y_4^2 + y_6^2 + \dots)]$$

und ebenso:

$$29) \quad f' = \frac{F'}{l} = \frac{\lambda}{3} [\eta_0' + \eta_n' + 4(\eta_1' + \eta_3' + \eta_5' + \dots) + 2(\eta_2' + \eta_4' + \eta_6' + \dots)]$$

$$30) \quad \xi' = \frac{\lambda^2}{3f'l} [n\eta_n' + 4(1\eta_1' + 3\eta_3' + 5\eta_5' + \dots) + 2(2\eta_2' + 4\eta_4' + 6\eta_6' + \dots)]$$

$$31) \quad u' = \frac{\sum \eta' y \lambda}{fl} = \frac{\lambda}{3f\lambda} [y_0 \eta_0' + y_n \eta_n' + 4(y_1 \eta_1' + y_3 \eta_3' + \dots) + 2(y_2 \eta_2' + y_4 \eta_4' + \dots)]$$

§. 4. Normale Drucklinie für Gewölbe mit stark veränderlichem Querschnitte.

Obleich wir es bei den in der Praxis üblichen Verstärkungen des Gewölbes, vom Scheitel nach den Kämpfern hin, für zulässig erachten, die in §. 2 abgeleiteten Gleichungen auf die Berechnung von H , z' und z'' anzuwenden, möge noch eine correcte Bestimmung der Lage der normalen Drucklinie gegeben werden. Von derselben wird man allenfalls bei sehr stark veränderlichem Querschnitte Gebrauch machen. Wir multipliciren die 3 Elasticitätsgleichungen (Nr. 12 bis 14) mit J'' , setzen $\frac{J''}{J \cos \varphi} = \alpha$, wo $J'' = \frac{d_0^3}{12}$ und $d_0 =$ Scheitelstärke *), und schreiben

$$\int_0^l M dx \cdot \alpha = 0$$

$$\int_0^l M x dx \alpha = 0$$

$$\int_0^l M y dx \alpha = 0.$$

Die Werthe α lassen sich für sämtliche Fugen berechnen.

Nun setzen wir $\alpha y = y_r$ und $\alpha \eta' = \eta_r$ und bringen die Gleichungen (vergl. Nr. 15) auf die Form

$$15^c) \quad \begin{cases} \int_0^l y_r dx = z' \int_0^l \alpha dx + (z'' - z') \int_0^l \frac{x \alpha dx}{l} + \frac{H'}{H} \int_0^l \eta_r' dx \\ \int_0^l x y_r dx = z' \int_0^l x \alpha dx + (z'' - z') \int_0^l \frac{x^2 \alpha dx}{l} + \frac{H'}{H} \int_0^l x \eta_r' dx \\ \int_0^l y_r y dx = z' \int_0^l y_r dx + (z'' - z') \int_0^l \frac{x y_r dx}{l} + \frac{H'}{H} \int_0^l y_r \eta_r' dx \end{cases}$$

Die durch die Ordinaten y_r und η_r' gegebenen Curven nennen wir beziehungsweise die reducirte Bogenaxe und das reducirte Seilpolygon.

Haben nun f_r und f_r' , ferner ξ_r und ξ_r' dieselbe Bedeutung wie f , f' , ξ und ξ' in §. 2, nur mit dem Unterschiede, daß Bogenaxe und Seilcurve durch die entsprechenden reducirten Curven zu ersetzen sind, so erhält man zur Berechnung von z' , z'' und H die Gleichungen (vergl. Nr. 16 bis 19)

$$f_r = z' \frac{\mathfrak{A}}{l} + (z'' - z') \frac{\mathfrak{B}}{l^2} + \frac{H'}{H} f_r'$$

$$f_r \frac{\xi_r}{l} = z' \frac{\mathfrak{B}}{l^2} + (z'' - z') \frac{\mathfrak{C}}{l^3} + \frac{H'}{H} f_r' \frac{\xi_r'}{l}$$

*) Setzt man also, wie dies vielfach geschieht, $d = d_0 \sec \varphi$, so ist $\alpha = \cos \varphi$.

$$u_r = z' + (z'' - z') \frac{\xi_r}{l} + \frac{H'}{H} \cdot u_r'$$

In diesen Gleichungen ist

$$\mathfrak{A} = \int_0^l \alpha x dx, \quad \mathfrak{B} = \int_0^l \alpha x^2 dx, \quad \mathfrak{C} = \int_0^l \alpha x^3 dx,$$

$$u_r = \frac{\int_0^l y y_r dx}{f_r l} = \frac{1}{f_r} \sum_0^l y y_r \frac{\lambda}{l}$$

$$u_r' = \frac{\int_0^l \eta_r' y_r dx}{f_r l} = \frac{1}{f_r} \sum_0^l \eta_r' y_r \frac{\lambda}{l}.$$

Die Strecken u_r und u_r' werden in analoger Weise bestimmt wie in §. 3. Bei der graphischen Bestimmung (Fig. 6) hat man nur nöthig, die Poldistanz = f_r statt = f zu machen und die Kräfte $y \frac{\lambda}{l}$ durch die Kräfte $y_r \frac{\lambda}{l}$ zu ersetzen.

Für die Integrale \mathfrak{A} , \mathfrak{B} , \mathfrak{C} findet man, wenn man mit $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots$ die für die Mitten der einzelnen Lamellen (von der möglichst kleinen Breite λ) berechneten Werthe α bezeichnet, die Formeln:*)

$$\mathfrak{A} = \sum_0^l \alpha \lambda = \lambda [\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4 + \dots]$$

$$\mathfrak{B} = \sum_0^l \alpha x \lambda = \frac{\lambda^2}{2} [\alpha_1 + 3\alpha_2 + 5\alpha_3 + 7\alpha_4 + \dots]$$

$$\mathfrak{C} = \sum_0^l \alpha x^2 \lambda = \frac{\lambda^3}{4} [\alpha_1 + 3^2 \alpha_2 + 5^2 \alpha_3 + 7^2 \alpha_4 + \dots].$$

§. 5. Berücksichtigung der Aenderung der Länge der Bogenaxe.

Wird in Folge der Deformation des Gewölbes das Element ds der Bogenaxe um Δds verlängert, so lauten die Elasticitätsgleichungen, wenn

$$\frac{\Delta ds}{ds} = \varepsilon_0$$

gesetzt wird,

$$0 = \int_0^l \varepsilon_0 d\varphi + \int_0^l \frac{M ds}{EJ}$$

$$0 = \int_0^l \varepsilon_0 (x d\varphi - dy) + \int_0^l \frac{M ds}{EJ}$$

$$0 = \int_0^l \varepsilon_0 (y d\varphi + dx) + \int_0^l \frac{M ds}{EJ}$$

oder für ein constantes $J \frac{dx}{ds} = J'$:

$$0 = EJ' \int_0^l \varepsilon_0 d\varphi + \int_0^l M dx$$

$$0 = EJ' \int_0^l \varepsilon_0 (y d\varphi + dx) + \int_0^l M x dx$$

$$0 = EJ' \int_0^l \varepsilon_0 (x d\varphi - dy) + \int_0^l M y dx$$

Da die auf die radialen Fugen wirkenden Drucke mit den Normalen zu den Fugen nur kleine Winkel bilden, darf

*) Man kann auch $\sum_0^l \alpha x \lambda$ als das Moment erster Ordnung und $\sum_0^l \alpha x^2 \lambda$ als das Moment zweiter Ordnung der Kräfte $\alpha \lambda$ in Bezug auf die Auflagerverticale A definiren und mit Hilfe von Seilpolygonen construiren.

man mit genügender Annäherung den Normaldruck R auf eine radiale Fuge $= \frac{H}{\cos \varphi}$ setzen (nämlich gleich dem Drucke R auf die verticale Fuge, Figur 2). Es wird dann, da $d \cdot 1$ der Querschnitt des Gewölbes ist,

$$32) \quad \epsilon_0 = - \frac{H}{E \cos \varphi d} \quad *)$$

Für den variablen Werth $\frac{J'}{d \cos \varphi}$ soll ein constanter Mittelwerth eingeführt werden, und zwar verfährt man genügend genau, wenn man $\frac{J'}{d \cos \varphi} = \frac{d^2}{12}$ setzt und unter d die mittlere Fugenlänge versteht. Es ergeben sich dann, sobald mit ρ der Krümmungsradius der Bogenaxe bezeichnet und

$$d\varphi = - \frac{ds}{\rho}, \text{ ferner } M = H(\eta - y)$$

gesetzt wird, die Gleichungen:

$$\begin{aligned} - \frac{d^2}{12} \int_0^l \frac{ds}{\rho} + \int_0^l y dx &= \int_0^l \eta dx = \frac{1}{2}(z' + z'')l + \frac{H'}{H} \int_0^l \eta' dx \\ - \frac{d^2}{12} \int_0^l \left(dy + x \frac{ds}{\rho} \right) + \int_0^l y x dx &= \int_0^l \eta x dx \\ &= \frac{1}{6}(z' + 2z'')l^2 + \frac{H'}{H} \int_0^l \eta' x dx \\ \frac{d^2}{12} \int_0^l \left(dx - y \frac{ds}{\rho} \right) + \int_0^l y^2 dx &= \int_0^l \eta y dx \\ &= \left[z' + (z'' - z') \frac{\xi}{l} \right] fl + \frac{H'}{H} \int_0^l \eta' y dx. \end{aligned}$$

Setzt man zur Abkürzung

$$\begin{aligned} \int_0^l \frac{ds}{\rho} &= A \\ \int_0^l \left(dy + x \frac{ds}{\rho} \right) &= B \\ \int_0^l \left(dx - y \frac{ds}{\rho} \right) &= C \end{aligned}$$

so gelangt man durch einfache Reduction zu den Gleichungen

$$33) \quad \dots \quad f_0 = \frac{1}{2}(z' + z'') + \frac{H'}{H} f'$$

$$34) \quad \dots \quad f_0 \frac{\xi}{l} = \frac{1}{6}(z' + 2z'') + \frac{H'}{H} f' \frac{\xi_0'}{l}$$

$$35) \quad \dots \quad u_0 = z' + (z'' - z') \frac{\xi}{l} + \frac{H'}{H} u',$$

in welchen

$$36) \quad \dots \quad f_0 = f - \frac{d^2}{l} \frac{A}{12}$$

$$37) \quad \dots \quad u_0 = u + \frac{d^2}{lf} \frac{C}{12}$$

$$38) \quad \dots \quad \xi_0' = \xi + \frac{d^2}{f'l} \frac{B - A}{12} \cdot \frac{H}{H'}$$

*) Dieser Werth ϵ_0 ist noch aus einem anderen Grunde ungenau. Es hängt nämlich die relative Längenänderung der Bogenaxe nicht nur von dem Normaldrucke R_n , sondern auch von dem Momente M ab, so zwar, daß

$$\begin{aligned} \epsilon_0 &= - \frac{1}{Ed} \left[R_n + \frac{M}{\rho} \right] = - \frac{R_n}{Ed} \left[1 + \frac{e}{\rho} \right] = - \frac{H(\rho + e)}{Ed \rho \cos \varphi} \\ \text{ist, wofür man auch schreiben kann (wegen } M = H(\eta - y)\text{):} \\ \epsilon_0 &= - \frac{H}{Ed} \left[\frac{1}{\cos \varphi} + \frac{\eta - y}{\rho} \right] = - \frac{H[\rho + (\eta - y) \cos \varphi]}{Ed \rho \cos \varphi} \end{aligned}$$

Der Fehler, welchen man begeht, indem man $(\eta - y) \cos \varphi$ gegen ρ vernachlässigt, ist sehr gering; er ist um so eher zuzulassen, als

sind. Die Werthe f_0 und u_0 sind gegeben, doch auch ξ_0' darf man ohne Bedenken bekannt annehmen, indem man in Formel 38 den aus der Gleichung 22 für die normale Drucklinie berechneten Werth H setzt.

Da die Gleichungen 33 bis 35 sich von den Gleichungen 16 bis 18 nur dadurch unterscheiden, daß f_0 statt f , u_0 statt u und ξ_0' statt ξ' steht, so gelangt man zu der folgenden Regel:

Man berechne nach Formel 22 H für den Normalzustand und bestimme hierauf aus den Werthen f , u und ξ' die Werthe f_0 , u_0 und ξ_0' , um hierauf den correcteren Horizontalschub

$$39) \quad \dots \quad H = H' \frac{u' - w_0'}{u_0 - w_0}$$

zu finden. Dabei ist (vergl. Nr. 23)

$$40) \quad \begin{cases} w_0 = 4f_0 \left[1 - 3 \frac{\xi}{l} + 3 \frac{\xi^2}{l^2} \right] \\ w_0' = 2f' \left[2 - 3 \frac{\xi_0'}{l} - 3 \frac{\xi}{l} + 6 \frac{\xi \xi_0'}{l^2} \right] \end{cases}$$

Jetzt ziehe man, um die Schlußlinie zu ermitteln, in Fig. 4 die Linie LL nicht in der Höhe f , sondern in der Höhe f_0 , und die Verticale V' im Abstände $3\xi_0'$ (statt $3\xi'$) von A , worauf

$$\overline{DC} = \frac{H'}{H} \cdot f' = f' \frac{u' - w_0'}{u_0 - w_0}$$

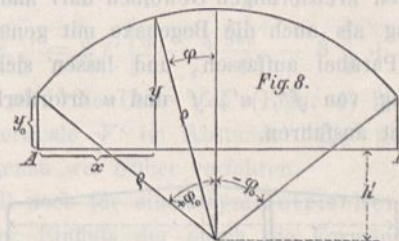
berechnet und der Punkt B' , genau wie früher gezeigt, bestimmt wird.

Es erübrigt noch, die Integrale A , B und C zu bestimmen.

1) Der Krümmungsradius ρ ist constant. Bezeichnet man mit S die Länge der Bogenaxe, mit η_s und ξ_s die Coordinaten des Schwerpunktes der Bogenaxe, dann ist, wenn der rechtsseitige Kämpfermittelpunkt um e höher liegt, als der linksseitige (Fig. 1),

$$41) \quad \begin{cases} A = \frac{S}{\rho} \\ B = e + A \cdot \xi_s \\ C = l - A \eta_s. \end{cases}$$

2) Die Bogenaxe ist ein symmetrischer Kreisbogen, also $e = 0$. Liegen die Kämpfermittelpunkte in der Höhe y_0 über der AB , so ist (Fig. 8)



$$\begin{aligned} y &= y_0 + \rho (\cos \varphi - \cos \varphi_0) \\ x &= \rho (\sin \varphi_0 - \sin \varphi) \\ dy &= - \rho \sin \varphi d\varphi \\ dx &= - \rho \cos \varphi d\varphi \end{aligned}$$

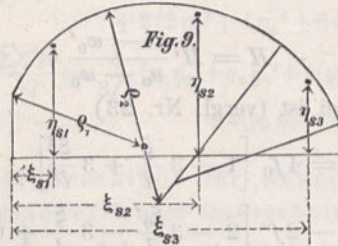
und, wenn φ_0 den halben Centriwinkel bezeichnet,

die Vorbedingungen einer exacten Theorie nie erfüllt werden und die Berücksichtigung von M bei Bestimmung von ϵ_0 die Lösung der Aufgabe sehr umständlich macht.

$$42) \begin{cases} A = - \int_{-\varphi_0}^{+\varphi_0} d\varphi = + 2\varphi_0 \\ B = \int_{-\varphi_0}^{+\varphi_0} (dy - x d\varphi) = 2\varrho\varphi_0 \sin\varphi_0 = \varphi_0 l \\ C = \int_{-\varphi_0}^{+\varphi_0} (dx + y d\varphi) = 2\varphi_0 (\varrho \cos\varphi_0 - y_0) = 2\varphi_0 h' \end{cases}$$

Man erhält hier $\xi_0' = \xi' = \frac{1}{2}l$.

3) Bei einem Korbbogen sind die Integrationen für die einzelnen Intervalle, in denen ϱ constant ist, gesondert auszuführen. Bezeichnet man (Fig. 9) mit



S_1, S_2, \dots die Längen der einzelnen Kreisbögen,
 $\eta_{s1}, \xi_{s1}; \eta_{s2}, \xi_{s2}, \dots$ die Schwerpunktskoordinaten dieser Bogenstücke,
 so erhält man

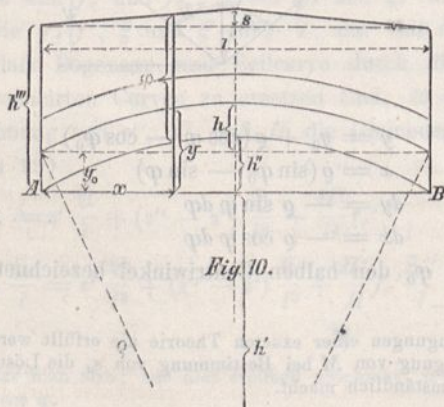
$$43) \begin{cases} A = \frac{S_1}{\varrho_1} + \frac{S_2}{\varrho_2} + \dots \\ B = c + \frac{S_1 \xi_{s1}}{\varrho_1} + \frac{S_2 \xi_{s2}}{\varrho_2} + \dots \\ C = l - \frac{S_1 \eta_{s1}}{\varrho_1} - \frac{S_2 \eta_{s2}}{\varrho_2} + \dots \end{cases}$$

4) Besteht die Bogenaxe nicht aus Kreisbögen, so ersetze man sie näherungsweise durch einen Korbbogen mit passend gewählten Radien, wenn nicht anders y eine solche Function von x ist, daß sich die Integrale A, B, C bequem berechnen lassen.

Die Berücksichtigung der Längenänderung der Bogenaxe für den Fall zu zeigen, daß der Querschnitt des Bogen stark veränderlich ist, halten wir für überflüssig. Es ist unschwer, die Resultate der Gleichungen 15^a in §. 4 in analoger Weise zu modificiren wie die der Gleichungen 15^b in §. 2.

§. 6. Näherungsformel für H .

Bei flachen kreisförmigen Gewölben darf man sowol die untere Leibung als auch die Bogenaxe mit genügender Genauigkeit als Parabel auffassen, und lassen sich dann die zur Ermittlung von f', u', f und u erforderlichen Integrationen leicht ausführen.



Die bezüglichen Rechnungen sollen hier unter Annahme symmetrischer Bogenaxe und symmetrischer Belastung gegeben werden. Die Belastungcurve besteht aus 2 Geraden. Alle übrigen Bezeichnungen sind aus Fig. 10 ersichtlich.

Die Differentialgleichung der Seilcurve lautet bekanntlich (bei der Belastungshöhe ϱ)

$$1) \quad H' \frac{d^2 \eta'}{dx^2} = - \varrho.$$

Da die Ordinate der unteren Leibung $= \frac{4h''x(l-x)}{l^2}$ ist, so folgt

$$\varrho = h''' - \frac{4h''x(l-x)}{l^2} + \frac{2sx}{l}$$

und es liefert die zweimalige Integration der Differentialgleichung I die Beziehung:

$$H' \eta' = \frac{h''''}{2} x(l-x) - \frac{h''}{3} x \left(l - 2\frac{x^2}{l} + \frac{x^3}{l^2} \right) + sx \left(\frac{l}{4} + \frac{x^2}{3l} \right).$$

Die beiden Integrationsconstanten sind dabei aus den Bedingungen ermittelt, daß $x = \frac{l}{2}$ liefern muß $\frac{d\eta'}{dx} = 0$, ferner daß $x = 0$ liefern muß $\eta' = 0$.

Man erhält nun

$$\begin{aligned} f' &= 2 \int_0^{1/2 l} \eta' dx = \frac{l^2}{12 H'} \left(h'''' - \frac{4}{3} h'' + \frac{5s}{8} \right) \\ fl u' &= 2 \int_0^{1/2 l} y \eta' dx = 2 \int_0^{1/2 l} \eta' \left(y_0 + \frac{4hx(l-x)}{l^2} \right) dx \\ &= 2y_0 \int_0^{1/2 l} \eta' dx + \frac{4h}{l} 2 \int_0^{1/2 l} \eta' x dx - \frac{4h}{l^2} 2 \int_0^{1/2 l} x^2 \eta' dx \\ &= (y_0 + 2h) f' l - \frac{8h}{l^2} \int_0^{1/2 l} x^2 \eta' dx \\ u' &= (y_0 + 2h) \frac{f'}{f} - \frac{hl^2}{10 H' f} \left\{ h'''' - \frac{5}{3} h'' + \frac{7}{8} \frac{s}{l} \right\} \\ u' - f' &= \frac{hl^2}{f H'} \left\{ \frac{h''''}{90} - \frac{h''}{105} + \frac{13s}{288} \right\}. \end{aligned}$$

Weiter findet man

$$\begin{aligned} f &= y_0 + \frac{2h}{3} \\ u f l &= \int_0^l y^2 dx = \int_0^l \left[y_0 + \frac{4hx(l-x)}{l^2} \right]^2 dx \\ u &= \frac{1}{f} \left\{ y_0^2 + \frac{8h^2}{15} + \frac{4hy_0}{3} \right\} \\ u - f &= \frac{4h^2}{45f} \end{aligned}$$

und schließlic

$$\frac{u' - f'}{u - f} = \frac{l^2}{8 h H'} \left\{ h'''' - \frac{4}{3} h'' + \frac{5}{6} \frac{s}{l} \right\}.$$

Bisher wurde das Gewicht der Volumeneinheit Gewölbematerial = 1 gesetzt; beträgt dasselbe γ , so wird für die normale Drucklinie

$$H = \gamma H' \frac{u' - f'}{u - f}$$

d. i. abgerundet

$$H = \frac{\gamma l^2}{8h} \left\{ h'''' - 0,86 h'' + 4s \right\}.$$

Soll die Längenänderung der Bogenaxe berücksichtigt werden, so hat man u und f beziehungsweise zu ersetzen durch

$$\begin{aligned} u_0 &= u + \frac{d^2 C}{f l 12} \\ f_0 &= f - \frac{d^2 A}{l 12}, \end{aligned}$$

wobei $C = Ah'$ und $A = 2\varphi_0$, wie aus dem Früheren hervorgeht. Man findet

$$u_0 - f = (u - f) \left\{ 1 + \frac{4}{3} \frac{d^2 A}{l h^2} (h' + f) \right\}$$

und schließlich (abgerundet)

$$44) H = \frac{\gamma l^2}{8h} (h''' - 0,86 h'' + 4s) \frac{1}{1 + 2 \frac{d^2}{l} \cdot \frac{\varphi_0}{h^2} (h' + f)}$$

Durch numerische Rechnungen (vergl. das Beispiel im §. 11) überzeugt man sich, daß Formel 44 selbst noch bei ziemlich hohen Stichbögen sehr brauchbare Resultate liefert, da die Werthe $\frac{u' - f'}{u - f}$ für Kreisbögen und Parabeln sehr nahezu übereinstimmen.*)

Man darf aber nicht etwa f' und f (behufs Zeichnens der Ausgleichungslinie) nach den genäherten Formeln bestimmen; das ist nur für sehr flache Bögen zulässig.

Für die kreisförmige Bogenaxe (Radius ϱ) findet man leicht

$$45) f = \varphi_0 \frac{\varrho^2}{l} + \frac{y_0}{2} - \frac{h'}{2}$$

und für die Seilcurve berechne man f' nach der Formel 29.

§. 7. Störungen, welche sich bei der Berechnung eines Gewölbes vorläufig nicht berücksichtigen lassen.

Die Widerlager seien nicht unbeweglich, mögen sich vielmehr so verschieben, daß l in $l + \Delta l$ und c in $c + \Delta c$ übergeht. Weiter werde vorausgesetzt, daß sich die Winkel φ_0 und φ_1 (das sind die Werthe, welche φ für $x = 0$ und $x = l$ annimmt) um $\Delta \varphi_0$ und $\Delta \varphi_1$ ändern. Außerdem sei in sämtlichen Punkten des Gewölbes eine Temperatur angenommen, welche die Normaltemperatur um t übersteigt. Es gehen dann, wenn ε_t die dem Temperaturunterschiede 1 entsprechende relative Längenänderung ist und für $J \cos \varphi$ der constante Mittelwerth J' eingeführt wird, die Elasticitätsgleichungen über in

$$46) \begin{cases} EJ'(\Delta \varphi_1 - \Delta \varphi_0) - EJ'(\varepsilon_0 + \varepsilon_t) \int_0^l d\varphi - \int_0^l M dx = 0 \\ EJ' \Delta c - EJ' l \Delta \varphi_1 + EJ'(\varepsilon_0 + \varepsilon_t) \int_0^l (x d\varphi - dy) + \int_0^l x M dx = 0 \\ EJ' \Delta l + EJ'(y_1 \Delta \varphi_1 - y_0 \Delta \varphi_0) - EJ'(\varepsilon_0 + \varepsilon_t) \int_0^l (y d\varphi + dx) - \int_0^l y M dx = 0. \end{cases}$$

Durch Einführung von (Gl. 32)

$$\varepsilon_0 = -\frac{H}{Ed \cos \varphi}, \quad M = H(\eta - y), \quad \varepsilon_0 EJ' = -\frac{Hd^2}{12}$$

$$\int_0^l d\varphi = -\int_0^l \frac{ds}{\varrho} = -A, \quad EJ' \varepsilon_0 \int_0^l d\varphi = -\frac{Hd^2 A}{12}$$

$$\int_0^l (x d\varphi - dy) = -\int_0^l \left(\frac{x ds}{\varrho} + dy \right) = -B$$

$$\int_0^l (dx + y d\varphi) = \int_0^l \left(dx - y \frac{ds}{\varrho} \right) = C$$

lassen sich dieselben umformen in

*) Der Verfasser hat bei $\frac{h}{l} = 3$ noch brauchbare Resultate gefunden.

$$\begin{aligned} & \frac{EJ'}{H} (\Delta \varphi_1 - \Delta \varphi_0) - \frac{d^2}{12} A + \varepsilon_t t \frac{EJ'}{H} A + \int_0^l y dx \\ & = \int_0^l \eta dx = \frac{1}{2} (z' + z'') l + \frac{H'}{H} \int_0^l \eta' dx \\ - \Delta c \frac{EJ'}{H} - \frac{d^2}{12} B + \varepsilon_t t \frac{EJ'}{H} B + \frac{EJ'}{H} l \Delta \varphi_1 + \int_0^l y x dx \\ & = \int_0^l \eta x dx = \frac{1}{6} (z' + 2z'') l^2 + \frac{H'}{H} \int_0^l \eta' x dx \\ \Delta l \frac{EJ'}{H} + \frac{d^2}{12} C - \varepsilon_t t \frac{EJ'}{H} C + \frac{EJ'}{H} (y_1 \Delta \varphi_1 - y_0 \Delta \varphi_0) + \int_0^l y^2 dx = \int_0^l \eta y dx \\ & = \left[z' + (z'' - z') \frac{\xi}{l} \right] fl + \frac{H'}{H} \int_0^l \eta' y dx. \end{aligned}$$

Durch weitere Umformung gelangt man zu den mit Nr. 16 bis 18 der Form nach übereinstimmenden Gleichungen

$$47) \begin{cases} f_{00} = \frac{1}{2} (z' + z'') + \frac{H'}{H} f' \\ f_{00} \frac{\xi}{l} = \frac{1}{6} (z' + 2z'') + \frac{H'}{H} f' \frac{\xi_{00}}{l} \\ u_{00} = z' + (z'' - z') \frac{\xi}{l} + \frac{H'}{H} u' \end{cases}$$

wenn (übereinstimmend mit Nr. 36 bis 38)*)

$$48) \begin{cases} f_{00} = f - \frac{d^2}{l} \frac{A_0}{12} \\ u_{00} = u + \frac{d^2}{l} \frac{C_0}{12} \\ \xi_{00} = \xi + \frac{d^2}{f'l} \frac{B_0 - A_0 \xi}{12} \cdot \frac{H}{H'} \end{cases}$$

Hierin ist zu setzen:

$$49) \begin{cases} A_0 = A - \frac{12}{d^2} \cdot \frac{EJ'}{H} [\varepsilon_t t A + \Delta \varphi_1 - \Delta \varphi_0] \\ B_0 = B - \frac{12}{d^2} \frac{EJ'}{H} [\varepsilon_t t B + \Delta \varphi_1 l - \Delta c] \\ C_0 = C - \frac{12}{d^2} \frac{EJ'}{H} [\varepsilon_t t C - y_1 \Delta \varphi_1 + y_0 \Delta \varphi_0 - \Delta l] \end{cases}$$

Jetzt wird, um die Drucklinie zu erhalten,

$$50) H = H' \frac{u' - w_{00}'}{u_{00} - w_{00}}$$

gefunden, wo (vergl. Nr. 23 und 40)

$$51) \begin{cases} w_{00} = 4f_{00} \left[1 - 3 \frac{\xi}{l} + 3 \frac{\xi^2}{l^2} \right] \\ w_{00}' = 2f' \left[2 - 3 \frac{\xi_{00}'}{l} - 3 \frac{\xi}{l} + 6 \frac{\xi \xi_{00}'}{l^2} \right] \end{cases}$$

ist; dann wird die Linie LL (Figur 4) in der Höhe f_{00} und die Verticale V' im Abstände $3\xi_{00}'$ gezogen und im Uebrigen genau wie früher verfahren.

Es soll noch für einen symmetrischen Kreisbogen (Fig. 8) der Einfluß der durch die Formänderungen $\Delta \varphi_1$ und Δl sowie durch den Temperaturunterschied t verursachten Störungen gesondert bestimmt werden. Eine ungleiche Senkung der Widerlager werde nicht vorausgesetzt, also $\Delta c = 0$ angenommen, so daß die ganze Beanspruchung des unbelastet gedachten Bogens symmetrisch ist. Die Schlußlinie muß dann horizontal sein, und folgt $z' = z''$. Beachtet man noch, daß

*) Ebenso wie im §. 5 setze man in die Ausdrücke f_{00} , u_{00} u. s. w. den der normalen Drucklinie entsprechenden Horizontalschub H .

$B = \varphi_0 l$ und $C = 2 \varphi_0 h' = Ah'$
 ist, so erhält man wegen $\eta' = 0$
 und $\Delta \varphi_0 = -\Delta \varphi_1$,
 für eine durch die Kämpfermittelpunkte gelegte x -Axe
 ($y_0 = 0, y_1 = 0$)

$$\frac{2 EJ'}{H} \Delta \varphi_1 - \frac{d^2}{12} A + \varepsilon_i t \frac{EJ'}{H} A + fl = z'l$$

$$\frac{EJ'}{H} \Delta l + \frac{d^2}{12} Ah' - \varepsilon_i t \frac{EJ'}{H} Ah' + ufl = z'fl,$$

woraus mit $A = 2 \varphi_0$

$$H = \frac{EJ' [2f \Delta \varphi_1 - \Delta l + 2 \varepsilon_i t \varphi_0 (f + h')]}{(u - f)fl + \frac{d^2}{6} \varphi_0 (h' + f)}$$

$$z' = f - \frac{\varphi_0 d^2}{6l} + 2(\Delta \varphi_1 + \varepsilon_i t \varphi_0) \frac{EJ'}{Hl}$$

gefunden wird.

Mit Hilfe dieser Formeln überzeugt man sich, daß, namentlich bei flachen und starken Bögen, häufig geringe

Änderungen $\Delta \varphi_1$, Δl und t erhebliche Störungen bewirken können.

Vorläufig fehlen allerdings noch Beobachtungsergebnisse, welche über die wahrscheinlichen Werthe $\Delta \varphi_2$ und Δl orientiren, ferner ist die Annahme, daß die Temperatur in allen Punkten eines Bogens constant ist, nicht zutreffend. Auch für die Feststellung des Einflusses des Setzens des Lehrgerüsts fehlt es noch an einer sicheren Grundlage. Immerhin wird man aber der theoretischen Untersuchung der Störungen nicht allen Werth absprechen. Besonders wichtig ist, daß die Verkürzung der Bogenaxe, das Ausweichen der Widerlager und Erniedrigung der Temperatur auf die Änderung der Lage der Drucklinie in demselben Sinne wirken, daß sich also diese Störungen summiren, und hat bereits Winkler hieraus gefolgert, daß Gewölbe — soweit dies zugänglich ist — bei möglichst niedriger Temperatur auszuführen sind.

(Schluß folgt.)

Zur graphischen Statik der Kuppeln.

Während die Statik der Tonnengewölbe von vielen Verfassern behandelt wurde, mußte die Statik der Kuppeln sehr lange auf ihre Lösung warten. Als diese aber von der Hand des Herrn Geheimen Ober-Baurath W. Schwedler vor 15 Jahren in der Zeitschrift für Bauwesen (Jahrg. 1866) vorlag, war sie ebenso bestimmt und klar, als die Statik der Tonnengewölbe unbestimmt und tappend ist und bleiben muß.

Ein Zurückkommen auf die Kuppelstatik wäre demnach eine nutzlose Arbeit, wenn ein Umstand nicht obwaltete: Die Entwicklungen des Herrn Schwedler sind auf der höheren Analysis basirt; dieselbe ist und bleibt aber den meisten ausübenden Technikern in dem Grade eine fremde Sprache, daß selbst ihre einfachsten Deductionen denselben nur zu leicht verloren gehen.

Soll auch der ausübende Techniker von theoretischen Untersuchungen profitiren, so müssen sie ihm möglichst verständlich gemacht werden, und dies geschieht unzweifelhaft am geeignetsten dadurch, daß man ihm die fremde Sprache der Analysis in die allgemein verständliche der graphischen Darstellung übersetzt, welche, nachdem Herr Professor Culmann ihr vor etwa 15 Jahren den Weg gebahnt hat, jetzt bereits auf allen besseren technischen Schulen ein Gegenstand des Lehrvortrages ist.

Hierbei steht man aber einer Wahl gegenüber. Entweder kann man einfach die Resultate der Analysis als gegeben ansehen und sich darauf beschränken, sie zu construiren, oder man kann sich bemühen, die ganze Entwicklung graphisch durchzuführen, und nur dann zur Analysis zurückgreifen, wenn das graphische Rechnen zu umständlich oder unmöglich wird. Die letztere Methode ist nicht allein die eleganteste, sie bürgt auch am meisten dafür, daß die gewonnenen Resultate nicht vergessen werden, und selbst dann, wenn dieses dennoch geschehen sollte, genügt ein Blick auf die Tafel, um Alles wieder ins Gedächtniß zurückzurufen. Deshalb ist diese Methode auch in dem vorliegenden Falle gewählt worden.

Der Text bildet für sich ein Ganzes. Um ihm den weitesten Lesekreis zu geben, sind selbst die trigonometrischen Ausdrücke möglichst vermieden worden; dieselben sind hauptsächlich in die Noten verwiesen, wo man auch an verschiedenen Stellen passende analytische Deductionen finden wird.

Die Kuppeln im Allgemeinen.

Die Kuppeln sind entweder volle Rotationsflächen — eigentliche Kuppelflächen — oder sie bestehen aus einem Gestell mit einer Schalung — gegliederte Systeme. Bei letzteren wird die Untersuchung sich auf das Gestell beschränken, da die Schalung aus Constructionsstücken zweiten Grades besteht.

Beide Arten von Kuppeln können oben geschlossen oder oben offen sein, im letzteren Falle ohne oder mit fremder Belastung vorkommen. Immer aber unterscheiden sie sich dadurch von dem Tonnengewölbe, daß die Bedingungen des Gleichgewichts nicht allein im Vertical-Meridianplan, sondern auch im Horizontal-Parallelkreisplane zu suchen sind.

Uebrigens sind die zwei Arten von Kuppeln durch die Vertheilung der Kräfte unter sich so verschieden, daß es am natürlichsten ist, die Kuppelflächen und die gegliederten Kuppelsysteme gesondert zu behandeln.

Graphische Statik der Kuppelflächen.

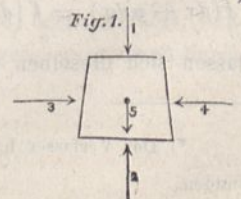
Bei den Kuppelflächen fragt es sich bloß ausnahmsweise um die Totalkräfte, in der Regel nur um Localkräfte, das heißt die Beanspruchung pro Einheit der Fläche; dieselbe kann auf Druck oder auf Zug sein und wird Spannung genannt werden.

Die Gleichung

$$K = s \cdot A \tag{1}$$

drückt das Verhältniß zwischen Kraft, Spannung und Fläche aus.

Es wird das Element einer Rotationsfläche (Fig. 1) im Gleichgewicht sein, indem die fünf Kräfte wirksam sind:



- 1) der Druck vom höher liegenden Nachbartheilchen,
 - 2) der Gegendruck vom niedriger liegenden Nachbartheilchen,
 - 3) und 4) die Seitenpressungen, unter Umständen negativ: Zug, von den Nachbartheilchen derselben Zone, endlich
 - 5) das Eigengewicht des Elementes;
- doch nur unter der Bedingung, daß die von den Kräften hervorgerufenen Spannungen vom Material der Fläche ausgehalten werden können.

Bei gleichförmiger Last haben die Punkte desselben Parallelkreises dieselben Meridian-Tangentialspannungen so wie dieselben Parallelkreis-Tangentialspannungen. Erstere werden mit m , letztere mit p bezeichnet, und der Kürze halber nur Meridianspannungen und Ringspannungen genannt werden.

Die Meridianspannungen werden aus den aufzustellenden Bedingungen direct hervorgehen, die Ringspannungen findet man aus den Radialspannungen t der Parallelkreise durch die Gleichung:

$$rt = p, \tag{2}$$

wo r der Halbmesser des Parallelkreises ist. — Der Beweis ist einem Jeden, der den Widerstand eines Rohres gegen Druck berechnet, bekannt.

Die Fig. 2 deutet ein Kuppelclement unter Einfluß der Kräfte m, t, p an.

Die Bewegung des graphischen Verfahrens ist der des analytischen entgegengesetzt: man muß von dem Speciellen zum Allgemeinen sich fortarbeiten. Wir fangen deshalb mit dem Speciellsten, mit der Halbkugel an.

1. Die Halbkugel.

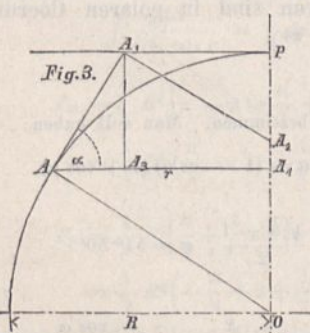
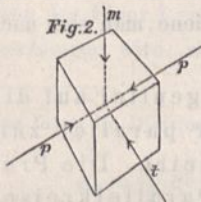
Es wird hier und im Folgenden die Dicke der Kuppel so gering im Verhältniß zum Halbmesser angenommen, daß man ohne merkbar Fehler die Mittellinie des Meridianschnittes als Schwerpunktslinie ansehen kann, und letztere repräsentirt alsdann den ganzen Meridianschnitt.

Damit das Rechnen einfacher werde, nehme man ferner an, die Dicke sei die Längeneinheit; die Belastung pro Flächeneinheit wird dadurch das Gewicht g der Körpereinheit.

Die ganze Oberfläche der Kuppel mit dem Halbmesser R (Fig. 3) ist $2R\pi \cdot R$, das Gewicht $2R\pi \cdot R \cdot g$, und also für einen Sector mit einem Aequatorialbogen gleich der Längeneinheit Rg . Giebt man nun der Längeneinheit den Werth von g Kilogramm als Gewichtsmaafs, so wird R das Gewicht des Sectors ausdrücken, und wegen der bekannten Eigenschaft der Kugel das Gewicht eines jeden zwischen zwei Parallelkreisen abgeschnittenen Elementes des Sectors durch den Abstand zwischen denselben vertreten sein.

Der Meridian steht senkrecht auf dem Aequator, der Halbmesser mißt also die Meridianspannung des letzteren.

Die Meridianspannung eines beliebigen Parallelkreises AA_4 findet man, wenn man den Punkt A längs seiner Tangente bis A_1 in der Horizontallinie des Pols führt, und



dann A_1 als A_2 auf die Centralaxe, indem $A_1 A_2$ parallel OA , projicirt. Man hat dadurch das gesuchte

$$m = OA_2.$$

Das Gewicht des vom Kreise AA_4 abgeschnittenen Sector-elementes ist nämlich $A_1 A_3$, die Totalmeridiankraft des betrachteten Kreises AA_4 ist die Componente AA_1 in der Richtung des Meridians, multiplicirt mit der Anzahl der Sektoren, also $AA_1 \cdot 2R\pi$, woraus die Meridianspannung durch Division mit der Fläche des Kreisringes oder $1 \cdot 2AA_4 \cdot \pi$ hervorgeht. Man ersieht leicht aus der Figur, daß, weil die bezüglichen Winkelschenkel senkrecht auf einander stehen:

$$\frac{OA}{AA_4} = \frac{OA_2}{AA_1}; \quad OA_2 = AA_1 \cdot \frac{OA \cdot 2\pi}{AA_4 \cdot 2\pi} = m, \tag{3}$$

was zu beweisen war.

Ferner hat man:

$$\frac{OA}{AA_4} = \frac{AA_1}{A_1 A_3}, \quad \text{also } m = OA_2 = A_1 A_3 \left(\frac{OA}{AA_4} \right)^2. \tag{4}$$

Dieses kann so ausgedrückt werden:

Die Meridianspannung eines beliebigen Parallelkreises ist das Product des Gewichts des von demselben abgeschnittenen Sektorelementes und des Quadrates des Verhältnisses zwischen den Halbmessern des Aequators und des betrachteten Parallelkreises.

Für den Pol findet man, daß die Meridianspannung die Hälfte des Kugelhalbmessers, für den Aequator, wie oben schon angeführt, der ganze Kugelhalbmesser ist. *)

Die Spannung — selbstverständlich eine Druckspannung — wächst vom Pole zum Aequator; daß sie im Pole selbst 0 sein sollte, ist ein Mißverständnis, die Kraft ist zwar 0, weil der Pol ein mathematischer Punkt ist und $K = s \cdot 0 = 0$.

Die andere Componente des Gewichts $A_1 A_3$ ist AA_3 . Sie mißt die Kraft, womit sich das Sektorelement AP wagerecht gegen die Axe zu bewegen sucht, giebt aber direct nichts bezüglich der gesuchten Ringspannung des betrachteten Parallelkreises.

Fassen wir denselben materiell auf, d. h. geben wir ihm eine kleine Höhendimension, machen ihn zu einem Gürtel, dann wird die obere Radialkraft AA_3 desselben von der unteren Radialkraft verschieden sein, und der Unterschied ist gerade die Radialkraft, die der Gürtel auszuhalten hat.

Man findet deshalb die Ringspannung, wenn man:

1) die Totalradialkraft mit der von ihr beanspruchten Gürtelfläche, welche so groß ist als ein Cylinder mit dem Aequator als Basis und der Höhe des Gürtels, dividirt, indem man die Radialkraft im schmalen Gürtel constant annehmen darf, und:

2) mittelst (2) die so gefundene Radialspannung in Ringspannung umsetzt.

Der erste Theil der Aufgabe läßt sich zwar auch auf geometrischem Wege lösen, aber nur approximativ; man

*) In der Nähe des Pols ist die Construction, weil von sehr kleinen Strecken abhängig, weniger zuverlässig. Man hat:

$$m = R \frac{1 - \cos \alpha}{\sin^2 \alpha} \tag{5}$$

für $\alpha = 0, m = \frac{0}{0}$; Differentiation des Zählers und des Nenners für sich giebt:

$$m = R \frac{\sin \alpha \cdot d\alpha}{2 \sin \alpha \cdot \cos \alpha \cdot d\alpha} = \frac{R}{2 \cos \alpha} = \frac{R}{2} \text{ für } \alpha = 0.$$

behandelt ihn leichter als Differentialproblem und bekommt dann die wichtige und einfache Gleichung, dafs für jede Rotationsfläche:

$$\frac{m}{R} + \frac{p}{N} = \cos \alpha. \quad (6)$$

Dafs diese Gleichung bei Schwedler Seite 2 ein anderes Zeichen für den Cosinus hat, ist irrelevant, der allgemeine Beweis wird Seite 62 in der Note gegeben werden. R ist der Krümmungsradius des Meridians, N die Normale, α die Horizontalneigung der Tangente des betrachteten Punktes.

Sobald als man also m gefunden hat, erhält man ohne Anstand p , und um m finden zu können, mufs man das Gewicht des Sectorelementes bestimmen können.

Die Lösung des Kuppelproblems ist somit nur von der Bestimmung der Gröfse der Oberfläche abhängig und dadurch im eigentlichen Sinne eine rein geometrische Aufgabe:

$$p = N \frac{R \cos \alpha - m}{R}, \quad (7)$$

aus (6) abgeleitet, läfst sich immer leicht construiren.

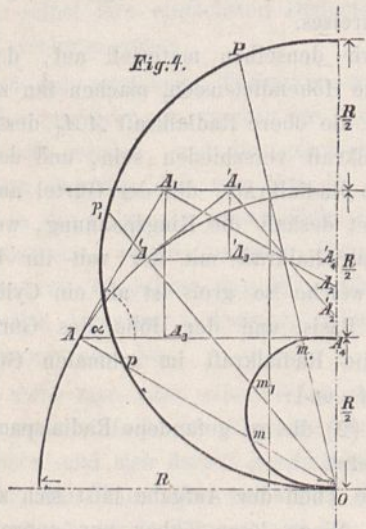
Gehen wir zur Halbkugel zurück.

$$(6) \text{ wird hier } m + p = OA_4 = R \cos \alpha, \quad (8)$$

weil immer $N = R$, oder:

Für einen beliebigen Punkt der Kugelkuppel ist die Summe der Meridianspannung und der Ringspannung gleich der Projection des Radius des Punktes auf die Centralaxe, deren Längeneinheit das Gewicht der Cubikeinheit der Kuppel ausdrückt. Die Dicke ist gleich der Einheit angenommen.

Die Gleichungen (4) und (8)* genügen zur graphischen Lösung. Scheinbar wäre es am natürlichsten, den Meridian zu rectificiren, die Spannungen als Ordinaten abzusetzen, und dadurch zwei Curven, eine für die Meridianspannungen, und eine für die Ringspannungen zu erhalten.



*) Der Beweis für (8) ist für die Kugel leicht. Man sucht:

$$p = \frac{d \cdot (AA_3 \cdot 2R\pi)}{d \cdot (A_1A_3 \cdot 2R\pi)} \cdot AA_4$$

$$AA_3 = R(1 - \cos \alpha) \cot \alpha; \quad d \cdot AA_3 = R \left(\cos \alpha - \frac{1 - \cos \alpha}{\sin^2 \alpha} \right) d\alpha;$$

$$AA_4 = R \sin \alpha;$$

$$A_1A_3 = R(1 - \cos \alpha); \quad d \cdot A_1A_3 = R \sin \alpha \cdot d\alpha, \text{ also:}$$

$$p = R \left(\cos \alpha - \frac{1 - \cos \alpha}{\sin^2 \alpha} \right) = OA_4 - A_1A_3 \left(\frac{OA}{AA_4} \right)^2 = OA_4 - m.$$

Es ist aber viel eleganter, die zwei Curven unmittelbar an den Meridian zu binden, m und p also nicht als Ordinaten, sondern längs den Radiis vectores der Kugelkuppel abzusetzen.

Dieses ist in Figur 4 und den folgenden ausgeführt.

' A_2 ' wurde bestimmt wie auf der Fig. 3, dann von ' A ' gegen O abgesetzt ' $Am_1 = O'A_2$ ' und ' $Ap_1 = A_4'A_2$ ' in entgegengesetzter Richtung.

Die Curve m der Meridianspannung zeigt, wie letztere von dem Werthe $\frac{R}{2}$ bis R wächst; die Curve p der Ringspannung giebt am Pole ebenfalls einen Werth von $\frac{R}{2}$

Druck, und hat daselbst die größte auswändige radiale Entfernung vom Meridian; je weiter man nach unten geht, desto mehr rückt der Punkt A_2 von der Mitte der OA_4 (für den Pol) mit wachsendem α auf A_4 zu, der Druck ist abnehmend, und wo A_2 mit A_4 zusammenfällt, ist der Scheidepunkt, wo $p = 0$.

