

## Amtliche Bekanntmachungen.

### Personal-Veränderungen bei den Baubeamten.

Des Prinz-Regenten Königliche Hoheit haben im Namen Sr. Majestät des Königs:

den Ober-Bauinspector v. Derschau zu Königsberg in Pr., den Ober-Bauinspector Arnold zu Oppeln, und den Baurath Bergmann zu Breslau zu Regierungs- und Bauräthen ernannt.

Denselben sind die durch Versetzung und Tod erledigten Stellen bei den Königl. Regierungen zu Gumbinnen, Oppeln und Liegnitz verliehen worden.

Der Geh. Regierungsrath Stein zu Berlin ist zum Mitgliede der technischen Bau-Deputation ernannt.

Dem Eisenbahn-Bauinspector Koch in Berlin ist die Stelle des technischen Mitgliedes der Direction der westphälischen Eisenbahn zu Münster verliehen worden.

Befördert sind ferner:

Der Bauinspector, Seehandlungs-Assessor Homann zu Liegnitz zum Ober-Bauinspector in Oppeln,

der Kreis-Baumeister Meyer zu Liebenwerda, nachdem die Stelle daselbst in eine Bauinspector-Stelle umgewandelt worden ist, zum Bauinspector,

der Wasser-Baumeister Michaelis zu Wiedenbrück, und der Eisenbahn-Baumeister Wiebe zu Königsberg in Pr. zu Wasser-Bauinspectoren im Ressort des Königl. Ministeriums für landwirthschaftliche Angelegenheiten,

der Wasser-Baumeister Werneckinck zu Kosten zum Wasser-Bauinspector zu Stettin, und

der Wasser-Baumeister Cremer zu Coblenz zum Bauinspector bei der Königl. Ministerial-Bau-Commission in Berlin.

Ernannt sind:

Der Baumeister Schulemann zu Bromberg zum Wasser-Baumeister im Ressort des Königl. Ministeriums für landwirthschaftliche Angelegenheiten, und der Baumeister Heinrich zum Kreis-Baumeister in Wehlau.

Versetzt sind:

Der Regierungs- und Baurath Koppin von Gumbinnen nach Breslau,

der Regierungs- und Baurath Hirschberg von Liegnitz nach Magdeburg, und

der Eisenbahn-Bauinspector Lange von Königsberg in Pr. nach Bromberg.

Der Kreis-Baumeister Wedecke wird seinen Wohnsitz von Wittstock nach Pritzwalk verlegen.

In den Ruhestand treten:

Der Regierungs- und Baurath Arendt zu Breslau und der Bauinspector Schmitz zu Reichenbach in Schlesien.

Der Bauinspector Waesemann zu Berlin ist behufs Uebernahme des Rathhausbaues daselbst aus dem Staatsdienste getreten.

Die Regierungs- und Bauräthe Zimmermann zu Magdeburg und Gerasch zu Oppeln sind gestorben.

## Bauwissenschaftliche Mittheilungen.

### Original-Beiträge.

#### Das Baptisterium zu Cremona.

(Mit Zeichnungen auf Blatt 45 bis 47 im Atlas.)

Eine wesentliche Lücke in dem für unsere Tage ebensowohl durch Gestaltung als Construction anregenden Kreise christlicher Centralbauten bildet seit langer Zeit die nur flüchtige Notiznahme von dem Baptisterium zu Cremona, welche in der Abgelegenheit genannter Stadt von den häufiger betretenen Strafsen der Reisenden ihren Grund finden mag.

Erst neuerdings hat das vorliegende Bauwerk in den „mittelalterlichen Kunst-Denkmalen des österreichischen Kaiserstaates von Dr. G. Heider und Prof. Rud. v. Eitelberger“ II. Bd., 5. u. 6. Lieferung, neben der ausführlicheren Darstellung des Domes von Cremona eine dankbare und anregende Erwähnung gefunden, der ich mich in Begleitung etwas detaillirter Zeichnungen um so lieber anschliesse, als es von Werth sein dürfte, sowohl die Strenge und Ei-

genthümlichkeit der äusseren Erscheinung, wie besonders auch die Verwendung der constructiven Massen einer prüfenden Anschauung näher zu bringen.

Ueber die Zeit der Erbauung stimmen die Angaben Kugler's, Burckhardt's und v. Eitelberger's auf das Jahr 1167 überein, wovon ich jedoch diejenigen Theile ausnehme, welche theils einem früheren Baue aus dem 10. Jahrhundert möglicherweise angehören dürften, theils einer späteren Restauration der Kuppel im 17. Jahrhundert zuzuschreiben sind, worauf ich weiterhin in der hiernächst folgenden Beschreibung des Bauwerks zurückkommen werde.

Dem in das westliche Hauptportal des Domes Eintretenden liegt zu rechter Hand die nördliche Pforte des Baptisteriums, welches sich, von allen Seiten frei, nur an seiner Ostseite durch einen schmalen Zwischenraum

von den Nebengebäuden des Domes getrennt, in schlichten Wandflächen über dem oktogonalen Grundplan erhebt und innen durch eine schlanke achtflächige Kuppel überwölbt wird, deren Abdeckung sich im Aeußern als ein Zeldach mit entsprechender Flächenzahl darstellt.

Das Material des Bauwerkes ist, mit Ausnahme der Stützen und Gesimse so wie der an den Wetterseiten in nordöstlicher Richtung später erfolgten äußern Plattenbekleidung, durchweg Backstein. Die Eindeckung des Daches ist seit Anfang dieses Jahrhunderts mittelst Kupfer hergestellt worden, nachdem sie früher aus Blei bestanden hatte.

Das Baptisterium übertrifft die übrigen mir bekannten Tauf-Capellen alt-lombardischer Bauweise ebenso wohl durch seine lichten Abmessungen, als durch die verhältnißmäßig geringe Mauerstärke, welche bei italienischen Kuppelbauten zwischen  $\frac{1}{7}$  und  $\frac{1}{10}$  der lichten Spannweite zu liegen pflegt. In diesem Falle zeigt sich bei 62 Fuß lichter Spannweite und 67 Fuß lichten Diagonalmaafses das Minimum dieser Regel, nämlich nur 6 Fuß 3 Zoll Mauerstärke, die durch viele galerieartige Durchbrechungen und Umgänge den Eindruck ungewöhnlicher Leichtigkeit macht, zu deren Verstärkung die geringe Masse der spitz ausspringenden Eckvorlagen wenig beiträgt, indem letztere überdies in der Höhe des untern Geschosses an den beiden südlichen Ecken (Blatt 46 Fig. 1), wahrscheinlich in Folge zufälligen Bedürfnisses, in ihrer ganzen Ausladung ausgebrochen und abgeflächt, somit wirkungslos gemacht sind.

Das Erdgeschofs, (Blatt 45 Fig. 2 und Blatt 46 Fig. 1) zeigt im Innern auf jeder Seite des regelmäßigen Achtecks drei gröfsere Rundbogen von der Tiefe der halben Mauerstärke, die an beiden Enden durch feste Mauerpfeiler und in der Mitte durch je zwei glatte monolithe Marmorsäulen unterstützt sind. Die Beschaffenheit der Capitelle und Basen der letzteren zeigt deutlich Blatt 46 Fig. 2 und 3.

Das Intercolumnium ist auf den vier Diagonalseiten ein gleiches, auf den vier übrigen ein ungleiches, indem hier der mittlere Bogen weiter ist, als die Seitenbogen, was wahrscheinlich macht, dafs, wie heute die Nordseite, so auch früher die West- und Südseite mit Eingängen versehen waren, wie sich diese Einrichtung auch am Baptisterium zu Florenz findet und dem früheren Ritus eines möglichst gemeinsamen Tauf-Actes an den Oster- und Pfingst-Vigilien für alle in demselben Jahre geborenen Kinder wohl entspricht. In diesem Falle würde der jetzt an der Südseite gelegene Altar an die Ostseite zu versetzen sein, in deren Ecke auch die kleine Wendeltreppe angebracht ist, welche den einzigen Zugang zu sämtlichen oberen Umgängen bildet und somit den Administrirenden bequem gelegen war.

Das untere Geschofs ist außerdem an seinen inneren Wandflächen durch flache Lissenen ausgezeichnet, die, auf die Stützen der Bogenstellung aufsetzend, sich

in dem ersten Rundbogenfries verlaufen und in den oberen Geschossen sich nicht wiederholen.

Ob und wieweit das so eben beschriebene allgemeine Arrangement einem noch älteren Baue aus dem 10. Jahrhundert, dessen auch Prof. v. Eitelberger Erwähnung thut, entstammen dürfte, wage ich nicht mit bestimmter Vermuthung zu fixiren, namentlich, da die an den Diagonalseiten mit halbkreisförmigen Lissenen geschmückte Aussenseite bis zur dritten Galerie ohne Unterbrechung aus einem Gusse gearbeitet erscheint (Blatt 45 Fig. 1).

In der Mitte des sonst freien Raumes befindet sich ein großer Taufbrunnen aus rothem veroneser Marmor mit eingelegten Füllungsrahmen im Renaissance-Styl des 16. Jahrhunderts. Das nördliche Portal zeigt im Aeußern eine als Tonnengewölbe mit walmförmiger Abdeckung ausgebildete Vorhalle, deren freie Stützen von ruhenden Löwen getragen werden, die das Detail, Blatt 46 Fig. 3 und 4, ergibt, und wie es bei Kanzeln und Portalen der romanischen Periode vielfach angetroffen wird. Die Löwen gehören mit Ausnahme späterer Ueberarbeitung unstreitig dem ursprünglichen Baue an, Säulen und Schutzdach aber einer spätern Restauration.

Die erste und zweite Galerie, *AB* und *CD*, mit ihrem schmalen inneren Umgänge sind aus dem Durchschnitt des Gebäudes, Blatt 45 Fig. 2, und den Grundrissen, Blatt 47 Fig. 1 und 2, ersichtlich. Das Licht fällt von außen durch ein gekuppeltes Fenster auf jeder Achteckseite ein und vertheilt sich im inneren Raume durch je drei gekuppelte Oeffnungen.

Ohne Hülfe der im Erdgeschosse angeordneten Fenster der Diagonalseiten würde dieses Licht kaum genügen, ein mäfsiges Helldunkel herzustellen, da auch das durch die obere Laterne einfallende Licht keinen genügenden Reflex zur Erleuchtung des Gewölbes bildet. Die, wenige Fresken des 16. und 17. Jahrhunderts abgerechnet, durchweg der Bekleidung entbehrende rohe Mauerfläche des Inneren ist überdies zur Lichtverbreitung wenig geeignet, doch würde bei einigermaßen geklärten Wandflächen gewifs ein schönes, feierliches Licht erzielt werden. Allen Räumlichkeiten dieser Art war übrigens eine reiche Kerzenbeleuchtung zgedacht.

Beide Galerien unterscheiden sich nur durch die von einander wenig abweichenden Abschlüsse der inneren Umgänge, wie der Durchschnitt ergibt. Die gekuppelten Oeffnungen sind detaillirt dargestellt auf Bl. 46 Fig. 2a und 3a, und Blatt 47 Fig. 5.

Jede Galerie schließt innen mit einem einfachen Rundbogenfries und horizontalen Gesimse ab, welches in hellerer Farbe erscheint. Das Schlufsgesims der zweiten Galerie bildet zugleich die Kämpferlinie der Kuppel, die, gegen ein Drittel ihrer Höhe horizontal, dann central gemauert, in acht hohen Bogenflächen sich zusammenwölbt. Die Stärke der Kuppelwandung beträgt, da wo sie frei ist, 1 Fuß 6 Zoll im Mittel.

Die dritte äufsere Galerie *EF*, Blatt 47 Fig. 3 im Grundrifs, ist durch Tonnengewölbe geschlossen, welche normal auf jeder Achteckseite gegen die Kuppel stofsen und auf horizontalen Steinbalken über oblongen Pfeilern ihr Auflager finden. Letztere, sowie die nächstfolgende vierte Galerie *GH*, Blatt 47 Fig. 4, sind ohne Zweifel ein Werk des 17. Jahrhunderts, wo, wie bereits erwähnt, eine umfassende Kuppelrestauration nothwendig wurde. (Siehe das Detail auf Blatt 47 Fig. 6).

Die gegen die Rückseite der Kuppel gelehnten steigenden Kappen, welche theils behufs gröfserer Belastung, theils um dem äufsern Dache ein directes Auflager zu bieten, den hinteren Raum füllen, erscheinen nicht organisch mit der Kuppel verbunden, und zeigen die rohe und flüchtige Behandlung späterer Restaurationen. Dafs aber auch früher das Dach in ähnlicher Weise direct durch Mauerwerk unterstützt war, läfst sich aus der

Analogie anderer Kuppel- und Kirchenbedachungen Italiens wohl annehmen. Das oberste Traufgesims ist mittelst grofser horizontaler Werksteinplatten hergestellt, welche zugleich den Umgang der letzten Galerie abdecken.

Indem ich mich zunächst mit der gegebenen Beschreibung des vorliegenden Bauwerkes begnüge und nur beiläufig auf die nahe Verwandtschaft desselben zu den Baptisterien von Florenz und Parma hinweise, denen sich in zweiter Reihe etwa das von Pistoja und das weit ältere von Pisa anschliesst, halte ich es für überflüssig, die Kette der durch gediegene ältere und neuere Publicationen bekannten Central-Bauten Italiens näher zu berühren, und glaube mich schliesslich nur zu dem Wunsche berechtigt, dafs noch manches Glied dieser noch nicht abgeschlossenen Reihe baldigst ein Gegenstand specieller Darstellung werden möge. H. Spielberg.

## W o h n h a u s i n C ö l n .

(Mit Zeichnungen auf Blatt 48 bis 51 im Atlas.)

Im südlichen Stadttheile Cölns, in der Landsberger-Strafse, liegt unfern der Severin-Strafse ein neues, im gothischen Style aus Ziegeln gebautes Haus, welches die Aufmerksamkeit jedes Betrachtenden auf sich zieht, und deshalb hier auf Blatt 48 bis 51 mitgetheilt worden ist. Leider ist die Lage des Hauses der Art, dafs es sich mit einer Seite an die Häuserreihe der Strafse anlehnt und somit an dieser Seite mit einer glatten Mauer abgeschlossen werden mußte.

Der Bau wurde von einem Cölner Maurermeister, Herrn Erben, unternommen, welcher, während er mit der Wölbung der Keller beschäftigt war, die Bekanntschaft Friedrich Wilhelm Schmidt's, des jetzigen Professors der schönen Künste an der K. K. Akademie zu Mailand machte, und von diesem für seine Kunstrichtung begeisterten Architekten, der damals noch unter der Leitung des Herrn Geheimen Regierungs- und Bauraths Zwirner am Cölner Dom beschäftigt war, bestimmt wurde, den

reichen gothischen Baustyl an seinem Hause durchzuführen. Nach den Facaden-Projecten von Schmidt und unter dessen Mitleitung ist nun in den Jahren 1848 bis 1852 die weitere Ausführung und Vollendung des Baues erfolgt, und dieser um deshalb ganz besonders bemerkenswerth, weil wir in ihm den Backstein mit vielem Glück zu einem prächtigen gothischen Baue verwendet finden.

Im Erdgeschofs sind mehrere gewölbte Räume erhalten, von denen sich besonders der Hausflur am Haupteingang auszeichnet, welcher durch seine reichverzierten Capitäle und Schlußsteine einen guten und wohlgefälligen Eindruck macht. Ebenso ist im Thurmgemach des ersten Stockes eine schöne Haus-Capelle eingerichtet, die durch den Eigenthümer Herrn Erben sehr geschmackvoll mit Wand- und Glasmalereien ausgestattet worden ist. Der Erker an der Vorderfronte, so wie einige andere Theile sind in den Detail-Zeichnungen zu klarer Anschauung gebracht. F. Mohr.

## Locomotivschuppen mit 27 Ständen für die Station Frankfurt a. d. O. der Königl. Niederschlesisch-Märkischen Eisenbahn.

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

Die Station Frankfurt a. O. ist Haupt-Wechselstation der Locomotiven der Niederschlesisch-Märkischen Eisenbahn. Auf derselben schliesst sich zugleich die Kreuz-Cüstrin-Frankfurter Eisenbahn an die Niederschlesisch-Märkische Eisenbahn an, wodurch Frankfurt auch Standort der Locomotiven der erstern Bahn wird. Für Aufstellung von 14 Locomotiven der Niederschlesisch-Märkischen

und 13 Locomotiven der Kreuz-Cüstrin-Frankfurter Eisenbahn (Ostbahn) wurde im Jahre 1857 ein Schuppen gebaut, welcher auf Blatt 52 im Grundrifs, auf Blatt 53 in verschiedenen Ansichten, Durchschnitten etc. und mit den vorzüglichsten Details dargestellt ist.

Derselbe hat eine polygonale Grundform erhalten, und beträgt der Halbmesser des die Ecken der innern Front-

wand aufnehmenden Kreises, dessen Mittelpunkt zugleich der einer 38 Fuß im Durchmesser haltenden Drehscheibe ist, 150 Fuß. Von der Drehscheibe laufen 27 Geleise in die 27 Stände des Schuppens. Jede der 27 gleich langen Seiten der inneren Frontwand ist, in der vorderen Mauerflucht (im inneren Halbkreise) gemessen,  $13\frac{3}{4}$  Fuß, jede Seite der äußeren Frontwand, in der hinteren Mauerflucht gemessen,  $19\frac{1}{3}$  Fuß lang. Das Gebäude hat, zwischen den Eckpunkten gemessen, eine lichte Tiefe von  $53\frac{1}{2}$  Fuß, und ist in Ziegelrohbau ausgeführt.

Die Frontmauern sind 2 Fuß 7 Zoll stark; in den Polygon-Ecken sind dieselben durch um 5 Zoll vorspringende Pfeiler verstärkt. Die Giebelmauern haben 2 Fuß 2 Zoll Stärke und ebenfalls um 5 Zoll vorspringende Pfeiler; die Ecken des Gebäudes sind in gleicher Weise verstärkt. Die Höhe der Frontmauern, von der Unterkante der 5 Zoll hohen Schienen gemessen, beträgt 19 Fuß 9 Zoll.

Die Vorderfront hat, den 27 Locomotiv-Ständen entsprechend, 27 Einfahrts-Thore von  $10\frac{1}{2}$  Fuß Weite und  $15\frac{1}{2}$  Fuß Höhe über den Schienen. Die Hinterfront hat, der Vorderfront entsprechend, jedem Thore gegenüber zwei gekuppelte Fenster von 13 Fuß Höhe und  $5\frac{3}{4}$  Fuß Weite aus Gufseisen. Jeder Fensterrahmen besteht der Höhe nach aus vier Theilen, wovon die drei unteren congruent sind. Die Giebelfronten haben jede zwei Paare gekuppelte Fenster derselben Größe, und außerdem ein hohes und breites, aus mehreren Gufseisen-theilen zusammengesetztes Fenster. Auf diese Weise und dadurch, daß auch die Thore in dem oberen Theile mit Fenstern versehen sind, ist für eine sehr vollkommene Erleuchtung gesorgt.

Die Dachconstruction besteht aus 26 Hauptbindern, welche in der Richtung der Halbmesser des Polygons auf den zwischen je zwei Thore treffenden Polygon-Ecken aufgestellt sind. Jeder Hauptbinder besteht aus zwei  $10 \times 8$  Zoll starken kiefernen Streben, welche am Forst in einem gufseisernen Forstschuh, auf den Frontmauern in gufseisernen Wandschuhen ruhen, und durch ein System schmiedeeiserner Spannstangen gegen Ausweichen geschützt sind. Um den Druck der Wandschuhe auf größere Mauerflächen zu vertheilen, sind unter diese Schuhe kurze eichene Mauerlatten gelegt. — Die Dimensionen der schmiedeeisernen Constructionstheile (vergl. Blatt 53) sind:

|  | lang                      | im Durchmesser      |
|--|---------------------------|---------------------|
| die horizontale Spannstange <i>a</i> ist | 20 F. 6 Z.,               | $1\frac{5}{8}$ Zoll |
| die geneigten Spannstangen <i>b</i> sind | 15 „ 6 „                  | 2 „                 |
| die geneigten Spannstangen <i>c</i> sind | 15 „ 4 „                  | $1\frac{3}{8}$ „    |
| die Hängestange <i>d</i> ist . . . . .   | 11 „ 6 „                  | $\frac{1}{2}$ „     |
| die Streben <i>e</i> sind . . . . .      | 5 „ 10 „                  | $2\frac{1}{2}$ „    |
|  |                           | im mittl. Durchm.   |
| die Kuppelplatten <i>f</i> sind          | $\frac{5}{8}$ Zoll stark. |                     |

Auf jeder Strebe der Hauptbinder ruhen 4 Rähme, und außerdem auf den Forstschuhen eins dergleichen von

$6 \times 9$  Zoll Stärke. Diese Rähme reichen von Binder zu Binder und sind auf diesen, sowie mit den über die Binder treffenden Sparren von  $6 \times 6$  Zoll Stärke fest verbolzt. Die übrigen Sparren, deren vier zwischen je zwei Hauptbindern angeordnet sind, haben Stärken von  $4 \times 6$  Zoll.

Um die Eisenconstruction gegen Bewegungen nach der Länge des Schuppens zu schützen, sind die schmiedeeisernen Streben *e* durch  $\frac{1}{2}$  Zoll im Durchmesser haltende eiserne Stangen, welche um deren Füße geschlungen sind (Fig. 7 auf Blatt 53), mit einander verbunden.

Im Uebrigen ist die Dachconstruction aus dem Grundriß bei *A* auf Blatt 52 und aus den Durchschnitten, Fig. 4 und 5 auf Blatt 53, zu ersehen. Die Figuren 6 bis 9 auf Blatt 53 geben die Details der Dachconstruction.

Die Dachflächen sind mit englischem Schiefer auf Schaalung eingedeckt.

Unter jedem Locomotiv-Stande befindet sich eine Feuergrube (vergl. 1—25 auf Blatt 52), aus welcher kleine Entwässerungscanäle *n* von 10 Zoll im Quadrat Weite in den Haupt-Entwässerungscanal *mm*, welcher längs der vorderen Hauptfront des Gebäudes hinführt, ausmünden. In den Figuren 10, 11 u. 12 auf Blatt 53 ist die Construction der Feuergruben angedeutet. Die Schienen derselben ruhen auf Sandsteinwürfeln, sind in den Stößen verlascht und werden mittelst Holzschrauben, deren Gewinde in Blei greifen, auf den Sandsteinen festgehalten.

Zwischen je zwei Locomotiv-Ständen befindet sich ein Wasserkrahn *p* im Grundriß, welcher sein Wasser durch eine Rohrleitung aus einem auf dem Bahnhofe befindlichen Wasserthurme erhält.

Ueber jedem Locomotiv-Stande ist ein Rauchfang *r* Fig. 4 u. 5 auf Blatt 53, aus Gufseisen im Dache aufgehängt. Zur Ableitung des sonst im Gebäude sich sammelnden Rauches ist auf dem Forste über jedem Locomotiv-Stande je ein mit festen Jalousieen versehener Kaffer angebracht.

Die Heizung des Schuppens geschieht durch 13 gufseiserne, mit feuerfesten Ziegeln ausgekleidete, schacht-förmige Oefen *q* im Grundriß, welche ihre Stellung zwischen den Feuergruben gefunden haben. Von den Oefen gehen Röhren aus Eisenblech nach den in den Pfeilern der Hinterfront ausgesparten Schornsteinröhren, welche oberhalb der Umfassungsmauern in Röhren aus gebranntem Thon übergehen. Letztere reichen etwa 3 Fuß über das Dach hinaus und sind mit gufseisernen Kappen versehen (vergl. Fig. 2 u. 3 auf Blatt 53).

Der Schuppen ist im Innern geputzt und geweißt. Das Holzwerk des Daches hat einen Anstrich von Wasserglas und Kreide, das Eisenwerk einen Anstrich von Oelfarbe erhalten. Der Fußboden ist mit Granitplatten belegt, die Zwischenräume zwischen den Schienen außerhalb der Feuergruben sind mit einem Basaltpflaster und die Feuergruben mit einem Ziegelpflaster versehen.

Die Kosten des Gebäudes stellen sich, wie folgt:

1) Erdarbeiten.

Für Ausheben der Fundamente zu den Umfassungsmauern, der Feuergruben, des Entwässerungscanals; Vertheilen, Planiren und Verfahren des Bodens . . . . . 516 Thlr.

2) Maurerarbeiten.

a) Arbeitslohn. Für 68 Scht.-R. Fundamente und 283 Scht.-R. aufgehendes Mauerwerk, 151 □R. innern Wandputz, 106 □R. äußern Fugenverstrich, 65 □R. Fugenverstrich der Feuergruben, Verlegen von 650 F. Sandsteinstufen zu den Feuergruben, 245 F. Sandsteinthorschwellen, 1094 Sandsteinwürfeln zum Auflager der Schienen, Herstellen von 1722 F. Rollschicht zwischen den Sandsteinwürfeln, 703 F. Rollschicht zur Plinthe, 877 F. Fenster- und Thür-Einfassungen, 862 F. Stromschichten, Vermauern von 54 Thorhaken, 27 Schubriegelkasten und 54 Pfannensteinen, Einsetzen von 62 Fenstern, Aufmauern von 46 R. Hauptentwässerungscanal und 45 R. kleine Entwässerungscanäle der Feuergruben, 448 F. russisches Rohr, incl. Vorhaltung sämtlicher Maurerrüstungen . . . . . 3244 „

b) Materialien. Für 85 Scht.-R. Feldsteine, 600000 Mauerziegel, 7500 Cbf. Kalk, 180 Tonnen Cement, 108 Scht.-R. Mauersand und andere kleine Maurer-Materialien incl. Transport . . . . . 11606 „

3) Steinmetzarbeiten incl. Material und Transport.

Liefen und Verlegen von 16500 □F. Granitplatten, Lieferung von 650 F. Sandsteinstufen, 245 F. Sandsteinthorschwellen, 1094 Sandsteinwürfel, 54 Pfannensteine, Herstellen von 23 □R. Pflaster, Lieferung von 10 Sandsteindeckeln für die Canalöffnungen, 65 Scht.-R. Kies zum Festlegen der Granitplatten . . . 4502 „

4) Zimmerarbeiten incl. Material.

Für Liefen und Zurichten von 17630 lfd. F. Holz zum Dachverbande, Herstellen von 33680 □F. Dachschaalung incl. Material, Hobeln von 2780 □F. sichtbare Theile desselben, Profiliren von 300 Sparren- und Fettenköpfen, Anfertigen von 27 Thoren incl. Material, Herumführen von 1060 F. Gesims-

Latus 19868 Thlr.

Transport 19868 Thlr.

leisten an den Traufen und Giebeln, incl. Vorhaltung der Zimmerrüstungen . . . . . 5997 „

5) Eisenarbeiten incl. Material.

Für Lieferung und Aufstellung der eisernen Dachconstruction, 260 Ctr. Schmiedeeisen zu 26 Dachbindern, 98 Ctr. Gufseisen zu Schuhen und Stützplatten, 416 Schraubenbolzen, 220 Ctr. Gufseisen zu Fenstern, für den Beschlag von 27 Thoren, für Liefen und Aufstellen von 27 Rauchfängen, Lieferung von gufseisernen Kappen zur Abdeckung der russischen Röhren . . . . . 8476 „

6) Dachdeckerarbeiten incl. Material.

Für Eindecken von 34000 □F. Dachflächen mit englischem Schiefer, Legen von 490 F. Patentfirten, Eindecken aller Kehlen etc., Anbringen einer Dachrinne an den Traufen 5065 „

7) Tischler-, Glaser- und Anstreicher-Arbeit incl. Material.

Für Anstrich und Verglasung von 27 Thoren, Anfertigen, Verglasen und Anstreichen von 54 Jalousie-Fenstern in den Dampfabzugskaffern, Oelanstrich von 4200 □F. gehobelte Holzflächen, Anstrich von 365 □R. innere Holzflächen mit Wasserglas und Kreide, Verglasen und Anstrich aller Fenster incl. Material . . . . . 1571 „

8) Insgemein.

Für Abstecken des Gebäudes, Abbruch der Umwehrungen, Anfertigen und Anbringen von 312 F. Kupfer- und 170 F. Bleiröhren zur Ableitung des Niederschlagwassers von den Rauchfängen, für Nachwachen, Fortschaffen des Bauschutttes und Reinigen des Gebäudes 809 „

9) Für Wasserleitungs-Anlagen incl. Material soweit dieselben im Schuppen liegen, Liefen und Aufstellen von 13 Wasserkrannen, Legen von 500 F. Rohrleitung im Schuppen, sowie Herstellung aller Maurer- und Erdarbeiten dazu 5200 „

10) Für Anlage der Schienenstränge innerhalb des Gebäudes aus 5 Zoll hohen, 23 Pfd. pro lfd. F. wiegenden Schienen, circa 108 lfd. R. Geleise incl. Material . . . . . 3500 „

11) Für Oefen zur Heizung . . . . . 664 „

Summa 51150 Thlr.

Jeder Locomotiv-Stand incl. Ausrüstung kostet demnach rund 1900 Thlr.

Malberg.

## Beschreibung der 100 Fus weiten Kammerschleuse in Liverpool.

(Mit Zeichnungen auf Blatt 54 und 55 im Atlas.)

Im Heft I bis III des laufenden Jahrgangs dieser Zeitschrift ist der Situationsplan von den Docks zu Liverpool mitgetheilt; darin ist am nördlichen Ende das North-Bassin bezeichnet, welches mit einer 250 Fus weiten offenen Mündung in den Mersey-Flus fhrt, und sind die Splungs-Einrichtungen dieser Mündung beschrieben. Aus dem North-Bassin führt eine Passage in ein neues Dock, das weiterhin an das Huskisson-Dock grenzt. Jenes Dock, in dem Situationsplan (auf Blatt 8) nicht bezeichnet, ist seitdem Canada-Dock benannt; es hat eine Wasserfläche von 14<sup>3</sup>/<sub>4</sub> engl. Acres.

Die Passage zwischen dem North-Bassin und dem Canada-Dock ist als groe Kammerschleuse von 100 Fus engl. Weite, mit 3 Paar eben so weiten Thoren dargestellt, und kann solcherweise auch als Trockendock benutzt werden. Die Thore sind von Holz construirt, wie bei der im Heft I bis III beschriebenen Dockschleuse am Wapping-Dock. Jene Kammerschleuse, ein imposantes Bauwerk, dessen Anblick jeden Beschauer mächtig ergreift, ist jetzt die weiteste Schleuse der Erde, für die gresten Schiffe genügend; es wurde in der Zeit von 1853 bis 1858 von einer Gesellschaft erbaut, und allen Nationen geöffnet.

Wir geben davon auf Blatt 54 in Fig. 1 einen Grundris (die obere Hälfte desselben in der Höhe der Drempele und durch die Umläufe genommen, die untere Hälfte als Ober-Ansicht), in Fig. 2 einen Längendurchschnitt und in Fig. 3 und 4 zwei Querdurchschnitte durch die Kammer und die Drempele; auf Blatt 55 ist die Zeichnung eines Thorflgels in der Ansicht, dem Grundris und Durchschnitt enthalten.

Die Höhe der Mauern und Thore über dem Mittelpunkt der Drempele beträgt 36 Fus, die Bohlenbekleidung der innern Thore reicht 6 Fus weniger hoch hinauf; die Länge der Schleusenkammer zwischen den Spitzen der innern Drempele ist 500 Fus, die lichte Weite, wie erwähnt, 100 Fus. Gegen das Dock und dessen gewöhnlich höhern Wasserstand ist ein Thor (das Ebbethor) vorhanden; am andern Ende der Kammer liegt ein eben so gerichtetes Thor, so das mit Hülfe beider Thore die Schiffe aus dem constanten höhern Binnenwasser nach dem wechselnden Ausenwasser, und umgekehrt, passieren können. Vor dem zweiten Thor liegt noch ein drittes, entgegengesetzt nach ausen gerichtetes Thor (das Fluththor), welches nur bei userer Hochfluth (bei welcher die Schiffe nicht passieren) geschlossen wird, sonst geöffnet bleibt. Um die Kammer als Trockendock zu benutzen und wasserfrei zu machen, halten das erste und dritte Thor von beiden Seiten das Wasser ab.

Die Thore sind gekrümmt (wovon nachher); dem entsprechend sind im Grundris die Drempele und die

Thornischen geformt. Zur resp. Ausgleichung der Wasserstände sind die Thore mit Schtzen versehen, auerdem aber im Fus der Mauern Umläufe angebracht; selbige dienen zugleich wesentlich, um die Thorkammerbden und die Mündung nach dem Vorbassin (North-Bassin) zu spülen.

Der Baugrund besteht aus festem Mergel und Lehm; darauf ist unmittelbar gegründet, und nur ein steinerner Boden von msiger Dicke aufgesetzt; selbiger ist in den Drempeeln mit geringer Wölbung versehen, an den Seiten der Schleusenkammer mit Dockenbnken (von welchen aus man event. im trocknen Raum unter den Boden der Schiffe gelangt); der Boden zwischen den Dockenbnken und die Thorkammerbden sind horizontal und nur ca. 4 Fus dick. Das ganze Bauwerk ist aber mit Spundwänden eingefasst, die in Figur 5 auf Blatt 54 mit punktirten Linien bezeichnet sind; sie bestehen aus 12 Zoll im Quadrat starken Pfählen, und werden mit 2 Zoll starken eisernen Ankern zusammengehalten, welche durch die ganze Breite des Bauwerks durchgehen und in Fig. 1, 3 und 4 durch stark punktirte Linien angegeben sind. Auerdem ist in den Mündungen vor beiden Enden des Bauwerks ein hölzerner Schwellrost gelegt, um den Boden gegen den Wasserauftrieb zu sichern.

Die Seitenmauern, mit verticalem Profil, sind längs der Schleusenkammer 20 Fus dick, am Oberhaupt (worin das erste Thor) etwas schwächer, am Unterhaupt (worin das zweite und dritte Thor) dagegen 50 Fus dick. Der Cubik-Inhalt ist aber überall durch beträchtliche hohle Räume *o* verringert, welche mit Steinschutt ausgefllt sind. Das Mauerwerk besteht aus rothem Sandstein; die Seitenmauern sind mit Granit verkleidet, ebenso die Kanten der Drempele und die Stufen der Dockenbnke von Granit hergestellt; in den Thorkammerbden sind für die Kreisbahnen, worauf sich die Laufrollen der Thore bewegen, groe Blöcke, abwechselnd von Granit und von Sandstein, befestigt. Um die Schleusenkammer als Trockendock zu benutzen, sind in der Mittellinie Kielblcke (worauf sich der Kiel der Schiffe aufstellt) angebracht; selbige, nach Fig. 6 auf Blatt 54 von Guseisen mit oberer Holzschwelle, der Höhe nach verstellbar, stehen in Abständen von 4<sup>1</sup>/<sub>2</sub> Fus, und ist jeder unten in einen groen Quader eingelassen.

Der Beginn des Baues geschah mit Senkung des Brunnens A (s. Grundris). Demnächst, und nachdem für Abhaltung des usern Wassers gesorgt war, wurde die Baustelle ausgegraben, indem hierbei das Grundwasser durch successiv vertiefte Canle nach dem Brunnen A geleitet und hier ausgeschöpft wurde. Dann geschah das Einschlagen der Spundwände, wonach der gemauerte

Boden nebst den unteren Theilen der Seitenmauern hergestellt wurde. Man überließ dann das Ganze ein Jahr hindurch dem Setzen, und sind später die übrigen Arbeiten ausgeführt.

In dem Grundplan und den Durchschnitten ist der Hauptcanal oder Umlauf *D* angegeben; durch diesen kann das Wasser abwechselnd nach beiden Richtungen geführt werden; er verbindet zunächst direct das Dock mit dem Vorbassin, und kann somit auch zeitweise der Wasserstand des Docks durch das höhere Aufsenwasser erhöht werden. Ferner steht der Umlauf *D* in Verbindung mit den Spülungscanälen der Thorkammern, so wie mit dem längs der Schleusenkammer sich erstreckenden Canal *E*, von welchem die kleinen Canäle *m* in die Kammer führen; die letzteren sind mit den oberen Röhren *n* zum Entweichen der Luft verbunden. Um die Schleusenkammer ganz trocken zu legen, führt der Canal *F* nach dem Brunnen einer seitwärts aufgestellten Wasserhebe-Maschine, von welcher das gehobene Wasser nach aufsen fließt. Von derselben Maschine führt noch der Canal *Q* nach den Thorkammern, um, unabhängig von dem äußern Wasser, hier eine kräftige Spülung bewirken zu können. Das Canalsystem ist mit verschiedentlichen Schützen versehen; die Vorrichtungen zum Ziehen derselben befinden sich an den in der Ober-Ansicht mit *e* bezeichneten Stellen. Bei *i* sind Luftlöcher, in *l* Oeffnungen zum Nachsehen.

Die Thore werden durch Zugketten geöffnet und geschlossen; selbige sind in Canälen der Seitenmauern, die im Längendurchschnitt mit *d* bezeichnet, nach der Oberfläche der Mauern und den hier stehenden Winden *g* geführt (s. Ober-Ansicht). Diese Winden werden durch hydraulische Maschinen bewegt, die ihre Stellen bei *h* haben, und in *f* die weitem Verbindungen mit den Winden. Die Wasserleitungen der hydraulischen Maschinen sind im Querdurchschnitt Fig. 3 mit *s* und *r* bezeichnet, erstere horizontal, dicht unter der Mauerkrone liegend, letztere unter dem Bauwerk hindurchgehend. In der Ober-Ansicht sind endlich noch zu bemerken die gußeisernen Haltepfosten *k* für die Zugseile der Schiffe.

In der Schleusenkammer sind längs den Seitenmauern herabgehende Treppen angebracht (s. Längendurchschnitt), worüber das Mauerwerk zu der geraden Mauerflucht übergekragt ist. Ferner sind in den Mauern Nischen mit eisernen Handgriffen angebracht, von wo aus man an die Seiten der Schiffe gelangen kann, dabei zugleich und in Längenabständen von 35 Fuß, eiserne verticale Absteige-Leitern befestigt; hiervon giebt Fig. 7 auf Blatt 54 das Detail.

Jeder Thorflügel (Blatt 55), in gekrümmter Form von Holz construirt, hat eine Wendesäule, eine Schlagsäule, drei Mittelstiele und sieben Reihen Riegel; gegen Formveränderung und Sacken sind keine Streben und Dreiecks-Verbindungen angebracht, dagegen ist der Flügel, außer dem Drehzapfen (nebst Hals) durch zwei

große Laufrollen unterstützt, welche direct den betreffenden Theil des Thorgewichts tragen. Das ganze Gewicht eines Flügels beträgt ungefähr 135 engl. Tonnen (à 20 Centner).

Abweichend von der sonst gebräuchlichen Construction sind die Mittelstiele im Ganzen, der Höhe nach durchgehend, dagegen die Riegel zwischen den Stielen verzapft; dabei ist indessen jede Riegelreihe auf der Hinterseite mit einer durchgehenden hölzernen Verstärkungsrippe, auf der Vorderseite (ausgenommen die Ober- und die Unterriegel) mit einem eisernen Zugband verstärkt und in tüchtigen Längenzusammenhang gebracht. Bei den gewöhnlichen geraden Thoren hat jeder Riegel zwischen seinen Endpunkten an Wende- und Schlagsäule gegen den horizontalen Wasserdruck mit der relativen Festigkeit zu widerstehen, gleich wie ein umgelegter Balken; zugleich liefert der Druck der Schlagsäule eine Stemmung, welche die rückwirkende Festigkeit des Riegels in Anspruch nimmt; wegen des erstern muß der Riegel ungestoßen durchgehen. Bei dem gekrümmten Thore dagegen widerstehen die Riegel gegen den horizontalen Wasserdruck durchweg gewölbartig, nur mit der rückwirkenden Festigkeit, wonach vortheilhaft ein geringerer Querschnitt der Riegel nöthig, und, wie hier, diese in einzelnen Theilen, jedoch dicht gestoßen, angebracht werden können. Mittelst der hindurchgehenden Mittelstiele aber wird das Eigengewicht der Riegel sicher getragen, mit geringstem Setzen, und wird in Verbindung mit der Verstärkungsrippe der Riegel allseitige Steifigkeit erlangt, welches alles bei durchgehenden Riegeln mit dazwischen gesetzten Mittelstielen nicht der Fall wäre.

Entsprechend dem nach der Tiefe wachsenden Wasserdruck, nimmt der Querschnitt der Riegel von oben nach unten hin zu, ihre Entfernung von einander dagegen ab; die zwei untersten Riegel sind sogar zu einem Ganzen (ohne Zwischenraum) zusammengelegt. Die Zwischenräume, mit Ausnahme der obersten, sind auf der Vorderseite mit vertical laufenden Bohlen bekleidet. Die Stärke der Wendesäule ist durchweg 27 Zoll, die der Schlagsäule durchweg 21 Zoll; die Stärke der drei Mittelstiele ist unten 27 Zoll, nach oben bis auf 21 Zoll abnehmend. Mit diesen Stärken kommt die Breite der gegenstoßenden Riegel durchweg überein, ihre Höhe aber nimmt vom obersten bis zum vierten Riegel von  $1\frac{1}{2}$  Fuß bis auf 3 Fuß zu, der fünfte Riegel ist  $4\frac{1}{2}$  Fuß, und die vereinigten zwei untersten sind zusammen 7 Fuß hoch. Zu jedem Riegel kommt noch die hintere Verstärkungsrippe, welche durchschnittlich 18 Zoll hoch, in der Mitte 15 Zoll breit, von hier nach beiden Enden stark verjüngt ist. Das Material der drei obersten Verstärkungsrippen und der obern Bohlenbekleidung ist Kiefernholz, im Uebrigen durchgehends Greenheart-Holz. Nur die Verstärkungsrippen und der oberste Riegel bestehen im Querschnitt aus einem Stücke, alle übrigen Verbandstücke

sind aus mehreren Theilen zusammengesetzt, die aber sämmtlich der Länge nach durchgehen und unter einander durch gute Zusammenfügung und hinreichende Bolzen zu Ganzen vereinigt sind. Die Schlagsäule besteht aus zwei Hölzern neben einander, die übrigen Säulen aus vier Stücken, je zwei in der Breite und zwei in der Dicke; jeder Riegel hat mehrere Lagen auf einander, jede in zwei Hölzern neben einander.

Die Thore wurden an Ort und Stelle aufgebaut;

sie sind mit den entsprechenden Eisenbeschlägen und weitem Zubehörungen versehen. Jeder Flügel hat zwei Schütze von Gusseisen. Die zwei Thorpaare, welche die Schleusenammer begrenzen, tragen über den Oberriegeln einen Fufssteig nebst Geländern, die zum Ausheben eingerichtet sind. Die untern Laufrollen, von angemessener Stärke und Befestigung, sind mit einer Keilvorrichtung zum Verstellen versehen.

J. Justen.

## Architektonische Studien in Spanien.

### II. Toledo.

(Mit Zeichnungen auf Blatt Z im Text.)

(Schlufs.)

Die Gründung dieses Gebäudes gehört der Zeit König Ferdinand's des Heiligen an, den wir schon früher als den Begründer der oben erwähnten neuen Richtung in Leben und Kunst der spanischen Nation bezeichnet haben. Im Jahre 1221 hatte derselbe die Kathedrale von Burgos begonnen, welche, unter deutschen Einflüssen entworfen, zum Ausgangspunkt der spanischen Gothik geworden ist. Im Jahre 1227 beginnt unter denselben Auspicien und nicht ohne Zusammenhang mit Burgos der Bau der Kathedrale von Toledo. Ein solcher Zusammenhang aber ist sowohl aus allgemeinen Gründen, als aus mehren Details der beiden Bauten selbst leicht nachzuweisen. Bei der feierlichen Grundsteinlegung der Kirche von Burgos war, aufser andern Prälaten, auch der Erzbischof von Toledo Don Rodrigo Ximenez de Rada zugegen, welcher als der eigentliche Gründer der dortigen Kathedrale genannt wird; die Geneigtheit des Königs zu großen Bauunternehmungen, die dadurch erweckte Baulust bei Städten, Kirchen und Adelsgeschlechtern, die schon damals rege Rivalität zwischen Toledo und Burgos — alles dies mußte dazu beitragen, den Bau einer neuen Kathedrale für Toledo nothwendig erscheinen zu lassen, und der Umstand, daß die erste Kirche Spaniens noch aus den Zeiten des Islam stammte, mußte diesen Wünschen einen noch größeren Nachdruck geben. So mag schon damals der Plan zu dem neuen Gebäude entstanden sein, und es kann nicht überraschen, daß sowohl in Bezug auf die Gesamtanlage als auch die Details manche Eigenthümlichkeiten aus der Kathedrale von Burgos auf die von Toledo übergegangen sind — einzelne Detailbildungen in Toledo sogar auf den Dom von Magdeburg, das Urbild der Kathedrale von Burgos, zurückzugehen scheinen. Zu den ersteren Eigenthümlichkeiten ist hauptsächlich der fünfseitige Choreschluss zu rechnen, zu den letzteren die Formation der Rippen und Gurte der Gewölbe, und schliesslich ein so auffallendes Ornament an den Basen der Pfeiler, daß wir später noch einmal darauf zurückkommen müssen.

Eben so natürlich, als diese Uebertragungen und Aehnlichkeiten, sind auch die Abweichungen, durch welche die Kathedrale von Toledo sich von der von Burgos unterscheidet. Galt es doch, die letztere sowohl durch Grofsartigkeit der Anlage als durch Kühnheit der Constructionen soviel als möglich zu übertreffen — ein Bestreben, das den Gründer bewegt zu haben scheint, die Kirche mit doppelten Seitenschiffen zu versehen, und welches ferner dazu veranlafste, diese doppelten Seitenschiffe auch um die fünfseitige Absis des Mittelschiffs — hier Capilla mayor — herumzuführen. Eine Aufgabe, welche ungemein geistreich gelöst ist und welche der Kathedrale von Burgos einen ganz besonderen Charakter verleiht.

Indem wir nun zur näheren Betrachtung des merkwürdigen Gebäudes übergehen, haben wir zunächst die ursprüngliche Anlage als zusammenhängendes Ganze zu schildern: sodann die aus der Zeit der Erbauung herrührenden Theile einer genaueren Untersuchung zu unterwerfen und endlich in der — so viel als möglich — chronologischen Aufführung der verschiedenen Capellen und Anbauten, die Entwicklungsgeschichte der Kathedrale, und damit zugleich einen sehr wesentlichen Theil der Geschichte der spanischen Baukunst selbst zu geben.

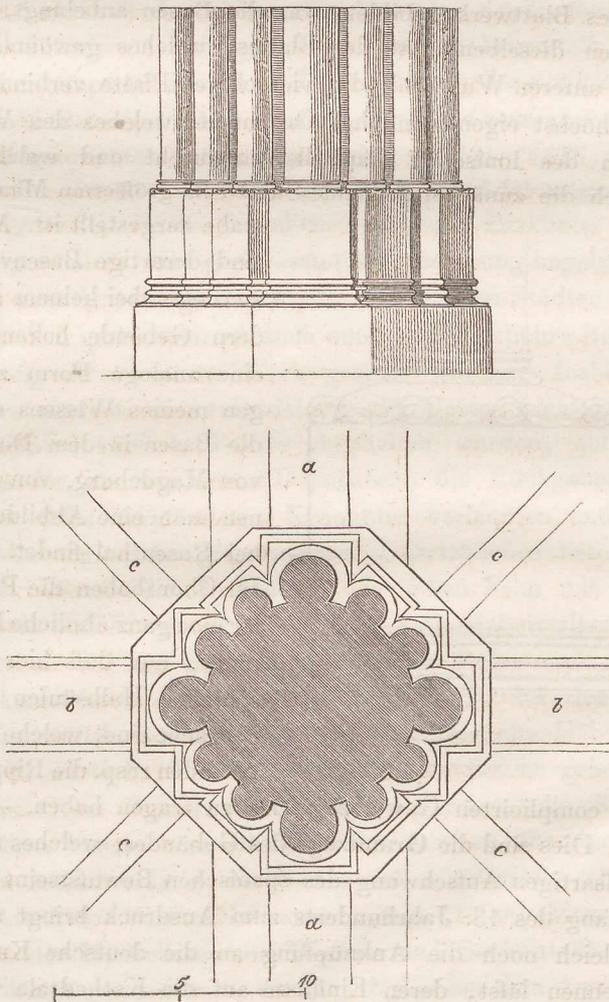
Zur Veranschaulichung der Gesamtanlage diene der auf Blatt Z beigefügte Grundrifs, der erste, der meines Wissens von der Kathedrale von Toledo veröffentlicht worden ist\*). Wir beginnen mit dem Langhause.

\*) Ich kann nicht umhin, hier noch einmal an die Vorbemerkung zu meiner Monographie über Burgos zu erinnern. Die Bedingungen, unter denen die Aufnahme dieses Grundrisses geschah, waren zum Theil noch schwieriger, als bei der Kathedrale von Burgos. Die Maasse sind in den größeren Partien durch das selbst bei gröfserer Uebung immer unsichere Ausschreiten hergestellt. Dazu gesellt sich das Abzählen der regelmässigen Marmorquaden des Fufsbodens, welches aber auch keine unzweifelhafte Gewifsheit gewährt. Am wenigsten zuverlässig sind natürlich die Maasse in den mitunter labyrinthisch verschlungenen Anbauten der Kirche. Doch hoffe ich, ist das Gesamtbild der Kirche und ihrer wesentlichen Theile richtig. Möge mein erster Versuch einem späteren Forscher die genauere

Dasselbe besteht aus 5 parallelen Schiffen von je 7 Kreuzgewölben; das mittlere Schiff hat bei einer Breite von 48 bis 50 englische Fuß (von Centrum zu Centrum der Pfeiler gerechnet) eine Höhe von 160 cast. Fuß, was ungefähr die Verhältnisse des Mittelschiffs im Cölner Dome ergibt; die Seitenschiffe sind von ungleicher Höhe, so daß die beiden äußeren etwa die Hälfte, die beiden inneren etwa drei Viertel der Höhe des Mittelschiffs haben. Die Façade zeigt drei Portale *a*, *b*, *c*, die den drei mittleren Schiffen entsprechen. Den beiden äußeren Seitenschiffen entsprechen dagegen zwei quadrate Ausbauten, welche ursprünglich zu Thürmen bestimmt waren. Jetzt ist jedoch nur der Thurm links vom Beschauer vollendet; eine Capelle im Erdgeschos desselben (No. 30 auf dem Plan) ist von der Kirche aus zugänglich. Auf der andern Seite befindet sich die mit einer Kuppel abgeschlossene mozarabische Capelle (No. 1). An das äußerste Seitenschiff rechts schließt sich eine Reihe von Capellen an, für welche die Zwischenräume der nach außen gar nicht hervortretenden Strebepfeiler benutzt sind. Ohne Zweifel war dasselbe System auch auf der linken Seite befolgt, worauf die bei der späteren Erbauung des Kreuzganges erhaltenen Capellen 27 bis 29 noch hindeuten. Vor dem Langhause liegt das Querschiff, aus 7 Gewölben bestehend und von gleicher Höhe mit dem Mittelschiffe. Jenseits des Querschiffs beginnt die ungemein reich entwickelte Chorpartie. Zunächst wird das Mittelschiff durch ein Compartment fortgesetzt, an welches sich die schon oben erwähnte als halbes Zehneck construirte Absis anschließt. Um diese Absis nun sind die beiden Nebenschiffe herumgeführt, so daß wir einen doppelten Umgang mit sehr eigenthümlichen Gewölbe-Combinationen erhalten; der erste Umgang nämlich besteht aus 5 viereckigen und 4 dreieckigen Gewölbeabtheilungen, er wird durch 10 Pfeiler resp. 9 Arkaden gebildet, welche die Hälfte eines Achtzehnecks bilden. Bei dem zweiten Umgang wiederholt sich dieselbe Anordnung, indem sich an die 9 Arkaden ebensoviel viereckige Gewölbeabtheilungen oder Compartimente anschließen, zwischen welche 8 dreieckige Compartimente eingeschoben sind. So bekommt die Umfassungsmauer dieser so erweiterten Absis die Gestalt eines Halbkreises, der aber aus 9 größeren und 8 kleineren Seitenflächen zusammengesetzt ist. An jede dieser Seiten schloß sich nun nach dem ursprünglichen Plane eine Capelle an; an die zu den Dreiecken gehörenden kürzeren Seiten kleinere von viereckiger Form, an die längeren größere in der Form eines Halbkreises. Von den kleineren Capellen sind noch erhalten No. 7 (S. Ana), No. 9 (S. Gil), No. 11 (S. Nicolas) und No. 19 (el Cristo de la columna), No. 15 ist in ein reiches Renaissance-Portal verwandelt worden; die übrigen sind in

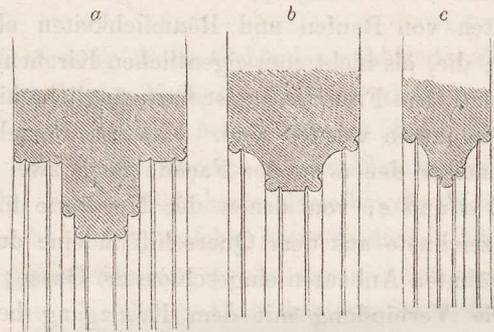
Aufnahme erleichtern. Nach den von den spanischen Autoren nur ganz oberflächlich angegebenen Maassen beläuft sich die Länge der Kirche auf 404, die Breite auf 204, die Höhe auf 160 castilianische Fuß.

späterer Zeit eingerissen, um neuen Capellen Platz zu machen. — Von den halbkreisförmigen größeren Capellen sind erhalten No. 8 (S. Juan Bautista), No. 10 (jetzt als Eingang zum Capitelsaal dienend und am meisten die Formen des ursprünglichen Baues zeigend), No. 12 (S. Trinidad) und No. 18 (S. Leocadia). Von diesen, wie von den übrigen Capellen und Anbauten werden wir später in der Geschichte der Kirche sprechen, indem eine Beschreibung nach der lokalen Reihenfolge, wie sie bisher, auch von Caveda, allein gegeben worden ist, die Anschauung von dem Werden solcher durch Jahrhunderte hindurchgeführten Bauten mehr zu verwirren, als zu erleichtern geeignet ist. An die Nordseite des Langhauses schließt sich der große Kreuzgang (No. 32), an die der Chorpartie ein kleinerer Hof mit Arkaden an (31 el patio de las alhajas); letzterer ganz, ersterer von zwei Seiten von Bauten und Räumlichkeiten aller Art umgeben, die, als nicht zum eigentlichen Kirchengebäude gehörig und dem Fremden meist unzugänglich, hier nicht mit aufgenommen worden sind. Von den Portalen nennen wir außer denen an der Façade noch zwei auf der Südseite, *d* und *e*; von denen der Nordseite führt das mit *f* bezeichnete aus dem Querschiff in eine durch die oben erwähnten Anbauten eingeschlossene Gasse; *g* und *h* stellen die Verbindung mit dem Kreuzgang her. Die mit *i* bezeichnete Pforte führt vom Kreuzgang auf die

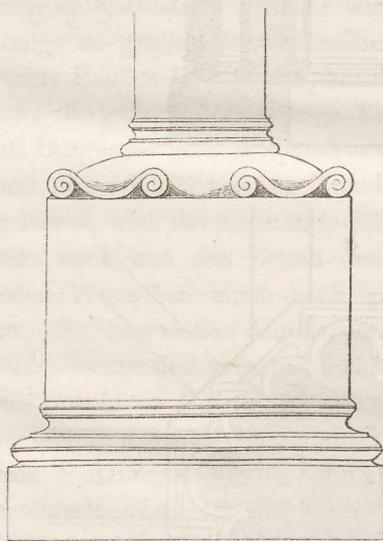


Straße, an deren gegenüberliegender Seite der erzbischöfliche Palast liegt.

Was nun die Bildung der einzelnen Theile anbelangt, so heben wir zunächst die der Pfeiler des Langhauses hervor. Dieselben bestehen aus einem starken cylindrischen Kern, an welchen sich zwölf Halbsäulen von verschiedenem Durchmesser anlehnen. Die Skizzen auf voriger Seite zeigen den Grundriß eines solchen Pfeilers und darüber den Aufriß des unteren Theiles mit den Basen der Halbsäulen; zwei Gruppen von je 3 Halbsäulen tragen die Arkaden *a, a*, welche die verschiedenen Schiffe der Kirche von einander trennen; zwei der größeren Halbsäulen die Gurtbögen des Gewölbes *b, b*; zwei der kleineren die Querrippen *c, c*. Die Profile der letzterwähnten Glieder sind in den folgenden drei Figuren darge-



stellt. — Die Capitelle der Pfeiler werden durch einfaches Blattwerk gebildet; was die Basen anbelangt, so zeigen dieselben statt des Blattes, welches gewöhnlich den unteren Wulst mit der viereckigen Platte verbindet, ein höchst eigenthümliches Ornament, welches den Voluten des ionischen Capitells entspricht und welches durch die zunächst folgende Skizze in größerem Maafsstabe dargestellt ist. Mir sind derartige Basenverzierungen bei keinem andern Gebäude bekannt; eine analoge Form zeigen meines Wissens nur die Basen in dem Dome von Magdeburg, von denen man eine Abbildung bei Rosenthal findet. — Im Chor haben die Pfeiler eine ganz ähnliche Bildung, nur daß hier 16 schlanke Halbsäulen angebracht sind, welche die Arkaden resp. die Rippen



des complicirten Gewölbesystems zu tragen haben. —

Dies sind die Grundzüge des Gebäudes, welches den großartigen Aufschwung des spanischen Bewußtseins im Anfang des 13. Jahrhunderts zum Ausdruck bringt und zugleich noch die Anknüpfung an die deutsche Kunst erkennen läßt, deren Einflüsse auf die Kathedrale von

Burgos wir schon ausführlicher nachgewiesen haben. Es liegt in der Natur der Sache, daß ein so gewaltiges Ganze nicht in kurzer Zeit und ohne Wechsel der Style in den Einzelheiten ausgeführt werden konnte. So haben denn auch in der That mehr als fünf Jahrhunderte dazu gehört, der Kathedrale von Toledo die Gestalt zu geben, die heut zu Tage die Bewunderung der Beschauer erregt. Es ist in ihr — wie wir dies schon von Burgos gezeigt — die Geschichte der ganzen spanischen Baukunst selbst enthalten. Ehe wir dies aber an den Einzelheiten nachzuweisen unternehmen, haben wir einen raschen Blick auf die Geschichte der Stadt selbst zu werfen, durch welche Entwicklung und Fortbau der Kathedrale nicht selten auf das Wesentlichste bedingt worden sind.

Diese Geschichte nun ist eine nicht minder bewegte, als wir dieselbe bisher schon kennen gelernt haben. Die Stadt, immer zu Aufstand und Unruhe geneigt, ist, wie bisher unzählige Male, der Erisapfel gewesen, um den sich die kämpfenden Parteien abmühten, und dessen Besitz nicht selten das politische Uebergewicht der einen oder der andern Partei entschieden hat. Unter der segensreichen Regierung Ferdinand's des Heiligen scheint allerdings kein Grund zu Unruhen vorhanden gewesen zu sein. Alles ging in stetiger Entwicklung vorwärts, und dasselbe schien zu hoffen, als Alonso X. — el Sabio — zu den großen Fortschritten des Staatslebens auch die höchsten Blüthen der Bildung gesellte, die sich bisher unter christlicher Herrschaft auf dem spanischen Boden erschlossen hatten. Leider aber entspricht das politische Handeln nicht dem Ruhm des allseitigen Wissens und des edelsten Bestrebens, welcher diesem Könige nicht abgesprochen werden kann, und bald standen demselben erbitterte Parteien in seinem eigenen Lande gegenüber. Wie sonst so häufig, wird auch jetzt wieder Toledo der Haupttheater des Aufruhrs; hier wurde im Jahre 1284 der Sohn Alonso's, der Infant Don Sancho, zum Gegenkönig gekrönt. Noch unruhiger verlief das vierzehnte Jahrhundert. Im Jahre 1331 war Toledo der Schauplatz des blutigen Gerichts, welches Alonso XI. an den Banden vollzog, die in Folge der vorhergehenden Revolutionen das Land unsicher machten. — In den trostlosen Unruhen, welche Spanien unter Don Pedro dem Grausamen erschütterten, war Toledo eine der ersten Städte, die sich gegen den König erklärten; als im Jahre 1354 die Königin Blanca als Gefangene hiehergebracht wurde, nahm die Stadt Partei für dieselbe und rief den Infanten Don Fadrique zu Hülfe. Dann zum Gehorsam gegen den König zurückgebracht, gelangt Toledo im Jahre 1355 in die Gewalt des Infanten Don Enrique, der ein Bruder Don Pedro's war, und die mächtige Aufregung, die diese Besitznahme zur Folge hatte, wendete sich gegen die Juden, von denen mehr als 1000 getödtet, fast alle aber ausgeplündert wurden. Noch einmal vom Könige gewonnen, nimmt die Stadt im Jahre 1366 D. En-

rique mit grossem Jubel in ihren Mauern auf, und so geht dieser wilde Wechsel, immer von inneren Unruhen begleitet, hin und her, bis im Jahre 1369 der König von seinem Bruder im Zweikampf erschlagen wurde und die Stadt sich dem letzteren ergab, der als D. Enrique II. den Thron bestieg, und mit dem das Haus Trastamare zur Herrschaft von Castilien gelangte.

Unter Enrique II. und seinem Sohne Don Juan I. wuchs die Macht der Städte, und wir werden sehen, wie im Zusammenhang damit auch die Bauhätigkeit sich steigerte. Für Toledo verflossen diese beiden Regierungen verhältnismässig ruhig. Glänzende Cortes werden hier im Jahre 1396 und 1406, letztere unter Enrique III. gefeiert. Mit dem Sohne des letzteren aber, D. Juan II., begann eine Zeit allgemeiner Zerrüttung, in der kirchliche, aristokratische und bürgerliche Elemente mit einander um die Herrschaft rangen, bis dann endlich am Schlusse derselben die königliche Gewalt zu immer festem Abschlusse und entschiedener Herrschaft gelangte. An allen Unruhen des Reiches selbst im vollsten Maasse theilnehmend, hatte Toledo überdies noch seine eigenen inneren Kämpfe durchzumachen. Im Jahre 1422 ist die ganze Bevölkerung in zwei feindliche Parteien über Angelegenheiten der inneren Verwaltung gespalten, bis der inzwischen zur Selbstständigkeit gelangte König den Streit beilegt, ohne aber auch dadurch die Verhältnisse zu bessern. Im Jahre 1439 nimmt die Stadt an dem Aufstande Theil, der durch den Uebermuth von Juan's Günstling, Don Alvaro de Luna, hervorgerufen ward, und dies hatte zur Folge, daß Toledo in die Gewalt des Infanten D. Enrique von Aragon gerieth. Und nun beginnt ein ähnliches Spiel, wie wir es früher schon einmal beobachtet haben. Im Jahre 1440 wurde zwar das alte Regiment wieder hergestellt, aber sehr bald fiel die Stadt in die Hände D. Enrique's zurück. Des Königs Gesandtschaft wird gefangen genommen, ihm selbst (1441) der Eintritt in die Stadt verweigert. Nach Beendigung dieses unglücklichen Krieges gelangt Toledo allerdings wieder in die Gewalt D. Juan's, aber weit entfernt, sich ruhig in dessen Willen zu fügen, zwingen ihn die Bürger, den ihnen verhassten Gouverneur Ayala abzusetzen, und als im Jahre 1449 eine neue Anleihe gemacht werden sollte, brach der alte Trotz der Toledaner von Neuem in helle Flammen aus. Ein Schlauchmacher stand an der Spitze des empörten Volkes, das dem nahenden Könige die Thore versperrte und ihn selbst mit Kanonenschüssen zur Rückkehr zwang. So dringt man wiederholtlich auf die Entfernung des Günstlings D. Alvaro, der inzwischen fast zu unumschränkter Macht gelangt war — ja man denkt im entgegengesetzten Falle den Infanten Don Enrique zum König auszurufen. Erst nach Gewährung eines neuen Statutes, das, dem finsternen Eifer der Priesterstadt entsprechend, den sogenannten neuen Christen den Zutritt zu den städtischen Aemtern versagte, ward der König wieder zu Gnaden aufgenommen.

Im Jahre 1453 fiel auch das Haupt Don Alvaro's, den der König mit derselben Schwäche, mit der er ihn begünstigt, seinen Feinden preisgab. Unter D. Juan's Nachfolger, D. Enrique IV., wurde die Verwickelung der Verhältnisse noch grösser, die Zerrüttung noch tiefer — die Unfähigkeit und die Ausschweifungen des Königs gaben der Gegenpartei, an deren Spitze der Erzbischof von Toledo selbst stand, einen Schein von Berechtigung. Es ist leicht zu denken, daß die Bevölkerung Toledo's an allen diesen Händeln den lebhaftesten Antheil nahm. Als im Jahre 1467 D. Enrique seinen Aufenthalt daselbst nehmen wollte, mußte er vor einem nächtlichen Aufstande die Flucht ergreifen, und auch die Jahre 1471 und 1472 sind durch Empörungen der Stadt bezeichnet, welche überdies durch die Privatfehden der Familien Ayala und Silva noch mehr zerrissen war.

Endlich aber sollte mit dem Tode Enrique's IV. (1474) eine Periode ruhigerer und zugleich glänzenderer Entwicklung sowohl für den Staat, als auch für unsere Stadt anbrechen. Mit jenem erlosch der Mannsstamm des Hauses Trastamare, und die Regierung ging auf seine Schwester Isabelle über, die — ein Muster von Klugheit, Adel und feiner Sitte — Spanien zu ungeahntem Glanze emporzuheben berufen war. Wir können hier nur andeutungsweise einige der wesentlichsten Punkte hervorheben, die bei dem grossen Aufschwunge Castiliens und ganz Spaniens zur Geltung kommen. Zunächst wurde die Sicherheit des bisher allen Unbilden des Raubes und der Plünderung preisgegebenen Landes hergestellt und zwar hauptsächlich durch Unterstützung der städtischen Verbrüderungen (hermandades), die in ein bestimmtes und wohlgeordnetes System gebracht wurden (1476); die Rechte der Krone werden dem trotzigem Adel gegenüber festgestellt, die an denselben verlorenen Einkünfte wiedergewonnen, eine gemeinsame Gesetzgebung angebahnt; — alles Unternehmungen, die, wie sie den Städten zum Vortheil gereichten, so auch unter ausdrücklicher Beteiligung derselben ins Werk gesetzt wurden. Insbesondere sind in dieser Beziehung die Cortes wichtig, die im Jahre 1480 in Toledo abgehalten wurden, auf denen die Procuradores (Deputirten) die Rückgabe der dem Adel verpfändeten Krongüter verlangten und die Abfassung eines gemeinsamen Gesetzbuches beschlossen. Durch die Verbindung der edlen Frau mit Fernando von Aragon wurde eine Gesamteinheit aller spanischen Gebiete angebahnt, die man bisher noch nicht gekannt hatte und welche die Grundsätze des sich neu gestaltenden Staatswesens von Castilien zum Uebergewicht auch in dem andern spanischen Reiche gelangen liess. Die Wissenschaft wurde befördert, die Kunst blühte, Handel und Wandel nahmen einen überraschenden Aufschwung — in Toledo sollen ausser der althergebrachten Waffenfabrikation allein 10000 Menschen mit der Herstellung von Wollen- und Seidenstoffen beschäftigt gewesen sein, die man bisher aus dem Auslande

zu beziehen pflegte. Die Eroberung von Granada setzte den jahrhundertelangen heldenmüthigen Bestrebungen des spanischen Volkes die Krone auf, die Entdeckung Amerikas für Castilien wies dasselbe in die ungeahnten und ungemessenen Bahnen einer neuen Welt, und während die spanische Herrschaft auch auf die wichtigsten Culturvölker Europas sich zu erstrecken begann, schien eine Periode des höchsten Wohlstandes und des höchsten Glückes für diese Nation anzubrechen. Leider aber trat fast gleichzeitig eine düstere und unheilvolle Seite der spanischen Entwicklung immer deutlicher hervor, indem die Frömmigkeit und allzugroße Ergebenheit der großen Königin gegen die Kirche dem dunkeln Verfolgungsgeiste und den blutigen Gelüsten der letzteren nur allzugroßen Vorschub leistete. In das Jahr 1481 fällt die Gründung jenes entsetzlichen Glaubenstribunals, dem allein bis zu Ferdinand's Tode 13000 Menschen zum Opfer gefallen sind, außer den zahllosen Tausenden, die in die Verbannung ziehen mußten. Auch in dieser Beziehung leider ist Toledo unter den wichtigsten Orten zu nennen; nachdem die Inquisition hier festen Fuß gefaßt, wird im Jahre 1492 die jüdische Bevölkerung vertrieben, die, wie die Mauren, dem steten Drucke schon früher allmählig unterlegen war. Im dem Erzbischofe von Toledo, dem unersättlichen Cardinal Ximenez, verkörpern sich diese Bestrebungen, die nach und nach einen immer größeren Einfluß auch auf die politischen Verhältnisse gewinnen. So wird allerdings die Einheit königlicher Gewalt hergestellt, aber auf Kosten der bürgerlichen Freiheit, auf der meist alle glänzenden Erfolge der spanischen Nation beruhten. So kommt das Reich an Carl I., den Sohn der unglücklichen Juana, auf welche das vereinte Erbe der katholischen Könige, Castilien und Aragon, übergegangen war. Dem Gründer seiner Macht, Ximenez, mit Undank lohnend, suchte Carl mit der ihm eigenen Schlaueit die letzten Consequenzen dieses Systems für seine eigenen Zwecke zu ziehen, indem er alle hergebrachten Freiheiten und Rechte mit Füßen trat. Da zeigte sich noch einmal ein großartiger gemeinsamer Aufschwung in dem gekränkten Volke Castiliens — Toledo an der Spitze, bildet sich jener große Bund aller Stände, gegen dessen Macht Carl nichts auszurichten vermocht hätte, wenn er nicht die vereinigten Stände des Adels und der Städte wieder zu trennen gewußt hätte. Der Adel ging, von alter Eifersucht gegen die Städte gestachelt, zur Fahne des Königs über, und nun waren es diese allein, welche die Interessen des Rechtes und der Freiheit vertraten. Noch einmal ward Toledo zum Mittelpunkt der nationalen Bewegung — es war eine Zeit kühnen Aufschwunges und heldenmüthiger Hingebung, aber unaufhaltsam schritt das Fatum Spaniens vorwärts; der mit Adel und Kirche verbundene Absolutismus war unwiderstehlich, und als die Comuneros unterlagen (1552), hatte Toledo wenigstens den Ruhm, das letzte Bollwerk der spanischen Freiheit gewesen zu sein. Fortan hört

die Stadt auf, eine Geschichte im eigentlichen Sinne des Wortes zu haben. Es bleibt der Sitz des mächtigsten Kirchenfürsten, und nur die Interessen eines stolzen und reichen Clerus bringen es mit sich, daß wenigstens auf dem Gebiete der Kunst hier eine Regsamkeit sich erhält, die auf dem Gebiete wissenschaftlicher Bildung und freier bürgerlicher Thätigkeit immer mehr und mehr erlischt, um Toledo endlich zu dem traurigen Verfall und der Bedeutungslosigkeit des heutigen Tages herabsinken zu lassen.

Doch wir kehren von dieser geschichtlichen Uebersicht zu den Kunstschöpfungen Toledo's zurück, um mit Bewunderung wahrzunehmen, wie trotz aller Unruhen, welche die Stadt während der drei oben besprochenen Jahrhunderte bewegten, die Kunst daselbst doch eine ununterbrochene Pflege genossen und eine höchst beachtenswerthe Entwicklung durchlaufen hat. Wir haben dies zunächst an der Kathedrale zu zeigen, deren Geschichte und allmähliche Erweiterung durch mannigfache An- und Umbauten wir in raschen Zügen dem Leser vorführen wollen. Den Plan und die Anordnung des Gebäudes haben wir schon oben als Erzeugniß des 13. Jahrhunderts bezeichnet. Außer den Seiten-Capellen des Langhauses gehören auch die der Absis, 7 bis 12, 18 und 19, ihrer Anlage nach dem ursprünglichen Entwurf der Kirche an, wenn auch manche in späterer Zeit eine reichere Ausstattung erhalten haben und deshalb im Verlauf der folgenden Entwicklung noch besonders anzuführen sein werden. Ebenso gehört der ersten Gründung die Capilla de S. Lucia an (No. 5), eine Stiftung des Erbauers D. Rodrigo Ximenez de Rada. Außer mehreren Kunstwerken späterer Zeit befindet sich darin als Erinnerung an die Zeit der Erbauung eine eiserne Lade, die, ein Meisterwerk alter Schlosserarbeit, zur Aufnahme der für den Bau bestimmten milden Spenden gedient haben soll. Neben S. Lucia liegt die Capilla de los reyes viejos (No. 6), im Jahre 1290 von dem Erzbischof D. Gonzalo Diez Palomeque zu seiner eigenen Begräbnisstätte errichtet, und im Jahre 1490 von Ferdinand und Isabella zur Aufnahme der Capellanos reales bestimmt, welche bis dahin ihre Messen für die alten Könige in der heutigen Capilla mayor gefeiert hatten, wogegen die Grabmäler dieser letzteren — Don Sancho el deseado († 1158), D. Alonso VII. († 1157) und der Infant Don Sancho, sowie Don Sancho IV. († 1295) und der Infant Don Pedro — in der Capilla mayor aufgestellt blieben. —

Auch die Capelle S. Eugenio (anfänglich als Parochie dem heil. Petrus gewidmet) (No. 4), zeigt in ihrer einfachen Wölbung noch die ursprüngliche Anlage; doch werden wir durch ein darin befindliches Denkmal schon in das vierzehnte Jahrhundert hinübergeführt. Es ist dies das Grab eines im Jahre 1316 verstorbenen Ritters Don Fernan Gudiel, merkwürdig dadurch, daß es in sehr entschiedener Weise den Einfluß der arabischen

Architektur zeigt \*), der uns in den Denkmälern der Kathedrale noch öfter begegnen wird. Es besteht dasselbe aus einer in der Mauer angebrachten Bogennische, die von reichem arabischen Ornament in Marmor umgeben und von einem sehr graziös gebildeten Stalaktiten-Karnies gekrönt wird. Eine nach Sitte der Araber vielfach wiederholte Inschrift mit arabischen Buchstaben enthält die Widmung an „die Mutter Gottes, die Jungfrau Maria.“

Eine sehr reiche Bauthätigkeit beginnt mit Don Enrique II., der schon im Jahre 1364, noch bevor er durch den Tod seines Halbbruders D. Pedro des Grausamen zur Regierung gelangt war, in der Kathedrale eine Begräbnis-Capelle für sich und seine Nachkommen begonnen hatte. Dieselbe befand sich ursprünglich am Anfang des äußersten nördlichen Seitenschiffes und nahm die Stelle zwischen der heutigen Capelle der Canonici (No. 30) und der Donna Teresa de Haro (No. 29) ein, und blieb dort unter dem Namen der Capilla de los reyes nuevos, bis diese selbst nach der im Jahre 1530 gegründeten heutigen Capelle desselben Namens (No. 17) übertragen wurden. Die in arabischem Styl ausgeführte Decke der alten Capelle ist später in der Capelle der Canonici im Thurm verwendet worden.

Dem Beispiel des Königs folgte der Erzbischof Don Pedro Tenorio (1365—1399), der zu gleicher Zeit Gouverneur von Castilien war und seine höchst bedeutenden Einkünfte zur Erweiterung und prächtigen Ausstattung der Kathedrale verwandte. Es ist die glänzendste Zeit des gothischen Styles, dessen zweite, reiche und schöne Periode von Tenorio eben so vertreten wird, als die erste, schlichtere und einfachere von D. Ximenez de Rada und Ferdinand dem Heiligen. Von seinen Bauten nennen wir zuerst den Chor, welcher die beiden der Kreuzung zunächst belegenen Abtheilungen des Mittelschiffes einnimmt (No. 33). Dieser Raum ist auf drei Seiten von einer festen Mauer umgeben, auf der dritten öffnet er sich auf die Kreuzung resp. die Capilla mayor mit dem Hochaltar; die Decoration der Mauer besteht aus einer rings herumgehenden Reihe freistehender Säulen, welche durch Spitzbogen-Arkaden mit einander verbunden sind; die Fläche darüber ist mit Sculpturen und architektonischen Gliederungen reich verziert und von einer geschmackvoll durchbrochenen Balustrade gekrönt. An den Sculpturen, welche Vorgänge des alten Testaments darstellen, ist bis zum Jahre 1390 gearbeitet worden.

Das zweite große Werk Don Pedro's ist der Kreuzgang, den derselbe im Jahre 1386 begann, nachdem er das dazu nöthige Terrain auf eine nicht gerade allzürücksichtsvolle Weise von den Juden erworben hatte, die daselbst einen Markt besaßen. Man sieht aus dem

\*) Von den früheren Theilen der Kathedrale zeigen denselben Einfluß die aus gezackten Bögen bestehenden Arkaden des Triforium in dem Chorumgange.

