

# ZEITSCHRIFT FÜR BAUWESEN.

Herausgegeben

unter Mitwirkung der Königl. technischen Bau-Deputation  
und des Architekten-Vereins zu Berlin.

HERAUSGEGEBEN

Jahrgang XI. 1861.

UNTER MITWIRKUNG DER KÖNIGL. TECHNISCHEN BAU-DEPUTATION UND DES  
ARCHITEKTEN-VEREINS ZU BERLIN.

Ämtliche Bekanntmachungen.

REDIGIRT

VON

G. ERBKAM,

KÖNIGLICHEM BAURATH IM MINISTERIUM FÜR HANDEL, GEWERBE UND ÖFFENTLICHE ARBEITEN.

1911.1702.

JAHRGANG XI.

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



2420

BERLIN, 1861.

VERLAG VON ERNST & KORN.

(GROPIUS'SCHE BUCH- UND KUNSTHANDLUNG.)

# ZEITSCHRIFT FÜR BAUWISSEN.

HERAUSGEBER

UNTER MITWIRKUNG DER KÖNIGL. TECHNISCHEN BAU-DEPUTATION UND DES  
ARCHITECTEN-VEREINS ZU BERLIN.

REDAKTOR

VON

G. ERBKAM,

KÖNIGLICHEN RAATH IN DEN MINISTRIEN FÜR HANDEL, GEWERBE UND GEFÄHRLICHE ANGELEGENHEITEN.

1881

JAHRGANG XI.

MIT XIV KUPFER-TAFELN IN FOLIO UND QUART UND VIELLEN IN DEN TEXT EINGEDRUCKTEN  
HOLZSCHNITTEN.



BERLIN, 1881.  
VERLAG VON ERNST & KORN.

(GROSZES BUCH- UND KUNSTHANDLUNG.)

# ZEITSCHRIFT FÜR BAUWESEN.

Herausgegeben

unter Mitwirkung der Königlichen technischen Bau-Deputation  
und des Architekten-Vereins zu Berlin.

Jahrgang XI. 1861.

## Amtliche Bekanntmachungen.

Erlafs vom 15. September 1860, die unter gewissen Bedingungen zulässige Anwendung von Luftsteinen zu befahrbaren Schornsteinen einstöckiger Gebäude auf dem platten Lande betreffend.

Ueber die in dem Bericht vom 10. October v. J., dessen sämtliche Anlagen hiebei zurückerfolgen, verhandelte Frage über die unbedingte Aufrechthaltung der Bestimmung der von der Königlichen Regierung unterm 27. März 1857 erlassenen Bau-Polizei-Ordnung, wonach besteigbare Schornsteine stets massiv, und zwar von gebrannten Ziegelsteinen anzulegen, ist nach Vernehmung sämtlicher Königlichen Regierungen das Gutachten der Königlichen technischen Bau-Deputation erfordert worden. Dieses Gutachten spricht sich für die Zulässigkeit der ausnahmsweisen Anwendung von Luftsteinen zu befahrbaren Schornsteinen einstöckiger Gebäude auf dem platten Lande unter der Bedingung aus, daß

- 1) solche Schornsteine nicht geschleift sein dürfen,
- 2) deren Fundamente 18 Zoll über dem Erdboden, in Niederungen über dem höchsten Wasser, deren Köpfe aber über dem Dache und noch bis wenigstens 3 Fufs unter der Dachfläche hinab aus gebrannten Ziegelsteinen resp. geeigneten festen Bruchsteinen und in Kalkmörtel hergestellt werden;
- 3) daß die aus Luftsteinen herzustellenden Wangen mindestens einen Stein — zehn Zoll — Stärke erhalten, und
- 4) daß zu den dabei vorkommenden Rauchmänteln keine Luftsteine, sondern nur gebrannte Ziegelsteine resp. geeignete feste Bruchsteine verwendet werden.

Indem wir der Königlichen Regierung hievon Kenntniß geben, veranlassen wir Sie, nunmehr diesem Gutachten entsprechend die oben gedachte Vorschrift Ihrer Bau-Polizei-Ordnung abzuändern.

Berlin, den 15. September 1860.

Der Minister des Innern. Der Minister für Handel, Gewerbe und öffentliche Arbeiten.  
Graf von Schwerin.

An die Königliche Regierung zu N. N. und Abschrift an die übrigen Königl. Regierungen zur Beachtung für den Fall, daß sich das Bedürfnis einer neuen Vorschrift über den fraglichen Gegenstand in deren Bezirk ergeben sollte.

Im Auftrage  
Schede.

Circular-Erlafs vom 28. September 1860, die Unterstützung des Feuerrohrs bei Aufstellung von Dampfkesseln betreffend, deren Länge mehr als 15 Fufs beträgt.

Bei mehreren Explosionen von Dampfkesseln mit innerer Feuerung (sogenannten Kornwallkesseln) hat sich als die wahr-

scheinliche Ursache der Explosion herausgestellt, daß das im Inneren befindliche, durch die Feuerung sehr beschwerte Feuerrohr in Folge der Einwirkung des Feuers sich durchgebogen hat, und hierdurch ein theilweises Abreißen der Bodenfläche des Kessels erfolgt ist. Um dieser Gefahr, welche besonders bei Kesseln von beträchtlicher Länge eintreten kann, vorzubeugen, empfiehlt es sich, das Feuerrohr in der Art zu unterstützen oder so zu verstärken, daß ein Durchbiegen nicht erfolgen kann. Danach veranlasse ich die Königl. Regierung, unter Hinweisung auf den Circular-Erlafs vom 28. April 1857, dafür zu sorgen, daß bei Aufstellung neuer Kornwallkessel, deren Länge mehr als 15 Fufs beträgt, jene Sicherheitsmaafregel, deren Ausführung keine besondere Schwierigkeit bietet, getroffen werde. Auch sind die Besitzer solcher bereits concessionirten Kessel bei Gelegenheit der periodischen Revision oder sonst in geeigneter Weise darauf aufmerksam zu machen, daß es ihrem Interesse entsprechen würde, auf die nachträgliche Anbringung der angegebenen Einrichtung Bedacht zu nehmen.

Berlin, den 28. September 1860.

Der Minister für Handel, Gewerbe und öffentliche Arbeiten.  
von der Heydt.

An sämtliche Königliche Regierungen  
und das Königl. Polizei-Präsidium hier.

Circular-Erlafs vom 5. November 1860, die Einholung ministerieller Genehmigung zur Ausführung der Wasser-Neubauten betreffend.

Nach §. 21 zu 9 der Regierungs-Instruction vom 23. October 1817, werden zu Neubauten alle Wasserbauten gerechnet, die eine Abänderung schon bestehender Werke bedingen, wodurch die Richtung des Stromes, der Zustand der Schifffahrt oder die Sicherung, Bewässerung und Entwässerung angrenzender Ländereien in ein neues Verhältniß kommen. Obwohl hierbei nicht bestimmt ist, daß über alle dergleichen Bauten zuvor behufs Einholung der ministeriellen Genehmigung berichtet werden soll, der Zusammenhang der bezüglichen Vorschriften vielmehr zu der Annahme führt, daß dazu nur, wie bei allen anderen Neubauten, alsdann, wenn aus Staatsfonds Summen über 500 Thlr. verwendet werden sollen, die Genehmigung des Ministeriums und die technische Superrevision der Bauanschläge erforderlich sei, so legt doch der in vielen Fällen über die Grenzen eines Regierungsbezirks sich hinauserstreckende Einfluß derartiger Wasserbauten auf den Stromlauf und dessen Regulirung überhaupt, sowie die Nothwendigkeit, bei jeder Bestimmung über die Letztere von dem gesammten Zustande des Stromes unterricht-

tet zu sein, solchen Bauten eine Bedeutung bei, welche über die Höhe des augenblicklichen Kostenaufwandes für die Staatskasse, nach welcher in der gedachten Bestimmung der Regierungs-Instruction die selbstständige Verfügung der Königlichen Regierungen bemessen ist, weit hinausreicht.

Ich erwarte daher, daß die Königliche Regierung bei allen Wasserbauten der oben gedachten Art, auch wenn deren Ausführung aus Staatsmitteln nicht mehr als 500 Thlr. in Anspruch nimmt, oder ganz auf Kosten der Adjacenten oder sonstigen Privatinteressenten bewirkt werden soll, insbesondere bei Coupirungen von Stromarmen, bei Durchstichen u. s. w. nicht blos eine besonders sorgfältige Prüfung in Beziehung auf die Schifffahrts- und Vorfluths-Interessen sich angelegen sein lassen, sondern auch vor Ertheilung der landespolizeilichen Genehmigung jedesmal unter Einreichung der Bauanschläge zu meiner Genehmigung berichten werde.

Berlin, den 5. November 1860.

Der Minister für Handel, Gewerbe und öffentliche Arbeiten.  
von der Heydt.

An sämtliche Königliche Regierungen,  
das Königl. Polizei-Präsidium und die  
Königl. Ministerial-Bau-Commission hier.

#### Personal-Veränderungen bei den Baubeamten.

Des Prinzen von Preußen, Regenten Königl. Hoheit haben im Namen Sr. Majestät des Königs

dem Bauinspector Stüler zu Neuholdensleben bei seinem

## Bauwissenschaftliche Mittheilungen.

### Original-Beiträge.

#### Die obere Capelle der Maria im Palazzo publico zu Siena.

(Mit Zeichnungen auf Blatt 1 bis 7 im Atlas.)

Wenn es erst der neueren Zeit vergönnt war, die gereiften Früchte hellenischer Geistesblüthe aus Trümmern und traditionellem Staube an's Tageslicht zu ziehen, so hat die alchristliche Kunst Rom's, mehr noch die des byzantinischen Kaiserreichs, das hohe Verdienst, die immer lebensfähige Wurzel jenes Stammes den nächstfolgenden Jahrhunderten wenn auch in erstarrtem Zustande, doch vor gänzlicher Verderbnis bewahrt zu haben, so daß es nur der wärmenden Sonne des siegreich sich entfaltenden Christenthums und des fruchtbaren Bodens jugendlicher Freistaaten bedurfte, um aufs Neue junge Kunstweisen gleich frischen Sprößlingen emporzutreiben.

Unter der klassischen Pflege eines Nicola und Giovanni Pisano, Giotto und Dante strebten sie auch bald, Allen voraus Malerei und Dichtkunst, mit schlankem Wuchse aufwärts und trieben, ungestört von fremden Einflüssen, die unerreichbaren Blütenkronen des italienischen Mittelalters.

Die Architektur allein war es, welche durch Hin-

Ausscheiden aus dem Staatsdienste den Charakter als Baurath verliehen.

Befördert sind:

Der Wege-Baumeister Kirchhoff in Wehlau, zuletzt beim Bau der Königsberg-Eydtkuhener Eisenbahn beschäftigt, zum Bauinspector in Königsberg i. Pr.,

der Kreis-Baumeister König in Elbing zum Wasser-Bauinspector in Danzig, und

der Wasser-Baumeister von Lesser zu Lenzen zum Bauinspector in Arnberg.

Ernannt sind:

der Baumeister Alisch zum Kreis-Baumeister in Conitz, der Baumeister Becker (Andreas Christian) zum Kreis-Baumeister in Tilsit,

der Baumeister Freund (Albert Gottfried Moritz) zum Kreis-Baumeister in Bartenstein (Reg. Bez. Königsberg) und

der Baumeister Wilberg zum Wasser-Baumeister in Lenzen (Reg.-Bez. Potsdam).

Dem im technischen Bureau der Rhein-Nahe-Eisenbahn beschäftigt gewesenen Kreis-Baumeister Fischer in Creuznach ist die Kreis-Baumeister-Stelle zu Naugard (Reg. Bez. Stettin) verliehen worden.

Der Kreis-Baumeister Brockmann in Naugard ist gestorben.

zutreten eines neuen fremdartigen Elementes unter dem Widerstreite statischer Grundanschauungen erstehend, lange das Gepräge gewaltsamer Mischung an sich tragen mußte. Man nenne es Glück oder Unglück: immerhin liegt eine große Beruhigung darin, daß die Basis der von Norden her sich einmischenden Ideen, wenn auch nicht so reichhaltig, doch jener andern ebenbürtig war, und es ist eine wohlthuende Erfahrung, daß selbst die härtesten Kämpfe der Art allmähliche Kräftigung und Verjüngung, die Keime des Fortschritts, in ihrem Gefolge führen. Aus all den Verschmelzungen heterogener Elemente vollendete Harmonien zu fordern, wäre undankbar; genug, daß ihre Producte der Nachwelt lieb und schätzbar sind.

Wenn daher das Eindringen germanischer Bauweise in Italien vielfach ein Mißgeschick genannt worden ist, so kann dies doch zunächst nur für diejenigen Beispiele gelten, wo die Bedingungen ungünstig waren, oder die Capacität auf irgend einer Seite noch nicht ausreichte.

Der glückliche Gedanken-Austausch, der unter den

begabten Heldensöhnen der Normandie und unter der Herrschaft der Hohenstaufen im südlichen Italien mit griechischer und maurischer Kunst geübt wurde, ist sicherlich kein Beweis für jene Behauptung, während im obern Theile der Halbinsel die Werke eines Arnolfo, Jacopo Tedesco, Maitani, Orcagna \*) u. A. Zeugniß ablegen von einer kostbaren Errungenschaft, nämlich der Herstellung großer, schmuckfähiger Wandflächen im Skelett germanischer Wölbstützen.

Wenn in der italienischen Baukunst diese Errungenschaft vorzugsweise bei Gestaltung des Innern heiliger Räume ihre Anwendung findet, so war es doch auch der Profanbau, welcher in seiner ganzen Erscheinung große Vortheile aus der nordischen Anschauung zog. Die neu erblühende Technik für gebrannte Erde, die unerschöpflichen Quellen eines vorzüglichen Bruchsteins, der concentrirte Reichthum des Handels, und in geistiger Beziehung: die größere Uebereinstimmung zwischen Nord und Süd in theils feudalen theils bürgerlichen Zuständen bei einem gemeinsamen Netze klösterlicher Bildung, die Zufälligkeit individueller Bedingungen, die Abgeschlossenheit der Familie nach innen und die Repräsentation wetteifernder Freistaaten nach außen, überhaupt endlich die Freuden und Leiden des Mittelalters, durch die es sich uns so romantisch gestaltet, gaben jener poetisch so hoch begabten Nation günstige Gelegenheit zu einer charakteristischen weil freieren Lösung des Palast- und Wohnhausbaues.

Vor vielen anderen Städten ist es namentlich Siena, welche durch ihre hohen castellartigen Gebäude, weite Straßen und schöngefassten Plätze, das Gepräge des Romantischen reichlich vertritt, wenn sie auch, hochgelegen und von der Natur weniger reizend ausgestattet als ihre toscanischen Schwesterstädte, mehr einem Kunstwerke zu vergleichen ist, dessen innerer Werth bei bescheidener Fassung erst mit langsam sich steigender Wärme dem Gemüthe des Beschauers entgegentritt, bis es häufig erst in ferner Erinnerung seine ganzen Vorzüge dauernd entfaltet.

Bei Gelegenheit der Gallierzüge nach Rom ums Jahr 400 v. Chr. gegründet, später Provinz des römischen Kaiserreichs, wurde Siena nach dem wechselvollen Umschwunge der Völkerwanderung, griechischer und germanischer Herrschaft, um die Mitte des 11. Jahrhunderts n. Chr. ein bürgerlicher Freistaat, und bewahrte diesen Charakter trotz des langen, weitumfassenden Kampfes zwischen den Guelfen und Ghibellinen, als Haupt der Letzteren, bis in die Mitte des 16. Jahrhunderts, also ein

\*) Arnolfo da Colle, Sohn des Cambio (bei Vasari A. di Lapo gen.) Florentinischer Baumeister und Bildhauer 1232—1300.

Jakob der Deutsche, 1230—1276. Erbauer von S. Francesco zu Assisi und des Domes von Arezzo.

Lorenzo Maitani von Siena (um 1290) Erb. des Domes von Orvieto.

Andrea di Cione mit dem Beinamen Orcagna, Florent. Baumeister, Bildhauer und Maler 1329—1389.

halbes Jahrtausend hindurch, wenn auch während der letzten Jahrhunderte die innere Ordnung der Stadt durch die Einführung des Adels in die Staatsgeschäfte und die daraus entstandenen Fehden zwischen Volk und Adel vielfach getrübt wurde. Die Einverleibung Siena's an Toscana im Jahre 1557 setzte dem selbstständigen Weiterblühen der Stadt ein Ziel, und von hier ab schwindet auch zumeist das Interesse, welches ihr die Kunstgeschichte schuldet.

Doch war dieser Umstand gerade günstig, um ihr den Charakter namentlich jenes glorreichen Zeitraumes, wo sie das Haupt der ghibellinischen Partei bildete, bis zum heutigen Tage zu wahren und so den Wanderer mit historischem Respekte zu erfüllen.

Das nennenswertheste kirchliche Bauwerk Siena's ist außer San Domenico, Ai servi della Maria und Fonte Giusta (13.—15. Jahrh.) der Dom nebst Campanile (aus dem 12. und 13. Jahrh.) und einem später großartig angelegten, doch unvollendeten Neubau (1321—1348), aus dessen rechtwinkliger Durchkreuzung mit dem alten Bau, bei ungleicher Breite der beiden Mittelschiffe, die eigenthümliche Gestaltung einer länglich sechseckigen Kuppel hervorging. Die im Dreigiebelssystem gebildete fast überreiche Marmorfaçade des Domes (von Giovanni Pisano 1284) ist hinreichend bekannt, so wie das unterhalb des östl. Altarraumes liegende Baptisterium, welches, vom abfallenden Terrain begünstigt, auf der Rückseite des Domes gleichsam als nach außen geöffnete Krypta dessen zweite, bei weitem schönere aber leider unvollendete Façade bildet. (Baumeister Giovanni von Siena 1340.)

Eine reichere und für Siena charakteristischere Aufzählung gestattet der Profanbau. Aus germanisirender Zeit: die Porta pisina, der Pal. publico und der Pal. dei Buonsignori, die Pal. Tolomei und Saracini, das Ospedale della Scala und der in alterthümlichem Charakter restaurirte Pal. Grotanelli, ferner aus der Renaissance: der Pal. del Governo (Piccolomini) und Pal. Bandini — Piccolomini, die untere Motiv-Capelle am Pal. publico und die Loggia dei Nobili, die Libreria am Dom und andere Beispiele sind Zeugen eines freistaatlich mittelalterlichen Lebens, wie sie wenig Städte in so lebendigem Wettstreit aufzuweisen vermögen. Die Architekten der älteren Bauten finden ihre Hauptvertreter in Angelo und Agostino von Siena (um 1300), denen wir auch jene für Siena speciell eigenthümliche Ausbildung germanischer Bauformen in gebrannter Erde zu verdanken haben; die Ausbildung der Renaissance ist meist dem Einfluß und der Thätigkeit des Cecco (Francesco) di Giorgione und Bernardo Rosselini (um 1450) sowie später des Baldassare Peruzzi († 1536) zuzuschreiben.

In der Bildhauerei sind die sienesischen Künstler weniger originell und fruchtbar. Sie halten sich zunächst meist abhängig von der Schule des Nicola Pisano und wie es scheint, mangelt ihnen die Gelegenheit zur Lö-

sung größerer Ehrenmonumente, deren die Stadt auffallend wenige besitzt. Dagegen zeichnen sie sich mehr durch Ausbildung der kleineren, geräthschaftlich-ornamentalen Plastik in Stein, Holz und Metall aus, aber dies in einer Weise, daß die Geräte der Kirchen und Paläste, als da sind Taufbecken und Altaraufsätze, Chorstühle, Thüren, Gitter, Lampen, Fahnen- und Fackelhalter, mit denen der reichsten Städte des Mittelalters rühmlichst wetteifern können. Jacopo della Quercia (um 1400), Andrea Fusina von Mailand, Giovanni Turini, Giovanni delle Bombarde, Lorenzo Vecchietta, ferner die Gebrüder Marzini und Cozzarelli, und als Relief-Decorateur Baldassare Peruzzi (meist dem 16. Jahrh. angehörig) sind die Namen, welche bei freiem, erfindungsreichem Streben und einer feinen Anwendung namentlich des Pflanzendetails hier besonders einer Erwähnung werth sind. —

Wenn nun schon häufig im Mittelalter der Umstand unsere Bewunderung erregt, daß sich die drei Schwesterkünste in der Person eines einzelnen Meisters gleichsam zu gemeinschaftlichem Wollen verbinden, so wird nicht minder das Gemüth des Beschauers angezogen, wenn er sie an einem und demselben Denkmale in vereintem Wett-eifer antrifft.

Da der Stoff, welcher unsere Bildtafeln füllt, uns auf ein solches Zusammenwirken hinlenkt, so wird es erlaubt sein, mit kurzen Worten auch noch der Mission zu gedenken, welche, anscheinend bescheiden und doch von kunsthistorischer Bedeutung, die Malerei Siena's zu erfüllen hat.

Schon im Eingange dieses Aufsatzes war von den letzten Trümmern antiker Tradition in der altchristlichen Kunst und ihrem typisch regungslosen Zustande unter den Byzantinern die Rede. Dies bezog sich aber zunächst nur auf die Reste architektonischer und überhaupt plastischer Formen, nicht auf die Malerei der Alten. Denn sie war den Augen jener Zeit fast spurlos entrückt, und erst jüngeren Generationen war es vorbehalten durch die Eröffnung römischer und pompejanischer Fundgruben, aus den schätzbaren Leistungen später fast handwerksmäÙsig gewordener Technik Rückschlüsse zu ziehen auf den unerschöpflichen Fond längst erloschener griechischer Meisterschulen. Aber auch diese ahnende Vorstellung wird mit der andern durch Thatfachen bewiesenen zusammenfließen, daß der gesammte hellenische Kunstgeist zu uns als eine dem innersten Wesen nach durchaus plastische Einheit herüberleuchtet.

Denn der Ausdruck des antiken Lebens auf der Höhe klassischer Humanität ist das Ebenmaas der äußeren Erscheinung bei der durch Anstand und Würde gefesselten Leidenschaft, und seine größte Moral ist das Aufgehen des Einzelnen im öffentlichen Gesammtleben. Und den treuen Spiegel dieser durchaus plastischen Existenz giebt uns die antike Kunst. In ihr herrscht die Form über den Ausdruck, da ihr Geistesstoff ein

objectiv-idealer ist, den sie kaum andeutend über die Gesichtszüge, desto harmonischer aber über die ganze Form ergießt.

Zu einem nicht heterogenen, aber gänzlich umgestalteten Wesen bildet sich die italienische Malerei aus. Denn ähnlich den Verwandlungsprocessen der Natur umgiebt sich jener wunderbare Organismus griechischer Kunst mit einer erstarrenden Hülle und liegt während der Entwicklungskämpfe des Christenthums in einem fast jahrtausendlangen Winterschlaf, um daraus als verjüngtes Geschöpf in einem neuen schönen Vaterlande zu erwachen. Ehe es aber der italienischen Frühlingssonne gelingt, die hemmende Schale statuarischer Kälte gänzlich zu sprengen, erwärmt sie bereits die jugendlichen Gesichtszüge mit subjectiv innerlichem Seelenleben.

Hiermit beginnt die Herrschaft des Ausdrucks über die Form, die malerische Richtung tritt zur plastischen, ohne jedoch den dauernden Bildungstrieb dieses antiken Vermächtnisses zu unterdrücken, sondern um Hand in Hand mit ihm in gegenseitiger Steigerung die vollendetsten Harmonieen der christlichen Kunst anzustreben. (Malerisch-plastischer Styl Italiens.)

Die deutsche Malerei nun, arm und ohne solch kostbares Erbtheil geboren, mußte allein auf die Kraft ihres Gemüths gestützt und umgeben von einer vorwiegend lyrischen Naturscenerie, sich eigne Wege bahnen, und bildete in Folge dessen den vollständigen Gegensatz der Antike aus, den rein malerischen Styl, der dafür aber auch auf einer gewissen Stufe der Vollendung stehen blieb. Darin liegt mindestens ein culturhistorischer Beweis, daß die Malerei mit Erfolg nur dann ihren höchsten Beruf erfüllen könne, wenn sie unter der harmonischen Wechselwirkung dramatischer und lyrischer Ideale geübt wird; denn nicht die plastische Richtung noch die malerische vermögen es, jede für sich allein sich zur höchsten Blüthe zu entfalten, desto sicherer aber die Vereinigung beider, wie es auf italienischem Boden geschah.

Von einem gewaltsamen Verschmelzen harter Gegensätze, von einem leidenden Kampfe, wie dies früher bei der Architektur der Fall war, ist hier keine Rede mehr; sondern das Mischungsverhältniß war ein durchaus wahlverwandtschaftliches, sich gegenseitig förderndes. Auch an ein fühlbares Eindringen nordischer Elemente kann hier nicht gedacht werden, denn der wirksame Austausch zwischen italienischer und deutscher Malerei fand erst unter Rafael und Dürer statt; sondern der innere Wärmestoff des Christenthums überhaupt war der Quell des neu hinzutretenden malerischen Zusatzes. Daher kommt es denn auch, daß wir bei Beschauung älterer italienischer Gemälde in all den Fällen von heimischen Anklängen wunderbar überrascht werden, wo das plastische Element mehr in den Hintergrund tritt.

Siena nun wird, während dieser großen Bildungsperiode, selbstständige Vertreterin zweier wichtigen Epo-

chen, und zwar der ersten, in welcher die plastische Anschauungsweise noch die Oberhand behält, in der Person des Duccio di Buoninsegna (um 1300), der nach dem Vorgange der Cimabue'schen Fresken in der Oberkirche von S. Francesco zu Assisi, parallel den alten Florentinern auf dieser Bahn rühmlichst fortschreitet und später in den cyklischen Darstellungen des Spinello von Arezzo (Pal. publ.) eine kräftige Nachblüthe findet. Aber schon Ambrogio di Lorenzo (um 1330; eben daselbst Sala delle balestre) schwächt die dramatische Wirkung seiner Gestalten durch zwar sinnige, aber sehr symbolisierende Einkleidung, und bald, sei es der Mangel an größeren cyklischen Aufgaben oder der Einfluß politischer Parteigegensätze, bricht die sienesisische Schule gänzlich mit der episch-dramatischen Richtung der wetteifernden Schwesterstadt. Denn die nachfolgenden Werke des Pietro di Lorenzo, Simone di Martino, Lippo Memmi, Berna, bis auf die Bartoli und Pietri herab, strahlen von dem harmonischen Zustande innern Seelenlebens, aber sie kämpfen nicht mehr mit den Waffen dramatischer Leidenschaft, durch welche es dem stürmischen Drange der Giotto'schen Schule an der befreundeten Hand Dante's gelang, reiches plastisches Leben mit der innern Seelenhoheit zu verbinden und somit bald alle Städte des Mittelalters zu überflügeln.

Dies war also die zweite, lyrische Epoche der sienesischen Schule, in welcher das malerische Element vorherrschte. Sie war es auch, welcher vorher der Titel einer zwar anscheinend bescheidenen aber doch bedeutungsvollen Mission beigelegt wurde, denn eigenthümlich auf sienesischem Boden gewachsen, schloß sie zwar lange vor der höchsten Blüthe der umbrischen Schule mit sich ab, brachte aber im Zusammenhange mit der Architektur von allen Städten Italiens den deutsch-verwandtesten Charakter zum Ausdruck.

Von da ab tritt in der sienesischen Malerei ein Stillstand, ja ein Rückschritt ein, der Stoff verarmt mehr und mehr bis zur weit hergeholtten Allegorie, und erst das Zeitalter Leonardo's und Rafael's erweckt dem sich neigenden Freistaate die letzten großen aber nicht mehr originalen Meister, von denen ich Pacchiarotto, Beccafumi, Antonio Razzi (il Sodoma), zuletzt das wiederholt vielseitige Talent Baldassare Peruzzi's erwähne.

Ein zwar ganz Italien angehöriger, aber durch die sinnige Richtung Siena's besonders begünstigter Zweig der Malerei war endlich noch die farbige Decoration.

Die decorative Malerei, schon von der Antike vielfach als künstlerische Schriftsprache benutzt, um die Functionen der einzelnen Bautheile klar zu bekunden, durch die spätrömische und byzantinische Mosaik zwar corrumpt, aber glänzend und fast unvergänglich ausgestattet, gewinnt als Umrahmung des historischen Freskogemäldes und Wandteppichs überhaupt, als Schmuck der Stein- und Holzdecke, der einzelnen Baugliederungen und

stehenden Geräthschaften, bis auf die Einfassung von Staffeleibildern und Miniaturen herab, namentlich durch ihre Vereinigung mit der Architektur auch in der neuern Kunst des Mittelalters eine ausgedehnte Bedeutung. Wenn auch die Klarheit des antiken Ausdrucks verloren war und das geometrische Schema des Mosaikmusters sich häufig am unrechten Ort auf lebendige Organismen legte, so überrascht doch dessen Zusammenwirken mit der scharf gezeichneten und auf tieffarbigen Grund gelegten Pflanze, mit den pikanten Formen und Farben der Heraldik und dem ganzen Bereiche der bezüglichen Allegorie in Figuren und Portrait's meist durch den wohlthätig geordneten Farbenreichtum und den Eindruck regen, ächt künstlerischen, liebevollen Strebens.

Um nicht zu ermüden, erinnere ich nur vorübergehend an S. Francesco zu Assisi, an das Campo Santo von Pisa, an Sta. Maria Novella, die Capella dei Spagnuoli und Sta. Croce zu Florenz, an den Dom zu Prato und speciell in Siena an das Baptisterium und die obere Capelle im Pal. publico, ohne der spätern Decoration rafaelscher Schule zu gedenken, deren Betrachtung nicht mehr in das Bereich dieser Mittheilung fällt. —

Sollte es mir nun gelingen, zu dem reichen Material vorangegangener werthvoller Publicationen gerade in dieser letztbesprochenen Hinsicht einen kleinen Nachtrag liefern zu können, so wünsche ich nur, daß die hier in Worten gegebene flüchtige Skizze über die Kunstverhältnisse Siena's nicht eine kunsthistorische Abhandlung prätendiren, sondern nur als allgemeine Introduction erscheinen möge, mit der ich die auf kleinen Raum beschränkten Bildtafeln auszurüsten trachtete. Immerhin wird aber aus derselben hervorgehen, daß die Rolle Siena's zwar eine secundäre, aber oft über Gebühr vernachlässigte und verkannte gewesen ist, und daß es hinreichende Schätze besitzt, um den theilnehmenden Wanderer mit Wärme zu fesseln, die Mappen des Schülers reichlich zu füllen.

Leider war der hierdurch entstandene Wunsch, Reisetudien aus Siena in der Zeitschrift für Bauwesen niederzulegen, auch zugleich von dem Opfer möglicher Einschränkung des Stoffes begleitet, namentlich in Bezug auf die Bildtafeln, deren Zahl und Maafsstab ich eine größere Ausdehnung gewünscht hätte.

Eine anderweite Grenze dieser Mittheilung glaubte ich einhalten zu müssen nach dem Vorgang von *Verdier et Cattois, architecture civile et domestique, Paris 1855*, worin namentlich der wichtigeren Profanbauten Siena's, des Pal. publico und des ihm verwandten Pal. dei Buonignori, ihre äufere Erscheinung betreffend, rühmlichst gedacht wird. Wenn man sich vergleichsweise die edlen Façaden der öffentlichen Paläste zu Piacenza und Orvieto, namentlich aber des Pal. vecchio zu Florenz vergegenwärtigt, so wird sich das Interesse an den beiden letztgenannten Palästen Siena's noch wesentlich erhöhen. Denn nicht nur die großartige Vertheilung der

Massen und der repräsentative Charakter überhaupt, sondern auch die eigenthümliche Gestaltung der spitzbogigen Maueröffnungen, die stattliche Zinnenkrönung und vor Allem die geschmackvolle Verwendung des gebrannten Steines sind es, die diese beiden Façaden besonders der Beachtung empfehlen.

#### Beschreibung der Bildtafeln.

Wenn sich nun der Titel dieser Mittheilung auf das Innere einer kleinen kirchlichen Räumlichkeit beschränkte, so konnte ich doch nicht umhin, ohne eine Wiederholung vorangegangener Publicationen befürchten zu müssen, auch zugleich einen Total-Eindruck von dem dasselbe umschließenden Gehäuse zu geben. (Eine thätige Mit-hilfe bei Entstehung dieser Reisetudien verdanke ich meinem Freunde und Gefährten, Herrn Architekt Giese in Dresden.)

Auf Blatt 2 Fig. 1 ist in kleinem Maafsstabe die vordere Ansicht des Palazzo publico zu Siena dargestellt und ebendasselbst Fig. 2 der Grundriß seines mittleren Hauptgeschosses, wie er die genannte Capelle im innersten Kern buchstäblich umfaßt. Der Palast, mit seiner Frontseite wie eine antike Skene im Centrum eines theatralisch sich neigenden halbkreisförmigen Platzes, der Piazza del Campo gelegen, mit dem weit geöffneten Foro boario und herrlicher Aussicht auf seiner Rückseite, hat vielleicht eine der imposantesten Situationen, welche für ein bürgerliches Repräsentantenhaus sich denken lassen. Aber die Conception seines Aufbaues mit seinen mehr als 30 Fuß hohen Geschossen bleibt nicht hinter den Ansprüchen zurück, welche diese Situation erweckt. An den breiten fast thurmartigen Mittelbau schliessen sich in mildgebrochener Fluchtlinie zwei fast gleiche, niedrigere Seitentheile an, deren linker auf der äussersten Ecke jenen berühmten überaus kühnen und romantischen Backsteinthurm trägt, den Torre della Mangia, den Donjon einer ritterlichen Stadt. Und diese unsymmetrische Stellung des Thurmes überrascht und befriedigt zugleich durch die schlanke Strebsamkeit des ganzen Gemäldes in auffallender Weise. Aber beabsichtigt war sie nicht; denn die genau centrale Lage des Mittelbaues in Bezug auf den vorliegenden Platz, der fast gewaltsame Abschluß des rechten Seitenflügels und die genaue Kenntniß der an dieser Stelle bereits angelegten Fundamente bezeugen, daß ein gleicher Thurm auch auf der rechten Seite beabsichtigt, somit eine vollständige Symmetrie der Façade im Werke war. Wie aber schon angedeutet, dieser Verlust schmerzt nicht, denn auch ein Torso behält seinen Werth.

Die Erbauer des Palastes waren Angelo und Agostino von Siena, welche ihn 1295 begannen und 1327 beendeten. (Die äusserlich angelegte Motiv-Capelle in reicher ansprechender Renaissance stammt aus der Mitte des 15. Jahrh.). Ueber die Bauart der Façade sei nur bemerkt, daß das hohe Erdgeschofs vom Kämpfer der

Maueröffnungen ab ein Zwischengeschofs enthält und aus fein gefugtem Bruchstein aufgeführt ist; von da ab beginnen die oberen Geschosse ganz in Backsteinrohbau mit Ausnahme der horizontalen Trennungsgesimse, der Fenstersäulchen, Archivoltenumfassungen und der obersten Thurmbekrönung. Die Anwendung von künstlichen Formsteinen ist, im Gegensatz zu dem feingegliederten Pal. dei Buonsignori, kaum zu erwähnen; die eingelegten Rundbogenfriese, über Eck gelegten Bandschichten und Zinnenkronen sind mit ungekünstelter Technik hergestellt, wie dies aus Blatt 3 Fig. 1 im Detail deutlicher zu ersehen ist.

Eine eigenthümlich schlanke Gestalt haben die spitzbogigen Fensteröffnungen, die noch dadurch erhöht wird, daß die äusseren Peripherieen der Archivolten aus gröfseren Radien geschlagen und die Fugen der einzelnen Steine nach einem einzigen Mittelpunkt gerichtet sind, so daß die Stirnflächen keinen Schlufsstein, sondern eine verticale mittlere Schlusfuge erhielten.

Die dreigetheilten Fensteröffnungen sind kurz über der Kämpferlinie mit kleinen sehr schlanken Spitzbogen abgeschlossen, so daß der obere Theil des umfassenden Spitzbogens als volle mit Stuck überzogene Stirnmauer stehen bleibt und eine passende Gelegenheit zur Anbringung verschiedenartiger Wappen bietet, namentlich der nährenden Wölfin als Stadtwappen (Siena im Mittelalter häufig als Wölfin bezeichnet), ferner des Löwen auf rothem Grunde und des schwarzweissen Feldes. Die sonstige Anordnung der Fenster ist in dem Durchschnitt Blatt 2 Fig. 4 und Blatt 3 Fig. 1 und 2 in größerem Maafsstabe sichtbar.

Der durch häufige Volks- und Kirchenfeste im Mittelalter sanctionirte, auf Blatt 3 Fig. 1 und 2 deutlicher dargestellte Schmuck der Paläste an metallenen Fahnen- und Fackelhaltern ist gerade in unserm Beispiel sehr einfach ausgefallen. Um so mehr fühle ich mich veranlaßt, hier der Bronzarbeiten der Marzini (um 1500) namentlich am Pal. del Magnifico und dem Pal. della Ciaja (siehe Verdier u. A.) zu erwähnen, da sie in der Behandlung des Akanthusblattes selbst die besten florentinischen Renaissance-Werke dieses Genre's übertreffen.

Die Grundrisse des Erdgeschosses bieten als Verwaltungs- und Wachtlokale mit ihren kräftigen Mauern und Gewölben kein besonderes Interesse. Zu erwähnen ist der Cortile della Mangia, ein schöner Hof hinter dem Thurme, mit schönen achteckigen Steinpfeilern im Erdgeschofs, auf das sich die oberen Geschosse ähnlich der Außenseite legen (siehe Verdier et Cattois). Auferdem aber wird sich eine Durchwanderung dieser Räume bei dem Reichthum an Fresken von Ambr. Lorenzo, Sano di Pietro und Sodoma vielfach lohnen.

Wenden wir uns nun auf der Haupttreppe nach oben, so führt sie uns im mittleren Hauptgeschofs unter ein eigenthümliches System von kreuzweis übereinander gespannten Gurten mit eingelegten Kreuzgewölben, und



zwar zunächst in den Vorraum zur Capelle, deren überraschende Wirkung man aus der Grundriss-Skizze schwerlich errathen mag. Auf Blatt 2 Fig. 3 ist die betreffende Abtheilung des Planes in größerem Maassstabe dargestellt, ebendasselbst in Fig. 4 ein Querprofil des ganzen Geschosses mit den rechts und links einschliessenden Räumen, der Sala del gran Consiglio und den Sale di Balìa. Letztere haben dieselbe naive Deckenconstruction wie die Capelle. Die breiten, flachbogigen Hauptgurte tragen in ihrem Scheitel die quergespannten spitzbogigen Trennungsgurte der kleinen Kreuzgewölbe, und bilden durch ihre hohe Uebermauerung zugleich die Stirnflächen der letzteren. Ich glaube, dass diese Construction durch die Zeichnungen anschaulicher gemacht werde, als durch umständliche Beschreibung mit Worten; ich füge nur hinzu, dass sie bei grossen Dimensionen schwerfällig und bei häufiger Wiederholung desselben Systems hintereinander sogar roh wirken könnte, in diesen kleinen Räumen jedoch ist sie angenehm zu sehen, weil sie der feierlichen Decoration breite und vielfache Flächen bietet, ohne die perspectivische Einsicht zu hindern.

Auf Blatt 1 ist der Versuch gemacht, den Total-Eindruck der Capelle wiederzugeben. Der Standpunkt des Beschauers ist im Vorraum beim Punkte S zu denken.

Nur in allgemeinsten Worten sei noch der Werke und der Meister gedacht, welche zur Ausschmückung dieser Räumlichkeit beitrugen. Das im Grundriss und Durchschnitt auf Blatt 2 angedeutete schmiedeeiserne Abschlussgitter ist auf Blatt 1 weggelassen und auf Blatt 4 Fig. 2 in detaillirterem Maassstabe dargestellt. Es ist ein Werk des Bildhauers Jacopo della Quercia (1344 bis 1418, auch del Fonte genannt, von dem Brunnen auf Piazza del Campo). Von ihm ist wahrscheinlich auch die in der Mitte herabhängende zierliche Lampe.

Ein besonders werthvolles Beispiel der sich entwickelnden Frührenaissance sind die Chorstühle von Domenico di Niccolò (1429) in Holz geschnitten und mit Holzmosaik belegt nach den verschiedenen Farben dieses Materials. (Blatt 4 Fig. 1). Die Darstellung der Artikel des christlichen Glaubens auf den hohen Rückwänden der Stühle rivalisirt in Bezug auf Strenge der Zeichnung mit den vorzüglichsten Leistungen jener Zeit. Die Einfassung der Orgel gehört der spätern aber feinsten Renaissance an.

Die Wandfresken der Capelle aus dem Leben der Maria und der Evangelisten, sowie die des Vorraumes, welche Vorkämpfer des Christenthums, grosse Männer des klassischen Alterthums, selbst die olympische Götterwelt zu allegorischer Darstellung der Tugenden herbeiziehen, sind von der Hand des Tadeo di Bartolo (um 1400). Auf der breiten Leibung des vordern flachen Gurtbogens befindet sich die eingehändige Bestätigung: *Tadeus Bartoli de Senis pinxit istam capellam MCCCCVII cum figura S. Christophori et cum aliis figuris MCCCCXIII.*

Die größeren Figurengruppen und Einzelfiguren, die Wappen und Charakterköpfe sind farbig auf meist vom Alter gebräuntem Goldgrund und ihre architektonische Einfassung grünlich-grau gemalt. Die zwischen liegenden Wandflächen so wie die Pfeiler, Gurtbögen und Gewölberippen, sind in symmetrischer Theilung theils mit gemalten Mosaikmustern, theils mit streng stylisirten Pflanzen bedeckt, deren bestimmte tiefe Grundirung in roth und blau abwechselnd, die Ordnung des Ganzen wesentlich fördert.

Die breiteren Trennungsflächen innerhalb dieser Muster sind, regelmässig abwechselnd, gelb oder gebrochen grün, hier und da fein fleischroth anstatt gelb; die Trennungslinien sind tiefroth oder weiss, in den Gewölben auch gelb mit Spuren goldener Punktirung.

Die Gewölbfächer endlich haben blauen Grund mit goldenen Sternen und reicher Einfassung in der beschriebenen Weise; in denen der Capelle selbst schweben ausserdem gemalte musicirende Engel.

Blatt 5 bis 7 haben den Zweck, diese allgemeine Beschreibung zu möglichst deutlicher Anschauung zu bringen, indem sie einzelne Ornamentflächen der besprochenen Räumlichkeit in größerem Maassstabe farbig wiedergeben. Die Bezeichnungen ihrer Oertlichkeit entsprechen denen des Grundrisses. Ich füge nur hinzu, dass alle gekrümmten Gurtbogen- und Gewölbfächer in's Planum ausgestreckt sind. Um dem Original, wie es heutzutage erscheint, möglichst treu zu bleiben, ist auch der häufig wiederkehrende und bis zur Undeutlichkeit gebräunte Goldgrund in entsprechenden milden Tönen dargestellt.

An der Rückwand der Capelle steht ein weniger werthvoller aber styl-gemässer Marmor-Altar, hinter dem sich ein schöner rothgelber Damastteppich mit reicher Zeichnung ausbreitet.

Die Capelle selbst ist der heiligen Jungfrau geweiht. Die links an den Vorraum der Capelle sich anschliessenden Sale di Balìa enthalten dasselbe Decorationssystem wie es auf Blatt 2 Fig. 4 angedeutet, des geringen Maassstabes wegen aber dem zweiten Gurtbogensystem der Capelle entlehnt ist. Denn der cyklische Stoff, welcher die Wände dieser Räume schmückt, gehört der schätzbaren Nachblüthe des Duccio an, dem giottesken Meister Spinello Aretino, und bezieht sich auf den Kampf und die Versöhnung zwischen Kaiser Friedrich Barbarossa und Papst Alexander III.

Endlich ist es zur rechten Seite der Capelle noch der grosse Rathssaal, mit dem wir unsere Führerschaft beenden wollen, da das anstossende Archiv und das obere Geschoss des Palastes mit seinen Verwaltungs- und Wohn-Räumen weniger Detail-Interesse bietet. Das quadratische Querschnittsverhältniss des Saales bei fast dreifacher Länge, und seine einfach gemalte, sichtbare Balkendecke, über der sich eine grosse offene Loggia befindet, giebt ihm bei ganz schlichten Wandflächen und breiten

Fensteraxen ein äußerst würdiges Ansehen. Blickt man aber nach der arkadenartig durchbrochenen Capellenwand mit dem dahinter schwebenden Farnebel, und weiter gerade aus, auf die Verehrung Mariae von Simone di Martino, welche mit ihrer reichen Einfassung wie ein strahlender Farbenteppich die ganze Hinterwand überzieht, so wird die Vorstellung von einer edlen Rathsvorstellung nicht ausbleiben, die sich solchen Sitz bereiten liefs.

Aus den Zeichnungen wird zur Genüge hervorgehen, daß die Capelle ihr secundäres Tageslicht nur aus diesem Saale empfangen kann, und es ist natürlich, daß zu profanen Zwecken diese Beleuchtung nicht genügen würde. Um so günstiger aber spricht sich die träumerische Pracht dieses heiligen Raumes aus, der in Mitten der obersten Staatsbehörde wie ein Kleinod bewahrt und gepflegt ist.

Sollte die zusammengedrückte Darstellung dieser

## Ein Wohngebäude der Victoria-Straße in Berlin.

(Mit Zeichnungen auf Blatt 8 im Atlas.)

Das vorliegende Wohngebäude reiht sich dem Theile der Victoria-Straße ein, welcher in den Jahren 1856 und 1857 unter Verhältnissen entstand, die einer reichen und mannigfaltigen Straßen-Entwicklung ungemein günstig waren. Durch die vorhandenen alten Baupartien, die auf den parcellirten Bauplätzen des ehemaligen Vergnügungsgartens „Kemperhof“ vertheilt waren und die sich bis an die Fluchtlinie der Straße erstreckten, wurde man zunächst aufgefordert, die Häuser nicht in einer ununterbrochenen Reihenfolge neben einander aufzuführen; man faßte vielmehr immer zwei oder drei Gebäude in eine Gruppe zusammen und gönnte dann wieder dem Auge einen vollen Blick in's Grüne. Wenn dieser Wechsel von Stein- und Laubmassen schon für die Straßens-Perspective im Allgemeinen von sehr günstiger Wirkung war, so wurde er für die damit zusammenhängende Grundriß-Ausbildung der einzelnen Häuser von besonderem Werthe.

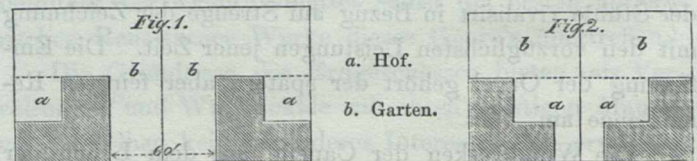
Ein Blick auf die bereits in diesem Blatte von F. Hitzig erschienenen Wohngebäude der Victoria-Straße zeigt, wie mannigfaltig sich das sonst typisch gewordene Berliner Miethshaus (denn das sind sie Alle bis auf zwei) ausbilden läßt, wenn man das schablonenhafte Abtheilen der Bauplätze aufgibt.

Zunächst waren es, wie schon bemerkt, die Bäume, denen die Victoria-Straße ihre in dieser Art einzige Anlage verdankt, aber es gehörte die ungewöhnliche Opulenz der Bauunternehmer dazu, um die schönen Gedanken, die für den Architekten in der Aufgabe lagen, zur vollen Wirkung kommen zu lassen. Selbst wo größere Gartenanlagen zwischen den Häusern nicht ermöglicht werden konnten, hat man den Gebäuden durch kleine Lücken

Lokalität so wie die vorangegangene allgemeine Betrachtung sienesischer Kunstthätigkeit im Stande sein, ein wohlwollendes Interesse für die Stadt Siena zu erwecken, so darf ich mich wohl einer noch specielleren Beschreibung aller Einzelheiten enthalten. Denn es ist nicht die Eigenthümlichkeit der Gewölbeconstruction, nicht die zufällige Anlage des Grundrisses, auch nicht die Naivetät der Alles überziehenden Ornamentik, noch die fast kindliche Verwendung der Symbolik und Allegorie, welche zu eindringendem Studium oder gar zu directer Nachahmung Veranlassung geben sollen. Möge vielmehr die ächt künstlerische Pietät der einzelnen Meister und das einträchtige Zusammenwirken aller Schwesterkünste an einem und demselben Werke, ferner der stolze wetteifernde Geist des Mittelalters nach Außen und sein sinniges Gemüth nach Innen ein wärmerer Quell auch für rationellere Zeiten bleiben! H. Spielberg.

das rein Coullissenartige zu nehmen gesucht und ihnen durch eine geschlossene ruhige Seitenwand wirksame Licht- und Schattenmassen gegeben.

An einer solchen kleineren Lücke steht das vorliegende Wohngebäude, und es gehört daher seiner Lage nach zu den weniger begünstigten der Victoria-Straße. Darum war es doppelt wünschenswerth, den Versuch zu machen, ihm durch die Anordnung des Grundrisses und der Façade den ideellen Charakter, den die meisten anderen Gebäude der Straße schon durch ihre offenere Lage erhielten, ebenfalls zu bewahren. Ein Raum von 18 Fuß gestattete natürlich nicht, die Seitenflügel der beiden benachbarten Häuser gegen einander zu kehren, da sonst statt einer angemessenen Unterbrechung eine unangenehme Gasse entstanden sein würde, während bei Lücken von 50 bis 60 Fuß diese Anordnung immer die beste bleibt (Fig. 1).



Der Flügel mußte also auf die andere Seite gelegt werden und die Lücke auf die Tiefe des Vorderhauses beschränkt bleiben (Fig. 2).

Damit war allerdings der Vortheil, den die Anlage 1 für die Grundriß-Eintheilung gewährt, aufgegeben, und es konnte eine angenehme Zusammenlage der Vorderzimmer, so wie ein ungestörter Zugang zu den nach dem Garten gelegenen Räumen nur erreicht werden, wenn der einspringende Winkel zwischen Vorder- und Seitengebäude mit Vermeidung der sogenannten Berliner Eckstube ge-

löst wurde. Wie der Plan ergibt, ist die Haupttreppe an diese Stelle gelegt worden. Aus ihrer diagonalen Lage ergab sich von selbst für die Wohnungen ein angemessenes, hinreichend helles Entrée, von dem aus die Zimmer bequem zugänglich sind, ohne andere Wohnräume zu berühren.

Die ungewöhnliche Lage der Hausthür schien in so-

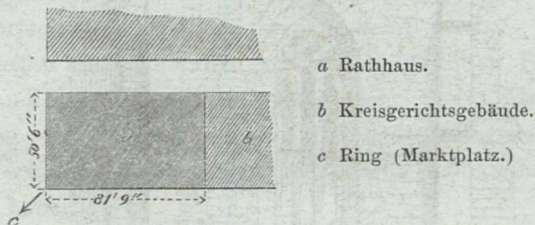
fern gerechtfertigt, als die ganze Strafe einen mehr villenartigen, nicht geschlossenen, städtischen Charakter hat, und die weite Entfernung des Eingangs von der Straßenseite kein Bedenken erregte, da der Hof von 32 Fuß im Quadrat hinreichenden Raum zum Vorfahren und Umdrehen der Wagen darbietet.

R. Lucae.

## Das Rathhaus zu Striegau.

(Mit Zeichnungen auf Blatt 9 bis 11 im Atlas.)

Nach der Bestimmung des vom Magistrat zu Striegau für den Bau eines neuen Rathhauses daselbst vorgeschriebenen Programmes, sollte bei der hiernächst skizzirten Situation des Bauplatzes das Gebäude enthalten:



a) in dem Kellergeschoß ein Restaurationslokal (Rathskeller) und die nöthigen Vorrathsräume (s. den kleinen Grundriß auf Blatt 9);

b) im Erdgeschoß das Leihamt, die Kämmerei-Verwaltung mit Kasse, Wachtstube mit Polizei-Arrest, und eine Wohnung für den Castellan (s. Blatt 11);

c) im ersten Stock das Sessionszimmer des Magistrats und das Sessionszimmer der Stadtverordneten, beide nur durch eine transportable (verschiebbare) getäfelte Holzwand so von einander geschieden, daß ihre Vereinigung zu einem größeren Bürgersaale leicht zu bewerkstelligen ist; ferner in demselben Stockwerk Polizeiamt, Registratur und Zimmer nebst Vorzimmer für den Bürgermeister.

d) In dem zweiten Stock wurde schliesslich die Wohnung des Bürgermeisters und noch eine kleinere Wohnung für einen besoldeten Magistratsbeamten gewünscht.

Ein Blick auf die Grundrißzeichnungen des Blattes 11 zeigt, wie ein möglichst genauer Anhalt an die ziemlich scharf begrenzte Aufgabe erstrebt wurde.

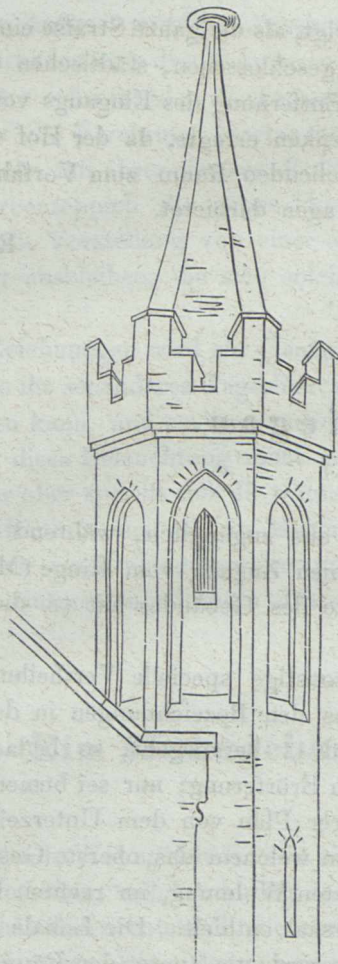
Der Haupteingang (s. Blatt 9) ist zur Mitte der Längenseite angenommen, und führt über einen mächtig großen Flur zu der granitnen Treppe. Der Durchschnitt auf Blatt 10 giebt die Anordnung der letzteren genauer und zeigt gleichzeitig, wie mit ihr eine Hinterthür nach der schmalen Gasse hinaus verbunden ist. Dieser gegenüber befinden sich in einem älteren, dem Magistrat ebenfalls gehörigen Gebäude noch die Räumlichkeiten, die den mangelnden Hof ersetzen. Auch die Vorrathskeller

sind von hier aus zugänglich, während der eigentliche Rathskeller seinen Zugang vom Ringe (Markte) her auf der Schmalseite des Gebäudes hat (s. die Seitenansicht auf Blatt 10).

Da die sonstige specielle Vertheilung der Räume unmittelbar aus den Bezeichnungen in den Grundrissen auf Blatt 9 und 11 hervorgeht, so bedarf dieselbe hier keiner weiteren Erörterung; nur sei bemerkt, daß früher noch ein anderer Plan von dem Unterzeichneten ausgearbeitet war, in welchem das oberste Geschoß statt der in d) aufgeführten Wohnung, im rechten Flügel nur den großen Bürgersaal enthielt. Die Lokale des Magistrats und der Stadtverordneten (unter den Räumen des anderen Flügels) waren dabei durch eine feste massive Wand geschieden. Ein Umbau zu dieser sicherlich würdigeren Haltung des Rathhauses bleibt nunmehr einer weniger sparsamen Zeit vorbehalten. Die Möglichkeit dazu ist bei der jetzigen Ausführung berücksichtigt worden.

Zu dem erwähnten Baustyle führte schon im Allgemeinen das zu deutschen Stadthäusern immer Geeignete der germanischen Architektur. Indes wurde der Unterzeichnete noch mehr durch die vorhandenen alten Architekturen der Stadt Striegau darauf hingewiesen: durch den Anblick der steinernen Lauben (Arkaden), die den Ring noch auf zwei Seiten umgeben, durch den isolirt stehenden Rathsturm mit seinen zum Theil noch gothisirenden Formen, durch den zierlichen Thurm des alten Klosters (jetzt Gefangenanstalt), und endlich durch die in Ziegelrohbau aufgeführten Giebel der sonst in Bruch- und Sandsteinen aufgebauten großen schönen Petri- und Pauls-Kirche (eine Malteser-Kirche), von welchen hier die beiden letzt erwähnten Architekturen wenigstens in umstehenden Skizzen vorgeführt werden mögen, und bei denen der gegebene Giebel die Verbindung des flachen Bogens (bei Anwendung der so häufigen geputzten Blendens) mit dem Ziegelrohbau des sonst spitzbogigen Bauwerks zeigt.

Leider scheiterte die consequente Durchführung eines Ziegelrohbaues in dem Rathhause an dem Mangel ausreichend guter Formsteine, welche in der Nähe nicht zu beschaffen waren, und so sind auch nur die hauptsächlichsten Gesimse aus Formsteinen hergestellt; die Einfas-



Klosterthurm in Striegau.

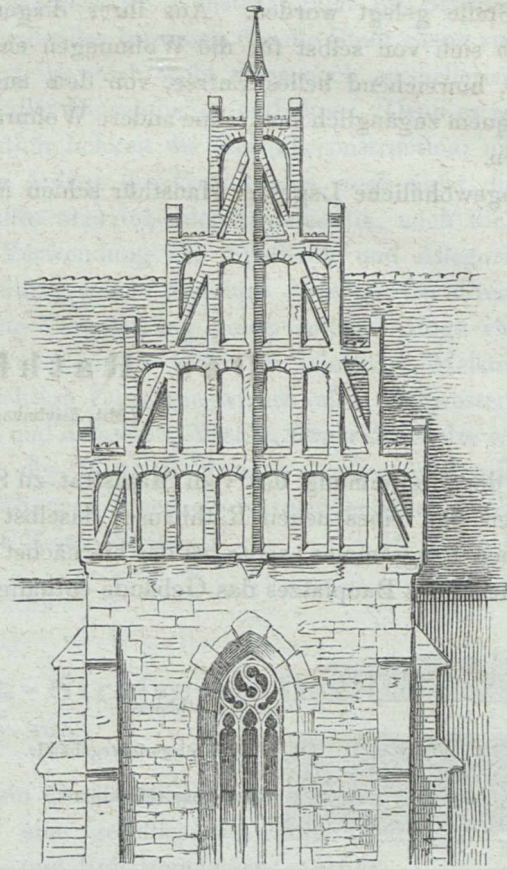
sungen der Fenster, Thüren und kleineren Blenden sind auf dem verhaunenen Stein in Portland-Cement gezogen. Die Rosetten und Schildchen der Fensterbrüstungen bestehen aus Stuck, d. h. hier aus einer Mischung von Gyps mit Sand und Portland-Cement.

Der Striegauer grauweiße Granit ist, aufer am Sokkel des Gebäudes und in der Treppe, noch angewendet in den zwei Säulen und Bogenanfängern der Sitzungssäle im ersten Stock, in den einfachen Consolen des Mittelthurms und desgleichen in den Consolen des seitlichen Balkons. Zu den mehr gegliederten und namentlich zu durchbrochenen Architekturtheilen eignete sich dieses sehr harte und meist grobkörnige Material nicht, und es wurde demselben dazu der Bunzlauer Sandstein vorgezogen. Aus diesem ist der Balkon, die großen Consolen der Eckthürmchen (s. Blatt 11) und einige Stücke des Hauptportales gefertigt.

Die Eindeckung des Daches und des Thurmes ist mit Schiefer geschehen.

### Von der Beschaffenheit und dem Verhalten des Sandes.

Unter der Benennung Sand verstehen wir ein Gemenge verschiedener Mineralien in theils eckigen, theils abgerundeten Körnern, worunter gemeinlich der Quarz vorherrscht. Als charakteristisches Merkmal des so-



Giebel vom nördlichen Kreuzarm der Petri- und Pauls-Kirche in Striegau.

#### Die Baukosten haben betragen:

|          |   |       |    |    |
|----------|---|-------|----|----|
| Tit. I   | Regulirung des Bauplatzes und Erdarbeiten | 228   | 16 | 1  |
| - II     | Maurer-Arbeiten                           | 3003  | 5  | 11 |
| - III    | Material dazu                             | 6639  | 6  | —  |
| - IV     | Zimmer-Arbeiten                           | 864   | 16 | 10 |
| - V      | Zimmer-Material                           | 2409  | 12 | 11 |
| - VI     | Dem Schieferdecker incl. Material         | 731   | 26 | —  |
| - VII    | Steinhauer-Arbeiten incl. Material        | 675   | 19 | —  |
| - VIII   | Tischler-Arbeiten incl. Material          | 1855  | 11 | —  |
| - IX     | Schlosser-Arbeiten desgl.                 | 830   | 2  | 6  |
| - X      | Glaser-Arbeiten desgl.                    | 292   | 4  | 6  |
| - XI     | Anstreicher-Arbeiten                      | 145   | 18 | 4  |
| - XII    | Schmiede-Arbeiten                         | 106   | —  | —  |
| - XIII   | Töpfer-Arbeiten                           | 482   | 16 | —  |
| - XIV    | Klempner-Arbeiten                         | 235   | 15 | —  |
| - XV     | Bildhauer- und Stuck-Arbeiten             | 361   | —  | —  |
| - XVI    | Ad Extraordinaria                         | 1792  | —  | —  |
| In Summa |   | 20652 | 20 | 1  |

Bei der Gröfse der durch das Rathaus bebauten Grundfläche von rund 4130 □Fuß betragen demnach die Gesamtkosten für den □Fuß 5 Thlr., welches nicht zu hoch erscheinen möchte, wenn man bedenkt, daß das drei Stockwerke hohe Gebäude, aufer den reichen Krönungen ringsum, auch noch einen Thurm erhalten hat.

Lüdecke.

nannten reinen Sandes gilt die Eigenschaft, daß die Körner im trocknen Zustande nicht durch Cohäsion oder Klebrigkeit zusammengehalten, wohl aber in gewissem Grade durch Reibung am Herabgleiten gehindert werden.

Zum Zwecke theoretischer Behandlung eines mit dem Namen Statik des Sandes belegten Zweiges der Wissenschaft ist die Definition aufgestellt worden „Eine lose Masse, zwischen deren Elemente keine andre Kraft wirkt als die Reibung, nennen wir Sand.“ (Ortmann, Statik des Sandes.) Die Gesetze des Gleichgewichts solcher „gleichartiger, unpreßbarer“ Sandmassen bilden den Gegenstand jener theoretischen Erörterungen, von denen die hier vorliegenden Untersuchungen jedoch wesentlich verschieden sind und deshalb auch nicht von einer gleich beschränkten Definition des Gegenstandes ausgehen können; sie verhalten sich zu jener Theorie etwa wie die Betrachtung eines wirklichen, aus Holzfasern bestehenden Balkens zu der statischen Lehre vom Hebel, welche letztere eine feste, unbiegsame Linie voraussetzt; oder wie die Anschauung eines lebendigen Stromes mit seinen Wellen und inneren Bewegungen zu den abstracten Betrachtungen der Hydraulik, bei denen eine in parallelen Stromfäden und mit ebener Oberfläche im Strombette sich fortschiebende Flüssigkeit gedacht wird.

Selten findet man in natürlichen, trüben Strömen den Sand ohne Beimischung desjenigen feineren Materials, welches wir Schlick nennen, und dessen Eigenschaften und Verhalten ich in einer besonderen Abhandlung erörtert habe.\*)

Es ist aber das Verhältniß des Schlicks zum Sande in den oberen Stromgegenden, wenigstens im Bereiche der Strömung, ein so geringes, daß dort der im Strombette befindliche Sand als reiner Sand bezeichnet zu werden pflegt; weiter abwärts, im Gebiete der Meeresfluth, ist die Beimengung von Schlick zum Sande bedeutender, bis sie in der Nähe des Meeres wo die Wirkung der Wellen vorherrscht, wieder geringer wird, so daß zuletzt am Meeresstrande der reinste Sand angetroffen wird. Eine Mischung von Schlick und Sand kann man im trocknen Zustande nicht rein von einander trennen, wenn man auch die feinsten Siebe mit der ausdauerndsten Beharrlichkeit anwendet; nur durch sogenanntes Schläm men, d. h. durch die Wirkung bewegten Wassers, welches die Schlicktheilchen schwebend fortführt, die Sandkörner aber zurückkläst, ist die Darstellung von reinem oder schlickfreiem Sande möglich. Im gewöhnlichen Sprachgebrauche der Baupraxis nennt man den Sand schlickfrei, wenn derselbe, in reines Wasser geschüttet, rasch zu Boden sinkt, ohne eine merkliche Trübung zu verursachen; den Schlick aber nennt man mehr oder weniger sandig, je häufiger beim Reiben zwischen den Fingern einzelne, stets leicht zu unterscheidende Sandkörner fühlbar sind. Für die Praxis und für Untersuchungen, die, wie die gegenwärtigen, der Praxis dienen sollen, reichen diese allgemein anerkannten Merkmale aus, um Schlick von Sand zu unterscheiden, und in Fällen, wo es darauf ankommt, das eine oder das andere

Material unvermischt darzustellen, zu erkennen, ob das Verfahren des Schlämmens angewendet werden muß oder nicht.