Diesem Punkt entspricht ein Winkel $\alpha = 51^\circ 50'$.*)

Zur Construction der zusammengehörenden Punkte der Spannungscurven für die Kugelkuppel bediene man sich nach Obigem folgender Regel:

Der Meridianpunkt wird tangential auf die Polhorizontale und dann wieder parallel zum Radius vector auf die Axe projecirt. Die Projection wird den unterhalb des Parallelkreises gelegenen Theil der Axe in zwei Stücke theilen, wovon das untere immer nach innen auf den Radius abgesetzt wird und die Meridianspannung m als Druck mißt, das obere, wenn der projecirte Trennpunkt unterhalb des Parallelkreises fällt, nach außen abgesetzt wird und die Ringspannung p desselben als Druck mißt; wenn aber der Trennpunkt oberhalb des Parallelkreises fällt, ist die Ringspannung p Zug und nach innen abzusetzen.

Aus der Definition der Curven geht auch hervor, dafs ihr radieller Abstand immer gleich dem obenerwähnten Axenstück, dem linearen Cosinus ist.

Die Gleichungen der Curven sind in polaren Coordinaten ausgedrückt sehr einfach.**)

*) Der Punkt läfst sich leicht bestimmen. Man soll haben:

$$m = R \cos \alpha = R \frac{1 - \cos \alpha}{\sin^2 \alpha}; \quad \sin^2 \alpha = (1 - \cos \alpha)(1 + \cos \alpha),$$

also:

$$\cos^2 \alpha + \cos \alpha = 1; \quad \cos \alpha = \frac{\sqrt{5} - 1}{2}, \quad \alpha = 51^\circ 50'.$$

**) Für die m Curve:

$$R_m = R - m = R - R \frac{1 - \cos \alpha}{\sin^2 \alpha} = R - \frac{R}{1 + \cos \alpha} = R \frac{\cos \alpha}{1 + \cos \alpha}. \quad (9)$$

Für die p Curve: |

$$R_p = R_m + R \cos \alpha = R \frac{\cos \alpha (2 + \cos \alpha)}{1 + \cos \alpha}. \quad (10)$$

(9) und (10) geben das einfache Verhältnifs $\frac{R_p}{R_m} = 2 + \cos \alpha$.

Es ist von Interesse die von den Curven und der Rotationsaxe eingeschlossenen Areale kennen zu lernen:

$$F_m = \frac{1}{2} \int_0^{\frac{\pi}{2}} \left(\frac{R \cos \alpha}{1 + \cos \alpha} \right)^2 d\alpha;$$

Die Betrachtung ist noch gültig, wenn die Kuppel oben mit einem Parallelkreisschnitt abgeschnitten ist, nur wächst alsdann die Meridianspannung von 0 bis zu einem Werthe im Aequator, der vor der ganzen Centralaxe des Kuppelgürtels repräsentirt wird.*)

Oft wird es verlangt, daß die abgeschnittene Kuppel oben ein Gewicht, z. B. das einer Laterne tragen soll. Auch dieses ändert das Verhältniß in keinem bedeutenden Grade, nur muß man die Axe um ein Stück, welches dem Totalgewicht der Laterne dividirt mit dem Product der Aequatorallänge und des Gewichts der Kuppelarealeinheit entspricht, verlängern.

In der Figur 5 sind die Spannungscurven einer offenen unbelasteten Kuppel construiert. Außer den Anfangswerten der Spannungen merke man sich, daß der Scheidepunkt, wo die p -Curve den Meridian schneidet, selbstverständlich abhängig von der Größe der Oeffnung tiefer gelegen ist.

Denken wir uns die Kuppel bis auf ein ganz kleines Loch oben geschlossen, so wird die Ringspannung der obersten Punkte so groß werden, als Ring- und Meridianspannung der Figur 4 zusammen; in dem Augenblick, wo das Loch geschlossen wird, sinkt sie bis auf die Hälfte.

man führt die Division aus und bekommt:

$$F_m = \frac{1}{2} R^2 \int_0^{\frac{\pi}{2}} \left(1 - \frac{2}{1 + \cos \alpha} + \frac{1}{(1 + \cos \alpha)^2} \right) d\alpha.$$

Ebenfalls wird durch Division

$$F_p = \frac{1}{2} \int_0^{\frac{\pi}{2}} \left(\frac{R \cos \alpha (2 + \cos \alpha)}{1 + \cos \alpha} \right)^2 d\alpha$$

in

$$\frac{1}{2} R^2 \int_0^{\frac{\pi}{2}} \left(\cos^2 \alpha + 2 \cos \alpha - 1 + \frac{1}{(1 + \cos \alpha)^2} \right) d\alpha$$

verwandelt.

Man führt jetzt $\operatorname{tg} \frac{1}{2} \alpha = z$ ein, und bekommt dadurch:

$$\begin{aligned} d\alpha &= \frac{2 dz}{1 + z^2}; \quad \cos \alpha = \frac{1 - z^2}{1 + z^2}; \quad 1 + \cos \alpha = \frac{2}{1 + z^2}; \\ \int \frac{d\alpha}{(1 + \cos \alpha)^2} &= \int \frac{2 dz}{1 + z^2} \frac{(1 + z^2)^2}{4} = \frac{1}{2} \int (1 + z^2) dz \\ &= \frac{1}{2} \left(z + \frac{1}{3} z^3 \right) = \frac{1}{2} \left(\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} + \frac{1}{3} \operatorname{tg}^3 \frac{\alpha}{2} \right); \\ \int \frac{z d\alpha}{1 + \cos \alpha} &= \int dz = z = \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_m &= \frac{1}{2} R^2 \left[\alpha - 2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} + \frac{1}{2} \left(\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} + \frac{1}{3} \operatorname{tg}^3 \frac{\alpha}{2} \right) \right]_0^{\frac{\pi}{2}} \\ &= \frac{1}{2} R^2 \left(\frac{\pi}{2} - 2 + \frac{1}{2} \left(1 + \frac{1}{3} \right) \right) = \frac{1}{2} R^2 \left(\frac{\pi}{2} - \frac{4}{3} \right) \quad (11) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_p &= \frac{1}{2} R^2 \left[\frac{\alpha}{2} + \frac{1}{4} \sin 2\alpha + 2 \sin \alpha - \alpha + \frac{1}{2} \left(\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} + \frac{1}{3} \operatorname{tg}^3 \frac{\alpha}{2} \right) \right]_0^{\frac{\pi}{2}} \\ &= \frac{1}{2} R^2 \left(-\frac{\pi}{4} + 2 + \frac{1}{2} \left(1 + \frac{1}{3} \right) \right) = \frac{1}{2} R^2 \left(\frac{8}{3} - \frac{\pi}{4} \right) \quad (12) \end{aligned}$$

Zwischen beiden Curven wird eingeschlossen das Areal

$$F_p - F_m = \left(2 \cdot \frac{3}{8} \pi \right) R^2 \quad (13)$$

und

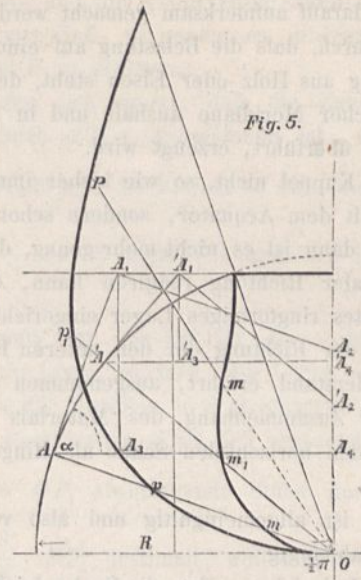
$$F_p + \frac{1}{2} F_m = R^2 \quad (14)$$

ist rational.

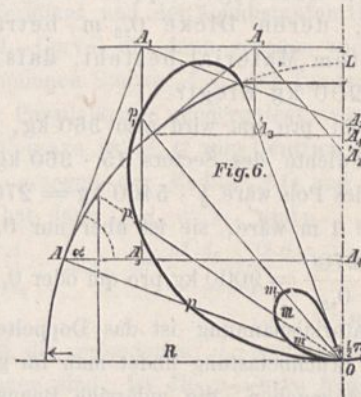
*) β sei der halbe Centriwinkel des Schnittes; man hat

$$m = R \frac{\cos \beta - \cos \alpha}{\sin^2 \alpha} \quad (15)$$

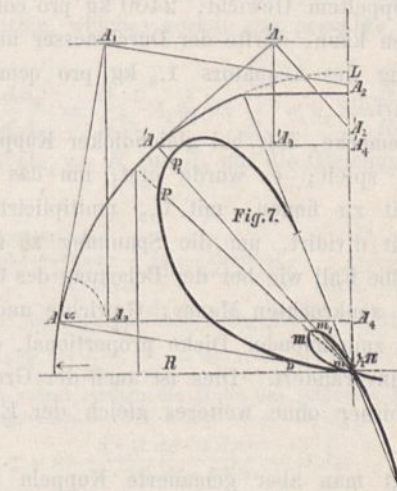
für den oberen Punkt, wo $\alpha = \beta$, $m = R \frac{0}{\sin^2 \alpha} = 0$, also $p = R \cos \beta$.



Die Figuren 6 und 7 sind Beispiele von offenen Kuppeln mit gleichmäßig vertheilter Last.



Die Verlängerung L der Axe entspricht dem auf den betrachteten Sector mit Aequatorialbogen gleich der Einheit fallenden Gewicht.



Die Größe der Belastung hat einen ganz bedeutenden Einfluß auf die Form der Curven, was sogleich aus den beiden Figuren hervorgeht. Erreicht die Last einen gewissen Werth, so kann, wie in Figur 7, die ganze p -Curve innerhalb des Meridians fallen, giebt also ausschließlich Zug an; die m -Curve zieht sich dann in eine Schleife zusammen. Im Gegensatz zur unbelasteten offenen Kuppel hat man hier sogleich einen großen Meridiandruck.

Es muß darauf aufmerksam gemacht werden, daß dieser Druck dadurch, daß die Belastung auf einem zusammenhängenden Ring aus Holz oder Eisen steht, der den Gegenruck sämtlicher Meridiane aushält und in Ringspannung für sich selbst überführt, erzeugt wird.

Sollte die Kuppel nicht, so wie bisher immer angenommen wurde, mit dem Aequator, sondern schon höher abgeschnitten sein, dann ist es nicht mehr genug, daß die Unterlage in verticaler Richtung reagiren kann, es muß dann ein solches festes ringförmiges Lager eingerichtet sein, daß die Kuppel in der Richtung der den unteren Ring tangirenden Kegel Widerstand erfährt, ausgenommen den seltenen Fall, daß der Zusammenhang des Materials so groß sei, daß dasselbe den horizontalen Schub als Ringspannung aufnehmen könne.

Letzteres ist allgemeingültig und also von der Form der Kuppel unabhängig.

Ein Paar Beispiele werden die Sache leichter verständlich machen.

1. Wie groß werden die Spannungen in einer geschlossenen Halbkugelkuppel sein, deren Halbmesser 15 m, deren Dicke 0,3 m beträgt und die aus so leichtem Material besteht, daß das Cubikmeter nur 1200 kg wiegt?

Das Gewicht pro qm wird also 360 kg, die Axe entspricht dem Gewichte des Sectors $15 \cdot 360 \text{ kg} = 5400 \text{ kg}$, die Spannung des Pols wäre $\frac{1}{2} \cdot 5400 \text{ kg} = 2700 \text{ kg}$ pro qm, falls die Dicke 1 m wäre, sie ist aber nur 0,3 m, also ist die Spannung $\frac{2700}{0,3} = 9000 \text{ kg}$ pro qm oder 0,9 kg pro qcm.

Die Aequatorialspannung ist das Doppelte oder 1,8 kg pro qcm. Als Bruchbelastung findet man für guten Cementmörtel 18 kg angegeben, die zulässige Beanspruchung für Cementmauerwerk darf wohl nur $\frac{1}{10}$ davon sein, oder die Grenze des Durchmessers einer gleichdicken Halbkugelkuppel in Cement ist 30 m.

Bei doppeltem Gewicht, 2400 kg pro cm, was Beton fast erreichen kann, dürfte der Durchmesser nur 15 m sein, falls der Zug des Aequators 1,8 kg pro qcm nicht überschreiten darf.

Man bemerke, daß bei gleichdicker Kuppel die Dicke keine Rolle spielt; es wurde erst, um das Gewicht pro Kuppelheit zu finden, mit 0,3 multiplicirt, dann aber wieder damit dividirt, um die Spannung zu finden; es ist dieses derselbe Fall wie bei der Belastung des Grundes einer gleichdicken senkrechten Mauer: Gewichte und Bodenfläche wachsen bei zunehmender Dicke proportional, die Spannung bleibt also unverändert. Dies ist auch der Grund, weshalb die Dicke bisher ohne weiteres gleich der Einheit gesetzt wurde.

Verlangt man aber gemauerte Kuppeln mit größeren Halbmessern als diejenigen, welche mit gleicher Dicke bei gegebenem Gewichte des Materials und zulässiger Zugspannung zu erreichen sind, dann muß man auf irgend eine Weise die Zugspannung des Aequators herabsetzen. Entweder gebe man der Kuppel eine nach oben abnehmende Dicke, oder man nehme von einem gewissen Parallelkreis nach unten die Radialspannungen als solche und begegne ihnen mit einer Hintermauerung, die auf dem Aequatorialplan steht, oder man benutze beide Mittel.

Bei gegebenem Halbmesser kommt es, um die Spannung zu finden, ja nur auf die Gewichtsverhältnisse an, und dieselben lassen sich jedenfalls mit genügender Approximation bestimmen, es möge die Dicke stufenartig oder allmähig abnehmen.

Es wäre ohne Zweck, daß man sich darauf beschränke, wenn die Spannung zu groß ausfällt, ein Ringlager für den Aequator zu bilden, oder denselben — mit Eisen etwa — zu armiren; bei der unzulässigen Spannung würde die gefährliche Stelle nur ein wenig in die Höhe gehoben sein.

Die Rüstung müßte, um effectiv zu sein, so hoch gehen, daß man bis zu einem zulässigen p gelangt, und eine solche Rüstung wird wohl immer auf praktische Hindernisse stoßen.

2. Wie schnell läßt sich die unter 1 angeführte Kuppel ausführen?

So lange, als die Kuppel offen ist, wird man im Aequator eine Zugspannung von derselben numerischen Größe wie die Druckspannung im oberen Ring haben (cfr. Fig. 5). Wenn das Mauerwerk wie früher 1200 kg wiegt, hat man:

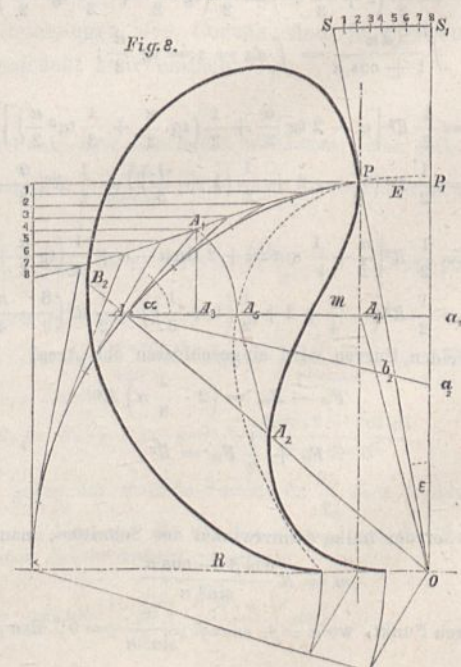
für eine erreichte Höhe von 3, 6, 9, 12, 15 m, pro qcm eine Spannung von 0,36, 0,72, 1,08, 1,44, 1,80 kg, es ist also hier nothwendig zu wissen, nach wie langer Zeit man bei gegebener Cementsorte einen Zug von 0,36, 0,72 kg u. s. w. stattfinden lassen kann.

Der Mörtel spielt hier die Hauptrolle, er muß mit der größten Sorgfalt behandelt werden und namentlich überall gut an den Steinen haften. Hier tritt der Unterschied gegen das Tonnengewölbe abermals sehr hervor, letzteres wird gewöhnlich ohne alle Rücksicht auf den Zusammenhang berechnet.

2. Andere Kuppelformen als die sphärische.

Die Bestimmung der Spannung m hing davon ab, ob man das Gewicht der Abschnitte, in welche die Rotationsfläche mittelst beliebiger Parallelkreise getheilt wird, finden kann (s. Seite 55); ist m gefunden, so giebt (7) leicht das p .

Die einfachste Form der nicht sphärischen Kuppel ist die, bei welcher der Meridian ein Kreisbogen und die Axe eine Sehne zu demselben ist, wie z. B. in Fig. 8. Die Kuppel wird dann eiförmig genannt.



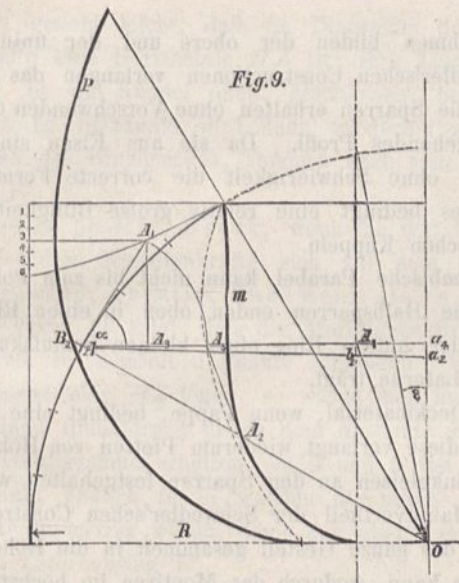
Die Oberfläche des eiförmigen Kuppelabschnittes ist nämlich gleich der eines Kugelabschnittes mit demselben Halbmesser des Meridians, aber mit reducirter Höhe.

Von der Höhe muß man die lineare Excentricität, multiplicirt mit dem Meridianbogen des Abschnittes in π ausgedrückt, ziehen.

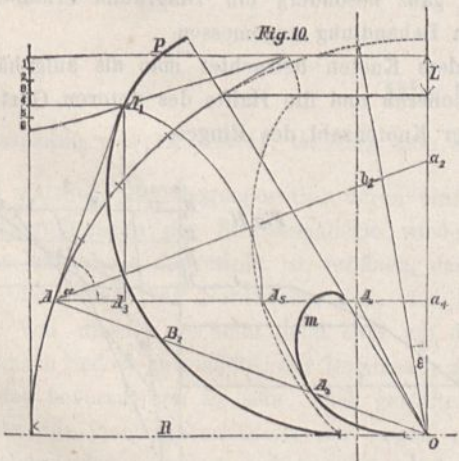
Also: Man bestimmt die reducirte Höhe, construirt die entsprechende Meridiantangente, welche mit der Peripherie des Großcircels multiplicirt den Totalmeridiandruck giebt, aus welchem die gesuchte Meridianspannung m wieder durch Division mit der Peripherie des Parallelkreises hervorgeht.

Beispielsweise sind die Figuren 8 bis 10 construirt; ihre gemeinschaftliche Excentricität ist 10° .

Die Figur 8 ist, der Figur 4 entsprechend, unbelastet und geschlossen.



Die Figur 9 ist, der Figur 5 entsprechend, unbelastet und hat oben eine Oeffnung von 20° .



Die Figur 10 ist den Figuren 6 und 7 entsprechend; sie hat dieselbe Oeffnung wie die Figur 9, ist aber mit dem gleichförmig vertheilten Gewicht G oben belastet und hat dementsprechend eine Verlängerung der Axe $L = \frac{G}{2R\pi \cdot g}$, wo g das Gewicht der Kuppelflächeneinheit, R der Halbmesser des Meridians ist.

Da die m - und die p -Curven in allen 3 Figuren ganz analog construirt sind, so genügt es, die am meisten ausgeführte Figur 8 zu erklären.

Man merke sich zuerst, daß die Zahl der Sektoren auch hier gleich $2R\pi$ anzunehmen ist; der Bogen der Basis hört deshalb auf, die Einheit zu sein, und wird $\frac{R-E}{R} = \frac{1 - \sin \epsilon}{1}$, wo E lineare, ϵ angulare Excentricität bedeuten.

Zuerst muß man den Ort für A_1 — jetzt nicht mehr eine horizontale Linie, sondern eine Curve — berechnen.

Es wurde der Meridian in 8 gleichgroße Stücke getheilt, darauf seine Rectification S als OS abgesetzt, und das von der Totalhöhe OP_1 abzuziehende Stück durch $\frac{SS_1}{PP_1} = \frac{S}{R}$ als $SS_1 = \frac{S}{R} \cdot PP_1$ bestimmt, weil $PP_1 = E$. Für jeden Gürtel ist aber die Reduction der Höhe $\frac{SS_1}{8}$.

Die gemeinsamen Punkte der Tangenten der Theilungspunkte des Meridians und der äquidistanten Horizontalen liegen in der A_1 -Curve, die dann gezogen wird.

Die gefundenen Stücke AA_1 der Tangenten werden als AA_5 auf die Parallelkreise niedergelegt, vom Schnittpunkte mit der Rotationsaxe ist A_4O zum Centrum gezogen, ferner wurden noch gezogen der Radius AO und A_2A_5 parallel A_4O . Man hat dann $AA_2 = m$, weil:

$$\frac{AA_2}{AA_5} = \frac{OA}{AA_4}; AA_2 = \frac{AA_5 \cdot OA}{AA_4} = \frac{AA_1 \cdot OA \cdot 2\pi}{AA_4 \cdot 2\pi} = m. *)$$

Nachdem die gefundenen A_2 continuirlich zu einer m -Curve verbunden sind, ist die p -Curve folgenderweise construirt:

Oa_2 auf der Verticalen des Centrum ist gleich AA_2 gemacht, Aa_2 wird gezogen, zwischen dieser Linie und dem Parallelkreis wird dann ein Stück A_3b_2 von der Rotationsaxe abgeschnitten, welches gerade das gesuchte p ist. Man hat nämlich:

$$\frac{a_4a_2}{A_4b_2} = \frac{Aa_4}{AA_4} = \frac{R}{N}; A_4b_2 = \frac{N}{R} \cdot a_4a_2 = \frac{N}{R} (Oa_4 - m),$$

welches, weil $Oa_4 = R \cos \alpha$, nur die Gleichung (7) ist. **)

*) Trigonometrisch:

$$m = \frac{R[(\cos \epsilon - \cos \alpha) - (\alpha - \epsilon) \sin \epsilon]}{\sin \alpha} \cdot \frac{1}{\sin \alpha - \sin \epsilon}. \quad (16)$$

**) Es ist hier eine passende Gelegenheit, die Allgemeingültigkeit der Gleichung (6) $\frac{m}{R} + \frac{p}{N} = \cos \alpha$ zu beweisen.

Man hat zuerst, indem die Höhe des schmalen Gürtels, wo p als constant angesehen werden kann, $= d \cdot A_1A_3$ ist:

$$p = \frac{d \cdot AA_3 \cdot 2R\pi}{d \cdot A_1A_3 \cdot 2R\pi} = AA_4;$$

in diese Gleichung wird eingeführt:

$$AA_3 = A_1A_3 \cdot \cot \alpha; AA_3 = R[(\cos \epsilon - \cos \alpha) - (\alpha - \epsilon) \sin \epsilon]$$

$$AA_4 = R(\sin \alpha - \sin \epsilon);$$

$$d \cdot \cot \alpha = \frac{-d\alpha}{\sin^2 \alpha}; d \cdot A_1A_3 = R(\sin \alpha - \sin \epsilon) d\alpha,$$

dann mit $2R\pi \cdot d\alpha$ verkürzt.

$$p = R \frac{(\sin \alpha - \sin \epsilon) \cos \alpha}{\sin \alpha} - R \frac{(\cos \epsilon - \cos \alpha) - (\alpha - \epsilon) \sin \epsilon}{\sin^2 \alpha}$$

$$= \frac{R}{\sin^2 \alpha} [(\sin \alpha - \sin \epsilon) \sin \alpha \cos \alpha - ((\cos \epsilon - \cos \alpha) - (\alpha - \epsilon) \sin \epsilon)], \quad (17)$$

und (17) ist identisch mit der aus (6) abgeleiteten (7), wenn man für m den Werth aus (16) einführt und bemerkt, daß

$AB_2 = p$ wird auswendig oder inwendig abgesetzt, je nachdem b_2 unterhalb oder oberhalb A_4 liegt.

In der Nähe des Pols ist es etwas schwierig, die m - und p -Curven graphisch zu bestimmen, weil die bezüglichen Tangentenstücke AA_3 so klein sind. Für den Pol hat man $N = 0$, also auch $p = 0$. Die p -Curve enthält den Pol, die m -Curve ebenfalls, und dieses ist der einzige Fall, in welchem sich diese Curven oben begegnen.*)

Die Figuren 9 und 10 bieten von besonderem Interesse nichts dar, die Construction der Spannungscurven geschieht da ohne Anstand geometrisch; außerdem sind noch die A_1 - und die A_5 -Curven, letztere punktirt, gezeichnet. Während die Figur 8 bedeutend von der Figur 4 abweicht, stimmt die Figur 9 mit der Figur 5, die Figur 10 mit den Figuren 6 und 7 sehr gut überein.

Graphische Statik der gegliederten Systeme.

Die gegliederten Kuppelsysteme finden bei Dachconstructions sehr häufig Anwendung. Sollten ausnahmsweise kleine Dachkuppeln als volle Kuppeln ausgeführt werden, so behandelt man sie wie die Mauerkuppeln des vorigen Capitels. In der Regel findet sich bei den Dachkuppeln ein Gespär, und in den Kreuzungspunkten desselben mit den Organen, die den Seitendruck aufnehmen sollen, den Knoten, denkt man sich das gesammte Gewicht sowohl des Skelettes als der Deckung angebracht.

Da also die Kräfte hier concentrirt sind, so handelt es sich erst um Spannungen, wenn man nach vollendeter statischen Untersuchung an die Bestimmung der Dimensionen der Constructionstheile geht.

Früher war es nicht ungewöhnlich, die Skelette solcher Kuppeln als gewöhnliche Dachstühle mit radiellen Zugstangen, die also in der Mitte zusammenstoßen mußten, zu construiren; das Dach wurde also wie ein Satteldach behandelt — abermals Gewölbe für Kuppel gesetzt.

Schwedler beweist, daß theoretisch gleichviel Material, man möge Zugstangen oder Ringe anwenden, erfordert wird.

Die Ringe bedingen aber geringere und leichtere Sammlungen, also ökonomischen Vortheil, sie geben noch den innern Raum frei, was sehr oft von Bedeutung oder gar durchaus nothwendig ist, z. B. wo die Kuppel einen Gasbehälter, ein Kuppelgewölbe oder dgl. überdachen soll.

$$\frac{N}{R} = \frac{\sin \alpha - \sin \epsilon}{\sin \alpha}$$

Ferner wird man für eine jede Rotationsfläche immer das Meridianelement mit einem osculirenden Kreisbogenstück, und den oberhalb der Elemente stehenden Theil der Fläche mit einer ogivalen Rotationsfläche gleichgroßen Areal (also auch Gewichts) um dieselbe Rotationsaxe, und mit Meridianbogen, geschlagen mit dem das Element osculirenden Radius, umgetauscht denken können. Da die zwei Rotationsflächen, die wirkliche und die gedachte ogivale, für das betrachtete Element des Meridians nothwendigerweise dasselbe m und auch dasselbe p haben müssen, kann die Allgemeingültigkeit der (6) nicht mehr in Abrede gestellt werden.

$$*) m = R \frac{(\cos \epsilon - \cos \alpha) - (\alpha - \epsilon) \sin \epsilon}{\sin \alpha (\sin \alpha - \sin \epsilon)} = \frac{0}{0} \text{ für } \alpha = \epsilon.$$

Durch Differentiation des Zählers und des Nenners für sich erhält man:

$$m_\epsilon = R \frac{\sin \alpha d\alpha - \sin \epsilon \cdot d\alpha}{(\sin \alpha - \sin \epsilon) \cos \alpha \cdot d\alpha + \cos \alpha \sin \alpha \cdot d\alpha}$$

$$= R \frac{0}{\cos \epsilon \sin \epsilon} = 0,$$

doch nicht für die Kugel, wo $\epsilon = 0$. Eine neue Differentiation giebt das Bekannte:

$$m_0 = R \frac{\cos \alpha \cdot d\alpha}{(\cos^2 \alpha - (\sin \alpha - \sin \epsilon) \sin \alpha - \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha) d\alpha} = \frac{R}{2}$$

(cfr. Fig. 4).

In unserer Zeit wird man wohl unbedingt der Ringkuppel den Vorzug geben. Ihr Skelett sieht wie ein Globus mit den Meridianen und den Parallelkreisen aus. Je nach der Widerstandsfähigkeit des Deckmaterials setzt man weniger oder mehr Diagonalen in die vierkantigen Maschen des Netzes ein; jedenfalls darf man beim Aufstellen der Construction sich nicht ohne weiteres auf die Steifigkeit der Knoten verlassen.

Die gegliederten Ringkuppeldächer sind mit Recht als Schwedler's Specialität mit seinem Namen benannt worden und haben ihn weit über die Grenzen Deutschlands hinaus bekannt gemacht.

Seine ebenso dreisten als starken Constructionen baut er in der Regel so, daß bei normaler Belastung kein Seitendruck vorkommt; der Meridian wird ein flacher Bogen mit der Gleichung der cubischen Parabel.

Die Rolle der eingeschalteten Ringe ist die, den zufälligen unsymmetrischen oder abnormen Belastungen zu widerstehen.

Ausnahmen bilden der obere und der untere Ring. Die Schwedler'schen Constructionen verlangen das wenigste Material, die Sparren erhalten ohne Verschwenden desselben ein durchgehendes Profil. Da sie aus Eisen sind, kann man ihnen ohne Schwierigkeit die correcte Form geben. Alles dieses bedingt eine relativ große Billigkeit für die Schwedler'schen Kuppeln.

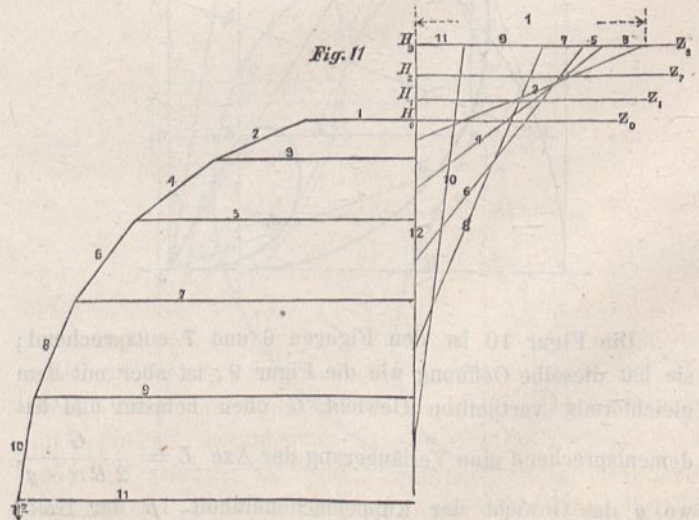
Die cubische Parabel kann nicht bis zum Pol geführt werden, die Halbsparren enden oben in einen Ring, der entweder der untere Ring einer kleinen Schlußkuppel ist, oder eine Laterne trägt.

Das Deckmaterial, wenn Pappe, bedingt eine Schalung von Holz, diese verlangt wiederum Pfetten von Holz, welche mittelst Winkeleisen an den Sparren festgehalten werden.

Ein Hauptvortheil der Schwedler'schen Construction ist der, daß das ganze Gestell gesammelt in die Höhe gewunden werden kann, wodurch das Montiren im höchsten Grade erleichtert wird.

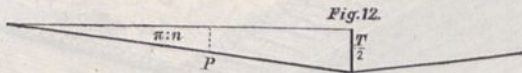
Die Statik der gegliederten Ringkuppel ist sehr einfach und, weil ganz besonders ein Diagramm erlaubend, der graphischen Behandlung angemessen.

In jedem Knoten betrachtet man als aufgehängt: die Hälfte des oberen und die Hälfte des unteren Gürtels, dividirt mit der Knotenzahl des Ringes.



Man soll immer das Gleichgewicht von vier Kräften — Sparrendruck des oberen Gürtels, Knotengewicht, Gegendruck des Sparrens des unteren Gürtels und Radialdruck — im Knoten haben.

Die Figur 11 zeigt die entsprechenden Vierecke des Gleichgewichts, die Figur 12 deutet an, wie der Radialdruck T in Ringdruck umzuwandeln ist, indem $\frac{T}{2}$ die Projection des Ringdruckes ist: $P \sin \frac{\pi}{n} = \frac{T}{2}$.



Die Form des Meridians ist hier für das Berechnen von weniger Bedeutung, da das Gewicht der Kuppelgürtel sich immer leicht mit genügender Approximation bestimmen läßt. Ist die Kuppel sphärisch, so sind dadurch die Fußpunkte der Gewichtslinien auf dem Diagramme auch bestimmt (cfr. Fig. 11).

Man ersieht leicht, daß im Diagramm der Ort aller Radialkräfte eine Horizontale HH ist; ihre Lage ist davon abhängig, ob die Kuppel offen, geschlossen, belastet oder unbelastet ist. Dadurch wird dann wiederum nicht allein die Größe des Ringdruckes, sondern auch sein Vorzeichen bedingt.

Diese ist positiv, Druck, wenn die den Radialdruck einschließenden Meridiankräfte sich auf dem Diagramme nicht kreuzen, negativ, Zug, wenn sie es thun.

Die Figur 11 zeigt, daß die Meridiankräfte 2, 4 und 6 sich fast in demselben Punkte schneiden. Wollte man durch diesen eine HH legen, so würde man im Laternenring 1 einen Radialdruck gleich dem Abstände des Punktes von der Gewichtslinie erhalten, in 3 und 5 fast keine Beanspruchung, endlich in 7, welcher der untere Ring, der sogenannte Mauerring würde, einen Zug ebenso groß als der Druck im Laternenring 1.

Die gewählte Kuppel mit $\alpha = 60^\circ$, und 15° abgeschnitten, würde also für eine gewisse Belastung der einen

Schwedler'schen Forderung, daß die Zwischenringe neutral sein sollen, entsprechen.

$H_2 Z_2$ bedingt ungefähr gleichgroße 2, 4 und 6, sie entspricht also einer Belastung, welche die zweite Forderung, die gleichmäßige Beanspruchung in der ganzen Sparrenlänge, erfüllt.

Es sei hier angedeutet, daß diese Forderung in der Wirklichkeit oft annähernd selbst bei hohen sphärischen Kuppeln erfüllt wird; sobald man nämlich nicht durch eigene Zwischentheile den Pfettendruck auf die Knotenpunkte überführt, müssen die Sparrenstücke auch als Träger wirken, und je wagerechter sie liegen, um so mehr werden sie beansprucht.

Führt man fremdes Gewicht — Belastung von Schnee, Druck von Wind — ein, so kann selbst bei der sphärischen Kuppel die Axe nicht mehr die Gewichtslinie vertreten.

Die Maximal- und Minimalbeanspruchungen der Sparrenstücke gehen direct aus den Diagrammen für Maximal- und Minimalgewicht, von welchen ersteres also besonders noch zu construiren ist, hervor, für die Ringe bekommt man sie durch Combinationen der zwei Diagramme, und zwar in folgender Weise:

Den Maximaldruck erhält ein Ring, wenn man seine Gewichtslinie aus dem Minimalgewicht der oberen Knoten und dem Maximalgewicht des eigenen Knotens zusammensetzt.

Den Minimaldruck (oder Maximalzug) bekommt ein Ring, wenn man seine Gewichtslinie von dem Maximalgewicht der oberen Knoten und dem Minimalgewicht des eigenen Knotens zusammensetzt.

Zwar giebt das trigonometrische Verfahren ohne besondere Schwierigkeit die Resultate, hat man aber viele Ringe, so wird die mechanische Einfachheit der graphischen Methode je nach der Zahl von immer größerer Bedeutung.

Dieses ist ausführlicher in dem im vorigen Jahre vom Verfasser herausgegebenen „Grundtraek af Ligevaegtslaeren“, Gyldendal, Kjöbenhavn, Seite 143 und 144 und Tafel 7 dargelegt. F. v. Wagner.

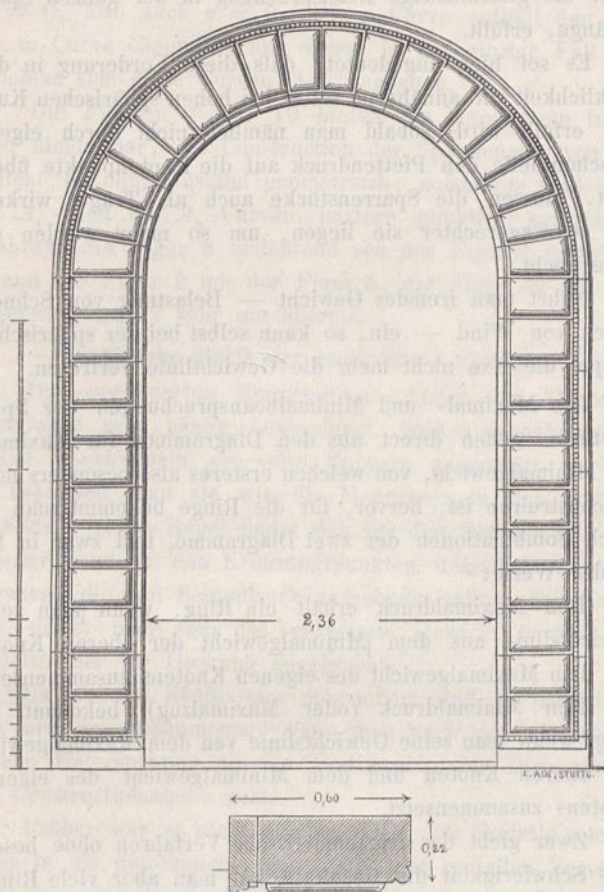
Die Baudenkmale Umbriens.

(Fortsetzung von „IX. Gubbio“ im Jahrg. 1881 S. 69 u. f. Mit Zeichnungen auf Blatt 13 bis 19 im Atlas des Jahrgangs 1881.)

Zwei stattliche Rundbogenportale, deren einfache auch an den Thoröffnungen der Straßengallerie wiederkehrende Architektur umstehend dargestellt ist, eröffnen, das eine von Südosten, das andere von Nordwesten her, den Eintritt in den Hof. Von diesen erscheint jetzt zwar auf den ersten Blick das nach Südost gewendete, der Domfaçade gegenüberliegende das bevorzugtere zu sein, auch gestaltet sich auf dieser Seite das Steigungsverhältniß der engen und winkligen Zugangsstraße (etwa 1 auf 4) noch einigermaßen erträglich. Es hat indess ganz ersichtlich der Baumeister die Nordwestseite als Haupteingangsseite entwickelt, denn hier öffnet sich dem Eintretenden gleich zur rechten Hand der Zutritt zu den größeren Prunkgemächern, zur linken die Haupttreppe, und auch nach Außen hin tritt das Bestreben zu Tage, diesem Theil der Façade ein etwas regelmäßigeres und bedeutsameres Aussehen zu geben. Wie aber soll

man es nun für denkbar halten, daß den Erbauern der jetzt bestehende Zugang, eine an der Thorbogenöffnung des Straßentunnels in rechtem Winkel sich abzweigende und hart vor der Nordwestfront emporgeführte Rampe mit einer Steigung von 1 auf 3, genügt haben könne. Man wird eben zu der Annahme gedrängt, daß ursprünglich der Zugang in ganz anderer Weise geregelt gewesen wie jetzt, entweder daß an der Stelle, wo später das schon oben erwähnte durch einen brückenartigen Verbindungsgang dem Hauptbau angeschlossene Nebengebäude, wie ich annehme, vom Herzog Guidobaldo errichtet worden ist, eine an dem unteren Straßenzug beginnende und in doppelter Windung frei und bequem entwickelte Straße bestanden habe, oder, was mir noch wahrscheinlicher erscheint, daß von einem tief gelegenen Vorhofe der von Federigo's Nachfolger geschleiften Burg aus eine der Würde des Ortes entsprechende Verbin-

dungsstraße geraden Weges zu dem Haupteingang des Palastes geführt habe. Es darf nicht Wunder nehmen, daß sowohl von einer solchen Straßenanlage als auch von den unzweifelhaft für einen Reiterzug gut passibaren Zugängen

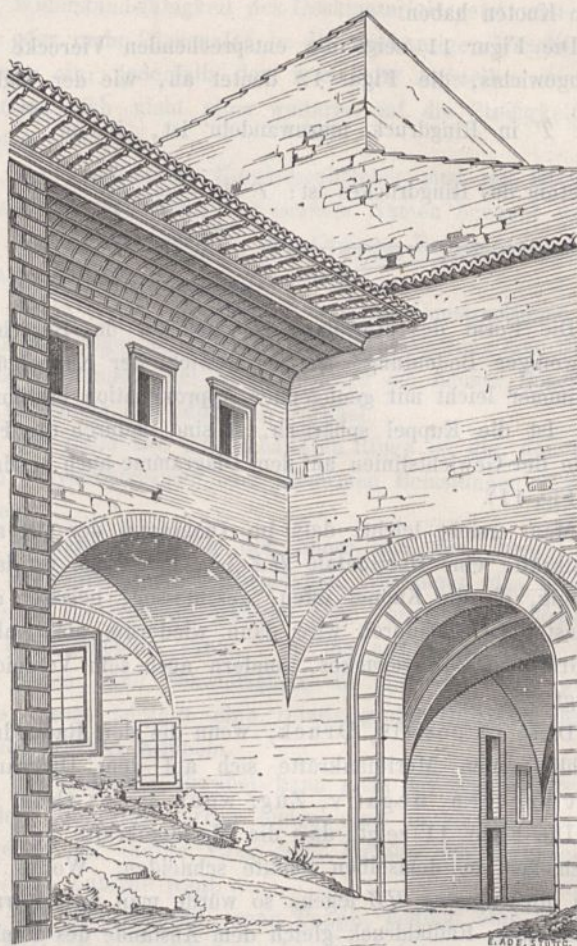


Nr. 89. Aufsenportal des Palazzo Ducale.

zu der Burg, nachdem diese letztere dem Erdboden gleich gemacht worden war, die nachfolgenden Jahrhunderte die Spuren wieder verwischt haben.

Nach der in dem folgenden Holzschnitt Nr. 90 gegebenen Skizze wird sich der Leser ein Bild von der gegenwärtigen äußeren Erscheinung des Palastes machen können und zugleich von dem Zustande des jetzigen Aufganges zum Hauptportal. Durch die originelle Corridorbrücke mit dem weit vortretenden schattigen Dachvorsprung gewinnt dieser nächst der Westecke befindliche Theil des Gebäudes etwas anziehend Malerisches, das dem übrigen Außenbau gänzlich abgeht. Rechts sieht man durch eine Thorbogenöffnung in den gewölbten Straßentunnel hinein. Die mit sorgsam bearbeiteten Eckquadern eingefasste Hausecke links gehört dem mehrfach erwähnten Nebengebäude an. Von dem garstigen Gemisch aus Unkraut und übelstem Unrath, das auf dem unterhalb des breiten Gurtbogens aufsteigenden Rampenwege wuchert, wird nur, wer Italien bereist hat, sich eine zutreffende Vorstellung zu machen vermögen. Die über Allem hervorragenden kahlen Mauern und Dächer sind Theile des über dem älteren mittelalterlichen Bau aufgeführten Obergeschosses. Das der gleichmachenden Hülle des Mörtelbewurfs großentheils entkleidete und vom Rost der Jahrhunderte geschwärzte Gemäuer führt den schroffen Abstand zwischen der tüchtigen im Mittelalter geübten Bauart und der Mauertechnik an den neueren Gebäudetheilen unnach-sichtlich vor Augen. Backsteine und nur sehr nothdürftig

zugerichtete Bruchsteine fügen sich zu einem mittelmäßigen Mauerwerk zusammen. In diesem Punkt nahm es der Bau-



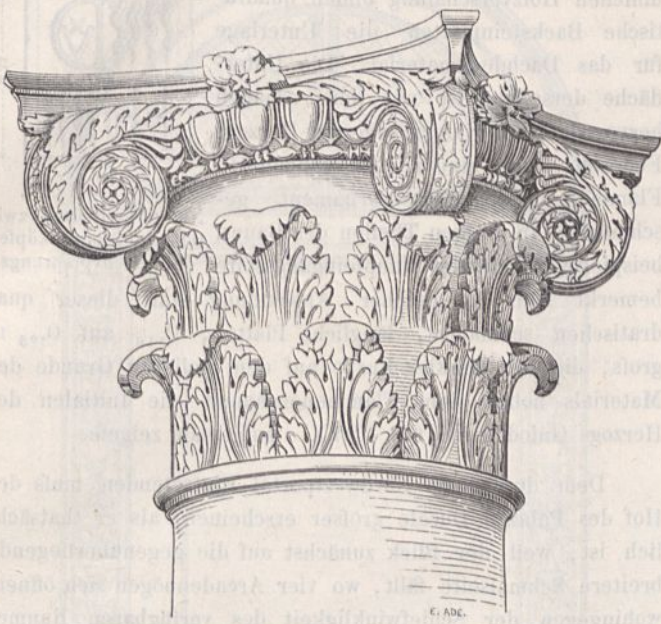
Nr. 90. Verbindungsgallerie zwischen dem Hauptbau des Palazzo Ducale und dessen Nebengebäude.

meister nicht allzu genau weder mit der Wahl des Materials noch mit der Güte der Ausführung.

Einen Anfang zu einer regelmässigeren Fäçadenbildung bemerkt man, wie gesagt, nur in der nächsten Umgebung des nordwestlichen Haupteinganges. Dort prangt über dem Thore, aus marmorähnlichem Kalkstein gemeißelt, das große Wappen des Herzogs Federigo, welches ich unter möglicher Wiedergabe der übermächtig zierlichen, fast kleinlichen Ausarbeitung der Details im Holzschnitt Nr. 87 diesem Abschnitte vorangestellt habe. Im oberen Stockwerk sind nicht sowohl um des inneren Bedürfnisses sondern um des äußeren Prunkes willen fünf schöne Fenster mit den gleichen architektonischen Gliederungen und Verzierungen wie im Hofe (vgl. Tafel 15) angeordnet. Damit ist aber auch schon das Ausmaas künstlerischen Aufwandes erschöpft. Kein Gurtgesims, kein Hauptgesims, sondern über den glatt geputzten Wandflächen als oberer Abschluß nur das allgemein übliche weit vorspringende Sparrendach.

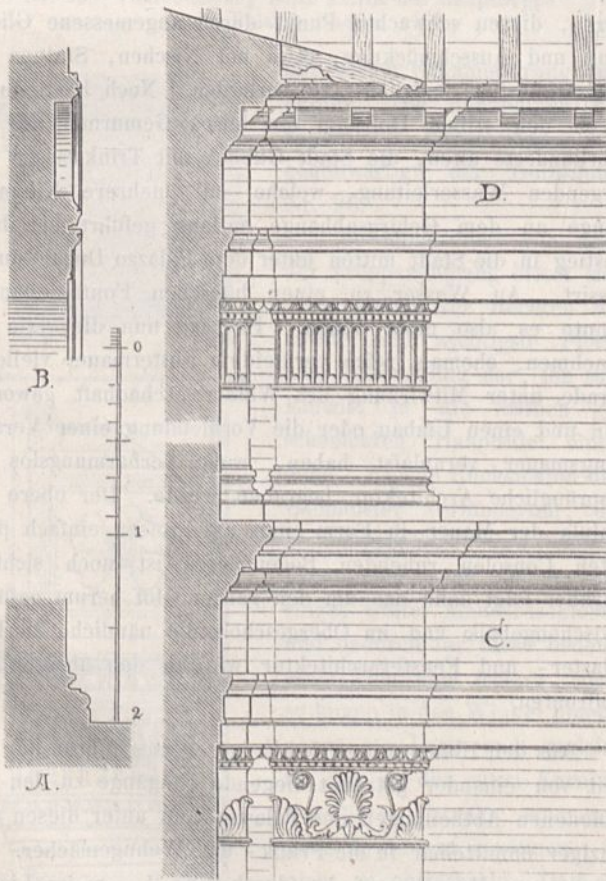
Man tritt sonach nur mit geringen Erwartungen in den Hof ein und sieht sich auf das wohlthuendste überrascht. Jedes Auge, das geübt ist, aus den einfachen Linien eines architektonischen Aufrisses die Wirkung eines Bauwerks abzulesen, wird aus der schlichten Darstellung des Durch-schnittes auf Tafel 14 von der echten Vornehmheit und der maasvollen Pracht, die in dem Aufbau dieses Hofes waltet, sich eine Vorstellung verschaffen können. Zur Vervollstän-

digung des Bildes mögen die nachfolgenden Holzschnitte beitragen.