Grundrisse (32), wie der Architekt sich den Verhältnissen der Kirche selbst angeschlossen hat. Die Gewölbe-compartimente des Kreuzganges entsprechen vollkommen denen des nördlichen Seitenschiffes, so daß die Capellen 27 bis 29 in den ersteren hineinragen; die Details des Kreuzganges sind reich, ohne an der Ueberfülle der späteren Zeit zu leiden, die Verhältnisse sehr edel, der Total-Eindruck ein äußerst bedeutsamer\*). Von D. Pedro rührt nur der untere Umgang her; ein zweites flach gedecktes Stockwerk ist in späterer Zeit hinzugefügt. Von den Thüren, die vom Kreuzgang in die Kirche führen, gehört nur die mit *g* bezeichnete Puerta de S. Catalina derselben Zeit an; auf der dem Kreuzgang zugewendeten Seite hat dieselbe eine sehr einfache Gliederung, ist aber reich und gefällig decorirt. Die Decoration der inneren Seite gehört einer späteren Periode des gothischen Styles an, ebenso die nach dem Capitelsaal führende Thüre *k*. Die zweite in die Kirche führende Thür, die mit *h* bezeichnete Puerta de la presentacion ist im Renaissancestyl errichtet.

Mit dem Bau des Kreuzganges hängen außerdem der Thurm und die Capilla de S. Blas zusammen. Ersterer soll im Jahre 1389 begonnen sein und zeigt noch jetzt in seinen unteren Theilen das Wappen Don Pedro's; letztere befindet sich an der nordöstlichen Ecke des Kreuzganges und ist von dem Erbauer zu seiner Begräbnisstätte bestimmt worden. Die Capelle bildet ein Viereck, das von einem achteckigen Sterngewölbe überdeckt wird, und enthält außer dem Sarkophag des Gründers noch das seines Capellans und Freundes D. Vicente Arrias de Balboa, beide im gothischen Styl mit den darauf liegenden Statuen von Juan Gonzalez gearbeitet (No. 36).

Ein anderer Geistlicher, Don Diego Suarez, der ebenfalls die Stelle eines Capellans bei Don Pedro einnahm und mit ihm nah befreundet war, wird als Erbauer einer der schönsten Capellen unserer Kathedrale genannt. Es ist dies die Capilla de S. Pedro (No. 26), die aus zwei reich verzierten Kreuzgewölben und einer siebenseitigen Chornische besteht und ursprünglich zur Grabstätte für den Erbauer bestimmt war. Später wurde dieselbe von dem Erzbischof Don Sancho de Rojas (1414 bis 1422) zu dessen eigener Grab-Capelle erwählt, und soll von diesem erneuert worden sein.

Der letzterwähnte Kirchenfürst war es auch, welcher den Ausbau und die Decoration der Façade unternahm, worunter wir hier den von dem Thurm einerseits und der mozarabischen Capelle andererseits eingeschlossenen Theil der Vorderseite verstehen, und von dem nur das untere Stockwerk ganz vollendet ist. Dasselbe besteht aus einem stark hervortretenden Mauerkörper, dessen auffallende Dicke sich zum Theil aus dem Wunsche er-

\*) Nach den spanischen Schriftstellern ist jede Seite des Umganges 186 cast. Fufs lang, 27 Fufs breit, 60 Fufs hoch.

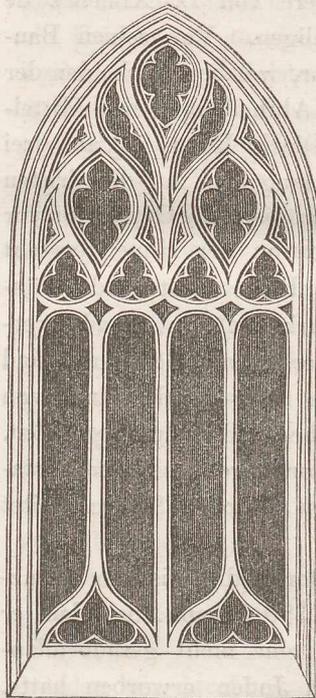
klären läßt, die beiden Vorsprünge an den Seiten nicht zu stark erscheinen zu lassen, theils auch aus der Absicht, den drei Portalen eine grössere Tiefe zu geben. Und in der That sind die Leibungen dieser Portale sehr breit und gewähren Raum für eine große Fülle von Gliederungen; stark vorspringende Rippen und Halbsäulen wechseln mit Nischen ab, in denen sich Statuen unter Baldachinen befinden. Von den Portalen wird das dem Thurm zunächst liegende (*a*) la puerta del infierno, das auf der andern Seite (*c*) la puerta del Juicio nach den daran befindlichen Sculpturen genannt\*), das mittlere, welches nur bei den größten Festlichkeiten geöffnet wird (*b*), la puerta del perdon. Letzteres ist das reichste, die Hohlkehlen der Bögen sind mit Engeln, Propheten und Heiligen ausgefüllt; über dem äußersten Bogen befindet sich eine Galerie von reichverzierten Arkaden, in denen Statuen aufgestellt sind. — Sodann beginnt das zweite Stockwerk, welches, wie schon bemerkt, stark hinter dem ersteren zurücktritt, und in der mittleren Abtheilung eine große gothische Rosette, in den beiden Seitenabtheilungen je zwei Spitzbogenfenster zeigt. Nach dem im Jahre 1422 erfolgten Tode des Erzbischofs de Rojas scheint der Bau ins Stocken gerathen zu sein. Allerdings finden wir noch im Jahre 1462 einen deutschen Bildhauer, Juan Aleman, an den Sculpturen beschäftigt, und im Jahre 1472 wurde von Lorenzo Martinez und Genossen an der Rosette gearbeitet; jedoch ist die Façade nie vollendet worden. Ein nüchterner flacher Giebel, wahrscheinlich aus der Restauration D. Eugenio Durango's vom Jahre 1772 herrührend, bildet jetzt den Abschluß derselben.

Besser erging es dem Thurme. Nachdem D. Pedro Tenorio und D. Sancho de Rojas an demselben hatten bauen lassen, soweit es die Ausführung ihrer eigenen Unternehmungen (Claustro und Façade) erforderte, wurde der Bau unter dem Erzbischof Don Juan Martinez Contreras (1422 bis 1434), wie aus einer Urkunde vom Jahre 1425 hervorgeht, rüstig fortgesetzt und bis zum Abschluß des unteren Theiles vollendet. Dieser untere Theil erhebt sich in quadrater Form bis zur Höhe von 170 Fuß, und zerfällt in fünf Stockwerke, deren unterstes ganz glatt gelassen, die folgenden mit Relief-Arkaden, und das letzte mit Fenstern versehen sind. Sodann beginnt die zweite Abtheilung, welche in Form eines mit schlanken Fenstern durchbrochenen Achtecks sich bis zur Höhe von 72 Fuß erhebt und welche von Contrera's Nachfolger, Don Juan de Zerezueta (1434 bis 1442), erbaut worden ist. Die darauf folgende pyramidale Bekrönung wurde vom Erzbischof Don Juan Tavera (1534 bis 1545) begonnen und von dem Architekten Covarrubias im Jahre 1535 vollendet. Covarrubias' Werk wurde indeß durch

\*) Die erste heißt sonst auch nach der Nähe des Thurmes puerta de la torre, die andere auch p. de los escribanos, weil die Notare zu ihrer Vereidigung durch dieselbe in die Kirche einzutreten pflegen.

einen Brand im Jahre 1660 zerstört; der Erzbischof Don Luis Fernandez Porto-Carrero ließ dasselbe durch den Architekten Bartolome Zumbigo im Jahre 1681 erneuern, und dies ist die Spitze, welche sich bis auf den heutigen Tag erhalten hat. Dieselbe ist 60 Fuß hoch, wozu noch 12 Fuß für die Kugel und 13 Fuß für das Kreuz darüber kommen, so daß die Gesamthöhe des Thurmes 329 Fuß beträgt. Die Wirkung desselben ist geringer, als man bei solchen Dimensionen erwarten sollte, und zwar scheint mir dies durch eine später hinzugefügte Verzierung oder Verunzierung bedingt, indem man im Jahre 1802 an dem glatten Dache drei Reihen großer und stark hervorspringender Blatt-Ornamente angebracht hat, die man jetzt in Toledo wohl als Symbol der dreifachen päpstlichen Krone zu betrachten und zu bewundern pflegt.

Fast zu derselben Zeit, als die Erzbischöfe Rojas an der Façade und Contreras an dem Thurme arbeiten ließen, erhielt die Kathedrale auf der entgegengesetzten Seite einen prachtvollen Anbau in der Capilla de S. Yago (No. 14), welche wahrscheinlich im Jahre 1425 von Don Alvaro de Luna, dem allmächtigen Günstlinge Don Juan's II., begonnen wurde und zu dessen Begräbnisstätte bestimmt war. Sie erhebt sich an der Stelle, wo sich zuvor die Capilla de S. Tomas Cantuariense befand, und bildet ein Achteck, das sich durch drei Arkaden in den äußeren Umgang der Absis öffnet. Die sinnreiche Vermittelung des Achtecks mit jenen drei Arkaden, an die sich ursprünglich drei Capellen (vergl. No. 7 bis 10) angeschlossen hatten, zeigt der Grundriß; die Arkaden zwischen den Pfeilern sind mit feinem Stab-



werk ausgefüllt, in denen, wie in den inneren Verzierungen der Wände, das Fischblasenmuster vorherrscht. In allen Einzelheiten zeigt sich der größte Reichthum einer gefälligen, fast üppigen Ornamentation. Es scheint, daß die Capelle schon im Jahre 1439 vollendet gewesen sei, wenigstens wird berichtet, daß bei dem oben erwähnten Volksaufstande die auf den Günstling erbitterte Menge Alvaro's und seiner Gemahlin Bronze-Statuen (die beiläufig gesagt beweglich gewesen sein sollen) zerstört habe; ein Act politischer Rache, der einige Zeit später durch den Infanten Enrique von Aragon mit gänzlicher Zertrümmerung der Denkmäler vollendet wurde. Dieselben wurden lange nach dem Tode des Condestable von dessen Tochter Donna Maria ersetzt, welche den Künstler Paolo (oder Blas) Ortiz mit deren Herstellung

beauftragte. Sie sind im reichsten und üppigsten Geschmack des spätgothischen Styles von Marmor gearbeitet; auf den von knieenden Statuen umgebenen Sarkophagen ruhen die Gestalten Don Alvaro's († 1453) und seiner Gemahlin Donna Juana de Pimentel († 1448). Aufser diesen im Jahre 1489 vollendeten Kunstwerken befinden sich noch andere Gräber in Mauernischen, die mit reichster gothischer Decoration ausgestattet sind, wie z. B. die des Vaters, des Onkels und eines Halbbruders von D. Alvaro, deren letzteren, D. Juan de Zerezuela († 1442), wir schon oben als Erzbischof von Toledo kennen gelernt haben. Alle diese Denkmäler sind ungemein reich in demselben Style ausgeführt, jedoch erreicht der letztere seine höchste Vollendung in dem Retablo des Hauptaltars, welcher im Auftrag der Donna Maria de Luna im Jahre 1498 von Juan de Segovia, Pedro de Gumiel und Sancho de Zamora vollendet worden ist, und der durch Statuen und Gemälde auch für die Geschichte der bildenden Künste von besonderer Bedeutung ist.

Dicht neben der eben erwähnten Capelle, und derselben in der Anlage nahe verwandt, befindet sich die Capilla de S. Ildefonso (No. 13). Auch sie nimmt den Raum von drei der ursprünglichen Capellen ein und öffnet sich durch drei Arkaden in den Umgang der Absis; Decoration und Construction sind einfacher als in jener. In der Mitte derselben befindet sich der ebenfalls gothisch gearbeitete Sarkophag des Erzbischofs von Don Gil Carillo de Albornoz, welcher im Jahre 1350 renunciirte und später in Assisi starb, von woher sein Leichnam auf den Schultern der Diener nach Toledo getragen wurde. Aufser einigen andern Grabmälern befindet sich hier in einer gothisch decorirten Mauernische das des oben erwähnten Erzbischofs D. Juan de Contreras († 1434).

Bisher haben wir an den Denkmälern und Erweiterungen der Kathedrale die Entwicklung des gothischen Styles von seinen einfachen Anfängen bis zu seiner reichsten Blüthe verfolgen können. Wo ihm fremde Elemente beigemischt waren, beruhten dieselben auf Reminiscenzen des arabischen Baustyles. Gegen die Mitte des fünfzehnten Jahrhunderts machen sich, wenn zunächst auch nur vereinzelt, die Einflüsse der inzwischen in Italien zu neuem Leben erweckten Formen der antiken Baukunst bemerkbar. Interessant ist für den dadurch bewirkten Wechsel der Style an unserer Kathedrale die Capilla de S. Juan Bautista (No. 8). Dieselbe hat zwar im Grundrifs die ursprüngliche Form beibehalten, ist aber im Jahre 1440 von dem Archidiaconus von Niebla, Don Fernando Diaz von Toledo, einer Restauration unterworfen worden, bei welcher man, der oben erwähnten Richtung auf die Formen der antiken Baukunst entsprechend, den ursprünglichen Halbsäulen korinthische Capitelle aufgesetzt hat. So würden wir hier das erste Anzeichen eines Umschwunges zu erblicken haben, der späterhin zu sehr bedeutsamen Schöpfungen der spanischen Baukunst den Anstofs geben sollte.

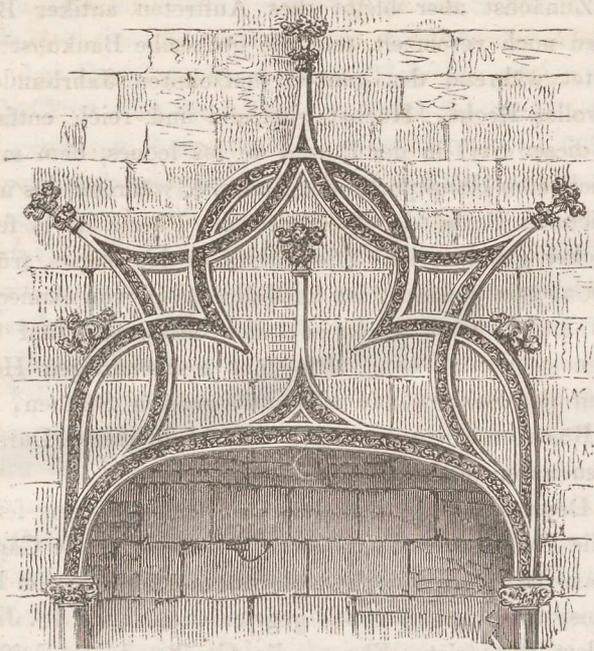
Zunächst aber bleibt dies Auftreten antiker Bauformen noch vereinzelt, und die gothische Baukunst behauptet während des ganzen fünfzehnten Jahrhunderts ihr volles Recht. Höchst glänzend und reich entfaltet sich dieser Styl in der Puerta de los leones, dem mit *e* bezeichneten Hauptportal der Südseite, während das mit *f* bezeichnete Portal der Nordseite, die Puerta de la feria, einfacher gehalten ist. Die Puerta de los leones, früher de la alegria genannt, ist im Jahre 1459 von Annequin Egas aus Brüssel begonnen, der daran mit fünf Genossen gearbeitet hat. Die fünf nischenartigen Hohlkehlen der Seitenwände sind mit großen Statuen, die der Bögen mit einer großen Anzahl kleinerer Darstellungen unter reichen Tabernakeln decorirt.

Demselben Styl und derselben Zeit gehören ferner an die Capilla del Bautisterio (No. 28) und die Capilla de nuestra sennora de los dolores (27), letztere von Don Alfonso Martinez († 1451) gegründet, und im 18. Jahrhundert restaurirt. Ebenso die Capilla de la Epifania (No. 2), welche von Don Pedro Fernandez de Burgos begründet und von D. Luis Daza, Caplan König Enriques IV. (1451 bis 74), erneuert worden ist (No. 2). Retablo und Grabmäler zeigen denselben Styl; eine Inschrift von ineinandergeschlungenen gothischen Buchstaben ist als Fries verwendet, wie dies bei den Arabern gebräuchlich war und wie wir dies früher schon einmal an der Kathedrale von Burgos nachgewiesen haben.

Auch unter der Herrschaft der katholischen Könige blieb die Gothik in fast ungeminderter Geltung. In diesem Style werden u. a. die Denkmäler Don Alvaro's (1489) ausgeführt, das des Don Innigo Lopez Carillo de Mendoza, Vicekönigs von Sardinien († 1497), in der Capilla de S. Ildefonso, der Retablo des Hauptaltars in S. Jago (1498), so wie der in der Capilla de S. Eugenio (No. 4), der von Enrique Egas und Meister Rodrigo entworfen und von den Holzschnitzern Oliver und Pedro im Jahre 1500 ausgeführt ist. Doch zeigt das Grabmal des Cardinals und Erzbischofs Don Pedro Gonzalez de Mendoza sehr gefällige und reine Renaissanceformen. Dasselbe befindet sich in der Capilla mayor und besteht aus einem den antiken Triumphbögen entsprechenden Aufbau in zwei Stockwerken, in dessen oberer Bogenöffnung die Statue des „großen Cardinals von Spanien“ ruht.

Vom Jahre 1500 rührt der Neubau der Capilla de S. Martin (No. 3), vom Jahre 1502 der der Capilla de la concepcion (No. 2 a.) her, in welcher sich die Grabnische des Stifters Don Juan de Salcedo mit umseitig skizzirten wunderlich ausgearteten gothischen Verzierungen befindet.

Den Gipfelpunkt aber erreicht diese späte und überreiche Form der gothischen Architektur in der Ausstattung der Capilla mayor, welche das der Kreuzung zunächst belegene Compartment des Mittelschiffes und die daran anstoßende fünfseitig geschlossene Absis ein-



nimmt (No. 34). Ursprünglich befanden sich hier zwei Capellen, die Capilla mayor in der Absis und die für die reyes viejos von Don Sancho el Bravo gestiftete Capilla de la Cruz in dem viereckigen Compartimente. Der Erzbischof Don Fray Francisco Ximenez de Cisneros, den wir schon oben als den glühendsten Verfolger der Juden und Araber, und Begründer des Absolutismus kennen gelernt haben, beschloß die Capilla mayor zu vergrößern; die Statuen der alten Könige wurden in reichen Bogen-Architekturen unter den Arkaden der Schiffe seitlich vom Hochaltar aufgestellt, und dieser selbst unter Leitung von Diego Copin und Felipe de Borgonna von mehreren Meistern ausgeführt. Die im blühendsten gothischen Styl gehaltene architektonische Einfassung ist von der vollendetsten Arbeit, ebenso die Sculpturen, die zu den besten Erzeugnissen in dieser Kunstgattung gehören. Das Ganze wurde im Jahre 1504 vollendet.

Demselben Manne, der auf die Geschichte von ganz Spanien einen so verhängnißvollen Einfluß ausgeübt hat, verdankt die Kathedrale von Toledo außer der Capilla mayor noch zwei ihrer prächtigsten Zierden, für uns doppelt bemerkenswerth als Schöpfungen einer weltlich prächtigen Kunst im Dienste der Kirche und als Zeugnisse des Einflusses, den noch jetzt die arabische Architektur auszuüben vermochte, nachdem gegen alle Aeuserungen des arabischen Lebens ein wüthender Vernichtungskrieg begonnen war. Die erste dieser Schöpfungen ist die Capilla mozarabe, welche von dem Erzbischof zur Erhaltung des mozarabischen Ritus gegründet wurde und an der wir im Jahre 1503 zwei Morisken (zum Christenthum übergegangene Mauren), Mohamed und Farax, beschäftigt finden. In dieser Capelle (No. 1), die auf der dem Thurm entgegengesetzten Seite aus der Façade der Kirche hervortritt, finden sich mit arabischen auch gothische und Renaissance-Motive zu einem reichen und glänzenden Ganzen verbunden. Die innere Kuppel

ist von Enrique Egas entworfen und im Jahre 1519 von Juan de Arteaga und Francisco Vargas ausgeführt. Das von Meister Juan im Jahre 1524 entworfene und ausgeführte Portal (nach der Kirche zu) zeigt eine schöne Renaissance-Architektur, wogegen die darüber befindliche Nische die allerblühendste Gothik zeigt. Im Jahre 1631 fand unter einiger Abweichung vom ursprünglichen Plane die Vollendung der Kuppel durch Jorge Teotocupoli statt, der in der Geschichte der Malerei unter dem Beinamen el Greco bekannt ist.

Das zweite Beispiel einer solchen Vermischung der Style bietet der Capitelsaal nebst den dazu gehörigen Räumen dar, die ebenfalls von Ximenez erbaut sind. Der Eingang befindet sich in einer der runden Capellen des Umganges, die ihre ursprüngliche Form fast unverändert erhalten hat und einst der heiligen Isabella gewidmet war (No. 10). Das Portal selbst, von Meister Copin aus Holland erbaut, zeigt die reichste und blühendste Gothik, nicht ohne eine gewisse Ausschweifung in den Formen, aber im Ganzen von phantastisch gefälligem Eindruck; der darauf folgende Vorsaal (No. 10a), Antecabildo genannt, enthält ein Portal vom glänzendsten Styl der arabischen Baukunst, wie derselbe in der nicht lange zuvor eroberten Alhambra vorkommt. Der Entwurf stammt von einem Meister Pablo oder Marcos her, welcher auch die Flügel der Thüre, diese aber im Styl der Renaissance gezeichnet hat. Beide wurden von Bernardino Bonifacio ausgeführt und im Jahre 1510 vollendet. Die Decke der Antecabildo ist ebenfalls im arabischen Styl gehalten. Dasselbe gilt von der sala capitular (No. 10b) selbst, deren Architektur von Enrique Egas und Pedro Gumiel erfunden ist und woran in den Jahren 1504 bis 1512 gearbeitet wurde. Die arabische Holzdecke ist von dem berühmten Meister seiner Kunst Diego Lopez de Arenas entworfen, nach dessen Tode aber von Francisco de Lara fortgeführt und im Jahre 1508 vollendet worden. Im Jahre 1510 war auch die Malerei und Vergoldung derselben beendet. Die Sitze für die Canonici sind im Renaissancestyl aus Holz geschnitten, und zwar von dem letztgenannten Francisco de Lara im Jahre 1512; der Sitz des Erzbischofes von demselben Meister Copin, welcher das gothische Eingangportal gearbeitet.

Noch einmal hatte sich hier, nachdem durch Granada's Unterwerfung die Herrlichkeit der Alhambra bekannt geworden, die arabische Architektur in so glänzender Weise gezeigt, um wie in bitterem Hohn als Trophäe für die Feinde und Verfolger des Islam selbst verwendet zu werden; fortan tritt dieselbe, so weit es die Kathedrale betrifft, zurück. Dagegen tritt nun die Renaissance neben der ausartenden Gothik immer entschiedener hervor, theils sie bekämpfend, theils mit ihr höchst eigenthümliche Verbindungen eingehend. Es ist interessant und lehrreich, diesen Kampf, (auf den wir schon bei der Kathedrale von Burgos aufmerksam ge-

macht haben) auch hier gleichsam Schritt vor Schritt verfolgen zu können. Derselbe geht fast durch das ganze sechszehnte Jahrhundert hindurch und hat nicht wenig dazu beigetragen, der spanischen Architektur dieses Zeitraumes ein so glänzendes und phantastisch reiches Gepräge zu geben. Ohne auf alle einzelnen Momente dieses Entwicklungsganges hier näher einzugehen, in so weit sich derselbe an der Kathedrale von Toledo nachweisen läßt, wollen wir als interessantes Beispiel der Verbindung beider Style hier nur die Capilla de los reyes nuevos hervorheben (No. 15 bis 17). Die ursprüngliche Capelle dieses Namens ist schon oben erwähnt worden. Im Jahre 1530 wurde unter dem Erzbischof Don Alonso de Fonseca (1521 bis 1543) der Bau der neuen Capelle von Don Alonso de Covarrubias entworfen, und nachdem derselbe von König Carl genehmigt worden, die Ausführung den besten Künstlern jener Periode anvertraut. Im Jahre 1534 war der Bau so weit vollendet, daß die Ueberreste der neuen Könige, d. h. derer aus dem Hause Trastamare\*) dorthin übersiedelt werden konnten. Die Capelle selbst (17), eine kleine Kirche, bestehend aus zwei Gewölbeabtheilungen nebst fünfseitiger Altarnische, gehört ihrer Construction nach ganz dem spätgothischen Styl an, wogegen die zur Aufnahme der liegenden Königsstatuen bestimmten Wandnischen im Renaissancestyl decorirt sind; demselben Styl gehören auch das die Stelle einer der früheren Capellen einnehmende Portal (No. 15), so wie die als Zwischenglied dienende Capelle (No. 16) an.

Nun aber beginnt die Renaissance immer entschiedener sich geltend zu machen. Ganz in diesem Style, und ohne Beimischung gothischer Motive, ist das Retablo in der Capilla de los reyes viejos von Francisco de Comontes im Jahre 1539 ausgeführt (No. 6); ebenso die Arbeiten an der oberen Reihe der Chorstühle die s. g. *silleria alta*, die nach den Entwürfen von Alonso Berruguete und Felipe de Borgonna vom Jahre 1543 bis 1548 ausgeführt worden ist, und die schönen Archivspinden in Holzschnitzarbeit, welche sich in dem vorhererwähnten Antecabildo (No. 10a) befinden und von Einigen demselben Berruguete, von Anderen einem gleichzeitigen Künstler Gregorio Pardo zugeschrieben werden (1549—1551). Eine sehr gefällige Renaissance zeigt ferner die von der Kirche in den Kreuzgang führende Puerta de la presentacion (*h*), deren äußere, nach dem Kreuzgang zugewendete Façade (1505 bis 1568) einige leise Reminiscenzen gothischer Motive zeigt. Ganz ohne solche Anklänge dagegen ist die innere Seite desselben Portales, die Capilla de S. Gil (No. 9), die im Jahre 1575 restaurirt worden ist, und der patio de las alhajas

\*) Enrique II. † 1379 nebst seiner Gemahlin Donna Juana † 1381; Juan I. † 1390 nebst Donna Leonor † 1382; Enrique III. † 1407 und seine Gemahlin Donna Catalina † 1418. Außerdem befindet sich hier neben dem Grabmal von Donna Juana die knieende Statue Don Juan's II. von Juan de Borgonna.

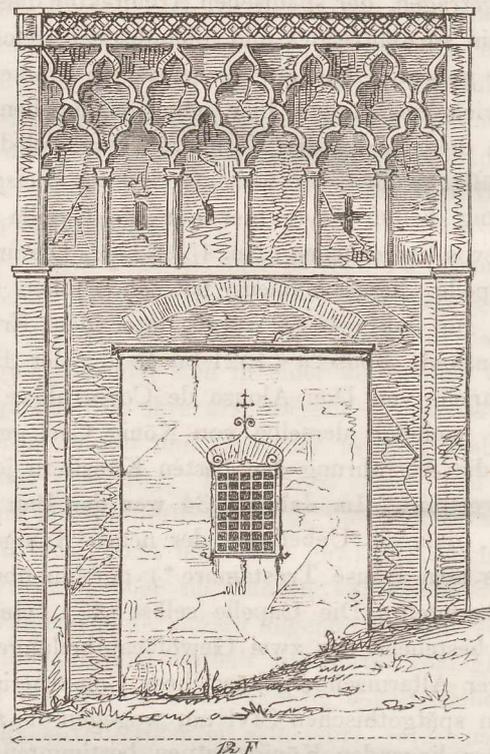
(No. 33), über dessen Bau indess keine Zeitbestimmung angeführt wird. So scheint die gothische Baukunst aus der lebendigen Kunstübung fast ganz verdrängt, als sie in dem Grabmal des Canonicus Don Alonso de Rojas noch einen letzten Aufschwung nimmt. Dasselbe besteht aus einer Spitzbogennische im Querschiff links von der Puerta de los leones. Zwischen zwei reichen mit Statuen unter Baldachinen gekrönten Streben öffnet sich ein mit durchbrochenem Zackenwerk verzierter Spitzbogen, hinter dem sich eine Nische mit reichster gothischer Dekkenbildung und eben solchen Wandverzierungen befindet. Hier kniet vor einem Betpult der Donatar, dessen lebensgroße Statue, wie das ganze Denkmal, aus Alabaster gearbeitet ist. Die Wandfläche unter der Nische ist von der Inschrift und zwei Basreliefs eingenommen, deren Einfassung allein die Formen der Renaissance zeigen. Don Alonso de Rojas ist am ersten Januar d. J. 1577 gestorben, hat sich aber dies Denkmal noch bei seinen Lebzeiten selbst gesetzt. Nach diesem letzten und glänzenden Versuch der Gothik\*) beginnen die Denkmäler immer reiner und ohne gothische Zuthat die antiken Bauformen zu zeigen. Dies gilt namentlich von der Capilla del Sagrario (No. 22), vom Jahre 1592, und dem dazu gehörenden Ochavo (No. 24), sowie von dem dazwischen liegenden, mit einer Kuppel überdeckten Raume (No. 23). Die erstgenannte Capelle ist das Werk des Architekten Nicolas Vergara des jüngeren, dessen Pläne im Jahre 1592 die Billigung König Philipp's II. erhielten, und ebenso das von seiner achteckigen Form sogenannte Ochavo, welches 1595 von diesem begonnen, aber von Bautista Monegro fortgesetzt und erst im Jahre 1653 von Felipe Lazaro Goiti vollendet wurde. In ihnen hat die Baukunst, bei allem Reichthum an kostbaren Materialien, schwerere und strengere Formen angenommen und sich von jener erfindungsreichen und graziösen Pracht entfernt, die das Merkmal der spanischen Renaissance ausmachte, so lange man dem poetischen Formenspiel der Gothik noch einigen Einfluß auf dieselbe gestattete. Denselben Charakter zeigen denn auch fast alle Arbeiten, die während des 17. Jahrhunderts in der Kathedrale ausgeführt worden sind, und von denen wir außer den schon oben erwähnten nur einige hervorheben wollen, wie z. B. das Portal der Capilla del Sagrario vom Jahre 1610 (No. 22), die Sacristei, die in derselben Zeit von Nicolas de Vergara entworfen worden ist, den Abschluß der Capilla Mozarabe vom Jahre

\*) Eine sehr schöne Verbindung der gothischen und Renaissance-Architektur zeigt das Portal der Capilla de los canonicos oder de la torre, die sich als Abschluß des nördlichen Seitenschiffes im Innern des Thurmes befindet (No. 30). Eine Renaissance-Thüre mit halbkreisförmiger Lunette bildet den Mittelpunkt, und ist von halbkreisförmigen Bögen mit reich verschlungenem gothischem Stabwerk umgeben. Wenn die Nachricht, das Portal sei 1597 von Alonso de Covarrubias entworfen und unter seiner Leitung ausgeführt, richtig ist, so haben wir hier das letzte Beispiel der mit Renaissance verbundenen Gothik in der Kathedrale. Wahrscheinlich aber ist die Erbauung des Portals etwas früher anzusetzen.

1631, die capillita de la Antigua, (No. 28b zwischen den Capellen No. 28 und 29). Aus dem achtzehnten Jahrhundert dagegen muß eines der absonderlichsten Denkmäler des ausschweifenden Zopfstyles angeführt werden, der in Spanien nach dem Architekten Churriguera benannt zu werden pflegt. Es ist dies der unter dem Namen „el Transparente“ bekannte Altar, welcher sich an der Rückwand des Hauptaltars befindet und welcher aus einem wüsten und wirren Gemisch von Säulen und Gebälkstücken, von steinernen Wolken und goldenen Lichtstrahlen besteht, welche ihrerseits wieder durch eine Fülle bewegtester Gestalten belebt werden. Dieses seiner Zeit hochgerühmte und später eben so sehr geschmähte Erzeugniß des Churriguerismus ist im Jahre 1732 von Narciso Tomé unter dem Erzbischof Don Diego de Astorga vollendet worden und hat seinen Namen von einer großen Oeffnung, welche in dem darüber befindlichen Kreuzgewölbe des Chorumganges angebracht worden ist, um den Altar selbst in vollster Beleuchtung dem Beschauer entgegenstrahlen zu lassen (No. 35). Von andern Werken des Zopfstyles möchten hier etwa noch einige Retablos, wie z. B. die im Jahre 1777 von Don Ventura Rodriguez entworfene in der Capilla de los reyes nuevos (No. 17) und in der Capilla de S. Ildefonso (No. 13) vom Jahre 1783 erwähnt werden. Einfacher ist der Marmor-Retablo des Altares in der Capilla Mozarabe (No. 1), welchen D. Juan Manzano im Jahre 1791 errichtet hat. Derselbe bekundet schon den Umschwung des Geschmackes, wonach man im Schluß des vorigen und im Beginn unseres Jahrhunderts zu der schlichten Anwendung der unverfälschten Formen der antiken Baukunst zurück kehrte, und wovon an unserer Kathedrale in dem Portal der Südseite ebenfalls ein interessantes Beispiel gegeben ist. Es ist dies die s. g. Puerta llana (d), welche aus einem einfachen Porticus von zwei schlichten ionischen Säulen zwischen Wandpfeilern besteht; sie ist im Jahre 1800 von dem Architekten Don Ignacio Haam errichtet, und mag hier als Schluß der durch fast sechs Jahrhunderte hindurchgeführten Geschichte der Kathedrale von Toledo dienen, in der wir zugleich ein Bild des gesammten Entwicklungsganges der spanischen Baukunst während derselben Zeit gewonnen haben.

Ohne nun hier weiter auf die zahlreichen Monumente einzugehen, welche während des Verlaufes der verschiedenen Bauperioden in Toledo entstanden sind und welche diese Stadt vielleicht zu der malerischsten von ganz Europa machen, wollen wir zum Schluß der Betrachtungen nur einige solche hervorheben, welche bis jetzt noch weniger bekannt geworden sind und zugleich geeignet erscheinen, eine oder die andre der oben erwähnten Stylformen noch mehr zu erläutern. So führen wir als Probe des Einflusses arabischer Architekten im Laufe des 13. Jahrhunderts die Kirche S. Yago del arrabal an, ein durch vielfache Anbauten entstelltes Gebäude, dessen Gründung nicht genau fixirt werden kann, das

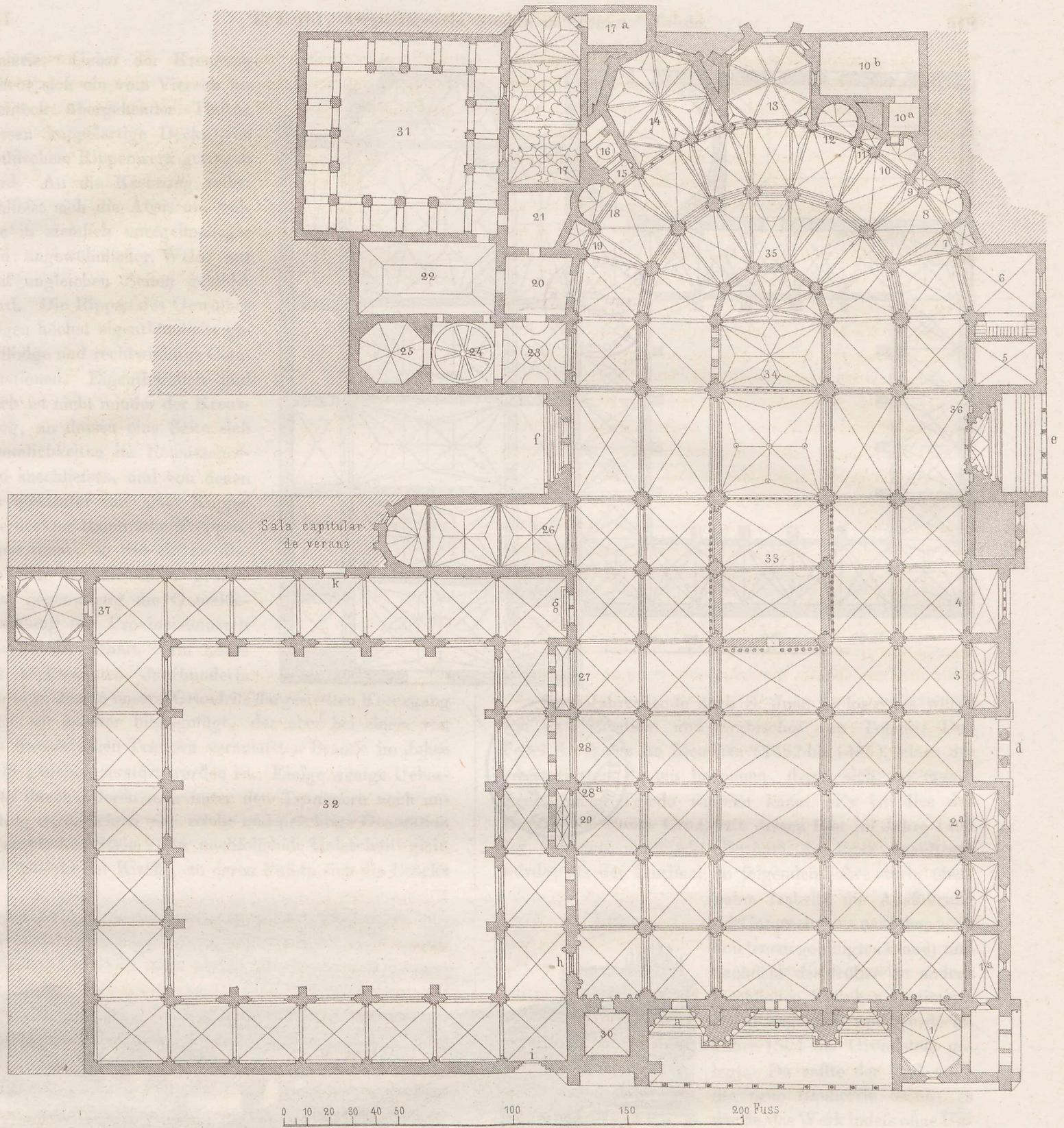
aber wahrscheinlich um die Mitte des 13. Jahrhunderts begonnen ist, im Jahre 1290 schon als vollendet genannt wird. Eine Totalansicht des Gebäudes ist schon früher



bekannt gemacht worden, vorstehende Figur zeigt ein älteres, jetzt vermauertes Portal der Seitenfäçade, welches sich durch eine Reihe verschlungener Zackenbögen auszeichnet; dieselben sind offenbar der arabischen Architektur entlehnt, von deren Einfluß die Kirche im Aeussern wie im Innern noch mancherlei andere Belege darbietet, so namentlich ausgeschweifte Spitzbogenfenster an den Vorsprüngen des Querschiffs; dergleichen Hufeisenbögen in dem wohl erhaltenen Thurm. Am Ost-Ende der Kirche befinden sich drei polygone Absiden mit ganz schmalen Seiten; die mittlere hat drei, die beiden andern zwei Stockwerke von arabischen ausgeschweiften Hufeisen-Arkaden übereinander, ähnlich wie S. Leocadia, S. Ysabel u. a.

Der gothischen Architektur gehört außer der im reinsten Styl erbauten, aber leider durch vielfache Neubauten fast unkenntlich gewordenen Kirche S. Andres, noch die Kirche des Klosters an, welches von den katholischen Königen für die Franciskaner unter dem Titel S. Juan de los reyes erbaut wurde. Die Veranlassung zu diesem Prachtbau war der Sieg, den Ferdinand und Isabella im März des Jahres 1470 bei Toro über den König von Portugal davongetragen hatten, und durch welchen die Herrschaft Isabella's über Castilien gesichert wurde. Die Anlage der Kirche ist bei aller Ueberfüllung der Decoration, welche die üppige Entfaltung des gothischen Styles in seiner dritten s. g. blühenden Periode mit sich brachte, höchst klar und einfach. Sie besteht aus einem Schiffe, an welches sich niedrige Seiten-Capellen anschließen; über diesen befindet sich eine

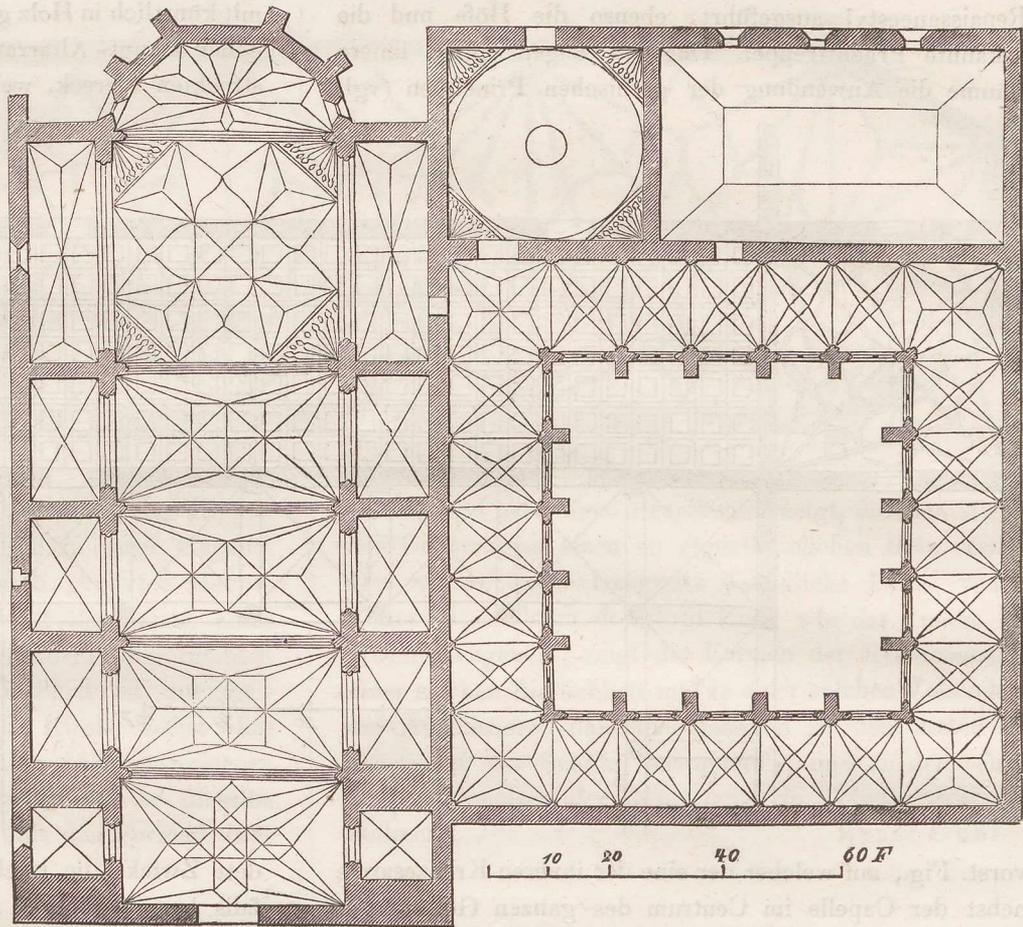
Grundriss der Kathedrale von Toledo.



- |                                    |  |                                      |
|------------------------------------|--|--------------------------------------|
| 1. Capilla mozarabe.               | 15. Portal zu der Capilla de los reyes nuevos. | 31. Patio de las alhajas.            |
| 1a. Bibliothek.                    | 16. Capilla vor derselben. (S. Barbara.)       | 32. El Claustro.                     |
| 2. Capilla de la Epifania.         | 17. Capilla de los reyes nuevos.               | 33. El coro.                         |
| 2a. " " Concepcion.                | 17a. Sacristei derselben.                      | 34. Capilla mayor.                   |
| 3. " " S. Martin.                  | 18. Capilla de S. Leocadia.                    | 35. El Transparente.                 |
| 4. " " S. Eugenio.                 | 19. Capilla del Cristo de la columna.          | 36. Grabmal des Don Alonso de Rojas. |
| 5. " " S. Lucia.                   | 20. Vorsaal zur Sacristei.                     | 37. Capilla de S. Blas.              |
| 6. " de los reyes viejos.          | 21. Saal für die Prachtgewänder u. Paramente.  | a. Puerta del infierno.              |
| 7. " " S. Ana.                     | 22. Sacristei.                                 | b. " " perdon.                       |
| 8. " " S. Juan Bautista.           | 23. Capilla del Sagrario.                      | c. " " juicio.                       |
| 9. " " S. Gil.                     | 24. Vestibul des Ochavo.                       | d. " " llana.                        |
| 10. Eingang zur sala capitular.    | 25. Ochavo.                                    | e. " de los leones.                  |
| 10a. antecabildo.                  | 26. Capilla de S. Pedro.                       | f. " de la ferra.                    |
| 10b. Sala capitular (de invierno). | 27. " " Nuestra Señora de los dolores.         | g. " " S. Catalina.                  |
| 11. Capilla de S. Nicolas.         | 28. " del Bautisterio.                         | h. " de la presentacion.             |
| 12. " " S. Trinidad.               | 28a. Capillita de la Virgen de la Antigua.     | i. " del moellete.                   |
| 13. " " S. Ildefonso.              | 29. Capilla de Doña Teresa de Haro.            | k. " de la sala capitular.           |
| 14. " " S. Jaço.                   | 30. " de los Canonigos.                        |                                      |

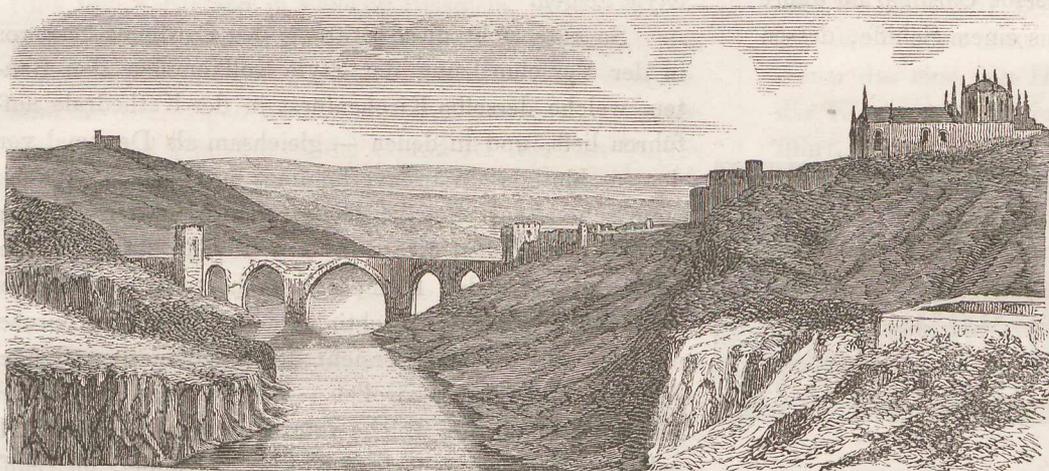
Galerie. Ueber der Kreuzung erhebt sich ein vom Viereck ins Achteck übergelender Thurm, dessen kuppelartige Decke von gothischem Rippenwerk getragen wird. An die Kreuzung selbst schließt sich die Absis an, welche in ziemlich unregelmäßiger und ungewöhnlicher Weise aus fünf ungleichen Seiten gebildet wird. Die Rippen des Gewölbes zeigen höchst eigenthümliche geradlinige und rechtwinklige Combinationen. Eigenthümlich und reich ist nicht minder der Kreuzgang, an dessen eine Seite sich Räumlichkeiten im Renaissancestyl anschließen, und von denen ein quadrater mit einer Kuppel überdeckter Raum zum Treppenhause dient, so wie ein an diesen sich anschließender großer Saal gegenwärtig die Gemälsammlung der Provinzialmuseen von Toledo enthält. Im Laufe des sechszehnten Jahrhunderts

wurde zu dem in unserm Grundriß dargestellten Kreuzgang noch ein zweiter hinzugefügt, der aber bei einem von den französischen Truppen veranlafsten Brande im Jahre 1808 gänzlich zerstört worden ist. Einige wenige Ueberreste davon, deren man unter den Trümmern noch ansichtig wird, zeigen eine reiche und prächtige Decoration im arabischen Style. Der nachfolgende Holzschnitt giebt eine Ansicht der Kirche, zu deren Füßen sich die Brücke



Zwei Jahrzehende nach S. Juan de los reyes wurde von dem Cardinal und Erzbischof von Toledo, Don Pedro Gonzalez de Mendoza (1482 bis 1495), einer der großartigsten Bauten begonnen, deren sich das monumentreiche Toledo rühmen kann. Es ist dies das Hospital de Santa Cruz, mit dessen Bau im Jahre 1494 der bekannte Architekt Enrique de Egas beauftragt wurde; als der Cardinal im folgenden Jahre starb, übernahm Isabella die Ausführung des Unternehmens nach dem noch von jenem gebilligten Plane; und nachdem das früher zu andern kirchlichen Zwecken bestimmte Areal angekauft war, wurde im Jahre 1504 der Grundstein gelegt. Da raffte der Tod auch die neue Bauherrin dahin; es wurde das Werk indess ohne Unterbrechung und ohne Abweichung von dem ursprünglichen Plane fortgeführt und von Enrique de Egas im Jahre 1514 selbst

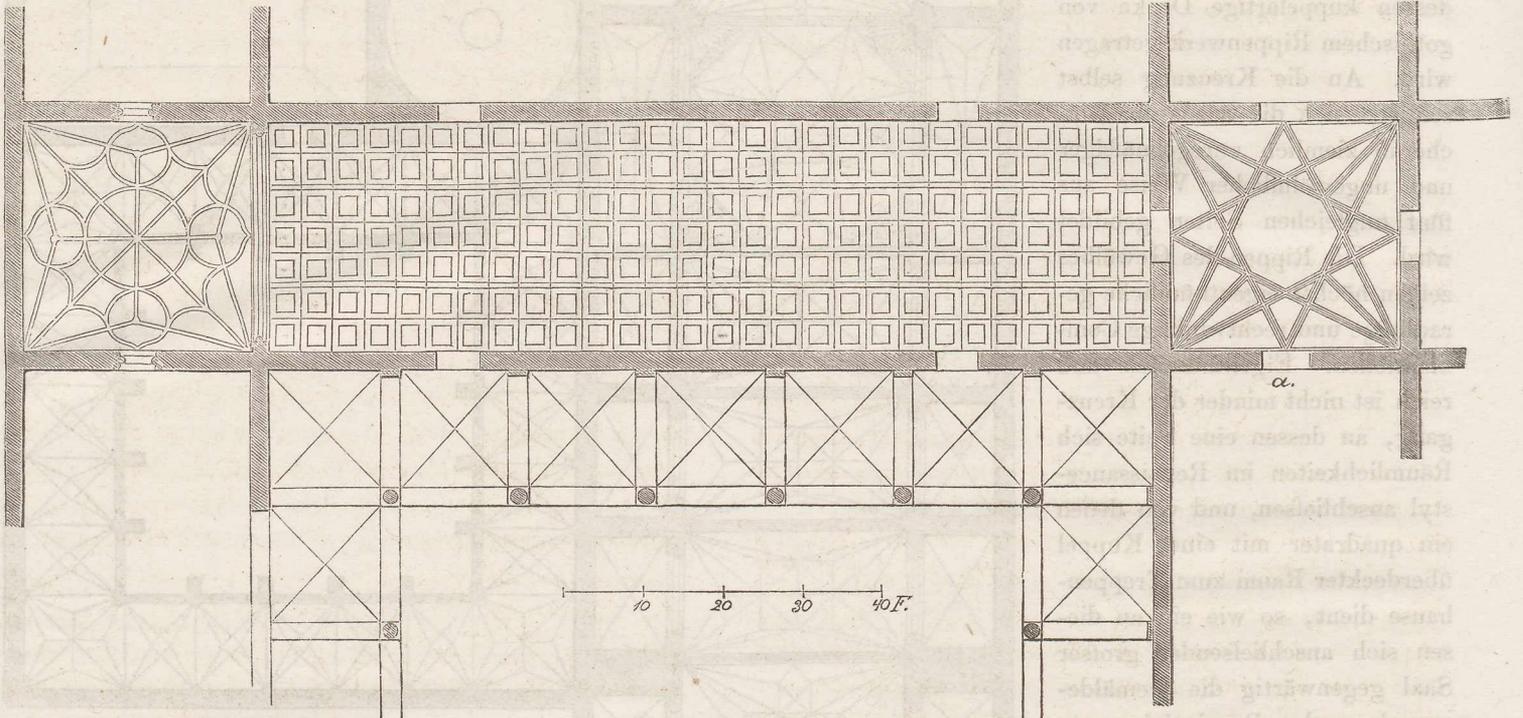
vollendet. Dasselbe besteht aus einem großen Viereck; zwei Querflügel durchschneiden in Kreuzesform den inneren Raum, und bilden so vier mit Arkaden umgebene Höfe, deren größere 120 Fuß lang und 100 Fuß breit sind. Auch in diesem Gebäude zeigte sich die schon öfter erwähnte Verbindung der verschiedenen Baustyle; das Außere, und namentlich das schöne und schon bekannt gemachte Hauptportal, ist in glänzendem gefälligen



de S. Martin über den Tajo wölbt. Letztere ist im Jahre 1203 gegründet, während der Kriege zwischen Don Pedro und Don Enrique aber zerstört worden. Unter des letzteren Regierung ist dieselbe von dem schon öfter genannten Erzbischof Don Pedro Tenorio neugebaut worden, und so hat sie sich bis zum Jahre 1690 erhalten, wo wegen ihres sehr zerstörten Zustandes eine umfassende Reparatur vorgenommen wurde.

Renaissancestyl ausgeführt, ebenso die Höfe und die bekannte Prachttreppe. Dagegen zeigen einige innere Räume die Anwendung der gothischen Principien (vgl.

mit künstlich in Holz geschnitzten Plafonds überdeckt sind. Jener Haupt-Altarraum aber besteht aus einem langgestreckten Viereck, welches durch stalaktitenförmig gebil-

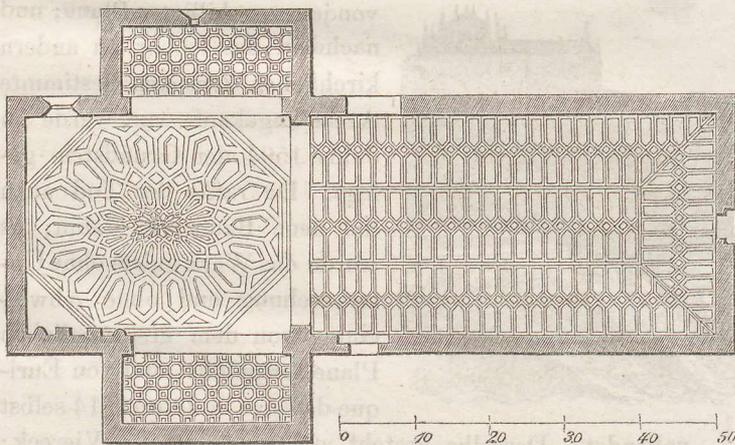


vorst. Fig., auf welcher der eine der inneren Kreuzesarme nebst der Capelle im Centrum des ganzen Gebäudes *a* dargestellt ist), wie an anderen, namentlich an der Decke des Treppenraumes und an einer sehr schönen Thüre, die reichen Formen des arabischen Styles zur Decoration verwendet worden sind.

Durch eine ähnliche Verbindung zeichnet sich auch die Kirche S. Juan de la Penitencia aus, eine Stiftung des schon oft erwähnten Cardinals und Erzbischofs Don Francisco Ximenez de Cisneros. Die Kirche gehört zu einem Nonnenkloster, welches derselbe Cardinal im Jahre 1514 gestiftet hat. Sie besteht aus einem Schiffe, dessen

dete Zwickel im reichsten arabischen Style in ein ebenfalls langgestrecktes Achteck übergeführt wird; ein geschmackvolles und mannigfach verschlungenes Balkenwerk, das mit Malerei und glänzender Vergoldung bedeckt ist, bildet die kuppelförmige Decke dieses Achtecks. Das Retablo des Hauptaltars, so wie ein der Zeit der Erbauung angehöriges Grabmahl zur Linken des letzteren, zeigt die Formen der reinen Renaissance, wogegen in den beiden Höfen, welche den Zugang zur Kirche bilden, einige Thüren und Fenster gefällige Decorationen in arabischem Style zeigen.

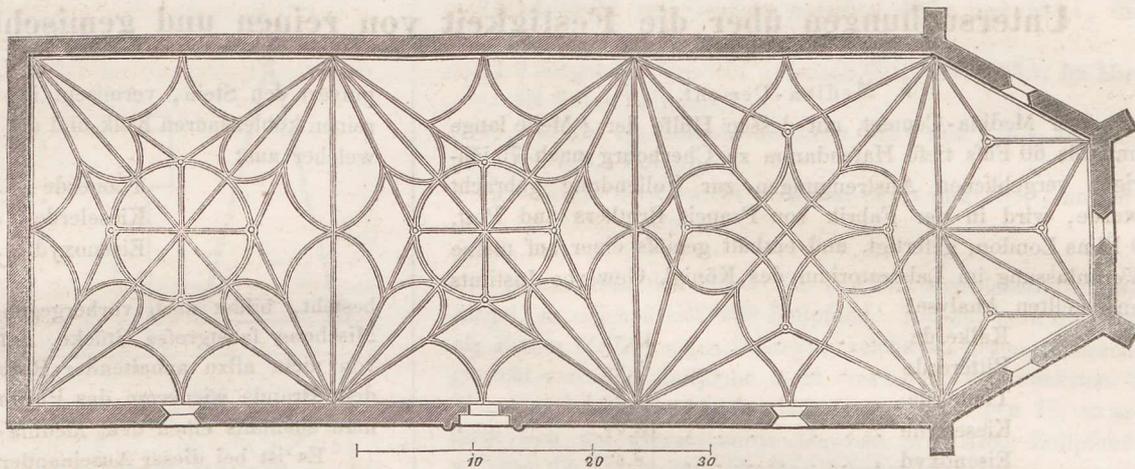
So entspricht diese Stiftung des Cardinals Cisneros in der Verschmelzung der Style vollkommen den Bauten, welche derselbe Kirchenfürst in der Kathedrale aufzuführen liefs, und in denen — gleichsam als Denkmal von dessen blutiger Maurenverfolgung in Granada — der maurische Baustyl seine letzten und reichsten Blüten in der christlichen Kathedrale getrieben hatte. Einem andern der zu der Kathedrale gehörenden Denkmäler von nicht geringerer Wichtigkeit entspricht eine Kirche, mit der wir diese Uebersicht der toledanischen Baugeschichte beschließen wollen. Es ist dies die kleine Kirche S. Clemente, welche vom König Don Alonso VIII. nebst einem dazu gehörigen Kloster gegründet, im Laufe des sechszehnten Jahrhunderts neu gebaut worden ist. Bestimmte Nachrichten über diesen Neubau sind nicht vorhanden, doch glaube ich aus der Aehnlichkeit mit der Capilla de los reyes nuevos (Blatt Z, No. 17) in der Kathedrale die Zeit gegen die Mitte des sechszehnten Jahrhunderts dafür annehmen zu dürfen. Wie diese Capelle, besteht die Kirche aus einem Schiffe mit ange-



Decke aus kunstvoll geschnitztem Holzwerk gebildet ist (techo artesonado); durch eine Spitzbogen-Arkade (auch das Fenster des rechten Kreuzesarmes zeigt den Spitzbogen) öffnet sich das Schiff in den Altarraum (la cabecera de la iglesia), an welchen sich rechts und links zwei niedrigere Räume als Kreuzesarme anschließen, die ebenfalls

schlossener Altarnische. Das Schiff ist durch drei Kreuzgewölbe gebildet, deren künstlich verschlungenes Rippenwerk fast ganz dieselben Motive zeigt, welche in der Capilla de los reyes nuevos angewendet sind. Die Absis ist hier nur dreiseitig gebildet, indem die Hälfte eines regelmäßigen Sechsecks den Abschluss des ganzen Ge-

bäudes bildet; jedoch zeigt die Verbindung der Rippen auch hier dieselben Motive, als die in jener Capelle. Zur Seite des mit guten Sculpturen gezierten Hauptaltars befindet sich ein Grabmal mit der Statue eines Knaben, welche den Sohn des Gründers, den Infanten Don Fernando darstellt. Das Grabmal ist zur Zeit Philipp's II. restaurirt worden. Die Kirche selbst aber entspricht auch darin der im Jahre 1530 begonnenen Capilla de los reyes nuevos, daß sich an ihr dieselbe Verbindung des gothischen Styles mit den Formen einer



reichen und prächtigen Renaissance zeigt, die dem Werke des Covarrubias einen so eigenthümlichen Reiz verlieh. Das an der einen Langseite befindliche Portal von S. Clemente, welches derselben Zeit, wie das Innere der Kirche, angehört, zeigt die Formen der Renaissance in einer solchen Zierlichkeit und in einer solchen Vollendung der Ausführung, daß man dasselbe zu den besten Erzeugnissen der Schule Berruguete's, und zu den schönsten Denkmälern der Renaissance in Toledo überhaupt rechnet. Ernst Guhl.

## Muster italienischer Backstein-Architektur.

(Mit Zeichnungen auf Blatt 56 und 57 im Atlas.)

Von den auf Blatt 56 und 57 im Atlas hier ferner mitgetheilten Mustern italienischer Backstein-Architektur (cf. Jahrg. 1856, Blatt 61 und 62 im Atlas) geben auf Blatt 56 die beiden Hauptgesimse von S. Fermo in Verona und S. Stefano in Venedig Beispiele, wie durch Anwendung von verschiedenen Materialien und Kalkputz der Formenwechsel durch Farbe gehoben wird. Bei ersterem sind die dreieckigen Zwickel oberhalb der oberen Spitzbögen, und bei dem anderen der Grund der Rosetten-Durchbrechung geputzt; das übrige hellfarbige Material bei S. Fermo ist Marmor. — Wie auch ganz einfache Gesimse durch Farbe auf der geputzten Wandfläche reicher zu beleben, zeigt das auf diesem Blatte zuunterst mitgetheilte Gesims vom Klosterhof S. Antonia in Padua, wo die Blattzeichnung zwischen den ausgekragten Ziegelsteinen von dunkelgrüner Farbe ist.

Das Hauptgesims der Kirche dei Frari in Venedig ist aus gebrannten Ziegeln einfarbig gebildet und enthält nur in der Platte unter den Obergliedern eine Zeichnung rautenförmiger Felder in bräunlichem Ton.

Das Ziegelgesims von einem Privathause in Padua zeigt eine eigenthümliche Anordnung kleiner Fenster im Simse.

Auf Blatt 57 ist das Hauptgesims von S. Francesco in Mantua aus gleichfarbigen gebrannten Steinen zusammengesetzt; ebenso das Hauptgesimse der Kirche S. Ambrogio in Mailand, bei welchem jedoch die Bogen-Console aus grünlich, grauem Marmor bestehen.

Die beiden Simse von S. Francesco in Piacenza, von denen das eine zum Haupt-, das andere zum Nebenschiff der Kirche gehört, sind in sauberen Formsteinen ausgeführt.

Das Hauptgesims des Seitenschiffes der Kirche S. Sveno in Verona zeichnet sich wegen seiner Einfachheit und doch guten Wirkung aus, und sind hierbei besonders die Ziegelschichten (aus dunkelrothen Steinen) von Einfluß, welche sonst, aufser an noch anderen Simsen und am Kreuzgange von S. Sveno, welcher ganz aus Ziegelsteinen besteht, nicht angewendet sind. Das übrige Material ist Sandstein.

Das einfache, ganz aus gebrannten Steinen zusammengesetzte Gesimse aus Verona befindet sich an einem Privathause hinter S. Anastasia daselbst.

Das Hauptgesims vom Querschiff der Kirche dei Frari zu Venedig zeigt einen gelblichen Zackenfries auf braunem Grunde. C. Stegmann.

## Untersuchungen über die Festigkeit von reinen und gemischten Cementen.

### 1. Medina-Cement.

Der Medina-Cement, mit dessen Hilfe der  $\frac{1}{2}$  Meile lange und bis 60 Fuß tiefe Hafendamm zu Cherbourg nach 75 jährigen vergeblichen Anstrengungen zur Vollendung gebracht wurde, wird in der Fabrik von Francis Brothers und Pott, 9 Elms London, gefertigt, und enthält gemäß einer auf meine Veranlassung im Laboratorium des Königl. Gewerbe-Instituts angestellten Analyse:

|                            |        |
|----------------------------|--------|
| Kalkerde . . . . .         | 45,73  |
| Bittererde . . . . .       | 5,28   |
| Thonerde . . . . .         | 9,74   |
| Kieselerde . . . . .       | 16,81  |
| Eisenoxyd . . . . .        | 8,67   |
| Kali . . . . .             | 1,55   |
| Natron . . . . .           | 0,52   |
| Kohlensäure . . . . .      | 5,43   |
| Mangan, Phosphor, Schwefel | Spuren |
| Thonsand . . . . .         | 4,31   |
| Wasser . . . . .           | 1,43   |
|                            | <hr/>  |
|                            | 99,47. |

Die vorhandene Kohlensäure ist entweder ursprünglich vom Kalk herrührend, oder nachträglich aus der Luft aufgenommen. In beiden Fällen ist der mit ihr verbundene Kalk für den Cement unwirksam, so daß von 45,73 Kalkerde-Theilen nur 38,83 als wirksam angesehen werden können. Stellt man mit diesen 38,83 die als vorhanden gefundene Bittererde, Thonerde, Kieselerde und das Eisenoxyd als die wesentlichen Bestandtheile des Cements zusammen und berechnet sie auf 100 Theile, während man die übrigen Bestandtheile, namentlich die Alkalien, als nicht unbedingt wesentlich, den Thonsand und das Wasser als überflüssig außer Acht läßt, so erhält man:

|                      |         |
|----------------------|---------|
| Kalkerde . . . . .   | 48,95   |
| Bittererde . . . . . | 6,65    |
| Thonerde . . . . .   | 12,28   |
| Kieselerde . . . . . | 21,19   |
| Eisenoxyd . . . . .  | 10,93   |
|                      | <hr/>   |
|                      | 100,00. |

Hieraus läßt sich als wahrscheinlich annehmen, daß der Medina-Cement aus einem Bitterkalk und einem Thon, beide Theile eisenhaltig, zusammengesetzt ist. Der Bitterkalk würde in 100 Theilen, 86,23 kohlen-sauren Kalk und 13,77 kohlen-saure Bittererde, außerdem einen Antheil kohlen-saures Eisenoxydul, der Thon 36,69 Thonerde und 63,31 Kieselerde, außerdem einen Antheil Eisenoxyd enthalten.

Der Dolomit, aus welchem der Tarnowitzer Cement gefertigt wird, enthält nach einer Analyse von Herrmann Meyer, nach Abrechnung der Kohlensäure mit 43,33:

|                       |        |
|-----------------------|--------|
| Kalkerde . . . . .    | 27,53  |
| Bittererde . . . . .  | 13,97  |
| Thonerde . . . . .    | 0,86   |
| Kieselerde . . . . .  | 3,35   |
| Eisenoxydul . . . . . | 10,88  |
|                       | <hr/>  |
|                       | 56,59. |

Nimmt man hiervon etwas weniger als die Hälfte, nämlich mit Hinweglassung der Kohlensäure:

|                       |        |
|-----------------------|--------|
| Kalkerde . . . . .    | 13,11  |
| Bittererde . . . . .  | 6,65   |
| Thonerde . . . . .    | 0,41   |
| Kieselerde . . . . .  | 1,59   |
| Eisenoxydul . . . . . | 5,18   |
|                       | <hr/>  |
|                       | 26,94, |

pulvert den Stein, vermischt ihn mit 64 Theilen gepulvertem reinen kohlen-sauren Kalk und mit 37,22 Theilen solchen Thons, welcher aus:

|                      |        |
|----------------------|--------|
| Thonerde . . . . .   | 31,89  |
| Kieselerde . . . . . | 52,66  |
| Eisenoxyd . . . . .  | 15,45  |
|                      | <hr/>  |
|                      | 100,00 |

besteht, bildet nach vorhergegangener Anfeuchtung aus der Mischung faustgroße Stücke, unterwirft diese einem Brande von nicht allzu anhaltender Rothglühhitze, und nimmt nach dem Brande wiederum das Pulvern der Masse vor, so erhält man ebenfalls einen dem Medina-Cement gleichen Cement.

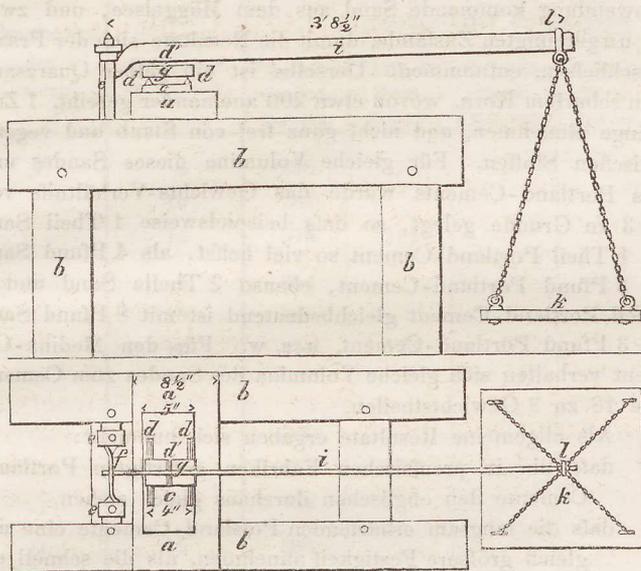
Es ist bei dieser Auseinandersetzung der Medina-Cement in seiner englischen Zusammensetzung striete nachzubilden. Dies ist indessen, um einen gleich guten, wo nicht bessern Cement zu erhalten, keineswegs nothwendig, insbesondere das Verhältniß, in welchem die Bittererde zu den übrigen Bestandtheilen stehen muß, keineswegs constant; vielmehr läßt sich aus jedem dolomitischen Kalk mit einem Zuschlag von Thon, dessen Thonerde-Gehalt  $\frac{3}{4}$  bis  $\frac{1}{2}$  der Kieselerde beträgt, ein gleich guter und unter Umständen noch besserer Cement, als der Medina-Cement, bilden. Wenn es aber begründet ist, daß der Medina-Cement vor anderen Cementen, selbst vor dem Portland-Cement, vorzugsweise dem Salzwasser widersteht, wegen welcher Eigenschaft er eben zur Vollendung des Cherbourger Hafendammes verwendet wurde, so liegt der Grund davon unzweifelhaft darin, daß sich die Kieselerde leichter und lieber mit Kalk und Bittererde, als mit Kalk allein verbindet. Nur muß der Bitterkalk in seiner ursprünglichen Zusammensetzung wenig oder keine Kieselerde enthalten, weil andernfalls die darin bestehende Verbindung der Bitter- und Kieselerde zu Gunsten einer neuen nicht aufgehoben wird, also beide Factoren nur als todt Körper betrachtet werden können. Die deutschen Natur-Producte sind viel zu wenig chemisch abgeschlossen.

### 2. Versuche über die Festigkeit des Medina- und Portland-Cements.

Als Maximum des Bruchgewichts für den Cement betrachte ich dasjenige Gewicht, welches einen guten Ziegel zum Brechen bringt. Zur Ermittlung des letzteren bediente ich mich eigens geformter Ziegel aus der anerkannten Ziegelei von Hermsdorf bei Berlin. Sie erhielten eine Länge von  $4\frac{7}{8}$  Zoll, eine Breite von  $2\frac{1}{2}$  Zoll und eine Stärke von  $1\frac{1}{4}$  Zoll, und wurden durch 7 Parallel-Schnitte gewonnen, welche gewöhnliche Mauerziegel von 10 Zoll Länge,  $4\frac{7}{8}$  Zoll Breite und  $2\frac{1}{2}$  Zoll Stärke in 8 gleiche Theile zertheilen. Da Ziegel, welche wie die hier verbrauchten mit der Hand gestrichen worden sind, weder im Verhältniß zu einander, noch jeder für sich in seinen einzelnen Theilen von gleicher Festigkeit sind, weil hauptsächlich die Pressung des Lehms oder Thons beim Formen nicht überall gleich ist, so erhält man durch den Bruch der verwendeten kleinen Ziegel ein genaueres durchschnittliches Bruchgewicht, als der Bruch von Ziegeln in ihrer gewöhnlichen zur Verwendung kommenden Größe ergeben würde.

Die Vorrichtung zum Bruch ergab sich nach mehreren nicht zum Ziele führenden Versuchen am zweckmäßigsten in folgender Art:

Auf der 3 Zoll starken eichenen Bohle *a*, welche durch das Bockgestell *b* getragen wird, liegt angeschraubt eine 12 Zoll lange, 5 Zoll breite und  $\frac{3}{4}$  Zoll starke schmiedeeiserne Platte *c*. Auf der letzteren sind zwei eiserne, oberwärts mit einer rund-



lichen (nicht ganz scharfen) Kante abgeschrägte Leisten oder Steege  $d, d$  dergestalt mit einander parallel aufgenietet, daß die Weite zwischen ihren oberen Kanten genau vier Zoll beträgt. An dem einen Ende stehen auf einem Querriegel des Gestelles zwei Säulen  $e$ , in welchen der nach unten zugeschärfte eiserne Riegel  $f$  liegt. Ueber die Leisten  $d, d$  wurde ein Ziegel, und über diesen, genau in der Mitte zwischen  $d$  und  $d$  ein drittes Leistchen  $d'$  von gleicher Form wie  $d$ , welches mit  $2\frac{1}{2}$  Zoll Länge quer über den Ziegel  $g$  hinüberreichte, gelegt. Nachdem die letzte Leiste passend auf dem Ziegel lag, wurde der Hebel  $i$  darüber gebracht. Derselbe besteht aus einer Eisenstange von  $\frac{1}{4}$  Zoll Breite und 2 Zoll Höhe. Das hintere gekrümmte Ende kam unter dem Riegel  $f$  zu liegen. Dasselbst befindet sich in ihm ein kleiner Einschnitt, in welchem die Zuschärfung des Riegels  $f$  paßte, und welcher dazu diente, sowohl den Ort des jedesmaligen Anlegens des Hebels zu bezeichnen, als auch das Abrutschen desselben zu verhüten. Die Größe der Krümmung ist dergestalt eingerichtet, daß der Einschnitt in der Verlängerung der Unterfläche des vordern Theils des Hebels liegt. Nahe dem Ende dieses vordern Theils des Hebels bei  $l$  trägt ein zweiter, aber auf der Oberkante des Hebels angebrachter Einschnitt eine Wagschale  $k$  zum Auflegen der Gewichte.

Die Vermehrung des Gewichts geschah von Pfund zu Pfund in geringen Zwischenzeiten von  $\frac{1}{3}$  bis  $\frac{1}{2}$  Minute. Da zur Zeit des Versuchs, in der ersten Hälfte des verflossenen Jahres, das Zollgewicht noch nicht eingeführt war, so wurde das preussische Gewicht angewendet, jedoch ist mit Umgehung der Bruchtheile in nachfolgenden Angaben dies in Zollgewicht umgerechnet worden.

Die auf die Wagschale aufgelegten Gewichte vervielfältigten sich mit Bezug auf die Länge des Hebels auf das  $7\frac{3}{4}$ -fache. Unter Beachtung dieser Gewichts-Vervielfältigung beträgt das Eigengewicht der Wagschale und des längern Theils des Hebels, wenn solches auf die Mitte des Ziegels  $g$  unter dem Steeg  $d'$  übertragen wird, 94 Zollpfund.

Es wurden 40 Stück Ziegel gebrochen. Dabei stellte sich heraus, daß das Bruchgewicht eines tadelfreien Ziegels das Auflegen von  $\frac{1}{2}$  Centner auf die Wagschale gestatten müsse, was eine unmittelbare über dem Stein angebrachte Gesamtgewichts-Belastung von  $492\frac{1}{2}$  Zollpfund beträgt. Die Versuche ergaben nunmehr, daß:

- 1) 6 Ziegel als schadhaft das Normal-Gewicht von  $492,5$  Zollpfund nicht aushielten, indem sie entweder rissig waren, oder im Innern Thonknoten hatten,

- 2) 12 Ziegel ein Gewicht zwischen  $492,5$  und  $593,8$ , im Mittel  $549$  Zollpfund,
- 3) 9 Ziegel ein Gewicht zwischen  $601,0$  und  $695,3$ , im Mittel  $657,4$  Zollpfund,
- 4) 9 Ziegel ein Gewicht zwischen  $702,5$  und  $784,4$ , im Mittel  $735,8$  Zollpfund,
- 5) 4 Ziegel ein Gewicht zwischen  $820,5$  und  $999,7$ , im Mittel  $913,2$  Zollpfund

trugen.

Nimmt man das Mittel aus den Bruchgewichten der 34 Ziegel, so ergeben sich  $669$  Zollpfund. Rechnet man dagegen als Ersatz für diejenigen 6 Ziegel, welche das geringste Bruchgewicht von  $492\frac{1}{2}$  Zollpfund nicht aushielten, die stärksten 6 Ziegel zurück, und zieht das Mittel aus den übrigen 28, so ergibt sich das Durchschnitts-Gewicht von  $628,1$  Zollpfund, welches die Ziegel zum Brechen brachte.