Nach der andern Seite hin, nämlich nach der des gröbereren Materials, welches Kies, Geschiebe, Gerölle (vulgo Steine) genannt wird, ist der Begriff des Sandes nicht scharf abzugrenzen, ja man kann die ebengenannten Materialien als grobkörnigen Sand ansehen, und diejenigen Sätze, welche in Bezug auf reinen Sand ganz allgemein zu erweisen sind, auch auf Gemenge der letzteren Art anwenden. Eine conventionelle Unterscheidung zwischen Sand und Kies kann indess aus dem gewöhnlichen Sprachgebrauche abgeleitet werden, indem ein Material, dessen Körner in einem Siebe mit Oeffnungen von 2 Millimeter Durchmesser gar nicht oder nur in geringer Zahl zurückbleiben, von dem Einen als grober Sand, von dem Andern als feiner Kies bezeichnet werden wird, mithin in dieser Gegend die Grenze anzunehmen ist. Von meinen Experimenten habe ich alle Körner, die in einem Siebe zurückblieben, dessen Oeffnungen 2,2 Millimeter Durchmesser hatten, ausgeschlossen.

Der Sand bedeckt den Boden unserer Strombetten fast durchgängig, er bildet die Unterlage aller Moore und Marschen in den Stromthälern, ist in den, zuweilen vom Strom bespülten Hochufern der Geest in mächtigen Lagen enthalten, und die Strandgegenden am Meere bestehen fast allenthalben aus diesem Material. Somit umfaßt die Betrachtung des Sandes und seines Verhaltens unter der Einwirkung von Strom und Wellen ein Feld von unermesslicher Ausdehnung und eine unendliche Mannigfaltigkeit der Erscheinungen, wo nur mittelst eines systematischen Verfahrens, welches auch diejenigen Umstände berücksichtigt, die auf den ersten Anblick minutiös oder unwesentlich erscheinen mögen, ein sicherer Ueberblick erlangt wird. Aus der Natur der Sache ergibt sich bei der Behandlung dieses Stoffes eine Trennung der Untersuchungen in zwei Hauptabschnitte, von denen der erste die natürliche Beschaffenheit und Vertheilung des Sandes im Strombette zum Gegenstande hat, der zweite aber sich mit der Bewegung des Sandes in Strom und Wellen beschäftigt. Die Folgerungen aus beiden und deren Zurückführung auf ein allgemeines Princip werden in einem dritten Abschnitte den Schluß des Ganzen bilden.

### I. Die natürliche Beschaffenheit und Vertheilung des Sandes im Strombette.

Wenn man Proben von Sand aus verschiedenen Gegenden vergleicht, so wird man oft einen großen Unterschied bemerken. Sind zwei Sandproben aus verschiedenen Strömen, so ist dies zuweilen an der mineralischen Beschaffenheit der Sandkörner erkennbar, an einem und demselben Strome ist es weniger der Fall. Der auffallendste und zugleich für Experimente zur Beobachtung der Sandbewegung ungemein nützliche Unter-

\*) Zeitschrift für Bauwesen Jahrgang X., S. 491 u. f.

schied unter mehreren Sandproben besteht in der verschiedenen Färbung. Reinen Quarzsand hat man zuweilen ganz weiß, die einzelnen Körner sind dann unter dem Mikroskop vollkommen durchsichtig, und ein solcher Hügelabhang oder Seestrand kann in einiger Entfernung so blendend wie frisch gefallener Schnee erscheinen. Bunte Färbungen rühren theils von beigemengten Metalloxyden, namentlich Eisenoxyd her, theils, aber seltner, werden sie durch Bruchstücke farbiger Gesteine verursacht, wenn diese ein merkliches Verhältniß zur ganzen Masse ausmachen. Bekannt sind die, in wunderbar schöner Abwechslung farbiger Streifen zu Tage tretenden, aufgerichteten Sandschichten an der Küste von Alum Bay auf der Insel Wight, aber auch unsre Alluvialgegenden enthalten sehr intensiv gefärbte, gelbrothe und rothbraune Schichten.

Wichtig ist auch der Unterschied in der Form der Sandkörner, da einerseits die Form unstreitig Einfluß auf die Beweglichkeit derselben hat, und andererseits die Bewegungen, denen die Körner durch Strom und Wellen unterworfen werden, zweifelsohne auf die Form der Körner eine Einwirkung ausüben.

Die am allgemeinsten verbreitete Ansicht hierüber ist wohl die, daß die durch den Strom abwärts geführten Geschiebe, Kiesstücke und Sandkörner allmählig durch Reiben, Stößen und Schleifen an und gegen einander immer mehr verkleinert würden, so daß nach und nach aus dem gröberen Material das feinere entstehe, welches letztere demnach abgerundeter sei als das erstere. Eine gerade entgegengesetzte Ansicht, nach welcher im Allgemeinen die Sandkörner, so wie sie im Strome gefunden werden, durch Abspülung der Ufer und der Erdoberfläche hineingelangt sein, und durch den Strom nur nach Maaßgabe ihrer Größe gleichsam sortirt werden sollen, schließt sich, wie dies in dem Folgenden näher nachgewiesen werden wird, genauer an die Natur an, denn das Hauptgeschäft des Stromes in dieser Beziehung besteht allerdings darin, daß derselbe das feinere Korn von dem gröberen sondert und jenes schneller fortführt als dieses. Nichts destoweniger ist hierbei die Entstehung kleiner Sandkörner aus größeren eine unverkennbare Thatsache, so wie auch das häufige Vorkommen abgeschliffener oder abgerundeter Sandkörner nicht unbemerkt bleiben kann.

Nach häufiger Betrachtung einer großen Menge von Sandproben aus verschiedenen Gegenden, wobei ich mich mäßiger Vergrößerungen durch das Mikroskop bediente (starke Vergrößerungen sind hierbei nicht zu empfehlen, da sie keine Uebersicht gewähren), habe ich gefunden, daß unter den Sandkörnern aller Größen gewisse Hauptarten in Betreff der Form zu unterscheiden sind, nämlich:

- a) Unversehrte, ursprüngliche Gebilde; Krystalle, kugelige, perlformige, nierenformige;
- b) dergleichen Gebilde mit deutlicher Abschleifung hervortretender Theile, zuweilen ganz abgerundet;

c) Bruchstücke solcher Gebilde; eckig, muschelrig, gespalten oder blätterig;

d) Bruchstücke von Conglomeraten und Massengesteinen, meistens mit abgeschliffenen Ecken, zuweilen auch ganz abgerundet.

Selten dürfte im Bereiche eines großen Stromes ein Sand gefunden werden, worin nicht jede dieser Arten von Körnern vertreten wäre, aber es zeigen sich dabei folgende Verschiedenheiten.

Im Allgemeinen kommt die eckige Form (c) unter den kleineren Sandkörnern häufiger vor als unter den größeren; die rundlich abgeschliffenen Formen (b und d) zeigen sich häufiger unter den größeren Körnern; unversehrte Gebilde (a) werden unter allen Größen von Körnern gefunden. In der Nähe der See, wo die Wellen und der Wind lebhaftere Wirkungen auf die Bewegung des Sandes ausüben, herrschen die rundlichen Formen auch bei den kleineren Körnern vor, und man kann zuweilen an nahe bei einander liegenden Küstenpunkten, wenn der eine gegen Wind und Wellen geschützt, der andere denselben ausgesetzt ist, diese Verschiedenheit der Lage in den Formen der Sandkörner ausgesprochen finden. Ein solcher Fall kommt an der Mündung der Elbe vor, wo in dem feinen Quarzsande des Cuxhavener Hafens die eckige Form auffallend contrastirt mit den rundlichen Formen des Sandes von dem nur etwa eine Meile weiter seewärts belegenen Steinmarter Seestrande. Hieraus ist zu schließen, daß viele der kleineren Sandkörner ihre Abrundung nicht sowohl auf dem langen Wege erhalten, den sie im Strome zurücklegen, sondern daß sie zum Theil in ziemlich eckiger Form bis in die Nähe des Meeres geführt, dann aber am Strande durch Wind und Wellen abgeschliffen werden.

Da ich mich in Betreff dieser interessanten Thatsachen nicht auf meine alleinige Beobachtung verlassen wollte, habe ich Proben von ausgesiebten kleinen Sandkörnern aus verschiedenen Gegenden des Elbestroms an Herrn Doctor Herrmann Schacht, der in Fragen dieser Art als Autorität genannt werden darf, gesandt. Dieser hat die hier in Betracht kommenden Körner folgendermaßen charakterisirt:

- 1) Gegend von Lauenburg. Ziemlich reine Quarzkörner, meist scharfkantig.
- 2) Gegend von Altona. Fast durchaus reine Quarzkörner mit nicht abgeschliffener Oberfläche.
- 3) Aus dem Cuxhavener Quarantäne-Hafen. Die Körner sind scharfkantig, nur vereinzelt hie und da ein abgeschliffenes Korn.
- 4) Vom Steinmarter Seestrand. Quarzkörner, rein; der Mehrzahl nach rundlich abgeschliffen und mit warzenförmiger Oberfläche, d. h. nicht vollkommen glatt oder polirt, wohl aber der scharfen Kanten beraubt.
- 5) Vom Strande der Insel Neuwerk. Sehr reine Quarz-

körner, zum Theil etwas abgeschliffen, zum Theil scharfkantig.

Diese Proben waren, wie gesagt, sämmtlich von der feinsten ausgesiebten Körnergröße, deren Durchmesser kleiner als 0,15 Millimeter ist. Beachtet man nun, daß die großen Körner am Boden des Strombettes gerollt oder gewälzt, die kleinsten dagegen bei lebhafter Strömung schwebend fortgetragen werden, so erklärt es sich, daß diese die eckige Form länger conserviren; der gerollte Körper überliefert, indem er abgerundet wird, die kleinen abgestoßenen Stückchen dem Strome in eckiger Form, und die Form der letzteren bleibt eckig, so lange sie selber nicht gerollt werden. Im Bereiche der Strandwellen aber werden alle Körner gerollt, die großen wie die kleinen, und zwar mit einer viel größeren Geschwindigkeit als dies durch die Strömung geschieht; demnach muß am Meeresstrande die abgerundete Form allgemeiner vorherrschen und zuletzt, wenn die Körner als Flugsand, fast mit Windesgeschwindigkeit am Boden hingeführt werden, ihre Vollendung erhalten. Hieraus erklärt sich auch die größere Beweglichkeit des Flugsandes im Vergleich mit getrocknetem Baggersande, die nicht einer größeren Feinheit des Kornes zugeschrieben werden kann, da auch grober Flugsand sich durch größere Beweglichkeit vom gebaggerten Sande unterscheidet. In kleineren Küstenflüssen, welche schon nach einem kurzen Laufe aus dem Hochlande das Meer erreichen, müssen hiernach auch die großen Sandkörner scharfkantiger sein, eine Annahme, die ich bei Vergleichung von Sand aus dem River Tyne in Nord-England sehr in die Augen fallend bestätigt fand.\*) Noch ist zu bemerken, daß der Sand im Fluthgebiete der Ströme häufig fremdartige Beimischungen enthält, die schon bei mäßigen Vergrößerungen als Bruchstücke von Thierschalen, Muscheln und dergleichen erkannt werden. Von zwei derartigen Sandproben hat Herr Doctor Schacht folgende Beschreibung gegeben:

1) Von der Gegend bei Bojen-Sand (Elbe). Vielfach mit Seesternfüßen (nach Ehrenberg's Angabe) verunreinigt; ferner, jedoch in geringerer Menge, Infusorienpanzer (Sphaerodiscus) und Bündel langer Kieselnadeln (von einer Spongia?), auch sehr kleine Schneckenhäuschen, desgleichen Bruchstücke äusserst zarter Muschelschalen; außerdem Pflanzenüberreste, wahrscheinlich von Schilfarten, vielleicht auch braunkohlenartige Substanzen, über welche sich jedoch nichts Näheres ausmachen läßt.

2) Aus dem Quarantäne-Hafen zu Cuxhaven. Sehr unrein; ähnlich wie bei Bojen-Sand mit vielen Seesternfüßen, Schneckenhäusern und Bündeln zarter Kieselnadeln. Pflanzenüberreste scheinen jedoch zu fehlen, dagegen Bruchstücke von Insectenbeinen u. dergl.

\*) Besonders geeignet zur Veranschaulichung der allmähigen Formveränderung durch Abschleifen, sind die im Sande befindlichen Feldspathkrystalle, die an ihrer, ursprünglich rhomboëdrischen Form leicht erkannt werden, auch wenn die Kanten schon ziemlich weggeschliffen sind.

Ich wende mich jetzt zu den Untersuchungen, welche die Eigenschaften des reinen, von Schlick und anderen Beimischungen befreiten Sandes betreffen.

In Betreff des specifischen Gewichts wird von hydrotechnischen Schriftstellern angenommen, daß dasselbe für feinen und groben Sand, für Kies und größere Geschiebe keine erhebliche Unterschiede zeige, ein Satz, den ich bei meinen Untersuchungen mit Sandsorten von der verschiedensten Körnergröße vollkommen bestätigt gefunden habe.

Brahms, dessen Angaben den noch jetzt geltenden praktischen Regeln in den wesentlichsten Punkten zum Grunde liegen, fand das specifische Gewicht „eines Kieselsteins“ = 2,59, dasjenige von reinem weißen Sande = 2,64.

Woltman setzt (Beitr. Bd. 2.) das specif. Gew. der „Feldsteine zu Uferbefestigungen,“ worunter an seinem damaligen Wohnorte und Wirkungskreise (Cuxhaven) granitische Findlingsblöcke verstanden werden, = 2,6, und theilt (Bd. 3, S. 197) folgende auf eigenen Versuchen beruhende Verhältniszahlen mit:

|                                  |        |               |         |
|----------------------------------|--------|---------------|---------|
| Feldst. 2 bis 6 Pfd. schwer      | 2,586; | Zwischenräume | = 0,376 |
| Kiesel $\frac{1}{2}$ Pfd. schwer | 2,696; | „             | = 0,417 |
| „ 3 Lth. schwer                  | 2,629; | „             | = 0,393 |
| Flugsand                         | 2,577; | „             | = 0,412 |
| Geestsand (Grubensand)           | 2,626; | „             | = 0,419 |

Diese Werthe für das specifische Gewicht gelten für die Substanz der Körner ohne Zwischenräume gedacht; das Verhältniß der letzteren zum ganzen Raum ist durch die zweite der gegebenen Zahlen ausgedrückt.

Daß sich durch meine Versuche für das specifische Gewicht keine neue abweichende Bestimmung ergeben werde, liefs sich schon nach einigen wenigen Experimenten erkennen, und es würde keiner Fortsetzung derselben bedürft haben, wenn nicht in dem Verhältniß der Zwischenräume zum ganzen Raume starke Verschiedenheiten sich gezeigt hätten, welche das Interesse an der Auffindung eines darauf bezüglichen Gesetzes erregten. Es wurden deshalb mit verschiedenen Sandsorten 42 Experimente ausgeführt, wobei folgendermaßen verfahren ward:

Ein Gefäß von bekannter Inhaltsgröße ward mit trockenem Sande (80 °R.) gefüllt, das Gewicht des eingeschütteten Sandes bestimmt, dann der Sand im Gefäß mit Wasser gesättigt und das Gewicht des hiezu erforderlichen Wassers notirt, und schließlich, weil trockner Sand durch Benetzung stets mehr oder weniger zusammensinkt, durch abwechselnde Hinzufügung von trockenem Sande und Wasser, bei jedesmaliger Notirung des Gewichtes des Hinzugefügten, die Sache dahin gebracht, daß das Gefäß mit völlig von Wasser gesättigtem Sande, ohne eingeschlossene Luftblasen und ohne überflüssiges Wasser, genau gefüllt war.

Dennt man dann:

*P* das Gewicht des zur Ausfüllung des ganzen Gefäßes erforderlichen Wassers,

- $g'$  das Gewicht des Sandes, welcher in dem Gefäße Platz gefunden hat,
- $g''$  das Gewicht des Wassers, welches in den Zwischenräumen der Sandkörner im Gefäße Aufnahme fand,
- $G$  das specifische Gewicht der Sandkörner und
- $J$  das Verhältniß der Zwischenräume zum ganzen Raum, so hat man

$$G = \frac{g'}{P-g''} \text{ und } J = \frac{g''}{P}.$$

Als Beispiel möge folgender Versuch dienen:

Für das benutzte Gefäß war  $P = 78,165$  Grammen;

|                      | Sand   | Wasser |
|----------------------|--------|--------|
| 1. Wägung 121,20 Gr. | 121,20 | —      |
| 2. „ 151,89          | —      | 30,69  |
| 3. „ 154,76          | 2,87   | —      |
| 4. „ 155,05          | —      | 0,29   |

Das mit gesättigtem Sande

gefüllte Gefäß enthielt also 124,07 Gr. Sand u. 30,98 Gr. Wasser; hieraus folgt:

das specifische Gewicht  $G = \frac{124,07}{78,165-30,98} = 2,63,$

das Verhältniß der Zwischenräume  $J = \frac{30,98}{78,165} = 0,396.$

Bei einem Gefäße von der angegebenen Größe kommt man gewöhnlich mit 4 Wägungen zum Ziel, bei größeren Gefäßen sind mehrere erforderlich.

Für das specif. Gewicht war das Mittel aus allen 42 Versuchen = 2,579; der kleinste gefundene Werth war = 2,51, der größte = 2,63. Weder die Ortslage noch die Größe der Körner hatte darauf einen Einfluß, denn es ergab sich, daß sowohl bei den Versuchen mit dem feinsten Sande, als auch bei denen mit den größten Sorten, und ebenfalls bei denjenigen, die mit natürlichen Sandgemengen von verschiedenen Fundorten gemacht waren, die Werthe von  $G$  vom Maximum bis zum Minimum schwankten. Da Woltman für Sand  $G = 2,577$  bis 2,626, also im Mittel 2,601, und Brahm's  $G = 2,64$  angiebt, und das obige Mittel = 2,579 ist, so wird das Mittel aus allen dreien, oder 2,6 als das specifische Gewicht unseres gewöhnlichen Flußsand, derselbe möge fein oder grob sein, vom oberen Strome oder von der Meeresküste herrühren, anzunehmen sein.

Das Verhältniß der Zwischenräume zum ganzen Raume, oder der Werth von  $J$  schwankt, scheinbar unregelmäßig, zwischen  $J = 0,396$  bis  $J = 0,279$ .  $J$  ist offenbar von mindestens zwei Umständen abhängig, nämlich von der mehr oder minder gleichen Größe der Körner und von ihrer mehr oder minder regelmäßigen Gestalt, und da jeder dieser Umstände stark variiren kann, so müssen natürlich sehr verschiedene Werthe von  $J$  zum Vorschein kommen, in denen eine Regel nur dann zu entdecken ist, wenn man den Einfluß eines jener beiden Umstände eliminiren kann. Letzteres ist in Betreff der Körnergröße möglich, wenn man Versuche mit Sandproben von nahezu gleicher Körnergröße aus ver-

schiedenen Stromgegenden zusammenstellt. Hierzu eignet sich die bei meinen Versuchen mit No. VI bezeichnete Sorte am besten, da bei ihr die Grenzen der Körnergröße am nächsten aneinander liegen (die Körner dieser Sorte haben nicht unter 0,15 und nicht über 0,22 Millimeter Durchmesser). Fünf Versuche sind mit dieser Sorte gemacht, und zwar war der dazu benutzte Sand von 5 verschiedenen Orten entnommen, die auf der 21 Meilen langen Stromstrecke von Lauenburg bis zu der an der See belegenen Insel Neuwerk vertheilt liegen. Danach ist nach der Reihenfolge der Ortslage am Strome:

|                        |              |
|------------------------|--------------|
| für Lauenburg Sorte VI | $J = 0,372$  |
| „ Geesthacht „         | $J = 0,342$  |
| „ Köhlbrandt „         | $J = 0,369$  |
| „ Blankenese „         | $J = 0,337$  |
| „ Neuwerk „            | $J = 0,331.$ |

In diesen Zahlen scheint das Princip der Abnahme der Werthe von  $J$ , so wie man vom oberen Strome nach der See zu fortschreitet, ausgesprochen zu sein, woraus sich auf eine zunehmende Regelmäßigkeit der Gestalt der Körner in dieser Richtung schließen läßt, da a priori anzunehmen ist, daß unregelmäßige Körper sich nicht so dicht lagern als regelmäßige.

Denkt man sich einen Haufen von gleich großen Kugeln, deren Durchmesser als verschwindend klein gegen die Größe des Haufens angenommen wird, so daß es auf die Gestalt des letzteren nicht weiter ankommt, und setzt man voraus, daß diese Kugeln möglichst dicht gelagert sind, so findet man die Zwischenräume zwischen den Kugeln = 0,2595 des ganzen Raumes; soweit würde also der Werth von  $J$  herabsinken, wenn gleich große Sandkörner bis zur vollkommenen Kugelgestalt abgeschliffen wären. Die obigen Zahlen nähern sich offenbar diesem Grenzwerte, jedoch ohne denselben zu erreichen, wie es auch in der Natur der Sache liegt, da selbst in dem abgerundetsten Flugsande noch eine große Mannigfaltigkeit der Gestalt der Körner gefunden wird.

Der kleinste Werth von  $J$ , den meine Versuche ergaben, nämlich  $J = 0,279$ , liegt, wie man sieht, diesem auf die Regelmäßigkeit der Gestalt bezüglichen Grenzwerte sehr nahe; dies hat aber einen andern Grund, indem der Versuch, zu dem jener kleinste Werth gehört, mit einem Sande von sehr verschiedener Körnergröße angestellt ward, ein Umstand, der bekanntlich viel dazu beiträgt, eine dichte Lagerung zu bewirken, weil die kleineren Körner in die Zwischenräume zwischen den größeren fallen.

Das Mittel aus allen 42 Versuchen ist  $J = 0,344.$

Das Mittel aus 11 Versuchen mit natürlichen Gemengen, so wie das Strombette sie an verschiedenen Orten darbietet, ist . . . .  $J = 0,346,$  wobei der kleinste Werth = 0,307, der größte = 0,396 war.

Es kann also nach meinen Versuchen nicht wohl ein größerer Mittelwerth als 0,345 für die Zwischenräume im Flußsande angenommen werden, ein Werth,



der sich den in der Praxis gebräuchlichen Regeln für Mörtelbereitung anschließt, dagegen von der oben mitgetheilten Angabe Woltman's, die 0,41 betrug, nicht unerheblich abweicht.

Von Interesse ist es, die hierauf bezüglichen Resultate für Sand und Schlick mit einander zu vergleichen. Nach meinen früheren Mittheilungen\*) beträgt das specif. Gewicht der Schlicktheilchen 2,43, das Verhältniß ihrer Zwischenräume zum ganzen Raume 0,392, und es ist nach dem Obigen das specifische Gewicht der Sandkörner im Mittel = 2,6, das Verhältniß ihrer Zwischenräume zum Raume der ganzen Masse = 0,35. Wenn nun auch, wie wir gesehen haben, diese Zahlen zwischen gewissen Grenzen schwanken, so scheint es nach denselben doch nicht mehr zweifelhaft zu sein, daß in der That die Schlicktheilchen nicht bloß kleiner, sondern auch in Masse specifisch leichter und im Einzelnen unregelmäßiger (eckiger?) von Form sind als die Sandkörner. Ersteres erklärt sich daraus, daß im Schlick die Thonerde, im Sande die schwerere Kieselerde vorherrscht. Letzteres kann zur Bestätigung der eben ausgesprochenen Ansicht dienen, daß vom Strome die feineren Sinkstoffe weniger abgerundet werden als die gröberen. Beide Eigentümlichkeiten aber stehen ohne Zweifel mit dem bekannten Umstande im Zusammenhange, daß Sand, als Alluvialschicht, einen besseren Baugrund abgiebt als Klei- oder Thonschichten.

In Betreff der Größe der Sandkörner lehrt die Beobachtung aller Orten, daß jeder natürliche Sand ein Gemenge von gröberen und feineren Körnern ist; sogar der allerfeinste, staubähnliche Sand zeigt unter dem Mikroskop eine unendliche Verschiedenheit der Körnergröße. Daher beruht die Bezeichnung einer Sandmasse als grob- oder feinkörnig im gewöhnlichen Sprachgebrauche nur auf einer höchst unsichern Schätzung der Größe derjenigen Körner, die in der Masse vorherrschend zu sein scheinen, welches aber nicht genügt, wenn für wissenschaftliche Zwecke der Sand nach dem Grade seiner Feinheit unterschieden werden soll. Zur Erforschung der Wirkungen, die in der Natur strömendes Wasser auf ein sandiges Bette ausübt, trägt es wesentlich bei, wenn man eine präzise Charakteristik des in verschiedenen Gegenden eines großen Stromes befindlichen Sandes mit Bezug auf seine Körnergröße aufstellen kann, denn es ist vorauszusetzen, daß der Widerstand der Sandkörner gegen die Fortbewegung durch den Strom eine Function ihres Gewichtes, also bei gleichem specifischen Gewichte ihres cubischen Inhaltes ist. Wären nun in jeder bestimmten Stromgegend alle Sandkörner von gleicher Größe, so wäre es sehr einfach, das Widerstandsvermögen des Grundbettes gegen den Strom in einen präzisen Ausdruck zu fassen; man brauchte nur an mehreren geeigneten Stellen die Größe einiger Sand-

körner direct zu messen und die Ergebnisse mit den dabei beobachteten Stromgeschwindigkeiten zusammenzustellen. Es ist bekannt, daß es in der That derartige traditionelle Zusammenstellungen giebt, deren Unzulänglichkeit übrigens Hagen (Handb. II. 1. p. 360) bemerkt gemacht und durch eigne Beobachtung dargethan hat.

Zur Charakteristik eines Gemenges von Körnern ungleicher Größe eignet sich am besten diejenige Lineargröße, welche man den mittleren Durchmesser nennen kann, nämlich der Durchmesser, den die Körner haben würden, wenn sie — bei unveränderter Anzahl — gleich groß wären. Das Verfahren, um zu einer, wie sich von selbst versteht approximativen Bestimmung eines diesen Durchmesser darstellenden Ausdrucks zu gelangen, ist nicht besonders schwierig, wenn man sich mit einem geeigneten Apparate, der mehrere Siebe von verschiedener Feinheit der Löcher enthält, versieht. Der von mir angewendete Apparat besteht aus 7 blechernen Gefäßen, welche in bestimmter Reihenfolge, dicht schließend, auf einander passen; das unterste Gefäß hat einen dichten Boden, die Böden der 6 anderen bestehen aus Sieben von verschiedener Feinheit, und zwar von oben nach unten feiner werdend; das oberste Gefäß wird mit einem dichten Deckel geschlossen. Es ist leicht einzusehen, wie bei angemessener Handhabung eines solchen Apparates die Körner eines in das oberste Gefäß geschütteten Sandgemenges sich nach Maaßgabe ihrer Größe in den verschiedenen Räumen zwischen und unter den Sieben vertheilen werden, wodurch dann das Gemenge in eine Anzahl von Sorten zerlegt ist, deren jede aus Körnern von nahezu gleicher Größe besteht. Bestimmt man dann das Gewichtverhältniß der einzelnen Sorten zu dem Gewichte der ganzen eingeschütteten Masse, so hat man Zahlen, aus denen, in Verbindung mit der bekannten oder leicht zu ermittelnden Dimension der Löcher in den Sieben, man den gesuchten mittleren Durchmesser der Sandkörner ableiten kann.

Es sei

$P$  das Totalgewicht des eingeschütteten Gemenges,  
 $p', p'', p''' \dots$  seien die Gewichte der einzelnen Sorten,  
 $d', d'', d''' \dots$  die Durchmesser der Körner in denselben,  
 $n', n'', n''' \dots$  die Anzahl der Körner in den einzelnen  
 Sorten, und

$D$  der gesuchte mittlere Durchmesser, welchen die Körner haben würden, wenn sie in der Anzahl  $N = n' + n'' + n''' \dots$  vorhanden und alle von gleicher Größe wären.

Da nun die Gleichungen statt finden:

$$P = p' + p'' + p''' + \dots$$

$P = \alpha N D^3$ ;  $p' = \alpha n' d'^3$ ;  $p'' = \alpha n'' d''^3$ ; etc.,  
 wo  $\alpha$  einen von der Gestalt und dem specifischen Gewicht der Körner abhängigen Coefficienten bezeichnet, der aber bei Entwicklung der Schlussgleichung herausfällt, so ist:

\*) Zeitschrift f. Bauwesen Jahrg. X, S. 492.

$$D^3 = \frac{P}{\frac{p^I}{d^I{}^3} + \frac{p^{II}}{d^{II}{}^3} + \frac{p^{III}}{d^{III}{}^3} + \dots}$$

und dies ist die Form, deren Daten unmittelbar aus dem oben beschriebenen Experimente hervorgehen, nämlich das Totalgewicht, die Gewichte der einzelnen Sorten und die, aus den Dimensionen der Löcher in den Sieben abzuleitenden Durchmesser der Körner in den einzelnen Sorten.

Da der Widerstand des Sandes gegen die Fortbewegung durch den Strom dem cubischen Inhalte der Körner (unter Voraussetzung gleicher Gestalt und gleichen specifischen Gewichtes) proportional ist, so eignet sich die dritte Potenz von *D* vorzugsweise zur Charakterisierung des Sandes im Strombette.

Die Größe des Apparates für dergleichen Experimente, so wie die Feinheit der Siebe kann natürlich sehr verschieden angenommen werden; mein Apparat ist im Ganzen 18 Zoll hoch, cylindrisch und hat  $8\frac{1}{2}$  Zoll Durchmesser. Die oberen 4 Siebe sind von Zinkblech und haben kreisrunde Löcher von respective 1,8, 1,25, 0,5 und 0,36 Millimeter Durchmesser. Die beiden unteren Siebe sind von Seidengeweben, in denen die Größe der Oeffnungen respective zu 0,22 und 0,15 Millimeter gefunden ward. Die Fäden solcher, in den Sichtapparaten der Mehlmühlen gebrauchten Zeuge bilden ein sehr regelmäßiges Geflecht und können sich nicht an einander verschieben.

Die Durchmesser der einzelnen, aus meinem Apparat hervorgehenden Sorten ergeben sich hiernach annähernd wie folgt:

Sorte I;  $d^I = \frac{2,2 + 1,8}{2} = 2,0$  Millimeter

„ II;  $d^{II} = \frac{1,8 + 1,25}{2} = 1,25$  „

„ III;  $d^{III} = \frac{1,25 + 0,50}{2} = 0,87$  „

I. Sand in der Nähe des Hauptstromes, bei Niedrigwasser aufgenommen.

| Sorte.           | 1.  | 2.          | 3.          | 4.        | 5.         | 6.           | 7.     | 8.          | 9.           | 10.               | 11.              | 12.            | 13.         | 14.         | 15.                  |
|------------------|---|-------------|-------------|-----------|------------|--------------|--------|-------------|--------------|-------------------|------------------|----------------|-------------|-------------|----------------------|
|                  | Lauenburg.  | Geesthacht. | Riepenburg. | Warwisch. | Ortkathen. | Bullenhusen. | Pente. | Köhlbrandt. | Nienstedten. | Blankenese, Nord. | Blankenese, Süd. | Hauskalb Sand. | Bojen Sand. | Juels Sand. | Bank von Glückstadt. |
|                  | Gewichte der einzelnen Sorten in Procent des ganzen Gewichts. |             |             |           |            |              |        |             |              |                   |                  |                |             |             |                      |
| I. $p^I =$       | 1,93  | 1,40        | 2,77        | 2,67      | 1,47       | 0,00         | 0,00   | 0,00        | 0,00         | 0,09              | 0,00             | 0,02           |             | 0,00        | 0,00                 |
| II. $p^{II} =$   | 1,86  | 1,15        | 1,65        | 1,55      | 1,21       | 0,00         | 0,04   | 0,00        | 0,00         | 0,01              | 0,00             | 0,14           |             |             | 0,00                 |
| III. $p^{III} =$ | 36,39   | 17,56       | 25,28       | 31,36     | 21,44      | 0,45         | 6,31   | 0,47        | 0,18         | 0,35              | 0,75             | 1,79           | 1,56        | 0,23        | 0,50                 |
| IV. $p^{IV} =$   | 47,82   | 30,69       | 36,98       | 44,62     | 39,79      | 10,69        | 42,86  | 1,63        | 2,00         | 0,45              | 3,11             | 6,33           |             |             | 2,32                 |
| V. $p^V =$       | 9,89  | 17,70       | 17,31       | 13,47     | 23,59      | 32,67        | 32,92  | 9,56        | 16,48        | 0,65              | 13,87            | 16,85          | 0,19        |             | 3,96                 |
| VI. $p^{VI} =$   | 1,96  | 28,72       | 14,80       | 5,55      | 12,04      | 51,68        | 16,63  | 67,90       | 78,44        | 64,05             | 77,38            | 35,29          | 15,64       | 3,20        | 46,29                |
| VII. $p^{VII} =$ | 0,15  | 2,78        | 1,21        | 0,78      | 0,46       | 4,51         | 1,24   | 20,44       | 2,90         | 34,40             | 4,89             | 39,58          | 82,61       | 96,57       | 46,93                |

Betrachten wir zuvörderst, ehe wir in Berechnungen eingehen, die in vorstehenden Zahlen ausgesprochenen Thatsachen an und für sich, so zeigt sich darin die Art, wie das Mengungsverhältniß von Sandkörnern verschiede-

„ IV;  $d^{IV} = \frac{0,50 + 0,36}{2} = 0,43$  „

„ V;  $d^V = \frac{0,36 + 0,22}{2} = 0,29$  „

„ VI;  $d^{VI} = \frac{0,22 + 0,15}{2} = 0,18$  „

„ VII;  $d^{VII} = \frac{0,15 + 0,01}{2} = 0,08$  „

wobei zu bemerken ist, daß durch den Apparat selbst die Sorten I und VII nur nach einer Seite hin begrenzt werden; ich habe deshalb bei Sorte I durch Weglassung aller Steinchen, die über 2,2 Millimeter hielten, und bei Sorte VII durch Ausschlämmen der Schlicktheilchen, wo solches erforderlich war, hier Grenzen gebildet, denen die obigen Zahlen nahe genug entsprechen.

Nach dem im Vorstehenden beschriebenen Verfahren habe ich nun mit Sand, der aus dem Strombette der Elbe entnommen war, und zwar an einer Reihe von Punkten, die von Lauenburg bis zur Insel Neuwerk, also vom oberen Stromgebiete bis zur See vertheilt belegen sind, Versuche angestellt. Zur besseren Uebersicht trenne ich die Resultate in folgende Abtheilungen:

- I. Sand in der Nähe des Hauptstromes bei ordinär Niedrigwasser aufgenommen.
- II. Sand aus der Tiefe des Stromschlauchs heraufgeholt.
- III. Sand vom Strome entfernt, oder dagegen geschützt.
- IV. Sand vom Wellenaufwurf am Ufer unweit der Hochwasserlinie.

Die hier mitgetheilten Resultate sind meistens Durchschnittszahlen aus 4 Versuchen; ich habe eine Mittheilung aller einzelnen Versuche aus Rücksicht auf Raumersparung unterlassen, was zulässig erschien, da die Abweichungen derselben bei jeder Sandprobe nur gering waren.

ner Größen sich nach und nach verändert, wenn man dem Strome von der oberen Stromgegend seewärts folgt. Man bemerkt, daß in der oberen Stromgegend die feinste Sorte VII keinesweges fehlt, aber sie macht daselbst

unter der überwiegenden Menge größerer Körner nur ein Geringes aus: bei Lauenburg 0,15, bei Geesthacht 1,78, bei Riepenburg 1,21, bei Warwisch 0,78; bei Ortkathen 0,46 und bei der Peute 1,24 Procent der Gesamtmasse. Dies ist freilich, absolut genommen, durchaus nicht als eine kleine Quantität anzusehen, relativ aber verschwindet dieselbe, und man kann danach muthmaassen, daß der Strom in diesen Gegenden Sandkörner von der Feinheit No. VII nicht ruhen läßt, sondern aufnimmt und schwebend fortführt, wenn sie nicht durch gröberes, schwerer zu bewegendes Material bedeckt und dadurch gegen den Angriff des Stromes geschützt sind.

Die nächstgrößere Sorte VI ist bei Lauenburg gleichfalls nur schwach vertreten, mit etwa 2 Procent; dagegen kommt sie bei Geesthacht (in einer unregulirten, zu Ablagerungen geneigten Stromstrecke, die in den Commissions-Protocollen der Elbeuferstaaten als Leichtstelle erwähnt ist) mit beinahe 30 Procent vor, nimmt dann in den folgenden Stromgegenden: Riepenburg, Warwisch und Ortkathen, respective auf 15,6 und 12 Procent ab; steigt in der verflachten Gegend bei Bullenhusen (nahe oberhalb der Stromtheilung) auf mehr als 50 Procent, und sinkt bei der Peute noch einmal auf 16 Procent, um von da an abwärts so lange vorherrschend zu bleiben, bis endlich bei Hanskalb-Sand die feinere Sorte VII das Uebergewicht erhält.

Die Sorte V findet sich bei Lauenburg mit ungefähr 10 Procent, steigt dann bis auf 33 bei der Peute und wird von da an abwärts durch die feineren Sorten überwogen.

Die Sorte IV ist bei Lauenburg vorherrschend, fast die Hälfte der ganzen Masse, und bildet auch in den

folgenden Stromgegenden bis zur Peute den Hauptbestandtheil; weiter abwärts kommt sie nur in geringem Verhältniß vor.

Die Sorte III, welche bei Lauenburg und in den darauf folgenden Gegenden über 30 Procent beträgt, sinkt schon bei Ortkathen auf 21 und von da an auf ein ganz geringfügiges Maass herab. Die größten Sorten II und I kommen von Lauenburg bis zum Ortkathen noch in merklichem Verhältniß vor, weiter abwärts verschwinden sie fast gänzlich. Eine Spur derselben zeigt sich bei Blankenese in der nördlichen Stromrinne, und in den unter No. 12 bis 14 registrirten Gegenden. In Betreff der letzteren ist jedoch zu bemerken, daß hier Muschelfragmente etc. mit vorkamen, die zwar aus den Versuchsergebnissen nicht entfernt werden durften, aber bei der Auffassung derselben nicht als Sandkörner anzusehen, und deshalb zusammengezogen sind.

Faßt man diese sämtlichen Thatsachen unter einen gemeinschaftlichen Gesichtspunkt zusammen, so sieht man, daß der Strom das feine Material massenweise aus der oberen Stromgegend fortführt und dasselbe weiter abwärts, wo die bewegende Kraft, sei es wegen örtlicher Unregelmäßigkeiten (Geesthacht) oder wegen allgemeiner Abnahme des Gefälles und Gegenwirkung der Meeresfluth, ermattet, nach und nach fallen läßt. Das gröbere Material der ersten vier Sorten ist offenbar schon bei Lauenburg lediglich auf die rollende oder wälzende Bewegung angewiesen und gelangt in die Stromgegend unterhalb der Peute nur dann ohne vorherige Verkleinerung durch Abschleifung und Bruch, wenn besondere Umstände seine Bewegung ausnahmsweise begünstigen.

## II. Sand aus der Tiefe des Stromschlauches.

| Sorte.           | 16.   |       | 17.   |       | Bemerkungen.            |        |
|------------------|---|-------|---|-------|-------------------------|--------|
|                  | Riepenburg.                                   |       | Peute.  |       | In voriger Tabelle war: |        |
|                  | Zu vergleichen mit No. 3 der vorigen Tabelle. |       | Zu vergleichen mit No. 7 der vorigen Tabelle. |       |                         |        |
|                  | Gewichte der Sorten in Procent des Ganzen.    |       |   |       | No. 3.                  | No. 7. |
|                  |   |       |   |       | Riepenburg              | Peute. |
| I. $p^I$ =       | 4,91  | 1,78  | 2,77  | 0,00  |                         |        |
| II. $p^{II}$ =   | 4,09  | 1,62  | 1,65  | 0,04  |                         |        |
| III. $p^{III}$ = | 44,70   | 32,70 | 25,28   | 6,31  |                         |        |
| IV. $p^{IV}$ =   | 38,27   | 44,92 | 36,98   | 42,86 |                         |        |
| V. $p^V$ =       | 2,17  | 14,83 | 17,31   | 32,92 |                         |        |
| VI. $p^{VI}$ =   | 5,49  | 3,92  | 14,80   | 16,63 |                         |        |
| VII. $p^{VII}$ = | 0,37  | 0,23  | 1,21  | 1,24  |                         |        |

In den Columnen No. 16 und 17 zeigt sich die Beschaffenheit der Körnergröße in der Tiefe des Stromschlauches an den genannten Stellen. Vergleicht man diese Zahlen mit den in den Columnen No. 3 und 7 der vorigen Tabelle enthaltenen, welche den Sand in der Niedrigwasserlinie in denselben Gegenden darstellen, so ergibt sich nicht nur im Allgemeinen, daß der Sand in der Tiefe des Stromes gröber ist als auf den flachen Seitenabhängen des Strombettes, sondern auch im Spe-

ciellen, daß diese Veränderung in beiden Fällen in ganz übereinstimmender Weise herbeigeführt ist. Es ist nämlich die mittlere Sorte IV nahezu in demselben Verhältnisse (Riepenburg 36,98 und 38,27; Peute 42,86 und 44,92); die gröberen Sorten I, II und III sind in der Tiefe stärker vertreten als am Strande, die feineren dagegen, V, VI und VII, schwächer. Man sieht hieraus ganz deutlich, daß in der Tiefe das feine Material durch den Strom schärfer aussortirt wird.

III. Sand vom Strome entfernt liegend oder dagegen geschützt.

| Sorte.                                     | 18.   | 19.  | 20.  | 21.  | 22.   |
|--|---|--|--|--|---|
|  | Geesthacht.<br>Sandfeld an einer<br>Nebenrinne.<br>Zu vergleichen mit<br>No. 2 der ersten<br>Tabelle. | Cuxhaven.<br>Im Innern des<br>Quarantäne-Hafens. | Steinmarnar Strand.<br>Seestrand mit<br>flachen Watten<br>davor. | Insel Neuwerk.<br>Seestrand mit<br>Brandung. | Vom Strande der<br>Helgolander Sand-<br>düne ohne genauere<br>Ortsangabe. |
| Gewichte der Sorten in Procent des Ganzen. |   |  |  |  |   |
| I. p <sup>I</sup> =                        | 0,00  | 0,00   | 0,00   | 0,42   | 0,24  |
| II. p <sup>II</sup> =                      | 0,01  | 0,00   | 0,00   | } Muschelfragmente                           | 0,11  |
| III. p <sup>III</sup> =                    | 0,28  | 0,00   | 0,00   |  | 0,77  |
| IV. p <sup>IV</sup> =                      | 11,35   | 0,00   | 0,01   | 3,16   | 2,90  |
| V. p <sup>V</sup> =                        | 44,32   | 0,00   | 0,04   | 9,34   | 14,21   |
| VI. p <sup>VI</sup> =                      | 42,80   | 5,03   | 6,07   | 54,14  | 80,88   |
| VII. p <sup>VII</sup> =                    | 1,24  | 94,97  | 93,88  | 32,17  | 1,05  |

Vergleicht man die Zahlen der Columne No. 18 mit denen der Columne No. 2 der ersten Tabelle, so findet man eine Veränderung in gerade entgegengesetzter Richtung wie diejenige, welche der Sand aus der Tiefe des Stromschlauchs darbot. In Columne No. 18 sind nämlich, wie man sieht, die gröberen Sorten schwächer, die feineren stärker vertreten als in Columne 2. Uebrigens ist ersichtlich die Sorte VII auch auf dem flachen Sandfelde an der Nebenrinne beinahe rein aussortirt, während die Sorte VI daselbst schon bedeutenderen Widerstand leistet.

Die Zahlen der Columnen No. 19, 20 und 21 sind untereinander zu vergleichen; sie zeigen, daß zwischen dem Sande im Quarantäne-Hafen zu Cuxhaven und demjenigen am Steinmarnar Strande kein nennenswerther

Unterschied in der Feinheit gefunden wird, beide aber den größten Grad der Feinheit haben, der mit meinen Mitteln darzustellen ist. Am Strande der Insel Neuwerk, wo die Wellenbewegung auf den Abhang des Strandes wirkt, und der tiefe Stromschlauch bedeutend näher liegt als beim Steinmarnar Strande, findet sich ein weit gröberes Korn; es ist klar, daß die Körner bis zur Sorte V für den Strom, der in das Innere des Quarantäne-Hafens eintritt, zu schwer sind, daß aber im tiefen Hauptstrom die Sorten III bis V noch vorkommen können, indem sie bei Neuwerk von den Brandungen an den dortigen Strand geführt werden. Ob die bei Helgoland gefundenen Verhältnisse hiermit Zusammenhang haben, lasse ich dahingestellt, halte es aber nicht für wahrscheinlich.

IV. Sand vom Wellenaufwurf über der Hochwasserlinie und nahe an derselben.

| Sorte.  | 23.   | 24.   | Bemerkungen.               |         |
|---|---|---|----------------------------|---------|
|   | Blankenese.<br>Nördl. Ufer am Fufse<br>des Geestabhanges.<br>Zu vergleichen mit No. 10<br>der ersten Tabelle. | Juels Sand.<br>Zu vergleichen mit No. 14<br>der ersten Tabelle. | In der ersten Tabelle war: |         |
|   |   |   | No. 10.                    | No. 14. |
| Gewicht der einzelnen Sorten in Procent des Ganzen. |   |   |                            |         |
| I. p <sup>I</sup> =                                 | 13,66   | 0,00  | 0,09                       | 0,00    |
| II. p <sup>II</sup> =                               | 7,66  | 0,00  | 0,01                       | } 0,23  |
| III. p <sup>III</sup> =                             | 45,45   | 4,11  | 0,35                       |         |
| IV. p <sup>IV</sup> =                               | 20,93   | 29,33   | 0,45                       | } 3,20  |
| V. p <sup>V</sup> =                                 | 10,16   | 38,59   | 0,65                       |         |
| VI. p <sup>VI</sup> =                               | 2,03  | 25,46   | 64,05                      | 96,57   |
| VII. p <sup>VII</sup> =                             | 0,01  | 2,51  | 34,40                      |         |

Die Vergleichung dieser Zahlen eröffnet einen vorläufigen Einblick in die Wirksamkeit, welche die Wellen auf einen sandigen Strand ausüben. Dieselbe besteht im Wesentlichen darin, daß sie die größeren Körner an dem obersten Saume, den sie erreichen, aufhäufen, die feineren Körner aber mit dem rücklaufenden Wasser in die Tiefe hinabführen. Es findet aber zwischen den beiden hier vorgelegten Fällen der bemerkenswerthe Unterschied statt, daß bei Blankenese ein hoher, jeweiligem Absturze ausgesetzter Geestabhang sich längs des Ufers erstreckt, der den, den Strand bespühlenden Wellen viel grobes Material liefert, daß dagegen bei Juels-Sand, welches eine im Strom entstandene Insel ist, die Wellen kein

anderes Material vorfinden als dasjenige, was der Strom an diese Stelle geführt hat. Specielle Folgerungen aus Vergleichung von No. 23 und No. 10 sind demnach von mehr lokaler, diejenigen aus Vergleichung von No. 24 und No. 14 aber von mehr allgemeiner Bedeutung. Beide Fälle zeigen übrigens die Sortirung der Körner in dem oben ausgesprochenen Sinne, daß nämlich die groben Sorten bei der Hochwasserlinie im Wellenaufwurfe, die feinen dagegen in der Strandfläche bei der Niedrigwasserlinie gefunden werden.

Werden aus den durch die Versuche gefundenen Daten nach der oben mitgetheilten Gleichung die Werthe von  $\sqrt{D}$ ,  $D$  und  $D^3$  berechnet, so erhält man folgende Uebersicht:

| Benennung<br>der<br>Stromgegend.    | I.                            |       |        | II.                         |       |        | III.  |       |        | IV.   |       |        |
|-------------------------------------|-------------------------------|-------|--------|-----------------------------|-------|--------|---|-------|--------|---|-------|--------|
|                                     | In der<br>Niedrigwasserlinie. |       |        | Im tiefen<br>Stromschlauch. |       |        | Vom Strom entfernt oder<br>dagegen geschützt. |       |        | Wellenaufwurf<br>in der<br>Hochwasserlinie. |       |        |
|                                     | $\sqrt{D}$                    | $D$   | $D^3$  | $\sqrt{D}$                  | $D$   | $D^3$  | $\sqrt{D}$                                    | $D$   | $D^3$  | $\sqrt{D}$                                  | $D$   | $D^3$  |
| 1. Lauenburg . . . . .              | 0,624                         | 0,389 | 0,0591 | .                           | .     | .      | .   | .     | .      | .   | .     | .      |
| 2. Geesthacht (18.) . . . . .       | 0,454                         | 0,206 | 0,0087 | .                           | .     | .      | 0,452   | 0,204 | 0,0085 | .   | .     | .      |
| 3. Riepenburg (16.) . . . . .       | 0,504                         | 0,254 | 0,0163 | 0,593                       | 0,352 | 0,0435 | .   | .     | .      | .   | .     | .      |
| 4. Warwisch . . . . .               | 0,549                         | 0,301 | 0,0275 | .                           | .     | .      | .   | .     | .      | .   | .     | .      |
| 5. Ortkathen . . . . .              | 0,531                         | 0,282 | 0,0224 | .                           | .     | .      | .   | .     | .      | .   | .     | .      |
| 6. Bullenhusen . . . . .            | 0,416                         | 0,173 | 0,0052 | .                           | .     | .      | .   | .     | .      | .   | .     | .      |
| 7. Peute (17.) . . . . .            | 0,491                         | 0,241 | 0,0139 | 0,591                       | 0,349 | 0,0424 | .   | .     | .      | .   | .     | .      |
| 8. Köhlbrandt . . . . .             | 0,353                         | 0,124 | 0,0019 | .                           | .     | .      | .   | .     | .      | .   | .     | .      |
| 9. Nienstedten . . . . .            | 0,414                         | 0,171 | 0,0050 | .                           | .     | .      | .   | .     | .      | .   | .     | .      |
| 10. Blankenese Nord (23.) . . . . . | 0,329                         | 0,108 | 0,0013 | .                           | .     | .      | .   | .     | .      | 0,669                                       | 0,447 | 0,0894 |
| 11. Blankenese Süd . . . . .        | 0,403                         | 0,162 | 0,0043 | .                           | .     | .      | .   | .     | .      | .   | .     | .      |
| 12. Hanskalb Sand . . . . .         | 0,325                         | 0,106 | 0,0012 | .                           | .     | .      | .   | .     | .      | .   | .     | .      |
| 13. Bojen Sand . . . . .            | 0,291                         | 0,085 | 0,0006 | .                           | .     | .      | .   | .     | .      | .   | .     | .      |
| 14. Juels Sand (24.) . . . . .      | 0,284                         | 0,081 | 0,0005 | .                           | .     | .      | .   | .     | .      | 0,455                                       | 0,207 | 0,0089 |
| 15. Bank von Glückstadt . . . . .   | 0,316                         | 0,100 | 0,0010 | .                           | .     | .      | .   | .     | .      | .   | .     | .      |
| 19. Cuxhaven, im Hafen . . . . .    | .                             | .     | .      | .                           | .     | .      | 0,285   | 0,081 | 0,0005 | .   | .     | .      |
| 20. Steinmarn Strand . . . . .      | .                             | .     | .      | .                           | .     | .      | 0,286   | 0,081 | 0,0005 | .   | .     | .      |
| 21. Neuwerker Strand . . . . .      | .                             | .     | .      | .                           | .     | .      | 0,334   | 0,111 | 0,0014 | .   | .     | .      |
| 22. Helgolander Düne *) . . . . .   | .                             | .     | .      | .                           | .     | .      | 0,427   | 0,182 | 0,0060 | .   | .     | .      |

\*) Die Lage des Punktes, an welchem der Sand von der Helgolander Düne aufgenommen, ist mir nicht bekannt, liegt also möglicherweise im Bereiche von Strom und Wellen.

Da die dritten Potenzen der Durchmesser der Sandkörner ein Maassstab sind für die vom Strome an der betreffenden Stelle auf das Bette ausgeübte Spühlkraft (das ausschauernde Vermögen des Stroms; engl. scowring power), so kann eine durch die Werthe von  $D^3$  als Ordinaten gezogene Curve — wenn die Abscissen den Entfernungen der respectiven Beobachtungs-Orte vom Anfangspunkte entsprechen — die Curve der effectiven Spühlkraft des Stromes genannt werden, und diese wird (in soweit als die untersuchten Sandproben in Beziehung zum Hauptstrom gleiche Lagen repräsentieren) einen wesentlichen Beitrag zur Charakteristik eines gegebenen Stromes ausmachen.

Die Figur 1 der den beiden anderen Abschnitten dieser Abhandlung beigefügten Zeichnungen, welche die für die Niedrigwasserlinie gefundenen Werthe von  $D^3$  von Lauenburg bis Glückstadt als Ordinaten in gehörigen Abständen darstellt, charakterisirt in solcher Weise die betreffende Strecke der Elbe. Die bestehenden Unregelmäßigkeiten des Strombettes sind in der durch die Endpunkte der Ordinaten gezogenen punktirten Linie deutlich ausgesprochen, und müssen es sein, da sie, sei es als Ursache oder als Wirkung, mit der ungleichen Spühlkraft im engsten Zusammenhange stehen. Wäre das Strombette in seiner ganzen Länge vollkommen regelmässig gestaltet und das Gefälle vollkommen regulirt, so würde, unter übrigens gleichen Umständen, die Curve ersichtlich ungefähr dem durch die Linie *a b c d* angedeuteten Zuge folgen. In dieser Form zeigt dieselbe sehr deutlich die rasche Abnahme der Spühlkraft beim Eintritte des Stroms in das Fluthgebiet, d. h. in derjenigen Stromgegend, wo die eigentliche Mündung des Stroms in den alten Meerbusen anzunehmen ist, und die man auf jeder guten Landkarte der Unter-Elbe etwa 3 Meilen oberhalb Ham-

burg leicht erkennt. Von hier an weiter seewärts wird die Abnahme der Spühlkraft allmäliger, und bleibt endlich im mittleren und unteren Theile des Meerbusens nahezu constant.

Man kann die Kraft, welche hier die Spühlkraft genannt ist, auch als den Stofs des Wassers auf die Partikeln, aus denen das Grundbette besteht, betrachten. Sei der Stofs =  $T$ , die Geschwindigkeit =  $v$ , die gestofene Fläche =  $A$  und der Anstosswinkel =  $\psi$ , so hat man, nach bekannten hydraulischen Gesetzen, für den isolirten Strahl,  $T = \frac{\gamma}{g} (1 - \cos \psi) A v^2$ . Wenn es nun auch bis jetzt nicht gelungen ist, das Gesetz für den Stofs unbegrenzter bewegter Wassermassen vollkommen zu entwickeln, so kann man doch nach Analogie des isolirten Strahls annehmen, daß dasselbe gleichfalls die Form habe  $T = a A v^2$ .

Wenn nun nach dem Vorhergehenden die Spühlkraft proportional der 3ten Potenz des Durchmessers der Körner ist, und wenn ferner  $A$  oder der Inhalt der gestofenen Fläche dem Quadrate dieses Durchmessers proportional gesetzt werden kann, der Stofs  $T$  aber als identisch mit der Spühlkraft angesehen wird, so finden für verschiedene Werthe von  $D$  und von  $v$ , welche mit  $D'$ ,  $D''$ ,  $D'''$ ,  $v'$ ,  $v''$ ,  $v'''$  etc. bezeichnet werden mögen, die Verhältnisse statt:

$$D'^3 : D''^3 : D'''^3 \dots = \alpha D'^2 v'^2 : \alpha D''^2 v''^2 : \alpha D'''^2 v'''^2 \dots$$

oder

$$v' : v'' : v''' \dots = \sqrt{D'} : \sqrt{D''} : \sqrt{D'''} \dots$$

d. h. die auf das Strombette wirkenden Stromgeschwindigkeiten, sofern sie sich in der Größe der Sandkörner des Strombettes aussprechen, verhalten sich in verschiedenen Gegenden zu einander, wie die Quadratwurzeln aus den Durchmessern der Sandkörner.

Die Einführung des nach der oben gegebenen Formel berechneten mittleren Durchmessers für den wirklichen Durchmesser der Körner, ist ein Verfahren, dessen Berechtigung in aller Strenge nicht erwiesen ist, das aber angewendet werden muß, um den Gegenstand überhaupt für eine Betrachtung wie die vorliegende zugänglich zu machen.

Eine Eigenthümlichkeit in Betreff der Größe der Sandkörner bieten diejenigen alten Stromarme dar, welche an ihrem oberen Ende abgeschlossen oder verlandet sind, besonders in solchen Gegenden, wo noch ein merkliches Steigen und Fallen des Stromspiegels durch die Meeresfluth bewirkt wird. Man findet nämlich in dem unteren Theile dieser sogenannten „tauben“ Stromarme\*) oft Sandablagerungen von viel größerem Korn, als die benachbarte Gegend des offenen Hauptstromes zeigt. Die Erklärung dieser Thatsache liegt nahe, wenn man berücksichtigt, daß solche Stromarme keine neue gemischte (d. h. aus großen und kleinen Körnern durcheinander bestehende) Sandmassen vom oberen Strome zugeführt erhalten, daß aber in ihrem unteren Theile der durch die Schwankungen des Wasserspiegels erzeugte aus- und eingehende Strom durch eine lange Reihe von Jahren unablässig darauf hingewirkt hat und noch fortwährend hinwirkt, alle feineren Sand- und Schlicktheilchen aus dem vorhandenen Material auszusortiren und abwärts oder aufwärts fortzuführen. Die Folge hiervon kann keine andere sein, als daß hier in der Oberfläche des Strombettes zuletzt nur solche Körner liegen, deren Durchmesser der größten Stromgeschwindigkeit entspricht, die an der betreffenden Stelle überhaupt vorkommen kann. Auf diesem Wege muß also zuletzt in dem daselbst lagernden Sande ein Zustand eintreten, den man, im Vergleich mit den bewegten Zuständen am Boden des Hauptstromes, Ruhe nennen kann, und wirklich zeigt sich bei genauer Betrachtung der Sandkörner aus solchen Lokalitäten eine Erscheinung, die dies auf eine höchst interessante Weise constatirt. Man sieht nämlich unter dem Mikroskop die Körner solcher Sandablagerungen fast ohne Ausnahme bunt gefleckt, welches von bräunlichen und grünlichen Niederschlägen oder Algenbildungen auf ihrer Oberfläche herrührt. Etwas Aehnliches ist mir bei Sandkörnern aus dem offenen, freien Strome niemals vorgekommen; Herr Schacht hat dieselbe Wahrnehmung auch bei dem schlickhaltigen Sande von Hanskalb-Sand (Versuche No. 12) gemacht, und Folgendes als das Ergebnis seiner mikroskopischen Untersuchung der ihm aus verschiedenen tauben Stromarmen übersandten Proben mir geschrieben:

„Die Quarzkörner sind zum größten Theil farblos, durchsichtig, selten gelblich oder bräunlich gefärbt; der Niederschlag auf diesen Körnern ist

\*) Dove-Elben. Die Wichtigkeit derselben für die Fahrtiefe im Hauptstrom ist an einem Beispiele nachgewiesen in meinen Erfahrungen und Beobachtungen. Hamburg 1853, S. 79.

„wahrscheinlich durch zerstörte Organismen entstanden; die grüne und braune Färbung verdankt derselbe niederen Algenformen; wirkliche Moose sind nicht vorhanden. Es wäre möglich, daß sich bei frisch aufgenommenem, nicht abgetrocknetem Sande die Pflanzen selbst noch unterscheiden ließen.“

Eine ganz analoge Beobachtung im größeren Maaßstabe ist an der Kieselanhäufung gemacht worden, welche die Insel Portland mit der Südküste von England verbindet. Der Ingenieur Coode benutzte hier die ihm bei dem Hafenbaue zu Gebote stehenden Taucherapparate, um diese Kieselbank in größerer Tiefe zu untersuchen, und fand, daß die Kiesel unterhalb einer deutlich markirten nach Maaßgabe der Witterung veränderlichen Grenzlinie mit kleinen Algen und Muscheln auf ihrer Oberfläche besetzt waren. Er schloß hieraus, gewiß mit vollem Rechte, daß die rollende Bewegung der Kiesel durch Strom und Wellen sich so weit abwärts erstreckte als das Freisein derselben von dergleichen Incrustationen. (Minutes of Proceedings Civ. Engin. Bd. XII. S. 534.)

Da zum Zwecke der oben mitgetheilten Versuche der Sand von den beigemengten Schlicktheilchen vorher befreit werden mußte, so habe ich das ausgewaschene Schlickquantum, wenn es ein genügend erhebliches Verhältniß ausmachte, bestimmen können. Folgendes sind die Ergebnisse.

In den natürlichen Mischungen von Sand und Schlick, wie dieselben an den unten genannten Orten im Strombette aufgenommen waren, betrug das Gewicht des ausgeschlammten und getrockneten Schlicks:

|            |                         |        |                  |             |                  |
|------------|-------------------------|--------|------------------|-------------|------------------|
| bei No. 5. | Ortkathen               | 0,0008 | der ganzen Masse | oder        | $\frac{1}{1250}$ |
| „ „        | 12. Hanskalb-Sand       | 0,1811 | „ „              | od. beinahe | $\frac{1}{5}$    |
| „ „        | 14. Juels-Sand          | 0,0653 | „ „              | ungefähr    | $\frac{1}{15}$   |
| „ „        | 15. Bank von Glückstadt | 0,0336 | „ „              |             | $\frac{1}{30}$   |
| „ „        | 19. Hafen von Cuxhaven  | 0,0758 | „ „              | ungefähr    | $\frac{1}{13}$   |

Es ist anzunehmen, daß eine Beimischung von Schlicktheilchen in gewissem Grade hemmend auf die Beweglichkeit der Sandkörner einwirkt, indem die Sandkörner durch den in den Zwischenräumen befindlichen Schlick gleichsam festgekittet werden. Man kann die Art des Widerstandes, welchen ein inniges Gemenge von Sand und Schlick dem Stromangriffe entgegengesetzt, mit dem Widerstande rundlicher, in Mörtel eingebetteter Kiesel vergleichen, die man durch Stößen oder Schlagen von der umgebenden Masse zu trennen versucht. Die größere oder geringere Schwierigkeit dieser Operation ist allemal wesentlich bedingt durch das Mischungsverhältniß zwischen Kieseln und Mörtel, und zwar um so mehr, je geringer die Festigkeit des Mörtels im Vergleich mit der Festigkeit der Kiesel ist. Da nun der Schlick bei dieser Parallele als ein schlechter Mörtel betrachtet werden muß, so ist klar, daß eine aus Sand und Schlick

gemischte Bodenschicht dem Strome alsdann den größten Widerstand leisten wird, wenn die Zwischenräume zwischen den Sandkörnern gerade durch den vorhandenen Schlick ausgefüllt sind, d. h. wenn etwa ein Drittel des ganzen Raumes der Masse (etwa 0,31 des Gewichts) von den möglichst gleichmäßig vertheilten Schlicktheilchen eingenommen wird. Das bei Hanksalb-Sand gefundene Verhältniß kommt, wie man sieht, dieser Grenze ziemlich nahe. Mischungen, in welchen noch mehr als  $\frac{1}{3}$  des Raumes mit Schlicktheilchen ausgefüllt wäre, würden eine geringere Widerstandsfähigkeit besitzen und wohl nicht mehr als Sand anzusehen sein.

Zum Schlusse dieser Betrachtungen möge hier eine Beobachtung aufgenommen werden, welche zwar zunächst nur vom geologischen Standpunkte Interesse hat, indess doch zur Vervollständigung des ganzen Bildes beiträgt.

Die vor dem Ausflusse der Elbe belegene Insel Neuwerk besteht aus einer nur wenige Fufse dicken, horizontalen Schicht sandiger Kleierde, die auf einem Untergrunde von schlickhaltigem Sande ruht und mit einem sandigen, von der Fluth überspülten Wattgrunde umgeben ist. Die Kleierde enthält 66,4 Procent Schlick, der Untergrund, auf dem die Kleischicht ruht, 3,6 Procent Schlick, und der Sand des umgebenden Strandes ist schlickfrei. Vergleicht man nun den ausgewaschenen Sand aller drei Orte hinsichtlich der Körnergröße mit einander, so ergibt sich Folgendes:

| Sorte | I u. II | Sand aus der Kleischicht ausgewaschen. | Sand aus dem Untergrunde ausgewaschen. | Schlickfreier Sand vom umgebenden Strande. |
|-------|---------|--|--|--|
|       | I u. II | fehlen                                 | fehlen                                 | 0,42                                       |
| „     | III     | 0,8                                    | fehlt                                  | 0,77                                       |
| „     | IV      | 1,6                                    | 5,0                                    | 3,16                                       |
| „     | V       | 11,8                                   | 17,0                                   | 9,34                                       |
| „     | VI      | 71,4                                   | 60,0                                   | 54,14                                      |
| „     | VII     | 14,4                                   | 18,0                                   | 32,17                                      |

Hiernach ist der Sand des Seestrandes etwas feiner als derjenige, auf dem die Kleischicht der Insel ruht; dieser letztere aber scheint, wenn man von kleinen, vielleicht zufälligen Unterschieden absieht, demjenigen gleich zu sein, der mit dem Schlick der Kleischicht vermischt ist und aus dieser ausgewaschen werden kann. Die drei Gemenge unterscheiden sich also wesentlich nur durch ihren verschiedenen Schlickgehalt, und es würde die Annahme nicht mit den Thatsachen im Widerspruch stehen, daß einst ein ähnliches Gemenge von Sand und Schlick, wie dasjenige, welches wir noch jetzt unter der Insel finden,\*) die Oberfläche in weiterer Ausdehnung bedeckt habe, und daß die den kleinen Fleck, welchen die Insel einnimmt, bildende Kleischicht das Product der Auswaschung der Schlicktheilchen aus der Umgebung sei, das an dieser, der Strömung und den Wellen vielleicht weniger zugänglichen, oder durch besondere Umstände zur Aufschlickung vorbereiteten Stelle abgelagert worden.