Nr. 91. Capitell der Säulen im Hofe des Palazzo Ducale.

Die vollendete Schönheit der Säulen fällt zunächst in die Augen. Verjüngung und Schwellung des Schaftes können geradezu als mustergiltig bezeichnet werden. Bei 4,80 m Säulenhöhe beträgt der untere Durchmesser 0,522 m oder ein knappes Neuntel der Höhe, der obere Durchmesser 0,452 m. Der Reichthum der Capitelle, welche alle nach



Nr. 92. Details aus dem Hofe des Palazzo Ducale.

- A. Profil der Säulenbasen.
- B. Profil der Arcadenbogen und Zwickelringe.
- C. Gebälk und Gurtgesims über den Arcaden.
- D. Gebälk des oberen Stockwerkes und Dachgesims.

demselben unzweifelhaft antiken Modelle gearbeitet sind, hat den Steinmetzen angespornt, in der Durcharbeitung derselben das Höchste an Grazie und Genauigkeit zu leisten. Besonders die saubere Ausmeißelung der schattigen Tiefen an den Volutenansätzen ist von der trefflichsten Wirkung.

Die auffallend große Uebereinstimmung in der Architektur dieses Hofes mit der des großen Hofes in Urbino ist bereits hervorgehoben. Im Untergeschoß erstreckt sich dieselbe sogar auch auf die Gliederfolge im Profil des Gurtgesimses. Nur die Maße sind in Urbino um ein Geringes größer, z. B. die Säulen 5,16 m statt 4,80 m hoch. Dagegen ist das Obergeschoß unserer Hofarchitektur in der reicheren Fensterbildung und in der durchdachten Art, wie das Dachgesims mit dem Dachsparrenvorsprung in Bezug gesetzt worden ist, überlegen. Die reizvollste Mannigfaltigkeit kommt in den Friesverzierungen der 19 Hoffenster, welchen sich noch die Außenfenster in der Südost- und in der Nordwestfront anreihen, zur Entfaltung. All dies anmuthige Zierwerk abzubilden erschien mir bei der Fülle des im Arnold'schen Werke gebotenen Materials, welches die meisten der hier in Gubbio verwendeten Motive widerspiegelt, nicht rathsam, und deshalb habe ich auch bei der Darstellung der Hoffenster im Detail auf Tafel 15 nicht das an und für sich schönste, sondern vielmehr ein möglichst eigenartiges Friesornament ausgewählt.

Der vorzügliche Eindruck des Hofes wird noch gesteigert durch die harmonische Farbenzusammenstimmung der zur Ausführung gewählten Baumaterialien, eines mild grauen Werksteins für das architektonische Gerüst, und warmer fleischfarbiger Backsteine für die glatten Mauerflächen. Es ist schon an einem andern Orte gesagt worden, daß mit dem Bau des herzoglichen Palastes ein bisher nicht angewendetes, in Gubbio pietra turchina sonst auch pietra serena benanntes Steinmaterial, ein sehr feinkörniger grünlich grauer Sandstein, in Gubbio Eingang fand und den wetterbeständigeren aber spröden und nur in kleinen Abmessungen brechenden Kalkstein, den die nächste Felswand darbot, als Werkstein zurückdrängte und zum Mauerwerksmaterial degradirte. Es gleicht dieses nächst der Palshöhe der nach Scheggia führenden Straße in etwa vier Kilometer Entfernung von der Stadt brechende Gestein am meisten dem nur etwas dunkleren und um ein gut Theil härteren Sandstein, welchen die großen florentiner Baumeister des 15. Jahrhunderts zumeist bei ihren Bauten anwendeten. Mit alleiniger Ausnahme des Wappens über dem Hauptortal sind alle architektonischen Gliederungen im ganzen Gebäude und alle selbst die feinsten Ornamente an Thüren und Kaminen in diesem Stein ausgeführt, dessen sanfter in trockenem Zustande ziemlich heller aber satter Farbenton auch in den Innenräumen zu voller Geltung kommt. Bei weitem weicher als Kalkstein und Marmor, ist er doch von so gleichmäßigem Gefüge, daß auch das zarteste Ranken- und Blattwerk sich aus ihm darstellen läßt. Dazu bricht er in großen Stücken bis zur Länge mehrerer Meter, so daß z. B. für die an vier Meter messenden Säulenschäfte im Hof Monolithe beschafft werden konnten. Diesen großen Vorzügen des Gesteins steht als ein sehr erheblicher Mangel dessen verhältnißmäßig geringe Widerstandskraft gegen die Unbill der Witterung gegenüber. Im Hofe, wo Unwetter und Frost nicht so grimmig zupacken konnten, tritt diese Schwäche

des Materials minder augenfällig auf. An einigen dem Schlagregen besonders ausgesetzten Theilen des oberen Stockwerks und an den Basen der Pilaster und Säulen sind zwar die Gliederungen stellenweis bis zur Unkenntlichkeit verwittert; doch ist weder hierdurch noch durch mehrfache Abtrümmungen der Hof zur Ruine geworden. An den Außenfronten hingegen, namentlich an der Wetterseite und den Gebäudeecken hat die Wuth des Wetters die aus pietra turchina hergestellten Bauglieder bis auf wenige Stumpfe völlig zerfressen.

Der Backstein hat sich im Hofe unseres Palastes vorzüglich bewährt. Er konnte aber auch hier mit um so größerer Sorgfalt behandelt werden, als er, wie aus Tafel 14 zu ersehen ist, nur in geringem Umfang für die kleinen in der Frontarchitektur übrig bleibenden glatten Mauerflächen zur Verwendung kam, während die ganz schmucklosen Wand- und Gewölbeflächen des Hofumganges sich mit dem einfachen Mörtelputz begnügen mußten. Bei der Herstellung einer sauberen Backsteinverblendung wird man in damaliger Zeit dasselbe Verfahren beobachtet haben, welches noch heutigen Tages vielfach in Italien üblich ist. Das Bestreben ist hierbei besonders darauf gerichtet, die Fugen möglichst für das Auge verschwinden zu lassen, und oft wird dieser Zweck auf das vollkommenste erreicht. Man fertigt nicht etwa eigene Verblendungssteine an, wie wir in Deutschland sie zu fabriciren pflegen, sondern man bedient sich gewöhnlicher gut gebrannter Backsteine großen Formates, schleift die Stirnseite auf einer Steinplatte sorgfältig glatt, reißt nach einer Schablone die Umrisslinien der Frontseite genau vor, und behaut dann den Stein ringsum an den Stofs- und Lagerflächen mit einem scharfschneidigen Hammer der Art, daß er keilförmig nach hinten abnimmt. Alsdann werden auch die Kanten noch nachgeschliffen und nun der so vorbereitete Verblendstein in fettem gesiebtem Kalkmörtel mit ganz knirschen Fugen, die kaum das Eindringen einer Messerschneide gestatten, zugleich mit der Hintermauerung vermauert. Schließlic werden die fertigen Verblendungsflächen nochmals mit einem harten Stein übergeschliffen. Wie wetterbeständig bei reiner Beschaffenheit des Thones eine derartig hergestellte Backsteinverblendung sein muß, leuchtet ein, und der Hof des Palazzo Ducale legt Zeugniß davon ab.



Nr. 93. Fußbodenplattung aus Backstein.

Eine andere eigenthümliche Art von Plattenbelag, welche der Holzschnitt Nr. 94 wiedergiebt, findet sich an den Dachvorsprüngen vor. Die mit der Säge consolförmig ausgeschnit-

tenen Sparrenköpfe sind in 0,35 bis 0,40 m Abstand von Mitte zu Mitte angeordnet, und an Stelle der meist üblichen Holzverschalung bilden quadratische Backsteinplatten die Unterlage für das Dachdeckmaterial. Die Unterfläche derselben ist mit dem erhaben hervortretenden Namenszuge des Herzogs Federigo und einem aus züngelnden Flammen bestehenden Ornament geschmückt. An einigen Theilen des Baues, beispielsweise an der Haupteingangsseite

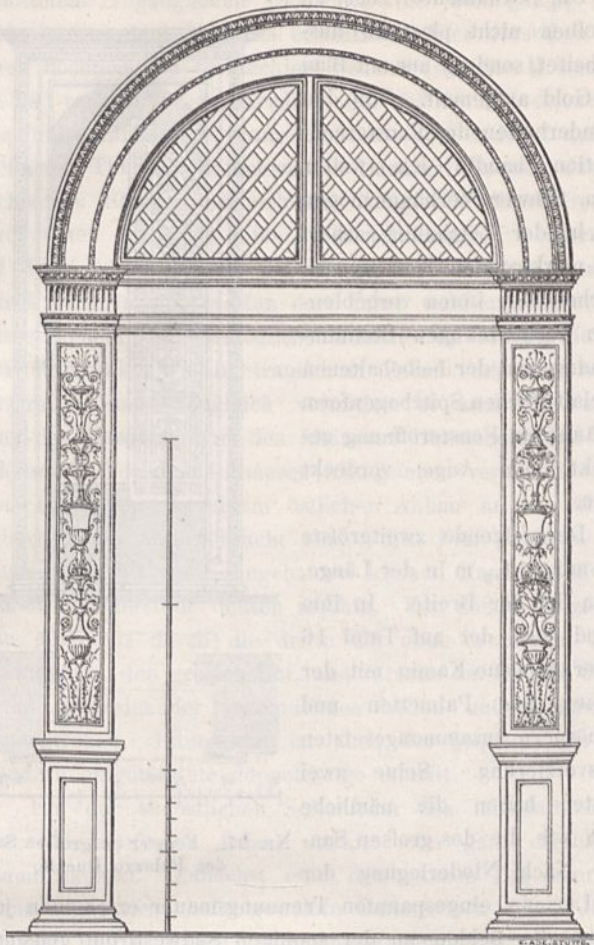


Nr. 94. Platten zwischen d. Sparrenköpfen des Dachvorsprungs.

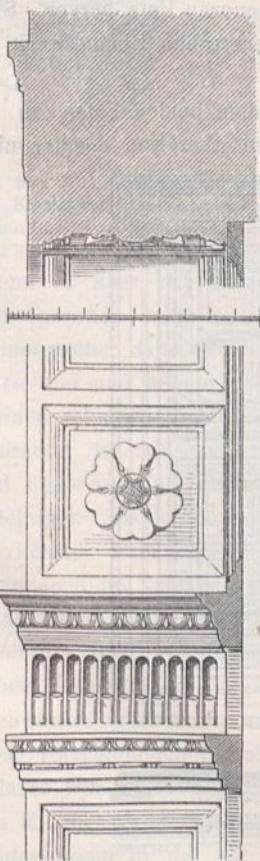
bemerkt man in gleicher Anwendung statt dieser quadratischen schmalere, längliche Platten, 0,16 auf 0,3 m groß, die mit dunkler Farbe auf dem helleren Grunde des Materials neben dem Flammenornament die Initialen des Herzogs Guidobaldo GB · DVX · aufgemalt zeigen.

Dem durch das Nordwestportal Eintretenden muß der Hof des Palazzo Ducale größer erscheinen, als er thatsächlich ist, weil der Blick zunächst auf die gegenüberliegende breitere Schmalseite fällt, wo vier Arcadenbögen sich öffnen, wohingegen der Schiefwinkligkeit des verfügbaren Raumes entsprechend an der Haupteingangsseite nur drei Bögen Platz fanden. Solche Unregelmäßigkeiten stören selten den Beschauer. Um vieles augenfälliger ist allerdings das Fehlen des freien Hofumganges an der Nordostseite, zumal die an dieser Seite gegen den Berg hin nothwendig beibehaltene Stützmauer jetzt eine kahle mit rohem Bewurf überzogene Wandfläche aufweist. Die Annahme wird nicht trügen, daß Meister Luciano seiner Zeit es wohl verstanden haben werde, diesen schwachen Punkt durch angemessene Gliederung und Ausschmückung, etwa mit Nischen, Statuen und Wasserkünsten, möglichst zu verhüllen. Noch heute ertönt durch den stillen Hofraum ein leises Gemurmel aus der Jahrhunderte alten, die Stadt Gubbio mit Trinkwasser versorgenden Wasserleitung, welche auf mehrere Kilometer Länge an dem Gebirgsabhange entlang geführt bei ihrem Abstieg in die Stadt mitten unter dem Palazzo Ducale durchpassirt. An Wasser zu einer hübschen Fontainenanlage konnte es also nicht fehlen. Es mag nun die, wie wir annehmen, ehemals reich verkleidete Futtermauer vielleicht gerade unter Mitwirkung des Wassers schadhaf geworden sein und einen Umbau oder die Vorblendung einer Verstärkungsmauer veranlaßt haben, wobei erbarmungslos die ursprüngliche Architektur begraben wurde. Der obere Abschluß der Mauer in Form eines auf großen einfach profilirten Consolen ruhenden Bogenfrieses ist noch sichtbar. Darüber folgt dann das um den ganzen Hof herum geführte Zwischengebälk und im Obergeschoß die nämliche zierliche Pilaster- und Fensterarchitektur wie an den übrigen drei Hoffronten.

Aus den Hofumgängen des Erdgeschosses führen nur drei weit von einander getrennt liegende Eingänge zu den verschiedenen Abtheilungen des Palastes und unter diesen kein einziger unmittelbar in die Prunk- und Wohngemächer. Der Zugang zur Haupttreppe ist durch eine 2,35 m im Lichten weite rundbogig abschließende Thüröffnung mit glänzender Einrahmungsarchitektur hervorgehoben. Die Frontansicht derselben stellt der nachstehende Holzschnitt dar. Auch die Seitenflächen der eigenthümlich gezeichneten Pilaster sind



Nr. 95. Thüreinfassung beim Antritt der Haupttreppe im Palazzo Ducale.



Nr. 96. Detail vom Kämpferansatz des Treppenzuganges dem schönen Gegenüber am

mit reicher Ornamentierung ausgefüllt. Die Behandlung der cassetirten Bogenleibung vergegenwärtigt der Holzschnitt Nr. 96.

So unmittelbar wie links der Treppenaufgang bietet sich auch gleich zur Rechten die zweite und wichtigste Pforte dem Ankömmling dar, ihn zum Eintritt in die festlich geschmückten Hauptsäle einladend. Welche Rücksichten den Baumeister verhinderten, die neu zu erbauende nordwestliche Frontmauer noch um ein Geringes weiter hinauszuschieben und dadurch für diese bedeutende Thür eine freiere, nicht so knapp in den Winkel hineingezwängte Lage und zugleich für den an den alten Kernbau angefügten Corridor eine größere Breite zu gewinnen, ist nicht zu enträthseln. Daß ein so wichtiger Eingang in seiner architektonischen Ausbildung und an Reichthum nicht hinter Treppenantritt zurückgestanden

haben werde, geht schon aus dem Umstande hervor, daß die Thüreinfassung bereits im Jahre 1873, als ich in Gubbio weilte, nicht mehr vorhanden war und als erstes Opfer vor der klingenden Münze eines Liebhabers von ihrer Stelle hatte weichen müssen. Das nämliche Schicksal hat in der Zwischenzeit, wie mir berichtet wird, fast Alles ereilt, was sich in dem Palaste, abgesehen von der Hof- und Außenarchitektur, als ablösbar und verkaufbar erwies. Ich freue mich, daß es mir gelungen ist, noch einige Beispiele der jetzt verzettelten köstlichen Meißelarbeiten durch die Abbildungen auf Blatt 15 und 16 der Vergessenheit zu entreißen.

Unverkennbar weist die Anordnung der hauptsächlichsten zu den Prunkgemächern geleitenden Verbindung einen erheblichen Mangel in der Grundrißentwicklung auf, indem sie zwar dem unerläßlichen Maße von Bequemlichkeit, nicht aber dem Wesen der Oertlichkeit Rechnung trägt. Ein nur 2,20 m breiter aber nahezu 20,0 m langer, an mehreren Nebenthüren vorüberführender Corridor muß durchschritten werden, bis man vor die links zur Seite liegende Prachtthür gelangt, welche den Eingang zum großen Festsaal bildet. Man befindet sich hier an der äußersten Westecke des Palastes, wo man einen freien Ueberblick nach zwei Seiten hin über Stadt und Landschaft gewinnt, und gern wird mancher Gast vor dem Eintritt in die fürstlichen Gemächer auf den Balcon hinausgetreten sein, mit dem der sinnige Architekt diese Palastecke ausgestattet hat. In dem weiten freien Geiste des edlen Federigo scheint auch ein feines Empfinden für die Schönheit der Natur und den wohngigen Einfluß des unmittelbaren Himmelsglanzes einen bevorzugten Platz gefunden zu haben, denn dieser schöne Charakterzug hat mehrfach seinen architektonischen Ausdruck gefunden. Der Leser möge in der Arnold'schen Publication des urbinater Palastes die mehrgeschossige Loggia zwischen den beiden Rundthürmen und den reizenden kleinen Erker betrachten, deren Lage und deren verschwenderische auf Blatt 7 und 8 jenes Werkes im Detail mitgetheilte künstlerische Ausbildung in gleichem Maße für das Gesagte sprechen. In dem bescheideneren Palaste zu Gubbio mußte ein einfacherer auf Consolen ausgekrachter Balcon genügen, der die Westecke umspannend zwischen den beiden Fensterthüren am Ende des Vorflurs eine äußere Verbindung herstellte. Dieser gewiß auf das Zierlichste ausgebildete Balcon ist freilich längst den Angriffen der Wetterstürme erlegen. Es ragen nur noch ein paar kümmerliche Stumpfe der Consolen, die ihn einst trugen, aus dem Gemäuer hervor.

Die Hauptsaalthür ist auf Tafel 16 im Grundriß und Aufriß dargestellt. Zu dem letzteren ist zu bemerken, daß die herrliche reiche Thürumrahmung der inneren Saalseite angehört, wogegen von den Thürflügeln die dem Corridor zugewendete Seite abgebildet ist. Wohl weist auch die äußere Thüreinfassung einen ähnlichen Reichthum und fast dieselben Decorationsmotive auf, allein sie steht hinter der Innenseite in der Schönheit der Zeichnung und der Eleganz der Ausführung beträchtlich zurück. An Stelle der drei Wappenschilder, welche den inneren Fries schmücken, halten außen über der Thür drei Adler Wacht, der mittlere derselben mit dem Wappen des Herzogs Federigo vor der Brust. An der Schauseite im Saal documentirt sich in dem feinen Formgefühl, mit dem das Relief von dem vorsichtig zart

und flach gehaltenen Gewändzierrath durch den kecker sich hervorwagenden Schmuck des Frieses zur tiefsten und kraftvollsten Ausarbeitung der rein architektonischen Ornament-schemata im Verdachungsgesims sich abstuft, die sicherste Meisterhand. Dazu gesellt sich die effectvollste Farbenwirkung, wiewohl zu dem sanften Graugrün der natürlichen Steinfarbe nur ein ungemischtes leuchtendes Ultramarin und das milde neutrale Gold hinzutreten. Um an dem reichsten Beispiele diesen auch an allen übrigen inneren Steinmetzarbeiten in gleicher nur mehr oder minder verschwenderischer Weise angewendeten Farbenschmuck dem Leser zu veranschaulichen, verzeichne ich kurz, wie an der in Rede stehenden Thürverkleidung das Blau und Gold auf dem stumpfen Sandsteinuntergrunde vertheilt ist. Die Ornamente auf der Sima sind vergoldet und ringsum mit einem schmalen Ultramarinstreifen umrändert. Die Vorderfläche der Hängeplatte golden, die Tiefen der kleinen Cannelirungen blau. Der Eierstab ist ganz golden, und nur aus den hintersten Tiefen leuchtet das Ultramarin hervor. Der Zahnschnitt vorn golden, an den kleinen Unterflächen blau. Im Friesornament sind die Laubstränge mit den flatternden Bändern, die Flügel und die Haare der Putten golden, die Festons sind außerdem blau gesäumt. Die Grundfarbe der beiden Wappen rechts und links ist blau, das Montefeltre-Wappen in der Mitte theilweise vergoldet. Beim Umrahmungsfries sind die Akanthusornamente durchweg golden, ebenso die äußere glatte Saumleiste neben dem Kymation, von dem sie durch eine feine blaue Linie getrennt wird.

Das soeben geschilderte kostbare Kleinod edelster Frührenaissancekunst sah ich noch an seiner jetzt ebenfalls verödeten Stelle. Die zweite, sicherlich einst kaum weniger prächtige Thür an der gegenüberliegenden Schmalseite des Saales war aber schon damals mitsammt der ganzen Zwischenwand nicht mehr vorhanden. Von der kleinen einflügeligen Thür, welche links von dem großen Kamin in das erste der rückwärts nach dem Hofe zu liegenden Gemächer führt, hängt nur noch der mit hübscher eingelegter Arbeit verzierte Thürflügel in seinen rostigen Angeln. Die zugehörige, auf Tafel 15 abgebildete Steineinfassung hatte der jetzige Besitzer Signor Balducci bereits in seine Privatwohnung übertragen, wo ich sie messen und zeichnen konnte.

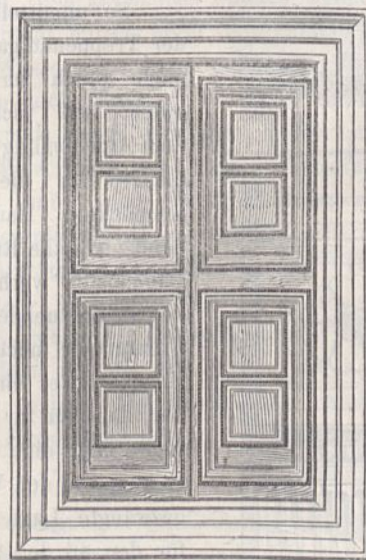
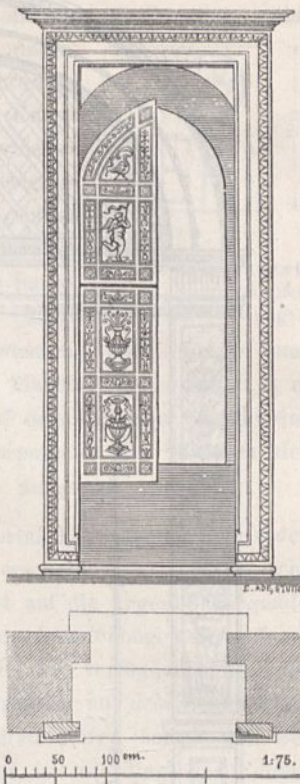
Von der Darstellung des Kamins im großen Saale durfte ich füglich Abstand nehmen. Weder die zwei mächtigen Consolen noch die schöne Rankendecoration des Frieses bieten etwas Eigenartiges dar, wohl aber stimmt der von Vergoldung strotzende Kamin trefflich zu der vornehmen Pracht, die vormals rings um ihn herrschen mochte. Man denke sich diesen Saal von 22,2 m Länge und 9,1 m Breite mit einer reichen in Gold und Farben schimmernden Cassettendecke überspannt, die werthvollsten Teppiche an den Wänden und über dem Fußboden ausgebreitet, antike und moderne Bildwerke zwischen geschnitztem Möbelwerk aufgestellt, dazu den hellen Sonnenschein durch die vier hohen Fenster hereinströmend, das mag ein Ort gewesen sein würdig seines gefeierten Gebieters. Das Alles nun ist der unerbittlichen Zeit und schnöder Habsucht zum Opfer gefallen. Heut zu Tage werden nur noch die schlichten Fenstereinfassungen an ihrem Orte sein, welche der Holzschnitt Nr. 97 veranschaulicht.

Die Ornamente sind an denselben nicht plastisch ausgearbeitet, sondern nur mit Blau und Gold aufgemalt. Von den Besonderheiten der Fensterconstruction handle ich weiter unten. Schwere Vorhänge mögen den in der Zeichnung scharf sich markirenden Widerspruch zwischen der innen vorgeblendeten rechteckigen Steinumrahmung und der beibehaltenen mittelalterlichen Spitzbogenform der äußeren Fensteröffnung geschickt dem Auge verdeckt haben.

Der folgende zweitgrößte Saal mißt 11,3 m in der Länge, 9,3 m in der Breite. In ihm befand sich der auf Tafel 16 wiedergegebene Kamin mit der schönen aus Palmetten und Füllhörnern zusammengesetzten Friesverzierung. Seine zwei Fenster haben die nämliche Form wie die des großen Saal-Nr. 97. Fenster im großen Saale des Palazzo Ducale.

Nach Niederlegung der von Luciano eingespannten Trennungsmauer erscheinen jetzt wieder die beiden an der sonnigen Südwestfront gelegenen Hauptsäule wie ein einheitlicher Raum. An einer Stelle der Wand über den Kaminen schaut noch ein Rest von einem alten Frescogemälde hinter dem neueren Putz hervor. Statt der Decke begegnet der Blick dem rohen Zimmerwerk des Daches.

Die Eintheilung der hinter den beiden Säulen an der Langseite der Hofhallen belegenen aber von dorthier nicht



Nr. 98. Fenster der an die Hofhallen angrenzenden Räume im Hauptgeschoß des Palazzo Ducale.

unmittelbar zugänglichen Gemächer von durchgängig 8 m Tiefe ist aus dem Grundriß ersichtlich. Vier derselben sind durch hochliegende rechteckige Fenster (vgl. den Holzschnitt Nr. 98) vom Hofe her allerdings nur mäßig hell erleuchtet. Das fünfte Zimmer ist ganz fensterlos und entlehnt nur bei geöffneten Thüren ein schwaches Dämmerlicht aus den benachbarten Räumen. Gleichwohl ist gerade dieses Gemach durch einen besonders reich verzierten Kamin, welchen ich auf Tafel 16 dargestellt habe, und durch schöne Entarsia-thüren ausgezeichnet. Man darf daher wohl annehmen, daß dieses Zimmer die herzogliche Familie an langen Herbst- und Winterabenden in traulichem Verein um den Kamin versammelt sah. Zugleich vermittelt es auch die Verbindung der Hauptsäle mit den kleineren Gemächern und Oertlichkeiten, die, dem intimeren Alltagsleben vorbehalten, von dem Baumeister in einem östlichen Anbau an die älteren Gebäudetheile untergebracht sind. Ein Flur schließt sich zunächst an mit einer eingebauten kleinen Kammer, welche man als Dienerstube deuten möchte. Von dem Flur gelangt man einerseits durch die dritte der oben erwähnten Thüröffnungen in den großen Hof, andererseits zu der alle Stockwerke untereinander verbindenden hellen und geräumigen Wendeltreppe. Interessant ist auch der bequeme wie zum Plaudern eingerichtete doppelsitzige Abtritt.

Ein der südöstlichen Seitenfront des mittelalterlichen Baues hinzugefügter Anbau umfaßt zwei ganz eigenartige Räumlichkeiten. Zunächst eine den ganzen Tag über der Sonne zugängliche helle gewölbte Gallerie von 3,3 m Breite und fast 14,0 m Länge. Der nebenstehende Holzschnitt stellt die wirkungsvoll gearbeiteten Schlußsteine dar, welche wie in den Hofumgängen so auch in dieser Halle die sonst ganz schmucklosen Kreuzgewölbe auszeichnen. Hier mag der leutselige Herzog seine Audienzen ertheilt und aus dem breiten architektonisch bedeutsam ausgestatteten Fenster an der Stirnseite der Gallerie freudigen Blickes auf sein lachendes gesegnetes Land hinausgeschaut haben.



Nr. 99. Schlußstein der Kreuzgewölbe im Hauptgeschloß des Palazzo Ducale.

Wenn er aber mit einem bevorzugten Gaste zu tiefem Gespräch oder allein zu ernsten Studien sich zurückziehen wollte, dann öffnete er die kleine Pforte in der anderen Stirnwand und befand sich in seinem eigensten Heim, einem kleinen schiefwinkligen Kämmerlein von nur 10 bis 11 Quadratmeter Grundfläche, ringsum und in den tiefen Thür- und Fensternischen kunstvoll getäfelt und mit reicher farbenprächtiger Cassettendecke überdeckt. Ein Schmuckkästchen herrlichster Frührenaissancekunst. Noch sah ich dasselbe, wenn auch im Zustande arger Verwahrlosung im Jahre 1873. Jetzt findet auch dort der Besucher nur kahle Wände. Immerhin freut es mich, von der Einrichtung dieses köstlichen Kämmerleins eingehend berichten und deren Verbleib nachweisen zu können, was ich leider in Betreff der andern nach verschiedenen Seiten hin verkauften Kunstschatze des Palazzo Ducale nicht zu thun vermag. Das Geheimcabinet des Herzogs Federigo befindet sich seit dem Jahre 1875 wohlgeborgen in der sogenannten Villa Piccolomini in Frascati am Albaner-Gebirge, deren jetziger Besitzer, der Principe Lancelotti in Rom es für 7000 Lire, wie es heißt, erworben und einer eingehenden Restauration unterworfen

hat. Da die leichte Zugänglichkeit an der jetzigen Stätte mir nicht verbürgt ist, lasse ich eine genaue Beschreibung hier folgen. An einem anderen Orte*) habe ich schon die Gründe entwickelt, die mich veranlassen mußten, die Entarsia- und Holzschnittwerke, an welchen Umbrien so reich ist, bei meinen Publicationen umbrischer Baudenkmale auszuschließen.

Bis zur halben Höhe des Zimmerchens war zur Zeit meines Aufenthalts in Gubbio die Wandverkleidung noch vollständig erhalten. Sie besteht aus einer bis zum rings umlaufenden Abschlußgesims durchweg glatten, über und über mit dem interessantesten und mannigfaltigsten Schmuck eingelegerter Holzarbeit überzogenen Täfelung. Die Verkleidung der tiefen Thürleibung gleich beim Eingang zeigt noch eine einfache Theilung in große Füllungen, deren Umrangungsfrieße an den Ecken und in den Mitten schöne Rosetten und Palmetten zieren. Die Füllungstafel in der Deckenverkleidung der Thürnische enthält in einem mächtigen Eichenlaubkranze das große Wappen der Montefeltre und den Namenszug FE · DVX · Die Täfelung des Cabinets selbst nebst der geräumigen Fensternische stellt in trefflicher Imitation über einer scheinbar rings herum geführten Sitzbank, von der einige Sitztafeln aufgeklappt erscheinen, damit man die schön ausgelegte Unteransicht derselben bewundern könne, eine Reihe von halb geöffneten Wandschränken dar, in deren Fächern ein buntes Durcheinander der verschiedenartigsten Gegenstände zur Schau tritt. Hier findet man fast Alles vertreten, was dem Leben eines fein gebildeten Edelmanns jener Zeit wechselvolle Unterhaltung bieten konnte. In dem zur Hälfte offen stehenden Schranke neben dem Fenster hockt ein Papagei in seinem Käfig. Gegenüber dem Schrank sieht man ein Lesepult mit aufgeschlagenem Buche darauf. Daneben ein Dintefaß mit Federn. Ein dritter Schrank birgt einige astronomische Apparate, einen Himmelsglobus, einen Quadranten und dazu gewichtige Folianten. In dem vierten werden musikalische Instrumente aufbewahrt, eine Orgel, Mandoline, Geige und Flöten. Es folgen drei Schränke mit Büchern größerer und kleinerer Formate; dazwischen in malerischer Unordnung Trinkhorn, Bürste, Salbenbüchse, Tamburin und Harfe, ja auch der hoch und werth gehaltene Hosenbandorden, der den Erbauer des Palastes schmückte. Dann wieder Zirkel und Winkel, eine Sanduhr und noch eine Mandoline. Der vorletzte Schrank umschließt im oberen Fach ein Buch, dabei einen Dolch und den Weinhumpen, im unteren Fach eine Trommel und eine Pfeife. Schwere Waffen endlich erfüllen den letzten Schrein, der Prunkhelm mit einem Adler gekrönt, der das herzogliche Wappen mit dem rechten Fange hält, die Stahlhandschuhe und der Streitkolben des berühmten Kriegsmannes. Die halbgeöffneten Schrankthüren sind als durchbrochenes Gitterwerk dargestellt, so daß, auch wenn man sich dieselben geschlossen denkt, der Inhalt jeder Abtheilung erkennbar geblieben wäre. Die einzelnen Schränke werden durch zierliche cannelirte korinthische Pilaster von einander getrennt, und ein jeder für sich ist außerdem mit einer schmalen aus saumartigem Flechtband gebildeten Einrahmung umzogen. Durch die an ihren Vorderflächen mit feinen Ornamentfüllungen versehenen Postamente der Trennungs-

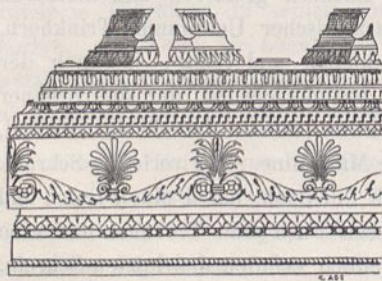
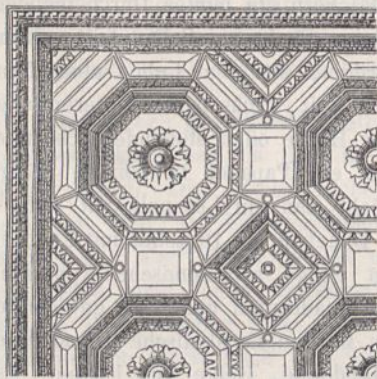
*) vgl. Assisi, e. 1. S. Francesco.

pilaster wird wiederum in passender Weise der Sockel der Schränke gegliedert, welcher reich und geschmackvoll verziert den Sitzbänken als Rücklehne dient. Alles bisher Beschriebene ist, wie gesagt, nur in Entarsia imitirt dargestellt. Es folgt aber dann, außer in der Fensternische, über den Pilastern ein plastisch mit Perlschnur und Kymation ausgestatteter Architrav. Darüber ein Fries, der in goldenen Lettern auf dunkel schwarzblauem Grunde die nachstehende Inschrift trägt:

ASPICIS·AETERNOS·VENERANDAE·MATRIS·ALVMNOS·
DOCTRINA·EXCELSOS·INGENIOQVE·VIROS·
VT·NVDA·CERVICE·CADANT·ANTE·
. GENV·
IVSTITIAM·PIETAS·VINCIT·REVERENDA·NEC·VLLVM·
POENITET·ALTRICI·SVCCVVISSE·SVAE·

Die Lücke im zweiten Distichon entfällt auf den Fensterabschnitt, wo der Fries abhanden gekommen ist.

Oberhalb der beschriebenen die halbe Zimmerhöhe einnehmenden Wandtäfelung folgen die kahlen kalt getünchten Wandflächen, die wir uns mit den kostbarsten Teppichen verhängt zu denken haben. Den obersten Wandabschluss bildet ein zierliches aus Holz construirtes Gebälk, bestehend aus einem Architrav, einem Friese mit goldenem Palmettenornament auf tiefblauem Grunde und einem am Kymation und Zahnschnitt ebenfalls vergoldeten Gesimse. Die tiefe



Nr. 100. Cassettendecke im Privatecabinet des Herzogs im Palazzo Ducale.

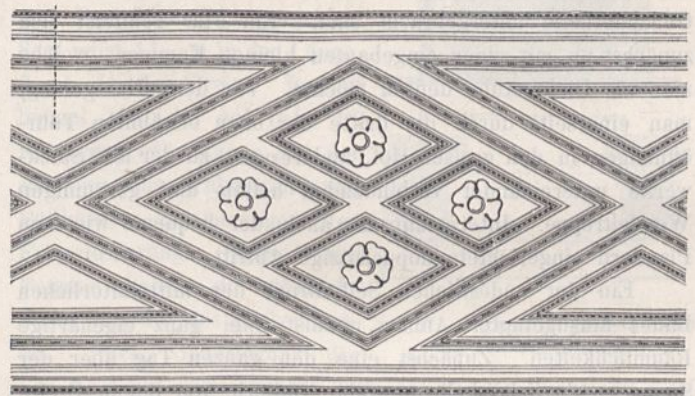
Wie es eben kam, und die Sache war gelöst. Das gute Glück waltete, dafs auf die helle Mitte gerade 4 Cassetten entfielen und die gröbsten Verstümmelungen in den schattigen Winkeln mehr verborgen blieben.

Die durch sehr kräftige Profilirung ausgezeichnete Decke schimmerte in prächtigen Farben und reichlicher Vergoldung. Der Grund der achteckigen und der diagonal gestellten quadratischen Cassetten, ebenso auch der den Wänden parallel liegenden kleinen Zwischenspiegel ist tief blau. Leuchtend roth sind die Flächen der schmalen in der Diagonalrichtung liegenden Trapeze. Dazwischen sind mehrfach weifse Saumlilien eingelegt, die geschnitzten Ornamentleisten aber, die

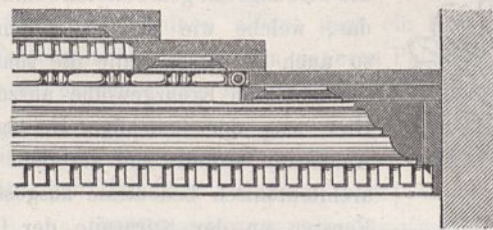
Cassettirung der Decke und deren ornamentale Ausbildung ist aus dem bestehenden Holzschnitt ersichtlich. Mit einer wohl selten in solchem Maafse wiederzufindenden Unbefangenheit hat sich der Architekt bei der Deckeneintheilung über die Schiefwinkeligkeit des Raumes hinweggesetzt. Er theilte die Langseite in 7 Theile, bildete sich danach ein Quadratnetz und zeichnete die Achteckcassetten hinein. So kamen denn $4\frac{1}{2}$ Theilungen auf die längere, $3\frac{1}{2}$ auf die kürzere Schmalseite. Wohlan! Drauf schnitt er mit der Säge schnurstracks durch,

Einfassungsstäbe und alle Rosetten vergoldet. Das kleine Stück Deckentäfelung in der Fensternische entbehrt des abschließenden Wandgesimses, hat dafür aber einen eleganten Umrahmungsstreifen mit goldenem Ornament auf dunkelblauer Unterfläche.

Angesichts dieser prächtigen Decke muß man es lebhaft bedauern, dafs in unserm Palaste sonst nur noch zwei kleinere Holzdecken einfacherer Construction erhalten geblieben sind. Die eine auf den Tafeln 13 und 14 im Grundriß und Durchschnitt angedeutet, ist eine bereits in allen Fugen klaffende ziemlich schlichte Zimmerdecke in dem kleinsten der Hintergemächer. Die länglich rechteckigen Cassetten sind hier von mäfsiger Tiefe. Mit Rücksicht auf die ziemlich unzulängliche Beleuchtung des Raumes herrschen lichtere Farbtöne vor. Gemalte goldene Rosetten auf hellblauer Grundfläche füllen die Spiegel der Cassetten. Das Uebrige ist im Allgemei-

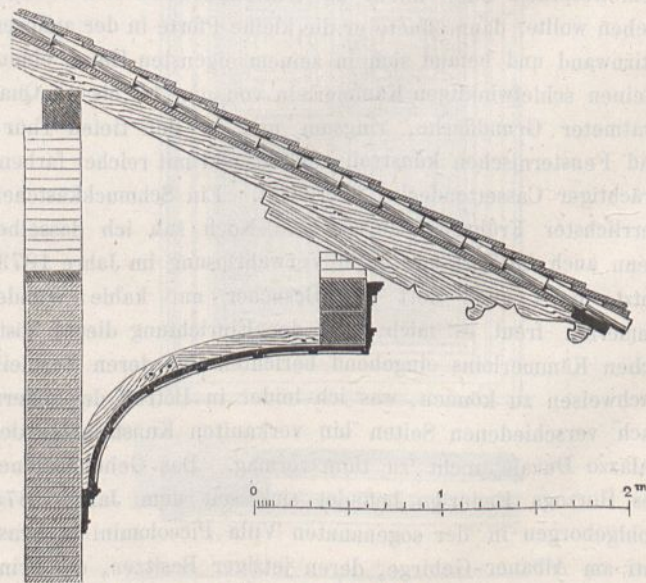


1:40
1:40



Nr. 101. Holzdecke im Verbindungsgang zum Nebengebäude des Palazzo Ducale.

nen weiß gehalten mit maßvoll angebrachter Vergoldung, wobei das Ornament mit geringen Ausnahmen nur aufgemalt wurde.



0 1 2 m

Nr. 102. Dachvorsprung an dem Verbindungsgang zum Nebengebäude des Palazzo Ducale.

Die andere Decke findet sich in dem Verbindungsgang zwischen dem Hauptbau und dem später vor der Nordwestfront aufgeführten Nebengebäude. Die Gesamteintheilung giebt der Grundriß des Hauptgeschosses, die Einzelheiten der vorstehende Holzschnitt Nr. 101 wieder. In dem hellen behaglichen kleinen Raume mit der schönen Aussicht in die Ferne wirkt diese überaus einfach construirte Decke, welcher man die tief braun gewordene schlichte Holzfarbe gelassen hat, sehr ansprechend. Die äußere Erscheinung der originellen Verbindungsbrücke hat der Leser schon oben in Nr. 90 kennen gelernt. Im Holzschnitte Nr. 102 füge ich noch eine Skizze der gleichfalls sehr ungekünstelten Construction des weit ausladenden Dachvorsprungs hinzu.

Das Nebenhaus, dessen Erbauung ich dem Herzoge Guidobaldo (1482 — 1508) zuzuschreiben geneigt bin, weicht in der Fensterbildung und in der Anwendung der Quader-einfassung an den Gebäudeecken von der Architektur des Hauptbaues etwas ab. Es folgt in seiner Außenseite ganz dem Typus der kleineren Paläste, dem wir in dem benachbarten Città di Castello vielfach begegnet sind. An der längeren Straßenseite zählt es vier Fenster, während es in der Tiefe zwei Zimmerreihen enthält. Der für einen fürstlichen Haushalt recht knapp bemessene Hauptbau bedingte wohl bald eine Vermehrung der Räumlichkeiten behufs Unterbringung von Bediensteten oder auch von Gästen.

(Schluß folgt.)

Mittheilungen nach amtlichen Quellen.

Die Staatsbahnstrecke Oberlahnstein-Coblenz-Güls, insbesondere die Brücken über den Rhein oberhalb Coblenz, über die Mosel bei Güls und über die Lahn oberhalb Niederlahnstein.

(Schluß, enthaltend den Schluß von „II. Die Moselbrücke der Staatsbahn bei Güls“ (s. Jahrg. 1881, S. 569 u. ff.), mit Zeichnungen auf Blatt A und B im Text, und III. Die Lahnbrücke der Staatsbahn oberhalb Niederlahnstein, mit Zeichnungen auf Blatt 17—19 im Atlas.)

(II. Die Moselbrücke der Staatsbahn bei Güls. Schluß.)

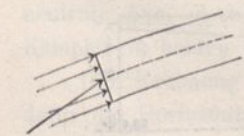
Statische Berechnung und Erläuterung der Eisenconstruction.

Die Brücke über die Mosel bildet mit der Stromrichtung einen Winkel von 80°. Die Strombrücke besteht aus 3 Oeffnungen von je 65 m lichter Weite (in der Bahnaxe gemessen) und ist für zwei Geleise von 3,5 m Mitteldistanz hergestellt. Die Fahrbahn wird durch zwei Träger unterstützt, deren Axen 5 m von einander entfernt unter den äußeren Schienen liegen.

Form und Inanspruchnahme der Träger.

Der Hauptträger besteht aus zwei durch ein doppeltes Diagonalensystem ausgesteiften Gurtungen, deren obere eine horizontale Axe hat, während die untere einer Parabel folgt. Die Entfernung der Gurtungsmitten beträgt im Scheitel 0,9 m, die Höhendifferenz zwischen dem Scheitel der Parabel und ihren idealen, 65,5 m von einander entfernten Stützpunkten 7 m. Die parabolische Form der unteren Gurtung ist aus einem früheren Projecte, in welchem die Brücke mit Kämpfer und Scheitelscharnier construiert war, beibehalten, um bei der Ausrüstung des fertigen Trägers, bevor die obere Gurtung geschlossen wird, die durch das Eigengewicht erzeugten Spannungen ohne Biegemomente auf die untere Gurtung allein übertragen zu können.

Am Kämpfer stützt sich die untere Gurtung direct auf eine Gußeisenplatte mit Vermeidung eines Scharniers; auch der Scheitel wird ohne Scharnier gebildet. Für die bei den verschiedenen Belastungen im Bereiche des Gurtungsquerschnittes ihre Lage wechselnde Kämpferdruckresultante ist als Mittelwerth eine durch die Gurtungsaxe gehende Kraft in die Rechnung eingeführt, weil die Nichtberücksichtigung



des veränderlichen Kämpferdruckmittelpunktes für die Gurtungsspannungen keine beachtenswerthe Fehlerquelle abgiebt, dagegen die Rechnung bedeutend complicirt haben würde. Für den Fall der vollständigen Einspannung des unteren

Gurtungsendes, welche wieder constructiv schwer zu erreichen ist, wurde in einer früheren Rechnung das mittlere Trägheitsmoment des unteren Gurtungsquerschnittes als Einspannungsmoment des Kämpfers eingeführt, es ergaben sich aber bei geringer Entlastung der Gurtungen schwer aufzuhebende Spannungen am Fußpunkte der Endverticale und Diagonale. Die für diesen Fall entwickelten Gleichungen für den Horizontalschub, das Moment und die Verticalkraft im Scheitel sind am Schlusse angeführt.

Der Träger stellt sich also für die Berechnung dar als ein Bogensystem von noch näher zu bestimmender Form der Axe und variablem Querschnitt, welcher an den Kämpfern mit einem Gelenk versehen ist.

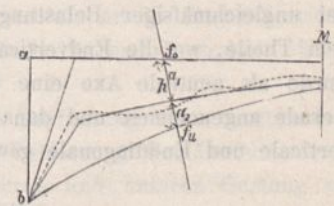
Als Axe, welche der Berechnung zu Grunde gelegt wird, gilt die neutrale Axe des Systems.

In der oben beschriebenen Trägerform, in welcher die Endverticale resp. Enddiagonale als ein Theil oder als Fortsetzung der oberen Gurtung aufzufassen ist, ist die neutrale Axe für die nach überschläglichen Rechnungen vorläufig ermittelten Gurtungsquerschnitte bestimmt worden durch die

$$\text{Formel } a_1 = \frac{f_u h}{f_o + f_u}$$

Die so ermittelten Punkte gaben verbunden irgend eine Curve, welche aber dem Zwecke, als Leitlinie des Systems zu dienen, noch nicht entsprach. Es wurde daher ein Kreis von 110 m Rad. eingezeichnet, welcher dem Zuge der ersten

Curve sich möglichst genau anschloß, dieser Kreis als neutrale Axe festgehalten und nach den Entfernungen a_1 und a_2 die Querschnitte f_o und f_u corrigirt, jedoch so, daß f_u , der Querschnitt der unteren Gurtung, in minimo auf 600 qcm blieb und sich nur im Gebiete der höchsten Biegemomente



Zusammenstellung der Spannungen der oberen und unteren Gurtung bei den verschiedenen Belastungen.