Da die Leisten  $d$  auf der Platte  $c$  der Brechungs-Vorrichtung 4 Zoll von einander entfernt liegen, so beträgt die freie Länge der Ziegel, auf deren Mitte die Belastung vorgenommen wurde, diese 4 Zoll, und da die Formel der relativen Festigkeit für den Bruch, wenn der belastete Gegenstand an zwei Punkten lose aufliegt,

$$P = 4a \frac{b h^2}{l}$$

und hierin für den vorliegenden Fall  $P = 628,1$  Zollpfund,  $b = 2\frac{1}{2}$  Zoll,  $h = 1\frac{1}{4}$  Zoll,  $l = \frac{1}{3}$  Fufs (die Breiten-, Höhen und Längen-Abmessungen der Ziegel) ist, so ergibt sich der Brechungs-Coefficient  $a$  auf  $13,4$ , und es würde ein Stab von  $1 \square$  Zoll Querschnitt dieses Ziegelguts durch eine Kraft von  $13,4 \cdot 72 = 964,8$  Zollpfund zerrissen werden.

Nennt man die in No. 2) gebrochenen Ziegel gewöhnliche, die zu No. 3) gute, zu No. 4) sehr gute, zu No. 5) vorzügliche, so ergeben sich, wie zuvor, die Kraft-Coefficienten  $a$  in der Formel für die relative Festigkeit: zu No. 1) =  $11,7$ , zu No. 2) =  $14,0$ , zu No. 3) =  $15,7$ , zu No. 4) =  $19,5$ , und es werden Stäbe der beziehungsweise gleichartig gearbeiteten Thonmassen von  $1 \square$  Zoll Querschnitt durch angehängte Gewichte zu No. 1) von  $843$ , zu No. 2) von  $1010$ , zu No. 3) von  $1130$ , zu No. 4) von  $1403$  Zollpfund zerrissen, oder es ist für die absolute Festigkeit dieser Ziegel

$$\text{zu No. 2) } P = 843 b h,$$

$$\text{- 3) } P = 1010 b h,$$

$$\text{- 4) } P = 1130 b h,$$

$$\text{- 5) } P = 1403 b h,$$

und allgemein im Durchschnitt:

$$P = 965 b h,$$

worin  $P$  dies Gewicht in Zollpfund ausdrückt,  $b$  und  $h$  die Breite und Stärke des Ziegels in Zollen bedeutet. Hiernach stellt sich die absolute Festigkeit der Ziegel in ihren gewöhnlichen Abmessungen von  $4\frac{1}{2}$  Zoll Breite und  $2\frac{1}{2}$  Zoll Stärke auf:

$$\text{zu No. 2) } P = 10186 \text{ Zollpfund,}$$

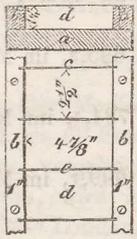
$$\text{- 3) } P = 12204 \text{ -}$$

$$\text{- 4) } P = 13654 \text{ -}$$

$$\text{- 5) } P = 16953 \text{ -}$$

und im allgemeinen Mittel =  $11660$  Zollpfund.

Um die Festigkeit des Cements mit der Festigkeit dieser Ziegel in Vergleich stellen zu können, wurden Steine gleicher Größe aus dem Cement gebildet. Die hierzu benutzte Form besteht aus einem Brett, das in dem umstehenden Querschnitt und Grundriss mit  $a$  bezeichnet ist. An beiden Seiten sind Leisten  $b, b$  von  $1\frac{1}{4}$  Zoll Höhe in  $4\frac{1}{2}$  Zoll lichter Entfernung von einander mittelst Holzschrauben fest aufgeschraubt. An der innern Seite dieser Leisten befinden sich Sägeschnitte von  $\frac{1}{4}$  Zoll Tiefe, in welche sich  $5\frac{1}{4}$  Zoll lange und  $1\frac{1}{4}$  Zoll hohe



Blätter von Zinkblech *c* einschieben lassen. Hierdurch bilden sich Kasten *d, d* von der Gröfse der gebrochenen Ziegel mit  $4\frac{7}{8}$  Zoll Länge,  $2\frac{1}{2}$  Zoll Breite und  $1\frac{1}{4}$  Zoll Tiefe. Dergleichen Formen wurden zwei gemacht, jede zu 8 Kästen oder Abtheilungen, so dafs mittelst derselben gleichzeitig 16 Cementsteine geformt werden konnten. Doch mufs die Form vor ihrer Anfüllung jedesmal mit Oel gestrichen werden,

widrigenfalls der Cement an das Holz und Zinkblech anhaftet und die unbeschädigte Herausnahme der Steine verhindert wird. Auch hat sich herausgestellt, dafs zwar nach jedesmaliger Einfüllung der Cementmasse der Cement einen grossen Theil des überschüssigen Wassers nach oben herausstößt, so dafs es von der Form abgegossen werden kann, dafs dies jedoch nicht mit allem überschüssigen Wasser geschieht, vielmehr ein Theil desselben in der Masse zurückbleibt und in dem erhärteten Cement die Bildung von Luftblasen und Poren verursacht, welche die Festigkeit des Steins beeinträchtigen. Um dies zu verhüten, ist es nothwendig, die Form nach ihrer Anfüllung mehrmals stark aufzustossen, in Folge dessen die festen Theile des Cements näher zusammenrücken und das überschüssige Wasser in gröfserer Masse ausstossen, auch die Nachfüllung von Cementmasse in die Form, sobald sie sich als nothwendig herausstellt, vorgenommen werden kann. In diesen Formen bleibt die Cementmasse so lange stehen, bis sie ausreichend erstarrt ist, um, ohne beschädigt zu werden, als zusammenhängende Masse behandelt werden zu können. Die geformten Steine liefsen sich alsdann aus der Form herausnehmen, nachdem die eine der Leisten *b* abgeschraubt und die Bleche herausgezogen worden waren. Sie wurden sofort in gröfseren Gefäfsen unter Wasser gesetzt, insbesondere das Wasser ab und zu erneuert, weil es nach einiger Zeit stark alkalienhaltig geworden war und der etwaige Einflufs dieses Wassers auf die Erhärtung des Cements, weil dergleichen Wasser in der Praxis nicht vorhanden ist, verhütet werden sollte.

Den Versuchen wurden der Medina-Cement und der Portland-Cement aus fünf verschiedenen Fabriken unterworfen, und zwar wurden zunächst aus jeder Art des reinen Cements, darauf aus Cement mit Sandmischungen, der Medina-Cement bis zu 2 Theilen Sand, die Portland-Cemente bis zu 4 Theilen Sand, je 16 Stück Cementsteine geformt. Neben der Feststellung der Festigkeit, welche diese Cemente nach der Erhärtung erhalten, war die Untersuchung zugleich auf die Beantwortung der Fragen gerichtet:

- 1) Sind die preussischen Cemente von derselben Güte wie die englischen?
- 2) Wie verhält sich die Festigkeit der schnell erhärtenden Portland-Cemente zu den langsam erhärtenden?

Zur Erfüllung dieses Zweckes wurden zwei Portland-Cemente aus anerkanntem englischen Fabrikat (Francis Brothers 9 Elms London, und Thomas in Hull) entnommen, und drei Portland-Cemente aus preussischen Fabriken (zwei berliner und der stettiner Fabrik) bezogen. Für die Schnelligkeit der Erhärtung dient diejenige Zeit als Norm, welche der reine Cement bis dahin gebraucht, um aus der Form ohne Beschädigung herausgenommen werden zu können. Hierzu bedurfte: ein reiner Portland-Cement,

|                   |  |                              |
|-------------------|--|------------------------------|
|                   | welcher mit <i>A</i> bezeichnet werden soll, | 1 Stunde,                    |
| desgl.            | - - <i>B</i>                                 | - - - $1\frac{1}{2}$ Stunden |
| desgl.            | - - <i>C</i>                                 | - - - $2\frac{1}{2}$ -       |
| desgl.            | - - <i>D</i>                                 | - - - 6 -                    |
| desgl.            | - - <i>E</i>                                 | - - - 21 -                   |
| der Medina-Cement | . . . . .                                    | $1\frac{1}{2}$ -             |

Zum beigemischten Sande wurde der hiesige, meistens zur

Anwendung kommende Sand aus dem Müggelsee, und zwar im ungereinigten Zustande, damit die Resultate sich der Praxis anschliessen, entnommen. Derselbe ist ein gelber Quarzsand von scharfem Korn, wovon etwa 200 aneinander gereiht, 1 Zoll Länge einnehmen, und nicht ganz frei von Staub und vegetabilischen Stoffen. Für gleiche Volumina dieses Sandes und des Portland-Cements wurde das Gewichts-Verhältnifs von 4:3 zu Grunde gelegt, so dafs beispielsweise 1 Theil Sand zu 1 Theil Portland-Cement so viel heifst, als 4 Pfund Sand zu 3 Pfund Portland-Cement, ebenso 2 Theile Sand und 1 Theil Portland-Cement gleichbedeutend ist mit 8 Pfund Sand zu 3 Pfund Portland-Cement, u. s. w. Für den Medina-Cement verhalten sich gleiche Volumina des Sandes zum Cement, wie 16 zu 9 Gewichtstheilen.

Als allgemeine Resultate ergaben sich nunmehr:

- dafs die in preussischen Fabriken gefertigten Portland-Cemente den englischen durchaus gleich stehen,
- dafs die langsam erhärtenden Portland-Cemente eine ungleich gröfsere Festigkeit annehmen, als die schnell erhärtenden,
- dafs eine feste Erhärtung des Portland-Cements unter Wasser in Steinen der vorn angegebenen Gröfse in durchschnittlich 7 Wochen, die wirkliche Versteinerung erst in 14 Wochen eingetreten ist,
- dafs während einer längern Frist als 14 Wochen die Festigkeit unter Wasser zwar noch etwas, aber unbedeutend zunimmt,
- dafs die Festigkeit des Portland-Cements, wenn er einige Wochen hindurch der Luft ausgesetzt wird, nachdem er unter Wasser erhärtet war, sich verringert,
- dafs schnell erhärtenden Portland-Cementen höchstens 2 Theile Sand beigemischt werden dürfen, wenn sie unter Wasser einen ausreichend guten Wassermörtel geben sollen, wogegen sehr langsam erhärtende, wie der Portland-Cement *E*, bei 4 Theilen Sand noch einen brauchbaren Mörtel geben,
- dafs die schnell erhärtenden Portland-Cemente eine um so geringere Sandmischung vertragen, je schneller sie anfänglich erhärten,
- dafs die Versteinerung der Portland-Cemente mit Sandmischungen um so längere Zeit bedarf, je gröfser der Sand-Zusatz ist.

Im Speciellen lassen sich die Verhältnisse der Erhärtung aus der auf nächster Seite nachfolgenden Tabelle erkennen.

Vergleicht man die Bruchgewichte derselben mit den Bruchgewichten der Ziegel, so ersieht man: dafs das des am langsamsten erhärtenden reinen Portland-Cements *E* (602 Zollpfd.) das der gewöhnlichen Ziegel (492,5 bis 593,8 Zollpfd.) übertrifft und dem durchschnittlichen Bruchgewicht sämmtlicher Ziegel (628,1 Zollpfd.) beinahe gleichkommt, dafs man daher mit diesem Cement einen Monolithen zu bilden in der That im Stande ist. Insofern man Ziegel mittelst Cement aneinanderfügt, indem man sie zu einem Balken bildet, und diesen Balken wagrecht liegend mit einem Ende an einer lothrechten Mauer mittelst einer Cementfuge befestigt, das andere Ende aber frei (ununterstützt) in den Raum hinausragen läfst und durch Ansetzen von Ziegeln so weit verlängert, bis ein Bruch des Balkens stattfindet, so lehrt die Erfahrung, dafs der Bruch nicht in der Cementfuge, sondern in einem Ziegel erfolgt. Diese Erfahrung wird durch vorstehende Resultate bestätigt, indem der eine oder der andere Ziegel wirklich eine geringere Festigkeit als der erhärtete Cement hat; ebenso geht hieraus hervor, dafs nicht nothwendig der Balken an seinem Befestigungspunkt brechen mufs, sondern von ihm entfernt brechen kann, je nachdem dort ein weniger fester Ziegel vermauert worden ist.

| Benennung des Cements. | Dauer der Erhärtung im Wasser. Wochen. | Durchschnittliches Bruchgewicht für: |                         |                          |                          |                          | Anmerkungen.  |
|------------------------|--|--------------------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---|
|                        |  | Reinen Cement. Zoll-Pfd.             | 1 Theil Sand. Zoll-Pfd. | 2 Theile Sand. Zoll-Pfd. | 3 Theile Sand. Zoll-Pfd. | 4 Theile Sand. Zoll-Pfd. |   |
| A.                     | 6                                      | 268                                  | .                       | .                        | .                        | .                        | Die Mischungen mit 2 Theilen Sand ließen sich leicht mit der Hand noch nach Ablauf von 14 Wochen brechen.   |
|                        | 10                                     | 281                                  | .                       | .                        | .                        | .                        |   |
|                        | 14                                     | 378                                  | 162                     | .                        | .                        | .                        |   |
| B.                     | 6                                      | 254                                  | .                       | .                        | .                        | .                        | Die Mischung mit 2 Theilen Sand trägt nach 14 Wochen nicht voll 100 Pfd.; mit 3 Theilen Sand ist sie nach 14 Wochen noch weich und trägt, nachträglich an der Luft getrocknet, nicht voll 100 Pfd.; mit 4 Theilen Sand bricht sie nach 14 Wochen leicht mit der Hand, auch wenn sie nachträglich an der Luft getrocknet wird. |
|                        | 10                                     | 340                                  | .                       | .                        | .                        | .                        |   |
|                        | 14                                     | 413                                  | 173                     | .                        | .                        | .                        |   |
| C.                     | 6                                      | 340                                  | .                       | .                        | .                        | .                        | Die Mischungen mit 2 bis 4 Theilen Sand sind nach 14 Wochen noch feucht; nachher durch 3 Wochen an der Luft getrocknet, tragen sie weniger als 100 Pfd.   |
|                        | 10                                     | 375                                  | 136                     | .                        | .                        | .                        |   |
|                        | 14                                     | 428                                  | 207                     | .                        | .                        | .                        |   |
| D.                     | 6                                      | 384                                  | .                       | .                        | .                        | .                        | Die Mischungen mit 3 und 4 Theilen Sand sind nach 14 Wochen zwar erhärtet, tragen aber weniger als 100 Pfund.   |
|                        | 10                                     | 425                                  | 195                     | 112                      | .                        | .                        |   |
|                        | 14                                     | 462                                  | 225                     | 118                      | .                        | .                        |   |
| E.                     | 6                                      | 556                                  | 353                     | 167                      | {beinahe }<br>100 }      | .                        | 106   |
|                        | 10                                     | 598                                  | 374                     | 215                      | 117                      | .                        |   |
|                        | 14                                     | 602                                  | 483                     | 312                      | 170                      | .                        |   |
| Medina-Cement          | 6                                      | 108                                  | .                       | .                        | .                        | .                        | Die Mischung mit 2 Theilen Sand trug nicht 100 Pfd.; die Mischungen mit 3 und 4 Theilen Sand wurden nicht gemacht.  |
|                        | 12                                     | 122                                  | .                       | .                        | .                        | .                        |   |
|                        | 18                                     | 246                                  | 180                     | .                        | .                        | .                        |   |

Bemerkung. Die Cemente A und C sind berliner, B und D englisches, E stettiner Fabrikat.

Mit Sand gemischt, erreicht der erhärtete Cement die Festigkeit des Ziegels nicht. Von dem Cement E kommt die Mischung mit 1 Theil Sand der Festigkeit der geringsten Klasse Ziegel nur nahe, alle übrigen Mischungen bleiben um so weiter zurück, je größer der Sand-Antheil ist. Erwägt man jedoch, daß im Mauerwerk mit Luftmörtel die den Ziegeln gleiche Festigkeit des Mörtels erst in ungezählten Jahren, in den meisten Fällen niemals eintritt, und daß nichtsdestoweniger selbst frisches, mit Luftmörtel aufgeführtes Mauerwerk den ihm gebotenen Zusammenhang behält, und erwägt man, daß in Folge des Verbandes, in welchem die vermaurten Steine oder Ziegel liegen, deren Fugen — vorausgesetzt, daß die Grundsohle unwandelbar ist — eine nur sehr geringe Gewalt auszuhalten haben, daß es in Folge des Stein-Verbandes vielmehr ausreicht, wenn der Mörtel in den Fugen nur einen mäßigen Zusammenhang der einzelnen Steine bewirkt: so ergibt sich, daß man sich unbesorgt für die Festigkeit des Mauerwerks eines Portland-Cements mit Sandmischung bedienen kann, daß für guten, langsam erhärtenden Portland-Cement sogar eine Mörtelmischung mit 4 Raumtheilen Sand noch eine Festigkeit giebt, die nahezu dem sechsten Theil der durchschnittlichen Festigkeit der Ziegel gleich ist, daß diese Festigkeit unter Wasser im Laufe der Zeit nichts verliert und daß sie bereits nach Ablauf von einem Viertel Jahr erreicht wird; also alle die Nachteile nicht eintreten, welche beim Mauerwerk mit Luftmörtel dessen ungleiches Setzen hervorbringen können.

Berechnet man, wie vorn bei den Ziegeln, für den Portland-Cement E den Brechungs-Coefficienten  $a$  in der Formel  $P = 4a \frac{bh^2}{l}$ , indem man nacheinander  $P = 602, = 483, = 312, = 170, = 106$  Zollpfund,  $b = 2\frac{1}{2}$  Zoll,  $h = 1\frac{1}{4}$  Zoll,  $l = \frac{1}{3}$  Fuß setzt, so ergibt sich die Formel der relativen Festigkeit für

einen Cementstein, welcher an seinen beiden Enden auf festen Unterstützungen lose aufliegt und in seiner Mitte belastet ist:

$$\begin{aligned} \text{aus reinem Cement} & P = 4 \cdot 12,8 \frac{bh^2}{l} \\ \text{mit 1 Theil Sandmischung} & P = 4 \cdot 10,3 \frac{bh^2}{l} \\ \text{mit 2 Theilen} & P = 4 \cdot 6,7 \frac{bh^2}{l} \\ \text{mit 3} & P = 4 \cdot 3,6 \frac{bh^2}{l} \\ \text{mit 4} & P = 4 \cdot 2,3 \frac{bh^2}{l} \end{aligned}$$

Für die absolute Festigkeit wird:

$$\begin{aligned} \text{aus reinem Cement} & P = 925 bh \\ \text{mit 1 Theil Sandmischung} & P = 742 bh \\ \text{mit 2 Theilen} & P = 480 bh \\ \text{mit 3} & P = 261 bh \\ \text{mit 4} & P = 166 bh \end{aligned}$$

Hiernach hat die Stoffsuge eines Streckers von 10 Zoll Länge und  $2\frac{1}{2}$  Zoll Höhe eine absolute Festigkeit von:

$$\begin{aligned} \text{für reinen Cement} & P = 23125 \text{ Zollpfund} \\ \text{mit 1 Theil Sandmischung} & P = 18550 \\ \text{mit 2 Theilen} & P = 12000 \\ \text{mit 3} & P = 6525 \\ \text{mit 4} & P = 4250 \end{aligned}$$

Die Festigkeit des Medina-Cements stellt sich im verwendeten reinen Zustand noch nicht so hoch, als der Portland-Cement E mit 2 Theilen Sandmischung; wenn derselbe mit 1 Theil Sand gemischt wird, etwas besser als der Portland-Cement E mit 3 Theilen Sandmischung; und wenn er mit 2 Theilen Sand gemischt wird, weniger hoch, als der Portland-Cement E mit 4 Theilen Sandmischung. Seine Anwendung

zum Bau der Hafendämme in Cherbourg läßt sich deshalb um so eher nur aus seinem, dem Vernehmen nach bessern Widerstand gegen die Einwirkung des Salzwassers erklären, als sein Preis nicht geringer, hierorts sogar höher, als der des englischen Portland-Cements ist.

Die vorstehenden Bruchgewichte geben die Grenze der einfachen Sicherheit für einmalige und vorübergehende Belastung an; für dauernde Belastung kann nur der vierte bis sechste Theil davon genommen werden.

### 3. Versuche mit einer Mischung von Portland-Cement und gebranntem Kalk.

Es sind in der Praxis Fälle vorgekommen, daß Portland-Cement nachträglich nach seiner Verwendung dergestalt aufgequollen ist, daß die Fugen des Mauerwerks sich emporhoben, dann zerrissen, so daß das völlig unbrauchbar gewordene Mauerwerk wieder abgebrochen werden mußte. Der auffallendste Fall, den ich in dieser Beziehung kennen lernte, trug sich hierorts bei Erbauung eines Dampfschornsteins zu, welcher in einer Ecke eines schon bestehenden Gebäudes aufgeführt wurde. Nahe an diesem Schornstein im obern Geschos des Gebäudes lag ein Fenster. In der Widerlagshöhe dieses Fensters betrug das Emporgehen des Schornstein-Mauerwerks mehrere Zoll und äußerte sich dergestalt stark, daß es den Fensterbogen auf der dem Schornstein zugekehrten Seite mit empornahm und zerrifs. Nichtsdestoweniger gelangte der Mörtel späterhin zu einer vorzüglichen Härte, so daß die Ziegel mit der Spitzhaue von einander getrennt werden mußten.

Um den Grund dieses Ereignisses zu erforschen, nahm ich mehrere Untersuchungen vor. Zunächst erwähne ich des Umstandes, daß der Schornstein benutzt wurde, sobald er mit 30 und einigen Fuß Höhe den Dachfirst des anstossenden Gebäudes erreicht hatte, ehe eine Erhärtung des Mörtels stattgefunden hatte. Hieraus zog ich die Vermuthung, daß in Folge der Erhitzung des Schornstein-Mauerwerks eine Verdampfung des Wassers darin stattgefunden und der Einfluß des Dampfes auf den Mörtel das Aufquellen desselben hervorgebracht habe. Diese Vermuthung bestätigte sich jedoch nicht. Ich verband eine Anzahl Ziegel mit Portland-Cement-Mörtel zu einem kleinen Pfeiler und stellte diesen auf einen geheizten eisernen Ofen. Es fand jedoch eine Trennung der Fugen nicht statt, vielmehr trat eine regelmässige, wenngleich verfrühte, daher nur lose Erhärtung des Mörtels ein. Die Ursache der gedachten Erscheinung konnte daher nur in der Masse und dem Zustande des in dem Mörtel enthaltenen Kalkes liegen. Um hierüber Gewifsheit zu erhalten und um überhaupt den Einfluß der Kalkmasse auf den Cement kennen zu lernen, nahm ich Mischungen von Kalk und Portland-Cement vor und beobachtete deren Erhärtung unter Wasser. Die Mischung geschah auf zweierlei Weise, einmal durch Hinzuthun von gebranntem Kalkpulver zum Cement, das andere Mal, indem der Kalk abgelöscht, dann mit Wasser verdünnt und mit dem Kalkwasser der Cement eingerührt wurde. Das Verhältniß des beigemischten Kalkes zum Cement war dem Gewichte nach wie 1:8, wie 1:4, wie 1:2 und wie 1:1. Der in dieser Art zubereitete Mörtel wurde, und zwar ohne Sandzusatz, in Biergläser von  $\frac{3}{4}$  Quart Inhalt gebracht, mit Wasser übergossen und von Zeit zu Zeit hinsichtlich seiner Erhärtung geprobt. Das letztere geschah mit einem scharf zugespitzten stählernen Dorn, welcher in die Cementmasse hineingestossen wurde. Wenngleich dieses Verfahren keine absolute Sicherheit gewährt und der Vergleich der Festigkeit bei den zeitweisen Proben kein festes Verhältniß herausstellt, so läßt sich doch mit Rücksicht auf das Gefühl in der Hand beim Durchstechen der Massen

und mit Rücksicht auf die Kraft-Anstrengung, welche das Durchstechen verlangt, mit einiger Sicherheit das allmählig eintretende Festwerden erkennen und ein ungefährer Vergleich dieses Festwerdens unter den verschiedenen Mischungen ziehen. Jedenfalls ergiebt sich durch dies Verfahren die Zeit mit Sicherheit, wo das Durchstechen gänzlich aufhört, und man erhält alsdann die bis dahin verflossene Zeit als vergleichenden Maafsstab.

Es wäre wünschenswerth, daß mit derartigen Mischungen Steine geformt und ebenso gebrochen würden, wie oben geschehen ist, wobei alsdann wiederum ein Sandzusatz in verschiedenem Verhältniß genommen werden könnte. Auf mancher Baustelle wäre dies für den Bauführenden eine ebenso unterhaltende als in ihren Ergebnissen wichtige Beschäftigung. Denn es ergiebt sich aus der nachfolgenden Tabelle der Beobachtungen, daß der Portland-Cement unbeschadet seines Festwerdens mit einer nicht unansehnlichen Menge von gebranntem Kalk versetzt werden kann, und es entsteht hieraus die Frage, ob er in dieser Art einen verhältnißmässig gröfsern Sandzusatz verträgt: was auf seine Beschaffungskosten vom günstigsten Einfluß sein würde.

Beim Einrühren des Mörtels, welcher aus gepulvertem Kalk und Cement zusammengesetzt worden war, erfolgte in Folge des Löschens des Kalkes eine Erwärmung und eine Aufschwellung des Mörtels. Ganz dieselbe Erscheinung tritt bei den sehr schnell erhärtenden Portland-Cementen ein, sowie man außerdem wahrnehmen kann, daß die schnell erhärtenden Portland-Cemente zur Bildung eines baugerechten Mörtels eine gröfsere Wassermasse gebrauchten, als die langsam erhärtenden. Der Portland-Cement A bedurfte dazu dem Gewichte nach 41 pCt., der Portland-Cement E nur 36 pCt. Wasser. Dieses Wasser saugt der schnell erhärtende Mörtel mit grofser Geschwindigkeit ein, indem er sofort eine compacte Masse bildet. Bringt man ihn in diesem Zustande, zu einem Ballen geformt, unter Wasser, so ereignet es sich nicht selten, daß er zerfällt, nichtsdestoweniger aber hinterher in einen sehr festen Zustand übergeht.

Der Chemiker Winkler in Breslau (Dingler's Journal, 1856. Bd. 140, S. 106) giebt als charakteristisches Merkmal des Portland-Cements an, daß er keinen kaustischen Kalk enthalte. Hieraus erklärt sich denn das Aufschwellen einiger Portland-Cemente. Dies geschieht nämlich bei solchen, welche einen mangelhaften Brand erhalten haben, also noch mit kaustischem Kalk vermischt sind, und wird dadurch bestätigt, daß Portland-Cemente, welche man mit Pulver von gebranntem Kalk vermischt, ebenfalls der Aufschwellung unterworfen sind. In diesen geht beim Einrühren mit Wasser eine Hydratbildung vor sich, wobei anfänglich das Wasser begierig aufgesogen und eine schnelle aber nur scheinbare Erhärtung erreicht wird. Dergleichen Mörtel unter Wasser gebracht, fallen auseinander, weil das Wasser den kaustischen Kalk auflöst, und erhärten dann erst später, nachdem der kaustische Kalk vollständig gelöscht ist und in diesem Zustand mit den cementirenden Stoffen in Verbindung tritt. Soviel ich vernommen habe, breitet man in englischen Fabriken diejenigen Portland-Cemente, welche zufolge vorgenommener Probe nicht frei von kaustischem Kalk sind, an trockenen Orten in dünnen Lagen einige Zeit hindurch aus. In Folge dessen nimmt der vorhandene kaustische Kalk aus der Luft Kohlensäure auf und wird dadurch für den Cement zu einem indifferenten Körper; der nächst dem aber gewonnene Cement gewinnt die Eigenschaft der sichern Erhärtung, während er die, indessen nur scheinbar schnelle verliert.

Nichtsdestoweniger sind die schnell erhärtenden Portland-

Cemente keineswegs gänzlich unbrauchbar, da man ihnen die Eigenschaft allzu schnellen Erhärtens und des Aufschwellens dadurch benehmen kann, daß man sie mit vielem Wasser ziemlich dünn einrührt und einige Zeit vor der Verarbeitung ruhen läßt, insbesondere so lange, bis die beim Einrühren eingetretene Erwärmung völlig aufgehört hat. Doch gestatten sie, wie sich vorn ergab, einen geringern Sandzusatz.

Aus den dargelegten Gründen ist es denn vorzuziehen, bei der Versetzung des Portland-Cements mit Kalk sich vorzugsweise des letztern als Kalkwasser, nicht aber als Kalkpulver zu bedienen. Man erreicht hierdurch noch die Bequemlichkeit, daß man keines frisch gebrannten Kalks bedarf, son-

dern sich eines jeden in Gruben eingelöschten Kalks bedienen kann.

Wenn mit Bezug auf die nachfolgende Tabelle wahrgenommen wird, daß die Erhärtung des Cements in den Gläsern früher eingetreten ist, als die der Cementsteine unter Wasser, so gründet sich dies darauf, daß der erstere nur auf der Oberfläche mit Wasser bedeckt ist, während die andern, frei im Wasser liegend, von allen Seiten davon berührt werden. Die Erhärtung beginnt nämlich an derjenigen Stelle, welche am weitesten von den vom Wasser berührten Außenflächen des Cement-Körpers entfernt ist. In den Gläsern ist dies am Boden, im freien Wasser in der Mitte des Steins.

| Laufende No. | Mischungs-Verhältniß des Cements und Kalkes. | Beobachtungen nach:   |                                   |                                     |  |  |   |  |   |  |   |
|--------------|--|-----------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|--|--|---|--|---|--|---|
|              |  | 4 Tagen.              | 5 Tagen 17 Stunden.               | 11 Tagen 16 Stunden.                | 18 Tagen.  | 4 Wochen 4 Tagen.                                | 7 Wochen 3 Tagen.   | 9 Wochen.  | 11 Wochen 4 Tagen.                                      | 13 Wochen.   |   |
| 1.           | Reiner Cement                                | sehr schwer stechbar. | sehr schwer stechbar und steinig. | die obere Schale weich, unten fest. | ganz fest; oben eine schwache weiche Schicht.    | das Glas ist gesprungen.                         | steinfest.  |  |   |  |   |
| 2.           | $\frac{1}{5}$ Kalkzusatz                     | } trocken gemischt.   | etwas schwer stechbar.            | ziemlich schwer stechbar.           | oben leicht, unten schwer stechbar.              | schwer stechbar.                                 | die oberen $\frac{7}{8}$ Zoll stechbar, dann fest. Das Glas ist gesprungen. | die oberen $\frac{7}{8}$ Zoll stechbar, dann fest.                   | die oberen $\frac{7}{8}$ Zoll stechbar, dann ganz fest. | die oberen $\frac{3}{4}$ Zoll stechbar, dann ganz fest.        | die oberen $\frac{3}{8}$ Zoll sehr schwer stechbar, dann steinfest. |
| 3.           | $\frac{1}{4}$ "                              |                       | etwas schwer stechbar             | etwas schwerer stechbar.            | oben leicht, unten schwer stechbar.              | schwer stechbar.                                 | bis $\frac{1}{2}$ Zoll stechbar, dann fest.                                 | bis $\frac{1}{2}$ Zoll stechbar, dann fest. Das Glas ist gesprungen. | bis $\frac{1}{2}$ Zoll stechbar, dann ganz fest.        | bis $\frac{1}{2}$ Zoll stechbar, dann ganz fest.               | die oberen $\frac{3}{8}$ Zoll schwer stechbar, dann ganz fest.      |
| 4.           | $\frac{1}{2}$ "                              |                       | leicht stechbar.                  | nicht ganz leicht stechbar.         | nicht ganz leicht stechbar.                      | ziemlich schwer stechbar.                        | ziemlich schwer stechbar.   | ziemlich schwer stechbar.  | schwer stechbar.  | schwer stechbar.   | bis $\frac{1}{2}$ Zoll tief schwer stechbar, dann fest.             |
| 5.           | 1 "  |                       | weich.                            | weich.                              | weich.   | ziemlich weich.                                  | nicht ganz leicht stechbar.   | ziemlich schwer stechbar. Das Glas ist gesprungen.                   | schwer stechbar.  | schwer stechbar.   | schwer stechbar.  |
| 6.           | $\frac{1}{5}$ "                              |                       | } in Wasser verdünnt.             | schwer stechbar.                    | schwer stechbar.                                 | der obere Theil schwerstechbar, der untere fest. | fest.   | fest. Das Glas ist gesprungen.                                       | ganz fest.  | steinfest.   |   |
| 7.           | $\frac{1}{4}$ "                              | schwer stechbar.      |                                   | schwer stechbar.                    | der obere Theil schwerstechbar, der untere fest. | fest.  | fest. Das Glas ist gesprungen.  | ganz fest.   | steinfest.  |  |   |
| 8.           | $\frac{1}{2}$ "                              | weich.                |                                   | ziemlich weich.                     | ziemlich leicht stechbar.                        | ziemlich schwer stechbar.                        | ziemlich schwer stechbar.   | ziemlich schwer stechbar.  | bis auf 1 Zoll Tiefe leicht, dann schwer stechbar.      | bis auf $\frac{1}{2}$ Zoll Tiefe leicht, dann schwer stechbar. | bis auf $\frac{1}{2}$ Zoll Tiefe stechbar, dann sehr schwer.        |
| 9.           | 1 "  | weich.                |                                   | weich.                              | weich.   | weich.   | weich.  | weich.   | ziemlich weich.   | nicht ganz weich.  | etwas schwer stechbar.  |

J. Manger.

### Mittheilungen nach amtlichen Quellen.

#### 43ster Baubericht über den Ausbau des Domes zu Cöln.

Um eine richtige Uebersicht der jüngsten Bauhätigkeit am Dome zu gewinnen, ist es nöthig, den Standpunkt der früheren Leistungen nachzuweisen.

Mit dem Jahreschlusse 1855 waren die Umfassungsmauern des Lang- und Querschiffs bis zu der planmäßigen Höhe von 150 Fuß vollständig aufgebaut worden, und namentlich wurde am 3. October des gedachten Jahres die Kreuzblume über dem Südportal in Anwesenheit unseres Allergnädigsten Königs Majestät und Protector feierlichst errichtet, und in gleicher Weise auch der nördliche Portalgiebel am heil. Nicolastage, den 6. December 1855, zum Abschlusse gebracht.

Es trat nun der Dombau in ein neues Stadium, indem nunmehr der Aufbau der Strebesysteme, namentlich die Errichtung der dazu gehörigen Strebepfeiler begonnen wurde, welche wir auf allen Seiten in ihrer vegetativen Entwicklung gleich starken Bäumen mächtig emporsteigen sehen, nicht um als schattiger Hain den heiligen Tempel zu schirmen, sondern ihn gegen die Stürme der Zeit zu schützen, damit das steinerne 150 Fuß hohe Himmelszelt sicher aufgespannt werden könne. Diese zierlich und organisch ausgebildeten Constructionsmassen, verbunden durch die aus ihnen kühn aufsteigenden Strebebögen und Strebegalerien, welche an das hohe

Kirchenschiff anschließen, gewähren in diesem Zusammenhange dem Ganzen eine große Sicherheit, und es ist daher eifrigstes Bestreben, den Bau jener Pfeiler kräftig zu fördern. In ihrer vereinzelt Stellung über den viel dünneren Grundpfeilern in den Gewölbkesseln ruhend, bieten sie keine genügende Standfähigkeit. Noch reicht aber ihre Höhe nicht hin, um daraus die Strebebögen nach dem Kirchenschiff zu schlagen. Dieses ist jedoch in seinen mit großen Fensteröffnungen durchbrochenen, sehr leichten und kühnen Umfassungsmauern zu schwach, um, ganz abgesehen von der noch nicht angebrachten Ueberwölbung des Schiffs, standfähig zu bleiben, weshalb im Innern Verankerungen und Verstreben von Holz eingebaut werden mußten. Aber gerade durch diese Kühnheit des Baues erregt derselbe die Bewunderung unserer Zeitgenossen, und es steht der Dom unter vielen anderen auch in dieser Beziehung unvergleichlich da.

So erfreulich auch die neueren Fortschritte erscheinen, so ist doch der gegenwärtige Zustand der hohen vereinzelt Massen nicht ohne Bedenken, und es würde daher eine unberechenbare Gefährdung erwachsen, wenn unter den obwaltenden politischen Verhältnissen eine Unterbrechung des Baues eintreten sollte.

Die Strebepfeiler, sowohl an den äußeren Seiten, als auch in der Mittelreihe, sind nördlich und südlich des Langschiffs so hoch aufgerichtet, daß sie im nächsten Jahre vollendet werden dürften und alsdann das Einspannen der Strebebögen erfolgen kann.

An dem Querschiffe blieben die Strebepfeiler noch im Rückstande, weil die Baugerüste und Maschinerieen mit denen des Langschiffs collidiren würden. Jedoch sind die Werksteine für die unteren Pfeiler-Etagen bereits bearbeitet, und sollen dieselben noch in diesem Jahre aufgesetzt werden.

Am südlichen Kreuzgiebel erblickt man bereits die Strebebögen mit ihren reichen und zierlichen Widerhaltern vollendet, und es ist namentlich die östliche Seite im Laufe des Frühjahrs aufgebaut worden. Auch zu dem nördlichen Kreuzgiebel liegen die Materialien zur Herstellung der Strebebögen theils vorräthig, theils sind sie in den Steinbrüchen bestellt, so daß die Bearbeitung noch vor dem Winter unternommen werden kann.

Da nun auch auf der Westseite des Domes der nördliche Thurm wenigstens so weit aufgebaut werden muß, daß er das

nach dieser Seite noch nicht gesicherte Langschiff verstrebt, um die vorzunehmende Wölbung des Mittelschiffs unwandelbar zu erhalten, so mußte auch hier die Bauhätigkeit unterhalten werden. Es ist Jedermann bekannt, daß die nördliche Seite der alten Umfassung, so wie des dortigen Mittelpfeilers durch den ungehinderten Einfluß der Nässe auf diese unfertigen Theile vollständig verwittert war und daher im vorigen Jahre abgebrochen und erneuert werden mußte. In gleicher Weise ist dieses schon mit den übrigen Pfeilern an der Westseite des nördlichen Thurmes und namentlich auch an dem Eckpfeiler geschehen, weil es unstatthaft gewesen sein würde, solche wichtigen Unterbaue für den auf 500 Fuß Höhe berechneten Thurm aus verwitterten Quadern bestehen zu lassen. Sämmtliche äußeren und inneren Pfeiler haben nunmehr eine Höhe von 42 Fuß über dem Boden der Kirche erreicht, und zur weiteren Fortsetzung des Aufbaues werden die Baugerüste aufgerichtet.

Die Ausgaben für das abgelaufene Baujahr ergeben sich aus folgender

Zusammenstellung  
der beim Dombau zu Cöln pro 1858 verwendeten Baukosten.

| Pos. |  | Betrag. |          |
|------|--|---------|----------|
|      |  | Thlr.   | Sgr. Pf. |
| 1    | Zum Aufbau des südlichen Portals . . . . .   | 22137   | 8 7      |
| 2    | Zur süd. Langseite und zum süd. Querschiff .   | 5714    | 2 1      |
| 3    | Zur Restauration des hohen Chores und des südlichen Thurmes . . . . .                          | 7326    | 7 1      |
| 4    | Zum Aufbau des nördlichen Portals . . . . .  | 5848    | 15 11    |
| 5    | Zur nördlichen Langseite und zum nördlichen Querschiff . . . . .                               | 17022   | 21 —     |
| 6    | Zum Aufbau des nördlichen Thurms und Westportals . . . . .                                     | 20785   | 5 1      |
| 7    | Insgemein für die Unterhaltung der Baulokalien, Geräthe etc. . . . .                           | 4401    | 8 10     |
| 8    | Der Mehrwerth der Materialbestände ult. 1858 gegen den Bestand aus Vorjahren beträgt . . . . . | 3564    | 26 2     |
|      | Summa  | 86800   | 4 9      |
| 9    | Die Einnahme betrug . . . . .  | 97262   | 7 9      |
| 10   | Mithin Bestand reservirt für die Kosten des Daches   | 10462   | 3 —      |

Cöln, den 7. Juni 1859.

Zwirner,  
Königl. Geh. Regierungs- und Bau-Rath.

## Bericht über das Turbinen-Dampfschiff „Albert“ des Schiffsbauers Seydell in Stettin.

(Mit Zeichnungen auf Blatt 58 im Atlas.)

Mitgetheilt vom Rheinschiffahrts-Inspector Herrn Baurath Butzke in Coblenz.

Der Schiffsbauer Alexander Seydell, welcher viele Jahre auf dem Schiffshelling von Ruhrort mit dem Bau von Dampfschiffen, Güterschiffen und Seeschiffen beschäftigt war, hatte dabei stets erkannt, daß die durch Schaufelräder fortbewegten Dampfschiffe lange nicht den Effect gewährten, welcher sich von der bei ihnen angewendeten Dampfkraft erwarten liefs. Unausgesetzt hatte er sich mit der Idee beschäftigt, eine andere Fortbewegungs-Vorrichtung anzuwenden, bei welcher die Dampfkraft in stärkerer Weise als bisher nutzbar gemacht werden könnte.

Auf einer Reise nach England, zu welcher ihm eine Staats-Unterstützung gewährt wurde, lernte er den Mechaniker Ruthven in Edinburgh kennen, welcher ihn mit einer

neuen Idee über eine Vorrichtung zur Fortbewegung von Dampfböten durch die Reaction des aus Röhren strömenden Wassers bekannt machte. Diese Idee faßte Seydell mit Lebhaftigkeit auf und glaubte durch deren Realisirung den bisher an Dampfschiffen mit Rädern wahrgenommenen Mangel einer hinreichenden Wirksamkeit der Dampfkraft beseitigen zu können.

Um ein Dampfschiff mit Anwendung dieser neuen Bewegungsmethode zur Ausführung bringen zu können, wendete er sich an den Herrn Minister für Handel, Gewerbe und öffentliche Arbeiten mit der Bitte um Unterstützung, die ihm auch auf das Bereitwilligste gewährt wurde. Mit Hilfe dieser Unterstützung, sowie mit den Beiträgen einiger Kaufleute in

Stettin und Aufwendung eigener Mittel, baute er, nachdem er von Ruhrort nach Grabow bei Stettin übersiedelt war, im Jahre 1855 das Dampfschiff „Albert“, mit welchem seit dieser Zeit bis jetzt regelmäßige Fahrten zwischen Stettin und Schwedt ausgeführt worden sind.

Seitdem ist er stets bemüht gewesen, der Anwendung dieses Bewegungs-Princips eine grössere Ausdehnung zu verschaffen, und der Unterzeichnete wurde im Jahre 1858 von dem Ober-Präsidenten der Rhein-Provinz beauftragt, dieses Schiff zu untersuchen und darüber einen gutachtlichen Bericht abzustatten.

Da wohl nicht Jeder, welcher sich für die Dampfschiff-fahrt interessirt, Gelegenheit haben möchte, dieses Schiff mit seiner neuen und eigenthümlichen Construction aus eigener Anschauung kennen zu lernen, so dürfte es von Interesse sein, hier davon eine nähere Mittheilung zu erhalten.

Das in den Zeichnungen auf Blatt 58 dargestellte Turbinen-Dampfschiff „Albert“ hat nach englischem Maasse eine Länge von 98 Fufs auf dem Deck und 90 Fufs in der Wasserlinie, eine grösste Breite von 13 Fufs und eine Höhe von 7 Fufs 2 Zoll bis zum Deck. Mit Kohlen, Wasser im Dampfkessel und dem hydraulischen Apparate, sowie mit 30 bis 50 Personen und deren Effecten, hat es einen Tiefgang von 2 Fufs 9 Zoll. Aus den Verhältnissen zwischen Länge, Breite und Höhe geht hervor, daß das Schiff sehr stabil ist und nicht schwankt.

Es ist ganz von gewalztem Eisenblech gebaut und im Vordertheile hinlänglich scharf, um das Wasser leicht zu theilen. Im Uebrigen hat der Bau des Schiffes nichts Besonderes. Die Maschine enthält zwei auf festen Unterlagern horizontal liegende Dampfzylinder (*a*), jeder von 17 Zoll Durchmesser mit 24 Zoll Kolbenhub, eine Luftpumpe (*b*) von 18 Zoll Durchmesser mit 12 Zoll Hub, sowie zwei durch die Dampfmaschine in Bewegung gesetzte Speisepumpen, jede von 3½ Zoll Durchmesser mit 12 Zoll Hub. Die beiden Dampfzylinder liegen unter einem etwas spitzen Winkel gegen einander, weil die Breite des Schiffes nicht ausreicht hat, sie unter einem vollen rechten Winkel neben einander anzubringen.

Die Luftpumpe steht aufrecht zwischen den beiden Dampfzylindern in der Mitte des Schiffes und erhält die senkrechte Bewegung ihres Kolbens durch Vermittelung eines Glockenhebels, der wiederum durch einen excentrischen Punkt an dem obern Ende der senkrechten Achse für das Flügelrad bewegt wird.

Das Eigenthümliche der Construction besteht in der Anwendung eines Flügelrades mit sechs Kammern und den Trieb- röhren an den Seiten des Schiffes, welche durch die Reaction des ausströmenden Wassers die Stelle der Räder anderer Schiffe vertreten. Das von Schmiedeeisen angefertigte Flügelrad (*c*) von 7 Fufs Durchmesser liegt nahe in der Mitte des Schiffes, in einem aus gewalztem Eisenblech gearbeiteten Gehäuse dicht eingeschlossen, welches letztere an beiden Seiten des Schiffes in zwei gebogenen Röhren (Trieb- röhren *d*) von 10 Zoll Durchmesser ausläuft. Diese Theile zusammen bilden den hydraulischen Apparat für die Triebkraft. Unmittelbar vor diesem Apparat befinden sich im Boden des Schiffes (bei *e*) 38 halbrunde Löcher, jedes 7 Quadratzoll groß, welche bis unter den Fußboden der Vorecjüte reichen und mit einer festen Platte von gewalztem Eisenblech so bedeckt sind, daß dadurch ein flacher Canal gebildet wird.

Mittelst der Zugstange an den Kolben der Dampfzylinder, und der für erstere angebrachten gemeinsamen Kurbel, wird das Flügelrad umgedreht. Durch dessen Bewegung strömt aber das Wasser durch die Löcher im Schiffsboden und den

vorhin beschriebenen flachen Canal in das Gehäuse des hydraulischen Apparates, und aus diesem durch die Trieb- röhren neben den Seiten des Schiffes hinaus in die freie Luft, während das Schiff sich, in Folge der hierdurch erzeugten Reaction, entgegengesetzt derjenigen Richtung fortbewegt, in welcher das Wasser aus den Trieb- röhren hinausströmt.

Diese Röhren sind an ihren äußeren, aus dem Schiffe heraustretenden Theilen beweglich und können durch die Haspel (*f*) mittelst Ketten, welche über Rollen nach den Röhren gehen, gedreht werden. Man kann daher mittelst dieser Vorrichtung die Ausmündungen der Trieb- röhren nach Belieben vorwärts, seitwärts, vertical oder rückwärts stellen. Haben beide Trieb- röhren eine gleiche Stellung oder Richtung in horizontaler Lage stromabwärts, so geht, wie schon erwähnt, das Schiff in entgegengesetzter Richtung stromaufwärts fort; werden die Röhren schräg gestellt, so mindert sich bloß die Geschwindigkeit des Fortganges; werden sie aber vertical gestellt, so steht das Schiff still, ohne daß es nöthig ist, die Maschine im Fortgange zu hemmen oder still zu stellen. Wird endlich das eine Trieb- rohr nach vor-, das andere nach rückwärts gestellt, so dreht sich das Schiff im Kreise herum, während es rückwärts über Steuer läuft, sobald das Wasser aus den Trieb- röhren nach vorn ausströmt. Man ist also im Stande, während des ungestörten Fortganges der Maschine lediglich durch verschiedenes Stellen der Trieb- röhren das Schiff beliebig zu leiten und zum Stillstand zu bringen. Es ist dieses gewiß eine höchst überraschende Eigenthümlichkeit des Schiffes, welche sich weder bei solchen mit Rädern, noch bei solchen mittelst Schrauben bewegten vorfindet.

Der Dampfkessel hat, wenn man sämtliche Feuerröhren mitrechnet, eine Feuerberührungsfläche von 330 Quadratfufs. Er besteht aus einem Cylinder von 6½ Fufs Durchmesser und 7 Fufs Länge. In demselben befinden sich 96 Feuerröhren, jede 5 Fufs lang und 2¼ Zoll im Durchmesser weit; ferner zwei Feuerkasten von etwas ovaler Form, 21 Zoll breit, 24 Zoll hoch und 4 Fufs lang. Ein Theil der Feuerröhren liegt unterhalb des Feuerkastens, ja sogar unterhalb des Aschbodens, und trägt daher wenig zur Dampf-Entwicklung bei. Das Gewicht des Kessels, ohne Wasser und ohne Roststäbe mit dem Schornstein, beträgt nach englischem Maasse 7000 Pfd., das des Wassers im Kessel und der Roststäbe 6000 Pfd. Das ganze Gewicht der Maschine und des mit Wasser gefüllten Kessels beträgt daher etwa 278 Centner.

Nach der getroffenen Anordnung ist die Maschine angeblich auf 17 Pferdekräfte eingerichtet. Der Kohlenverbrauch (englische Kohlen) beträgt in der Stunde 3½ Scheffel, oder, der Scheffel zu 82½ Pfd. gerechnet, 288¾ Pfd. Die Ventile sind auf eine Dampfspannung von 35 Pfd. Ueberdruck normirt, und es soll unter diesen Verhältnissen das Turbinenrad in einer Minute 75 Umdrehungen machen. —

Mit diesem Dampfschiffe habe ich am 10. Juni 1858 eine Probefahrt von Stettin nach Schwedt und am 11. Juni von Schwedt nach Stettin gemacht. Die Abfahrt von Stettin geschah Nachmittags 4 Uhr. Das Schiff war mit 30 Personen besetzt, doch änderte sich diese Anzahl in den Zwischen- Stationen.

Die Trieb- röhren lagen auf ¼ ihrer Höhe im Wasser, wodurch ein geringer Stau entstand, der sich hätte vermeiden lassen, wenn man sie ganz über Wasser angebracht hätte. Bei der Abfahrt des Schiffes hatte der Kessel 30 Pfd. Dampf, und die Anzahl der Umdrehungen des Turbinenrades betrug anfänglich 60 in der Minute. Diese Dampfspannung hielt aber nicht an, sie fiel auf 23, ja auf 20 Pfd. hinab, wobei die Anzahl der Umdrehungen bis zu 55, sogar bis zu 50 abnahm.

Das Schiff hielt während der Fahrt meistens die Mitte des engen, seichten und vielfach scharf gekrümmten Stromes, und es war an den Ufern nur ein höchst geringer Wellenschlag bemerkbar. Sobald es sich aber wegen des Fahrwassers dem Ufer bis zur Entfernung von 1 Ruthe nähern mußte, war der Wellenschlag an den Ufern stark. Die ununterbrochene gleichförmige Ausströmung des Wassers aus den Triebrohren verursachte an den Ufern gar keinen Wellenschlag. Dafs der Wellenschlag, welcher von dem durch das Schiff verdrängten Wasserraum entsteht, so lange das Schiff nicht nahe am Ufer fuhr, nur sehr gering war, liegt nach meinen Beobachtungen darin, dafs das aufgestaute Wasser näher längs dem Schiffe verlaufen konnte, als dieses bei Schiffen mit Rädern der Fall ist, wo die Räder das gestaute Wasser weiter vom Schiffe abdrängen und also auch dazu beitragen, dafs es mehr seitwärts nach den Ufern hin getrieben wird.

Der Gang des Schiffes war sehr ruhig, und es war nicht das mindeste Schwanken bemerkbar. Wenn man am hintern äufsersten Ende des Schiffes stand, fühlte man ein schwaches Rucken des Schiffes nach entgegengesetzten Richtungen, welches, da das Wasser aus den Triebrohren gleichförmig und ununterbrochen ausströmte, nicht von diesen herrühren konnte. Die Ursache hiervon scheint darin zu liegen, dafs die Zugstangen der beiden Dampfeylinder an einem Krümmzapfen wirken, die todten Punkte daher nicht ganz gleichmäfsig überwunden werden, und dafs die Dampfeylinder nicht ganz unter einem rechten Winkel gegen einander sich befinden.

Die Schieber an den Dampfzuleitungen der Cylinder waren nicht hinlänglich dicht, bei jeder Bewegung drang etwas Dampf heraus und wahrscheinlich auch Luft hinein, wodurch der Effect etwas vermindert wurde.

Durch das Triebrohr an der Steuerbordseite strömte das Wasser nicht in einem so dicht geschlossenen Strahl heraus, wie aus demjenigen an der Backbordseite. Der Grund davon lag darin, dafs die Curve, welche das Wasser nach Verlassung des Flügelrades zu durchlaufen hat, an beiden Seiten, wie die Zeichnung zeigt, nicht gleich, sondern diejenige an der Backbordseite gleichförmiger gestaltet ist. Auf den Effect schien diese Ungleichförmigkeit keinen nachtheiligen Einflufs zu haben.

Auf dem Wege von Stettin bis Greifenhagen verursachten zwei Nachen-Stationen einen Aufenthalt von 2 Minuten. Zum Stillhalten wurden die Triebrohren blos vertical gestellt, indess die Maschine gleichmäfsig fortarbeitete. Um 6 Uhr langte das Schiff in Greifenhagen an, hatte also von Stettin bis dahin, von 4 bis 6 Uhr, 2 Stunden, oder, nach Abzug des Aufenthalts, 1 Stunde 56 Minuten gebraucht. Die Entfernung von Stettin bis Greifenhagen beträgt, nach allen Krümmungen des Fahrweges der Oder gemessen, 5800 Ruthen. Das Schiff hatte also zu Berg in einer Minute 50 Ruthen und in einer Stunde  $1\frac{1}{2}$  Meilen durchfahren. — Die Weiterfahrt von Greifenhagen geschah um 6 Uhr 4 Minuten nach einem Aufenthalt von 4 Minuten. Die Strömung der Oder bis hier war so schwach, dafs man kaum eine Bewegung des Wassers bemerken konnte. An der Station Greifenhagen wurde die Maschine still gestellt und dadurch der Dampf bis zu 33 Pfd. angespannt. Gleich bei der Abfahrt hatte das Turbinenrad 70 Umdrehungen. Dieses war aber nur wenige Minuten der Fall, der Dampf fiel wieder auf 23 Pfd. zurück und die Umdrehungen minderten sich abermals bis auf 55. — Um 6 Uhr 55 Minuten langte das Schiff in Garz an, hatte daher bis dahin 51 Minuten gebraucht. Die Entfernung von Greifenhagen bis Garz beträgt in den vielfachen Krümmungen 2900 Ruthen. Die Geschwindigkeit des Schiffes betrug daher in einer Minute 56,863 Ruthen, und in einer Stunde 1,75 Meilen.

Nach einem Aufenthalt von 5 Minuten, nämlich um 7 Uhr, fuhr das Schiff weiter unter einer Dampfspannung von 23 bis 20 Pfd. und mit 55 bis 50 Umdrehungen des Rades in der Minute. — Um 7 Uhr 55 Minuten wurde Fittichow erreicht, und nach 5 Minuten Aufenthalt um 8 Uhr weitergefahren. An der Nipperwiesch verursachte eine Nachen-Station 1 Minute Aufenthalt, und um 9 Uhr 15 Minuten Abends erreichte das Dampfboot Schwedt. — Die Entfernung von Garz bis Schwedt beträgt 6700 Ruthen. Sie ist nach Abzug des Aufenthalts von 6 Minuten in 2 Stunden 9 Minuten zurückgelegt, also hat das Schiff in einer Minute 51,93 Ruthen und in einer Stunde 1,56 Meilen durchfahren.

Danach betrug die Geschwindigkeit zu Berg:

|  |       |                       |
|--|-------|-----------------------|
| von Stettin bis Greifenhagen in der Stunde | 1,5   | Meilen,               |
| - Greifenhagen bis Garz                    | - - - | 1,75 -                |
| - Garz bis Schwedt                         | - - - | 1,56 -                |
|  |       | im Mittel 1,6 Meilen. |

Am 11. Juni Morgens 5 Uhr 30 Minuten fuhr das Schiff von Schwedt zurück nach Stettin. Die Fahrt wurde mit einer Durchschnitts-Geschwindigkeit von 1,79 Meilen pro Stunde zurückgelegt.

Berechnet man die Geschwindigkeit des Schiffes nach der ganzen Reise, so erhält man für die Tour zu Berg 1,6, zu Thal 1,79, im Durchschnitt sonach 1,69 Meilen per Stunde annähernd als diejenige Geschwindigkeit, welche das Boot in stillstehendem Wasser angenommen haben würde.

Aufser der Geschwindigkeit, mit welcher sich ein Dampfboot fortbewegt, kommt es auch, um einen Vergleich mit anderen Dampfbooten anzustellen, noch auf den Kohlenverbrauch an. Das Dampfboot „Albert“ hat 17 Pferdekraft, verbraucht in der Stunde 288 $\frac{1}{2}$  Pfd. oder 2,63 Ctr. Steinkohlen, also pro Pferdekraft und Stunde 0,155 Ctr. Das beste Dampfboot auf dem Rhein, der „Hohenzoller“, hat 100 Pferdekraft, gebraucht in der Stunde 16 Ctr. Kohlen und fährt in einer Stunde zu Berg 2,10 Meilen, zu Thal 3,48 Meilen. Danach beträgt der Kohlenverbrauch pro Pferdekraft und Stunde 0,16 Ctr., also unbedeutend mehr, als bei dem „Albert“; dagegen ist seine Geschwindigkeit im stillen Wasser 2,79 Meilen, also nahe um  $\frac{2}{3}$  mehr, als bei dem „Albert“.

Zu den auf dem Rhein langsam fahrenden Schiffen gehört (nach seiner früheren Beschaffenheit) das Dampfboot „Victoria“ von 80 Pferdekraften, mit einem Kohlenverbrauch von 9 $\frac{1}{2}$  Centnern, einer Geschwindigkeit bei der Bergfahrt von 1,44 Meilen und bei der Thalfahrt von 2,19 Meilen in der Stunde. Der Kohlenverbrauch beträgt daher pro Pferdekraft und Stunde 0,119 Centner, und die Geschwindigkeit im stillen Wasser 1,81 Meilen. Es ist also der Kohlenverbrauch geringer, wie beim Schiffe „Albert“, und dennoch die Geschwindigkeit gröfser.

Es giebt zwar noch einige alte Schiffe auf dem Rhein, wie z. B. die Dampfboote „Stadt Kehl“ und „Stadt Strafsburg“, die zu Berg mit 1,33 Meilen, zu Thal mit 2,21 Meilen Geschwindigkeit fahren, also im stillen Wasser 1,77 Meilen Geschwindigkeit haben; desgl. das Dampfboot „Frankfurt“, welches früher zu Berg 1,05 Meilen, zu Thal 1,75 Meilen in der Stunde, also im stillen Wasser sogar nur 1,4 Meilen in der Stunde fuhr. Allein diese Schiffe werden nur noch zum Nothbehelf gebraucht und können daher in dem vorliegenden Falle nicht als maafsgebend erachtet werden.

Die geringe Leistungsfähigkeit des Dampfschiffes „Albert“ liegt aber vorzugsweise in dem unzureichenden Dampf, welchen der Kessel giebt. Eine Dampfspannung von 30 Pfund konnte nämlich nur mit Mühe wenige Minuten erhalten werden; sie fiel öfters bis auf 20 Pfund herab, und, wie der Ma-

schinist mir mittheilte, soll im gewöhnlichen Dienste der Kessel auch diese 20 Pfd. nicht ohne die größte Anstrengung der Heizer andauernd halten, sondern bisweilen bis zu 14 Pfd. herabsinken.

Bei näherer Besichtigung des Kessels zeigten sich zwei bedeutende Mängel an demselben. Der eine bestand darin, daß die Feuerröhren, welche tiefer wie der Feuerheerd und bis unter dem Aschraum lagen, zur Dampfbildung so viel wie gar nichts beitrugen, indem sich die drei unteren Reihen der Röhren sehr bald voll Asche legten. Der andere Mangel lag in der Feuerung selbst. Die Feuerungen haben nämlich eine ovale Form, sind 21 Zoll breit und 24 Zoll hoch. In der Hälfte der Höhe liegen die Roste, so daß nach Abrechnung von deren Dicke nur ein Feuerraum von 11 Zoll Höhe übrig bleibt. Wurde nun beim sorgfältigsten Feuern auch nur eine Kohlschicht von 6 Zoll Dicke auf die Roste gebracht, so blieb für das Feuer im Scheitel nur eine Höhe von 5 Zoll übrig, statt dessen man bei guten Feuerungen mindestens 10 bis 13 Zoll Feuerraumhöhe über der Kohlschicht rechnet. Die Folgen hiervon zeigten sich deutlich; das Feuer hatte keinen Zug, und der Schornstein warf viel Rauch hinaus, wodurch eine große Menge Brennmaterial verloren ging.

Diese Mangelhaftigkeit des Dampfkessels ist denn auch wohl die Ursache, weshalb das Schiff nur so geringen Effect hat, und es läßt sich mit Sicherheit annehmen, daß, wenn man für die Maschine des „Albert“ einen vortheilhafteren Dampfkessel anwendet, der etwa  $\frac{1}{3}$  Feuerberührungsfläche mehr enthält, als der jetzige, der Effect des Schiffes sich beträchtlich vermehren und demjenigen der guten Rhein-Dampfschiffe gleichkommen wird.

Wie sich bei Anwendung eines größeren Kessels der Kohlenverbrauch im Verhältniß zur Pferdekraft und im Vergleich mit dem jetzigen Kessel herausstellen wird, ist nicht mit Sicherheit vorauszusehen. Wegen des mangelhaften Zuges im Kessel mußte das Feuer fortwährend geschürt werden, wobei die Kohlen und Gase in der ruhigen Verbrennung beständig gestört wurden. Bei einem größeren und vortheilhafter konstruirten Kessel mit gutem Zuge fallen diese Uebelstände weg, und die Kohlen sowie die Gase können, weil das Schüren nicht so häufig nothwendig ist, ruhiger und vollständiger verbrennen. Es wird also mit derselben Kohlenmenge mehr Dampf entwickelt werden können, als mit einem so mangelhaft konstruirten Kessel, wie der jetzt im Dampfboote „Albert“ befindliche.

Auf die Frage, ob durch den Bau eines größeren Turbinen-Dampfbootes, bei welchem die am Dampfboote „Albert“ vorhandenen Mängel vermieden werden, sich ganz der Effect der besten Rhein-Dampfschiffe mit Rädern erreichen lassen wird, oder derselbe etwa noch übertroffen werden kann, ist durch diesen ersten Versuch noch keine sichere Antwort zu geben. Wenn man jedoch erwägt, wie unvollkommen die ersten Räder-Dampfschiffe waren, welche auf dem Rhein nicht einmal so schnell zu Thal fuhren, als jetzt die besten Dampfschiffe zu Berg fahren, und wenn man dabei in Betracht zieht, daß diese Verbesserung in dem langen Zeitraum von ungefähr 30 Jahren erst nach und nach erfolgt ist, so darf man füglich auch gleicherweise annehmen, daß durch weitere Fortbildung der Turbinenschiffe eine mindestens gleiche Vervollkommnung wie bei Räderschiffen wird erreicht werden können. Es erscheint dies deshalb wahrscheinlich, weil der erste Versuch mit diesem Schiffe vergleichsweise besser ausgefallen ist, als die ersten Versuche mit den damals noch unvollkommenen Räderschiffen.

Zudem ist schon vorher bemerkt worden, daß durch

die verschiedene Stellung der Triebrohren das Turbinenschiff ganz unabhängig vom Gange der Maschine geleitet werden kann. Es kann also der Maschinist seine Maschine ganz ungestört fortarbeiten, den Kessel gleichmäßig schüren lassen, und der Führer des Schiffes ist dennoch vollständig Herr über alle Bewegungen desselben. Alle Mißverständnisse, welche zwischen dem Schiffsführer und Maschinisten bei Räderschiffen zuweilen vorkommen und Gefahren herbeiführen können, fallen daher bei dem Turbinenschiffe gänzlich fort. Der Schiffsführer bleibt ganz frei und ungehindert in der Leitung des Schiffes, und allein dafür verantwortlich.

Da das Turbinenschiff ferner keine Radkasten hat, also nur einer geringen Fahrbreite bedarf, so eignet es sich ganz besonders zur Befahrung von Canälen von engem Fahrwasser und von scharf gekrümmten Fahrwegen, sowie zum Fahren im Gedränge von vielen anderen Fahrzeugen. Endlich eignet sich ein solches Schiff auch ganz besonders zum Ueberfahren von dem einen zum andern gegenüberliegenden Ufer, weil das ganze Oberdeck frei ist, um Wagen und andere Gegenstände darauf aufnehmen zu können.

Alle diese vortheilhaften Eigenschaften, durch welche sich Turbinenschiffe vor Räderschiffen und Schraubenschiffen auszeichnen, machen daher eine weitere Ausbildung und Anwendung derselben besonders wünschenswerth.

Coblenz, den 28. April 1859.

An den vorstehenden Bericht des Herrn Baurath Butzke anschließend, erlaubt sich Unterzeichneter über das Wesen der rückwirkenden hydraulischen Kraft bei deren Anwendung auf die Schifffahrt im Allgemeinen, an dieser Stelle Folgendes mitzutheilen:

Alle Motoren, die bisher dazu angewandt worden sind, Fahrzeuge unabhängig von Wind und Strömung fortzubewegen, beruhen bekanntlich auf dem Rudern im Wasser, was identisch ist mit dem Stosse des Wassers im unbegrenzten Raume gegen eine gerade oder schiefe Fläche. Bei den Schaufelrädern ist es die Theorie des Hebels, bei der Schraube die der schiefen Ebene; beide benutzen das Fahrwasser als Stützpunkt, um durch die Widerstandsfähigkeit, die dasselbe dem Motor bietet, das Fahrzeug in den gewünschten Fortgang zu bringen. Welche Vollkommenheit die Benutzung der Schaufelräder erreicht hat und welchen Vortheil die Anwendung der Schraube für eine andere Gattung von Fahrzeugen der Schifffahrt bietet, ist bekannt. Es ist aber auch nicht unbekannt geblieben, daß die Widerstandsfähigkeit des Wassers im unbegrenzten Raume die Beschaffenheit eines festen Körpers nicht besitzt und in Folge davon eine mechanische Ausgleitung des Motors in diesem Fluidum auch nicht vermieden werden kann, wodurch die Anstrengung einer directen Wirkung gegen dasselbe unvollkommen bleibt. — Was aber bei der Anwendung des Hebels und der Schraube in dieser Beziehung mangelhaft bleibt, das erreichen die Gesetze vom Falle in ihrer Substitution.

Die Gleichheit der gegenseitigen Wirkung zwischen Action und Reaction, die auch in der Hydraulik für das allgemeine Gesetz der Bewegung gilt, findet hier ihren Ausdruck in dem Stosse des Wassers gegen eine Fläche, welches gemeinhin die Action genannt wird, und im anderen Falle in dem Druck, welcher entgegengesetzt der Richtung des Stromes in der Ausflußröhre liegt und gewöhnlich die Reaction heißt. Der Theorie gemäß wirkt die Schwerkraft des Wassers in beiden Fällen gleich; in der Praxis tritt ein Unterschied und zwar zu Gunsten der Reaction ein, da bei ihr das ganze Gewicht der zum Falle gelangten Wassersäule gleich-

mäßig drückt, wogegen bei der Action nicht alle Wasserstrahlen der Säule gleichmäßig zum Stofse gelangen und die vorhin erwähnte nachtheilige Ausgleitung hervorbringen.

Durch Theorie und Erfahrung hat Bernoulli gezeigt, daß der Druck der Reaction dem Gewichte einer Wassersäule gleich ist, welche zur Höhe die doppelte, der Ausflugschwindigkeit entsprechende Höhe hat. Allgemein nimmt man dasselbe auch für die Theorie der Action an, ohne daß es bisher in der Erfahrung Bestätigung gefunden hätte, was daher kommt, daß der Stofs des Wassers durch Zersplitterung der Strahlen eine eigentliche Grundzahl gar nicht zuläßt.

Es ist daher nicht ungerechtfertigt, anzunehmen, daß die hydraulische Reaction der vortheilhafteste Motor für die Dampfschiffahrt sein wird: da hier die natürliche Schwerkraft der fallenden Säule wirkt, die ihre Substitution in der Centrifugalkraft des abfließenden Wassers findet; wogegen bei dem Rudern im Wasser den betreffenden Motoren durch Menschenhand jene natürliche Eigenschaft nicht gegeben werden kann, womit die Flossen des Fisches organisch ausgerüstet sind.

Das Turbinen-Dampfschiff ist nun ein Fahrzeug, welches nicht im Wasser rudert, sondern bei welchem das Wasser in ganz ähnlicher Weise wie bei der schottischen Turbine wirkt, nur mit dem Unterschiede, daß bei dem Schiffe die natürliche Wassersäule ihre Substitution in der Wirkung der Dampfmaschine durch die Centrifugalpumpe findet.

Der Ursprung der Idee überhaupt, Fahrzeuge durch die rückwirkende Kraft fortzubewegen, ist sehr alt. Es liegt sogar der Wahrscheinlichkeit ziemlich nahe, daß jenes erste Dampfschiff, welches der spanische See-Capitain Blanco de Garay im Jahre 1543 unter der Regierung Kaiser Karl's V. zu Barcelona herstellte, die rückwirkende Kraft des Dampfes besessen hat. Die auf uns gekommenen Nachrichten darüber geben an, daß jenes Schiff einen großen Behälter oder Kessel mit kochendem Wasser enthalten habe. Die bewegendende Kraft ist wahrscheinlich der noch heute bekannten Aeolipila entnommen gewesen, die Hero aus Alexandrien schon 215 Jahre v. Chr. zur Benutzung vorschlug. Thomas Toodgood und Genossen scheinen 1661 den ersten Versuch gemacht zu haben, Schiffe durch die rückwirkende Kraft des Wassers fortzubewegen. John Allen, ein Doctor der Physik, that 1729 in England dasselbe. John Ramsey, ein Amerikaner, brachte es im vorigen Jahrhundert damit am weitesten. Sein Fahrzeug machte im Februar 1793 mehrere Fahrten auf der Themse und, wie es hieß, mit einer Geschwindigkeit von 4 Knoten in der Stunde. Ramsey starb jedoch kurz vorher und erlebte diesen Erfolg nicht mehr. Im Sommer des Jahres 1847 machte ich mit Unterstützung der preussischen Regierung eine polytechnische Reise durch Großbritannien und Irland und lernte bei dieser Gelegenheit in Edinburgh den Mechaniker John Ruthven kennen, den die Idee der Vorgänger eifrig beschäftigte; er unternahm damals nach derselben den Bau von zwei kleinen Schiffen an der Tyne, die jedoch nicht zur Vollendung kamen. Im Frühjahr 1851 brachten wir gemeinschaftlich ein kleines Dampfschiff von 5 Pferdekräften in Schottland auf's Wasser, welches eine Geschwindigkeit von 8 engl. Meilen in der Stunde erreichte und den Namen „Phänomenon“ bekam. Das preussische Ministerium ließ sich z. Z. durch den preuss. Consul in Edinburgh, den Chevalier Thomson, amtlichen Bericht über den Erfolg dieses Schiffes abstaten. Eine Abhandlung darüber befindet sich in dem Jahrgange 1852 der Verhandlungen des Vereins für Gewerblleiß in Preussen. Bald darauf gewährten Se. Excellenz der Herr Minister von der Heydt in dankenswerther Anerkennung die namhafte Summe von 6000 Thlr. als Prämie für den Bau eines größern Turbinen-

Dampfschiffes in Preussen. Um dieselbe Zeit bildete sich in Schottland eine kleine Gesellschaft für den Bau ähnlicher Schiffe mit dem Herzog von Buccleuch an der Spitze, die für den Fischfang auf tiefem Wasser verwendet werden sollten. Jedoch kam nur der Bau eines Schiffes zu Stande: die „Enterprise“. Es lief am 4. November 1853 mit vollem Dampf am Bord zu Granton an der Firth of Forth zu Wasser, machte sofort eine Rundfahrt durch den dortigen Hafen und wurde darauf mehrere Monate mit Erfolg für den Fischfang benutzt. Das Schiff ging aber in keine sorgsamten Hände über und gerieth bald in defecten Zustand. Ein Jahr lang lag es unthätig in dem Hafen von Leith, wurde darauf für wenig Geld nach der Westküste von Irland verkauft, seiner Maschinerie entledigt, und nahm so ein klägliches Ende. —

Während dies auf englischem Boden geschah, rückte der Bau des Schwesterschiffes in Preussen unter günstigeren Umständen vorwärts, und nachdem die „Enterprise“ verschollen war, trat im October 1855 das Turbinen-Dampfschiff „Albert“ auf der Oder auf, welches seinen Namen nach dem bewährten Freund und Beförderer der Sache in Stettin, Herrn Albert Silling, erhielt. — Seit drei Jahren fährt dies Schiff nunmehr ununterbrochen als Personen-Dampfschiff auf der Oder, und hat sich durch seine Eigenschaften die allseitige Zufriedenheit des Publicums erworben. Es ist an Maschinenkraft das schwächste Schiff auf dem Oderstrom, und hat bis jetzt die strenge Aufgabe der Selbsterhaltung gegen die Concurrenz der andern Dampfschiffe, denen eine mehr wie vierzigjährige Erfahrung zur Seite steht, vollkommen erfüllt. Auch hat sich das Schiff im Verhältniß zu seiner Kraft als gutes Schleppschiff bewährt.

Als Rob. Fulton 1807 das erste praktische Räder-Dampfschiff „Clarmont“ in Amerika auf dem Hudson, und Henry Bell fünf Jahre später das zweite, den Comet, in Schottland auf der Clyde in Thätigkeit setzte, stellte man diesen Schiffen im Allgemeinen ein sehr dürftiges Prognostikon. Die polytechnische Gesellschaft in Edinburgh gab zu, daß diese Art von Schiffen wohl geeignet sein würde, auf Flüssen zu fahren, wo das Wasser minder bewegt ist; aber niemals würden sie auf offener See anzuwenden sein, nicht einmal die Firth of Forth kreuzen können. — Sie kreuzen seitdem den atlantischen und stillen Ocean, tragen den Krieg bis in die entferntesten Meere und kennen neben der Schraube keine Begrenzung mehr auf den Gewässern der Erde! — Das Turbinen-Dampfschiff trägt die Elemente in sich, einmal auf dieselbe technische Höhe zu gelangen. Mag diese Behauptung vielleicht Manchem etwas kühn erscheinen: ich theile sie vollkommen und will das Wissenschaftliche derselben überall vertreten.

Es ist immer keine ganz richtige Erklärung, wenn man sagt, daß sich die Räder- und Schraubenschiffe ganz unabhängig von Wind und Strömung fortbewegen. Ist der Wind der Fahrt günstig, so verringert er durch die Segelkraft des Schiffes die Wirkung der Dampfmaschine und kann sie sogar ganz aufheben. Ist die Strömung der Fahrt des Schiffes entgegengesetzt, oder ist sie derselben günstig, sie mag auf Flüssen oder auf dem Meere stattfinden, so wirkt sie in beiden Fällen nachtheilig auf den normalen Gang der Dampfmaschine und somit auch auf den größten Effect derselben. Also unabhängig von Wind und Strömung ist die Dampfkraft dieser Schiffe nicht; dies kommt aber daher, weil sie dem Principe der hydraulischen Action gemäß in dem Wasser rudern. Das Turbinen-Dampfschiff ist jedoch, wie erwähnt, ein Fahrzeug, welches nicht im Wasser rudert; es bewegt sich nach dem entgegengesetzten Principe der Kraft und zwar

nach dem der hydraulischen Reaction. Wind und Strömung können hier die Dampfkraft niemals verringern, und haben sie zu dem Cours des Schiffes eine günstige Richtung, so addirt ihre Kraft zu der Kraft des Dampfes, und die Geschwindigkeit des Schiffes wächst in demselben Verhältniß, wie die Cubikwurzel aus der Summe dieser Kräfte wächst. Dies ist ein unbestreitbarer Vortheil, der mit der Zeit seine Anerkennung finden wird; abgesehen noch von den anderweitigen nützlichen, so wie wesentlich angenehmen Eigenschaften, die das System, in das die hydraulische Rückwirkung hier gebracht worden ist, für die Handhabung der Schifffahrt auf den Flüssen und auf der See dem Publicum gewährt. — Aber wohl selten ist eine Sache so sehr dazu geeignet, bei oberflächlicher Beurtheilung sich Gegner zu machen, wie eben diese. Wer jedoch Zeit und Willen dazu hat, sich gründlich damit zu beschäftigen, der wird auch sehr bald davon angezogen und ihr Freund werden.

Es ist vielfach und nicht mit Unrecht die Frage gestellt worden, warum man in England, wo doch, wie man beständig glaubt, alles praktisch Nützliche so leicht Eingang findet, der Bau dieser Turbinen-Dampfschiffe nicht fortgesetzt wird, da doch wohl, obgleich die „Enterprise“ kein Glück gehabt hatte, die Nachricht von dem besseren Erfolge des „Albert“ dort nicht unbekannt geblieben sein müßte. — Dies bedarf wohl der Erklärung. — Der verfehlt Versuch mit der „Enterprise“ brachte bei den Unternehmern Mißstimmungen hervor, welche die Zeit noch nicht überwunden hat. Dies ist aber nicht die Ursache allein: es ist den Freunden in England noch eine Unannehmlichkeit anderer Art begegnet, deren Mittheilung zur Beantwortung der obigen Frage mit hierher gehört.