\*) Von ähnlicher Beschaffenheit ist die Bank von Glückstadt.

(Schluß folgt.)

## Ueber Mörtel in baupolizeilicher, technischer und chemischer Beziehung.

In Berlin sind in jüngster Zeit neue, noch unbewohnte Häuser eingestürzt. Es lag nahe zu vermuthen, daß die hier zur Verwendung kommenden Baumaterialien nicht immer von solcher Beschaffenheit seien, wie es die davon abhängende Sicherheit und die Sorge für das Leben Tausender erheischen.

In erster Reihe traf die Besorgniß den verwendeten Mörtel, und zwar ebensowohl, weil nächst richtiger Construction die Festigkeit der Bauwerke zumeist von seiner untadelhaften Beschaffenheit abhängt, als auch, weil der Mörtel hinsichtlich seiner Beschaffenheit mehr als andere Baumaterialien von der Willkür der Bauunternehmer abhängt, und die Wahl untadelhafter Mörtelsubstanzen und die Verwendung derselben in günstigen Mischungs-Verhältnissen dem nächstgelegenen pecuniären Interesse derselben scheinbar zuwider laufen. Die Beantwortung der Fragen:

- ob und in welcher Richtung die Verwendung baupolizeiwidriger Mörtel zu fürchten ist?
- welche Mörtelmischungen als baupolizeiwidrig zu bezeichnen sind? und
- auf welche Weise, durch welche Mörtelsubstanzen und durch welche Mischungs-Verhältnisse derselben der beste Mörtel herzustellen ist?

wurde dadurch zu einer Angelegenheit großen allgemeinen Interesses, auf welche näher einzugehen ich außerdem noch

dadurch Veranlassung fand, daß mir in einem speciellen Falle von Gerichts wegen in einem Gutachten auf Grund übermittelter Mörtelproben nachzuweisen aufgegeben ward:

- I. ob die Vordergebäude des N-Strasse hier belegenen Grundstückes zum größten Theil mit Sparkalk erbaut seien? und
- II. ob der zu denselben verbrauchte Mörtel, mit Ausnahme des an den Ecken des Mauerwerkes und in den Wölbungen verbrauchten, ein Gemisch von Kalk und Lehm sei, in welchem der Antheil des letzteren den des reinen Kalkes überwiegt?

Was den Begriff der Bezeichnung „Sparkalk“ betrifft, so ist nach dem §. 93 der Bau-Polizei-Ordnung für Berlin bei Feuerungs-Anlagen und Mauerwerk in Luftsteinen Lehm, sonst überall nur Mörtel aus Kalk oder Gyps oder Cäment gestattet. Sparkalk ist verboten. Eine nähere Bezeichnung der Zusammensetzung des Sparkalkes wird aber in dem genannten § und in der Bau-Polizei-Ordnung überhaupt nicht gegeben, dennoch lassen der gebrauchte Name „Sparkalk“ und die erforderliche Zusammensetzung des Mörtels darüber keinen Zweifel. Der Mörtel soll die Bausteine zu einem in sich zusammenhängenden, fest verbundenen Ganzen vereinigen. Er muß, um die Zwischenräume zwischen den Bausteinen auszufüllen, frisch bereitet, breiartig sein, und, indem er allmählig erhärtet,

sowohl den Bausteinen fest und dauernd anhaften, als auch in sich selbst einen genügenden Grad von Zusammenhang und Festigkeit erlangen.

Soll der Kalkmörtel, von welchem hier, mit Ausschluss des Gyps- und Cäment-Mörtels, allein die Rede ist, diesen Zweck erfüllen, so müssen die den Mörtel constituirenden Bestandtheile in gewissen Mengenverhältnissen darin vorhanden sein. Kalkmörtel besteht aus einer Mischung von gelöschtem und mit Wasser zu einem steifen Brei angerührtem Kalk und aus Sand. Der Kalkbrei enthält in frischem Zustande Kalkerdehydrat als außerordentlich fein zertheilten Körper, in Mischung mit einer Lösung von Kalkerdehydrat in Wasser. Wird ein Gemisch von Kalkbrei und Sand allmählig und unter langsamer Wechselwirkung mit der atmosphärischen kohlenstoffhaltigen Luft trocken, so wird, während das Wasser verdunstet, kohlenstoffhaltige Kalkerde aus der Lösung in fester, sehr fein vertheilter Form ausgeschieden. Da die Lösung vordem die Flächen des Sandes, mit welchem sie in Berührung gekommen war, überzogen und sich in die Poren der Mauersteine hineingezogen hatte, so erfolgt auch die Ausscheidung der kohlenstoffhaltigen Kalkerde auf diesen Sandflächen und in den Poren der Mauersteine. Es überziehen sich die Oberflächen der Sandkörner und Bausteine mit einer äußerst dicht und fest haftenden Lage von kohlenstoffhaltiger Kalkerde, durch welche die in naher Berührung befindlichen Sandkörner des Mörtels an einander und zugleich an die Bausteinflächen gekittet werden, und wird so die ganze Mörtelmasse in sich und mit den Bausteinen zu einem soliden Ganzen verbunden. Derartig erhärteter Mörtel widersteht, da die denselben verbindende Kalkverbindung unlöslich in Wasser ist und durch dasselbe nicht getrennt wird, der auflösenden Kraft des Regens und den zersetzenden Einflüssen der abwechselnden atmosphärischen Verhältnisse. Indem sich, inmitten des Mörtels von der Berührung mit der Luft gehindert, das Kalkerdehydrat nur sehr langsam zu kohlenstoffhaltiger Kalkerde umwandelt, bilden sich bei längerer Einwirkung desselben auf die im Sande vorhandenen Thonerde- und Alkali-Silicate im Innern des Mörtels auch Thon-Kiesel-Kalk-Verbindungen, welche die Festigkeit und Unzerstörbarkeit des Mörtels vermehren und hauptsächlich die Ursache der außerordentlichen Härte und Festigkeit alter Mörtel sind.

Soll dieser Proceß der Mörtelbildung in der erforderlichen Art und mit dem nothwendigen Erfolge vor sich gehen, so müssen die beiden Bestandtheile des Mörtels, Kalkbrei und Sand, in einem gewissen Verhältnisse mit einander gemischt werden. Absolut läßt sich dieses Mischungs-Verhältniß schwer begrenzen. Die verschiedene Beschaffenheit der Materialien, die verschiedene Reinheit des Kalkes, die mehr oder weniger gleichförmige, scharfkantige oder abgerundete Gestalt der Sandkörner und auch die verschieden vollkommene Löslichkeit und Untermischung des Kalkes werden die Mischungs-Verhältnisse von Kalkbrei und Sand, welche für das Zustandekommen guten Mörtels einzuhalten sind, mehr oder weniger modificiren. Doch läßt sich die Innehaltung derselben ihren äußersten Grenzen nach begründen.

Würde man Kalkbrei allein als Mörtel gebrauchen, so würde wohl der Proceß der Aufsaugung des gelösten Kalkerdehydrates durch die Bausteine und hiernach auch die Ausscheidung von festem kohlenstoffhaltigem Kalk in den Poren der Bausteine erfolgen. An den Bausteinen würde derartiger Mörtel auch haften, allein in sich würde derselbe aus Mangel an festen Körpern, an welchen die Ausscheidung und Anheftung von kohlenstoffhaltigem Kalk erfolgen könnte, keinen Halt besitzen und ebensowenig den Einflüssen der atmosphärischen Feuch-

tigkeits-Niederschläge widerstehen. — Kalkbrei allein kann mithin brauchbaren Mörtel nicht bilden.

Eine Mischung von verhältnißmäßig viel Kalk und wenig Sand würde, obwohl in geringerem Grade, in sofern ähnliche Uebelstände bieten wie reiner Kalkbrei, als die mehr als nöthig zugetretenen Kalktheilchen durch ihr Dazwischenlagern die nahe Berührung und das Aneinanderhaften der Sandkörner verringern müßten.

Ebenso wenig kann eine zu große Beimischung von Sand brauchbaren Mörtel erzeugen, da in solchem Falle die die Festigkeit des letzteren bedingende Kalkverbindung in zu geringem Grade vorhanden sein würde, um den Zusammenhang der Sandkörner mit sich und mit den Bausteinen genügend vermitteln zu können.

Nicht minder aber wird die Bindefähigkeit und Festigkeit des Mörtels beeinträchtigt, wenn darin außer Kalkbrei und Sand noch Stoffe vorhanden sind, welche entweder durch chemische Wechselwirkung das Zustandekommen der erhärtenden Kalkverbindungen verhindern, oder mechanisch durch ihr Dazwischenlagern das Anhaften der Kalkverbindungen an die Sand- und Bausteinoberflächen verringern oder aufheben.

In letzterer Beziehung ist besonders der Thon (kieselsaure Thonerde) zu fürchten. Thon ist sehr verbreitet. Er begleitet den Sand sehr häufig. Letten, Lehm, lehmiger Sand sind Gemische aus Thon und Sand mit Thon im absteigenden und Sand im ansteigenden Verhältnisse. Darin enthalten sind außerdem immer größere oder geringere Mengen von Eisenoxyd, kohlenstoffhaltiger Kalkerde, Bittererde und Alkalien. Lehm, wie er hier in und um Berlin gefunden und verwendet wird, enthält durchschnittlich etwa 25 bis 30 pCt. Thon; Lehmsand, wie er sich fast auf jedem Baugrunde vorfindet, enthält 5 bis 10 pCt. Thon. Der Gehalt an kohlenstoffhaltigem Kalk in ersterem steigt zuweilen bis 10 pCt. Gegen Thon ist Kalkerdehydrat (Aetzkalk) unter den Verhältnissen, wie sich dieselben im Mörtel begegnen, völlig und dauernd indifferent. Kalkerdehydrat und Thon, sowie kohlenstoffhaltige Kalkerde und Thon begegnen sich hier, ohne sich irgend chemisch zu verändern oder zu verbinden. Da nun aber der Thon stets in äußerst subtiler, fein vertheilter Form vorhanden ist, sich, wenn er als Lehm oder Lehmsand mit dem Kalkbrei vermischt wird, sehr leicht und innig unter das Gemisch vertheilt, so erhält man in einem derartigen, aus Lehm, Sand und Kalkbrei oder aus Lehmsand und Kalkbrei gemischten Mörtel die Kalktheilchen sehr innig durch dazwischen lagernde Thontheilchen umhüllt. Es wird dadurch der Kalk in seinem Verhalten gegen die Oberflächen der Mauersteine und die des Sandes gestört. Diese Behinderung nimmt mit der Menge des vorhandenen Thones zu, so zwar, daß durch eine überwiegende Menge Thon der bindende Einfluß des Kalkes ganz aufgehoben werden kann. Ein solcher Mörtel nimmt nicht allein das Wasser leicht auf, sondern es entsteht durch die Einwirkung desselben zugleich die Gefahr, daß der Thon, und aus Mangel an Halt mit ihm der Kalk selbst herausgespült wird, und das Mauerwerk rascher Zerstörung anheimfällt.

Die beiden zuletzt genannten Mischungs-Verhältnisse von Mörtel, nämlich die zu geringe Beimischung von Kalkbrei zum Sande, und das Vorhandensein einer größeren Menge Thon in letzterem, bedingen demnach entschieden Hinderungs-Ursachen der Bindefähigkeit und Festigkeit eines Mörtels, und ihre Verwendung muß mit Recht als gefährlich erachtet werden.

Diese Gemische aber sind es, welche unter dem Ausdrucke „Sparkalk“ im §. 93 der Berliner Bau-Polizei-Ordnung zu verstehen sind.



Die zuerst erwähnte Gefahr einer zu bedeutenden Beimengung von Kalkbrei zu reinem Sande beseitigt sich in der Praxis meist aus dem Grunde von selbst, weil der Mörtel zu seiner Verwendung bei einem Bau einer gewissen Zähigkeit bedarf, welche den Zusatz einer hinreichenden Sand-Quantität sichert.

Um nun zu ermitteln, nicht nur welche Compositionen überhaupt einen guten Mörtel bedingen, sondern auch, wie weit die Grenze der Beimischung des Kalkbreies zum Sande, oder der Zulässigkeit des Thons in letzterem zu ziehen sei, dienen die nachfolgenden chemischen Untersuchungen verschiedener Mörtelproben.

Es wird hier in Berlin zur Bereitung des Mörtels gegenwärtig und wohl schon seit Jahrhunderten ausschliesslich Rüdersdorfer Kalk und gewöhnlich Flusssand (Müggelsand) oder Sand vom Kreuzberge verwendet.

Der aus gebranntem Rüdersdorfer Kalk bereitete Kalkbrei ist sehr rein. Er besteht in frischem Zustande aus:

|       |                    |                          |
|-------|--------------------|--------------------------|
| 60,20 | Gewichts-Procenten | Wasser,                  |
| 38,91 | -                  | - Kalkerdehydrat,        |
| 0,41  | -                  | - kohlensaurer Kalkerde, |
| 0,09  | -                  | - Thon,                  |
| 0,34  | -                  | - Sand und               |

Spuren von Gyps, Bittererde und Eisenoxyd.

Das spezifische Gewicht solchen Kalkbreies ist 1,308, und wiegt ein Cubikfuß desselben 80,79 Pfund.

Der zur Bereitung des Mörtels zu verwendende Sand soll möglichst frei von Thon sein und aus möglichst scharfkantigen Steinstückchen bestehen. Die chemische Constitution dieser letz-

Der trockne Mörtel bestand aus:

|                                    |   |                         |  |  |
|------------------------------------|---|-------------------------|--|--|
| In Chlorwasserstoffsäure löslich   | { | 1,80 Gewichts-Procenten | kohlensaurer Kalkerde                      | } zusammen entsprechend 12,29 Gew.-Proc. Kalkerdehydrat, oder 9,28 Gew.-Proc. Calciumoxyd. |
|                                    |   | 10,96                   | - Kalkerdehydrat                           |  |
| In Chlorwasserstoffsäure unlöslich | { | 0,63                    | - Eisenoxyd und löslicher Thonerde,        | }  |
|                                    |   | 0,98                    | - Thon,                                    |  |
|                                    |   | 86,51                   | - Sand und Spuren von Gyps und Bittererde. |  |

Eine Mörtelprobe aus dem Kalkkasten von dem Baue der Synagoge entnommen, enthielt getrocknet:

|                                    |   |                         |  |  |
|------------------------------------|---|-------------------------|--|--|
| In Chlorwasserstoffsäure löslich   | { | 8,76 Gewichts-Procenten | Kalkerdehydrat                             | } zusammen entsprechend 10,98 Gew.-Proc. Kalkerdehydrat, oder 8,31 Gew.-Proc. Calciumoxyd. |
|                                    |   | 3,00                    | - kohlensaure Kalkerde                     |  |
| In Chlorwasserstoffsäure unlöslich | { | 1,12                    | - Eisenoxyd und lösliche Thonerde,         | }  |
|                                    |   | 0,86                    | - Thon,                                    |  |
|                                    |   | 86,24                   | - Sand und Spuren von Gyps und Bittererde. |  |

Eine Mörtelprobe aus dem Hause Schifferstrasse No. 9, im Mai bis Juli des vorigen Jahres gebaut, bestand aus:

|                                    |   |                          |  |  |
|------------------------------------|---|--------------------------|--|--|
| In Chlorwasserstoffsäure löslich   | { | 10,57 Gewichts-Procenten | kohlensaurer Kalkerde                      | } zusammen entsprechend 12,35 Gew.-Proc. Kalkerdehydrat, oder 9,33 Gew.-Proc. Calciumoxyd. |
|                                    |   | 4,33                     | - Kalkerdehydrat                           |  |
| In Chlorwasserstoffsäure unlöslich | { | 0,33                     | - Eisenoxyd und löslicher Thonerde,        | }  |
|                                    |   | 1,06                     | - Thon,                                    |  |
|                                    |   | 83,49                    | - Sand und Spuren von Gyps und Bittererde. |  |

Eine Mörtelprobe, entnommen aus dem Fundamente des Hauses Wilhelmsstrasse 112, in den Jahren 1746 bis 1747 von Friedrich d. Gr. erbaut, bestand aus:

|                                    |   |                         |  |  |
|------------------------------------|---|-------------------------|--|--|
| In Chlorwasserstoffsäure löslich   | { | 5,39 Gewichts-Procenten | Wasser,                                    | } zusammen entsprechend 12,64 Gew.-Proc. Kalkerdehydrat, oder 9,55 Gew.-Proc. Calciumoxyd. |
|                                    |   | 13,47                   | - kohlensaurer Kalkerde                    |  |
| In Chlorwasserstoffsäure unlöslich | { | 2,68                    | - Kalkerdehydrat                           | }  |
|                                    |   | 1,01                    | - Eisenoxyd und löslicher Thonerde,        |  |
|                                    |   | 0,60                    | - Thon,                                    |  |
|                                    |   | 76,80                   | - Sand und Spuren von Gyps und Bittererde. |  |

Eine Mörtelprobe, entnommen aus dem zum Behufe des Rathhausbaues eingerissenen, muthmaasslich 200 Jahr alten Gebäude Judenstrasse No. 1, bestand aus:

|  |   |                          |  |   |
|--|---|--------------------------|--|---|
| In Chlorwasserstoffsäure aufschliesbar   | { | 11,34 Gewichts-Procenten | kohlensaurer Kalkerde                      | } zusammen entsprechend 9,90 Gew.-Proc. Kalkerdehydrat, oder 7,49 Gew.-Proc. Calciumoxyd. |
|  |   | 0,40                     | - Kalkerdehydrat                           |   |
| In Chlorwasserstoffsäure unaufschliesbar | { | 0,83                     | - Kalkerde an Kieselsäure gebunden         | }   |
|  |   | 1,35                     | - löslicher Kieselsäure,                   |   |
|  |   | 0,61                     | - Eisenoxyd und löslicher Thonerde,        |   |
|  |   | 0,19                     | - Thon,                                    |   |
|  |   | 85,26                    | - Sand und Spuren von Gyps und Bittererde. |   |

Eine Mörtelprobe, entnommen aus dem in der Judenstrasse gelegenen, zum Behufe des Rathhausbaues eingerissenen Ludwigs-Hôtel, muthmaasslich über 200 Jahr alt, bestand aus:

|  |   |                         |  |   |
|--|---|-------------------------|--|---|
| In Chlorwasserstoffsäure aufschliesbar   | { | 8,56 Gewichts-Procenten | kohlensaurer Kalkerde                      | } zusammen entsprechend 8,26 Gew.-Proc. Kalkerdehydrat, oder 6,25 Gew.-Proc. Calciumoxyd. |
|  |   | 0,89                    | - Kalkerdehydrat                           |   |
| In Chlorwasserstoffsäure unaufschliesbar | { | 0,61                    | - Kalkerde an Kieselsäure gebunden         | }   |
|  |   | 1,00                    | - löslicher Kieselsäure,                   |   |
|  |   | 0,43                    | - Eisenoxyd und löslicher Thonerde,        |   |
|  |   | 0,12                    | - Thon,                                    |   |
|  |   | 87,93                   | - Sand und Spuren von Gyps und Bittererde. |   |

teren ist dann von wesentlich günstigem Einflusse auf die Mörtelbildung und Erhärtung, wenn dem Sande möglichst viel Fragmente von leicht aufschliesbaren Silicaten beigemischt sind. Eine Probe Bausand von dem Baue der Synagoge entnommen, enthielt in dem Zustande, wie er zur Verwendung kam:

|       |                   |   |
|-------|-------------------|---|
| 4,61  | Gewichts-Procente | Wasser,   |
| 0,65  | -                 | - Thon,   |
| 94,64 | -                 | - Sand (Bruchstücke, überwiegend von Quarz, Granit, Gneis und anderen Silicaten in geringen Mengen), und Spuren von Kalkerde, Bittererde und Eisenoxyd. |

Er hatte ein spezifisches Gewicht von 1,154, und ein Cubikfuß desselben wog 71,28 Pfund.

Durch langjährige Erfahrung hat es sich ergeben, dass zur Bereitung eines guten Mörtels 1 Vol. aus Rüdersdorfer Kalk bereiteter Kalkbrei und 3 Volumen Sand erforderlich sind. In diesem Verhältnisse habe ich Mörtel gemischt. 500 Cubikcentimeter Kalkbrei und 1500 Cubikcentimeter Sand mit geringen Mengen Wasser gemischt, gaben mir 1275 Cubikcentimeter Mörtel. Es wurden daher aus 1 Volumen Kalkbrei, 3 Volumen Sand und dem nöthigen Wasser etwas mehr als 2½ Volumen Mörtel. Dieser hatte ein spezifisches Gewicht von 1,961; ein Cubikfuß wog 121,11 Pfund.

Der von mir aus 1 Volumen Kalkbrei und 3 Volumen Sand gemischte Mörtel bestand aus:

|       |                    |                     |
|-------|--------------------|---------------------|
| 19,61 | Gewichts-Procenten | Wasser und          |
| 80,39 | -                  | - trockenem Mörtel. |

Eine Mörtelprobe, entnommen aus dem alten Rathhausgebäude, muthmaaflich 300 Jahr alt, bestand aus:

|                          |       |                    |   |   |  |
|--------------------------|-------|--------------------|---|---|--|
|                          | 25,60 | Gewichts-Procenten | Wasser,                                 |   |  |
|                          | 0,99  | -                  | kohlensaurer Kalkerde,                  |   |  |
| In Chlorwasserstoffsäure | 2,06  | -                  | Kalkerdehydrat                          | } zusammen entsprechend 21,46 Gew.-Proc. Kalkerdehydrat, oder 16,24 Gew.-Proc. Calciumoxyd. |  |
| aufschliefsbar           | 3,34  | -                  | Kalkerde an Kieselsäure gebunden        |   |  |
|                          | 0,90  | -                  | löslicher Kieselsäure,                  |   |  |
| In Chlorwasserstoffsäure | 0,23  | -                  | Eisenoxyd und löslicher Thonerde,       |   |  |
| unaufschliefsbar         | 66,73 | -                  | Thon,                                   |   |  |
|                          |       |                    | Sand und Spuren von Gyps und Bittererde |   |  |

In keinem dieser untersuchten Mörtel war daher die Menge des Kalkerdehydrates bei der Mischung des Mörtels geringer als 8,26 Gewichts-Procente des trocknen Mörtels gewesen. Nach den Versuchen, die ich zum Behufe der Feststellung der äußersten Grenze der Mengenverhältnisse des zu verwendenden Kalkes selbst angestellt habe, nimmt bei Gemischen unter 8,00 Procent Kalkerdehydrat des trocknen Mörtels die Binfähigkeit des Mörtels rasch ab, und dürfte 6,00 Gewichts-Procente Kalkerdehydrat des trocknen Mörtels der niedrigste Kalkerdegehalt sein, mit welchem verwendbarer Mörtel überhaupt noch zu Stande kommt.

In sämtlichen Mörtelproben war die darin nachgewiesene Menge Thon nur sehr gering. Sie betrug nur in einem Mörtel etwas mehr als 1 Gewichts-Procent des trocknen Mörtels. Auffallend frei von Thon waren die alten Mörtelproben.

Um zu beachten, ob und in welchem Verhältnisse der Zusatz von Thon die Binfähigkeit und Festigkeit guten Mörtels beeinträchtigt, habe ich gutem, frisch bereitetem Mörtel Lehm in gewissen Verhältnissen zugesetzt.

Der zu diesem Behufe verwendete Lehm bestand aus:

|       |                    |   |
|-------|--------------------|---|
| 6,06  | Gewichts-Procenten | Wasser,                                   |
| 9,10  | -                  | kohlensaurer Kalkerde,                    |
| 1,90  | -                  | Eisenoxyd u. löslicher Thonerde,          |
| 30,73 | -                  | Thon,                                     |
| 51,95 | -                  | Sand und                                  |
|       |                    | Spuren von Gyps, Bittererde und Alkalien. |

Vor dem Zusatze war der Lehm mit 50 Gew.-Proc. Wasser zu einem gleichmäßigen Breie angerührt worden. Ein Zu-

der Mörtel aus den Souterrainmauern des bezeichneten Hauses entnommen, aus:

|                          |       |                    |  |   |  |
|--------------------------|-------|--------------------|--|---|--|
|                          | 1,87  | Gewichts-Procenten | Wasser,                                  |   |  |
|                          | 4,62  | -                  | kohlensaurer Kalkerde,                   | } zusammen entsprechend 4,64 Gew.-Proc. Kalkerdehydrat, oder 3,51 Gew.-Proc. Calciumoxyd. |  |
| In Chlorwasserstoffsäure | 1,23  | -                  | Kalkerdehydrat                           |   |  |
| löslich                  | 1,31  | -                  | Eisenoxyd und löslicher Thonerde,        |   |  |
| In Chlorwasserstoffsäure | 14,78 | -                  | Thon,                                    |   |  |
| unauf löslich            | 75,96 | -                  | Sand und Spuren von Gyps und Bittererde; |   |  |

der Mörtel aus dem ersten Stock aus:

|                          |       |                    |  |   |  |
|--------------------------|-------|--------------------|--|---|--|
|                          | 2,12  | Gewichts-Procenten | Wasser,                                  |   |  |
|                          | 4,48  | -                  | kohlensaurer Kalkerde,                   | } zusammen entsprechend 4,50 Gew.-Proc. Kalkerdehydrat, oder 3,40 Gew.-Proc. Calciumoxyd. |  |
| In Chlorwasserstoffsäure | 1,19  | -                  | Kalkerdehydrat                           |   |  |
| löslich                  | 1,75  | -                  | Eisenoxyd und löslicher Thonerde.        |   |  |
| In Chlorwasserstoffsäure | 22,22 | -                  | Thon,                                    |   |  |
| unauf löslich            | 68,16 | -                  | Sand und Spuren von Gyps und Bittererde; |   |  |

der Mörtel aus dem zweiten Stock aus:

|                          |       |                    |  |   |  |
|--------------------------|-------|--------------------|--|---|--|
|                          | 2,65  | Gewichts-Procenten | Wasser,                                  |   |  |
|                          | 4,84  | -                  | kohlensaurer Kalkerde,                   | } zusammen entsprechend 4,70 Gew.-Proc. Kalkerdehydrat, oder 3,55 Gew.-Proc. Calciumoxyd. |  |
| In Chlorwasserstoffsäure | 1,12  | -                  | Kalkerdehydrat                           |   |  |
| löslich                  | 1,23  | -                  | Eisenoxyd und löslicher Thonerde,        |   |  |
| In Chlorwasserstoffsäure | 16,38 | -                  | Thon,                                    |   |  |
| unauf löslich            | 73,38 | -                  | Sand und Spuren von Gyps und Bittererde; |   |  |

der Mörtel aus dem dritten Stock aus:

|                          |       |                    |  |   |  |
|--------------------------|-------|--------------------|--|---|--|
|                          | 3,93  | Gewichts-Procenten | Wasser,                                  |   |  |
|                          | 6,39  | -                  | kohlensaurer Kalkerde,                   | } zusammen entsprechend 5,51 Gew.-Proc. Kalkerdehydrat, oder 4,31 Gew.-Proc. Calciumoxyd. |  |
| In Chlorwasserstoffsäure | 0,99  | -                  | Kalkerdehydrat                           |   |  |
| löslich                  | 1,14  | -                  | Eisenoxyd und löslicher Thonerde,        |   |  |
| In Chlorwasserstoffsäure | 13,69 | -                  | Thon,                                    |   |  |
| unlöslich                | 73,70 | -                  | Sand und Spuren von Gyps und Bittererde; |   |  |

der Mörtel aus dem vierten Stock aus:

|                          |       |                    |  |   |  |
|--------------------------|-------|--------------------|--|---|--|
|                          | 2,23  | Gewichts-Procenten | Wasser,                                  |   |  |
|                          | 4,84  | -                  | kohlensaurer Kalkerde,                   | } zusammen entsprechend 5,06 Gew.-Proc. Kalkerdehydrat, oder 3,82 Gew.-Proc. Calciumoxyd. |  |
| In Chlorwasserstoffsäure | 1,84  | -                  | Kalkerdehydrat                           |   |  |
| löslich                  | 1,11  | -                  | Eisenoxyd und löslicher Thonerde,        |   |  |
| In Chlorwasserstoffsäure | 14,07 | -                  | Thon,                                    |   |  |
| unlöslich                | 75,85 | -                  | Sand und Spuren von Gyps und Bittererde; |   |  |

satz von Lehm, welcher den Thongehalt des trocknen Mörtels um 1 Gew.-Proc. erhöhte, beeinträchtigte die Festigkeit des Mörtels nicht bemerkbar. Eine Zunahme um 3 Gew.-Proc. Thon that dies schon bemerkbarer, und darüber hinaus nahm die Festigkeit des langsam erhärteten Mörtels rasch ab, so zwar, daß eine Vermehrung des Thongehaltes um 10 Gew.-Proc., bei ungefähr 11 Gew.-Proc. Kalkerdehydratgehalt des trocknen Mörtels, die Festigkeit des Mörtels soweit aufgehoben hatte, daß diese wenig größer war, als die eines Gemisches von reinem Sand und 20 Gew.-Proc. Thon. Ein Ausscheiden von Kalkerdehydrat, resp. das Anhaften auf den beigemischten Sandkörnern und an den Backsteinflächen, auf welchen die Austrocknung geschah, war nur noch in ganz geringer Weise zu bemerken, und war daher in einem derartigen Gemische der Einfluß des Kalkerdehydrates auf die Erhärtung und Festigkeit des Mörtels als nahezu aufgehoben zu betrachten. Ein derartiges Gemisch ist daher als Mörtel, d. h. zur Vereinigung und Befestigung von Bausteinen in den Fundamenten, den Mittel- und Giebelwänden nicht zulässig.

Nachdem so durch die angestellten Untersuchungen nachgewiesen worden, welcher Minimal-Gehalt an Kalkerdehydrat zur Herstellung eines guten Mörtels erforderlich ist, und welcher Thongehalt die Erhärtung resp. Festigkeit des Mörtels mehr als zulässig zu beeinträchtigen vermag, war es, um festzustellen, ob die Eingangs erwähnten Mörtelproben aus dem Hause in der N-Strasse Sparkalk seien, oder nicht? nur noch nöthig, den Kalk- und Thongehalt derselben zu bestimmen. Die desfallsigen chemischen Untersuchungen ergaben nun, daß

ein Gemisch von gleichen Gewichtstheilen sämtlicher fünf vorstehend aufgeführten Mörtelproben aus:

|                                    |   |   |
|------------------------------------|---|---|
| In Chlorwasserstoffsäure löslich   | { 2,56 Gewichts-Procenten Wasser,                         | } zusammen entsprechend 4,92 Gew.-Proc. Kalkerdehydrat, oder 3,71 Gew.-Proc. Calciumoxyd. |
|                                    | { 5,03 - - - - - kohlensaurer Kalkerde                    |   |
| In Chlorwasserstoffsäure unlöslich | { 1,20 - - - - - Kalkerdehydrat                           | } Eisenoxyd und löslicher Thonerde,   |
|                                    | { 1,31 - - - - - Eisenoxyd und löslicher Thonerde,        |   |
|                                    | { 16,31 - - - - - Thon,                                   |   |
|                                    | { 73,57 - - - - - Sand und Spuren von Gyps und Bittererde |   |

besteht; daher ging auf Grund dieser Untersuchungs-Ergebnisse, und unter Bezugnahme auf die näher erörterten Bedingungen eines guten Mörtels mein gutachtliches Urtheil über die vorliegenden Mörtelproben dahin:

- 1) dafs die aus dem Hause N-Strafse stammenden Mörtelproben weniger Kalk enthalten, als zu einem guten Mörtel erforderlich ist;
- 2) dafs die in den bezeichneten Mörtelproben enthaltene, aus dem verwendeten Lehm oder Lehmsand stammende Menge Thon so grofs ist, dafs dadurch die Bindefähigkeit, Härte und Festigkeit mehr als zulässig beeinträchtigt worden ist, und dafs daher
- 3) die Mörtelproben aus dem Hause N-Strafse als Sparkalk zu betrachten sind. —

Im Allgemeinen müssen als praktische Erfordernisse eines guten Mörtels (es ist ausschliesslich von Kalk- oder Luftmörtel und nicht von hydraulischem oder Gypsmörtel die Rede) folgende Umstände betrachtet werden:

- a) Der frische Mörtel mufs in breiartigem, auf dem Baue anwendbarem Zustande sein;
- b) er mufs, mit den Bausteinen in Verbindung gebracht, diesen fest anhaften, und an diesen und in sich selbst erhärten, ohne dafs sich sein Volumen verringert, oder die Verbindung mit den Bausteinen lockert;
- c) mit seinem Alter mufs seine Härte und Festigkeit im Innern der Bauwerke zunehmen, und
- d) die zerstörenden Einflüsse der abwechselnden atmosphärischen Temperatur- und Witterungs-Verhältnisse dürfen nur allmählig und nur auf seiner Oberfläche bemerkbar werden.

Die normale Bildung und Erhärtung des Mörtels ist, wie erwähnt, das Ergebnis bestimmter chemischer Prozesse und Wechselverbindungen. Diese Prozesse und Wechselverbindungen wiederum folgen aus der Natur und Wechselbeziehung gewisser Körper. Aetzkalk, Wasser, Sand (als ein Gemisch von reinem Kiessand und granitischen Geschiebresten) in Wechselbeziehung unter sich und mit der Kohlensäure der Luft sind die Körper, welche jene Prozesse hervorbringen.

Die normale technische Verwendung vorausgesetzt, ist der Bildungs- und Erhärtungsprocess des Mörtels daher allein und lediglich an das Vorhandensein dieser bestimmten Körper „der normalen Mörtelbestandtheile“ geknüpft. Die einfachste und natürlichste Folge hieraus ist die: dafs eine gewisse Beschaffenheit und ein gewisses Mischungs-Verhältnis der Mörtelbestandtheile vorhanden sein müssen, innerhalb welcher die Bildungs- und Erhärtungsprozesse am energischsten und vollkommensten vor sich gehen, und dafs andererseits die Energie und Vollkommenheit dieser Prozesse in dem Grade abnimmt, als die verwendeten Mörtelbestandtheile sich rücksichtlich ihrer Beschaffenheit und Mischungs-Verhältnisse von jenem normalen Verhältnisse entfernen.

Hieraus ergeben sich auch die näheren, bei der Prüfung eines Mörtels allein sicheren Anhaltspunkte. Die Entscheidung: ob ein Mörtel verwendbar sei oder nicht? hat sich an die Beantwortung der Frage zu knüpfen, ob die zu demselben verwendeten Mörtelbestandtheile rücksichtlich ihrer Beschaffenheit

und Mischungs-Verhältnisse geeignet sind, verwendbaren Mörtel zu geben, oder ob deren Beschaffenheit oder Mischungs-Verhältnisse so abnorm sind, dafs ein verwendbarer Mörtel daraus nicht mehr zu erwarten ist.

In Beziehung auf die Mischungs-Verhältnisse von Kalkbrei und Sand, von normaler Beschaffenheit, welche behufs Herstellung eines noch anwendbaren Mörtels einzuhalten sind, geht, wie die Untersuchungs-Ergebnisse bei dem Mörtel vom Ludwigs-Hôtel und bei dem Mörtel aus dem alten Rathhausgebäude lehren, die Grenze nach beiden Seiten sehr weit. Denn während beide gute Mörtel darstellen, sind bei ersterem ursprünglich auf 87,93 Gew. Procente Sand nur 8,26 Gew. Procente Kalkerdehydrat, bei letzterem auf 66,73 Gew. Procente Sand 21,46 Gew. Procente Kalkerdehydrat verwendet worden. — Meine unmittelbaren Mischungs-Versuche haben ergeben, dafs noch bei 8,00 und 7,00 Gew.-Procenten Kalkerdehydrat eine normale Mörtelbildung stattfindet. Verwendet man reine Materialien, wird also die zur praktischen Verwendung erforderliche breiförmige Beschaffenheit des frischen Mörtels nur durch Kalkbrei als Bindemittel für den Sand erreicht, so enthält ein solcher Mörtel im getrockneten Zustande nie unter 8,00 Procent Kalkerdehydrat. Bei reinen Materialien reicht eine geringere Menge Kalkbrei als eine solche, die dem trocknen Mörtel einen Gehalt von 8,00 Procent Kalkerdehydrat giebt, nicht hin, um dem frischen Mörtel die zu seiner Verwendung erforderliche breiförmige Beschaffenheit zu geben. Werden also reine Materialien verwendet, so ist, wie bereits oben erwähnt, von einem abweichenden Mischungs-Verhältnisse derselben nicht so leicht Gefahr zu besorgen, da zu viel Kalk kaum jemals zugesetzt werden dürfte, und ein zu geringer Kalkzusatz dadurch verhindert wird, dafs man gezwungen ist, dem Mörtel wenigstens soviel Kalk zuzusetzen, um denselben in den auf dem Baue verwendbaren breiförmigen Zustand zu bringen.

Diese Sicherung geht aber ganz verloren, wenn die verwendeten Mörtelbestandtheile nicht normaler Beschaffenheit sind. Kalk, welcher seinen Kalkerdehydratgehalt ganz oder zum gröfsten Theil verloren hat, wird dadurch als Mörtelbestandtheil unverwendbar. Aller Kalk, dessen Kalkerdehydrat in irgend einer Weise schon abgenutzt, beeinträchtigt oder verändert worden ist, ist kein Baukalk mehr. Gaskalk, Kalk, dessen Kalkerdehydrat in Gerbereien, Seifensiedereien oder chemischen Fabriken bereits seine Dienste gethan hat, ist als Mörtelbestandtheil unzulässig. Dasselbe gilt von Kalk, der durch allzulange oder schlechte Aufbewahrung seinen Kalkerdehydratgehalt durch den Einflufs der Kohlensäure der Luft zum gröfseren Theile verloren hat.

Es ist schon früher hervorgehoben worden, dafs für Berlin hauptsächlich von der Verwendung von Lehm oder Lehmsand als Zusatz zu dem Mörtel Gefahr zu befürchten ist. Lehmsand oder Lehm sind aber mit Kalkbrei in jedem Verhältnisse mischbar. Derartige Mischungen, deren Kalkerdehydratgehalt nur 3 bis 4 Procent, also weniger als die mindest erforderliche Kalkerdehydratmenge enthalten, haben immer noch den für die Verwendung des Mörtels auf dem Baue erforderlichen breiförmigen Zustand. Es ist daher mit Hilfe dieses Zusatzes an Lehm möglich, die zu einer normalen Mörtelbildung als mindest erforderliche Kalkerdehydratmenge weit zu unterschreiten. Ausserdem beeinträchtigt der in dem Lehmsand oder Lehm

vorhandene Thon direct und wesentlich die Wirkung des noch vorhandenen Kalkerdehydrates. Die Gefahr der Anwendung derartiger Gemische ist daher eine doppelte.

Den mir zur gutachtlichen Untersuchung vorgelegenen Mörtel aus dem Hause in der N-Strasse hierselbst, der auf 100 Theile trocknen Mörtels durchschnittlich 4,92 Gew.-Procente Kalkerdehydrat und 16,31 Gew.-Procente Thon enthielt, habe ich als Sparkalk bezeichnet. Es wird aber meiner Ansicht nach dieser Begriff noch weiter auszudehnen sein; auch Mischungen, die noch mehr Kalkerdehydrat und weniger Thon enthalten, als jener untersuchte Mörtel, sind immer noch entschieden als Sparkalk zu bezeichnen.

Die Angabe derjenigen Mischungs-Verhältnisse von Kalk, Lehm und Sand oder von Kalk und Lehmsand, die noch als Sparkalk zu bezeichnen, resp. deren Verwendung baupolizeilich zu untersagen sein würde, wird sich wesentlich an die Frage knüpfen: ob dem in Rede stehenden Mörtel die erforderliche Menge normalen Kalkes zugesetzt worden ist oder nicht. Die Beantwortung dieser Frage gewährt das einzige sichere Mittel, die Absichtlichkeit der Kalkverringerung zu erkennen und die eventuelle Gefahr der Verwendung eines Mörtels überhaupt zu beurtheilen.

Für die Entscheidung dieser Frage habe ich noch zu erwähnen, daß dabei nur jene Mengen Kalk entscheidend sein können, die dem Mörtel als wirklicher Aetzkalk zugesetzt worden sind. Kohlensaurer Kalk, als solcher dem Kalk zugesetzt, übt keinen Einfluß auf die Mörtelbildung aus. Enthalten die Materialien kohlen-sauren Kalk, wie dies z. B. bei dem hier gefundenen Lehme stets, bei dem Lehmsand sehr oft der Fall ist, so kann selbstverständlich der aus den Materialien stammende Kalk nicht als Kalkzusatz in Rechnung kommen. Endgültig läßt sich daher auch nur über die Menge des dem Mörtel ursprünglich zugesetzten Aetzkalkes entscheiden, wenn man zugleich die anderweitig dem Mörtel zugesetzten Materialien auf ihren Kalkgehalt geprüft hat. Ist, wie dies bei Mörtelprüfungen oft vorkommen dürfte, die Prüfung der anderen Materialien nicht möglich, so bleibt in diesem Falle die als solche vorgefundene Kalkerdehydratmenge für die Bestimmung der überhaupt zugesetzten Menge Kalkerdehydrat maßgebend. Bei frischem Mörtel, der aus frisch gelöschtem Kalk bereitet worden ist, beträgt das noch chemisch als unverändert nachzuweisende Kalkerdehydrat etwa 85 bis 90 Procent der überhaupt verwendeten Kalkerdehydratmenge. Selbstverständlich hat man, in solchem Falle, den Mörtel nicht von seiner Oberfläche oder von den Wänden des Kalkkastens, sondern aus der Mitte der Mörtelmasse zu entnehmen. Umstände, die der Mörtelbildung nicht günstig sind, z. B. langes Verweilen des Aetzkalkes in den Kalkgruben oder des Mörtels in den Kalkkasten der Maurer, machen den Gehalt des sonst normal bereiteten Mörtels im Maximum auf 80 Procent der überhaupt verwendeten Kalkerdehydratmenge sinken.

Ist der Mörtel vorschriftsmäßig vermauert, und entnimmt man nach einem Jahre Mörtel aus dem Innern einer Mauer und untersucht denselben, so findet man etwa den dritten bis vierten Theil des ursprünglich verwendeten Kalkerdehydrates als solchen noch vorhanden.

Findet man daher auf dem Baue in einem frischen Mörtel, bei dem die anderweitigen Materialien nicht mehr zur Untersuchung vorliegen, außer Sand 12,0 Procent Kalkerdehydrat, so dürfte anzunehmen sein, daß die der entsprechenden Sandmenge überhaupt zugesetzte Menge trocknen Kalkerdehydrates 13 bis 14, im Maximum 15 Procent des trocknen Mörtels betragen hat.

Wäre die Menge des Kalkerdehydrates in einem frisch

bereiteten Mörtel auf dem Baue als 3 Procent des trocknen Mörtels gefunden worden, so kann angenommen werden, daß die Menge des ursprünglich verwendeten Kalkerdehydrates 3,3 bis 3,6, im Maximum 3,8 Procent des trocknen Mörtels betragen hat.

Entnimmt man unter den angegebenen Cautelen Mörtel von einem einjährigen Baue aus dem Innern einer Hauptmauer, und findet man 5,0 Procent Kalkerdehydrat des trocknen Mörtels, so kann man annehmen, daß die Menge des ursprünglich verwendeten Kalkerdehydrates 15,0 bis 20,0 Procent des trocknen Mörtels betragen hat; fände man in einem einjährigen Mörtel dagegen nur 1,2 Procent Kalkerdehydrat des trocknen Mörtels, so würde die ursprünglich verwendete Menge Kalkerdehydrat nur 3,6 bis 4,8 Procent des Mörtels betragen haben.

Diese Ergebnisse haben sich mir als die Mittel-Ergebnisse von 21 Untersuchungen frischen und einjährigen Mörtels bestätigt. Mehr als einjährigen Mörtel vermochte ich mir nicht in solcher Anzahl zu beschaffen, um auch für diesen sichere Anhaltspunkte für die Menge des ursprünglich vorhanden gewesenen Kalkerdehydrates zu begründen. Auch bin ich der Meinung, daß dies weniger nöthig sein würde, und daß bei älterem Mörtel derartige Folgerungen aus der vorgefundenen auf die ursprünglich verwendete Kalkerdehydratmenge nicht mehr zulässig sein dürften.

Für die praktische Ausführung der Kalkerdehydrat-Bestimmung habe ich noch zu erwähnen, daß ich immer, auch bei frischem, breiartigem Mörtel die Kalkerdehydratmenge auf trocknen Mörtel berechnet habe. Die Kalkerdehydrat-Bestimmung wird stets unmittelbar vorgenommen, sodann in dem Mörtel die Menge des vorhandenen, nicht chemisch gebundenen Wassers bestimmt und der gefundene Kalkerdehydratgehalt auf trocknen Mörtel berechnet.

Gesetzt, es wären in 100 Grammes breiartigen Mörtels 10 Grammes Kalkerdehydrat, 70 Grammes Sand und 20 Grammes Wasser, also 80 Grammes trockner Mörtel gefunden worden, so beträgt der Kalkerdehydratgehalt des trocknen Mörtels  $80:10 = 100:x = 12,5$  Procent. Bei einjährigem Mörtel ist das noch vorhandene, nicht chemisch gebundene Wasser ebenso in Rechnung gezogen worden.

Die weitere Untersuchung von mehr als 40 verschiedenen Mörtelproben läßt mich die oben schon erwähnte Beobachtung bestätigen, daß bei normal bereitetem Mörtel die ursprünglich verwendete Kalkerdehydratmenge nie unter 8,0 Procent und fast immer über 10 Procent des trocknen Mörtels beträgt. Ich bin daher der Ansicht, daß ein Mörtel, dessen ursprünglich verwendete Kalkerdehydratmenge unter 8 Procent des trocknen Mörtels zu stehen kommt, schon verdächtig ist, daß 6 Procent Kalkerdehydratgehalt eines trocknen Mörtels die äußerste Grenze verwendbaren Mörtels ist, und daß ein Mörtel, dessen Kalkerdehydratgehalt unter 6 Procent des trocknen Mörtels beträgt, als Mörtel nicht mehr Verwendung finden darf und als Sparkalk zu bezeichnen ist.

Wenn bei der Herstellung und Verwendung geringwerthiger Mörtel in jedem Falle die Verringerung der Kalkerdehydratmenge der Zweck ist, so ist, wie dies schon erwähnt worden, und abgesehen von der Verwendung schlechten Kalkes, der Zusatz von Lehm oder die Verwendung eines lehmhaltigen Sandes das Mittel, um jenen Zweck zu erreichen. Der im Lehm oder im Lehmsand vorhandene Thon behindert in mannigfacher Weise die Mörtelbildung. Thon (kieselsaure Thonerde) ist ein von Kalkerdehydrat bei der gewöhnlichen Temperatur nicht aufschliefsbares Silicat; er verhindert wegen seiner subtilen Beschaffenheit, seiner leichten Suspendirbarkeit im Wasser und der daraus erfolgenden Einhüllung der Sand-

körner im hohen Grade die unmittelbare Beziehung des Kalkerdehydrats zu diesen; er verhindert dadurch die erste Bedingung der Mörtelbildung: den auf den Sandkörnern erfolgenden dichten Ansatz von kohlensaurer Kalkerde. In Berührung und Mischung mit Thon scheidet sich im Mörtel die kohlensaure Kalkerde nicht als feste bindungsfähige, sondern als lose kohlensaure Kalkerde ab. Der Thon entzieht ferner durch seine Aufsaugungsfähigkeit für das Wasser dieses dem Kalkerdehydrat und beraubt dadurch den Mörtel einer der wichtigsten Bedingungen der Mörtelbildung. Im normalen Mörtel geschieht die Bildung von kohlensaurer Kalkerde langsam von außen nach innen. Die kohlensaure Kalkerde, welche sich durch die Einwirkung der atmosphärischen Luft auf die Kalkerdehydratlösung des Mörtels bildet, scheidet sich als zusammenhängende, dichte, außerordentlich minutiöse Decke auf der Mörteloberfläche ab, und bekleidet alle auf der Oberfläche befindlichen Sandkörner. Je rauher und schärfer diese sind, je energischer ist der Zusammenhang. Jeder, dem Mörtel untergemischte, fein suspendirte Körper (ich habe Versuche mit Kaolin, Zinnober, Kohle, Witherit, Kreide, Eisenoxyd gemacht) hindert diesen Zusammenhang. Die Oberfläche der Mörtelschicht bleibt porös. Während normaler Mörtel den Theil des Wassers, der zu der langsamen, dauernd notwendigen Wechselwirkung gehört, welcher der Mörtel seine Festigkeit verdankt, in seinem Innern Jahrhunderte lang behält, verliert Mörtel, dem Thon oder andere fein suspendirte, von Kalkerde nicht afficirte Stoffe zugesetzt sind, das Wasser stetig und durch die ganze Mörtelmasse. Während normaler Mörtel in seinem Innern von Beginn an durch Jahrhunderte auf Grund des Vorhandenseins von Kalkerdehydrat dauernd eine thätige, in Wechselwirkung begriffene, ihre Festigkeit progressiv vermehrende Masse bleibt, wird Mörtel, dem Thon beigemischt ist, bald ganz durch und durch trocken, verliert seinen Kalkerdehydratgehalt ganz und ist von da ab eine todte, nur durch ursprünglich erhaltene Adhäsion zusammenhaftende Masse. Derartiger zweijähriger Mörtel aus jenem in der N-Straße belegenen Hause war staubig trocken und pulverförmig; es war nur mit großer Sorgfalt möglich, bei der Herausnahme einige zusammenhängende Stücke des Mörtels zu erhalten.

Es unterliegt somit keinem Zweifel, daß Thon, dem Mörtel untermischt, diesem im hohen Grade schädlich ist. Es handelt sich daher auch nur noch um die Feststellung derjenigen Mengenverhältnisse, in welchen der dem Mörtel beigemischte Thon die Mörtelbildung und die aus dieser später resultirende Festigkeit des Mörtels so beeinträchtigt, daß daraus eine Gefahr für die Haltbarkeit des Bauwerks zu befürchten ist. Principiell muß, nach meinem Dafürhalten, auch bei dieser Entscheidung die vorhandene Kalkerdehydratmenge maßgebend sein. Die schon angegebene Menge Kalkerdehydrat (6 Proc. des trocknen Mörtels) dürfte diese Grenze bezeichnen. Es wird ferner bei der Entscheidung der Umstände Geltung verlangen, daß gewisse Thonmengen, welche einen Mörtel mit geringem Kalkerdehydrat unbrauchbar machen, einem Mörtel mit größerem Kalkerdehydratgehalt geringer nachtheilig sind.

Von diesem Gesichtspunkte dürfte eine gedrängte Bezeichnung derjenigen Mörtelmischungen, welche als nicht verwendbarer Mörtel zu gelten haben, in folgender Art möglich sein:

1) Mörtel aus Kalk, dessen ursprünglicher Kalkerdehydratgehalt durch damit vorgenommene oder vorgegangene chemische Wechselwirkung auf mehr als die Hälfte reducirt worden ist. Dahin gehört Kalk, der in Gerbereien, Seifensiedereien, Gasanstalten oder chemischen Fabriken bereits benutzt worden ist, oder der durch allzulange oder mangelhafte Aufbewahrung unter Zu-

tritt der Luft in obigem Verhältnisse zu kohlensaurem Kalk umgewandelt worden ist.

2) Kalkmörtel, der im trocknen Zustande weniger als 6 Gewichts-Procente Kalkerdehydrat enthält.

3) Kalkmörtel, dessen Kalkerdehydratgehalt zwar 6 Proc. des trocknen Mörtels übersteigt, der dabei aber gleiche oder größere Mengen ungebrannten, fein suspendirten, aus thonhaltigen Materialien (Lehm, Lehmsand, Mergel) stammenden Thon enthält. —

Praktischen Werth dürfte noch eine leicht ausführbare Prüfung der Mörtelsubstanzen haben, wobei jedoch bemerkt wird, daß in Rücksicht auf die Beweisführung für das Vorhandensein der erforderlichen Kalkerdehydratmenge die chemische Analyse nicht zu entbehren ist, dagegen eine annähernde Beurtheilung der Verwendbarkeit und der in einem Mörtel vorhandenen Thonmengen des Bausandes sich durch Abschlämmen in nachfolgender Weise erreichen läßt:

Ich wende als Gewichtsmenge des zu prüfenden Materials 100 Grammes = 6 Loth Zollgewicht an, bringe dasselbe in die dem hiesigen Sande vom Kreuzberge entsprechende Körnung, und bediene mich zum Abschlämmen verdünnter Salzsäure und Wasser, und zwar von ersterer nur so viel als nöthig ist, um den Kalk zu lösen und eine wenig säuerlich schmeckende Flüssigkeit herzustellen. Als Absatzgefäß dient ein Glascylinder von 0,3 Meter Höhe und 0,035 Meter Durchmesser, welcher genau auf 0,2 Meter Höhe 200 Cubikcentimeter faßt und bis zu dieser Höhe in 100 Theile getheilt ist. Jeder Raumtheil entspricht also 2 Cubikcentimetern. Die auf dem Thon stehende Wassersäule beträgt incl. des Thones 200 Cubikcentimeter (C. C.).

Die abzuschlämmende Probe wird in einem Mörser oder irgend einem passenden Gefäße zuerst mit wenig Flüssigkeit zu einem dicken Brei angerieben, dann mit mehr Wasser gemischt, die Mischung einige Zeit (1 bis 3 Minuten) stehen gelassen und von dem Sande behutsam abgesehen. Dies wird so lange fortgesetzt, als das Wasser noch trübe abläuft. Da hierzu mehr Wasser als 200 C. C. erforderlich sind, so gieße ich den abgeschlammten Thon mit dem Wasser in ein größeres Gefäß, lasse in diesem absetzen, bis die Masse ungefähr 200 C. C. beträgt, gieße die klare überstehende Flüssigkeit ab, spühle die trübe Mischung in den graduirten Absatzcylinder, und setze in diesem soviel Wasser zu, daß Thon und Wasser zusammen 200 C. C. ausmachen. Jetzt lasse ich das Gemisch in dem Absatzcylinder 24 Stunden stehen, und es entspricht nach dieser Zeit eine gewisse Höhe der unter Wasser stehenden Thonschicht folgenden Gewichts-Procenten Thon des untersuchten trocknen Materiales:

| Eine Thonschicht in Höhe von | entspricht einem Thongehalt von  |
|------------------------------|----------------------------------|
| 51 bis 52 Cubikcentimetern   | 20 Gew.-Proc. d. trocknen Mater. |
| 46 - 47 -                    | 17½ - - - -                      |
| 41 - 42 -                    | 15 - - - -                       |
| 36 - 37 -                    | 12½ - - - -                      |
| 31 - 32 -                    | 10 - - - -                       |
| 25 - 26 -                    | 7½ - - - -                       |
| 19 - 20 -                    | 5 - - - -                        |

Sind feuchte Materialien zu prüfen, so ist zuvor der Wassergehalt derselben zu bestimmen und dem entsprechend mehr als 6 Loth zur Prüfung zu nehmen. Als Anhalt ist zu erwähnen, daß frischer Mörtel durchschnittlich 20 Gewichts-Procente Wasser, nicht zu feuchter Bausand 5 Gewichts-Procente Wasser enthält. Bei Prüfung eines frischen Mörtels sind daher statt 100 Grammes, 125 Grammes (= 7½ Loth = ¼ Pfd.), bei Prüfung eines Bausandes statt 100 Grammes, 106 Grammes (= 6 Loth, 3 Quentchen, 3 Cent) zu verwenden. —

Hatten die bisherigen Untersuchungen den Zweck, die Verwendung mangelhaften Mörtels zu verhüten, so machte sich im Laufe derselben eine andere, nicht minder wichtige Aufgabe geltend, die nämlich:

auf welche Weise, durch welche Mörtelsubstanzen und durch welche Mischungsverhältnisse derselben der festeste, dauerhafteste Mörtel darzustellen ist?

Eine unter allen Umständen erschöpfende Lösung dieser Aufgabe, die seit Jahrtausenden das nächstliegende Interesse der Technik der Baukunst in Anspruch genommen und für welche die umfassendste Berücksichtigung aller der tausend wechselnden Verhältnisse nothwendig wäre, die in der Verschiedenheit des Klimas und der vorhandenen Baumaterialien geboten sind, liegt außerhalb der Grenzen der vorliegenden Abhandlung. Für diese würde sich die angedeutete Aufgabe so präcisiren, daß dabei nur unsere, die norddeutschen, klimatischen Verhältnisse und die hier in Berlin Verwendung findenden Baumaterialien und Mörtelsubstanzen Berücksichtigung zu erwarten haben. Diese letzteren sind in den vorangegangenen Erörterungen genügend bezeichnet, und würden daher, unter der Voraussetzung gleicher klimatischer Verhältnisse, die hier zu ziehenden Folgerungen überall dort als gleichfalls zutreffend erachtet werden, wo die Verwendung findenden Baumaterialien gleiche oder ähnliche Zusammensetzung haben.

Der Weg, welcher zur Lösung der Aufgabe eingeschlagen wurde, ist folgender:

I) Es wurden die zur Untersuchung vorgelegenen zahlreichen Mörtelproben auf ihre Zusammenhangsfähigkeit

und Festigkeit, sowie auf die Widerstandsfähigkeit gegen die Einflüsse der Atmosphäre geprüft.

II) Es wurde durch die chemische Analyse nachzuweisen gesucht, welche Zustände und Wechselverbindungen die Mörtelsubstanzen in gutem und schlechtem Mörtel eingegangen sind, durch welche Wechselwirkungen sie in diese gelangt sind und in welchen verschiedenen Mischungsverhältnissen die Mörtelsubstanzen in gutem und schlechtem Mörtel vorhanden sind.

III) Es wurden aus diesen Ergebnissen diejenigen Bedingungen gefolgert, unter welchen bei gegebenen Verhältnissen der dauerhafteste und festeste Mörtel herzustellen sein dürfte.

Ad I). Die Reihe der mir zur Untersuchung vorgelegenen Mörtelproben hatte sich durch eine von mir auf dem Souterrain des alten Rathhauses unternommene Sammlung und durch die Uebersendung von Mörtelproben Seitens des den Bau des Rathhauses leitenden Bau-Inspectors Herrn Wäsemann sehr vermehrt, so daß ich, mit Einschluß der von mir bereiteten Mörtel, 68 verschiedene Mörtelproben in den Kreis der Untersuchung zu ziehen vermochte. Die Festigkeits-Probe wurde in folgender Weise ausgeführt. Von jedem Mörtel wurden drei gleich schwere (0,05 Grammes), gleich große und gleich geformte Fragmente einzeln auf eine Glasplatte gelegt, mit einer gewogenen Glasplatte bedeckt, und diese so lange steigend um einen Gramme, mit Gewichten beschwert, bis das Fragment zerdrückt wurde. Von dem Ergebniss, das die drei Proben lieferten, wurde der Durchschnitt als maafsgebend angenommen. Nachstehend wurden die bemerkenswerthesten Ergebnisse dieser Prüfungen mitgetheilt.

| Bezeichnung des Mörtels.  | Alter   | Wurde zerdrückt durch sein |
|---|---|----------------------------|
| Erhärteter Kalkbrei   | frisch bereitet und getrocknet                                | 3800faches Gewicht.        |
| - Brei aus gleichen Theilen Lehm und Sand                           | desgl.  | 4400                       |
| - Lehm (30 Procent Thongehalt)                                      | langsam getrocknet  | 6000                       |
| Kalkmörtel, vom Kammergericht übergeben                             | 2jährig   | 4250                       |
| { 11 Gew.-Proc. Kalkerdehydrat und Thon                             | frisch bereitet und getrocknet                                | 4600                       |
| { 11 - - - Kalkerdehydrat und Thon                                  | desgl.  | 12200                      |
| { 3,9 - - - Kalkerdehydrat und Thon                                 | desgl.  | 6700                       |
| { 6 - - - Kalkerdehydrat und Thon                                   | desgl.  | 6700                       |
| { 1 - - - Kalkerdehydrat und Thon                                   | desgl.  | 12400                      |
| I Vol. Kalkbrei, 3 Vol. reiner Sand                                 | desgl.  | 12400                      |
| von dem Bau der Synagoge  | vom Bau entnommen und getrocknet                              | 14400                      |
| aus dem Hause Schifferstrafse No. 9                                 | 1jährig   | 14700                      |
| aus dem Hause Wilhelmsstrafse No. 112                               | 100jährig   | 15800                      |
| aus der Judenstrafse  | 200jährig   | 27580                      |
| aus dem Ludwigs-Hôtel   | desgl.  | 21300                      |
| aus dem alten Rathhause   | 300jährig   | 45000                      |
| aus dem Fundamente des Hauses Königsstrafse No. 16 und 17           | über 200jährig  | 18760                      |
| aus dem Hause Judenstrafse, Nagelgassen-Ecke                        | 250jährig   | 27300                      |
| aus der Sohle des Ziethen'schen Backofens                           | Alter nicht bekannt   | 43450                      |
| aus dem Fundamente des alten Rathhauses                             | über 300jährig  | 67000                      |
| Cämentmörtel (1 Raumtheil engl. Portland-Cäment, 2 Raumtheile Sand) | am 5. Mai gemischt und bis Anfang Juni unter Wasser gestanden | 70000                      |
| { 1 Raumtheil engl. Portland-Cäment, 3 Sand                         | desgl.  | 64000                      |
| { 1 - - - engl. Portland-Cäment, 4 Sand                             | am 5. Mai bereitet und bis Anfang Juni unter Wasser gestanden | 52500                      |
| { 1 - - - engl. Portland-Cäment, 5 Sand                             | desgl.  | 33170                      |
| { 1 - - - engl. Portland-Cäment, 15 Sand, 5 Raumtheile Kalkbrei     | am 5. Mai bereitet und an der Luft bis Anfang Juni erhärtet   | 27150                      |

| Bezeichnung des Mörtels.  | Alter.  | Wurde zerdrückt durch sein |
|---|---|----------------------------|
| { 1 Raumtheil Stettiner Cäment,<br>2 Sand . . . . .             | am 5. Mai bereitet und bis Anfang Juni unter Wasser gestanden | 65400 faches Gewicht.      |
| { 1 - Stettiner Cäment,<br>3 - Sand . . . . .                   | desgl.  | 59400 - -                  |
| { 1 - Stettiner Cäment,<br>4 - Sand . . . . .                   | desgl.  | 48100 - -                  |
| { 1 - Stettiner Cäment,<br>12 - Sand, 2 Raumtheile Kalkbrei . . | am 5. Mai bereitet und bis Anfang Juni an der Luft erhärtet   | 28300 - -                  |
| { 1 - Stettiner Cäment,<br>15 - Sand, 5 Raumtheile Kalkbrei . . | desgl.  | 23300 - -                  |
| { 1 - Oppelner Cäment,<br>15 - Sand . . . . .                   | am 5. Mai bereitet und bis Anfang Juni unter Wasser gestanden | 57300 - -                  |
| { 1 - Oppelner Cäment,<br>3 - Sand . . . . .                    | desgl.  | 51100 - -                  |
| { 1 - Oppelner Cäment,<br>4 - Sand . . . . .                    | desgl.  | 39600 - -                  |
| { 1 - Oppelner Cäment,<br>12 - Sand, 2 Raumtheile Kalkbrei . .  | am 5. Mai bereitet und bis Anfang Juni an der Luft erhärtet.  | 25700 - -                  |
| { 1 - Oppelner Cäment,<br>15 - Sand, 3 Raumtheile Kalkbrei . .  | -   | 18160 - -                  |

Die Dauer und Widerstandsfähigkeit gegen die Einflüsse der atmosphärischen Feuchtigkeit wurde in folgender Art festgestellt. Von sämmtlichen der Prüfung unterzogenen Mörtelproben wurde eine gleiche Gewichtsmenge (ein Zollloth) in möglichst gleicher Form (Flächen) mit der ebensten Seite nach außen in ein Porzellan-Sieb mit sehr kleinen Poren gethan und dieses schwebend unter der Ausflußröhre eines Hebers angebracht. In der Ausflußröhre des Hebers war vermitteltst eines Korkes eine ganz fein ausgezogene Glasröhre befestigt, so daß daraus die Flüssigkeit nur Tropfen um Tropfen herausdringen konnte. Die Mörtelprobe wurde in fünf Fuß Entfernung von der Mündung des Hebers und so angebracht, daß die herabfallenden Tropfen genau auf die Mitte der Mörtelfläche fallen mußten. Als Probeflüssigkeit wurde bei jeder Mörtelprobe zuerst Regenwasser, sodann Regenwasser, welches bei gewöhnlichem Luftdruck mit Kohlensäure imprägnirt war, angewendet. Verwendet wurden für jede Probe 5 Litre Regenwasser und 5 Litre kohlensäurehaltiges Wasser. Nach jeder Probe wurde der Mörtel in dem Siebe getrocknet und gewogen, und zwar wurden, wenn die Mörtelproben ganz geblieben waren, das Hauptstück und die herausgespülten Sand- und Mörteltheilchen besonders gewogen.