Table with columns for x, h, a1, a2, f0h, fu h, and 10 columns of stress values (10 to 1).

Table with columns for 0, 1*, 2*, 3*, 4*, 5*, 6*, 7*, 8*, 9*, 10* and 10 columns of stress values (10* to 0*).

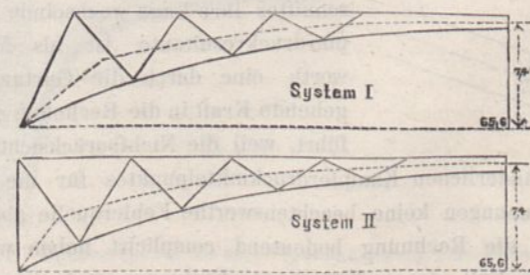
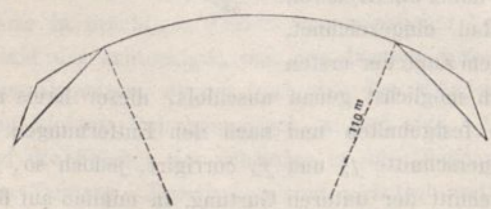
Gurtungsspannungen für das zweite System.

Table with columns for f0 325, fu 600, and 10 columns of stress values (-1 to -3,19).

Table with columns for Gurtspann., Unt. Last, Zug bis, Absol. Max., Volle Last, Zug bis, Absol. Max., and 10 columns of stress values (-3,15 to 0,02).

bei ungleichmäßiger Belastung auf 700 qcm erhöhte. In dem Theile, wo die Endverticale als obere Gurtung auftritt, wurde als neutrale Axe eine durch den Kämpfer gehende Gerade angenommen und danach der Querschnitt der Endverticale und Enddiagonale gewählt.

Die Axe des Systems besteht also aus einem Kreise von 110 m Radius, welcher in zwei symmetrisch zur Mittellinie liegenden Punkten von 2 durch die Kämpfer gehenden Geraden geschnitten wird. Die Trägergurtungen sind durch



ein doppeltes Diagonalsystem ausgesteift; man kann daher den Bogen als aus zwei übereinandergelegten Systemen konstruirt auffassen, wie nebenstehend gezeichnet ist. Beide Systeme haben in der Mitte denselben Kreis von 110 m R. als neutrale Axe, doch haben die geraden Theile der Axe am Kämpfer in beiden Systemen verschiedene Neigungen.

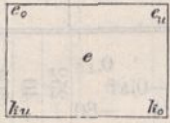
Der Rechnung ist System I zu Grunde gelegt, und sind dafür die Horizontalschübe, Biegemomente, Tangential- und Radialkräfte, Gurtungs- und Diagonalspannungen ermittelt; doch ist später bei Berechnung der Spannungen der Verticalen und Diagonalen des Endfeldes der Einfluß der steileren Steigung der Axe am Kämpfer des Systems II annähernd bestimmt und berücksichtigt.

Die Rechnung ist im Anschluß an die Bogentheorie in Winkler's Lehre von der Elasticität und Festigkeit, § 330 und 331 ausgeführt worden.

Wenn x die horizontale Entfernung eines Axenpunktes von der Bogenmitte, h die Entfernung der Gurtungen, a1 und a2 die Abstände der oberen und unteren Gurtung von der Axe f0 und fu die Querschnitte der oberen und unteren Gurtung bezeichnen, so ergeben sich, wenn die Lastpunkte von dem am Scheitel liegenden Lastpunkte 0 aus nach links mit 1 bis 10, nach rechts mit 1* bis 10* bezeichnet und ihre Einzellasten

für 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0 mit 14,8 14,8 14,8 14,8 14,4 13,8 13,8 13,8 13,8 13,8 13,8 t

für 1^a 2^a 3^a 4^a 5^a 6^a 7^a 8^a 9^a 10^a
 mit 13,8 13,8 13,8 13,8 13,8 13,8 13,8 13,8 13,8 13,8 t
 in die Rechnung eingeführt werden, die in der Tabelle auf Seite 83 bis 86 nach beistehendem Schema zusammengestellten Werthe für die Entfernung e der Stützlinie von der neutralen Axe, die Entfernungen e_o und e_u der Gurtungsmitten von der Stützlinie, sowie für die Spannungen k_u und k_o der unteren und oberen Gurtung.



In der bezeichneten Tabelle sind die in den Systemen auftretenden Kräfte, Momente und specifischen Gurtspannungen so berechnet, daß die Last von links nach rechts immer um einen Knotenpunkt vorschreitet bis zur vollen Belastung der Brücke. Rückt nun die Last weiter, so rufen die am rechten Ende beginnenden bis zum Knoten n aufgebrachten Lasten nicht dieselben Spannungen hervor, wie die am linken Ende beginnende bis zum Knoten n_a reichende Last, oder mit anderen Worten, die Curven der Spannungen eines Schnittes sind für von rechts und von links kommende Belastungen nicht congruent. Aus den vorhandenen Daten wären diese Werthe leicht durch Summiren von links nach rechts zu bestimmen. Es sind jedoch nur die Maximalwerthe, aus denen die Umhüllungscurve für sämtliche schiefe Belastungsfälle sich ermittelt, von Interesse.

Die in der vorgedachten Tabelle ermittelten Werthe der Gurtungsspannungen sind Blatt A aufgetragen und die Curvenpunkte ohne Berücksichtigung der Discontinuität einfach verbunden.

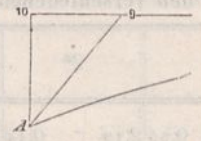
Das System II ist von dem System I in seinem Schema, abgesehen von den Diagonalen, nur durch den Theil am Auflager verschieden. Der gerade Theil der Axe stellt sich daselbst steiler, während der kreisförmige Theil bei gleichem Radius sich mehr nach den Auflagern hin erstreckt. Der Knick der neutralen Axe rückt von $x = 26,24$ etwa nach $29,52$, und beträgt das entsprechende

$$y = 110 - \sqrt{(110 + 29,52)(110 - 29,52)}$$

$$= 110 - 105,9 = 4,1 \text{ m.}$$

Wird nun die nahezu richtige Annahme gemacht, daß die Gröfsen der Horizontalschübe trotz der an den Auflagern

sich etwas ändernden Trägheitsmomente dieselben bleiben, so ist es unbedenklich, jedem der beiden Systeme die Hälfte der auftretenden Spannungen zuzumuthen, und es genügt, wenn die als obere Gurtung in der Rechnung auftretenden Constructionstheile 10 A und 9 A zusammen den daselbst eingesetzten Werth von 300 qcm erhalten.



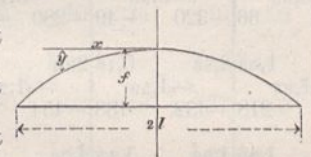
Das Eigengewicht der Brücke kann je nach Art der Montirung die Construction verschieden beanspruchen. Wird der ganze Hauptträger fertig montirt ausgerüstet, so wir das Eigengewicht einen aliquoten Theil der Spannungen bei voller mobiler Belastung in der ganzen Construction hervorrufen; in einem Falle, wo mobile zu permanenter Last wie 2 : 1 eingeführt sind, die Hälfte.

Wirkt man aber durch Ausrüstung des Trägers vor dem Schließen der oberen Gurtung darauf hin, daß der Bogen der unteren Gurtung die Eigenlast der Brücke allein aufnimmt und ohne auftretende Biegemomente vermöge seiner parabolischen Form zum Auflager führt, und dann die obere Gurtung schließt, so wird die Spannung der oberen Gurtung durch das Eigengewicht nicht weiter berührt.

Bei einem Eigengewicht von 2,2 t pro lfd. m wird der Horizontalschub der unbelasteten Brücke

$$H_c = \frac{2,2 \cdot 32,8 \cdot 16,4}{7} = 169 \text{ t}$$

wodurch das qcm im Scheitel mit $\frac{160 \cdot 1000}{600} = 282 \text{ kg}$ gedrückt



wird. Die Tangentialkraft P_c wird

$$P_c = -H \cos \varphi = qx \sin \varphi$$

$$\cos \varphi = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2}} \quad \sin \varphi = \frac{\frac{dy}{dx}}{\sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2}}$$

$$\frac{dy}{dx} = \frac{x}{p} \quad p = \frac{l^2}{2f}$$

$$\cos \varphi = \frac{p}{\sqrt{p^2 + x^2}} \quad \sin \varphi = \frac{x}{\sqrt{p^2 + x^2}}$$

Es berechnet sich daran die folgende Tabelle:

x	$\frac{p^2 + x^2}{5929 + x^2}$	$\sqrt{p^2 + x^2}$	$H \cos \varphi$	$\frac{qx \sin \varphi}{\sqrt{p^2 + x^2}}$	P	K_q bei $f = 600 \text{ kg}$ pro qcm	K_q bei $f_u = 665$	
7,5	5985	77,4	168	1,6	169,6	283	256	Diese Spannungen sind als Drucke denen hinzuzufügen, welche durch die mobile Last in der unteren Gurtung erzeugt werden.
15	6154	78,4	166	6,3	172,3	287	259	
22,5	6435	80,2	162	13,9	175,9	293	264	
30	6829	82,6	157,4	24	181,4	302	272	
32,8	7005	83,7	155,4	28,3	183,7	306	276	

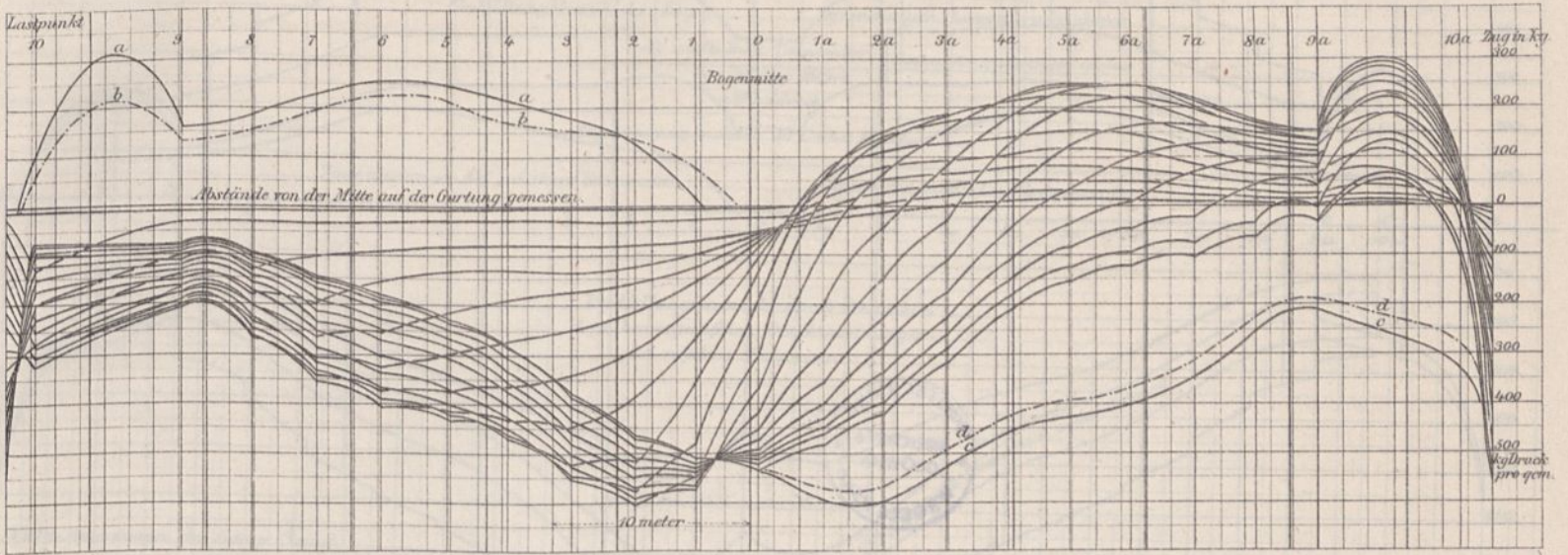
Die obere Gurtung hat durch ihre Lage unter der äußeren Schiene und ihre Function als Schienenträger noch die Spannungen auszuhalten, welche die darüber rollenden Radlasten eines Zuges in ihr hervorrufen. Mit Rücksicht auf diese Beanspruchung stellt sie sich als ein Balken dar, welcher continüirlich über eine Anzahl von Stützen fortgeht und am einen Ende, dem Knoten 2 resp. 2a, fest eingespannt ist.

Die Maximalbiegemomente treten über den Stützen auf, das größte über der dem freien Auflager zunächst liegenden.

Die Stützpunkte unter Lastpunkte 10 bis 2 haben keine gleiche Distanz, es ist aber bei Durchrechnung einer Belastungsweise der Einfachheit halber eine gleiche Feldertheilung von 3,26 m mit einem Endfelde von 2 m zu Grunde gelegt und über dem so gestalteten geraden Balken ein Zug mit 2 Locomotiven an der Spitze aufgestellt worden. Das sich so ergebende Belastungsschema ist auf Blatt B verzeichnet.

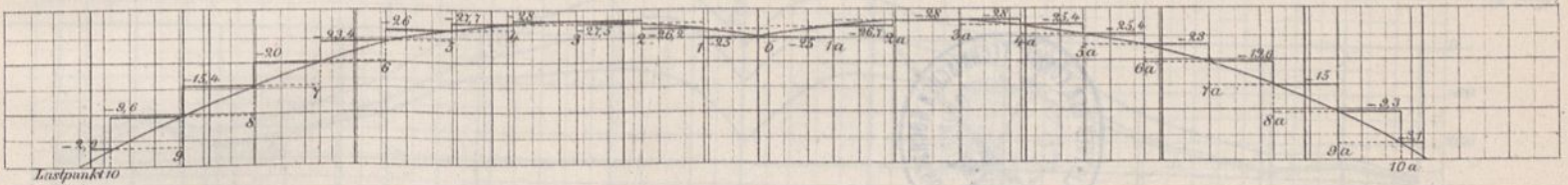
Aus der in bekannter Weise erfolgten Berechnung der Biegemomente ergibt sich, daß dieselben am größten über den Stützen sind, ferner, daß sie den Werth von

Spannungen der oberen Gurtung,
die mobile Last schreitet vor von links nach rechts.



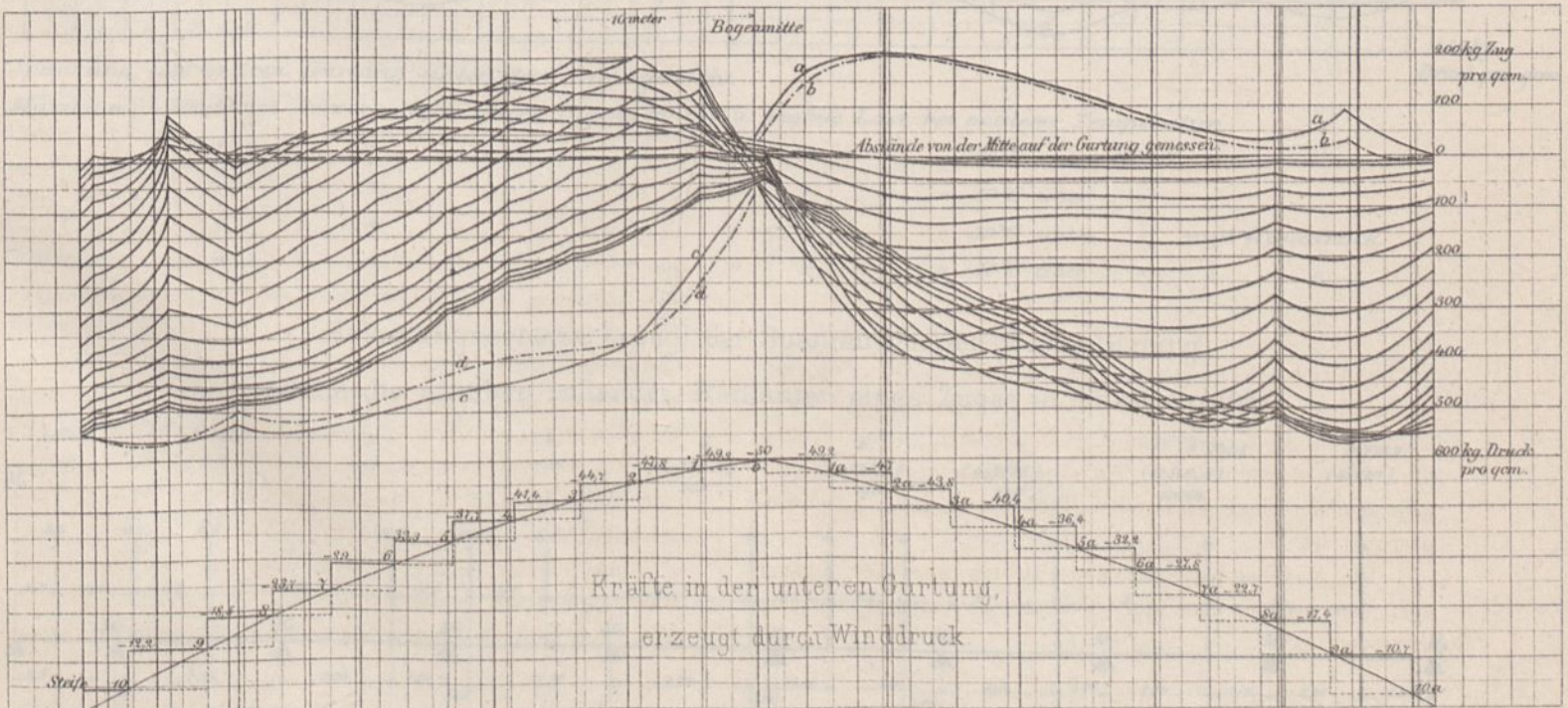
Umhüllungscurven: a. Maxima, rechte Seite, Zug von links nach rechts. c. Minima, linke Seite, Zug von links nach rechts.
b. „ linke „ „ „ rechts nach links. d. „ rechte „ „ „ rechts nach links.

Kräfte in der oberen Gurtung,
erzeugt durch Winddruck.

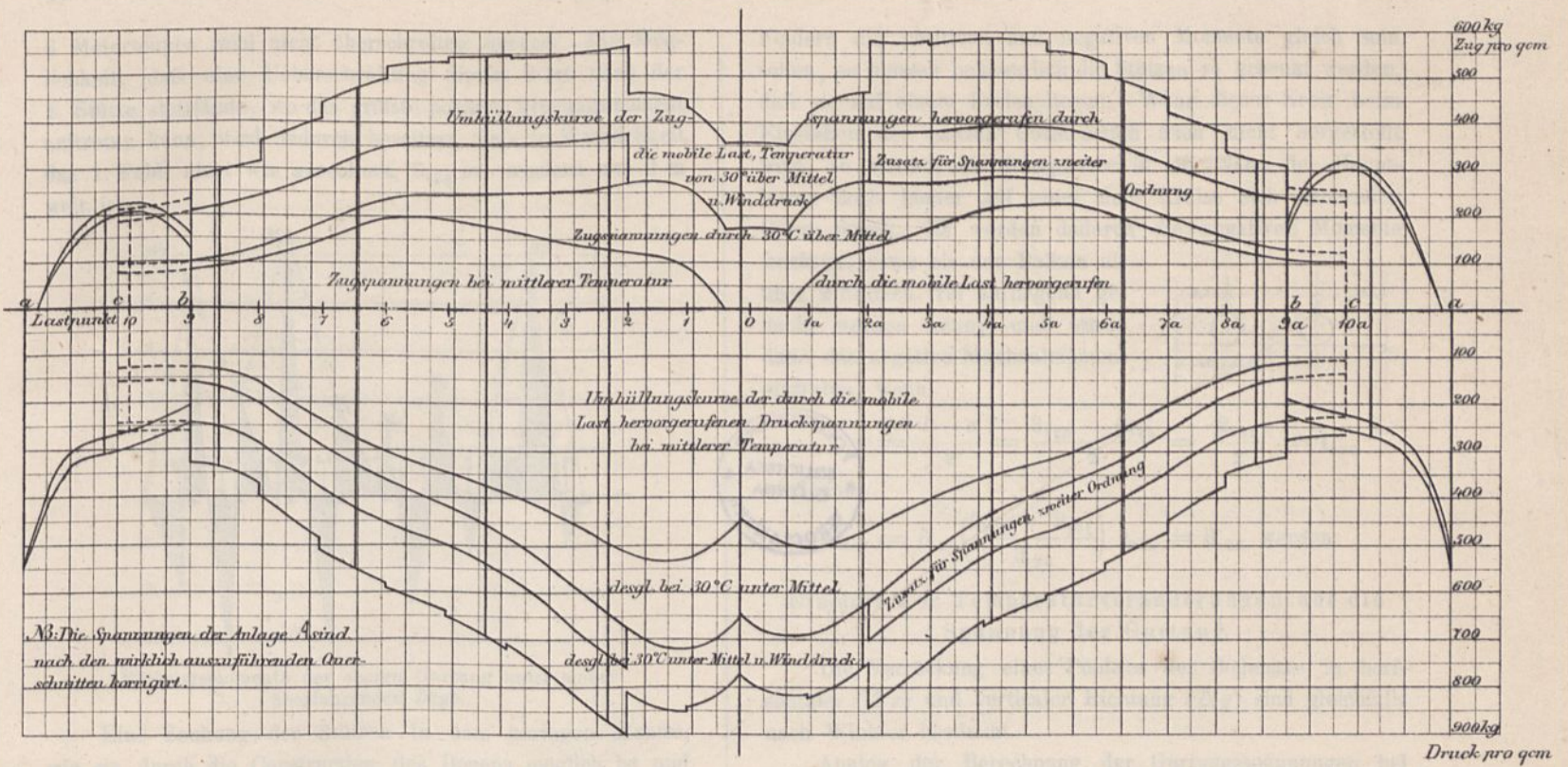


Spannungen der unteren Gurtung,
bei mobiler, von links nach rechts fortschreitender Last

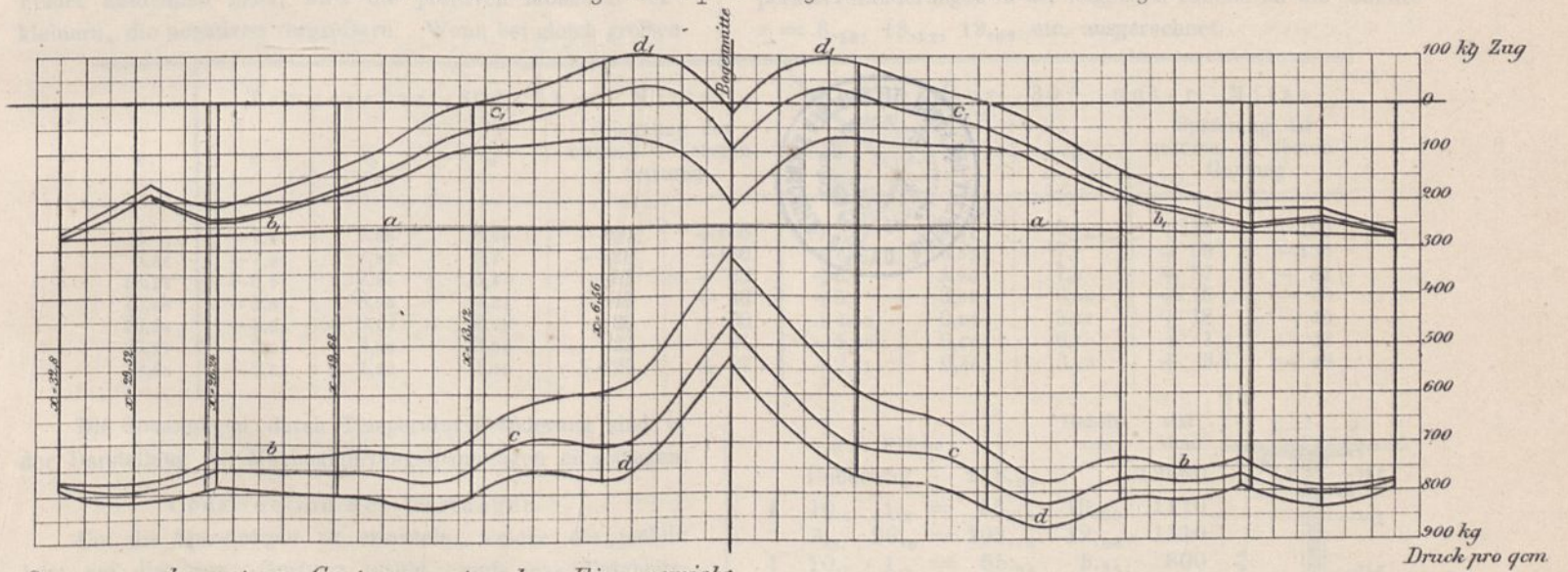
Umhüllungscurven: a. Maxima, linke Seite, Zug von links nach rechts. c. Minima, rechte Seite, Zug von links nach rechts.
b. „ rechte „ „ „ rechts nach links. d. „ linke „ „ „ rechts nach links.



Zusammenstellung der Spannungen der oberen Gurtung.

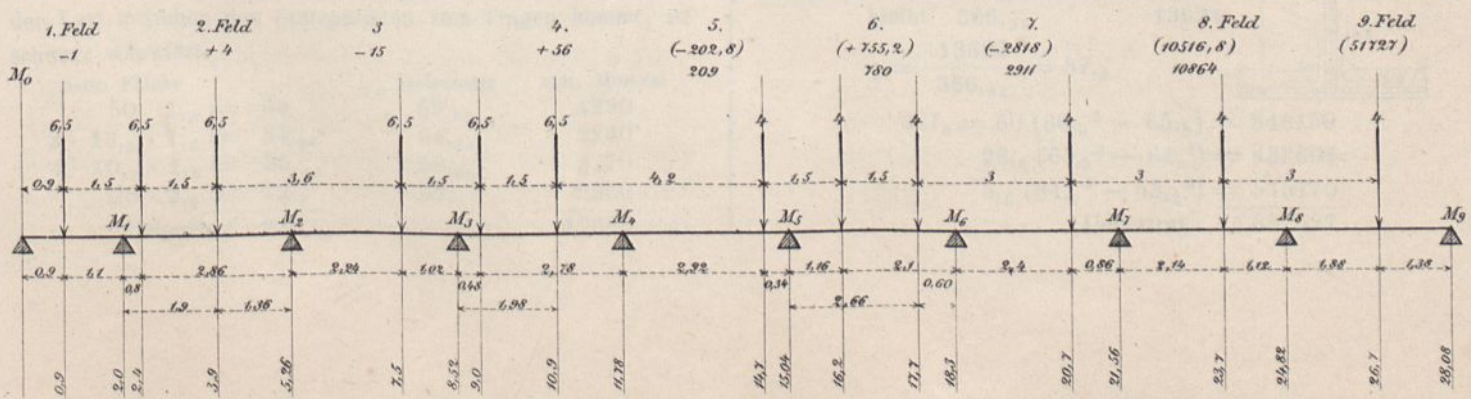


Zusammenstellung der Spannungen der unteren Gurtung.

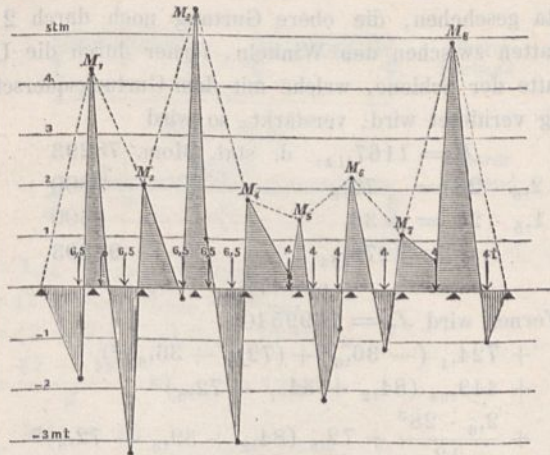


- a Spannung der unteren Gurtung unter dem Eigengewicht
- b, Maximum b Minimum hervorgerufen durch Eigengewicht u. mobile Last bei mittlerer Temperatur
- c, " " " " " " " " 30°C unter Mittel
- c " " " " " " " " 30°C über "
- d, " " " " " " " " 30°C unter " und Winddruck
- d " " " " " " " " 30°C über " " "

Belastungsschema bezügl. der Spannungen der oberen Gurtung, welche die darüber rollenden Radlasten eines Zuges in ihr hervorgerufen.



6 Metertomen wohl nicht überschreiten werden. Die Möglichkeit, daß eine Ueberschreitung dieser 6 mt über der 1. Stütze stattfände, wo das größte positive Biegemoment auftreten kann, wird dadurch beseitigt, daß in Wirklichkeit das 1. Feld, nicht wie gerechnet, 3,26 m, sondern nur 2 m weit ist.



Biegemomente der oberen Gurtung unter einem überfahrenden Zuge.

Eine Senkung der Stützen in dem geringen Maafse, wie sie durch die Construction des Bogens möglich ist und welche sich immer stetig wachsend oder fallend auf mehrere Felder ausdehnen muß, wird die positiven Momente verkleinern, die negativen vergrößern. Wenn bei gleich großen

Feldern die positiven und negativen Momente gleich sein sollen, so müssen bekanntlich die Stützen so gesenkt werden, daß sie auf einem Kreise liegen. Wenn dieser Kreis beim Einsinken der ganzen Construction auch nicht hergestellt wird, so werden die Stützpunkte in der Nähe der Hauptlasten doch immer auf einer dem Kreise sich nähernden Curve liegen. Es werden dadurch die negativen Momente wachsen, etwa bis der Balken als über 2 Stützen frei aufliegend gedacht werden kann, und würde dann das negative Maximalmoment eintreten, wenn

$$x = \frac{l - a}{2} = \frac{3,26 - 0,75}{2} = \frac{2,51}{2} = 1,25$$

wird und

$$M_{max} = 6,5 \left(\frac{0,51 + 2,01}{3,26} \right) 1,25 = 6,28 \text{ werden.}$$

Einfluß der Temperaturveränderungen auf die Spannung der Gurtung.

Die Verrückung eines Punktes der Bogenaxe in horizontaler (Δx) und verticaler Richtung (Δy) sind gleichfalls nach Winkler bestimmt.

Analog der Berechnung der Gurtungsspannungen bei mobiler Last ist die Anstrengung der Gurtungen durch Temperaturveränderungen in der folgenden Tabelle für die Schnitte $x = 6,56, 13,12, 19,68$ etc. ausgerechnet.

x	Temperatur 30° über Mittel					Temperatur 30° unter Mittel				
	e	e ₀	e _u	Spannung der unteren oberen Gurtung		e	e ₀	e _u	Spannung der unteren oberen Gurtung	
0	-7,4	7,89	6,99	-156	+166	+7,4	6,81	7,81	+135	-186
6,56	-7,2	7,87	6,7	-120	+136	+7,2	6,53	7,7	+99	-156
13,12	-6,2	7,44	5,4	-55	+63	+6,2	4,96	7,0	+37	-81
19,68	-5,8	8,05	4,64	-42	+46	+5,8	3,55	6,96	+18	-69
26,24	-4,35	8,13	2,73	-26	+20	+4,35	0,57	5,97	+18	-45
26,24	-5,00	9,00	3,30	-22	+21	+5,00	0,60	6,70	+1,5	-43
29,52	-2,51	4,36	1,79	-25	+27	+2,51	0,66	3,23	+3,8	-48

Die Spannungen durch Temperaturveränderung sind in der Darstellung der Maximalgurtungsspannungen eingetragen.

Construction der Gurtungen.

Um die Spannungen zu ermitteln, welche die mobile Last auf die obere Gurtung ausübt, muß das Trägheitsmoment der oberen Gurtung berechnet werden. Da ferner für den Scheitel, wo obere und untere Gurtung sich nähern, die Berechnung des Trägheitsmoments aus der Formel

$$W = \frac{f_o \cdot f_u \cdot h^2}{f_o + f_u}$$

nicht mehr hinreichend genau ist, so ist dasselbe für die vereinigten Gurtungen zu berechnen, und sind danach die früher ermittelten Spannungen im Scheitel zu corrigiren.

Die Gurtungen haben im Scheitel die beistehende Form. Der Theil der oberen Gurtung, welcher für das Moment der Last zwischen den Stützpunkten zum Tragen kommt, ist schwarz schraffirt.

netto Fläche	Hebelsarm	stat. Moment
50 · 1,3 = 65	65,95	4290
2 · 13,3 · 1,3 = 34,58	64,65	2240
4 · 10,7 · 1,3 = 55,64	58,65	3270
28 · 2,8 = 72,8	39,3	2860
Uebertrag 228,02		12660

netto Fläche	Hebelsarm	stat. Mom.
Uebertrag 228,02		12660
4 · 10,7 · 1,3 = 55,64	19,95	1110
3,9 · 26,6 = 103,74	12,65	1310
4 · 10,7 · 1,3 = 55,64	5,35	300
443,04		15380
$\eta = 34,7$		
Davon ab an Nietschnitten und für die Anschlußplatten der Diagonalen.		
4 · 2,15 · 1,3 = 13	58,8	765
4 · 2,15 · 1,3 = 13	19,8	257
2 · 2,15 · 1,3 = 6,5	46,8	304
2 · 2,15 · 1,3 = 6,5	31,8	207
2 · 2,11 · 1,3 = 6,5	5,5	36
2 · 12 · 1,3 = 31,2	6,0	187
	-76,7	-1756
bleibt 366,34		13624
$\eta = \frac{13624}{366,34} = 37,2$		
3 J _A = 50 (66,6 ³ - 65,3 ³) = 848150		
26,6 (65,3 ³ - 64,3 ³) = 433607		
5,2 (64,0 ³ - 53,3 ³) = 575770		
Uebertrag 1857527		

	Uebertrag	1857527
$2_{,6}$	$(53_{,3}^3 - 25_{,3}^3) =$	351585
$5_{,2}$	$(25_{,3}^3 - 14_{,6}^3) =$	68026
$26_{,6}$	$(14_{,6}^3 - 10_{,7}^3) =$	50194
$2 \cdot 2_{,6}$	$\cdot 10_{,7}^3 =$	6370
	brutto $3 J_A$	2333702
	„ J_A	777901

Für Nietschnitte und die Diagonalenanschlußplatten gehen ab:

$$4 \cdot 2_{,5} \cdot 1_{,3} (58_{,8}^2 + 19_{,8}^2) = 50043$$

$$4 \cdot 2_{,5} \cdot 1_{,3} (46_{,8}^2 + 31_{,8}^2 + 5_{,5}^2) = 21006$$

$$\frac{2_{,6}}{3} \cdot 10_{,7}^3 = 1060$$

Sa. 72109

bleibt netto $J_A = 705792$

$$\text{netto } J_\eta = 705792 - 366_{,34} \cdot 37_{,2}^2 = 198836$$

$$\text{brutto } J_A = 777901$$

$$\text{brutto } J_\eta = 777901 - 443_{,04} \cdot 34_{,7}^2 = 244441$$

Aus dem Trägheitsmoment des Nettoquerschnitts der oberen Gurtung berechnet sich die durch die überrollende Locomotivradlast erzeugte Spannung zu

$$\frac{600}{198836} 37_{,2} = 112 \text{ kg}$$

für die untere und zu

$$\frac{112}{37_{,2}} (66_{,3} - 37_{,2}) = 88_{,5} \text{ kg}$$

für die oberste Faser des Querschnitts.

Querschnitt, neutrale Schicht und Trägheitsmoment der im Scheitel vereinigten Gurtungen.

Bezogen auf die Axe A war Querschnitt und statisches Moment der oberen Gurtung brutto

$$443_{,04} \quad 15380$$

Die Werthe der unteren Gurtung und der Verbindungsplatte sind, auf die Axe B bezogen,

$50 \cdot 2_{,6} =$	130	$1_{,3}$	139
$26_{,6} \cdot 1_{,3} =$	34_{,58}	$3_{,25}$	112
$5_{,2} (14_{,6} - 3_{,9}) =$	55_{,64}	$9_{,25}$	515
$2_{,6} \cdot 31_{,4} =$	81_{,64}	$30_{,3}$	2480
$2 \cdot 5_{,2} \cdot 10_{,7} =$	111_{,28}	$59_{,3}$	18400
$2 \cdot 26_{,6} \cdot 1_{,3} =$	69_{,16}		
$2_{,6} \cdot 5_{,0} =$	130		
$2_{,6} \cdot 11_{,6} =$	30_{,16}	78	2370
	642_{,46}		24016
$2_{,6} \cdot 31_{,4}$	81_{,64}	$30_{,3}$	2480
	Sa. 724_{,10}		26496

$$\eta_B = \frac{26496}{724_{,1}} = 36_{,6}$$

η_B des Gesamtquerschnittes

$$= \frac{443_{,04} (34_{,7} + 11_{,6} + 72_{,6}) + 26496}{443_{,04} + 724_{,10}}$$

$$= \frac{52677 + 26496}{1167_{,14}} = \frac{79173}{1167_{,14}} = 67_{,8}$$

Das Trägheitsmoment der ganzen Gurtung berechnet sich wie folgt:

$$3 J_B = 2_{,6} \cdot 84_{,2}^3 = 1552065$$

$$2_{,6} \cdot 72_{,6}^3 = 994908$$

$$2 \cdot 10_{,7} (61_{,9}^3 - 56_{,7}^3 + 3_{,9}^3) = 1175973$$

$$(50 - 26_{,6}) (60_{,6}^3 - 58^3 + 2_{,6}^3) = 642352$$

$$3 \eta_B = 4365298$$

$$J_B = 1455099.$$

$$\text{Gesamt } J_\eta$$

$$= 1455099 + 724_{,10} (-36_{,6}^2 + (67_{,1} - 36_{,6})^2) +$$

$$+ 244441 + 443_{,04} \cdot (84_{,2} + 34_{,7} - 67_{,1})^2$$

$$= 1699540 - 296381 + 1188783$$

$$J_\eta = 2591942.$$

Wird, wie in der Construction zwischen den Knoten 4 und 4a geschehen, die obere Gurtung noch durch 2 Verticalplatten zwischen den Winkeln, ferner durch die Unterlagsplatte der Schiene, welche mit dem Gurtungsquerschnitte gehörig vernietet wird, verstärkt, so wird

$$F = 1167_{,14}, \text{ d. stat. Mom. } 78293$$

$$+ 2_{,6} \cdot 28 = 72_{,8} \quad 9000$$

$$+ 1_{,5} \cdot 24 = 36 \quad 5600$$

$$\hline 1275_{,94} \quad 92893$$

$$\eta = 72_{,8}$$

Ferner wird $J_\eta = 1699540$

$$+ 724_{,1} (-36_{,6}^2 + (72_{,8} - 36_{,6})^2)$$

$$+ 443_{,04} (84_{,2} + 34_{,7} - 72_{,8})^2$$

$$+ \frac{2_{,6} \cdot 28^3}{12} + 72_{,8} (84_{,2} + 39_{,3} - 72_{,8})^2$$

$$+ \frac{24 \cdot 1_{,5}^3}{12} + 36 (151_{,55} - 72_{,8})^2$$

$$= 3035208.$$

Die Tabelle auf S. 83—86 giebt als Maximalspannung der oberen Gurtung im Scheitel bei voller Belastung 536 kg pro qcm. Die Stützlinie liegt dabei 0,40 über der Axe. Die Axialkraft P beträgt hierbei 298,1 t, das Biegemoment M_a 119,6 mt. Die Axe der Bogenconstruction liegt = 33,5 + 41 = 74,5 cm über Linie B . Die Spannung der oberen Faser ist demnach

$$\frac{P}{F} + \frac{M_a}{J} = \frac{-298_{,1}}{1276} + \frac{-11960 (84_{,2} + 68_{,1} - 72_{,8})}{3035208}$$

$$= -0_{,234} - 0_{,313} = 0_{,547} \text{ t oder } 547 \text{ kg.}$$

die Spannung der unteren Faser

$$= -0_{,234} + \frac{0_{,313}}{79_{,5}} \cdot 72_{,8} = -0_{,234} + 0_{,287}$$

$$= 0_{,043} \text{ t oder } + 43 \text{ kg.}$$

Spannungen durch Winddruck.

Die Einwirkung des Windes wird durch 2 Constructionen auf die Pfeiler übertragen:

- 1) durch den Querverband der unteren Gurtung,
- 2) durch den Horizontalverband der Fahrbahn.

Die Knoten des Querverbandes der unteren Gurtung liegen in einer Cylinderfläche, deren Leitlinie eine Parabel ist. Wegen der größeren Steifigkeit ihrer Gurtungen wird er vor dem Winddrucke weniger ausbiegen als der zweite Verband, also auch einen größeren Theil des Druckes auf die Pfeiler übertragen.

Die Höhe der vom Winde getroffenen Fläche, welche pro qcm mit 0,125 t gedrückt wird, berechnet sich, wie folgt: Ein über die Brücke fahrender Zug 2 m hoch
Breite der oberen und unteren Gurtung incl.

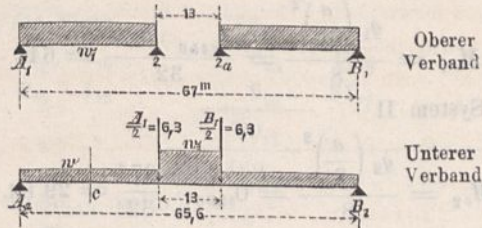
Schienen 1,65 m

Die Fläche der Diagonalen wird der Gurtungsfläche gleich gerechnet mit 1,65 m

Bei der verhältnißmäßig geringen Intensität der durch den Winddruck hervorgerufenen Anstrengungen wird die Annahme gleicher Feldertheilung die Richtigkeit der gewonnenen Resultate nicht wesentlich beeinträchtigen.

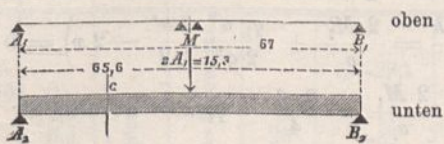
Es werden nun die Fälle berücksichtigt, wo der obere Horizontalverband von A bis 2, von A bis Mitte und von A bis 2a freiliegend seine horizontalen Schwerkkräfte auf den unteren Verband überträgt, diesen also noch mit einer Einzelkraft angreift.

1. Fall:



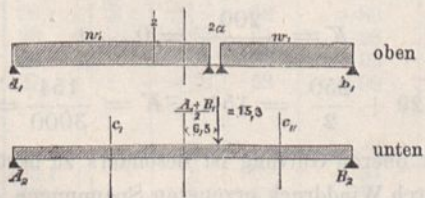
$$\begin{aligned}
 w &= 1,65 \cdot 0,125 = 0,206 \\
 w_1 &= (2 + 1,65) 0,125 = 0,456 \\
 w_2 &= (2 + 2 \cdot 1,65) 0,125 = 0,662 \\
 A_1 &= \frac{67 - 13}{2} \cdot 0,456 = 12,6 \text{ t} \\
 A_2 &= \frac{56,6 - 13}{2} \cdot 0,206 + 6,3 + 6,5 \cdot 0,662 \\
 &= 5,4 + 6,3 + 4,3 = 16,0 \\
 H_2 \text{ (Horizontale Schwerkraft bei 2)} &= 16 - 5,4 = 10,6 \\
 M_m &= 16 \cdot 32,8 x - 0,206 \cdot \frac{32,8^2}{2} - (0,662 - 0,206) \frac{6,5^2}{2} \\
 &= 404 \\
 M &= 404 - \frac{6,5^2}{2} \cdot 0,662 = 390 \\
 M_c &= 16 \cdot \frac{32,8}{2} - \frac{1}{2} \left(\frac{32,8 - 6,5}{2} \right)^2 \cdot 0,206 \\
 &= 210 - 18 = 192.
 \end{aligned}$$

2. Fall:



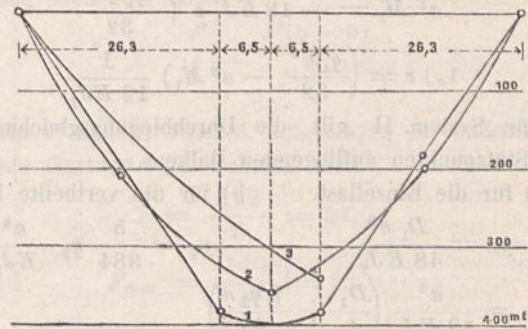
$$\begin{aligned}
 2 A_1 &= W_1 \cdot 67 \cdot \frac{1}{2} = 0,456 \cdot 67 \cdot \frac{1}{2} = 15,3 \\
 A_2 &= \frac{15,3}{2} + 32,8 \cdot 0,206 = 17,65 + 6,75 = 14,40 \\
 M_m &= 14,4 \cdot 32,8 - 0,206 \cdot \frac{32,8^2}{2} = 472 - 111 = 361 \\
 M_c &= 14,4 \cdot \frac{32,8}{2} - 0,206 \cdot \frac{16,4^2}{2} = 236 - 28 = 208
 \end{aligned}$$

3. Fall:

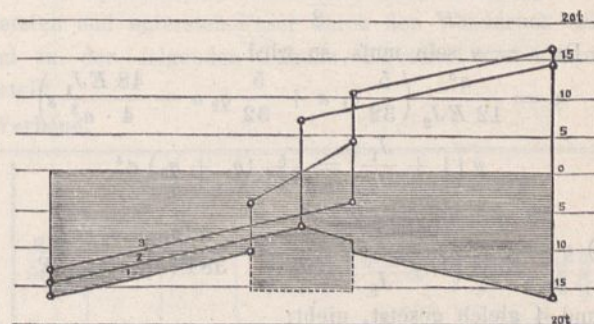


$$\begin{aligned}
 \frac{A_1 + B_1}{2} &= \frac{67 \cdot 0,456}{2} = \frac{30,6}{2} = 15,3 \\
 A_2 &= \frac{65,6}{2} \cdot 0,206 + \frac{15,3 \cdot (32,8 - 6,5)}{65,6} \\
 &= 6,75 + 6,13 = 12,88 \\
 B_2 &= 6,75 + 9,17 = 15,92 \\
 H_{2a} &= 12,88 - 39,3 \cdot 0,206 = 4,8 \\
 M_m &= 12,88 \cdot 32,8 - 0,206 \cdot \frac{32,8^2}{2} = 311
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{2a} &= 12,88 \cdot 39,3 - 0,206 \cdot \frac{39,3^2}{2} = 347 \text{ mt} \\
 M_{c1} &= 12,88 \cdot 18,65 - \frac{0,206}{4} \cdot \frac{39,3^2}{2} = 213 \text{ mt} \\
 M_{c2} &= 15,92 \cdot \frac{32,8 - 6,5}{2} - 0,206 \cdot \left(\frac{32,8 - 6,5}{2} \right)^2 \cdot \frac{1}{2} \\
 &= 209 - 18 = 191 \\
 &= 12,88 \cdot (39,3 + 13,15) - 0,206 \cdot \frac{52,45^2}{2} - 15,3 \cdot 13,15 \\
 &= 191.
 \end{aligned}$$



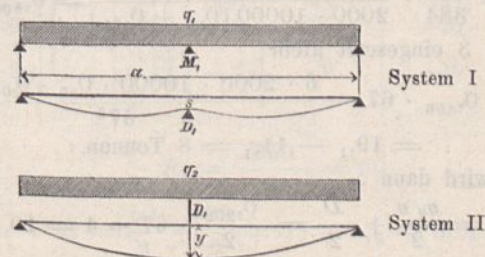
Biegemomente der unteren Gurtung unter Einwirkung der Auflagerdrücke der Fahrbahngurtung auf den unteren Querverband.



Horizontale Scheerkräfte im unteren Querverbande.