Das Institution of Civil-Engineer in London nahm gelegentlich Notiz von dem Vorhandensein der „Enterprise“ und disputirte im März und April 1854 in vier hintereinander folgenden Sitzungen mit großem Eifer über die Anwendung der hydraulischen Rückwirkung bei der Schifffahrt. Es ist sehr interessant, die gedruckten Berichte darüber zu lesen. Die Sache hatte vollständigen Aufruhr in diesem Kreise gemacht; aber ein Resultat kam nicht zu Stande. Die Ansichten entwickelten sich so verschiedenartig und blieben sich gegenseitig so unklar, daß schließlich der rühmlichst bekannte Ingenieur Brunel (Erbauer des Leviathan) der Gesellschaft versprach, sich einer wissenschaftlichen Untersuchung der Sache zu unterziehen und dann öffentlich darüber Bericht zu geben. — In Folge dessen wurde Capitain Claxton mit dem Auftrage nach Schottland gesandt, durch praktische Versuche mit der „Enterprise“ die Kraft und Leistung des Schiffes genau zu constatiren. Nachdem hierzu vierzehn Tage verwandt worden waren, ging Capitain Claxton mit überaus günstigen Berichten nach London zurück und setzte seine Experimente auf der Themse mit einer Dampfheberspritze fort, indem er das Wasser der Pumpen durch Reaction gegen das Fahrzeug wirken liefs. Um diese Zeit führte mich der Weg durch London; ich unterrichtete mich von Allem, was in dieser Angelegenheit dort vorgegangen, und hörte Brunel selbst, wie er sich mit großem Interesse über diese neue Anwendung der hydraulischen Kraft aussprach; ich machte ihm dann auch von dem im Bau begriffenen Dampfschiffe „Albert“ Mittheilung und erfuhr, daß er beabsichtige, zur Verherrlichung des Principes eine neue Dampfheberspritze bauen zu lassen, die durch die Reaction des Strahles 15 Knoten Geschwindigkeit in der Stunde erhalten sollte. An Stelle einer Centrifugalpumpe, wie sie die „Enterprise“ besaß, versprach er sich jedoch weit größeren Effect von der Anwendung mehrerer Kolbenpumpen, eine Ansicht, welche ich nach meiner Erfahrung gar nicht

theilte, da es hier nur darauf ankam, eine große Menge Wasser mit nur mäßiger Geschwindigkeit in Bewegung zu erhalten. Indefs war ich begierig auf den Erfolg. Messr. Shand and Mason, Engine and Pump Manufactory, 245 Blackfriars Road, London, bauten im Jahre 1855 nach Mr. Brunel's Anweisung diese Heberspritze. Dieselbe blieb jedoch in ihren Leistungen so weit hinter den gehegten Erwartungen zurück, daß bei der Probe ein Schraubenschiff, welches nur die Hälfte der Maschinenkraft gegen dies Heberspritzenschiff besaß, dies vollständig schlug. Der Grund lag in dem verfehlten System mit den Kolbenpumpen; aber der Credit der Sache hatte in England großen Schaden genommen, denn nach der Zeit und bis jetzt ist von einem wiederholten Versuche in London nichts lautbar geworden. Auch ist der versprochene Bericht von Brunel niemals erschienen. Was konnte daher aus der Sache viel werden, da ihr Herold stumm geworden! Die „Enterprise“ war verschollen und der „Albert“ kein englisches Schiff! — Wenn sich in England der erste Ingenieur auf einem bestimmten Felde für eine neue Sache erst lebhaft interessirt und dann gänzlich darüber schweigt, so schweigt Alles mit ihm, und namentlich in einem Falle, wo das sofortige Verständniß mit Schwierigkeiten verbunden ist. Dies Alles giebt den Gegnern dieser neuen Dampfschiffe großen Vorschub und hält ihre weitere Anwendung in England jetzt noch zurück. Auf die Dauer wird dies jedoch nicht möglich sein.

Der „Albert“ ist daher bis jetzt noch das einzige praktische Turbinen-Dampfschiff; es hat während der drei Jahre seines Bestehens ohne allen Nachtheil für seine Maschinerie und für die Unternehmer gefahren. Jeder erste Versuch läßt jedoch immer noch etwas zu wünschen übrig, denn obschon bei dem Bau dieses Schiffes der Stand der gegenwärtigen Erfahrungen in jeder erreichbaren Weise nutzbar gemacht worden ist, so ist dennoch der Dampfkessel für die Maschine um etwas zu klein ausgefallen, eine verdrießliche Verrechnung, welche wohl öfter vorkommt, worunter jedoch das Princip der hydraulischen Rückwirkung nicht leidet; denn alle getroffenen Einrichtungen dafür haben sich in jeder Hinsicht als zweckmäßig und dauerhaft erwiesen. Dem Schiffe thut nur der Erwerb eines größern Kessels noth, um seinem Zwecke vollständiger zu entsprechen.

Der Bericht des Herrn Baurath Butzke über eine Fahrt mit dem Turbinen-Dampfschiffe „Albert“ überhebt mich der Schilderung der Vortheile, welche dieses Princip für die Flussschifffahrt insbesondere hat. Es sei mir deswegen erlaubt, noch einmal auf die Seeschifffahrt zurückzukommen.

Alle Dampfschiffe, die bis jetzt auf salzigem Wasser fahren, sind Ruderschiffe, und jeder Seemann weiß, welche großen Inconvenienzen ein Rudern in diesem oft mit so großem Ungestüm bewegten Elemente hat. Für die Räderschiffe ist es namentlich das Rollen von einer Seite auf die andere, und für die Schraubenschiffe das Tauchen oder Stampfen in der Richtung ihrer Länge, welches die Dampfmaschine in ihrer normalen Bewegung bei jeder wechselnden Welle plötzlich unterbricht und häufig Brüche an derselben verursacht. Räderschiffe sind unbeholfene Segler; Schraubenschiffe dagegen steuern schlecht, und soll die Schraube das Schiff zum Stehen bringen und schlägt sie zu diesem Behufe rückwärts, so ist die Steuerkraft desselben ganz vernichtet und das Schiff kommt bei kritischen Lagen in große Gefahr. — Der verhältnißmäßig große Verlust von Schraubenschiffen, die sich in neuerer Zeit in beengte Gewässer wagten, bestätigt dies.

Die allerneueste Idee ist jetzt Winan's Dampfschiff, welches am 6. October 1858 in Baltimore zu Wasser ging. Es hat die Form von zwei mit den Grundflächen gegen einander

liegenden Kegeln, und die Schraube ist in der Mitte angebracht, wodurch das Fahrzeug in zwei Hälften getheilt wird, die nur durch Ueberbrückung der Schraube unsicher mit einander verbunden sind. Der Körper hat 180 Fufs Länge und 16 Fufs Durchmesser. — Eine abentheuerliche Idee! aber sie zeugt von dem Bedürfnisse, die Schraube von dem Hintertheile des Schiffes zu entfernen. — Die Schaufeln der Schraube dieses eigenthümlichen Fahrzeuges, deren ich 14 zähle, drehen sich halb in der Luft und halb im Wasser; sie werden jedenfalls viel Luft mit durch's Wasser nehmen und dadurch den Widerstand in demselben nicht finden, den ein Fahrzeug haben muß, welches in vier Tagen das atlantische Meer durchrudern soll, wie damit beabsichtigt wird.

Es wird ohne Zweifel noch manche Frage in der Schifffahrt ungelöst bleiben, so lange man sich von dem Rudern im Wasser Ungewöhnliches verspricht. Die Dampfkraft kann dabei nicht collectiv wirken: denn ein Dampfschiff, welches rudert, kann das Rad, womit es rudert, nur immer in der Einheit anwenden und zwar nur nach einer von dem Tiefgange des Schiffes oder dessen Bauart begrenzten Gröfse. Wird diese Einheit überschritten, d. h. will man an jeder Seite des Schiffes mehr wie eine Achse oder ein Ruderrad wirken lassen, so verringert Eines den Effect des Andern. Die Gröfse der anzuwendenden Maschinenkraft findet daher bei allen

Ruderschiffen ihre natürliche Begrenzung in der Wirkung auf die eine nur dabei erlaubte Achse.

Bei dem Turbinen-Dampfschiffe finden alle diese Beschränkungen nicht statt. Ein solches Schiff rudert nicht im Wasser, und dies muß Alles erklären. Der bewegende Motor ist hier der Druck des Wassers selbst; dieser Druck findet keine Begrenzung in der Einheit: er kann, ohne dafs der Eine dem Andern schadet, in jeder beliebigen Mehrheit gegen das Schiff wirksam sein. Die Anwendung der Maschinenkraft ist daher nicht auf eine Achse allein beschränkt; sie ist vielmehr unbegrenzt! — Wenn es die Aufgabe der Dampfschiffe werden sollte, in der Geschwindigkeit mit der Locomotive zu concurriren, so wird die Lösung dieser Aufgabe nur in der collectiven Anwendung der rückwirkenden hydraulischen Kraft liegen. — Und sollte ein Rhein-Uferstaat noch einmal dahin ermuthigt werden, die Schifffahrt *jusqu'à la mer* zu provociren, so wird die lange gesuchte Befriedigung nur in solchen Schiffen zu finden sein, die bei grossen Dimensionen und geringem Tiefgange nicht das Bedürfnis haben, mit der Dampfkraft im Wasser zu rudern. —

Stettin, im Januar 1859.

A. Seydell,

Schiffsbaumeister und Ingenieur.

## Anderweitige architektonische Mittheilungen und Kunst-Nachrichten.

### Historisch-kritische Bemerkungen über Kettenbrücken.

(Fortsetzung.)

Der Hammersmith-Brücke sehr ähnlich ist die neue Invaliden-Brücke über die Seine zu Paris,

welche etwa 100 Schritte von dem Bauplatz der wieder abgetragenen, gerade der Allée d'Antin gegenüber erbaut ist. Für diese war der frühern Actien-Gesellschaft, an deren Spitze Herr Desjardins stand, durch eine Königl. Ordonnance vom 6. December 1827 die Concession erteilt. Und da gerade um diese Zeit die Hammersmith-Brücke vollendet worden war, so wurde der Ingenieur de Vergès nach England geschickt, um davon genaue Kenntniss zu nehmen. Die Frucht dieser Reise war die in Rede stehende Brücke, welche, wie bemerkt, nur eine sehr wenig abweichende Copie im kleinern Maafsstabe der erstern ist. Die darüber existirenden Zeichnungen <sup>72)</sup> weichen in den Maafsen etwas von einander ab. Im Folgenden sollen Maafse und Beschreibung so gegeben werden, wie die Ausführung der grössten Wahrscheinlichkeit nach ist.

Sie besteht aus 3 Oeffnungen, wovon die mittlere 216,14 Fufs preufs., die eine der Seiten-Oeffnungen 80,64 Fufs, die andere 78,64 Fufs lichte Weite zwischen den Pfeilern hat. Es sind somit sogar die kleinen Unregelmäßigkeiten in den Seiten-Oeffnungen, welche bei der Hammersmith-Brücke wohl zufällig entstanden sind, nachgeahmt worden. Die Ketten sind im Ganzen ebenso arrangirt, wie bei der Hammersmith-Brücke, und weichen nur darin davon ab, dafs die Pfeilhöhe gröfser, etwa  $\frac{1}{9,8}$  (nach

Drewry  $\frac{1}{9}$ ) ist, und dafs die Ketten der Seiten-Oeffnungen nicht unter die Ebene der Brückenbahn hinabreichen, was man vermeiden konnte und mußte, weil einmal bei den geringern Dimensionen hinreichend Raum für die lang ausfallenden Ketten vorhanden war, und weil das anderemal in den Widerlagern Durchgänge für die Kais bleiben mußten. Die Sehne des mittlern Kettenbogens beträgt 229 $\frac{1}{2}$  Fufs. Die Brückenbahn hat bei 29 $\frac{3}{4}$  Fufs ganzer, nur 25 $\frac{1}{2}$  Fufs benutzte Breite, wovon auf die in der Mitte liegende Fahrbahn 17 Fufs und auf jeden der zur Seite liegenden Fufswege 4 $\frac{1}{4}$  Fufs kommen; sie steigt von den Ufern nach der Mitte der Länge etwas an.

Die Hauptglieder bestehen aus runden Stangen von 1,758 Zoll Durchmesser bei 15,2 Fufs Länge von Mittel zu Mittel der 2,06 Zoll im Lichten haltenden Augen; sie sind mittelst Kuppelglieder von 3,88 Zoll Breite und 0,7275 Zoll Dicke, welche eine Länge von 9,7 Zoll in den Augen haben, untereinander verbunden. Auf jeder Seite der Brücke befinden sich 4 Ketten, deren jede aus 2 Gliedern neben einander besteht, und wovon immer 2 unter einander angebracht sind. Der Querschnitt der 16 Hauptglieder beträgt 38,84 □ Zoll. —

Die Tragketten ruhen in den Pfeilern auf Rollen, und schliessen sich hier den Rückhaltketten an, welche nach gufseisernen Gestellen auf den Widerlagern und von hier schräg in die letztern hinabgehen. Die Befestigung in den gufseisernen Gestellen geschieht mittelst 3 Fufs 6 Zoll langer offener Glieder, welche an die Stelle derjenigen aus Rundeisen treten.

Die Tragstangen haben 1,82 Zoll Durchmesser und sind an den Kuppelgliedern der Hauptketten mittelst kurzer Hängeschienen von 8 $\frac{1}{2}$  Zoll Länge, 1 $\frac{1}{3}$  Zoll Breite und  $\frac{1}{16}$  Zoll Dicke mit Bolzen von 1 $\frac{1}{2}$  Zoll Durchmesser befestigt.

<sup>72)</sup> Journal du génie civil. Tome VI. 1830.  
v. Gerstner, Handbuch der Mechanik. Bd. I. 1831.  
Drewry, etc. London. 1832. S. 102.

Tragpfeiler und Widerlager sind aus Mauerwerk ausgeführt, die erstern haben in der Höhe der Brückenbahn 39 Fufs Breite und  $13\frac{1}{2}$  Fufs Dicke, die letztern 31 Fufs Breite, 37 Fufs Länge und  $13\frac{1}{2}$  Fufs Höhe.

Die Tragstangen, im Mittel  $5\frac{1}{2}$  Fufs von einander entfernt, unten mit Schrauben und Muttern versehen, je 2 einander nach der Breite der Brücke sich gegenüber befindend, tragen an ihren Enden auf gufseisernen Platten hölzerne Querträger, deren jeder aus 2 Balken von 5 Zoll Breite und  $13\frac{1}{2}$  Zoll Höhe, zwischen denen die Tragstangen hindurchgehen, besteht. Auf diesen Querträgern lagern 2 Reihen Streckbalken, 8 Zoll  $\times$  6 Zoll stark, welche die beiden Seiten des Fahrwegs begrenzen und mit ähnlichen Streckbalken unter den Querträgern verbolzt sind. Der Belag des Fahrwegs besteht aus doppelt über einander gelegten Bohlen, welche zusammen eine Stärke von 4 Zoll haben. Der Belag der Fußwege, 2 Zoll stark, liegt auf den Streckbalken neben den Fahrbahnen und anderweitigen, 6 Zoll im  $\square$  haltenden Schwellen, welche senkrecht unter den Ketten gelagert sind. Die letztern Schwellen tragen zugleich Parapets, welche aus gufseisernen Säulen mit  $5\frac{3}{4}$  Zoll  $\times$   $7\frac{1}{4}$  Zoll starken Holmen, mit Kreuzstreben dazwischen, bestehen.

Die Bahn der Brücke vibriert beträchtlich, wenn ein Fuhrwerk oder selbst nur ein Reiter dieselbe passirt, trotz ihrer steifen und soliden Verbindung, und der Grund hiervon liegt in der großen Pfeilhöhe der Kettencurve.

Die Brücke war im December 1829 so weit vollendet, daß durch den Ingenieur Eustache am 15. dess. Monats die in Frankreich gesetzlich vorgeschriebene Probe <sup>73)</sup> mit einer Belastung von 200 Kil. auf den  $\square$  Meter, d. i. 42 Pfd. preufs. auf den  $\square$  Fufs preufs., welche 24 Stunden auf der Brückenbahn liegen bleiben muß, vorgenommen werden konnte. Bei einer ungleichförmigen Belastung der 3 Oeffnungen zeigte sich die Construction ziemlich beweglich; durch die Probe bekam das Mauerwerk hin und wieder kleine Risse, die jedoch für so unbedeutend erkannt wurden, daß die Brücke alsbald dem Verkehr eröffnet ward.

Nach einer auf die vorhandenen Zeichnungen dieser Brücke gegründeten Berechnung beträgt das Gewicht der Ketten der Mittel-Oeffnung 415 Ctr., dasjenige der Brückenbahn nebst Tragstangen 2940 Ctr., mithin das Gesamtgewicht der Mittel-Oeffnung  $3355$  Ctr. Bei  $\frac{1}{9,8}$  der Sehne als Pfeilhöhe ist die Spannung in den Aufhängepunkten der Ketten das 1,3fache des Gesamtgewichts, mithin  $= 4361,5$  Ctr., so daß also die Ketten bei  $38,84$   $\square$  Zoll Querschnitt durch das eigene Gewicht der Construction mit  $112,3$  Ctr.  $= 12350$  Pfd. auf den  $\square$  Zoll in Anspruch genommen werden. — Die gesetzlich zulässige extraordinaire Last beträgt bei  $25\frac{1}{2}$  Fufs nutzbarer Breite und 216 Fufs Länge der Mittel-Oeffnung 2103 Ctr., mithin die Maximal-Belastung 5458 Ctr. und die hieraus entspringende Spannung  $1,3 \times 5458 = 7095,4$  Ctr., so daß der  $\square$  Zoll Kettenquerschnitt im Maximo mit 20095 Pfd. belastet wird. — Die Tragstangen haben  $1,82$  Zoll Durchmesser und 192 Stück tragen die Brückenbahn, werden also durch die Construction jede mit  $\frac{2940}{192} = 15,312$  Ctr., d. i. 633,4 Pfd. auf den  $\square$  Zoll, und durch die Maximal-Belastung jede mit  $\frac{5043}{192} = 26,265$  Ctr., d. i. 1086,5 Pfd. auf den  $\square$  Zoll in Anspruch genommen. — Der  $\square$  Fufs der Brückenbahn wiegt, wenn man nur die benutzte Fläche in Rechnung bringt, etwa  $58\frac{3}{4}$  Pfd.

Diese Brücke, welche im Allgemeinen nur als eine mangelhafte Copie der Hammersmith-Brücke erscheint, ist im Jahre

1853 abgetragen und 1854 durch eine neue steinerne ersetzt worden.

Noch vor Beendigung des Baues der neuen Invalidenbrücke, begann man in Frankreich den Bau der

Kettenbrücke zu Langon (Dép. de la Gironde)  
über die Garonne,

ausgeführt von 1828 bis 1831 von Ingenieur P. D. Martin. — Diese Brücke liegt auf der Straße von Montauban nach Bordeaux, welche die volkreichsten Städte des südlichen Frankreichs, Toulouse, Montauban, Moissac, Agen und Bordeaux untereinander verbindet. Auf Veranlassung des Präfecten d'Haussez arbeiteten die Departements-Ingenieure zwei Projecte aus, das eine für eine Brücke mit einer Oeffnung von  $180^m = 573,52$  Fufs preufs., das andere mit zwei Oeffnungen, jede von  $100^m = 318,62$  Fufs preufs. Weite. Nach dem erstern sollten auf den beiden Ufern zwei Pfeiler errichtet werden, auf welchen die Tragketten ruhten, und in deren Fundamenten zugleich die Rückhaltketten, welche vertical auf der Rückseite hinabgehen, befestigt werden; nach dem zweiten Project war es Plan, drei Pfeiler von gleicher Höhe zu errichten, davon einen im Fluß und zwei auf den Ufern. Zwei Kettenbögen mit  $\frac{1}{10}$  der Sehne als Pfeilhöhe sollten die Brückenbahn tragen; die sich auf den Landpfeilern an die Tragketten anschließenden Rückhaltketten sollten in geneigter Richtung bis zur Terrainhöhe gespannt, dann durch Vermittelung eines nach einem Kreisbogen abgerundeten Auflagers in einen senkrechten Schacht hinab-, und endlich in einem horizontalen Stollen bis zu den Fundamenten der Unterpfeiler zurückgeführt werden, um in diesen ihre Befestigung zu finden. Die Breite der Brücke war zu  $7^m = 22,3$  Fufs preufs., und die Maximalbelastung der Ketten bei der Probe zu  $11,054$  Kil. pro  $\square^m$ , d. i. 16167 preufs. Pfd. pro  $\square$  Zoll preufs. angenommen.

Beide Projecte wurden unterm 8. November 1824 an den Director des Straßens- und Brückenbaues abgegeben, welcher unter dem 29. Juni 1825 verschiedene Abänderungen für das letztere Project vorschlug, und zugleich einen Entwurf für eine steinerne Brücke forderte, um den Unterschied der Baukosten nach den beiden Systemen zu übersehen. Diese Abänderungen sollten im Wesentlichen darin bestehen, daß die Ketten auf den Tragpfeilern eine feste, kein Gleiten gestattende Auflage finden, daß die Tragketten durch die Maximalbelastung nicht stärker als 9 bis 10 Kil. pro  $\square^m = 13163$  bis 14626 preufs. Pfd. pro preufs.  $\square$  Zoll belastet, daß gegen das Schwanken der Brückenbahn Gegenketten, wie an den Brunel'schen Brücken für die Insel Bourbon, angebracht, daß die Träger, die Mittelpfeiler und die Auflagers für die Rückhaltketten verstärkt werden, und endlich die Kettenglieder eine solche Kuppelung erhalten sollten, welche Horizontalschwingungen nicht gestattete. — Unter Beobachtung dieser Vorschläge wurde nun ein dritter Entwurf für eine Kettenbrücke gemacht, wonach die Maximalbelastung der Ketten nur  $8,833$  Kil. auf den  $\square^m$ , d. i. 12920 preufs. Pfd. auf den preufs.  $\square$  Zoll betrug, die Pfeilhöhe auf  $\frac{1}{15}$  der Sehne vermindert, die Kettenglieder auf jeder Seite der Brücke in 9 Reihen, à 2 Stück übereinander angeordnet, und  $0,06^m \times 0,05^m = 2,3'' \times 1,91''$  preufs. stark gemacht, die Tragstangen aber im Maximo mit  $1,184$  Kil. pro  $\square^m$ , d. i. 1752 preufs. Pfd. pro  $\square$  Zoll preufs. in Anspruch genommen wurden. Die Kosten des Projects stiegen hierbei auf  $800000$  Frcs.  $= 213300$  Rthlr. preufs. — Auch wurde das Project einer steinernen Brücke mit 9 Bögen von  $30^m = 95,6$  Fufs preufs. lichter Oeffnung ausgearbeitet, dessen Kosten sich auf  $1100000$  Frcs.  $= 293300$  Rthlr. preufs. beliefen.

Beide Pläne wurden demnach der Administration für den

<sup>73)</sup> Journal du génie civil. Tome VIII. S. 144. 1830.

Straßen- und Brückenbau im September 1825 eingereicht, in dessen entschied sich diese in ihrem Gutachten vom 1. September 1826 für den Bau einer steinernen Brücke, weil der Anschlag der Kettenbrücke der größten Wahrscheinlichkeit nach überschritten werden würde, und dadurch der Unterschied zwischen den Kosten der Brücken nach beiderlei Systemen zum größten Theile ausfallen möchte. Es wurde demnach das Project für die steinerne Brücke durch den betreffenden Ingenieur noch einmal revidirt, und der Anschlag in runder Summe auf 1000000 Frcs. = 266700 Thlr. preufs. festgestellt. Bei der Vorlage erklärte jedoch der General-Director für den Straßen- und Brückenbau, daß von einer Ausführung aus Staatsmitteln nicht die Rede sein könne, vielmehr diese Privaten gegen Erhebung eines Brückengeldes überlassen bleiben solle. Er ließ von Neuem einen Anschlag über eine Kettenbrücke vom *Inspecteur divisionnaire* Brisson aufstellen, und auf den Monat September 1827 eine Submission ausschreiben. — Niemand meldete sich. — Einige Zeit nachher fand sich ein Unternehmer, verlangte aber außer der Zollerhebung auf 90 Jahre einen Zuschuß von 160000 Frcs. Der Präfect glaubte auf dieses Gebot nicht eingehen zu können. Man konnte sich nun nicht verhehlen, daß die Submissionsbedingungen wohl zu lästig sein möchten; das Conseil für den Straßen- und Brückenbau ließ demnach Modificationen darin eintreten, welchen zufolge unter dem 14. Mai 1828 M. Gimet den Zuschlag erhielt, und unter dem 19. October 1828 sich eine anonyme Gesellschaft für die Ausführung constituirte.

Für die Ausführung war in den Bedingungen u. a. festgesetzt, daß die Brücke zwei Fahrwege, jeden von 4,2<sup>m</sup> Breite zwischen den Geländern erhalten, und die lichte Weite der Durchfluß-Oeffnungen 200<sup>m</sup> betragen solle, daß ferner die Probe der Brücke mit einer Belastung von 200 Kil. pro □<sup>m</sup> d. i. 42,1 preufs. Pfd. auf den preufs. □Fuß angestellt werden müsse. Da die Durchfluß-Oeffnungen ihrer Weite nach von der Regierung nicht einzeln bestimmt waren, so entstand die Frage, ob es wohlfeiler sei, zwei oder mehrere anzuordnen, und die Art der Beantwortung derselben ist interessant genug, um hier berührt zu werden.

Für eine jede Lokalität besteht unstreitig zwischen dem Preise des Mauerwerks und dem des Eisens eine solche Relation, daß mit der Verminderung oder Vermehrung des einen oder andern Materials zugleich eine Erniedrigung oder Erhöhung der Baukosten verbunden ist. Im Allgemeinen wird man, wenn die zu überbrückende Weite feststeht, um so mehr Mauerwerk bedürfen, je mehr Oeffnungen, und um so weniger Eisen, je weniger Oeffnungen man anordnet. Die Quantität des nöthigen Eisens verhält sich nämlich direct wie der Kettenquerschnitt. (Auf die verschiedenen Längen der Rückhaltketten bei einer oder mehreren Oeffnungen braucht man bei einem Ueberschlage nicht Rücksicht zu nehmen, da diese von den verschiedenen Höhen der Tragpfeiler nur unbedeutend geändert werden). Der Kettenquerschnitt ist aber stets der Spannung in den Aufhängepunkten proportional zu nehmen, und diese hängt ihrerseits bei ungeänderter Breite und ungeändertem Gewichte der Längeneinheit der Brückenbahn einestheils von der halben Länge der letzteren zwischen den Aufhängepunkten, oder der halben Curvensehne, andernteils von der mehr oder minder straffen Form der Kette, d. h. von dem Verhältniß der Pfeilhöhe zur Curvensehne ab. Letzteres kann aber wiederum als unveränderlich angesehen werden, weil es bei einem bestimmten Zwecke der Brücke, insofern nämlich in einem besonderen Falle eine größere oder geringere Beweglichkeit zulässig ist, der Erfahrung gemäß ohne Rücksicht auf die Zahl der Kettenbögen ausgewählt werden muß. Bei Ver-

gleichung der Spannungen in den Aufhängepunkten, folglich auch der nothwendigen Kettenquerschnitte und der Eisenquantitäten in den Ketten hat man somit allein die Verhältnisse der halben Kettensehnenlängen zu berücksichtigen, und festzuhalten, daß, wenn sich unter den gemachten Voraussetzungen die letztern wie 1:2:3...:n verhalten, die erforderlichen Eisenquantitäten durch die Verhältnißzahlen  $1:\frac{1}{2}:\frac{1}{3}:\dots:\frac{1}{n}$  ausgedrückt werden.

Die Vergleichung der Vor- und Nachteile der verschiedenen Brückensysteme ergibt sich nun in folgender Art:

1. Macht man nur eine Oeffnung, so wird man zwei Tragpfeiler auf beiden Ufern und die stärksten Ketten haben müssen, außerdem zwei Widerlagpfeiler für die Rückhaltketten.

2. Macht man zwei Oeffnungen, so kann man diese mit zwei halben Kettenbögen überspannen. In diesem Falle ist keine Ersparniß an Eisen in den Ketten zu erreichen, weil die Spannungen in den Aufhängepunkten unverändert bleiben. Dagegen bedarf man, anstatt zweier Tragpfeiler an den Ufern, eines dergleichen im Flusse, und die beiden Landpfeiler bilden zugleich die Widerlager für die Ketten; wenn die Gründung des Mittelpfeilers im Flußbette nicht gerade mit außerordentlichen Kosten verbunden ist, so stellt sich diese Eintheilung der Oeffnungen als vortheilhafter heraus.

3. Bei zwei Oeffnungen kann man auch jede mit einem ganzen Kettenbogen überspannen, dessen Sehne halb so groß ist, als im ersten Falle. Dann werden drei Tragpfeiler erforderlich, und die Spannung der Ketten in den Aufhängepunkten, mithin die Quantität des Kettenmaterials ist halb so groß, als im ersten Falle. Wenn demnach zwei Tragpfeiler auf den Ufern weniger kosten, als die Hälfte des Eisengewichts in den beiden vorigen Fällen, so ist die erwähnte Anordnung wegen der größern Wohlfeilheit vorzuziehen.

4. Für drei Oeffnungen kann man zwei Tragpfeiler mit einer Oeffnung gleich der Hälfte der zu überbrückenden Weite zwischen sich, welche einen ganzen Kettenbogen erhält, und mit zwei Oeffnungen an den Seiten, deren jede  $=\frac{1}{4}$  der ganzen Weite beträgt und mit einem halben Kettenbogen überspannt wird, anordnen. Der Kettenquerschnitt bleibt so groß, als in dem vorigen Falle, doch hat man nur zwei Pfeiler, beide freilich im Flußbette, zu bauen, statt dreier, wovon zwei am Ufer errichtet werden. Diese Eintheilung möchte in vielen Fällen, wenn die Gründung nicht zu kostbar ausfällt, die wohlfeilste sein.

5. Für drei Oeffnungen mit ganzen Kettenbögen erhält man vier Pfeiler, wovon zwei im Flußbett und zwei am Ufer zu errichten sind. Das Kettenmaterial reducirt sich auf  $\frac{1}{3}$  dessen, was im ersten Falle erforderlich ist. Wenn daher zwei Pfeiler, beide am Ufer, weniger kosten, als  $\frac{1}{2}-\frac{1}{3}=\frac{1}{6}$  des Kettenmaterials im ersten Falle (was freilich selten der Fall sein wird), so würde diese Eintheilung der ad 4 vorzuziehen sein. Sie stellt sich jedoch billiger, als die sub 2, wenn drei Pfeiler, wovon einer im Flusse und zwei an den Ufern zu errichten sind, weniger theuer kommen, als  $\frac{2}{3}$  des Kettenmaterials in jenem Falle.

Es lassen sich diese Vergleichungen leicht noch weiter ausdehnen auf 4, 5, und mehrere Oeffnungen, was aber in der Regel unnöthig ist, weil bei diesen Annahmen die Quantität des Mauerwerks unverhältnißmäßig zunimmt, und die größten Kosten unmittelbar in die Augen fallen. Im Allgemeinen ist hier jedoch noch zu bemerken, daß die angestellten Vergleichungen nur als annähernde zu betrachten sind; es ist nämlich dabei vorausgesetzt, daß das Gewicht der Längeneinheit der Construction (d. h. Brückenbahn incl. Tragstangen und Ketten) ungeändert bleibe, wenn man das Gewicht der Ketten

verändert, daß ferner die Quantität des Mauerwerkes eines Pfeilers bei einem Bogen so groß sei, als bei mehreren, was nicht genau so ist, weil im erstern Falle höhere und stärkere Pfeiler nothwendig sind, als im letztern. Man kann jedoch aus dem Gesagten soviel entnehmen, daß, wenn der Preis des Mauerwerks im Verhältniß zu demjenigen des Eisens gering ist, in ökonomischer Beziehung es vortheilhaft erscheint, die Zahl der Oeffnungen zu vermehren, im andern Falle aber diese zu vermindern. In England giebt man daher auch dem Kettenbrücken-System mit großen Oeffnungen den Vorzug, weil hier das Eisen verhältnißmäßig billig ist; doch ist dies nicht der alleinige Grund, vielmehr wird man zu Kettenbrücken immer da, wo große Oeffnungen nöthig werden, seine Zuflucht nehmen müssen, weil andere Brücken in diesem Falle entweder überhaupt nicht mehr, oder nur mit unverhältnißmäßig großen Schwierigkeiten ausführbar sind.

Für den Brückenbau zu Langon wählte man das vorher unter 4 angedeutete Kettensystem, weil bei der Nähe und Vortrefflichkeit der Steinbrücke zu St. Macaire die Ausführung einer etwas größern Quantität Mauerwerk auf die Baukosten nur einen geringen Einfluß ausübte. Man band sich jedoch nicht strenge an die oben angenommenen Verhältnisse der Oeffnungen, sondern gab dem ganzen Bogen der Mittelöffnung eine Sehne von  $80^m = 254,9$  Fufs preufs.; für jede der Seitenöffnungen wählte man eine Weite von  $60^m = 191,2$  Fufs preufs., und überspannte diese nur mit einem Theile eines dem vorigen congruenten Kettenbogens, wodurch die Auflagepunkte auf den Landpfeilern etwas höher, als der Scheitel des ganzen Kettenbogens zu liegen kommen, und man ein gefälligeres Aussehen der betreffenden Brücke erreicht. Für die Pfeilhöhe nahm man  $\frac{1}{10}$  der Curvensehne, also  $8^m = 25,5$  Fufs preufs.

Die Tragketten, welche in den Mittel- und Landpfeilern auf in dem Mauerwerk befestigten (unbeweglichen) Sätteln ruhen, sind in zwei Reihen nach der Länge der Brücke aufgehängt, und schliessen zwischen sich eine Fahrbahn von  $5,4^m = 17,2$  preufs. Fufs nutzbarer Breite ein. Jede Reihe besteht aus zwei in einer Entfernung von etwa  $0,6^m = 23$  Zoll preufs. unter einander aufgehängten Strängen, welche alle  $1,5^m = 4,78$  Fufs preufs. durch senkrecht auf ihre Richtungen angebrachte und mit Schliessen befestigte Schienen miteinander verbunden sind. Die Glieder, woraus die einzelnen Stränge zusammengesetzt sind, sind offen und ringförmig, und es wechseln 13 bis 14 Fufs lange (Haupt-) mit kurzen (Kuppel-) Gliedern von etwa  $8\frac{1}{2}$  Zoll Länge ab. In den oberen Strängen liegen immer drei Hauptglieder, und in den unteren deren zwei nebeneinander; sie sind aus Schienen von  $0,052^m = 1,99$  Zoll preufs. Höhe und  $0,03^m = 1,147$  Zoll preufs. Stärke gefertigt, wobei jedoch die Augen statt  $0,052$  Zoll Höhe  $0,07^m = 2,677$  Zoll preufs. Höhe erhalten haben. Die Kuppelbolzen besitzen  $0,08^m = 3$  Zoll preufs. Durchmesser. Der Gesamtquerschnitt der Ketten beträgt  $31200^{mm}$  oder  $45,611$  □ Zoll preufs. Die Verbindungsschienen der Tragketten haben an ihren unteren Enden Augen, an welchen die Tragstangen von  $0,03^m = 1,15$  preufs. □ Zoll mittelst zweizölliger Bolzen hängen und Querträger der Brückenbahn tragen.

Die Querträger, welche auf  $7,5^m = 23,9$  Fufs preufs. frei und  $1,5^m = 4,78$  Fufs preufs. voneinander entfernt liegen, haben  $0,37^m \times 0,27^m = 14,15'' \times 10,33''$  preufs. Stärke. Auf denselben lagern nach der Länge der Brücke 8 Reihen Straßensbalken von  $0,15^m \times 0,12^m = 5\frac{3}{4}'' \times 4\frac{1}{2}''$  Stärke, welche mit einem eichenen Bohlenbelage von  $0,08^m = 3$  Zoll preufs. Stärke versehen sind. Ueber diesem liegt nach der Länge der Brücke ein kieferner Belag von  $0,03^m = 1,91$  Zoll preufs. Dicke, mit einer durch Theer gebundenen Kiesdecke. Ein starkes 3 Fufs hohes

hölzernes Geländer, aus in die Querträger verzapften, oben verholzten und an den Seiten verstrehten Ständern mit dazwischen angebrachten Andreaskreuzen zusammengesetzt, begrenzt die Seiten der Fahrbahn, welche dazwischen  $6^m = 19,12$  Fufs preufs. Breite hat. Der □<sup>m</sup> Brückenbahn (auf  $5,4^m$  nutzbare Breite reducirt) wiegt excl. Ketten 282 Kilogr., oder der preufs. □ Fufs  $59,4$  Pfd., und incl. Ketten 352 Kilogr., oder à □ Fufs preufs. 74 Pfd.

Die Tragpfeiler oder Portale der Mittelöffnung haben in der Höhe der Brückenbahn eine Dicke von  $5,8^m$  und eine Länge von  $10,0^m$ , und befindet sich darin eine überwölbte Durchfahrt von  $4^m$  Weite; die ganze Höhe über der Brückenbahn beträgt  $11\frac{1}{2}^m$ . Die Widerlagpfeiler auf den Landpfeilern sind einfache parallelepipedische Mauerkörper ohne überwölbte Durchfahrten; in denselben ruhen die Rückhaltketten auf eisernen Sätteln mit Rollen. Die Befestigung jener Rückhaltketten, welche dieselben Dimensionen wie die Tragketten haben, findet oberhalb des Terrains gegen gußeiserne Balken statt.

Das Gewicht der Ketten der Mittelöffnung war zu 28330 Kil. berechnet, dasjenige der  $74,2^m$  zwischen den Tragpfeilern langen Brückenbahn pro 1. Meter auf 1522,7 Kil. oder im Ganzen auf 112985 Kil., mithin das Gewicht der Construction zu 141315 Kil., woraus bei  $\frac{1}{10}$  der Sehne als Pfeilhöhe sich eine Spannung von  $1,404 \times 198406$  Kil. ergibt, so daß bei  $31200^{mm}$  Kettenquerschnitt der Millimeter mit 6,36 Kil. oder der □ Zoll mit 9302 Pfd. preufs. durch die Construction belastet wird. Die größte extraordinaire Belastung ist zu 200 Kil. pro □<sup>m</sup> (d. i.  $40,2$  Pfd. preufs. auf den □ Fufs preufs.) angenommen, und beträgt demnach bei  $5,4^m$  Breite und  $74,2^m$  Länge der Bahn 80136 Kil. Die Maximalbelastung ist also 221451 Kil., woraus eine Spannung der Ketten in den Aufhängepunkten von 310,917 Kil. entsteht, welchemnach der Millimeter Kettenquerschnitt im Maximo mit 9,933 Kil. oder der preufs. □ Zoll mit 14528 Pfd. belastet werden kann. Die Tragstangen, deren zwei bei 1800 □<sup>mm</sup> Querschnitt  $1\frac{1}{2}^m$  Länge der Brückenbahn von 2284,06 Kil. Gewicht tragen, werden durch die Construction mit 1,27 Kil. pro □<sup>mm</sup>, d. i. mit 1857 Pfd. preufs. auf den □ Zoll preufs. in Anspruch genommen, und bei der erwähnten extraordinären Belastung mit 2,17 Kil. auf den Millimeter, d. i. mit 3174 preufs. Pfd. auf den preufs. □ Zoll.

Aus der vorhin angestellten Berechnung ergibt sich, daß die Ketten im Maximo nur mit 14528 Pfd. auf den preufs. □ Zoll belastet werden; man darf jedoch den engl. □ Zoll mit 9 Tons, oder den preufs. □ Zoll mit 20690 Pfd. preufs. belasten. Legt man nun diese Annahme zum Grunde, so folgt daraus, daß der preufs. □ Fufs Brückenbahn mit 91 Pfd. extraordinär belastet werden darf, so daß also, trotz der beim Project gemachten geringen Annahme für die Maximalbelastung, die Brücke als eine im Verhältniß zu andern stark gebaute angesehen werden kann.

Die Kosten waren zu 600000 Frcs. veranschlagt, hiernach kostet der lauf. Fufs preufs. (die Länge zwischen den Landpfeilern gerechnet) 251,1 Rthlr. und der □ Fufs bei  $5,4^m = 17,2$  preufs. Fufs Bahnbreite 14,6 Rthlr. Es wurde das Kil. Schmiedeeisen zu den Ketten, welche auf dem Werke von E. Martin zu Garchizy in der Nähe von Fourchambaut an der Loire gefertigt wurden, incl. Transport und Aufstellung mit 1 Frc. bezahlt, d. i. 1000 Pfd. preufs. mit 127 Rthlr., und das Kil. Gußeisen mit  $\frac{1}{2}$  Frc., d. i. 1000 Pfd. preufs. mit 63 $\frac{1}{2}$  Rthlr.

Der Bau wurde am 14. November 1828 begonnen, am 21. August 1831 die vorgeschriebene Probe mit demselben vorgenommen, und die Brücke demnächst dem Verkehr eröffnet.

Die Kettenbrücke über den South-Esk-Flufs bei Montrose.

Ueber den South-Esk-Flufs, welcher bei Montrose auf der Ostküste von Schottland in die Nordsee ausmündet, führte sonst eine hölzerne, im Jahre 1792 erbaute Brücke mit mehreren Oeffnungen. Durch die Wirkung der Ebbe und Fluth wurden jedoch die Jochpfähle losgerissen, und man sah sich genöthigt, 1823 an eine Erneuerung der Brücke zu denken. Für diese machte George Buchanan <sup>74)</sup> einen Entwurf, im Wesentlichen im Folgenden bestehend:

Die Brücke sollte aus einer Oeffnung von 420 Fufs Sehne mit über 60 Fufs Pfeilhöhe, d. i. etwa  $\frac{1}{7}$  der Sehne, gebildet werden. Buchanan ging also auf das von Finlay früher angenommene Verhältnifs (dafs die Spannung der Aufhängepunkte etwa dem Gewicht der Construction gleich sei) zurück, und zwar deshalb, weil er annahm, dafs mit der Verminderung der Spannung in den Ketten eine Kostenersparnifs verbunden sei. Er übersah jedoch die durch eine schlaffe Spannung der Ketten bewirkte grofse Beweglichkeit der Bahn, welche bei der Nähe des Standortes der Brücke an der Seeküste wegen der Stürme hier um so schädlicher werden mußte. — Auf jeder Seite der Brücke sollte eine zusammengesetzte Kette, aus 36 einzelnen parallel nebeneinander liegenden Ketten bestehend, so dafs sie ein geschlossenes Quadrat von 16 Zoll Höhe und Breite bildeten, aufgehängt werden. Jede dieser einzelnen Ketten sollte aus Gliedern von 15 Fufs Länge und  $1\frac{1}{2}$  Zoll Durchmesser mit aufgestauchten runden Köpfen von 2 Zoll Durchmesser und  $1\frac{1}{2}$  Zoll Länge bestehen; zur Verbindung derselben sollten gusseiserne, aus 2 Hälften zusammengesetzte und mit schmiedeeisernen Bändern gebundene Hülsen von 4 Zoll Durchmesser und  $1\frac{1}{4}$  Fufs Länge, genau auf die Ansätze der Glieder passend, verwendet werden. Der ganze Querschnitt der Ketten wurde auf 127 □ Zoll engl. = 119,8 □ Zoll preufs. berechnet, und wollte man die Probe derselben mit 8 bis 10 Tons auf den □ Zoll anstellen. — Zwei obeliskenförmige Tragpfeiler von 50 Fufs Höhe, unten 9 Fufs und oben 4 Fufs im Quadrat haltend, sollten an jedem Ende der Brücke auf würfelförmigen Piedestals errichtet werden, und zwar wurden dieselben als aus gusseisernen,  $\frac{1}{2}$  Zoll starken Platten zusammengebolzt gedacht, deren hohle Zwischenräume man mit Mauerwerk auszufüllen beabsichtigte. Die über die Tragpfeiler hinweggeführten Ketten sollten in dem Terrain gegen an dem hölzernen Grundwerk angebrachte gusseiserne Vorlegestücke befestigt werden. Der Brückenbahn wurden nach dem Plan zwischen den Geländern 28 Fufs Breite gegeben, wovon 20 Fufs auf den Fahrweg und 8 Fufs auf 2 Fufssteige gerechnet sind; oberhalb gedachte man dieselbe mit einer 4 bis 6 Zoll starken, auf gusseisernen halbzölligen Platten ruhenden Kiesdecke zu versehen. Diese Platten sollten in 5 Fufs Entfernung voneinander auf schmiedeeisernen Querträgern zu liegen kommen, deren Köpfe mit schmiedeeisernen Blechen verblendet und verbunden werden; auch wurde noch auf dem einen Ende der Brücke eine Aufziehklappe zum Durchlassen der Schiffe projectirt. — Für die Tragstangen, zwei zu jeder Seite der Brücke, und 5 Fufs nach der Länge derselben voneinander entfernt, waren  $\frac{3}{4}$  Zoll Durchmesser bestimmt, und sollten sie die Ketten an den Stellen der Kuppelung umfassen, unter sich selbst jedoch noch durch horizontale Querstäbe verbunden werden, um mit denselben gleichsam ein Netz zu bilden. Das Gewicht der Brückenbahn nebst Tragstangen wird zu 180 Tons, das der Kiesdecke zu 220 Tons, das der Ketten

zu 100 Tons und die angenommene Maximalbelastung zu 470 Tons angegeben; hiernach würde der engl. □ Zoll Kettenquerschnitt, da bei  $\frac{1}{7}$  der Sehne als Pfeilhöhe die Spannung im Aufhängepunkte = 1,008 mal das Gewicht der Construction beträgt, im Maximo mit  $\frac{1,008 \times 970}{127} = 7,7$  Tons = 17250 Pfd. engl., d. i. 1 □ Zoll preufs. mit 17740 Pfd. preufs. in Anspruch genommen, wobei die extraordinäre Belastung pro □ Fufs Brückenbahn zu  $\frac{470 \times 2240}{490 \times 28} = 91,97$  Pfd. engl., d. i. der □ Fufs preufs. zu 94,6 Pfd. preufs. angenommen ist. Die Belastung der Ketten durch die Construction allein beträgt  $\frac{500 \times 1,08}{127} = 3,97$  Tons = 8993 Pfd. engl. auf den □ Zoll engl., d. i. 9248 Pfd. preufs. auf den □ Zoll preufs. Das eigene Gewicht der Construction beläuft sich für den □ Fufs engl. auf  $\frac{280 \times 2240}{409 \times 28} = 54,77$  Pfd. engl., und mit Einschlufs der Kiesdecke auf  $\frac{500 \times 2240}{409 \times 28} = 97,8$  Pfd. engl. für den □ Fufs engl., d. i. 100,5 Pfd. preufs. pro □ Fufs preufs. Die Tragstangen werden im Maximo auf den □ Zoll engl. mit 6198 Pfd. engl., d. i. auf den □ Zoll preufs. mit 6374 Pfd. preufs., und durch die Construction mit 1348 Pfd. engl., d. i. 1386 Pfd. preufs. in Anspruch genommen.

Was die gewählten Constructionen betrifft, so ist deren Aehnlichkeit mit denen von Finlay, Telford und Brown in einzelnen Theilen zwar augenfällig, die starke Pfeilhöhe, so wie die Verbindung der Glieder durch gusseiserne Hülsen aber wegen der Sprödigkeit des Gufseisens nicht empfehlenswerth. Für den geringen Durchmesser ( $1\frac{1}{2}$  Zoll) des Schmiedeeisens zu den Ketten machte Buchanan zwar geltend, dafs dergleichen Eisen bei der Fabrikation leichter zu handhaben, zu heben und zu verarbeiten sei, auch die fertigen Glieder besser zusammengesetzt werden könnten, so wie sich überhaupt die Kosten geringer stellten; indessen dürften die gröfsern Verbindungsstücke jene Vortheile wohl so ziemlich aufheben. — Als neu für die Zeit des Entwurfs (1823) erscheinen die Construction der Fahrbahn aus Gufseisen, das Beschütten derselben mit einer Kiesdecke, das Netz der Tragstangen und die Zusammensetzung der Tragpfeiler aus gusseisernen Platten; und diese Aenderungen sind gewifs in manchen Beziehungen anzuerkennen, wenngleich es dabei noch sehr auf die Art der Ausführung im Detail ankommt.

Buchanan's Project, jedoch mit vielen Abänderungen, wurde von Samuel Brown <sup>75)</sup> in der Zeit vom September 1828 bis December 1829 für eine Summe von 18510 Pfd. Sterl. = 123400 Rthlr. preufs., wovon 9430 Pfd. Sterl. = 62966 Rthlr. auf das Eisenwerk kommen, zur Ausführung gebracht. Dabei wurden jedoch die beiden alten Landpfeiler für die neue Brücke benutzt. — Die Abmessungen der Ausführung sind:

|  | engl. Fufs. | preufs. Fufs. |
|--|-------------|---------------|
| Entfernung der Tragpfeiler von Mittel zu Mittel . . . . .          | 432         | 419,1         |
| Pfeilhöhe der Ketten ( $\frac{1}{10,3}$ der Sehne)                 | 42          | 40,7          |
| Länge der Fahrbahn . . . . .                                       | 412         | 399,6         |
| Breite derselben . . . . .   | 26          | 25,2          |
| Höhe über dem niedrigsten Wasserstande . . . . .                   | 21          | 20,4          |
| Höhe der aus Sandsteinen erbauten Pfeiler über demselben . . . . . | 68          | 66,0          |
| Basis derselben in der Höhe der Fahrbahn . . . . .                 | 40×20       | 38,8×19,4     |
| Durchfahrten durch die Pfeiler; Weite                              | 16          | 15,5          |

<sup>74)</sup> Edinburgh phil. Journ. Vol. XI. S. 140, 267, 1824.  
Verh. d. Chem. Ver. f. Pr. 1826. S. 90.  
Drewry, on susp. bridg. S. 136.

<sup>75)</sup> The civ. eng. and arch. Journ. 1841. S. 355. — Bericht von Rendel. —

Es sind zwei Hauptketten auf jeder Seite der Brücke, die eine 12 Zoll über der andern, aufgehängt. Jede Kette besteht aus 4 Gliedern von 5 Zoll Breite, 1 Zoll Dicke und 10 Fufs Länge, welche durch kurze Kuppelglieder mit starken Bolzen verbunden sind. Der Querschnitt sämtlicher Ketten beträgt 80 □ Zoll engl. = 75,44 □ Zoll preufs. Die Tragstangen aus 1¼ zölligem Rundeisen sind in Entfernungen von 5 Fufs abwechselnd an dem obern und untern Kettenstrange angebracht, und tragen mit ihren unteren Enden gufseiserne Träger. Auf diese ist der Länge nach ein kieferner Bohlenbelag von 3 Zoll Stärke festgeboltzt, darüber quer ein eben solcher Belag, doch nur 1¼ Zoll stark, genagelt, und die ganze Bahn mit einer 1 Zoll dicken Decke aus feinem Kies, Sand und Steinkohlentheer belegt. Die Tragstangen sind aus einem Stücke und ohne Gliederung; die Tragketten ruhen in den Pfeilern auf gufseisernen Sätteln, und sind mit ihren Enden im Mauerwerk der Widerlagpfeiler gegen gufseiserne Platten befestigt.

Nach der Angabe von Rendel wiegt die Brückenbahn mit Einschluss der Tragstangen und der Kiesdecke = 203,45 Tons, das Gewicht der Ketten ist anzuschlagen auf 80 -  
zusammen 283,45 Tons,

woraus bei  $\frac{1}{10,3}$  der Sehne als Pfeilhöhe eine Spannung von  $1,375 \times 283,45 = 389,74$  Tons entsteht. Bei 80 □ Zoll Querschnitt der Ketten werden diese somit durch die Construction mit  $\frac{389,74}{80} = 4,872$  Tons = 10913 Pfd. engl. auf den □ Zoll

engl., d. i. 11222 Pfd. preufs. auf den □ Zoll preufs. belastet. Rechnet man die größte zulässige Spannung der Ketten zu 9 Tons auf den □ Zoll, so beträgt diese für 80 □ Zoll = 720 Tons, es bleiben mithin für die extraordinaire Spannung  $720 - 389,74$  Tons, welcher eine Belastung der Brückenbahn von  $\frac{330}{1,375} = 240$  Tons entspricht, so dass auf den □ Fufs engl.

der Brückenbahn  $\frac{240 \times 2240}{412 \times 26} = 50$  Pfd. engl., d. i. auf den

□ Fufs preufs. 51,4 Pfd. preufs. kommen. — Die Tragstangen, deren 2 von 1¼ Zoll Durchmesser eine Länge der Brückenbahn von 5 Fufs tragen, werden durch die Construction auf den □ Zoll engl. mit  $\frac{203,45 \times 5}{412 \times 2,4542} \times 2240 = 2254$  Pfd. engl.,

d. i. auf den □ Zoll preufs. mit 2318 Pfd. preufs. belastet; durch die Maximalbelastung von 50 Pfd. auf den □ Fufs Brückenbahn jedoch mit 4910 Pfd. engl. pro □ Zoll engl., d. i. 5050 Pfd. preufs. pro □ Zoll preufs. Das Gewicht eines engl. □ Fusses der Brückenbahn beträgt  $\frac{203,45 \times 2240}{412 \times 26} = 42,5$  Pfd. engl., d. i. der □ Fufs preufs. = 43,7 Pfd. preufs.

Am 19. März 1840, als sich etwa 700 Personen als Zuschauer einer Wettfahrt von Böten auf der Brücke versammelt hatten, und diese sich plötzlich von einer Langseite derselben auf die andere bewegten, gab eine der Hauptketten nach, wodurch eine beträchtliche Anzahl von Menschen verunglückte. Der Schaden der Brücke wurde zwar bald wieder hergestellt, doch eine sorgfältige Untersuchung des ganzen Bauwerkes angeordnet, wobei sich ergab, dass die langen gekrümmten Glieder auf den Sätteln sich verbogen hatten, und zum Theil zerrissen waren. Telford, welcher hierbei zu Rathe gezogen wurde, schlug vor, noch 2 andere Ketten von derselben Krümmung, wie die bereits vorhandenen, über den letztern anzubringen, und den Querschnitt von 80 □ Zoll auf 120 □ Zoll zu erhöhen. Da jedoch Telford um jene Zeit starb, so wurde der Ingenieur Rendel damit beauftragt, nochmals genau über den Zustand der Brücke zu berichten, und zugleich die nöthigen Abänderungen und Verstärkungen in Erwägung zu ziehen. In Betreff der Nothwendigkeit der letz-

tern stimmte er zwar mit Telford's Ansichten völlig überein, nur hielt er für gerathener, statt die Zahl der Ketten zu vermehren, in jedem Strange zwei Glieder zuzusetzen, weil es wünschenswerth sei, so wenig Ketten als möglich anzubringen. Es zeigte sich nun auch, dass die Ketten sehr wenig accurat gearbeitet waren; beim Hinablassen verdrehten sie sich, woraus folgt, dass die Glieder kein genaues Auflager auf den Bolzen gehabt haben können; beim Auseinandernehmen fanden sich, augenscheinlich in Folge der Reibung der Glieder, viele Kuppelbolzen verbogen, einige sogar eingeschnitten. Ausser den hierdurch erforderlichen Abänderungen mussten nun neue Sättel von besserer und stärkerer Form eingesetzt, und die auf denselben ruhenden Glieder aus kürzeren Stücken zusammengestellt werden; eine Verstärkung des Mauerwerks für die Befestigung der Ketten erschien ebenfalls anrathlich. In den Jahren 1835 bis 1838 wurden alle Hauptänderungen mit geringen Abweichungen zur Ausführung gebracht. In Rendel's Bericht wurde noch erwähnt, welche Fehler überhaupt sich in der Construction der Fahrbahn sonst vorfänden, doch die Abhülfe derselben, da sie mit der Beschädigung der Brücke nicht in unmittelbarem Zusammenhange standen, augenblicklich nicht als dringend erachtet. Insbesondere machte Rendel darauf aufmerksam, dass bei dem ängstlichen Streben mancher Theoretiker und Praktiker, eine nur möglichst leichte Fahrbahn zu erzielen, der Umstand übersehen werde, dass, wenn Leichtigkeit zugleich Biegsamkeit, folglich Bewegung im Gefolge habe, das Trägheitsmoment mit zur Wirkung komme, und die gewöhnliche Berechnung unsicher mache.

Wenn Telford und Rendel eine Verstärkung der Ketten für nothwendig erkannten, so kann diese nicht direct auf die Vergrößerung des Kettenquerschnitts bezogen werden, wie denn auch aus der vorangeschickten Berechnung hervorgeht, dass die gewöhnliche Maximalbelastung von 9 Tons auf den □ Zoll nicht überschritten worden, auch die Belastung von 5 Tons durch die Construction eingehalten worden ist. Die Vergrößerung des Kettenquerschnittes war vielmehr nur durch die ungenaue Ausführung, und der größten Wahrscheinlichkeit nach durch die zu geringe Stärke der Kuppelbolzen, deren Durchmesser nicht angegeben, bedingt, folglich durch die zu kleine Auflagefläche der Glieder auf den Bolzen in den Augen, wovon allerdings eine Schwächung derselben in diesen Punkten untrennbar ist \*). Durch die 700 Personen, deren Gewicht à 1½ Ctr. etwa auf 52 Tons anzuschlagen ist, war die aus einer zulässigen Belastung von 50 Pfd. auf den □ Fufs Brückenbahn entspringende Maximalbelastung von 240 Tons nur etwa zum fünften Theile erreicht. Nach der Verstärkung auf 120 □ Zoll engl. = 113,16 Zoll preufs. Kettenquerschnitt kommen auf den □ Zoll engl. 8300 Pfd. engl., d. i. 8535 Pfd. preufs. auf den □ Zoll preufs.; und die Brückenbahn dürfte auf den □ Fufs engl. mit 114 Pfd. engl., d. i. 117,3 Pfd. preufs. auf den □ Fufs preufs. belastet werden, welcher letztere Betrag den betreffenden bei der Menai-Brücke allerdings noch übertrifft.

Am 11. October 1838 wurde die Brückenbahn durch einen Sturm, über dessen Wirkung der Col. Royal Eng. Pasley <sup>76)</sup> Be-

\*) Rendel sprach sich, als über die in Rede stehende Brücke in der Versammlung der engl. Civ. Ingenieure am 27. April 1841 verhandelt wurde, gegen den kreisförmigen Querschnitt der Kuppelbolzen für den elliptischen aus; es ist aber einleuchtend, dass bei gleichem Querschnitt ein elliptischer Bolzen dem Verbiegen einen größeren, dem Eindringen aber einen geringeren Widerstand entgegenzusetzen vermag. Sich für die eine oder andere Form im Allgemeinen zu entscheiden, würde daher einseitig sein, vielmehr muss man in besondern Fällen die Form beiderlei Einwirkungen anpassen; im Uebrigen haben die elliptischen Bolzen den Nachtheil, dass sie sich nicht drehen können, worunter, besonders beim Aufziehen, die Flexibilität der Kette leidet.

<sup>76)</sup> Transactions of the institution of civil engineers. Vol. III. p. 219. London, 1840. —

richt erstattete, theilweise zerstört. Er fand Ketten, Sättel und Wurzelbefestigungen der erstern unverletzt, dagegen den mittlern Theil der Bahn ganz weggerissen und den übrigen mehr oder minder beschädigt. Ueber die während des Sturmes beobachtete wellenförmige Bewegung der Brücke bemerkt er, daß diese am größten in demjenigen Punkte gewesen, welcher in  $\frac{1}{4}$  der ganzen Länge von den Tragfeilern liege; daß die Schwankungen der Bahn nicht mit denen der Ketten zusammengefallen, so wenig der Größe als der Reihenfolge nach. Eine oscillirende Bewegung hatte man, trotz besonderer Beobachtung, weder an der Bahn noch an den Ketten bemerkt. Es scheint, daß der mittlere Theil der Bahn in einem Stücke herabstürzte. Dies schreibt der Berichtstatter der Fehlerhaftigkeit der Tragstangen zu, welche, da sie keine Gliederung hatten, dicht oberhalb des Brückenbelages durch die Bewegung abgedreht wurden, wie dasselbe auch von Provis bei der Menai-Brücke beobachtet worden war. Er hält die größte Steifigkeit der Bahn, so daß dadurch die Wirkung einer, gleichviel ob ruhenden oder bewegten Last auf eine möglichst große Länge vertheilt wird, für sehr wichtig, und zieht bei großen, dem Winde nach allen Richtungen preisgegebenen Brücken eine der Form nach in sich solide Construction der Verstärkung durch von einigen Technikern vorgeschlagene und ausgeführte Gegenketten vor. Von diesem Gesichtspunkte aus entscheidet er sich für eine solche Construction der Brückenbahn, welche, obgleich steif nach allen Richtungen, dennoch einfach, aus möglichst wenigen Bestandtheilen zusammengesetzt, und leicht zu erneuern ist, welche ferner ihr Gewicht gleichförmig über die Ketten vertheilt, keine Veränderungen durch den Temperaturwechsel erleidet, und das Gewicht der gewöhnlichen Brückenbahnen nicht überschreitet.

Nach diesen Grundsätzen führte Rendel<sup>77)</sup> die Reparatur der beschädigten Brücke im Sommer 1840 aus, welche sich auf die nachfolgend angegebenen Constructionstheile ausdehnte. Ein ganz neuer Satz stärkerer Tragstangen wurde eingelegt; sie wurden bis zu dem Gelenke unmittelbar über der Bahn  $1\frac{1}{2}$  Zoll im Durchmesser, und unter demselben  $1\frac{3}{4}$  Zoll stark gemacht, und an den unteren Enden starke Gewinde zum Adjustiren der Höhenlage der Bahn angeschnitten. Anstatt der gußeisernen Querträger brachte man hölzerne an, zusammengebolzt aus 2 Bohlen von 13 Zoll Höhe und  $3\frac{1}{2}$  Zoll Stärke, und mit einem Anker aus  $1\frac{1}{2}$  zölligem Rund-eisen armirt. Jeder sechste Träger erhielt an der unteren Seite noch eine besonders starke Armirung. Ueber und unter den Querträgern zu beiden Seiten der Fahrbahn wurden zwei Langhölzer festgebolzt, die man in 10 füsigen Entfernungen mittelst gußeiserner Büchsen zusammenstoßen, und mit den Enden im Mauerwerk der Landpfeiler befestigen liefs. Auch erhielten die genannten Träger noch eine Längenverbindung durch  $11'' \times 6''$  starke Langschweller, welche auf den Enden derselben festgeschraubt wurden.

Die Fußwege belegte man mit einer Decke aus schmalen Bohlen von 2 Zoll Stärke, festgenagelt auf einem der innern und dem äußern Langbalken, mit einem Gefälle nach Außen von  $1\frac{1}{2}$  Zoll auf 5 Fuß Länge. Die Fahrbahn ward aus 4 kiefern dicken Bohlen gebildet; die beiden unteren Lagen, jede 2 Zoll stark, kamen in diagonaler Richtung gegen die Querträger kreuzweis zu liegen; die dritte, ebenfalls von 2 Zoll Dicke, wurde nach der Länge der Brücke gestreckt, worauf man dann die vierte Lage aus gespaltenen  $\frac{1}{2}$  zölligen schmalen Latten festnagelte. Jede Lage wurde gefugt und kalfatert, die obere außerdem in ein Gemenge von Pech und Theer gelagert, und mit einer 1 Zoll starken Decke aus fei-

nem Kies, Sand und Steinkohlentheer versehen. Zur größeren Absteifung der Brückenbahn errichtete man auf den Langbalken neben dem Fahrwege Parapets von  $3\frac{1}{2}$  Fuß Höhe sowohl oberhalb als unterhalb der Bahn, deren Streben in gußeisernen Schuhe gestellt und mit schmiedeeisernen Zugstangen versehen waren. Das ganze Gewicht der neuen Brückenbahn, ausschließlich der Tragstangen und der Kiesdecke, belief sich auf 226,85 Tons, wonach auf den Fuß engl. 47,5 Pfd. kommen, und die Kosten derselben betragen 4026 Pfd. Sterl. = 26840 preufs. Thaler.

Untersuchen wir nun noch die Größe der Spannungen, welchen die Ketten und Tragstangen nach der Erneuerung der Brückenbahn ausgesetzt sind. Die Spannung der Ketten, welche aus dem Gewicht der Construction der Bahn und Ketten =  $226,85 + 120 = 346,85$  Tons entspringt, ist =  $1,375 \times 346,85 = 477$  Tons, mithin bei 120 □Zoll Kettenquerschnitt  $3,975$  Tons = 8900 Pfd. engl. auf den □Zoll engl., d. i. 9152 Pfd. preufs. auf den □Zoll preufs. Bei 9 Tons als Maximalspannung auf den □Zoll Kettenquerschnitt bleiben für die extraordinaire Belastung der Brückenbahn 339,65 Tons, d. i. 71,02 Pfd. engl. auf den □Fuß engl., oder 73 Pfd. preufs. auf den □Fuß preufs. der Brückenbahn. Die Tragstangen von  $1\frac{1}{2}$  Zoll Durchmesser werden durch die Construction mit 1487 Pfd. engl. auf den □Zoll engl. = 1529 Pfd. preufs. auf den □Zoll preufs., durch die angegebene Maximalbelastung mit 3713 Pfd. engl. auf den □Zoll engl. oder 3818 Pfd. preufs. auf den □Zoll preufs. in Anspruch genommen.

Die Brückenbahn zeichnet sich durch eine große Steifigkeit bei gleichzeitig nur mäßigem Gewicht aus. Sie hat sich seit dem Jahre 1840 bei heftigen Stürmen vorzüglich bewährt, und ihre Construction dürfte für solche Fälle, wo große Belastungen Einbiegungen mit sich zu führen pflegen, vor Allem zu empfehlen sein. Es wurde von den Mitgliedern der *Institution of civil engineers* im Jahre 1841 anerkannt, daß bis dahin noch keine der in England ausgeführten Brücken eine solche Steifigkeit besitze. Insbesondere sprach sich Mr. Vignoles dahin aus, daß bei Einführung so starker Strebewände, wie bei der in Rede stehenden Brücke, es keine Schwierigkeit mehr habe, die für den Uebergang von Locomotiven und Eisenbahn-Lastwagen erforderliche Steifigkeit vollständig zu erreichen, welcher Ansicht Rendel ebenfalls beistimmte.

#### Kettenbrücken in Petersburg.

In Rußland kommen durch französischen Einfluß Kettenbrücken schon früh zur Ausführung. Der Kaiser Alexander<sup>78)</sup> hatte bereits zu Anfang dieses Jahrhunderts in Petersburg ein Institut für die Bildung von Straßens- und Brückenbau-Ingenieuren gegründet, und aus Paris Eleven der polytechnischen Schule zu Lehrern berufen, welche eine beständige Verbindung mit ihren Collegen im Vaterlande unterhielten. Die Generalmajors Fabre, Bazaine, Potier und der Oberst Destrem waren es, welche die theoretischen Entwicklungen und praktischen Erfahrungen Frankreichs im Felde des Ingenieurwesens nach dem Norden Rußlands zuerst verpflanzten und hier, sie den Verhältnissen anpassend, unter der Protection des Herzogs Alexander von Württemberg weiter ausbildeten. Ihnen folgten bald noch mehrere andere französische Ingenieure. Schon im Jahre 1823 entwarf der Ingenieur-Oberst G. de Traitteur<sup>79)</sup> fünf Kettenbrücken zur Verbindung der von

<sup>78)</sup> Journ. du génie civil. Tom. V, p. 225. Notice sur les travaux des ingénieurs de Russie.

<sup>79)</sup> Description des ponts en chaînes, exécutés à St. Petersburg sous la direction de son Altesse Royale le Duc de Wurtemberg en 1824, par G. de Traitteur. St. Petersburg. 1825.

v. Wiebeking, architecture civile. Tome VII, p. 157. Munich. 1831.

<sup>77)</sup> The civ. eng. and arch. Journ. 1841, S. 356.

Canälen durchschnittenen Stadttheile Petersburgs, nämlich zwei Brücken über die Fontanka, beide für Fuhrwerk, die eine zwischen der Siméonof- und Pratcheshnoybrücke, die andere zwischen der Kalinkine- und Ismailofbrücke; eine ferner für Fußgänger über die Moika, zwischen der blauen und Potzelouefbrücke; und zwei Fußbrücken endlich über den Catharinen-canal, nämlich eine zwischen der Karlamof- und Vosnessenskybrücke, die andere zwischen der steinernen und der Kasanbrücke. Zwei davon, für welche eine große Anzahl Versuche mit russischem Schmiedeeisen \*) gemacht wurde, kamen im Jahre 1824 zur Ausführung, und zwar:

1) Die Panteleimonsbrücke über die Fontanka, zwischen der Siméonof- und Pratcheshnoybrücke belegen. Sie besteht aus einer Oeffnung von  $17\frac{1}{2}$  Sashénen \*\*) = 121,5 russ. Fuß = 117,17 preufs. Fuß l. Weite, mit etwa  $\frac{1}{10}$  der 140,8 russ. = 136,6 Fuß preufs. betragenden Sehne als Pfeilhöhe. Die Brückenbahn wird durch 5 Reihen Ketten in 2 Fahrwege à 12,5 russ. = 12,125 Fuß preufs., welche in der Mitte nebeneinander liegen, und in zwei Fußwege außerhalb derselben à 5 russ. = 4,85 Fuß preufs. Breite getheilt. Die Tragketten ruhen mittelst gebogener Glieder auf convexen Sätteln der 23 russ. hohen gusseisernen und mit Schmiedeeisen armirten Portale, welche auf steinernen, in die Fontanka einspringenden Pfeilern errichtet sind; diese aus Granit construirten Pfeiler bilden zugleich die Widerlagen für die Rückhaltketten, welche bis zu den quer vor der Brücke vorbeiführenden Straßen reichen. Jede der fünf Tragkettenreihen besteht aus zwei Gliedern nebeneinander, welche  $1\frac{7}{8}$  Zoll russ. = 1,82 Zoll preufs. im Durchmesser, und an den Enden eingebogene und zusammengeschweifste Augen haben. Die Hauptglieder von etwa  $4\frac{1}{2}$  russ. = 4,625 Fuß preufs. Länge wechseln mit ringförmigen Kuppelgliedern von 6 Zoll russ. = 5,82 Zoll preufs. Länge aus Quadrateisen von 1 Zoll russ. = 0,97 Zoll preufs. Stärke, welche durch Bolzen von 2 Zoll russ. = 1,94 Zoll preufs. verbunden sind. Die Rückhaltketten, haben eine stärkere Neigung gegen den Horizont, als die Tragketten, bestehen aus Gliedern von zweizölligem Quadrateisen, und sind mit ihren Enden gegen gusseiserne Platten in dem Widerlagsmauerwerk befestigt. Sie haben einen Gesamtquerschnitt von 40 □Zoll russ., während die Tragketten nur 27,58 □Zoll russ. halten. — Auf jeder Kuppelung der Hauptglieder ruht ein gusseiserner Sattel, in welchem eine Tragstange angebracht ist; die letzteren haben bei 1 Zoll Durchmesser, damit sie sich senkrecht stellen können, am obern Ende Gewinde mit halbkugelförmigen Muttern, welche letztere in Vertiefungen gleicher Form an den für die Tragstangen durchlochten Sätteln ruhen. Die Tragstangen endigen unten in Gabeln von 3 Zoll Breite und 1 Zoll Dicke. In den mittleren Tragketten sind Ausgleichungsglieder für die Länge angebracht.

Die Tragstangen, deren fünf nach der Breite der Brücke in demselben Querschnitt vorhanden sind, umfassen mit ihren Gabeln schmiedeeiserne Schienen, welche nach der Länge der Brücke laufen. Auf diesen ruhen in 5 bis 6 Fuß Entfernung die  $12'' \times 9''$  starken kiefernen Querträger mit einem doppelten Bohlenbelage, wovon der untere nach der Länge der Brücke gelegt ist. Die sämtlichen Querträger sind mit ihren Stirnenden in Langbalken verzapft, welche letztere mit ihren Köpfen im Mauerwerk der Landpfeiler befestigt sind; um die

Brückenbahn steifer zu machen, sind ihrer Länge nach neben den Fahrwegen 4 Spurbalken von  $13'' \times 9''$  Stärke festgebolzt. Die Brückenbahn steigt von den Landpfeilern nach der Mitte zu in einer sanften Curve.

Die Ausführung der Brücke geschah unter Leitung des Lieutenant Christianowich; alles Eisenwerk wurde in der Anstalt von Baird angefertigt. Die Kettenglieder wurden aus dünnen Eisenstangen von  $\frac{1}{8}$  Zoll im Quadrat zusammengeschweifst. Man fand, daß das sibirische Eisen in den genannten dünnen Stangen auf den □Zoll engl. 22 bis 24 Tons bis zum Zerreißen trug, und 14 bis 16 Tons aushielt, ohne sich permanent zu verlängern. Mit Rücksicht hierauf probirte man die Kettenglieder mit 12 Tons auf den □Zoll engl., d. i. 27637 Pfd. auf den □Zoll preufs., zu welchem Zwecke eine von General Betancourt entworfene Maschine (Siderometer) mit hydraulischen Pressen angewendet wurde. Die Rückhaltketten, soweit sie im Mauerwerk liegen, wurden zur bessern Conservation mit einer Mischung aus Oel und Ziegelmehl eingerieben, und hierauf mit einem fettigen Firniß aus Seife, Wachs und Leinöl überzogen. Man bewickelte sie demnächst mit einer Flanelllage, die vorher mit dem zuletzt erwähnten Firniß getränkt worden, und füllte den Raum zwischen Ketten und Mauerwerk mit Wachs aus. Alle übrigen Eisentheile wurden auf dieselbe Weise behandelt, und mit einer dünnen Decke aus einfachem Firniß und glänzendem Lack überzogen. Die hölzernen Träger wurden getheert, und der untere Bohlenbelag getheert und kalfatert.

Die Kosten der Brücke belaufen sich auf 161260 (Papier-?) Rubel = 48378 preufs. Rthlr., wonach (bei 117,17 Fuß preufs. Länge und 33,95 preufs. Fuß Breite = 3888 □Fuß Brückenbahn) der preufs. □Fuß 12,44 preufs. Rthlr. kostet. Gufseisen zu den Portalen etc. wurde mit 8 Rubel pro Pud (1 Ctr preufs. mit  $7\frac{1}{2}$  Rthlr. preufs.), Schmiedeeisen zu den Ketten, Tragstangen, excl. Kosten des Probirens, mit 18 Rubel pro Pud (1 Ctr. preufs. mit 15,54 Rthlr. preufs.) bezahlt.

Das Gewicht der Tragketten betrug . . . . . 735,4 Puds = 234,15 Ctr. preufs.

Das Gewicht der Tragstangen, Brückenbahn etc. . 4271,4 „ = 1359,99 „ „  
Summa 5006,8 Puds = 1594,14 Ctr. preufs.

Der □Fuß Brückenbahn excl. Ketten wiegt:

$$\frac{1359,99 \times 110}{3880} = 38,56 \text{ Pfd. preufs.},$$

desgleichen incl. Ketten:

$$\frac{1594,14 \times 110}{3880} = 48,03 \text{ Pfd. preufs.}$$

Die Sehne der Kettencurve beträgt 140,8 russ. Fuß, der Pfeil  $13\frac{5}{8}$  russ. Fuß, d. i.  $\frac{1}{10,18}$  der Sehne, woraus eine Spannung in den Ketten = dem 1,367fachen aufgehängten Gewichte erfolgt. Somit ist die Spannung der Ketten durch die Construction  $1594,14 \times 1,367 = 2316,2$  Ctr., und da der Kettenquerschnitt 27,58 □Zoll russ. = 26,011 □Zoll preufs. beträgt, die Spannung pro □Zoll preufs. = 9795 Pfd. preufs. Die größte extraordinaire Belastung ist dadurch bestimmt, daß ein Mensch à 3 Puds 3 russ. □Fuß einnimmt, wonach auf den preufs. □Fuß 33 Pfd. preufs. und auf die ganze Brückenbahn 1166,4 Ctr. kommen. Die größte Spannung in den Ketten kann mithin  $1,367 (1594,14 + 1166,4) = 3773,6$  Ctr. und auf den □Zoll Kettenquerschnitt 16000 Pfd. preufs. betragen. Es werden mithin die Ketten im Maximo verhältnißmäßig nicht stark belastet. Andere Brücken sind auf den □Zoll engl. mit 9 Tons, d. i. der □Zoll preufs. mit 20728 Pfd. preufs. belastet; dieser Annahme würde eine extraordinaire Belastung von 53,5 Pfd. preufs. auf den □Fuß preufs. der Brückenbahn

v. Wiebeking, Memoire sur des ponts suspendus construits dans le dernier temps en Angleterre et en Russie. Munich. 1832.

\*) Ueber diese Versuche siehe Journ. du genie civil etc.