Die Ergebnisse dieser Prüfungen waren überaus charakteristisch und von hohem Werthe für die Beurtheilung des Mörtels überhaupt. Durch Regenwasser allein (Regenprobe) wurden vollständig zerstört die Gemische von Lehm und Sand und alle jene Mörtelproben, welchen Thon in überwiegendem Verhältnisse zugesetzt worden war. Bei diesen Gemischen hörte aller Zusammenhang auf; Thon und Kalk wurden größtentheils herausgespült, und auf dem Siebe blieb Sand ohne allen Zusammenhang zurück. Aehnlich verhielten sich alle Mörtelmischungen von bereits gebrauchtem Kalk oder von Kalkerdehydrat mit kohlensaurem Kalk, und endlich auch Mörtel, welche rasch an der Luft getrocknet worden waren. Dagegen hielten sich gute frische Mörtel, wenn sie, zwischen Bausteine gestrichen, langsam erhärtet waren, ungleich

besser; es blieb hier stets ein Hauptstück zurück. Von guten einjährigen und solchen Mörteln überhaupt, welche normale Mischungsverhältnisse hatten, wurde auch, wenn sie keine Silicate als Bindemittel enthielten, in der Regenprobe nur wenig abgespült. Gleichwohl fand auch hier eine Einwirkung statt, denn das Abspülwasser reagirte schwach alkalisch. Cämentmörtel verhielten sich wie gute alte Kalkmörtel.

In der Prüfung mit Kohlensäure enthaltendem Wasser (Kohlensäure-Probe) verhielten sich die mangelhaften Mörtel ganz wie in der Regenprobe. Sie wurden ganz destruiert. Mörtel ohne Silicate als Bindemittel wurden ebenfalls, und zwar in einzelnen Fällen, bei einjährigem Mörtel, so vollständig zerstört, daß in dem Siebe nur zusammenhangslose Sandreste mit etwas Kalk gemischt zurückblieben. Bei älteren Mörteln, ohne Silicat-Bindungsmittel, blieben stets Hauptstücke zurück, doch war die Abspülung ungleich bedeutender als in der Regenprobe. Durch Wiederholung der Probe wurden indess alle Mörtel ohne Silicat-Bindungsmittel vollständig zerstört. Kalkmörtel, in dem statt Quarzsand Kalksand oder Dolomitsand verwendet worden war, standen mir nicht zur Verfügung. Ein Mörtel, den ich selbst aus Kalkerdehydrat und Marmorsand gemischt und, zwischen Backsteine gestrichen, langsam trocknen ließ, verhielt sich in der Kohlensäure-Probe ganz wie anderer frischer Mörtel. Er wurde ganz zerstört. Mörtel, in denen Kalksilicate als Bindemittel vorhanden waren, wurden in der Kohlensäure-Probe gleichfalls beeinflusst. In allen Fällen war Kalk in Lösung übergegangen und im Spülwasser nachzuweisen. In allen alten Kalkmörteln und Portland-Cämentmörteln waren kohlensaure Alkalien in dem Spülwasser nachweisbar.

Von den besten alten Mörteln mit Silicat-Bindung wurden nur geringe Mengen abgespült. Ebenso verhielten sich Portland-Cämentmörtel. Beide wurden durch öftere Wiederholung der Probe nicht zerstört.

Von den unternommenen Prüfungen hebe ich in Folgendem die bemerkenswerthesten Ergebnisse hervor:   
 Von den untersuchten Mörteln wurde festgestellt, daß die besten Mörtel, welche Silicate als Bindemittel enthielten, die größte Widerstandsfähigkeit gegen die Einflüsse der atmosphärischen Feuchtigkeit zeigten. Diese Mörtel wurden durch Regenwasser und durch kohlensäurehaltiges Wasser nicht zerstört. Die schlechtesten Mörtel, welche Thon in überwiegendem Verhältnisse enthielten, wurden durch Regenwasser und durch kohlensäurehaltiges Wasser vollständig zerstört. Die Widerstandsfähigkeit der Mörtel gegen die Einflüsse der atmosphärischen Feuchtigkeit hing von der Art der Bindemittel ab. Silicate als Bindemittel zeigten die größte Widerstandsfähigkeit, Thon die geringste. Die Widerstandsfähigkeit der Mörtel gegen die Einflüsse der atmosphärischen Feuchtigkeit hing auch von der Art der Bausteine ab. Die besten Bausteine zeigten die größte Widerstandsfähigkeit, die schlechtesten die geringste.

| Bezeichnung<br>der<br>Mörtel.  | Gewicht<br>des<br>verwendeten<br>Mörtels. | Versuche mit Regenwasser.                   |                  |                            | Versuche mit kohlenensäurehaltigem<br>Wasser. |                  |                                     |
|--|---|---|------------------|----------------------------|---|------------------|-------------------------------------|
|  |   | Das verbliebene Hauptstück des Mörtels wog: | Abgespült wurde: | Verlust in der Regenprobe: | Das verbliebene Hauptstück des Mörtels wog:   | Abgespült wurde: | Verlust in der Kohlenensäure-Probe: |
| Getrockneter Lehm vom Königl. Polizei-Präsidium zur Untersuchung erhalten, 16 Procent Thon-Gehalt            | 100 Cent (= 1 Loth)                       | 0,0 Cent                                    | 100 Cent         | 100 Proc.                  | 0,0 Cent                                      | 100 Cent         | 100 Proc.                           |
| Getrockneter Lehm vom Töpfer entnommen, 30 Procent Thon-Gehalt   | 100 -                                     | 0,0 -                                       | 100 -            | 100 -                      | 0,0 -   | 100 -            | 100 -                               |
| Mörtel vom Königl. Kammergericht zur Untersuchung erhalten, aus dem 1. Stockwerke des Hauses in der N-Straße | 52 u. 31 Cent                             | 0,0 -                                       | 52 -             | 100 -                      | 0,0 -   | 31 -             | 100 -                               |
| Mörtel vom Königl. Kammergericht zur Untersuchung erhalten, aus dem 3. Stockwerke des Hauses in der N-Straße | 63 u. 60 -                                | 0,0 -                                       | 63 -             | 100 -                      | 0,0 -   | 60 -             | 100 -                               |
| Mörtel aus gleichen Theilen Aetzkalk u. Schlammkreide (10 Theile) und 80 Theilen Sand gemischt               | 100 Cent                                  | 0,0 -                                       | 100 -            | 100 -                      | 0,0 -   | 100 -            | 100 -                               |
| Mörtel mit 6 Procent Kalkerdehydrat, 1 Procent Thon  | 100 -                                     | 0,0 -                                       | 100 -            | 100 -                      | 0,0 -   | 100 -            | 100 -                               |
| Mörtel mit 6 Procent Kalkerdehydrat und 7 Procent Thon   | 100 -                                     | 0,0 -                                       | 100 -            | 100 -                      | 0,0 -   | 100 -            | 100 -                               |
| Mörtel mit 10 Procent Kalkerdehydrat und 12 Procent Thon   | 100 -                                     | 0,0 -                                       | 100 -            | 100 -                      | 0,0 -   | 100 -            | 100 -                               |
| Mörtel (diesjähriger) von dem Bau der Synagoge   | 100 -                                     | 89,13 -                                     | 10,87 -          | 10,87 -                    | 0,0 -   | 100 -            | 100 -                               |
| Mörtel (diesjähriger) von dem Börsengebäude  | 100 -                                     | 91,33 -                                     | 8,67 -           | 8,67 -                     | 0,0 -   | 100 -            | 100 -                               |
| Mörtel (einjähriger) aus der Schifferstraße  | 100 -                                     | 90,30 -                                     | 9,70 -           | 9,70 -                     | 2, zus. 31,3 C.                               | 68,70 -          | 68,70 -                             |
| Mörtel (einjähriger) aus der Schönebergerstraße  | 100 -                                     | 87,11 -                                     | 12,89 -          | 12,89 -                    | 0,0 -   | 100 -            | 100 -                               |
| Mörtel (Putz-) 10- bis 15jährig, ohne Thon-Kiesel-Kalk-Bindemittel   | 100 -                                     | 95,17 -                                     | 4,83 -           | 4,83 -                     | 41,71 -                                       | 58,29 -          | 58,29 -                             |
| Mörtel (Putz-) 30- bis 35jährig, ohne Thon-Kiesel-Kalk-Bindemittel   | 100 -                                     | 96,74 -                                     | 3,26 -           | 3,26 -                     | 38,35 -                                       | 61,65 -          | 61,65 -                             |
| Mörtel aus der Wilhelmstraße 112, aus dem Fundament, 100jährig   | 100 -                                     | 94,31 -                                     | 5,68 -           | 5,68 -                     | 69,17 -                                       | 30,83 -          | 30,83 -                             |
| Mörtel aus dem Hause Judenstraße 1, 200jährig  | 100 -                                     | 93,71 -                                     | 6,29 -           | 6,29 -                     | 81,31 -                                       | 18,69 -          | 18,69 -                             |
| Mörtel aus dem Ludwigs-Hôtel, 200jährig  | 100 -                                     | 91,17 -                                     | 8,83 -           | 8,83 -                     | 68,78 -                                       | 31,22 -          | 31,22 -                             |
| Mörtel aus dem Hause Königsstraße 16 u. 17, über 200jährig   | 100 -                                     | 89,37 -                                     | 10,63 -          | 10,63 -                    | 66,37 -                                       | 33,63 -          | 33,63 -                             |
| Mörtel aus dem Hause Judenstraße, Nagelgassenecke, 250jährig   | 100 -                                     | 93,91 -                                     | 6,09 -           | 6,09 -                     | 83,41 -                                       | 16,59 -          | 16,59 -                             |
| Mörtel aus der Sohle des Ziethen'schen Backofens (Alter nicht bestimmbar)                                    | 100 -                                     | 97,13 -                                     | 2,87 -           | 2,87 -                     | 91,31 -                                       | 8,69 -           | 8,69 -                              |
| Mörtel aus dem alten Rathhause (aus dem Fundament), über 300jährig   | 100 -                                     | 96,41 -                                     | 3,59 -           | 3,59 -                     | 90,13 -                                       | 9,87 -           | 9,87 -                              |
| Mörtel aus dem alten Rathhause (aus dem Kellergewölbe), über 300jährig                                       | 100 -                                     | 98,01 -                                     | 1,99 -           | 1,99 -                     | 91,89 -                                       | 8,11 -           | 8,11 -                              |
| Cämentmörtel (1 Theil engl. Cäment, 2 Theile Sand)   | 100 -                                     | 98,31 -                                     | 1,69 -           | 1,69 -                     | 92,11 -                                       | 7,89 -           | 7,89 -                              |
| Cämentmörtel (1 Theil Stettiner Cäment, 2 Theile Sand)   | 100 -                                     | 98,07 -                                     | 1,93 -           | 1,93 -                     | 90,31 -                                       | 9,69 -           | 9,69 -                              |
| Cämentmörtel (1 Theil Oppelner Cäment, 2 Theile Sand)  | 100 -                                     | 97,31 -                                     | 2,69 -           | 2,69 -                     | 89,17 -                                       | 10,83 -          | 10,83 -                             |
| Cämentmörtel von dem Bau des Oel-Reservoirs auf dem Actien-Speicher  | 100 -                                     | 96,01 -                                     | 3,99 -           | 3,99 -                     | 90,47 -                                       | 9,53 -           | 9,53 -                              |

Ad II. Alle chemischen Untersuchungen über den Zustand, in welchem sich die Mörtelsubstanzen befinden, haben bisher eines bestimmten Ausgangs- und Endpunktes entbehrt. Dieser konnte wohl kein anderer sein, als der thatsächliche Nachweis der Zweckerfüllung der verglichenen Mörtel. Ohne einen solchen mußten alle Voraussetzungen und Folgerungen doctrinär bleiben, und konnte der obschwebende Streit über den Vorgang der Mörtelbildung, über den dabei stattfindenden Einfluß der Kohlensäure und der Thon-Kiesel-Kalk-Verbindung nicht geschlichtet werden. In den vorangeführten Prüfungen ist zum ersten Male der Weg des erwähnten thatsächlichen Nachweises betreten und soll an diesen die Ermittlung

der Zustände, in welchen sich die Mörtelsubstanzen im Mörtel befinden, geknüpft werden.

Die nächstliegenden und wichtigsten Folgerungen aus den vorangegangenen Ermittlungen sind zunächst die:

- 1) daß aus denselben Mörtelsubstanzen je nach ihrer verschiedenen technischen Handhabung und Verwendung und unter verschiedenen atmosphärischen Einflüssen Mörtel mit bloßem Kalk-Bindemittel und Mörtel mit Thon-Kiesel-Kalk-Bindemittel entstehen können;
- 2) daß Mörtel mit bloßem Kalk-Bindemittel weniger fest und weniger widerstandsfähig sind, als Mörtel mit Thon-Kiesel-Kalk-Bindemittel, und für unvollkommene, unter



ungünstigen Verhältnissen entstandene Mörtel zu halten sind, und

3) daß daher auch nur Mörtel mit Thon-Kiesel-Kalk-Bindemittel als vollkommene und normale Mörtel zu gelten haben und die Mörtelbereitung immer auf die Herstellung dieser gerichtet sein muß.

Bei dem Vorgange des Kalklöschens bleibt gut gebrannter Kalk ziemlich frei von der Bildung von kohlenaurer Kalkerde. Frisch gelöschter Kalk (Kalkbrei) enthält auf 38,91 Procent Kalkerdehydrat nur 0,41 Procent kohlenaurer Kalkerde. Mörtel, welcher aus 1 Volumen dieses Kalkbreies und 3 Volumen Sand gemischt wurde, enthielt nach der Mischung auf 10,96 Procent Kalkerdehydrat 1,80 Procent kohlenaurer Kalkerde. Diese rasche Umwandlung ist der erste Vorgang der Mörtelbildung. Sie geschieht nicht bloß durch die Berührung des Kalkerdehydrates mit der in der atmosphärischen Luft befindlichen Kohlensäure, sondern hauptsächlich noch durch die in dem Sande stets befindliche kohlenäurehaltige Feuchtigkeit und durch die zwischen den Sandtheilen befindliche kohlenäurehaltige Luft. Aus einem Raumtheil Kalkbrei mit dem erforderlichen Wasser und 3 Raumtheilen Sand werden etwas mehr als  $2\frac{1}{2}$  Raumtheile Mörtel.

Dieser Mörtel hatte ein spezifisches Gewicht von 1,961. Kalkbrei (bestehend aus 60,20 Procent Wasser, 38,31 Procent Kalkerdehydrat) hatte ein spezifisches Gewicht von 1,308; Bausand (bestehend aus 94,64 Proc. Sand und 4,61 Proc. Feuchtigkeit) hatte ein spezifisches Gewicht von 1,154. Es findet mithin bei der Mörtelmischung eine bedeutende Verdichtung der Substanzen statt. Diese geschieht zum Theil durch Absorption der zwischen den Sandtheilchen angehäuften Kohlensäure. Diese Absorption der Kohlensäure geht von der in dem Kalkbrei vorhandenen Kalkerdehydrat-Lösung aus, aus welcher kohlenaurer Kalk in fester Form ausgeschieden wird.

Diesem ersten Vorgange der Mörtelbildung folgt der des weiteren Erhärten des Mörtels. Steht frisch gemischter Mörtel nur kurze Zeit an der atmosphärischen Luft, so bedeckt er sich mit einem feinen Häutchen. Dies besteht aus kohlenaurer Kalkerde, die aus der im Innern des Mörtels erneuerten Kalkerdehydrat-Lösung durch den Einfluß der in der atmosphärischen Luft befindlichen Kohlensäure gefällt wird. Dieses Häutchen überzieht die Oberfläche der obersten Sandschicht sehr dicht, ebenso die Schicht der Mauersteine, in deren sämtlichen Poren kohlenäurehaltige Luft befindlich gewesen ist. Jedenfalls erfolgt überall dort, wo ein Niederschlag von kohlenaurer Kalkerde aus einer Lösung von Kalkerdehydrat geschieht, dieser in außerordentlich subtiler Form. Krystalle sind in diesem Niederschlage nicht zu entdecken. Die Adhäsion desselben aber an die Flächen, auf denen der Niederschlag geschieht, ist sehr groß. Dies ist zumal dort der Fall, wo diese Flächen porös sind, weil hier der erstehende kohlenäure Kalk sich in die Poren hineindrängt. So lange in dem Mörtel Feuchtigkeit genug vorhanden ist, wird durch diese an Stelle des zu kohlenaurer Kalkerde verwandelten Kalkerdehydrates das im Mörtel in Substanz vorhandene Kalkerdehydrat immer von Neuem gelöst. Fortdauernd tritt Kohlensäure von außen an die Kalkerdehydrat-Lösung heran und schlägt daraus von Neuem kohlenäure Kalkerde nieder. Die Bildung von kohlenaurer Kalkerde und die Erhärtung des Mörtels geschieht demnach von außen nach innen. Ueberläßt man Mörtel, zu einer Kugel geformt, einige Tage dem Einflusse der atmosphärischen Luft, so findet man, wenn man die Kugel durchbricht, eine erhärtete Schale um einen weichen Kern. Zu gleicher Zeit mit dem Vorgange der Bildung von kohlenaurer Kalkerde geht eine Verdampfung von Wasser aus dem Mörtel vor

sich. Das Verhältniß, in welchem diese stattfindet, ist von großem Einflusse auf die Weitererhärtung des Mörtels. Geht die Verdampfung sehr rasch und durch die ganze Mörtelmasse oder von einer großen Fläche aus vor sich, verliert sich also die Feuchtigkeit des Mörtels schnell, so kann der Proceß der Lösung von Kalkerdehydrat und die Fällung desselben aus der Lösung durch die Kohlensäure der Luft nur sparsam erfolgen. Ist die Feuchtigkeit fort und kann eine Lösung von Kalkerdehydrat nicht mehr erfolgen, so tritt die Kohlensäure der Luft in die Poren des Mörtels und an das noch in Substanz im Mörtel vorhandene Kalkerdehydrat und verwandelt dieses feste Kalkerdehydrat in kohlenäure Kalkerde. Diese Verwandlung des nicht in Lösung sondern in Substanz vorhandenen Kalkerdehydrates zu kohlenaurer Kalkerde steigert die Festigkeit des Mörtels nicht mehr. Der Zeitpunkt, in dem diese Verwandlung eingetreten ist, bezeichnet die Grenze der Mörtelbildung überhaupt. Ist sie vollendet — und dies geschieht, wenn keine Feuchtigkeit mehr vorhanden ist, sehr schnell — so ist dann der Mörtel eine todte Masse, in welcher die charakteristischen Wechselwirkungen des Mörtelbildungsprocesses nicht mehr stattfinden können. Geschieht dagegen die Verdampfung der Mörtelfeuchtigkeit langsam von innen nach außen, und nur auf einer geringen Oberfläche, wird mithin der Proceß der wechselseitigen Ausscheidung von kohlenaurer Kalkerde und Lösung von Kalkerdehydrat lange Zeit fortgesetzt, so zwar, daß das vorhandene Quantum Kalkerdehydrat möglichst vollständig in Lösung übergeführt, und aus dieser in kohlenäure Kalkerde umgewandelt wird, so wird der solcher Art gebildete Mörtel ungleich fester sein. Es kann daher auch unter günstigen Verhältnissen aus reinem Kalksand-Mörtel ein fester Mörtel gebildet werden. Auch ergibt sich daraus, daß unter veränderten Umständen aus denselben Mörtelsubstanzen und denselben Mischungsverhältnissen ein verschieden fester Mörtel entstehen kann.

Verwendet man Materialien, welche durch ihre Zusammensetzung die Bildung von Thon-Kiesel-Kalk-Bindemittel ausschließen, wie z. B. Kalkbrei und Kalksand, oder Dolomitsand, so würde selbstverständlich der Endzweck der Mörtelbildung auf diesen langsamen Proceß der Kalkerdehydratlösung und Ausscheidung von kohlenaurer Kalkerde gerichtet sein müssen. Anders verhält es sich mit Materialien, aus denen die Bildung von Thon-Kiesel-Kalk-Bindemittel möglich ist. Derartige Materialien verwenden wir in Berlin. Der hier Verwendung findende Sand enthält größere oder geringere Mengen Geschiebreste granitischer Gesteine. Unter neun verschiedenen Sandproben aus der Mark war der reinste folgender Art zusammengesetzt:

|    |                                 |   |                                   |            |
|----|---------------------------------|---|-----------------------------------|------------|
| In | Chlorwasserstoffsäure löslich   | { | Kohlenäure Kalkerde . . . . .     | 0,48 Proc. |
|    |                                 |   | Eisenoxyd und Thonerde . . . . .  | 0,45 -     |
|    |                                 |   | Schwefelsäure Kalkerde . . . . .  | 0,03 -     |
| In | Chlorwasserstoffsäure unlöslich | { | Thonerde . . . . .                | 1,01 -     |
|    |                                 |   | Eisenoxyd . . . . .               | 0,42 -     |
|    |                                 |   | Kalkerde . . . . .                | 0,49 -     |
|    |                                 |   | Bittererde und Alkalien . . . . . | Spuren     |
|    |                                 |   | Kieselsäure . . . . .             | 96,51 -    |

In dem aus dem Mörtel des alten Rathhausgebäudes gewonnenen Sande waren 81 Procent reiner Quarzsand und 19 Procent granitische und Urschiefer-Geschiebreste vorhanden. Außerdem war hier zu dem Fundamente ein grobkörniger feldspathreicher Granit verwendet worden.

Ueberall, wo Geschiebreste granitischer oder feldspathiger Gesteine in dem zum Mörtel verwendeten Sande vorhanden sind, ist auch die Bedingung zu der Bildung von Thon-Kiesel-Kalk-Bindemitteln gegeben. Diese Bildung geht neben der von Kalk-Bindemitteln vor sich, und ist der Vorgang folgender: Vorausgesetzt dafür muß werden ein langsamer Verdampfungs-

proceß der in dem Mörtel vorhandenen Feuchtigkeit. Findet dieser nicht statt, so ist auch die Bildung von Thon-Kiesel-Kalk-Bindemitteln ausgeschlossen. Eingeleitet wird der Proceß durch die Einwirkung von Aetzkalk auf die granitischen und feldspathigen Gesteine. Die Doppel-Silicate, woraus diese bestehen (kieselsaure Thonerde und kieselsaure Alkalien), werden durch den Aetzkalk aufgeschlossen und in dem Silicate das Alkali und zugleich auch die Thonerde durch Kalk ersetzt. Aetz-Alkalien mit Thonerde in Lösung werden ausgeschieden. Aetz-Alkalien in Berührung mit Quarzsand lösen Kieselsäure. Gelöste Kieselsäure und Thonerde treffen auf unveränderten Aetzkalk und bilden Thon-Kiesel-Kalk, welche Verbindung, indem sie erhärtet, die in ihrer Nähe befindlichen Mörtelsubstanzen außerordentlich fest zusammenkittet und dort, wo sie sich über große Strecken ausdehnt, denselben ein glasig geschmolzenes Aussehen giebt. In dem von mir aufbewahrten Mörtel des alten Rathhauses sind derartige geflossene Strecken bis zu 10 bis 12 Quadratzoll vorhanden. Werden Kieselsäure und Thonerde auf diese Weise aus der Lösung des Alkalis durch den Kalk ausgeschieden, so wird das Alkali wieder frei. Freies Alkali löst wieder Kieselsäure und, wenn Thonerde vorhanden, auch diese, und wird, wenn die Lösung wiederum auf Kalkerdehydrat trifft, von Neuem der Kieselsäure und Thonerde beraubt, um auf's Neue ätzend zu werden, Kieselsäure zu lösen und deren wiederum durch den freien Kalk beraubt zu werden. Die erstehenden Thon-Kiesel-Kalk-Bindemittel sind, so lange Kalk vorherrscht, basischer Natur, und zwar sind 2 und 3 Aequivalente Kalk auf 1 Aequivalent Kieselsäure oder Thonerde vorhanden. Nächste Thonerde ist auch stets Eisenoxyd in der Verbindung.

Der Mörtel aus dem alten Rathhausgebäude war, als er mir zu Händen kam, noch ganz feucht. Er war den Tag zuvor von der Stelle gebrochen worden, an welcher er erweislich länger als 300 Jahre gehaftet hatte. Er enthielt in diesem Zustande durch seine ganze Masse 0,14 Procent freies Natron. Ich hatte nahe an 10 Pfd. zur Untersuchung erhalten.

In einem Stückchen des Mörtels wurde ein Bruchstück ursprünglich grünes Glas entdeckt (ich bewahre es noch). Das Glas ist bis auf einen ganz geringen unveränderlichen durchsichtigen dunkelgrünen Kern in eine weißlich graue brüchige Masse umgewandelt worden, die bei dem Uebergießen mit Säuren gelatinisirt, während der Kern von Säuren nicht angegriffen wird. Die ganze Umgebung des Glases weit und tief

|   |  |         |  |
|---|--|---------|--|
|   | Wasser . . . . .                           | 4,31    | Procent  |
|   | Kohlensaure Kalkerde . . . . .             | 3,66    |  |
|   | Kalkerdehydrat . . . . .                   | 7,15    |  |
| In Chlorwasserstoffsäure<br>aufschliesbar   | Kalkerde an Kieselsäure gebunden . . . . . | 3,81    | } zusammen entsprechend 11,27 Proc. Calciumoxyd, |
|   | Lösliche Kieselsäure . . . . .             | 6,17    |  |
|   | Lösliche Thonerde . . . . .                | 0,89    |  |
|   | Eisenoxyd . . . . .                        | 0,66    |  |
| In Chlorwasserstoffsäure<br>unaufschliesbar | Alkalien und Bittererde . . . . .          | Spuren. |  |
|   | Sand, sehr granitisch . . . . .            | 72,66   |  |

Vertheilt durch die ganze Mörtelmasse fanden sich in Höhlungen kugelige, zusammengeballte, schalige, weiße Gebilde. Augenscheinlich stammten dieselben ursprünglich von Kalkerdehydrat in Substanz her, welches bei der Mischung des Mörtels nicht vollständig unter den Sand gemischt worden war. Mit Sorgfalt herausgenommene und von anhängendem Sande gesäuberte Theilchen dieser kugelschaligen Masse hatten keine große Festigkeit; mit Salzsäure übergossen brausten sie auf, verän-

|   |  |       |  |
|---|--|-------|--|
|   | Wasser . . . . .                           | 16,70 | Procent  |
|   | Kohlensaure Kalkerde . . . . .             | 25,31 |  |
|   | Kalkerdehydrat . . . . .                   | 11,71 |  |
| In Chlorwasserstoffsäure<br>aufschliesbar   | Kalkerde an Kieselsäure gebunden . . . . . | 11,71 | } zusammen entsprechend 34,74 Proc. Calciumoxyd, |
|   | Lösliche Kieselsäure . . . . .             | 18,96 |  |
|   | Thonerde . . . . .                         | 3,69  |  |
|   | Eisenoxyd . . . . .                        | 1,52  |  |
| In Chlorwasserstoffsäure<br>unaufschliesbar | Bittererde . . . . .                       | 0,51  |  |
|   | Natron . . . . .                           | 0,26  |  |
|   | Sand . . . . .                             | 9,63  |  |

hinein ist mit dem erwähnten geflossenen Gulse von Thon-Kiesel-Kalk ausgekleidet. Das Glas (hauptsächlich kieselsaures Alkali) ist daher ebenfalls wie die Doppel-Silicate des Feldspathes durch den Kalk aufgeschlossen und verändert worden. Es hat sich Kieselkalk gebildet, und Alkali ist frei geworden. Dieses hat in seiner Umgebung Kieselsäure aufgelöst und mit dem Kalk wieder Kiesel-Kalk gebildet.

Als Fundament hatte das erhaltene Hauptstück des Mörtels aus dem alten Rathhause ein flaches frisches Bruchstück röhlichen, sehr feldspathhaltigen Granit, welcher bei dem Abbruch auf seiner größten Fläche (circa 30 Quadratzoll) sich auseinander getheilt hatte. Die Adhäsion des Mörtelverbandes mit dem Granitbruchstück war demnach fester gewesen als die Cohäsion der Granitheilchen. Auch der Granit war wie der Mörtel durch und durch mit einer stark alkalischen Feuchtigkeit durchdrungen und so mürbe geworden, daß man, so lange er feucht war, ohne Anstrengung Stücke davon abbrechen konnte. Nunmehr ist der Granit trocken und wieder sehr hart geworden. Auf der ganzen Fläche, auf welcher Granit und Mörtel sich berührten, war eine dichte Lage jenes schon erwähnten glasigen Flusses; dieser war an den tiefer gelegenen Endpunkten mehrere Zoll tief in den Mörtel hineingedrungen und hatte hier letzteren zu einer felsenfesten, traubenförmig durchdrungenen Masse (Thon-Kiesel-Kalk-Verbindung mit Eisenoxyd) verwandelt. Auf den Berührungsflächen war der Granit vollständig zersetzt; verdünnte Salzsäure löste Thonerde und Kalk, und schied gelatinisirende Kieselsäure aus. Es war das Granitstück in der angedeuteten Wechselzersetzung mit dem Kalk begriffen. Thon-Kiesel-Kalk war gebildet, Aetz-Alkali ausgeschieden, Kieselsäure und Thonerde von diesem gelöst, durch Zusammentreffen mit dem in der Umgebung gelagerten überschüssigen Aetzkalk Thon-Kiesel-Kalk gebildet und wiederum Aetzalkali ausgeschieden worden, welches seinen Weg und seinen Bildungsproceß im Mörtel weiter verfolgte.

Ein kurzes Fragment eines Strohhalmes, das ich gleichfalls in dem Mörtel vorfand, ist versteinert. Die incrustirenden Substanzen sind Thon-Kiesel-Kalk und kohlensaurer Kalk. Erstere können nicht anders als im flüssigen Zustande in das Fragment hineingedrungen oder ihre Gemengtheile müssen dort zusammengetroffen sein.

Die Durchschnittszusammensetzung des Mörtels aus den Kellergewölben des alten Rathhauses war folgende:

|   |  |       |  |
|---|--|-------|--|
|   | Wasser . . . . .                           | 16,70 | Procent  |
|   | Kohlensaure Kalkerde . . . . .             | 25,31 |  |
|   | Kalkerdehydrat . . . . .                   | 11,71 |  |
| In Chlorwasserstoffsäure<br>aufschliesbar   | Kalkerde an Kieselsäure gebunden . . . . . | 11,71 | } zusammen entsprechend 34,74 Proc. Calciumoxyd, |
|   | Lösliche Kieselsäure . . . . .             | 18,96 |  |
|   | Thonerde . . . . .                         | 3,69  |  |
|   | Eisenoxyd . . . . .                        | 1,52  |  |
| In Chlorwasserstoffsäure<br>unaufschliesbar | Bittererde . . . . .                       | 0,51  |  |
|   | Natron . . . . .                           | 0,26  |  |
|   | Sand . . . . .                             | 9,63  |  |

derten ihr Aussehen, aber nicht ihre Form; Kalk, Thonerde, Eisenoxyd gingen in Lösung, und gelatinisirende Kieselsäure blieb zurück. Es war dies der sicherste Beweis, daß eine flüssige Thon-Kiesel-Verbindung an die Kalkerdehydratknollen herangetreten war und dieselben, soweit die Thon-Kiesel-Verbindung ausreicht, zu Thon-Kiesel-Kalk umgebildet hatte. Die nähere Zusammensetzung der kugelschaligen Masse war im Durchschnitt:

|   |  |       |  |
|---|--|-------|--|
|   | Wasser . . . . .                           | 16,70 | Procent  |
|   | Kohlensaure Kalkerde . . . . .             | 25,31 |  |
|   | Kalkerdehydrat . . . . .                   | 11,71 |  |
| In Chlorwasserstoffsäure<br>aufschliesbar   | Kalkerde an Kieselsäure gebunden . . . . . | 11,71 | } zusammen entsprechend 34,74 Proc. Calciumoxyd, |
|   | Lösliche Kieselsäure . . . . .             | 18,96 |  |
|   | Thonerde . . . . .                         | 3,69  |  |
|   | Eisenoxyd . . . . .                        | 1,52  |  |
| In Chlorwasserstoffsäure<br>unaufschliesbar | Bittererde . . . . .                       | 0,51  |  |
|   | Natron . . . . .                           | 0,26  |  |
|   | Sand . . . . .                             | 9,63  |  |

Außer diesen amorphen, kugelschaligen Massen ist die ganze Mörtelmasse mit einer Unzahl kleiner flimmerförmigen, glas- und perlmutterglänzenden weißen Krystalle durchsetzt. Als Grundform dieser größtentheils ausgezeichnet schönen Krystalle erwies sich das Rhomboëder mit dem Endkantenwinkel von 105° 5'. Sie bestanden aus einfach kohlenaurer Kalkerde, lösten sich in Essigsäure ohne Rückstand, und sind reiner Kalkspath. Aus der Bildung der Kalkspathkrystalle war aber eine Vermehrung der Festigkeit des Mörtels oder überhaupt ein Herkommen der Festigkeit nicht ersichtlich. Dieselben stehen theils in Krystallanhäufungen in Drusen zusammen, theils sind sie in Büscheln zusammengedrängt, überall aber in ganz losem Zusammenhange mit ihrer Umgebung. Dieselbe Krystallbildung von kohlenaurer Kalk habe ich in den 68 verschiedenen Mörteln nur dreimal beobachtet. Durch die ganze Mörtelmasse war auch noch amorphe kohlenaurer Kalkerde verbreitet. Es hatte sonach außer der schon erwähnten Mörtelbildung durch Bildung von Thon-Kiesel-Kalk-Bindemitteln auch die Mörtelbildung durch Kalkbindemittel stattgefunden. Offenbar ist die Bildung von Thon-Kiesel-Kalk-Bindemitteln der Bildung von Kalkbindemitteln gefolgt und immer nur von den einzelnen granitischen Geschiebresten ausgegangen. Die Bildung der Kalkspathkrystalle ist später erfolgt als die Bildung amorpher kohlenaurer Kalkerde, denn erstere stehen auf letzterer. Es ist höchst wahrscheinlich, daß, wenn die Bildung von Thon-Kiesel-Kalk-Verbindungen begonnen hat, der Einfluß der Kohlensäure und die Bildung von

|   |  |       |         |  |
|---|--|-------|---------|--|
|   | Wasser . . . . .                           | 1,09  | Procent |  |
| In Chlorwasserstoffsäure<br>aufschließbar   | Kohlensäure Kalkerde . . . . .             | 18,34 | -       | } zusammen entsprechend 12,34 Proc. Calciumoxyd, |
|   | Kalkerde an Kieselsäure gebunden . . . . . | 12,11 | -       |  |
|   | Lösliche Kieselsäure . . . . .             | 13,41 | -       |  |
|   | Thonerde und Eisenoxyd . . . . .           | 2,16  | -       |  |
| In Chlorwasserstoffsäure<br>unaufschließbar | Sand . . . . .                             | 69,40 | -       |  |

Er war daher von dem unter ihm befindlichen Mörtel, mit welchem er zusammen bereitet und aufgetragen worden war und mit welchem er ursprünglich dieselbe Zusammensetzung hatte, wesentlich verschieden geworden. Alle Kalkerdehydratmenge des letzteren war in kohlenaurer Kalk umgewandelt, und selbst die in dem unteren Mörtel vorhandene Menge des Thon-Kiesel-Kalk-Bindemittels verringert und die Menge der löslichen Thonerde und des Eisenoxydes vermehrt worden. Es darf ohne Zweifel angenommen werden, daß diese Ergebnisse den Zerfall- oder Rückwandlungsproceß bezeichnen, dem der Mörtel überhaupt anheim gegeben ist. Auch über die wirkenden Agentien kann kein Zweifel obwalten. Es sind dies Kohlensäure und Ammon, welche überall möglich, getrennt oder zusammenwirkend das Kalkerdehydrat und die Thon-Kiesel-Eisenoxyd-Kalk-Verbindung so verändern, daß alles Kalkerdehydrat in kohlenaurer Kalkerde und aus der Thon-Kiesel-Eisenoxyd-Kalk-Verbindung Thonerde, Eisenoxyd, Kieselsäure, sandig isolirt oder herausgespült werden, während die Kalkerde zu kohlenaurer Kalkerde verwandelt wird. Wenn damit der Beweis vorliegt, daß auch der festeste Mörtel mit der Zeit der Zerstörung anheim fällt, so ist dabei doch zugleich der Umstand von der größten Bedeutung, daß in dem vorliegenden Mörtel, in mehr als dreihundertjähriger Dauer, kaum 3 bis 4 Linien devastirt worden sind, und daß daher Bauwerke, welche Mörtel von einer der nachgewiesenen ähnlichen Zusammensetzung enthalten, eine aus dieser Quelle stammende vollständige Zerstörung auch in Jahrtausenden nicht zu befürchten haben.

kohlenaurer Kalk im Mörtel durch Vermittelung des dann vorhandenen Aetzkalks geschieht, daß dieses die Kohlensäure aufnimmt und, wo es Aetzkalk trifft, diesem abgibt. Ein Mörtel, in welchem die Bildung der erwähnten Bindemittel vor sich geht, ist ein thätiger Mörtel. So lange die erwähnten Bedingungen geboten sind, nimmt seine Festigkeit dauernd zu.

Verliert ein Mörtel eine der bezeichneten Bedingungen oder beide, d. h. verliert er im Innern seine Feuchtigkeit ganz, oder ist seine ganze Kalkerdehydratmenge verbraucht, so ist er ein tochter Mörtel, dessen Festigkeit alsdann eine stillstehende ist, die von dem Augenblicke an sich nunmehr gegen die von außen auf ihn eindringenden zerstörenden Elemente zu wehren hat, und dessen Dauer nur von der bis zu diesem Zeitpunkt erlangten Festigkeit abhängt. In diese Kategorie der tochten Mörtel gehören eine ganze Reihe von Cäment-Mörteln, auf welche noch später zurückgekommen werden soll.

Für den Zerstörungsvorgang des Mörtels liegen folgende Anhaltspunkte vor. Der mir zu Gebote gestandene Mörtel aus dem Kellergewölbe des alten Rathhauses hatte mit einem Theile seiner Oberfläche einen Theil der Kellerwand gebildet. So weit das Mörtelstück die Kellerwand gebildet hatte, hatte dasselbe einem Destructionsprocess unterlegen. Der Mörtel hatte an den Stellen bis auf 3 bis 4 Linien von der Oberfläche, zuweilen noch tiefer und öfters in einzelnen tiefer gehenden Höhlungen, ein sandiges Ansehen, war ohne alle Festigkeit, leicht zerreiblich, und hatte eine Zusammensetzung, wie hienächst angegeben ist:

Ganz dem geschilderten Mörtelbildungsvorgange ähnlich ist der Vorgang bei der Verwendung von Puzzolane und Trafs. Dieselben werden in Mischung mit Kalkerdehydrat und Sand als Mörtel verwendet. Trafs und Puzzolane sind leicht aufschließbare Silicate von Thonerde, Eisenoxyd, Bittererde, Kalkerde und den Alkalien. Die aufschließende und Thon-Kiesel-Eisenoxyd-Kalk-Bindemittel herstellende Einwirkung des Kalkerdehydrates muß daher hier eine ungleich leichtere und erfolgreichere sein, als bei den viel schwerer aufschließbaren feldspathigen und granitischen Geschieben. Der Unterschied der Trafs- und Puzzolane-Mörtel von dem Kalk-Mörtel wird bedingt durch das rasche Erstehen des Thon-Kiesel-Kalk-Bindemittels in ersterem. Die Unlöslichkeit dieser Thon-Kiesel-Kalk-Bindemittel in Wasser giebt demselben die augenblickliche Widerstandsfähigkeit gegen das Wasser, und die Verwendbarkeit zu Wasserbauten. Ein wesentlicher chemischer Unterschied zwischen altrömischem, mit Puzzolane (*Pulvis puteolanus*) gemischtem Mörtel und dem festen alten deutschen, mit granitischen und feldspathigen Geschiebresten gemischtem Mörtel ist nicht vorhanden. Das Auftreten der Bittererde im Trafs und Puzzolane ist unwesentlich. Die Bittererde ersetzt hier nur die Kalkerde.

Ganz analog der Zusammensetzung der Kalkmörtel mit Thon-Kiesel-Kalk-Bindemitteln ist auch die des Cäment-Mörtels. Der Cäment-Mörtel, mit welchem die von der hiesigen Kaufmannschaft auf dem Actienspeicher erbauten unterirdischen Oel-Reservoirs gemauert worden sind, war, vom Bau frisch entnommen und erhärtet, von der umstehend mitgetheilten Zusammensetzung:

|   |  |         |         |  |
|---|--|---------|---------|--|
|   | Wasser . . . . .                           | 3,83    | Procent |  |
|   | Kohlensaure Kalkerde . . . . .             | 1,36    | -       | } zusammen entsprechend 19,04 Proc. Calciumoxyd, |
|   | Kalkerdehydrat . . . . .                   | 17,84   | -       |  |
| In Chlorwasserstoffsäure<br>aufschliesbar   | Kalkerde an Kieselsäure gebunden . . . . . | 4,78    | -       |  |
|   | Lösliche Kieselsäure . . . . .             | 7,74    | -       |  |
|   | Eisenoxyd und Thonerde . . . . .           | 2,60    | -       |  |
|   | Bitterde . . . . .                         | 0,21    | -       |  |
|   | Alkalien . . . . .                         | Spuren. | -       |  |
| In Chlorwasserstoffsäure<br>unaufschliesbar | Sand . . . . .                             | 61,54   | -       |  |

Doch sind die Cämente unter sich so wesentlich verschieden, daß auch die daraus gemischten Mörtel, sowohl rücksichtlich ihrer Bildungsprocesse, als ihres Anspruches auf Verwendbarkeit wesentlich verschieden sind.

Mischt man gebrannten und gepulverten Kalk, oder staubförmiges Kalkerdehydrat mit Kieselsäurehydrat, Wasser und Sand, so erhält man einen sogleich erhärtenden Mörtel. Mischt man gebrannten Kalk und Kieselsäurehydrat allein, so erfolgt gleichfalls, nachdem der gebrannte Kalk durch Aufnahme von Wasser in Kalkerdehydrat geworden ist, eine erhärtende Verbindung. Diese Verbindung geschieht am vollständigsten, wenn man Kieselsäurehydrat und Kalk nach ihren Aequivalent-Gewichten mischt, und zwar geben 1 Aequivalent Kieselsäurehydrat 63,3 Gewichtstheile, und 3 Aequivalent gebrannter Kalk 84 Gewichtstheile die festeste Verbindung. Reine Thonerde kann in der Mischung mit Kieselsäure diese ersetzen, allein giebt sie eine feste Verbindung mit Kalk nicht. Wendet man Kalkerdehydrat und Kieselsäurehydrat an, so erfolgt die Einigung ohne weitere Aufnahme von Wasser. Die unmittelbare Bildung dieser Kiesel-Thonerde-Kalk-Verbindung ist die Grundlage des Mörtelbildungsprocesses der Cämente.

Es muß hier davon Abstand genommen werden, die große Verschiedenheit des Werthes aller der einzelnen, im Handel vorkommenden Cämente zu erschöpfen, und soll nur im Allgemeinen von den zwei hauptsächlich in Anwendung begriffenen, durch ihre Ursprungssubstanzen und ihre Bereitungsweise verschiedenen Cäment-Sorten die Rede sein. Im praktischen Verkehr unterscheidet man Roman-Cämente und Portland-Cämente.

Roman-Cäment wird durch Brennen von Kalkstein, welcher eine gewisse Menge Thon enthält, und durch Mahlen des gebrannten Kalkes bereitet. Wird Thon (kieselsaure Thonerde) mit Kalk gebrannt, so wird durch den Einfluß des letzteren die Verbindung der Kieselsäure und Thonerde aufgehoben; Kieselsäure und Thonerde werden isolirt und erhalten durch den mächtigen basischen Einfluß des Kalkes das Wesen von Säuren. Ohne Wasser, in trockenem Zustande, können Kalk, Kieselsäure und Thonerde eine Verbindung nicht eingehen. Kommen sie aber mit Wasser in Berührung, so werden sie durch Aufnahme von Wasser in Hydrate verwandelt und gehen zu einander die erwähnte Verbindung ein. Wird derartige Cäment mit Sand und Wasser gemischt, so wird der Sand durch die erstehende Verbindung eingeschlossen. Es erfolgt bei dieser Cäment-Mörtelbildung keine Aufschliesung eines Silicates, wie bei dem Traßmörtel, oder dem Kalkmörtel mit granitischen Geschiebresten, sondern eine unmittelbare Einigung der in Hydrate verwandelten Kieselsäure, Thonerde und Kalkerde. Ein solcher Mörtel unterscheidet sich von dem Kalkmörtel dadurch, daß die schon geschilderte, langsam fortschreitende Erhärtung, die hier von der langsamen Umwandlung des Kalkerdehydrates in kohlensaure Kalkerde und von langsam fortschreitender Bildung von Thon-Kiesel-Kalk-Verbindung zu erwarten ist, bei dem Cämentmörtel nicht stattfindet. Die erstehende Verbindung geschieht hier rasch, und zwar in dem Verhältnisse und mit der Energie, wie sie durch die zur Verbindung schon fertig vorgebildeten Stoffe bedingt

wird. Ist diese Verbindung geschehen, so hört dann jede weitere Thätigkeit, jeder Fortschritt der Mörtelbildung auf; der Mörtel ist von hier ab ein todtter Mörtel. Es liegt nahe, daß bei der Erhärtung derartiger Cämente so viele Eventualitäten in Frage kommen, daß durch dieselben selten allen Anforderungen eines guten Mörtel genügt wird. Es ist nothwendig, daß die Substanzen, die hier wirken sollen, in den für die Wirkung geeigneten Verhältnissen vorhanden sein müssen. Diese Verhältnisse bedingen sich nicht wechselseitig, wie bei dem Kalkmörtel, sondern es müssen die Agentien schon vorgebildet vorhanden sein. Es geht mit ihnen bei der Mörtelbildung nicht eine fortlaufende Kette von Wechselwirkungen, sondern ein einmaliger Bildungsvorgang vor sich. Selten (in den von mir untersuchten derartigen Cämenten bei keinem) ist dies Verhältniß ein normales. Fast immer ist Kalkerde im Ueberschuß. Diese kommt aber nicht zur Verwendung, sondern wird in die Verbindung als todttes Vehikel eingeschlossen und erfährt nur durch spätere Einwirkung der Kohlensäure eine Umwandlung in kohlensaure Kalkerde, und zwar in Substanz, so daß eine größere Festigkeit daraus nicht resultirt. Ferner ist in derartigen Cämenten stets eine nicht unbedeutliche Menge unveränderter kohlensaurer Kalkerde vorhanden, die als solche nicht nur nicht zur Festigkeit des Mörtels beiträgt, sondern diese wesentlich beeinträchtigt. Die beachtenswerthe und zugleich ungünstigste Eigenschaft dieser und der Cämentmörtel überhaupt ist die, daß sie das Volumen, welches sie, nachdem sie fest geworden sind, erhalten haben, nicht stetig behalten. Ausserdem vermögen speciell die Roman-Cämente die Flächen, denen sie adhären sollen, für diese Adhäsion nicht vorzubereiten. Wie schon erwähnt, thut dies der normale Kalkmörtel in hohem Grade. Die Lösung des Kalkerdehydrates, welche die Bausteine langsam durchdringt, findet in den Poren kohlensäurehaltige Luft, und die niedergeschlagene kohlensaure Kalkerde bildet die innige Vermittelung zwischen den Bausteinen und dem Mörtel. Bei dem Roman-Cement-Mörtel ist dies nicht, oder doch nur in sehr geringem Maasse, und nur durch die kurze Zeit, in welcher die Mörtelerhärtung vor sich geht, der Fall. Allerdings wird auch hier durch die Bildung von kieselsaurer Kalkerde die Adhäsion zwischen der Mörtelschicht und den Bausteinen vermittelt. Allein diese Verbindung erstet so rasch, und nur in dem Mörtel, nicht in den Poren der Bausteine; auch hat die Adhäsion mit der Vollendung des Mörtelbildungsprocesses ihren höchsten Punkt erreicht. Sie verringert sich von da ab stetig, wenn auch wenig bemerkbar. Alle Cäment-Mörtel und überhaupt diejenigen Mörtel, welche nur durch Thon-Kiesel-Kalk-Bindemittel gebildet werden, verlieren, wenn sie nicht in Berührung mit einer stetigen Feuchtigkeitsquelle sind, nicht nur ihre Feuchtigkeit, sondern auch Wasser aus der chemischen Verbindung, welche das Bindemittel abgiebt. Die Folge davon ist eine Zusammenziehung des Mörtels und die Trennung von den Bausteinen oder ein Herausreißen dieser aus dem Mauerwerke.

In vieler Beziehung günstiger sind die sogenannten Portland-Cämente. Bei diesen kommt außer Kalk und Thon noch stets ein Alkali-Silicat in Mitwirkung. Behufs Herstellung von Portland-Cämenten wird Kalk, Thon (kieselsaure Thonerde)

und kieselsaures Alkali (entweder in dem verwendeten Thon enthalten oder als Feldspath zugesetzt) in innigster Mischung geglüht und zwar in viel höherer Temperatur als die, bei welcher Roman-Cämente gebrannt werden. Das Glühen wird bis zum Sintern der Verbindung gesteigert. In Beziehung auf die Wechselwirkung zwischen Kalk und kieselsaurer Thonerde ist der Vorgang derselbe, als bei den oben bezeichneten Roman-Cämenten. Es wird Calciumoxyd und aufgeschlossene Kieselsäure und Thonerde vorbereitet. Das vorhandene Alkali-Silicat aber wird weder durch die hohe Temperatur, noch durch die Kalkerde verändert; wohl aber wird es geschmolzen, und durchdringt und überzieht in dem geschmolzenen, leicht flüssigen Zustande die Kalkerde, Kieselsäure und Thonerde und hält diese von der Einwirkung auf einander ab. Kommen aber die isolirten Verbindungen mit Wasser in Berührung, so bildet die durch das geschmolzene kieselsaure Alkali vorhandene Isolir-Schicht keinen ausreichenden Schutz gegen das mächtige Bestreben der isolirten Stoffe, sich zu verbinden; das kieselsaure Alkali wird langsam gelöst und die durchdrungenen Substanzen in dem Verhältnisse, als diese Lösung vor sich geht, ihrer Wechselwirkung anheim gegeben. Diese geschieht dann ganz analog dem schon geschilderten Vorgange. Kalkerde, Kieselsäure und Thonerde nehmen Wasser auf, werden hydratisirt und gehen dann die schon erwähnte Kiesel-Thon-Kalk-Verbindung ein, die als Bindemittel auftritt, und, wenn der Verbindung zugleich Sand zugemischt ist, diesen einschließt. Auch hier erfolgt somit, wie bei dem Roman-Cäment, keine eigentliche Aufschließung von Silicaten, sondern eine Vereinigung schon vorgebildeter, zur Verbindung hergerichteter Stoffe. Es ist daher auch bei der Erhärtung der Portland-Cämente ein nachhaltiges steigerndes Erhärten nicht vorhanden, sondern es beschränkt sich der Erhärtungsproceß wesentlich auf einen einmaligen verhältnißmäßig kurzen Vorgang. Auch kommen daher bei den Portland-Cämenten alle die Schwierigkeiten in Frage, welche schon oben dahin angedeutet worden sind, daß zu einem vollständig normalen Cäment die zur Verbindung erforderlichen Stoffe in bestimmtem Verhältnisse vorliegen müssen, oder, im anderen Falle, dem Zustandekommen eines guten festen Mörtels nur hinderlich sind. Dagegen tritt bei dem Portland-Cäment der günstige Umstand ein, daß, während durch Berührung mit Wasser und Kalk das kieselsaure Alkali der Kieselsäure durch den Kalk beraubt und Aetzalkali gebildet wird, dieses wenigstens auf kurze Zeit durch Lösung von Kieselsäure und Verbindung der Kieselsäure mit überschüssig vorhandener Kalkerde einem hieraus stammenden Nachtheile vorbeugen kann. Allein diese Nachwirkung ist auf eine verhältnißmäßig sehr kurze Zeitdauer beschränkt; nach dieser ist alle vorhandene überschüssige Kalkerde von dem Kiesel-Thon-Kalk-Bindemittel eingeschlossen und von weiterer Verbindung abgehalten. Ein anderer Vortheil des ausgeschiedenen Aetzalkalis der Portland-Cämente, in's Besondere für den Bau mit kieselhaltigen Bausteinen, besteht darin, daß das Aetzalkali, im Beginn der Einigung, aus dieser Kieselsäure löst und zur Vereinigung mit der vorhandenen Kalkerde bringt, und dadurch eine innige Adhäsion der Bausteine und Mörtelschichten vorbereitet. Im Uebrigen theilen aber auch die Portland-Cäment-Mörtel den großen Nachtheil der Cäment-Mörtel, daß sie überall dort, wo sie nicht in steter Verbindung mit einer dauernden Feuchtigkeitsquelle sind, ihr ursprüngliches Volumen nicht behalten. Es ist dies um so mehr der Fall, als sie freies, d. h. durch die in ihnen enthaltene Kieselsäure nicht bindbares Calciumoxyd enthalten. Die bei der Bestimmung der Festigkeit der Cäment-Mörtel benutzten Proben von Portland-Cäment sind

nach ihrer Mischung in neben einander befindliche Zinkkasten gegossen worden. Die reinen Cäment-Mörtel sind am 5. Mai angefertigt worden und haben in den Zinkkasten von da ab bis zu Anfang Juni unter Wasser gestanden. Die gemischten Kalk- und Cäment-Mörtel sind nur an der Luft getrocknet. Bei der Herausnahme aus dem Wasser und mehrere Tage nachher haben die reinen Cäment-Mörtel diese Zinkkasten vollständig ausgefüllt. Seit dieser Zeit bis heut haben sie fortwährend Wasser verloren und an ihrem Volumen abgenommen, so daß bei allen ein Zwischenraum zwischen dem Mörtel und den Zinkwänden vorhanden ist. Am größten ist die Volumen-Verringerung bei der Mischung von viel Cäment und wenig Sand, geringer ist die Volumen-Verringerung bei den Mischungen von wenig Cäment und viel Sand. Die Kalk- und Cäment-Mörtel haben eine Verringerung des Volumens nicht erkennen lassen. In Folge der Volumen-Verringerung findet entweder eine Lösung des Mörtels von den Bausteinen, oder noch häufiger, zumal wenn schlechte Bausteine verwendet werden, ein Zerreißen, Bersten und Herausdrängen von diesen statt. Bei der Verwendung von Portland-Cäment hat man außerdem noch auf einen Umstand sehr zu achten. Wird der Portland-Cäment-Mörtel rasch bereitet und verwendet, so daß eine vollständige Lösung des Alkali-Silicates und, folgend hieraus, eine vollständige Wechselverbindung der vorbereiteten Kieselsäure, Thonerde und Kalkerde nicht eintreten konnte, so kann, wenn kurze Zeit darauf eine nochmalige Berührung des Mörtels mit Wasser stattfindet das ungelöste Alkali-Silicat gelöst und die überzogene Kalkerde, Kieselsäure und Thonerde entblößt werden, eine nochmalige Mörtelbildung erfolgen und, wenn dieselbe auf großen Strecken vor sich geht, ein Reißen der Mauer stattfinden. Ich hatte vier Proben Portland-Cäment-Mörtel mit unzureichender Menge Wasser gemischt und auf starken Glastafeln erhärten lassen. Um zu sehen, ob und in welcher Menge sie noch Wasser aufnehmen würden, hatte ich die Proben in Wasser gelegt, und fand am Morgen von den vier Glastafeln drei durch die Veränderung des Volumens des Mörtels gesprengt und die Bruchstücke der Glastafeln an den in die Höhe gezogenen Mörtelproben haftend. Es ist sicher anzunehmen, daß das Bersten von Cäment-Mörtel-Mauern, die plötzlich dem Einflusse des Wassers ausgesetzt worden sind, hierin seinen Grund hat.

Aus Allem dem erhellt, das auch der Portland-Cäment-Mörtel große Nachtheile hat. Sicher ist, daß ein Zunehmen seiner Festigkeit von dem Zeitpunkte seiner vollendeten Erhärtung an nicht stattfindet, daß er vielmehr, bei Abwesenheit einer steten Feuchtigkeitsquelle und zumal bei abwechselnden Temperaturverhältnissen sein Volumen, das er an dem Zeitpunkte seines Festwerdens inne gehabt, nicht unverändert beibehält und dadurch unter allen Umständen entweder eine Lockerung seines Zusammenhanges mit den Bausteinen oder eine Lockerung des Zusammenhanges des totalen Mauerwerkes bedingt. Daraus folgt, daß auch Portland-Cäment-Mörtel für sich, außer als Mörtel für Wasserbauten und Fundamente, Steitigkeit und Dauer für Jahrhunderte nicht verspricht. Mein Urtheil geht dahin: daß alle über dem Wasser mit reinem Cäment-Mörtel aufgeführten Mauerwerke, nach einer kurzen Periode großer Festigkeit, viel früher der Zerstörung anheim fallen werden, als solche, die mit gutem Kalk-Mörtel verbunden sind.

Ad III). Es ist noch der Zweck, aus dem Gesagten in sofern einen directen Nutzen zu ziehen, als daraus der Nachweis derjenigen Bedingungen gefolgert werden soll, unter welchen, bei gegebenen Verhältnissen, die Herstellung des festesten und dauerhaftesten Mörtels möglich ist.

An jedem Orte und bei jedem Baue wird man in Rücksicht auf die zu wählenden Mörtelsubstanzen beschränkt werden durch lokale, sehr häufig gewifs auch durch pecuniäre Verhältnisse. Absolut normale Mörtelsubstanzen werden wohl niemals zu Gebote stehen. Es kommt daher auch nicht darauf an, diese zu suchen, sondern nur darauf, unter gegebenen Verhältnissen die besten Mörtelsubstanzen zu wählen.

**Sand.** Die erforderliche äusserliche Beschaffenheit des Sandes ist jedem Baumeister und Maurer bekannt; es wäre unnöthig darüber zu sprechen, dafs mittelgrober Sand mit rauen Begrenzungsflächen, scharfen Kanten und Ecken, abgerundetem und abgeschliffenem feinkörnigem Sande vorzuziehen ist. Ebenso bedarf es nach dem Gesagten kaum der Erwähnung, dafs der Sand möglichst frei von Thon und Humus, sowie von allen fein vertheilten Niederschlägen oder Gemengtheilen sein mufs. Wo Sand ohne diese letzteren Bestandtheile nicht zu erlangen ist, da mufs nöthigerweise ein Waschprocefs erfolgen. Organische Bestandtheile, Zusätze von Häcksel, Kälberhaaren, Sägespänen sind als Zusätze zum Sand resp. Mörtel ganz unzulässig, weil dieselben durch den Einflufs des Kalkes zu Humus umgewandelt werden und als solcher nachtheilig wirken.

Quarzsand ist dem Kalksand und dem Dolomitsand vorzuziehen. Grobkörniger, scharfkantiger Quarzsand, mit 5 bis 10 Procent granitischen oder feldspathigen Geschiebresten ist der beste Bausand. Wo diese Geschiebreste im Sande ganz fehlen, oder wo man nur Kalk- oder Dolomitsand zur Verfügung hat, wird man mit Vortheil dem Mörtel derartige Geschiebreste zusetzen. Die zu wählende Form derselben wäre die des grobkörnigen Bausandes. Reiner Feldspath, Feldstein, Albit, und ähnliche Steine aus der Feldspath-Sippschaft würden vorzuziehen sein. Fehlen diese, so würde Glimmer, Granit, Syenit, Hornblendegestein, immer mit Rücksicht auf ihren Gehalt an Alkali-Silicat, zu verwenden sein.

**Kalk.** Der Kalkstein, der zu Baukalk verwendet werden soll, darf, aufser Feuchtigkeit und kohlenaurer Kalkerde, nicht über 10 Procent anderweitige erdige Bestandtheile enthalten.

Im gebrannten Kalk darf dieser Gehalt an fremden erdigen Bestandtheilen nicht über 15 Procent betragen.

Im Kalkbrei (circa 60 Procent Wasser und 40 Procent Kalkerdehydrat) darf der Gehalt an fremden Bestandtheilen nicht über 5 bis 6 Procent betragen.

Im anderen Falle kann man einen guten dauerhaften Kalk-Mörtel nicht erwarten.

**Wasser.** Jedes trinkbare Brunnenwasser, vortheilhafter Flufs-, Teich-, Regen-Wasser, sind als Wasser zum Löschen des Kalkes und als Zusatz zum Mörtel verwendbar. Soolwasser, Seewasser, sowie alle Wasser mit bedeutendem Gehalt an Chlormetallen, Säuren, kohlenauren Salzen und Ammonverbindungen sind nicht zu gebrauchen. —

**Trafs und Puzzolane** müssen, wenn sie als Wasser-Mörtel oder sonst Verwendung finden sollen, wenigstens zur Hälfte aus in Chlorwasserstoffsäure aufschliessbaren Silicaten bestehen, wenigstens 4 bis 5 Procent Alkali enthalten, frei von organischen Bestandtheilen, von kohlenauren, phosphorsauren und schwefelsauren Salzen sein und Thon (dreifach kieselsaure Thonerde) nicht enthalten.

**Cämente.** Sollen Cämente für sich als Mörtel für Wasserbauten oder als Zusatz zu Kalk-Mörtel verwendet werden, so müssen sie möglichst frei von kohlenauren, schwefelsauren und phosphorsauren Erden sein und unzersetzten Thon und Sand zusammen nicht über 10 Procent enthalten. Hauptsächlich erforderlich für die alleinige Anwendung ist der nothwendige Gehalt an Alkali-Silicat und ein richtiges Verhältnifs von aufgeschlossener Kieselsäure, Thonerde und Eisenoxyd zu der vorhandenen Kalkerde. —

Zur Herstellung eines dauerhaften und festen reinen Kalk-Mörtels dürften nächst der als erforderlich bezeichneten Qualität der Mörtelsubstanzen diese in solchen Mischungsverhältnissen zusammen zu setzen sein, dafs der trockne Mörtel 13 bis 15 Procent Kalkerdehydrat enthält. Dafür hätten folgende Angaben als Anhalt zu dienen:

| Mörtel aus 1 Volumen Kalkbrei und 3 Volumen Sand.  | Mörtel aus 1 Volumen Kalkbrei und 2½ Volumen Sand.  | Mörtel aus 1 Volumen Kalkbrei und 2 Volumen Sand.  |
|--|---|--|
| 1 Cubikfufs Kalkbrei wiegt 81 Pfund und enthält 49 Pfund Wasser und 32 Pfund Kalkerdehydrat.                                 | 1 Cubikfufs Kalkbrei wiegt 81 Pfund und enthält 49 Pfund Wasser und 32 Pfund Kalkerdehydrat.                                  | 1 Cubikfufs Kalkbrei wiegt 81 Pfund und enthält 49 Pfund Wasser und 32 Pfund Kalkerdehydrat.                                 |
| 3 Cubikfufs halbtrockener Bausand wiegen 213 Pfund und enthalten 202 Pfund trocknen Sand und 11 Pfund Wasser.                | 2½ Cubikfufs halbtrockener Bausand wiegen 177½ Pfund und enthalten 168½ Pfund trocknen Sand und 9 Pfund Wasser.               | 2 Cubikfufs halbtrockener Bausand wiegen 142 Pfund und enthalten 137 Pfund trocknen Sand und 7 Pfund Wasser.                 |
| 1 Cubikfufs Kalkbrei, 3 Cubikfufs Sand und 5 Pfund Wasser geben 2½ Cubikfufs = 300 Pfund nassen Mörtel.                      | 1 Cubikfufs Kalkbrei, 2½ Cubikfufs Sand und 4 Pfund Wasser geben 2¾ Cubikfufs = 262½ Pfund nassen Mörtel.                     | 1 Cubikfufs Kalkbrei, 2 Cubikfufs Sand und 3 Pfund Wasser geben 1¾ Cubikfufs = 228 Pfund nassen Mörtel.                      |
| 300 Pfund derartiger nasser Mörtel ist = 234 Pfund trocknen Mörtels.   | 262½ Pfund derartiger nasser Mörtel ist = 200½ Pfund trocknen Mörtels.  | 228 Pfund derartiger nasser Mörtel ist = 169 Pfund trocknen Mörtels.   |
| 234 Pfund dieses trocknen Mörtels enthalten 32 Pfund Kalkerdehydrat. Der Mörtel enthält mithin: 13,6 Procent Kalkerdehydrat. | 200½ Pfund dieses trocknen Mörtels enthalten 32 Pfund Kalkerdehydrat. Der Mörtel enthält mithin: 15,7 Procent Kalkerdehydrat. | 169 Pfund dieses trocknen Mörtels enthalten 32 Pfund Kalkerdehydrat. Der Mörtel enthält mithin: 18,8 Procent Kalkerdehydrat. |

Wo Trafs-Mörtel verwendet werden soll, mufs der Zusatz des Kalkerdehydrates so geregelt sein, dafs nach vollständigem Verbrauch dieses im Wege des Mörtelbildungsprocesses dreibasische Thon-Kiesel-Eisenoxyd-Verbindungen gebildet werden müssen.