Die vorstehend verzeichneten Scheerkräfte geben einen Anhalt für die Construction der Steifen und Diagonalen des unteren Querverbandes. Es ist im Vorhergehenden bei Berechnung der Biegemomente der unteren Gurtung angenommen worden, daß die Theile, in welche man den oberen Horizontalverband zerlegt denkt, auf einem Punkte der unteren Construction in der Nähe des Scheitels frei aufliegen. Die Vernachlässigung der Continuität der oberen Construction über diesen Punkt hinaus giebt jedoch für M zu bedeutende Werthe, und da die Rechnung für den Fall, daß die Einzellast im Scheitel der unteren Construction aufliegt, sehr einfach ist, so folgt dieselbe hier nach.

Das System I (der obere Horizontalverband) ist belastet mit q_1 pro lfd. Meter, liegt an den Enden beweglich an einem Stützpunkte und geht continüirlich über einen mittleren Stützpunkt, welcher durch den Scheitelpunkt des steiferen Systems II gebildet wird, fort. System 2 ist belastet durch die gleichmäßige Last q_2 und durch den Stützen-



druck D_1 der Mittelstütze des I. Systems. Die Einbiegung y des Systemes II muß gleich sein dem Abstände des Stützpunktes im System I von der Verbindungslinie der Endstützen $= s$.

Es giebt in System I die Gleichung:

$$1) \quad 2 M_1 a = - 6 E J_1 \frac{s - o - (o - s)}{2} = \frac{q_1 a^3}{16}$$

Die Spannweiten von System I und II sind der Einfachheit halber gleich gesetzt ($= a = 67 \text{ m}$)

$$a^2 M_1 = - 12 E J_1 s + \frac{q_1 a^4}{32}$$

$$1_a) \quad s = \left(\frac{q_1 a^4}{32} - a^2 M_1 \right) \frac{1}{12 E J_1}$$

Für System II gilt die Durchbiegungsgleichung des auf 2 Stützpunkten aufliegenden Balkens.

a) für die Einzellast. b) für die vertheilte Last.

$$y_D = \frac{D_1 a^3}{48 E J_2} \quad y_q = \frac{5}{384} q_2 \frac{a^4}{E J_2}$$

$$2) \quad y = \frac{a^3}{12 E J_2} \left(\frac{D_1}{4} + \frac{5 q_2 a}{32} \right)$$

$$3) \quad D_1 = \frac{10}{8} q_1 \frac{a}{2} - \frac{6 E J_1}{a^3} s. \quad \text{Winkler Cap. XVI. No. 260.}$$

Da $s = y$ sein muß, so wird

$$y = \frac{a^3}{12 E J_2} \left(\frac{5}{32} q_1 a + \frac{5}{32} q_2 a - \frac{48 E J_1}{4 \cdot a^3} s \right)$$

$$y \left(1 + \frac{J_1}{J_2} \right) = \frac{5}{384} (q_1 + q_2) a^4$$

$$4) \quad y = \frac{5 (q_1 + q_2) a^4}{384 \left(1 + \frac{J_1}{J_2} \right) E J_2} = \frac{5 (q_1 + q_2) a^4}{384 (J_1 + J_2) E}$$

1a und 4 gleich gesetzt, giebt:

$$\frac{q_1 a^4}{384 \cdot E J} - \frac{a^2 M_1}{12 E J_1} = \frac{5 \cdot a^4 (q_1 + q_2)}{384 E (J_1 + J_2)}$$

$$M_1 = \frac{12 E J_1}{a^2} \left(\frac{q_1 a^4}{384 E J_1} - \frac{5 (q_1 + q_2) a^4}{384 E (J_1 + J_2)} \right)$$

$$= \frac{a^2}{32} \left(q_1 - \frac{5 (q_1 + q_2) J_1}{J_1 + J_2} \right)$$

Die Gurtungsdistanz beider Systeme beträgt $5,0 \text{ m}$,
die Fläche einer oberen Gurtung $0,04 \text{ qm rot.}$,
die Fläche einer unteren Gurtung $0,06 \text{ qm rot.}$

Danach ist $J_1 = \frac{0,04}{2} 5^2 = 0,5$,

$$J_2 = \frac{0,06}{2} 5^2 = 0,75;$$

q_1 ist $= 0,456 \text{ t pro lfd. Meter,}$

$q_1 + q_2 = 0,456 + 0,206 = 0,662 \text{ t pro lfd. Meter,}$

$$M_1 = \frac{67^2}{32} \left(0,456 - \frac{5 \cdot 0,662 \cdot 0,5}{0,5 + 0,75} \right) = \frac{4489}{32} (0,456 - 1,384)$$

$$= - 122 \text{ Metertonnen.}$$

Gleichung 4 giebt

$$y = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,662 \cdot 67^4}{2000 \cdot 10000 (0,5 + 0,75)} = 0,00696$$

$y = s$ in 3 eingesetzt giebt

$$D = \frac{5}{8} \cdot 0,456 \cdot 67 - \frac{6 \cdot 2000 \cdot 10000 \cdot 0,5 \cdot 0,00696 \cdot 8}{67^3}$$

$$= 19,1 - 11,1 = 8 \text{ Tonnen.}$$

Es wird dann

$$A_2 = \frac{q_2 a}{2} + \frac{D}{2} = \frac{0,206}{2} \cdot 67 + 4 = 10,9$$

$$M_2 = - 10,9 \cdot 33,5 + 0,206 \frac{33,5^2}{2}$$

$$= - 366 + 116 = - 250.$$

Aus diesen Momenten M_1 und M_2 sollen die Winddruckspannungen der Gurtung berechnet werden.

Im System I ist

$$M_{c1} = \frac{q_1 \left(\frac{a}{2} \right)^2}{8} = \frac{0,456 \cdot 67^2}{32} = 64$$

Im System II

$$M_{c2} = \frac{q_2 \left(\frac{a}{2} \right)^2}{8} = 0,206 \cdot \frac{67^2}{32} = 29 \text{ mt.}$$

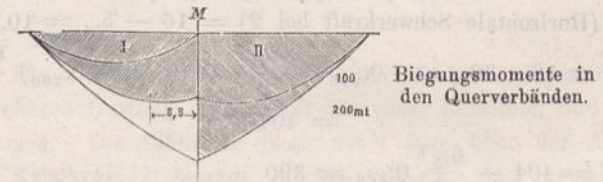
Es berechnet sich daraus die Gurtspannung

$$K = \frac{M}{f \cdot h}$$

Für die Mitte wird beim I. System

$$K_1 = \frac{122}{400 \cdot 5} = 0,061 \text{ t.}$$

$$\text{Für } x = \frac{a}{4} \quad K_1 = \frac{\frac{1}{2} \cdot 122 + 64}{400 \cdot 5} = \frac{125}{2000} = 0,0625$$



K wird maximum, wenn aus

$$h f K = \frac{x}{a} M_1 + \frac{q_1 \cdot a^2}{32} \cdot \frac{4 \cdot x \left(\frac{a}{2} - x \right) \cdot 4}{a^2}$$

$$\frac{d f K h}{d x} = \frac{2 M_1}{a} + \frac{q_1 a^2}{2 a^2} \left(\frac{a}{2} - 2 x \right) = 0 \text{ wird}$$

$$\frac{2 M_1}{a} = \frac{q_1 a}{4} - q_1 x = 0, \text{ also für}$$

$$x = \frac{2 \cdot 122}{67 \cdot q_1} + \frac{67}{4} = 7,97 + 16,75 = 24,7 \text{ m}$$

$$M_{max} = \frac{122 \cdot 24,7 \cdot 2}{67} + \frac{0,456 \cdot 67^2}{32} \cdot \frac{4 \cdot 4 \cdot 24,7 \cdot 8,8}{67^2}$$

$$= 90 + 49,6 = 139,6$$

$$K_{max} = \frac{139,6}{2000} = 0,070 \text{ t pro qcm}$$

Im II. System ist $M_{max} = 250$

$$K = \frac{250}{600 \cdot 5} = 0,083 \text{ t}$$

$$M_c = 29 + \frac{250}{2} = 154, \quad K = \frac{154}{3000} = 0,051$$

In der oberen Gurtung ist besonders zu berücksichtigen, daß die durch Winddruck erzeugten Spannungen der Gurtung nicht in der Schwerlinie zugeführt werden.

Der ausgeführte Querschnitt der oberen Gurtung beträgt zwischen 10 und 4, 4a und 10a brutto . . . 443 qcm
netto . . . 366 qcm
Zwischen 4 und 4a kommen $72,8 + 36 = 108,8$ brutto hinzu, so daß der Bruttoquerschnitt . . . 552 qcm beträgt, wovon $77 + 4 \cdot 2,5 \cdot 1,3 = 77 + 13 = 90$ qcm abgehen für den Nettoquerschnitt, der . . . 462 qcm beträgt.

Das Trägheitsmoment des kleinen Querschnittes bezogen auf A war oben zu 705792 berechnet, die Fläche betrug . . . 443,04, das stat. Moment 15380
 Es kommt hinzu $2,6 \cdot 28 = 72,8 \cdot 39,3 = 2860$
 $1,5 \cdot 28 = 36 \cdot 67,35 = 2420$
 $551,84 \quad 20660$
 Abgang für Niete . . . 76,7 1756
 $2 \cdot 2,5 \cdot 1,3 \quad 6,5 \cdot 46,8 \quad 304$
 $2 \cdot 2,5 \cdot 1,3 \quad 6,5 \cdot 31,8 \quad 207$
 $89,7 \quad 2267$
 Rest 462,14 18393
 $y = 39,8$, netto $J_s = 705792$
 dazu $\frac{2,6}{3} (53,3^3 - 25,3^3) = 117195$
 $\frac{24}{2} (68,1^3 - 66,6^3) = 163304$
 986291
 ab für Niete $2,6 \cdot 2,5 (46,8^2 + 31,8^2) = 20810$
 bleibt 965481
 netto $J_y = 965481 - 462,14 \cdot 39,8^2 = 231333$.

Das Netto J_y des kleineren Querschnittes betrug oben 198836.

Das brutto J_y des großen Querschnittes berechnet sich wie folgt:

Kleines brutto $J_A = 777901$
 dazu 117195
 163304
 großes brutto $J_A = 1058400$
 $y = \frac{20660}{551,84} = 37,4$

großes brutto $J_y = 1058400 - 551 \cdot 37,4^2 = 286508$.

Ist nun P die Totalspannung der Gurtung, welche a cm über Linie A in den Querschnitt übertragen wird, y die Höhe der neutralen Linie über A , so ist die Gurtspannung oben oder unten

$$\frac{P}{f} \pm \frac{P(y-a)}{J}$$

Die P sind in Blatt A aufgetragen für gedrückte und gezogene Gurtung. Im Scheitel wird

$$P = \frac{122}{5} = 24,4 \text{ t}$$

$$P_{max} = \frac{140}{5} = 28 \text{ t}$$

$$P = \frac{125}{5} = 25 \text{ t}$$

Die Spannungen, welche die obere Gurtung in ihrer obersten und untersten Faser durch den Winddruck erleidet, sind in der folgenden Tabelle berechnet und zusammengestellt.

Oberer Horizontal-Verband.

P in Tonnen	Gezogene Gurtung Kilogramm						Min. obere	P in Tonnen	Gedrückte Gurtung Kilogramm						Max. obere	Min. untere
	f	$\frac{\eta-a}{y}$	$\frac{P}{f}$	$-\frac{P\eta-a}{y}e_o$	$\frac{P\eta-a}{y}e_u$	Max. untere			f	$\frac{\eta-a}{y}$	$\frac{P}{f}$	$-\frac{P\eta-a}{y}e_o$	$\frac{P\eta-a}{y}e_u$			
linkes Auflager bis 10	0				$e_o=29,4$	$e_u=37,2$							$e_o=31,9$	$e_u=34,7$		
10-9	2,9	366 qcm	$\frac{37,2-12,65}{198836} = 0,0001236$	8	-11	13	21	-3	-2,9	443 qcm	$\frac{34,7-12,65}{244441} = 0,0000902$	-7	8	-9	1	-16
9-8	9,6			26	-35	44	70	-9	-9,6			-22	28	-30	6	-52
8-7	15,4			42	-56	71	113	-14	-15,4			-35	44	-48	9	-83
7-6	20			55	-73	92	147	-18	-20			-45	58	-63	13	-108
6-5	23,4			64	-85	107	171	-21	-23,4			-53	67	-73	14	-126
5-4	26			71	-94	119	190	-23	-26,7			-59	75	-81	16	-140
												-63	80	-87	17	-150
4-3	27,7	462	$\frac{39,8-12,65}{231333} = 0,0001175$	$e_o=28,3$	$e_u=39,8$	189	-32	-28	552	$\frac{37,4-12,65}{286508} = 0,0000862$	-51	$e_o=30,7$	$e_u=37,4$	23	-141	
3-2	28			61	-92	129	192	-32			-27,5	-50	74	-90	23	-139
2-1	27,5			60	-93	131	192	-31			-26,2	-47	73	-89	22	-132
1-0	26,2			57	-87	122	179	-30			-25	-45	69	-85	22	-132
0-1 ^a	26,7			58	-89	125	183	-31			-25	-45	66	-81	21	-126
1 ^a -2 ^a	28			61	-93	131	192	-32			-26,7	-45	66	-81	21	-126
2 ^a -3 ^a	28			61	-93	131	192	-32			-28	-48	71	-86	23	-134
3 ^a -4 ^a	27	58	-90	126	184	-32	-28	-51	74	-90	23	-141				
4 ^a -5 ^a	25,4	366	$\frac{37,2-12,65}{198836} = 0,0001236$	$e_o=29,4$	$e_u=39,8$	186	-25	-27	443	$\frac{34,7-12,65}{244441} = 0,0000902$	-61	$e_o=31,9$	$e_u=34,7$	17	-146	
5 ^a -6 ^a	23			63	-94	117	169	-21			-25,4	-57	78	-85	16	-136
6 ^a -7 ^a	19,6			54	-84	106	144	-17			-23	-52	73	-79	14	-124
7 ^a -8 ^a	15			41	-71	90	110	-13			-19,6	-44	66	-72	14	-124
8 ^a -9 ^a	9,3			25	-54	69	110	-9			-15	-34	56	-61	12	-105
9 ^a -10 ^a	3,1			8	-34	43	68	-9			-15	-34	43	-47	9	-81
10 ^a bis recht. Aufl.	0			0	-11	14	22	-3			-9,3	-21	27	-29	6	-40
								-7	9	-10	2	-17				

Für den unteren Querverband genügt es für die Rechnung, die Diagonalen als in der neutralen Axe wirkend anzunehmen. Es wird daselbst

$$P_m = \frac{250}{5} = 50$$

$$P_c = \frac{50}{2} + \frac{29}{5} = 25 + 5,8 = 30,8$$

z	f ₀		Umhüllungscurven der Spannungen bei mobiler Last				f _u		Umhüllungscurven der Spannungen bei mobiler Last				Spannungen der oberen Gurtung bei 30°				Spannungen der unteren Gurtung bei 30°			
	war gerechnet	ist ausgeführt brutto	Maxima	Minima	Maxima	Minima	war gerechnet	ist ausgeführt	Maxima	Minima	Maxima	Minima	nach Tab. auf S. 89/90	nach der Correctur	nach Tab. auf S. 89/90	nach der Correctur	nach Tab. auf S. 89/90	nach der Correctur	nach Tab. auf S. 89/90	nach der Correctur
0	500	552	0	540	0	490	600	665	40	10	60	80	166	179	186	201	156	141	135	122
3,28	490	562	30	595	32	530	600	665	185	170	220	280	166	179	186	201	156	141	135	122
6,56	450	462	90	570	95	490	600	665	185	170	220	280	136	132	156	152	120	108	99	90
10	440	462	150	570	136	465	600	665	208	200	380	370	63	61	81	79	55	58	37	39
13,12	450	462	185	530	148	422	600	665	190	185	420	390	46	39	69	58	42	44	18	19
15,95	390	443	220	460	176	398	600	665	160	155	456	405	46	15	45	32	26	23	1,8	1,6
19,68	310	443	240	395	178	375	600	665	80	70	515	500	21	19	48	34	25	23	3,8	3,4
26,24	257	443	160	210	84	276	600	665	0	0	530	510	27	19	48	34	25	23	3,8	3,4
32,8				195	112	113	600	665	0	0	450	460								

woraus die Curve construirt werden kann. Es genügt, für die verschiedenen Punkte die Kraft P für gedrückte Gurtung anzusetzen und durch Division mit dem wirklich ausgeführten Bruttoquerschnitt die Spannung pro qcm zu bestimmen. Der ausgeführte Querschnitt hat durchweg 694 qcm.

Es wird dann in dem Punkte, in welchem die Stufe

10 ansetzt, $P = 12,2$, $K = \pm 18$			
9	-	18,5	27
8	-	23,7	34
7	-	29	42
6	-	33,3	48
5	-	37,3	54
4	-	41,4	60
3	-	44,7	65
2	-	47,8	69
1	-	49,2	71
0	-	50,0	72
1	-	49,2	71
2	-	47,0	68
3	-	43,8	63
4	-	40,4	58
5	-	36,4	52
6	-	32,2	46
7	-	27,8	40
8	-	22,7	33
9	-	17,4	25
10	-	10,7	15

Zusammenstellung der Gurtungsspannungen.

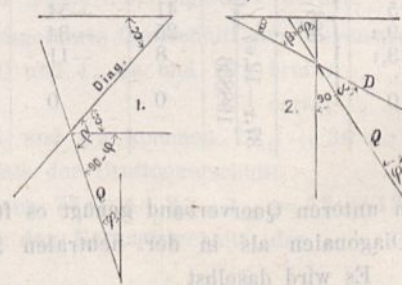
Bei der Construction ist die Größe der Gurtungsquerschnitte wie sie bei der Rechnung zu Grunde gelegt war, nicht genau eingehalten worden. Die untere Gurtung hat den Querschnitt von 694 qcm erhalten. Die Umhüllungscurven der durch die mobile Last erzeugten Spannung müssen demnach modificirt werden.

In der hier links nebenstehenden Tabelle sind die bis jetzt berechneten Maxima und Minima der verschiedenen Spannungen zusammengestellt und neben denselben jedesmal die durch die Querschnittsänderung bedingten Correcturen aufgeführt. Die Maximalanstrengungen der Gurtungsquerschnitte sind in Blatt B aufgetragen.

Die Diagonalen.

Die in den Diagonalen auftretende Kraft ist aus den Radialkräften zu berechnen. Von wesentlicher Bedeutung sind hierbei nur die Radialkräfte, welche durch die mobile Last erzeugt werden. Bezeichnet man mit D die Kraft, welche in der Diagonale auftritt, mit Q den Maximal- und Minimalwerth der Radialkraft in einem die Diagonalen schneidenden radialen Schnitte, mit β den Winkel, welchen die Diagonale mit dem Radius bildet, so ist

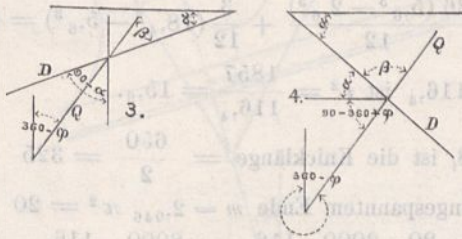
$$D = \frac{Q}{\cos \beta}$$



Nachricht. f. Bauwesen, Jahrg. XXVII

Die Bestimmung von β aus den leicht zu bestimmenden Winkeln α und φ erfordert die Unterscheidung von 4 Fällen (Zu Fall 1) u. 2) siehe die Figuren auf vor. Seite):

- 1) positives φ . Die Diagonale fällt nach links
 $\beta = 90 - \varphi + \alpha = 90 + (\alpha - \varphi)$
 $\cos \beta = \cos [90 + (\alpha - \varphi)] = -\sin (\alpha - \varphi)$
- 2) positives φ ; $(90 - \alpha) > \varphi$; Diagonale fällt nach rechts
 $\beta = 90 - \alpha - \varphi = 90 - (\alpha + \varphi)$
 $\cos \beta = \sin (\alpha + \varphi)$



- 3) negatives φ ; $(90 - \alpha) > \varphi$; Diagonale fällt nach links
 $\beta = 90 - (360 - \varphi) - \alpha = -270 - (\alpha - \varphi)$
 $= -270 + (\alpha - \varphi)$
 $\cos \beta = -\sin (\alpha - \varphi)$

- 4) negatives φ ; die Diagonale fällt nach rechts
 $\beta = 180 - \alpha - \varphi - 90 + 360$
 $= 360 + 90 - (\alpha + \varphi)$
 $\cos \beta = \sin (\alpha + \varphi)$

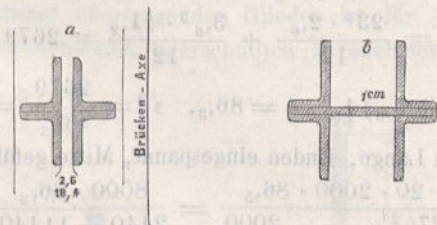
Die Winkel φ sind für die Kreuzungspunkte der Diagonale n mit der oberen und unteren Gurtungsaxe zu berechnen. Der Zweck der Rechnung wird hinreichend erfüllt, wenn für die nicht gleichen φ des oberen und unteren Kreuzungspunktes aus den gemittelten Scheitelabständen x_o und x_u ein mittleres φ berechnet wird, so daß

$$\sin \varphi = \frac{x_o + x_u}{2r}$$
 gesetzt wird.

Trotz der nicht ganz symmetrischen Anordnung der Diagonalen weichen doch die hiernach berechneten Spannungen der correspondirenden Diagonalen rechts und links von einander ab. Halbt man die größten Drücke und Züge, so stellen sich die Spannungszahlen, für welche die Diagonalen zu construiren sein würden, wie folgt:*)

		10 _r und 10a _l	9 _r 9a _l	8 _l 8a _r	8 _r 8a _l	7 _l 7a _r	7 _r 7a _l	6 _l 6a _r	6 _r 6a _l	5 _l 5a _r	5 _r 5a _l	4 _l 4a _r	4 _r 4a _l	3 _l 3a _r
Hauptspannung	Druck	Max.	19 _l	28		8		11	116		24		33	
		Min.	-65 _l	-37		-33		-35	-38		-45		-54	
	Zug	Max.			69	29		30	33		38		46	
		Min.			-32	-7		-10	-14		-21		-32	
Mittlere Länge in m.		7,3	6,3	6,5	6,5	5,5	5,0	4,8	4,4	4,3	4	3,9	3,6	3,6

Die Diagonalen sind aus 4 Winkeln von $13/7,9 \cdot 1,5$ resp. $11/7,9 \cdot 1,3$ construirt. Die Anordnung der 4 Winkel ist verschieden, je nachdem die Diagonale ein größeres Druckmaximum oder Zugmaximum zu leisten hat. Bei bedeutenderer Zugthätigkeit sind sie wie in *a* angeordnet.



Wiegt die Druckspannung vor, so sind die Winkel, wie in *b* gezeichnet, bis zu 20 cm Entfernung der Schenkel durch eine zwischengenietete 1 cm starke Platte, durch welche die (*a*) Diagonale hindurchgesteckt wird, auseinander gespreizt. Am Kreuzungspunkte findet nur eine leichte Verbindung der sich kreuzenden Diagonalen statt, durch welche die gezogene Diagonale ein Verbleiben des gefasteten Punktes der Druckdiagonale in der Krafrichtung bewirkt.

Zur Untersuchung der Knickfestigkeit dienen folgende Rechnungen:**)

*) Der Index *r* oder *l* unten an der Nummer des Knotenpunktes bezeichnet die von demselben nach rechts oder links geneigte Diagonale.

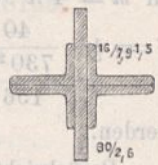
**) Rechnung und Bezeichnungen der Werthe nach Grashoff's Festigkeitslehre § 146 und 147.

Die Endverticale, welche in der Rechnung als Gurtung des II. Systems auftritt, erleidet einen Druck von etwa 40—50 t.

Die Querschnittsfläche (*F*) beträgt
 $30 \cdot 2,6 + 4 \cdot 1,5 (13 + 6,4) = 194,4$ qcm.
 Das Trägheitsmoment in der Trägerebene ist

$$J_y = \frac{30^3 \cdot 2,6}{12} + \frac{15,8^3 \cdot 3}{12} = 6836$$

$$i^2 = \frac{6836}{194,4} = 35,2;$$



rechnet man die Länge der Stütze = 7 m, an den Enden freie Neigung der elastischen Linie, so wird $m = \pi^2 = 10$ rot. und bei fünffacher Sicherheit die zulässige Last *P*

$$P = \frac{1}{5} \cdot \frac{m E F}{l^2 + m \frac{K''}{E}} \text{ wo } K'' = 3,5 \text{ t, } E = 2000 \text{ t}$$

$$P = \frac{1}{5} \cdot \frac{10 \cdot 2000 \cdot 194,4}{\frac{490000}{35,2} + 10 \cdot \frac{2000}{3,5}} = \frac{4000 \cdot 194,4}{19,640} = 39,5 \text{ t.}$$

Da in Wirklichkeit eine ziemlich starke Einspannung vorhanden und m wohl = $4 \pi^2 = 40$ zu setzen ist, so wird

$$P = \frac{16000 \cdot 194,4}{13920 + 4 \cdot 5720} = 84,5 \text{ t.}$$

Normal zur Bogenebene ist J_x

$$J_x = \frac{3,0 \cdot 28,6^3}{12} = 5849; i^2 = \frac{5849}{194,4} = 30;$$

bei Einspannung ist

$$P = \frac{1}{5} \cdot \frac{40 \cdot 2000 \cdot 194,4}{490000 + 40 \cdot \frac{2000}{3,5}} = \frac{16000 \cdot 194,4}{16333 + 22880} = 79,4$$

ohne Einspannung

$$P = \frac{1}{5} \cdot \frac{10 \cdot 2000 \cdot 194,4}{16333 + 5720} = \frac{4000 \cdot 194,4}{22053} = 35,3$$

Da auch normal zur Bogenebene eine wenn auch etwas schwächere Einspannung stattfindet, so ist der Werth 35,3 als genügend anzusehen.

Diagonale $10r$ und $10a_i$ sind aus 4 Winkeln von $13/7,9 \cdot 1,5$ gebildet, welche in der Mitte zur Durchlassung des Gurtungsstückes $9l$ und $9a_r$ um 20 cm von einander gespreizt sind.

Es ist $F = 4(13 + 6,4) \cdot 1,5 + 2 \cdot 7,9 \cdot 1 = 132$ qcm

$$J_y = \frac{2 \cdot 1,5 \cdot 27^3}{12} = 4921, \quad \frac{J}{F} = i^2 = \frac{4921}{132} = 37,3$$

Bei Einspannung der Enden und Festhaltung der Mitte in der Axe der Kraft wird

$$m = 2,046 \cdot \pi^2 = \text{rot. } 20;$$

bei einer Länge von im Ganzen 7,3 m, wovon hier die Hälfte in Rechnung kommt, wird

$$\left(\frac{l}{i}\right)^2 = \left(\frac{365}{\sqrt{37,3}}\right)^2 = 3570$$

$$P = \frac{1}{5} \cdot \frac{20 \cdot 2000 \cdot 132}{3570 + \frac{20 \cdot 2000}{3,5}} = \frac{8000 \cdot 132}{15010} = 70,5 \text{ t.}$$

Normal zur Bogenebene wird

$$J_x = \frac{35,8^3 - 20^3}{12} \cdot 4 + \frac{2 \cdot 11,5}{12} (23^3 - 20^3)$$

$$= 12628 + 7987 = 20615,$$

$$i^2 = \frac{20615}{132} = 156;$$

für $m = 4 \pi^2 = 40$ und $l = 730$ darf

$$F = \frac{1}{5} \cdot \frac{40 \cdot 2000 \cdot 132}{730^2 + 40 \cdot \frac{2000}{3,5}} = \frac{16000 \cdot 132}{3420 + 22880} = 80,3 \text{ t}$$

werden.

Berücksichtigt man die Festhaltung der Mitte durch die gezogene Gurtung $9l$, so ist das J an einer Stelle zu berücksichtigen, wo die Spreizung etwa 10 cm beträgt, so daß

$$J = \frac{25,8^3 - 10^3}{12} \cdot 4 + \frac{2 \cdot 11,5}{12} (13^3 - 10^3)$$

$$= 5391 + 2294 = 7685,$$

$$i^2 = \frac{7685}{132} = 58,2,$$

$$m = \pi^2 = 10, \quad l = \frac{7,3}{2} = 365,$$

$$P = \frac{1}{5} \cdot \frac{10 \cdot 2000 \cdot 132}{133225 + 10 \cdot \frac{2000}{3,5}} = \frac{4000 \cdot 132}{2270 + 5720} = 66,1 \text{ t.}$$

Diagonale $9l$ und $9a_r$ treten als Gurtung auf und haben nach der Rechnung bei $\frac{300}{2} = 150$ qcm Querschnitt etwa 300 kg pro qcm Druck zu übertragen

$$= 0,3 \cdot 150 = 45 \text{ t.}$$

Der Querschnitt ist derselbe wie in $10r$, nur daß die langen Winkelschenkel statt 20 cm nur 2,6 cm von einander abstehen.

$$J_x = \frac{27}{12} (5,6^3 - 2,6^3) + \frac{4}{12} (18,4^3 - 5,6^3) = 2362,$$

$$i^2 = \frac{2362}{132} = 17,9, \quad l = 400.$$

Das als eingespannt zu betrachtende Ende bedingt $m = 2,046 \pi^2 = 20$ und gestattet

$$P = \frac{1}{5} \cdot \frac{20 \cdot 2000 \cdot 132}{160000 + 20 \cdot \frac{2000}{3,5}} = \frac{8000 \cdot 132}{8940 + 11440} = 52 \text{ t.}$$

Ohne das Zwischenblech von 1 cm Stärke wird

$$J = \frac{26 (5,6^3 - 2,6^3)}{12} + \frac{3}{12} (18,4^3 - 5,6^3) = 1857,$$

$$\text{bei } F = 116,4 \text{ ist } i^2 = \frac{1857}{116,4} = 15,9.$$

$$\text{Bei } 8_l \text{ ist die Knicklänge } = \frac{650}{2} = 325$$

und bei eingespanntem Ende $m = 2,046 \pi^2 = 20$

$$P = \frac{1}{5} \cdot \frac{20 \cdot 2000 \cdot 116,4}{105625 + 11440} = \frac{8000 \cdot 116,4}{18090} = 51,5 \text{ t}$$

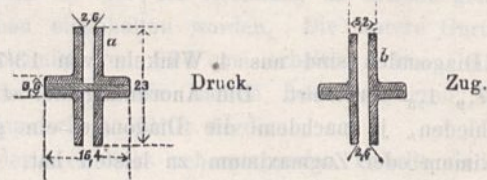
bei drehbarem Ende

$$P = \frac{1}{5} \cdot \frac{10 \cdot 2000 \cdot 116,4}{6650 + 5720} = \frac{4000 \cdot 116,4}{12370} = 37,7 \text{ t,}$$

also für 8_l und $8a_r$ hinreichend stark; $9r$ hat geringere Länge als 8_l und ein Druckmaximum von 37 t, so daß derselbe Querschnitt mit der Spreizung völlig genügt.

Die zwischen 8 und dem Scheitel liegenden Diagonalen sind aus Winkeln gebildet von 11 und 6,9 cm breiten Schenkeln und 1,3 cm Stärke.

Hauptspannung.



Das J_y der stärker gedrückten Stäbe ist

$$J_y = \frac{23^3 \cdot 2,6}{12} + \frac{3,6^3 \cdot 11,2}{12} = 2679$$

$$F = (11 + 5,6) 1,3 \cdot 4 = 86,3, \quad i^2 = \frac{2679}{86,3} = \text{rot. } 31$$

7_l hat 5,5 m Länge, Enden eingespannt, Mitte geführt, daher

$$P = \frac{1}{5} \cdot \frac{20 \cdot 2000 \cdot 86,3}{275^2 + 20 \cdot \frac{2000}{3,5}} = \frac{8000 \cdot 86,3}{2440 + 11440} = 50 \text{ t,}$$

genügt also überall.

$$\text{Bei } b \text{ ist } J_y = \frac{22^3}{12} \cdot 2,6 = 2310, \quad i^2 = \frac{2310}{86,3} = 26,1;$$

bei drehbaren Enden ist für 7_r , bei $l = 5$, $m = \pi^2 = 10$,

$$P = \frac{1}{5} \cdot \frac{10 \cdot 2000 \cdot 86,3}{250^2 + 10 \cdot \frac{2000}{3,5}} = \frac{4000 \cdot 86,3}{2480 + 5720} = 44,6 \text{ t}$$

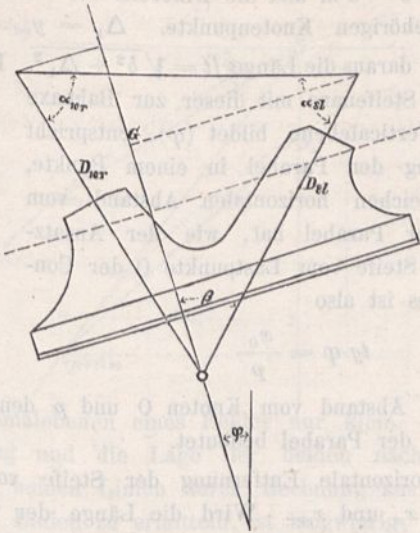
$$J_x = \frac{2,6 \cdot (16,4^3 - 2,6^3)}{12} + \frac{(22 - 2,6)}{12} (5,2^3 - 2,6^3) = 1151,$$

$$i^2 = \frac{1151}{86,3} = 13,4, \quad P = \frac{4000 \cdot 86,3}{250^2 + 5720} = 33,3.$$

Der gewählte Querschnitt reicht also für alle Fälle aus.

Für die Beanspruchung auf Zug ist in den Diagonalen überall das nötige Material vorhanden.

Einer näheren Untersuchung bedarf jedoch die Uebertragung des Diagonalzuges in die Gurtungen.



Die Maxima der radialen Componenten der in den Knoten wirkenden Zugkraft (G) sind

$$G = D \cos \beta$$

$$\beta = 90 - \alpha - \varphi = 90 - (\alpha + \varphi)$$

$$\cos \beta = \sin (\alpha + \varphi)$$

$$G = D \sin (\alpha + \varphi)$$

für 10_r ist $D = \frac{36}{2} = 18,$

$$\alpha = 55^\circ 40', \varphi = 0,363, \varphi = 20,$$

$$\sin (\alpha + \varphi) = \sin 75^\circ 40' = 0,969$$

$$G_{10r} = 18 \cdot 0,969 = 17,5 \text{ t}$$

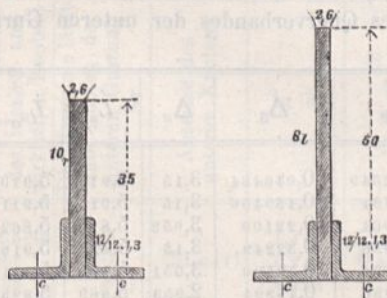
für 8_l ist $D = \frac{137}{2} = 68,5 \text{ t}$

$$\alpha = 65^\circ 40'$$

$$\beta = 90 - (\alpha_{8l} - \varphi) = 90^\circ - 45^\circ 40'$$

$$G = 68,5 \cdot \sin 45^\circ 40' = 68,5 \cdot 0,715 = 49 \text{ t.}$$

Der Querschnitt des den Zug der Diagonale auf die untere Gurtung übertragenden Gliedes ist für 10_r und 8_l etwa von beistehenden Querschnitten anzunehmen.



Fasst man G als Einzelkraft auf, die in den verticalen Nietens e wirkenden Gegenkräfte als gleichmäßig vertheilte Last, so stellt sich das Problem als die Umkehrung desjenigen, welches Winkler im Anhang zum XX. Capitel seiner Elasticität und Festigkeit unter C. § 195 behandelt. Es ist also hier die Einbiegung des Gurtung und Diagonalen verbindenden Gliedes von vorstehendem mittleren Querschnitte proportional dem Zuge q , welcher auf die Längeneinheit bei e ausgeübt wird.

$$q = x \eta$$

η soll die durch eine Spannung des qcm Nietquerschnitt von 750 kg erzeugte Verlängerung des 5,2 cm Nietes nicht überschreiten.

Die spezifische Verlängerung des Stabeisens an der Elasticitätsgrenze (1,4 t pro qcm) beträgt 0,0007, demnach

$$\text{hier } \eta = 5,2 \cdot \frac{0,0007}{1,4} \cdot 75 = 0,000375 \cdot 5,2 = 0,00195;$$

bei 2,5 cm Nietdurchmesser und rot. 10 cm Theilung ist

$$q_{max} = \frac{2 \cdot 4,9 \cdot 0,775}{10} = 0,735 \text{ t pro lfd. cm}$$

und $x = \frac{q_{max}}{\eta_{max}} = \frac{0,735}{0,00195} = 377.$

Die Rechnung gilt, so lange die Länge der gleichmäßig belasteten Strecke multiplicirt mit

$$K = \sqrt{\frac{x}{4 E \cdot W}}$$

den Werth $\frac{3}{4} \pi = 2,356$ nicht überschreitet, und ist für diesen Grenzfall (cfr. 127), wo kl Maximum wird,

$$G = \frac{2 q_{max}}{K};$$

stat. Moment.

für 10_r wird $F = (2,6 \cdot 35) = 91 \cdot 17 = 1547$

$$(2,6 \cdot 12) = 31,2 \cdot 6 = 187$$

$$(10,7 \cdot 2 \cdot 1,3) = 27,8 \cdot 0,65 = 18$$

$$F = 150,0 \quad 1752$$

$$\eta = 11,7$$

$$J_u = \frac{2,6}{3} 35^3 + \frac{2,6}{3} 12^3 + \frac{2 \cdot 10,7}{3} 1,3^3 = 37,59 + 1497 + 15 = 38671$$

$$J_y = 38671 - 150 \cdot 11,7^2 = 18138$$

$$G = \frac{2 q_{max}}{K}; k = \sqrt[4]{\frac{x}{4 E W}} = \sqrt[4]{\frac{377}{4 \cdot 2000 \cdot 18138}}$$

$$= \sqrt[4]{\frac{1}{21,2 \cdot 18138}}$$

$$K = \frac{1}{\sqrt[4]{385000}} = \frac{1}{\sqrt{621}} = \frac{1}{25,0}$$

$$G = \frac{2 \cdot 0,735}{\frac{1}{25,0}} = 36,7 \text{ t.}$$

Für 8_l wird wegen der größeren Neigung der Diagonalananschlussplatte die durchschnittliche Höhe derselben etwa 50 cm.

	Hebelsarm	stat. Moment
--	-----------	--------------

$$F = 50 \cdot 2,6 = 130 \quad 25 \quad 3250$$

$$59 \quad 205$$

$$F = 189 \quad 3455$$

$$\eta = 18,3$$

$$J_u = 1512 + \frac{50^3 \cdot 2,6}{3} = 1512 + 108333 = 109845$$

$$J_y = 109845 - 189 \cdot 18,3^2 = 46551$$

$$K = \sqrt[4]{\frac{x}{4 E W}} = \sqrt[4]{\frac{377}{4 \cdot 2000 \cdot 46551}} = \frac{1}{\sqrt[4]{21,2 \cdot 46551}}$$

$$= \frac{1}{\sqrt{988000}} = \frac{1}{\sqrt{995}} = \frac{1}{31,5}$$

$$G = 2 \cdot 0,735 \cdot 31,5 = 46,3.$$

Die Länge l wird dabei, da $kl = 2,356$
 $l = \frac{2,356}{31,5} = 74,2 \text{ cm},$
 so daß $\frac{2 \cdot 2 \cdot 74,2}{10} = 29,68$ oder 30 Niete zur Thätigkeit

kommen, von denen die der Mitte am nächsten stehenden mit $0,75 \text{ t}$, die an den Enden stehenden mit 0 beansprucht werden.

Mit Rücksicht darauf, daß die Annahme einer Zugspannung von $68,5 \text{ t}$ in $8l$ in Wirklichkeit wohl nicht auftreten wird, erscheint auch für diese Maximalanstrengung der Niete im unteren Knoten q die Construction hinreichend stark. —

Der untere Horizontalverband besteht aus Steifen in Kreuzform, aus 4 Winkeln von $7,5/7,5 \cdot 0,9$ hergestellt, und aus gekreuzten Diagonalen. Die Steifen bekommen einen Maximaldruck von 16 t , welcher zwar nur an den Auflagern und im Scheitel eintritt, aber für sämtliche Steifen maafsgebend geblieben ist.

Der Bruttoquerschnitt ist $8(7,5 - 0,45) \cdot 0,9 = 50,76$

$$J = \frac{15^3 \cdot 1,8}{12} = \frac{3375 \cdot 3}{20} = 506.$$

Die freie Knicklänge beträgt 450 cm , also die zulässige Belastung bei $m = 4 \pi^2$

$$P = \frac{40 \cdot 2000 \cdot 50,76}{506 + 40 \cdot \frac{2000}{3,5}} = \frac{16000 \cdot 50,76}{20250 + 22880} = 20,2 \text{ t}.$$

Für den Nettoquerschnitt vermindert sich J um

$$\frac{1,8 \cdot 2 \cdot 8^2}{2} = 115,$$

so daß $J_{\text{netto}} = 506 - 115 = 391$

$$i^2 = \frac{391}{50,76} = 7,7$$

$$P = \frac{16000 \cdot 50,76}{26300 + 22880} = 16,5.$$

Die Constructionslängen und die Stellung zur Horizontalen sind für die Steifen und Diagonalen in der folgenden Tabelle berechnet und zusammengestellt.

Lastpunkt n	x_0	x_m	x_{m_a}	y	y_a	Δ_1	Δ_2	Δ_3	Δ_x	L_n	L_{n_a}	Steifenlänge
0	+0,060	-0,441	+0,441	0,001265	0,601265	0	0,082649	0,046484	3,15	5,91	5,910	5,0
1	3,15	2,709	3,591	0,047749	0,083904	0,036155	0,24791	0,139456	3,15	5,915	5,911	5,0001
2	6,30	5,859	6,741	0,22336	0,29566	0,07230	0,40064	0,22100	3,052	5,872	5,862	5,0005
3	9,352	8,911	9,793	0,51666	0,62400	0,10734	0,57336	0,32249	3,15	5,937	5,918	5,00114
4	12,502	12,061	12,943	0,94649	1,09002	0,14353	0,71794	0,39590	3,051	5,901	5,871	5,0021
5	15,553	15,112	15,994	1,48592	1,66443	0,17851	0,94986	0,45894	2,953	5,869	5,825	5,0032
6	18,506	18,065	18,947	2,12337	2,23578	0,21241	1,06111	0,59984	3,176	6,018	5,954	5,0045
7	21,682	21,241	22,123	2,93562	3,18448	0,24886	1,17893	0,64651	3,024	5,961	5,879	5,0062
8	24,706	24,265	25,147	3,83099	4,11455	0,28856	1,42063	0,81605	3,263	6,137	6,026	5,008
9	27,969	27,528	28,410	4,93060	5,25162	0,32102	1,89634	1,20860	3,982	6,667	6,505	5,0137
10	31,9506	31,510	32,392	6,46022	6,82694	0,36672						

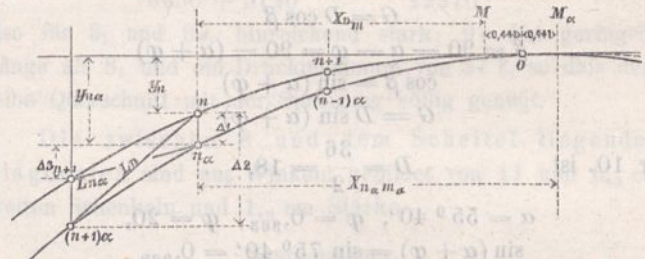
Die Ebene der Diagonale L_n wird fixirt durch die Verbindungslinien des Knotenpunktes n mit den Knotenpunkten n_a und $(n+1)a$ (s. den folgenden Holzschnitt). Es ist das für die Richtung der Winkelleisen, welche das Diagonalanschlusblech mit den Verticalplatten des Bogens verbinden, von Wichtigkeit. Da die Ebene $n n_a (n+1)a$ den Träger $1a$ in der Linie $n_a (n+1)a$ schneidet, Träger 1 und $1a$

Die Neigung einer Steife in einer auf die Trägerebene senkrechten Verticalebene ist bedingt durch die Entfernung der Träger $b = 5 \text{ m}$ und die Differenz der Ordinaten zweier zusammengehörigen Knotenpunkte. $\Delta_1 = y_{n_a} - y_n$. Es ergibt sich daraus die Länge $ft = \sqrt{b^2 + \Delta_1^2}$. Die Neigung, welche die Steifenaxe mit dieser zur Bahnaxe normalen Verticalebene bildet (φ), entspricht der Neigung der Parabel in einem Punkte, welcher gleichen horizontalen Abstand vom Scheitel der Parabel hat, wie der Ansatzpunkt der Steife vom Lastpunkte 0 der Construction, es ist also

$$\text{tg } \varphi = \frac{x_0}{p}$$

wo x_0 den Abstand vom Knoten 0 und p den Parameter ($= 76,845$) der Parabel bedeutet.

Die horizontale Entfernung der Steife vom Parabelscheitel ist x_m und x_{m_a} . Wird die Länge der vom Knoten n resp. n_a nach unten auslaufenden Diagonalen mit L_n und L_{n_a} bezeichnet, so ist



$$L_n = \sqrt{b^2 + \Delta_2^2 + (\Delta x_a)^2}$$

und

$$L_{n_a} = \sqrt{b^2 + \Delta_3^2 + (\Delta x)^2}$$

und bedeutet darin b die Entfernung der Träger, $\Delta x = \Delta x_a$ die Felderlänge auf die Horizontale projicirt, ferner

$$\Delta_1 = y_{n_a} - y_n$$

$$\Delta_2 = y_{(n+1)n} - y_n$$

$$\Delta_3 = y_{(n+1)a} - y_{n_a}$$

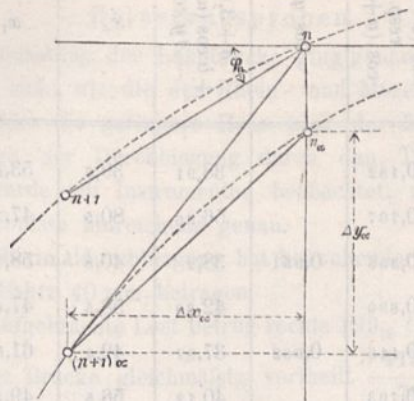
Die hieraus sich ergebenden Werthe befinden sich ebenfalls in der folgenden Tabelle und genügen dieselben zur Construction des Querverbandes der unteren Gurtung.

in parallelen Ebenen liegen, so müssen die Schnitte beider mit der Ebene $n n_a (n+1)a$ parallel sein, also

$$\text{tg } \varphi_n = \frac{y_{(n+1)a} - y_{n_a}}{x_{(n+1)a} - x_{n_a}}$$

Die so ermittelten Tangenten der Winkel für die Anschlusbleche sind in jedem Knoten eingetragen und auch aus der nächst folgenden Tabelle ersichtlich.