\*\*) 1 Sashén = 7 russ. Fuß. — 1 russ. Fuß = 0,97 preufs. Fuß.  
1 Pud = 40 russ. Pfd. = 0,3184 preufs. Ctr. = 35,024 preufs. Pfd.  
1 russ. Pfd. = 0,87635 preufs. Pfd.  
1 (Silber-)Rubel =  $1\frac{1}{2}$  Thlr. preufs. — 1 (Papier-)Rubel = 9 Sgr.

entsprechen, und wenn auch bei dem Project nur das geringe Maafs von 33 Pfd. angenommen ist, so stellt sich, eben weil die Maximalspannung zugleich nur zu 16000 Pfd. auf den □Zoll berechnet worden, die Brücke, obgleich schwächer als manche englische, dennoch stärker als die französischen heraus. — Die Tragstangen, 135 an der Zahl, haben bei 1 Zoll russ. Durchmesser einen Querschnitt von 106,03 Zoll russ. = 100 □Zoll preufs. Sie tragen eine Last der Brückenbahn von 4138,8 Puds = 1317,8 preufs. Ctr., so dafs also der □Zoll Querschnitt mit 13,178 Ctr. = 1450 Pfd. durch die Construction belastet wird. Bei 33 Pfd. preufs. pro □Fufs preufs. extraordinaire Belastung der Brückenbahn kommen auf 100 □Zoll Tragstangen-Querschnitt 1317,8 + 1166,4 = 2484,2 Ctr., und auf 1 □Zoll preufs. = 24,842 Ctr. = 2733 Pfd. preufs. Rechnet man dagegen 53,5 Pfd. auf den □Fufs Brückenbahn, so beträgt die extraordinaire Belastung der letztern 1891,2 Ctr. preufs., und die Maximalbelastung der Tragstangen (1317,8 + 1891,2) = 3209 Ctr., was auf den □Zoll Tragstangen-Querschnitt 32,09 Ctr. = 3241 Pfd. preufs. ausmacht.

2) Die Fufsbrücke über die Moïka, zwischen der blauen und Potzelouefbrücke belegen, Postbrücke genannt.

Dieselbe hat ihrer Lage nach die Eigenthümlichkeit, dafs die quer vorbeiführenden Strafsen Raum für lange Rückhaltketten nicht darbieten. Aus diesem Grunde, und um die Vibrationen, denen freie lange Rückhaltketten ausgesetzt sind, zu vermeiden, sind die letztern über gufseiserne Quadranten, welche sich an die ebenfalls gufseisernen Tragpfeiler anlehnen, hinweg, und demnächst senkrecht in das Widerlagsmauerwerk hinabgeführt, wo sie gegen gufseiserne Vorlageplatten befestigt worden. Die Brücke besteht aus einer Oeffnung von 114 Fufs 11 Zoll russ. = 111,47 Fufs preufs. bei etwa 119 Fufs russ. = 115,5 Fufs preufs. Curvenschne, und  $\frac{1}{18}$  der letztern als Pfeilhöhe. Sie wird von 4 Tragketten, wovon zu jeder Seite der Bahn zwei nebeneinander liegen, getragen; die Ketten reichen im Scheitel bis auf die Brückenbahn hinab, welche von den Pfeilern nach der Mitte zu etwas ansteigt. Die Hauptglieder sind aus  $1\frac{3}{8}$  Zoll russ. = 1,334 Zoll preufs. starkem Rundeisen in 6 Fufs Länge gefertigt; die Kuppelglieder haben jedes 1 □Zoll Querschnitt, und die Kuppelbolzen  $1\frac{1}{2}$  Zoll im Durchmesser. Ein Hauptglied wechselt stets mit zwei Kuppelgliedern. An den beiden Enden der Brücke sind die in der Nähe der Tragpfeiler befindlichen Kuppelglieder zu Ausgleichungsgliedern eingerichtet. Im Allgemeinen gleicht die Zusammensetzung der Ketten derjenigen an der Pantelimonbrücke, mit der Ausnahme, dafs die Trage- und Rückhaltketten hier gleiche Form erhalten haben. Sechsendreifsig Tragstangen von  $\frac{5}{8}$  Zoll russ. Durchmesser tragen die Brückenbahn; je zwei in der Breite der Brücke einander gegenüberliegende fassen einen Querträger, welcher auf 7 Fufs 2 Zoll russ. = 6,95 Fufs preufs. frei liegt, und auf welchem ein doppelter Bohlenbelag angebracht ist.

|  |   |
|--|---|
| Das Gewicht der Tragketten beträgt . . . . . | 93,05 Puds = 29,63 preufs. Ctr.,                        |
| das der Tragstangen,                         |   |
| Brückenbahn etc. . . . .                     | $\frac{447,50}{540,55}$ „ = $\frac{142,84}{172,47}$ „ „ |
| Summa  | 540,55 Puds = 172,47 preufs. Ctr.                       |

Bei  $\frac{1}{18}$  der Sehne als Pfeilhöhe beträgt die Spannung in den Aufhängepunkten der Ketten das 2,305fache der Belastung, mithin die Spannung durch die Construction  $2,305 \times 172,47 = 397,5$  Ctr., wonach auf den □Zoll preufs. der 5,94 □Zoll russ. = 5,602 □Zoll preufs. im Querschnitt haltenden Ketten 7,0956 Ctr. = 7805 Pfd. preufs. kommen. Die extraordinaire Belastung ist zu 33 Pfd. preufs. auf den □Zoll angenommen, be-

trägt also  $\frac{111,47 \times 6,95 \times 33}{110} = 206,5$  Ctr.; mithin die Maximalbelastung  $172,47 + 206,5 = 379$  Ctr. preufs., und die daraus entspringende Spannung 873,6 Ctr., was auf den □Zoll preufs. 155,94 Ctr. = 17153 Pfd. ausmacht. Nimmt man die zulässige Spannung in den Ketten zu 9 Tons auf den □Zoll engl., d. i. 20728 Pfd. preufs. auf den □Zoll preufs. an, so beträgt die zulässige Gesamtspannung  $\frac{5,602 \times 20728}{110} = 1055,62$  Ctr., wovon 658,12 Ctr. für die aus der extraordinären Belastung entspringende übrig bleiben; die letztere ergibt sich zu  $\frac{658,12}{2,305} = 285,5$  preufs. Ctr., was auf den □Fufs Brückenbahn 45,9 Pfd. preufs. beträgt. Die Tragstangen, 36 an der Zahl, haben  $\frac{5}{8}$  Zoll russ. Durchmesser, folglich einen Querschnitt von 11,045 □Zoll russ. = 10,416 □Zoll preufs. Sie tragen eine Last der Brückenbahn von 438,3 Puds = 139,23 preufs. Ctr., so dafs also der □Zoll Querschnitt mit 13,397 Ctr. = 1474 Pfd. preufs. durch die Construction belastet wird. Bei 33 Pfd. pro □Fufs preufs. extraordinärer Belastung kommen auf 10,416 □Zoll Tragstangen-Querschnitt (139,23 + 206,5) = 345,73 Ctr., und auf 1 □Zoll preufs. 3651 Pfd. preufs. Rechnet man dagegen 45,9 Pfd. auf den □Fufs Brückenbahn, so beträgt die extraordinaire Belastung der letztern 285,5 Ctr., und die Maximalbelastung der Tragstangen  $139,23 + 285,5 = 424,73$  Ctr., was auf den □Zoll Tragstangen-Querschnitt 4493 Pfd. ausmacht.

In der Zeit vom Sommer 1825 bis dahin 1826 kamen zur Ausführung:

3) Die ägyptische Brücke <sup>80)</sup> über die Fontanka, für Fuhrwerk sowohl als für Fußgänger bestimmt, 35 Fufs russ. = 34 Fufs preufs. breit. Drei Reihen Ketten, je von zwei Strängen, berühren unmittelbar die Fahrbahn; die Pfeilhöhe beträgt  $\frac{1}{10}$  der Spannweite von 180 Fufs russ. = 174,6 Fufs preufs. Die Ketten ruhen in beweglichen Sätteln mit Walzen auf 6 Fufs hohen ägyptischen Säulen, deren drei auf jedem Ende der Brücke sich befinden, die durch zwei gufseiserne Strebepfeiler und durchgehende Gebälke zu einem Portale mit zwei Durchfahrten und zwei Durchgängen verbunden sind. Die hohlen Strebepfeiler sind mit Mauerwerk ausgefüllt. Der Querschnitt der einzelnen 5 bis 7 Fufs langen hohl geformten Kettenglieder beträgt 4 □Zoll russ., und derjenige sämtlicher Tragkettenglieder 24 □Zoll russ. = 22,634 □Zoll preufs. Die Rückhaltketten mit 42 □Zoll russ. Querschnitt gehen in geneigter und gerader Richtung in das aus Granit ausgeführte Widerlagsmauerwerk hinab, und werden hier gegen gufseiserne Platten von etwa 4 Fufs Länge bei 3 bis 5 Zoll Stärke befestigt; sie sind innerhalb des Mauerwerks von einer gufseisernen Röhre, welche mit einer Mischung aus Wachs und Theer angefüllt ist, umschlossen. Die Befestigung und Anordnung der Tragstangen, welche mit den untern Enden nach der Länge der Brücke gelagerte Schienen umfassen, ist so wie bei den vorhin beschriebenen beiden Brücken. Es ruhen auf diesen Schienen in Entfernungen von je 5 Fufs voneinander hölzerne Querträger, deren Länge für zwei Fahr- und zwei Fußwege mit Einschluß der Geländer ausreicht; ihre Köpfe sind in Langbalken verzapft, welche eine Cornische bilden; auf denselben ist ein doppelter Bohlenbelag angebracht. Hierauf neben den Tragstangen festgeschraubt, begrenzen sechs eichene Spurbalken die Fahrbahnen zur Seite, und dienen zur Versteifung der letzteren, welche durch die geschehene Einmauerung der Spurbalken in die Pfeiler noch vergrößert wird. Die Brückenbahn ist nach einer Curve mit  $\frac{1}{30}$  der Sehne als Pfeilhöhe gewölbt,

<sup>80)</sup> v. Wiebeking, Memoire etc. p. 28.

um hinreichende Höhe für die Schifffahrt zu gewinnen. Die Kosten des Bauwerks belaufen sich auf 180000 (Papier-?) Rubel = 54000 Thlr. preufs., wonach der □Fuß preufs. etwa 10 Rthlr. kostet.

4) Die Vier-Löwen-Brücke<sup>81)</sup> über den Catharinen-Canal, deren Spannweite 77 Fuß russ. = 74,7 Fuß preufs., und Pfeil 5 Fuß, d. i.  $\frac{1}{15,4}$  der erstern beträgt. Sie hat 7 Fuß russ. = 6,8 Fuß preufs. Breite, und ist nur für Fußgänger bestimmt. Nur 2 Ketten aus 1,896 russ. Zoll = 1,84 Zoll preufs. starkem Rundeseisen, auf jeder Seite eine, tragen den Brückenkörper mit einem Querschnitt von 5,6467 □Zoll russ. = 5,4837 □Zoll preufs. Sie gehen aus dem Rachen von vier in Eisen sehr dünn gegossenen Löwen hervor, in deren Innerm gußeiserne Quadranten, wie bei der Postbrücke, sich befinden und die Tragpfeiler bilden. Die Rückhaltkette von 2,09 Zoll russ. Durchmesser liegt in einer Nuth des Quadranten, und geht durch eine gußeiserne Röhre in das Fundament des Mauerwerks hinab. Die Hauptkettenglieder haben 5 bis 7 Fuß Länge, und wechseln mit kurzen hohlen Gliedern; der Durchmesser der Tragstangen beträgt  $\frac{5}{8}$  Zoll. Im Ganzen ist die Construction der Brückenbahn den vorhin beschriebenen Brücken sehr ähnlich, nur sind zwischen den Querträgern noch Andreaskreuze angebracht. Leichte eiserne Geländer fassen die Seiten ein.

5) Die Vier-Greifen-Brücke<sup>82)</sup>, ebenfalls über den Catharinen-Canal führend, und eine Fußbrücke wie die vorige. In der Construction unterscheidet sie sich von derselben dadurch, daß statt der Löwen vier Greife die Brückenbahn mittelst der Ketten tragen. Ihre Spannweite beträgt 77 Fuß russ. = 74,7 Fuß preufs., die lichte Weite 70,5 Fuß russ. = 68,39 Fuß preufs., und die Pfeilhöhe  $\frac{1}{13}$  der Spannweite. Die Tragketten haben 1,556 Zoll russ., die Rückhaltketten 1,78 Zoll russ., die Tragstangen, welche 5 bis 7 Fuß voneinander entfernt sind,  $\frac{5}{8}$  Zoll russ. Durchmesser. Der Kettenquerschnitt beträgt 3,803 □Zoll = 3,3684 □Zoll preufs.

In Folge der Ausführung der beiden zuerst genannten Brücken entwarf im Jahre 1825 der General-Major Bazaine und die Majors Lamé und Clapeyron<sup>83)</sup> eine kolossale Kettenbrücke von 1022 engl. Fuß = 991,3 Fuß preufs. für die Newa, welche zwar nicht zur Ausführung kam, deren Project jedoch als interessant genug erscheint, um hier erwähnt zu werden. Die Newa, welche die Stadt St. Petersburg in zwei Haupttheile trennt, hat eine Breite von etwa 950 Fuß; ihr Flußbett besitzt ein beinahe rechteckiges Profil, so daß der Grund bei 42 Fuß Tiefe sich fast horizontal hinzieht. Das Niveau der Kais liegt ungefähr 8 bis 10 Fuß höher, als der Wasserspiegel des Flusses, und wird bei großen Ueberschwemmungen unter Wasser gesetzt; die mittlere Geschwindigkeit des Stromes beträgt  $1\frac{1}{2}$  Fuß in der Secunde.

Trag- und Rückhaltketten ruhen nach diesem Entwurfe auf großen Portalen von 111 $\frac{1}{2}$  Fuß Höhe, ähnlich den Propyläen von Athen. Die Brücke ist aus drei getrennten Brücken zusammengesetzt, nämlich zwei kleineren zur Seite, jede von 9 Fuß Breite für Lastwagen, und einer mitten zwischen beiden belegen, von 31 Fuß Breite, welche eine 21 Fuß breite Fahrbahn und zwei Fußwege à 5 Fuß breit enthält. Die Tragketten sind in vier Stränge getheilt; zwei derselben tragen mittelst Hängestangen und gußeiserner Träger die Bahn einer der Seitenbrücken; diejenige der großen mittleren Brücke wird

durch aus Schmiedeeisen und Holz zusammengesetzte Träger, welche mit ihren Enden an den Trägern der äußeren Brücken in deren Mitte befestigt sind, gebildet. Es ist dies eine sinnreiche Anordnung, um die Belastung der Brücke möglichst gleichförmig über alle vier Tragketten zu vertheilen; diese haben einen Gesamtquerschnitt von 400 □Zoll, wovon auf jeden der vier Stränge 100 □Zoll kommen. Die Maximalbelastung ist zu 10 Tons auf den Zoll engl. berechnet, und hoffte man, Eisen verwenden zu können, das eine absolute Festigkeit von 30 Tons pro □Zoll darböte.

Die horizontale Entfernung der Axen der Portale oder die Kettensehne beträgt 1022 Fuß, die Pfeilhöhe 87 Fuß, also  $\frac{1}{11,75}$  der erstern. In der Mitte der Brücke hängen die Ketten 7 Fuß über der Brückenbahn. Die Verbindung eines jeden Stranges der Trag- und Rückhaltketten findet auf einem gußeisernen Sattel statt, der mittelst ebenfalls gußeiserner Cylinder auf einer Unterlagplatte beweglich ist, welche Construction bei der in Petersburg vorkommenden Temperaturdifferenz von 50 Graden als besonders nothwendig erscheint. Die Rückhaltketten bilden an den Aufhängepunkten mit der Verticalen einen Winkel, dessen trigonometrische Tangente  $\frac{1}{7}$  ist, treffen den Boden in etwa 150 Fuß Entfernung von den Axen der Portale, und gehen dann in geneigter Richtung nach den gußeisernen Platten 21 Fuß unter den Boden hinab, wo sie mit Bolzen und Keilen befestigt werden. Die beiden gußeisernen Rückhaltplatten, welche den beiden Kettensträngen einer Seitenbrücke entsprechen, dienen als Anfänger eines gedrückten, in Granit construirten Gewölbes, welches durch einen gegen den Schlußstein sich anlehnenden Mauerkörper den Horizontaldruck auf die Fundamente der Portale überträgt.

Dem gedachten Entwurfe folgte im Jahre 1829 das Project einer Kettenbrücke über den Fluß Kotorosle zu Jaroslawle,

nahe der Einmündung dieses Flusses in die Wolga, welches vom General-Major Janisch<sup>84)</sup> aufgestellt wurde. Die Eintheilung der Durchfluß-Oeffnungen ist hiernach wie bei der Hammersmith-Brücke. Es sind deren drei, wovon die mittlere etwa 144 russ. Fuß, von den beiden äußeren jede etwa 91 Fuß einnimmt. Die mittlere wird von einem ganzen Kettenbogen mit einer Sehne von 152,5 russ. Fuß = 148 Fuß preufs., die Seiten-Oeffnungen jede von einem etwas mehr als einen halben betragenden Kettenbogen überspannt, und zur Pfeilhöhe ist  $\frac{1}{10}$  der Sehne genommen. Die Rückhaltketten sind in geneigter Richtung dem Mauerwerk der Widerlagpfeiler zugeführt, und in diesem gegen gußeiserne Platten befestigt.

Die Brückenbahn wird durch drei Reihen Ketten der Länge nach in vier Abtheilungen getheilt, wovon die beiden mittleren für Fuhrwerk jede etwa 13 Fuß, und die beiden äußeren für Fußgänger jede etwa 3 $\frac{1}{2}$  Fuß nutzbare Breite erhalten. Jede dieser drei Reihen Ketten besteht aus zwei Strängen, und jeder Strang aus zwei Hauptgliedern von 9 Fuß Länge bei 2,3 Zoll Durchmesser, welche mit vier Kuppelgliedern von  $\frac{7}{10}$  Zoll Stärke wechseln. Der Durchmesser der Kuppelbolzen ist zu 2,6 Zoll angenommen. Die Tragstangen, welche am oberen Ende eine gabelförmige Gestalt haben, und mit Schließen an gußeisernen, auf den Ketten ruhenden Platten befestigt werden, haben 1 $\frac{1}{2}$  Zoll Durchmesser, und unten Schrauben mit Muttern. Sie tragen auf gußeisernen Unterlagplatten Langbalken von 26 Zoll Höhe und 15 Zoll Breite, welche aus zwei aufeinander gelegten, verdübelten und ver-

<sup>81)</sup> v. Wiebeking, Memoire etc. p. 30.

<sup>82)</sup> Desgl. p. 32.

<sup>83)</sup> Bulletin des sciences technologiques par M. L. B. de Ferussac. Vol. V. 1826. p. 256. — Vol. VIII. 1827. p. 86. Annales des Mines. 1825. 5<sup>e</sup> Livr. p. 265.

<sup>84)</sup> Journal des voies de Communication. No. 20. p. 1. St. Petersburg. 1831.

schraubten Stücken bestehen. Auf diesen ruhen in etwa 5 bis 6 Fufs Entfernung die Querträger von 12"×9" Stärke, unter welchen ein sich rautenförmig durchkreuzender Diagonalverband aus überblatteten Hölzern, die in gufseiserne Schuhe eingesetzt sind, festgeschraubt ist. Der Belag der Brücke ist ein doppelter, der untere 4 Zoll, der obere 3 Zoll stark, beide getheert und kalfatert. Um die Brückenbahn steifer zu machen, sind die zwei Seitengeländer und drei Parapets, welche die Fahrwege von einander trennen, 5 Fufs hoch aus Schwellen, Rähmen (beide 15"×11" stark) und sich durchkreuzenden und überblatteten Streben zusammengesetzt. Zur Verbindung dieser

Hölzer sind theils die Tragstangen, welche durch Schwelle und Rähm hindurchgehen und an den betreffenden Stellen mit Schlitzten und Keilen versehen sind, benutzt, theils besondere Zugstangen durchgezogen.

Die steinernen Tragpfeiler der Mittel-Oeffnung sind zu überwölbten Portalen mit zwei Durchfahrten und zwei Durchgängen ausgebildet; in denselben ruhen die Ketten auf Sätteln mit Rollen. Auf den Landpfeilern sind gufseiserne Trageböcke angeordnet, auf welche sich die Verbindungen zwischen Trag- und Rückhaltketten, die durch gebogene Glieder hergestellt sind, auflegen. Diese Trageböcke haben eine geneigte Stel-

### Uebersicht der vorzüglichsten hier

| Fortlaufende Nummer. | Benennung<br>und<br>Lage der Brücken.                             | Zeit<br>der<br>Erbauung. | Namen<br>des<br>Baumeisters. | Ganze<br>Länge<br>der<br>Brücke<br>zwischen<br>den Land-<br>pfeilern.<br><br>prfs. Fufs. | Nutzbare Breite                          |  |   | Länge<br>der<br>Sehne<br>der<br>Haupt-<br>Oeffnung.<br><br>prfs. Fufs. | Die<br>Pfeilhöhe<br>beträgt<br>das<br>n-fache<br>der<br>Sehne. | Zahl der<br>Ketten-<br>Glieder<br>in einem<br>Brücken-<br>Quer-<br>schnitt. |
|----------------------|---|--------------------------|------------------------------|--|--|--|---|--|--|---|
|                      |   |                          |                              |  | der<br>Fahr-<br>bahn.<br><br>prfs. Fufs. | der<br>Fufs-<br>wege.<br><br>prfs. Fufs. | der<br>ganzen<br>Brücke.<br><br>prfs. Fufs. |  |  |   |
| 1                    | Die (neue) Fufsbrücke über den Tweed bei Dryburgh-Abbey. . . . .  | 1818                     | J. u. W. Smith.              | 252,5  | "  | 4  | 4   | —  | 10 bis 11  | 4   |
| 2                    | Die Union-Brücke über den Tweed bei Berwick. . . . .              | 1819—1820                | Sam. Brown.                  | 375,8  | 11,5                                     | 2×3'                                     | 17,5  | 436  | 14,96  | 12  |
| 3                    | Landungsbrücke (Trinity-Pier) in Newhaven bei Edinburgh. . . . .  | 1820—1821                | Sam. Brown.                  | 680  | "  | 3,885                                    | 3,885                                       | 203  | 14,93  | 2   |
| 4                    | Landungsbrücke bei Brighton (Brighton-chain-pier). . . . .        | 1822—1823                | Sam. Brown.                  | 1103   | 12,3                                     | "  | 12,3  | 266,3  | 15   | 8   |
| 5                    | Kettenbrücke bei Bangor über die Menai-Meerenge. . . . .          | 1819—1826                | Thom. Telford.               | 1125   | "  | "  | 27,2  | 562,2  | 13,5   | 80  |
| 5 <sup>a</sup>       | Dieselbe Brücke nach ihrer Verstärkung . . . . . im Jahre         | 1839                     | —                            | "  | "  | "  | "   | "  | "  | "   |
| 6                    | Conway-Kettenbrücke auf der Strasse von London nach Holyhead. .   | 1822—1826                | Thom. Telford.               | —  | "  | "  | 17,0  | 319,2  | 14,64  | 40  |
| 7                    | Die Kettenbrücke über den Suzanne-Fluß auf der Insel Bourbon. . . | 1823                     | J. Brunel.                   | 247,25   | 2×9,417                                  | —  | 18,934                                      | 256,25   | 11,135   | 6   |
| 8                    | Die Kettenbrücke über den Matfluß auf der Insel Bourbon. . . . .  | 1823                     | J. Brunel.                   | 118,5  | 2×9,417                                  | —  | 18,934                                      | 128,08   | 13,5   | —   |
| 9                    | Die (abgetragene) Invalidenbrücke zu Paris. . . . .               | 1824—1826                | Navier.                      | 478  | 18,15                                    | 2×4,8                                    | 27,75                                       | 541,66   | 15   | 18  |
| 10                   | Entwurf für den Aquädukt über einen Schiffahrts-Canal. . . . .    | 1824                     | Navier.                      | 309  | —  | —  | 26,5  | 334,5  | 10,25  | 20  |
| 11                   | Die Hammersmith-Brücke zu London. . . . .                         | 1824—1827                | W. Tierney Clark.            | 690  | 19,4                                     | 2×4,85                                   | 29,1  | 410,2  | 14,313   | 36  |
| 12                   | Die neue Invaliden-Brücke in Paris. (1854 abgebrochen.) . . . . . | 1827—1829                | de Vergès.                   | 402,5  | 17                                       | 2×4,25                                   | 25,5  | 229,5  | 9,8  | 16  |
| 12 <sup>a</sup>      | Kettenbrücke zu Langon. . . . .                                   | 1828—1831                | P. D. Martin.                | 637,25   | —  | —  | 17,2  | 254,9  | 10   | 20  |
| 13                   | Die Kettenbrücke über den South-Eskfluß bei Montrose. (Project.)  | 1823                     | George Buchanan.             | —  | 19,4                                     | 2×3,88                                   | 27,16                                       | 388,5  | 7  | 72  |
| 13 <sup>a</sup>      | Dieselbe Brücke nach der Ausführung. . . . .                      | 1828—1829                | Sam. Brown.                  | 399,6  | —  | —  | 25,2  | 419,1  | 10,3   | 16  |
| 13 <sup>b</sup>      | Dieselbe Brücke nach der Verstärkung und dem Umbau. . . . .       | 1840                     | Rendel.                      | 399,6  | —  | —  | 25,2  | 419,1  | 10,3   | 24  |
| 14                   | Die Panteleimons-Brücke über die Fontanka in Petersburg. . . . .  | 1824                     | G. de Traitteur.             | 117,17   | 2×12,125                                 | 2×4,85                                   | 33,95                                       | 136,6  | 10,18  | 10  |
| 15                   | Die Postbrücke über die Moïka zu Petersburg. . . . .              | 1824                     | G. de Traitteur.             | 111,47   | —  | 6,95                                     | 6,95  | 115,5  | 18   | 4   |
| 16                   | Die ägyptische Brücke über die Fontanka daselbst. . . . .         | 1825—1826                | Ders.                        | —  | —  | —  | 34  | 174,6  | 10   | 6   |
| 17                   | Die Vier-Löwen-Brücke über den Catharinen-Canal in Petersburg. .  | 1825—1826                | Ders.                        | 68,39  | —  | 6,8                                      | 6,8   | 74,7   | 15,4   | 2   |
| 18                   | Die Vier-Greifen-Brücke über denselben Canal. . . . .             | 1825—1826                | Ders.                        | 68,39  | —  | 6,8                                      | 6,8   | 74,7   | 13   | 2   |

Bemerkung. Die angegebenen Pfunde sind alte preufs. Pfunde, wovon 110 auf den alten Centner gehen. Es sind 100 alte Pfunde = 93,542 neue (Zoll-) Pfunde.

lung, welche der Richtung des aus den Spannungen der Trag- und Rückhaltketten erfolgenden Druckes entspricht.

Das Gewicht der Brückenbahn der Mittel-Oeffnung ist berechnet zu 8000 Puds, die extraordinäre Belastung (107 Puds auf den □Sashén, d. i. 81 Pfd. preufs. auf den □Fufs preufs.) zu 9440 Puds. Hiernach werden die Tragstangen im Maximo mit 2 Tons auf den □Zoll engl., d. i. 4600 preufs. Pfd. auf den □Zoll preufs., durch die Construction mit 0,92 Tons pro □Zoll engl., d. i. 2100 Pfd. preufs. pro □Zoll preufs. belastet. Die Ketten, welche einen Gesamtquerschnitt von 49,37 □Zoll engl. = 46,5 □Zoll preufs. haben, werden im Maximo mit

8 Tons auf den □Zoll engl., d. i. 18400 Pfd. auf den □Zoll preufs. in Anspruch genommen, und durch die Construction mit etwa 4 Tons auf den □Zoll, d. i. 9200 preufs. Pfd. auf den preufs. □Zoll.

Ob der beschriebene Entwurf zur Ausführung gekommen ist, habe ich nicht ermitteln können. Derselbe verdient wegen der Construction der Brückenbahn, durch welche eine sehr bedeutende Steifigkeit erreicht wird, einige Beachtung, dagegen dürften die Anordnung der Ketten und die Details derselben weniger empfehlenswerth erscheinen. —

Anschließend hieran, giebt folgende Zusammenstellung eine

beschriebenen Kettenbrücken.

| Total-<br>Quer-<br>schnitts-<br>fläche<br>der<br>Trag-<br>ketten<br>pr. □Zoll. | Dimensionen der Hauptglieder<br>der Tragketten. |                                  |                      |                       | Gewicht<br>eines<br>□Fusses<br>der<br>Brücken-<br>bahn.<br>prfs. Pfd. | Extra-<br>ordinaire<br>Belastung<br>eines<br>□Fusses<br>der<br>Brücken-<br>bahn.<br>prfs. Pfd. | Belastung eines □Zolls<br>Ketten-Querschnitt            |   | Dimensionen der Kuppel-<br>bolzen der Tragketten. |                                | Dimen-<br>sionen<br>der<br>Trag-<br>stangen.<br>prfs. Zoll. | Belastung eines □Zolls<br>Tragstangen-Querschn.         |   | Baukosten                               |  |
|--|---|----------------------------------|----------------------|-----------------------|---|--|---|---|---|--------------------------------|---|---|---|---|--|
|  | Länge.<br>prfs. Fufs.                           | Durch-<br>messer.<br>prfs. Zoll. | Höhe.<br>prfs. Zoll. | Dicke.<br>prfs. Zoll. |   |  | durch die<br>Con-<br>struction<br>allein.<br>prfs. Pfd. | durch die<br>Construc-<br>tion und<br>extraordi-<br>naire Be-<br>lastung.<br>prfs. Pfd. | Durch-<br>messer.<br>prfs. Zoll.                  | Freie<br>Länge.<br>prfs. Zoll. |   | durch die<br>Con-<br>struction<br>allein.<br>prfs. Pfd. | durch die<br>Construc-<br>tion und<br>extraordi-<br>naire Be-<br>lastung.<br>prfs. Pfd. | der<br>ganzen<br>Brücke.<br>prfs. Thlr. | eines<br>□Fusses<br>der nutz-<br>baren<br>Brücken-<br>bahn.<br>prfs. Thlr. |
| 7,823  | 9,711   | 1,578                            | —                    | —                     | —   | —  | —   | —   | —   | —                              | ⊕<br>0,4855   | „   | „   | 4860                                    | 9,62   |
| 35,78  | 14,567  | 1,942                            | —                    | —                     | 33,2  | 25,3   | 11625   | 20690   | 2,428 × 1,942                                     | 1,912                          | ⊕<br>0,971  | 1910  | 3370  | 33750                                   | 5,14   |
| 4,584<br>5,206   | 9,711   | 1,699<br>1,821                   | —                    | —                     | 33,2  | 41,12  | 11625   | 20690   | (oval)<br>2,428 × 1,942                           | 1,699                          | ⊕<br>—  | —   | —   | —                                       | —  |
| 23,70  | 9,711   | 1,942                            | —                    | —                     | 11,6  | 85,32  | 4630  | 20690   | 1,942   | 0,971                          | ⊕<br>0,971  | 585   | 3850  | 202500                                  | 15,0   |
| 245,2  | 8,841   | —                                | 3,156                | 0,971                 | 76,4  | 102,4  | 10043   | 20690   | 2,913   | 0,971                          | □<br>0,971  | 1285  | 6420  | 810000                                  | 26,66  |
| „  | „   | „                                | „                    | „                     | 97,0  | 83,0   | 12070   | 20690   | —   | —                              | —   | 1963  | 6420  | —                                       | —  |
| 122,6  | 8,841   | „                                | 3,156                | 0,971                 | —   | —  | —   | —   | 2,913   | 0,971                          | —   | —   | —   | —                                       | —  |
| 16,878   | 4,5   | 1,338                            | —                    | —                     | 15,87   | 16,285   | 14350   | 20690   | 2,00  | 1,338                          | ⊕<br>1,22   | 818   | 1240  | —                                       | —  |
| —  | 4,5   | 1,338                            | —                    | —                     | —   | —  | —   | —   | 2,00  | 1,338                          | ⊕<br>1,22   | —   | —   | —                                       | —  |
| 168,407  | 15,611  | —                                | 3,059                | 1,529                 | 62,6  | 41,0   | 14143   | 20315   | 3,821   | 1,529                          | ⊕<br>1,529  | 1690  | 2165  | 240000                                  | 18,16  |
| 206,78   | 9,56  | —                                | 3,5                  | 1,5                   | —   | —  | —   | 20475   | —   | —                              | ⊕<br>1,917  | —   | 7680  | —                                       | —  |
| 169,8  | 8,57  | —                                | 4,856                | 0,971                 | 60,5  | 73,2   | 11642   | 20690   | 2,547   | 0,971                          | □<br>0,971  | 2856  | 4956  | 309200                                  | 14,951   |
| 38,84  | 15,2  | 1,758                            | —                    | —                     | 58,75   | 42   | 12350   | 20095   | 2,06  | 1,758                          | ⊕<br>1,82   | 633,4   | 1086,5  | —                                       | —  |
| 45,61  | 13—14   | —                                | 1,99                 | 1,147                 | 59,4  | 40,2   | 9302  | 14528   | 3   | 1,147                          | □<br>1,15   | 1857  | 3174  | 160000                                  | 14,6   |
| 119,8  | 14,55   | 1,456                            | —                    | —                     | 100,5   | 94,6   | 9248  | 17740   | —   | —                              | ⊕<br>0,727  | 1386  | 6374  | —                                       | —  |
| 75,44  | 9,71  | —                                | 4,856                | 0,971                 | 43,7  | 51,4   | 11222   | 20690   | —   | —                              | ⊕<br>1,214  | 2318  | 5050  | 123400                                  | 13,35  |
| 113,16   | 9,71  | —                                | 4,856                | 0,971                 | 74,7  | 73,0   | 9152  | 20690   | —   | —                              | ⊕<br>1,578  | 1530  | 3818  | —                                       | —  |
| 26,011   | 4,625   | 1,82                             | —                    | —                     | 48,03   | 53,5   | 9795  | 20728   | 1,94  | 1,82                           | ⊕<br>0,971  | 1450  | 3241  | 48378                                   | 12,44  |
| 5,602  | 5,826   | 1,334                            | —                    | —                     | 25,0  | 45,9   | 7805  | 20728   | 1,456   | 1,334                          | ⊕<br>0,6063   | 1474  | 4493  | —                                       | —  |
| 22,634   | 5—7   | —                                | —                    | —                     | —   | —  | —   | —   | —   | —                              | —   | —   | —   | 54000                                   | 10   |
| 5,4837   | 5—7   | 1,84                             | —                    | —                     | —   | —  | —   | —   | —   | —                              | ⊕<br>0,6063   | —   | —   | —                                       | —  |
| 3,3684   | 5—7   | 1,5093                           | —                    | —                     | —   | —  | —   | —   | —   | —                              | ⊕<br>0,6063   | —   | —   | —                                       | —  |

## Bemerkungen über die Widerstände auf den verschiedenen Arten von Strafsen.

(Auszug aus *The Civil-Engineer.*)

(Fortsetzung.)

Die nachfolgende Tabelle giebt den Widerstand für Züge von 60 □ Fufs Vorderfläche mit verschiedener Schwere und für verschiedene Geschwindigkeiten, wie derselbe sowohl durch Versuche, als durch Rechnung festgestellt ist.

| Geschwindigkeit<br>des Zuges. | Schwere          | Widerstand        |                   |
|-------------------------------|------------------|-------------------|-------------------|
|                               |                  | durch<br>Versuche | durch<br>Rechnung |
| Ml. pro Stunde.               | Ton.             | Pfd. pro Ton.     | Pfd. pro Ton.     |
| 14                            | 9                | 12,6              | 13,9              |
| 16                            | 20 $\frac{1}{2}$ | 8,5               | 13,2              |
| 19                            | 40 $\frac{3}{4}$ | 8,5               | 12,9              |
| 21                            | 18               | 12,6              | 16,7              |
| 25                            | 40 $\frac{3}{4}$ | 12,6              | 16,6              |
| 27                            | 40 $\frac{3}{4}$ | 12,6              | 17,7              |
| 31                            | 15 $\frac{1}{2}$ | 23,4              | 25,4              |
| 32                            | 11 $\frac{1}{2}$ | 22,5              | 27,2              |
| 34                            | 30 $\frac{1}{2}$ | 25,9              | 23,1              |
| 34                            | 18               | 23,4              | 27,2              |
| 35                            | 21 $\frac{1}{2}$ | 22,5              | 26,1              |
| 39                            | 24               | 30,0              | 31,0              |
| 47                            | 31 $\frac{3}{4}$ | 33,7              | 33,1              |
| 50                            | 30               | 32,9              | 35,3              |
| 53                            | 25               | 41,7              | 42,1              |
| 61                            | 21 $\frac{1}{2}$ | 52,6              | 54,8              |

Ist eine Locomotive die bewegende Kraft, so muß ihr eigener Widerstand auch in Betracht gezogen werden. Die Reibung ihrer bewegenden Theile kann mit 7 Pfd. pro Tonne ihres Gewichts angenommen werden, und ihre Reibung mit Rücksicht darauf, daß sie ein Fahrzeug ist, mit 8 Pfd. pro Tonne. Hierzu muß noch nach de Pambour 1 Pfd. für jede von ihr fortbewegte Tonne Ladung hinzugerechnet werden. Es ist oben in Beispiel 2, gezeigt, daß der Gesamtwiderstand 1128 Pfd. beträgt. Soll nun besagter Zug durch eine Tenderlocomotive von 20 Tonnen Gewicht fortbewegt werden, so hat man den oben erwähnten Widerstand mit . . . . . 1128 Pfd. ferner die Reibung der Locomotive als Fahrzeug mit 8 Pfd. pro Tonne ihres Eigengewichts . . . . . 160 - die Reibung der bewegenden Theile mit 7 Pfd. pro Tonne ihres Eigengewichts . . . . . 140 - endlich für Vermehrung des Widerstandes in Folge der fortzubewegenden Last 1 Pfd. pro Tonne des Train-Gewichts . . . . . 50 - demnach Gesamtwiderstand oder Zug der Maschine 1478 Pfd.

und Widerstand pro Tonne  $\frac{1478}{70} = 21,1$  Pfd.

Die Locomotive wird daher in Pferdekräften (Pfk.) von 33,000 Pfd., die in einer Minute 1 Fufs hoch gehoben werden, leisten müssen:

$$\text{Pfk.} = \frac{R \cdot W \cdot V}{33,000},$$

wenn  $R$  den Widerstand in Pfunden pro Tonne Bruttogewicht,

-  $W$  das Bruttogewicht des Zuges in Tonnen und

-  $V$  die Geschwindigkeit in Fussen pro Minute bezeichnet.

In obigem Beispiel ist

$$R = 21,1 \text{ Pfd.},$$

$$W = 50 + 20 = 70 \text{ Tonnen},$$

$$V = \frac{35 \cdot 5280}{60} = 3080 \text{ Fufs},$$

$$\text{daher Pfk.} = \frac{21,1 \cdot 70 \cdot 3080}{33000} = 137,8.$$

Der Luftwiderstand ändert sich zweifelsohne mit der Länge des Zuges, und in gleichem Maafse die Reibung der Luft gegen die Seitenflächen der Wagen. Dr. Lardner will zufolge

seines Berichtes vom Jahre 1841 an die British Association den Luftwiderstand von dem ganzen Volumen des Zuges und nicht bloß von der Form des vordersten Wagens abhängig machen. Zugespitzte Vorderflächen vermindern den Luftwiderstand nicht, ebensowenig wie eine vergrößerte Vorderfläche (durch aufgesetzte Borde) denselben viel vermehrt.

Mr. Gooch hat durch Versuche auf breitspurigen Bahnen eine Formel aufgestellt, welche den Luftwiderstand direct proportional der Masse des Zuges (auf 180 Cubikfuß pro Tonne geschätzt) und dem Quadrat der Geschwindigkeit setzt. Die hiernach berechneten Resultate differiren jedoch von den durch Versuche festgestellten Resultaten bedeutend mehr, als dies bei der Formel des Mr. Scott Russell der Fall ist. Deshalb ist letztere als die der Wahrheit am nächsten stehende beibehalten worden.

Nachdem im Vorigen der Bewegungswiderstand ermittelt ist, welcher auf horizontaler und gerader Eisenbahn sowohl bei geringen, als auch bei zunehmenden Geschwindigkeiten stattfindet, soll nunmehr festgestellt werden, in welchem Maafse jener Widerstand auf Steigungen und in Curven zunimmt.

Was zuvörderst Steigungen anbetrifft, so wurde in der ersten Zeit des Locomotiv-Betriebes der Druck der Triebäder auf die Schienen bedeutend unterschätzt. Man war der Ansicht, daß selbst bei sehr mäfsigen Steigungen zwischen denselben ein Gleiten stattfinden würde, und hiernach wurde die Frage über die auf Eisenbahnen noch zulässige grösste Steigung behandelt. Seitdem jedoch ist es erwiesen, daß innerhalb gewisser Grenzen Locomotiven kräftig und schwer genug gemacht werden können, um jedwede Last auf jeder Steigung zu befördern; nur in ökonomischer Beziehung findet eine Grenze statt, lange bevor die Grenze des Ausführbaren erreicht ist.

Es ist sofort klar, daß die Grenze des Ausführbaren von dem Reibungs-Coefficienten für Schmiedeeisen auf Schmiedeeisen abhängig sein wird, d. h. von dem Verhältniß, welches zwischen der Kraft, die erforderlich ist, um den Reibungswiderstand für zwei mit einander in Berührung befindlichen Oberflächen von gegebenem Material zu überwinden, und zwischen dem Gewicht oder der Kraft stattfindet, welche normal gegen diese Oberflächen wirkt und mit welcher dieselben zusammengedrückt werden. Zufolge der über diesen Gegenstand von Morin angestellten Versuche ist der Reibungs-Coefficient für Schmiedeeisen auf Schmiedeeisen (wenn zwischen den beiden Oberflächen sich keine Schmiermittel befinden) = 0,177, d. h. wenn eine glatte Masse von Schmiedeeisen 1 Tonne schwer auf einer trockenen und ebenen Oberfläche desselben Materials liegt, so würde eine horizontale Kraft von 0,177, oder etwas mehr als  $\frac{1}{6}$  Tonne, erforderlich sein, um ein Gleiten auf der Unterlage zu bewirken. Dies stimmt auch mit den dieserhalb von George Rennie angestellten Versuchen überein, denen zufolge die Reibung von Schmiedeeisen auf Schmiedeeisen etwa  $\frac{1}{6}$  der darauf liegenden Last beträgt.

Diese Versuche gestatten den Schluss, daß bei vollkommen trockenen Schienen eine Locomotive, deren Gesamtgewicht auf den Triebädern ruht, sich auf einer Steigung von etwas mehr als 1:6 noch erhalten wird, ohne zu gleiten, oder daß dieselbe Locomotive auf horizontaler Bahn eine Zugkraft von etwas mehr als  $\frac{1}{6}$  ihres Eigengewichts ausüben wird. Käme es also nur auf die Reibung an, so würde dies in Bezug auf

Adhäsion und Steigung bei der günstigsten Beschaffenheit der Schienen die Grenze des Ausführbaren sein. Da jedoch bei feuchtem Wetter die Schienen schlüpfrig oder schmierig werden, so wird dann die Reibung bedeutend geringer sein; denn nach Morin's Versuchen vermindert sich bei Anwendung von Schmiermitteln der Reibungs-Coefficient von 0,177 auf 0,082. Es würde dies ungefähr einer Steigung von 1:12 entsprechen, und es dürfte bei der ungünstigsten Beschaffenheit der Schienen der Adhäsions-Coefficient ein geringerer, als  $\frac{1}{12}$  der betreffenden Last sein.

Wenn die Berührung zwischen Triebrädern und Schienen genau ebenso wäre, wie in den von Morin und Anderen geprüften Fällen, so würde die Adhäsion zwischen Rädern und Schienen nie  $\frac{1}{6}$  der darauf befindlichen Last überschreiten und nie unter  $\frac{1}{12}$  derselben bei der ungünstigsten Beschaffenheit der Schienen fallen können. Da jedoch durch den auf die Schienen ausgeübten bedeutenden Druck jede Art darauf befindlicher Schlamm oder Feuchtigkeit fortgedrängt werden wird, so daß dieselben nicht mehr wie ein Schmiermittel wirken können, so wird in Wirklichkeit der Grenzwert der Adhäsion niemals so gering werden können, wie es in den mit Schmiermitteln versuchten Fällen ist. Auf Grund dieser Schlüsse haben die österreichischen Ingenieure für die Ueberschreitung des Semmering die adhärende Kraft auf  $\frac{1}{8}$  der wirkenden Last festgesetzt.

Bei Morin's Versuchen boten die sich berührenden Oberflächen einen hinreichenden Querschnitt dar, um ein Nachgeben oder Eindringen derselben zu verhüten, während der Contact des Rades mit der Schiene (wenn beide als vollkommen unachgiebig angenommen werden) nur als Berührung einer mathematischen Linie mit einer Fläche angesehen werden kann. Nun ist der ausgeübte Druck so bedeutend und so concentrirt, daß bei nur einigermaßen elastischen Körpern, wie Schmiedeeisen, ein theilweises Eindringen der Räder in die Schienen stattfinden, und daß deshalb der Druck auf die Schienen größer werden wird, als wenn derselbe nur eine Folge der Reibung wäre. Dies hat sich in der ausgedehnten Praxis englischer und amerikanischer Ingenieure beim Betriebe steiler Steigungen mittelst Locomotivkraft bestätigt.

Viele englische Ingenieure nehmen die Adhäsions-Coefficienten bei trockenem Wetter gleich  $\frac{1}{8}$  der Last; in Amerika ist derselbe mit  $\frac{1}{6}$  als ausreichend befunden. Eine neuerdings von Norris erbaute Locomotive soll eine Zugkraft von  $\frac{1}{4}$  ihres adhärenenden Gewichts ausgeübt haben. Dieselbe wog nur 8 Tons, hatte gekuppelte Räder, zog auf horizontaler Bahn 309 Tons, und 16 Tons auf einer Steigung von 1:14,6.

Die Adhäsion wird bedeutend vermindert, wenn die Schienen feucht oder mit Glatteis belegt sind, namentlich jedoch in Tunnels, woselbst der ausströmende Dampf sich auf der Schienen-Oberfläche niederschlägt. In letzteren sind daher vorzugsweise starke Steigungen zu vermeiden.

Wenn die Steigung wächst, nimmt die Adhäsion im Verhältniß der Sinus der Steigungswinkel ab; denn auf verticaler Bahn würde dieselbe = 0 sein. Eine Adhäsion von  $\frac{1}{6}$  der ruhenden Last ist beim Betriebe der Alleghany-Steigungen mit einem Steigungswinkel von 2° 50' (1:20) erreicht, und die erwähnte Norris'sche Maschine hat bei einem Steigungswinkel von 3° 50' (1:14,6) eine Adhäsion von  $\frac{1}{4}$  gezeigt.

Durch Vorstehendes ist genügend dargethan, daß in Betreff der Steigungen für Eisenbahnen die Grenze des Ausführbaren in der Praxis noch lange nicht erreicht ist und nimmer erreicht werden wird. Denn wenn auch eine Maschine kräftig genug gebaut werden kann, um sich selbst auf einer Steigung von 1:7 oder gar 1:5 hinaufzubewegen; so zeigt doch

die Erfahrung, daß in Amerika auf einer viel geringern Steigung, von 1:14,6, die Locomotive nur das Doppelte ihres Eigengewichts befördern könnte. Es tritt daher sehr bald der Fall ein, daß der Nutzeffect der Locomotive durch starke Steigungen dermaßen geschmälert wird, daß ökonomische Rücksichten den noch zulässigen Steigungen eine Grenze setzen.

Diese Grenze wird jedoch je nach Umständen sehr verschieden sein. In einem Lande mit ausgedehnten, langen Communicationswegen, aber mit noch wenig entwickeltem Verkehr, wird es wichtig sein, die ersten Anlagekosten einer Eisenbahn zu vermindern, anstatt auf die Erschwerung und Vertheuerung des Betriebes durch Einlegung einer starken Steigung Rücksicht zu nehmen. Es werden in solch einem Falle also starke Steigungen eher zulässig sein, als in einem Lande wie England, das einen bedeutenden Verkehr besitzt.

Bezeichnet  $W$  die Last in Pfunden, die auf einer Steigung befördert werden soll, deren Länge =  $L$  in Füssen und deren Höhe =  $H$  in Füssen ist, ferner  $G$  den Widerstand der Schwere für genannte Last auf dieser Steigung, so ist  $L:H = W:G$  oder  $G = \frac{HW}{L}$ , und wenn  $f$  den bereits oben näher erörterten Widerstand in Pfunden bezeichnet, welcher bei obiger Last auf horizontaler Bahn und bei einer gewissen Geschwindigkeit durch Reibung, Luftwiderstand und Stöße erzeugt wird, so wird  $f + \frac{HW}{L}$  den Gesamtwiderstand dieser Last auf der geneigten Ebene und bei der zu Grunde gelegten Geschwindigkeit ausdrücken. Der Widerstand der Schwere ist demnach von der Geschwindigkeit unabhängig.

Nachdem die Frage über die auf einer Eisenbahn zulässige größte Steigung in ihrer nur ökonomischen Natur erkannt war, wurde der durch schwache Steigungen erreichte Vortheil viele Jahre hindurch bedeutend überschätzt. Denn zu jener Zeit war die jetzige Geschwindigkeit des Eisenbahn-Transports nicht genügend berücksichtigt, und die über den Bewegungswiderstand angestellten Versuche wurden mit viel geringerer Geschwindigkeit ausgeführt, bei denen der Luftwiderstand kaum eine Rolle spielte. Man hatte gefunden, daß auf horizontaler Bahn bei geringer Geschwindigkeit der durch die Reibung der Achsen und der Schienen-Oberfläche bedingte Widerstand nur 8 Pfund pro Tonne, oder  $\frac{1}{250}$  der Last betrug. Bei einer Steigung von 1:280 war der Widerstand der Schwere mit  $\frac{1}{250}$  der Last zu dem schon bestehenden Reibungswiderstand von  $\frac{1}{250}$  der Last hinzuzufügen, so daß auf einer Steigung von 1:280 die Zugkraft bereits verdoppelt werden mußte. Daraus folgerte man nun ohne Weiteres, daß auch die Betriebskosten auf einer Steigung von 1:280 doppelt so groß sein müssen, als auf horizontaler Bahn. Man glaubte, daß die Kosten des Eisenbahn-Transportes den Steigungen proportional wären und auf Steigungen von 32 Fufs pro engl. Meile doppelt so groß sein müßten, als auf Steigungen von 16 Fufs pro Meile. Im Zusammenhange hiermit wurden bei den in frühester Zeit erbauten Eisenbahnen bedeutende Summen zur Abtragung von Hügeln und Ausfüllung von Thälern verwendet, nur um die eingebildeten Uebelstände der Steigungen zweiter Klasse zu umgehen.

Sobald man aber weitere Erfahrungen gesammelt und die durchschnittlichen Betriebskosten pro Zugmeile auf mehreren verschiedenartig gebauten Eisenbahnen, deren Steigungen mannigfaltig variirten, untersucht und mit einander verglichen hatte, stellte es sich heraus, daß diese durchschnittlichen Betriebskosten auf allen Eisenbahnen fast dieselben blieben und daß sie ohne Rücksicht auf Steigungen und Curven gültig wären. Dieses unerwartete und scheinbar abnorme Resultat erklärt sich folgendermaßen:

1. Die Betriebs-Ausgaben lassen sich in folgende fünf Haupt-Abtheilungen zerlegen: *a)* obere Leitung und Verwaltung, *b)* Unterhaltung der Bahn und Bauwerke, *c)* Locomotivkraft, *d)* Betriebsmaterial und *e)* Ausgaben für die Stationen. Hiervon wird nur die ad *c* aufgeführte Locomotivkraft von der Beschaffenheit der Steigungen berührt, und sie beansprucht fast  $\frac{1}{3}$  sämmtlicher Betriebs-Ausgaben.

2. Die für die Locomotivkraft erforderlichen Ausgaben entstehen *a)* durch Reparaturen, *b)* durch Besoldungen und Löhne und *c)* durch die verwendeten Materialien, als Coaks, Schmiere, Oel und Wasser. Es ist klar, daß hiervon nur auf die letzten Ausgaben die Beschaffenheit der Steigungen von Einfluß sein kann.

3. Von dem überhaupt verbrauchten Feuerungs-Material wird  $\frac{1}{5}$  bis  $\frac{1}{4}$  zum Anfeuern und während des Stillstandes der Maschine verwandt, so daß nur etwa  $\frac{3}{4}$  davon für die Ueberwindung des Bewegungswiderstandes erforderlich und deshalb von der Beschaffenheit der Steigungen abhängig ist.

4. Von den vier Bewegungswiderständen (nämlich Reibung, Schwere, Stofs und Luftwiderstand) hat das Brennmaterial vorzüglich den Widerstand der Schwere zu überwinden, welcher nur von der Beschaffenheit der Steigungen und nicht von der Geschwindigkeit abhängig ist, während der Reibungswiderstand mit der Geschwindigkeit, und der Luftwiderstand mit dem Quadrate der Geschwindigkeit wächst. Obgleich der Widerstand auf der Ebene nur 8 Pfund pro Tonne beträgt und eine Steigung von 1:280 (bei geringen Geschwindigkeiten und demzufolge unbedeutendem Luftwiderstande) hinreicht, jenen Widerstand zu verdoppeln, so ereignet es sich in der Wirklichkeit, daß sogar bei einer Geschwindigkeit von nur 12 Meilen pro Stunde (der üblichen Güterzugs-Geschwindigkeit) der Widerstand auf horizontaler Bahn sich bis auf 10 Pfund pro Tonne vergrößert, und daß daher eine Steigung von 1:220 erforderlich ist, denselben zu verdoppeln, und eine Steigung von 1:110, um ihn zu verdreifachen. Ist der Widerstand bis auf 20 Pfund pro Tonne gewachsen (welcher bei Personenzug-Geschwindigkeit stattfindet), so ist eine Steigung von 1:112 erforderlich, um ihn zu verdoppeln, und von 1:56, um ihn zu verdreifachen.

5. In der Praxis besitzt eine Locomotive immer noch eine beträchtlich größere Zugkraft, als diejenige, welche erforderlich ist, um ihre durchschnittliche Ladung auf der Ebene fortzubewegen. Durch die für das Eisenbahnwesen in allerdings sehr früher Zeit, im Jahre 1840, angestellten Versuche ist erwiesen, daß eine Locomotive unter 20 Malen kaum ein Mal mit mehr als der Hälfte ihrer Zugkraft in Anspruch genommen wurde, und daß sie im Allgemeinen nur mit  $\frac{2}{3}$  ihrer vollen Kraft arbeitete. Dieser Ueberschuß ist constant geblieben; denn während Steigungen und Widerstand der Schwere dieselben sind, hat die Zahl der Züge zugenommen und ist das Gewicht der Locomotiven mindestens verdoppelt, wie sich auch ihre Leistungsfähigkeit in Betreff der Ueberwindung etwa vorkommender Steigungen sich mehr als verdoppelt hat. Auch der Dampfdruck hat bedeutend zugenommen und beträgt bis zu 200 Pfund auf den Quadratzoll. Bei dieser bedeutenden Vergrößerung der Locomotivkraft sind steile Steigungen verhältnißmäßig unwesentlich geworden.

6. Auch die beim Hinabfahren einer Steigung stattfindende Kraft-Ausgleichung muß in Betracht gezogen werden. Bei großen Geschwindigkeiten wächst der Luftwiderstand in größerem Maasse, als nach dem Quadrat der Geschwindigkeit, so daß dadurch der Beschleunigung durch die Schwerkraft das Gleichgewicht gehalten und eine mittlere Geschwindigkeit erreicht wird, welche noch innerhalb der Grenzen der Sicher-

heit sich befindet, den Gebrauch der Bremse unnöthig macht und in Gefällen von 1:88 keinerlei Kraftverlust bewirkt. In solchen Gefällen findet eine beträchtliche Ersparniß an Brennmaterial statt, und die Maschine hat nicht viel mehr zu leisten, als wenn sie still stände.

Steile Steigungen sind in der That von nur geringem Einfluß für Bahnen, welche nicht oft die zulässige Maximallast zu befördern haben, dagegen zur Bequemlichkeit des Publicums von vielen und dieserhalb gemeinhin leichten Zügen befahren werden. Unter solchen Umständen wird eine Verminderung in der Geschwindigkeit des Zuges auf einer vorkommenden steilen Steigung sich mit dem vermehrten Widerstande der Schwere ausgleichen, und für besonders schwere Züge kann eine zweite Maschine vorgelegt werden. Wenn jedoch auf großen Hauptbahnen beständig die zulässige Maximalladung mit großer Geschwindigkeit zu befördern ist, oder wenn Bahnen einen schweren und dauernden Kohlen- oder Mineralien-Verkehr zu gewältigen haben, so werden diese Verhältnisse schwache Steigungen für die Locomotivkraft sehr erwünscht machen.

Stärkere Steigungen als 1:100 sind oft unvermeidlich, namentlich wenn beim Ersteigen der Gipfelpunkte der dafür anzulegende Tunnel eine zu große Länge beanspruchen würde. So erreicht z. B. die caledonische Eisenbahn ihren höchsten Punkt durch eine 10 engl. Meilen lange Steigung von 1:75, welche durch gewöhnliche Locomotiven von nur mäßigem Gewicht — 23 Tons pro Maschine und 12 Tons pro Tender, mit 17 zölligem Cylinder und 22 Zoll Hub — befahren wird. Eine Maschine dieser Art ist im Stande, auf dieser Steigung 25 Wagen von 150 Tons Bruttogewicht mit einer Geschwindigkeit von 15 engl. Meilen in der Stunde zu befördern, während zwei eben solche Maschinen nur 250 Tons hinaufziehen. Dies zeigt zugleich, welchen Vortheil in solchen Fällen eine einzige schwere Maschine im Vergleich mit zwei leichtern gewährt.

Für Gebirgs-Eisenbahnen sind steile Steigungen meistens unvermeidlich. Die Great-Indias-Peninsular-Eisenbahn hat auf 14 bis 15 engl. Meilen ein durchschnittliches Gefälle von 1:48, und im Maximum 1:37; die Wien-Triester Bahn überschreitet die Norischen Alpen auf  $13\frac{1}{4}$  engl. Meilen Länge mit einem durchschnittlichen Gefälle von 1:47 und mit einem Maximalgefälle von 1:40; die geneigte Ebene bei Giovi (Turin-Genuaer Eisenbahn) ist 6 engl. Meilen lang mit einem durchschnittlichen Gefälle von 1:36 und einem Maximalgefälle von 1:34. Die Baltimore- und Ohio-Eisenbahn überschreitet das Alleghany-Gebirge mit einer Steigung von 1:18, und einige Hundert Meilen weiter südlich in Virginien wird derselbe Gebirgsrücken von der amerikanischen Central-Eisenbahn mit ähnlichen Steigungen überschritten. Alle diese geneigten Ebenen werden mit Locomotiven betrieben, welche jedoch für jeden einzelnen Fall dazu eigens construirt sind.

Die auf der Semmering-Bahn verwandten Tender-Locomotiven wiegen incl. Tender ca. 53 Tons und befördern auf der Steigung von 1:40 Züge von 220 Tons Gewicht (incl. Locomotive und Tender) mit einer Geschwindigkeit von  $9\frac{1}{2}$  engl. Meilen in der Stunde. Die Zugkraft der Maschine ist hiernach 15070 Pfund oder  $\frac{1}{3}$  des adhärenen Gewichts. Der Total-Effect ist gleich 380 Pferdekräften, von denen 285 zum Bewegen des Zuges in Anspruch genommen werden, so daß auf die Tonne des Motors (Locomotive mit Tender)  $5,2$  Pferdekräfte kommen. Es werden stündlich für jede Pferdekräft 44 Pfund Wasser verdampft und 11 Pfund Holz (= 5 Pfund Steinkohle) verbraucht, wenn das Gewicht der Locomotive mit in Betracht gezogen wird; dagegen werden  $14,6$  Pfund Holz verbraucht, wenn die Maschine außer Betracht gelassen wird. Daher hebt 1 Pfund Holz 136000 Pfund 1 Fuß hoch, oder

82208 Pfund ebenfalls 1 Fuß hoch, wenn die Geschwindigkeit nicht berücksichtigt wird.

Die Locomotive enthält im Feuerraum 75 □ Fuß und in den 189 Feuerröhren von 2 Zoll Durchmesser und 15 Fuß 7 Zoll Länge 1585 □ Fuß Heizfläche, so daß die Gesamtheizfläche 1660 □ Fuß beträgt. Auf jede Pferdekraft kommen demnach  $5\frac{1}{5}$  □ Fuß Heizfläche (4,8 □ Fuß preuss.). Die Rostoberfläche ist gleich 12,6 □ Fuß oder  $\frac{1}{130}$  der Gesamtheizfläche. Vom Gesamtgewicht der Locomotive treffen  $13\frac{1}{2}$  Tons

auf die Vorderräder,  $12\frac{1}{4}$  Tons auf die mittleren und 13 Tons auf die Triebräder, also zusammen  $38\frac{3}{4}$  Tons auf die 3 Paar gekuppelte Räder. Die übrigen  $16\frac{1}{2}$  Tons waren gleichmäßig auf die 2 Hinterräder vertheilt, wurden jedoch später durch Achsen mit Zahnrädern dem adhären den Gewicht noch zugegeben. Der Cylinder-Durchmesser ist 18,7 Zoll, der Kolbenhub 25 Zoll und der Durchmesser der Räder 3 Fuß  $7\frac{3}{4}$  Zoll.

Die nachfolgende Tabelle giebt eine Zusammenstellung der von einigen Bergmaschinen gewonnenen Resultate.

|   | Semmering-Bahn.       | Schiefe Ebene bei Giovi. | Blue Mountain Ridge. | Locomotive von Norris. |
|---|-----------------------|--------------------------|----------------------|------------------------|
| Steigungsverhältniß   | 1 : 40                | 1 : 36                   | 1 : 20               | 1 : 14,6               |
| Kleinster Radius der Curven                                     | 627 Fuß               | 1320 Fuß                 | 234 Fuß              | .                      |
| Gewicht der den Zug bildenden Wagen                             | 165 Tons.             | 79,29 Tons.              | 43 Tons.             | .                      |
| Gewicht der Maschine mit Tender                                 | $55\frac{1}{4}$ Tons. | $55\frac{1}{4}$ Tons.    | 27 Tons.             | .                      |
| Geschwindigkeit in Meilen pro Stunde                            | $9\frac{1}{2}$        | 11                       | $7\frac{1}{2}$       | 5 (?)                  |
| Größte Zugkraft   | 15070 Pfd.            | 10184 Pfd.               | 10212 Pfd.           | .                      |
| Verhältniß der Zugkraft zum adhären den Gewicht                 | $\frac{1}{4}$         | $\frac{1}{10}$           | $\frac{1}{6}$        | $\frac{1}{4,15}$       |
| Effect in Pferdekraften   | 380                   | 300                      | 204                  | .                      |
| Vom Gesamt-Effect werden zum Bewegen des Zuges nutzbar gemacht  | 285                   | 177                      | 125,3                | .                      |
| Pferdekraften pro Tonne des Motors                              | 5,2                   | 3,2                      | 7,55                 | 7,5 (?)                |
| Für jede Pferdekraft wird stündlich an Brennmaterial verbraucht | 14 Pfd. Holz.         | 7,4 Pfd.                 | .                    | .                      |

Nachdem also die Widerstände in Betracht gezogen sind, welche durch die Reibung, Atmosphäre und durch die Schwerkraft auf Steigungen veranlaßt werden, soll nunmehr der Einfluß, welchen Curven ausüben, so wie die durch selbige etwa herbeigeführte Gefahr des Entgleisens näher beleuchtet werden.

Es wurden in der Kindheit der Locomotive die durch die gelegentliche Ausführung von Curven mit kleinem Radius herbeigeführten Uebel sehr überschätzt und werden es in Europa auch jetzt noch. Wiederum sind es die Amerikaner gewesen, welche bei ihrem 36000 Meilen langen Eisenbahnnetze Curven mit kleinen Radien überall ohne Bedenken angewendet haben, wenn sie dadurch in den Anlagekosten Ersparnisse herbeiführen konnten. Es ist eine unrichtige Annahme, daß Curven von mälsigem Radius durchaus in nachtheiliger Weise auf die Vergrößerung der Gefahr und der Kosten des Eisenbahn-Transportes oder der Abnutzung des Oberbaues hinwirken. Im Gegentheil hat eine Linie, welche genugsam gekrümmt ist, um die Einwirkung der Centrifugalkraft entschieden zur Geltung kommen zu lassen, einen positiven und sehr beträchtlichen Vorzug vor einer vollkommen geraden Eisenbahn-Linie, bei deren schnellem Durchfahren die Fahrzeuge immer das Bestreben haben werden, von Seite zu Seite zu schwanken, gleich einem Schiffe, das gerade vor dem Winde und ohne irgend welchen seitlichen Druck auf die Segel fährt. Wie sehr die ausgleichenden Wirkungen der Centripetal- und Centrifugalkraft einer im Zustande der Bewegung befindlichen Materie Beharrlichkeit verleihen, ist genügend bekannt. Ein Beispiel hierzu giebt sowohl der Brummkreisel des Kindes, die Büchsenkugel, der Circus, wie auch die Umdrehung der Erde um die Planetenbahn.

In der That ist der Lauf eines Eisenbahnwagens auf vollkommen gerader Eisenbahn nicht eine gerade Linie, indem für unvorhergesehene Unregelmäßigkeiten immer zwischen Schiene und Spurkranz ein Zwischenraum gelassen wird, welcher bei schmalspurigen Bahnen und bei neuen Rädern und Schienen  $\frac{7}{8}$  Zoll oder 0,016 der Spurweite beträgt, dagegen, wenn beide abgenutzt sind, bis auf  $1\frac{3}{8}$  Zoll oder 0,029 der Spurweite steigt. Auf breitspurigen Bahnen ist dieser Spielraum sowohl absolut, wie relativ geringer, nämlich nur  $\frac{1}{2}$  Zoll oder 0,006 der Spurweite. In demselben Verhältniß müßte der Spielraum bei schmalspurigen Bahnen nur  $\frac{1}{3}$  Zoll betragen.

Die durch einen großen Spielraum herbeigeführten Seitenschwankungen üben in Verbindung mit der conischen Form der Räder einen schleifenden und sehr zerstörenden Einfluß auf die Schienen, während in scharfen Curven gerade in Folge des Spielraums und der conischen Radform die Wagen ohne jene schleifende Einwirkung auf die Schienen geführt werden. Daher ist es wünschenswerth, in geraden Linien diesen Spielraum so gering als nur möglich zu machen; und wenn  $\frac{1}{2}$  Zoll bei einer Spur von 7 Fuß als ausreichend befunden ist, so müßte für schmale Spur  $\frac{1}{3}$  Zoll vollkommen genügen, namentlich wenn eiserne Schwellen zur Anwendung kommen, oder wenn Fuß- oder Brückenschienen auf Querschwellen in durch Maschinen ausgehobelte Vertiefungen (wie dies in Irland gebräuchlich) gelegt werden. Allerdings wird jedoch bei den in England üblichen Stuhlschienen der Strang sich schwerlich so genau legen lassen, daß  $\frac{1}{3}$  Zoll Spielraum für die unvermeidlichen Unregelmäßigkeiten ausreicht.

Andererseits ist es wünschenswerth, in Curven den Spielraum größer als in gerader Bahn zu nehmen; denn hier überwiegt der Einfluß der Centrifugalkraft alle jene Vortheile, welche ein enges Spurmaas für gerade Strecken hat. Für Curven sollte daher der Spielraum nicht unter 1 Zoll betragen. Am geeignetsten ist die in Amerika gebräuchliche Art der Bezeichnung von Curven. Man nennt sie im Allgemeinen, je nach ihrer Beschaffenheit, einfache, zusammengesetzte oder verkehrte, und im Besondern nach dem Centriwinkel, der durch eine Sehne gebildet wird, deren zugehöriger Bogen eine Länge von 100 Fuß (die Länge von 1 chain) hat. Der mit einem Radius von 5730 Fuß beschriebene Kreis hat einen Umfang von 36000 Fuß, und da der Mittelpunktswinkel des Kreises  $360^\circ$  hat, so ist in diesem Falle der zu einem Bogen von 100 Fuß gehörige Winkel =  $1^\circ$  und die Curve wird als eine Curve von  $1^\circ$  bezeichnet. Gleicherweise ist in einem Kreise mit 2865 Fuß Radius ( $\frac{1}{2} \cdot 5730$ ) der dem Bogen von 100 Fuß Länge entsprechende Mittelpunktswinkel =  $2^\circ$ , und die Curve wird dann genannt Curve von  $2^\circ$ , u. s. w.

Der Abweichungswinkel einer Curve wird demnach gefunden, indem man 5730 durch den Radius derselben (in Fußsen) dividirt. M. Latrobe's ausgedehnte Versuche haben nun ergeben, daß, wenn den äußeren Schienen die den Curven entsprechende Ueberhöhung gegeben ist, jeder Grad des Ab-

weichungswinkels auf 100 Fufs Länge der Curve bei Personenzugs-Geschwindigkeiten einen Kraftverlust verursacht, der gleich dem auf einer Steigung von  $1\frac{1}{4}$  Fufs pro Meile (1:4224) ist. Z. B. eine Curve von  $1^\circ$  oder 5730 Fufs Radius ist gleich einer Steigung von  $1\frac{1}{4}$  Fufs pro Meile, eine Curve von  $2^\circ$  gleich einer Steigung von  $2\frac{1}{2}$  Fufs pro Meile (1:2112), und eine Curve von  $8^\circ 45'$  oder von 655 Fufs Radius gleich einer Steigung von  $10,9$  Fufs pro Meile (1:484,4).

Die Uebelstände unrichtiger Krümmungen sind zweierlei Art: sie vermehren den Widerstand und ebenso die Gefahr des Entgleisens. Folgendes sind die vier Hauptursachen für Vermehrung des Widerstandes in Curven:

1. Die schiefe Richtung der bewegenden Kraft. — Dieser Widerstand ist jedoch von nur geringem Betrage und wird zum gröfseren Theile durch die Einwirkung der Centrifugalkraft auf den Zug wieder aufgehoben.

2. Die durch die Achsen bedingte Reibung, welche parallel sind, anstatt nach dem Mittelpunkt der Curve zu convergiren. — Dieser von de Pambour näher erforschte Widerstand ist so unbedeutend, dafs er für Curven von 15 chains (80,1 Rth. preufs.) Radius vernachlässigt werden kann. Derselbe vermindert sich auch in dem Maafse, als der Spielraum gröfser, die Spurweite schmaler wird, und auch dann, wenn die Achsen näher an einander gerückt werden oder wenn die Wagen, wie in Amerika üblich, auf 2 Truckgestelle gesetzt werden.

3. Die durch die Centrifugalkraft erzeugte Reibung zwischen Spurkranz und äufserer Schiene. — Dieselbe kann innerhalb gewisser Grenzen durch die conische Form der Räder vollständig beseitigt werden, und durch Ueberhöhung der äufseren Schiene, wenn jene Grenze überschritten ist. Durch beide Mittel erhält der Wagen das Bestreben, sich nach dem Mittelpunkt der Curve zu bewegen, bis die Centripetalkraft der Schwere mit der Centrifugalkraft im Gleichgewicht ist.

4. Die Reibung, welche durch das Gleiten der Räder auf den Schienen entsteht. — Da jedes Radpaar auf ein und derselben Achse befestigt ist, so mufs das äufsere Rad einen gröfseren Weg zurücklegen als das innere, und da beide Räder gleichen Durchmesser haben, so mufs das eine gleiten, und zwar so viel, als die Differenz in der Länge der äufseren und inneren Schienen der Curven beträgt. Um diesen Widerstand zu verringern, werden die Räder conisch gemacht, und indem die Centrifugalkraft das äufsere Rad gegen die äufsere Schiene drängt, läuft dasselbe auf seinem gröfsten Durchmesser, während das innere Rad von der inneren Schiene abgedrängt wird und so auf seinem kleineren Durchmesser läuft. De Pambour hat nachgewiesen, dafs bei einer Geschwindigkeit

von 20 Meilen in der Stunde und bei einer Conicität von  $\frac{1}{7}$  (wie dieselbe zu jener Zeit gebräuchlich war) das Rad ohne irgend welches Gleiten und ohne Gefahr des Entgleisens eine Curve von 592 Fufs durchlaufen kann, und dafs selbst keine Berührung zwischen Radflansch und äufserer Schiene stattfindet. Seit jener Zeit ist jedoch die Conicität von  $\frac{1}{7}$  auf  $\frac{1}{10}$ ,  $\frac{1}{20}$ ,  $\frac{1}{30}$ , und selbst bis auf  $\frac{1}{40}$  ermäßigt; in England allgemein üblich ist jedoch  $\frac{1}{20}$  bis  $\frac{1}{30}$ , und namentlich das erstere Verhältnifs.

Der kleinste Radius, welcher noch ohne Gefahr des Entgleisens zulässig, ist demnach abhängig vom Grade der Conicität der Räder, von der Spurweite und von dem auf jeder Seite zwischen Radflansch und Schiene gestatteten Spielraum. Derselbe wird folgendermafsen erhalten: „Man dividire die Breite des Rad-Tyre durch die Differenz der Durchmesser der inneren und äufseren Seiten des Tyre, multiplicire den Quotient mit dem Raddurchmesser und mit dem Abstände zwischen den beiden Schienen, und dividire das also erhaltene Product durch den zweimaligen Spielraum, welcher auf jeder Seite zwischen Radflansch und Schiene gestattet ist (wobei alle Dimensionen in Fufs genommen werden). Der Quotient giebt den kleinsten noch zulässigen Radius in Fufs“. Durch Anwendung dieser Regel findet man, dafs bei einer Conicität des Rades oder bei einer Stürzung der Schienen von  $\frac{1}{20}$  der kleinste Radius für schmale Spur 1692 Fufs, für breite Spur 2520 Fufs, bei einer Stürzung der Schienen von  $\frac{1}{30}$  der kleinste Radius für schmale Spur 2538 Fufs, für breite Spur 3780 Fufs ist, wobei in jedem Falle das Spiel der Flanschen zwischen den Schienen 1 Zoll beträgt.