Für die Mischungsverhältnisse des reinen Cäment-Mörtels geben die bei den Festigkeitsproben früher angegebenen Mengenverhältnisse den erforderlichen Anhalt. Ein Umstand, der bei der Mischung der Cäment-Mörtel noch stets aufser

Acht gelassen wird, und ohne dessen genaue Berücksichtigung doch niemals mit Sicherheit der aus dem gegebenen Cämente beste Cäment-Mörtel hergestellt werden kann, ist der Zusatz der bestimmt erforderlichen Wassermenge. Aus dem Mangel an Rücksicht hierauf stammen alle, scheinbar vom Zufall abhängenden Verschiedenheiten in dem Verhalten eines und desselben Cämentes. Abgesehen von den Nachtheilen der reinen Cäment-Mörtel, die man niemals wird beseitigen können, und welche, wie erwähnt, darin bestehen, dafs dieselben mit der Zeit Wasser aus

ihrer Verbindung abgeben und ihr Volumen verändern, wird man doch sicher den scheinbar unerklärlichen und oft auffallenden Uebelständen der Cäment-Mörtel dadurch begegnen, daß man ihnen die zu ihrer Erhärtung unumgänglich erforderliche Menge Wasser zusetzt. Hierbei ist zu wenig Wasser nachtheiliger als zu viel. Wenn man mir erwähnt, daß dies wohl bei einer chemischen Untersuchung zu erreichen ist, daß dies aber bei der technischen Verwendung der Cämente durch Maurer, Handlanger etc. eine schwer zu erfüllende Bedingung sein wird, so halte ich dieselbe nichts desto weniger aufrecht und gebe zu bedenken, daß das für die Bildung des Cäment-Mörtels erforderliche Wasser nicht bloß Vehikel, sondern ein unentbehrliches chemisches Erforderniß ist, daß die Mischung von Cäment-Mörtel thatsächlich also ein chemisches Experiment ist und daß Jeder, der es unternimmt, von demselben gewisse Ergebnisse zu erwarten, auch die Bedingungen dafür erfüllen, oder, im anderen Falle, dasselbe gar nicht unternehmen muß. Die schon erwähnten großen Unterschiede in der Zusammensetzung der Cämente machen eine für alle Cämente passende Angabe der erforderlichen Wassermenge unmöglich. Bestimmt

wird die Menge des Wassers durch die Menge des als Hydratwasser für die erstehende Verbindung erforderlichen Wassers. 100 Gewichtstheile nachgewiesener aufgeschlossener Kieselsäure bedürfen nahe an 40 Gewichtstheile Wasser zur Bildung von Kieselsäurehydrat, und 100 Gewichtstheile Kalkerde (Calciumoxyd) bedürfen 32 Gewichtstheile Wasser zur Bildung von Kalkerdehydrat (Calciumoxydhydrat). Die Menge des erforderlichen Wassers würde sich daher für einen Cäment berechnen nach der Menge der darin nachzuweisenden aufgeschlossenen Kieselsäure und Kalkerde. Außerdem ist dazu noch so viel Wasser zu setzen, als die verwendete Sandmenge, ohne etwas abzugeben, absorbiert. Zu empfehlen ist die Mischung des gewöhnlichen Kalk-Mörtels mit Cäment-Mörtel. Auch hierfür würden die bei den Festigkeitsproben angegebenen Mischungsverhältnisse als Anhalt dienen können. Hervorzuheben wäre, daß eine normale Herstellung dieser Mischung immer so zu erfolgen hätte, daß Kalk-Mörtel und Cäment-Mörtel nach den oben angegebenen Bedingungen für sich zu mischen und das Gemisch von Cäment-Mörtel und Kalk-Mörtel aus den fertig gemischten Mörteln herzustellen wäre. —

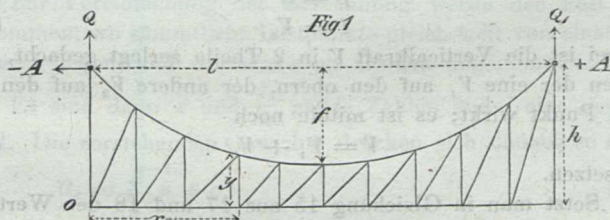
O. A. Ziurek.

### Statische Berechnung der festen Hängebrücke.

#### I. Allgemeine Gleichgewichts-Bedingungen.

Die Spannweite zwischen den gleich hoch gelegenen Aufhängepunkten sei  $l$ , der Pfeil  $f$ , die Höhe der Aufhängepunkte über der horizontalen Brückenbahn  $h$ .

Der Raum zwischen den Hängeketten und der Brückenbahn ist zur Construction des festen Systems disponibel, und ist dieses System das einfachste, wenn man je drei zunächst liegende Punkte der Kette oder Brückenbahn in Dreiecksform verbindet, wie beistehende Figur zeigt. Die angegebenen Li-



nien bedeuten feste Verbindungen, und sind der Einfachheit wegen die Stützpunkte der Kette und die übrigen Verbindungspunkte derselben (Hilfspunkte) senkrecht über den Verbindungspunkten der Brückenbahn (Lastpunkte) angenommen.

Das Eigengewicht des ganzen Systems und der beliebigen Belastung sei  $G_l$ . Der Widerstand in den beiden Aufhängepunkten läßt sich an jedem derselben in einen verticalen und einen horizontalen  $Q$  und  $A$  zerlegen. Da sämtliche Kräfte in der verticalen Ebene wirken, kommen die drei Bedingungen des Gleichgewichts in der Ebene zur Geltung:

$$Q + Q_1 - G_l = 0 \tag{1}$$

$$-A + A_1 = 0 \tag{2}$$

$$G_l g_l - Q_1 l = 0 \tag{3}$$

$g_l$  bedeutet die Entfernung des Schwerpunktes von 0, dem Anfangspunkt der Coordinaten auf der Abscisse  $x$  gemessen, von dem, der ganzen Länge  $l$  entsprechenden Eigengewicht und beliebigen Belastung  $G_l$  des Systems.

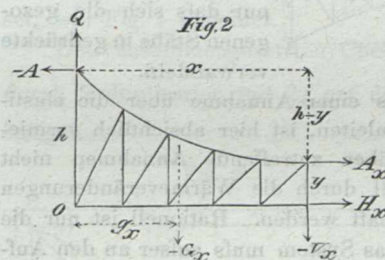
In diesen 3 Gleichungen befinden sich 4 Unbekannte,  $Q$ ,  $Q_1$ ,  $A$  und  $A_1$ , von denen nur 3 gefunden werden können, nämlich:

$$Q_1 = \frac{G_l g_l}{l}, \tag{4}$$

$$A_1 = A, \tag{5}$$

und 
$$Q = G_l \frac{l - g_l}{l}, \tag{6}$$

$A$  bleibt unbestimmt.



Zur Ermittlung der inneren Widerstände des Systems werde zunächst ein Theil desselben von der Länge  $x$  betrachtet, Fig. 2.

Der beseitigte Theil wirkte auf den vorhandenen in den beiden Endpunkten der Ordinate  $y$  mit Kräften, die in 2 horizontale Componenten  $A_x$  und  $H_x$  und eine gemeinsame verticale Componente  $V_x$  zerlegt gedacht werden können. Denkt man sich diese Kräfte als äußere Kräfte angebracht, so ist das Gleichgewicht wieder hergestellt und dann folgenden 3 Bedingungengleichungen unterworfen:

$$Q - G_x + V_x = 0 \tag{7}$$

$$-A + A_x + H_x = 0 \tag{8}$$

$$G_x g_x + x V_x - h H_x - (h - y) A_x = 0. \tag{9}$$

In diesen 3 Gleichungen sind 4 Unbekannte  $V_x$ ,  $A_x$ ,  $H_x$  und  $A$  enthalten, von denen die 3 auf innere Widerstände bezüglichen bestimmt werden können, während  $A$  noch unbestimmt bleibt.

Man erhält nämlich:

$$V_x = G_x - Q \tag{10}$$

$$A_x = A - H_x \tag{11}$$

$$H_x y = x Q - (x - g_x) G_x - A (h - y). \tag{12}$$

Da die Bedingungengleichung für  $A$  sich nicht aus dem Gleichgewicht des vorgelegten Systems ergibt, so muß das System eine  $A$  bedingende Modification erleiden. Dies kann auf folgende Arten geschehen:

1) Man richte den Stützpunkt so ein, daß er in horizontaler Richtung sich bewegen kann; man erhält dann die Be-

dingung

$$A = 0,$$

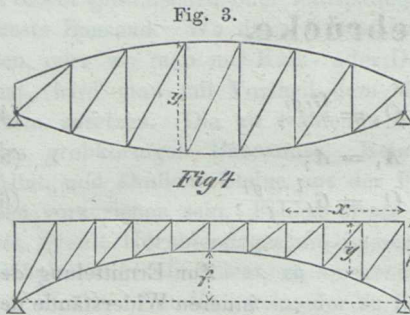
und das System ist ein sogenanntes Balkensystem, welches sich aus vorstehenden Gleichungen in allen Theilen berechnen läßt. Die zweckmäßigste Form desselben wird man erhalten, wenn man über die Verhältnisse der inneren Widerstände, die sich aus der zwischen Grenzen veränderlichen Belastung ergeben, bestimmte Bedingungen vorschreibt.

2) Man unterbreche die horizontale Verbindung der Lastpunkte in der Mitte des Systems für  $x = \frac{l}{2}$ . Man erhält dann  $H_{\frac{l}{2}} = 0$ . Diese Bedingung in Gleichung (12) eingeführt, ergibt, da für  $x = \frac{l}{2}$ ,  $h - y = f$  ist,

$$Af = \frac{l}{2} \cdot Q - \left(\frac{l}{2} - g_{\frac{l}{2}}\right) G_{\frac{l}{2}} \quad (13)$$

als noch fehlende Bedingungsgleichung zur vollständigen Berechnung aller inneren Spannungen der festen Hängebrücke.

Obgleich hier nur die feste Hängebrücke behandelt werden soll, so sei doch bemerkt, daß die vorstehenden Gleichungen die allgemeine Theorie der festen Balken-, Bogen- und Hängebrücken-Systeme bilden, indem für die beiden das System begrenzenden Linien bestimmte Curven nicht vorausgesetzt sind, dieselben können daher auch die Formen Fig. 3 und 4 haben, welche den Balken- und Bogenbrücken entsprechen. Die nachstehenden Entwicklungen passen für die Bogenbrücke in allen Punkten, nur daß sich die gezogenen Stäbe in gedrückte verwandeln.



Die Gleichung (13) aus einer Annahme über die elastische Formveränderung herzuleiten, ist hier absichtlich vermieden worden, da sich darüber zutreffende Annahmen nicht machen lassen und eventuell durch die Wärmeveränderungen des Systems höchst zweifelhaft werden. Rationell ist nur die Bedingung  $H_{\frac{l}{2}} = 0$ , d. h. das System muß außer an den Aufhängepunkten auch in der Mitte eine Beweglichkeit haben, die nicht durch elastische Widerstände behindert wird, und am geeignetsten in Form eines Charniers construirt wird. Hierdurch wird der Einfluß der Wärmeausdehnung auf die Spannungen im System verhindert.

Es ist ferner darauf aufmerksam zu machen, daß die vorstehenden 7 Bedingungsgleichungen [Gleichung 1, 2, 3, 7, 8, 9, 13] 7 Unbekannte bestimmen, von denen sich 4 auf die Stützpunkte beziehen. Es darf mithin das System durch seine Construction nur drei innere Widerstände in jedem Verticalschnitt ergeben, weshalb in jedem Trapez, das zwischen 2 verticalen Säulen gebildet wird, nur eine Diagonale liegen darf. Legt man 2 Diagonalen oder wie bei den Gittern noch mehrere Parallele hinein, so hat man aus der Natur des Systems noch eben so viele Bedingungsgleichungen aufzustellen, als dadurch neue Unbekannte hinzukommen. Diese Bedingungen gruppieren sich zweifach:

1) Bei 2 Diagonalen construirt man entweder beide für Druck und Zug, und nimmt an, daß sie sich den Widerstand theilen, oder man construirt sie nur auf Zug, wobei je eine Nichts leistet, indem sie dem Druck nicht widerstehen kann,

2) bei gitterartigen Diagonalen zerlegt man das System

in mehrere Systeme mit einfacher Kreuzung, und nimmt an, daß jedes gleichviel Widerstand leiste.

Durch die Anordnung ad 1 erhält man eine 8te Bedingungsgleichung für die 2te Diagonale. Bei der Zerlegung ad 2 erhält man für jedes einfache System diese 8 Bedingungsgleichungen, und kann daraus sämtliche innere Spannungen bestimmen. — Die Untersuchungen können mithin reducirt werden auf das einfache System mit einer Diagonale.

II. Die inneren Widerstände des einfachen Systems mit einer geraden horizontalen Gurtung.

Das System ist nach Fig. 1 [oder 4] construirt.

Fig. 5.

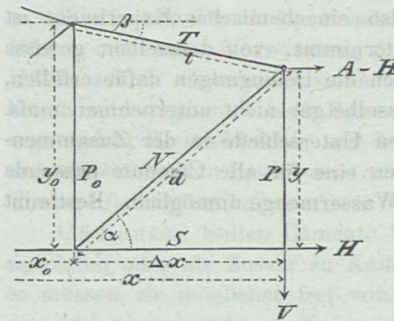


Fig. 5 stellt das Trapez dar, welches zwischen dem Lastpunkt, dessen Abscisse  $x$  und dem nächst vorhergehenden mit der Abscisse  $x_0$  gelegen ist. Die kleinen Buchstaben bezeichnen Längen und Winkel, die großen die Kräfte, und zwar  $T, N, S, P$  die inneren Widerstände in den betreffenden Verbindungen,

$A, H, V$  die durch die Gleichungen 10, 12 und 13 gegebenen äußeren Kräfte auf die beiden Punkte mit der Abscisse  $x$ . (Die Indices  $x$  sind fortgelassen, und vertritt der Index 0 den Index  $x - \Delta x$ , oder wo  $\Delta x = 1$  ist, den Index  $x - 1$ .)

Die 4 Gleichungen zur Bestimmung der Widerstände  $T, N, S, P$  ergeben sich aus den Gleichgewichtsbedingungen für die beiden Punkte.

Das Gleichgewicht des obren Punktes erfordert:

$$T \cos \beta + N \cos \alpha = A - H \quad (14)$$

$$T \sin \beta + N \sin \alpha = P + V_1 \quad (15)$$

Das Gleichgewicht für den untern Punkt erfordert:

$$S = H \quad (16)$$

$$P = V_2 \quad (17)$$

Dabei ist die Vertikalkraft  $V$  in 2 Theile zerlegt gedacht, von denen der eine  $V_1$  auf den obren, der andere  $V_2$  auf den untern Punkt wirkt; es ist mithin noch

$$V = V_1 + V_2 \quad (18)$$

zu setzen.

Setzt man in Gleichung 15 aus 17 und 18 den Werth  $V$  für  $P + V_1$  ein, und eliminirt dann aus 14 und 15  $N$ , so ergibt sich für  $T$  die Gleichung:

$$T \cdot \cos \beta (\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \beta) = (A - H) \operatorname{tg} \alpha - V \quad (19)$$

Eliminirt man dagegen aus 14 und 15  $T$ , so erhält man:

$$N \cos \alpha (\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \beta) = V - (A - H) \operatorname{tg} \beta \quad (20)$$

Setzt man  $x - x_0 = \Delta x$ ;  $y - y_0 = \Delta y$ , so ist

$$\cos \alpha = \frac{\Delta x}{d}; \quad \cos \beta = \frac{\Delta x}{t}; \quad \operatorname{tg} \alpha = \frac{y}{\Delta x}; \quad \operatorname{tg} \beta = \frac{\Delta y}{\Delta x},$$

und die Gleichungen 19 und 20 lassen sich, wie folgt, darstellen:

$$T = \frac{t}{y_0} \left[ (A - H) \frac{y}{\Delta x} - V \right], \quad (21)$$

$$N = \frac{d}{y_0} \left[ V - (A - H) \frac{\Delta y}{\Delta x} \right]. \quad (22)$$

Durch Gleichung 16 ist  $S = H$  gegeben. Die vierte Unbekannte  $P$  läßt sich aus vorstehenden Gleichungen nicht bestimmen, dagegen hat man stets aus dem Gleichgewicht des Punktes  $x_0$

$$P_0 = p + \pi - N \sin \alpha = (p + \pi) - N \frac{y}{d}, \quad (23)$$

aus welcher Gleichung die sämtlichen Widerstände der Verticalen bestimmt werden können.  $p$  und  $\pi$  bedeuten das auf



den Punkt  $x_0$  wirkende Gewicht der Construction und der Belastung.

III Grenzwerte der äußeren Kräfte.

Soll eine Construction sicher sein, so müssen deren Theile den größten Kräften widerstehen, die bei einer Veränderung der Belastung möglicher Weise eintreten können.

Dies sind die Grenzwerte der inneren Widerstände.

Bei einer Aenderung der Belastung des Systems ändern sich nur die äußeren Kräfte  $A, H, V$ , während die von der Form abhängigen Zahlen  $x, y, d, t$  etc. constant bleiben. Es ist daher erforderlich, zur Bestimmung der Grenzwerte von  $T, N, P$  zunächst die Grenzen der Veränderlichkeit von  $A, H$  und  $V$  zu ermitteln.

Aus den Gleichungen 6, 10, 12 und 13 ersieht man, daß die äußeren Kräfte abhängig sind von  $G_i, G_x$  und  $G_{\frac{l}{2}}$ , so wie von der Lage der Schwerpunkte  $g_i, g_x, g_{\frac{l}{2}}$  dieser Gewichte;  $x, l, h$  und  $f$  sind von der Form des Systems abhängige und in Bezug auf die Veränderung der Belastung constante Größen.

Nennt man  $p$  das Eigengewicht und  $\pi$  die Belastung, welche sich in jedem Lastpunkte concentrirt, so ist:

$$G_x = \sum_{x_0}^{x_0} (p + \pi)$$

$$G_{\frac{l}{2}} = \sum_{\frac{l}{2}}^{\frac{l}{2}} (p + \pi) = \sum_{\frac{l}{2}}^{x_0} (p + \pi) + \sum_{\frac{l}{2}}^{\frac{l}{2}} (p + \pi)$$

$$G_l = \sum_{\frac{l}{2}}^l (p + \pi) = \sum_{\frac{l}{2}}^{x_0} (p + \pi) + \sum_{\frac{l}{2}}^x (p + \pi) + \sum_{\frac{l}{2}}^l (p + \pi)$$

Es ist dabei zu bemerken, daß die Belastung und das Eigengewicht, welches auf die beiden Aufhängepunkte direct wirkt, unberücksichtigt bleiben muß für alle zwischen diesen liegenden Constructionstheile, weswegen die erste zu berücksichtigende Last erst die Abscisse  $\Delta x$ , die letzte die Abscisse  $l - \Delta x$  hat.

Zur Vereinfachung der Berechnung werde der Fall angenommen, wo sämtliche Lastpunkte gleich weit von einander entfernt liegen, und werde  $\Delta x$  als Einheit angenommen.

Es sind dann  $x$  und  $\frac{l}{2}$  ganze Zahlen und  $l$  eine gerade Zahl. Die vorstehenden Gewichte drücken sich danach so aus:

$$G_x = \sum_{x-1}^{x-1} (p + \pi) \tag{24}$$

$$G_{\frac{l}{2}} = \sum_{\frac{l}{2}-1}^{\frac{l}{2}-1} (p + \pi) + \sum_{\frac{l}{2}}^{x-1} (p + \pi) \tag{25}$$

$$G_l = \sum_{\frac{l}{2}}^{x-1} (p + \pi) + \sum_{\frac{l}{2}}^{\frac{l}{2}-1} (p + \pi) + \sum_{\frac{l}{2}}^l (p + \pi) \tag{26}$$

und die Abscissen der Schwerpunkte sind:

$$g_x = \frac{\sum_{x-1}^{x-1} (p + \pi) \lambda}{\sum_{x-1}^{x-1} (p + \pi)}; \text{ etc.}$$

Fügt man nun der Belastung der Brücke in 3 Punkten  $\lambda_1, \lambda_2$  und  $\lambda_3$ , die zwischen resp. 0 und  $x, x$  und  $\frac{l}{2}, \frac{l}{2}$  und  $l$  liegen, wobei  $x$  kleiner als  $\frac{l}{2}$  gedacht ist, 3 neue Lasten  $\pi_1, \pi_2$  und  $\pi_3$  hinzu, so ändern sich  $G, Q, V$  etc. um  $\Delta G, \Delta Q, \Delta V$  etc.

Diese Zuwachse findet man am einfachsten, wenn man von dem Vorhandensein der Belastung  $p + \pi$  ganz absieht, und das System nur mit  $\pi_1, \pi_2, \pi_3$  belastet denkt, indem die ursprüngliche Belastung auf den Zuwachs ohne Einfluss ist.

Man erhält so nach Gleichung 24 bis 26:

$$\Delta G_x = \pi_1; \Delta G_{\frac{l}{2}} = \pi_1 + \pi_2; \Delta G_l = \pi_1 + \pi_2 + \pi_3,$$

nach Gleichung 6:

$$\Delta Q = \Delta G_i \frac{l-g_i}{l} = \pi_1 \frac{l-\lambda_1}{l} + \pi_2 \frac{l-\lambda_2}{l} + \pi_3 \frac{l-\lambda_3}{l} \tag{27}$$

nach Gleichung 10:

$$\Delta V = \Delta G_x - \Delta Q = \pi_1 \frac{\lambda_1}{l} - \pi_2 \frac{l-\lambda_2}{l} - \pi_3 \frac{l-\lambda_3}{l} \tag{28}$$

nach Gleichung 13:

$$\Delta A f = \frac{\pi_1 \lambda_1}{2} + \frac{\pi_2 \lambda_2}{2} + \pi_3 \frac{l-\lambda_3}{2} \tag{29}$$

nach Gleichung 12:

$$\Delta H y = \pi_1 \lambda_1 \left[ \frac{l-x}{l} - \frac{h-y}{2f} \right] + \pi_2 \left[ x - \lambda_2 \left( \frac{x}{l} + \frac{h-y}{2f} \right) \right] + \pi_3 (l-\lambda_3) \left[ \frac{x}{l} - \frac{h-y}{2f} \right]. \tag{30}$$

Aus Gleichung 27 geht hervor, daß jede Last, welche auf die Brücke gebracht wird, den Pfeilerdruck  $Q$  vermehrt, also  $Q$  ein Maximum hat bei der Maximalbelastung der Brücke.

Aus Gleichung 28 geht hervor, daß  $V$  ein Maximum hat, wenn entweder  $\pi_1$  möglichst klein,  $\pi_2$  und  $\pi_3$  möglichst groß sind, d. h. wenn die Brücke zwischen 0 und  $x$  unbelastet, und zwischen  $x$  und  $l$  im Maximo belastet ist, oder wenn der Theil 0 bis  $x$  im Maximo belastet, und der Theil  $x$  bis  $l$  unbelastet ist.

$A$  wird nach Gleichung 29 durch jede Last in irgend einem Punkte vermehrt, hat also ein Maximum bei der Maximalbelastung aller Punkte, und ein Minimum bei leerer Brücke.

Zur Bestimmung des Maximalwerthes von  $H$  sind zunächst die 3 in Klammern stehenden Coefficienten von  $\pi_1, \pi_2$  und  $\pi_3$  in Bezug auf ihre Vorzeichen zu untersuchen. Es wird dabei vorausgesetzt, daß  $y$  eine nach unten gebogene Curve sei, wie Fig. 1 andeutet.

Den zusammengesetzten Coefficienten von  $\pi_1$  kann man durch Multiplication mit  $2f$  auf die Form  $\frac{l-x}{l} \cdot 2f - (h-y)$  bringen.

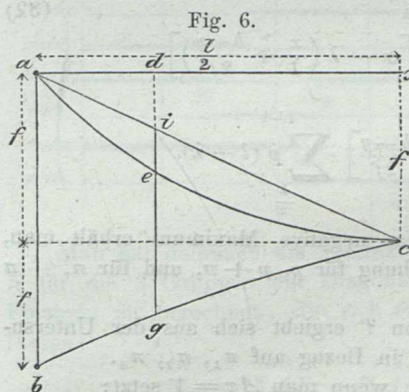


Fig. 6.

Fig. 6 stellt dann diesen Coefficienten dar. Wenn  $x$  von 0 bis  $\frac{l}{2}$  wächst, wird  $h-y$  durch die Ordinaten der Curve  $aec$ , also durch  $de$  dargestellt,  $\frac{l-x}{l} \cdot 2f$  ist die Ordinate einer geraden Linie  $bc$ , also  $dg$ . Die Differenz beider ist das Stück  $eg$ , welches immer positiv ist. Mithin vermehrt eine Last  $\pi_1$ ,

zwischen 0 und  $x$  auf die Brücke gebracht, die Kraft  $H$ , und muß daher beim Maximum von  $H$  dieser Theil der Brücke im Maximo belastet sein.

Der Coefficient von  $\pi_3$  kann durch Multiplication mit  $2f$  auf die Form

$$2f \cdot \frac{x}{l} - (h-y)$$

gebracht werden. Der erste Theil stellt in Fig. 6 eine Ordinate der Linie  $ac$  dar, also  $di$ , welche kleiner ist als  $de$  oder  $(h-y)$ , mithin ist der Coefficient von  $\pi_3$  für  $x$  zwischen 0 und  $\frac{l}{2}$  stets negativ, und wird demnach eine Last  $\pi_3$  auf die Brücke zwischen  $\frac{l}{2}$  und  $l$  aufgebracht,  $\Delta H$  und ebenso die

Kraft  $H$  vermindern. Demnach muß beim Maximo von  $H$  der Theil der Brücke zwischen  $\frac{l}{2}$  und  $l$  unbelastet sein.

Der Coefficient von  $\pi_2$  geht für  $\lambda = x$  in den positiven Coefficienten von  $\pi_1$ , und für  $\lambda = \frac{l}{2}$  in den negativen Coefficienten von  $\pi_3$  über. Es liegt mithin zwischen  $x$  und  $\frac{l}{2}$  ein Punkt, wo der Einfluß der Last  $\pi_2$  auf  $\Delta H$  von dem Positiven durch Null ins Negative übergeht, und wird das  $\lambda_0$  dieses Punktes gefunden, wenn man den Coefficienten von  $\pi_2$  Null setzt. Man erhält dann für  $\lambda_0$  die Gleichung

$$\lambda_0 = \frac{2flx}{2fx + (h-y)l}. \quad (31)$$

Das Maximum für  $H_x$  wird mithin stattfinden, wenn die Brücke zwischen 0 und  $\lambda_0$  im Maximo belastet ist, und zwischen  $\lambda_0$  und  $l$  leer bleibt. Das Minimum tritt im entgegengesetzten Falle ein, wo die Brücke zwischen 0 und  $\lambda_0$  leer bleibt, und zwischen  $\lambda_0$  und  $l$  im Maximo belastet ist.

#### IV. Grenzwerte der inneren Widerstände.

1) Der Widerstand in der horizontalen Gurtung der Brückenbahn ist nach Gleichung 16

$$S = H$$

und daher tritt sein Maximum ein, wenn die Brücke bis an die Grenze  $\lambda_0$  (Gleichung 31) von dem einen oder andern Endpunkte an gerechnet belastet ist.

Bedeutet  $\pi$  das Maximum der veränderlichen Belastung eines Lastpunktes,  $p$  die constante Last daselbst, so läßt sich das positive Maximum von  $S$  durch folgende Summation der Werthe der Gleichung 30 darstellen:

$$\begin{aligned} S_{\max} = & \frac{1}{y} \left[ \frac{l-x}{l} - \frac{h-y}{2f} \right] \cdot (p + \pi) \lambda^{x-1} \\ & + \frac{1}{y} \sum_x^{\lambda_0-1} (p + \pi) \left[ x - \lambda \left( \frac{x}{l} + \frac{h-y}{2f} \right) \right] \\ & + \frac{1}{y} \sum_{\lambda_0}^{\frac{l}{2}-1} p \left[ x - \lambda \left( \frac{x}{l} + \frac{h-y}{2f} \right) \right] \\ & + \frac{1}{y} \left[ \frac{x}{l} - \frac{h-y}{2f} \right] \sum_{\frac{l}{2}}^{l-1} p (l - \lambda). \end{aligned} \quad (32)$$

Den Ausdruck für das negative Maximum erhält man, wenn man in obige Gleichung für  $p$ ,  $p + \pi$ , und für  $\pi$ ,  $-\pi$  setzt.

2) Das Maximum von  $T$  ergibt sich aus der Untersuchung des Zuwachses  $\Delta T$  in Bezug auf  $\pi_1$ ,  $\pi_2$ ,  $\pi_3$ .

Gleichung 21 ergibt, wenn man  $\Delta x = 1$  setzt:

$$\Delta T = \frac{t}{y_0} [y(\Delta A - \Delta H) - \Delta V],$$

und setzt man hierin die durch Gleichung 28, 29 und 30 für  $\Delta V$ ,  $\Delta A$  und  $\Delta H$  gegebenen Werthe, so erhält man, nachdem der Ausdruck nach  $\pi_1$ ,  $\pi_2$  und  $\pi_3$  geordnet worden:

$$\begin{aligned} \Delta T = & \frac{\pi_1 \lambda_1}{l} \left[ x - 1 - \left( l - \frac{hl}{2f} \right) \right] \frac{t}{y_0} \\ & + \frac{\pi_2 \lambda_2}{l} \left[ \frac{hl}{2f} - (x-1) \frac{l-\lambda_2}{\lambda_2} \right] \frac{t}{y_0} \\ & + \frac{\pi_3 (l-\lambda_3)}{l} \left[ \frac{hl}{2f} - (x-1) \right] \frac{t}{y_0}. \end{aligned} \quad (33)$$

$T$  wird mithin vermehrt, soweit die Coefficienten von  $\pi_1$ ,  $\pi_2$ ,  $\pi_3$  positiv sind, und erreicht sein Maximum, wenn sämtliche Lastpunkte, die positive Coefficienten geben, im Maximo

belastet sind, der übrige Theil der Brücke dagegen unbelastet bleibt. Das Minimum tritt im umgekehrten Falle ein.

Der Coefficient  $(x-1) - \left( l - \frac{hl}{2f} \right)$  ist für kleine  $x$  negativ und geht für  $x-1 = l - \frac{hl}{2f}$  durch Null ins Positive über.

Der Coefficient  $\frac{hl}{2f} - (x-1)$  ist zwischen  $x=0$  bis  $x = \frac{l}{2}$  stets positiv, da  $h > f$ .

Der Coefficient  $\frac{hl}{2f} - (x-1) \cdot \frac{l-\lambda_2}{\lambda_2}$  ist für  $\lambda_2 = \frac{l}{2}$  stets positiv, wie der vorstehende; für  $\lambda_2 = x-1$  geht derselbe in den Coefficienten von  $\pi_1$  über, und ist negativ, wenn  $x-1 < l - \frac{hl}{2f}$ .

Für die letzteren  $x$  wird  $\frac{hl}{2f} - (x-1) \frac{l-\lambda_2}{\lambda_2} = 0$ , wenn

$$\lambda_2 = l \cdot \frac{x-1}{\frac{hl}{2f} + (x-1)} = \lambda'_0. \quad (34)$$

Hieraus folgt, daß die Maximalspannung von  $T$  eintritt:

1) für alle  $x$  zwischen 0 und  $l+1 - \frac{hl}{2f}$ , wenn die Brücke zwischen 0 und  $\lambda'_0$  leer bleibt und zwischen  $\lambda'_0$  und  $l$  im Maximo belastet wird,

2) für alle Werthe von  $x$  zwischen  $l+1 - \frac{hl}{2f}$  und  $\frac{l}{2}$ , wenn die ganze Brücke belastet ist.

Bedeutet  $p$  das Eigengewicht und  $\pi$  die Maximalbelastung pro Lastpunkt, so bildet man aus Gleichung 33 den Ausdruck für  $T_{\max}$  im ersten Falle

$$T_{\max} = \sum_1^{l-1} \Delta T_p + \sum_{\lambda_0}^{l-1} \Delta T_{\pi}. \quad (35)$$

im zweiten Falle

$$T_{\max} = \sum_1^{l-1} \Delta T_{(p+\pi)}. \quad (36)$$

Der Verstofs gegen dieses Belastungsgesetz ist der größte Fehler in der Schnirch'schen Kettenbrücke zu Wien.

3) Zur Bestimmung des Maximums von  $N$  ist nun noch der Zuwachs von  $N$  in Bezug auf  $\pi_1$ ,  $\pi_2$  und  $\pi_3$  zu untersuchen.

Aus Gleichung 22 ergibt sich, wenn  $\Delta x = 1$  gesetzt wird:

$$\Delta N = \frac{d}{y_0} [\Delta V - (\Delta A - \Delta H) \Delta y],$$

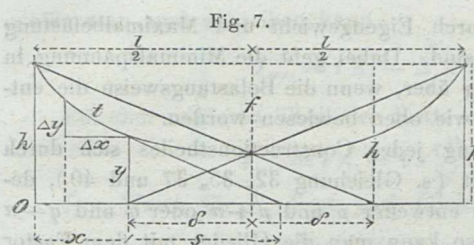
und setzt man hierin für  $\Delta V$ ,  $\Delta A$ ,  $\Delta H$  die durch die Gleichungen 28, 29 und 30 gegebenen Werthe und ordnet den Ausdruck nach  $\pi_1$ ,  $\pi_2$  und  $\pi_3$ , so erhält man:

$$\begin{aligned} \Delta N = & \frac{\pi_1 \lambda_1}{l} \left[ 1 + \frac{\Delta y}{y} \left( l - x - \frac{hl}{2f} \right) \right] \frac{d}{y_0} \\ & + \pi_2 \left[ \left( \frac{\Delta y}{y} x - 1 \right) + \frac{\lambda_2}{l} \left( 1 - \frac{\Delta y}{y} \left\{ x + \frac{hl}{2f} \right\} \right) \right] \frac{d}{y_0} \\ & + \pi_3 \frac{l-\lambda_3}{l} \left[ \frac{\Delta y}{y} \left( x - \frac{hl}{2f} \right) - 1 \right] \frac{d}{y_0}. \end{aligned} \quad (37)$$

Das positive Maximum von  $N$  wird eintreten, wenn die Brücke in allen Punkten höchst belastet ist, für welche die in Klammern stehenden Coefficienten positive Werthe haben, während die übrigen Theile der Brücke leer bleiben, das negative Maximum bei entgegengesetzter Belastungsweise.

Um die Werthe der Coefficienten zu veranschaulichen, setze man  $\frac{hl}{2f} = \frac{l}{2} + \delta$ , es wird dann  $l - \frac{hl}{2f} = \frac{l}{2} - \delta$ . Der Werth  $\delta$  hängt von  $h$  ab, und wird für  $h=f$  Null; er bezeichnet die Entfernung zweier Punkte von der Brückenmitte.

Man kann diese beiden Punkte construiren, wenn man



von den Aufhängepunkten der Kette gerade Linien durch den Mittelpunkt derselben zieht und die Brückenbahn schneidet, wie Fig. 7 darstellt.

Man hat  $f : h = \frac{l}{2} : \frac{l}{2} + \delta$ , mithin  $\frac{hl}{2f} = \frac{l}{2} + \delta$ .

Ferner setze man  $\frac{y}{\Delta y} = -s$ , wobei dann  $s$  einen positiven Werth hat.

Verlängert man die Seite  $t$  des Kettenpolygons bis zur Brückenbahn (Fig. 7), so erhält man  $\Delta y : \Delta x = y : s$ , mithin  $s = \frac{y \cdot \Delta x}{\Delta y}$ . Da  $\Delta x = 1$  angenommen worden, und  $\Delta y$  für  $x$  zwischen 0 und  $\frac{l}{2}$  negativ ist, so hat man, wenn  $s$  positiv genommen werden soll,

$$s = -\frac{y}{\Delta y}$$

zu schreiben.

Der Werth  $s$  entspricht der Subtangente des Curvenpunktes  $x, y$ , wenn  $t$  sehr klein ist, und ist die Abscisse des Endpunktes der Tangente und Subtangente  $x + s$ .

Nach Einführung von  $s$  und  $\delta$  in Gleichung 37 erhält man:

$$\begin{aligned} \Delta N &= \frac{\pi_1 \lambda_1 d}{l \cdot y_0 s} \left[ (x+s) - \left( \frac{l}{2} - \delta \right) \right] & (a) \\ &+ \frac{\pi_2 d}{l \cdot y_0 s} \left[ \lambda_2 \left( x+s + \frac{l}{2} + \delta \right) - l(x+s) \right] & (b) \\ &+ \frac{\pi_3 (l - \lambda_3) d}{l \cdot y_0 s} \left[ \frac{l}{2} + \delta - (x+s) \right] & (c) \end{aligned} \quad (38)$$

Der Werth von 38<sup>a</sup> geht aus dem Negativen ins Positive über, wenn  $x + s = \frac{l}{2} - \delta$  wird, d. h. in dem Punkte, wo eine von  $\frac{l}{2} - \delta$  aus gezogene Tangente an die Kette dieselbe berührt.

Es müssen demnach beim Maximum von  $N$  sämtliche Punkte zwischen 0 und  $x$  für  $x + s < \frac{l}{2} - \delta$  unbelastet, und für  $x + s > \frac{l}{2} - \delta$  im Maximo belastet sein.

Der Werth 38<sup>c</sup> geht für  $\frac{l}{2} + \delta = x + s$  aus dem Positiven ins Negative über.

Es folgt daraus, daß für alle Punkte, deren  $x$  kleiner ist als  $\frac{l}{2} + \delta - s$ , die 2te Brückenhälfte beim Maximum von  $N$  belastet sein muß, für die übrigen Punkte dagegen das Maximum eintritt, wenn die 2te Brückenhälfte unbelastet ist. Man construirt den Punkt  $x$ , bei welchem das Belastungsgesetz sich ändert, wenn man vom Punkte  $\frac{l}{2} + \delta$  aus eine Berührungslinie an das Kettenpolygon der ersten Brückenhälfte zieht, da für diesen Berührungspunkt  $s + x = \frac{l}{2} + \delta$ .

Der Werth für 38<sup>b</sup> giebt Auskunft über die Belastung der Brücke zwischen  $x$  und  $\frac{l}{2}$ . Er wird größer, wenn  $\lambda_2$  wächst, und geht mithin aus dem Negativen ins Positive über für  $\lambda_2 =$

$$\lambda''_0 = l \frac{x+s}{x+s+\frac{l}{2}+\delta} \quad (39)$$

Es muß daher bei der Maximalspannung  $N$  die Brücke zwi-

sehen  $\lambda''_0$  und  $\frac{l}{2}$  belastet sein, zwischen  $x$  und  $\lambda''_0$  leer bleiben.

Das Belastungsgesetz für die Diagonalspannungen  $N$  ändert sich also an 2 Punkten des halben Kettenbogens, die gefunden werden, wenn man von den Punkten  $\frac{l}{2} + \delta$  und  $\frac{l}{2} - \delta$  der Brückenbahn Tangenten an die umschriebene Curve des Kettenpolygons zieht, und deren Abscissen aus der Gleichung

$$x + s = \frac{l}{2} \mp \delta$$

gefunden werden.

Werden diese Abscissen mit  $\alpha$  und  $\beta$  bezeichnet, so tritt das Maximum für  $N$  ein:

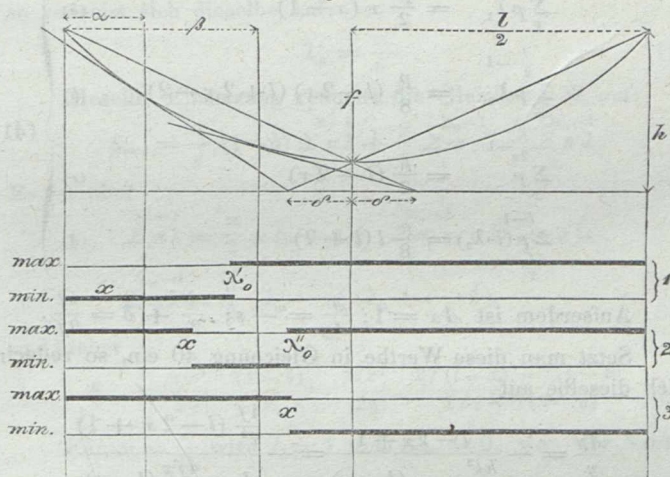
1) für alle Diagonalen zwischen 0 und  $\alpha$ , wenn die Brücke von 0 bis  $\lambda''_0$  unbelastet, von  $\lambda''_0$  bis  $l$  belastet ist,

2) für alle Diagonalen zwischen  $\alpha$  und  $\beta$ , wenn die Brücke zwischen 0 und  $x$  belastet, zwischen  $x$  und  $\lambda''_0$  leer, und zwischen  $\lambda''_0$  und  $l$  belastet ist,

3) für alle Diagonalen zwischen  $\beta$  und  $\frac{l}{2}$ , wenn die Brücke zwischen 0 und  $x$  belastet, zwischen  $x$  und  $l$  leer ist.

Das Minimum oder negative Maximum tritt bei entgegengesetzter Belastungsweise ein. Fig. 8 veranschaulicht die Construction der Punkte  $\alpha$  und  $\beta$ , und die Vertheilung der Belastung beim Maximum und Minimum von  $N$ .

Fig. 8.



Man hat demnach die Maximal- oder Minimalwerthe von  $N$  für die 3 Gruppen der Diagonalen nach 6 verschiedenen Formeln zu berechnen, die sich folgendermaassen aufstellen lassen:

$$\begin{aligned} N_{\max} &= \sum_1^{l-1} \Delta N_p + \sum_{\lambda''_0}^{l-1} \Delta N_\pi & (1^a) \\ N_{\min} &= \sum_1^{l-1} \Delta N_p + \sum_1^{\lambda''_0-1} \Delta N_\pi & (1^b) \\ N_{\max} &= \sum_1^{l-1} \Delta N_p + \sum_1^{x-1} \Delta N_\pi + \sum_{\lambda''_0}^{l-1} \Delta N_\pi & (2^a) \\ N_{\min} &= \sum_1^{l-1} \Delta N_p + \sum_x^{\lambda''_0-1} \Delta N_\pi & (2^b) \\ N_{\max} &= \sum_1^{l-1} \Delta N_p + \sum_1^{x-1} \Delta N_\pi & (3^a) \\ N_{\min} &= \sum_1^{l-1} \Delta N_p + \sum_x^{l-1} \Delta N_\pi & (3^b) \end{aligned} \quad (39^c)$$

4) Der Maximalwerth von  $P_0$  wird mittelst Gleichung 23 aus dem Maximalwerthe von  $N$  erhalten.

V. Besondere Eigenschaften der parabolischen Hängebrücke.

Es ist bekannt, daß die Parabel die Gleichgewichtslinie ist für die gleichförmig vertheilte Belastung; giebt man daher der Kette eine solche Form, daß die Endpunkte des Polygons auf einer Parabel mit senkrechter Axe liegen, so müssen sämtliche Diagonalen, sowie die horizontalen Gurtungen der Brückenbahn bei Eintritt der gleichförmigen Belastung ohne Spannung sein, d. h. es muß  $\sum_1^{l-1} \Delta N = 0$  sein. Ebenso muß sich aus dieser Gleichung die Form der Kette bestimmen lassen, bei welcher die gleichförmige Belastung in den Diagonalen die Spannung Null erzeugt.

Um die Richtigkeit der Gleichung 38 zu zeigen, werde der letztere Weg eingeschlagen.

Es ist nach Gleichung 38 zu setzen:

$$\left. \begin{aligned} \sum_1^{l-1} \Delta N &= \frac{d}{l \cdot y_0 \cdot s} \left\{ \left[ (x+s) - \left( \frac{l}{2} - \delta \right) \right] \sum_1^{x-1} \pi_1 \lambda_1 \right. \\ &+ \left[ x+s + \frac{l}{2} + \delta \right] \sum_x^{\frac{l}{2}-1} \pi_2 \lambda_2 \\ &- (x+s) l \sum_x^{\frac{l}{2}-1} \pi_2 \\ &\left. + \left[ \left( \frac{l}{2} + \delta \right) - (x+s) \right] \sum_x^{\frac{l}{2}-1} \pi_3 (l-\lambda_3) \right\} = 0 \end{aligned} \right\} (40)$$

Wird die Belastung jedes Lastpunktes  $p$  gesetzt, so ist:

$$\left. \begin{aligned} \sum_1^{x-1} p \lambda_1 &= \frac{p}{2} x(x-1) & (a) \\ \sum_x^{\frac{l}{2}-1} p \lambda_2 &= \frac{p}{8} (l-2x)(l+2x-2) & (b) \\ \sum_x^{\frac{l}{2}-1} p &= \frac{p}{2} (l-2x) & (c) \\ \sum_x^{\frac{l}{2}-1} p(l-\lambda_3) &= \frac{p}{8} l(l+2) & (d) \end{aligned} \right\} (41)$$

Außerdem ist  $\Delta x = 1$ ;  $\frac{y}{\Delta y} = -s$ ;  $\frac{l}{2} + \delta = \frac{hl}{2f}$ .

Setzt man diese Werthe in Gleichung 40 ein, so reducirt sich dieselbe auf

$$\frac{\Delta y}{y} = - \frac{l-2x+1}{\frac{hl^2}{4f} - x(l-x)} = - \frac{\frac{4f}{l^2} (l-2x+1)}{h - \frac{4fx}{l^2} (l-x)},$$

und folgt hieraus

$$y = h - \frac{4fx(l-x)}{l^2}, \quad (42)$$

die Gleichung der Parabel, auf der die Eckpunkte des Kettenpolygons liegen müssen. Man erhält dieselbe Parabelgleichung, wenn man die Bedingung stellt, daß bei gleichförmiger Belastung in der Gurtung der Brückenbahn keine Spannung sei, und demzufolge die Gleichung 32 gleich Null setzt, nachdem man zuvor  $\pi = 0$  gesetzt hat.

Die Gleichung 42 sei nun die Parabel, auf welcher die Endpunkte des Kettenpolygons construirt sind. Sie bezieht sich auf den Anfangspunkt der Brückenbahn. Für  $x = 0$  und  $x = l$  erhält man  $y = h$  die Höhe des Aufhängepunktes. Für  $x = \frac{l}{2}$  ergibt sich  $y = h - f$  die Höhe des tiefsten Punktes über der Brückenbahn, wobei  $f$  den Pfeil der Curve darstellt.

Die Maximalspannungen der Constructionstheile stellen sich stets heraus, wenn gewisse Lastpunkte entweder im Minimo, d. h. durch das gleichförmig gedachte Eigengewicht  $p$ ,

oder im Maximo durch Eigengewicht und Maximalbelastung  $p + \pi = q$  belastet sind. Dabei geht die Minimalspannung in die Maximalspannung über, wenn die Belastungsweise die entgegengesetzte wird, wie oben bewiesen worden.

Da die Spannung jedes Constructionstheiles sich durch eine Summe darstellt (s. Gleichung 32, 35, 37 und 40), deren einzelne Glieder entweder  $p$  und  $p + \pi$  oder  $q$  und  $q - \pi$  zum Factor haben, so kann man die Glieder mit dem Factor  $p + \pi$  oder die mit  $q - \pi$  in zwei Theile zerlegen. Man erhält dann 2 Gruppen von Gliedern. Die erstere hat den Factor  $p$  oder event.  $q$ , und ihre Summe ist wegen der parabolischen Form der Kette für  $N$  und  $S$  gleich Null. Die Summe der übrigen Glieder hat  $\pi$  oder event.  $-\pi$  als gemeinsamen Factor und giebt für  $N$  und  $S$  zwei gleiche und entgegengesetzte Werthe, je nachdem die Belastung  $p + \pi$  oder  $q - \pi$  war, von denen der erste einen Druck, der zweite einen Zug, beide gleich und entgegengesetzt bedeuten. Die Kettenspannung  $T$  zerlegt sich ebenso in zwei Theile, von denen der erste von  $p$  oder  $q$  allein, der zweite von  $\pi$  allein abhängig ist, wie schon in Gleichung 35 angedeutet worden ist.

VI. Bestimmung der Grenzwerte der Kettenspannung  $T$  der festen parabolischen Hängebrücke.

Wenn die Brückenbahn in allen Lastpunkten gleichförmig im Maximo mit  $\pi$  belastet ist, mithin auf jeden Lastpunkt incl. des ebenfalls gleichförmig vertheilt angenommenen Eigengewichts das Gewicht  $p + \pi = q$  wirkt, so tritt im tiefsten Kettenpunkte eine gewisse horizontale Spannung  $A$  ein, welche mit  $A_q$  bezeichnet werden soll.

Mit Hülfe der Gleichung 29 bestimmt man

$$A_q = \sum_1^{l-1} \Delta A_q = \frac{1}{2f} \left[ \sum_1^{x-1} q \lambda_1 + \sum_x^{\frac{l}{2}-1} q \lambda_2 + \sum_x^{\frac{l}{2}-1} q (l-\lambda_3) \right],$$

und wenn man für die Summen ihre Werthe aus Gleichung 41 a, b und d einsetzt, so reducirt sich der Werth für  $A_q$  auf

$$A_q = \frac{q l^2}{8f}. \quad (43)$$

In derselben Weise bildet man den Werth  $T$  für die gleichförmige Belastung  $q$ , indem man in Gleichung 33 für  $\pi$ ,  $q$  setzt und die Werthe von  $\Delta T_q$  für alle Lastpunkte addirt. Es ergibt sich auf diese Weise:

$$\begin{aligned} T_q &= \frac{t}{y_0 l} \left[ \left( x-1 - l + \frac{hl}{2f} \right) \sum_1^{x-1} q \lambda_1 \right. \\ &+ \left( \frac{hl}{2f} + (x-1) \right) \sum_x^{\frac{l}{2}-1} q \lambda_2 \\ &- (x-1) \sum_x^{\frac{l}{2}-1} q \\ &\left. + \left( \frac{hl}{2f} - (x-1) \right) \sum_x^{\frac{l}{2}-1} q (l-\lambda_3) \right]. \end{aligned}$$

Setzt man hierin die Werthe für die Summen aus Gleichung 41 und reducirt, so erhält man

$$T_q = \frac{t}{y_0} \cdot \frac{q l^2}{8f} \cdot \left[ h - \frac{4fx(l-x)}{l^2} + \frac{4f(l-2x+1)}{l^2} \right].$$

Da nun  $\frac{q l^2}{8f} = A_q$  und der Werth in der Klammer  $= y - \Delta y = y_0$  ist, so folgt:

$$T_q = t \cdot A_q. \quad (44)$$

Hiernach reducirt sich die Gleichung 35, welche den Maximalwerth für  $T$  angiebt, auf:

$$T_{\max} = t A_p + \sum_{\lambda_0}^{l-1} \Delta T_\pi, \quad (45)$$

wofür man auch schreiben kann

$$T_{\max} = t A_q - \sum_1^{\lambda'_0} \Delta T_\pi. \quad (46)$$

Für den mittleren Theil der Kette ergibt Gleichung 36:

$$T_{\max} = t A_q = t \cdot \frac{q l^2}{8f}. \quad (47)$$

Der Werth für  $\lambda'_0$  liegt nach Gleichung 34 immer zwischen  $x$  und  $\frac{l}{2}$ , da  $\lambda'_0$  nur ein bestimmter Werth von  $\lambda_2$  ist; es kommen daher bei der Summation zwischen 1 und  $\lambda'_0 = l \frac{x-1}{\frac{hl}{2f} + x - 1}$  nur die beiden ersten Glieder der Gleichung 32 in Betracht, nämlich:

$$\sum_1^{\lambda'_0} \Delta T_\pi = \left[ x-1 - l + \frac{hl}{2f} \right] \frac{t}{y_0 l} \sum_0^{x-1} \pi \lambda_1 + \left[ \frac{hl}{2f} + x-1 \right] \frac{t}{y_0 l} \sum_x^{\lambda'_0} \pi \lambda_2 - (x-1) \frac{t}{y_0} \sum_x^{\lambda'_0} \pi_2.$$

Die Summation ergibt:

$$\sum_0^{x-1} \pi \lambda_1 = \frac{\pi}{2} x(x-1)$$

$$\sum_x^{\lambda'_0} \pi \lambda_2 = \frac{\pi}{2} (\lambda'_0 + 1 - x)(\lambda'_0 + x) = \frac{\pi}{2} \cdot \lambda(\lambda-1) - \frac{\pi}{2} x(x-1)$$

$$\sum_x^{\lambda'_0} \pi_2 = \pi(\lambda - x + 1)$$

und daher

$$\sum_1^{\lambda'_0} \Delta T_\pi = \frac{t \pi}{y_0 \cdot 2l} \left\{ (\lambda - x + 1) \left[ (\lambda + x) \left( \frac{hl}{2f} + x - 1 \right) - 2l(x-1) \right] + x(x-1) \left( x - 1 - l + \frac{hl}{2f} \right) \right\}. \quad (48)$$

Der Werth für  $\lambda'_0$  ist aber nach 34:  $l \frac{x-1}{\frac{hl}{2f} + x - 1}$ , und

diesen Werth eingesetzt, erhält man nach gehöriger Reduction:

$$\sum_1^{\lambda'_0} \Delta T_\pi = - \frac{t \pi}{y_0^2} (x-1)^2 \cdot \frac{l - \left( \frac{hl}{2f} + x - 1 \right)}{\left( \frac{hl}{2f} + x - 1 \right)}. \quad (49)$$

Diesen Werth in Gleichung 46 eingeführt, giebt den Maximalwerth von  $T$ :

$$T_{\max} = t \left[ \frac{q l^2}{8f} + \frac{\pi}{2 y_0} (x-1)^2 \cdot \frac{l - \left( \frac{hl}{2f} + x - 1 \right)}{\left( \frac{hl}{2f} + x - 1 \right)} \right], \quad (50)$$

in welchem  $x$  zwischen 1 und  $l - \frac{hl}{2f} + 1$  liegen muß.

Aus dieser Gleichung erkennt man, welchen Einfluß das Verhältniß  $\frac{h}{f}$  auf den Maximalwerth von  $T$  hat. Läßt man nämlich die Gurtung der Brückenbahn den Bogen im Scheitel tangiren, so ist  $\frac{h}{f} = 1$ , und Gleichung 50 reducirt sich auf

$$T_{\max} = t \left[ \frac{q l^2}{8f} + \frac{\pi (x-1)^2}{2 y_0} \cdot \frac{\frac{l}{2} - (x-1)}{\frac{l}{2} + (x-1)} \right]. \quad (51)$$

Nähert sich nun  $x$  der Mitte  $\frac{l}{2}$ , so wird  $(x-1)^2$  sehr groß,  $y_0$  sehr klein, und es nimmt  $T_{\max}$  Werthe an, die  $\frac{q l^2}{8f}$  sehr bedeutend übersteigen.

An diesem Uebelstande kranken einige der bedeutenderen schmiedeeisernen Bogenbrücken (Arcole).

Je größer dagegen  $\frac{h}{f}$  wird, um so weniger übersteigt

$T_{\max}$  den Werth  $\frac{q l^2}{8f}$ , und für  $h = 2f$  kommt Gleichung 50 nicht mehr zur Anwendung, indem  $T_{\max}$  überall gleich  $A_q$  oder  $\frac{q l^2}{8f}$  ist.

Anmerkung. Die Gleichung 49 erhält man auch, wenn man die Werthe  $\Delta T_\pi$  nur zwischen den Grenzen 1 und  $\lambda'_0 - 1$  summirt, indem der Werth von  $\Delta T_\pi$  an der Grenze  $\lambda'_0$  Null ist, und daher die Summe nicht ändert.

VII. Bestimmung der Grenzwerte der Spannung in der horizontalen Gurtung der Brückenbahn bei parabolischer Kette.

Setzt man in Gleichung 32  $y = h - \frac{4fx(l-x)}{l^2}$  und  $\pi = 0$ , so reducirt sich dieselbe auf  $S_{\max} = 0$ , d. h. bei gleichförmiger Belastung findet in der horizontalen Gurtung keine Spannung statt. Ist  $\pi$  nicht gleich Null, so wird doch jedenfalls die Summe der mit  $p$  behafteten Glieder Null sein, und es ist daher die Maximalspannung

$$S_{\max} = \frac{1}{y} \left[ \frac{l-x}{l} - \frac{h-y}{2f} \right] \sum_1^{x-1} \pi \lambda + \frac{x}{y} \sum_x^{\lambda'_0-1} \pi - \left[ \frac{x}{l} + \frac{h-y}{2f} \right] \frac{1}{y} \sum_x^{\lambda'_0-1} \pi \lambda. \quad (52)$$

Es ist auch hier wieder gleichgültig, ob die Summe zwischen  $x$  und  $\lambda'_0$  oder  $x$  und  $\lambda'_0 - 1$  genommen wird, da der Einfluß des letzten Gliedes Null ist.

Setzt man in Gleichung 31:

$$\frac{x}{l} + \frac{h-y}{2f} = b, \quad (53)$$

so reducirt sich dieselbe auf:

$$\lambda_0 = \frac{x}{b}. \quad (54)$$

Dieselbe Einsetzung reducirt die Gleichung 52 auf:

$$S_{\max} = \frac{1}{y} (1-b) \sum_1^{x-1} \pi \lambda + \frac{x}{y} \sum_x^{\lambda'_0-1} \pi - \frac{b}{y} \sum_x^{\lambda'_0-1} \pi \lambda.$$

Es ist aber

$$\sum_0^{x-1} \pi \lambda = \frac{\pi}{2} x(x-1); \quad \sum_x^{\lambda'_0-1} \pi = \pi(\lambda_0 - x);$$

$$\sum_x^{\lambda'_0-1} \pi \lambda = \frac{\pi}{2} (\lambda_0 - x)(\lambda_0 + x - 1),$$

und daher

$$S_{\max} = \frac{\pi x^2}{2y} \cdot \frac{(1-b)}{b} = \frac{\pi x^2}{2y} \cdot \frac{2f(l-x) - l(h-y)}{2fx + l(h-y)}. \quad (55)$$

Für  $x = \frac{l}{2}$  wird  $b = 1$  und  $S_{\max} = 0$ , was der Voraussetzung entspricht.

Für die zunächst  $\frac{l}{2}$  liegenden Werthe von  $x$  wird  $S_{\max}$  sehr groß, wenn  $y$  sehr klein wird, und es ist also auch zur Verminderung von  $S$  erforderlich, die Brückenbahn nicht die Curve der Kette tangiren zu lassen, sondern  $h > f$  anzuordnen.

Das negative Maximum ist dem positiven gleich und entgegengesetzt, und man erhält es, wenn man  $q$  für  $p$ , und  $-\pi$  für  $\pi$  setzt.

VIII. Bestimmung der Grenzwerte der Spannungen der Diagonalen bei parabolischer Kette.

Bei parabolischer Kette ist  $\sum_1^{l-1} \Delta N_p = \sum_1^{l-1} \Delta N_q = 0$ , wie sub V. gezeigt worden, und sind daher die in Gleichung 39 angegebenen Maxima und Minima gleich und entgegengesetzt, weswegen nur Ein Werth zu berechnen ist.

Wählt man zur Berechnung dieses Werthes die Belastung nach Fig. 8, bei welcher die zweite Brückenhälfte leer ist, und läßt sein Vorzeichen unbestimmt, so ergeben sich für die drei

Gruppen die Formeln:

$$\left. \begin{aligned} N &= \sum_1^{\lambda-1} \Delta N_{\pi} = \sum_1^{x-1} \Delta N_{\pi} + \sum_x^{\lambda-1} \Delta N_{\pi} \\ N &= \sum_x^{\lambda-1} \Delta N_{\pi} \\ N &= \sum_1^{x-1} \Delta N_{\pi} \end{aligned} \right\} (56)$$

Setzt man

$$\begin{aligned} 1 + \frac{\Delta y}{y} \left[ l - \left( x + \frac{hl}{2f} \right) \right] &= a; \\ 1 - \frac{\Delta y}{y} x &= b; \\ 1 - \frac{\Delta y}{y} \left( x + \frac{hl}{2f} \right) &= c; \quad \pi = \pi_1 = \pi_2; \quad \pi_3 = 0; \end{aligned}$$

so kürzt sich Gleichung 37 in:

$$\Delta N = \frac{\pi \lambda_1 d}{y_0 l} \cdot a + \frac{\pi \lambda_2 d}{y_0 l} c - \frac{\pi d}{y_0} b.$$

Diesen Werth in 56 eingesetzt und die Summation ausgeführt, giebt:

$$\left. \begin{aligned} N &= \frac{\pi d}{2y_0 l} \left( (a-c)x(x-1) + c[\lambda(\lambda-1)] - 2lb(\lambda-x) \right) \\ N &= \frac{\pi d}{2y_0 l} \left( c[\lambda(\lambda-1) - x(x-1)] - 2lb(\lambda-x) \right) \\ N &= \frac{\pi d}{2y_0 l} ax(x-1). \end{aligned} \right\} (57)$$

Hierin ist für  $\lambda''_0$  einfach  $\lambda$  geschrieben, und durch die Gleichung 39 gegeben:

$$\lambda = l \frac{x+s}{x+s+\frac{l}{2}+\delta} = \frac{b \cdot l}{c} \quad (58)$$

IX. Festes System mit zwei Diagonalen.

Es ist schon oben bemerkt worden, dafs bei Anwendung zweier Diagonalen in jedem Trapez noch eine Bedingungsgleichung über die Vertheilung der Widerstände auf die Diagonalen aus der Natur des Systems aufgestellt werden mufs.

Da die Diagonalen die längsten Constructionstheile des Systems sind, so wird man es meistens vortheilhafter finden, wenn dieselben nur auf Zug in Anspruch genommen werden, als wenn sie abwechselnd Zug und Druck widerstehen müssen, indem zur Verhinderung der Ausbiegung dann ihr Querschnitt wohl mehr als doppelt so grofs sein müfste.

Dieser Zweck wird durch Anordnung zweier Diagonalen erreicht, von denen dann nur immer diejenige in Wirksamkeit tritt, welche durch die Verschiebung des Trapezes verlängert werden würde, während die andere keinen Widerstand leistet.

Die inneren Widerstände der Constructionstheile werden nun aber andere sein, wenn die Diagonale, abweichend von der bisher betrachteten Richtung, einen stumpfen Winkel mit der Abscissenaxe macht, und sind diese daher in derselben Weise besonders zu untersuchen.

Für diese Untersuchung sind zwei Wege möglich.

Entweder kann man die Trapeze der zweiten Brückenhälfte mit ähnlich liegender Diagonale der Rechnung unterziehen, oder man betrachte die der ersten Brückenhälfte mit entgegengesetzter Diagonale. Die Werthe der Widerstände in der anderen Brückenhälfte werden bei vollkommen symmetrischer Anordnung stets dieselben sein, so dafs auch die Dimensionen der Constructionstheile gegen die Brückenmitte symmetrisch angeordnet werden müssen. Die Untersuchung in der zweiten Art ist der vorstehenden am ähnlichsten und soll daher zur Anwendung kommen.

Fig. 9.

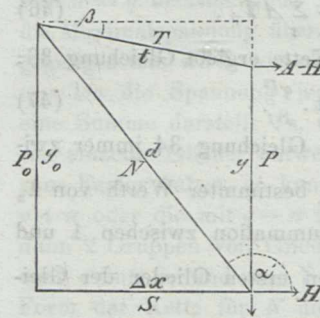


Fig. 9 stellt das zwischen  $x$  und  $x_0$  liegende Trapez dar, in welchem die Diagonale einen stumpfen Winkel mit der Abscissenaxe macht. Die inneren Widerstände werden hier zum Unterschiede von den früheren mit deutschen Buchstaben  $\mathfrak{I}$ ,  $\mathfrak{E}$ ,  $\mathfrak{N}$ ,  $\mathfrak{P}$  bezeichnet, die Länge der Diagonale mit  $d$ . Die vier Bedingungen des Gleichgewichts ergeben für die beiden Punkte an den Enden der Ordinate  $y$ :

$$\mathfrak{I} \cdot \cos \beta = A - H \quad (59)$$

$$\mathfrak{I} \cdot \sin \beta = V_1 + \mathfrak{P} \quad (60)$$

$$\mathfrak{E} + \mathfrak{N} \cos \alpha = H \quad (61)$$

$$\mathfrak{N} \sin \alpha = V_2 - \mathfrak{P}, \quad (62)$$

worin  $V_1 + V_2 = V$  zu setzen ist.