Die Mittellinien der Diagonalen liegen für ein Feld nicht in einer Ebene, doch ist der Neigungswinkel für die

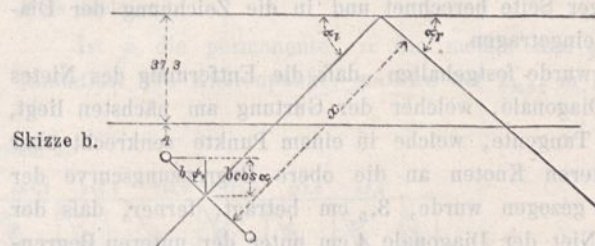
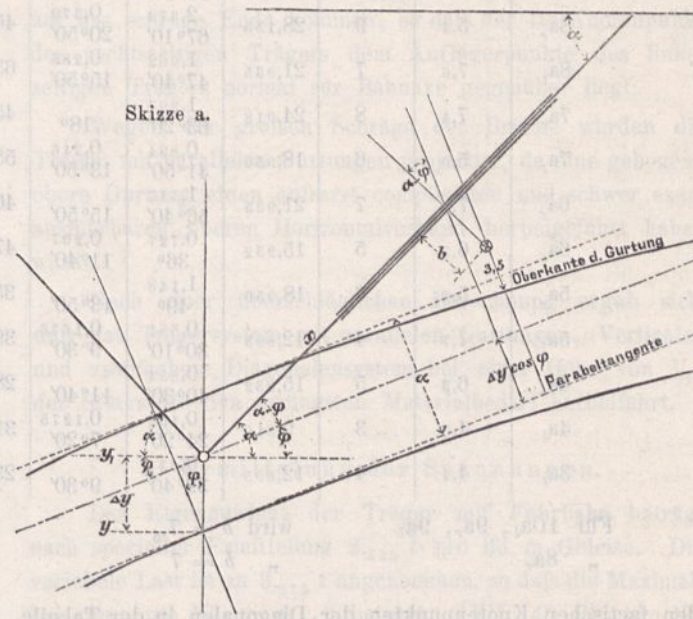


beiden Diagonalebenen eines Feldes nur klein. Die Minimalentfernung und die Lage der beiden nächstliegenden Punkte der beiden Linien durch Rechnung aus den Gleichungen der Linien zu ermitteln, ist langwierig, und wurde es daher für genügend erachtet, durch Projection in großem Maaßstabe (mehrmaliges Herabschlagen in andere Ebenen) diesen Minimalabstand zu ermitteln. Es ergab das für L_9 und L_{9a} 4,5 cm, für L_8 und L_{8a} 2,5 cm, für L_7 und L_{7a} 1 cm, für L_6 und L_{6a} 3 cm und von da ab nicht über 1 cm, so daß überall eine lose Verbindung beider an den Kreuzungspunkten ohne Zwang möglich ist.

Länge der Diagonalen.

Das Schema der sich kreuzenden Diagonalen ist so konstruiert, daß die Kreuzungspunkte auf einer Linie sich befinden, welche etwa zwischen 6 und 6a in der Mitte liegt zwischen den Axen der oberen und unteren Gurtung. Nach den Auflagern ist an diese Curve eine Tangente gelegt und diese als Ort für die Kreuzungspunkte benutzt. Für die Wahl dieser Linie war das Aussehen der Construction maßgebend, und wurde dasselbe in einer in großem Maaßstabe ausgeführten Zeichnung controlirt und festgesetzt. Geringe Abweichungen waren nicht zu vermeiden. Indem dann die Schnittpunkte zweier Diagonalen mit gleichem Index an der

oberen Gurtung genau in die Gurtungsaxe am Lastpunkt gelegt wurden, war der Schnittpunkt zweier Diagonalen in der unteren Gurtung nicht mehr beliebig zu wählen, sondern hing von den beiden gewählten Punkten (Schnittpunkt an der oberen Gurtung und Kreuzungspunkt) ab. Die Berechnung der Ordinaten und Abscissen für diese Diagonalschnitte an der unteren Gurtung werden nur in den Resultaten angeführt und sind in das Schema der Bogenconstruction eingetragen. Zur genauen Construction und Nietung der Diagonalen sind nun die Entfernungen der äußersten Niete von



Bezeichnung der Diagonale	Δy Differenz zwischen d. Ordinaten des idealen und wirklichen Knotens	Nr. Die Diagonale läuft zum Knoten der unteren Gurtung	Abscisse des unteren Knotens	$\text{tg } \alpha$	$\frac{x}{p}$ $\text{tg } \varphi$	α	φ	$\alpha - \varphi$ resp. $\alpha + \varphi$	$\cos(\alpha - \varphi)$ resp. $\cos(\alpha + \varphi)$	$\sin(\alpha + \varphi)$ resp. $\sin(\alpha - \varphi)$	$\cos \varphi$	$\frac{a + 3,5}{b} \cos(\alpha \pm \varphi) - \Delta y \cos \varphi$	x	x_1
10 _r	2,5 cm	9		1,46		55° 40'	20°	75° 40'	0,248	0,969	0,940	42,11	43,5	55,04
9 _r	—9,8	10	31,941	2,26	0,415	66° 10'	22° 30'	43° 40'	0,7234	0,6905	0,924	57,08	82,6	48,42
9 _i	6,9	8		1,143		48° 50'	17° 40'	66° 30'	0,399	0,917	0,953	39,01	42,5	61,45
8 _i	2,5	9	27,890	2,199	0,3625	65° 40'	20°	45° 40'	0,699	0,715	0,940	45,14	63,2	48,48
8 _r	8,1	7		0,962	0,272	43° 50'	15° 30'	59° 20'	0,510	0,860	0,964	38,86	45,2	65,83
7 _i	6,9	8	24,455	1,791	0,318	60° 50'	17° 40'	43° 10'	0,7294	0,684	0,953	40,76	59,6	50,82
7 _r	6,0	6		0,794	0,231	38° 30'	13° 20'	51° 50'	0,618	0,786	0,973	40,47	51,7	73,86
6 _i	8,1	7	21,300	1,320	0,277	52° 50'	15° 30'	37° 20'	0,795	0,6065	0,964	39,96	65,9	56,72
6 _r	3,4	5		0,687	0,192	34° 30'	11° 10'	45° 40'	0,699	0,715	0,981	43,46	60,7	81,64
5 _i	6,0	6	18,110	1,055	0,236	46° 30'	13° 20'	33° 10'	0,837	0,547	0,973	42,20	77,1	63,16
5 _r	3,7	4	12,007	0,539	0,153	28° 20'	8° 50'	37° 10'	0,797	0,604	0,988	43,73	72,5	98,12
4 _i	3,4	5	15,075	0,795	0,196	38° 30'	11° 10'	27° 20'	0,888	0,459	0,981	45,04	98,2	74,57
4 _r	4,2	3	8,93	0,420	0,114	22° 50'	6° 40'	29° 30'	0,8704	0,4924	0,993	43,65	88,6	120,69
3 _i	3,7	4	12,007	0,594	0,156	30° 40'	8° 50'	21° 50'	0,928	0,372	0,988	44,97	120,8	91,93
3 _r	5,0	2	5,82	0,329	0,0757									
2 _i	4,2	3		0,451										

NB. Für 10_r, 9_i und 9_r ist $b = 7,5$
 „ 8_i „ „ $b = 7$

für 8_r, 7_r, 6_r, 5_r, 4_r ist $b = 6$
 „ 8_i, 7_i, 6_i, 5_i, 4_i, 3_i „ $b = 6,5$.

Bezeichnung der Diagonale	Δy	Fuß der Diagonale im unteren Knoten	Abscisse des unteren Knotens m	$\text{tg } \alpha$ und α	$\text{tg } \varphi$	$\alpha - \varphi$ resp. $\alpha + \varphi$	$\sin(\alpha - \varphi)$ resp. $\sin(\alpha + \varphi)$	$\cos(\alpha - \varphi)$ resp. $\cos(\alpha + \varphi)$	$\cos \varphi$	$\frac{a + 3,5}{\sin(\alpha + \varphi)} - \Delta y \cos \varphi$	x_x	x_1
10a _l	5,4	9	28,155	1,581 57°40'	0,379 20°50'	78°30'	0,988	0,182		38,91	39,6	53,64
9a _r	-9,8	10	31,945	2,417 67°30'	0,415 22°30'	45°	0,707	0,707		56,96	80,5	47,7
9a _l	7,4	8	24,918	1,251 51°20'	0,324 18°	69°20'	0,936	0,353	0,951	38,2	40,8	58,79
8a _r	5,4	9	28,155	2,379 67°10'	0,379 20°50'	46°20'	0,723	0,690		42,39	58,5	47,64
8a _l	7,6	7	21,935	1,062 47°40'	0,285 15°50'	63°30'	0,895	0,446	0,962	37,97	42,4	61,54
7a _r	7,4	8	24,918	1,997 63°20'	18°	45°20'	0,711	0,703		40,12	56,5	49,36
7a _l	5,0	6	18,950	0,894 41°50'	0,246 13°50'	55°40'	0,826	0,564	0,971	41,13	49,8	68,60
6a _r	7,6	7	21,935	1,517 56°40'	15°50'	40°50'	0,654	0,757		40,21	61,5	53,78
6a _l	6,3	5	15,932	0,727 36°	0,207 11°40'	47°40'	0,739	0,673	0,979	40,47	54,8	78,55
5a _r	5,0	6	18,950	1,148 49°	13°50'	35°10'	0,576	0,817		43,06	74,7	60,46
5a _l	4,7	4	12,895	0,581 30°10'	0,1676 9°30'	39°40'	0,638	0,770	0,986	42,58	66,8	92,42
4a _r	6,3	5	15,932	0,854 40°30'	11°40'	28°50'	0,482	0,876		42,13	87,5	71,21
4a _l	4,5	3	9,810	0,452 24°20'	0,1275 7°20'	31°40'	0,525	0,851	0,982	43,25	82,5	113,46
3a _l	4,7	4	12,895	0,637 32°40'	9°30'	23°10'	0,393	0,919		43,95	111,7	86,69

Für 10a_l, 9a_r, 9a_l
„ 8a_r

wird $b = 7,5$
„ $b = 7$

Für 8a_l, 7a_l, 6a_l, 5a_l, 4a_l wird $b = 6$
„ 7a_r, 6a_r, 5a_r, 4a_r, 3a_r „ $b = 6,5$

den factischen Knotenpunkten der Diagonalen in der Tabelle auf voriger Seite berechnet und in die Zeichnung der Diagonalen eingetragen.

Es wurde festgehalten, daß die Entfernung des Nietes in der Diagonale, welcher der Gurtung am nächsten liegt, von der Tangente, welche in einem Punkte senkrecht über dem unteren Knoten an die obere Begrenzungcurve der Gurtung gezogen wurde, 3,5 cm beträgt, ferner, daß der höchste Niet der Diagonale 4 cm unter der unteren Begrenzungslinie der oberen Gurtung liegt. Die Skizzen a und b auf Spalte 110 machen die Verhältnisse klar. Der Abstand des ersten Nietes der Diagonale vom unteren wirklichen Knoten ist x ; dann ist für eine Diagonale mit dem Index l , welche also vom oberen Knoten n nach dem unteren Knoten $n + 1$ geht,

$$x = \frac{a + 3,5 + b \cdot \cos \varphi (\alpha - \varphi) - \Delta y \cos \varphi}{\sin(\alpha - \varphi)}$$

Δy bezeichnet hier die Differenz zwischen idealen und wirklichen Knoten. Für eine Diagonale mit dem Index r , welche von Knoten n oben nach Knoten $n - 1$ geht, wird

$$x = \frac{a + 3,5 + b \cos(\alpha + \varphi) - \Delta y \cos \varphi}{\sin(\alpha + \varphi)}$$

Der Abstand des ersten Nietes vom oberen Knoten ist

$$x = \frac{37,3 + 4 + b \cos \alpha}{\sin \alpha} = \frac{41,3}{\sin \alpha} + b \cos \alpha$$

Sämtliche Ausrechnungen sind (hinreichend genau mittelst Winkeltabellen und Rechenschieber) in den beiden Tabellen zusammengestellt, welche sich auf voriger und auf dieser Seite befinden.

Die Berechnung der Fahrbahn ist analog der im Jahrg. 1881, Spalte 445 ff. für die Rheinbrücke bei Coblenz gegebenen Berechnung erfolgt.

III. Die Lahnbrücke der Staatsbahn oberhalb Niederlahnstein.

(Hierzu Blatt 17 bis 19 im Atlas.)

A. Allgemeine Anordnung, Bauausführung und Belastungsproben.

Unmittelbar nach ihrer Abzweigung von der Lahnbahn nahe der Mündung der Bahn in den Rhein überschreitet die Eisenbahnstrecke Oberlahnstein-Coblenz-Güls den Lahnfluß unter einem Winkel von 36° 55' 52".

Die Bestimmung, daß die Lichthöhe über der am rechten Lahnufer vorhandenen Chaussee 4,2 m betragen und die letztere auf wasserfreier Höhe liegen sollte, ergab die Ordinate der Constructionsunterkante auf + 72,40 m

Amsterdamer Pegel. Die Schienenoberkante liegt auf 73,70, somit war eine Constructionshöhe von 1,3 m vorhanden.

Die allgemeine Anordnung des hiernach gefertigten Projectes ist auf Blatt 17 dargestellt. Die Ausführung des Unterbaues der Brücke bot keine besonderen Schwierigkeiten, weil in sehr geringer Tiefe unter der Flußsohle sich fester Felsen befindet und die Pfeiler unmittelbar auf denselben fundirt werden konnten. Da die Brücke nahe oberhalb einer Schleuse und eines Wehres liegt, so ist die Geschwindigkeit des Wassers sehr gering, und es konnte die Um-

schließung der Baugruben in einfachster Weise mit Bohlwänden erfolgen, zwischen welche sodann die Betonirung eingebracht wurde.

Belastungsproben.

Die Belastung der Lahnbrücke ging genau in derselben Weise vor sich, wie die der Rhein- und Moselbrücke, nur gestattete hier die geringere Höhe über der Flußsohle ein Aufschreiben der Durchbiegung durch den Träger selbst. Zugleich wurde mit Instrumenten beobachtet, und stimmten beide Ergebnisse hinreichend genau.

Die Maximaldurchbiegung hat bei ruhender Last 39 mm, bei Schnelfahrt 40 mm betragen.

Die aufgebrachte Last betrug rechts 199,8 t, links 213,8, also pro m Brücke gleichmäßig vertheilt $\frac{413,6}{70} = 5,9$ t oder pro Träger 2,95 t bei einem Eigengewicht von 2,6 pro Träger.

Die Momentenpolygone der auf die Brücke gebrachten Lastzüge haben eine Umhüllungscurve, welche sich einer Parabel nähern, die im Scheitel ein Moment von 2000 m t anzeigt; es würde daher das Aequivalent dieser Einzellasten in gleichmäßig vertheilter Last sich aus der Gleichung

$$q \frac{l^2}{8} = 2000$$

zu $q = 3,27$ t pro m ergeben.

Die statische Berechnung ist für eine Gesamtlast von 6,36 t pro m Geleis und 750 kg Spannung pro qcm ausgeführt.

J. W. Schwedler giebt die Durchbiegung

$$\Delta y = \frac{k}{\varepsilon} l^2 \frac{1}{h} \left(0,25 + \frac{h}{l} \right) \text{ resp. } \frac{k}{\varepsilon} l^2 \frac{1}{h} \left(0,25 + \frac{h}{2l} \right)$$

an, es ergibt das für $q = 3,27$.

$$k = \frac{750}{6,36} \cdot 3,27 = 386 \text{ kg,}$$

$$\text{also } \Delta y = \frac{386}{2000000} \cdot \frac{70^2}{7} (0,25 + 0,11) = 0,0405,$$

was der beobachteten Durchbiegung fast genau entspricht.

B. Statische Berechnung der Hauptträger.

Die Hauptträger haben eine Entfernung von 8,1 m von Mitte zu Mitte; die Entfernung der Stützpunkte beträgt 70 m und deren Verschiebung gegeneinander 10,776 m. Die Träger haben 26 Felder à 2,692 m Weite, von denen je 4 auf das schräge Ende kommen, so daß der 4te Knotenpunkt des rechtsseitigen Trägers dem Auflagerpunkte des linksseitigen Trägers normal zur Bahnaxe gegenüber liegt.

Wegen der großen Schräge der Brücke wurden die Träger mit parallelen Gurtungen projectirt, da eine gebogene obere Gurtung einen äußerst complicirten und schwer exact ausführbaren oberen Horizontalverband herbeigeführt haben würde.

Nach einer überschläglichen Berechnung ergab sich, daß das Trägersystem mit parallelen Gurtungen, Verticalen und zweifachem Diagonalsystem bei einer Höhe von $\frac{1}{10}$ der Stützweite den geringsten Materialbedarf herbeiführt.

a. Ermittlung der Spannungen.

Das Eigengewicht der Träger mit Fahrbahn beträgt nach specieller Ermittlung 2,445 t pro lfd. m Geleise. Die variable Last ist zu 3,915 t angenommen, so daß die Maximalbelastung pro lfd. m. 6,36 t beträgt. (NB. 40 Ctr. pro lfd. Fuß Geleise.)

Ist p die permanente, π die mobile und q die Gesamtlast pro Knotenpunkt, so wird bei 2,692 m Feldweite

Fig. 1. System I.

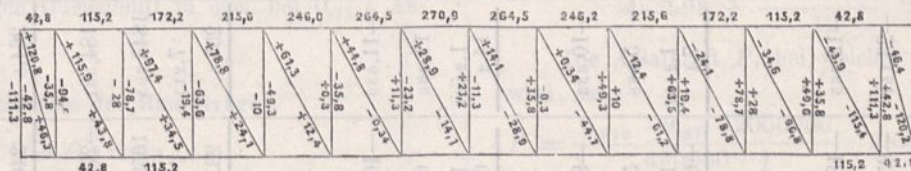


Fig. 2. System II.

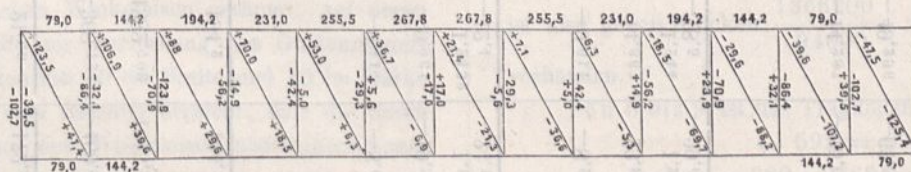
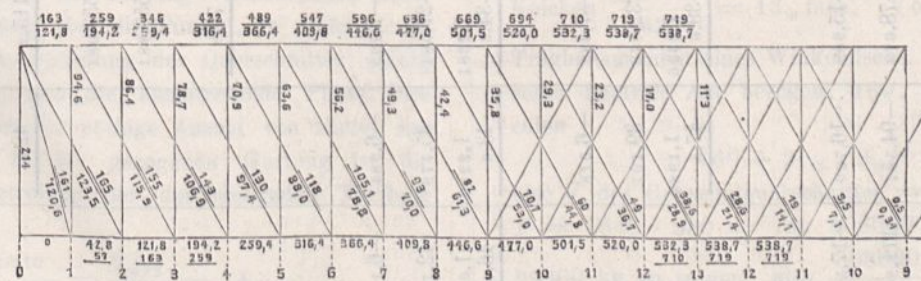


Fig. 3.



Knotenpunkt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
1)n=14; a<b	$A_1 = -qb = \dots$ $A_1 = \frac{n-3}{2} qb = \dots$	-92,180 414,811	322,631 414,811	230,451 414,811	138,271 414,811	46,091 414,811	-46,089 414,811	138,269 414,811	230,449 414,811	322,629 414,811	414,809 414,811	506,989 414,811	299,597 414,811		
Hauptreihe A	$M_1 = \frac{n-1}{2} qa = \dots$ $h = A_{(x+1)} \cdot h = \dots$	+299,585 7,00	806,576 7,00	1221,387 7,095	1544,018 7,161	1774,469 7,206	1912,740 7,231	1958,831 7,231	1912,742 7,231	1774,473 7,206	1544,024 7,161	1221,395 7,095	806,586 7,00	299,597 7,00	
2)n=13; a=b	$A_1 = -qb = \dots$ $A_1 = \frac{n-3}{2} qb = \dots$	-92,180 42,8	368,721 115,2	276,541 172,2	184,361 215,6	92,181 246,0	0 264,5	-92,181 270,9	-184,361 264,5	-276,541 246,2	-368,721 215,6	-460,901 172,2	-553,081 115,2		
Hauptreihe A	$M_1 = \frac{n-1}{2} qa = \dots$ $h = \dots$	+553,081 7,0	1013,982 7,032	1382,703 7,120	1659,244 7,176	1843,605 7,211	1935,786 7,231	1935,786 7,231	1843,605 7,211	1659,244 7,211	1382,703 7,231	1013,982 7,211	553,081 79,0		
Diagonalmalspannung	$M_x = \frac{1}{h} = \dots$	79,0	144,2	194,2	231,0	255,5	267,8	267,8	255,5	231,0	194,2	144,2	79,0		
3)n=14; a<b	$A_1' = -q + \frac{\pi \cdot a}{l} = \dots$ $A_1'' = \frac{\pi b}{l} = \dots$	-16,716 0,810	-15,905 94,571	-15,094 78,666	-14,283 63,572	-13,472 49,289	-12,661 35,817	-11,850 23,156	-11,039 11,308	-10,228 0,267	-9,417 -9,961	-8,606 -19,378	-7,795 -27,984	-6,984 35,779	-6,173 42,763
Hauptreihe B	$V_1 = \frac{n-1}{2} q = \dots$ $\text{cos } \beta = \dots$ $N_x = \text{cos } \beta V_x = \dots$	1,0841 129,6	1,2252 115,86	1,2381 97,4	1,243 78,8	1,2432 61,3	1,2472 44,8	1,2467 28,9	1,2467 14,2	1,2472 0,34	1,2432 -12,4	1,243 -24,1	1,2381 -34,6	1,2252 -43,9	1,0841 -46,4
4)n=13; a=b	$A_1' = -q + \frac{\pi \cdot a}{l} = \dots$ $A_1'' = \frac{\pi b}{l} = \dots$	-16,310 0,811	-15,499 86,417	-14,688 70,918	-13,877 56,230	-13,066 42,253	-12,255 29,287	-11,444 17,032	-10,633 5,588	-9,822 5,045	-9,011 14,867	-8,200 23,878	-7,389 32,078	-6,578 39,167	
Hauptreihe B	$V_1 = \frac{n-1}{2} q = \dots$ $\text{cos } \beta = \dots$ $N_x = \text{cos } \beta V_x = \dots$	1,1984 123,5	1,2326 106,9	1,2402 88,0	1,244 70,0	1,247 53,0	1,2467 36,7	1,2467 21,4	1,2467 7,1	1,247 -6,3	1,244 -18,5	1,2402 -29,6	1,2326 -39,6	1,1984 -47,5	
Diagonalmalspannung	$M_x = \frac{1}{h} = \dots$	47,4	39,6	29,6	18,5	6,3	-6,9	-21,3	-36,6	-53,0	-69,7	-88,2	-107,2	125,4	
5)n=14; a<b	$A_1' = -p - \frac{\pi \cdot a}{l} = \dots$ $A_1'' = -\frac{\pi b}{l} = \dots$	-6,988 -0,811	-7,799 -8,204	8,610 9,015	-9,421 -9,826	-10,232 -10,637	-11,042 -11,448	-11,854 -12,259	-12,665 -13,070	-13,476 -13,881	-14,287 -14,692	-15,098 -15,503	-15,909 -16,314	-16,720 -17,125	-17,531
Hauptreihe D	$V_1 = \frac{n-1}{2} p = \dots$ $N_x = \text{cos } \beta V_x = \dots$	42,783 46,3	35,795 43,8	27,996 34,5	19,386 24,1	9,965 12,4	-0,262 0,33	-11,304 14,1	-23,157 28,9	-35,821 44,7	-49,296 61,2	-63,582 79,2	-78,679 97,5	-94,587 116	111,306 112,3
6)n=13; a=b	$A_1' = -p - \frac{\pi \cdot a}{l} = \dots$ $A_1'' = -\frac{\pi b}{l} = \dots$	-7,393 39,490	-8,204 32,097	9,015 23,893	-9,826 14,878	-10,637 5,052	-11,448 -5,585	-12,259 -17,033	-13,070 -29,292	-13,881 -42,362	-14,692 -56,243	-15,503 -70,935	-16,314 -86,438	-17,125 -102,752	
Hauptreihe D	$V_1 = \frac{n-1}{2} p = \dots$ $N_x = \text{cos } \beta V_x = \dots$	39,490 47,4	32,097 39,6	23,893 29,6	14,878 18,5	5,052 6,3	-5,585 -6,9	-17,033 -21,3	-29,292 -36,6	-42,362 -53,0	-56,243 -69,7	-70,935 -88,2	-86,438 -107,2		

$$p = 6,58194$$

$$\pi = 10,53918$$

$$q = 17,12112 t.$$

Um die Spannungen zu berechnen, wird das System wegen der zweifachen Anordnung der Diagonalen in zwei Systeme zerlegt, deren Addition die Gesamtspannung ergibt. Das erste System hat 13 gleich große Felder, und zwar ist die Weite der Felder am Auflager = 2,3692, während die der 12 Mittelfelder = 5,381 m beträgt. Die Berechnung ist mit Hilfe arithmetischer Reihen, (von Oberbeck in No. 42 Jahrgang VII der Deutschen Bauzeitung veröffentlicht), ausgeführt und sind die Resultate aus der Tabelle auf Seite 115 u. 116 ersichtlich, in welcher die Spannungszahlen unterstrichen sind. Die Bezeichnungen sind denen des angeführten Aufsatzes conform; es bedeutet

n die Felderanzahl,
 a „ Breite des Endfeldes,
 b „ „ der übrigen Felder.

$$A_{x+1} = \frac{M_x}{y_x} = \text{Spannung der unteren Gurtung,}$$

$$N_{x-1} = \text{cosec. } \beta. V_x = \text{Spannung der Diagonalen,}$$

$$P_x = -V_x = \text{Anstrengung der Verticalen. Für } y_x$$

werden die Entfernungen der Schwerpunkte der oberen und unteren Gurtung eingeführt, bei Berechnung der Diagonalen und Verticalen die aus der Δy_x herrührenden Glieder vernachlässigt, da dieselben für die Anstrengung der Diagonalen günstig ausfallen, und bei den Verticalen bei der großen Sicherheit, welche gegen Knicken zu nehmen ist, nicht durchschlagen.

Von den drei Holzchnitten auf S. 113 u. 114 geben Fig. 1 und Fig. 2 die Maximalspannungen der oberen und unteren Gurtung, sowie die Maximal- und Minimalspannungen der Diagonalen und Verticalen; in Fig. 3 sind die aus System I und II addirten, bei der Ausführung zu berücksichtigenden Maximalanstrengungen eingetragen. Die unterstrichenen Zahlen geben den nöthigen Querschnitt in qcm bei 0,75 t Anstrengung des qcm an.

C. Construction der Hauptträger.

1. Die Gurtungen

bestehen aus je 2 Stehrippen von 56 cm Höhe, 2 cm Dicke, an ihrem oberen resp. unteren Rande mit zwei 12 à 12 breiten und 1,3 cm dicken Winkelleisen gesäumt, auf deren horizontale Schenkel die zur Herstellung des Gurtungsquerschnittes nöthigen Platten von 90 cm Breite und 13 cm Stärke aufgenietet sind. Es wird dadurch erreicht, daß die durch die verticalen Niete aus den Winkelleisen übertragene Spannung rechts und links vom Verticalblech ein gleich großes Revier der Horizontalplatten vorfindet.

Die den Querschnitt der Gurtung vermehrenden Horizontalplatten sind soweit über die Punkte, in welchen die Gurtspannung eine Vergrößerung des Querschnittes nöthig macht, hinausgeführt, daß die hinzutretende Platte ihre Spannung bereits durch die nöthige Anzahl von Nietten hat aufnehmen können. In der gezogenen Gurtung ist die Theilung der Stoßnietreihen der durchgehenden Theilung gleich und beträgt

$$\frac{\text{Felderweite}}{18} = \frac{2,3692}{18} = 14,95.$$

Die Stoßnietreihen der gedrückten Gurtung haben die Hälfte dieser Theilung.

2. Die Verticalen

werden in den Knotenpunkten zwischen den Stehrippen eingesetzt und bestehen aus 4 Winkelleisen, in der Nähe der Gurtungen durch ein 1 cm starkes Blech, zwischen den Gurtungen durch ein Gitterwerk, aus 1 cm starken Stäben bestehend, verbunden. Die Winkelleisen werden in der Nähe der Auflager den Drücken entsprechend durch Bleche von 1 cm Dicke verstärkt.

Die Verticalen der Knotenpunkte 1 bis 5 haben 4 Winkelleisen, 10,5 à 10,5. 1,3 cm stark, und 2 Bleche, 22 cm breit und 1 cm stark;

von 6 bis 9 4 Winkelleisen, 10,5 à 10,5. 1,3 cm stark,
 „ 10 „ 13 4 „ 9,0 à 9,0. 1,3 cm „

Die Verticalen sind außer gegen den Druck noch gegen Knicken zu sichern, was hier in der Ebene der Trägerwand erfolgen würde. Sie sind an den Enden wegen der Vernietung an die Stehrippen der Gurtungen als fest eingespannt zu betrachten, außerdem wird ihre Mitte durch Aufheftung der Diagonalen in der Verbindungslinie der Endpunkte gehalten. Eine Verbiegung kann demnach nur in der punkirt angedeuteten Weise erfolgen, und würde die Grenzkraft, bei welcher ein Knicken möglich würde, (nach Grashof No. 141) $P = 2,046 \pi^2 \frac{EJ}{l^2}$ betragen müssen.



Die Winkelleisen, 10,5 à 10,5. 1,3 cm stark, haben in Bezug auf ihre neutrale Axe, welche 3,1 cm von der breiten Seite absteht, ein Trägheitsmoment von ppr. 260; auf die Axe der Verticalen bezogen, beträgt dasselbe 592 und das des ganzen Verticalenquerschnitts 1 bis 5

$$4 \cdot 592 + \frac{2 \cdot 1 \cdot 22^3}{12} = \text{rot. 4140.}$$

Die Axialkraft P , bei welcher ein Zerknicken möglich wird, ist

$$P = \frac{2,046 \cdot 9,387 \cdot 2000000}{490000 \cdot \frac{1}{4}} \cdot J = 329,7 J \text{ oder rot. } 330 J$$

$$P = 330 \cdot 4140 = 1366200 \text{ kg.}$$

Der größte Druck für Verticalen 1 beträgt 94600. Es ist also gegen Knicken $\frac{1366200}{94600} = 14,3$ fache Sicherheit vorhanden.

Von 6 bis 9 ist das Trägheitsmoment des Querschnittes

$$4 \cdot 592 = 2368,$$

$$P \text{ also } = 330 \cdot 2368 = \text{rot. } 781000;$$

P wird gedrückt mit 56200 kg, also Sicherheit gegen Knicken $\frac{781000}{56200} = 13,9$ fach. Von 10 bis 13 ist das

Trägheitsmoment eines Winkelleisens, 9 à 9 · 1,3 cm stark, auf seine neutrale Axe bezogen, 160, auf die Axe der Verticalen

$$160 + 21,7 \cdot 3,22^2 = 385,$$

also J des Gesamtquerschnittes = 4 · 385 = 1540 und $P = 1540 \cdot 330 = \text{rot. } 508000 \text{ kg.}$ Verticalen 10 hat

29300 kg zu tragen, also $\frac{508000}{29300} = 17,3$ fache Sicherheit.

Die Endverticale besteht aus 2 Blechen von der Dicke der Verticalbleche der Gurtungen, deren Aeusseres durch 8 Winkel ($1\frac{1}{2}$, 1,3) ausgesteift resp. mit der Verticalplatte der unteren Gurtung verbunden wird, während diese Verbindung an der Brückenseite durch 4 solche Winkel und eine Platte von 1,3 cm Dicke hergestellt wird.

Letztere Verbindung hat an der Verbindungsfuge einen Querschnitt von $50 \cdot 1,3 + 4 \cdot 29,9 = 184,6$ qcm, wonach sich die Spannung des qcm zu $\frac{214}{2} \cdot \frac{1}{185} = 0,58$ t ergibt.

12 doppelschnittige Niete von 2,5 cm Durchmesser werden bei der Uebertragung dieser Kraft mit $\frac{107}{2 \cdot 12 \cdot 2 \cdot 4,9} = 0,45$ t pro

qcm auf Abscheerung, die Nietlochsleibungen derselben mit $\frac{107}{2 \cdot 24 \cdot 2,5} = \frac{107}{120} = 0,893$ t auf Druck beansprucht.

Die Verbindungen des Kopfes der Endverticale werden wegen der größeren Dimensionen nirgend bis zu diesen Spannungen beansprucht.

Verticale 1 und 1a sind oben mit 4 · 5 doppelschnittigen Nietten von 2,5 cm Durchmesser angeschlossen. Dieselben haben einen Widerstand gegen Abscheerung von

Spannung der $V = \frac{94,6}{5 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 4,9} = 0,48$ t
 Fläche der Nietschnitte
 pro qcm zu leisten, während der Druck auf die Leibung des Nietloches sich auf $\frac{94,6}{5 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2,5} = 0,95$ t

berechnet.

Der Fuß der Verticale ist einschneitig durch 2 · 18 Niete angeschlossen, deren Spannung $\frac{94,6}{36 \cdot 4,9} = 0,54$ t beträgt.

Verticale 2 bis incl. 4 sind durch 4 · 4 doppelschnittige Niete oben und unten angeschlossen. Bei 86,4 t Druck in den Verticalen beträgt die Scheerkraft in den Nietschnitten

$\frac{86,4}{4 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 4,9} = 0,55$ t. Der Druck in die Wände des Nietloches ist $\frac{86,4}{4 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2,5 \cdot 2} = 1,08$ t.

Verticale 5 und folgende sind durch 3 · 4 = 12 doppelschnittige Niete angeschlossen.

Es beträgt bei 63,6 t Druck die Inanspruchnahme auf Abscheerung $\frac{63,6}{12 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 4,9} = 0,54$ t, der Druck auf die Nietlochswandung

$$\frac{63,6}{6 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2,5} = 1,06$$

Die Inanspruchnahme auf Abscheerung ist so mäßig gehalten, weil das gekröpfte Blech der Verbindung des Kopfes und Fußes der Verticale den äußeren Nietschnitt möglicherweise nicht in gleicher Weise wie den inneren Schnitt anstrengt.

3. Die Diagonalen

erhalten die Stärke der Verticalbleche der Gurtungen = 2 cm, sind an die Stehrippen jedoch durch Doppellaschen angeschlossen. Die kreuzenden Diagonalen der Mittelfelder sind einseitig angeschlossen; Spannungen, Querschnitte und Anschlusniete der Diagonale sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt. Die beiden Enddiagonalen sind in den Kreuzungspunkt der Schwerlinie der oberen Gurtung und der Axe der Endverticale eingeführt und durch doppelte Anschlußplatten verbunden.

Spannungen und Querschnitte der Diagonalen und Anschlusniete.

Bezeichnung der Diagonale.	Zugspannung in t	Erforderl. Querschnitt bei 0,75 t Zug pro qcm	Querschnitts- Dimensionen der Diagonalen	Netto- Querschnitt in qcm	Anschlusniete			
					Querschnitt in qcm	Beanspruchung t	Leibungsfläche qcm	Druck in die Leibung t
0-1	120,6	161	2 · 44 · 2	166	12 · 4 · 4,9 235,2	0,51	2 · 12 · 2,5 · 2 120	1,01
0-2	123,5	165	2 · 44 · 2	166	12 · 4 · 4,9 235,2	0,53	120	1,03
1-3	115,9	155	2 · 41,5 · 2	156	11 · 4 · 4,9 215,6	0,54	2 · 11 · 2,5 · 2 110	1,06
2-4	106,9	143	2 · 38,0 · 2	144	12 · 4 · 3,14 150,72	0,71	2 · 12 · 2 · 2 96	1,12
3-5	97,4	130	2 · 34,5 · 2	130	150,72	0,65	96	1,02
4-6	88,0	118	2 · 31,5 · 2	118	10 · 4 · 3,14 125,6	0,71	2 · 10 · 2 · 2 80	1,1
5-7	78,8	105	2 · 28,5 · 2	106	9 · 4 · 3,14 113,04	0,7	2 · 9 · 2 · 2 72	1,1
6-8	70,0	93	2 · 25,5 · 2	94	8 · 4 · 3,14 100,48	0,67	2 · 8 · 2 · 2 64	1,1
7-9	61,3	82	2 · 22,5 · 2	82	7 · 4 · 3,14 87,92	0,7	2 · 7 · 2 · 2 56	1,1
8-10	53,0	71	2 · 20,0 · 2	72	6 · 4 · 3,14 75,36	0,7	2 · 6 · 2 · 2 48	1,1
9-11	44,8	60	2 · 17 · 2	60	75,36	0,6	48	0,94
10-12	36,7	49	2 · 14,5 · 2	50	4 · 4 · 3,14 50,24	0,73	2 · 4 · 2 · 2 32	1,15
11-13	28,9	39	2 · 12 · 2	40	50,24	0,58	32	0,91
12-12 ^a	21,4	29	2 · 12 · 1,5	30	5 · 2 · 3,14 31,4	0,68	2 · 5 · 2 · 1,5 30	0,71
13-11 ^a	14,1	19	2 · 10 · 1,3	20,8	4 · 2 · 3,14 25,12	0,56	2 · 4 · 2 · 1,3 20,8	0,68
12 ^a -10 ^a	7,1	10	2 · 8 · 1	12	3 · 2 · 3,14 18,84	0,38	2 · 3 · 2 · 1 12	0,58
11 ^a -9 ^a	0,34	0,45	2 · 8 · 1	12	18,84	—	12	—

D. Der horizontale Kreuzverband.

Betrachtet man als Fläche, welche dem Winde ausgesetzt wird, das 8fache der Gurtungsbreite, also $0,56 \cdot 8$, und auf das qm 125 kg als Druck des Windes wirkend, so ist im Auflager eine horizontale Kraft

$$A = \frac{125 \cdot 70}{2} \cdot 0,56 \cdot 8 = 19600 \text{ kg vorhanden.}$$

Der Sinus des Diagonalenwinkels beträgt bei den horizontalen Diagonalen

$$\frac{\text{Hauptträgerentfernung}}{\text{Diagonalenlänge}} = \frac{8,1}{\sqrt{8,1^2 + (2 \cdot 2,69)^2}} = \frac{8,1}{9,73} = 0,833.$$

Die Anstrengung einer Diagonale am Ende betrage danach $\frac{19600}{0,833} = 23600$.

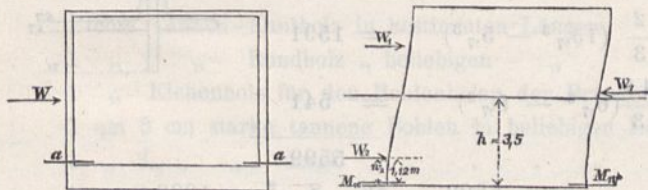
Da 2 Systeme vorhanden sind, genügt für die Enddiagonalen bei 1,3 cm Dicke eine Breite

$$b = \frac{11800}{1,3 \cdot 750} + 2,5 = 12,1 + 2,5, \text{ rund } 15 \text{ cm, während}$$

die Breiten nach der Mitte zu bis auf 7,5 cm abnehmen.

Anstrengungen im Querschnitte der Brücke.

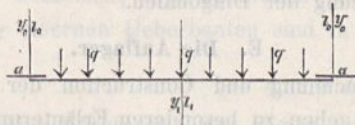
An der Stelle α des Brückenquerschnitts werden durch die Belastung der Fahrbahn einerseits und durch den Druck des Windes andererseits gewisse Spannungen erzeugt, welchen die Verticale und auch die horizontale Steife des horizontalen oberen Querverbandes genügen muß.



Durch den Winddruck entsteht ein Kräftepaar $W_1 \cdot h$ und $W_2 \cdot \omega_2$, welches den beiden Momenten in den Verticalen gleichgesetzt wird.

Betrachten wir ein Fach von 2,69 m Länge, so ist annäherd $M_w = W_1 h + W_2 \omega_2$

$$M_w = \frac{2,69 \cdot 125 \cdot 4 \cdot 0,56}{2} (350 + 112) = 174000.$$



Durch die Biegung in Folge der Querträgerbelastung kommt dazu ein zweites Moment M_b , welches sich aus der Gleichung ergibt

$$M_b = \frac{q l^2}{12 + \frac{8 l_0 J}{J_0 l_1}} \quad q l^2 = 8 M_{max} \text{ (cf. oben)}$$

l_0 eintaxirt zu 400

$y = \text{rot } 29300$

$l_1 = \text{,, } 800$

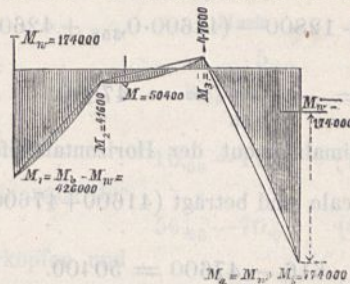
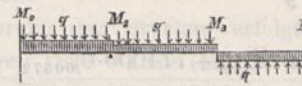
$$y_1 = \frac{M_a}{K} = \frac{6000000 \cdot 60}{750}$$

$$M_b = \frac{8 \cdot 6000000}{12 + \frac{8 \cdot 400 \cdot 6000000 \cdot 60}{750 \cdot 29300 \cdot 800}} = \text{rot: } 600000.$$

Diese beiden Daten genügen, um den oberen Theil des Brückenkastens als continuirliche Balkenconstruction zu

berechnen. Es soll das geschehen einmal unter der Vor-

aussetzung, daß der Wind die rechte und linke Verticale gleichmäÙig mit $\frac{125}{2}$ kg pro qm angreift, während die obere Spannstrebe nur ihr Eigengewicht zu tragen hat.



Es ist dann:

$$1) M_1 \frac{l}{y} + 2 M_2 \left(\frac{l}{y} + \frac{l_1}{y_1} \right) + M_3 \frac{l_1}{y_1} = \frac{1}{4} \frac{q l^3}{y} + \frac{1}{4} \frac{q l_1^3}{y_1}$$

$$2) M_2 \frac{l_1}{y_1} + 2 M_3 \left(\frac{l_1}{y_1} + \frac{l}{y} \right) + M_4 \frac{l}{y} = \frac{1}{4} \frac{q l_1^3}{y_1} + \frac{1}{4} \frac{q l^3}{y}$$

M und M_4 sind bekannt.

Gl. 1 \cdot 2 $\left(\frac{l_1}{y_1} + \frac{l}{y} \right) - 2 \cdot \frac{l_1}{y_1}$ giebt

$$3) M \frac{l}{y} \cdot 2 \left(\frac{l_1}{y_1} + \frac{l}{y} \right) - M_4 \frac{l}{y} \cdot \frac{l_1}{y_1} + M_2 \left[4 \left(\frac{l}{y} + \frac{l_1}{y_1} \right)^2 - \left(\frac{l_1}{y_1} \right)^2 \right] = \frac{1}{4} \frac{q l^3}{y} \left[2 \left(\frac{l_1}{y_1} + \frac{l}{y} \right) + \frac{l_1}{y_1} \right] + \frac{1}{4} \frac{q l_1^3}{y_1} \left[2 \left(\frac{l_1}{y_1} + \frac{l}{y} \right) - \frac{l_1}{y_1} \right]$$



Die beiden aus der Belastung der Fahrbahn resultirenden Momente M_b sind beide positiv; von dem aus dem Winddrucke herrührenden ist das in den linken Verticalen negativ, in den rechten positiv, so daß

$$M_1 = 600000 - 174000 = 426000$$

$$M_4 = 600000 + 174000 = 774000 \text{ wird}$$

$$\frac{1}{4} q \frac{l^3}{y} = \frac{1}{4} \cdot 62,5 \cdot \frac{700^2 \cdot 7}{29300} \cdot 2,69 = 4920$$

$$\frac{1}{4} q \frac{l_1^3}{y_1} = \frac{1}{4} \cdot 51,5 \cdot \frac{800^2 \cdot 8}{5159} = 12800$$

$$\frac{l_1}{y} = 0,155, \quad \frac{l}{y} = 0,024$$

$$\text{Factor von } M = 0,024 \cdot 2 (0,155 + 0,024) = 0,0086$$

$$\text{,, } M_4 = 0,024 \cdot 0,155 = 0,00372$$

$$\text{,, } M_2 = 4(0,155 + 0,024)^2 - 0,155^2 = 0,104$$

$$\text{,, } \frac{1}{4} q l^3 = 2(0,155 + 0,024) + 0,155 = 0,513$$

$$\text{Factor von } \frac{1}{4} \frac{q l_1^3}{y} = 2 (0_{,155} + 0_{,024}) - 0_{,155} = 0_{,203}$$

$$M_2 = \frac{4920 \cdot 0_{,513} + 12800 \cdot 0_{,203} + 774000 \cdot 0_{,00372} - 426000 \cdot 0_{,0086}}{0_{,104}} = 41600$$

$$M_3 = \left[\frac{1}{4} \frac{q l^3}{y} + \frac{1}{4} \frac{q l_1^3}{y_1} - 2 M_2 \left(\frac{l}{y} + \frac{l_1}{y_1} \right) - M \frac{l}{y} \right] \frac{y_1}{l_1}$$

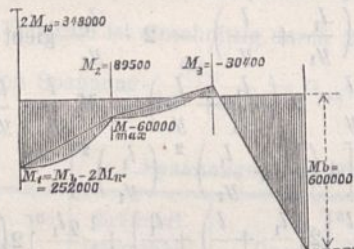
$$= \left(4920 + 12800 - (41600 \cdot 0_{,358} + 426000 \cdot 0_{,024}) \right) \frac{1}{0_{,155}}$$

$$= - \frac{7380}{0_{,155}} = - 47600.$$

Das Maximalmoment der Horizontalsteife liegt 184 cm von der Verticale und beträgt $(41600 + 47600) \frac{800 - 184}{800} + 0_{,515} \cdot \frac{184}{2} \cdot 616 - 47600 = 50400.$

Betrachtet man den Angriff des Windes so, daß nur die linksseitige Verticale afficirt wird, so ist M an der linken Seite = 600000 - 348000 = 252000, rechts = 600000.

Es ändert sich dann in Gl. 3 das Glied mit q , so daß dasselbe bei einem Werthe für $\frac{1}{4} \frac{q l^3}{y} = 9840$ den Werth $\frac{1}{4} \frac{q l^3}{y} \cdot 2 \left(\frac{l_1}{y_1} + \frac{l}{y} \right) = 9840 \cdot 0_{,358} = 3520$ erhält.



Es wird

$$M_2 = \frac{3520 + 12800 \cdot 0_{,203} + 600000 \cdot 0_{,00372} - 252000 \cdot 0_{,0086}}{0_{,104}} = 59500,$$

$$M_3 = \frac{9840 + 12800 - 59500 \cdot 0_{,358} - 252000 \cdot 0_{,024}}{0_{,155}} = 30400;$$

zwischen M_2 und M_3 liegt das Maximalmoment bei

$$400 - \frac{59500 + 30400}{800 \cdot 0_{,515}} = 182 \text{ cm von } M_2$$

Kostenangaben von dem Bau der Rhein- und der Moselbrücke.

Die Gesamtkosten der drei großen Brücken in der Staatsbahnstrecke Oberlahnstein-Coblenz-Güls haben unter Berücksichtigung der Einnahmen aus den alten Materialien und Geräthen betragen bei der

- 1) Rheinbrücke, einschl. der Stromregulierungs-Arbeiten, sowie des Baues von 3 Durchlässen in der Rheinlache . . . 3 155 000 M.
- 2) Moselbrücke 695 000 „
- 3) Lahnbrücke 291 000 „

Nachstehend folgen noch einige Kosten-Angaben von allgemeinem Interesse bezüglich der beiden ersteren Brücken. Bei der Vergleichung der Materialienpreise ist zu berücksichtigen, daß der größte Theil der Materialien zum Rhein-

und ist $\frac{59500 + 30400}{800} \cdot 618 + \frac{0_{,515} \cdot 182}{2} \cdot 618 - 30400 = 68000.$

Für den oberen Horizontalverband, welcher nur zur Versteifung der beiden Gurtungen dient und durch die 10 cm breiten Diagonalen in jedem Felde etwaige Stöße auf die nebenliegenden Knoten übertragen soll, ist eine 20 cm hohe, 1,3 cm starke verticale Platte mit 2 Winkelleisen à $\frac{3}{8}$. 1 zur Anwendung gekommen. Die Schwere beträgt pro lfd. m $(20 \cdot 1_{,3} + 2 \cdot 15 \cdot 1) 0_{,777} = 43_{,5}$ kg. Die Construction ist also etwas leichter als in der Rechnung, wo die Steife mit 51,5 kg. pro lfd. m eingesetzt war.