Wenn jedoch auf der Bahn Curven mit einem kleineren Radius, als dem durch obige Regel bestimmten, vorkommen, so wird es nothwendig, die äufsere Schiene um einen gewissen Betrag zu überhöhen, welcher vom Radius der Curve und der Geschwindigkeit des Zuges abhängig ist und durch folgende Regel gefunden wird:

„Man subtrahire den Radius der Curve vom kleinsten noch zulässigen Radius, welcher durch die oben gegebene Regel gefunden ist, dividire den verbleibenden Rest durch den Radius der Curve und durch den kleinsten zulässigen Radius, multiplicire den Quotienten mit der Weite zwischen den Schienen, ferner mit dem Quadrat der Geschwindigkeit des Zuges (in Meilen pro Stunde) und mit 0,782, so giebt das Product in Zollen die Höhe, um welche die äufsere Schiene höher zu legen ist, als die innere.“

Als Beispiel für die Anwendung dieser Regel ist die nachfolgende Tabelle zusammengestellt, in welcher der zulässige Spielraum mit 1 Zoll angenommen ist.

| Radius der Curven. | Schmale Spurweite.  |      |      |      |      |      |      | Grofse Spurweite.                     |      |      |      |       |       |       |
|--------------------|---|------|------|------|------|------|------|---------------------------------------|------|------|------|-------|-------|-------|
|                    | 12  | 15   | 20   | 25   | 30   | 35   | 40   | 12                                    | 15   | 20   | 25   | 30    | 35    | 40    |
|                    | Meilen Geschwindigkeit in der Stunde.   |      |      |      |      |      |      | Meilen Geschwindigkeit in der Stunde. |      |      |      |       |       |       |
|                    | Bei einer Conicität der Räder oder Stürzung der Schienen von $\frac{1}{20}$ . |      |      |      |      |      |      |                                       |      |      |      |       |       |       |
| 528 Fufs           | 0,68  | 1,07 | 1,90 | 2,97 | 4,28 | 5,82 | 7,49 | 2,06                                  | 3,24 | 5,74 | 8,99 | 12,95 | 17,63 | 23,03 |
| 660 -              | 0,48  | 0,76 | 1,35 | 2,50 | 3,04 | 4,13 | 5,40 | 0,88                                  | 1,37 | 2,44 | 3,81 | 5,49  | 7,47  | 9,76  |
| 990 -              | 0,21  | 0,34 | 0,60 | 0,94 | 1,36 | 1,85 | 2,41 | 0,48                                  | 0,75 | 1,33 | 2,08 | 3,00  | 4,08  | 5,33  |
| 1320 -             | 0,08  | 0,13 | 0,23 | 0,36 | 0,52 | 0,70 | 0,92 | 0,28                                  | 0,43 | 0,78 | 1,22 | 1,75  | 2,39  | 3,12  |
| 1650 -             | 0,006   | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,04 | 0,05 | 0,07 | 0,16                                  | 0,25 | 0,44 | 0,70 | 1,01  | 1,37  | 1,79  |
| 1980 -             | .   | .    | .    | .    | .    | .    | .    | 0,08                                  | 0,12 | 0,22 | 0,35 | 0,51  | 0,70  | 0,91  |
| 2310 -             | .   | .    | .    | .    | .    | .    | .    | 0,02                                  | 0,03 | 0,07 | 0,11 | 0,15  | 0,21  | 0,28  |
| 2640 -             | .   | .    | .    | .    | .    | .    | .    | .                                     | .    | .    | .    | .     | .     | .     |
|                    | Bei einer Conicität der Räder oder Stürzung der Schienen von $\frac{1}{30}$ . |      |      |      |      |      |      |                                       |      |      |      |       |       |       |
| 528 Fufs           | 0,79  | 1,24 | 2,20 | 3,44 | 4,96 | 6,75 | 8,81 | 2,18                                  | 3,40 | 6,03 | 9,46 | 13,62 | 17,84 | 24,22 |
| 660 -              | 0,58  | 0,92 | 1,63 | 2,50 | 3,68 | 5,00 | 6,54 | 0,98                                  | 1,53 | 2,73 | 4,27 | 6,15  | 8,38  | 10,95 |
| 990 -              | 0,32  | 0,50 | 0,88 | 1,29 | 2,00 | 2,72 | 3,55 | 0,59                                  | 0,91 | 1,63 | 2,55 | 3,67  | 4,99  | 6,52  |
| 1320 -             | 0,19  | 0,30 | 0,53 | 0,83 | 1,20 | 1,63 | 2,13 | 0,39                                  | 0,60 | 1,07 | 1,68 | 2,42  | 3,24  | 4,31  |
| 1650 -             | 0,10  | 0,17 | 0,30 | 0,47 | 0,68 | 0,92 | 1,20 | 0,26                                  | 0,42 | 0,74 | 1,16 | 1,68  | 2,28  | 2,98  |
| 1980 -             | 0,05  | 0,09 | 0,16 | 0,25 | 0,36 | 0,49 | 0,64 | 0,19                                  | 0,29 | 0,52 | 0,82 | 1,18  | 1,61  | 2,10  |
| 2310 -             | 0,01  | 0,03 | 0,05 | 0,08 | 0,12 | 0,16 | 0,21 | 0,13                                  | 0,20 | 0,36 | 0,57 | 0,82  | 1,12  | 1,37  |
| 2640 -             | .   | .    | .    | .    | .    | .    | .    | 0,09                                  | 0,14 | 0,24 | 0,39 | 0,56  | 0,76  | 0,99  |

Die nachfolgende Tabelle giebt den Widerstand an, welcher zufolge der Versuche Latrobe's durch Curven von 200 Fufs bis 5730 Fufs Radius verursacht wird, wenn die äufsere Schiene in entsprechender Weise überhöht ist.

| Radius in         |                 | Abweichungswinkel<br>der Curve. | Der Widerstand ist<br>gleich dem<br>auf einer Steigung<br>von |
|-------------------|-----------------|---------------------------------|---|
| Ruthen<br>preufs. | Fuſsen<br>engl. |                                 |   |
| 463,56            | 5730            | 1° 0' 0"                        | 1: 4224   |
| 427,15            | 5280            | 1 5 0                           | 1: 3900   |
| 400,46            | 4950            | 1 10 0                          | 1: 3600   |
| 373,76            | 4620            | 1 15 0                          | 1: 3379   |
| 347,06            | 4290            | 1 20 0                          | 1: 3168   |
| 320,36            | 3960            | 1 30 0                          | 1: 2816   |
| 293,67            | 3630            | 1 35 0                          | 1: 2667   |
| 271,82            | 3360            | 1 45 0                          | 1: 2413   |
| 240,27            | 2970            | 1 55 0                          | 1: 2203   |
| 213,58            | 2640            | 2 10 0                          | 1: 1949   |
| 186,88            | 2310            | 2 25 0                          | 1: 1747   |
| 160,18            | 1980            | 2 55 0                          | 1: 1448   |
| 133,49            | 1650            | 3 25 0                          | 1: 1236   |
| 106,79            | 1320            | 4 15 0                          | 1: 993  |
| 80,09             | 990             | 5 45 0                          | 1: 734  |
| 53,39             | 660             | 8 45 0                          | 1: 482  |
| 42,72             | 528             | 10 50 0                         | 1: 389  |
| 26,69             | 330             | 17 0 0                          | 1: 248  |
| 16,02             | 198             | 28 10 0                         | 1: 149  |

Nach den Versuchen des Dr. Lardner ist der in Curven von 1 Meile Radius stattfindende Widerstand zu gering, um auch nur annäherungsweise angegeben zu werden, und nach Vorstehendem können Curven mit viel kleinerem Radius, als auf irgend einer englischen Linie vorkommen, ohne wesentlichen Kraftverlust ausgeführt werden, sobald nur die äufsere

Schiene die entsprechende Ueberhöhung erhält. Die Gefahr des Entgleisens ist in solchen Curven eben so unwesentlich, als der vermehrte Widerstand, weil beide in derselben Ursache ihren Grund haben, nämlich in dem Ueberschufs der Centrifugalkraft, welcher durch eine geeignete Ueberhöhung der äusseren Schiene nicht im Gleichgewicht erhalten wird.

Auch die Erfahrung hat gezeigt, dafs in England Curven von 660 Fufs und selbst 462 Fufs Radius auf Linien mit grossem Verkehr ohne besondere Schwierigkeiten in Anwendung gekommen sind, und dafs in Amerika Curven von 314 Fufs Radius mit Geschwindigkeiten von 15 Meilen in der Stunde, und Curven von 231 Fufs Radius mit geringerer Geschwindigkeit durchfahren werden. Dabei zeigen die jährlichen Berichte über Unfälle sowohl in England wie Amerika nur äusserst wenig Unfälle, die in Folge scharfer Curven entstanden sind. Es dürften daher Curven von 660 Fufs Radius unter allen Umständen noch zulässig sein.

Die Sicherheit eines Zuges wird wesentlich mehr afficirt, wenn die Entfernung zwischen den Schienen oder die Neigung derselben sich nicht gleich bleibt, oder wenn die Schienen, aufser in Curven, in verschiedener Höhe liegen. In Bezug auf genaue Einhaltung der Spurweite und der Neigung der Schienen würde ein durchweg eiserner Oberbau vor dem mit Holzschwellen den Vorzug verdienen, weil bei Anwendung von Eisen die einzelnen Theile sich genauer und sorgfältiger vereinigen lassen. Jedenfalls müfste auf Legung des Oberbaues mehr Sorgfalt als bisher verwandt werden, und kann hierfür Preussen als Beispiel aufgestellt werden, woselbst grosse Sorgfalt auf Legung des Oberbaues und richtige Ueberhöhung der Schienen in Curven verwendet wird.

## Bemerkungen über Akustik, mit Bezug auf öffentliche Bauwerke in den Vereinigten Staaten und in England.

(Nach englischen Quellen.)

Bereits im Jahre 1854 hatte Herr J. Henry in einer Versammlung der American Association einige Bemerkungen über die Principien der Akustik vorgetragen, welche bei dem damals beabsichtigten Bau des Smithsonian-Instituts für den darin befindlichen grossen Hörsaal zur Anwendung kommen sollten. Inzwischen ist der Saal vollendet und seit mehreren Wintern für öffentliche Vorlesungen bei einem grossen Auditorium benutzt worden. Die zum Zweck des guten Hörens und Sehens getroffenen Einrichtungen haben sich dabei so vortrefflich gezeigt und allen Erwartungen, welche man bei Anfertigung des Entwurfs in dieser Beziehung hegte, so sehr entsprochen, dafs Herr J. Henry dadurch veranlaßt worden, seine Beobachtungen und Principien über die Akustik in Rücksicht auf die Construction öffentlicher Gebäude in einem ausführlichen Berichte niederzulegen, dem wir zunächst das Nachstehende entnehmen.

Der Präsident der Vereinigten Staaten hatte schon früher den Capitain Meigs beauftragt, mit dem Prof. Bache und Herrn J. Henry wegen der akustischen Verhältnisse der Neubauten am Capitol in Berathung zu treten. Zu dem Ende wurden zuerst die Eigenthümlichkeiten des gegenwärtigen Sitzungs-Saales der Repräsentanten näher untersucht. Es ist dieses nämlich in akustischer Hinsicht einer der ungünstigsten Räume, den es geben kann, und jedenfalls war es von Wichtigkeit für etwaige Verbesserungen bei Anordnung neuer Räume, die Ursachen der ungemeynen Schall-Verwirrung, welche während der Debatte in jenem Raume herrscht, zu ergründen. Ferner wurden die Hauptkirchen und Säle in Philadelphia, New-York und Boston untersucht und die Eigenthümlichkeiten derselben

benutzt, um zur Zusammenstellung einiger wohlbegründeten Principien über den Schall zu dienen, welche sodann bei der Erbauung des oben gedachten Hörsaals benutzt worden sind. Um dieselben jedoch allgemein für die Construction öffentlicher grosser Säle anwenden zu können, bedurfte es noch einer Reihe anderweitiger Untersuchungen und Experimente.

In jedem kleinen Raume hat es keine Schwierigkeiten, überall gut gehört zu werden; in einem grossen Saale indessen ist es, wenn nicht von vorn herein bei dem Bauplan auf akustische Principien Rücksicht genommen ist, nicht leicht und sogar in den meisten Fällen unmöglich, den gewünschten Erfolg zu erzielen. Dasselbe gilt ja auch in Bezug auf die Erleuchtung, Heizung und Ventilation, so wie in Bezug auf alle anderen speciellen Zwecke, denen ein besonderes Gebäude dienen soll.

Während nun der Schall in seinen Analogieen mit dem Lichte und in seinen abstracten Principien in den letzten fünfzig Jahren mit grossem Erfolge untersucht und ergründet worden, sind nur wenige erfolgreiche Versuche zur Anwendung dieser Principien für praktische Zwecke gemacht worden. Wenn wir im Allgemeinen auch einen klaren Begriff von der abstracten Thätigkeit eines Naturgesetzes haben, so gehen doch oft bei veränderten Bedingungen und vervielfachten Einwirkungen die Resultate über das Reich unserer Logik hinaus, und wir sind gezwungen, an Experimente und Beobachtungen zu appelliren und nicht blos bei den logischen Consequenzen zu verharren. Obgleich wir ferner die Art und Weise kennen mögen, in welcher eine gegebene Ursache einen bestimmten

Effect hervorbringt, so werden wir doch in allen einzelnen Fällen das Maafs dieses Effects unter den gegebenen Bedingungen noch speciell festzusetzen haben.

Die Wissenschaft der Akustik erfordert in ihrer Anwendung für bauliche Zwecke, vielleicht mehr als irgend eine andere Wissenschaft, eine Verbindung der theoretischen Principien mit Erfahrungs- und Versuchs-Resultaten. Während auf der einen Seite die einfachen Deductionen akustischer Principien unsicher sind wegen mangelnder Kenntniss der Constanten, die unsere Formeln enthalten, bleiben auf der andern Seite empirische Daten für sich ganz allein ebenfalls durchaus unzuverlässig. Davon wird Jeder sich überzeugen können, der die verschiedenen von sogenannten „Praktikern“ geschriebenen Werke über Akustik einer näheren Untersuchung unterwirft.

Der Schall ist eine Bewegung der Materie, die im Stande ist, in unserem Ohr die diesem Organ eigenthümliche Empfindung hervorzurufen. Es ist dies nicht in allen Fällen eine Bewegung der Luft, es bleibt diese vielmehr bei mannigfachen Schall-Erregungen ganz ausser Betracht, beispielsweise in dem Falle, wo der Ton einer Stimmgabel lediglich vermittelt eines Stückchens Holz auf unsere Zähne übergeleitet wird. Wird der Schall nur durch einen einzelnen Impuls hervorgerufen oder durch nahezu einen einzelnen Impuls, so nennen wir ihn Knall, bei einer anhaltenden Reihe von Impulsen Schall schlechtweg, oder auch Geräusch, und wenn die Impulse sich gleichmäfsig folgen (regelmäfsig aufeinander folgende, einander gleiche Schallwellen erzeugen) einen (musikalischen) Ton. Man erläutert dies praktisch leicht durch ein gezahntes Rad, gegen dessen Zähne eine Feder wirkt. Der Impuls oder die akustische Wirkung eines Zahnes, gegen den bei der Umdrehung die Feder wirkt, ist ein Knall, die Wirkung mehrerer hintereinander bewegter Radzähne ein Geräusch, und, wenn alle Zähne des Rades gleich grofs sind und das Rad mit gleichmäfsiger Geschwindigkeit umgedreht wird, ein Ton. Jede dieser Schallwirkungen wird auch durch die menschliche Stimme hervorgebracht, doch laufen sie hier anscheinend ineinander. Gewöhnlich vernehmen wir beim Sprechen eine Reihe unregelmäfsiger Schallwirkungen von kurzer Dauer; jede Sylbe jedoch ist ein Ton von merkbarer Dauer, und jedes mehrsylbige Wort oder jeder Satz eine Verbindung solcher Töne (d. h. Schallwirkungen). Es ist wahrhaft erstaunlich, wie das Ohr, einer schnellen Unterhaltung lauschend, in dem Zeitraum einer Secunde so zahlreiche Schallwirkungen einzeln aufnehmen und zum Bewusstsein unseres Geistes bringen kann.

Klar ist, dafs jede Schallwirkung, um einen merkbaren Eindruck auf unser Ohr zu machen, einer gewissen Kraft und einer gewissen Zeitdauer bedarf; aber zweifelhaft bleibt, ob die Einwirkung solchen Schalles auf unser Ohr merkbar länger dauert, als der Schall oder der Impuls selbst. Gewifs wird dies jedoch nicht länger als ein Zehnthel einer Secunde betragen, denn wäre dies der Fall, so ist nicht einzusehen, weshalb die menschliche, articulirte Sprache, die uns so vorwiegend von den Thieren unterscheidet, nicht das Ohr mit einem monotonen Gesumse erfülle. Fragen wir, ob das Ohr nach der empfangenen Schallwirkung noch fortfahre zu vibriren, oder ob der Eindruck des Schalls noch eine gewisse Zeit dem „Sensorium“ verbleibe: so steht soviel fest, dafs kein Schall in unserem Ohre jemals nur ganz und gar augenblicklich ist, vorzüglich in geschlossenen Räumen. Jede, auch die kleinste Schallwirkung erregt ein Vor- und Rückwärts-, Auf- und Abwärts-Bewegen der Atome (Wellenbewegung), und der Eindruck wirkt nicht blos gegen unser Ohr, sondern gegen alle anderen im Umkreise befindlichen Körper, die alle wiederum neue Mittelpunkte für den reflectirten Schall werden.

Der von einer einzelnen Wirkung hervorgerufene Schall strebt in gleichmäfsig elektrischer Luft sich gleichmäfsig nach allen Seiten hin zu verbreiten, und wenn auch der Luft nur nach einer Seite hin ein Schall-Impuls gegeben wird, so findet doch eine Verbreitung nach allen Seiten hin Platz; nur ist sie intensiver in der Richtung jenes Impulses. Der durch das Platzen einer Sauerstoffblase erregte Schall verbreitet sich gleichmäfsig nach allen Richtungen, ein Kanonenschufs wird aber in der Richtungslinie der Kanone am lautesten gehört. So auch wird der Redner vor sich besser gehört, als in gleichem Abstände hinter sich. Viele Experimente sind in dieser Beziehung angestellt worden. In einem Kreise von 100 Fufs Durchmesser stand der Redner in der Mitte, und die Hörer nach und nach in verschiedenen Punkten des Umkreises. Hierbei ergab sich, dafs der Redner klar und deutlich dort gehört wurde, wohin sein Gesicht gewendet war, allmählig abnehmend weniger zu beiden Seiten, und im Rücken fast gar nicht. Die Abstände, in welchen der Redner nach den verschiedenen Richtungen hin gleich gut gehört wurde, ergeben sich zu 100 Fufs in der Front, 75 Fufs zu den Seiten und 30 Fufs im Rücken. Nach diesen Zahlen wäre ein Auditorium im offenen Felde zu placiren. Für einen geschlossenen Raum jedoch, wo namentlich eine reflectirende Wand sich hinter dem Redner befindet, ist dies noch nicht maafsgebend.

Eine Schallwirkung braucht zu ihrer Verbreitung eine gewisse Zeit, und hängt diese ab von der Beschaffenheit der Materie, durch welche sich dieselbe verbreitet, nämlich von der Fähigkeit der Atome zur Repulsion (der Elasticität) und der spezifischen Reinheit des Mediums. Wenn das Medium vollkommen rein wäre, so würde sich der Schall augenblicklich verbreiten. Je schwächer die Repulsionskraft der Atome ist, desto mehr Zeit erfordert die Beförderung des Schalles, oder um es anders auszudrücken, je schwerer die Atome, desto mehr Zeit erfordert eine gegebene Kraft, um in ihnen eine gegebene Gröfse der Bewegung zu erzielen. Der Schall ferner wird, wenn er in der Richtung seiner Bewegung ein Hindernifs trifft, nach denselben Gesetzen wie das Licht reflectirt: der Einfalls-Winkel ist dem Ausfalls-Winkel gleich. Es scheint jedoch, als ob die Tendenz eines einzelnen Schallstrahls, sich auch allseitig etwas zu verbreiten, gröfser sei, als die eines einzelnen Lichtstrahls. Bei allen Reflexionen eines Schallstrahls, die nicht viel von einem rechten Winkel abweichen, bleibt das Gesetz aber annähernd genau. Hieraus entwickeln sich die Bedingungen des Echos. Kennt man die Geschwindigkeit des Schalls, so ist es eine leichte Sache, den Zeitraum zu berechnen, innerhalb welches ein Echo an einem bestimmten Punkte eintreffen mufs. Jene Geschwindigkeit beträgt bei 60 Grad Fahrenheit 1125 Fufs engl. in einer Secunde\*). Stehen wir deshalb in der Hälfte dieser Distanz vor einer Mauer, so wird uns das Echo eines von uns ausgehenden Schalles in gerade einer Secunde treffen. Allgemein bekannt ist nun, dafs wir von einer ganz nahe vor uns liegenden Mauer kein Echo vernehmen. Nichtsdestoweniger ist es stets vorhanden, und es folgt nur daraus, dafs unser Ohr zwischen den beiden aufeinander folgenden gleichen Schallwirkungen nicht unterscheiden kann. Es kommt nun darauf an, durch Versuche die Grenze der Entfernung, in welcher man noch ein Echo unterscheiden kann, zu ermitteln, und daraus die Zeit zu finden, welche zwischen zwei verschiedenen Lauten liegen mufs, damit dieselben noch

\*) d. i. bei 13 Grad Réaumur circa 1091 Fufs preufs. — Die im Jahre 1822 von dem Personal des Bureau des longitudes bei Paris in Gegenwart der Herren Arago, Prony, Matthieu, Humboldt, Gay-Lussac und Bouvard ausgeführten Versuche zur Bestimmung der Schall-Geschwindigkeit ergeben 340,88 Meter oder 1084 Fufs preufs. bei einer Luft-Temperatur von 16 Graden.  
H.

unterschieden werden können. Es ist dies offenbar ein sehr wichtiges Element für die Construction der Gebäude, und es sind deshalb die hierüber angestellten Versuche mit einem bedeutenden Aufwande von Genauigkeit gemacht worden. Sie wurden an der westlichen Mauer des Smithson-Gebäudes ausgeführt, indem man anfangs aus einer größeren Entfernung ein Echo erregte und dann, immer weiter gegen die Mauer vorrückend, den Punkt fand, wo die sinnliche Wahrnehmung eines Zeitunterschiedes zwischen dem ersten Schall und dem Echo aufhörte. Dieser Punkt, sein Abstand von der genannten Mauer, wurde die Grenze der räumlichen Vernehmbarkeit eines Echos genannt, aus der sich dann durch Division mit der (halben) Schall-Geschwindigkeit die Grenze der zeitlichen Vernehmbarkeit ergab. Um die bei diesen Versuchen durch den Wiederhall des hervorragenden Gesimses vom Smithson-Gebäude entstandenen Ungenauigkeiten zu beseitigen, wurden nachher fernere Versuche an einer einzelnen ganz glatten 12 Fuß hohen Mauer angestellt, und hierbei sehr bestimmte und übereinstimmende Resultate erreicht.

Es ergab sich nun die Grenze der räumlichen Unterscheidbarkeit — mit ganz geringen durch die Intensität des Schalles \*) und die Schärfe der verschiedenen Ohren vielleicht veranlaßten Abweichungen — zu circa 35 Fuß, dem ungefähr  $\frac{1}{16}$  Secunde als Grenze der Zeit entspricht, in welcher unser Ohr zwei verschiedene auf einander folgende ähnliche Schallwirkungen deutlich unterscheiden kann. Es folgt hieraus, daß das Echo oder der reflectirte Schall den Eindruck des ursprünglichen Schalles auf unser Ohr verstärken oder schwächen kann, je nachdem die Zeitdifferenz zwischen den beiden Schallwirkungen größer oder geringer als die Grenze der Vernehmbarkeit ist. Die Anwendung dieses Principis giebt uns auch eine Erklärung für manches Schall-Phänomen, das anderweitig für geheimnißvoll gehalten. Wenn wir z. B. ein Echo vor dem Saume eines Waldes zu erwecken suchen, so wird jedes sonst zur Reflexion geeignete, bis zu einem Abstände von circa 30 Fuß rückwärts von der Front des Waldes gelegene Blatt ein bestimmtes Echo zu bewirken suchen, welches das eigentliche Haupt-Echo ausmacht, während alle anderen weiter zurückgelegenen Blätter, so weit sie noch in Betracht kommen, eine schwächere Fortsetzung des Echos, einen Wiederhall, veranlassen werden.

Wir sehen hieraus auch, daß die Anbringung von Holztäfelungen an den Wänden eines Zimmers, oder überhaupt die Anordnung mehrerer reflectirenden Flächen in verschiedenen Abständen, das Echo nicht aufhebt, sobald die betreffenden Flächen parallel untereinander und innerhalb der räumlichen Grenze der akustischen Unterscheidbarkeit von einander entfernt liegen.

Ein großer Vortheil von diesen akustischen Principien ist offenbar für die Anordnung einer reflectirenden Fläche hinter dem Sprecher zu erzielen. Häufig sehen wir in Kirchen hinter dem Prediger, als sollte die Stimme desselben absichtlich gemäßiget werden, große Draperieen angebracht, die, so wünschenswerth sie auch in ästhetischer Beziehung oft sein mögen, doch den akustischen Effect wesentlich beeinträchtigen.

Eine besondere Art von einer Schallwirkung bleibt noch zu besprechen, die in einer Verlängerung und Ausdehnung des (musikalischen) Tones besteht und die wir Wiederhall nennen; er ist weit öfter, als ein einzelnes Echo, die Ursache der Unverständlichkeit eines Redners. Der Wiederhall wird erzeugt

\*) Die Verschiedenheit der Intensität des Schalles ist für dessen Geschwindigkeit an und für sich ohne Einfluß, vielleicht aber von Einfluß auf die Schnelligkeit, womit unser Ohr denselben zur günstigen Auffassung bringt.

durch die wiederholte Reflexion eines Schalles von den Wänden eines Zimmers. Entsteht z. B. in der Mitte einer langen Halle mit nackten rechtwinkligen Mauern ein einzelner Knall, so verbreitet sich die Wirkung nach allen Seiten, wird von den Wänden zurückgeworfen, kreuzt sich wieder am Punkte ihres Ursprungs, geht zu den gegenüberliegenden Wänden, wird dort wieder zurückgeworfen und so fort so lange, bis die ursprüngliche Schallwirkung von den festen Begrenzungen der Mauer ganz verzehrt ist. Der Eindruck, den unser Ohr hierbei empfängt, ist von Anfang an der eines zusammenhängenden Wiederhalls, sobald die nächsten reflectirenden Umgrenzungsmauern innerhalb 35 Fuß von dem Ursprungsort des Schalles entfernt sind. Lassen wir eine Reihe von Schallwirkungen, wie sie z. B. durch das Anschlagen des gezahnten Rades gegen eine Feder sich ergeben, im Einklange mit den Echos wirken, so wird ein anhaltender musikalischer Ton der Effect sein. Vorausgesetzt, das gezahnte Rad wird genau mit einer solchen Geschwindigkeit gedreht, daß der Schlag der Feder gegen den zweiten Zahn erfolgt, wenn das Echo des Schlages gegen den ersten Zahn eintrifft, so verbindet sich der Schall des zweiten Schlages mit dem Echo des ersten ohne ein Intervall, ebenso der Schall des dritten Schlages mit dem Echo der beiden ersten und so fort, und es entsteht ein anhaltender Ton. Hieraus wird klar, daß ein jeder geschlossener Raum seine bestimmte musikalische Note hat, so daß jedes Instrument, was diese ertönen läßt, mit besonderer Stärke wiederhallt. Ebenso wird es klar, daß die Beständigkeit eines einzelnen Schalles und die Tendenz, in eine bestimmte Articulation überzugehen, von mehreren Bedingungen abhängt: zuerst von der räumlichen Größe des Zimmers, dann von der Stärke des Schalles oder der Intensität des ersten Schall-Impulses, drittens von der Lage der reflectirenden Flächen, und viertens von der Material-Beschaffenheit dieser Flächen.

In Bezug auf das Erstere ergibt sich leicht, daß, je größer das Zimmer und je später also der Schallstrahl in der Richtung seiner Axe auf eine Wand trifft, desto weniger oft der Schall durch Reflexion an den Wänden seine Stärke verliert, — wir nehmen an, daß dies ebenso bei der Reflexion des Lichts der Fall ist, — daß also beispielsweise in einem doppelt so großen Raum eine doppelt so große Zeit erforderlich ist, um die Wirkung eines Schalles ganz erlöschen zu machen, da die Schallgeschwindigkeit stets dieselbe bleibt.

Hinsichtlich der anderen Bedingung, der Stärke des Schalles, ist es klar, daß, weil dieselbe bei dem jedesmaligen Antreffen an eine reflectirende Fläche durch die unregelmäßigen und seitwärts abweichenden Reflexionen verliert, die Zeit zum vollständigen Erlöschen eines Schalles desto größer ist, je intensiver die ursprüngliche Stärke war. Die Wahrheit dieses Satzes wurde in den verschiedensten Räumen erprobt.

Was drittens die Lage und Stellung der reflectirenden Flächen in Bezug ihrer Einwirkung auf die Dauer des Schalles anbetrifft, so ergibt sich, daß der Schall, wenn er anstatt in seiner Hauptrichtung, der Längenrichtung des Zimmers, gerade zurückgeworfen zu werden, schräg auf eine nebenliegende Wand geworfen wird, dadurch schneller absorbiert wird. Ebenso wird jedes andere Hinderniß, was die freie Bewegung der Schallstrahlen in der Richtung der Längsaxe des Raumes unterbricht, die Resonanz dieses Raumes vermindern. Wenn deshalb Holztäfelungen, Garnirungen und sonstige Einbauten mit schrägen Oberflächen auch ein einzelnes Echo in einem eingeschlossenen Raume nicht verhindern können, vorausgesetzt die Abstände seien hierzu ausreichend groß und der Schall hinreichend stark, so ist doch nach der Theorie sowohl, als durch Versuche klar, daß sie auf eine Mäßigung des Wieder-

halles entschieden einwirken. In einem Raume von 50 Fufs im Quadrat, in dem der Wiederhall eines einzelnen Tones zuvor 6 Secunden anhielt, wurde die Dauer dieses Wiederhalles durch Placirung von Kisten und andern Gegenständen an den Wänden auf 2 Secunden reducirt.

Viertens endlich — in Bezug auf den Einfluß der Material-Beschaffenheit der reflectirenden Oberflächen auf die Dauer des Schalles — ist anzuführen, daß eine Reflexion des Schalles stets an der Oberfläche jedes neuen Mediums stattfindet, in welches der Schallstrahl gelangt. Die Größe dieser Reflexion ist abhängig von der elastischen Kraft des neuen Mediums oder der Widerstandsfähigkeit gegen Eindrücke, und von der Dichtigkeit derselben. Eine Wand aus Stickstoff, wenn eine solche existirte, würde nahezu die ganze Schallwirkung in sich aufnehmen resp. durchlassen, und nur ein Minimum reflectiren. Ein Stück feines Seidenpapier, gegen welche eine Schallwelle antrifft, würde nahezu dasselbe bewirken. Eine polirte Wand von Stahl hingegen würde bei hinreichender Dicke, um ein Nachgeben zu vermeiden, alle Schallstrahlen zurückwerfen, so weit dies praktisch merkbar ist. Das Zurückprallen der Schallwelle wird dabei nicht durch eine Oscillation der Mauer veranlaßt, sondern durch die Elasticität und Beweglichkeit der Luft. Ein einzelner Schallstrahl, der gegen ein nachgebendes Brett trifft, wird dadurch wahrscheinlich die lautbare Stärke des Wiederhalles vermehren, nicht aber seine Dauer. In dieser Beziehung wurden mehrere Versuche mit der Stimmgabel gemacht. Bei diesem Instrumente versetzt die Bewegung des Fußes und der beiden Zinken die Luft in eine tönende Vibration, die, wenn man sie auf eine zweite Stimmgabel von ganz derselben Größe wirken läßt, bei dieser dieselben tönenden Schwingungen hervorruft.

Eine durch Beobachtungen bewahrheitete Thatsache ist es, daß, wenn von zwei gleichen, vollständig miteinander harmonirenden Gegenständen, die nur durch eine Luftschicht voneinander getrennt sind, der eine in Schwingungen versetzt wird, diese Schwingungen sich auch dem andern mittheilen. Es ist hiernach auch wahrscheinlich, daß hinsichtlich der Dauer und Intensität des Schalles derselbe Effect erzielt wird, wenn man eine tönende Stimmgabel direct durch Aufsetzen auf einen reflectirenden Körper oder erst durch eine Luftschicht auf denselben wirken läßt. Durch folgende Beobachtung wird diese Annahme noch wahrscheinlicher. Stellt man ein Gefäß mit Wasser auf einen Resonanzboden, läßt auf dem Wasser ein flaches Stückchen Holz schwimmen und hält auf dieses Holz die tönende Stimmgabel, so erzeugt dieselbe auf dem unteren Resonanzboden denselben Wiederhall, als stände sie direct auf demselben. Eine an einem feinen Faden in der Luft aufgehängte Stimmgabel wurde in Vibrationen versetzt, welche 252 Secunden anhielten. Würde man eine solche Stimmgabel im luftleeren Raume ohne eine Schnur aufhängen können, und wäre dabei kein ätherisches Medium, welches Licht, Wärme, Elektrizität oder irgend eine andere Art ätherischer Bewegung hervorriefe, so würde die Stimmgabel ewig vibriren.

Demnächst wurde die Stimmgabel tönend auf die dünne hölzerne Platte eines Tisches gestellt. Ein lauter, verstärkter Klang erfolgte, der aber weniger als 10 Secunden anhielt. Der ganze Tisch wurde dabei mit in Schwingungen versetzt, und der Ton war unter dem Tische ebenso laut, als über demselben. Brächte man die Stimmgabel auf eine zwei Zimmer trennende Wand von demselben Material, so würde man in beiden Zimmern den Ton gleich laut vernehmen, was ebenfalls durch ein Experiment bestätigt wurde. Die kurze Dauer des Tons und der Schwingungen in diesen letzteren Fällen rührt davon her, daß die vibrirende Gabel einen bedeutenden Betrag ihrer

bewegenden Kraft zur Bewegung einer so großen Masse Holz des Tisches etc. hergeben mußte. Dafür wuchs die Stärke des Schalles mit der erzielten größeren (schwingenden) Oberfläche; mit andern Worten: die Kürze der Dauer des Schalles stand im Verhältniß mit der größeren Intensität des erzielten Effects.

Demnächst stellte man die tönende Stimmgabel auf eine  $\frac{3}{4}$  Zoll dicke, 3 Fufs im Durchmesser große Marmorplatte. Dies gab einen ganz schwachen Schall, aber die Schwingungen dauerten lange, 115 Secunden, wie durch sechs verschiedene Versuche festgestellt wurde.

Die Dauer der Schwingungen wurde bei allen diesen Versuchen durch eine besondere Vorrichtung beobachtet, welche den Ton der Stimmgabel bis zu ihrem letzten Verklingen, wo das unbewaffnete Ohr nichts mehr vernahm, noch deutlich angab.

Weiterhin wurde nun noch die Stimmgabel auf einen Würfel von Gummi-Elasticum, der sich auf einer Marmorplatte befand, gestellt. Der Schall, welcher sich ergab, war an Lautbarkeit ganz dem der aufgehängten Stimmgabel gleich, und man glaubte zunächst daraus schließen zu müssen, daß dem entsprechend auch die Dauer des Schalles sehr groß sein würde. Das war aber nicht der Fall. Die Schwingungen der Gabel währten nur 40 Secunden. Es entstand nun die Frage: Was hatte diesen Verlust an Schallwirkung veranlaßt? Der Schall war weder in das Stück Gummi, noch in die Luft merkbar übergegangen. Er mußte also wohl verwendet worden sein, um einen Wechsel in der Materie des Gummis hervorzubringen, oder er war in Wärme verwandelt, oder beides. — Obgleich die Untersuchung dieser Frage nicht streng in das Bereich der Zwecke fiel, welche die Commission sich vorgesteckt, so war es doch in physikalischer Beziehung eine so interessante Frage, ob Wärme bei jenem Schall entwickelt wurde, daß folgendes Experiment gemacht wurde:

Ein cylindrisches Stück Gummi von circa  $1\frac{1}{2}$  Zoll Durchmesser wurde in eine röhrenförmige Flasche mit zwei Oeffnungen gesteckt. Eine Oeffnung war oben, die andere nahe dem Boden. Die erstere war mit einer Stopfbüchse verschlossen, durch welche sich luftdicht eine metallene Kolbenstange mit rundem Kolben bewegte, welcher letztere auf das Stück Gummi drückte. Die untere Oeffnung war mit einem Kork verschlossen, durch den eine feine Glasröhre, mit rother Tinte gefüllt, so angebracht war, daß sich daraus nach Art eines Thermometers der Temperatur-Wechsel der eingeschlossenen Luft in der Flasche erkennen ließe. Auf der Spitze der Kolbenstange wurde eine Stimmgabel festgeschraubt, so daß deren Schwingungen auf das Stück Gummi in der Flasche übertragen wurden. Der Einfluß der äußeren Luft wurde durch wollene Bekleidungen beseitigt. Die Stimmgabel wurde nun in Schwingungen versetzt, aber es zeigte sich keine merkbare Temperatur-Veränderung.

Eine subtilere Art der Ausführung des Experiments wurde nun gewählt. Anstatt des Korkes mit der Glasröhre voll rother Tinte wurde ein zusammengesetzter Kupfer- und Eisendraht in das Stück Gummi geleitet und an seinen andern Enden mit einem feinen Galvanometer verbunden. Man ließ die Nadel zuvor zum Stillstand kommen, setzte dann die Stimmgabel in Schwingungen, und sofort war ein sehr merkbares Wachsen der Temperatur das Resultat. Die Nadel des Galvanometers beschrieb einen Bogen von 1 bis  $2\frac{1}{2}$  Grad.

Bei Wiederholungen des Experiments lenkte die Nadel stets nach derselben Seite ab, nämlich stets in derselben Weise, als wenn man die Spitze des zusammengesetzten Drahtes mit den Fingern berührte. Evident ist der Betrag der auf diese Weise erzeugten Wärme sehr gering, wie ja überhaupt in allen Fäl-

len, wo Wärme durch mechanische Mittel erzeugt wird, deren Betrag im Vergleich zu der aufgewandten Arbeit klein erscheint. Es ist anderweitig erwiesen worden (Joule), daß die mechanische Arbeit, die durch 1 Pfd. Gewicht erzeugt wird, welches von einer Höhe von 750 Fuß herunterfällt, die Temperatur eines Pfundes Wasser nur um einen Grad vermehrt.

Es ist klar, daß eine Masse wie Gummi-Elasticum einen großen Theil der Schallstrahlen zerstört und vernichtet, und es kann deshalb dieses Material überall da, wo es sich um eine völlige Nichtweiterleitung des Schalles handelt, wahrscheinlich mit gutem Erfolge benutzt werden.

Ferner wurde noch die tönende Stimmgabel gegen eine feste Mauer aus Ziegelsteinen gehalten, wobei sich die Dauer des Schalles nach einer großen Anzahl von Versuchen auf durchschnittlich 88 Sekunden ergab.

Gegen eine mit Latten verschaltete und geputzte Mauer gehalten, wurde der Schall zwar lauter, aber die Dauer desselben betrug nur 18 Sekunden.

Aus allen diesen Experimenten finden wir, daß in einem Zimmer, dessen Wände mit hölzernem, etwas von der Wand abstehendem Getäfel eingefasst sind, die Stärke des Wiederhalles für eine einzelne Schallwirkung vermehrt, jedoch die Dauer des Wiederhalles vermindert wird. Wenn aber das Holzgetäfel durch Mörtel etc. fest mit der Wand verbunden, oder gleichsam in ein Mörtelbett gelegt wird, so wird das erzielte Echo nur sehr schwach klingen, aber wie bei der auf einer Marmorplatte stehenden Stimmgabel von anhaltender Dauer sein. Beides wurde durch Versuche bestätigt.

Dann wurde noch eine Reihe von Versuchen über das wirkliche Zurückwerfen, Reflectiren der Schallstrahlen, und über die reflectirten Schallstrahlen selbst angestellt. Man bediente sich zu dem Ende eines parabolischen Spiegels und einer Taschenuhr, deren Schlag erforderlichen Falls von einem Hörrohr aufgenommen und durch zwei Arme desselben zu jedem Ohr des Untersuchenden geleitet werden konnte. Wenn die Uhr sich in dem Brennpunkte des Spiegels, der nahe am Scheitel der Parabel lag, befand, so betrug der rechtwinklige Abstand von der Fläche des äußersten Randes des Spiegels 6 Zoll. In dieser Anordnung wurde der Schall auf einen bestimmten Raum beschränkt und nicht weiter verbreitet. Kein zweiter Brennpunkt bildete sich, während, wenn man ein Licht in den Focus brachte, dessen Strahlen stets mannigfach divergirten. Außerhalb der Richtung des parabolischen Hohlspiegels konnte das Ticken der Uhr nirgendwo vernommen werden, während gerade der Oeffnung gegenüber man dasselbe auf 30 Fuß Entfernung deutlich vernahm, und mit Hülfe des Hörrohrs sogar in der doppelten Entfernung. Sobald man die Uhr etwas aus dem Focus entfernte, war der Schlag derselben nicht mehr hörbar. Die größere Genauigkeit des Experimentirens mit solchem Hohlspiegel ermöglicht es nun auch, die bei den früher erwähnten Versuchen anticipirten Resultate über die Wirkungen des Schalles näher zu beweisen. Die Uhr wurde in dem Focus des Spiegels zunächst mit Seidenpapier allseitig umgeben, ohne jedoch davon berührt zu werden. Dies verminderte die Reflexion der Schallstrahlen nur um ein ganz Geringes. Dickes wollenes Zeug, Flanell, anstatt des Seidenpapiers, verminderte in einfacher Lage den Schall etwas mehr, aber selbst durch eine dreifache Lage desselben wurde der Schall nicht ganz absorbirt, und man kann annehmen, daß eine Bekleidung der ganzen inneren Oberfläche des Hohlspiegels mit Flanell nur eine geringe Veränderung des Schalles zur Folge haben würde.

Wenn man einen dicken Filzhut — ohne Steifigkeit — zwischen Uhr und Spiegel so anbrachte, daß der Spiegel nir-

gendwo direct von den Schallstrahlen getroffen werden konnte, so war doch der Schall noch auf 10 Fuß Entfernung vernehmlich. — Ein cylindrischer Ansatz an den parabolischen Hohlspiegel vermehrte die Stärke des reflectirten Schalles nur um ein sehr Geringes. Die convergirenden Schallstrahlen fielen in diesem Falle ausschließlich in eine Ebene, die rechtwinklig auf der Richtung des Spiegels stand und durch das Ohr des Beobachters ging, während zu dem Focus des sphärischen Spiegels ein fester Strahlenkegel entsandt wurde.

Die Reflexion des cylindrischen Spiegels bringt das hervor, was in der Optik kaustische Linie, Brennlinie heißt, während die Reflexion eines sphärischen Spiegels einen wirklichen Focus ergiebt. Letzterer sammelt die Strahlen des Schalles von allen Punkten seiner Oberfläche und führt sie auf einen Punkt hin.

Diese Thatsachen ergeben eine gute Erklärung für die erfahrungsmäßige Schall-Verwirrung in dem vorhin genannten Saale der Repräsentanten, der oben mit einer Kuppel gekrönt ist. Letztere wirkt wie ein großer concaver Spiegel und führt jeden zu ihm dringenden Schallstrahl zu einem Brennpunkte hin, während alle anderen Punkte ohne deutlichen Klang bleiben.

Wasser und andere Flüssigkeiten, die dem Zusammendrücken großen Widerstand entgegensetzen, sind gute Schall-Reflectoren, was sich bei folgendem Experiment zeigt: Gießt man Wasser nach und nach in ein aufrecht stehendes cylindrisches Gefäß, über dessen Oeffnung eine tönende Stimmgabel gehalten wird, so wird, bis das Wasser auf eine gewisse Entfernung von der Mündung kommt, ein laut tönendes Echo im Einklange mit der Stimmgabel entstehen. Dies erläutert auch die oft überraschend gewesene Beobachtung, daß ein Zimmer mit ganz frisch geputzten Wänden nicht merkbar geringeren Wiederhall zeigte, als ein solches mit vollkommen ausgetrockneten Wänden. —

Es giebt nun schließlichsch noch ein Princip der Akustik, was hier zu besprechen wäre, nämlich das der Brechung der Schallstrahlen (nicht Reflexion). Wenn ein Schallstrahl von einem Medium in ein anderes übergeht, so entsteht eine Aenderung in der Geschwindigkeit, und damit auch eine Aenderung in der Richtung, oder eine Brechung. Wenn die relativen Geschwindigkeiten des Schalles in den verschiedenen Medien bekannt sind, so kann der Betrag jener Brechung leicht ermittelt werden. Man hat wohl vermuthet, daß in Räumen, wo zwischen dem Redner und dem Auditorium Ströme heißer Luft von dem geheizten Ofen passirten, das schlechte Verständniß des Redners diesem Umstande zuzuschreiben sei. Wenn nun auch die Schall-Geschwindigkeit, welche bei 32 Grad Fahrenheit 1090 engl. Fuß pro Secunde beträgt, für jeden Grad Fahrenheit mehr um 1,14 Fuß wächst, und wir so den Betrag der Brechung ermitteln können, so unterscheidet doch das Ohr nicht mit Sicherheit die verschiedenen Richtungen, aus denen ein Schall kommt, und da ferner der Zeitunterschied in der Ankunft der verschiedenen gebrochenen Schallstrahlen in solchem Falle meistens außerhalb der Grenzen der (früher besprochenen) akustischen Unterscheidbarkeit liegen wird, so ist die durch Refraction oder Brechung der Schallstrahlen verursachte Undeutlichkeit sehr gering zu achten. Durch Versuche mit Schallstrahlen, die über einen großen brennenden Gas-Kronleuchter geleitet wurden, ergab sich dasselbe. —

Es verbleibt noch, mit kurzen Worten den im Anfang erwähnten Hörsaal und die Art und Weise zu beschreiben, in welcher die besprochenen akustischen Principien bei seinem Bau zur Anwendung gekommen sind.

Neben der Anforderung des guten Hörens bestand zunächst für den Saal noch eine andere, die des guten Sehens, da es wünschenswerth war, daß jeder Zuhörer auch die von dem Redner etwa gezeigten Experimente etc. sehen könne. Es ist nun eine glückliche Uebereinstimmung der Principien, daß die Anordnungen zum Zweck des guten Sehens sich nicht mit denen des guten Hörens kreuzen. Nach der Parlaments-Acte, welche den Bau anordnet, sollte der Hörsaal die Hälfte des ersten Stockwerkes von dem projectirten Gebäude einnehmen. Es war jedoch unmöglich, hier einen geeigneten Raum zu construiren, da in demselben zwei Reihen Säulen nicht zu vermeiden waren. Der einzig passende Platz fand sich daher im zweiten Stock, wo bei 200 Fufs Länge und 50 Fufs Tiefe des ganzen Gebäudes der Hörsaal in die Mitte gelegt wurde, so daß hier die Tiefe des Gebäudes mit Hülfe vorspringender Thürme noch vermehrt wurde.

Die Haupt-Galerie der Zuhörer ist in Hufeisenform angeordnet und nimmt drei Seiten des Saales ein. Die Redner-Tribüne befindet sich zwischen zwei schrägen Mauern. In den abgeschnittenen Ecken liegen hier Treppen für die Aufgänge zu den Gallerieen, ebenso in den durch Abrundung der Hufeisenform abgeschnittenen anderen Ecken. Die Decke ist 25 Fufs hoch, mithin auferhalb der Grenze der räumlichen Unterscheidbarkeit. Sie ist ganz glatt und hat nur eine Unterbrechung durch das Oberlicht. Die Sitze sind sämmtlich kreisförmig im Grundplan angeordnet und steigen nach einer panoptischen Curve, welche der Prof. Bache zu diesem Zweck eigenthümlich construirt hat und welche jedem Zuhörer gestattet, gerade über den Kopf des unmittelbar vor ihm Sitzenden hinweg den Redner zu sehen. Doch konnte in Folge der ursprünglichen Anordnung des ganzen Raumes diese Curve nicht ganz beibehalten, es mußte vielmehr die Ansteigung der Sitze etwas vermindert werden. Die allgemeine Anordnung des ganzen Raumes erscheint fächerartig, und der Redner befindet sich wie in der Oeffnung einer ungeheuern Trompete. Die von seiner Stimme direct ausgehenden und die von der unmittelbar hinter ihm befindlichen Wand reflectirten Schallstrahlen dringen fast gemeinschaftlich in das Auditorium, und da der Weg, den beide zurücklegen, weithin nicht um den Betrag der räumlichen Unterscheidbarkeit der Schallstrahlen verschieden ist, so entsteht durchaus keine Verwirrung des Schalles. Die Decke, welche ebenfalls auferhalb der Grenze der räumlichen Unterscheidbarkeit der Schallstrahlen von dem Boden entfernt liegt, bewirkt auch kein Echo, unterstützt jedoch das Hören auf den oberen Gallerieen durch die schräg reflectirten Strahlen. Durch die schrägen Mauern hinter dem Redner und die große Anzahl verschiedener Oberflächen, welche die Galerie-Säulen und die Treppen umgeben, sowie auch durch das Auditorium selbst wird jedes Wiederhallen vermieden.

Die Mauern hinter dem Redner sind (mit leichten Latten) geschalt und geputzt, wodurch sie auf einen stärkeren Klang und eine geringere Zeitdauer des Schalles mehr hinwirken, als wäre das Mauerwerk roh. Auch eignen sich diese Mauern gut zur Aufhängung von Gemälden und Zeichnungen aus demselben Grunde.

Bei der Architektur des Hörsaals, welche von dem Capitain Alexander herrührt, sind die gegebenen akustischen Fingerzeige völlig benutzt, zu welchem Zwecke dieselbe so lange immer wieder abgeändert wurde, bis endlich alles Beabsichtigte erreicht war.

Anschließend an diese Notizen aus der mit großer Sorgfalt abgefaßten Abhandlung des Amerikaners J. Henry, erlaube ich mir noch, einige Betrachtungen über die Anwendung der Akustik bei englischen Bauwerken zu geben.

Sir John Herschel scheint in England mit seiner Abhandlung (Treatise on Sound) noch als erste Autorität zu gelten.

Er sagt u. A.: „In kleinen Räumen werden die reflectirten Schallwirkungen zu derselben Zeit vernommen, als die ursprünglichen, da der Zeitunterschied für die verschiedenen Wege, die beide zurückzulegen haben, zu gering ist, um für unser Ohr merkbar zu sein, und es findet deshalb hier kein Echo statt.“

Dieser Satz bietet uns, so weit er wahr ist, gegenüber den früheren Betrachtungen nichts Neues. Er ist aber in sofern nicht immer zutreffend, als auch in kleinen Räumen durch wiederholte Schall-Reflexionen ein merkbarer Wiederhall und eine große Schall-Verwirrung entstehen kann. Als ein deutlicher Beweis für die Richtigkeit des Gesagten ist mir ein Saal in der Universität zu München bekannt, der (bei einem Besuche im Jahre 1849), bei ziemlich quadratischem Grundriß von circa 30 bis 40 Fufs Seite, das Beispiel einer unendlichen Schall-Verwirrung darbot. Es ging dies so weit, daß zwei um circa 15 Fufs von einander entfernte Personen sich an den meisten Stellen desselben nicht verstehen konnten. —

Herschel sagt ferner: „In gewöhnlichen Fällen wird in den Hörzimmern das directe Echo eines Schalles so früh zu den Zuhörern gelangen, daß der ursprüngliche Schall noch nicht verklungen ist, und es ist dann dieses Echo meist nicht merkbar. In größeren Bauwerken aber, wie in unseren Kathedralen, findet Jenes nicht statt, und diesem Umstande ist es zuzuschreiben, daß unser Gottesdienst in einem anhaltenden unisonen Tone abgehalten wird. Ein guter Geistlicher wird seine Sylben so zurückhalten, daß er gleichzeitig mit dem Eintreffen des Echos der ersten Sylbe die zweite ertönen läßt, wo dann jenes Echo in dem lauterem Tone der zweiten Sylbe untergeht.“

Kommt es bei einem Raume nur darauf an, ohne Rücksicht auf Echo und Wiederhall einen hellen Klang der Rednerstimme hervorzurufen, so bilden tiefe Ecken und Winkel, offene Fenster, Tapeten, Teppiche und ein zahlreiches Auditorium in wollenen Kleidern ein großes Hinderniß. Diese Dinge sind das für den Schall, was die schwarze Farbe für das Licht ist: sie geben nichts von dem Empfangenen zurück. Doch begründet dies nur in sehr seltenen Fällen akustische Mangelhaftigkeit eines Gebäudes. Häufig hat man den durch Vermeiden jener Schallhindernisse entstehenden Vortheil überschätzt und ist dabei zu Constructionen gelangt, die dann noch andere wesentliche akustische Mängel zeigten. Hierfür bietet ein Beispiel die schon früher erwähnte Halle der Repräsentanten in Washington. Sie besteht aus einem Kreissegment von 96 Fufs Sehne, an welche sich, bis zum Durchmesser des Kreises reichend, ein Parallelogram von 72 Fufs Länge und 25 Fufs Tiefe anschließt. Die Höhe bis zum innern Kranzgesims beträgt 35 Fufs und bis zum Scheitel der Kuppel 57 Fufs. Durch mehrfache Veränderungen nach Vollendung des Baues hat man erst zu einigen günstigen akustischen Resultaten gelangen können. Die Rednerbühne war erst so placirt, daß man von ihr gegen die gerade Wand sprach, und ist nachträglich so verlegt, daß man gegen die Kreisform spricht.

Der Saal der Deputirten-Kammer in Paris, welcher nach ähnlichen Grundsätzen construirt und mit einer ganz flachen Kuppel überdeckt ist, soll einer der bestgelungenen Räume für gutes Hören und Sehen sein. Die Wände sind darin ganz eben, und die Rednerbühne ist an der geraden Wand befindlich und dem kreisförmigen Abschluß zugewandt.

Der häufigste Grundplan unserer Kirchen, die Basilikenform, ist im Allgemeinen für akustische Zwecke weniger vorzüglich, so sehr sie auch dieserhalb von Sir Christopher Wren,

dem berühmten englischen Baumeister empfohlen wurde. Derselbe äußert sich gleichfalls über die Lage der Kanzel dahin, daß eine mäßig gute Stimme in Entfernungen von 50 Fufs in der Front, 30 Fufs an jeder Seite und 20 Fufs im Rücken noch gut gehört werde; die Untersuchungen von Mr. Wyatt haben aber gezeigt, daß eine mäßig gute Stimme noch in Entfernungen von resp. 92, 75 und 30 Fufs verständlich sei. —

Bei den vielen in neuester Zeit in England ausgeführten sogenannten Hallen zu musikalischen und anderen Zwecken sind über die akustischen Rücksichten für Bauwerke sehr reiche Erfahrungen gesammelt.

Schließlich noch eine Notiz über die Weite, in der ein Schall unter besonderen Umständen noch vernehmbar ist. Ein auf den Wällen von Neu-Gibraltar der Patrouille von der Schildwache zugerufene Parole ist in einer stillen klaren Nacht bei ganz ruhigem Wasserspiegel über diesen hinweg noch in Alt-Gibraltar, 10½ englische Meilen entfernt, gehört worden. Die Kanonen von Edinburgh-Castle sind oft 20 englische Meilen weit noch gehört worden, und in gleicher Entfernung soll man das Rauschen des Niagara-Falles hören.

Haeger.

### Ueber Anwendbarkeit des sogenannten Rechenschiebers.

Die Figur auf Seite 595 stellt den sogenannten Rechenschieber dar, ein Instrument, welches zur Ausführung von Rechnungen dient. Dasselbe besteht aus den vier Maafsstäben der Linien A, B, C, D. Die der Linien A und D sind auf dem das Instrument bildenden Lineal selbst aufgetragen, während die der Linien B und C auf einem messingenen Schieber verzeichnet sind, welcher in einer Nuth des Lineals zwischen den Maafsstäben A und D verstellbar ist.

Die Theilungen der Linien A, B und C sind einander völlig gleich, und es entsprechen die Abstände der Theilstriche den Abständen der Logarithmen der den Theilstrichen beige-schriebenen Zahlen. Die den Theilstrichen der D-Linie beige-schriebenen Zahlen dagegen sind die Quadratwurzeln der Zahlen, deren Logarithmen den Theilstrichen entsprechen. Die A-, B- und C-Linien einerseits und die D-Linie andererseits sind nach gleichem Längenmaafsstab aufgetragen, d. h., die dem Logarithmus einer beliebigen Zahl entsprechenden Längen sind auf beiden Theilungen einander gleich. Stellt man daher die Ziffer 16, (oder gleichbedeutend mit ihr die Ziffer 1,6) der C-Linie gegenüber der Ziffer 4 der D-Linie, so sieht man, daß den Ziffern 5, 6, 7, 8 der D-Linie die Quadratzahlen dieser Zahlen auf der C-Linie gegenüberstehen. Die Verschiebung der D-Linie der Art, daß dieselbe mit 4 beginnt, findet ihre Begründung in der dadurch erleichterten Benutzung des Instruments.

Zur Abkürzung des Ausdrucks werde ich mich einiger besonderer Bezeichnungen bedienen:

Es bedeutet beispielsweise 6,5 (A) den der Ziffer 6,5 der A-Linie entsprechenden Theilstrich, ebenso 15,0 (D) den der Ziffer 15,0 der D-Linie zugehörigen Theilstrich. Zur Bezeichnung des bei irgend welcher Stellung des Schiebers stattfindenden Gegenüberstehens zweier Theilstriche dient das Zeichen |; z. B. | . Die Bezeichnung: | = |

3,5 (D) 10,5 (B) 12,9 (B) endlich soll bedeuten, daß bei einer Stellung des Schiebers, bei welcher beispielsweise die Ziffer 3,5 der A-Linie der Ziffer 10,5 der B-Linie gegenübersteht, die Ziffer 4,3 der A-Linie der Ziffer 12,9 der B-Linie gegenüber ist.

Aus dem, was oben über die Einrichtung des Instruments gesagt ist, erklärt sich leicht, daß, wenn die Zifferstellung

$\begin{array}{|c|} \hline a(A) \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{|c|} \hline b(A) \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{|c|} \hline c(B) \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{|c|} \hline d(B) \\ \hline \end{array}$  stattfindet, die Proportion  $a:b=c:d$  wahr sein muß, daß ferner aus dem Zifferstellungs-Verhältniß  $\begin{array}{|c|} \hline a(C) \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{|c|} \hline b(C) \\ \hline \end{array}$  die Richtigkeit der Proportion  $a:b=c^2:d^2$  folgt.

Drittens haben die beiden Theilungen der C- und D-Linie die schon oben erwähnte Eigenschaft, daß, wenn die Stellung 16 (C)

| stattfindet, auch allen übrigen Zahlen der D-Linie die 4 (D)

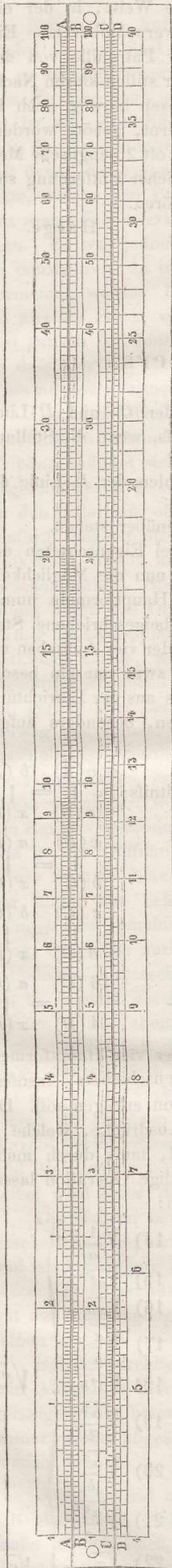
Quadrate derselben auf der C-Linie gegenüber stehen.

Aus den vorstehend aufgeführten drei Eigenschaften der Theilungen des Instruments ergibt sich nun die Möglichkeit, mit dessen Hülfe die nachfolgenden vier Hauptformeln numerisch auszurechnen. Das den Formeln beige-schriebene Stellungs-Verhältniß giebt die Lösung jeder der vier Aufgaben an. Die unter III<sup>a</sup> aufgeführte Operation ist zwar nur ein besonderer Fall von III, dieselbe ist jedoch, als aus der Einrichtung der Maafsstäbe C und D direct herzuleiten, besonders aufgeführt.

|                    |                              |                                   |  |
|--------------------|------------------------------|-----------------------------------|--|
| I.                 | $x = \frac{ab}{c}$           | zugehöriges Stellungs-Verhältniß: | $\begin{array}{ c } \hline c(A) \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{ c } \hline b(A) \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{ c } \hline a(B) \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{ c } \hline x(B) \\ \hline \end{array}$  |
| II.                | $x = \frac{a^2 b}{c^2}$      | - - - - -                         | $\begin{array}{ c } \hline c(D) \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{ c } \hline a(D) \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{ c } \hline b(C) \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{ c } \hline x(C) \\ \hline \end{array}$  |
| III.               | $x = \sqrt{\frac{a^2 b}{c}}$ | - - - - -                         | $\begin{array}{ c } \hline c(C) \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{ c } \hline b(C) \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{ c } \hline a(D) \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{ c } \hline x(D) \\ \hline \end{array}$  |
| III <sup>a</sup> . | $x = \sqrt{a}$               | - - - - -                         | $\begin{array}{ c } \hline 16(C) \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{ c } \hline a(C) \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{ c } \hline 4(D) \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{ c } \hline x(D) \\ \hline \end{array}$ |

Auf die numerische Berechnung dieser vier Hauptformeln beschränkt sich die Fähigkeit des Rechenschiebers, insofern die Lösung durch eine einmalige Operation erfolgen soll. Die Berechnung complicirter und solcher Ausdrücke, welche in den obigen Formeln nicht enthalten sind, muß durch mehrfache Operationen erfolgen. Durch einmalige Operation lassen sich daher folgende Ausdrücke berechnen:

|                    |                         |  |
|--------------------|-------------------------|--|
| 1) $a^2$           | 7) $a^3$                | 14) $\sqrt{\frac{1}{a}}$   |
| 2) $\frac{1}{a}$   | 8) $\frac{1}{a^2}$      | 15) $\sqrt{a^3}$   |
| 3) $ab$            | 9) $a^2 b$              | 16) $\sqrt{ab}$  |
| 4) $\frac{a}{b}$   | 10) $\frac{a}{b^2}$     | 17) $\sqrt{\frac{a}{b}}$   |
| 5) $\frac{a^2}{b}$ | 11) $\frac{a^2}{b^2}$   | 18) $\sqrt{a^2 b}$   |
| 6) $\frac{ab}{c}$  | 12) $\frac{a^3}{b^2}$   | 19) $\sqrt{\frac{a^2}{b}}$   |
|                    | 13) $\frac{a^2 b}{c^2}$ | 20) $\sqrt{\frac{a^3}{b}}$   |
|                    |                         | 21) $\sqrt{\frac{a^2 b}{c}}$   |
|                    |                         | 22) $\sqrt{a} \quad \left\{ \begin{array}{l} \sqrt{a} \\ \sqrt{a} \end{array} \right.$ |



Die große Anzahl der aufgeführten Ausdrücke, von denen einige in der Praxis von häufigem Vorkommen sind, zeigt, daß das Instrument in vielen Fällen eine nützliche Hülfe sein kann. Die Uebung in Benutzung des Instruments ist leicht zu erlangen. Diese Uebung ist namentlich für Bestimmung der Stellung des Kommas erforderlich. Es ist hierbei zu beachten, daß eine Versetzung des Kommas einer Zahl der *D*-Linie um 1, 2, 3 Stellen, einer Versetzung des Kommas von Zahlen der *C*-Linie um resp. 2, 4, 6 Stellen entspricht. Insofern sich die Stellung des Kommas nicht sogleich übersehen läßt, ist es vortheilhaft, sich den zu berechnenden Ausdruck, zur Berechnung geeignet, durch Versetzung der einzelnen Kommata umzuwandeln. Nachstehend gebe ich hierfür einige Beispiele zur Berechnung von Ausdrücken nach den Formeln I, II und III. Der Pfeil bezeichnet die Richtung, nach welcher das Komma um die durch die eingeklammerte Ziffer bestimmte Anzahl Stellen verschoben werden muß:

$$0,75 \cdot 783,25 = 7,5 \cdot 7,8325 \quad \begin{matrix} \rightarrow (1) \\ (3) \leftarrow \end{matrix}$$

$$\frac{0,025}{6,378} = \frac{25,0}{6,378} \quad \begin{matrix} (5) \leftarrow \\ \leftarrow \end{matrix}$$

$$\frac{0,0034 \cdot 6,87}{895,0} = \frac{3,4 \cdot 6,87}{8,95} \quad \begin{matrix} \rightarrow (9) \\ \leftarrow \end{matrix}$$

$$\frac{137,5^2 \cdot 165,0}{0,0376^2} = \frac{13,75^2 \cdot 16,5}{37,6^2}$$

$$\sqrt{\frac{714,5 \cdot 0,25}{375,5}} = \sqrt{\frac{71,45^2 \cdot 0,25}{37,55}} =$$

$$\sqrt{\frac{7,145^2 \cdot 2,5}{37,55}} \quad \begin{matrix} \rightarrow (1) \\ \leftarrow \end{matrix}$$

Was die Berechnung des Ausdrucks  $\sqrt{a}$  betrifft, so wird man die Zahl 1,6 (*C*) auf 4 (*D*) stellen und allen Ziffern der *C*-Linie eine Null angehängt denken. Die Ziffer *a* ist dann rechts oder links von 10 (*C*) zu suchen, je nachdem dieselbe eine ungerade oder gerade Anzahl Stellen vor dem Komma hat. Die Stellung des Kommas ist leicht zu übersehen.

Zur Beurtheilung der Anwendbarkeit des Instruments ist die Bestimmung der Grenzen der Fehler, welchen die Resultate unterworfen sind, erforderlich. Es kann hierbei natürlich nicht auf die durch Unachtsamkeit entspringenden, etwa den Rechenfehlern analogen Fehler Rücksicht genommen werden, sondern es bezieht sich die nachfolgende Betrachtung nur auf die aus der Ungenauigkeit der Theilung, der begrenzten Gesichtsschärfe u. s. w. resultirenden Fehler. Die kleinen Ungenauigkeiten der

Theilung des Instruments, der Ablesung des Resultats, der vorhergehenden Einstellung der Schieber, summiren sich, und man kann den hieraus entspringenden Gesamtfehler des Resultats als gleichbedeutend mit dem Fehler betrachten, welcher dadurch entsteht, daß man auf dem Maafsstab, auf welchem das Resultat abgelesen wird, um eine gewisse kleine Länge fehlt. Ich will diese kleine Länge kurz Fehlerlänge nennen. Berechnet man ein und denselben Ausdruck mit Hülfe des Rechenschiebers mehrmals, so wird sich unter den verschiedenen Abweichungen von dem richtigen Resultate eine wahrscheinliche Abweichung herausstellen, d. h. eine Abweichung, welche eben so oft überschritten, als nicht erreicht worden ist. Diesem wahrscheinlichen Fehler entspricht eine gewisse Fehlerlänge, welche nach Güte der Theilung, Klarheit der Theilstriche und Schärfe des Auges variiren wird. Man hat jedoch dieselbe bei ein und demselben Instrument und Beobachter als für alle Theile der verschiedenen Maafsstäbe gleich lang anzusehen. Es ist zu untersuchen, wie diese Fehlerlänge auf das an verschiedenen Stellen der Maafsstäbe abgelesene Resultat influirt.

Für die Ausdrücke I und II werden die Resultate auf den Linien *A*, *B* und *C* abgelesen, für die Ausdrücke III und III<sup>a</sup> auf der *D*-Linie. Es sei für den ersten Fall *a* der wahre Werth des Ausdrucks, *h* der wahrscheinliche Fehler. Es ist dann  $\log(a+h) - \log a$  die Fehlerlänge des wahrscheinlichen Fehlers. Dieselbe läßt sich ausdrücken durch

$$\log e \left( \frac{h}{a} - \frac{h^2}{2a^2} + \frac{h^3}{3a^3} - \dots \right) = \text{nahe } \frac{h}{a} \cdot \log e. \text{ Wird die Fehlerlänge der wahrscheinlichen Fehler als constant angesehen, so muß, da } \log e \text{ constant ist, } \frac{h}{a} \text{ ebenfalls constant sein, d. h.}$$

es muß der wahrscheinliche Fehler in gleichem Verhältnisse mit dem Resultate wachsen. In Bezug auf die bei *D* abgelesenen Resultate sei *a* der richtige Werth des Ausdrucks, *h*<sub>1</sub> der wahrscheinliche Fehler der mit Hülfe des Instruments gefundenen Resultate. Die Fehlerlänge ist

$$= \log [(a+h_1)^2] - \log a^2 = 2 \cdot \log e \left( \frac{h_1}{a} - \frac{h_1^2}{2a^2} + \dots \right) = \text{nahe } 2 \cdot \log e \cdot \frac{h_1}{a}. \text{ Es wird also auch hier der wahrscheinliche Fehler}$$

in gleichem Verhältniß mit der Größe von *a* wachsen. Es ist aber, wenn man das Resultat und die Fehlerlänge für beide Fälle gleich annimmt,  $h = 2h_1$ , d. h. der wahrscheinliche Fehler des Resultats bei Ablesung auf der *D*-Linie ist nur halb so groß, als der auf den Linien *A*, *B* und *C*.

Zur Bestimmung der wahrscheinlichen Fehler habe ich mit dem mir vorliegenden Instrumente, welches gut getheilt ist, dessen Theilstriche jedoch nicht sehr fein sind, für die verschiedenen Rechnungs-Operationen Beispiele, und zwar 44 für die Formeln I und II, 30 für die Formeln III und III<sup>a</sup> berechnet und mit den richtigen Werthen verglichen. Nachdem die hierbei gefundenen Fehler in Procenten der Resultate ausgedrückt sind, habe ich unter den nach der absoluten Größe dieser Procentsätze geordneten Fehlern denjenigen ausgesucht, welcher eben so oft überschritten, als nicht erreicht wird. Den wahrscheinlichen Fehler für Ausdrücke von der Formel I und II fand ich zu 0,164 pCt., den für Ausdrücke von der Formel III und III<sup>a</sup> zu 0,097 pCt. des Resultats. Nach bekannten Sätzen aus der Wahrscheinlichkeits-Rechnung wird der wahrscheinliche Fehler nahe in dem Fünftel aller Fälle um das Doppelte, in dem Zehntel aller Fälle um das 2½fache, in dem Dreiundzwanzigstel aller Fälle um das Dreifache überstiegen.

Es wird interessant sein, die den vorstehend genannten wahrscheinlichen Fehlern von 0,164 pCt. und 0,097 pCt. entsprechenden Fehlerlängen zu kennen. Dieselben betragen

$\frac{h}{a} \cdot \log e$ , resp.  $\frac{h_i}{a} \log e$  oder  $0,00164 \log e$  resp.  $2.0,00097 \log e$ . Auf dem vorliegenden Instrument beträgt die Länge von  $\log e = \log 2,7183$  nahe 24,7 Linien; daher die Fehlerlängen = 0,041 resp. 0,048 Linien.

In der nachfolgenden Zusammenstellung sind beispielsweise einige Aufgaben von häufiger Anwendung und deren Auflösung mit Hilfe des Rechenschiebers aufgeführt:

A. Berechnung von Dimensionen des Kreises (Zahnraderteilung). (Es bezeichnet hierbei  $d$  den Durchmesser,  $r$  den Radius,  $p$  den Umfang,  $f$  den Flächeninhalt eines Kreises,  $s$  die Länge eines Bogens desselben vom Centriwinkel  $\varphi$  (in Graden),  $n$  die Anzahl der Zähne,  $t$  die Theilung eines Zahnrades vom Theilungsdurchmesser  $d$ ).

| N <sup>o</sup> | Gegeben           | Gesucht | Formel                           | Lösung                                    |
|----------------|-------------------|---------|----------------------------------|---|
| 1)             | $d$               | $p$     | $p = \frac{355}{113} d$          | 11,3 (A) $d$ (A)<br>35,5 (B) $p$ (B)      |
| 2)             | $p$               | $d$     | $d = \frac{113}{355} p$          | 35,5 (A) $p$ (A)<br>11,3 (B) $d$ (B)      |
| 3)             | $n$ und $t$       | $d$     | $d = \frac{nt}{3,142}$           | 3,142 (A) $n$ (A)<br>$t$ (B) $d$ (B)      |
| 4)             | $n$ und $d$       | $t$     | $t = \frac{3,142 d}{n}$          | $n$ (A) $d$ (A)<br>3,142 (B) $t$ (B)      |
| 5)             | $n$ und $p$       | $t$     | $t = \frac{p}{n}$                | $n$ (A) $p$ (A)<br>1 (B) $t$ (B)          |
| 6)             | $r$ und $\varphi$ | $s$     | $s = \frac{r \varphi}{57,3}$     | 57,3 (A) $\varphi$ (A)<br>$r$ (B) $s$ (B) |
| 7)             | $d$               | $f$     | $f = \frac{3,142 d^2}{2^2}$      | 2 (D) $d$ (D)<br>3,142 (C) $f$ (C)        |
| 8)             | $p$               | $f$     | $f = \frac{p^2}{3,56^2}$         | 3,56 (D) $p$ (D)<br>1 (C) $f$ (C)         |
| 9)             | $f$               | $d$     | $d = \sqrt{\frac{2^2 f}{3,142}}$ | 3,142 (C) $f$ (C)<br>2 (D) $d$ (D)        |
| 10)            | $f$               | $p$     | $p = \sqrt{\frac{3,56^2 f}{1}}$  | 1 (C) $f$ (C)<br>3,56 (D) $p$ (D)         |

B. Berechnung von Hölzern und Brettern. (Es ist hierbei  $l$  die Länge der Bretter resp. Hölzer in Fufs,  $a$  die Breite der Bretter in Zollen,  $F$  deren Flächeninhalt in Quadratfufs,  $p$  der kreisförmige Umfang eines cylindrischen Stammes in Zollen, dessen cubischer Inhalt gleich  $K$  Cubikfufs.)

20) Fallgeschwindigkeit ( $c$  und  $h$  in Fufs)  $c = 2 \sqrt{gh} = \frac{\sqrt{7,906^2 h}}{1}$

21) Ausflufsmenge aus dünnen Wänden  $\left\{ \begin{array}{l} M \text{ und } h \\ \text{in Fufs} \end{array} \right\} M = abK \cdot 2 \sqrt{gh} = \frac{a}{10} \sqrt{\frac{b^2 h}{8,916}} = \frac{a}{10} x;$

22) Ausflufsmenge aus Ansatzröhren  $\left\{ \begin{array}{l} a \text{ und } b \\ \text{in Zollen} \end{array} \right\} M' = abK' \cdot 2 \sqrt{gh} = \frac{a}{10} \sqrt{\frac{b^2 h}{4,934}} = \frac{a}{10} x;$

23) Ausflufsmenge aus oben offenen Schützen ( $M''$ ,  $b$  und  $H$  in Fufs)  $M'' = \frac{2}{3} K'' b H \cdot 2 \sqrt{gH} = 10H \sqrt{\frac{b^2 H}{9,675}} = 10H \cdot x;$

| N <sup>o</sup> | Gegeben     | Gesucht | Formel                    | Lösung                              |
|----------------|-------------|---------|---------------------------|-------------------------------------|
| 11)            | $l$ und $a$ | $F$     | $F = \frac{la}{12}$       | 12 (A) $a$ (A)<br>$l$ (B) $F$ (B)   |
| 12)            | $l$ und $p$ | $K$     | $K = \frac{lp^2}{42,5^2}$ | 42,5 (D) $p$ (D)<br>$l$ (C) $K$ (C) |

C. Berechnung der Gewichte verschiedener Körper. (Es sei  $Q$  der cubische Inhalt eines Körpers in Cubikfufs,  $q$  derselbe in Cubikzollen,  $u$  das spezifische Gewicht,  $G$  das absolute Gewicht in Pfunden à  $\frac{1}{2}$  Kilogr. Es sei ferner in Zollen  $\delta$  die Stärke eines quadratischen,  $\delta'$  eines cylindrischen,  $b$  und  $c$  die Stärken-Dimensionen eines prismatischen Stabes von der Länge  $l$  (in Fufs) und  $G'$  das Gewicht (Pfd.) pro laufenden Fufs der Stäbe.)

| N <sup>o</sup> | Gegeben          | Gesucht | Formel                              | Lösung                                       |
|----------------|------------------|---------|-------------------------------------|--|
| 13)            | $Q$ und $u$      | $G$     | $G = \frac{Qu}{0,0162}$             | 0,0162 (A) $u$ (A)<br>$Q$ (B) $G$ (B)        |
| 14)            | $q$ und $u$      | $G$     | $G = \frac{qu}{27,989}$             | 27,989 (A) $q$ (A)<br>$u$ (B) $G$ (B)        |
| 15)            | $\delta$ und $u$ | $G'$    | $G' = \frac{\delta^2 u}{1,5273^2}$  | 1,527 (D) $A$ (D)<br>$u$ (C) $G'$ (C)        |
| 16)            | $\delta$ und $u$ | $G'$    | $G' = \frac{\delta'^2 u}{1,7233^2}$ | 1,7233 (D) $\delta'$ (D)<br>$u$ (C) $G'$ (C) |

Für schmiedeeiserne Stäbe, 1 Cubikfufs = 480 Pfund gerechnet, findet man das Gewicht wie folgt:

| N <sup>o</sup> | Gegeben           | Gesucht | Formel                                  | Lösung                                     |
|----------------|-------------------|---------|---|--|
| 17)            | $\delta$ und $l$  | $G$     | $G = \frac{\delta^2 \cdot l}{0,548^2}$  | 0,548 (D) $\delta$ (D)<br>$l$ (C) $G$ (C)  |
| 18)            | $\delta'$ und $l$ | $G$     | $G = \frac{\delta'^2 \cdot l}{0,618^2}$ | 0,618 (D) $\delta'$ (D)<br>$l$ (C) $G$ (C) |
| 19)            | $b$ und $c$       | $G'$    | $G' = \frac{bc}{0,3}$                   | 0,3 (A) $c$ (A)<br>$b$ (B) $G'$ (B)        |

D. Berechnung einiger Formeln der Hydraulik. Die üblichen Formeln zur Berechnung der Fallgeschwindigkeit, der Ausflufsmenge aus dünnen Wänden oder aus kurzen Ansatzröhren, so wie aus oben offenen Schützöffnungen, ebenso die Geschwindigkeit des Wassers in offenen Leitungen lassen sich leicht mit Hilfe des Rechenschiebers berechnen. Nachstehend sind die Formeln nach üblicher Bezeichnung, ihre Umformung und Lösung angegeben:

Lösung:  $\frac{1}{7,906^2} (C) \frac{h}{c} (D)$

$8,916 (C) \frac{h}{b} (D) \frac{h}{x} (D)$

$4,934 (C) \frac{h}{b} (D) \frac{h}{x} (D)$

$9,675 (C) \frac{H}{b} (D) \frac{H}{x} (D)$

24) Geschwindigkeit des Wassers in offenen Leitungen

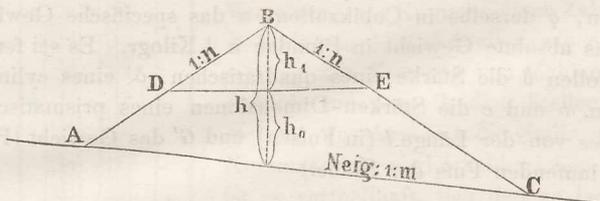
$$c' = K''' \sqrt{at} = \sqrt{\frac{9,09^2 t}{\lambda}}$$

$$\frac{\lambda}{100} (C) \quad t (D)$$

$$\frac{1}{9,09} (D) = \frac{1}{x} (C)$$

(Es bedeutet hierbei  $\lambda = \frac{1}{a}$  die Länge, auf welche das absolute Gefälle des Flusses = 1 Fufs ist).