Da  $\cos \beta = \frac{\Delta x}{t}$ , so erhält man aus 59, wenn man wieder  $\Delta x = 1$  setzt:

$$\mathfrak{I} = t(A - H), \quad (63)$$

und wenn die Belastung sich ändert,

$$\Delta \mathfrak{I} = t(\Delta A - \Delta H). \quad (64)$$

Setzt man für  $\Delta A$  und  $\Delta H$  die Werthe in  $\pi_1$ ,  $\pi_2$  und  $\pi_3$  aus Gleichung 29 und 30 ein, so ist:

$$\Delta \mathfrak{I} = \frac{t}{y l} \left\{ \pi_1 \lambda_1 \left[ \frac{hl}{2f} - (l-x) \right] + \pi_2 \left[ \lambda_2 \left( x + \frac{hl}{2f} \right) - xl \right] + \pi_3 (l-\lambda_3) \left[ \frac{hl}{2f} - x \right] \right\}, \quad (65)$$

und daher

$$\left. \begin{aligned} \mathfrak{I} &= \frac{t}{y l} \left\{ \left[ \frac{hl}{2f} - (l-x) \right] \sum \pi_1 \lambda_1 \right. \\ &+ \left[ x + \frac{hl}{2f} \right] \sum \pi_2 \lambda_2 - xl \sum \pi_2 \\ &+ \left[ \frac{hl}{2f} - x \right] \sum \pi_3 (l-\lambda_3) \left. \right\}. \end{aligned} \right\} (66)$$

Während  $x$  von 0 bis  $\frac{l}{2}$  wächst, geht der Coefficient  $\frac{hl}{2f} - (l-x)$  aus dem Negativen ins Positive über für

$$x' = l - \frac{hl}{2f}, \quad (67)$$

der Coefficient  $\lambda_2 \left( x + \frac{hl}{2f} \right) - xl$  desgleichen für

$$\lambda_2 = \lambda' = \frac{xl}{x + \frac{hl}{2f}}; \quad (68)$$

der Coefficient  $\frac{hl}{2f} - x$  ist immer positiv.

Mithin hat  $\mathfrak{I}$  ein Maximum:

1) für alle Werthe von  $x$  zwischen 1 und  $x'$ , wenn die Brücke zwischen 0 und  $\lambda'$  im Maximo belastet, zwischen  $\lambda'$  und  $l$  leer ist, ein Minimum bei entgegengesetzter Belastungsweise,

2) für alle Werthe für  $x$  von  $x'$  bis  $\frac{l}{2}$ , wenn die ganze Brücke im Maximo belastet ist, ein Minimum, wenn die Brücke leer ist.

Man hat demnach, entsprechend den Deductionen sub VI, für die Mitte der Brücke:

$$\mathfrak{I}_{\max} = t A_q,$$

für die Seite zwischen 0 und  $x'$

$$\mathfrak{I}_{\max} = t A_q - \sum_1^{\lambda'-1} \Delta \mathfrak{I} \pi,$$

$$\mathfrak{Z}_{\max} = t \left\{ A_0 - \frac{\pi}{yl} \left[ \left( \frac{hl}{2f} - (l-x) \right) \frac{x^{x-1}}{2} + \left( x + \frac{hl}{2f} \right) \left( \frac{l'(l-1)}{2} - \frac{x(x-1)}{2} \right) - lx(\lambda-x) \right] \right\}.$$

Setzt man für  $\lambda'$  seinen Werth aus 68 ein und reducirt, so ergibt sich

$$\mathfrak{Z}_{\max} = t \left[ A_0 + \frac{\pi x^2}{2y} \cdot \frac{l - \left( x + \frac{hl}{2f} \right)}{x + \left( \frac{hl}{2f} \right)} \right]. \quad (69)$$

Denselben Werth erhält man aus Gleichung 50, wenn man darin für  $x$ ,  $x+1$  setzt, und nur  $t$  beibehält, mithin ist

$$\mathfrak{Z}_{\max} = \frac{t_x}{t_{x+1}} T_{\max x+1}. \quad (70)$$

Hat man demnach die Werthe für  $\mathfrak{Z}_{\max}$  berechnet, so hat man, mit Rücksicht auf die entgegengesetzte Diagonale, die Werthe von  $\mathfrak{Z}_{x+1}$  darunter zu schreiben und von beiden den größten der Construction zu Grunde zu legen.

Durch Addition der Gleichungen 60 und 62 erhält man

$$V = \mathfrak{Z} \sin \beta + \mathfrak{N} \sin \alpha' \text{ und daher}$$

$$\mathfrak{N} = \frac{V - \mathfrak{Z} \sin \beta}{\sin \alpha'},$$

welche Gleichung sich in

$$\mathfrak{N} = \frac{b}{y_0} [V - (A-H)Ay] \quad (71)$$

umwandelt, wenn man  $\sin \beta = \frac{Ay}{t}$ ,  $\sin \alpha' = \frac{y_0}{b}$  und  $\mathfrak{Z} = t(A-H)$  einsetzt.

Dieser Werth für  $\mathfrak{N}$  ist gleich dem durch Gleichung 22 gegebenen, wenn man für  $\delta$ ,  $d$  schreibt, daher verhält sich

$$N : \mathfrak{N} = d : \delta$$

oder

$$\mathfrak{N} = \frac{N\delta}{d} = \frac{N \cos \alpha}{\cos \alpha'}, \quad (72)$$

welche Relation auch für die Maximalwerthe gilt.

Die Gleichung 61 bedingt:

$$\mathfrak{S}_x + \mathfrak{N}_x \cos \alpha'_x = H_x = S_x.$$

Da aber  $\mathfrak{S}_x + \mathfrak{N}_x \cos \alpha'_x = \mathfrak{S}_{x+1}$  ist, so ist

$$\mathfrak{S}_{x+1} = S_x, \quad (73)$$

welche Relation auch für die Maxima gilt.

Da  $V_2$  in Gleichung 61 offenbar der Belastung des Lastpunktes, mithin  $q$  entspricht, so ist

$$\mathfrak{P} = q - \mathfrak{N} \sin \alpha' = q - N \frac{y_0}{d}.$$

Gleichung 23 giebt  $P_0 = q - N \frac{y_0}{d}$ , daher

$$\mathfrak{P} = P_0 = P_{x+1}. \quad (74)$$

$\mathfrak{P}$  kann nun ein negatives oder ein positives Maximum haben; das positive tritt ein, wenn  $N=0$  ist, also bei gleichförmig belasteter Brücke, und ist:

$$\text{Max. } \mathfrak{P} = q, \quad (75)$$

das negative, wenn  $N$  ein Maximum und  $\pi_x = 0$  ist und heißt

$$\text{Max } \mathfrak{P} = p - N \frac{y_0}{d}. \quad (76)$$

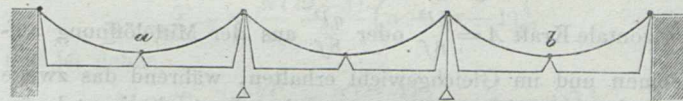
#### X. Hängebrücke für mehrere Oeffnungen.

Man ist unbehindert, mehrere Oeffnungen einer Brücke durch Hängewerke obengenannter Art zu überspannen, sobald jeder Zwischenpfeiler ein Widerlagspfeiler für jede Oeffnung ist. Hängen die Ketten auf dem Zwischenpfeiler zusammen, so gleicht sich ihre Horizontalkraft  $A$  zum Theil aus, und der größte Widerstand, welchen der Pfeiler noch zu leisten hätte, wäre  $A_{\max} - A'_{\min}$ , wobei  $A_{\max}$  dem einen total belasteten,  $A'_{\min}$  dem andern ganz leeren Bogen entspricht.

Gewöhnlich beliebt man jedoch die Stützpfeiler wegen ihrer Höhe nicht als Widerlager zu construiren, sondern den Stützpunkt auf Pendel oder Rollen zu legen, wobei die hori-

zontalen Widerstände der Systeme sich im Gleichgewicht erhalten müssen und der Pfeiler nur die Last  $Q$  unterstützt, in welchem Falle derselbe auch nur einen diesem Drucke entsprechenden Querschnitt zu erhalten hat. Durch diese Anordnung wird man in der Zahl und Form der Oeffnungen beschränkt.

Fig. 10.



Drei Hängesysteme, nach vorstehender Skizze zusammengesetzt, würden keine feste Brücke mehr bilden, da die Belastung der Mittelöffnung ein Senken derselben im mittleren Drehpunkt hervorbringen würde, während die Seitenöffnungen steigen und die Stützpunkte sich mehr als zulässig bewegen, wenn das Eigengewicht der Brücke nicht sehr groß gegen die Belastung ist. Bei der schmiedeeisernen Bogenbrücke über die Theis bei Szegedin kann man diese Erfahrung im Großen machen, obgleich in Mitten der Bögen keine Drehpunkte angelegt sind.

Soll die Hängebrücke ein festes System bilden, so darf sie nur die Länge von  $a$  bis  $b$  umfassen, d. h. aus einem ganzen und zwei halben Bögen bestehen, vorausgesetzt, daß die Stützpfeiler Rollen oder Pendellager erhalten. Es entspricht diese Anordnung der gewöhnlichen Kettenbrücke, wenn bei derselben die sogenannten Rückhaltketten noch die Brückenbahn tragen. Bei  $a$  und  $b$  werden die Widerlager angeordnet. Die beiden Stützpfeiler erhalten dann Rollenlager, stehende oder hängende Pendellager, oder dergleichen Einrichtungen, welche einen senkrechten Druck auf dieselben sichern und die horizontalen Spannungen durch das ganze System stets gleich groß erhalten.

Ist das System der Rückhaltkette, oder das System der Seitenöffnung, wie es besser genannt werden kann, den beiden Systemen der Mittelöffnung, die im tiefsten Punkte des Bogens verbunden sind, congruent angeordnet, so wird es bei parabolischer Kette und gleichmäßiger Belastung auch den oben entwickelten Gesetzen unterworfen sein, d. h. die Kette wird die gleichförmig vertheilte Belastung allein tragen, und die übrigen Constructionstheile, als Diagonalen und Untergurtung, haben die Spannung Null.

Findet eine ungleichförmige Belastung der Brücke statt, so kann die horizontale Spannung  $A$  sich nur aus der Belastung des mittleren Bogens nach Formel 13 berechnen und entwickeln, und es existirt mithin in den Seitensystemen diese Horizontalkraft  $A$ , unabhängig von ihrer eigenen Lastvertheilung. Es ist dieser Satz auch *a priori* zu verstehen, wenn man bedenkt, daß die Systeme der Seitenöffnungen nur Balkensysteme sind, welche die horizontale Kraft des Hängesystems der Mittelöffnung auf die Widerlager übertragen.

Es sind diese Seitensysteme mithin den Bedingungsgleichungen 1 bis 12 unterworfen, und können die Spannungen der einzelnen Constructionstheile aus diesen Gleichungen gefunden werden, wenn man für  $A$  stets denjenigen Werth aus Gleichung 13 nach den Belastungen der Mittelöffnung einführt, welcher diese Spannungen zu einem Maximum oder Minimum macht. Aus den Gleichungen 7 bis 12, 16, 21 und 22 ersieht man, daß die GröÙe  $A$  in den Werthen für die äußeren und inneren Kräfte stets nur als Summand auftritt; es werden daher jene Werthe ihr Maximum oder Minimum erreichen, wenn  $A$  ein Maximum oder Minimum ist, und ist somit für  $A$  entweder  $\frac{pl^2}{8f}$  oder  $\frac{ql^2}{8f}$  zu setzen.

Man denke nun das feste System der Seitenöffnung in

zwei congruente Systeme zerlegt, von denen das eine die gleichförmig über die ganze Brücke vertheilte Belastung  $p$  oder  $q$  trägt, das andere die hinzukommende oder weggenommene, ungleichförmige Belastung  $\pi$  oder  $-\pi$  unterstützt.

Da das System der Seitenöffnung den beiden Systemen der Hauptöffnung congruent angenommen worden, so wird das aus der Zerlegung entstandene erstere System stets die horizontale Kraft  $A = \frac{pl^2}{8f}$  oder  $\frac{ql^2}{8f}$  aus der Mittelöffnung aufnehmen und im Gleichgewicht erhalten, während das zweite System ein einfaches Balkensystem ist, dessen horizontale äussere Kraft  $A = 0$  zu setzen wäre.

Im ersteren System entsprechen die Spannungen der gleichförmigen Belastung und sind daher

$$\begin{aligned} T_q &= t \cdot A_q \text{ (conf. Gleichung 44)} \\ T_p &= t \cdot A_p \\ N_q &= 0; N_p = 0 \text{ (conf. Cap. V)} \\ S_q &= 0; S_p = 0 \text{ ibid.} \end{aligned}$$

Die Spannungen des zweiten Systems  $T_\pi, T_{-\pi}, N_\pi$  etc. entwickeln sich aus den Gleichungen des Cap. I und II, wenn man  $A = 0$  und  $p = 0$  setzt. Es wird wieder die Coordinatenlage der Fig. 1 und 2 gewählt, und dieselben Bezeichnungen beibehalten, nur werde die Spannweite der Seitenöffnung  $\frac{l}{2} = a$  gesetzt.

Das System sei mit 2 Lasten  $\pi_1$  und  $\pi_2$  belastet, deren Abscissen  $\lambda_1 < x$  und  $\lambda_2 > x$  sind. Der dieser Belastung entsprechende Pfeilerdruck ist (Gleichung 6):

$$\Delta Q = \pi_1 \frac{a - \lambda_1}{a} + \pi_2 \frac{a - \lambda_2}{a}. \quad (77)$$

Die Vertikalkraft erhält man aus Gleichung 10:

$$\Delta V = \pi_1 \frac{\lambda_1}{a} - \pi_2 \frac{a - \lambda_2}{a}. \quad (78)$$

Die horizontale Kraft  $H$  ergibt sich aus Gleichung 12:

$$y \cdot \Delta H = \pi_1 \lambda_1 \left( \frac{a - x}{a} \right) + \pi_2 x \frac{a - \lambda_2}{a} = y \cdot \Delta S. \quad (79)$$

Die Spannung der Diagonale aus Gleichung 22:

$$\begin{aligned} \Delta N &= \frac{d}{y_0} [\Delta V + \Delta H \cdot \Delta y] \\ &= \frac{d}{y_0} \left[ \pi_1 \lambda_1 \left( 1 + \frac{\Delta y}{y} (a - x) \right) - \frac{\pi_2 (a - \lambda_2)}{a} \left( 1 - \frac{\Delta y}{y} x \right) \right] \end{aligned} \quad (80)$$

Da in Gleichung 79 die Coefficienten von  $\pi_1$  und  $\pi_2$  für alle Werthe von  $\lambda$  zwischen 0 und  $a$  positiv bleiben, so folgt daraus, dass eine Last  $\pi$  an irgend einer Stelle der Brücke zwischen 0 und  $a$  die Spannung  $S$  vermehrt, und tritt demnach die Maximalspannung ein, wenn alle Lastpunkte mit  $\pi$  im Maximo belastet sind. Somit ist:

$$\begin{aligned} \text{Max } S_\pi &= \sum_1 \Delta S = \sum_1 \frac{a - x}{ay} \pi_1 \lambda_1 + \sum_x \frac{x}{y} \frac{a - \lambda_2}{a} \pi_2 \\ &= \frac{a - x}{ay} \pi \sum_1 \lambda + \frac{x}{y} \pi \sum_x 1 - \frac{x}{ya} \pi \sum_x \lambda. \end{aligned}$$

Da nun

$$\sum_1 \lambda = \frac{x(x-1)}{2}; \quad \sum_x 1 = a - x; \quad \sum_x \lambda = \frac{a(a-1)}{2} - \frac{x(x-1)}{2},$$

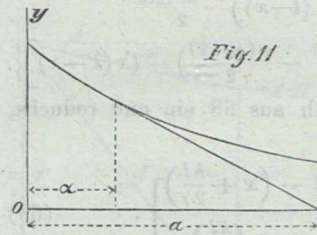
so reducirt sich das Maximum von  $S$  auf

$$\text{Max } S_\pi = \pi \cdot \frac{x(a-x)}{2y}. \quad (81)$$

Das Minimum erhält man, wenn man für  $\pi, -\pi$  setzt.

Zur Beurtheilung des Vorzeichens der Coefficienten von  $\pi_1$  und  $\pi_2$  in Gleichung 80 setze man, entsprechend der Gleichung 38, für  $-\frac{\Delta y}{y}$  die Subtangente  $s$  ein, es wird dann Gleichung 80:

$$\Delta N = \frac{d}{y_0} \left[ \frac{\pi_1 \lambda_1}{as} (s+x-a) - \frac{\pi_2 (a-\lambda_2)}{as} (s+x) \right].$$



Der Coefficient von  $\pi$ , ist positiv, wenn  $s+x > a$ , und negativ für alle Punkte, wo  $s+x < a$  ist. Der Coefficient geht mithin durch Null für  $x=a$  und findet man  $\alpha$ , wenn man vom Punkte  $x=a$  eine Tangente an die Curve zieht, wie Fig. 11 darstellt.

Der Coefficient von  $\pi_2$  ist stets positiv.

Die Diagonalspannung  $N$  hat demnach für alle Werthe von  $x$  kleiner als  $a$  ein negatives Maximum, wenn alle Lastpunkte des Systems belastet sind. Dieses Maximum werde mit  $\text{Max } N_\pi$  bezeichnet.

Für alle  $x$  die grösser als  $a$  sind, mu's entweder  $\pi_1 = \pi, \pi_2 = 0$ , oder  $\pi_1 = 0$  und  $\pi_2 = \pi$  gesetzt werden, um ein Maximum zu erhalten. Diese Maxima werden mit  $\text{Max } N_\pi$  und  $N_\pi$  bezeichnet.

$\text{Max } N_\pi$  erhält man durch Summation aller Werthe von  $\Delta N$  für sämtliche belastete Lastpunkte, mithin ist:

$$\begin{aligned} \text{Max } N_\pi &= \frac{d}{y_0} \left[ \frac{\pi}{a} \left( 1 + \frac{\Delta y}{y} (a-x) \right) \sum_1 \lambda_1 - \pi \left( 1 - \frac{\Delta y}{y} x \right) \sum_x 1 \right. \\ &\quad \left. + \frac{\pi}{a} \left( 1 - \frac{\Delta y}{y} x \right) \sum_x \lambda_2 \right], \end{aligned}$$

oder wenn die Summen gezogen werden und das Resultat reducirt wird:

$$\text{Max } N_\pi = -\frac{\pi d}{2y_0} \left[ a - 2x + 1 - \frac{\Delta y}{y} x(a-x) \right]. \quad (82)$$

Das Maximum  $N_\pi$  erhält man, wenn man in Gleichung 80,  $\pi_1 = \pi$  und  $\pi_2 = 0$  setzt und von 1 bis  $x-1$  addirt:

$$N_\pi = \frac{d \cdot \pi \cdot x \cdot (x-1)}{y_0 \cdot 2a} \left( 1 + \frac{\Delta y}{y} (a-x) \right). \quad (83)$$

Das Maximum  $N_\pi$ , wenn man  $\pi_1 = 0$  und  $\pi_2 = \pi$  setzt und von  $x$  bis  $a-1$  addirt:

$$N_\pi = \frac{d}{y_0} \cdot \frac{\pi}{2a} [a(a-2x+1) + x(x-1)] \left( 1 - \frac{\Delta y}{y} x \right). \quad (84)$$

Man erhält das dritte Maximum aus dem zweiten, wenn man für  $x, x-a$  einsetzt. Da beide Maxima für denselben Punkt gelten, so ist die Construction dem grössern entsprechend anzuordnen.  $N$  entspricht der Bewegung der Belastung von links nach rechts,  $N$  der Bewegung in entgegengesetzter Richtung.

Die Minima entstehen, wenn man für  $\pi, -\pi$  setzt.

Die vorstehend berechneten Maxima  $S_\pi$  und  $N_\pi$  sind nun zugleich die wirklichen  $\text{Max } S$  und  $\text{Max } N$ , da bei der Combination beider Systeme  $N_p = 0, N_q = 0, S_p = 0, S_q = 0$  sind.

Die Spannung  $T_\pi$  ergibt sich aus Gleichung 21, wenn man  $A = 0, \Delta x = 1$  setzt:

$$T_\pi = -\frac{t}{y_0} [yH + V].$$

Die Zunahme derselben durch zwei Lasten  $\pi_1$  und  $\pi_2$  ist:

$$\Delta T_\pi = -\frac{t}{y_0} [y \Delta H + V].$$

Setzt man für  $\Delta H$  und  $\Delta V$  aus Gleichung 78 und 79 die Werthe ein, so erhält man:

$$\Delta T_\pi = -\left[ \pi_1 \lambda_1 \frac{a-(x-1)}{a} - \pi_2 \frac{a-\lambda_2}{a} (x-1) \right] \cdot \frac{t}{y_0}.$$

Da die Coefficienten von  $\pi_1$  und  $\pi_2$  positiv sind für alle Werthe von  $\lambda$  zwischen 1 und  $a$ , so wird  $T_\pi$  ein Maximum haben, wenn alle Punkte belastet sind. Somit ist



$$\begin{aligned} \text{Max } T_{\pi} &= -\frac{\pi t}{y_0} \left[ \frac{a-(x-1)}{a} \sum_1^{x-1} \lambda_1 + (x-1) \sum_x^{a-1} 1 - \frac{x-1}{a} \sum_x^{a-1} \lambda_2 \right] \\ &= -\frac{\pi t}{y_0} \left[ \frac{a-x+1}{a} \cdot \frac{x(x-1)}{2} + (a-x)(x-1) \right. \\ &\quad \left. - \frac{x-1}{a} \left( \frac{a(a-1)}{2} - \frac{x(x-1)}{2} \right) \right] \end{aligned}$$

oder nach gehöriger Reduction:

$$\text{Max } T_{\pi} = -\frac{\pi t}{y_0} [a - (x-1)] \frac{x-1}{2}. \quad (85)$$

Diese Gleichung läßt sich aus Gleichung 81 darstellen, wenn man für  $-x, x-1$  setzt und mit  $t$  multiplicirt; es ist daher

$$\text{Max } T_{\pi} = -t \text{Max } S_{x-1}. \quad (86)$$

Um das wirkliche Maximum von  $T$  zu erhalten, muß nun die Spannung  $T_p$  oder  $T_q$ , welche von der gleichförmigen Belastung der ganzen Brücke herrührt, zu  $T_{\pi}$  addirt werden.

Ist die ganze Brücke mit  $q$  belastet, so ist

$$T_q = t A_q = t \cdot \frac{q l^2}{8f}$$

die Spannung der Kette; diese Spannung wird vermehrt, wenn die Rückhaltkette entlastet wird, oder, wenn jeder Punkt derselben in der Richtung von unten nach oben durch  $-\pi$  gehoben wird, um

$$T_{-\pi} = \frac{\pi t (x-1)}{y_0} (a - (x-1)),$$

und ist daher

$$\text{Max } T = t \left[ \frac{q l^2}{8f} + \frac{\pi (x-1)}{2 y_0} (a - (x-1)) \right]. \quad (87)$$

Dagegen erhält man  $T_{\min}$  durch Combination von  $T_p$  und  $T_{\pi}$

$$\text{Min } T = t \left[ \frac{p l^2}{8f} - \frac{\pi (x-1)}{2 y_0} (a - (x-1)) \right] \quad (88).$$

J. W. Schwedler.

## Mittheilungen nach amtlichen Quellen.

### Aufsätze, zusammengestellt aus den von dem verstorbenen Geheimen Regierungsrath Henz während seiner Reise in Nord-Amerika im Jahre 1859 gesammelten Notizen.

(Fortsetzung Siehe Jahrgang X, S. 539 u. f.)

#### 3) Die Räder, Achsen und Achsbüchsen der amerikanischen Eisenbahn-Fahrzeuge.

(Mit Zeichnungen auf Blatt 12 bis 15 im Atlas.)

##### I. Räder und Reifen.

Auf den Eisenbahnen der vereinigten Staaten Nord-Amerikas sind gußeiserne Räder mit harten Laufflächen (cast iron chilled wheels) ganz allgemein im Gebrauch. Die Räder der Personen- und Güter-Wagen und der beweglichen Vordergestelle der Locomotiven sind in einem Stück gegossen, während die gußeisernen Locomotiv-Triebräder mit einem besondern Reifen versehen sind. Letztere sind bei den Güterzug-Maschinen durchgehends von Gußeisen, auf den südlichen Bahnen auch bei den Personenzug-Maschinen, wogegen auf den nördlichen Bahnen hierfür nur schmiedeeiserne Reifen genommen werden. Die zusammengesetzten Räder der europäischen Bahnen, aus gußeiserner Nabe und schmiedeeisernen Speichen und Reifen bestehend, sogenannte englische Räder, sieht man hin und wieder auf den canadischen Bahnen, doch herrschen auch hier die gußeisernen vor. Eine besondere Ausnahme macht eine Sorte kleiner eigenthümlich zusammengesetzter Räder, welche unter den Kohlenwagen im Anthracit-Revier des Lehigh laufen. Diese auf Blatt 12 Fig. 12 dargestellten Räder haben eine gußeiserne Nabe, einen hartgegossenen Kranz und schwache schmiedeeiserne Speichen, zu deren Aufnahme sowohl Nabe wie Kranz mit Ansätzen versehen sind.

Die gußeisernen Räder empfehlen sich sowohl durch ihre geringen Anschaffungs- und Unterhaltungskosten, als auch durch ihre große Leistungsfähigkeit.

Zur Vergleichung der Kosten mag die folgende Berechnung dienen, welche sich auf eine leichte Achse von 4 Zoll Durchmesser in den Naben und auf Räder von 3 Fuß Durchmesser bezieht.

Die Achse wiegt ca. 3 Ctr., und kostet, den Centner einschließlic des Richtens und Abdrehens zu  $9\frac{1}{2}$  Thlr. gerechnet,  $28\frac{1}{2}$  Thlr.

Transport  $28\frac{1}{2}$  Thlr.

Dreifüßige Räder liefert die Whitney'sche Gießerei in Philadelphia incl. Bohren und Aufziehen für 15 Dollars = 20 Thlr. das Stück . . . . . 40 -  
Daher betragen die Kosten einer Achse mit gußeisernen Rädern . . . . .  $68\frac{1}{2}$  Thlr.

Dieselbe Achse mit zusammengesetzten Rädern würde ungefähr 14 Ctr. wiegen und bei einem Durchschnittspreis von 11 Thlr. pro Ctr. kosten . . . . . 154 Thlr.

Daraus ergibt sich ein Verhältniß der Beschaffungskosten von  $1 : 2\frac{1}{4}$ .

Bei schwereren Achsen und Rädern würde dieses Verhältniß noch günstiger für die Gußräder ausfallen. Die amerikanischen Gießereien liefern allerdings das Pfund Guß für  $2\frac{1}{2}$  bis 3 Cts. oder 12 bis 15 preuß. Pfennige, wonach sich der preuß. Centner mit höchstens  $4\frac{1}{3}$  Thlr. berechnen würde. Nehmen wir dafür 5 Thlr. an, so reducirt sich das obige Verhältniß auf ungefähr  $1 : 2$ .

Die Unterhaltungskosten stellen sich wie folgt:

Bringt man bei den gußeisernen Rädern den Werth des alten Gusses mit  $1\frac{1}{3}$  Thlr., somit den Werth der alten Räder, welche ungefähr 10 Ctr. wiegen, mit  $13\frac{1}{3}$  Thlr. in Abzug und rechnet für das Ab- und Aufziehen noch  $1\frac{1}{3}$  Thlr. hinzu, so kostet das Paar neuer Räder nach hiesigen Preisen ungefähr 38 Thlr.

Zwei schmiedeeiserne Reifen wiegen ungefähr 10 Ctr. und kosten, den Centner einschließlic des Abnehmens der alten und Aufziehens, Befestigens und Abdrehens der neuen mit 8 Thlr. berechnet, . . . . . 80 Thlr.; hierzu kommen die Kosten des viermaligen Abdrehens der Räder mit . . . . . 4 -

Summa 84 Thlr.

Transport 84 Thlr.  
 In Abzug von dieser Summe zu bringen ist der Werth  
 der alten Reifen, 4 Ctr. à 2 $\frac{5}{8}$  Thlr. . . = 11 $\frac{1}{3}$  Thlr.,  
 desgl. der Drehspähne, 4 Ctr. à 1 $\frac{1}{2}$  Thlr. = 6 -  
 zusammen mit 17 $\frac{1}{3}$  -

wodurch die Erneuerungskosten auf . . . . . 66 $\frac{2}{3}$  Thlr.  
 kommen. Hieraus ergibt sich ein Verhältniß der Kosten von  
 ungefähr 1 : 1 $\frac{3}{4}$ .

Eine Erneuerung der schmiedeeisernen Reifen macht sich  
 nöthig, wenn die Räder 20 bis 24 Tausend Meilen durchlaufen  
 haben. Bei Anwendung von gutem Material, einer zweckmäßigen  
 Form und gehöriger Sorgfalt in der Ausführung durch-  
 laufen die gußeisernen Räder denselben Weg, ehe sich die  
 harte Rinde so weit abgenutzt hat, daß die Räder ersetzt wer-  
 den müssen. Dabei nimmt die Lauffläche sehr bald eine so  
 hohe Politur an, wie sie nur gehärteter Gufsstahl zeigt, was  
 zur Verminderung der rollenden Reibung und zur Schonung  
 des Geleises wesentlich beiträgt. Zieht man noch den trau-  
 rigen Zustand in Betracht, in welchem sich die Geleise der  
 meisten amerikanischen Bahnen befinden, da für deren Unter-  
 haltung kaum das Nothdürftigste geschieht, so muß man über  
 die Leistung dieser Räder staunen. Die Schienen (nur breit-  
 basige werden in den vereinigten Staaten angewendet) sind in

| Ort.          | Breite. | Länge von Paris. | Mittlere Jahres-, | Winter-,  | Sommer-Temperatur. | Differenz der Sommer-<br>u. Winter-Temperatur. |
|---------------|---------|------------------|-------------------|-----------|--------------------|--|
| Quebec . .    | 46° 48' | 73° 30' W.       | 5,6° C.           | - 7,9° C. | 20,1° C.           | 28,0° C.                                       |
| New York .    | 40° 40' | 76° 18' "        | 12,1°             | - 1,2°    | 26,2°              | 27,4°  |
| Washington    | 38° 53' | 79° 15' "        | 13,48°            | + 2,96°   | 24,62°             | 21,66°   |
| Louisiana .   | 31° 30' | 96° 7' "         | 20,12°            | 11,89°    | 28,43°             | 16,54°   |
| Kopenhagen    | 55° 41' | 10° 15' O.       | 7,69°             | - 0,92°   | 17,17°             | 18,19°   |
| Berlin . . .  | 52° 31' | 11° 3' "         | 8,5°              | - 0,7°    | 17,6°              | 18,3°  |
| Turin . . . . | 45° 4'  | 5° 20' "         | 11,68°            | + 1,33°   | 21,72°             | 20,39°   |
| Rom . . . . . | 41° 54' | 10° 8' "         | 15,48°            | 8,34°     | 22,85°             | 14,51°   |

Bei den gußeisernen Reifen könnte man von der Politur,  
 welche dieselben bald annehmen, auf eine geringe Adhäsion  
 an den Schienen schließen, doch widerlegt die allgemeine Be-  
 nutzung derselben an Güterzugmaschinen diese Befürchtungen.

Eine eben so ausgebreitete Anwendung wie die Räder fin-  
 den in Amerika viele andere hartgegossene Gegenstände, als  
 Herzstücke, Walzen, Ambosse, Hämmer, Achsbüchsen, Poch-  
 stempel, Pflugschaaren, sogar gehende Maschinentheile. Von  
 letzteren ist der *rocking shaft* an den Güterzug-Locomotiven  
 von Winans ein interessantes Beispiel.

Für die Fabrikation dürfte die folgende Notiz von Nutzen  
 sein:

In den vereinigten Staaten beschäftigen sich viele Gießereien  
 mit der Fabrikation gußeiserner Räder und Reifen. Die  
 renommirtesten Fabriken, deren Producte man durch die ganze  
 Union verbreitet findet, sind die von Bush & Lobdell in Wil-  
 mington (Delaware), von Whitney & Sons in Philadelphia und  
 von Washburn, Hunts & Co. in Jersey City.

Einige der größeren Bahnen gießen ihren Bedarf selbst,  
 um eines guten Fabrikats versichert zu sein. Jede Gießerei  
 hat ihre besondere, natürlich patentirte Form der Räder, und  
 noch fortwährend kommen neue Formen hinzu.

Die Form der Räder muß so gewählt werden, daß  
 die aus der ungleichförmigen Abkühlung, besonders aus dem  
 Abschrecken der Lauffläche hervorgehende Spannung keinen  
 nachtheiligen Einfluß auf die Festigkeit des Rades ausübt.  
 Diesen Zweck hat man auf verschiedene Weise zu erreichen  
 gesucht. Bei einigen Rädern ist die Nabe mit dem Kranz  
 durch eine oder mehrere wellenförmige Scheiben, bei anderen  
 durch Arme verbunden. Diese beiden Methoden, welche man  
 auch combinirt findet, machen durch die beim Erkalten ein-

den Stößen durchgehends schlecht verbunden; eine Laschen-  
 verbindung kennt man kaum, man begnügt sich mit schmiede-  
 eisernen Uterlagsplatten oder gußeisernen Stühlen und findet  
 letztere mitunter auf der innern Seite so hoch, daß die Rad-  
 flanschen auflaufen. Häufig genug sieht man im Hauptgeleise  
 Schienen, an welchen die Köpfe weggedrückt sind. Trotz der  
 Stöße, welche unter solchen Umständen die Räder zu erlei-  
 den haben, kommen Brüche höchst selten vor, und wenn dies  
 der Fall ist, so sind die Folgen nicht gefährlicher als beim  
 Springen eines Reifens. Man bringt an den Radgestellen mei-  
 stens Sicherheitsbügel an, welche die Achse bei einem Rad-  
 bruch auffangen.

Auch erkennt man den an einem Rade vorhandenen Riß  
 leicht durch den Klang eines Hammerschlags, und es werden  
 deshalb während der Fahrt von Zeit zu Zeit die Räder mit  
 einem leichten Handhammer untersucht.

Große Temperatur-Differenzen, denen man bei uns das  
 Springen der Reifen häufig zuzuschreiben geneigt ist, haben  
 sich von keiner nachtheiligen Wirkung auf die Gußräder ge-  
 zeigt, trotzdem diese Differenzen auf dem amerikanischen Con-  
 tinent viel bedeutender als in Europa sind, was aus der fol-  
 genden Zusammenstellung der mittleren Temperaturen einzelner  
 Orte der alten und neuen Welt hervorgeht.

treten Formveränderung die Spannung unschädlich, und ge-  
 ben gleichzeitig dem Rade noch eine gewisse Elasticität. Noch  
 andere Räder haben gerade Arme und eine getheilte Nabe,  
 deren Schlitze mit Zinkplatten ausgekeilt und um welche dann  
 schmiedeeiserne Ringe gelegt sind. Da, wo die Verbindung  
 der Nabe mit dem Kranz steif ist, sucht man die Spannung  
 durch vorsichtiges Abkühlen zu beseitigen.

Auf Blatt 12 und 13 sind einige der gebräuchlichsten Rad-  
 formen dargestellt. Fig. 2 zeigt die Form der von Bush &  
 Lobdell gefertigten Räder mit zwei bauchigen  $\frac{3}{8}$  bis  $\frac{3}{4}$  Zoll  
 starken Scheiben, zwischen welchen noch zur Verstärkung der  
 Nabe und des Kranzes niedrige Rippen liegen. Diese Form,  
 welche von vielen Eisenbahn-Ingenieuren als die zweckmäs-  
 sigste anerkannt wird, sowie die ausschließliche Verwendung  
 guten Materials haben diese Fabrik zur renommirtesten ge-  
 macht.

Die von Washburn, Hunts & Co. fabricirten Räder Fig. 1,  
 ebenfalls mit 2 bauchigen Scheiben und mit geschlängelten  
 Rippen unter dem Kranz, sind gleichfalls sehr verbreitet und  
 besonders auf den von New York ausgehenden Bahnen zu  
 finden.

Die in Fig. 3 dargestellte Form, auf der Rutland- und  
 Burlington-Bahn im Staate Vermont im Gebrauch, hat zwei  
 durch einander greifende Scheiben, und zeichnet sich durch die  
 Schwierigkeit der Formarbeit aus.

Fig. 4 zeigt ein Rad der Ohio- und Mississippi-Bahn von  
 Farnsworth in Madison (Indiana) gefertigt, ebenfalls mit 2  
 Scheiben.

Die beiden ersteren Formen werden über einen, die bei-  
 den letzteren über zwei Kerne gegossen.

Fig. 5 und 6 stellen Räder mit einfacher Scheibe dar.

Fig. 5, von Whitney & Sons in Philadelphia fabricirt und vielfach angewendet, hat eine ebene Scheibe, auf welcher 7 gerade Rippen liegen, empfiehlt sich durch sein geringes Gewicht, bedarf aber einer sorgfältigen Abkühlung. Fig. 6 hat eine wellenförmige Scheibe, wird von Tacher in Albany gefertigt und läuft auf der Galena- und Chicago-Union-Bahn.

Fig. 7 zeigt ein combinirtes Scheiben- und Speichenrad, welches allgemein an den Kohlenwagen der Philadelphia- und Reading-Bahn vorkommt. Das Speichenrad Fig. 8 hat eine dreimal getheilte Nabe, deren Schlitze mit Zinkplatten ausgefüllt sind und die dann mit schmiedeeisernen Ringen warm bezogen ist. Derartige Räder findet man auf der New-Jersey- und auf der Baltimore-Ohio-Bahn. Auf letzterer giebt man gegenwärtig den Rädern, sowohl der Wagen wie der Locomotiven, die auf Blatt 13 Fig. 1 und 2 gezeichnete Form, an welcher Kranz, Nabe und Arme hohl sind und letztere durch eine etwas geneigte Stellung zur Compensation der Spannung mitwirken. Die Speichenräder finden überall da Anwendung, wo die Achsbüchsen innerhalb liegen und das Schmieren durch die Speichen hindurch bewirkt werden muß.

Die Eisenbahnwagenräder haben Durchmesser von 30 bis 36 Zoll, doch sind 36zöllige sehr selten, am häufigsten kommen 32zöllige vor. Man giebt kleineren Durchmessern den Vorzug, weil dieselben zum Durchlaufen kurzer Krümmungen geeigneter sind, dabei die Schienen an der Seite weniger abnutzen, auch wohl, weil ihre Herstellung leichter und solider zu bewirken ist. Die Stärke des Radkranzes ist auf der äußern Seite  $1\frac{1}{4}$  Zoll, seine Breite einschliesslich des Flansches  $5\frac{1}{4}$  bis  $5\frac{3}{4}$  Zoll. Die Naben haben eine Länge von  $6\frac{1}{2}$  bis 8 Zoll, einen Durchmesser von  $7\frac{1}{2}$  bis 8 Zoll und eine Bohrung von  $3\frac{1}{2}$  bis  $4\frac{1}{2}$  Zoll. Da man in Amerika den Schienen eine geneigte Lage nicht giebt, so hat die Lauffläche der Räder nur eine sehr geringe Conicität, und es scheint diese kaum einen andern Zweck zu haben als den, das Modell leicht aus der Form herausnehmen zu können.

Die in Fig. 9 und 10 dargestellten Räder gehören den größeren Wagen an, welche auf den Pferdebahnen der Stadt New York laufen. Das eine hat eine einfache Scheibe mit concentrischen Wellen und ist noch durch kleine gegen Nabe und Kranz laufende Rippen verstärkt, das andere hat zwei gebauchte Scheiben, welche sich zu einem gewellten Ringe vereinigen, auf den noch abwechselnd stehende kleine Rippen aufgesetzt sind. Diese Räder haben 30 Zoll Durchmesser und  $4\frac{1}{2}$  Zoll Kranzbreite.

Fig. 11 zeigt ein Rad der kleinen auf diesen Pferdebahnen laufenden Wagen mit einfacher, concentrisch gewellter Scheibe und 3 Zoll breitem, 24 Zoll im Durchmesser haltendem Kranz, Fig. 12 das schon oben erwähnte Rad der Kohlenwagen im Lehigh-Anthracit-Revier, von ebenfalls 24 Zoll Durchmesser, aber 5 Zoll Kranzbreite. Die 12 Speichen sind aus schwachem Flacheisen von 2 Zoll Breite und  $\frac{3}{8}$  Zoll Dicke, Kranz und Nabe zur Aufnahme derselben mit Ansätzen versehen, obschon die Nabe an sich den großen Durchmesser von 9 Zoll bei einer Bohrung von  $2\frac{1}{2}$  Zoll hat.

Die gußeisernen Reifen der Locomotivräder haben eine Dicke von 3 bis  $3\frac{1}{2}$  Zoll, eine Breite von  $5\frac{1}{2}$  bis 6 Zoll und einen äußern Durchmesser von 42 bis 66 Zoll. Der Normal-Querschnitt der Reifen auf der Baltimore-Ohio-Bahn ist in Fig. 8 auf Blatt 13 gegeben; auch macht man Reifen mit einfach cylindrischer Lauffläche ohne Flanschen für mittlere Räder gekuppelter Maschinen. Die Bruchfläche eines Radkranzes läßt deutlich die Tiefe erkennen, bis zu welcher die schnelle Abkühlung die Krystallisationsform des Eisens verändert hat. In einer Stärke von  $\frac{1}{2}$  bis  $\frac{3}{4}$  Zoll von der äußern Fläche ab

gemessen ist das Gefüge ein feinstrahliges mit lebhaftem, beinahe silberhellem Metallglanze; die Strahlen stehen senkrecht auf der äußern Fläche und gehen allmähig in ein feines, hellgraues Korn über, welches den Bruchflächen aller übrigen Theile des Rades eigen ist. Die Dicke der harten Rinde fällt um so geringer aus, je stärker die dahinter liegende Eisenmasse ist, und ist deshalb an der Stelle, wo der Radflansch beginnt, am schwächsten. Diese Ungleichförmigkeit zu beseitigen, war hauptsächlich der Zweck des Ringes von  $\frac{1}{2}$  Zoll starkem Rundeisen, den man früher in den stärksten Theil des Radkranzes einlegte; die Sicherheit, welche derselbe bei etwaigem Bruch eines Rades gegen das Umherfliegen der Stücke gewähren sollte, war jedoch von untergeordneter Bedeutung. Auf Blatt 13 Fig. 9 ist in dem Querschnitt eines Radkranzes der New-Jersey-Bahn die Vertheilung der harten und weichen Massen angedeutet.

Aus dem oben angeführten Grunde haben die dicken Reifen eine verhältnißmäßige schwache harte Kruste, weshalb man in neuester Zeit mit der Fabrikation hohler Reifen begonnen hat, über deren Erfolg jedoch noch nichts Sicheres bekannt geworden ist.

Für die Dauerhaftigkeit des Rades ist es von der größten Wichtigkeit, daß die Rinde eine durchaus gleichmäßige Härte besitzt. Weniger harte Stellen laufen sich leichter aus, das Rad wird unrund und äußerst schnell zerstört. Ebenso wichtig ist es, daß die Stärke der harten Schicht in allen Punkten des Umfanges gleich ist, damit der Angriffspunkt der etwa vorhandenen Spannung in die Achse des Rades fällt, in welchem Fall die vorkommenden Stöße und Erschütterungen weniger nachtheilig wirken, und deshalb ist bei der Anfertigung hohler Räder besonders darauf zu achten, daß der Kern vollkommen concentrisch in der Form liegt.

#### Fabrikation der Räder und Reifen.

Das amerikanische Eisen wird fast ausschliesslich aus dem allgemein verbreiteten sehr reichhaltigen Brauneisenstein (brown hematite) theils mit Holzkohlen, theils mit Anthracit erblasen. Die Benutzung von Coaks beschränkt sich auf einen sehr kleinen District, nämlich auf das Revier bituminöser Kohlen des Staates Maryland, wo der Coaks noch in Haufen gebrannt wird. Für die Darstellung der Räder giebt man dem mit Holzkohlen kalt erblasenen grauen Roheisen wegen seiner größeren Festigkeit den Vorzug; auch zeigt dieses Eisen eine besondere Neigung, sich in weißes zu verwandeln, denn man bemerkt schon an den rohen Barren, wenn dieselben in feuchten Sand gegossen werden, eine dünne weiße Kruste.

Zur Erzeugung einer tiefen harten Kruste setzt man ein halbirtes Roheisen im Verhältniß von  $\frac{1}{2}$  der ganzen Masse hinzu.

In der Gießerei der Baltimore-Ohio-Bahn in Mount Clare-Station bei Baltimore wurden 5 verschiedene Eisensorten, welche von kleinen Hohöfen aus der Umgebung bezogen wurden, zu gleichen Theilen gemischt. Unter diesen zeichnete sich ein Holzkohlen-Eisen mit der angegebenen Eigenschaft und ein halbirtes mit Anthracit warm erblasenes Eisen aus, welches vorzüglich zur Herstellung der harten Kruste beitragen soll. Dasselbe hatte eine ziemlich grobe krystallinische Textur, nur auf der obern, d. h. auf der nicht mit dem Sande in Berührung gekommenen Seite des Barrens zeigten sich graue Flecken, in denen das Eisen feinkörnig war. Statt dieser Eisensorte bedient man sich auch der Bohrspähne von schon gegossenen Rädern, wenn solche in hinreichender Menge vorhanden sind. Man bringt die Bohrspähne in eiserne Töpfe, bedeckt diese mit eisernen Deckeln, schmilzt sie so im Cupolofen ein

und gießt die geschmolzene Masse in gußeiserne Formen, welche ihr die Gestalt der gewöhnlichen Barren und eine durchweg feine krystallinische Textur geben. Die übrigen drei Eisensorten waren graues mit Anthracit warm erblasenes Eisen.

Die Gießerei von Whitney & Sons soll nach Aussage des Mr. Whitney nur pennsylvanisches Holzkohleneisen verwenden. Das richtige Verhältniß der Mischung muß vorher ausgeprobt sein, und es werden selbst beim Gießen der Räder von Zeit zu Zeit Proben genommen, um sich von der Gleichförmigkeit des Eisens überzeugen zu können.

Die Räder, welche in der erstgenannten Gießerei angefertigt wurden, hatten die auf Blatt 13 Fig. 1 und 2 dargestellte Form. Das Modell war aus dem Ganzen, d. h. es bestand nicht, wie sonst die Modelle für Räder mit Armen, aus zwei rechtwinklig zur Achse trennbaren Hälften. Die Trennung von Ober- und Unterkasten wurde mit Hülfe eines hölzernen Füllstücks bewirkt, welches bis zur halben Tiefe der Arme in das Modell eingreift und dort genau anschließt. Zunächst wird die Form des Unterkastens hergestellt. Dieser besteht aus einem einfachen gußeisernen Ring von ungefähr 5 Zoll Höhe,  $\frac{3}{4}$  Zoll Dicke mit 2 angegossenen Oehsen an einem Rande, und 2 Zapfen, welche als Griffe beim Transportieren dienen, ferner aus der Schale, ebenfalls mit Oehsen und Zapfen versehen, welche zum Einhängen in den Krahnbalken dienen, und aus dem Boden, einer schwachen gußeisernen runden Platte, welche durch Rippen verstärkt ist, viele kleine Löcher von  $\frac{1}{2}$  Zoll und in der Mitte ein größeres Loch von 2 Zoll Durchmesser hat. Die Schale, von weichem Gußeisen, inwendig glatt ausgedreht, hat eine mittlere Dicke von 2 Zoll. In einigen Gießereien ist auf der äußeren Seite ein Falz von  $\frac{3}{4}$  Zoll Breite und Tiefe eingedreht, welcher mit Sand ausgefüllt wird; wodurch man die Breite der harten Kruste auf das thunlich kleinste Maas zu beschränken sucht. Durch die Länge des Gießraums in der Nähe der Fensterwand laufen 2 parallele Schienen; auf diese wird zunächst die Schale gelegt, dann der Ring so darauf gesetzt, daß die Oehsen beider über einander liegen; durch letztere werden Bolzen mit Splinten gezogen und hierauf das Modell mit dem darangeschraubten Füllstück eingelegt. Jetzt wird der Sand, zunächst gesiebter, dann ungesiebter eingestreut, festgestampft, abgestrichen, der Boden aufgelegt und vorläufig mit Klammern befestigt, welche durch hölzerne Keile angezogen werden. Die ganze Verbindung, welche auf Blatt 13 Fig. 3 dargestellt ist, wird nun in den Krahn genommen, umgedreht und wieder auf die Schienen niedergelassen. Nachdem der kleine Falz mit Formsand ausgefüllt ist, wird das Füllstück herausgenommen, die Klammern entfernt und der Oberkasten aufgesetzt. Dieser ist entweder von Gußeisen, oder aus Eisenblech zusammengenietet, hat einen 3 Zoll hohen Kranz und eine 6 Zoll hohe Nabe von 8 Zoll Durchmesser, zwischen beiden 16 Rippen, welche zwischen die Arme des Modells möglichst tief eingreifen und so dem Sand im Oberkasten hinreichenden Halt geben. Nach vorhergegangenem Einstreuen von etwas Kohlenpulver wird der Sand, auch hier zunächst gesiebter, eingebracht, festgestampft, und die zur Abführung der Gase nöthigen Luftlöcher mit einem Draht eingestossen. In dem die Nabe ausfüllenden Sande werden 3 Löcher von ungefähr 1 Zoll Durchmesser ausgespart. Der Oberkasten wird jetzt abgenommen, umgedreht und zur Seite gelegt, dann die Schale soweit abgehoben, daß das Modell herausgenommen werden kann, und wieder aufgesetzt, die Form mit der Hand oder dem Spachtel nachgebessert und dann der Kern eingelegt. Dieser wird aus feuchtem scharfen Sande mit einer kleinen Beimi-

schung von Mehl in einer gußeisernen, getheilten, inwendig höchst sauber und glatt bearbeiteten Form geprefst und zugleich durch 4 Stege mit dem Kern für das Nabenloch verbunden. Man gießt dem Kern eine größere Haltbarkeit durch ein eingelegtes Gerippe, welches aus schwachen Rundeisenstäben gebildet ist, die durch Bindedraht verbunden sind. Nach dem Guß wird dieses Gerippe so wie der Kern durch die im Kranz und in der Nabe befindlichen Löcher stückweise aus dem Rade geholt. Der Kern wird, wie gewöhnlich, in einer Trockenkammer vorsichtig getrocknet, in den Unterkasten genau centrisch eingelegt, und nachdem kleine blecherne Tüllen (Kernnägeln) aufgesetzt sind, damit er nach oben gehalten und nicht durch das einströmende Eisen gehoben wird, setzt man den Oberkasten wieder auf. Auf die Nabe desselben kommt noch ein gußeiserner, inwendig mit Lehm bekleideter Ring für den Eingufs. Schließlich werden alle Theile der Form durch 3 oder 4 eiserne Klammern und Holzkeile zusammengezogen. In Fig. 4 ist die fertige Form links im Querschnitt, rechts in der Ansicht gezeichnet. Fig. 5 zeigt auf der linken Seite den Grundriß des Unterkastens vor dem Einformen des Oberkastens und auch nach dem Einsetzen des Kerns, auf der rechten Seite den Grundriß des Oberkastens und der ganzen Form vor Beginn des Gusses.

Ein Arbeiter formt von Morgens 6 Uhr bis Nachmittags 4 Uhr, wo das Gießen stattfindet, 5 solcher Räder, und erhält dafür 2 Dollars. Das Gewicht dieser Räder beträgt ca. 450 Pfd.

Das Formen der Radreifen von 66 Zoll äußerem Durchmesser und dem in Fig. 8 in natürlicher Größe dargestellten Querschnitt wurde in folgender Weise ausgeführt. Der Unterkasten lag im Heerde und zeigte nur eine  $2\frac{1}{2}$  Zoll breite ringförmige Auflagerfläche für die Schale, deren richtige Lage durch kleine eingeschraubte Stifte, welche in entsprechende Löcher der Auflagerfläche eingreifen, normirt wird. Die Schale ist im Querschnitt  $4\frac{1}{2}$  Zoll dick, 5 Zoll hoch, hat ebenfalls einen Falz von  $\frac{3}{4}$  Zoll Breite und  $\frac{3}{4}$  Zoll Tiefe, ist inwendig glatt ausgedreht und äußerlich mit Oehsen und Zapfen versehen. Das Modell hat Aussparungen für die Köpfe und Muttern der Schrauben, welche zur Befestigung der Reifen auf die Räder dienen. Nachdem die Sandfläche innerhalb des untern, im Heerde liegenden Ringes etwas geebnet worden, wird das Modell gleichzeitig mit der Schale aufgesetzt, dann eine hölzerne Nabe, welche mit Schlitz für die 20 Zuführungsarme versehen ist, centrisch aufgestellt und die Arme selbst eingeztzt. Diese haben die in Fig. 6 dargestellte gebrochene Form, sind in der Nabe  $\frac{3}{4}$  Zoll breit, 2 Zoll hoch, am Reifen ebenso breit, jedoch nur 1 Zoll hoch. Nach dem Einbringen, Feststampfen und Abgleichen des Sandes werden die Kernmarken für die Schraubenköpfe eingesetzt, dicht hinter dem Modell der Sand vielfach durchlöchert, darauf die Kernmarken entfernt, die Schale abgehoben, um das Modell herausnehmen zu können, und sogleich wieder aufgesetzt. Die Form wird mit der Hand ausgebessert, die Arme und Nabe behutsam heraus genommen und für letztere ein ebenso geformter im Trockenofen getrockneter Lehmkörper eingesetzt; dann werden die Kernmarken wieder eingelegt, endlich der Oberkasten aufgebracht und mit der Schale verbolzt. Der Oberkasten ist aus  $\frac{3}{16}$  Zoll bis  $\frac{1}{4}$  Zoll starkem Eisenblech zusammengenietet, wie aus Fig. 6 und 7 zu ersehen ist; der Kranz ist 4 Zoll hoch, die Nabe 8 Zoll hoch bei 12 Zoll Durchmesser; beide sind durch Arme verbunden, welche in der Mitte ihrer Länge nochmals gegen einander abgesteift sind. Der Raum zwischen den Armen ist mit festgestampftem Sand gefüllt, in welchem über dem Reifen 3 Löcher ausgespart waren, worüber mit

Lehm ausgestrichene gusseiserne Ringe lose aufgesetzt werden. In diese steigt beim Giefsen das Eisen, und durch dieselben findet das Pumpen zur Entfernung der Gase, zuweilen auch Nachgießen statt. In die Nabe ist ein aus Lehm geformter und getrockneter Trichter als Eingufs eingesetzt, welcher mit seinem untern Theile tief in den Unterkasten eingreift und so dem einströmenden Eisen einen längern Weg vorschreibt.

Bei kleineren Reifen vermindert man die Anzahl der Zuführungscanäle; bei denen von 42 Zoll Durchmesser sind nur 12 vorhanden, auch fällt das eingesetzte Nabenstück von Lehm fort, weil bei der geringeren Masse des einströmenden Metalls der bloße Formsand schon hinreichenden Widerstand gewährt. Das Gewicht der 66zölligen Reifen beträgt ungefähr 900 Pfd.

Es wurden hier auch Herzstücke gegossen, bei denen die dem Angriff der Räder ausgesetzten Flächen durch Einlegen von  $\frac{1}{2}$  Zoll dicken Streifen Flacheisen in die Form eine harte Kruste erhielten.

Zum Schmelzen dient ein kleiner Cupolofen, der bis zu seinen 3 Düsen höchstens 1400 Pfd. faßt und mit Anthracit und einem Ventilator betrieben wird. Man nimmt das Eisen in kleinen Pfannen, je nachdem es niedergegangen, aus dem Ofen und gießt es in eine große von ungefähr 3 Fufs Höhe und 3 Fufs Durchmesser, in welcher es unter stetem Abziehen der Schlacke mittelst Holzstäbe abkühlt. Der geübte Blick des Giefsmeisters entscheidet über die zum Gufs geeignete Temperatur. Ist diese eingetreten, so wird das Eisen aus der großen Pfanne in kleinere gegossen, welche das für ein Rad erforderliche Quantum enthalten, und nachdem aus jedem derselben eine Probe genommen, gelangt es in die Form.

Die Proben werden in der Weise genommen, daß man gegen eine Schale mehrere Segmentstücke von circa 6 Zoll Länge einformt, diese mit Eisen anfüllt und nach dem Erkalten zerschlägt und die Textur untersucht.

Die Manipulationen beim Giefsen boten nichts Aufsergewöhnliches dar. Das Zurückhalten der Schlacke in der Pfanne, das Entzünden der Gase, das Pumpen fand wie gewöhnlich statt.

Bei den Rädern wurden die Eingüsse gleich nach dem Erstarren abgeschlagen, die Räder blieben bis zum nächsten Morgen in der Form und wurden dann zur weitem langsamen Abkühlung in eine Grube gebracht, in welcher sie mit trockenem Sande ziemlich hoch bedeckt wurden und noch 24 bis 36 Stunden blieben.

Bei den Reifen wurden die Formen sehr bald zerstört; man bringt sie noch kirschrothwarm an die Luft und läßt sie darin abkühlen, nachdem die Arme und Nabe herausgeschlagen sind.

Man scheint so wenig heiß wie möglich zu gießen, um jede überflüssige Spannung zu beseitigen; auf den Laufflächen kann man deutlich die Dickflüssigkeit erkennen, welche das Eisen vor dem Erstarren besaß. Ein Anwärmen der Schalen findet niemals statt, trotzdem soll ein Springen derselben nicht vorkommen.

Die Gießerei der Herren A. Whitney & Sons, Calowhill-Straße in Philadelphia ist eins der großartigsten und elegantesten Etablissements dieser Art. Sie fertigt gusseiserne Eisenbahnräder von 18 bis 36 Zoll Durchmesser, Radreifen für Locomotiv-Triebräder von 42 bis 66 Zoll Durchmesser, auch Achsbüchsen, und liefert auf Bestellung ganze Achsensätze, zu denen jedoch die Achsen von Hüttenwerken bezogen werden. Diese Gießerei ist durch ihre Räumlichkeiten und Kräfte befähigt, täglich 300 Räder fertig herzustellen. Eine kurze Beschreibung derselben mag daher hier Platz finden.

Der Giefsraum, welcher auf Blatt 15 Fig. 17 im Quer-

schnitt dargestellt, ist 400 Fufs lang, 50 Fufs breit, hoch und äußerst hell, da in beiden Langwänden große Fenster angebracht sind, und mit einem eisernen Dach bedeckt. In der Mitte der einen Langseite stehen auf gusseisernen Säulen von 8 Fufs Höhe 4 Cupolöfen nebeneinander und ein Hoist (Hebebühne), mit welchem sowohl die Kohlen und das Roheisen zum Beschieken der Oefen auf das obere Plateau, als auch die beim Entleeren der Oefen in den Keller fallenden Schlacken nach ihrem Erkalten wieder empor gehoben werden. Mitten vor den Oefen steht eine große gusseiserne Pfanne von ungefähr 8 Fufs Höhe und 8 Fufs Durchmesser, welche im Innern mit Chamottsteinen ausgemauert ist, in 2 Zapfen ruht und durch eine Windevorrichtung gekippt werden kann. Zu derselben führen von den Oefen gusseiserne, inwendig mit Lehm bekleidete Giefsrinnen. Durch die ganze Länge des Gebäudes laufen 3 Eisenbahnen, von denen die beiden äußeren eine Spurweite von 8 Fufs haben, so daß der zwischen den Schienen liegende Raum gleichfalls zum Formen benutzt werden kann; auf ihnen gehen Wagen mit so hohen Rädern (6 Fufs Durchmesser), daß die Achsen bequem die zwischen den Schienen stehenden Formen passieren. Das Plateau dieser Wagen trägt einen Krahn (drehbare Säule mit Ausleger) und einen Arbeiter, welcher sowohl den Krahn bedient, als auch den Wagen, wenn es nöthig ist, durch besondere Radübersetzung fortbewegt. Die mittlere Bahn ist nur schmal und dient zum Transport der kleinen Pfannen, welche auf Rädern laufen.

Die den Mr. Whitney & Sons patentirte Radform ist die auf Blatt 12 Fig. 5 abgebildete; sie erfordert geringen Materialaufwand und beim Formen nicht so viel Sorgfalt und Arbeit, wie auf die mit Kernen versehenen Formen verwendet werden muß. Die zur Formerei dienenden Werkzeuge und Hilfsmittel sind im Wesentlichen dieselben wie in der Gießerei der Baltimore-Ohio-Bahn, nur gab man hier dem Eingusselos 2 Zuführungen nach der Nabe.

Die Cupolöfen werden mit Anthracit betrieben; den Wind liefert ein auf Blatt 12 Fig. 21 skizzirtes Cylinder-Gebläse mit zwei vertical über einander stehenden Cylindern von 4 Fufs Durchmesser und 4 Fufs Hub. Zwischen beiden steht der Dampfzylinder von 2 Fufs Durchmesser, dessen Kolbenstange einen Kreuzkopf trägt, welcher die doppelten Kolbenstangen der Gebläse faßt und außerdem eine besondere Führung hat. Diese Construction begünstigt das Anbringen der Windklappen im Deckel und Boden der Gebläse-Cylinder. Das Gebläse soll hinreichenden Wind geben, wenn alle 4 Oefen, die von großen Dimensionen sind, gleichzeitig gehen.

Das niedergeschmolzene Eisen wurde zunächst in die große Pfanne geführt, daraus in eine kleinere gegossen, und kam erst aus dieser nach gehöriger Abkühlung in die eigentlichen fahrbaren Giefspfannen, deren jede nur die für ein Rad erforderliche Eisenmasse faßte. Aus jeder Füllung der zweiten Pfanne, welche ungefähr das Quantum für 4 Räder enthält, wurde mit der Giefskelle eine Probe genommen und davon ein Segmentstück, welches gegen eine Schale geformt war, gegossen.

Die Räder wurden noch hellrothwarm mittelst der Laufkrahne aus der Form genommen, und nachdem die Eingüsse abgeschlagen waren, in die Küblöfen gebracht. Von diesen liegen 12 Stück in 2 Reihen an einem Ende des Giefsraums unter der Heerdsohle. Sie bestehen aus einem cylindrischen Mantel von Eisenblech, der inwendig mit feuerfesten Ziegeln,  $\frac{1}{2}$  Stein stark ausgesetzt ist, haben einen Durchmesser von höchstens 4 Fufs im Lichten und werden mit einem gusseisernen, unterhalb mit Chamottmasse bekleideten Deckel verschlossen. Zu je 4 Oefen gehört eine Feuerung, die im Keller liegt.

Durch Schieber kann sowohl die Zuführung als auch die Abführung der heißen Gase, welche letztere unter der Heerdsohle durch gusseiserne Röhren stattfindet, regulirt werden. Die Oefen sind gut angeheizt, wenn die Räder hineingelassen werden; damit dieselben sich nicht berühren, wird immer zwischen je zwei ein die Nabe umschliessender Chamottring eingesetzt. Die Räder bleiben 3 Tage lang in diesen Oefen, wodurch jede gefährliche Spannung beseitigt werden soll. Nach der Abkühlung werden die Räder genau untersucht und alle diejenigen, welche im Lauf Blasen und Löcher zeigen, sofort bei Seite gesetzt, zerschlagen und wieder eingeschmolzen; die brauchbar befundenen werden mittelst eines aus dünnem Messingblech gefertigten Bandmaafses nach ihren Durchmesser, die bis auf  $\frac{1}{4}$  Zoll verschieden ausfallen sollen, sortirt, damit stets zwei gleich große auf eine Achse kommen.