Das durch Biegung des Querträgers und event. Winddruck auf die Steife übertragene Biegemoment beträgt, wie oben berechnet worden, 68000 cm kg, die Axialkraft, aus dem Winddrucke herrührend, 753 kg. Das Trägheitsmoment der Steife berechnet sich wie folgt:

$$F = 20 \cdot 1_{,3} = 26$$

$$2 \cdot 15 \cdot 1 = 30$$

$$\frac{56}{2} = 28$$

$$\text{stat. Moment} = \frac{20^2 \cdot 1_{,3}}{2} + 2 \cdot 8 \cdot 9_{,7} + 2 \cdot 7 \cdot 6_{,2} = 502$$

$$\eta = \frac{502}{56} = 8_{,97}$$

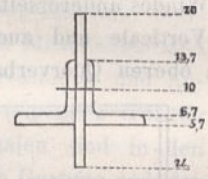
$$y_u = \frac{1_{,3}}{3} 20^3 = 3467$$

$$\frac{2}{3} (13_{,7}^3 - 5_{,7}^3) = 1591$$

$$\frac{14}{3} (6_{,7}^3 - 5_{,7}^3) = 541$$

$$\frac{5599}{56} = 100$$

$$y_\eta = 5599 - 56 \cdot 8_{,97}^2 = 1093.$$



Bei einem Maximalmomente von 68000 cmkg. wird

$$K_{\text{oben}} = \frac{68000 \cdot 11_{,03}}{1093} = 0_{,69} t$$

$$K_{\text{unten}} = \frac{68000 \cdot 8_{,97}}{1093} = 0_{,56} t.$$

Gegen Knicken in horizontaler Richtung sind die Steifen durch zwei Winkelleisen gesichert; letztere dienen zugleich zur Unterstützung der Diagonalen.

E. Die Auflager.

Die Berechnung und Construction der Fahrbahn und der Auflager geben zu besonderen Erläuterungen keine Veranlassung.

brückenbau auf dem Wasserwege bezogen werden konnte; dagegen mußten wegen der nur mit großen Schwierigkeiten zu passirenden Moselstrecke von Coblenz bis Güls — die Mosel enthält hier eine ziemlich reisende Stromschnelle, das Gänsefürtchen — und wegen der im Sommer vielfach vorkommenden zu niedrigen Wasserstände die für die Moselbrücke bestimmten Materialien größtentheils per Achse zur Baustelle geschafft, oder in Coblenz für den weitem Wassertransport in kleinere Fahrzeuge umgeladen werden. In Folge dessen stellen sich die meisten Materialienpreise bei der Moselbrücke theurer, als bei der Rheinbrücke. Andererseits darf nicht unberücksichtigt gelassen werden, daß bei der Rheinbrücke durch die Größenverhältnisse des Bauwerks

und der Baustelle, sowie durch die schwierigen Stromverhältnisse eine umfangreichere Verwendung von kostspieligen maschinellen Einrichtungen (ausgedehnte Geleisanlagen mit Drehscheiben und Transportwagen, Dampfboote, Dampfkrahe und Aufzüge für den Transport der Mauerwerksmaterialien zu den Verwendungsstellen etc.), ferner stärkere Gerüste bedingt waren, als bei der Moselbrücke. Endlich

kommt bei der Rheinbrücke die Anlage der großen Brückenthürme in Betracht.

Die Ausführung der Brücken erfolgte in der Hauptsache in den Jahren 1876—1878 (Moselbrücke 1877—1878).

In den folgenden Angaben sind Verwaltungskosten nicht mit enthalten, und beziehen sich die eingeklammerten Zahlen auf die Moselbrücke.

A. Materialpreise.*)

1. Maurer-Materialien.

	Mark	Mark
1 cbm Bruchsteine aus Grauwacke oder Thonschiefer einschl. Aufsetzen	5,00	(4,90)
1 „ „ Senksteine desgl. frei Schiff	3,00—3,50	(3,50—3,80)
1 „ „ Grauwacken-Kleinschlag	5,00	(4,60)
1 qm Schichtsteine (Mantelsteine)	10,00—11,00	(11,00—12,00)
1 cbm Werksteine aus Niedermendiger Basaltlava zu den Pfeilervorköpfen je nach der Bearbeitung	56,25—70,00	(60,00—63,75)
1 „ „ Desgl. aus rothem Sandstein aus der baier. Pfalz zu den Pfeilervorköpfen und Hauptgesimsen desgl.	70,50	(67,00—90,00)
1 Tausend Ziegelsteine, bessere Sorte, zum Verblenden geeignet	36,75	(38,00)
1 „ „ desgl. Hintermauerungs-Ziegel	—	(24,50)
1 cbm Mauersand, durch Sieben des Baggerkieses gewonnen	1,10	—
1 „ „ desgl. vulkanischer, sog. Bimssand	—	(2,00)
1 hl gemahlener Trafs	1,44	(1,56)
1 „ „ gebrannter hydraulischer Kalk (Beckumer Wasserkalk)	2,18	(2,47)
1 T° Cement 180 kg Brutto- = 170 kg Nettogewicht einschl. Tonne	8,44	(9,60)

2. Zimmer-Materialien.

1 cbm Tannen-Kantholz in bestimmten Längen	34,75—43,50	(39,45—43,00)
1 „ „ „ Rundholz „ beliebigen „	23,90—24,00	(23,50)
1 „ „ „ Eichenholz für den Bohlenbelag der Brücken	85,00	(85,00)
1 qm 5 cm starke tannene Bohlen in beliebigen Längen	2,15—2,40	(2,15—2,30)
1 „ „ 3,6 „ „ „ desgl.	1,62—1,80	—
1 „ „ 2,4 „ „ „ „	1,20	—
1 „ „ 6 „ „ „ eichene Bohlen (Brückenbelag)	5,40	(5,40)
1 „ „ 5 „ „ „ „ „	4,50	(4,50)
1 „ „ 3,5 „ „ „ „ „	3,15	(3,15)

3. Eisen-Materialien.

100 kg schmiedeeiserne Schraubenbolzen für die Arbeitsgerüste und dgl. frei Waggon Coblenz	22,00—23,00	(20,00—20,80)
100 „ „ Walzeisen, Grubenschienen, Profileisen etc. wie vor	—	(13,50—15,06)

(Die Kosten der eisernen Ueberbauten sind in der den Schluß bildenden Tabelle enthalten.)

4. Walzblei zur Gewölbe-Abdeckung.

(Die Marktpreise des Bleies unterliegen erheblichen Schwankungen; die betr. Submissionen fanden statt: für die Rheinbrücke im Juli 1877, für die Moselbrücke im Mai 1878.)

100 kg Walzblei (Rollenblei)	42,35	(36,70)
--	-------	---------

5. Steinkohlen zur Heizung der Maschinen.

10000 kg Steinkohlen kosteten frei Zeche im Jahre 1877	62,00	
10000 „ „ „ „ „ „ „ 1878	54,00	
10000 „ „ „ frei Schiff an der Rheinbrücke 1877 bzw. 1878	120,40 bzw. 112,40	
10000 „ „ „ „ Waggon, Station Coblenz „ „ „	125,90 „ 117,90	
10000 „ „ „ „ Lagerplatz a. d. Moselbrücke „ „ „	170,90 „ 162,90	

B. Kosten der Fundirung.

- 1) Die Kosten für die Herstellung und Versenkung des Betons und zwar pro cbm Beton sind aus den Gesamtkosten ermittelt, welche bei der Betonanstalt an

*) Die Preise verstehen sich, wo nichts anderes gesagt ist, in Mark frei Baustelle bzw. Magazin daselbst und sind größtentheils das Ergebnis öffentlicher Submissionen.

der Rheinbrücke für die überhaupt angefertigte Masse von 11270 cbm Beton — davon 5100 cbm für die 3 Hauptpfeiler —, (an der Moselbrücke für 1720 cbm) entstanden sind. Diese Kosten betragen pro cbm

a. für die Materialien: Kies (Kleinschlag), Sand, Trafs und Kalk	8,22	(10,34)
b. für die Herstellung der Betonanstalt und Beschaffung der maschinellen Einrichtungen und Geräte zur Bereitung, zum Transport*) und Versenken des Betons (einschl. der Drehscheiben, Krähne und Transportwagen an der Rheinbrücke)	3,54	(4,80)
c. an Tagelöhnen für Bereitung, Transport und Versenken des Betons	4,80	(2,97)
d. für diverse Arbeiten, als Tauchen, Peilen etc.	0,19	—

Kosten für 1 cbm Beton = 16,75 (18,11)

Bei einer Grundfläche der 3 Hauptpfeiler der Rheinbrücke von 1380 qm. (bezw. der 2 Stropfpfeiler und des westlichen Landpfeilers der Moselbrücke von 570 qm) und der für die Pfeiler verwendeten Betonmasse von 8100 cbm (1720 cbm) betragen demnach

	Fundirungskosten		pro qm Grundfläche	
	im Ganzen	in M.	in M.	in M.
1) die Kosten der Betonirung	136 000	(31 200)	99	(54)
2) Für die Arbeits- und Senkgerüste bis auf etwa + 4,5 m Brückenpegel einschl. der Fangedämme wurden verausgabt	154 000	(44 300)	111	(78)
3) für Wasserwältigung desgleichen	5 200	(270)	4	(1)
4) für die Steinpackung um die Pfeiler desgl.	15 300	(4600)	11	(8)

Gesamtkosten der Fundirung 310 500 (80 370) 225 (141)

Auf 1 Cubikmeter Beton berechnet, betragen die angegebenen Kosten:

zu 1, für die Betonirung einschl. Material	16,75	(18,11)
„ 2, „ „ Gerüste und Fangedämme	19,302	(25,76)
„ 3, „ „ Wasserwältigung	0,364	(0,16)
„ 4, „ „ Steinpackung	1,789	(2,67)
Gesamtkosten der Fundirung, pro cbm Beton berechnet	38,30	(46,70)

C. Kosten des Mauerwerks.

Bei der Rheinbrücke sind im Ganzen 25 300 cbm, bei der Moselbrücke 7140 cbm fertiges Mauerwerk — Fundament-, aufgehendes, Gewölbe- etc. Mauerwerk — zur Ausführung gekommen. Die Kosten desselben setzen sich zusammen aus den

1) Kosten für die Beschaffung der Materialien:

Dieselben betragen:

	Kosten des Mauerwerks		pro cbm	
	im Ganzen	in M.	in M.	in M.
a. für Bruchsteine	121 400	(33 300)		
b. „ Schichtsteine (Mantelsteine)	30 700	(17 600)		
c. „ Werksteine	235 200	(81 100)		
d. „ Ziegelsteine	37 600	(6 700)		
e. „ Mauersand	5 300	(4 100)		
f. „ Trafs	10 000	(5 200)		
g. „ hydraulischen Kalk	30 000	(13 200)		
h. „ Cement	14 900	(1 200)		

zusammen 485 100 (162 400)

oder durchschnittlich pro cbm Mauerwerk

19,17 (22,75)

2) Kosten für die Beschaffung und Unterhaltung der zur Ausführung des Mauerwerks und zur Mörtelbereitung, zum Transport der Materialien u. s. w. notwendigen Maschinen und Geräte, und zwar:

a. Anteil an der Beschaffung der Laufbühnen, Transportwagen, Karren, Mörtelmaschinen etc. nebst den Reparaturen	87 000	(12 800)	3,44	(1,80)
b. Arbeitslohn für die Mörtelbereitung	26 800	(3 700)	1,06	(0,52)
3) Kosten der Mauerarbeiten	160 800	(42 400)	6,36	(5,94)

4) Kosten für die Rüstungen zur Ausführung des aufgehenden Mauerwerks, und zwar:

Uebertrag 759 700 (221 300) 30,03 (31,01)

*) Die Kosten der zum Schleppen der Transportmaschinen bei der Rheinbrücke benutzten Dampfboote sind hier nicht einbegriffen. Die letzteren dienten hauptsächlich zum Bugsiren der Flöße und Segelschiffe, welche die Rheinbrückenbaustelle zu passiren hatten, und es liefs sich der richtige Anteil nicht mit Genauigkeit ermitteln.

	Uebertrag	759 700 (221 300)	30,303	(31,01)
a. Rüstungen für den Aufbau der Pfeiler und bei der Rheinbrücke der Thürme		101 700 (17 000)		
Die Ausführung der Fluthbrücken und der Endpfeiler an der Moselbrücke konnte mittelst Gerüste von gewöhnlicheren Rüsthölzern erfolgen.			5,68	(2,83)
b. Lehrbögen für die Gewölbe der Fluthbrücken (bei der Moselbrücke unter Verwendung alter Materialien, daher ausschl. Material)		41 900 (3 200)		
5) Kosten für diverse Arbeiten		16 300	0,66	—
Summa der Kosten des Mauerwerks		919 600 (241 500)	36,37	(33,84)

D. Gesamt-Durchschnittskosten der Brücken.

Die Gesamt-Ausgaben für die Herstellung der Brücken ausschließlich der eisernen Ueberbauten und der Stromcorrections-Arbeiten (bei der Rheinbrücke: auch ausschließlich der Durchlässe in der Rheinlache, sowie ausschließlich der Kosten für ein lediglich zum Durchzugszweck der Flöße vorgehaltenes Dampfboot, jedoch einschliesslich der Brückenthürme) haben unter Berücksichtigung der Einnahmen betragen 1 578 000 (417 000)

Die Mauerwerkskörper umfassen im Ganzen einschliesslich der Betonkörper' 33 400 cbm (8860 cbm)

Demnach betragen die Gesamt-Baukosten, auf 1 cbm der Mauerwerkskörper berechnet, rund 47,20 M. (47 M.)

E. Kosten der Baggerarbeiten.

Bei der Austiefung der Baugruben und Ausführung der vorgeschriebenen Stromcorrectionen sind an der Rheinbrücken-Baustelle reichlich 400 000 cbm, an der Moselbrückenbaustelle etwa 20 000 cbm Kies gebaggert und gefördert worden. An der Rheinbrücke waren 3 Dampfbagger in Thätigkeit, von denen 1 Bagger während 8 Monate an der Moselbrücke arbeitete.

Die Ausgaben für die Bagger- und Transport-Arbeiten — auf 1 cbm gefördertes Baggermaterial berechnet — haben betragen:

- 1) für die Bedienung der Bagger einschl. Heiz- und Schmiermaterial pro cbm 0,183 (0,199)
- 2) für Reparatur der Bagger (bei der Moselbrücke: einschliesslich des Hin- und Hertransports des Baggers) „ 0,065 (0,096)
- 3) für Werthverminderung der Bagger um 1/4 des Neuwerths und 5 % Zinsen vom Neuwerth (bei der Moselbrücke: Miete à 5,50 M. pro Tag) „ 0,060 (0,067)
- 4) für den Transport des Baggermaterials vom Bagger bis zur Verwendungsstelle, frei Schiff*) „ 0,271 } (0,690)
- 5) für Auswerfen, Auskarren bzw. Auskrannen des Baggermaterials „ 0,496 }
- 6) für die Vor- und Unterhaltung der Kiesnachen nebst Zubehör „ 0,025 (0,068)

Summa Kosten der Baggerarbeit pro cbm Baggermaterial 1,100 (1,120)

F. Die eisernen Ueberbauten der drei Brücken.

a) Maafs- und Gewichts-Angaben.

Name des Bauwerks.	Winkel der Brückenaxe mit der Flufsrichtung	Lichte Weite			Anzahl der Oeffnungen	Gewicht pro Oeffnung					Eigengewicht sämtlicher Oeffnungen	Von dem Gewicht pro Oeffnung entfallen auf die				Eigengewicht der Eisenconstruction pro Geleis und Meter der Stützweite
		normal zwischen den Pfeilern	in der Brückeaxe	Stützweite		Schmiedeeisen	Guss-eisen	Stahl	Blei	im Ganzen		Hauptträger	Fahrbahn	Horizontalver-bände	Geländer	
		m			kg											
1. Rheinbrücke	90°	106	106	107	2	570432	14950	12512	528	598422	1196844	439996	96288	50047	12091	2796
2. Moselbrücke	80°	64,01	65	65,6	3	249672	8696	225	34	258627	775881	185015	43105	23043	7464	1971
3. Lahnbrücke	36° 55' 52"	40,26	67	70	2	354179	11369	337	417	366302	732604	261397	76339	28566	—	2616

*) Die Kosten der zum Schleppen der Kiesnachen bei der Rheinbrücke benutzten Dampfboote sind hier nicht einbegriffen. Bei der Moselbrücke erfolgte der Transport per Hand mittels Schiffsstaken.

b) Kosten, Nietenzahl und Anstrichflächen.

Name des Bauwerks.	K o s t e n										Anzahl der Niete in allen Oeffnungen, excl. Geländer				Anstrichs- flächen	
	des Ueberbaues für alle Oeffnungen excl. Rüstung, An- strich und Neben- arbeiten.		der sämtlichen Montierungs- gerüste.		des Anstrichs.		der Nebenarbeiten.		des Ueberbaues incl. Anstrich, Rüstung und der Nebenarbeiten.		von 20 mm Durch- messer	von 25 mm Durch- messer	im Ganzen	pro 100 kg Eigen- gewicht	des gesamten Ueberbaues excl. Geländer	pro 100 kg Eigen- gewicht
	im Ganzen	pro 100 kg	im Ganzen	pro 100 kg	im Ganzen	pro 100 kg	im Ganzen	pro 100 kg	im Ganzen	pro 100 kg						
	M.										S t ü c k.				qm	
1. Rheinbrücke	401345	33,53	60790	5,08	6718	0,56	8147	0,68	477000	39,85	81382	115520	196902	16,5	11554	0,99
2. Moselbrücke	226835	29,24	28050	3,62	3530	0,45	4585	0,59	263000	33,90	81312	68352	149664	19,3	6284	0,83
3. Lahnbrücke	182982	24,98	25810	3,52	3770	0,50	1438	0,20	214000	29,20	87960	48540	136500	18,6	8154	1,11

Die Kosten des von der Gutehoffnungshütte zu Oberhausen II a. d. Ruhr gelieferten eisernen Ueberbaues der Rheinbrücke, incl. der Montierungsgerüste, jedoch excl. der von der Bauverwaltung aufgestellten Senkgerüste zur Unterstützung der Montierungsgerüste und excl. Anstrich, betragen pro 100 kg Schmiedeeisen, Gufseisen und Stahl 37,20 Mark; pro 100 kg Blei 70 Mark.

Die Kosten des von derselben Firma gelieferten eisernen Ueberbaues der Moselbrücke, incl. sämtlicher Gerüste und excl. Anstrich, betragen pro 100 kg Schmiedeeisen, Gufseisen, Stahl und Blei 33 Mark.

Die Kosten des vom Eisenwerk Kaiserslautern gelieferten eisernen Ueberbaues der Lahnbrücke, incl. sämtlicher Gerüste und excl. Anstrich, betragen pro 100 kg Schmiedeeisen, Gufseisen, Stahl und Blei 28,50 Mark.

Für die Rheinbrücke wurde ein Montierungsgerüst, für die Mosel- und Lahnbrücke sind je zwei Montierungsgerüste hergestellt.

Der dreimalige Anstrich der reinen Eisenconstruction wurde mit 46 Pfg. pro qm vergeben, und der Anstrich der Geländer bei der Rhein- und Moselbrücke wurde mit 1 Mark pro lfd. m bezahlt.

Betrieb und Signaleinrichtung auf dem Ablaufgeleise des Bahnhofes Mochbern und Locomotivschuppen auf Bahnhof Sommerfeld.

(Mit Zeichnungen auf Blatt 20 und 21 im Atlas.)

I. Signaleinrichtung auf Bahnhof Mochbern. (Blatt 20.)

Auf dem Bahnhofe zu Mochbern ist im Jahre 1877 ein Ablaufgeleis mit der Ansteigung 1 : 100 hergestellt. Dasselbe war bis 1881 im Betriebe, wird jedoch zur Zeit nicht mehr benutzt, weil sich das Rangiren mit Pferden nach den dortigen Verhältnissen noch billiger stellt.

Für die Handhabung des Betriebes auf dem Ablaufgeleise wurden im Allgemeinen die bezüglichlichen Einrichtungen auf den sächsischen Bahnen als Vorbild genommen, und erfolgte die Verständigung bei den einzelnen Rangir-Manövern im Anfange wie dort durch Zurufen. Der Umstand, daß diese unvollkommene Methode leicht zu Mißverständnissen führen konnte, gab jedoch bald Veranlassung, auf eine zweckentsprechende Signalisirung Bedacht zu nehmen, und wurde dem Bedürfnis durch die auf Blatt 20 dargestellte, von dem Geheimen Regierungsrath Spielhagen projectirte Signalvorrichtung Rechnung getragen.

Das Signal besteht aus 6 in einem vertical stehenden Kreise am Kopf eines Mastes angebrachten, bei Dunkelheit mit Gas beleuchteten Laternen und zwei in der Ruhstellung vertical herunter hängenden Doppelarmen. Letztere werden durch eine an der Ablaufstelle der Wagen befindliche Stellvorrichtung bewegt und dienen dazu, durch Verdeckung einer oder zweier Laternen verschiedene Signalformen herzustellen. Jedem Geleise entspricht eine bestimmte Stellung der Arme. Für den Betrieb in Mochbern waren 9 verschiedene Signale erforderlich und in Anwendung; das System gestattet jedoch eine erhebliche Vermehrung der Signalzeichen.

Der Apparat functionirte sicher und zuverlässig, so daß Zweifel über die Bedeutung der Signale nicht vorkommen konnten; auch sind während der ganzen Zeit, in welcher

derselbe im Betriebe sich befand, weder Unglücksfälle noch Störungen zu verzeichnen gewesen.

Durch den Umstand, daß der Bahnhof Mochbern im Westen von dem Eisenbahndamm der Breslau-Schweidnitz-Freiburger Bahn, welche hier die Königl. Niederschlesisch-Märkische Bahn mittelst Ueberführung kreuzt, begrenzt wird, war die Länge des Ablaufgeleises auf 400 m beschränkt.

Um die für das Weiterlaufen auf der Horizontalen erforderliche Geschwindigkeit zu erlangen, mußten die Wagen an einer Stelle zum Abflauen gebracht werden, deren Entfernung vom Fusse der Rampe nach Maafgabe der angeordneten Beobachtungen zu 126 m angenommen wurde. Dieser Punkt wurde als Aufstellungsort für den Stellbock des Signalmastes gewählt, während letzterer am Fuß der Rampe seinen Standort erhielt. Die Rampe oberhalb des Stellbockes gewährte somit noch Raum zur Aufstellung von 60 bis 65 Achsen.

Das Rangirgeschäft wurde nun in folgender Weise gehandhabt:

Auf der Rampe waren am Schlusse des Zuges neben dem Mann am Stellbock, dem lediglich die Stellung des Signals nach mündlichem Commando des Ober-Rangirers oblag, zwei Leute beschäftigt, und zwar ein Ober-Rangirer und ein Rangirer.

Dem Ober-Rangirer war durch Aushändigung eines sogen. Spitzzettels oder durch Beschreiben der Wagen vor Beginn des Rangirgeschäftes Anweisung darüber ertheilt, nach welchen Geleisen die verschiedenen Wagen zu dirigiren seien. Beim Ausrufen der Nummer des betreffenden Geleises seitens des Ober-Rangirers gab der Mann am Stellbock das Signal für das betreffende Geleis, der Ober-Rangirer hob die Kuppelung aus, auf sein Commando „Los“ entfernte der

Rangirer seinen bis dahin vor das letzte Wagenrad gelegten Bremsmittel, und die Wagen liefen ab.

Am Fuß der Rampe waren zwischen den beiden Weichenstraßen in entsprechender Entfernung 5 Rangirer zum Hemmen der Wagen postirt.

Die Zahl der gleichzeitig abrollenden Wagen betrug höchstens 3, unter denen einer mit Bremse versehen sein mußte, häufig aber auch nur 1 oder 2. Die nächstfolgenden Wagen wurden jedesmal erst dann abgelassen, wenn die vorhergehenden den Signalmast passirt hatten.

Ein Zug von 150 Achsen beanspruchte zum Rangiren einen Zeitaufwand von 60 Minuten.

Die zu rangierende Achsenzahl betrug durchschnittlich 800 täglich, stieg aber zu Zeiten auf 1000 und darüber.

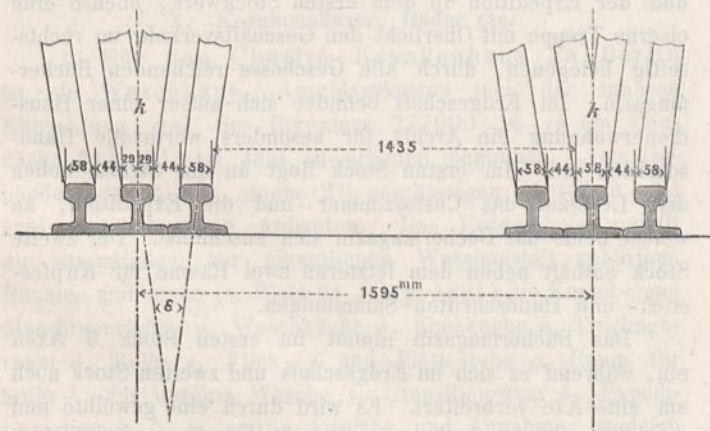
II. Locomotivschuppen auf Bahnhof Sommerfeld.

(Blatt 20 und 21.)

Der auf Blatt 20 im Grundriß, Querschnitt und der Giebelansicht dargestellte Locomotivschuppen zu Sommerfeld ist nach einem zuerst auf Bahnhof Mochbern zur Ausführung gekommenen System des jetzigen Eisenbahn-Directors Vieregge construiert und unter Oberleitung des Directors des Königl. Eisenbahn-Betriebs-Amts Breslau-Sommerfeld, Geheimen Regierungsrath Spielhagen, zur Ausführung gelangt.

Wie aus der Grundriß-Zeichnung zu ersehen, laufen die Geleise von der Drehscheibe in der Weise aus, daß je zwei derselben durch eine Thoröffnung geführt werden, wodurch sich die Anordnung der Feuergruben in gleichartigen Gruppen zu je zweien ergibt.

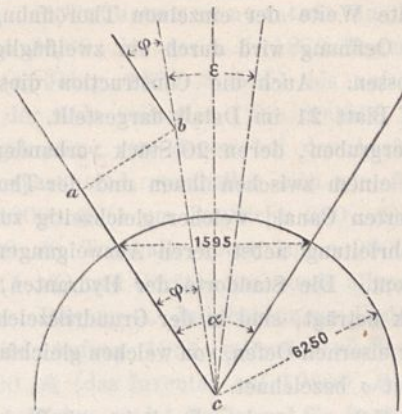
Die Hauptabmessungen des Schuppens stellten sich wie folgt:



Die vor dem Schuppen liegende Drehscheibe hat einen Durchmesser von 12,5 m erhalten; am Umfange derselben laufen je 4 Stück Schienen der Strahlengeleise in der Weise zusammen, daß die beiden mittleren zu einem Schienenkopf *k* von 58 mm Kopfbreite sich vereinigen. Von diesem mittleren Schienenkopfe sind die ebenfalls 58 mm breiten Köpfe der beiden äußeren Schienen durch einen Zwischenraum von je 44 mm getrennt. Hiernach beträgt der Abstand je zweier Schienenköpfe *k* von einander von Mitte zu Mitte

$$(1435 + 58 + 44 + 2 \cdot 29) = 1595 \text{ mm}$$

und der Winkel α zwischen den beiden durch die Mitten der Schienenköpfe *k* gelegten Radiallinien, welche in ihrer Verlängerung auf die Eckpunkte des polygonalen Schuppens treffen, ergibt sich (vgl. die nachstehende Skizze) aus der Beziehung:



$$\sin \frac{\alpha}{2} = \frac{1595}{6250} = 0,2568$$

und hieraus

$$\frac{\alpha}{2} = 7^\circ 20', \text{ daher } \alpha = 14^\circ 40'.$$

Bezeichnet ϵ den Winkel, um welchen die Drehscheibe gedreht werden muß, um von einer Geleisstellung auf die nächstfolgende überzugehen, so ist:

$$\sin \frac{\epsilon}{2} = \frac{44 + 2 \cdot 29}{6250} = 0,00816$$

$$\epsilon = 56'$$

der Centriwinkel φ der einzulegenden Geleiscurve ergibt sich danach durch die Gleichung:

$$\varphi = \frac{\alpha - \epsilon}{2} = \frac{14^\circ 40' - 56'}{2} \text{ zu } 6^\circ 52'.$$

Der Radius *R* der Geleiscurven ist zu 180 m angenommen; dem entspricht eine Tangentenlänge der Curve von:

$$t = R \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} = 180 \cdot 0,05999 = 10,798 \text{ m.}$$

Ferner ist mit Rücksicht auf die Mittelstützen der Dachconstruction das Maaß *ab* zwischen den nach den Polygon-ecken gerichteten Radiallinien und den dazu parallel laufenden Mittellinien der Schuppengeleise (Blatt 20) zu 2,1 m festgesetzt. Die Entfernung des Winkelpunktes *b* der Curve von dem Mittelpunkte *c* der Drehscheibe ergibt sich hiernach aus der Beziehung:

$$bc = \frac{2,1}{\sin \varphi} = \frac{2,1}{0,11956} = 17,565 \text{ m.}$$

Es bleibt daher zwischen Curvenanfang und Umfang der Drehscheibe noch ein gerades Stück von:

$$17,565 - (10,798 + 6,250) = 0,517 \text{ m.}$$

Die Curve endigt im Schuppen am Anfang der Feuergrube, so daß letztere vollständig in der Geraden liegt.

Der Schuppen ist ebenso wie die davor liegende Drehscheibe auf einer durchschnittlich 3,5 m hohen Sandschüttung fundirt; die Umfassungswände, die Thorsäulen und Pfeiler, wie die Feuergruben und die Drehscheibe haben eine Unterlage von 16 cm starken Granitplatten erhalten.

Die Vorderfront des Schuppens wird außer den Mauerpfeilern an den Giebeln durch 9 Stück gußeiserne Säulen gebildet, zwischen denen Bogen eingewölbt sind, welche das darüber liegende Mauerwerk tragen. Die Säulen sind unter sich und mit den Giebelpfeilern durch Eisenanker verbunden. Form und Construction sind auf Blatt 21 ersichtlich gemacht.

Die lichte Weite der einzelnen Thoröffnungen beträgt 4,67 m; jede Oeffnung wird durch ein zweiflügliges eisernes Thor geschlossen. Auch die Construction dieser eisernen Thore ist auf Blatt 21 im Detail dargestellt.

Die Feuergruben, deren 20 Stück vorhanden sind, entwässern nach einem zwischen ihnen und der Thorfront belegenen gemauerten Canal, welcher gleichzeitig zur Aufnahme der Wasserrohrleitung nebst deren Abzweigungen nach den Hydranten dient. Die Standorte der Hydranten, deren Anzahl 10 Stück beträgt, sind in der Grundriffszeichnung mit *h*, diejenigen der eisernen Oefen, von welchen gleichfalls 10 Stück vorhanden, mit *o* bezeichnet.

Das aus Holz construirte Dach ist mit Pappe auf Schalung eingedeckt.

Der Locomotivschuppen gehört zu den umfangreichen Erweiterungsbauten des Bahnhofes Sommerfeld, deren Ausführung in den Jahren 1877 bis 1880 erfolgte und dem Vorsteher der derzeitigen Eisenbahn-Bauinspektion in Sommerfeld, Eisenbahn-Bauinspector Balthasar, oblag. Die

specielle Leitung dieser Bauten war dem Regierungs-Baumeister Rebentisch übertragen.

Der Bau wurde im Frühjahr 1879 begonnen und im Herbst desselben Jahres zu Ende geführt, nachdem im Laufe des vorhergehenden Jahres die Sandschüttung hergestellt war. Da die Sandschüttung lagenweise unter fortwährendem Bewässern und Stampfen erfolgte, so ist das Setzen des Schuppens vollkommen gleichmäÙig vor sich gegangen, und haben sich bis jetzt keinerlei Risse im Mauerwerk gezeigt, ein Erfolg, welcher wohl hauptsächlich der großen Sorgfalt zu danken ist, mit welcher sowohl bei Herstellung der Sandschüttung als auch bei dem Verlegen der Granitplatten verfahren wurde.

Der Schuppen hat einschl. Sandschüttung (rund 14000 cbm, welche mit Arbeitszug auf 13 km Entfernung herangeschafft werden mußten) und vollständiger Ausrüstung 98319 *M.* 32 *S.*, pro Stand also rund 4916 *M.* gekostet.

Die bebaute Grundfläche beträgt 2466 qm, stellt sich daher pro Quadratmeter auf rund 40 *M.*

Zusammenstellung der bemerkenswertheren Preussischen Staatsbauten, welche im Laufe des Jahres 1880 in der Ausführung begriffen gewesen sind.

(Fortsetzung zu Seite 459 u. ff. im Jahrg. 1881. Mit Zeichnungen auf Blatt 22 im Atlas.)

Von Gebäuden für wissenschaftliche und künstlerische Institute etc. wurde ferner:

3. der Bau des Kunstgewerbe-Museums in Berlin im Aeußern bis auf einige Decorationen fertiggestellt, und konnten die Unterrichtsräume des I. Stockes sowie die Räume des II. Stockes bereits am 17. October ihrer Bestimmung übergeben werden.

4. In dem Schlosse zu Marburg (XXIX)*) wurde in dem Südfügel behufs dessen Umwandlung zum Staatsarchiv des Regierungsbezirks Cassel (s. Jahrg. 1880 S. 467) die Herstellung eines eisernen mit Schiefer gedeckten Daches und feuersicherer Decken, sowie die innere Einrichtung (mit der des sog. Stockhauses zusammen zu 34100 *M.* veranschlagt) so weit gefördert, daß die Vollendung in 1881 bestimmt zu erwarten stand, außerdem aber mit dem Ausbau des Westflügels zu gleichem Zwecke (Anschlag 60000 *M.*) am 1. September begonnen.

5. In Greifswald (X) wurde der Neubau der Universitätsbibliothek, zu 254000 *M.* (492 *M.* à qm Baufläche) veranschlagt, in Angriff genommen. Nach allen vier Seiten frei, wird das Gebäude an der Rubenowstraße mit einem 1,2 m über Terrain reichenden Keller und drei Geschossen von 4,5 m, 5 m und 4 m lichter Höhe im Ziegelrohbau mit an die Renaissance sich anschließenden Formen und bei

sparsamer Verwendung von Formsteinen in rother Farbe mit gelben Gliederungen und Gesimsen aufgeführt.

Nach den Grundriffszeichnungen auf Bl. 61 Jahrg. 1881 vermittelt die an dem (seitlichen) Haupteingange belegene Haupttreppe den Verkehr des Publikums mit dem Lesesaal und der Expedition in dem ersten Stockwerk, ebenso eine eiserne Treppe mit Oberlicht den Geschäftsverkehr im rechtsseitig belegenen, durch alle Geschosse reichenden Büchermagazin. Im Erdgeschofs befindet sich außer einer Hausdienerwohnung ein Archiv für besonders werthvolle Handschriften etc. Im ersten Stock liegt an der Straße neben dem Lesesaal das Custoszimmer und die Expedition, an welche beide das Büchermagazin sich anschließt. Der zweite Stock enthält neben dem letzteren zwei Räume für Kupferstich- und Handschriften-Sammlungen.

Das Büchermagazin nimmt im ersten Stock 3 Axen ein, während es sich im Erdgeschofs und zweiten Stock noch um eine Axe verbreitert. Es wird durch eine gewölbte und vier eiserne Zwischendecken in 6 Geschosse von je 2,5 m Höhe getheilt. Die Aufstellung der Bücherregale ist, wie in den Grundrissen angedeutet, in parallelen Reihen senkrecht übereinander angeordnet. Die von durchbrochenen gußeisernen Platten gebildeten Zwischenböden ruhen auf Längsträgern und Winkelstützen, letztere bilden mit ihren Horizontal- und Diagonalverbindungen in 2 m Entfernung parallele Querwände, welche zugleich als Rückwände für je 2 Bücherregale dienen.

Der Bau ist Mitte April begonnen, Ende October unter Dach gebracht und dürfte Anfang 1882 der Benutzung übergeben werden können. Gegen die veranschlagte Summe werden sich ca. 30000 *M.* Ersparniß ergeben.

IX. Technische Lehranstalten, Akademien und Fachschulen.

1. Der Bau der Kunst- und Gewerkschule zu Berlin (s. Jahrg. 1879 S. 443) ist vollendet und bereits

*) Die den Ortsnamen hinzugefügten eingeklammerten römischen Zahlen bezeichnen den Regierungsbezirk resp. die Landdrostei, in welchem der betr. Ort liegt, hierbei bedeuten die Zahlen I Königsberg, II Gumbinnen, III Danzig, IV Marienwerder, V Ministerial-Bau-Commission Berlin, VI Potsdam, VII Frankfurt a.O., VIII Stettin, IX Coeslin, X Stralsund, XI Posen, XII Bromberg, XIII Breslau, XIV Liegnitz, XV Opoln, XVI Magdeburg, XVII Merseburg, XVIII Erfurt, XIX Schleswig, XX Hannover, XXI Hildesheim, XXII Lüneberg, XXIII Stade, XXIV Osnabrück, XXV Aurich, XXVI Münster, XXVII Minden, XXVIII Arnberg, XXIX Cassel, XXX Wiesbaden, XXXI Coblenz, XXXII Düsseldorf, XXXIII Cöln, XXXIV Trier, XXXV Aachen und XXXVI Sigma- ringen.

im April 1880 dem Gebrauch übergeben. An den Kosten des in General-Entreprise ausgeführten Baues sind gegen den Anschlag 39000 \mathcal{M} erspart worden.

2. Das Hauptgebäude der K. technischen Hochschule zu Berlin, welches in 1879 bis zur Fußbodenhöhe des ersten Stockes vorgeschritten war, ist mit Ausschluss des vorderen Theiles vom Mittelbau unter Dach gebracht und eingedeckt.

3. Der Umbau eines 35 m langen Theiles des Schlosses zu Münden (XXI) nebst anstoßendem Treppenhaus wurde für die Zwecke der dortigen Forstakademie für 31000 \mathcal{M} , die Summe des Anschlages, ausgeführt. Es sind Lehr- und Sammlungsräume für die Abtheilungen der Forstwirtschaftslehre, der Chemie und Mineralogie und der Zoologie in den drei Geschossen des betr. Gebäudetheiles eingerichtet. Ein Auditorium dient für alle drei Abtheilungen, während diese im Uebrigen von einander räumlich getrennt sind und je ein Geschoss einnehmen. — Für Gas- und Wasserleitungen, sowie für Mobilien zur Ausrüstung der Lehr- und Sammlungsräume und des Auditoriums sind 23000 \mathcal{M} veranschlagt.

4. Bei Fortsetzung des Baues der Kunstakademie zu Düsseldorf (s. Jahrg. 1878 S. 491) wurde der zur Zeit der Einweihung am 20. October 1879 noch nicht ganz beendete innere Ausbau fertiggestellt, außerdem sind neben der Mobilienlieferung mehrere Nebenanlagen in Angriff genommen und theilweise beendet worden. Die gänzliche Vollendung steht im J. 1883 zu gewärtigen.

5. Der Neubau des Staatsarchiv-Gebäudes zu Wiesbaden (s. Jahrg. 1880 S. 466) ist im Wesentlichen vollendet und dürfte am 1. April 1881 übergeben werden können.

X. Krankenhäuser, Bäder etc.

1. Für das Charité-Krankenhaus zu Berlin ist ein Waschhaus, Anschlagskosten incl. der inneren Einrichtung und des Inventars 277000 \mathcal{M} (à qm Baufläche 215 \mathcal{M}), im Juni zu erbauen begonnen. Das Gebäude besteht aus einem 2 $\frac{1}{2}$ geschossigen Mittelbau und zwei eingeschossigen Anbauten. Das Erdgeschoss enthält die sämtlichen zur eigentlichen Waschanstalt gehörigen Räume, und zwar (s. Blatt 61 Jahrg. 1881) die Kessel- und Maschinenräume *a*, Waschküche *b*, Kochküche *c*, Trockenraum *d*, Rolle *e*, Flick- *f* und Plättestube *g*, Raum für Seife *h*, für unreine Wäsche *i*, Utensilienraum *k*, Expeditionszimmer *l*, *m* und *n* Ausgabe und Annahme, zugleich als Verbindungsgang benutzt, Knechtstube *o* und Closet und Baderäume *p*. — Im ersten Stock ist die Wohnung des Wäschereinspectors, Wäschemagazin und Wohn- resp. Schlafräume der Wäschemägde vertheilt. — Das Dachgeschoss enthält Geschirr- und Gerätekammern, sowie einen großen Trockenboden, welcher mit einem Wäscheaufzug in Verbindung steht.

Das Gebäude wird im Rohbau bei sparsamer Verwendung von Formziegeln aufgeführt. Für die Ableitung des Wrasens sind fünf gemauerte Schlotte über den Wasch-, Koch- und Trockenräumen vorgesehen. Diese Schlotte sollen zur besseren Wirkung durch Dampfspiralen erwärmt werden, außerdem noch Flügelapparate erhalten. Der Bau ist mit Ausnahme des Dampfschornsteins im Rohbau vollendet, seine Uebergabe auf den 1. September 1881 bestimmt.

2. Bei der Taubstummenanstalt zu Berlin, Elssasser StraÙe 86/88, ist der i. J. 1879 begonnene Erweiterungsbau (s. Jahrg. 1879 S. 535) bis auf unerhebliche Arbeiten in der Aula vollendet. Die 200000 \mathcal{M} betragenden Anschlagskosten, von denen bei der Ausführung circa 35000 \mathcal{M} erspart sind, vertheilen sich wie folgt: Hauptgebäude 134000 \mathcal{M} (à qm Baufläche 290 \mathcal{M}), dessen Inventar 10000 \mathcal{M} , Turnhalle nebst Anbau 28000 \mathcal{M} (à qm Baufläche 111 \mathcal{M}) und Geräte etc. sowie allgemeine Kosten 28000 \mathcal{M} . — Der am 1. Juli begonnene Umbau des alten Gebäudes wird Anfang 1881 vollendet werden. Derselbe ist auf 41000 \mathcal{M} (das Inventar auf 10800 \mathcal{M}) veranschlagt und enthält 1 Wohn- und 1 Schlafsaal für Knaben, 2 Wohnzimmer und 1 Schlafsaal für Mädchen, 2 Waschräume, Speisesaal, 2 Krankenzimmer, Wohnung für den ersten Lehrer und für die Erzieherin, im Kellergeschoß die Wirtschaftsräume und die Wohnung des Oekonomen.

3. Bei dem Kurgebäude zu Bad Ems (XXX) wurde die Kellereianlage, Anschlagskosten 50000 \mathcal{M} , bis auf geringe Arbeiten in 1880 beendet. Dieselbe befindet sich dicht hinter dem Kurhause im sog. fiscalischen Badegarten und besteht aus einer geräumigen in Holzfachwerk errichteten Halle zum Wässern der frischen Krüge, drei gewölbten großen Kellern zum Lagern und Aufbewahren der gefüllten Krüge und einer mit Aufzug verbundenen Förderbahn. An die Halle schlossen sich Räume zum Stopfenbrennen, Verpacken etc., ebenfalls in Holzfachwerk, an. Die Keller sind in den Mauern aus Bruchsteinen, in den mit Boden bedeckten Gewölben aus Backsteinen hergestellt. Die zweigeleisige Förderbahn hat einen leichten Holzüberbau mit Pappdach erhalten. Der dazu gehörige Förderthurm einschließlich des Daches und die Förderwagen sind aus Eisen gefertigt.

4. Bad Neuendorf (XXIX) erhielt eine neue Badeeinrichtung, Anschlagskosten 151760 \mathcal{M} . Dazu gehört:

a) das Betriebsgebäude. Dieses wird hinter dem alten Badehause an der Chaussee nach dem Bahnhofe in einfacher Backsteinarchitektur mit überhängendem Schieferdach, die Sohlbänke aus Sandstein, ausgeführt und zerfällt in 4 Theile, nämlich einen mit Laterne gekrönten Mittelbau von 2 Geschossen, in welchem die zum Badebetrieb erforderlichen Bottiche Aufstellung finden, und 3 eingeschossige Bauten: das Kesselhaus nebst Werkstätte, die linksseitig belegene Badeanstalt, bestehend aus Warte- und Ankleideraum nebst Zubehör und 3 überwölbten Baderäumen, endlich die Waschküche nebst Trockenraum, beide überwölbt, nebst Rollkammer und Leinendepot. Anschlagskosten 54700 \mathcal{M} (à qm Baufläche im Durchschnitt 101 \mathcal{M});

b) der von der Einfriedigungsmauer begrenzte Kohlenhof an dem linken Flügel des Betriebsgebäudes, dessen Abschluss ein in Ziegelrohbau mit abgewaltem Schieferdach entworfener und an einer Seite offener Kohlenschuppen bildet; derselbe ist auf 3700 \mathcal{M} veranschlagt (à qm 36 \mathcal{M});

c) der 25 m hohe, im Ziegelrohbau mit Sandsteingesimsen projectirte Schornstein hinter der Werkstätte des Betriebsgebäudes, dessen Anschlagskosten 6800 \mathcal{M} betragen;

d) die Wasserleitung, zu welcher die Quellkammer der Desinghäuser Quelle, eine durch den Ablaufschacht führende Leitung zu dem 2,7 m unter der Quelle belegenen Hoch-

behälter auf dem Galenberge und die Leitung in das wieder 28,5 m tiefer disponirte Betriebsgebäude gehört. Die Quellschloß besteht aus einer 13,4 m langen Grabeneinfassung, einem gewölbten Gange und der Kammer, der Hochbehälter aus zwei je 50 cbm fassenden übereinander liegenden Reservoiren und einer Ventilkammer. Letztere sowie die Quellschloß sind noch i. J. 1880, und zwar in Sandstein mit einfachen Renaissanceformen, vollendet. — Außer dieser Leitung ist ein unter Terrain liegendes zweitheiliges Reservoir für die Breitenfelder Schwefelquell-Leitung angelegt. Die Kosten dieser Anlagen und der maschinellen Einrichtungen im Betriebsgebäude sind auf 80900 *M.*, die Einfriedigungsmauern und sämtliche Nebenanlagen auf 5660 *M.* veranschlagt. — Bis zum Beginn der nächsten Badesaison war die Beendigung sämtlicher Arbeiten in Aussicht gestellt.

XI. Ministerial-, Regierungs- und Dienstgebäude anderer Behörden.

1) Betreffs des Baues des Oberpräsidial- und Regierungsgebäudes zu Königsberg i. Pr. kann hier lediglich auf die specielle Veröffentlichung desselben in dieser Zeitschrift (Jahrg. 1881, S. 11, 273, 385 u. Bl. 1—9 im Atlas) Bezug genommen werden.

2) Von dem Dikasterialgebäude in Danzig, s. Jahrgang 1880, S. 535, wurde der rechtsseitige Zwischen- und der Hinterbau unter Dach gebracht und provisorisch mit Pappe eingedeckt, der Mittelbau sowie der ganze linksseitige Gebäudetheil bis zum Gurtgesims des II. Stockes aufgeführt. Trotz der Behinderung durch anhaltend nasse Witterung im Spätsommer soll das Gebäude doch mit Ausschluß des rechtsseitigen, erst später in Angriff zu nehmenden Flügels im Frühjahr 1882 vollendet werden.