Als Beispiel für Lösung einer Aufgabe mittelst mehrfacher Operationen führe ich nachstehend die Berechnung des Inhaltes einer Dammschüttung an. Hierzu die nachfolgende Figur.



Es sind die Kronenbreite und die Böschung des Dammes und daher auch  $h_1$  gegeben, ferner die Auftragshöhen  $h_0$  und die Terrainneigungen. Man wird nach der Simpson'schen Formel oder nach der üblichen Erdmassen-Berechnungsmethode den Dammkörper incl. des Körpers vom Profil  $DBE$  berechnen, und sodann diesen letzten Körper vom ganzen abziehen. Der wesentlichste Theil der Berechnung ist daher die Ermittlung des Inhaltes der Profile  $ABC$ . Dieser Flächeninhalt ist gleich  $\frac{h^2 m^2}{m^2 - n^2}$ . Die Berechnung ist in tabellarischer Form aufzustellen, und kann man hierfür das nachstehende Schema wählen:

|                 |       |     |       |     |     |       |       |                       |                             |
|-----------------|-------|-----|-------|-----|-----|-------|-------|-----------------------|-----------------------------|
| 1               | 2     | 3   | 4     | 5   | 6   | 7     | 8     | 9                     | 10                          |
| $\mathcal{A}^2$ | $h_0$ | $h$ | $h^2$ | $m$ | $n$ | $m-n$ | $m+n$ | $\frac{m^2 - n^2}{m}$ | $\frac{h^2 m^2}{m^2 - n^2}$ |
|                 |       |     |       |     |     |       |       | $\frac{7 \cdot 8}{5}$ | $\frac{4 \cdot 5}{9}$       |

Die hierbei mit Hilfe des Rechenschiebers auszuführende Operation ist eine dreifache und erstreckt sich auf Berechnung der Rubriken 4, 9 und 10.

Durch den vorstehenden Aufsatz habe ich geglaubt, einige meiner Fachgenossen mit einem in Deutschland wenig verbreiteten Instrument bekannt zu machen, und zugleich versuchen wollen, die Brauchbarkeit desselben nachzuweisen. Weit entfernt davon, dasselbe zur Benutzung bei Ausführung häufig wechselnder Berechnungen empfehlen zu wollen, halte ich es jedoch bei häufigem Vorkommen ein und derselben Rechnungs-Operation, bei tabellarisch aufgestellten Berechnungen u. s. w. für sehr nützlich. Dasselbe gewährt beispielsweise bei Reduction von Maafsen, Controllen von Flächenberechnungen, Repartitionen von Beiträgen, Abnahmen von Rundhölzern, ferner namentlich bei generellen und speciellen Vorarbeiten zu Eisenbahnen, bei Berechnung der Planumshöhen, der Grund- und Böschungsf lächen, der Auf- und Abtragsmassen und in vielen andern Fällen eine wesentliche Erleichterung. Redlich.

## Aufruf zur Preisbewerbung, betreffend den Plan für den Neubau der Mineralwasser-Anstalt in Riga.

(Mit einem Situations-Plan auf Blatt A' im Text.)

Die Gesellschaft der Actionäre der Rigaer Anstalt für künstliche Mineralwasser beabsichtigt den Neubau ihrer Anstalt, weil die bisherigen Räume nicht mehr genügen. Die Direction ladet hiermit sachverständige Fachmänner des In- und Auslandes ein, skizzirte Pläne für obigen Zweck einsenden zu wollen, und er bietet sich, die Preise von 250 S.-Rbl. und 150 S.-Rbl. \*) für die zwei besten Pläne zu zahlen. Das nachfolgende Programm enthält alle näheren Bedingungen.

Der Termin für Annahme der skizzirten Pläne läuft ab den 1. December alten (13. December neuen) Styls dieses Jahres.

Alle angegebenen Maasse dürfen um  $\frac{1}{10}$  verändert werden, wenn dadurch gröfsere Vortheile entstehen.

Sämmtliche Kosten zur Herstellung der Gebäude sollen nicht über 32000 S.-Rbl. (zwei und dreifsig Tausend Silber-Rubel) betragen, die Kosten für Pläne und Badewasserleitung ausgenommen.

Als Maafsstab für die Kostenberechnung dienen folgende Preise: 100 Kop. = 1 Silber-Rubel = 1 Thaler preufs. Cour.

Auf der Baustelle kostet incl. allen Materials und aller Arbeitslöhne:

|            |   |         |      |
|------------|---|---------|------|
|            |   | S.-Rbl. | Kop. |
| Erdarbeit. | 1 Cub.-Faden (343 Cub.-Fufs) zu graben, hinterfüllen u. s. w. | 3       | —    |
| Mauerwerk. | 1 Cub.-Faden Fundamentmauer von Kalkbruchstein                | 39      | —    |

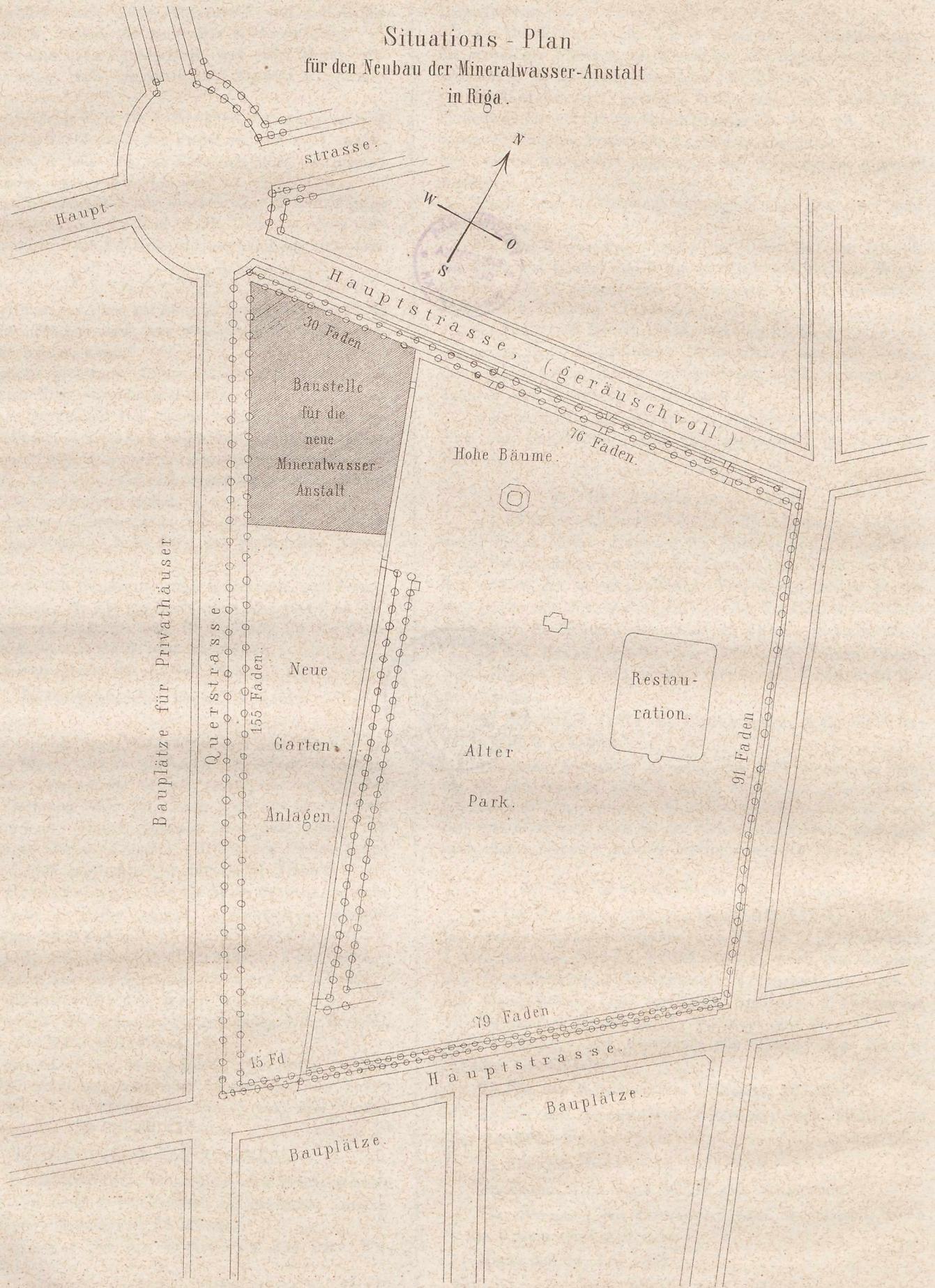
\*) Im Auslande 250 Thlr. resp. 150 Thlr. preufs. Courant.

S.-Rbl. Kop.

|                        |  |     |    |
|------------------------|--|-----|----|
| Mauerwerk.             | 1 Tausend Ziegelsteine im Parterre zu vermauern  | 28  | —  |
| Putz.                  | 1 □ Faden Gipsdeckenputz   | 1   | 50 |
|                        | 1 □ Faden Façadenputz mit Gesimsen   | 3   | —  |
| "                      | 1 □ Faden gewöhnlicher Wandputz  | 1   | —  |
| Holzwerk.              | 1 □ Fufs Balkenlagen (11—12 Zoll) von fichtenen Brussen, auf Mauerlatten zu legen, mit Einschubdecke, Sägespähnefüllung, Verschalung | 6   | —  |
| "                      | 1 □ Faden desgl. (6—7 Zoll) zu Nebenbauten   | 3   | 50 |
| "                      | 1 Gebind des Hauptdaches (einfache Construction)   | 6   | 20 |
| "                      | 1 Gebind des Nebendaches   | 2   | 50 |
| "                      | 1 □ Faden Dachbodendielung (rauh) (1½ Zoll)  | 1   | 50 |
| "                      | 1 □ Faden gespundeter Fufsboden (1½ Zoll)  | 3   | 80 |
| Dachdeckungs-Material. | 1200 Stück engl. Dachschiefer, à 2 □ Fufs (ohne Arbeitslohn)   | 100 | —  |
|                        | 1 □ Fufs Eisenblech zum Dachdecken (ohne Arbeitslohn)  | —   | 10 |
| Arbeitslohn.           | 1 Tag für 1 Maurer   | 1   | 40 |
| "                      | 1 Tag für 1 Zimmermann   | —   | 90 |
| "                      | 1 Tag für 1 Handlanger   | —   | 50 |

Alles Uebrige nach Verhältnifs.  
Als Bestandtheile der einzuliefernden Skizzen werden ge-

### Situations - Plan für den Neubau der Mineralwasser-Anstalt in Riga.



73 Faden = 7 Fuss engl.

fordert: sämtliche Grundrisse, einige Durchschnitte und die zwei Hauptfaçaden nach einem Maafsstabe von  $\frac{1}{2}$  Zoll für 10 englische Fufs; endlich ein genereller Kostenanschlag.

Die Pläne sind ohne Unterschrift, mit einer Merke versehen, einzusenden, dazu die versiegelte Adresse mit derselben Merke.

Die Entscheidung über die Zulässigkeit der eingesendeten Pläne, so wie die Vertheilung der Preise für die zwei zweckentsprechendsten, behält sich die Direction unter Zuziehung einer Commission von Architekten vor.

Die nicht acceptirten Pläne werden ohne Entschädigung portofrei zurückgesendet, im Fall es die Direction nicht vorziehen sollte, wegen ihres Ankaufes in Unterhandlung zu treten.

#### P r o g r a m m .

Auf dem Situations-Plan auf Blatt A' bezeichnet die schraffierte Stelle den Flächenraum, auf welchem der Bauplatz beliebig gewählt werden kann.

Er hat guten Baugrund (festen Sandboden), welcher bei ungefähr 9 Fufs Tiefe Grundwasser führt.

Die ganze Baulichkeit soll massiv aufgeführt werden, ungefähr 600 □Faden (à 49 □Fufs englisch) Grundfläche haben, und aus einem Complex mehrerer Haupttheile bestehen, die ihrem Zwecke nach zwar für sich abgesondert sind, jedoch mit einander in Verbindung stehen.

Das Wohnhaus 2 Stock hoch, alle übrigen nur 1 Stock hoch. Der Fufsboden 3 Fufs über das umliegende Niveau erhöht.

Als Material für Fundament und Kellerraum sind Bruchsteine anzunehmen, für die oberen Mauern und Gewölbe Ziegel (die Façade mit Kalkputz oder im Rohbau), für die Dachbedeckung englischer Schiefer oder Eisenblech.

Die einzelnen Theile der Anstalt sind:

#### A. Die eigentliche Trink-Anstalt.

Dazu gehört:

1) Ein Cursaal, zum Promeniren und zum Trinken der verschiedenen Mineralwasser bestimmt. Innerhalb desselben: ein Buffet, von welchem die Wasser verabreicht werden, und 1 Chor für's Orchester (dies Chor kann auch aus dem Cursaal ausgebaut werden). Haupt-Aussicht nach dem alten Park oder den neuen Garten-Anlagen. Höhe des Saales gegen  $2\frac{1}{2}$  Faden (à 7 Fufs englisch), Grundfläche 30 □Faden.

2) Das Schenkzimmer für die Mineralwasser-Schenkmaschinen, dicht am Buffet gelegen, in welches die Wasserkähne münden, 18 □Faden.

3) 2 Garderobe-Zimmer (1 für Männer, 1 für Frauen), mit dem Eingang aus dem Cursaal, zusammen 18 □Faden.

4) Das Zimmer für den Arzt, 6 □Faden.

5) 16 Privés (Waterclosets) (8 für Männer, 8 für Frauen), inclusive der Corridore 16 □Faden.

6) Colonnaden von Holz, Eisen, oder Stein, mindestens 2 Faden breit, an drei, oder besser allen vier Seiten der ganzen Anstalt, verbunden mit dem Cursaal zum Promeniren der Curgäste, 150 bis 200 □Faden.

#### B. Die Fabrik und Zubehör:

1) Das Laboratorium, womöglich an's Schenkzimmer stossend, 2 Faden hoch, gut beleuchtet, mit gehörigen Entwässerungs-Anlagen; Grundfläche 54 □Faden.

2) Ein Zimmer für die Bibliothek und feine Wagen, 8 □Faden.

3) Ein Comptoir, 8 □Faden. (Dieses und das Biblio-

thekzimmer können auch im Wohnhause liegen, nahe beim Laboratorium.)

4) Dachräume mit 3 Fufs versenkter Dachbalkenlage, für vorräthige Flaschen 54, Kisten 56, alte Apparate 20, Wasserbehälter 10 □Faden, zusammen 140 □Faden.

5) Kellerraum gewölbt, halb über, halb unter dem Erdboden, für vorräthige Mineralwasser 68, Holz 13, Eis 15, Stroh 20, für den Packraum 6 □Faden, zusammen 122 □Faden. Stroh kann aber auch über der Wagenremise gelagert werden.

Dach- und Kellerräume womöglich über und unter dem Laboratorium.

6) Ein Kesselhaus isolirt im Hofe, für eine Dampfmaschine und Kessel von 5 bis 10 Pferdekräften, ein Werkzimmer, ein Pochwerk zum Pulverisiren von 1 Cubikfaden Kalksteinen jährlich; 12 □Faden.

7) Ein Stall für ein Pferd, und Remise für 1 Transportwagen im Hofe, 12 □Faden. (Hier können auch die Vorräthe von Stroh und Kisten untergebracht werden, wenn sich dadurch eine Kostenersparnis ergibt.)

8) Ein Hofraum 80 □Faden, vielleicht auch ein Gärtchen von 18 □Faden. Der Hof gepflastert, im Hofe ein Brunnen.

#### C. Die Bade-Anstalt bedarf:

1) 30 getrennte Bade-Zellen à  $2\frac{1}{4}$  □Faden Grundfläche und 2 Faden Höhe. Davon 2 für Douche- und Dampfbäder, 2 für Schwefelbäder (wegen des Geruchs am Ende, und von den andern gut abzuschliessen). Von diesen Zellen ist die eine Hälfte mit dazu gehörigem Corridor für Männer bestimmt, die andere für Frauen; zusammen 90 □Faden Grundfläche.

2) Als Empfangs-Zimmer können die beiden Garderoben-Zimmer der Trink-Anstalt dienen, als Kochraum das Kesselhaus.

3) 2 Zimmer (1 für den Badewärter, 1 für die Wärterin), à 3 □Faden.

Die Bade-Anstalt ist so anzulegen, das sie auch im Winter für sich benutzt werden kann, wobei sie vom Schenkzimmer und Laboratorium abgeschlossen wird. Die Wasser-Zu- und Ableitung muß in der Skizze wegbleiben, weil jetzt noch nichts Näheres darüber bestimmt werden kann.

#### D. Das Wohnhaus für 4 Beamtete:

1) Die Wohnung für den Geschäftsführer, 9 Räume im zweiten Stock (wenigstens zum Theil): 1 Wohnzimmer, 1 Besuchzimmer (Salon), 1 Studirzimmer, auch zum Empfang von Geschäftsleuten, 1 Speisezimmer, 2 Schlafzimmer, 1 Küche mit Handkammer (für vorräthige Speisen), 1 Vorzimmer, 1 Schlafkammer für die Magd, überhaupt eine bürgerliche Familienwohnung. Mit Einschluß von Treppe und Flur 50 □Faden Grundfläche.

2) Für den Assistenten 2 Zimmer, 10 □Faden.

3) Für den Buchhalter 4 Zimmer, incl. Treppe und Flur 33 □Faden.

4) Für den Hausmann 10 □Faden.

Zu diesen Wohnungen 10 □Faden Kellerraum.

Die Wohnung des Buchhalters kann wegbleiben, wenn es die Kosten nicht gestatten.

Riga, den 11. Juli 1859.

Die Direction der Rigaer Mineralwasser-Anstalt.

## Bekanntmachung, das Preisausschreiben des sächsischen Ingenieur-Vereins betreffend.

Auf Grund der unterm 1. August 1857 veröffentlichten Aufforderung zur Preisbewerbung waren bis zum 30. Juni 1858 zwei Abhandlungen über die erste Preis-Aufgabe, das Imprägniren der Hölzer betreffend, und eine Abhandlung über die zweite Aufgabe, Rauchverbrennungs-Einrichtungen betreffend, bei dem Verwaltungsrath eingegangen. Die dritte Aufgabe, über die Geschichte der Entwicklung des Maschinenbaues im Königreich Sachsen, war ohne Bewerbung geblieben. Der Verwaltungsrath ergänzte sich durch Zuwahl des Herrn Geh. Finanzraths Major Wilke, des Herrn Ober-Ingenieur Poege an der Leipzig-Dresdner Eisenbahn und des Herrn W. Stein, Professor der Chemie an der Königl. polytechnischen Schule, zum Preisgerichte für die erste Aufgabe, und durch Zuwahl des Herrn Brandversicherungs-Inspector Kato in Chemnitz, des Herrn J. A. Schubert, Professor der Ingenieur-Wissenschaften an der Königl. polytechnischen Schule, und des Herrn Professor Stein zum Preisgerichte für die zweite Aufgabe. Das Preisgericht erkannte nach genauer Prüfung der Arbeiten und gemeinschaftlicher Berathung über dieselben die Abhandlung über Aufgabe 1 mit dem Motto: „Prüfet Alles und das Beste behaltet“ einstimmig für preiswürdig, dagegen die Abhandlung mit dem Motto: „Unsere Verantwortlichkeit für freiwillige Ausführung etc.“ zwar ebenfalls für werthvoll und beachtenswerth, aber der ersten wesentlich nachstehend. Die für die zweite Aufgabe eingegangene Arbeit mit dem

Motto: „Auch das Kleinste hat im System Bedeutung“ wurde einstimmig für preiswürdig erachtet.

In der am 10. April gehaltenen Versammlung des Vereins wurde nach Vorlesung des über die Verhandlungen des Preisgerichts aufgenommenen Protocolles zur Eröffnung der als unverletzt anerkannten Couverts geschritten, und als Verfasser der preiswürdigen Abhandlung über das Imprägniren der Hölzer: Herr Eisenbahn-Betriebsdirektor Buresch in Hannover, als Verfasser der preiswürdigen Abhandlung über Rauchverbrennungs-Einrichtungen aber: Herr Dr. August Seyferth in Braunschweig proclamirt.

Der Verein beabsichtigt, diese gekrönten Abhandlungen in seinen Mittheilungen zu veröffentlichen.

Dresden, am 27. Juni 1859.

Der Verwaltungsrath des sächs. Ingenieur-Vereins.

Dr. Julius Hülse, Professor und Director der Königl. polytechnischen Schule, als Vorsitzender; Otto Volkmar Tauberth, Maschinen-Ingenieur und Königl. Betriebs-Ober-Inspector der sächsisch-böhmischen Staats-Eisenbahn, als Stellvertreter des Vorsitzenden; Johann Bernhard Schneider, Professor der Maschinenlehre an der Königl. polytechnischen Schule, als Secretär; Otto Biedermann Günther, Baumeister, als Stellvertreter des Secretärs; Ernst Bake, Betriebs-Ingenieur der sächsisch-böhmischen Staats-Eisenbahn, als Vereins-Cassirer.

## Mittheilungen aus Vereinen.

### Verein für Eisenbahnkunde zu Berlin.

Verhandelt Berlin, den 11. Januar 1859.

Vorsitzender: Herr Hagen.

Schriftführer: Herr W. Schwedler.

Die Buchhändler Herren E. Schotte & Comp. überreichten mittelst eines Schreibens ein Exemplar des in ihrem Verlage erschienenen Buches: „Schulz, Tarif-Taschenbuch für den Güterverkehr für 1859“ zur Vorlage. Es wurde beschlossen, denselben dafür zu danken.

Herr Schwartzkopff zeigte darauf einen von ihm construirten kleinen Steinbohrer zu bergmännischen Zwecken vor, und erläuterte denselben folgendermaassen: Der Apparat besteht aus einem Bohrer und einem Hammer, verbunden durch eine gemeinsame Führung, welcher mittelst eines Kugelgelenkes von bedeutenderer Dimension verschiedene Richtungen nach oben, unten und nach den Seiten gegeben werden können. Die äußere Hülle des Kugelgelenkes ruht mittelst Dreh-Axe auf einem lafettenartigen Gestelle mit 2 oder 3 Rädern. Durch diese Einrichtung kann der Bohrer an den Ort der Arbeit transportirt und hier in der erforderlichen Richtung festgestellt werden. Bei Vertiefung des Bohrloches kann der Bohrer nebst Hammer in der gemeinsamen Führung durch einen Arbeiter mittelst einer durch die Kugel des Gelenkes geführten Schraube vorangeschoben werden.

Der Hammer, welcher 9 Pfd. wiegt, bildet in einem Stück den Kolben und die Kolbenstange eines kleinen Dampfcylinders, welche in ihren Durchmessern nur wenig verschieden

sind. Die durch diese Differenz entstehende ringförmige Unterfläche des Kolbens empfängt den zum Heben des Hammers erforderlichen Druck der gespannten Gase. Die Steuerung geschieht durch den Wilson'schen Hahn, der seine Bewegung durch eine mit der Richtung des Bohrers parallele drehbare Welle erhält. Während eines Kolbenhubes nimmt der Hahn resp. seine Welle zwei Stellungen an, je nachdem der Druck der Gase auf die Unter- oder Oberfläche des Kolbens wirken soll. Eine um die Welle angebrachte Spiralfeder drückt dieselbe dauernd in die erste Stellung. Am Ende der aufgehenden Bewegung des Hammers führt eine an demselben angebrachte geneigte Ebene mittelst Hebel und Frictionsrolle, indem sie den Druck der Spiralfeder überwindet, die zweite Stellung herbei. Durch diese Bewegung der Welle wird zugleich mittelst Klinkrad und Sperrfeder eine kleine Drehung des Bohrers hervorgebracht. Die zweite Stellung der Welle wird durch eine am Ende derselben in einen Hebel einspringende Plattenfeder so lange erhalten, bis der mit beschleunigter Geschwindigkeit heruntergedrückte Hammer auf den Bohrkopf aufschlägt und dabei die genannte Plattenfeder zurückdrückt, wonach die Welle frei wird und, dem Druck der Spiralfeder folgend, wiederum die erste Stellung einnimmt, welche die gespannten Gase unter den Kolben leitet.

Der Bohrer kann mit Dampf oder comprimierter Luft von 30 Pfd. Druck auf den Quadratzoll betrieben werden, und macht 250 Schläge in der Minute. Bei Dampfbetrieb und Tagebau kann der Bohrer mit dem Dampfentwickler vereinigt werden, wiegt dann 23 bis 24 Ctr. und wird durch 2 Mann bedient.

Zwei so combinirte Apparate sind in der Maschinenfabrik des Herrn Schwartzkopff für die Eröffnung von Fußpassagen in der Schweiz gegenwärtig im Bau begriffen. Im Frühjahr sollen 4 dergleichen zur Vertiefung der Fahrinnen auf dem Rhein aufgestellt werden. Die Aufstellung geschieht in der Art, daß 2 flache Schiffsgefäße durch 2 Quer- und Längsbalken so mit einander verbunden werden, daß zwischen ihnen ein freier Raum von 12 Fuß Breite und 40 Fuß Länge verbleibt, über welchem die 4 Bohrer auf Schienenwagen in der Art der Laufkrahne so aufgestellt werden, daß jeder über eine Quadratrute Grundfläche nach allen Seiten hin bewegt und benutzt werden kann. In dem einen der Schiffsgefäße befindet sich der gemeinschaftliche Dampfentwickler, in dem andern Ballast und Werkzeuge.

Detailzeichnungen der Bohrer wurden vorgezeigt.

Herr Klein machte darauf umfassende Mittheilungen aus dem Reiseberichte des Capitain Douglas Galton (Ende des Jahres 1856) über die amerikanischen Eisenbahnen in den Vereinigten Staaten, die nach dem von ihm übergebenen Manuscripte hier auszugsweise beigelegt sind:

Constructionsweise der amerikanischen Eisenbahnen.

Es war für Amerika unbedingt nöthig, durch Wälder und unbewohnte Districte Verbindungswege zu beschaffen, und hierzu eigneten sich am besten Eisenbahnen, welche gegen gewöhnliche Strafsen weniger Unterhaltungskosten erforderten.

Da die ersten Anlagekosten am meisten in Betracht kommen, so sind scharfe Curven und große Steigungen ohne Weiteres angewandt. Die Ohio- und Baltimore-Eisenbahn geben schlagende Beweise von mit starken Steigungen eröffneten Bahnen, die seitdem verbessert sind.

Um fürs erste einen Tunnel zu vermeiden, der nachher erbaut wurde, ist die Linie im Zickzack mit der stärksten Steigung von 1:18 über einen Berg geführt mit eingelegten horizontalen Strecken. Es konnten darauf übrigens nur leichte Züge befördert werden. Diese Eisenbahn hat ferner Curven von 360 Fuß Radius, und Curven mit 400 Fuß Radius kommen sehr häufig vor. Dieselbe folgt in ihrem Zuge über das Alleghany-Gebirge den Windungen der Thäler, sie ist ferner durch die Strafsen Baltimore's nach den Werften geführt und geht um rechte Winkel herum. In solchen Strafsen ist Pferdebetrieb.

Die Dämme und Einschnitte einer Eisenbahn sind bei der Eröffnung im Allgemeinen vollendet, die Brücken meistens von Holz, das, nicht immer gut ausgetrocknet, oft die Ursache bedeutender Ausgaben wird.

Das Bettungs-Material ist anfangs in unzureichendem Maße vorhanden. Für die Bahnen durch die Prairien kann dasselbe nur aus weiter Entfernung beschafft werden. Beim Bau dieser Linien wird ein Graben zu beiden Seiten des Planums ausgehoben und die Erde aufgeschüttet, um die Mitte der Schwellen zu bedecken, jedoch so nach beiden Seiten abwärts geneigt, daß die Schwellen-Enden frei liegen und Regen schnell abfließen kann.

Wegen der Elasticität des Bodens sind diese Bahnen bei trockenem Wetter ganz gut zu befahren. Dagegen ist bei nassem oder Frostwetter das fehlende Bettungs-Material die Quelle vieler Unbequemlichkeiten und Gefahren. Einigermassen könnte dem durch Drainröhren, in der Mitte und zu beiden Seiten des Planums gelegt, abgeholfen werden, ohne jedoch dadurch gerade den Kies zu ersetzen. In einem so strengen Klima, wie Amerika hat, müßte Kies wenigstens in 2 Fuß Tiefe unter den Schwellen und mit guter Drainirung verwendet werden.

Die Spurweite ist in Amerika verschieden, gewöhnlich 4 Fuß 8½ Zoll; auf der New-York-, Erie-Bahn und auf einigen andern 6 Fuß, auf der canadischen Eisenbahn 5 Fuß 3 Zoll. Diese Verschiedenheit ist von geringem Einfluß, weil nicht oft die Wagen einer Bahn auf eine andere übergehen.

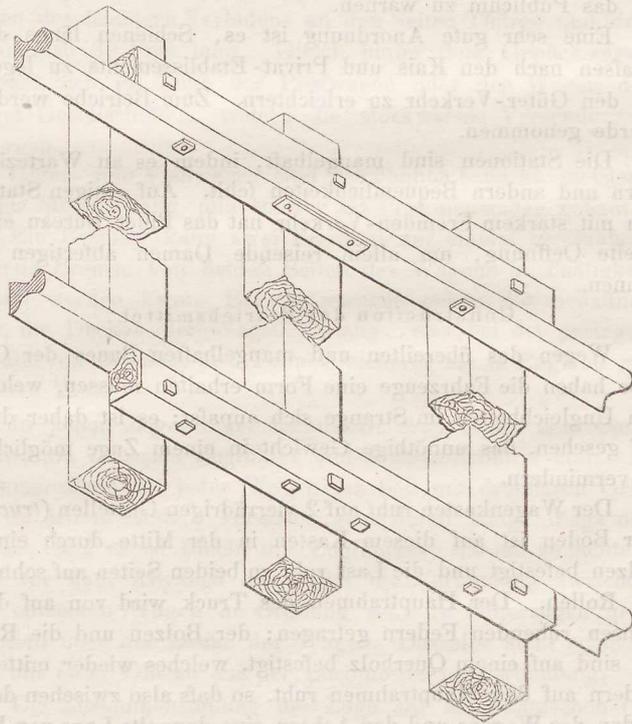
Die Schwellen sind von Eichen, Cedern oder Pechtannen, 6 und 8 Zoll stark, 7 bis 9 Fuß lang.

Da Eisen mit 30 pCt. besteuert ist, so muß damit möglichst sparsam umgegangen werden; die Schienen sind so leicht als möglich, die gewöhnliche Form ist die T-förmige, von 50 bis 65 Pfd. schwer (pro Yard). Einige Eisenbahngesellschaften bezogen ihre Schienen aus England und bezahlten sie mit Prioritäts-Obligationen; diese Schienen haben sich jedoch häufig nicht bewährt. Bei den aus amerikanischen Werken bezogenen Schienen ist oft das Verfahren eingeschlagen, zu bestimmen, daß die Schienen eine festgesetzte Zeit dauern sollen, innerhalb welcher auch alle vorkommenden Reparaturen event. Auswechselungen der Schienen von den betreffenden Lieferanten zu besorgen sind.

Die Schienen sind auf Querschwellen befestigt, die Stöße gewöhnlich durch einen Stuhl von Kesselblech gesichert, welcher an jeder Seite einen ausgeschnittenen und umgekrempelten Rand hat. Dieser Rand ist bloß 3 Zoll breit und reicht nur 1½ Zoll über jede Seite des Stosfes; derselbe richtet sich leicht auf und ist, wenn er niedergeschlagen wird, zum Brechen geneigt; daher werden die Stöße dieser Art bald schlecht, und es sind mancherlei Verbesserungs-Vorschläge gemacht worden.

Auf der New-York- und Erie-Eisenbahn sind oft 11 Schwellen unter einer 18füßigen Schiene. Auf einigen Linien ist ein schmiedeeiserner Stuhl von 14 Zoll Länge ohne Nägel auf die Schiene geschoben.

Es sind auch verschiedene Arten zusammengesetzter Schienen versucht worden, um die Stöße zu umgehen, jedoch ohne sich bewährt zu haben. Auch die gewöhnliche Laschenverbindung ist angewendet worden; aber die Nothwendigkeit, das Eisen ökonomisch zu verwenden und eine hinreichend breite Basis zu behalten, hat die Höhe und ganze Form der Schienen so modificirt, daß man dieser Verbindungsweise sich nicht oft bedient hat; überdies ist es erwiesen, daß dieses Verfahren ohne Erfolg gewesen ist. Auf der Ohio- und Baltimore



und auf andern Bahnen wird eine Modification dieser Verbindung angewendet, indem, wie in der Skizze auf voriger Seite angedeutet, an der inneren Schienenseite eine 12 Zoll lange eiserne Lasche und von aufsen ein 5 Fußs langes Stück Eichenholz angebracht ist; dies Verfahren hat sich bewährt.

Die in England gebräuchlichen Weichen sind in Amerika meistens unbekannt, indem dafür gewöhnlich bewegliche Schienen angewendet werden. Wenn daher diese letztern unrichtig gestellt sind, gehen die passirenden Fahrzeuge aus den Schienen. Deshalb werden diese Zungen immer verschlossen gehalten und ein Signal daran unveränderlich befestigt.

Um die Weichen immer für den Hauptstrang offen zu erhalten, sind dieselben auf der Newhaven-Bahn mit einem Gehäuse verbunden, dessen Thür mit dem Hebel der Weichen zusammenhängt, so daß diese geschlossen wird, wenn die Weiche für einen Nebenstrang geöffnet wird. Es kann also der Weichensteller dies Gehäuse nicht eher verlassen, als bis die Zungen für die Hauptlinie richtig stehen.

Die Signal-Vorrichtungen sind auf den Stationen und selbst an den Vereinigungspunkten sehr mangelhaft.

Niveau-Uebergänge sind selten und nur in der Nähe von Städten mit Thoren oder Wächtern versehen; dagegen steht daselbst eine große Tafel, worauf in großen Buchstaben gedruckt ist:

„Eisenbahn-Uebergang. Wagen halten still, wenn die Glocke der Maschine läutet.“

Auf der Philadelphia- und Reading-Eisenbahn bezeichnet bei Nacht ein blaues Licht den Uebergang. Es ist unabwiesliche Pflicht des Locomotivführers, die auf seiner Maschine befindliche Glocke zu läuten, wenn er sich einem Niveau-Uebergange nähert oder längs einer Strafe fährt.

Um Vieh und Thiere vom Beschreiten der Bahn abzuhalten, sind an jeder Seite eines Niveau-Ueberganges Schutzvorrichtungen angebracht. Es sind dies 4 Fuß tiefe und  $4\frac{1}{2}$  Fuß breite Gräben quer über die Bahn; darüber gelegte Balken unterstützen die Schienen, und einige Zoll daneben liegende Hölzer ermöglichen Personen den Uebergang.

Die Eisenbahnen sind gewöhnlich gut eingefriedigt, aufser bei Stationen, in den Strafsen der Städte oder längs Fahrwegen. In Baltimore reitet dem Zuge ein Trompeter voraus, um das Publicum zu warnen.

Eine sehr gute Anordnung ist es, Schienen längs den Strafsen nach den Kais und Privat-Etablissements zu legen, um den Güter-Verkehr zu erleichtern. Zum Betriebe werden Pferde genommen.

Die Stationen sind mangelhaft, indem es an Wartezimmern und andern Bequemlichkeiten fehlt. Auf einigen Stationen mit starkem Fremden-Verkehr hat das Billet-Bureau eine zweite Oeffnung, um allein reisende Damen abfertigen zu können.

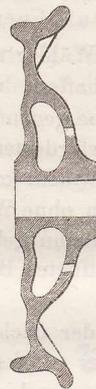
#### Construction der Betriebsmittel.

Wegen des übereilten und mangelhaften Baues der Geleise haben die Fahrzeuge eine Form erhalten müssen, welche den Ungleichheiten im Strange sich anpaßt; es ist daher darauf gesehen, das unnöthige Gewicht in einem Zuge möglichst zu vermindern.

Der Wagenkasten ruht auf 2 vierrädigen Gestellen (*truck*). Der Boden ist auf diesem Kasten in der Mitte durch einen Bolzen befestigt und die Last ruht zu beiden Seiten auf schmalen Rollen. Der Hauptrahmen des Truck wird von auf den Achsen ruhenden Federn getragen; der Bolzen und die Rollen sind auf einem Querholz befestigt, welches wieder mittelst Federn auf dem Hauptrahmen ruht, so daß also zwischen dem Boden des Wagens und den Achsen eine doppelte Lage von Fe-

dern ist. Gewöhnlich werden Kautschuckfedern gebraucht; da jedoch dieselben oft hart werden, so sind statt ihrer Federn von Stahl mit Vortheil angewandt. Den aus dem geringen Spielraum zwischen dem Querholz etwa sich ergebenden Seitenschwankungen ist durch Federn vorgebeugt, welche zwischen den Enden des Querholzes und zwischen dem Rahmen liegen. Ein an dem Rahmen befestigter eiserner Bügel umfaßt zu jeder Seite die Achse, um dieselbe im Falle eines Achsbruches zu unterstützen.

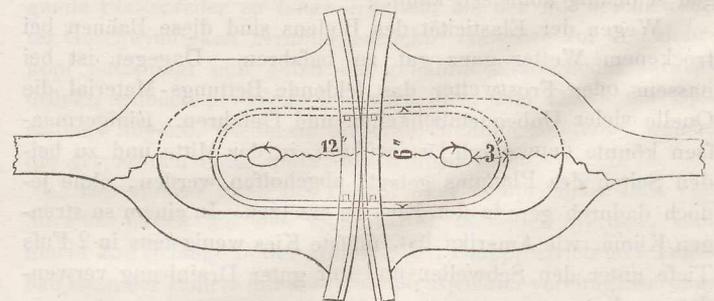
Die Achslager unterscheiden sich nicht wesentlich von den sonst gebräuchlichen. Nur die Schmierbuchse ist so eingerichtet, daß zum Schmieren Oel verwendet werden kann, welches bekanntlich in Hitze und Kälte tauglich bleibt. Das Oel ist im untern Theile enthalten, und um es einestheils gegen das Ausfließen zu schützen, andertheils mit der Achse in Berührung zu bringen, ist Baumwolle hineingelegt; der vordere Theil ist angeschraubt, und hinten ist rings um die Achse ein Leder angeordnet, um Staub abzuhalten. Unter günstigen Umständen kann eine solche Schmierbuchse 1 Monat ohne Erneuerung vorhalten, es ist indess schwierig, gutes Oel zu erhalten.



Die in Amerika üblichen Räder sind von Gußeisen mit abgeschrecktem Tyre, dieselben haben 30 bis 36 Zoll Durchmesser und sind ohne Speichen. Werden sie gut hergestellt, so können sie 60- bis 80 Tausend Meilen (englische) laufen, bevor die Tyres abgenutzt sind. Dieselben sollen nicht zum Springen geneigt sein; sie wiegen wohl 500 Pfund und kosten 3 £ bis 3 £ 10 sh. pro Stück. Sie sind zwar nicht so genau, wie abgedrehte Räder, indess sind die ersten Anschaffungskosten geringer. Ihre Abnutzung ist gleichförmig, und während ihres Gebrauchs erfordern sie keinerlei Ausgaben für Abdrehen. Ein Sprung kann leichter durch An-

schlagen mit einem Hammer entdeckt werden, und wenn ein Rad springt, so hat dies nicht die nachtheiligen Folgen, wie das Springen einer Bandage. Dergleichen gußeiserne Bandagen von Schalenguß werden von einigen Eisenbahnen sogar für Locomotiv-Triebräder verwendet; sie werden 3 bis  $3\frac{1}{2}$  Zoll stark, 6 Zoll breit und cylindrisch. Um sie mit dem Radkörper zu verbinden, welcher ebenfalls von Gußeisen und conisch abgedreht ist, werden diese Tyres nach einem entsprechenden Conus innen ausgebohrt und dann mittelst Schrauben befestigt. Diese Bandagen sollen vor denen von Stahl oder Schmiedeeisen den Vorzug verdienen, indem sie in der Kälte weniger dem Zerspringen ausgesetzt sind. Es wird zu ihrer Herstellung ein vorzüglich gutes Eisen und praktische Geschicklichkeit verlangt. Nur drei Fabriken liefern in den Vereinigten Staaten wirklich taugliche Räder.

Die einzige Verbindung zwischen den zusammengehörigen Wagen findet in der Mitte mittelst der Zugstange statt. Die Zugstange endigt nämlich auf beiden Seiten in eine so-



genannte Bumper (also genannt, weil ihre Form mit der eines Humpens oder Pokals ähnlich ist), und ist hierdurch also geeignet, sowohl als Buffer, wie als Verbindungsmittel zu dienen. Bei der am meisten gebräuchlichen Bauart der Wagen läuft die Zugstange unter dem Wagen fort und ist an elliptischen Federn befestigt, welche nach beiden Richtungen hin thätig sind.

Zum Kuppeln der Wagen ist keine Kraftanstrengung erforderlich, weil die Enden der Zugstange oder die Bumper an einander stoßen. Ein meistens eisernes Zwischenstück wird durch die hintere Oeffnung eingebracht, und zwei Stifte gehen durch die betreffenden Augen; etwa nur 1 Zoll Spielraum wird gestattet. Auf einigen Bahnen ist dies Zwischenstück von Eichenholz, 18 Zoll lang, 2 Zoll stark, 6 Zoll breit, mit  $1\frac{1}{2}$  und 2 Zoll großen Oeffnungen für die Stifte, welche im mittleren Abstände von 12 Zoll stehen. Dies Holz, so wie jedes Loch, ist mit Eisen eingefasst; das eiserne Band um das Holzstück ist jedoch an jeder Seite in der Mitte getheilt, so daß, wenn ein Wagen aus den Schienen geht, der seitliche Druck das Holzstück quer durchbrechen kann.

Beim Kuppeln der Personenwagen steht der Arbeiter auf der Platform am hinteren Ende des Wagens. Da jedoch die Güterwagen keine Platform haben, so ist oft behufs des Einsteckens des Stiftes eine selbstthätige Vorkehrung getroffen, um die beteiligten Personen vor Unfällen zu sichern. Es ist nämlich der Stift in dem Bumper des einen zu kuppelnden Wagens durch eine Kugel unterstützt, und das Zwischenstück ist in dem Bumper des andern Wagens mittelst seines Stiftes befestigt. Werden nun die Wagen gegen einander geschoben, so stößt das Zwischenstück im letztern Bumper die Kugel im erstern zurück und läßt dadurch den Stift in das zugehörige Loch einfallen.

Alle Personen- und meist auch alle Güterwagen sind mit Bremsen versehen, welche, von einem Ende des Wagens in Thätigkeit gesetzt, auf alle Räder desselben wirken. Die Bremsklötze sind mit gußeisernen Backen versehen.

Auf der Philadelphia- und Reading-Eisenbahn ist eine Vorkehrung getroffen, mittelst welcher ein plötzliches Hinderniß im Gange der Maschine auf die Räder aller Wagen die Bremsen wirken läßt.

Personen- und Auswanderer-Wagen, bedeckte Güterwagen, offene Wagen für Holz, Mineralien etc. werden auf die oben beschriebenen Truckgestelle gesetzt. Einige Bahnen haben Kohlen- und Kieswagen von der in England gebräuchlichen Form.

Der Boden der Personenwagen ist 30 bis 45 und 60 Fufs lang, weshalb die Seiten noch durch ein Hängewerk entweder in den Langwänden oder von unten unterstützt werden müssen. Die Breite ist bei 4 Fufs  $8\frac{1}{2}$  Zoll Spurweite 9 Fufs, auf der New-York- und Erie-Bahn 10 Fufs; die Höhe ist 6 bis  $7\frac{1}{2}$  Fufs. Es giebt zwei Klassen von Personenwagen, von denen die eine zum Befördern der Auswanderer dient.

In jedem Wagen ist die Thüre am Ende in der Mitte, und häufig ist es den Reisenden gestattet, aus einem Wagen in den andern zu gehen. Die Sitze sind gut gepolstert, für je zwei Personen eingerichtet, 3 bis  $3\frac{1}{2}$  Fufs lang,  $1\frac{1}{2}$  Fufs breit, mit 1 Fufs Zwischenraum; sie können mit dem Rücktheil umgelegt werden, damit der Reisende mit dem Gesichte nach jeder Richtung sitzen kann. Neben jedem Sitze ist ein Fenster und darüber ein Ventilator. Längs jeder Seite erstreckt sich ein umfangreiches Netz für Regenschirme etc. In einer gewissen Anzahl Personenwagen ist ein Raum von 7 Fufs und  $3\frac{1}{2}$  Fufs abgetheilt für säugende Frauen und für ein Closet. Im Sommer wird Eiswasser in die Wagen ge-

stellt. Bei einigen Bahnen nimmt die Reise eine beträchtliche Zeit in Anspruch, und dann sind in den Wagen besondere Zimmer mit Sitzen angebracht, die sich als Sophas aufklappen lassen, so z. B. auf der Ohio-Bahn. Dann muß dafür ein besonderer Preis gezahlt werden.

Der durch die zerreibliche Beschaffenheit des Bodens verursachte Staub ist beim Reisen während des Sommers in den Vereinigten Staaten die größte Unannehmlichkeit. Um dem vorzubeugen, sind auf einigen Bahnen Fenster so angebracht, daß sie sich seitwärts nach außen wenden und so den Staub abweisen sollen.

Auf der Michigan-Central-Eisenbahn ist eine Schirmwand von getheertem Segeltuch so befestigt, daß dieselbe vom untern Wagengestell außerhalb der Räder beinahe bis 2 Zoll über die Schienen reicht. Diese Schirmwand endigt in einem Rahmenwerk, welches dicht an ein anderes des folgenden Wagens anstößt, so daß unter den Wagen des ganzen Zuges ein einziger Canal entsteht, welcher den Staub zurückhält und ihm nur am hintern Ende einen Ausweg gestattet. Diese Vorkehrung verhindert das Eindringen des Staubes in die Wagen, soll jedoch ein Heißlaufen der Achsen bewirken.

Auf der New-York- und Erie-Eisenbahn wird in folgender Weise der Staub abgehalten und gute Ventilation bewirkt: Auf dem obern Theile des Wagens ist in der Richtung der fortschreitenden Bewegung des Zuges eine Röhre angebracht. Die Bewegung des Zuges veranlaßt die Luft in diese Röhre einzutreten und nach einer Kammer zu gehen, in welcher sie gereinigt wird. Es ist nämlich ein Wasserbehälter unter dem Wagen angebracht, und eine durch die Umdrehung der Achsen des Wagens in Thätigkeit gesetzte Pumpe treibt das Wasser in einzelnen feinen Strahlen so in obige Kammer, daß sich daselbst Schaum bildet. Indem die Luft durch diesen Schaum streicht, wird sie vom Staub befreit. Bei kaltem Wetter wird behufs des Erwärmens des Wassers ein Ofen aufgestellt. Sodann geht die Luft durch die Züge unter dem Fußboden in das Innere des Wagens. Die Fenster müssen verschlossen gehalten werden.

Unmittelbar hinter der Maschine befindet sich ein Gepäckwagen oder eine zur Aufbewahrung des Gepäcks eingerichtete Abtheilung eines Personenwagens. Die Gepäckwagen haben wegen des leichtern Verladens an den Seiten Thüren und sind gewöhnlich 30 Fufs lang. Gleich hinter dem Gepäckwagen befindet sich im Zuge der Postwagen oder der Wagen der Eilgut-Gesellschaften, welche die stückweisen Versendungen besorgen.

Güter- und Viehwagen sind gewöhnlich bedeckt, meistens 28 bis 30 Fufs lang, und stärker als Personenwagen gebaut.

Ein Bremser kann zwei Bremsen auf einmal handhaben, da jede Bremse von beiden Seiten des Wagens in Thätigkeit gesetzt werden kann. Bei Güterwagen gehen die Schaffner über die Decken der Wagen entlang, was bei der geringen Anzahl von Brücken und Tunnels sicherer als in England geschehen kann.

In jedem Zuge findet mittelst eines Seiles eine Communication zwischen Zugführer und Locomotivführer statt. In Personenzügen hat jeder Wagen ein Seil mit drehbaren Griffen an jedem Ende. Dasselbe geht durch Ringe längs der Decke, und es ist Pflicht des Zugführers, darauf zu achten, daß vor dem Abgange des Zuges die Verbindung zwischen den einzelnen Wagen in Ordnung sei. In Güterzügen geht das Seil über der Decke der Wagen. Dasselbe steht schließlich mit einer Glocke auf der Locomotive in Verbindung.

Die Zusammenstellung der Züge auf amerikanischen Eisenbahnen begünstigt diese Art der Communication mehr als

sonst wo. Die Wagen sind länger, deshalb in geringerer Anzahl im Zuge, und auch weniger häufig gekuppelt. Die Verbindung der Wagen geschieht durch starre Zugstangen ohne Ausdehnung oder Zusammenziehung von Bufferfedern, und da eine Person leicht von einem Ende des Zuges zum andern gehen kann, so ist diese Verbindung sehr leicht herzustellen und ein Versehen bald entdeckt.

Die Amerikaner scheinen bei der Wahl ihres Fuhrparks unter der Berücksichtigung, große Wagen mit geringen Ausgaben und mit Bequemlichkeiten für die Passagiere beim Ein- und Aussteigen zu erhalten, mehr die Form eines Schiffes, als die eines Wagens zu Grunde gelegt zu haben.

Es ist nur eine Klasse vorhanden, aber dieselbe ist besser und bequemer, als in England die zweite und dritte Klasse eingerichtet, obgleich für letztere der Fahrpreis manchmal bedeutender, als in Amerika ist. Dafs der Wagen nicht in einzelne Abtheilungen getheilt ist, erleichtert die Ventilation, die Erwärmung und Erleuchtung. Aus dem Gebrauche der Truckgestelle ergibt sich ein weiterer Vortheil, der wohl Beachtung verdient, nämlich: die Wagen können leicht Curven passieren und der Widerstand in den Curven ist etwas geringer.

Die in Amerika gebräuchliche, vorher angegebene Art der Kuppelung gefährdet weniger die mit diesem Geschäft beauftragten Eisenbahn-Arbeiter, als die jetzt in England übliche Kuppelungsweise; sie beugt den Gefahren vor, welche durch ein nicht sorgsames Zusammenschrauben der Kuppelungen entstehen können; ferner gewährt die durch den ganzen Zug gehende Zugstange dem Locomotivführer ein leichtes Mittel, die Bremsen auf alle Räder des Zuges gleichzeitig wirken zu lassen. Endlich gewährt die amerikanische Kuppelungsweise auch bessern Schutz gegen solche Unfälle, die durch das Aufschieben eines Wagens auf einen zugehörigen andern Wagen entstehen, indem zuvörderst die 5 Fuß an jedem Ende vorstehende Plattform zerbrochen werden muß, bevor der Boden des Wagens selbst beschädigt werden kann.

#### Maschinen.

Die amerikanischen Maschinen sind nach ähnlichen Principien wie die Wagen, auch für den Zweck gebaut, eine große Stabilität auf Wegen zu erhalten, welche zu gewissen Jahreszeiten beträchtliche Ungleichheiten des Stranges darbieten. Das Gewicht derselben ist so viel als möglich auf drei Punkte vertheilt. Das Ende der Feuerbuchse ist von den Triebrädern unterstützt und die Rauchkammer ruht auf einem Bolzen, welcher sich in der Mitte eines beweglichen schmalen Vordergestells befindet. Es sind gewöhnlich vier gekuppelte Triebräder von 5 bis  $5\frac{1}{2}$  Fuß Durchmesser, mit einem Zwischenraum von 1 Fuß 6 Zoll. Das hintere Räderpaar hat gewöhnlich Spurkränze, die Haupttriebäder dagegen haben solche meistens nicht und sind oft cylindrisch. Durch den Gebrauch cylindrischer Räder soll auf einer Eisenbahn in Australien eine bedeutende Verminderung der Abnutzung erreicht sein; die Bandagen sollen sich nicht scharf laufen und um  $\frac{1}{2}$  länger dauern; auch soll das Schwanken der Wagen geringer sein als bei conischen Bandagen. Wenn eine große Geschwindigkeit verlangt wird, so erhalten die Räder 6 Fuß Durchmesser, aber immer und bei allen Maschinen ist es üblich, vier Räder zu kuppeln.

Auf der Philadelphia- und Reading-Eisenbahn ist eine Maschine mit vier gekuppelten Triebrädern von 7 Fuß Durchmesser, mit Cylindern von 17 Zoll Durchmesser und mit 30 Zoll Kolbenhub; dieselbe wiegt nahe 28 Tonnen, wovon 12 Tonnen auf dem beweglichen Vordergestell ruhen und der Rest für die Triebräder verbleibt.

Zum Befahren starker Steigungen sind Maschinen mit acht gekuppelten cylindrischen Rädern von  $3\frac{1}{2}$  Fuß Durch-

messer im Gebrauch. Nur die Haupttrieb- und die Spurhaltenden Räder haben Radkränze. Zur Befestigung des Rahmens werden ausgleichende Balancierfedern angewandt. Das Gewicht ist bis 30 Tonnen.

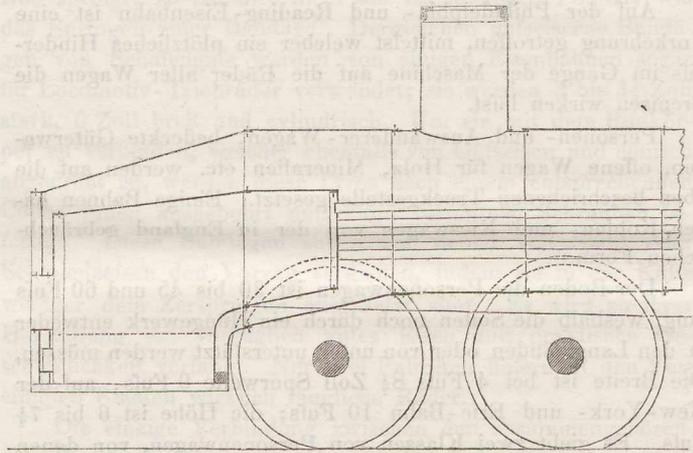
In den gewöhnlichen Maschinen ist das Vordergestell so leicht als möglich gemacht, die Räder mit  $2\frac{1}{2}$  bis  $2\frac{3}{4}$  Fuß Durchmesser von  $1\frac{1}{2}$  Fuß Zwischenraum. Diese Räder sind gleich denen der Wagen von abgeschrecktem Gufseisen (Schalengufs). Die Triebräder sind gewöhnlich im Kern von Gufseisen mit schmiedeeisernen Bandagen, oder oft auch, wie bereits erwähnt, mit Bandagen von Schalengufseisen.

Anstatt den cylindrischen Theil des Kessels gegen die Feuerbuchse stoßen zu lassen, ist derselbe in den meisten Fällen mit ihr durch eine geneigte Platte verbunden, so dafs daselbst kein rechter Winkel vorhanden ist.

Trotz der bedeutenden Kohlenlager der Vereinigten Staaten ist bis neuerdings zum Heizen Holz verwandt. Die Preise des Holzes sind indeß immer mehr gestiegen, und auf den Prairielinien ist es gar nicht zu haben, so dafs jetzt vorzugsweise Kohlen zum Feuern benutzt werden.

Mancherlei Versuche sind auch mit der Pechkohle gemacht worden, ohne dafs dieselbe vorher vercoakt wurde. So wurde die frische Kohle von unten in die Feuerbuchse eingebracht. Bei einem andern Versuche war die Feuerbuchse in zwei Theile getheilt, aus jedem führt ein Zugeanal mit einem Register zu den Heizröhren, und dort ist eine Oeffnung unter der Oberfläche des Brennmaterials von einer Seite der Feuerbuchse nach der andern. Die getrennten Feuerungen werden abwechselnd mit frischer Kohle beschießt, wobei der Schieber des zuletzt bedienten Feuers verschlossen gehalten wird, um den Rauch zu nöthigen, durch die andere Oeffnung zu gehen. Ueber den Erfolg dieser Vorkehrung kann nichts Bestimmtes angegeben werden.

Glanzkohle ist auf den Eisenbahnen in Pennsylvanien verwandt. Eine zweckmäßige Form der Feuerbuchse ist hienächst dargestellt. Die Feuerbuchse enthält eine große Rost-



fläche, die Roststäbe sind von Gufseisen,  $\frac{3}{4}$  Zoll breit mit  $\frac{1}{2}$  Zoll Zwischenraum. Gerade über den Roststäben längs der vorderen Seite der Feuerbuchse ist eine Reihe Luftlöcher von 4 Zoll Tiefe und  $1\frac{1}{2}$  Zoll Weite, welche nach Belieben geöffnet und geschlossen werden kann; es ist also hiedurch ermöglicht, in der Nähe der Röhrenplatte den erhitzten Gasen Luft zuzuführen. Die Glanzkohle wird über dem Rost in 9 Zoll starken Lagen ausgebreitet. Die Feuerbuchse ist meistens von Eisen und in ihren

Seiten stark nach innen geneigt, damit der hier erzeugte Dampf schnell aufsteigen kann und damit diese Flächen immer in Berührung mit dem Wasser bleiben.

Es mag hier noch erwähnt werden, daß die Lieferung der Kesselplatten ähnlich wie die Lieferung der Schienen erfolgt, daß nämlich, sobald im gelieferten Material Fehler entdeckt werden, der Fabrikant solche Stücke ersetzen und für alle daraus entstehenden Unkosten aufkommen muß.

Wenn Holz zum Heizen der Maschine verwandt wird, so ist der Schornstein noch mit einer Röhre bekleidet und mit einem Drahtsiebe versehen, um das Funkensprühen zu vermeiden. Eine Klappe am untern Theile gestattet das Entfernen der Asche etc. aus dieser Röhre.

Vorn ist ein sogenannter „Kuhhäsher“ statt der Bahnräumer angebracht; derselbe ist einem Schneepfluge ähnlich und hat seinen Namen davon, daß er bestimmt war, das auf der Bahn umhertreibende Vieh von der Maschine abzuhalten.

Auf jeder Maschine ist eine mindestens 30 Pfund schwere Glocke befindlich, welche beim Annähern an Niveau-Uebergänge, an Bahnhöfe etc. geläutet wird. Die Dampfpfeife wird nur in Nothfällen und als Signal zum Bremsen etc. benutzt.

Zu empfehlen ist noch die Art und Weise, wie die Locomotivführer und Heizer durch ein bedecktes Vordach gegen die Witterung geschützt werden.

### Verhandelt Berlin, den 8. Februar 1859.

Vorsitzender: Herr Fournier.

Schriftführer: Herr W. Schwedler.

(Mit Zeichnungen auf Blatt B' im Text.)

Der Vorsitzende bringt nachstehende eingegangene Schreiben zum Vortrag:

Eine Zuschrift Sr. Excellenz des Ministers für Handel etc. Herrn von der Heydt, wodurch derselbe dem Vereine den fünften Band der statistischen Nachrichten von den preussischen Eisenbahnen für das Jahr 1857 übersendet.

Ein Schreiben des Herrn Krupp in Essen, durch welches derselbe dem Verein ein Album seiner Gufsstahlfabrikate übereignet.

Zwei Dankschreiben der Ehrenmitglieder Herren Mohn in Hannover und Scheffler in Braunschweig, desgleichen ein Dankschreiben des correspondirenden Mitgliedes Herrn Mettke zu Magdeburg, sämmtlich betreffend die Ernennung derselben. Letzteres enthält zugleich eine Einladung zur Besichtigung der Magdeburg-Wittenberge'schen Eisenbahn bei Gelegenheit der nächsten Sommerreise des Vereins. Der Vorsitzende knüpft hieran Seitens der Direction der anhaltischen Eisenbahn eine Einladung zur Besichtigung der Bauwerke der neuen Eisenbahnen zwischen Wittenberg-Halle und Leipzig-Dessau.

Herr Koch hält danach einen Vortrag über die zu Breslau am 30. Januar d. J. stattgefundene Explosion der Locomotive Fürstenstein auf dem dortigen Bahnhofe der Breslau-Schweidnitz-Freiburger Eisenbahn, und erklärte dieselbe aus dem Nachgeben der Blechverbindung in der Nietreihe am niedrigen Dome dicht unterhalb der Wasserstandshähne. Herr Malberg fand es wahrscheinlicher, daß eine schlechte Schweifsung in dem Verbindungsringe zwischen Dom und Kessel die Ursache gewesen, und begründet seine Ansicht aus der Natur der Risse. Es entspann sich eine lebhaft Discussion, in welcher sich die Herren E. Wiebe und Weidtmann der Ansicht des Herrn Koch anschlossen.

Der Vortrag des Herrn Koch folgt hiernächst nach dessen Aufzeichnung:

### Verwendung und Bedienung der Locomotive vor der Explosion.

Die Locomotive Fürstenstein war bereits am 27., 28. und 29. Januar c. als Reserve-Maschine auf dem Bahnhof Breslau im Dienst gewesen und dabei von dem Maschinenmeister selbst bedient worden. Insbesondere hatte derselbe noch am Abend des 29. Januar zwischen 7 und 8 Uhr den am folgenden Morgen abzulassenden Personenzug rangirt und dann die Maschine einem Führer übergeben, welcher damit den Kohlen- und Güterzug rangirte und zwischen 9½ und 10 Uhr Abends das Feuer aus der Maschine nahm, dieselbe in den Schuppen an die im Grundriß (Blatt B', Fig. 2) angegebene Stelle brachte und einem Putzer übergab.

Auf demselben Geleise im Schuppen, dicht vor der Maschine Fürstenstein, befand sich die Locomotive „Vorwärts“, zur Seite auf dem nebenliegenden Stränge die Locomotive No. 21 und ein Tender.

Sowohl der Maschinenmeister wie der Führer behaupten, daß die Maschine an diesem Abend sich in vollkommen gutem Zustande befunden und daß namentlich die Ventile den Dampf rechtzeitig abgeblasen haben. Der Führer bemerkte auch, daß das Wasserstandsglas, als die Maschine schon im Schuppen stand, noch bis auf einen Zoll gefüllt war, was von dem Putzer insofern bestätigt wird, als er angiebt, daß das Wasserstandsglas beim Anzünden der Maschine am 30. Januar um 3½ Uhr Morgens über die Hälfte gefüllt war.

Nach dem Anzünden der Maschine gewahrte der Putzer, der sich inzwischen mit dem Putzen der Maschine beschäftigt hatte, gegen 5½ Uhr, daß das Ventil über der Feuerbuche abblies, und öffnete daher den Wärmehahn, um die überflüssigen Dämpfe in den Tender zu lassen, wobei er bemerkte, daß das Wasserstandsglas noch immer über die Hälfte gefüllt war und daß das Federmanometer 60 Pfd. Ueberdruck nachwies. Als das Ventil gegen 5¾ Uhr keinen Dampf mehr abblies und die Dampfspannung nach dem Manometer bis auf 50 Pfd. gefallen war, schloß der Putzer den Wärmehahn und setzte sich hinter einer andern Maschine bei der mit *a* im Grundriß Fig. 2 bezeichneten Stelle nieder.

Um 6 Uhr 5 Minuten wollte der Putzer den Schuppen verlassen und war bis zu der in Fig. 2 mit *b* bezeichneten Stelle gelangt, als die Explosion des Kessels erfolgte und sowohl ihn selbst, wie einen etwa 5 Minuten vorher in den Schuppen eingetretenen Arbeiter, der sich gerade in der Nähe des Putzers befand (bei *c* im Grundriß), niederwarf und betäubte.

### Befund der Locomotive und des Maschinen-Schuppens nach der Explosion.

Bei der Explosion wurden sechs größere und mehrere kleine Theile der Kesselwände aufwärts und zur Seite geschleudert und hierdurch, sowie in Folge der gewaltigen Lufterschütterung, der neben der Maschine befindliche, im Grundriß und der Ansicht mit dunkler Schraffirung angedeutete Theil der Umfassungswände des Schuppens eingestürzt und das Dach desselben in der Art gehoben, daß der Ständer *d* in Fig. 2 zur Seite fiel, der mittlere Theil des Daches zusammenbrach und auf die explodirte Maschine herabschlug, und daß das übrige Dachwerk über dem Raum *w x y z* in allen Verbandtheilen der Art gelöst wurde, daß es vollständig abgetragen werden mußte. Die Flügel des Thores am westlichen Giebel, bei *e*, wurden aus den Gehängen herausgerissen, die Flügel des einen geschlossenen Thores in der östlichen Scheidewand der beiden neben einander liegenden Schuppen (bei *f*) wurden aufgeschlagen, und selbst noch die Flügel eines Einfahrtsthores in der östlichen Wand des nebenliegenden Schuppens (bei *g*) zerbrochen.

Aus beiden Seitenansichten des Kessels (Fig. 4 und Fig. 5) ist zu entnehmen, in welche einzelne Theile der Kessel bei der Explosion zerrissen worden ist. Die größeren sechs Theile sind darin mit den Zahlen 1 bis 6 bezeichnet worden.

Nach der Katastrophe fanden sich diese Theile an den im Grundriß mit denselben Zahlen bezeichneten Stellen vor. Insbesondere war ein Theil der linken Seite des Feuerbuchsenmantels (von dem Führerstande aus) des niedrigen Doms No. 2 mit dem darauf sitzenden hinteren Ventile durch das Dach an der mit *h* im Grundriß bezeichneten Stelle durchgeschlagen und rückwärts und rechts von der Maschine in einer Entfernung von 90 Fufs außerhalb des Schuppens niedergefallen. Die Theile No. 1 und No. 3 des Domes lagen neben der Maschine auf denselben Seiten, an welchen dieselben am Kessel gesessen hatten.

Das vom Langkessel abgerissene große Stück No. 5 lag neben dem Kessel an der eingestürzten Wand, während das noch tiefer an der rechten Seite des Kessels befindliche kleine Stück No. 6 sich auf der linken Seite der Maschine vorfand.

Ein Theil der zur Verbindung des Feuerkastenmantels und des Langkessels dienenden gebogenen Bleche, Winkeleisen etc. No. 4 lag auf dem Führerstande der Maschine vor der Feuerbuchse. Kleinere Stücke der Kesselwandungen, welche an die in der Abwicklung der Kesselbleche (Fig. 7) als fehlend bezeichneten Stellen gehören mögen, fanden sich zum Theil zerstreut im Schuppen vor. Andere sind bis heute nicht aufgefunden.

Das Ansehen der Maschine Fürstenstein nach der Explosion des Kessels ist im Allgemeinen aus den Andeutungen der beigelegten Zeichnungen zu entnehmen.

Das die Bedeckung der Feuerkiste bildende Blech war in die Stücke 1, 2 und 3 zerrissen und abgehoben.

Die vordere Verkleidungswand am Feuerkasten (No. 5 in Fig. 5) war nach dem Tender hin herabgebogen. Die Feuerkiste selbst ist, mit Ausnahme einer geringen Durchbiegung der Decke und der darüber liegenden Anker, unverletzt geblieben. Von dem aus drei Blechringen gebildeten Langkessel war nur der zunächst an der Rauchkammer befindliche Ring nebst dem darauf sitzenden Dome unversehrt geblieben; die beiden andern Ringe waren, wie in der Zeichnung, (Fig. 4, 5 u. 6) angegeben, vielfach zerrissen. Die beiden oberen Stücke No. 5 und No. 6 waren, wie oben erwähnt, hinweggeschleudert. Die übrigen untern Theile der Ringe lagen vielfach zerrissen auf den unter dem Kessel befindlichen Achsen und Maschinetheilen.

Unter dem Langtheile des Kessels sind die Rauch- und Feuerkammern durch zwei innere eiserne Langröhre, die wiederum durch einen Querträger verbunden sind, zusammengehalten. Der ganze Kessel ruht vermittelst dreier auf jeder Seite angebrachter Stützen auf den äußeren Rahmen und ist mit diesen fest verbunden.

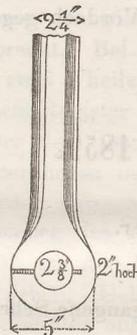
Auf der rechten Seite der Maschine sind bei der Explosion die Federgehänge über der Mittelachse zerrissen und der äußere mit zwei  $\frac{1}{4}$  Zoll starken,  $8\frac{3}{4}$  Zoll hohen Blechtafeln armirte hölzerne Träger unter der hintersten Stütze des Kessels zerbrochen, so daß der innere Rahmen dabei auf der Achse zu liegen kam.

Das mittlere Treibrad, das nur 13 Zoll von dem Schienenstöße entfernt stand, hat dabei (Fig. 8) die unter der Schiene liegende 6 Zoll starke, 10 Zoll breite Langschwelle zerdrückt und die Schiene 47 Zoll vom Ende im Kopfe und Stege gebrochen. Auf der linken Seite der Maschine sind die Gehänge der Vorder- und Mittel-Achsfedern abgerissen, in

Folge dessen hat der äußere Rahmen an derselben Stelle, wie auf der rechten Seite, ebenfalls einen Bruch erlitten. Da die Schienen hier jedoch wenig nachgegeben haben, so ist die Senkung der Maschine auf dieser Seite weniger beträchtlich, als auf der rechten. Die Siederöhren waren sämmtlich vollkommen rund und unversehrt. Bei der Explosion war der gegenseitige Abstand derselben jedoch nach den Andeutungen des Querschnitts (Fig. 7) nach allen Seiten hin vergrößert, und die Röhren der Art verbogen, daß deren größte Gesamtbreite, die an den Enden nur 3 Fufs  $2\frac{1}{2}$  Zoll beträgt, auf 4 Fufs  $3\frac{1}{2}$  Zoll erweitert ist, und deren größte Gesamthöhe, welche ursprünglich 1 Fufs 9 Zoll ausmachte, in demselben Querschnitt jetzt 2 Fufs  $5\frac{1}{2}$  Zoll beträgt. An den Kanten des unversehrt gebliebenen Ringes des Kessels und über dem Mittelrade der rechten Seite sind einzelne Röhren etwas eingedrückt, an letzterer Stelle anscheinend in Folge einer daran vorbeistreichenden Blechtafel, oder aus ähnlichem Grunde. — Die Befestigung der Siederöhre in beiden Rohrwänden hat nirgends gelitten. — Die Kesselanker sind sämmtlich nahe der Vorderwand der Feuerbuchse gerissen, die Ventile und deren Hebel umhergeschleudert oder verbogen.

In ähnlicher Weise sind viele andere Maschinetheile zerstört, doch keiner derselben der Art, daß daraus irgend ein Schluß über die Ursache der Explosion gezogen werden könnte, um so mehr, als die meisten dieser Brüche und Verbiegungen nur dem Einsturze des Daches und dem Herabfallen der Kesseltheile zugeschrieben werden können.

Zu bemerken dürfte nur sein, daß das Auge der Tender-Verbindungsstange nach nebenstehender Skizze zerrissen war. Andeutungen, daß die Kesselwandungen glühend gewesen, sind nirgends wahrnehmbar.



#### Beschreibung und Dimensionen der Maschine.

Die Locomotive „Fürstenstein“ (ohne Fabriknummer) ist im Jahre 1843 von Sharp, Roberts & Co. in Manchester erbaut und wurde im October desselben Jahres auf der Freiburger Eisenbahn in Betrieb gesetzt. Der Gebrauch der Locomotive Fürstenstein war auf Grund vorgenommener Prüfung gestattet worden.

Seitdem befand sich die Maschine in regelmäßigem Dienst und wurde zuletzt unterm 17. September 1857, nachdem dieselbe mit einer neuen Feuerbuchse, neuen Siederöhren und neuen Seitenblechen an der Umhüllung des Feuerkastens versehen worden war, der durch das Bahnpolizei-Reglement vorgeschriebenen Kesseldruckprobe und Revision unterzogen.

Nach den geführten Meilenbüchern hat die Locomotive überhaupt 31850 Locomotivmeilen zurückgelegt.

Seit der erwähnten letzten Revision hat dieselbe im Streckendienst nur 1257,8 Meilen durchlaufen, war aber vornehmlich für den Bahnhofsdiens benutzt worden.

Die Maschine Fürstenstein hat vier gekuppelte Räder und innen liegende Cylinder, arbeitet mit einem concessionirten Ueberdruck von 70 Pfd. pro □ Zoll ohne Expansion. Dieselbe war mit keiner Condensations-Vorrichtung versehen und hatte weder Dampf- noch Handpumpe.

Die Haupt-Dimensionen der Maschine sind:

- |   |                      |
|---|----------------------|
| 1) Durchmesser des Cylinders . . . . .    | 14 Zoll engl.        |
| 2) Kolbenhub . . . . .                    | 18 Zoll -            |
| 3) Durchmesser der 4 Triebräder . . . . . | 4 Fufs 6 Zoll -      |
| 4) - 2 Laufräder . . . . .                | 3 Fufs 6 Zoll -      |
| 5) Länge des Kessels . . . . .            | 8 Fufs 6 Zoll rhein. |
| 6) Durchmesser des Kessels . . . . .      | 3 Fufs 6 Zoll -      |

- 7) Blechstärke desselben . . . . .  $3\frac{3}{4}$  Linien rhein.
- 8) Durchmesser der Decke des Feuerkassenmantels des kleinen Doms . . . . . 4 Fufs -
- 9) Stärke des Bleches daselbst . . . . . 4 Linien -
- 10) Zahl der messingnen Siederohre . . . . . 109 Stück
- 11) Aeußerer Durchmesser derselben . . . . . 2 Zoll -
- 12) Innerer Durchmesser derselben . . . . .  $1\frac{3}{4}$  Zoll -
- 13) Gesamt-Heizfläche . . . . . 468 □Fufs -
- 14) Eigengewicht mit Wasser- und Coaksfüllung 343 Ctr.

Bei Untersuchung der explodirten Maschine ergab sich, daß dieselbe mit einem Wasserstandsglase von 11 Zoll Länge zwischen den Fassungen, sowie mit drei Probihähnen versehen gewesen war. Die Unterkante des Wasserglases lag in einer Höhe von nahe 2 Zoll über der Decke des Feuerkastens. Der unterste Probihahn lag nahe 4 Zoll über dieser Decke, die beiden andern in einem Abstände von je  $3\frac{1}{2}$  Zoll höher.

Es waren ferner zwei Ventile vorhanden, welche allem Anschein nach bis zum Eintritt der Explosion gut im Stande gewesen und insbesondere im Sitz und den Führungen durchaus glatt waren und nicht festgesessen hatten. Das grössere, auf dem vorderen Dome befindliche hat einen lichten Durchmesser von  $3\frac{3}{8}$  Zoll und nach Abzug der Stege und der Stieführung einen lichten Querschnitt von  $6,70$  □Zoll. Das Ventil zunächst dem Führerstande hat  $2\frac{7}{8}$  Zoll Durchmesser und einen lichten Querschnitt von  $5$  □Zoll, zusammen  $12,70$  □Zoll.

Bei 70 Pfd. Dampfüberdruck und 468 □Fufs Heizfläche beträgt der vorgeschriebene Querschnitt der Ventile nur  $468 \times 2,1$  □Linien =  $6,82$  □Zoll. Beide Ventile waren mit Federwagen belastet, deren Spannung jedoch, da dieselben vollständig zertrümmert, nicht weiter festzustellen ist.

Außer diesen Vorrichtungen zur Erkennung des Dampfüberdruckes war die Maschine mit einem Compressions-Manometer, von Schäffer und Buddenberg in Magdeburg geliefert, versehen. Auch letzteres war vollständig zerstört.

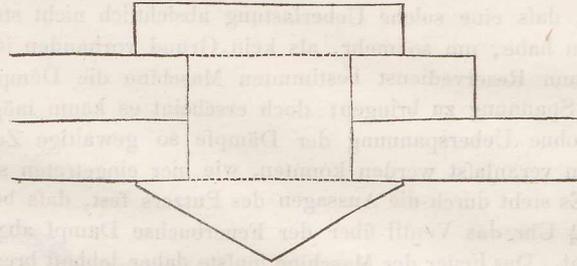
Der Dom oberhalb der Feuerbuchse ist niedrig und halbcylindrisch gestaltet. Die Decke ist aus einer einzigen Blechtafel gebildet, welche über die Seitenbleche und die an den Rändern rund gebogenen Bleche der Vorder- und Rückwand des Feuerbuchsenmantels übergreift und mit denselben vernietet ist (Fig. 4, 5 u. 6). Der Langkessel ist aus drei Blechringen zusammengesetzt. Die beiden Ringe zunächst der Feuer- und Rauchkammer sind aus einer einzigen Blechtafel gebildet; zum mittleren Ring dagegen sind drei Blechtafeln verwandt. Sämmtliche Blechtafeln des Langkessels sind stumpf gegen einander gelegt und durch übereietete,  $3\frac{3}{8}$  Zoll breite,  $\frac{3}{8}$  Zoll bis  $\frac{7}{16}$  Zoll starke Laschen mit einander verbunden. Um nahe einen Viertelkreis vom Scheitel entfernt befindet sich auf der rechten Seite die durch alle drei Ringe durchgehende Längennaht. Die Lasche derselben liegt im Innern des Kessels und reicht von dem Feuerkasten bis zur Rauchkammer durch. Die Laschen der beiden Quernähte sind auf der Aufsenseite auf die Blechtafeln aufgelegt, ebenso die Laschen der beiden übrigen kurzen Nähte im mittleren Ringe.