Wenn die Räder von dem anhaftenden Formsand gereinigt sind, werden die Naben ausgebohrt und die innere Stirnfläche derselben um so viel abgedreht, daß wenn beim Aufziehen des Rades auf die Achse diese Fläche gegen einen kleinen Ansatz der letztern gelangt, die richtige Spurweite hergestellt ist. Fig. 15 Blatt 15 liefert die Skizze einer Maschine aus der Werkstatt der Herren Whitney & Sons, welche diese Arbeiten verrichtet und auch zum Ausdrehen der Radreifen benutzt wird. Die Maschine besteht aus einer horizontalen, auf einer verticalen Welle befestigten Planscheibe, welche durch eine conische Radübersetzung von einem gewöhnlichen Drehbank-Vorgelege eine drehende Bewegung erhält. Beim Ausbohren der Räder, wozu eine größere Winkelgeschwindigkeit erforderlich ist, wird die untere Welle dieses Vorgeleges ausgerückt und die Spindel mit den Riemenscheiben gekuppelt, während beim Ausdrehen der Reifen diese Geschwindigkeit mit Hilfe der Vorgelegewelle vermindert wird. Die Planscheibe hat in ihrer obern Fläche radiale Rinnen, welche die Köpfe der Spansschrauben aufnehmen, mit denen die Reifen in gewöhnlicher Weise befestigt werden. Beim Ausbohren der Radnaben wird eine besondere Vorrichtung auf die Planscheibe gebracht, mittelst welcher das Rad so gelegt und zugleich festgehalten wird, daß 3 Punkte seines äußern Umfanges in einem Kreise liegen, durch dessen Mittelpunkt die Achse der Bohrspindel geht. Diese Vorrichtung besteht aus 2 flachen über einander liegenden Ringen, welche einen nach innen gezahnten Radkranz einschließen und diesem zugleich als Führung bei seiner Drehung um die gemeinschaftliche Achse dienen. Der Radkranz greift in 3 gezahnte Sektoren, welche an excentrischen Daumen sitzen; letztere haben Zapfen, welche in entsprechende Löcher der Planscheibe passen, wodurch die genaue centrische Lage der Vorrichtung beim Aufbringen sofort fixirt ist. Mit einem Schlüssel, der auf den Zapfen eines kleinen Getriebes gesteckt wird, welches in den Radkranz eingreift, wird dieser und durch ihn die excentrischen Daumen gedreht und so in einem Augenblick das Rad in die richtige Lage gedrückt und darin festgehalten. Ebenso schnell ist dasselbe nach dem Ausbohren gelöst. Die Bohrspindel ist cylindrisch und unten mit einem Schlitz zur Aufnahme der Messer versehen. Zum Ausbohren dienen 2 Messer, von denen das erstere, kleinere vorbohrt, während durch den Schlichtspahn des zweiten, etwas größeren der genaue Durchmesser erreicht wird. Ein drittes Messer behobelt die Stirnfläche der Nabe bis auf die richtige Höhe, welche mittelst eines an der Führung der Spindel befindlichen getheilten Schiebers gemessen wird. Die Bohrspindel erhält ihre niedergehende Bewegung von dem Vorgelege, und kann auch durch die Hand auf- und nieder bewegt werden, wie es bei allen Bohrmaschinen der Fall ist. Bei denjenigen Maschinen, welche bloß

zum Ausbohren der Radnaben dienen (wie sie die Werkstatt der Baltimore-Ohio-Bahn besitzt), bewegt sich die Spindel in einer mit einem einfachen Bockgestell fest verbundenen Führung; sollen jedoch auch Reifen damit ausgedreht werden, so befindet sich die Führung der Spindel an einem Support, der eine horizontale, verticale und drehende Bewegung gestattet, wie an den gewöhnlichen Hobelmaschinen. Auch muß dann das Gestell so kräftig wie bei diesen sein, um dem Seitendruck gehörig widerstehen zu können. Die richtige schräge Stellung des Supports beim Ausdrehen der Radreifen wird durch einen am Support befindlichen getheilten Bogen bestimmt; sie beträgt für den 5 Zoll breiten Radkranz, auf welchen der Reifen kommt, genau  $\frac{1}{4}$  Zoll. Bei großem Betrieb ist es jedenfalls ökonomischer, die beiden Arbeiten auf verschiedenen Maschinen auszuführen. Ein Arbeiter bohrt mit einer solchen Maschine in 10 Stunden 70 Räder aus.

## II. Achsen.

Auf die Fabrikation der Radachsen wird in Amerika große Sorgfalt verwendet, und daher sollen trotz des schlechten Zustandes der Geleise Brüche äußerst selten vorkommen. Man hat nur eiserne Achsen und wendet gußstählerne selbst bei Locomotiven nicht an. Die größeren Bahnen fertigen gewöhnlich ihre Achsen selbst und nehmen dazu die Eisenabfälle (scrap iron), an denen bei größerem Betrieb selten Mangel ist. Schienenabfälle werden jedoch streng ausgeschlossen, weil die meisten Schienen, aus England bezogen und mit Prioritäts-Actien bezahlt, ein sehr schlechtes und rohes Eisen enthalten.

In der Werkstatt der Baltimore-Ohio-Bahn wurden die Abfälle in Packeten zusammengebunden in große Schweißöfen gebracht und dann zunächst unter einem schweren Dampfhammer zu Flachstäben ausgeschmiedet. Diese wurden dann wieder zu Packeten vereinigt, aus denen die Achsen unter einem schweren Aufwerfhammer geschweisft und fertig rund ausgeschmiedet, auch gleich die Läufe in Gesenken abgesetzt wurden. Die Schweißöfen werden mit Anthracit geheizt, wodurch die Anwendung von Gebläsen nöthig wird. Man giebt jedem Ofen einen Ventilator und führt den Wind durch ein Blechrohr unter den Rost, welcher wie bei unseren gewöhnlichen Puddel- oder Schweißöfen aus horizontal und lose neben einander liegenden Stäben von Schmiedeeisen besteht. Die Stirnflächen dieser Oefen sind durch 2 gusseiserne, inwendig mit Lehm bekleidete Thüren, von denen die eine über, die andere unter dem Rost liegt, fest verschlossen. Der Schluß der Heizöffnung wird durch die Kohlen bewirkt, welche vor derselben in einem Trichter stets aufgehäuft liegen. Die Achsen kommen zunächst auf eine Drehbank mit hohler Spindel, an welche sie mittelst Druckschrauben befestigt werden. Beide Enden werden hier gleichzeitig auf Länge abgestochen und dann die Körner eingedreht, in welchen sie später auf den Spindeln der Drehbank laufen, mittelst welcher die Nabensitze und Läufe gedreht werden.

Die Nabensitze werden ein wenig conisch und sehr rauh abgedreht, so daß beim Aufziehen der Räder die Erhöhungen, welche der Drehstuhl stehen liefs, verdrückt werden. Dies soll für das Festsitzen der Räder vollkommen genügen und die Keile ganz entbehrlich machen. Man bestreicht auch wohl die Nabensitze vor dem Aufziehen der Räder mit einer Oelfarbe aus englischem Roth (caput mortuum) und Firnis, die wie ein Kitt wirkt und das Eindringen von Oel zwischen Nabe und Achse, dem man zuweilen das Losewerden zuschreibt, verhindert. Eine Befestigung mittelst Keile wird

nur bei den Rädern angewendet, welche aufserhalb der Achsbüchsen sitzen.

Zum Auf- und Abziehen der Räder bedient man sich in der Werkstatt der New-Jersey-Bahn einer Schraubenpresse, von der Blatt 13 Fig. 10 eine Skizze giebt, und welche durch Riemen betrieben wird, von denen der eine offen, der andere gekreuzt ist. Die beiden Riemenscheiben auf der Hauptbetriebswelle laufen lose auf derselben und können abwechselnd mit ihr gekuppelt werden, je nachdem eine vor- oder rückgängige Bewegung der Schraube beabsichtigt wird. Es werden stets beide Räder gleichzeitig aufgezogen, nachdem die Achse mit Hülfe von zwei über die obere schmiedeeiserne Verbindungsstange hängenden Hakenschrauben in die gehörige Höhenlage gebracht ist. Dabei stützt sich das hintere Rad mit seiner Nabe gegen den hintern Ständer, durch dessen Loch sich der Achsschenkel schiebt, während gegen die Nabe des vordern Rades eine den Achsschenkel umschliessende und gehörig lange Muffe gesetzt wird, auf welche die Schraube mittelst einer zwischengelegten starken Kupferplatte drückt. Das Abziehen der Räder von der Achse geschieht einzeln, nachdem der mittlere Ständer eingesetzt ist, der sich oben gegen einen Bund der Verbindungsstange, unten gegen eine an die Grundplatte angegossene Knagge lehnt. Das abzuziehende Rad stützt sich mit seiner Nabe gegen diesen Ständer, während die Schraube auf ein gegen die Stirnfläche der Achse gelegtes Kupferstück drückt.

Auf Blatt 12 sind die Achsen verschiedener Eisenbahnwagen mit Angabe ihrer Dimensionen zusammengestellt.

Fig. 13 zeigt eine Achse der Personen- und Güterwagen der New-Jersey-Bahn. Die Läufe haben 3 Zoll Durchmesser bei 5 Zoll Länge. Alle Achsen dieser Bahn, auf welcher 8rädri- ge Personen- und Güterwagen und auch 12rädri- ge Personenwagen laufen, haben dieselben Dimensionen. Der mittlere Theil zwischen den Naben ist cylindrisch und so stark, dass nur wenig, ungefähr  $\frac{1}{8}$  Zoll zum Abdrehen für die Nabensitze bleibt. Gegen die dadurch entstehenden Ansätze werden die Naben beim Aufziehen der Räder geprefst und so die richtige Spurweite erhalten.

Fig. 14 ist eine Achse von 8rädri- gen Güterwagen der New-York- und New-Haven-Bahn; auf derselben safsen Räder von der in Fig. 2 dargestellten Form.

Fig. 15 ist eine Achse von 8rädri- gen Kohlenwagen der Ohio- und Mississippi-Bahn, welche eine Spurweite von 6 engl. Fufs hat; zu dieser Achse gehören die in Fig. 4 dargestellten Räder.

Fig. 16 zeigt eine Achse von 8rädri- gen Güterwagen der Baltimore-Ohio-Bahn, aus *scrap iron* geschmiedet, wobei die Stärke in der Mitte geringer gehalten ist als in der Nabe. Die hierzu gehörigen Räder sind auf Blatt 13 Fig. 1 und 2 abgebildet.

Fig. 17 und 18 sind 2 Achsen von Kohlenwagen der Philadelphia- und Reading-Bahn, von starken Dimensionen. Bei ihnen sitzen die Räder, welche in Fig. 7 und 8 dargestellt sind, aufserhalb der Achsbüchsen und sind deshalb durch Keile befestigt.

Fig. 19 ist die Achse eines grossen auf den Pferdebahnen laufenden Wagens mit 24 Sitzplätzen,

Fig. 20 die eines kleinen Wagens mit 12 Sitzplätzen; bei letzterem liegen die Räder ebenfalls auswendig.

### III. Achsbüchsen.

Die amerikanischen Achsbüchsen zeichnen sich sowohl durch die Beweglichkeit aus, welche sie in einer senkrechten, durch die Mittellinie der Achse gehenden Ebene haben, als

auch durch ihren dichten Verschluss, welcher weder das Eindringen von Unreinigkeiten noch das Ausfliessen der Schmiere zulässt. Beweglichkeit ist überhaupt der charakteristische Zug in der Construction der Radgestelle der amerikanischen Wagen; sie ist durch die kurzen Krümmungen und die schlechte Beschaffenheit der Bahnen bedingt und gewährt, ohne die Sicherheit zu gefährden, den Vortheil, dass die Obergestelle der Wagen sehr wenig durch die Stöße afficirt werden und es sich deshalb sehr angenehm in ihnen fährt. Ein dichter Verschluss macht sich ebenfalls durch die Mangelhaftigkeit des Oberbaues, wo von einer Kiesbettung selten die Rede ist, nöthig. Auf einzelnen, durch thoniges Terrain gehenden Bahnen hat man, um die Passagiere einigermaafsen gegen den Staub zu schützen, die Radgestelle mit leinenen Behängen versehen, welche von den Seitenwänden der Wagenkasten bis zu den Schienen reichen und durch die ganze Länge des Zuges gehen; ebenso sind die einzelnen Zwischenräume der Wagen oberhalb der Räder bedeckt. Hier würden ohne guten Verschluss die Achsschenkel und Futter sich sehr schnell abnutzen; diese halten sich aber im allgemeinen recht gut, wozu allerdings das ausgezeichnete Schmiermaterial, welches Winter und Sommer gleich flüssig bleibt und ein Warmlaufen nicht zulässt, wesentlich beiträgt.

Als die zweckmäfsigsten Achsbüchsen werden die dem Mr. Lightner patentirten gerühmt, welche auf vielen Bahnen eingeführt und auf Blatt 14 in Fig. 1 bis 11 dargestellt sind. Bei ihnen wird die Beweglichkeit durch ein gufseisernes Zwischenstück, dessen obere Fläche etwas convex und welches in den Fig. 10 und 11 besonders gezeichnet ist, erreicht. Es erleichtert zugleich das Abnehmen der Büchse von der Achse, sowie das Auswechseln des Metallfutters, da man es bei geringer Neigung der Büchse durch die vordere Oeffnung herausnehmen kann, wodurch dann auch das Futter frei wird. Die Dichtung der hinteren Oeffnung der Büchse besteht in einer oder zwei Lederscheiben, je nach der Dicke des Leders, welche einen Durchmesser von  $5\frac{1}{2}$  Zoll haben, den stärkeren Theil der Achse fest umschliessen und sich in einer Nuth der Büchse drehen. Zum Einbringen der Lederscheiben ist ein vorheriges Anfeuchten derselben mit Wasser erforderlich. Die vordere Oeffnung dichtet man mit einer dünnen Scheibe von Leder oder vulcanisirtem Caoutchouc, welche unter den aufzuschraubenden Deckel gelegt wird. Die Büchse wird mit Abfällen von Baumwollengarn fest vollgestopft und diese dann mit Oel getränkt. Das überflüssige Oel sammelt sich in dem kleinen durch die Oberscheidewand abgetrennten Raum. Die Anschlussfläche des Metallfutters an den Achsschenkel ist zur besseren Zuführung des Oels zu den sich berührenden Flächen fast bis auf den vierten Theil des Umfangs reducirt. Besondere Eigenthümlichkeiten in der äufsern Form der Büchse sind durch die Construction der Achshalter und der Federn bedingt. Die ersteren, meistens gegossen, haben zwei Wände, zwischen denen die beiden auf den Seitenwänden der Büchse befindlichen verticalen Leisten geführt werden. Das in die obere Platte eingebaute Loch dient zur Aufnahme eines Dorns, welcher durch die auf der Büchse ruhende Caoutchoucfeder geht.

Eine Achsbüchse von Personenwagen der Baltimore-Ohio-Bahn ist auf Blatt 14 in Fig. 12 und 13 dargestellt. Die Ansätze der Achsschenkel sind sehr niedrig, wodurch das Herausnehmen des Futters erleichtert wird. Dieses wird nur durch eine einfache Rippe gehalten und ihm so eine hinreichende Beweglichkeit gestattet; zur Begrenzung derselben ist in den Deckel ein Messingpfropfen eingesetzt. Die nach hinten dichtende Lederscheibe wird von oben eingeschoben.

Fig. 14 und 15 zeigt einen Thürverschluss der Achsbüchsen der Michigan-Central-Bahn, der an sich verständlich ist. Der Vorsteckstift hängt an einer kleinen Kette.

Auf Blatt 15 Fig. 1 bis 7 sind die Achsbüchsen der New-Jersey-Bahn abgebildet. Die Metallfutter sind ähnlich denen auf der Baltimore-Ohio-Bahn. Die nach hinten dichtende Lederscheibe wird durch einen schmiedeeisernen Ring fest gegen die Büchse gedrückt, rotirt also nicht mit der Achse; auf diese ist nach dem Aufbringen der Lederscheibe ein schmiedeeiserner Ring warm aufgezogen. Nach vorhergegangenen Abschrauben des äußeren Dichtungsringes wird die Achsbüchse durch ein geringes Anheben frei, und das Futter kann durch die hintere Oeffnung herausgenommen werden. Das in der Oelkammer sich ansammelnde überflüssige Oel kann durch eine mit einer kleinen Schraube verschlossene Oeffnung abgelassen werden.

Fig. 8 bis 14 zeigen ein inneres Achslager an den Kohlenwagen der Philadelphia- und Reading-Bahn. Das Futter besteht aus einem Messingkasten, welcher mit Weißmetall, einer Legirung von Zinn und Antimon, ausgegossen ist. Die Eingungslöcher sind ausgebohrt und führen das nachträglich in die Schmierbüchse eingegossene Oel der Achse zu. Der unter der letzteren befindliche Messingkasten, welcher in verticalen Nuthen geführt wird und auf einem horizontalen Bolzen ruht, ist mit Abfall der Baumwollenspinnerei gefüllt. Die beiden auf der obern Platte der Büchse befindlichen Leisten umfassen den Bund der bei diesen Wagen angewandten Blattfedern.

Zum Schmieren von Maschinentheilen bedient man sich in Amerika allgemein des Sperm-oils, Whale-oils, eines hellen, dünnflüssigen, sich äußerst fettig anführenden Fischthrans von schwachem Geruch, welcher pro Gallon (= 4 quarts oder 277,274 engl. Cubikzoll) 1,2 bis 1,5 Dollars kostet und auch zum Brennen in Lampen angewendet wird. Die Achsen der Personenwagen werden ebenfalls mit Thran geschmiert, der

jedoch weniger rein ist, bräunlich aussieht, und von dem der Gallon ungefähr 60 Cts. oder 25 Sgr. kostet. Dieser Thran, Car-oil genannt, kommt vom Sea-swine (*Delphinus phocaena?*).

Die Baumwollenabfälle, mit denen die Achsbüchsen ausgestopft werden, bekommen bald durch Aufnahme der feinen Spähne eine harte Kruste, welche die Achsschenkel angreift; man zieht daher jetzt die Anwendung von Hobelspähnen vor, bei welchen sich der metallische Niederschlag auf dem Boden der Büchse sammelt. Die Büchsen der Locomotiv-Achsen füllt man mit roher Wolle, welche stets locker und elastisch bleibt, aber etwas kostspieliger ist. Die Achsbüchsen der Güterwagen auf der Baltimore-Ohio-Bahn wurden mit einer Mischung von Palmöl, Soda und Wasser geschmiert, welche sehr weiß aussieht und nach Talg riecht.

Bei Anwendung der Achsbüchsen von Lightner und des Car-oil laufen Personenwagen durchschnittlich 10000, Tender 6000 englische Meilen, ehe eine Ergänzung des Oels nöthig wird.

Auf der Boston- u. Providence-Bahn verbrauchten 10 Personenwagen mit 72 Rädern auf 4310 englische Meilen, welche mit 30 bis 40 Meilen Geschwindigkeit durchlaufen wurden, nicht mehr als 41½ Pints Car-oil, von dem der Gallon 50 Cents = 21 Sgr. kostete. (1 Pint = ¼ Quart = ¼ Gallon).

Der auf der Michigan-Central-Bahn gemachte Versuch über den relativen Werth von Whale-oil und Rüböl zeigt den großen Vorzug des ersteren. Bei einem Zuge von 16 Achsen wurden die Achsbüchsen der einen Seite mit 27½ Gallons Whale-oil zu 60 Cents, die der andern mit 27 Gallons Rüböl zu 1,34 Dollars gefüllt. Der Zug machte vom 14. Januar 1859 während 103 Tage 38 Touren, jede von 568 Meilen, im Ganzen also 21584 Meilen. Nach den ersten 8 Touren wurde das Oel ergänzt, nach weiteren 1584 Meilen zeigten sich 5 mit Rüböl geschmierte Büchsen warm. Die nach Beendigung des Versuchs erhaltenen Resultate über die Abnutzung der Achsen und Futter sind in der zum Schluss folgenden Zusammenstellung enthalten. Danach ergibt sich für

|   | Whale-oil. | Rüböl.     | Verhältnis. |
|---|------------|------------|-------------|
| durchlaufene Meilenzahl pro Pint Oel und pro Schenkel . . . . . | 1569,745   | 1598,815   | 157 : 160.  |
| Kosten des Oels pro Meile in Cents . . . . .                    | 0,004717   | 0,010476   | 47 : 105.   |
| Abnutzung des Schenkels pro Meile in Zollen . . . . .           | 0,00001085 | 0,00001875 | 108 : 187.  |
| Abnutzung des Futters pro Meile in Pfunden . . . . .            | 0,001158   | 0,002076   | 116 : 208.  |

und es würde sich der relative Werth beider Oelsorten wie 1 : 7 verhalten.

| Wagen.   | No. des Achsschenkels. | Durchmesser des Achsschenkels in Zollen |                    |            | Gewicht des Futters in Pfunden |                    |            | Bemerkungen über die Achsschenkel. |
|--|------------------------|---|--------------------|------------|--------------------------------|--------------------|------------|------------------------------------|
|  |                        | beim Einsetzen.                         | beim Herausnehmen. | Differenz. | beim Einsetzen.                | beim Herausnehmen. | Differenz. |                                    |
| Whale-oil.   |                        |   |                    |            |                                |                    |            |                                    |
| Personenwagen No. 43.<br>Die Achsbüchsen mit Baumwollenabfall angefüllt. | 1.                     | 3,188                                   | 3,172              | 0,016      | 8,469                          | 7,125              | 1,344      | polirt.                            |
|  | 2.                     | dito                                    | 3,188              | 0,         | 8,250                          | 7,313              | 0,937      | desgl.                             |
|  | 3.                     | dito                                    | dito               | 0,         | 8,469                          | 7,313              | 1,156      | desgl.                             |
|  | 4.                     | dito                                    | dito               | 0,         | 8,281                          | 7,813              | 0,468      | glatt.                             |
|  | 5.                     | dito                                    | dito               | 0,         | 8,469                          | 7,625              | 0,844      | desgl.                             |
|  | 6.                     | dito                                    | 3,172              | 0,016      | 8,438                          | 7,375              | 1,063      | desgl.                             |
| Personenwagen No. 65.<br>Die Achsbüchsen mit Hobelspähnen angefüllt.     | 13.                    | dito                                    | 3,188              | 0,         | 8,375                          | 7,906              | 0,469      | polirt.                            |
|  | 14.                    | dito                                    | dito               | 0,         | 8,281                          | 7,593              | 0,688      | sehr fein polirt.                  |
|  | 15.                    | dito                                    | dito               | 0,         | 8,469                          | 7,375              | 1,094      | desgl. desgl.                      |
|  | 16.                    | dito                                    | dito               | 0,         | 8,281                          | 7,844              | 0,437      | sehr glatt.                        |
|  | 17.                    | dito                                    | dito               | 0,         | 8,531                          | 7,844              | 0,687      | sehr fein polirt.                  |
|  | 18.                    | 3,125                                   | 3,125              | 0,         | 8,281                          | 7,531              | 0,750      | desgl. desgl.                      |
|  |                        |   |                    | Lat. 0,032 |                                |                    |            | Lat. 9,937                         |



| Wagen.                | No. des Achsschenkels. | Durchmesser des Achsschenkels in Zollen |                    |            | Gewicht des Futters in Pfunden |                    |            | Bemerkungen über die Achsschenkel.  |
|-----------------------|------------------------|---|--------------------|------------|--------------------------------|--------------------|------------|-------------------------------------|
|                       |                        | beim Einsetzen.                         | beim Herausnehmen. | Differenz. | beim Einsetzen.                | beim Herausnehmen. | Differenz. |                                     |
| <b>Whale-oil.</b>     |                        |   |                    |            |                                |                    |            |                                     |
|                       |                        |   |                    | Tr. 0,032  |                                |                    | Tr. 9,937  |                                     |
| Gepäckwagen No. 7.    | 25.                    | 3,188                                   | 3,125              | 0,063      | 8,563                          | 3,125              | 5,438      | glatt.                              |
| Die Achsbüchsen       | 26.                    | dito                                    | 3,109              | 0,079      | 8,313                          | 3,500              | 4,813      | desgl.                              |
| mit Baumwollenabfall  | 27.                    | dito                                    | 3,188              | 0,         | 8,406                          | 7,219              | 1,187      | polirt.                             |
| angefüllt.            | 28.                    | dito                                    | 3,125              | 0,063      | 8,563                          | 4,938              | 3,625      | desgl.                              |
| Total-Differenz       |                        |   |                    | 0,237      |                                |                    | 25,000     |                                     |
| <b>Rüb - Oel.</b>     |                        |   |                    |            |                                |                    |            |                                     |
| Personenwagen No. 43. | 12.                    | 3,188                                   | 3,156              | 0,032      | 8,094                          | 4,688              | 3,406      | glatt                               |
| Die Achsbüchsen       | 11.                    | dito                                    | 3,172              | 0,016      | 8,531                          | 6,281              | 2,250      | desgl.                              |
| mit Baumwollenabfall  | 10.                    | dito                                    | 3,188              | 0,         | 8,438                          | 6,781              | 1,657      | warm gewesen, glatt.                |
| angefüllt.            | 9.                     | dito                                    | 3,156              | 0,032      | 8,188                          | 5,188              | 3,000      | polirt.                             |
|                       | 8.                     | dito                                    | 3,156              | 0,032      | 8,531                          | 4,813              | 3,718      | glatt.                              |
|                       | 7.                     | dito                                    | 3,141              | 0,047      | 8,156                          | 4,938              | 3,218      | rauh.                               |
| Personenwagen No. 65. | 24.                    | dito                                    | 3,172              | 0,016      | 8,406                          | 6,000              | 2,406      | glatt                               |
| Die Achsbüchsen       | 23.                    | dito                                    | 3,172              | 0,016      | 8,438                          | 6,188              | 2,250      | desgl.                              |
| mit Baumwollenabfall  | 22.                    | dito                                    | 3,156              | 0,032      | 8,656                          | 6,000              | 2,656      | desgl.                              |
| angefüllt.            | 21.                    | dito                                    | 3,156              | 0,032      | 8,406                          | 5,594              | 2,812      | rauh.                               |
|                       | 20.                    | dito                                    | 3,172              | 0,016      | 8,469                          | 5,594              | 2,875      | warm gewesen, $\frac{1}{2}$ glatt.  |
|                       | 19.                    | dito                                    | 3,156              | 0,032      | 8,344                          | 5,250              | 3,094      | glatt.                              |
| Gepäckwagen No. 7.    | 32.                    | dito                                    | 3,172              | 0,016      | 8,375                          | 5,375              | 3,000      | warm gewesen, $\frac{1}{2}$ polirt. |
| Die Achsbüchsen       | 31.                    | dito                                    | 3,156              | 0,032      | 8,594                          | 5,719              | 2,875      | glatt.                              |
| mit Baumwollenabfall  | 30.                    | dito                                    | 3,172              | 0,016      | 8,500                          | 6,656              | 1,844      | warm gewesen, $\frac{1}{4}$ polirt. |
| angefüllt.            | 29.                    | dito                                    | 3,141              | 0,047      | 8,313                          | 4,563              | 3,750      | glatt.                              |
| Total-Differenz       |                        |   |                    | 0,414      |                                |                    | 44,811     |                                     |

## Anderweitige architektonische Mittheilungen.

### Kamin und Ofen von F. G. Stammann.

(Mit Zeichnungen auf Blatt A im Text.)

Auf Blatt A stellen die Figuren 1 bis 5 einen gusseisernen Kamin dar, dessen Umfassung einen in Kacheln ausgeführten Ofen bildet. Die ganze Einrichtung wird aus den Zeichnungen verständlich; sie erfüllt den Zweck — offenes Kaminf Feuer mit guter Ofenheizung vereint — bei mehrmaliger Ausführung in sehr befriedigender Weise und lässt sich in beliebigen Dimensionen und Gestaltungen anwenden. Besonders wurde darauf Bedacht genommen, viel Heizfläche zu gewinnen. Der eiserne Kamin steht ringsum frei und wirkt zugleich wie ein eiserner Ofen, die Hinterseite des Ganzen steht ebenfalls frei und die Wärme zieht durch das überall durchbrochene Maafswerk in den zu heizenden Raum. Aus dem kleinen freistehenden, mit Kacheln umgebenen, gusseisernen Ofen geht der Rauch durch den von allen Seiten freiliegenden Canal über den Kamin hin, auf der andern Seite desselben zwei Mal nieder und auf, und dann in einen engen Schornstein. Der Rauch vom Kaminf Feuer geht für sich in einen weiten Schornstein.

Die Ausführung hat in weissen, in blauen und in röthlich-grauen glasürten Kacheln stattgefunden. Die Rundstäbchen zwischen den Kacheln, um die Fugen zu verdecken, sind vergoldet. Das in Thon gebrannte glasürte Maafswerk ist theils

vergoldet. Die durchbrochene Verzierung um den Kamin, die Vorderseite der Schubladen, die äussere Ofenthür und die Stangen vor dem Kamin sind aus Messing; hinter letzteren befindet sich, zum Schutz gegen das Feuer, ein eisernes Gitter. Das Ganze ist mit einer weissen Marmorplatte bedeckt, die unterhalb durch den Luftraum gegen zu starke Hitze geschützt wird. Eine solche Ausführung hat bei circa 6 Fufs Länge, 4 Fufs Höhe und 2 Fufs Tiefe in runder Summe 80 Thlr. gekostet.

Die Figuren 6, 7 und 8 stellen einen ausgeführten Ofen in Gusseisen dar, welcher durch grosse Heizfläche stark und rasch erwärmt und durch die beiden mit Steinen ausgesetzten Endpostamente die Wärme gut erhält. Die Postamente können wechselnd mit Knopf oder Armleuchtern versehen werden. Der Rauch durchzieht von einer Seite her den ganzen Ofen und geht dann in einen engen Schornstein. Die durchbrochenen Theile zwischen und über den Rauchgängen sind in gebranntem Thon und auch in Eisen angewandt. Aus der Zeichnung ist das Weitere ersichtlich. — Niedrige Oefen sind bekanntlich viel vortheilhafter als hohe, daher werden die hier beobachteten Principien vielleicht mit Nutzen anzuwenden sein. — Ein solcher Ofen kostete 110 Thlr.

F. G. Stammann.

## Ueber die Brücken mit oberem eisernen Bogen (Bow-Strings).

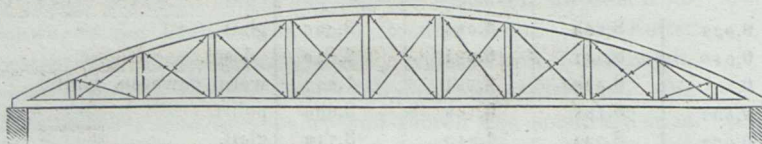
(Mit Zeichnungen auf Blatt 16 im Atlas.)

(Aus den *Nouvelles Annales de la construction* von C. A. Oppermann. April 1860.)

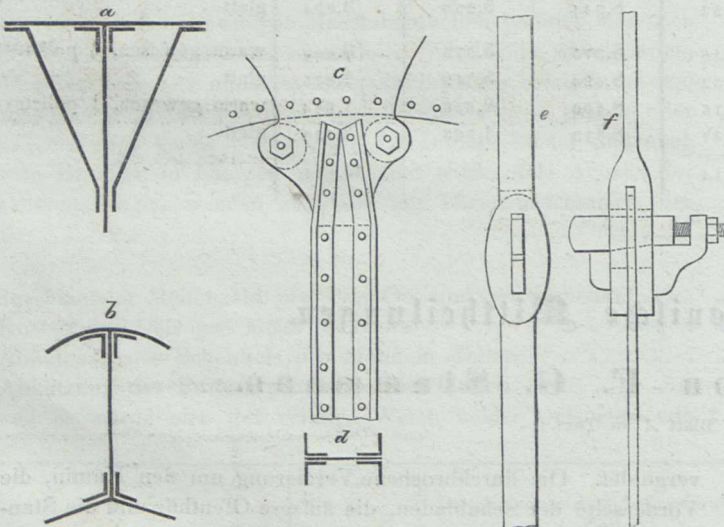
Die Träger dieser Brücken bestehen aus bogenförmigen Balken, deren Enden durch Zugbänder verbunden sind. Die Idee, welche von Brunel herrührt, liegt der Construction der Brücken von Windsor, Chepstow und Saltash zu Grunde. In Frankreich sind die Brücken von Caen und Isigny danach ausgeführt. Man unterscheidet Brücken mit geraden, gebrochenen und gekrümmten Spannständen (Zugbändern).

Gerade Zugbänder befinden sich bei den Brücken von Windsor, Caen und Isigny.

Brücke von Windsor.



Die Brücke von Windsor ist im Jahre 1849 von Brunel für den Uebergang der Great-Western-Eisenbahn über die Themse ausgeführt. Die lichte Weite der Oeffnungen beträgt 57,25 Meter, die Pfeilhöhe der Träger 7,60 Meter, so daß letztere in den oberen Theilen gegen einander abgesteift werden konnten.



Der Querschnitt der Träger hat die Form eines Dreiecks mit einer verticalen Platte im Innern (Fig. a). Der Querschnitt des Zugbandes ist von der Form eines Doppel-T mit gekrümmten Platten (Fig. b). Die Verticalen (Fig. c) haben im horizontalen Querschnitt die Form eines liegenden Doppel-T (Fig. d). Um die Spannung der aus Flacheisen bestehenden Diagonalen zu reguliren, hat man in der Nähe der Mitte ihrer Länge eine Keilverbindung angebracht (Fig. e und f).

Die Brücke über die Orne bei Caen in der Eisenbahn von Paris nach Cherbourg ist im Jahre 1858 durch einen englischen Constructeur erbaut worden. Das Eisenwerk kostet circa 4000 Francs pro laufenden Meter.

Die Träger haben eine Länge von 46,5 Meter bei 4 Meter Pfeilhöhe. Es sind deren für jede Oeffnung drei.

Die Construction der Träger geht aus den Zeichnungen auf Blatt 16 hervor; nachfolgende Zusammenstellung giebt eine Uebersicht der Dimensionen und der Quantitäten der Eisentheile:

| Bezeichnung der Stücke                      | Dicke     | Breite | Länge  | Zahl |
|---|-----------|--------|--------|------|
|   | M e t e r |        |        |      |
| <b>1) Brückenbahn und Querverbindungen.</b> |           |        |        |      |
| Mittelstücke:                               |           |        |        |      |
| Deckplatten . . . . .                       | 0,015     | 0,225  | 5,25   | 2    |
| Trägerplatten . . . . .                     | 0,005     | 0,400  | 2,00   | 2    |
| Flacheisen . . . . .                        | 0,005     | 0,100  | 1,50   | 2    |
| T-Eisen . . . . .                           |           | 0,100  | 0,35   | 2    |
| Eckisen . . . . .                           |           | 0,110  | 5,25   | 2    |
| Bleche der Langträger . . . . .             | 0,020     | 0,220  | 5,90   | 2    |
|   |           |        | 0,40   | 2    |
| An den Enden:                               |           |        |        |      |
| Deckplatten . . . . .                       | 0,015     | 0,825  | 5,25   | 2    |
| Trägerplatten . . . . .                     | 0,005     | 0,400  | 5,25   | 2    |
| Eckisen . . . . .                           |           | 0,110  | 5,25   | 2    |
|   |           |        | 5,90   | 2    |
| Bleche der Langträger . . . . .             | 0,020     | 0,220  | 0,40   | 2    |
| <b>2) Windstreben . . . . .</b>             |           |        |        |      |
|   | 0,01      | 0,100  | 5,00   |      |
| <b>3) Brückenträger.</b>                    |           |        |        |      |
| Stimträger:                                 |           |        |        |      |
| Bogen: Bleche . . . . .                     | 0,015     | 0,90   | 1,80   | 28   |
| „ Laschen . . . . .                         | 0,015     | 0,90   | 0,70   | 27   |
| „ Eckisen . . . . .                         |           | 0,100  | 49,00  | 4    |
| „ Rippe . . . . .                           | 0,015     | 0,220  | 37,00  | 1    |
| Zugeisen: Bleche . . . . .                  | 0,015     | 1,00   | 1,60   | 29   |
| „ Laschen . . . . .                         | 0,015     | 1,00   | 0,80   | 28   |
| „ Eckisen . . . . .                         |           | 0,100  | 46,50  | 2    |
| „ Rippe . . . . .                           | 0,010     | 0,400  | 36,00  | 1    |
| „ Eckisen für den Belag . . . . .           |           | 0,75   | 46,50  | 1    |
| Kreuzverbindung:                            |           |        |        |      |
| Flacheisen . . . . .                        | 0,010     | 0,100  | 56,40  | 1    |
| Eckisen . . . . .                           |           | 0,100  | 56,80  | 1    |
| Verticalblech . . . . .                     | 0,010     | 0,400  | 44,50  | 1    |
| Endstücke: Verticalbleche . . . . .         | 0,0125    | 1,35   | 5,70   | 2    |
| „ T-Eisen . . . . .                         |           | 0,125  | 4,25   | 4    |
| Consolen: Blech . . . . .                   | 0,01      | 0,425  | 73,20  | 1    |
| „ Eckisen . . . . .                         |           | 0,70   | 439,50 | 1    |
| Mittelträger:                               |           |        |        |      |
| Bogen: Bleche . . . . .                     | 0,015     | 1,00   | 2,00   | 28   |
| „ Laschen . . . . .                         | 0,015     | 1,00   | 0,80   | 25   |
| „ Eckisen . . . . .                         |           | 0,110  | 49,00  | 4    |
| „ Rippe . . . . .                           | 0,010     | 0,220  | 74,00  | 1    |
| Zugeisen: Bleche . . . . .                  | 0,015     | 1,22   | 1,80   | 52   |
| „ Laschen . . . . .                         | 0,015     | 1,22   | 0,90   | 25   |
| „ Eckisen . . . . .                         |           | 0,110  | 46,50  | 2    |
| „ Rippe . . . . .                           | 0,010     | 0,400  | 72,00  | 1    |
| „ Eckisen für den Belag . . . . .           |           | 0,75   | 93,00  | 1    |
| Kreuze: Flacheisen . . . . .                | 0,010     | 0,100  | 112,80 | 1    |
| „ Eckisen . . . . .                         |           | 0,100  | 113,60 | 1    |
| Verticalblech . . . . .                     | 0,010     | 0,400  | 89,00  | 1    |
| Endstücke: Verticalblech . . . . .          | 0,025     | 0,135  | 5,70   | 1    |
| „ T-Eisen . . . . .                         |           | 0,125  | 4,25   | 2    |
| Consolen: Bleche . . . . .                  | 0,019     | 0,425  | 146,40 | 4    |
| Eckisen . . . . .                           |           | 0,100  | 439,5  | 1    |

Der Abstand der Niete von Mitte zu Mitte geht aus folgender Uebersicht hervor:

|                                   | Millimeter. |
|-----------------------------------|-------------|
| Eckisen der Brückenbahn . . . . . | 150         |
| „ - Zugbänder . . . . .           | 180         |
| „ - Bögen . . . . .               | 180         |
| „ - Consolen . . . . .            | 170         |
| Bleche der Zugbänder . . . . .    | 180         |
| T-Eisen . . . . .                 | 360         |
| Laschen (32 Niete) . . . . .      | 150 u. 120. |

Fig. 1. bis 5. Kamin von Gufseisen mit Kachelumkleidung.

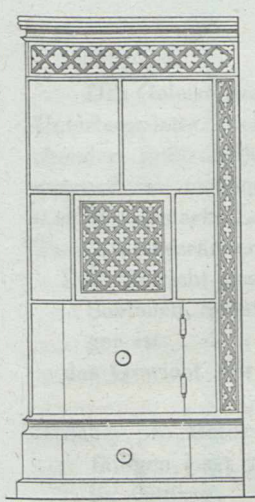


Fig. 1. Seitenansicht.

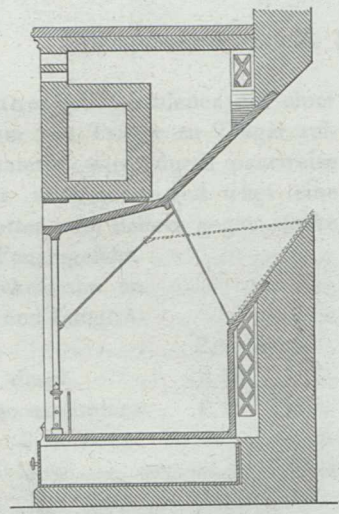


Fig. 2. Querschnitt ab.

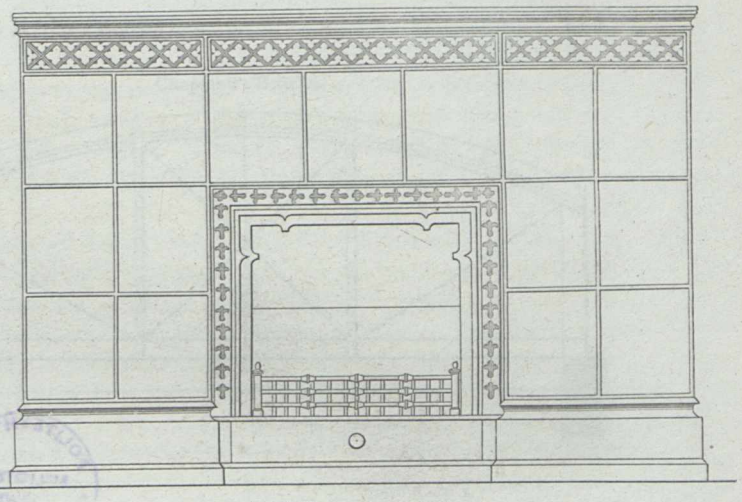


Fig. 3. Vorderansicht.

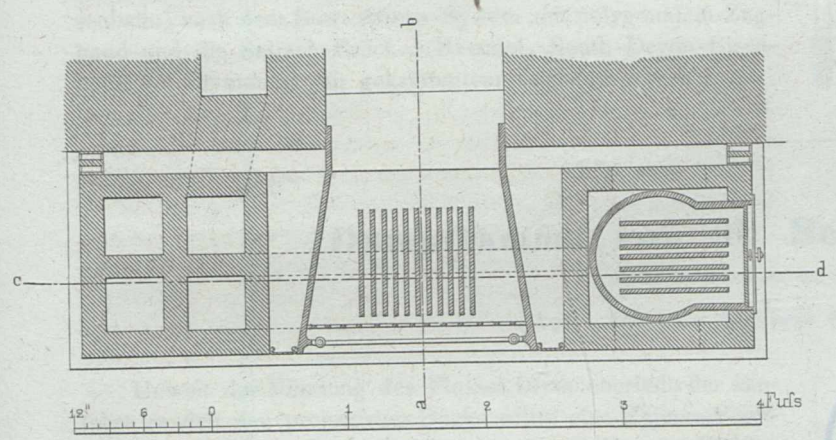


Fig. 4. Grundriss.

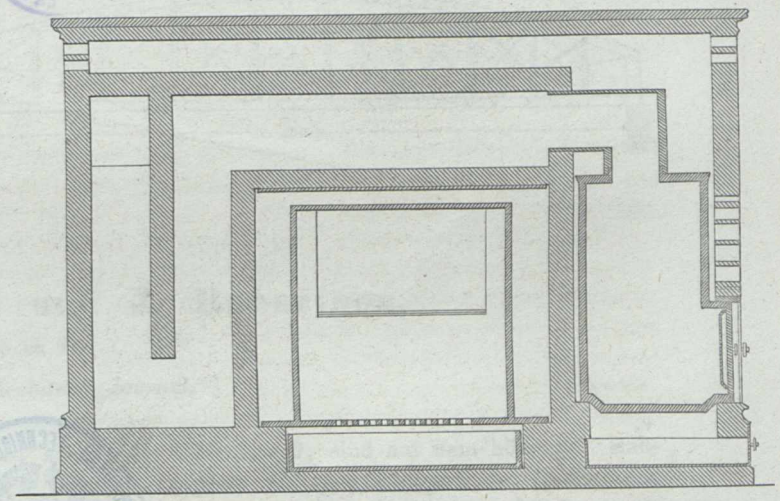


Fig. 5. Längenschnitt cd.

Fig. 6. bis 8. Ofen in Gufseisen.

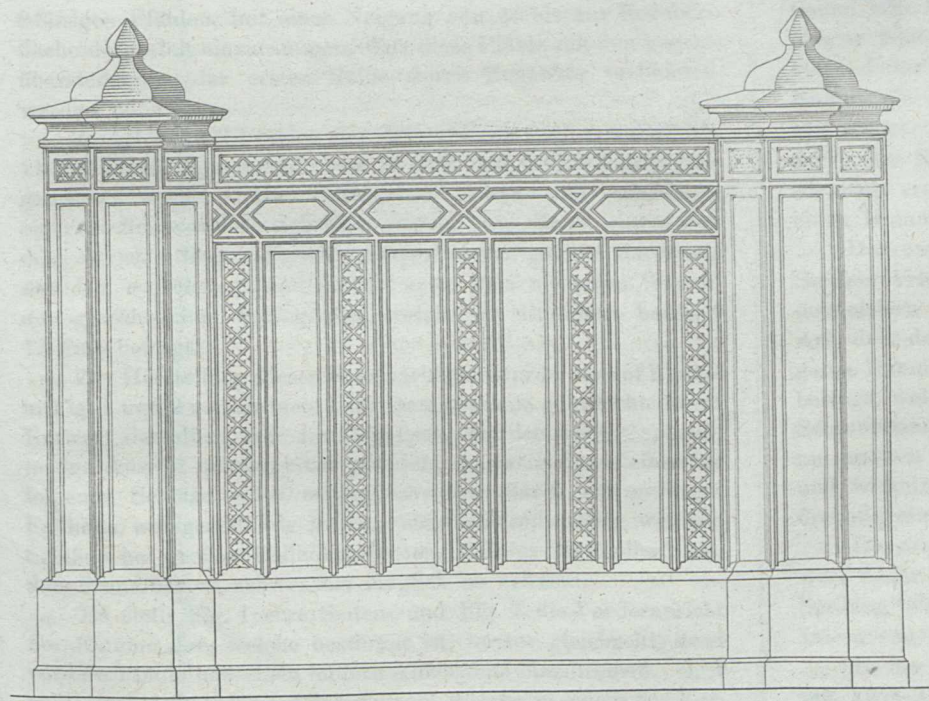


Fig. 6. Vorderansicht.

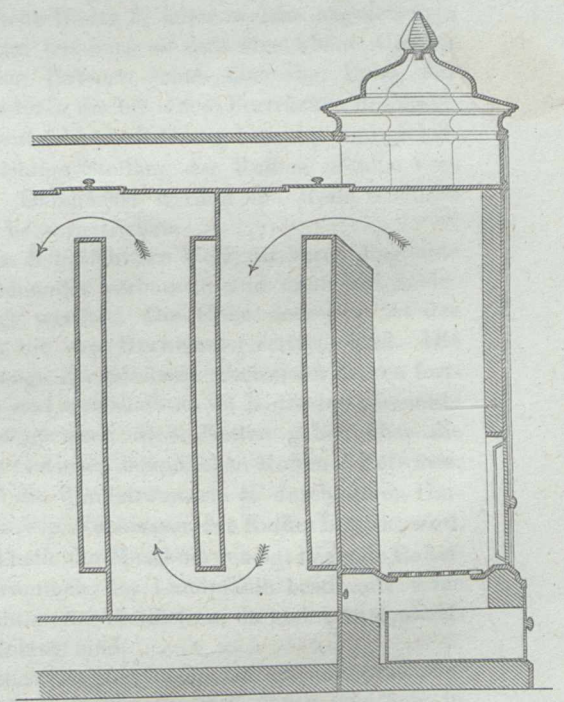


Fig. 7. Durchschnitt ab.

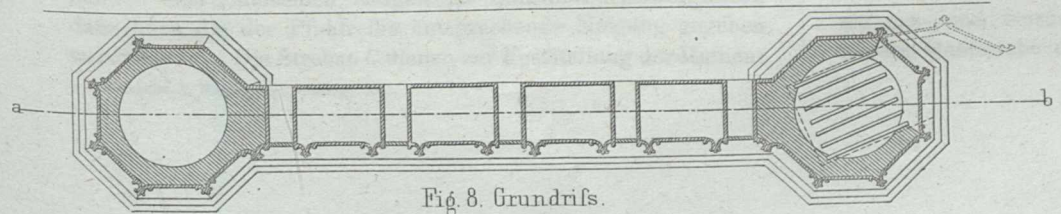
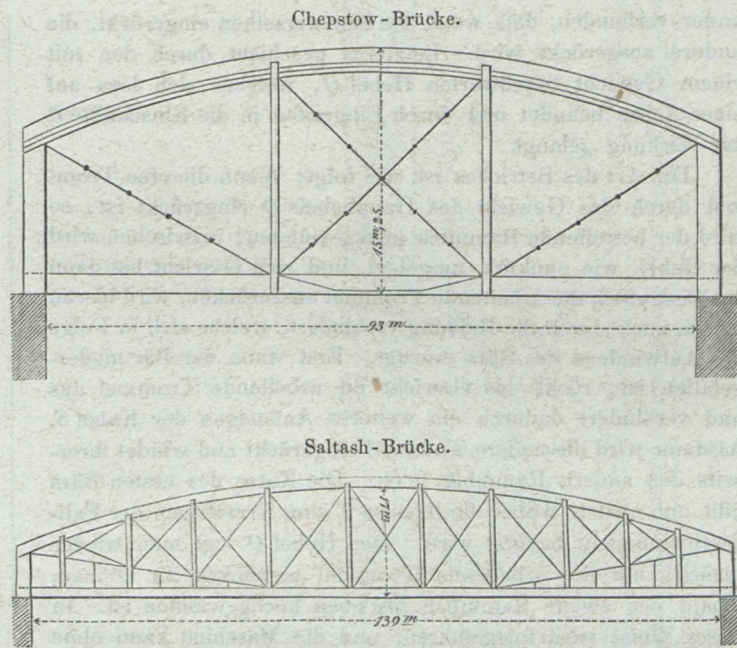


Fig. 8. Grundriss.

Das Geleise besteht aus Brunel'schen Schienen auf einer Unterlagsplatte, welche auf einem von Träger zu Träger reichenden Bohlenbelag ruht. Letzterer wird durch paarweise angeordnete eichene Langträger unterstützt und trägt eine 0,08 Meter starke Lage von Schotter zum Schutz gegen starke Temperaturveränderungen und Feuersgefahr.

Das Gewicht pro Meter Brückenbahn an Schienen, Schotter, Bohlen und Langträger ist . . . . . 2,8 Tons,  
 das Gewicht des Eisenwerks desgl. . . . . 3,422 -  
 also zusammen 6,22 Tons,  
 daher pro Meter Geleise . . . 3,11 Tons; inclus. einer zufälligen Last von . . . 4,00 - ergibt sich daher im Ganzen . . . . . 7,11 Tons pro Meter Geleise als das Gewicht, welches der Berechnung zu Grunde zu legen ist.

Schließlich noch die Bemerkung, daß die Brücke von Chepstow (Brunel 1850 bis 1852 auf der South-Wales-Eisenbahn) nach dem Bow-strings-System mit polygonalem Zugband und die Saltash-Brücke (Brunel, South-Devon-Eisenbahn bei Plymouth) mit gekrümmtem Zugband versehen ist.



## Dampframme von M. Scott und J. Robertson.

(Mit Zeichnungen auf Blatt B im Text.)

(Aus „The Civil Engineer and Architects Journal.“)

Unweit der Mündung des Flusses Blyth oberhalb der Einfahrt zu den neu projectirten Docks sollte eine Kaumauer aufgeführt werden, zu welchem Zwecke eine Reihe von Pfählen aus Ganzholz, mit einer Neigung von  $\frac{1}{2}$  und in Entfernungen von 8 Fuß, bis auf  $14\frac{1}{2}$  Fuß tief in den Erdboden einzurammen war. Hiervon 15 Fuß entfernt, war eine zweite Reihe von 8füßigen Pfählen, mit einer Neigung von  $\frac{1}{4}$ , bis zur Erdoberfläche dergestalt einzurammen, daß diese Pfähle mit den gegenüberstehenden der ersten Reihe durch Zuganker verbunden werden konnten.

Zwischen je 2 Pfählen der ersten Reihe sollten auf 10 bis 11 Fuß Tiefe Spundpfähle von 12 Zoll und 6 Zoll Stärke eingetrieben werden. Der Untergrund bestand mit Ausnahme einer Stelle, woselbst sich Kies vorfand, aus Sand, einem Boden, welcher Rammarbeiten große Schwierigkeiten darbietet, und lag zwischen 2 und 3 Fuß unter dem niedrigen Wasser der gewöhnlichen Springfluth, welche im Blythfluß beinahe 13 Fuß beträgt.

Zur Herstellung dieser Rammarbeiten wurde die auf Blatt B in Fig. 1 und 2 verzeichnete neue Dampframme gebraucht. Beim Entwurf derselben war im Gegensatz zu der bisher vorwaltenden Ansicht maßgebend gewesen, daß schnell auf einander folgende Schläge eines mächtig schweren Bäres mit geringer Fallhöhe weniger Erfolg geben, als verhältnißmäßig weniger Schläge bei großer Fallhöhe; ferner, daß es vortheilhaft sei, den Rammbar so schwer als möglich zu nehmen.

Es stellt Fig. 1 eine Seiten- und Fig. 2 die Vorderansicht der Ramme dar, welche bestimmt ist, immer gleichzeitig zwei vordere Pfähle und einen hintern Ankerpfahl einzutreiben. A, A sind zwei gewöhnliche Läuferuthen, welche in einem der Entfernung der Pfähle entsprechenden Abstände mit einander verbunden sind; dieselben hängen an Charnieren B dergestalt, daß ihnen die der Pfahlreihe entsprechende Neigung gegeben werden kann. Die Streben C dienen zur Feststellung der Ruthen;

diese, so wie die Charniere B, sind auf dem hölzernen Rahmen D befestigt, welcher auf dem Belage E der Rammstube liegt und nach vor- und rückwärts bewegt werden kann, je nachdem es die Neigung der Ruthen verlangt. Ist jedoch die Ramme in Arbeit, so wird der Rahmen D mit dem Belage E durch Bolzen befestigt. Zur Fortrückung des Rahmens D befinden sich an jeder Seite Räder F, unter welche abgeschrägte eiserne Keile geschoben werden, so daß eine kleine Umdrehung dieser Räder den Rahmen schon über den Belag der Rammstube erhebt, dadurch die bei einem Fortrücken des ersten zwischen beiden entstehende Reibung beseitigt und gleichzeitig die für eine richtige Stellung der Ruthen nöthige Verrückung ermöglicht. Demnächst werden die Keile G durch einen Hammerschlag hervorgetrieben.

Das untere Gerüst H besteht aus Holz, ist durch diagonale Streben kräftig mit einander verbunden und kann auf Schienegeleisen fortbewegt werden. Die Höhe desselben ist der Art, daß der Belag E nie vom Hochwasser erreicht wird. Die ganze Ramme wird längs der Schienen vermittelst Ketten fortbewegt, welche ober- und unterhalb an im Erdboden versenkte Schraubenanker befestigt sind; diese Ketten gehen über die am unteren Theil des Gerüsts befindlichen Rollen J aufwärts, und wickeln sich auf die Windtrommeln K, durch deren Umdrehung ein Anziehen resp. Nachlassen der Ketten bewirkt wird.

Das am hintern Theile der Maschine geneigt liegende Rahmwerk L ist zum Einrammen der Landpfähle bestimmt; seine Stellung läßt sich nicht weiter rectificiren, da kleine Ungenauigkeiten von keinem Belang sind.

In der Rammstube E ist eine locomobile Dampfmaschine M mit zwei Trommeln N, N aufgestellt, von denen eine jede in der üblichen Weise eine Ramme O betreibt. Die Trommeln sind mit Bremsen und mit losen Kuppelungen versehen, um sie aus- und einrücken zu können. Die in Fig. 3 nach größerem Maasstabe dargestellten Kuppelungen sind so mit ein-

ander verbunden, daß wenn die eine derselben eingerückt, die andere ausgerückt wird. Letzteres geschieht durch den mit einem Gewicht beschwerten Hebel  $Q$ , welcher sich lose auf einer Achse befindet und durch Eingreifen in die Einschnitte  $R$  zur Wirkung gelangt.

Die Art des Betriebes ist, wie folgt: Wenn die eine Trommel durch das Gewicht des Handhebels  $Q$  eingerückt ist, so wird der betreffende Rammbar hochgewunden; inzwischen wird der Hebel, wie punktiert, umgelegt, und sein Gewicht hat dann das Bestreben, die arbeitende Trommel auszurücken, wird hieran jedoch noch durch die Reibung verhindert, welche sich in Folge des Aufwindens des Bärs erzeugt. Erst wenn der Bär niedergefallen ist, rückt das Gewicht die arbeitende Trommel aus und verhindert dadurch ein weiteres Aufsteigen der Katze  $S$ . Alsdann wird die andere Trommel eingerückt und windet ihrerseits den andern Rammbar hoch. Die Katze des ersten Bärs fällt nun nieder, wobei die Bremse  $T$  zum Ermäßigen der Fallgeschwindigkeit benutzt wird. Den Hebel  $Q$  legt man wieder zurück, um die arbeitende Trommel auszurücken zu können, sobald der zweite Rammbar bis oben hochgewunden ist. In dieser Weise wird fortgefahren, und die Maschine kann ohne Aufenthalt fortarbeiten, da weder ein Anhalten noch ein Umstellen derselben nöthig ist.

Die zuerst angewendeten Kuppelungen und Bremsen gaben kein befriedigendes Resultat; deshalb wurden die mit den Kuppelungen zusammenhängenden Bremsen an den Trommeln  $N$  angebracht. Die in einander greifenden Flächen der Kuppelungen waren anfänglich normal zu deren Oberflächen; es konnte jedoch wegen der dann stattfindenden bedeutenden Reibung das Gewicht des Hebels  $Q$  die Ausrückung nicht schnell genug bewirken, sobald der Bär niedergefallen war, deshalb wurden jene Flächen im Verhältniß von 1:5 abgeschrägt, wie dies in Fig. 3 dargestellt ist. Nach diesen Abänderungen war die Leistung der Maschine durchaus zufriedenstellend.

Der Rammbar ist  $1\frac{1}{2}$  Tons schwer. Durch das Gewicht der Katze und durch die Reibung wird jedoch der Zug in der Kette bedeutend größer. Bei der großen Geschwindigkeit, mit welcher die Trommeln bewegt werden, würde keine Kette und kein Gerüst dem Zuge widerstehen können, welcher beim Aufwinden des Bärs ausgeübt wird. Um nun die Intensität dieses Zuges zu mildern, ist nach Fig. 4 eine Art Buffer angebracht. Es ist nämlich ein Cylinder  $U$  mit einem Kolben versehen, der oberhalb eine spiralförmige Feder hat, welche eine Kraft von  $1\frac{1}{2}$  Tons erfordert, um zusammengedrückt zu werden. Das Kolbenspiel beträgt  $4\frac{1}{2}$  Zoll, und indem die Kette um so viel hochgezogen werden muß, bevor der Bär zu steigen beginnt, wird die ausübende Kraft allmähig bis auf  $1\frac{1}{2}$  Tons gesteigert. Während des Aufstehens des Bärs bleibt die Feder zusammengedrückt; da jedoch der Bär nach Erreichung seines höchsten Standes plötzlich ausklinkt, so würde durch das Zurückschnellen einer so kräftigen Feder wahrscheinlich der Boden des Cylinders beschädigt werden. Um diesem vorzubeugen, wird durch eine im Boden des Cylinders angebrachte kleine Oeffnung Luft hineingelassen und so für den Kolben eine Art Kissen gebildet. Die Oeffnung ist so bemessen, daß die zum Aufsteigen des Bärs erforderliche Zeit zur Füllung des Cylinders gebraucht wird, während hingegen die Luft nicht in einem Augenblick entweichen kann. Die Herstellung eines Vacuums unterhalb des Kolbens und die Zusammendrückung der Luft oberhalb desselben unterstützen also die Wirkung der Feder.

Die Pfähle werden in Flößen zur Verbrauchsstelle gebracht. Die Rammbare werden oberhalb an durch die Ruthen  $A$  gesteckte Bolzen befestigt. Die Ketten werden losgelöst und an den Pfahl befestigt, welcher nun durch die Betriebsmaschine

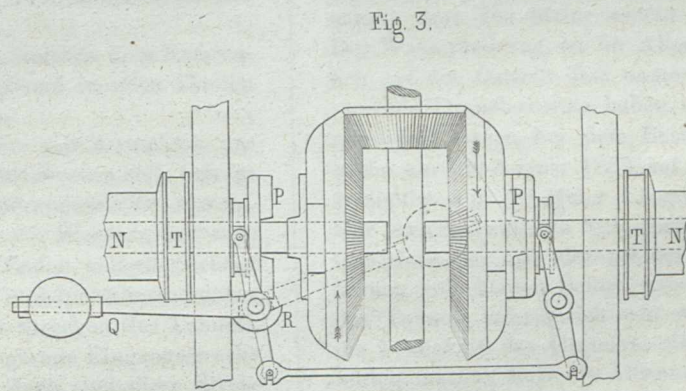
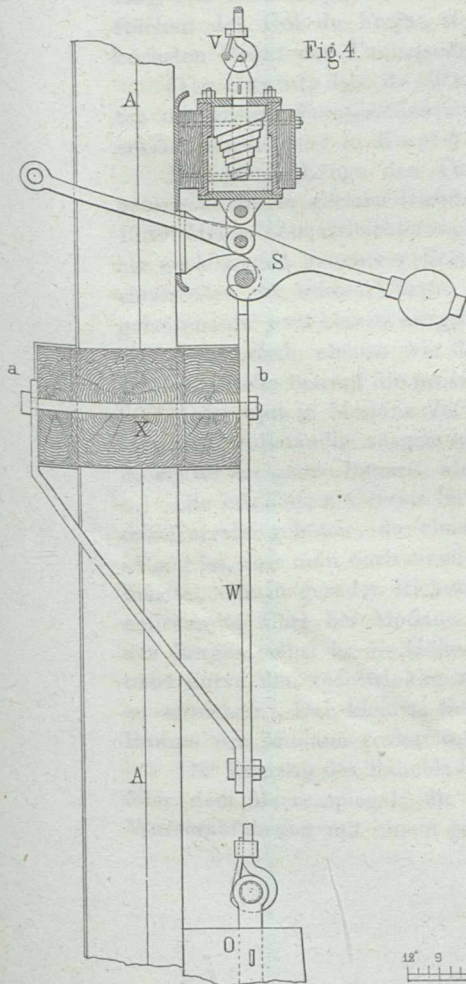
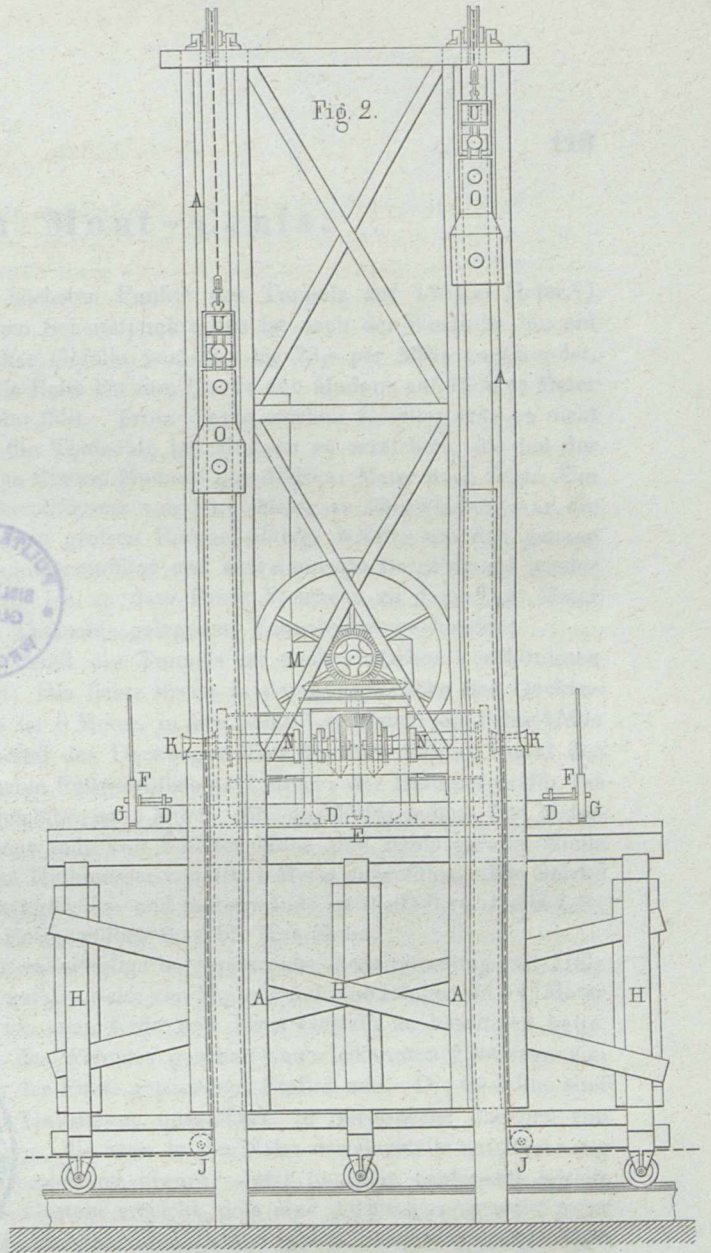
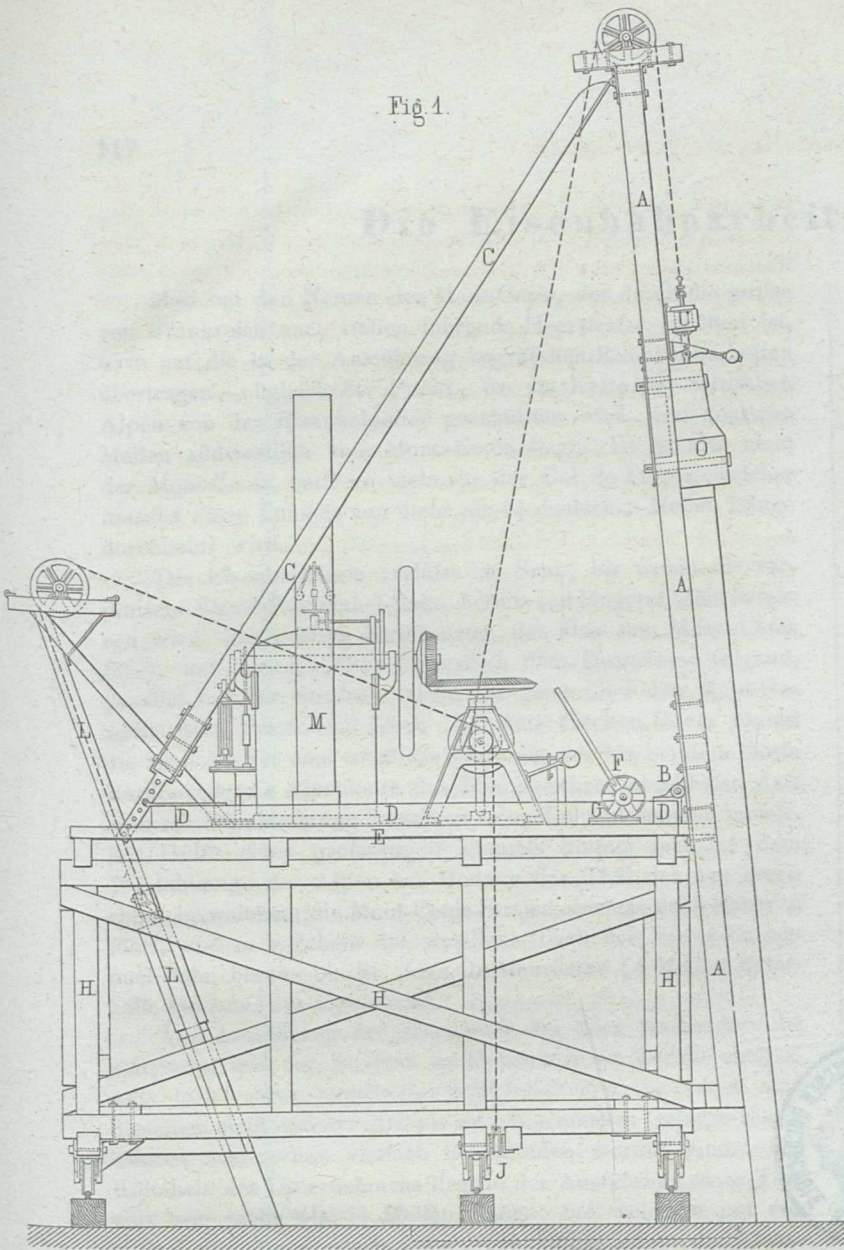
hochgezogen und an die betreffende Stelle gebracht wird. Die leichte und schnelle Vollführung dieser Arbeit hängt jedoch gewissermaßen von der zweckmäßigen in Fig. 6 dargestellten Form des Hakens  $V$  ab, welcher die Kette mit der Katze  $S$  verbindet. Ein solcher Haken läßt sich leicht loslösen und gewährt dennoch bedeutende Sicherheit; er schützt auch gegen unzeitige Lösungen, welche durch einen Stofs nach oben herbeigeführt werden könnten.