3) Der im Jahre 1879 begonnene Neubau eines Dienstgebäudes des Ministeriums der geistlichen etc. Angelegenheiten in Berlin nimmt eine Baustelle ein, welche sich nach dem auf Bl. 22 gegebenen Grundplane von der Straße Unter den Linden No. 4 bis zu dem im Grundrisse des Erdgeschosses schraffirt dargestellten Hause in der Behrenstraße No. 71 ausdehnt. Ein später auszuführender Neu- resp. Umbau des letztgenannten Hauses sowie des daneben gelegenen Eckhauses der Behren- und Wilhelmstraße, welches z. Z. sich im Besitz des K. Staatsministeriums befindet, soll die Kasse, die Calculatur und die Registraturen sowie eine größere Anzahl von Zimmern für Räte aufnehmen. Dagegen wird der jetzt in der Ausführung begriffene Bau Unter den Linden (s. die Grundrisszeichnungen auf Bl. 22) folgende Räume enthalten: in dem Erdgeschoss: *a* Saal für Vereine, welche zu dem Ministerium in Bezug stehen, *b* Zimmer für Modelle, *c* Haupttreppe, *d* Zimmer für den Unterstaatssecretair, *e* desgl. für den Ministerialdirector, *f* Konferenzzimmer, *g* Vestibül, *h* Diensttreppe, *i* Centralbüro, *k* Sitzungssaal etc., *l* Pferdestall, *m* Wagenremise, *n* Futterraum, *o* Wirtschaftsräume der Dienstwohnung, *p* Durchfahrt, *q* Portier und *r* Corridor; im ersten Stock: *a* Wohn- und Repräsentationsräume des Ministers, *b* Festsaal, *d* Arbeits-, *e* Sprech-, *f* Bibliothek- und *g* Wartezimmer desselben, *c* Dienst-, *h* Haupttreppe, *i* Treppe zum II. Stock, *k* Vestibül, *l* Nebentreppe, *m* Wendeltreppe zum Dachboden, *n* Treppe der Dienerschaft, *o* Zimmer für Räte, *p* Corridor und *q* Anrichteräume. —

Im zweiten Stock erstreckt sich die Dienstwohnung des Ministers vom linken Seitenflügel, welcher über dem Saale in vier Räume für die Dienerschaft getheilt ist, bis zur Mitte des Vordergebäudes, wo Schlaf- und Fremdenzimmer untergebracht sind, während die rechte Seite des Vorderhauses sowie der rechte Seitenflügel zu Büreaus für Räte eingerichtet wird. Das hintere Quergebäude ist in diesem wie in seinem dritten Stock für die Canzlei bestimmt. — Im Keller sollen einige Wohnungen für Unterbeamte Platz finden.

In der mit Sandstein verblendeten Vorderfaçade ist das in der Mittelaxe liegende Portal besonders betont, auch daselbst über dem Hauptgesims eine Sculpturengruppe angeordnet. Mit Ausnahme der vom I. Stock abwärts reichenden Frontentheile des Wirtschaftshofes, welche in einfachem Ziegelrohbau gehalten werden, sind die Hinterfaçaden im Putzbau mit nur wenigen Sandsteingesimsen und einigen Sgraffitodarstellungen projectirt. — Die Beheizung geschieht in den Kellerwohnungen durch Kachelöfen, im Uebrigen durch Warmwasserheizung. Die Ventilation erfolgt aus den mit Luftheizung zu erwärmenden Corridoren.

Während der Abbruch der alten Gebäude und die Freilegung der Baustelle in 1880 fortgesetzt wurde, ist das Vordergebäude nebst dem linken Seitenflügel unter Dach gebracht und die Verblendung der Sandsteinfaçade mit Ausnahme des Mittelportales bis zur Höhe des Gurtgesimses über dem Erdgeschosse bewirkt worden. Außerdem konnte noch für einen Theil der übrigen Gebäude das Fundament gelegt werden.

4) Zur Aufnahme des K. Consistoriums der Provinz Brandenburg wurden in dem fiscalischen Gebäude Schützenstraße No. 26 zu Berlin bauliche Herstellungen vorgenommen, welche die Gaseinrichtung, die Entwässerung des Grundstückes und die Anlage von Closets betreffen. Gesamtkosten 6970 *M.* — Ausserdem sind daselbst mit einem Aufwande von 15700 *M.* die linke Hälfte des Erdgeschosses und der ganze erste Stock zu Geschäftsräumen für das Consistorium eingerichtet, auch beide Geschosse durch eine Treppe verbunden, ferner behufs Benutzung seitens des K. Provinzial-Schulcollegiums die rechte Hälfte des Erdgeschosses und der II. Stock in Stand gesetzt und durch einen Actenaufzug und eine Telephonleitung in geeignete Verbindung gebracht.

5) Auf dem Grundstück Niederwallstraße No. 39 in Berlin wurden die bisherigen Geschäftsräume der K. Ministerial-Baucommission in dem Erdgeschosse (Registraturen etc.) aus diesem in den II. Stock verlegt, ferner die Räume des erstgenannten Geschosses zur Benutzung für die Kasse eingerichtet und die drei Geschosse dieses Gebäudetheils durch eine Treppenanlage verbunden. Die im October begonnenen und auf 25000 *M.* veranschlagten Arbeiten sollten Anfang 1881 beendet werden.

6) Der im Jahre 1880, S. 537 beschriebene Erweiterungsbau der Dienstgebäude für die K. Oberrechnungskammer in Potsdam, incl. Ausstattung zu pp. 22000 *M.* (à qm Baufläche zu 250 *M.*) veranschlagt, wurde bis auf unwesentliche innere Arbeiten vollendet, auch bereits in seinem ganzen Umfange in Benutzung genommen.

7) In Magdeburg wurde zur Erweiterung des Regierungshauptgebäudes, Domplatz No. 3, behufs Vermehrung der Geschäftsräume insbesondere der Hauptkasse, unter

Beseitigung des oberen nicht nutzbaren Halbgeschosses, der Aufbau eines II. Stockwerks sowie die Verlängerung des nördlichen Flügelbaues in Angriff genommen und hiermit die Erneuerung des größten Theils der Dachflächen verbunden. Anschlagssumme 93000 \mathcal{M} . Die Arbeiten sollen in 1881 vollendet werden.

8) Zur Erweiterung des Geschäftshauses der K. Regierung in Erfurt wurde auf dem Mittelbau des Hintergebäudes vom Erdgeschoß ab ein massiver Aufbau mit Putzarchitektur begonnen. Die früheren Stallungen im Erdgeschoß sind zum Theil beibehalten, zum Theil als Treppenhaus und Lagerräume für Brennmaterial umgebaut. Der erste Stock mit seinen 6 Räumen ist für das Bezirksverwaltungsgericht, der zweite Stock für das Regiesungsarchiv bestimmt. Die Anschlagskosten betragen 30000 \mathcal{M} (à qm Baufläche ca. 127 \mathcal{M}); für Mobiliar sind 24000 \mathcal{M} und für die Gas- und Wasserleitung 2200 \mathcal{M} in Ansatz gebracht. Die Fertigstellung soll im Juni 1881 erfolgen.

9) Der Neubau des Geschäftshauses der K. Regierung in Cassel (s. Jahrg. 1878, S. 581) ist bis auf das Versetzen der Säulen, des Gebälks und der Attika des Mittelbaues im Rohbau vollendet und mit einem Holzcementdach versehen; ferner sind die Putzarbeiten im Wesentlichen beendet, die Nebentreppen von Werkstein aufgestellt, auch die Fenster eingesetzt und verglast.

XII. Geschäftshäuser für Gerichte.*)

Während des Jahres 1880 befanden sich, wie im Vorjahre, 70 Gerichtsgebäude-Bauten in der Ausführung. Unter diesen sind 12, welche zugleich ein Gefängniß mit enthalten; neben 47 fortgesetzten Neubauten wurden fünf begonnen, außerdem sind 18 Um- und Erweiterungsbauten, darunter 7 neu in Angriff genommene, in der Ausführung begriffen gewesen.

Fortgesetzte Neubauten.

Von diesen sind bis zum Jahresschluß 32 gänzlich vollendet worden, während die Land- und Amtsgerichtsgebäude in Allenstein (I) und Lyck (II) nur in unwesentlichen Theilen noch unvollendet blieben und die Bauten des Criminalgerichts-Etablissements zu Moabit (Berlin), des Geschäftshauses für die Gerichte in Cassel (XXIX), der Amtsgerichte zu Berlinchen (VII), Hagen (XXVIII) und Haigerloch (XXXVI), sowie der Landgerichte zu Halle (XVII) und Dortmund (XXVIII) so weit gefördert wurden, daß deren Uebergabe im Laufe des Jahres 1881 bestimmt vorgesehen werden konnte.

Bei dem Bau des Oberlandesgerichtsgebäudes in Posen wurde im Außern die Façadenverblendung im II. Stock mit Einschluß des Versetzens der Werksteinstücke ausgeführt.

*) In den hierher gehörigen Grundrissen auf Bl. 22 bezeichnen:

a Zivilkammer	p Büroazimmer
b Strafkammer	q Secretariat
c Grundbuchamt	r Canzlei
d Katasteramt	s Registratur
e Präsidentenzimmer	t Gerichtsschreiberei
f Directorzimmer	u Schöffensaal
g Zimmer für Räte	v Kassenräume
h Berathungszimmer	v ₁ Depositorium resp. Raum für corpora delicti
i Commissionszimmer	w Detentionszellen
k Richterzimmer	x Boten- resp. Vor- oder Wartezimmer
l Verhörzimmer	y Bibliothek
m Zeugen und Parteien	z Dienstwohnung.
n Gerichtsvollzieher	
o Staats- resp. Anwälte	
o ₁ Rechtsanwälte	

Für das in Stettin im Bau begriffene Amtsgerichtsgebäude wurde nachträglich eine Erweiterung desselben behufs Aufnahme des Schöffengerichtslocals sowie noch eines Amtsrichters angeordnet. Dies bedingte die Verlängerung des linksseitigen Flügels (s. Jahrg. 1880 Bl. 70) und dem entsprechend die Erweiterung der Baustelle an der Friedrichstraße um 20 m. Es sind hierdurch 3 Räume im Erdgeschoß und je 4 Räume in den beiden Stockwerken hinzugekommen, doch wurde die, übrigens im Rohbau nahezu fertiggestellte Bauausführung dieserhalb und wegen der höchst ungünstigen Witterung während des Sommers derart verzögert, daß die Vollendung derselben nunmehr nicht vor April 1882 zu erwarten ist.

Ein gleicher Endtermin darf für den ebenso weit vorgeschrittenen Bau des Geschäftshauses für das Land- und Amtsgericht in Flensburg (XIX) angenommen werden.

Das Geschäftshaus für das Land- und Amtsgericht in Hannover (XX) wurde bis zur Aufrichtung des Dachwerks gefördert, und sind bei diesem umfangreichen Bau in 1880 zu den Gesimsen und der bis zum Dache aufgeführten Sandsteinverblendung ca. 2200 cbm Sandstein bearbeitet. Das zum Versetzen derselben mittelst 4 Laufkrane verwendete, verhältnißmäßig leichte Gerüst ist pro lfd. m Front für 30 \mathcal{M} hergestellt worden.

Bei den im Uebrigen beendeten Gerichtsbauten in Braunsberg (I) ist von den auf 50000 \mathcal{M} veranschlagten Nebenarbeiten noch der Brunnenbau zu vollenden.

Von dem, Ende 1878 begonnenen, jetzt vollendeten Neubau des Geschäftshauses für das Land- und Amtsgericht in Meseritz (XI) ist auf Bl. 22 der Grundriß vom Erdgeschoß mit der Gesamtsituation des Grundstücks sowie der Grundriß vom I. Stock mitgeteilt. Das Gebäude enthält in dem gewölbten Kellergeschoß die Kastellanswohnung, die Pfandkammer mit Auctionslocal, Räume für Brennmaterial und die Luftheizungsanlage, welche den im II. Stock den ganzen Mittelbau einnehmenden Schwurgerichtssaal und die 2 an der Vorderfront zu beiden Seiten daneben gelegenen Berathungszimmer erwärmt, während im Uebrigen Kachelofenheizung vorgesehen ist. — Die Räumlichkeiten in den Geschossen sind derart vertheilt, daß das Amtsgericht mit dem Schöffensaal das Erdgeschoß, das Landgericht mit einem Sitzungssaal für die Civilkammer den I. Stock und die Staatsanwaltschaft und das Schwurgericht den II. Stock einnimmt. — Die Corridore und Treppenräume, das Depositorium und Grundbuchamt haben feuersichere Decken erhalten, auch sind die Treppen selbst feuersicher hergestellt. Die Fronten sind in ernst gehaltenem Rundbogenstyl im Ziegelrohbau mit Gesimsen aus Kunststein ausgeführt. Die Baukosten betragen 257000 \mathcal{M} (302 \mathcal{M} à qm Baufläche).

Neu angefangene Bauten.

Für das Landgericht in Potsdam (VI) wird an der Mauerstraße No. 3 und 4 daselbst ein neues Geschäftshaus errichtet. Anschlagskosten 361000 \mathcal{M} (Vordergeb. 380 \mathcal{M} , Hintergeb. 250 \mathcal{M} à qm Baufläche). Von demselben sind Grundriß und Façade bereits in No. 14 des Jahrgs. 1881 des Centralblattes der Bauverwaltung veröffentlicht. Es enthält im gewölbten Kellergeschoß Kastellanswohnung und Materialienräume, in dem Erdgeschoß und den 2 Stockwerken außer den Geschäftsräumen 2 Säle für die Straf-

und Civilkammer. Das auf der Mittelaxe rechtwinklig an das Hauptgebäude angefügte Hintergebäude nimmt den durch 2 Geschosse reichenden Schwurgerichtssaal auf. Die Façade erhält auf der Plinthe von Granit im Keller- und Erdgeschofs eine Sandsteinverblendung, auch werden die Gesimse, Fenstereinfassungen und Ecken der beiden oberen Geschosse sowie die Attika aus Sandstein hergestellt, während ein über den Fenstern des ersten Stocks angeordneter breiter farbiger Terracottenfries mit den Büsten Preussischer Landesherren geschmückt wird. — Mit Ausnahme der 3 mit Luftheizung zu versehenen Säle erhalten sämtliche Räume Ofenheizung. Als Endtermin des Ende August begonnenen Baues ist der October 1882 in Aussicht genommen.

In Exin (XII) wurde ein neues Geschäftshaus für das Amtsgericht, welches zugleich Gefangenzellen im Hinterflügel enthält, begonnen und am 1. December fertig gestellt. Die Kosten betragen 80000 \mathcal{M} . (Geschäftshaus 180 \mathcal{M} , Gefängniß 150 \mathcal{M} à qm Baufläche). Der Bau entspricht in Anordnung und Ausführung der in Berlinchen ausgeführten Baunanlage (s. Jahrg. 1880, S. 538, Bl. 70).

Um- und Erweiterungsbauten.

Von diesen wurden 11 früher begonnene beendet.

Neu in Angriff genommen und zugleich vollendet wurden: für die Amtsgerichte in Mehlsack (I) und Düren (XXXV), bei ersterem im nördlichen Flügel des dortigen Schlosses, bei letzterem in der alten Provinzial-Blindenanstalt daselbst, die Einrichtung von Geschäfts- und Gefängnißlocalen. Herstellungskosten 12630 \mathcal{M} , bezw. 20000 \mathcal{M} ; ebenso

die Einrichtung des ehemaligen Kreisgerichtsgebäudes zu Gnesen (XII) für das Amtsgericht, wobei ein neues Treppenhaus erbaut, die Façade renovirt, das Dach umgedeckt und der innere Ausbau erneuert worden ist. Gesamtkosten rot. 48000 \mathcal{M} .

Die übrigen neu begonnenen Um- und Erweiterungsbauten werden in 1881 vollendet. Diese sind:

1) der Umbau des Rathhauses zu Rattigen (XXXII) behufs Aufnahme des Amtsgerichts daselbst. Das Gebäude wird im Innern theils umgebaut, theils renovirt und mit größeren Fenstern versehen. Anschlagskosten 11850 \mathcal{M} ;

2) der Umbau des Amtshauses zu Höchst (XXX), ebenfalls zur Aufnahme des Amtsgerichts. Das Gebäude besteht aus einem Vorderhause von 3 Stock und einem 2 Stock hohen Seitenflügel. Im Erdgeschofs wird behufs Gewinnung einer angemessenen Stockhöhe der Fußboden um 0,5 m gesenkt, ferner werden neue Rauchröhren im ganzen Gebäude aufgeführt, die erforderlichen feuerfesten Räume und ein größerer Sitzungssaal eingerichtet und der zweite Stock des Seitenflügels umgebaut. Anschlag 23400 \mathcal{M} ;

3) der Erweiterungsbau des Gerichtsgebäudes in Thorn (IV) behufs Aufnahme des dortigen Landgerichts. Das übrigens in gutem Zustande befindliche alte Gebäude erhält linksseitig, bis an die Nachbargrenze reichend, einen größeren Anbau nebst Seitenflügel, während auf der rechten Seite die Front um eine Axe verlängert und eine Vorlage für die neue Nebentreppe angelegt wird. Blatt 22 giebt die Grundrisse des Gerichtsgebäudes vom Erdgeschofs und I. Stock. Der Schwurgerichtssaal befindet sich im II. Stock in dem vorliegenden Mitteltheil des alten Gebäu-

des. Der Bau, zu 132000 \mathcal{M} veranschlagt, soll zum Juli 1881 vollendet werden;

4) der Um- und Erweiterungsbau des Amtsgerichtsgebäudes in Schneidemühl (XII) behufs Aufnahme des dortigen Amts- und Landgerichts. Bei demselben wird die bis dahin 27,42 m lange Front den auf Bl. 22 mitgetheilten Grundrissen gemäß nach links in Fortsetzung des dreigeschossigen, 15,36 m tiefen alten Gebäudes um 18,4 m verlängert und ein zweigeschossiger Seitenflügel von 15,3 m Länge, 9,9 m Tiefe angefügt. Wegen des ungünstigen Wasserstandes ist das Gebäude nicht mit Kellerräumen versehen, daher die Wohnung des Hauswartes in das Erdgeschofs verlegt. Der Schwurgerichtssaal befindet sich auch hier in dem II. Stock und umfaßt einschließend des zwischenliegenden Theils des Mittelcorridors die im Grundriß des I. Stockes mit *x*, *e* und *i* bezeichneten Räume. — Während der Aus- und Umbau des gut erhaltenen alten Gebäudes nur die einheitliche Einrichtung im Anschluß an den neuen Theil zum Zwecke hat, wird an dem Anbau äußerlich lediglich die Architektur des vorhandenen mit Quaderputz versehenen Gebäudes fortgesetzt. Die Kosten, von welchen ca. $\frac{1}{3}$ auf den Aus- und Umbau entfallen, werden voraussichtlich mit 112000 \mathcal{M} abschließen; danach kommen auf das qm Baufläche des neuen Anbaues bei dem dreigeschossigen Vorderhause ca. 190 \mathcal{M} , und bei dem zweigeschossigen Seitenflügel ca. 160 \mathcal{M} Baukosten.

XIII. Gefängnisse und Strafanstalten.

Unter den 67 Bauten dieser Kategorie waren 34 Neubauten, welche fortgesetzt, 22 Neubauten, welche begonnen wurden, und 11 Um- und Erweiterungsbauten, von welchen 4 neu hinzukamen.

Fortgesetzte Neubauten.

Von diesen sind bis Jahresschluß 13 vollendet worden. Betreffs der übrigen ist Folgendes zu erwähnen:

Bei dem Criminalgerichts-Etablissement zu Berlin wurden das im vorigen Jahre begonnene kleine Männergefängniß und Krankenhaus, das Küchengebäude sowie das früher in Angriff genommene Weiber- und Männergefängniß und das Dienstgebäude der Gefängnißverwaltung bis auf einzelne Arbeiten des inneren Ausbaues fertig gestellt. —

Ebenso weit wurde das Isolirgebäude der Strafanstalt in Luckau (VII) gefördert.

Bei der Strafanstalt Wehlheiden (XXIX) bei Cassel, deren Gesamtanschlagskosten sich auf 2 885 230 \mathcal{M} reduciren dürften, sind unter den zugehörigen fortgesetzten Bautheilen die Umwahrungen (Anschlag 148 685 \mathcal{M} , à lfd. m 220 \mathcal{M}), das Thorgebäude (95 000 \mathcal{M} , à qm 245 \mathcal{M}) und die Quellwasserleitung (84 000 \mathcal{M}) vollendet; ferner die 4 Isolirflügel (1 030 343 \mathcal{M} , à qm 342 \mathcal{M}) und das Verwaltungsgebäude (211 800 \mathcal{M} , à qm 353 \mathcal{M}) im Rohbau und den Putzarbeiten fertig gestellt, unter Dach gebracht und mit Fenstern geschlossen, endlich das Krankenhaus (54 430 \mathcal{M} , à qm 239 \mathcal{M}) und die Centralhalle nebst den Hälsen der Flügel (162 000 \mathcal{M} , à qm 260 \mathcal{M}) im Rohbau bis auf Unwesentliches vollendet. — Daneben wurde begonnen mit der Ausführung der projectirten 20 Wohn- und Stallgebäude für Beamte. — Der für das Jahr 1882 in Aussicht genommene Endtermin der sehr umfangreichen Anlage wird innegehalten werden.

Die Gefängnisbauten in Nordhausen (XVIII), Königshütte (XV), Schweidnitz (XIII) und Flensburg (XIX) wurden unter Dach gebracht resp. im Rohbau beendet. Die 3 ersteren werden in 1881, das letzte in 1882 vollendet werden. Bei dem Gefängnisbau in Schweidnitz stellen sich die Kosten des Hauptgebäudes auf 318 000 \mathcal{M} . (260 \mathcal{M} . à qm Baufläche), außerdem ist linksseitig vor demselben ein Inspectorwohnhaus aufgeführt, dessen Kosten 21 000 \mathcal{M} . (110 \mathcal{M} . à qm) betragen.

Begonnene Neubauten.

Unter diesen wurden die Bauanlagen in Heinrichswalde (II), Fehrbellin (VI) und Schneidemühl (XII) noch vor Ablauf des Jahres vollendet.

Das Gefängnis zu Heinrichswalde, auf dem Hinterterrain des Amtsgerichts situirt, ist zweigeschossig, in einfachem Ziegelrohbau aufgeführt und in dem 1,5 m über Terrain reichenden Kellergeschoß sowie in den Corridoren gewölbt. Ausführungskosten 27 500 \mathcal{M} . (à qm 130 \mathcal{M}). Es enthält im Keller außer Vorrathsräumen die Koch- und die Waschküche, Speisekammer und eine Reinigungszelle, im Erdgeschoß 2 Stuben des Gefangenenwärters, 5 Einzel-, 1 Kranken- und 1 Spülzelle, sowie die Expedition, im ersten Stock 6 Einzelzellen, 2 Räume für je 4 und einen Raum für 4 bis 6 Gefangene.

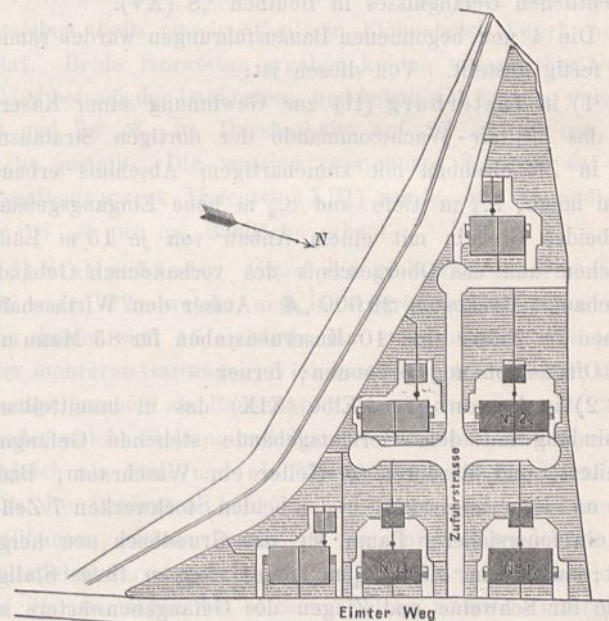
Das Amtsgerichtsgefängnis zu Fehrbellin ist ebenfalls zweigeschossig, nur in der hinteren Gebäudehälfte unterkellert und für 14 400 \mathcal{M} . (106 \mathcal{M} . à qm) in einfachem Ziegelrohbau ausgeführt. In dem auf Bl. 22 mitgetheilten Grundriß bezeichnen *a* und *b* die Wärterwohnung, *c* und *d* Koch- und Waschküche, *e* Utensilien-, *f* Reinigungsraum; im ersten Stock sind über *a* und *b* Gefangenenräume für je 4 Detinirte, über *c*, *d*, *e* Einzelzellen und über *f* ein Utensilienraum.

In Schneidemühl wurden für das Gefängnis 3 Aborte, getrennt von einander, nach dem Heidelberger Tonnen-system, massiv, mit gewölbtem Tonnenraume, für 3220 \mathcal{M} . hergestellt, auch gleichzeitig die Gefängnisutensilien nebst sonstigem Zubehör für rot. 11 500 \mathcal{M} . beschafft.

Bei der Strafanstalt in Herford (XXVII) wurde der Bau des Hauptgebäudes, von welchem auf Bl. 22 ein Grundriß und Durchschnitt mitgetheilt ist, im Frühjahr in Angriff genommen (vgl. Jahrg. 1880, S. 546) und vor Eintritt des Winters unter Dach gebracht. Es ist in einfachem Rohbau ausgeführt, bis auf die nur 1 Stock hohen Gebäudetheile *E* und *F* (Schule und Bad) durchgängig gewölbt, und sind die Galerien aus Eisen mit Eichenholzbelag construirt. — Im Kellergeschoß befinden sich außer den Heiz- und Kohlenräumen der Centralheizung 6 Strafzellen, Aufnahmezellen, Vorrathsräume der Oekonomie- und der Arbeits-Inspection, ferner in jedem Flügel ein Raum für die Kothwagen, in den Flügeln *A* und *C* zwei größere Arbeitssäle und in letzterem außerdem ein Schlafsaal für gemeinschaftliche Haft. — Im Erdgeschoß enthalten die Flügel *A*, *B* und *C* 108 Einzelzellen für Isolirhaft, außerdem Spül-, Bade- und Aufseherzellen, welche im Grundriß resp. mit *a*, *b* und *c* bezeichnet sind. Der Flügel *D* wird im Erdgeschoß von der Verwaltung eingenommen; in ihm ist *d* Director-, *e* Conferenz- und Gerichtszimmer, *f* Registratur, *g* Secretariat, *h* Rendantur und Kasse, *i* Lichtflur; *k* und *l* sind Räume

für den Hausvater, *m* und *n* Warte- und Sprechzimmer, *o* und *p* Zimmer des Oekonomie-, *r* und *s* Zimmer des Arbeitsinspectors, endlich *q* Raum für Hilfsarbeiter. — Im ersten Stock befinden sich in jedem Flügel eine Spülzelle, in den Flügeln *A* und *C* neben einer Aufseherzelle je 36 Einzelzellen, in den Flügeln *B* und *D* je 35 Einzelzellen und 2 Aufseherzellen, von denen in letzterem eine von dem Prediger benutzt wird. — Im zweiten Stock enthält jeder der 4 Flügel 36 Einzelzellen neben einer Aufseher- und einer Spülzelle. — Die Gesamtzahl der in Zellen zu detinirenden Strafgefangenen beträgt hiernach 394.

Gleichzeitig mit dem Aufbau des Hauptgebäudes wurde der Bau des Thorgebäudes (s. den Grundriß auf Bl. 22) weitergeführt und vollendet. Dasselbe ist einstöckig und enthält neben der überwölbten Durchfahrt *d* auf der nicht unterkellerten Seite das Wachtlocal *a*, die Arrestzelle *b* und den Vorrathsraum *e*, rechtsseitig die Pfortnerwohnung *e* bis *h*. Die Baukosten betragen ca. 24 000 \mathcal{M} . (101 \mathcal{M} . à qm Baufläche).



Außerdem sollen auf dem in vorstehender Skizze dargestellten Terrain der Anstalt, soweit es nördlich von dem verlegten Graben sich befindet, 6 Aufseher-Etablissements für je 2 Familien errichtet werden. Jedes der Wohngebäude wird durch eine Querwand in der Mitte in zwei gleich große Hälften getheilt, von welchen jede im Keller Vorrathsräume, im Erdgeschoß Stube, 1 bis 2 Kammern, Küche und Flur und im Dachgeschoß eine Giebelstube nebst Bodenraum enthält. Die im Plane mit 1, 2, 3 bezeichneten Gebäude sind im Rohbau fertiggestellt und unter Dach gebracht. Die Baukosten derselben betragen 13 000 bis 13 700 \mathcal{M} . (ca. 86 \mathcal{M} . à qm Baufläche).

In Perleberg (VI) wurde das Gebäude des Amtsgerichtsgefängnisses in freier Lage neben dem dortigen Militärlazareth in einfachem Ziegelrohbau, Keller, Corridore, die Treppe und die beiden Closeträume überwölbt, bis auf das Dach im Rohbau ausgeführt. In dem 2,56 m über Terrain sich erhebenden Kellergeschoß ist die Koch- und Waschküche nebst Speise- und Rollkammer, ein Vorrathsraum für die Wärter, die Straf- und Badzelle und

eine Isolierzelle untergebracht. Das Erdgeschofs (s. Grundrifs auf Bl. 22) enthält die Wärterwohnung *a*, *b* und *g*, die Expedition *c*, 4 Einzelzellen *d*, einen Raum *e* für 3 weibliche Gefangene und das Closet *f*; im oberen Geschofs ist über *a* und *b* ein Schlaflsaal für 6 Gefangene, über *c* und *g* Arbeits- resp. Betsaal, über dem Eingangsflur eine Krankenzelle, über *d* 4 Einzelzellen, über *e* Raum für 3 Weiber, über *f* Closet. Im Dachboden werden 3 nutzbare Giebelkammern angelegt. Die Beheizung geschieht durch Kachelöfen, die Ventilation der Zellen durch die Leibstühle vermittelt eines mit Absaugung versehenen Sammelschlots. Anschlagssumme 58 400 \mathcal{M} (222 \mathcal{M} à qm Baufläche).

Um- und Erweiterungsbauten.

Während 4 fortgesetzte Bauten dieser Art vollendet wurden, sind die übrigen 3 bis auf Theile des inneren Ausbaues fertiggestellt, und sollten dieselben bis zum Herbst 1881 beendet werden; es sind dies: der Erweiterungsbau des Zellengebäudes bei dem Centralgefängnis in Cottbus (VII), des gerichtlichen Gefängnisses in Braunsberg (I) und des gerichtlichen Gefängnisses in Beuthen °S (XV).

Die 4 neu begonnenen Bauausführungen wurden sämtlich fertig gestellt. Von diesen ist:

1) in Insterburg (II) zur Gewinnung einer Kaserne für das Militair-Wachtcommando der dortigen Strafanstalt das in Ziegelrohbau mit zinnenartigem Abschluß erbaute, 22 m lange, 9,4 m tiefe und 8,3 m hohe Eingangsgebäude an beiden Giebeln mit einem Anbau von je 15 m Länge versehen und das Obergeschofs des vorhandenen Gebäudes umgebaut. Baukosten 29 000 \mathcal{M} . Außer den Wirthschafts-räumen im Keller sind 10 Kasernenstuben für 85 Mann und eine Offizierwohnung gewonnen; ferner

2) in Lauenburg °Elbe (XIX) das in unmittelbarer Verbindung mit dem Gerichtsgebäude stehende Gefängnis erweitert, und hierdurch im Keller ein Waschraum, Badezelle und Feuerungsraum, in den beiden Stockwerken 7 Zellen und ein feuersicherer Raum für das Grundbuch neu hergestellt; außerdem ein 6,14 m langes, 3,62 m tiefes Stallgebäude für Schweine und Ziegen des Gefangenenwärters aus Fachwerk mit Pappdach errichtet und der Gefangenenhof mit einer Mauer aus Backsteinen umgeben. Baukosten rot. 15 100 \mathcal{M} .

3) Auf dem Strafgefängnis-Etablissement Plötzensee bei Berlin (V) wurden bauliche Veränderungen und Instandsetzungen vorgenommen, welche größtentheils durch Strafgefangene ausgeführt sind. Anschlagskosten 22 000 \mathcal{M} ; endlich ist

4) bei dem Strafgefängnis in Danzig (III) das am 1. October 1879 abgebrannte Dach nach Herstellung einer Brandmauer und Erhöhung der Dremel- und Treppenwände durch ein Holzcementdach ersetzt worden. Die Baukosten betragen rot. 16 740 \mathcal{M} .

XIV. Steueramtsgebäude.

Das in Berlin im vorigen Jahre begonnene Dienstgebäude für die Direction der Verwaltung der directen Steuern wurde, nachdem im Mai die größtentheils auf Senkkasten erfolgte Fundirung beendet war, bis einschließlic des I. Stocks im Mauerwerk aufgeführt; alsdann ist mit der Sandsteinbekleidung der Eckfaçade begonnen.

Neu in Angriff genommen wurden:

in Kaldenkirchen (XXXII) an Stelle des durch Abbruch beseitigten alten Salzmagazins ein zweigeschossiger Neubau, welcher im Erdgeschofs 3 Büreauräume, im I. Stock die Wohnung des Amtsdieners enthält. Anschlagskosten 11 800 \mathcal{M} (97 \mathcal{M} à qm Baufläche), und

in Crefeld (XXXII) bei dem Haupt-Steueramt die Einrichtung der bisherigen Niederlage zu einem Revisionschuppen, sowie ein Anbau, welcher die Niederlage und 2 Büreauräume enthält. Anschlagskosten 18 800 \mathcal{M} .

XV. Gebäude zu wohnlichen Zwecken.

a. Schlösser.

Bei dem Restaurationsbau des Kaiserhauses zu Goslar (XXI) beziehen sich die noch rückständigen Arbeiten lediglich auf innere Decorationen im Reichssaale und in der Vorhalle. Nachdem im Herbste die historischen Gemälde einer Wand des ersteren vollendet worden, konnte nunmehr mit Probestücken für die Deckenmalerei vorgegangen werden.

Die Reparatur des Schloßthurmes in Oppeln (XV) erhielt durch Aufsetzen des Thurmkegels nebst Bekrönung ihren Abschluß.

b. Beamtenwohngebäude.

Außer den im Zusammenhange mit Etablissements anderer Kategorien bereits erwähnten wohnlichen Bauanlagen befanden sich dergleichen in 1880 noch ferner in der Ausführung:

1) für Beamte verschiedener Art:

a. Wohn-, Stall- und Abortsgebäude auf dem Haupt-Zollamts-Etablissement Pogorzeltze (XI), Anschlagssummen resp. 40 400 \mathcal{M} , 2500 \mathcal{M} und 1 470 \mathcal{M} . Das zweistöckige massive Hauptgebäude enthält Wohnungen im Erdgeschofs für den Ober-Grenzcontrolleur und 2 Grenzaufseher, im oberen Stock für den Haupt-Zollamtscontrolleur und dessen Assistent. Die Nebengebäude sind aus Ziegelfachwerk;

b) das Dienst-Etablissement für den Ober-Grenzcontrolleur in Pawlowitz (XV) neben dem dortigen Nebenzollamt (s. die betr. Zeichnung auf Bl. 22). Die Gebäude, im Ziegelrohbau aufgeführt und mit überhängenden Dächern und Traufpflaster versehen, wurden unter Dach gebracht. Das Wohnhaus (Anschlag 11 250 \mathcal{M} , 91 \mathcal{M} à qm Baufläche) ist ganz unterkellert und enthält 3 Stuben *a*, *b*, *b* und die Küche *c*; im Stallgebäude (Anschlag 4 650 \mathcal{M} , 66 \mathcal{M} à qm) ist *d* Abort, *e* Holz-, *f* Kuh- und *g* Pferdestall, *h* Sattelkammer. Gesamtanschlagssumme 17 140 \mathcal{M} ;

c) auf der Strafanstalt Lichtenberg (XVII) das Beamtenwohnhaus nebst Stallgebäude. Das Wohnhaus ist 2 Stock hoch, im Ziegelrohbau ausgeführt und wurde unter Dach gebracht. Anschlagssumme 28 000 \mathcal{M} .

2) für Oberförster:

6 früher begonnene Bauanlagen wurden sämtlich vollendet.

Von den neu in Angriff genommenen wurde der Anbau an das zweistöckige Wohnhaus in Ziegelroda (XVII), Anschlagssumme 11 000 \mathcal{M} (à qm Baufläche 86 \mathcal{M}), und

das Etablissement zu Herschbach (XXX), Gesamtanschlagskosten 33 300 \mathcal{M} (à qm Baufläche des Wohnhauses 162 \mathcal{M} , des Oekonomiegebäudes 64 \mathcal{M}) fertiggestellt.

In 1881 werden beendet werden:

in Reufswalde (I) das zweigeschossige Wohnhaus des Oberförsters, Anschlagssumme 29 720 *M.* (à qm 111 *M.*),

in Heydtwalde (II) das Wohnhaus (27 900 *M.*, à qm 112 *M.*), das Stallgebäude für 6 Pferde, 10 Rinder, Jungvieh, Schweine und Geflügel, nebst Abtritt, Futter- und Geschirrkammer (8 350 *M.*, à qm 41 *M.*), die Fachwerksscheune (5 550 *M.*, à qm 28 *M.*) und Umwahrungen (800 *M.*). Gesamtanschlagssumme 42 600 *M.*

in Lichtfleck (VII) das einstöckige, im Dachgeschofs mit 4 heizbaren Stuben versehene Wohngebäude (28 400 *M.*, à qm 118 *M.*),

in Dassel (XXI) das Wohnhaus und das Wirtschaftsgebäude. Anschlag 34 200 *M.* (à qm Baufläche resp. 90 und 33 *M.*),

in Müllrose (VII) das erst theilweise zur Ausführung gekommene Etablissement, bestehend aus Wohnhaus, im Mittelbau zwei-, sonst einstöckig (29 600 *M.*, à qm 119 *M.*), Stall (6 810 *M.*, à qm. 40 *M.*), Scheune (3 500 *M.*, à qm 34 *M.*) und Bewahrungen nebst Brunnen (2 150 *M.*), insgesamt veranschlagt zu 42 060 *M.*, und

der Umbau des Schlosses zu Wildeck (XXIX) zu einem Oberförster-Etablissement, Anschlagssumme 23 100 *M.* Wohnhaus und Scheune sind auf den beibehaltenen Keller- resp. Sockelmauern des früheren Schlosses errichtet. Stall- und Wirtschaftsräume befinden sich im Kellergeschofs des ersteren, welches außerdem ein Erdgeschofs in Ziegelrohbau und ein oberes übergebautes Geschofs von Fachwerk, zusammen mit 16 Piecen, enthält. In der sich dem Wohnhause anschließenden zweistöckigen Scheune, welche unten aus Bruchstein, oben aus Fachwerk erbaut ist, befinden sich Tenne, Bansen und Fruchtboden.

3) für Förster.

Unter 52 hierher gehörigen Bauten wurden neu angefangen: 20 Etablissements, 17 Wohnhäuser auf schon bestehenden Gehöften, und ein Umbau. — Die Baukosten ganzer Gehöfte variiren nach den Anschlägen zwischen 23 100 *M.* (Sielkeim (I)) und 12 000 *M.* (Jeseberg, Ernsthausen und Dornberg XXIX)). Die erhebliche Kostendifferenz findet ihren Grund zum Theil in den verschiedenen Bedürfnissen an Raum für Wirtschaftszwecke, zum Theil auch darin, daß je nach der Ortsüblichkeit die Wohn- und Wirtschaftsgebäude getrennt von einander oder unter einem Dache errichtet werden. Ein Beispiel letzterer Anordnung giebt auf Bl. 22 der Grundriß von dem Förster-Etablissement Ternell II (XXXV). In demselben bezeichnet *a* Flur und Treppe, *b* Wohnzimmer, *c* Küche, *d* Backofen, *e* Kammer, *f* Raum für 2 Pferde, *g* für Jungvieh, *h* für 5 Rinder, *i* zwei Schweineställe und *k* Abort.

Die Anschlagssummen der auf bereits bestehenden Gehöften ausgeführten Neubauten von Wohnhäusern variiren zwischen 10 150 *M.* (Rittelsbruch (IV)) und 12 886 *M.* (Wilhelminenhof (XI)); pro qm Baufläche bewegen sich die Baukosten von Wohngebäuden für Förster zwischen 82 *M.* und 98 *M.*, von Wirtschaftsgebäuden zwischen 32 und 49 *M.*, von Scheunen zwischen 25 und 27 *M.*, von Holzställen etc. zwischen 11 und 13,4 *M.* und von besonders aufgeführten Backhäusern zwischen 32 und 34 *M.*

c. Wohngebäude auf Königl. Domainen.

1) Pächterhäuser. Solcher sind 12 im Bau begriffen gewesen, und wurden 6 davon neu begonnen. — Unter den letzteren ist das zweistöckige Wohnhaus zu Sillium (XXI) mit 134 *M.* à qm Baufläche veranschlagt. Die übrigen bestehen nur aus Keller- und Erdgeschofs, theilweise mit ausgebautem Dachboden, und stellt sich für diese im Durchschnitt die Anschlagssumme pro qm Baufläche auf 98 *M.*

2) Familienhäuser. Unter den 11 vorhandenen Bauten dieser Art wurden 7 neu begonnen, davon 2 zweistöckige mit 70 bis 75 *M.* Anschlagskosten pro qm. Die übrigen sind nur 1 Stock hoch, und davon 1 für 8 und 4 für 4 Familien eingerichtet. Die Kosten pro qm Baufläche schwanken bei diesen zwischen 55 *M.* (Vierfamilienhaus zu Juditten (II)), nach einem Normalproject der betr. Regierung erbaut), und 66 *M.* (Achtfamilienhaus zu Sodargen (II)), und stellen sich im Durchschnitt auf 58 *M.*

XVI. Wirtschaftsgebäude, Stallungen etc.

1) Scheunen. Derer waren 11 im Bau, und wurden dieselben theils massiv, theils in Eichenholzfachwerk ausgeführt. Beide Bauweisen ergaben keinen wesentlichen Unterschied betreffs der Baukosten, und haben sich letztere zwischen 24 und 29 *M.*, im Durchschnitt auf 27 *M.* pro qm Baufläche gestellt. Die massive zweitennige Scheune auf dem Domainenvorwerk Tiefensee (XIII) wurde excl. Spanndienste für 16 *M.* pro qm Baufläche erbaut.

2) Stallgebäude. Unter den 30 hierher gehörigen Bauten waren 22, welche neu in Angriff genommen wurden. Von diesen sind 13 Gebäude nur zur Aufnahme von (einer oder mehreren Gattungen) Vieh bestimmt, 4 Viehställe, deren Drempegeschofs als Bansenraum benutzt werden soll, 3 Gebäude, welche Stallung und Scheune enthalten, und 2, welche zugleich als Stall und als Wirtschaftsgebäude dienen. — Was die Baukosten betrifft, so stellen sich dieselben bei Stallbauten, welche im Innern nur mit Balkendecken und Holzstielen versehen sind, auf 28 bis 46 *M.*, im Durchschnitt auf 35 *M.*, dagegen bei solchen, welche massive Futtergänge, gewölbte Decken, Stein- oder Eisenstützen und andere Eisenconstructions enthalten, auf 33 bis 48 *M.*, im Durchschnitt auf 41 *M.* à qm. Baufläche.

3) Speicher. Außer dem auf der Domaine Goeritten (II) auf alten Fundamenten massiv, Erdgeschofs, I. Stockwerk und Dachgeschofs enthaltend und mit verschaltem Pfannendach für 4000 Scheffel Getreide erbauten Speicher, dessen Baukosten 14 500 *M.*, ca. 62,3 *M.* à qm Baufläche betragen, sind die anderen in der Ausführung begriffen gewesenen Speicherbauten verschiedenartig noch für andere Zwecke, meistens zur Aufnahme im Erdgeschofs von Ställen, Remisen u. dgl., eingerichtet, auch theilweise mit Unterkellerung versehen, und haben die Baukosten derselben pro qm Baufläche betragen: auf der Domaine Seedranken (II) 75 *M.*, auf der Domaine Wollup (VII) 76 *M.* und auf der Domaine Wallendorf (XIII) 52 *M.* Bei letzterem Gebäude ist die Decke über dem Erdgeschofs nur von Brettern hergestellt und unterhalb zwischen den Balken mit Pappe verkleidet worden.

4) Wirtschaftsgebäude für technischen Betrieb. Auf den Domainen Kiauten (II) und Schaafhof

(XXIX) wurden Brennereigebäude für die Anschlagssummen von 18000 *M.* und 45000 *M.* aufgeführt. — Das erstere ist, 18,0 × 12,5 m groß, in Ziegelrohbau mit verschaltem Dachpannendach erbaut; der Keller für Spiritusvorräthe, der Gährraum und die Hefenkammer sind gewölbt, die anderen Räume haben Bretterdecken. — Das Brennereigebäude auf Schaafhof hat Kellermauern von Sandstein, 1½ resp. 2½ Stockwerke im Ziegelrohbau und Falzziegeldach, ist in den (Spiritus- und Malz-) Kellern sowie im Erdgeschoß (auf Eisen) überwölbt und enthält im letzteren Gähr-, Apparat-, Vormaisch- und Mühlenraum, ferner Hefenkammer und Räume für Presshefenfabrikation, im oberen Stock über dem Gährraume das Kühlschiff, außerdem Wohnung für den Brennereiverwalter und Malzboden, im Dachgeschoß 2 Fruchtböden. Das Kesselhaus ist einstöckig, der Dampfschornstein 30 m hoch. Excl. des letzteren, der Dacheindeckung und der Fuhren stellte sich das qm Baufläche auf ca. 75 *M.* — Auf der Domaine Drygallen (II) wurde das Brennereigebäude erweitert und für den Dampftrieb umgebaut. Anschlagssumme 11550 *M.*

Ferner wurden ein Brauerei- und Molkereigebäude auf der Domaine Sillium (XXI), Anschlag 40700 *M.* (66 *M.* à qm Baufläche), und je ein Kiefernnsamen-Darrgebäude auf den Oberförstereien Lautenburg (IV) und Hangelsberg

(VII), Anschlagssummen 13750 und 10000 *M.*, erbaut. Das Darrgebäude in Lautenburg, massiv von Ziegeln unter Ziegeldach hergestellt, enthält Darrofen, Magazin, Wohnung des Darremeisters, und kostet pro qm Baufläche ca. 72 *M.*

XVII. Gestütsetablissemments-Bauten.

Auf dem Landgestüt zu Insterburg (II) wurde ein Stall für 30 Hengste im Ziegelrohbau mit Balkendecke errichtet. Baukosten 15200 *M.*, à qm Baufläche rot. 35 *M.* — Außer diesem wurden noch auf dem Hauptgestüt Beberbeck (XXIX) Erweiterungs- und Reparaturbauten ausgeführt, welche einen Kostenaufwand von 19490 *M.* erforderten.

XVIII. Oeffentliche Denkmäler etc.

In Berlin wurde auf dem Leipziger Platze, gegenüber demjenigen des Grafen Brandenburg, ein Denkmal für den General-Feldmarschall Grafen von Wrangel errichtet. Dasselbe besteht aus einem auf 4 Senkkasten fundamentirten, mit Bronzefüllungen verzierten Unterbau von polirtem schwedischen Granit, auf welchem sich die in Bronzegufs ausgeführte Statue erhebt. Die Gesamtkosten incl. Abschlußgitter und Regulirung der hinterwärts halbkreisförmig begrenzten Umgebung haben pptr. 46300 *M.* betragen.

(Schluß: B. Aus dem Gebiete des Wasserbaues, folgt.)