Wenn man Spundwände tiefer als die Führungspfähle einzurammen hat, und dazu andere Dampframmen, wie z. B. die Nasmyth'sche gebraucht, so muß man sich eines Aufsetzers, einer „Jungfer“ bedienen, wodurch jedoch ein großer Theil des Effects der Ramme verloren geht. Bei dieser neuen Maschine bedarf man der Jungfer nicht, denn man hat nur die Stellung der Katze umzudrehen und sie nach außen anstatt nach innen vorstehen zu lassen, um das Rahmwerk frei zu bekommen und den Bär bis auf den Boden fallen zu lassen. Dasselbe kann man auch erreichen, wenn man nach Fig. 4 und 5 die Katze mit dem Bären durch eine lange Stange  $W$  mit einer Führung  $X$  verbindet; es ist jedoch diese Anordnung nicht empfehlenswerth.

Durch Anwendung der oben beschriebenen Ramme wurden alle Schwierigkeiten umgangen, welche sich beim Gebrauche anderer sonst üblichen Rammen ergeben haben würden. Das Einrammen der Pfähle mittelst der gewöhnlichen Ramme würde viel Zeit erfordert haben, denn einmal arbeitet es sich mit derselben nur langsam, und dann würde auch nur die Zeit der Ebbe haben benutzt werden können. Wegen der stattfindenden Tide konnte eine gewöhnliche Dampfmaschine zur Bewegung der Trommeln einer Handramme auch nicht benutzt werden. Ebenso wenig eigneten sich für den vorliegenden Fall die Dampframmen von Nasmyth und Morrison; denn man hätte ihrer Schwere wegen entweder ein starkes Gerüst errichten oder behufs ihrer Aufstellung noch besondere Pfähle einrammen müssen.

Die Kosten der neuen Ramme betragen etwa nur ein Viertel der Kosten der oben aufgeführten Rammen; ihr Gewicht ist auch nur gleich deren viertem Theil. Was ihre Leistung betrifft, so wird diese Ramme meistens ebensoviel, jedoch billiger und besser arbeiten. Das Aufwinden und Einrammen der Pfähle, so wie das Fortrücken der Ramme selbst wird durch eine Maschine von 4 Pferdekräften bewirkt, während sonst zwei kräftigere und vollkommen getrennte Maschinen gebraucht werden. Obgleich letztere pro Minute mehr leisten, so ist ihre tägliche Leistung doch nicht sehr bedeutend, namentlich weil ihre Fortbewegung viel Zeit in Anspruch nimmt. Es hat sich dies neuerdings durch die Thatsache bestätigt, daß eine Nasmyth'sche Ramme einen Pfahl in 20 Minuten, und täglich doch nur 10 Pfähle einrammte. Soviel kann die neue Ramme täglich mit Leichtigkeit leisten; dabei werden die Pfähle mit großer Genauigkeit eingetrieben und zeigen an den Köpfen nach Entfernung des Ringes keinerlei Absplitterungen. Auch in Bezug auf Feuerungsmaterial gewährt die neue Maschine Ersparnisse, da sie ohne Unterbrechung im Betriebe ist, während andere Maschinen stets in Dampf gehalten werden müssen und täglich nur etwa 3 Stunden arbeiten. Es giebt jedoch auch Fälle, in denen die beschriebene Maschine nicht den Vorzug verdient, so z. B. wenn viele Pfähle in einem begrenzten Raume eingeschlagen werden sollen.

Es ist zunächst nur eine derartige Ramm-Maschine erbaut worden; dieselbe kostete incl. der locomobilen Dampfmaschine und incl. der 3 Rammvorrichtungen ca. 450 £. Wie hoch sich die Kosten für das Einrammen eines Pfahles gestellt haben, war zur Zeit noch nicht ermittelt.



Durchschnitt nach ab, Fig. 4.

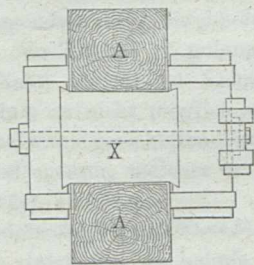
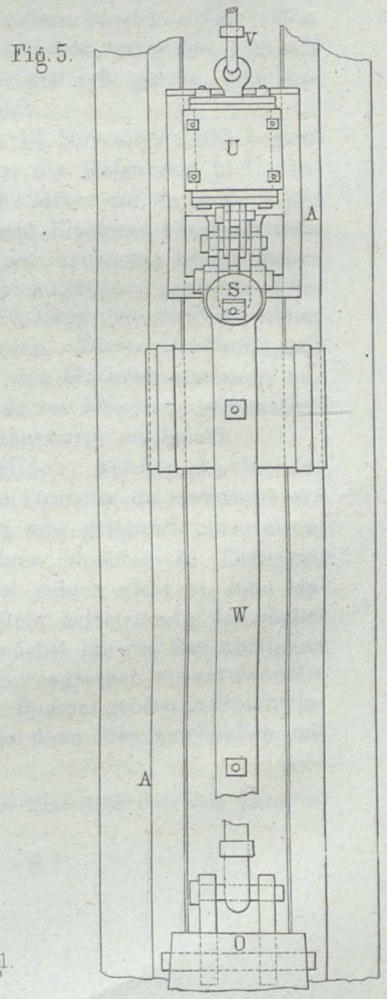
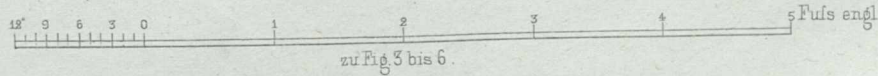
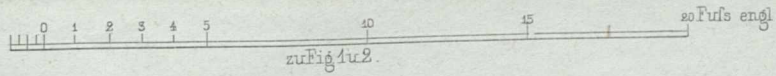
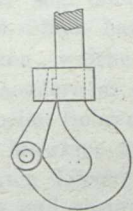


Fig. 6



## Die Eisenbahnarbeiten am Mont-Cenis.

Man hat den Namen des Mont-Cenis, der durch die große von Frankreich nach Italien führende Heerstraße berühmt ist, auch auf die in der Ausführung begriffenen Eisenbahnarbeiten übertragen, obgleich der Punkt, wo die Kette der cottischen Alpen von der Eisenbahnlinie geschnitten wird, drei deutsche Meilen südwestlich vom Mont-Cenis liegt. Es ist also nicht der Mont-Cenis, sondern vielmehr der Col de Frejus, welcher mittelst eines Tunnels von mehr als  $1\frac{1}{2}$  deutschen Meilen Länge durchbohrt wird.

Die Eisenbahnlinie verläßt bei Susa, bis wohin die sardinische Victor-Emmanuel-Bahn bereits seit längerer Zeit befahren wird, den großen Straßenzug, der über den Mont-Cenis führt, und wendet sich südwestlich dem Doireffusse folgend, parallel mit der Straße, welche von Susa über den Mont-Genèvre nach Frankreich führt. Bei dem Flecken Houlx nimmt die Linie wieder eine westliche Richtung an, bis bei dem Dorfe Bardonnèche die Alpenkette das Thal so schroff abschließt, daß man zur Durchbohrung derselben seine Zuflucht nehmen mußte. Mit Hilfe eines großartigen Tunnels konnte man an dem Westabhange der Alpen bei Modane das Thal des Arc erreichen, in welchem die Mont-Cenis-Straße abwärts nach Savoyen führt, und in welchem der westliche Theil der Victor-Emmanuel-Bahn bereits bis St. Jean de Maurienne (4 Meilen unterhalb Modane) im Betrieb ist.

Die Ausführung der Eisenbahn von Susa bis Bardonnèche einerseits, und von St. Jean de Maurienne bis Modane andererseits bietet zwar mancherlei Schwierigkeiten dar, doch sind dieselben nicht anderer Art, als sie bei deutschen Gebirgs-Eisenbahnen auch schon vielfach überwunden worden sind. Die Kühnheit des Unternehmens liegt in der Ausführung eines Tunnels von mehr als  $1\frac{1}{2}$  Meilen Länge, bei welchem nur von beiden Enden aus gearbeitet werden kann, indem die Abteufung von Förderungsschächten nicht wohl möglich ist, da der Rücken des Col de Frejus sich noch 1195 Meter über den höchsten Punkt des Tunnels erhebt.

Die Grundzüge des Projects, welches dem Referenten mit großer Bereitwilligkeit vorgelegt und in allen Theilen erklärt wurde, sind in Kurzem folgende:

Die ganze Länge des Tunnels, der mit Ausnahme der beiden Enden in gerader Richtung geführt werden soll, beträgt 12595 Meter. Zur Erleichterung der Förderungsarbeiten sowohl, als auch wegen genauerer Bestimmung der Richtung hat man einstweilen die beiden Curven an den Enden unberücksichtigt gelassen; die jetzt bereits ausgeführten Tunnelportale sind daher nur provisorisch, ebenso wie die ersten Strecken des Tunnels. In Bardonnèche beträgt die provisorische gerade Eingangsstrecke 200 Meter und in Modane 260 Meter; doch sind diese Strecken auch vollständig ausgemauert und profilmäßig ausgeführt, da sie für die ganze Bauzeit, also etwa 10 Jahre dienen müssen.

Die erwähnten Curven für die definitive Bahn sind durch das Terrain geboten, da einerseits bei Bardonnèche das Thal so eng ist, daß man noch einen vorliegenden Berg durchbohren mußte, um in gerader Richtung in den Tunnel zu gelangen; andererseits führt bei Modane die Bahn am steilen Abhange des Berges selbst in die Höhe, so daß es nicht möglich war, ohne Curve den rechtwinklig zur Thalwand gerichteten Tunnel zu erreichen. Der kleinste Curvenhalbmesser, welcher bei der Rampe von Modane vorkommt, beträgt 300 Meter.

Der Eingang des Tunnels in Bardonnèche liegt 1740,60 Meter über dem Meeresspiegel; die Bahn steigt von da behufs der Wasserabführung mit einem geringen Gefälle von 0,5 per Mille

bis zum höchsten Punkte des Tunnels auf 1751,00 Meter.\*) Von diesem Scheitelpunkte aus ist nach der Westseite hin ein sehr starkes Gefälle von 22,8 bis 23,0 per Mille angewendet, so daß die Bahn bis zum Entrée von Modane auf 1606,68 Meter Meereshöhe fällt. Trotz dieses starken Gefälles war es nicht möglich, die Thalsohle bei Modane zu erreichen, die bei der projectirten Station Modane nur 1520,81 Meter hoch liegt. Um diese Höhendifferenz von 85,87 Meter zu überwinden, war die Anlage einer großen Rampe nöthig, welche um den ganzen Ort Modane herumführt und sich dann am Bergabhange wieder thalabwärts bis zu dem Dorfe Fourneau zu dem 85,87 Meter über der Thalsohle gelegenen Tunnelleingange hinzieht.

Das Profil des Tunnels ist nach einfachen Verhältnissen construiert: Die lichte Breite in der Kämpferhöhe des Deckengewölbes ist 8 Meter, in der Sohle 7,60 Meter; die lichte Höhe vom Scheitel des Deckengewölbes bis zum tiefsten Punkt des umgekehrten Fußgewölbes ist 7 Meter; der Halbmesser für das Deckengewölbe ist 4 Meter, für das Fußgewölbe 7,72 Meter. Die Seitenwände von 2 Meter Höhe sind theils gerade, theils mit einem Halbmesser von 10,10 Meter ausgeführt. Die Stärke der Deckengewölbe und Seitenwände ist theils 0,80, theils 1,00, die des Fußgewölbes 0,50 bis 0,60 Meter.

Eine vollständige bergmännische Auszimmerung mit Holz war nur auf der Seite von Modane auf eine Länge von 149 Meter nöthig, wo man Erde und loses Gestein zu beseitigen hatte. Die Art des Abbaues geschah nach bekannten Systemen von einem in der Firste getriebenen Stollen aus. Die Gewölbe sind hier von Hausteinen ausgeführt, in Bardonnèche dagegen von Backsteinen, die man in der Nähe der Baustelle auf Rechnung der Bauverwaltung brennt. Jetzt hat man beiderseits bereits so festes Gestein erreicht, daß eine Ausmauerung nicht mehr nöthig ist und man den Tunnel gleich in seinem vollständigen Profil aussprengen kann. Das Gestein ist eine Art Schiefer, der sehr reichlich mit festen Quarzadern durchsetzt ist. (Man nannte dort den Stein: *roccia schiustusa mista con quarzo*.) Der Wasserzudrang ist im Allgemeinen sehr gering, namentlich auf der Ostseite fast unmerklich.

Die Tunnelarbeiten haben am 14. November 1857 begonnen, und waren bei dem Besuche des Referenten in Bardonnèche am 25. August 1860 auf 682 Meter und in Modane am 1. Septbr. auf 285 Meter Länge vom Eingange vorgeschritten. Der durchschnittliche Fortschritt pro Arbeitstag betrug bisher 0,70 Meter, so daß hiernach bei gleichmäßiger ungestörter Förderung von beiden Seiten circa 25 Jahre bis zur Vollendung des Tunnels erforderlich sein würden. Dieser Umstand, und die Festigkeit des Gesteins, die eine Holzauszimmerung unöthig machte, liefs die Anwendung von Maschinen zur raschen Förderung der Arbeit wünschenswerth erscheinen.

Der Herr Chevalier Sommeiller, welcher als Ober-Ingenieur die Durchbohrungsarbeiten (*travaux du percement des alpes*) leitet, ist der Erfinder der sehr geistreich construirten Bohrmaschinen, die binnen einigen Monaten in Thätigkeit kommen sollen. Man hat hierbei jedoch nicht an eine Maschine zu denken, welche den Stein selbstständig losarbeitet und beseitigt, sondern es soll zunächst nur die Handthätigkeit der Arbeiter beim Bohren der Sprenglöcher ersetzt werden. Diese von der Maschine mit einer fünfmal größeren Geschwindigkeit gebohrten Löcher werden dann wie gewöhnlich mit Pulver geladen und gesprengt.

\*) Der Gipfel des Col de Frejus ist 2946 Meter über dem Meere erhaben.

Die Bohrmaschinen, in den Werkstätten von John Cockerill in Seraing in Belgien ausgeführt, sind bereits auf der Baustelle angelangt, und man ist damit beschäftigt, sie aufzustellen. Da es unmöglich ist, ohne specielle Zeichnungen eine deutliche Anschauung dieser Maschinen zu geben, so kann hier nur im Allgemeinen ihre Construction angedeutet werden. \*)

Auf zwei gewöhnlichen Eisenbahngeleisen werden zwei eiserne Gestelle, fast einem Webstuhl ähnlich, nur im Querprofil ungefähr so groß wie ein Personenwagen, am Ort der Arbeit aufgestellt, und auf den Schienen befestigt. Diese Gestelle dienen als Träger für je 8 bis 12 Bohrmaschinen. Die Art des Bohrens scheint für den ersten Augenblick sehr einfach, doch liegt die Schwierigkeit darin, daß die Bohrer nicht etwa bloß parallel nach vorn, sondern in allen denkbaren Richtungen, nach den Seiten, nach oben und unten, je nach dem Urtheil des leitenden Bergmannes und angemessen der Richtung des Gesteins, arbeiten müssen. Die Supporte der Bohrmaschinen sind daher in dem erwähnten Eisengestell nach allen Seiten verschiebbar und drehbar.

Die Arbeit der Maschine selbst ist ähnlich der des bohrenden Handarbeiters, nur erfolgen die Stöße des Bohrers mit viel größerer Geschwindigkeit. Diese Gewindigkeit soll 250 bis 300 Stöße pro Minute betragen. Zugleich wird der Bohrer langsam um seine Axe gedreht. Sehr zeitraubend ist bei der Handarbeit das häufige Herausziehen des Bohrers behufs der Reinigung des Bohrloches. Bei den Maschinen soll dies dadurch vermieden werden, daß ein Wasserstrahl durch den Bohrer selbst eingeführt wird, welcher das Bohrloch fortwährend ausspült, so daß am Schluß der Maschinenarbeit das Loch von dem Arbeiter nur mit Werg oder einem Lappen ausgetrocknet zu werden braucht, um es sofort mit Pulver laden zu können.

Man hofft mit Hilfe der Maschinen in 8 Jahren mit dem Tunnel fertig zu werden, wobei zwei Jahre auf unvorhergesehene Zufälle gerechnet sind. Im günstigsten Falle würde also bereits in 6 Jahren das große Werk vollendet sein.

Die Förderung des gelösten Gesteins geschieht durch Maulthiere auf 2 Eisenbahngeleisen. Da der Tunnel sogleich in seinem ganzen Profil ausgearbeitet wird, haben diese Geleise und die entsprechenden Förderwagen die Dimensionen einer gewöhnlichen Eisenbahn.

Zur Heranschaffung der verschiedenen Baubedürfnisse aus dem Thal von Modane bis hinauf zu dem Tunnelleingange hat man eine schiefe Ebene direct ins Thal geführt. Die Kraft zum Heraufziehen der Lasten gewinnt man durch das Wasser dreier Quellen, welches, in geschlossene Wasserwagen gefüllt, durch sein Uebergewicht die Lastwagen an einem Drahtseile heraufziehen soll. Diese Einrichtung ist noch im Bau begriffen.

Eine künstliche Ventilation des Tunnels ist bis jetzt noch nicht nöthig geworden.

Die Bewegung der Bohrmaschinen soll durch comprimirt Luft erfolgen, die gleich wie Dampf in einem kleinen Cylinder auf den Kolben wirkt, an dem der Bohrer befestigt ist. An die Anwendung von Dampfkraft zum Betrieb dieser Maschinen war nicht zu denken, da zur Aufstellung locomobiler Dampfkessel im Tunnel selbst der Platz fehlt, und eine meilenlange Dampfleitung in Röhren, oder eine ebenso lange Uebertragung der bewegenden Kraft von einer außerhalb des Tunnels aufgestellten Maschine nicht ausführbar war.

Um die Luft zu comprimiren, wendet man den hydrostatischen Druck des Wassers an. In Bardonnèche hat man zur Gewinnung des nöthigen Gefälles einen Bach, etwa 3 Kilometer oberhalb des Maschinenhauses durch eine Wehranlage

aufgestaut, und das Wasser in einem größtentheils gemauerten und mit Steinplatten bedeckten Graben in ein oberhalb des Maschinenhauses an der steilen Berglehne gelegenes Reservoir geleitet. Die ganze Anlage ist sehr solide ausgeführt und dürfte wohl für längere Zeit, als die Bauzeit berechnet sein. Die spätere anderweitige Benutzung der gewonnenen Wasserkraft kann zur Tilgung des Anlagecapitals benutzt werden. Ein kleiner Theil des disponiblen Wassers treibt jetzt schon mit 26 Meter nutzbarem Gefälle eine Turbine zur Bewegung der Drehbänke, Hobelmaschinen etc. in der Maschinenwerkstatt.

Von dem erwähnten Reservoir aus soll das Betriebswasser in der Weise zur Verdichtung der Luft benutzt werden, daß es in schräg liegenden gußeisernen Röhren von etwa 2 Fuß Durchmesser nach dem Maschinenhause herunterfällt und in einer communicirenden verticalen Röhre in die Höhe zu steigen sucht. Diese letztere Röhre ist durch Ventile mit der Luft in Verbindung; sobald das Wasser eintritt, schließen sich diese Ventile, die Luft wird durch den Druck der Wassersäule comprimirt und tritt durch andere Ventile in ein Luftreservoir von der Form eines cylindrischen Dampfkessels ein. Hat das Wasser in dieser Weise gewirkt, so fällt es durch ein Bodenventil in der verticalen Röhre fort, und es tritt wieder Luft an seine Stelle, die durch eine folgende Wassersäule verdichtet wird. Dieses Spiel des Wassers wiederholt sich 4 bis 5 mal in der Minute. Das Oeffnen und Schließen der Ventile erfolgt durch die Maschine selbst.

Um in dem Luftreservoir die Luft in der zum Betriebe der Bohrmaschine erforderlichen Spannung von 4 bis  $4\frac{1}{2}$  Atmosphären zu erhalten, steht dieselbe unter dem Druck einer Wassersäule von der erforderlichen Höhe. Zu diesem Zwecke führen Röhren aus den Luftkesseln nach einem höher am Bergabhänge gelegenen Bassin, welches die entsprechende Wassersäule liefert.

Es sind für beide Tunnelenden je 10 solcher Luftverdichtungsapparate bestimmt; in Bardonnèche waren fünf derselben bereits aufgestellt. Die comprimirt Luft wird in gußeisernen Röhren von etwa 6 Zoll Durchmesser nach dem Tunnel hingeleitet und innerhalb desselben an beiden Seitenwänden in der Kämpferhöhe fortgeführt bis an den Arbeitsort.

Zur größeren Sicherheit für unvorhergesehene Fälle wird man außerdem noch 4 Reserveluftpumpen gewöhnlicher Construction aufstellen.

Bei der Maschinenanlage in Modane war das nöthige natürliche Gefälle des Wassers nicht zu erlangen. Man konnte das Wasser des Areflusses daher nur mittelbar zur Luftverdichtung benutzen, indem man 6 Wasserräder projectirte, die ebensoviel große Pumpen treiben werden. Das Wasser wird dadurch künstlich auf die erforderliche Höhe gehoben und kann dann von einem Reservoir aus dieselbe Wirkung ausüben wie in Bardonnèche. Man hatte gegenwärtig (am 2. Septbr. 1860) in Modane erst mit dem Bau der Wasserräder begonnen, und auch von den Luftverdichtungsapparaten war noch keiner aufgestellt. Für die Baustelle in Modane ist daher der Zeitpunkt für die Inbetriebsetzung der Bohrmaschinen noch nicht so nahe wie in Bardonnèche, wo man bis Ende October d. J. in Gang kommen will.

Das reisende Publicum sieht mit großer Sehnsucht der Vollendung des großen Werkes entgegen, da die Reise im Postwagen über den Mont-Cenis von Susa bis St. Jean im günstigsten Falle 9 bis 10 Stunden dauert, im Winter aber ganz unzuverlässig und selbst gefährlich ist. Außerdem ist trotz der sehr hohen Fahrpreise (25 Francs für die 90 Kilometer lange Strecke, das ist  $16\frac{1}{2}$  Silbergroschen für die preuß. Postmeile) die Zahl der Passagiere für die Diligencen auf 3 Wagen beschränkt, die sehr oft nicht ausreichen. J. Krieg.

\*) Vergl. Jahrg. VIII, S. 230 und S. 297 u. f.



## Mittheilungen aus Vereinen.

### Verein für Eisenbahnkunde zu Berlin.

Verhandelt Berlin, den 8. Mai 1860.

Vorsitzender: Herr Hagen.

Schriftführer: Herr Schwedler.

(Hierbei Zeichnungen auf Blatt C und D im Text.)

Eingegangen waren:

1) der Jahres-Bericht der großherzogl. Badenschen Eisenbahnen pro 1860,

2) der Jahres-Bericht der Anhaltischen Eisenbahnen pro 1860,

3) von Herrn Hauchecorne in Cöln die statistischen Uebersichts-Tabellen über die Betriebs-Ergebnisse der verschiedenen deutschen und ausländischen Eisenbahnen pro 1858, ferner

ein Exemplar des belgischen *Compte rendu* über die Ergebnisse der Staatsbahn pro 1858 und

ein Exemplar des *Rapports* über den Betrieb der französischen Nordbahn pro 1858.

Der Vorsitzende überwies diese Gegenstände der Vereins-Bibliothek und sprach den Einsendern den Dank des Vereins aus.

Herr Weishaupt erstattet Bericht über das Ergebnis der Berathung der in voriger Sitzung erwählten Commission, betreffend die Beschleunigung des Abdrucks der *Protocolle* des Vereins.

Die Commission findet eine Beschleunigung gerechtfertigt, kann sich jedoch nicht dafür erklären, der Zeitschrift für Bauwesen, welche in 1800 Exemplaren verbreitet wird, die *Protocolle* zu entziehen und den Abdruck auf Kosten des Vereins nur für die Mitglieder mit einem Mehrkostenaufwande von 200 Thlr. pro Jahr besonders zu bewirken. Zur Beschleunigung des besonderen Abdrucks für die Mitglieder hat sich dagegen die Redaction der Zeitschrift für Bauwesen bereit erklärt, diesen Abdruck durch das eventuelle spätere Erscheinen der nächsten Hefte ihrer Zeitschrift nicht zu verzögern, sondern in diesen Fällen früher zu veranlassen.

Der Verein ist mit dieser Einrichtung einverstanden. —

Herr Klein hält darauf einen Vortrag über eine Entgleisung eines achtradrigen Personenwagens beim Passiren einer Weiche auf dem Bahnhofe Colberg, und giebt als Ursache das nicht vollständige Anschließen der Weichenzunge bei Schneewetter an. Derselbe knüpft daran eine Uebersicht der Verhältnisse der Hinterpommerschen Eisenbahn.

Herr Hennig erläutert verschiedene Mängel der Louis Stösger'schen Rauchverzehrs-Vorrichtung an Locomotiven.

Bei derselben wird durch einen senkrecht stehenden Thoncylinder in der Mitte des Rostes von unten Luft in die Heizkammer gelassen. Es sei indessen die Luftzuführung allein zur Rauchverbrennung nicht hinreichend, es muß auch noch ein glühender Körper zur Entzündung des Rauchs vorhanden sein, da beim Aufgeben von neuem Brennmaterial es an der erforderlichen Hitze fehlt.

Außerdem nimmt dieser Thoncylinder ein Siebentel der Rostfläche fort, und veranlaßt somit ein höheres Aufschütten der Kohlen zur Seite, wodurch der Luftzug erschwert wird. Derselbe kühlt das umliegende Brennmaterial zu stark ab, und erschwert den Arbeitern den Eintritt durch den Rost in die Heizkammer.

Andere Einrichtungen haben auf der Anhaltischen Bahn

bessere Erfolge gehabt. Dieselben bestehen in Luftzutritts-Oeffnungen in der Vorder- und Hinterwand der Heizkammer, verbunden mit über denselben im Innern angebrachten Schirmen aus Eisenblech, oder bei schweren Zügen mit durchbrochenen Gewölben aus Chamottsteinen. Diese Einbauten veranlassen nicht nur ein Circuliren der zugeführten kalten Luft in der Heizkammer, sondern sie geben auch die zur Verbrennung des Rauchs beim Aufgeben von Brennmaterial erforderliche Wärme ab.

Die wesentlichen Daten des vorstehend aufgeführten Vortrages sind noch nachstehend vom Vortragenden aufgezeichnet:

In jüngster Zeit werden mannigfache Vorrichtungen zur Verbrennung des Rauchs, welcher sich bei Anwendung der Steinkohlen zur Heizung der Locomotiven in letzteren entwickelt, angewendet und in Vorschlag gebracht. So theilte vor Kurzem der Ingenieur L. Stösger zu Breslau den Bahnverwaltungen einen von ihm construirten Rauchverbrennungs-Apparat mit, dessen Construction im Wesentlichen in Fig. 1, 2 und 3 der auf Blatt C beigefügten Skizzen dargestellt ist.

An den Rostbalken *a, a* sind mittelst der Bolzen *b, b* zwei eiserne Tragbalken *c, c* gehängt, die den gußeisernen Rohrstützen *d* tragen. Auf dem oberen Rande des Rohrstützen unmittelbar über dem Roste liegen Ringe *e, e* aus Chamottmasse gefertigt, die durch eine eiserne Platte *f* abgedeckt und mittelst der Schrauben *g, g* mit dem Rohrstützen verbolzt sind. Eine schmiedeeiserne kugelförmig gebogene Blechplatte *h*, ruhend auf dem Bolzen *k*, deckt die innere Oeffnung der Chamottringe, jedoch so, daß zwischen diesen Ringen und der Blechplatte noch eine ringförmige Oeffnung verbleibt, damit die durch das Blechrohr *l* von außen eintretende Luft durch die Chamottringe, die Chamottringe und jene Oeffnung in den Feuerraum gelangen kann.

Vermittelst einer Klappe *m* läßt sich die Oeffnung des Blechrohres vom Führerstande aus schließen. Wenngleich dieser Apparat zur Rauchverbrennung bemerkbar beiträgt, so steht derselbe doch anderen bereits bekannten gleichartigen Vorrichtungen in Wirkung nach.

Zunächst genügt es, um Rauch zu verbrennen, nicht allein, frische Luft dem Rauch zuzuführen, sondern man muß auch demselben gleichzeitig glühende Körper, an denen sich derselbe entzünden kann, darbieten. Der Apparat führt aber nur erwärmte Luft in den Feuerraum. Anderntheils verkleinert der Apparat die ohnehin für Kohlenfeuerung zu kleine Rostfläche bedeutend, zwingt den Führer den freibleibenden Raum höher mit Kohlen zu beschütten und zwar um so viel, als der Apparat Brennstoff verdrängt, und erschwert die Reinigung der Roste.

Zweckentsprechender ist die auf der Berlin-Potsdamer-Bahn angewandte Vorrichtung, welche auf Blatt C in Fig. 6 und 7 dargestellt ist. Die erforderliche Luft kann hier durch die in den Wänden der Feuerbuchse eingesetzten Rohrstützen *a, a* von außen in den Feuerraum strömen, sobald der vorgelegte Schieber *b* geöffnet ist. Eine gebogene starke gußeiserne Platte *c* soll einestheils die kleinen Kohlenstückchen hindern, durch die Feuerrohre zu fliegen, anderntheils beitragen, den aufsteigenden Rauch zu entzünden, bevor derselbe in die Feuerrohre strömt. Wenn indess in der Feuerbuchse ein intensives Feuer unterhalten werden muß, schmilzt diese Platte sehr leicht. Ich habe deshalb diese Platte in den Güterzug-Loco-

motiven auf der Berlin-Anhaltischen Bahn durch ein Chamottmauerwerk, wie aus Fig. 4 und 5 auf Blatt C ersichtlich, ersetzt. Dasselbe erfüllt den erwähnten Zweck der gusseisernen Platte vollständig, und ist bedeutend dauerhafter als jene. Wenn gleich das Chamottgewölbe die Reinigung der Rohrwand erschwert, so ist eben diese Reinigung um so weniger nothwendig, als die glasigen Schlackentheile sich nicht an die Rohrwand, sondern an das Gewölbe absetzen, und erstere vollständig rein bleibt.

Es führt dieser Umstand auch den Vortheil mit sich, daß die Umbötelungen der Rohre weniger leicht verbrennen, als dies ohne die Wand der Fall ist.

Die Rauchverbrennung wird durch die letzterwähnten Vorrichtungen in genügender Weise erreicht, wenn der Locomotivführer mit einiger Aufmerksamkeit das Feuer unterhält und der zu befördernde Zug nicht eine sehr forcirte Dampfproduction erheischt.

Eine einfachere Vorrichtung, den Rauch theilweis zu verbrennen, besteht darin, daß man durch die Feuerungsthür eine gebogene Blechplatte *p* Fig. 2 steckt, die bis zur Mitte der Feuerbuchse reicht. Durch die in der Thür angebrachten Luftlöcher strömt die Luft, an der Platte sich erwärmend, entlang in den Feuerraum und soll mit Hilfe der glühenden Platte den aufsteigenden Rauch entzünden. Die angestellten Versuche aber erwiesen, daß durch diese Vorrichtung der Rauch nicht genügend beseitigt werden kann. —

Herr Klewitz schließt hieran den nachstehend im Original mitgetheilten Vortrag über Feuerung der Locomotiven mit Steinkohlen:

Auf der Berlin-Potsdam-Magdeburger Eisenbahn wurden bis zur Mitte vorigen Jahres die Locomotiven nur mit Coaks geheizt, seitdem aber ist mit aller Energie in der Einrichtung der Maschinen zur Kohlenheizung vorgegangen worden, so daß jetzt fast sämtliche Maschinen mit Kohlen geheizt werden. Nur die Schnellzug-Maschinen und zwei Rangir-Maschinen werden noch mit Coaks geheizt und zwar lediglich deshalb, weil die bis jetzt zur Disposition stehende Kohle nur gesiebt verwendet werden kann und der sich ergebende Abfall vercoakt werden muß. Sobald es gelingt, eine gute Stückkohle zu erlangen, werden auch diese Maschinen mit Kohlen geheizt werden. Die Einrichtung der Maschinen ist in dem vorangegangenen Vortrage des Herrn Hennig beschrieben worden, und wird dazu nur noch bemerkt, daß allerdings die gusseisernen Schirme, welche unterhalb der Rohre angebracht sind, sehr leicht verbrennen, und daher der Anfang gemacht ist, statt dieser Schirme von Gufseisen Gewölbe von Chamott einzuführen. Dieselben sind 5 Zoll stark und stehen 13 Zoll vor der Rohrwand vor.

|                           | ungekuppelte Maschinen |
|---------------------------|------------------------|
| im I. Quartal 1859 Coaks: | 951700 Pfd.            |
| - - - 1860 Kohlen:        | 876175 -               |

es hat also ihre Befuerung gekostet

|                     |                           |
|---------------------|---------------------------|
| im I. Quartal 1859: | 13829 Thlr. 13 Sgr. — Pf. |
| - - - 1860:         | 8065 - 1 - 4 -            |

und sind daher erspart 5764 Thlr. 11 Sgr. 8 Pf.

Die Ersparniß wird voraussichtlich im ganzen Jahre eine noch verhältnißmäßig viel größere sein, da die Frequenz und also auch der Material-Verbrauch in den übrigen Quartalen des Jahres sich gewöhnlich steigert. Man kann daher mit einiger Sicherheit auf eine Ersparniß von etwa 25000 Thlr. pro Jahr rechnen.

Wie es scheint, so findet im Uebrigen auch eine weitere Ersparniß durch die geringe Abnutzung der Siederohre bei Kohlenfeuerung statt. Der Ober-Maschinenmeister Prüßmann von der Königl. Hannover'schen Westbahn giebt das Verhält-

Sie sind nicht, wie die bisher üblichen gusseisernen Schirme, durchlöchert, so daß die Flamme um dieselben herumgeführt wird, was noch den Vortheil hat, daß die Flamme einen längeren Weg zu machen und daher bessere Gelegenheit zur Verbrennung hat. Diese Chamottgewölbe scheinen sich sehr gut zu halten. Die Maschine, welche zunächst damit versehen ist, läuft jetzt bereits über 1800 Meilen, ohne daß das Gewölbe Fehler gezeigt hätte.

Im Allgemeinen ist das Resultat, welches durch die Kohlenheizung erzielt ist, ein sehr günstiges zu nennen.

Wie schon bemerkt, ist im ersten Semester 1859 noch durchweg mit Coaks geheizt, und ist daher eine Vergleichung des Heizmaterial-Verbrauchs der Maschinen für das erste Quartal vorigen und diesen Jahres möglich gewesen, welches für die Kohlenheizung ein überraschend vortheilhaftes Ergebnis gezeigt hat.

Es haben nämlich die 10 ungekuppelten und 8 gekuppelten Maschinen, welche jetzt mit Kohlen geheizt werden, an Brennmaterial durchschnittlich gebraucht pro Meile

|                           | ungekuppelte Maschinen | gekuppelte Maschinen |
|---------------------------|------------------------|----------------------|
| im I. Quartal 1859 Coaks: | 115,84 Pfd.            | 160,86 Pfd.          |
| - - - 1860 Kohlen:        | 114,97 -               | 149,33 -             |

wobei die durchschnittliche Anzahl der beförderten Achsen pro Meile war

|                     |              |              |
|---------------------|--------------|--------------|
| im I. Quartal 1859: | 19,53 Achsen | 72,68 Achsen |
| - - - 1860:         | 20,63 -      | 72,18 -      |

Da nun bei dem an Gewicht fast gleichen, für Kohlen sogar noch etwas geringeren Verbrauch die 100 Pfd. Coaks  $17\frac{1}{2}$  Sgr., dagegen die 100 Pfd. Kohlen  $11\frac{1}{2}$  Sgr. gekostet haben, so ist durch die Kohlenheizung eine Ersparniß von etwa  $\frac{1}{3}$  der Heizkosten erzielt worden.

Es haben nun die Maschinen, welche jetzt mit Kohlen geheizt werden,

|                     | Achsmeilen. | Reservendienst. Stunden. |
|---------------------|-------------|--------------------------|
| im I. Quartal 1859: | 670018,9.   | 3992                     |
| - - - 1860:         | 676923,3.   | 2519                     |

geleistet.

Die Achsmeilen sind demnach ziemlich gleich, dagegen ist die Zahl der Stunden, in welchen diese Maschinen Reserve gehalten, im Jahre 1860 etwas geringer, was seinen Grund darin hat, daß inzwischen noch zwei besondere Rangir-Maschinen eingeführt sind, welche wie bereits angedeutet, mit Coaks geheizt werden.

Von den in Rede stehenden Maschinen sind verbraucht worden:

| gekuppelte Maschinen | Reserve - Maschinen | Summa        |
|----------------------|---------------------|--------------|
| 1128260 Pfd.         | 290800 Pfd.         | 2370760 Pfd. |
| 1075300 -            | 152450 -            | 2103925 - ;  |

nifs der Abnutzung bei Coaks und Kohlenfeuerung wie 14 : 9 an. Er bemerkt dabei noch, daß auffallender Weise die Rohre sich nicht an der Rohrwand, wie sonst gewöhnlich, sondern in der Mitte am stärksten abnutzen.

Im Allgemeinen hat sich demnach die Einrichtung der Maschinen auf der Berlin-Potsdam-Magdeburger Bahn, wie sie vom Maschinenmeister Turner zuerst in Deutschland eingeführt ist, als ganz zweckmäßig gezeigt, und findet eine sehr gute Rauch-Verbrennung dabei statt, wenn der Heizer seine Schuldigkeit thut, so daß eine Belästigung des Publicums durch den Rauch nicht stattfindet. Die Zuführung von Dampf durch ein besonderes Rohr in dem Schornsteine, um auch beim Stehen der Maschine einen stärkeren Zug zu erzeugen, hat sich dabei als sehr zweckmäßig herausgestellt.

Fig. 1 bis 3. Construction von L. Stösger.

Fig. 1.

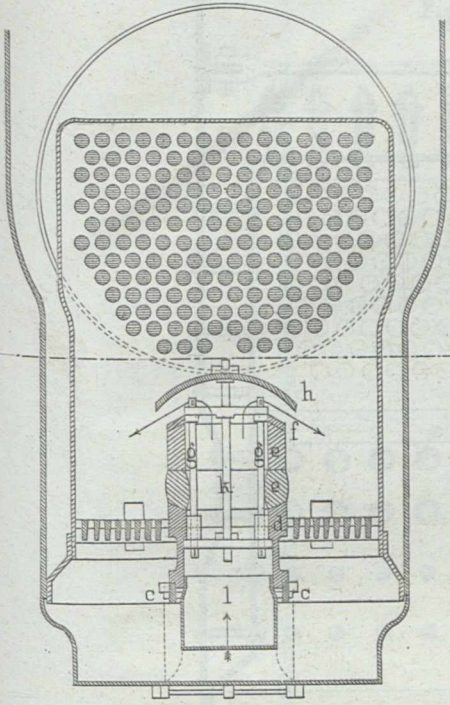


Fig. 2.

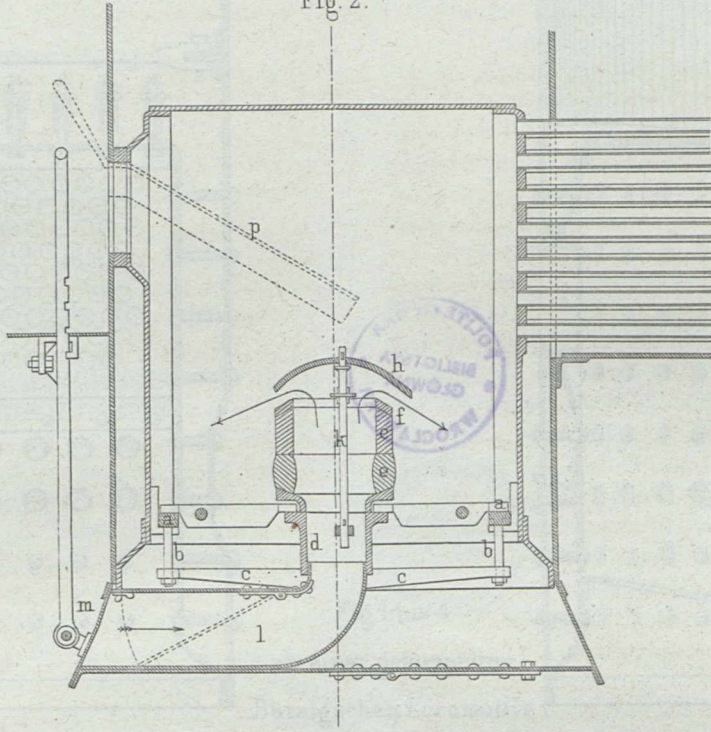


Fig. 3.

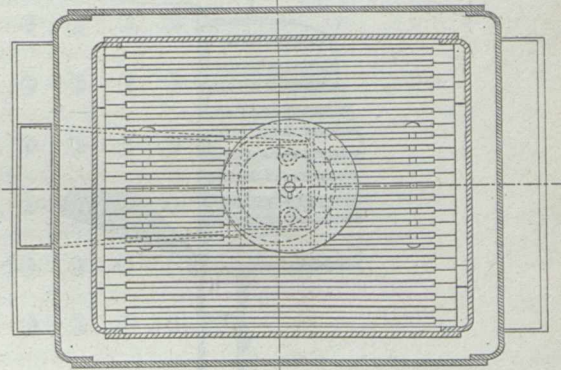


Fig. 4. und 5. Construction auf der Berlin-Anhaltischen Eisenbahn.

Fig. 4.

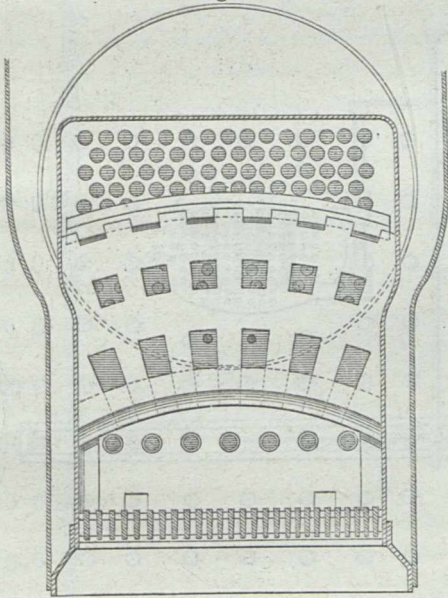


Fig. 5.

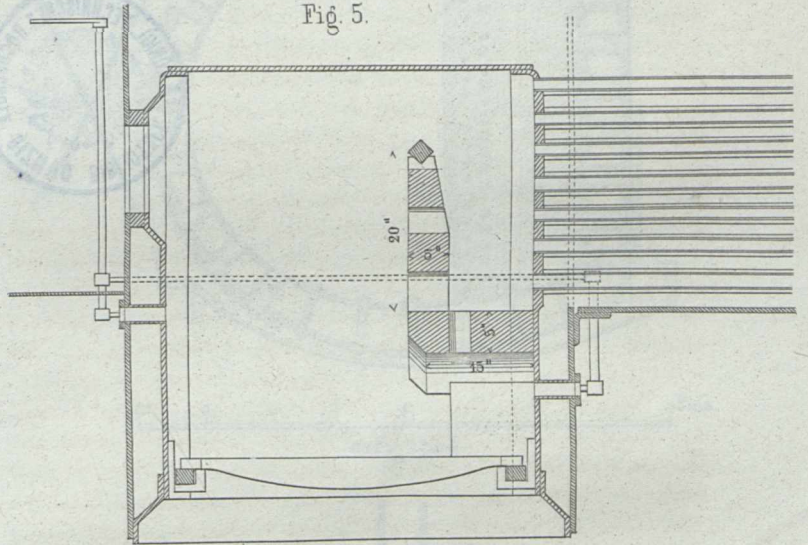


Fig. 6 und 7. Construction auf der Berlin-Potsdamer Eisenbahn.

Fig. 6.

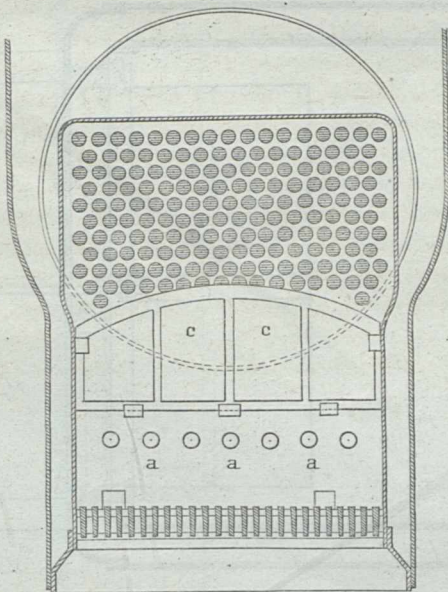
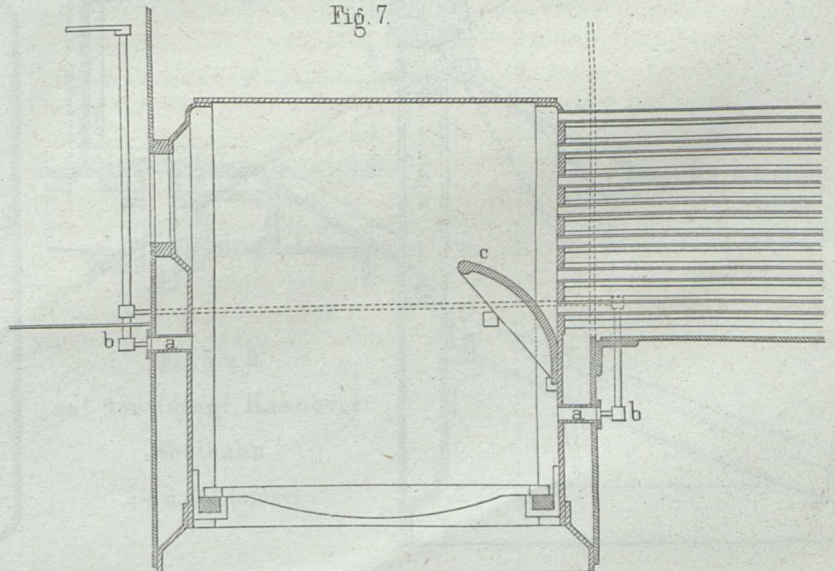


Fig. 7.





Auch auf anderen Bahnen, welche gleiche Einrichtungen in Betreff der Kohlenmaschinen gemacht haben, sind damit sehr gute Erfolge erreicht.

Von Braunschweig, wo die Locomotiven sowohl mit Coaks, wie mit Kohle und endlich auch gemischt mit Coaks und Kohle geheizt werden, wird der Materialverbrauch dieser verschiedenen Heizungsarten auf 4:3:2 angegeben.

In einer Conferenz der oberen Betriebsbeamten des Norddeutschen Verbandes, welche am 1. Mai d. J. zu Halberstadt stattfand, war die Kohlenheizung der erste Gegenstand der Tagesordnung. Es legte hierbei auch der bereits oben erwähnte Königl. Hannover'sche Ober-Maschinenmeister Prüfsmann die Zeichnung einer Einrichtung vor, wie er sie mit Erfolg bei einer Maschine angewandt haben will. Die Feuerbuchse bekommt hierbei am Führerstande und unter der Heizthür einen Schlitz, vor dem an der Aufsenseite ein Kasten mit etwas abfallendem Boden angebracht ist. In diesen durch einen Deckel verschließbaren Kasten wird die Kohle geschüttet und fällt dann durch den Schlitz auf einen schrägen Rost, wo sie nach gerade zur Verbrennung kommt. Da sich hierbei zuweilen durch den Schüttkasten eine zu starke Luftführung und daher gröfserer Materialverbrauch zeigte, so hat Herr Prüfsmann noch einen besonderen stellbaren Schirm über dem Feuer angebracht, welcher sowohl die Zuführung der Luft regelt, als auch den eingeführten Luftstrom nach unten auf das Feuer leitet. Mit dieser Vorrichtung sollen in jeder Beziehung günstige Resultate erzielt sein. In Braunschweig ist eine Maschine gleichfalls nach diesem Systeme eingerichtet und hat günstige Resultate ergeben. Ebenso hat die Cöln-Mindener Verwaltung einen Versuch gemacht, von welchem jedoch bei der Kürze der Zeit noch kein Resultat angegeben werden konnte.

Von den Einrichtungen der Maschinen auf der Berlin-Potsdam-Magdeburger und der Königl. Hannover'schen Westbahn sind Zeichnungen auf Blatt D beigefügt.

Schliesslich bemerke ich noch, dafs zur Verhütung des bedeutenden Funkensprühens, welches seit der Einführung der Kohlenheizung eine Menge von kleinen Bränden an den Böschungen und in den angrenzenden Waldungen auf der Berlin-Potsdam-Magdeburger Bahn herbeiführte, jetzt Drahtsiebe am Fusse des Schornsteins und vor der Oeffnung des Aschkastens angebracht sind, welche sehr günstige Resultate herbeigeführt haben. —

Herr Weishaupt hält hierauf einen Vortrag über die auf Preussischen Eisenbahnen gemachten Erfahrungen über die Befestigung der Schienen an den Querschwellen mittelst Schraubenbolzen, und über die Haltkraft der Schienen Nägel mit Rücksicht auf ihre Form und das Material der Schwellen. Derselbe ist nachstehend wiedergegeben.

Seit einigen Jahren ist auf den Preussischen Eisenbahnen diejenige Schienenstofsverbindung sehr häufig angewendet worden, bei welcher die Schienen auf den Schwellen resp. den Unterlagsplatten durch Bolzen und Deckplättchen befestigt werden. Gegen diese Construction ist neuerdings geltend gemacht, sie setze eine gleiche Stärke der Schwellen voraus, weil bei einer Zunahme derselben der Bolzen zerstört, bei einer Abnahme aufer Thätigkeit gesetzt werde, es finde aber ein Wechsel der Schwellenstärke selbst bei guter Beschaffenheit des Holzes schon durch den Einfluss der verschiedenen Witterung und durch das allmählig eintretende Schwinden des Holzes statt. Dieser Uebelstand werde durch die gleichzeitige Verlängerung resp. Verkürzung der Bolzen während eines Temperaturwechsels noch vermehrt. Es seien in einem Falle in Folge dessen ca. 1½ pCt. der Stöße binnen 2 Jahren nach Eröffnung des Betriebes durch Zerstörung der Bolzen oder Bolzenmuttern

beschädigt worden. Bei starkem Schwinden der Hölzer werde ein Auswechseln der Bolzen erforderlich, weil das Gewinde nicht ausreiche. Wolle man dasselbe auch für solche Fälle lang genug machen, so würde es doch in den seit Jahren nicht benutzten Theilen so verrostet sein, dafs der Bolzen oder die Mutter durch die beim Anziehen angewendete Gewalt unbrauchbar werden würde. Die Veränderungen in der Schwellenstärke führten überdies ein fortwährendes Reguliren der Schwellenbolzen herbei; die losen Stöße seien aber nicht leicht durch den Augenschein zu erkennen, sondern nur durch eine Untersuchung, ob das Oberblech festsetzt. Für den Bahnwärter, der ca. 800 Stück solcher Oberbleche nachzusehen habe, sei dies aber eine umständliche, mit der nöthigen Genauigkeit kaum ausführbare Arbeit. Ferner sei das Einziehen neuer Bolzen sehr schwierig, indem die Stofsschwelle 10 Zoll tief untergraben werden müsse, was zur Folge habe, dafs der Strang an dieser Stelle, namentlich wenn Frostwetter ein gehöriges Unterstopfen der Schwelle verhindere, eine Zeit lang eine höchst nachtheilige kurze Einsenkung erhalte und nicht fest liege.

Gegen das Losewerden der Oberbleche werde vergeblich angekämpft, und selbst wenn es fest angezogen sei, fasse es oft nicht beide Schienenstöße, indem dieselben namentlich am Ende häufig differirten. Endlich sei es schwierig, die Löcher durch die Schwellen so genau zu bohren, dafs die Construction an der richtigen Stelle angebracht und die normale Spurweite erhalten werden kann. Besonders in Weichencurven sei die Construction aller dieser Uebelstände wegen nicht gut anwendbar.

Wenn diese und jene Verwaltung aus den angeführten Gründen zur Befestigung der Schienen auch an den Stößen auf die Haken Nägel glaubt zurückgreifen zu müssen, dürfte es nicht ohne Interesse sein, die Resultate kennen zu lernen, welche die bei den Hannover'schen Bahnen angestellten Versuche über die Haltkraft der Schienen Nägel in den verschiedenen Holzsorten und bei verschiedener Form ergeben haben. Wir theilen nachfolgend das Résumé dieser Resultate mit, wie solches in der Zeitschrift des Architekten- und Ingenieur-Vereins für das Königreich Hannover, Band VI Heft 1 (Jahrgang 1860) veröffentlicht ist:

„Aus dem Vorstehenden, so wie aus sonstigen Erfahrungen bei dem Eisenbahnbau und der Unterhaltung der Schienenstränge ergeben sich folgende Resultate:

1) Nicht allein wegen ihrer längeren Dauer, sondern auch wegen der erheblich gröfseren Haltkraft der Schienen Nägel sind Eichenschwellen den Kiefern- und Tannenschwellen erheblich vorzuziehen. Obgleich durch die Erfahrung noch nicht genügend sicher festgestellt ist, wie sich die Dauer der imprägnirten Eichen- und Kiefern- oder Tannenschwellen gegen einander verhält, so ist doch schon jetzt zu empfehlen, zu den Schwellen Eichenholz auch da zu verwenden, wo der Preis desselben den Preis der bezeichneten weichen Hölzer um das 1½- bis 1¾fache übersteigt.

2) Zu den Stofsschwellen, bei denen es vorzugsweise auf eine grofse Haltkraft der Nägel ankommt, ist Eichenholz zweckmäfsig auch da zu verwenden, wo es das Tannen- oder Kiefernholz im Preise um das 2- bis 2¼fache übersteigt. Ist der Preisunterschied noch gröfser, so müssen die Kiefern-Stofsschwellen stärker angenommen werden, damit die Haltkraft der Nägel durch eine gröfsere Länge derselben vermehrt werden kann.

3) Bei Kiefern-Mittelschwellen sind je nach der Länge der Schienen von 15 bis 21 Fufs auf ein oder zwei Schwellen aufserhalb des Schienenfusses zwei Nägel einzuschlagen oder schmale Unterlagsplatten von 3 bis 4 Zoll Breite anzuwenden, welche die Haltkraft der Nägel gegen Seitendruck erhöhen

und namentlich den innern Nagel mit zur Wirkung bringen. Die Zahl der äußeren Schienennägel oder mittleren Unterlagsplatten ist in Curven von kleinen Radien am äußeren Schienenstrange zu vermehren, und sollte bei Radien von 1600 Fufs und darunter in der freien Bahn jede Schwelle am äußeren Schienenstrange ausen doppelt genagelt oder mit einer zwei-löchrigen Unterlagsplatte versehen sein.

4) Das Imprägniren der Schwellen mit Zinkchlorid hat auf die Haltkraft der Nägel einen Einfluß nicht. In ganz frisch imprägnirten, vom Wasser noch vollständig durchzogenen Schwellen scheint die Haltkraft der Nägel etwas geringer zu sein.

5) Die bauchigen Schienennägel zeigen die geringste Haltkraft, und beträgt dieselbe nur 0,7 bis 0,9 der Haltkraft von gleich tief eingeschlagenen und gleich schweren prismatischen Nägeln.

6) Auch das Einhacken und Drehen der Nägel erzielt ein günstiges Resultat nicht.

7) Die doppelt pyramidalen Nägel haben bei kürzerer Länge in Tannenholz eine um  $\frac{1}{4}$  größere Haltkraft als gerade prismatische Nägel von gleicher Eisenmasse, während bei größeren Nägeln und in Eichenholz dieser Vortheil nicht mehr stattfindet. Der Grund hiervon liegt darin, daß Nägel dieser Form das Holz leichter spalten, und daß bei Tannenholz dieses Spalten weniger früh wie bei Eichenholz anfängt.

8) Die einfach pyramidalen Nägel zeigen mit den prismatischen Nägeln bei gleicher Tiefe im Holze gegen das Ausziehen eine etwa gleiche Haltkraft, während sie bei gleicher Eisenmasse im Holze die letzteren bei Eichenholz und langen Nägeln um  $\frac{1}{10}$ , bei Tannenholz und kürzeren Nägeln um etwa  $\frac{1}{4}$  übertreffen. In Beziehung auf die Haltkraft gegen Seitendruck dagegen, stehen innerhalb der beim Schienengestänge wichtigen Grenzen bei gleicher Eisenmasse im Holze die pyramidalen Nägel den prismatischen in Tannenholz um  $\frac{1}{10}$ , in Eichenholz um  $\frac{1}{5}$  nach.

9) Da nun die Fabrikationskosten der pyramidalen Nägel etwa 20 pCt. höher sind, als die der gleich schweren prismatischen Nägel, und daher bei der für Schienennägel erfahrungsmäßig erforderlichen Einschlagtiefe von 5 bis 6 Zoll der Vortheil der geringeren Eisenmasse vollständig aufgewogen ist, so sind die prismatischen Schienennägel den pyramidalen um so mehr vorzuziehen, als sie neben der größeren Haltkraft gegen Seitendruck nicht die ungünstige Eigenschaft der letzteren haben, daß sie, wenn sie einmal gelockert, leicht ganz lose werden und herausspringen.“ —

Herr G. Hagen macht Mittheilungen über die Freyer'sche Vorrichtung zu Versorgung der Tender mit Wasser, die nachstehend (entnommen aus dem *Civil-Engineer and Architect's Journal*. April 1860) originaliter aufgeführt sind.

Alfred Freyer in Manchester hat eine Vorrichtung zum Versorgen der Tender mit Wasser angegeben, welche keine besonderen Pumpwerke, auch keine hochgelegenen Reservoirs erfordert, wobei vielmehr die Locomotive selbst das Wasser aus dem Brunnen in den Tender treibt.

Wie bei den ersten durch Dampf betriebenen Schöpfwerken wird auch hier durch den Druck des Dampfes unmittelbar das Wasser gehoben. Zu diesem Zwecke ist ein aufrecht stehender gußeiserner Cylinder, der etwa 300 Cubikfufs faßt, 7 Fufs weit und 10 Fufs hoch ist, so tief in den Erdboden versenkt, daß das Quellwasser von selbst hineinfließt. Um

eine zu starke Condensation des einströmenden Dampfes zu verhindern, schwimmt im Cylinder ein hohler Blechdeckel, der ohne die Seitenwand zu berühren, längs einer verticalen festen Axe sich frei auf- und abbewegen kann. In angemessener Entfernung vom Wasserkrahn ist neben der Eisenbahn ein zweiter Röhrenständer angebracht, oder es sind deren auch zwei vorhanden, falls die Locomotiven in beiden Richtungen vorfahren, um mit Wasser versorgt zu werden. Diese Ständer können durch flexible Röhren mit dem Locomotivkessel verbunden werden, und führen aus letzterem den Dampf in den erwähnten gußeisernen Cylinder. Durch den Druck des Dampfes wird das im Cylinder befindliche Wasser in den Wasserkrahn getrieben und füllt das Reservoir des Tenders. Verschiedene Hähne und Ventile sind selbstverständlich nothwendig, um theils den Apparat in Wirksamkeit zu setzen, theils aber auch, um die Röhren wieder zu entleeren, oder sie bis zu einer gewissen Höhe gefüllt zu erhalten. Die Wasserröhre ist 4 Zoll, die Dampfrohre  $1\frac{1}{2}$  Zoll weit. Man kann auf diese Art bei der gewöhnlichen Dampfspannung in den Locomotivkesseln selbst aus der Tiefe von 100 Fufs das Wasser herauf-treiben.

Mehrfache mit diesem Apparate angestellte Versuche, wobei der Cylinder freilich nur einige 20 Cubikfufs faßte, ergaben, daß aus der Tiefe von 52 Fufs durchschnittlich in 32 Secunden 131 Gallons oder  $19\frac{1}{2}$  rheinl. Cubikfufs gehoben wurden. Die Spannung im Kessel betrug Anfangs  $56\frac{1}{2}$  Pfd. auf den Quadratzoll, nahm aber während dieser Operation um  $4\frac{1}{4}$  Pfd. ab. Die Zugklappe war dabei geschlossen; blieb dieselbe geöffnet, so verminderte sich die Dampfspannung nicht, sondern wurde sogar größer, woraus sich ergibt, daß die Maschine hierbei weniger Dampf verbrauchte, als beim gewöhnlichen Betriebe.

Der Vortheil dieser Einrichtung besteht darin, daß man die Anlage besonderer Pumpwerke, also auch den Betrieb derselben ganz umgeht. Sodann fallen die hochgelegenen Speisebassins mit allen zugehörigen Baulichkeiten fort. Man bedarf auch keiner Vorkehrungen, um während des Winters das Wasser in diesen Bassins und vorzugsweise in den Röhren gegen das Einfrieren zu sichern. Das Wasser hat jedesmal die Temperatur des Quellwassers, und so oft es nöthig ist, entleert man die Röhren so weit, als das Einfrieren besorgt werden kann. Nur auf denjenigen Stationen, wo Maschinen, die noch nicht angeheizt sind, mit Wasser versehen werden müssen, also namentlich an den Endstationen des Bahnbetriebes, ist die in Rede stehende Einrichtung nicht ausreichend.

Freyer hatte diesen Apparat zuerst, und zwar mit großem Vortheil, in Zuckerfabriken benutzt, wo wegen der Zähigkeit der Auflösung und wegen der darin befindlichen vielen Unreinigkeiten die Pumpen oft ihren Dienst versagten. Er hatte dabei den oben erwähnten hohlen Blechdeckel nicht angewendet, weil der einströmende Dampf nur eine sehr dünne Schicht der Flüssigkeit erhitzte und sonach die Condensation bald aufhörte. Außerdem war in diesem Falle auch die Einrichtung getroffen, daß die zu hebende Auflösung nicht von selbst in den Cylinder floß, sondern durch Condensation des Dampfes in den letzteren hineingesogen wurde, indem der Cylinder durch Uebergießung mit kaltem Wasser sich abkühlte. Beide Vortheile mußten bei Einrichtung von Wasserstationen auf Eisenbahnen aufgegeben werden. —

Zum Schluß der Sitzung wurde Herr Postdirector Siebers hierselbst als ordentliches Mitglied in den Verein aufgenommen.