Wie in dem Gutachten des Maschinenmeisters N. constatirt, fand sich in der der Rauchkammer zunächst gelegenen Querlasche, auf der rechten Seite der Maschine (vom Führerstande aus),  $1\frac{1}{2}$  Fufs vom Scheitel ab, eine Stelle (*a c* Fig. 5 und 6), in welcher die Lasche in ihrer Längsrichtung, und zwar in der Nietreihe aufgerissen war, welche keine rothbrüchig erscheinende Bruchfläche zeigte. Am 3. Februar waren sämmtliche Bruchflächen bereits vollständig oxydirt.

Ein Winkeleisen von  $2\frac{3}{8}$  Zoll Seite verbindet den Langkessel mit dem Mantel der Feuerbuchse. Der Stofs dieses Winkeleisens liegt fast unmittelbar über der Längennaht des

Langkessels (bei *g*), und zwar, wie in dem Gutachten des Maschinenmeisters N. angeführt und am 3. Februar noch deutlich erkennbar, mangelhaft geschweisft.

Sämmtliche Niete des Kessels haben einen Durchmesser von 10 Linien. Der innere Nietkopf ist flach, der äußere ke-



gelförmig gestaltet. Die Nietköpfe waren, soweit wahrnehmbar, in die Bleche nirgends versenkt. Auch war kein einziger Niet ausgerissen. Die Niettheilung betrug:

- 1) in den Längnähten am niedrigen Dome, bei 22 Nieten auf 36 Zoll Blechbreite . . . 1,619 Zoll
- 2) in den Quernähten an demselben, bei 41 Nieten auf 69 Zoll Blechlänge . . . . . 1,675 Zoll
- 3) in den Längnähten am Langkessel, bei 19 Nieten auf 33 Zoll Blechbreite . . . . . 1,722 Zoll
- 4) in den Quernähten am Langkessel, bei 38 Nieten auf 30 Zoll Blechlänge . . . . . 1,616 Zoll.

Die Vernietung schwächte daher die Bleche und Laschen nahe um die Hälfte des Querschnitts.

Außer den vorerwähnten mangelhaften Stellen an einer Lasche und an dem Eckisen sind fehlerhafte Stellen nur noch an dem den ersten Ring des Kessels neben dem Feuerkasten bildenden Bleche bemerkt worden. Dasselbe war in der Mitte mehrfach blasig und doppelt, wie in der Zeichnung Fig. 6 angedeutet. Der Diagonalriß durch diese Tafel entstand aber augenscheinlich erst in Folge anderweiter Einrisse, und sind diese Mängel daher wohl nicht als Veranlassung der Explosion anzusehen.

Eine Verankerung des Kessels so wie des Doms über dem Feuerkasten war nur nach der Längsrichtung des Kessels angebracht. Die Vorderwand des Doms war durch 8 kurze Anker mit dem rechten Ringe des Langkessels und durch 5 durch den ganzen Kessel durchreichende Anker mit der Rohrwand an der Rauchhammer verbunden gewesen.

Sämmtliche Anker waren zwar im vollen Eisen zerrissen, zeigten im Uebrigen aber, ebenso wie die Feuerkiste, Siederöhren, Stechbolzen etc., welche sämmtlich erst vor der Revision im Jahre 1857 erneuert worden waren, keine Mängel.

Muthmaafliche Ursachen der Explosion.

1) Wassermangel. Nach den Vernehmungen derjenigen Personen, denen zuletzt die Wartung der Maschine anvertraut gewesen, war dieselbe vor der Explosion genügend mit Wasser versehen. An den einzelnen Theilen des Kessels findet sich auch nirgends ein Anzeichen, daß dieselben glühend gewesen sind, und ist Wassermangel daher um so weniger als Ursache der Explosion anzunehmen, als die Maschine mit keiner Dampf- oder Handpumpe versehen ist und somit dem Wärter kein Mittel zu Gebote stand, Wasser dem Tenderkessel zuzuführen, ohne die Locomotive in Bewegung zu setzen.

2) Zu hohe Dampfspannung. Der Ansicht des Obermaschinenmeisters N., daß die Explosion durch eine zu hohe Dampfspannung im Kessel nicht entstanden sein könne, weil die Ventile nicht festgesessen hatten, weil die Locomotive erst 20 Minuten vor Eintritt der Explosion eine Dampfspannung von 50 Pfd. an dem Federmanometer zeigte, und endlich, weil

in diesem Falle die kupfernen Feuerbüchsen im Wesentlichen nicht hätten unversehrt bleiben können — kann nicht vollständig beigetreten werden. Es ist zwar nicht mehr festzustellen, ob die Ventile nur mit dem vorschriftsmäßigen Drucke belastet waren, da die Federwagen, Ventilgehäuse etc. vollständig zerstört worden sind, und es liegt selbst die Wahrscheinlichkeit nahe, daß eine solche Ueberlastung absichtlich nicht stattgefunden habe, um so mehr, als kein Grund vorhanden ist, in der zum Reservediens bestimmten Maschine die Dämpfe in hohe Spannung zu bringen; doch erscheint es kaum möglich, daß ohne Ueberspannung der Dämpfe so gewaltige Zerstörungen veranlaßt werden konnten, wie hier eingetreten sind.

Es steht durch die Aussagen des Putzers fest, daß bereits um 5½ Uhr das Ventil über der Feuerbüchse Dampf abgeblasen hat. Das Feuer der Maschine mußte daher lebhaft brennen, und es steht zu vermuthen, daß sich dabei 20 Minuten nach dem Schließen der zum Tender führenden Wärmeröhre die Spannung wieder wesentlich gehoben hat. Auch ist es denkbar, daß bei einer Belastung der Ventile durch gewöhnliche Federwagen, wenn die Ventile selbst auch einen mehr als genügenden Querschnitt haben, dennoch die Spannung der Dämpfe das zulässige Maass bei weitem übersteigen kann. Je mehr das Ventil beim Ausströmen des Dampfes sich öffnet, desto mehr wird die Feder der Wage zusammengedrückt, und desto größer wird die Belastung der Ventile. Bei den gebräuchlichen Hebel-Verhältnissen von 1 : 8 bis 1 : 10 erzeugen die Federwagen schon einen Druck von 10 bis 15 Pfd. über die Normalspannung, wenn sich die Ventile im Sitz nur um  $\frac{1}{16}$  Zoll heben sollen. Die dabei für die Abführung der Dämpfe freiwerdende Oeffnung dürfte bei lebhafter Dampf-Entwicklung für das vollständige Ablassen der erzeugten Dämpfe nicht immer genügen, und es erscheint wenigstens nicht unmöglich, daß der Dampfdruck in einem Kessel trotz des Ablassens der Ventile die normale Spannung weit übersteigt. Hierzu kommt noch, daß die Ventile, wie durch Versuche bewiesen ist, insbesondere wenn deren Sitze einige Breite haben, das Bestreben zeigen, die Oeffnung zwischen dem Sitz und dem Ventilrande um so mehr zu verengen, je höher die Spannung der Dämpfe wird.

In dem vorliegenden Falle beträgt die Breite der Ventilsitze nur  $\frac{1}{4}$  Zoll, und ist daher dem letzterwähnten Umstande wohl keine große Bedeutung beizumessen. Es ist indessen immerhin nicht unmöglich, daß durch das Zusammentreffen mehrerer ungünstiger Momente, auch ohne böswillige Absicht, die Spannung im Kessel bei der Explosion eine weit höhere gewesen ist, als die gesetzliche von 70 Pfd. pro □ Zoll. Die Anführung des Ober-Maschinenmeisters N., daß die Feuerkiste bei Ueberspannung der Dämpfe nothwendig hätte grössere Beschädigungen erleiden müssen, als an derselben zu bemerken sind, dürfte auch als vollgültiger Beweis nicht anzusehen sein. Wie weiter unten dargethan werden wird, war die Wirkung der Dämpfe in Folge der eingetretenen Risse vorzugsweise eine lothrechte, und zwar ebensowohl aufwärts gegen die Decke, wie abwärts gegen den Boden gerichtet.

Gegen eine solche senkrechte Wirkung leisten aber die Wände der Feuerkiste gerade einen bedeutenden Widerstand. Die schwache Stelle derselben gegen einen solchen Druck ist nur die Decke, und diese zeigt sich eben trotz der darüber liegenden 6 Stück  $3\frac{1}{4}$  Zoll hohen und  $\frac{5}{4}$  Zoll starken Anker nach der Explosion etwas durchgebogen.

Unwahrscheinlichkeit der Annahme, daß die fehlerhafte Stelle in der Querlasche des Langkessels die Ursache der Explosion gewesen ist.

Der Ober-Maschinenmeister N. giebt sein Gutachten dahin ab, daß die bereits oben erwähnte fehlerhafte Stelle in

der Querlasche des Langkessels, welche in ihrer Längenrichtung, in welcher dieselbe die geringste absolute Festigkeit besitzt, in einer Nietreihe aufgerissen ist, die Explosion herbeigeführt habe. Diese Annahme wird dadurch bekräftigt, daß diese Stelle der Lasche im oberen Theile des Kessels gelegen ist, wo dieselbe in Folge der Construction des Kessels (derselbe ist mit den Rahmstücken fest verbunden) bei der 15jährigen Benutzung die größte Ausdehnung und Zusammenziehung erlitten hat. Die bezeichnete Stelle in der Lasche mag allerdings fehlerhaft gewesen sein, auch ist nicht zu bestreiten, daß in Folge der Verbindung des Kessels die zunächst dem Scheitel desselben gelegenen Eisentheile besonders in Anspruch genommen werden. Das letztere dürfte indessen bei anderen Verbindungen in nicht geringerem Maasse der Fall gewesen sein, und kann allein die Annahme eines Querrisses des Kessels als Ursache der stattgehabten Explosion nicht rechtfertigen. Die weiteren Ausführungen, wie die Lage der Maschine nach links, das Reißen der Kuppelstange zwischen Maschine und Tender, und endlich die Richtung der fortgeschleuderten Metallstücke, dürfte bei der unten erwähnten anderweiten Annahme eine weit genüendere Erklärung finden.

Wenn die Explosion mit einem Querrisse im Langkessel begonnen hätte, so müßten nothwendig die Siederöhren aus den beiden Rohrwänden herausgerissen worden sein, was bei keinem einzigen derselben geschehen ist. Die Rauchkammer nebst dem Schornsteine, eben so wie der Feuerkasten, würden schwerlich in ihrer parallelen lothrechten Lage verblieben sein. Zudem ergibt eine genaue Besichtigung der angegebenen Stelle in der Lasche, daß hier keine Trennung durch absolute Inanspruchnahme nach der Breite der Lasche stattgefunden hat. Im letzteren Falle würden die Nietköpfe, wie fast ohne Ausnahme bei allen übrigen getrennten Nietreihen, unversehrt geblieben sein, während die Köpfe hier, wie nebenstehend angedeutet, auf der innern Seite abgestreift sind.

Die Trennung in dieser Lasche kann daher augenscheinlich nur dadurch herbeigeführt sein, daß der Theil *abcd* des Blechstückes No. 5, Fig. 5, sich zuerst an der Seite *ab* löste und sodann nach oben von *a* nach *c* hin aufklappte. Dies beweist auch die Biegung des von *c* ab aufwärts am letzten Kesselringe noch festsitzenden Laschenstückes.

Muthmaßlicher Hergang beim Zerreißen des Kessels.

Untersucht man die Kräfte, welchen die einzelnen Theile eines cylindrischen Kessels ausgesetzt sind, so ergibt sich im Allgemeinen, daß die Inanspruchnahme der Bleche nach der Längenrichtung des Kessels nur halb so groß ist, als die Spannung derselben in der Peripherie normal zu den Seiten des Cylinders. Die erste dieser Inanspruchnahmen wird bei Röhrenkesseln noch dadurch ermäßigt, daß der Druck der Dämpfe auf die Rohrwände um einen dem Gesamtquerschnitt der Siederöhren entsprechenden Druck kleiner ist, als bei einem einfachen cylindrischen Kessel. Es steht daher von vornherein zu vermuthen, daß die erste Trennung eines Kessels, wenn nicht an einzelnen Stellen besondere Fehler im Material vorhanden sind, stets in einer Langseite des cylindrischen Kessels, resp. bei vollkommen gleicher Beschaffenheit des Materials in zwei diametral gegenüberliegenden Seiten erfolgt. Die Inanspruchnahme des Materials selbst ist proportional dem Durchmesser des Cylinders, und ist demnach der halbcylindrische Theil des Domes über dem Feuerkasten, da derselbe den größten Durchmesser hat, der am meisten in Anspruch genommene Theil des ganzen Kessels.



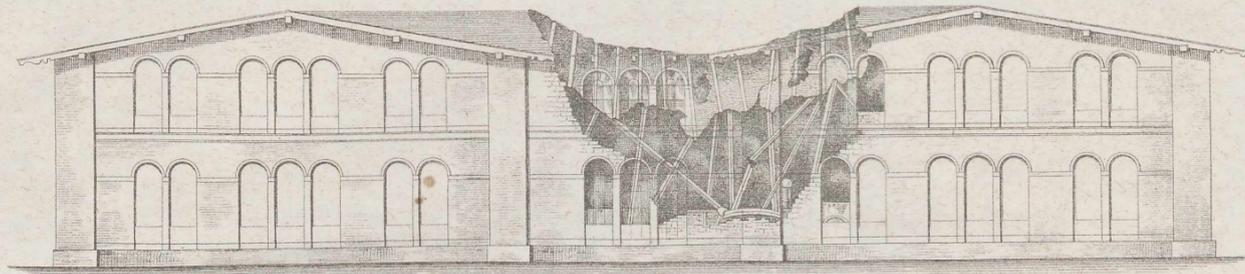


Fig. 1. Ansicht des Locomotivschuppens.

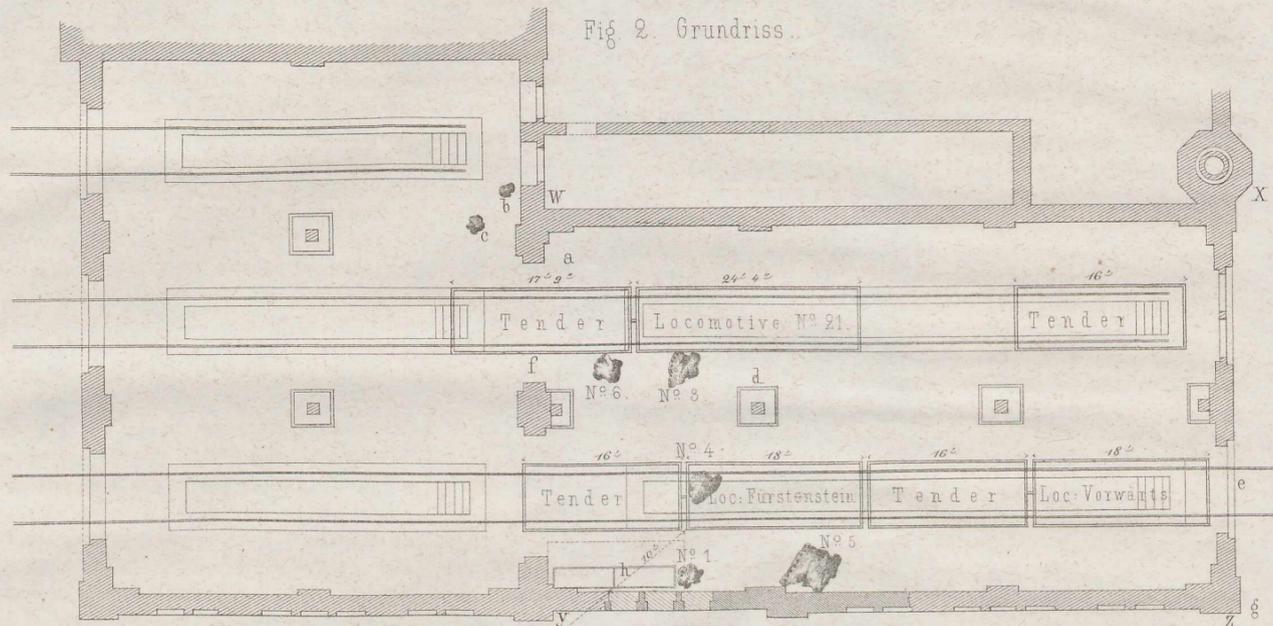


Fig. 2. Grundriss.

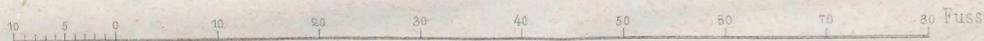


Fig. 3.  
Locomotive Fürstenstein.

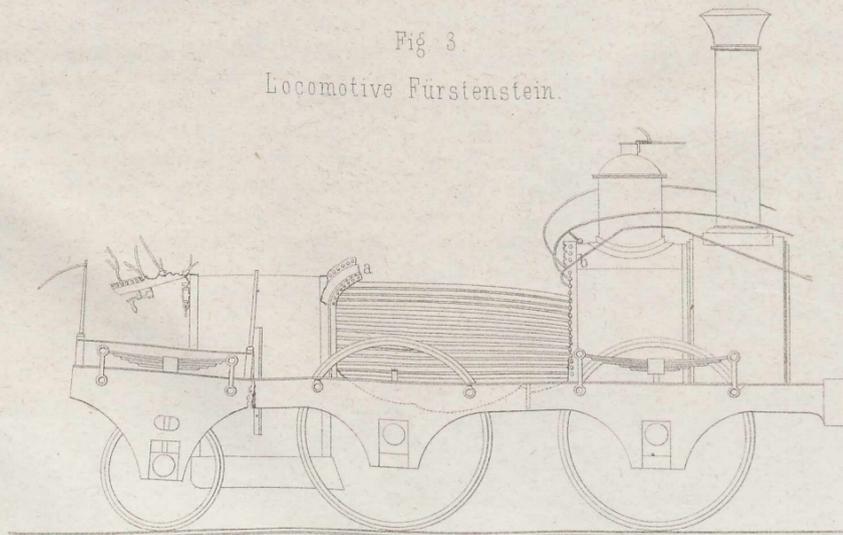


Fig. 7. Durchschnitt nach A B.

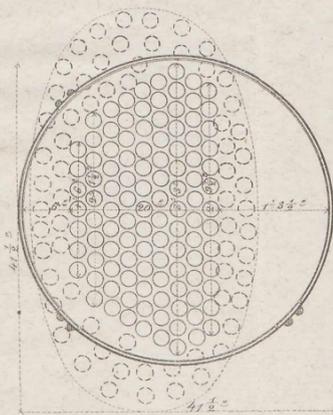


Fig. 8. Langschwelle und Schiene unter dem  
mittleren Triebrad.

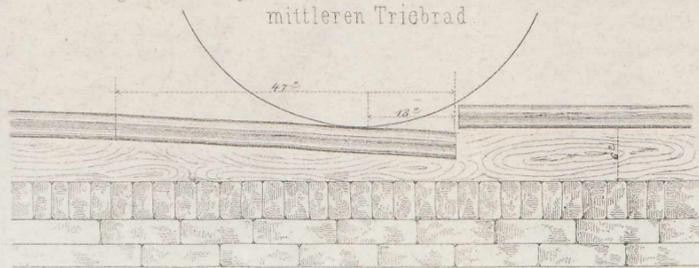


Fig. 4. Linke Seitenansicht des Kessels.

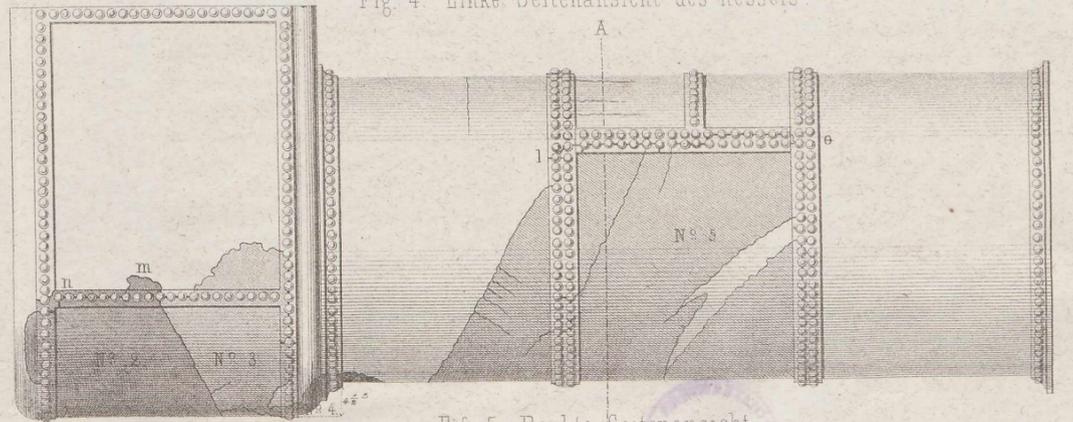


Fig. 5. Rechte Seitenansicht.

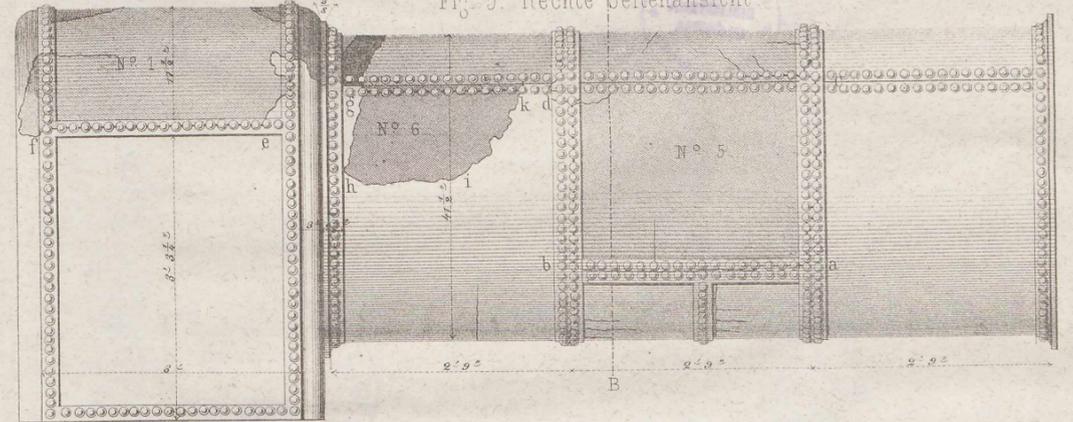
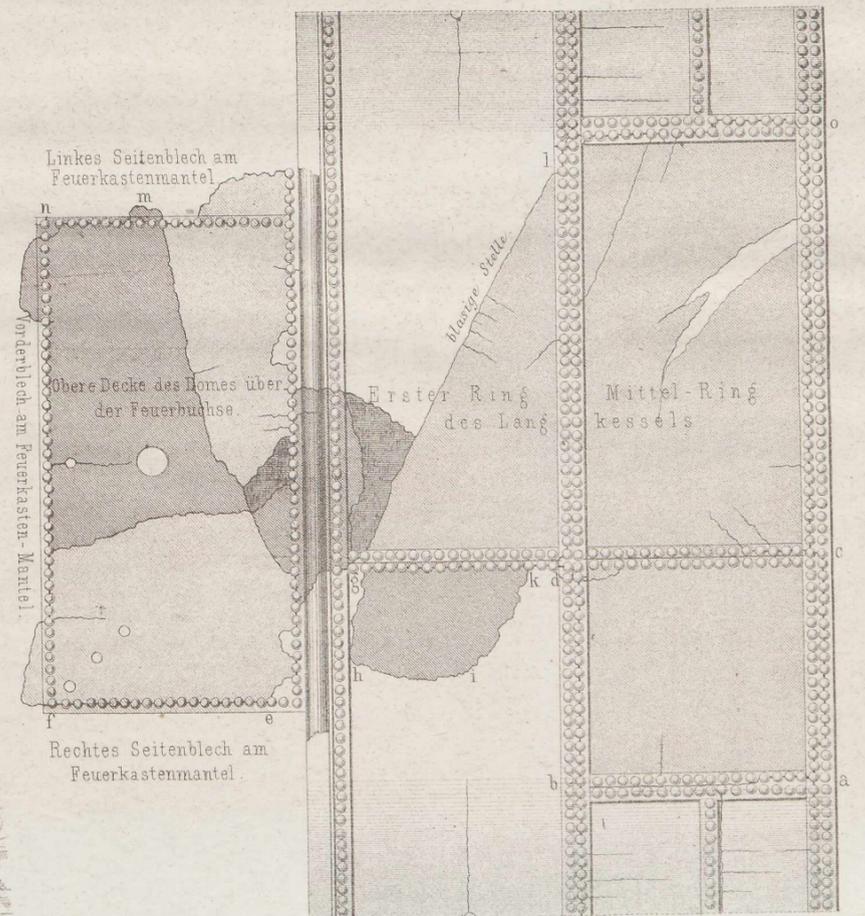


Fig. 6. Abwicklung der beschädigten Theile.



Bei der normalen Spannung der Dämpfe von 70 Pfd. pro □Zoll beträgt die Inanspruchnahme des Materials in dem kleinsten Querschnitt des 4 Linien starken Bleches nach Abzug der Niete 10080 Pfd. pro □Zoll.

Die Inanspruchnahme in einer Seite des Langkessels beträgt 9400 Pfd., dagegen die zur Entstehung eines Risses in der Peripherie des Langkessels normal zu dessen Axe nur 3540 Pfd. pro □Zoll.

In der That zeigt sich auf der rechten Seite des Domes, daß das die Decke bildende Blech in der Nietreihe, durch welche dasselbe mit dem Seitenbleche verbunden ist, der Länge nach abgerissen ist (*ef* Fig. 5). Unter allen am Kessel vorhandenen Trennungsfugen ist keine einzige so regelmäsig gebildet, wie diese. Sämmtliche Nietköpfe sind an dieser Stelle unversehrt erhalten, und die Trennung ist allem Anschein nach durch absolute Inanspruchnahme hervorgerufen. Bei der im Jahre 1857 vorgenommenen Reparatur der Maschine war das hier befindliche Seitenblech, da es in Folge der auf dieser Seite gelegenen Probröhne durchgerostet war, erneuert worden. Das neue Blech hat eine etwas gröfsere Stärke ( $4\frac{3}{4}$  Linien) als das die Decke bildende Blech (4 L.) erhalten, und mögen durch Verbindung der Bleche von verschiedenem Alter, Materiale und Stärke an dieser Stelle wohl Spannungen hervorgerufen worden sein, welche auf das die Decke bildende alte Blech nachtheilig eingewirkt haben. Dazu kommt, daß bei dem Einsetzen des neuen Seitenbleches die alten Nietlöcher des die obere Decke bildenden Bleches wieder benutzt worden sind, weil die Blechtafel an dieser Stelle vollständig gesund erschien, wobei indessen die alte Tafel gerade in ihrer schwächsten Stelle, der jetzt gerissenen Nietnaht, sehr gelitten haben mag.

Auch steht zu vermuthen, daß während der 15jährigen Benutzung des Kessels der Rost, der eben so gut auf den noch unter den Probröhnen gelegenen Rand des oberen Bleches eingewirkt, das Material daselbst angegriffen habe, als er bereits im Jahre 1857 eine Erneuerung des darunter gelegenen Seitenbleches erforderlich machte.

Endlich haben auch noch die in den Blechen bei jeder Benutzung des Kessels von Neuem erzeugten Spannungen auf die in Rede stehende Verbindungsstelle einen nachtheiligen Einfluß ausgeübt. Das obere Deckblech greift über das Seitenblech hinweg und ist mit demselben durch eine einfache Nietreihe verbunden. Sobald der Kessel nicht angeheizt ist, liegen die Bleche, wie hierneben bei A skizzirt, über einander. Sobald indessen die Dämpfe den Kessel anspannen, wird die Verbindung die unter B angedeutete Lage annehmen müssen. Dabei werden die Bleche zunächst der Nietreihe wiederholt hin- und hergebogen, und mag auch hierdurch die Cohäsion des Bleches an dieser Stelle während des 15jährigen Betriebes sehr gelitten haben.

In der Nietnaht, welche das obere Deckblech des Feuerkastenmantels mit dem Seitenbleche auf der rechten Seite der Maschine verbindet, findet daher nicht nur die größte aller im Kessel befindlichen Spannungen statt, sondern es berechnen sich auch verschiedene Umstände, wie insbesondere die Lage unterhalb der Probröhne, die Verbindung eines neuen stärkeren Bleches mit dem dünneren älteren, die Wiederbenutzung der alten Nietlöcher und endlich die Art der Verbindung, zu der Annahme, daß das Blech an dieser Stelle nicht mehr die erforderliche Widerstandsfähigkeit besessen hat. Auch lassen sich die übrigen durch die Explosion erzeugten Wirkungen durch diese Annahme sehr wohl erklären, und geben daher einen weiteren Beweis für dieselbe ab.

Nachdem die Trennung der genannten Stelle eingetreten war, concentrirte sich die Wirkung des Dampfdruckes auf die zunächst dem Risse noch zusammenhängenden Theile des Kesselventiles. Der Riss mußte sich erweitern, stets den schwächsten Stellen des Kesselmantels folgend. Die schlechte Schweifsstelle in dem Winkeleisen, welches den Feuerkastenmantel mit dem Langkessel verbindet (bei *g* in Fig. 5 und 6) begünstigte den Uebergang des horizontalen Längensisses in den Langkessel, woselbst derselbe die Linie *eghikdbac* (Fig. 5 u. 6) verfolgt zu haben scheint und dabei die Nietreihe von *g* nach *k* etc. wenigstens theilweise aufriß.

Gleichzeitig bewirkte der Dampfdruck ein Aufklappen des der Länge nach reißenden Blechmantels, wobei die Querrisse *ace* und *dfn* sich bildeten. Die starre, aus gebogenen Blechen und Winkeleisen gebildete Verbindung zwischen dem Feuerkastenmantel und dem Langkessel leistete diesem Aufklappen Widerstand. Dabei wurde indessen das Stück No. 4 aus dieser starren Verbindung herausgebrochen, die daransitzenden Blechtheile in einzelne kleine Stücke zertrümmert und der Blechmantel endlich durch die Diagonal-Risse *gm* und *gl* getheilt.

Die Lage der Theile No. 1, No. 3 und No. 4 nach der Explosion entspricht diesen Annahmen vollständig. Weniger leicht erklärt sich dadurch die vorgefundene Lage der Theile No. 2, No. 5 und No. 6. Es ist indessen dabei zu berücksichtigen, daß sämmtliche hinweggeschleuderten Blechstücke durch das Anschlagen an das Dach leicht eine veränderte Richtung erhalten konnten. Ueberdies enthält die vorgefundene Lage der Theile nichts, was mit den obigen Annahmen im Widerspruch stände.

Der Theil No. 2 hat vermuthlich zuletzt mit der Vorderwand des Feuerkastenmantels im Zusammenhange gestanden. Bei dem Herabschlagen der letzteren erhielt das Stück No. 2 die Bewegung nach rückwärts und nach rechts von der Maschine.

Der Theil No. 5 hätte wohl auch, wenn ein Aufklappen von der rechten Seite zur linken stattgehabt hat, auf der linken Seite der Maschine niederfallen können. Der Schwerpunkt des Stückes kann indessen beim Abreißen desselben auf der linken Seite sich nach rechts von der Axe der Maschine befinden haben, und dadurch das Herabfallen rechts von der Maschine bewirkt worden sein.

Der Theil No. 6 endlich hat vermuthlich beim Abreißen des Stückes No. 5 noch mit diesem im Zusammenhang gestanden und hat sich erst beim Anschlagen an das Dach davon getrennt, wobei es dann nach der linken Seite der Maschine herübergeschleudert wurde.

Die weiteren Wirkungen der Explosion waren das Umklappen des oberen Theiles der vorderen Wand des Feuerkastenmantels, und als Reaction dieser Wirkung das Reißen der Verbindungsstange zwischen Maschine und Tender; ferner das Herabschlagen der unteren Blechtheile am Langkessel, wodurch viele Maschinenteile zerstört und die Rahmen der Locomotive, wie oben erwähnt, zerbrochen wurden; endlich die Vergrößerung des Abstandes der Siederöhren. Die letztere Wirkung ist wohl dem Umstande zuzuschreiben, daß bei eintretender Explosion sich das zwischen den Röhren befindliche überhitzte Wasser momentan in Dampf verwandelt und die Röhren auseinander treibt. Ganz ähnliche Erscheinungen sind schon früher bei anderen Explosionen an Locomotivkesseln bemerkt worden. Nach dem Vorstehenden kann wohl mit Bestimmtheit angenommen werden, daß der erste Einriß am Kessel in der Nietreihe, welche die Decke des Feuerkastenmantels mit dem rechten Seitenblech verbindet, erfolgt ist, an welcher Stelle das Blech während des 15jährigen Betriebes des Kessels aus verschiedenen Ursachen bedeutend gelitten haben mag, und wo

neuerdings in Folge des Einziehens einer stärkeren Blechtafel weitere schädliche Spannungen hervorgerufen worden sind. — Hierzu kommt noch, daß sämtliche Bleche des Kessels eine geringere Stärke haben, als die gegenwärtig für dieselben vorgeschriebene oder sonst übliche. Der cylindrische Langkessel hat bei einem Durchmesser von  $3\frac{1}{2}$  Fuß nur eine Blechstärke von  $3\frac{3}{4}$  Linien, während die gesetzlichen Bestimmungen für diesen Theil des Kessels eine Stärke von  $4\frac{3}{4}$  Linien vorschreiben.

In diesem cylindrischen Theile des Kessels hat indessen die Explosion wohl nicht begonnen, und ist die ungenügende Stärke der Bleche dieses Theiles auch nicht die Veranlassung zu derselben. Aber auch die zu dem oberen Theile des Feuerkastens verwandten Bleche, für welche nach den gesetzlichen Bestimmungen der Verfertiger die Stärke bestimmen darf, haben bei 4 Fuß Durchmesser der halbkreisförmigen Decke nur eine Stärke von 4 Linien erhalten.

Die Inanspruchnahme des Bleches beträgt bei dem normalen Dampfdruck von 70 Pfd. pro □Zoll in dem durch die Niete am meisten geschwächten Querschnitt 10000 Pfd. pro □Fuß, was unter Berücksichtigung der mancherlei Nebenwirkungen und Schwächungen, welche die Bleche bei der Nietung erleiden, eine dauernde Sicherheit wohl nicht verbirgt. Aber auch angenommen, daß das Blech an dieser Stelle mit der Zeit so schlecht geworden wäre, daß es schon bei der gewöhnlichen Spannung der Dämpfe im Kessel gerissen sein kann, so würde doch die Wirkung des Dampfes den Kessel nicht in dem Maasse zerstört haben können, wie dies hier geschehen ist, wenn die Spannung der Dämpfe nicht eine weit höhere als 70 Pfd. pro □Zoll gewesen wäre.

Die Ursache der Explosion kann daher nur der geringen Stärke des den Feuerkastenmantel bildenden Bleches, welches außerdem während 15 Jahre vielfach gelitten und zuletzt durch die Vernietung mit einem neuen stärkeren Bleche bedeutend geschwächt worden war, in Verbindung mit einer höheren als der zulässigen Dampfspannung zugeschrieben werden. Wenn auch das Einsetzen eines neuen Bleches wesentlich zur Explosion beigetragen haben mag, so kann daraus den mit der Ueberwachung und Reparatur der Maschine beauftragten Beamten um so weniger ein Vorwurf gemacht werden, als die nachtheiligen Wirkungen der Verbindung verschiedenartiger Bleche zur Zeit nicht genügend ermittelt und bekannt geworden sind.

Leider haben die sorgfältigsten Untersuchungen bis jetzt die Umstände nicht aufzuhellen vermocht, welche die bei der Explosion wirksame höhere als die normale Dampfspannung veranlaßt haben; insbesondere kann kein Anzeichen aufgefunden werden, welches darauf hindeutete, daß eine solche aus Nachlässigkeit im Dienste oder aus böswilliger Absicht herbeigeführt worden ist.

Herr Weishaupt sprach darauf über die Benutzung des Torfes zur Locomotivfeuerung und über die Verdichtung desselben in Baiern und Württemberg durch Zerkleinern, Anwärmen und Pressen.

Auf dem Haspelmoore zwischen München und Augsburg ist das Torflager durch Gräben trocken gelegt und von der moosigen Oberfläche befreit. Danach wird der Torf in den Sommermonaten durch Pflüge, die mittelst Locomobilen bewegt werden, in 1 Zoll bis  $1\frac{1}{2}$  Zoll starken Lagen aufgelockert und durch Umwenden an der Luft getrocknet. Der getrocknete zerkleinerte Torf wird in das Maschinenhaus befördert, dort gehoben und gesiebt. Die gröbern Theile werden zum Feuern verwendet, die feinem mittelst Schnecken über flache große Dampfkasten geführt, bis sie trocken sind und eine Temperatur von 40 Grad angenommen haben, wobei die Theerbildung beginnt und der Torf zum Pressen geeignet ist.

Die Presse besteht aus einer liegenden Röhre vom Querschnitt der zu pressenden Stücke, deren untere Mündung durch eine bewegliche Seite durch Anziehen einer Schraube beliebig verengt werden kann. Der Torf fällt von oben hinein und wird durch einen Kolben, der 50 Hübe per Minute macht, gegen die im verengten Ende befindliche Torfmasse geprefst, wodurch diese zugleich vorgeschoben wird und sich in die einzelnen Prefsstücke zerlegen läßt. Es können in 24 Stunden 72000 Stück oder 720 Ctr. Prefstorf hergestellt werden. Die Fabrikationskosten sollen einschließlic der Verzinsung des Anlagecapitals  $4\frac{1}{2}$  Sgr. pro Ctr. nicht übersteigen. Der Heizeffect des Torfes verhält sich zu dem des Coaks wie 10:14, und wurden bei der Locomotivfeuerung pro Achsmeile 3,17 Pfd. verbraucht.

Herr Krug von Nidda knüpfte daran die Bemerkung, daß in Weisenfels die Braunkohle in ähnlicher Weise durch Maschinen verdichtet werde.

Herr Hoffmann sprach über die Einrichtung an Achslagern auf der Berlin-Potsdam-Magdeburger Eisenbahn zur Abhaltung des Staubes, bei welcher ein an die Radnabe angebrachter, über die verlängerten Lagerkasten übergreifender Ring ruhige Luftschichten erzeugt, welche das Ablagern des Staubes innerhalb dieses Ringes befördern und so das Eindringen in die Lagerfutter verhindern. Die Lagerfutter sollen bei dieser Einrichtung die doppelte Dauer haben.

### Verhandelt Berlin, den 8. März 1859.

Vorsitzender: Herr Hagen.

Schriftführer: Herr W. Schwedler.

(Mit Zeichnungen auf Blatt C' im Text.)

Herr Krüger in Wittenberg übersendet dem Verein drei Exemplare seiner Eisenbahnkarte von Mittel-Europa und stellt den Antrag: für die auswärtigen Mitglieder eine freie Eisenbahnfahrt zu den Vereins-Sitzungen zu erwirken. Der Verein nimmt die Karten dankend entgegen, sieht sich jedoch außer Stande, dem Antrage gemäß das Erforderliche zu veranlassen.

Freiherr von Weber übersendet dem Verein eine von ihm verfasste Schrift über „die rauchfreie Verbrennung der Steinkohle.“

Herr Hauchecorne übersendet die statistischen Uebersichts-Tabellen von den Betriebs-Ergebnissen der deutschen Eisenbahnen und den Comptes rendu der belgischen Eisenbahnen pro 1857.

Beide Sachen werden dankend entgegengenommen.

Herr Schwartzkopff theilt darauf einen ihm zugegangenen Aufsatz des Herrn Daelen zu Hörder-Hütte über die zweckmäßigste Form des Schienen-Profiles mit. Derselbe wird originaliter hier beigefügt:

„Auf Grund sorgfältiger praktischer Versuche und auf dem Wege des theoretischen Calculs hat die heutige Eisenbahnschiene eine Form erlangt, die, hauptsächlich durch das sogenannte preussische Normal-Schienen-Profil vertreten, im Betreff der größten Widerstandsfähigkeit unlängbar an der Spitze steht. Wäre mit diesem Resultate allen übrigen Anforderungen genügt, welche an eine solide Schiene gestellt werden müssen, so könnten die nachstehenden Bemerkungen überflüssig erscheinen. Alte wie neueste Erfahrungen zeigen jedoch, daß man sich bei jenem Resultate noch nicht begnügen darf; denn die äußere Abnutzung der Schienen, selbst der jüngsten, ist noch viel zu groß, als daß dieser fressende Uebelstand mit dem einseitigen Urtheile abgethan werden könnte, diese Abnutzung sei ein unvermeidliches Uebel, oder sie sei

eine Folge schlechten Materials und mangelhaften Verfahrens. Mögen Urtheile der letzteren Art hier und da ihre Begründung finden, jedenfalls würde es leichtfertig verfahren heißen, auf Grund derselben die Acten über die zweckmäßigste Form der Schienen schliessen zu wollen. Ueberhaupt sollten Untersuchungen und Entscheidungen dieser Art nicht nur von den Eisenbahn-Ingenieuren allein geführt werden, wenigstens nicht ohne die Ansichten und Erfahrungen praktischer Eisen-Techniker vernommen und zu Rathe gezogen zu haben; denn jene, die das Schienen-Profil construirt haben, sind es nicht, welche, die Kläger und Richter vereinigend, die letzteren für Mängel verantwortlich machen dürfen, von denen noch gar nicht festgestellt ist, ob sie nicht dem Constructeur zur Last fallen? Möge es daher einem Eisenhüttenmanne gestattet sein, seine auf langjährige praktische Erfahrungen gestützten Bemerkungen in dieser hochwichtigen Frage auszusprechen.

Das Ziel der neueren Schienen-Construction ist darauf gerichtet, dem Profile bei möglichster Material-Ersparung einen möglichst ausgedehnten Umfang bei bestimmt bemessener Höhe zu geben; denn die Schiene erlangt dadurch die relativ grösste Widerstandsfähigkeit gegen Durchbiegung und Bruch, und der gleiche Zweck erfordert, daß die Masse möglichst gleich aus der Mitte des Profils (neutrale Axe) nach oben und nach unten vertheilt wird. Vom theoretischen Standpunkte aus aufgefaßt, ist dies ganz richtig. Es ist aber an der Zeit, die Frage aufzuwerfen:

„Wie gestaltet sich diese Massen-Vertheilung im Verlaufe des Walzprocesses?“

Die eingehende Beantwortung dieser Frage wird uns weiter unten beschäftigen; zunächst handelt es sich darum, den Einfluß der äusseren Form der Schienen auf ihre Widerstandsfähigkeit gegen die Abnutzung ins Auge zu fassen; denn die äussere Form ist es, welche die innere Massen-Vertheilung bedingt.

Betrachten wir bei den verschiedenen Schienen-Profilen die Form des Kopfes, so zeigt sich zunächst die Oberfläche der Bahn derselben mehr oder weniger gewölbt, und zwar soll, nach einer fast allgemein angenommenen Regel, der grösste Radius dieser Convexität nicht mehr als 7 Zoll betragen. Ohne die Gründe, welche eine gewisse Wölbung des Schienenkopfes bisher empfehlenswerth machten, bestreiten zu wollen, muß doch geltend gemacht werden, daß sie vom Standpunkte eines präcisen Bahnbaues und der heutigen Fabrikationsstufe aus nicht mehr gerechtfertigt werden können. Denn es kann nicht bestritten werden, daß die Convexität des Schienenkopfes ihre Bedeutung verliert, ja, daß sie zweck- und nutzlos wird, sobald die normale Lage des Schienengestänges gesichert und hinsichtlich der Neigung der Schiene nach innen, oder der Conicität der Radreifen ein allgemein und ausschliesslich gültiger Grundsatz angenommen wird. So lange, als man in dieser Beziehung noch zögert, wird man allerdings genöthigt sein, den Kopf der Schienen abzurunden, weil man ihrem Fusse keine solide Grundlage zu geben vermag, und weil sie überhaupt nicht, um uns eines trivialen aber bezeichnenden Ausdruckes zu bedienen, über den gleichen Kamm geschoren werden.

Wenn wir nun in dem Folgenden nachzuweisen suchen, daß es hauptsächlich die convexe Form des Schienenkopfes ist, welche die so frühe Abnutzung bedingt, so müssen wir zunächst die folgenden Fragen aufwerfen:

- 1) Hat es besondere nicht zu beseitigende Schwierigkeiten bei Herstellung des Bahn-Oberbaues, den Schienen ein derartig gleichmäßig planes Auflager zu geben, daß ihre Vertical-Axen in eine und dieselbe Ebene fallen?

- 2) Ist die heutige Schienen-Fabrikation bis zu der Stufe der Vervollkommnung gediehen, daß die nach einem Caliber gewalzten Schienen in den Haupt-Dimensionen einem und demselben Profile entsprechen?

Wir würden diese Fragen für sehr mühsige halten, wenn wir nicht der Ansicht wären, daß die erstere zu verneinen und die andere zu bejahen ist. Indem wir lediglich im Interesse der Schienen-Fabrikanten auftreten, wollen wir uns hinsichtlich des Bahnbaues ein maassgebendes Urtheil nicht erlauben, aber wir halten es für unsere Pflicht, auf die aus den Mängeln derselben fließenden Uebelstände aufmerksam zu machen, damit Verbesserungen angebahnt werden. Je mehr wir geneigt sind, betreffs Bejahung der zweiten Frage für ein zweckmäßig construirtes Profil die volle Bürgschaft zu übernehmen, um so mehr müssen wir darauf dringen, daß der Oberbau geeignet sei, unserm Producte ein richtiges und solides Fundament zu gewähren; denn nur zu oft ist die Schienen-Fabrikation für die Folgen jener Mängel verantwortlich gemacht worden, deren Ursachen für den unbefangenen Blick meistens nur in erster Reihe in der übereilten und nicht gehörig ajustirten Schienen-Unterbettung, oder in der Unterhaltung der Bahn, sowie auch in dem Zustande des laufenden Zuges begründet ist. Was soll aus den Schienen werden, wenn sie, nach einem bestimmten Neigungswinkel verlegt, von Fahrzeugen befahren werden, deren Radreifen nach einem andern Winkel abgedreht sind? Ist bei einer und derselben Bahn oft die Bahn- mit der Transport-Verwaltung in dieser Beziehung nicht einig, so kommen bei den verschiedenen Bahnen eines zusammengehörigen Verbandes noch grössere Abweichungen vor. Lassen sich doch Bahnen nachweisen, bei welchen grundsätzlich die Reifen der Locomotiv-Triebräder nach einem grösseren Neigungswinkel abgedreht werden, als die der Laufräder, lediglich in der guten Absicht, den ersteren eine grössere Adhäsion zu gewähren. Ja, man kann sogar Räder erblicken, bei denen die Lauffläche der Reifen aus zwei verschiedenen Conen besteht, und wiederum andere, wo diese Fläche schlechtweg convex ist. Des Vergleiches wegen haben wir auf Blatt C' in Fig. 1 die Reifen-Profile einiger Bahnen des norddeutschen Eisenbahn-Verbandes zusammengestellt, und man kann darnach ermessen, welchen Einfluß die Verschiedenheiten der Conicität und der Spielraum in der Spurweite auf die Oberfläche der zugehörigen Schienen zur Folge haben müssen.

Unter solchen Umständen wird es erklärlich, warum man den Schienen den Kopf abrundet; denn geschähe dies nicht schon von vorn herein, so würde diese Form im Verlaufe des Betriebes sich von selbst bilden. Hiernach liegt es uns nun ob, den Beweis für die Behauptung zu führen, daß es eben die convexe Form des Schienenkopfes ist, welchem die schnelle Abnutzung desselben Schuld gegeben werden muß, und wir gedenken diesen Beweis aus dem Verhalten der Schienen, sowohl während des Walzens, als auch während der Befahrung derselben im Betriebe, herzuleiten.

In Fig. 2 ist das Profil des letzten und des vorletzten Calibers in einer Schienenwalze, sowie ein Theil dieser Walze im Durchschnitt schraffirt dargestellt, und zwar das vorletzte Caliber durch die punktirte Linie *aa*; *A* ist die Ober-, *B* die Unterwalze. Lediglich des convexen Kopfes wegen müssen die Walzen gerade auf der Mitte desselben bei *D* getheilt werden, so daß die eine Hälfte des Kopfes in die untere, die andere Hälfte in die obere Walze gedrückt wird. Der zwischen den Umfangslinien der beiden Caliber liegende Zwischenraum repräsentirt die Eisenmasse, welche während des letzten Durchganges der Schienen comprimirt, resp. ausge-

streckt werden muß. Während sämtliche Breitendimensionen hierbei gedrückt und vermindert werden, wächst allein die Höhe des Schienen-Profiles. Der Druck, welchen zu diesem Zwecke die Walzen auf beide Seiten des Kopfes ausüben, muß der Art genau bemessen werden, daß die hervorgeführte Masse desselben (der Scheitel) auf der Mitte bei *D* sich eben nur an die Walzenfläche anlegt. Etwas zu viel veranlaßt auf dieser Stelle eine Naht, während bei nicht hinreichendem Drucke das Caliber nicht genügend ausgefüllt wird und in Folge dessen das Profil unvollständig bleibt.

Man ersieht hieraus, daß der Scheitel des Schienenkopfes bei dem letzten Walzendurchgange gar keinen äußeren Druck erhält, sondern von innen herausgetrieben, nur vermöge des Streckens der übrigen Eisenmasse mit fortgerissen wird. Da nun das Maas dieses Streckens beim letzten Durchgange 2,2 Zoll pro laufenden Fuß beträgt, während die Höhe der Schiene um  $\frac{1}{48}$  zunimmt, so liegt es auf der Hand, daß der mittlere Theil des Kopfes in seiner Cohäsion gestört und erheblich gelockert sein muß.

Der Schenkel *b* des Schienenfusses liegt ganz in der untern Walze, wogegen der Schenkel *c* zwischen der oberen und untern Walze eingeklemmt ist. Der von oben her auf diese Schenkel ausgeübte Druck bedingt vermöge der schiefen Fläche des Fusses ein seitliches Ausweichen der Oberwalze nach der Richtung des Schienenkopfes zu. Dieses Verschieben der Walze kann nur durch das Anstellen der Zapfenlager verhindert werden. Da diese Lager aber während des Walzbetriebes einer fortwährenden Abnutzung unterworfen sind, und nur so oft regulirt werden, als das Erforderniß aus dem äußeren Ansehen der Schienen zu erkennen ist, so hat jene Verschiebung zur Folge, daß der in der Oberwalze liegende Theil des Schienenkopfes eine größere Höhe erhält, als der in der Unterwalze liegende. Für eine oberflächliche Betrachtung macht sich diese Verschiedenheit des Kopfscheitels weniger bemerklich, sie wird aber sehr augenfällig, wenn neue Schienen einige Mal befahren worden sind. Der auf dem Schienenscheitel durch die darüber gerollten Räder blank gedrückte Streifen fällt bei der einen Schiene links, bei der andern vielleicht rechts, und von vorn gesehen erscheint derselbe als eine förmliche Schlangenlinie.

Hieraus geht also hervor, daß die Forderung, Schienen mit gewölbten Köpfen zu walzen, zwei wesentliche Uebelstände mit sich führt: gelockerte Cohäsion und Beeinträchtigung der glatten Oberfläche. Beide für sich allein schon würden die schnelle Abnutzung der Schienen genügend motiviren, indessen werden wir in dem Folgenden noch weitere Gründe aufführen, indem wir das Verhalten der im Fahrbetrieb befindlichen Schienen näher ins Auge fassen.

Bei allen Schienen mit gewölbter Oberfläche kann die Erscheinung wahrgenommen werden, daß diese Wölbung nach längerer Dauer der Befahrung mehr oder weniger flach wird. Diese Erscheinung kann in einem nur geringen Maasse als die Folge des Abschleifens der über die Schienen zum Theil auch gleitenden Räder betrachtet werden, da man die rollende Bewegung der Räder als Regel, die gleitende Bewegung derselben dagegen als Ausnahme aufstellen muß, welche durch sorgfältige Regulirung und Ueberwachung des Gestänges und der Betriebsmittel auf ein Minimum reducirt werden kann. Sie resultirt vielmehr aus der Tendenz der höher gelegenen und dem größten Drucke ausgesetzten Massentheile, nach der Richtung hin auszuweichen, wo der Druck nur in minderm Grade oder auch gar nicht mehr stattfindet. Die Richtung dieses Ausweichens ist zunächst durch diejenige des sich fortwährenden Druckes bedingt, und es erwächst hieraus das Be-

streben der betreffenden Faserschichten, sich in der Längenrichtung auszustrecken.

Abgesehen von dem entgegenstehenden cohäsiven Widerstande der Masse wirkt dieser Tendenz aber außerdem die Compression der Theilchen entgegen, welche aus der in Folge des Druckes sich ergebenden Durchbiegung der Schienen resultirt. Wenn demnach das Ausweichen der Theilchen durch die neutralisirenden Tendenzen des Dehnens und Stauchens in der Längenrichtung verhindert ist, so steht ihnen nichts entgegen, sich in der Breitenrichtung zu vertheilen, und hieraus erklärt sich genügend die Erscheinung des successiven Abflachens der Schienen-Lauffläche. Läge nicht schon hierin für den Constructeur ein ausreichender Fingerzeig, dem Schienenkopf diejenige Form zu geben, welche sich im Verlaufe des Betriebes von selbst ergibt, so muß er dazu um so dringendere Veranlassung durch die zerstörenden Folgen finden, mit welchen diese allmälige Abflachung verbunden ist.

Es ist einleuchtend, daß die geschilderte Massenverschiebung ohne Vermittelung der Wärme, also das Walzen auf kaltem Wege, von einer weiteren Lockerung der Cohäsion begleitet sein muß, die im weiteren Verlaufe unter stetiger Einwirkung des nach den Seiten hin vertheilten Druckes Längenspaltungen und endliche Ablösung der Kopfbacken zur Folge hat. Bei sonst gleichen Verhältnissen wird die Abflachung und Abtrennung bei Schienen mit gewölbtem Kopfe früher eintreten, als bei Schienen mit flachem Kopfe, insofern in letzterem Falle der Druck sich auf eine größere Fläche vertheilt. Hieraus ergibt sich von selbst die Folgerung, daß Schienen mit ganz flachen und möglichst breiten Köpfen den oben erwähnten zerstörenden Einflüssen am längsten widerstehen. Ziehen wir zu dem Vorhergehenden ferner in Betracht, welchen Einwirkungen die inneren Kopfbacken des befahrenen Schienengeleises ausgesetzt sind. Wir bemerken hier ein Anstreifen der Radspurkränze an die Kopfbacken der Schienen im geraden Geleise in Folge der lateralen Schwankungen, und ist dieses Anstreifen in den Curven noch bedeutender und auffallender, als auf gerader Strecke, da sich hier zu jenen Schwankungen noch die Einwirkung der Centrifugalkraft zugesellt, welche ebenfalls gleitende Reibung verursacht. Es empfiehlt sich daher auch hier die Regel, dem Schienenkopfe statt der Wölbung eine möglichst abgeflachte Form zu geben, damit sich die Wirkung der gleitenden Reibung auf eine größere Fläche vertheile.

Die Praxis bestätigt die Richtigkeit der vorstehenden Bemerkung in vollem Maasse; wir beschränken uns aber darauf, in dem Folgenden einige vergleichende Thatsachen anzuführen, die sich nur auf solche Schienen beziehen, welche in einem und demselben Werke gewalzt sind.

Die in Fig. 3 und 4 dargestellten Profile betreffen Schienen, welche vor 10 Jahren aus ganz gleichem Materiale und nach denselben Fabrikations-Maximen dargestellt wurden. Sie gehören zwar verschiedenen Bahnen an, stehen aber hinsichtlich der Befahrung unter ziemlich gleichartigen Bedingungen, und dennoch hat sich im Betreff ihrer Dauer ein sehr großer Unterschied herausgestellt. Die Schienen nach Fig. 3 wurden nach verhältnißmäßig nur kurzer Betriebszeit schon schadhafte und der Auswechslung bedürftig, während die nach Fig. 4 noch heute im Betriebe stehen und sich gut bewähren. Da alle übrigen Verhältnisse gleichartig sind, kann der Grund der so verschiedenen Dauerhaftigkeit um so mehr nur in der abweichenden Form der Schienen-Laufflächen gesucht werden; denn wenn der Stuhlschiene nach Fig. 3 auch eine geringere Widerstandsfähigkeit gegen Durchbiegung beigemessen werden muß, und die Befestigung und Unterlage derselben in den

Stählen keine so solide ist, als bei der breitfüßigen Vignolschiene, so dürfte in diesen beiden Umständen dennoch weniger der Grund in der schnelleren Abnutzung zu suchen sein. Vielmehr hat letztere einen gewölbten Kopfscheitel, und die darüber rollenden Räder konnten auf einem nur schmalen Streifen ihr Zerstörungswerk beginnen, während die in Fig. 4 dargestellten Schienen vermöge ihres auf  $1\frac{1}{4}$  Zoll Breite ganz flachen Kopfes eine eben so breite Adhäsionsfläche darboten.

Ein eben so ungleiches Resultat in der Dauerhaftigkeit haben die Schienen nach den Profilen von Fig. 5 und 6 ergeben, obgleich auch sie vor 5 Jahren nach ganz gleichen Umständen fabricirt wurden, und beide gewölbte Laufflächen haben. Erstere konnte wegen ihrer größeren Convexität der zerstörenden Wirkung der Räder nicht lange widerstehen, ohne Spuren davon zu zeigen; die Schiene nach Fig. 6 dagegen bewährt sich besser, weil sie einen flachen Kopf hat.

Wir könnten noch mehrere solcher vergleichenden That-sachen zur Bewährung unserer Behauptung anführen und sind der Ueberzeugung, daß allgemeinere Beobachtungen zu der annäherungsweise Regel führen würden:

„Die Widerstandsfähigkeit der verschiedenen Schienen gegen Abnutzung wächst mindestens in demselben Maaße, wie die Krümmungshalbmesser ihrer Kopfscheitel.“

Obgleich wir von Anfang an nur die Absicht hatten, den Beweis zu führen, daß hauptsächlich der gewölbten Kopfform die frühe Abnutzung der Schienen Schuld gegeben werden müsse, so können wir hier doch andere That-sachen nicht übergehen, welche auf jene zerstörende Wirkung ebenfalls Einfluß zu haben scheinen. Zur Veranschaulichung wollen wir unsere bezüglichen Wahrnehmungen in dem folgenden Beispiele erläutern.

In den Fig. 7 und 8 sind die Profile zweier Schienen dargestellt, welche auf demselben Bahnplanum das erste, resp. zweite Geleise bilden, nur daß das letztere erst seit wenigen Jahren, das erstere dagegen schon seit circa 11 Jahren befahren wird. Vergleichen wir nun die Betriebsverhältnisse damaliger Zeit gegen jetzt, so finden wir, daß damals das Gewicht der schwersten Locomotiven 500 Ctr. und die größte auf einem Triebade ruhende Last 150 Ctr. nicht überstieg, daß die Transportwagen mit einer Netto-Last von 20 Ctr. pro Rad beladen wurden und die größte Fahrgeschwindigkeit 4 Meilen war. Jetzt sind diese Daten dahin gesteigert, daß die schwersten Locomotiven mit einer Last von 180 bis 200 Ctr. pro Triebad gegen 1000 Ctr. wiegen, während sich die Netto-last der Transportwagenräder auf 50 Ctr. und die Fahrgeschwindigkeit auf 6 Meilen pro Stunde beläuft. Ziehen wir hierzu in Betracht, daß die Zahl der jetzt während einer bestimmten Periode durchlaufenen Achsmilen gegen früher sich mindestens verzehnfacht hat, so können wir aus der Zusammenfassung dieser Zahlen ungefähr ermessen, in welchem bedeutenden Verhältnisse der Abnutzungs-Coefficient seitdem gestiegen sein muß.

Die Transport-Verwaltung der betreffenden Bahnen hat diesen gesteigerten Verhältnissen in so weit Rechnung getragen, daß sie das Maaß der Achsschenkel der neueren Transportwagen auf 3 Zoll Durchmesser und 6 Zoll Länge ausdehnte, während die früheren nur  $2\frac{1}{2}$  Zoll Durchmesser bei 4 Zoll Länge hatten. Aufser der Tragfähigkeit vergrößerte sie daher auch die Reibungsflächen in einem entsprechenden Verhältnisse zur vermehrten Last. Die Bahn-Verwaltung dagegen hat bei Construction der für das neue Geleis zu beschaffenden Schienen lediglich die Tragfähigkeit derselben zu erhöhen für erforderlich erachtet, indem sie denselben 1 Zoll mehr Höhe gab, als den alten Schienen. Die Lauf- oder Ad-

häsionsfläche der neuen Schienen ist aber ziemlich eben so wie bei den alten Schienen construiert, man möchte denn erwähnen, daß der neue Schienenkopf um 1 Linie schmaler geworden ist, als der alte.

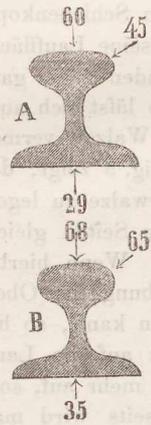
Wenn nun unter solchen Umständen die Berührungsfläche zwischen den Radreifen und den beiderseitigen Schienenköpfen gleich groß ist, wie erklärt es sich, daß die alten und schwächeren Schienen dem zerstörenden Einflusse des so sehr gesteigerten Betriebes besser und nachhaltiger widerstehen, als die jungen und stärkeren? Ein oberflächliches Urtheil möchte geneigt sein, die Erklärung sich dadurch zu erleichtern, daß es den neueren Schienen ein schlechteres Material zuschreibt. Im sicheren Bewußtsein aber, daß dieses Urtheil ungerechtfertigt ist und weit eher umgekehrt werden könnte, haben wir uns diese Erscheinung durch folgende Analogie zu erklären gesucht.

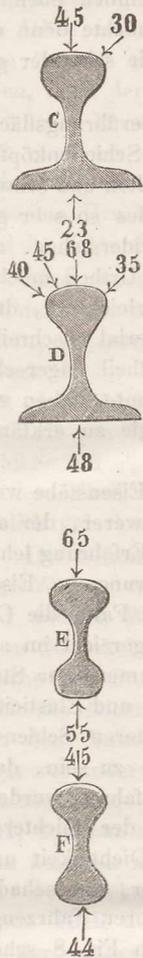
Zwei in ihrer Form und Masse homogene Eisenstäbe werden im kalten Zustande, der eine mittelst schwerer, der andere mittelst leichter Hämmer bearbeitet. Die Erfahrung lehrt, daß in beiden Fällen eine Structur-Veränderung im Eisen herbeigeführt wird. Während aber im ersten Falle die Cohäsion und Molecularkraft beeinträchtigt wird, gereicht im anderen Falle die Manipulation mit leichten Hämmern zur Steigerung derselben, und vermehrt die Dichtigkeit und Elasticität des Stabes. Gleichermaaßen scheint den älteren Schienen nach Fig. 7 der Umstand zu Gute gekommen zu sein, daß sie von Anfang an mit leichten Fahrzeugen befahren wurden, deren Räderdruck vergleichsweise im Sinne der leichteren Hämmer wirkte, daher zur Erhöhung ihrer Dichtigkeit und Widerstandsfähigkeit beitrug, so daß sie später, unbeschadet ihrer Cohäsion, auch die Einwirkung schwererer Fahrzeuge ertragen konnten, während die Schienen nach Fig. 8 schon gleich beim Beginn im Sinne der schweren Hämmer maltreatirt und dem Untergange geweiht wurden.

Wem diese Parallele und die daraus gezogene Nutzenanwendung zu gesucht und nicht zutreffend erscheinen möchte, für den führen wir noch eine Reihe von Versuchen auf, welche wir mit verschiedenen älteren und neueren Schienen zu dem Behufe angestellt haben, um das Maaß zu ermitteln, um welches sich die Dichtigkeit des Schieneneisens nach längerer Befahrung gesteigert hat. Zu der Scala der zu diesen Untersuchungen angewandten Druck-Vorrichtung haben wir nur noch zu bemerken, daß der Nullpunkt derselben der Härte und Dichtigkeit des geschmiedeten Kupfers entspricht, während bei englischem Gufsstahle der Zeiger des Instrumentes auf 60 Grad einspielt.

Die hierneben gezeichneten Profile beziehen sich auf Schienen, welche nach längerer Dienstzeit wegen Mängel oder starker Abnutzung ausgewechselt worden waren; nur die Schiene des letzten Profiles schien noch sehr wenig befahren gewesen zu sein. Diese Schienen wurden an verschiedenen Stellen ihrer Oberfläche dem Drucke des Körners der eben erwähnten Druck-Vorrichtung ausgesetzt, und sind diese Stellen bei den nebenstehenden Profilen durch Pfeile mit Angabe des ermittelten Härtegrades bezeichnet. *A* und *B* repräsentiren Schienen von dem Profile in Fig. 7, und zwar schien *B* dem äußeren Ansehen nach längere Zeit befahren zu sein als *A*.

*C* und *D* waren Schienen von dem Profile Fig. 8; von beiden liefs *D* eine längere Betriebszeit erkennen und verrieth durch am





Fuße befindliche Eindrücke, daß sie an diesen Stellen auf eisernen Unterlagsplatten geruht hatte, daher sie auch hier die größte Härte von 48 Grad zeigte. Ebenso wies auch die Schiene *B* an dem Ende, welches auf einer Unterlagsplatte geruht hatte, eine Härte von 50 Grad nach.

*E* und *F* waren gleichartige englische symmetrische Stuhlschienen von ganz krystallinischem Eisen. Der obere Kopf von *E* war dem Anscheine nach längere Zeit befahren worden, als der untere, und im gleichen Maasse zeigte sich auch der Härtegrad derselben verschieden.

Die Schienen *A* und *B* sind am Kopfe und Fuße aus ganz homogenem, sehnigem Eisen fabricirt worden. Der Umstand daher, daß ungeachtet der ursprünglich gleichen Dichtigkeit die des Kopfes um das Doppelte zugenommen hat, bestätigt augenscheinlich, in welchem Grade das Schienenisen am Scheitel durch den walzenden Räderdruck comprimirt wird. Noch deutlicher ergibt sich dieser Beweis bei der Schiene *D*. Mitten auf ihrem Scheitel erwies sich ein Härtegrad von 68 Grad, etwas mehr zur Seite, ungefähr auf der Mitte zwischen Vertical- und Horizontal-Axe des Kopfes, da wo der Räderdruck schon verminderter auftritt, zeigten sich 45 Grad, und noch mehr zur Seite, wo nur noch Horizontaldruck stattfindet, hatte sich die Dichtigkeit nur zu 40 Grad gesteigert, wogegen auf der entgegengesetzten Kopfseite, wo gar kein Druck stattgefunden hatte, der wahrscheinlich ursprüngliche Dichtigkeitsgrad von 35 Grad ermittelt wurde. Auch bei den englischen Schienen *E* und *F*, die ihres krystallinischen Eisens wegen einen größeren Härtegrad zeigten, als alle übrigen, hat letzterer in Folge des Räderdruckes von 44 Grad bis zu 65 Grad zugenommen.

Diese Ermittlungen bestätigen nicht nur die vorangestellte Behauptung, sie führen auch zu dem gewiß überraschenden Resultate, daß das Eisen der Schienenköpfe durch den walzenden Räderdruck während des Verlaufes einer längeren Betriebszeit eine Dichtigkeit erlangt, die diejenige des Gufsstahls noch übertrifft.

Fassen wir nun die vorgetragenen Erörterungen nochmals in Kurzem zusammen, so empfiehlt es sich, um Schienen von der größtmöglichen Dauer herzustellen, dem Schienenkopfe eine solche abgeflachte Form zu geben, daß seine Lauffläche sich dem Reifenprofile der in Beziehung stehenden Räder ganz anschließt. Wird diese Bedingung erfüllt, so läßt sich auch der zu Anfang geschilderte Uebelstand beim Walzen vermeiden, denn man ist alsdann im Stande, wie Fig. 9 zeigt, den Kopf ebenso wie den Fuß ganz in die Unterwalze zu legen, und vermöge der Oberwalze einen nach allen Seiten gleichmäßigen Druck auf den ersteren auszuüben. Wenn hierbei die schon Eingangs erwähnte Seiten-Verschiebung der Oberwalze auch nicht vollständig vermieden werden kann, so hat dies doch hier ganz und gar keinen Einfluß auf die Lauffläche des Kopfes, weil die Walzen nun nicht mehr auf, sondern in einander geschnitten sind. Andererseits wird man bemerken, daß die auf diese Art und Weise erlangte Schienenform zweckentsprechend in den Bedingungen aufgeht, welche aus Rücksichten der Tragfähigkeit hervorgehen, während

sie der Forderung einer größtmöglichen Adhäsionsfläche für die Locomotiv-Triebräder ungleich besser entspricht, als die bisherige Form.

Dennoch glauben wir auch hierbei noch nicht stehen bleiben zu dürfen, wenn den Anforderungen der sich immer mehr steigenden Betriebs-Verhältnisse, namentlich in Bezug auf Masse und Geschwindigkeit, auch nur für die nächste Zukunft genügt werden soll. Diese Rücksichten laufen alle in dem einen Punkte zusammen: größtmögliche Adhäsionsfläche zwischen Schienen und Rädern; ja, sie werden so gebieterisch werden, daß man sich am Ende wird entschließen müssen, ihrer Befriedigung wegen zu einer anderen Massen-Vertheilung im Profile seine Zuflucht zu nehmen, selbst wenn man dadurch genöthigt wird, in etwas von der in Bezug auf Tragfähigkeit günstigsten Massen-Vertheilung abzuweichen. Nun läßt sich schon jetzt überblicken, daß die Vignoles-Schiene einer erheblichen Kopfverbreiterung nicht fähig ist, ohne daß auch ihr Steg in gleichem Maasse verstärkt wird. Wohl aber verspricht die altbekannte Brückenschiene für diese Anforderung ein erwünschtes Auskunftsmittel, wenn auch in etwas modificirter Form. Allerdings gehört heutzutage einiger Muth dazu, der so sehr in Verruf gekommenen Brückenschiene das Wort zu reden, doch handelt es sich hierbei nur darum, eingewurzelten Vorurtheilen entgegenzutreten. Hauptsächlich wird ihr vorgeworfen, daß sie der ebenfalls übelberufenen Langschwelen-Unterbettung bedürfe, oder auch, daß sie mehr als die Vignoles-Schiene zu Langrissen neige. Unsers unmaassgeblichen Dafürhaltens aber ist das Einzige, was ihr vorgeworfen werden kann, daß sie in ihrer Entwicklung gegen jene zurückgeblieben ist, und davon trägt die Schuld nicht sie.

Ihrer Naturwüchsigkeit wegen haben wir es versucht, sie wieder zu Ehren zu bringen, und stellen sie in Fig. 10 in etwas veränderter und gekräftigter Form dar, die nunmehr allen erhöhten Anforderungen zu genügen verspricht. Eine weitere Befürwortung halten wir um so weniger für erforderlich, als wir uns hinsichtlich der Absicht der Construction auf die vorausgegangene Auseinandersetzung beziehen können. Wir beschränken uns daher darauf, zu bemerken, daß der laufende Fuß preussisch dieser Schiene 25 Pfd. wiegt.

Was ihre Lauffläche anbelangt, so hat sie eine Neigung von  $\frac{1}{20}$  bis  $\frac{1}{16}$  erhalten, so daß es thunlich wird, für ihre Unterbettung sowohl, als auch für die in Fig. 9 dargestellte Schiene eine horizontale Schwelkenkappung anzuwenden, wobei freilich auf die Möglichkeit, die Schiene umwenden zu können, verzichtet werden muß. Indessen liegt in dieser Möglichkeit ein nur sehr zweifelhafter Vortheil, wogegen die erlangte Vermehrung der Berührungspunkte zwischen Radreifen und Schiene um so wichtiger und erfolgreicher erscheint, als durch sie eine viel längere Dauer der Schiene erzielt werden soll, als durch umlegbare Schienen bis dahin erreicht werden konnte, deren symmetrisches Profil überdies nur auf Kosten der Dauer und Zweckmäßigkeit dargestellt werden kann.

Die für Brückenschienen projectirte, in Fig. 10 dargestellte Laschenverbindung dürfte in jeder Beziehung die Continuität des Gestänges sichern, und bietet auch wegen der großen Friction durch die angespannten Keile, sowie durch die Größe der Berührungsflächen eine mindestens eben so hinreichende Gewähr für die Dauerhaftigkeit des Schlusses, als die gewöhnliche Laschenverbindung mit Mutterschrauben.

Als geeignete Grundlage der Verbindung und zum Schutze gegen Seiten-Verschiebung dient die Unterlagsplatte mit angewalzten Knaggen.

Herr Strothmann macht Mittheilungen über das in Wit-

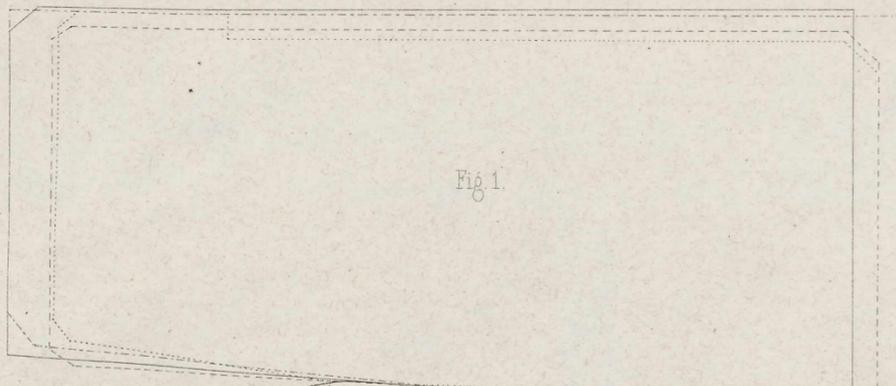


Fig. 1.



Fig. 2.

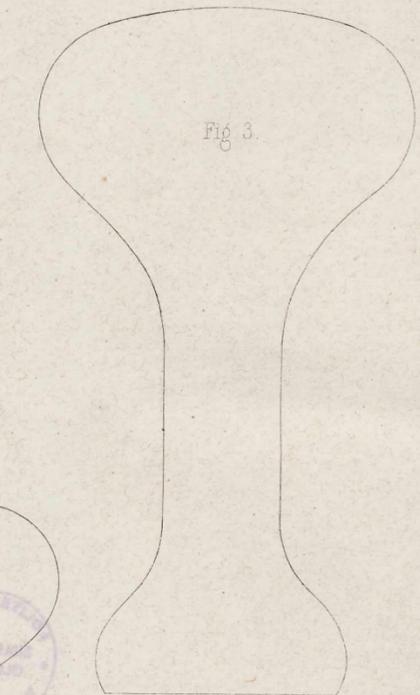


Fig. 3.

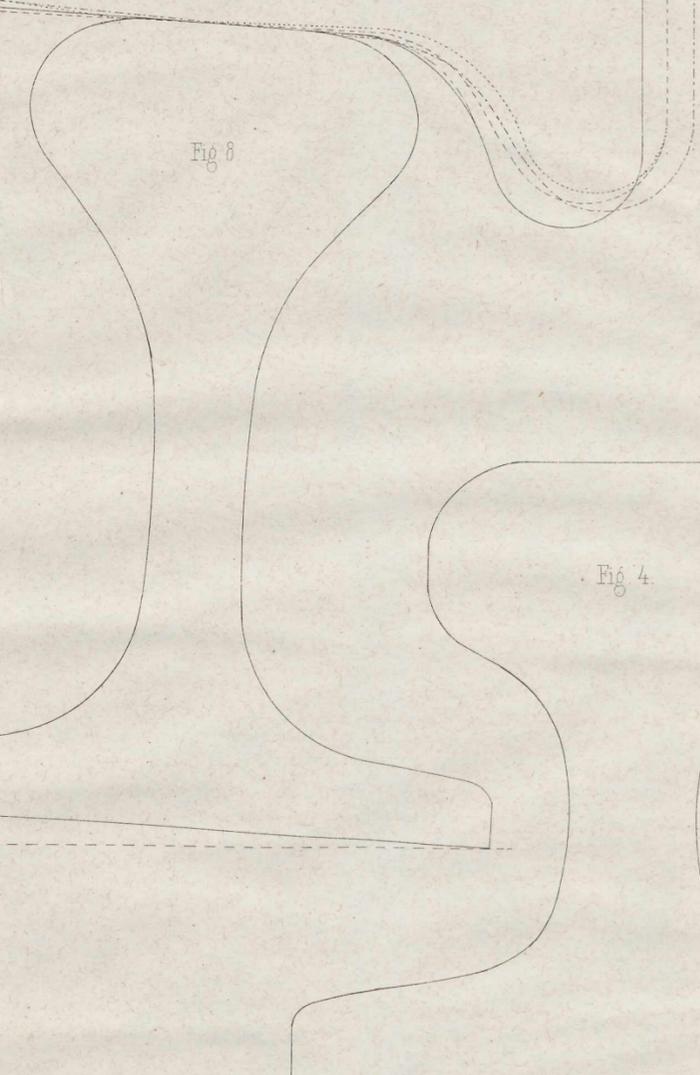


Fig. 4.

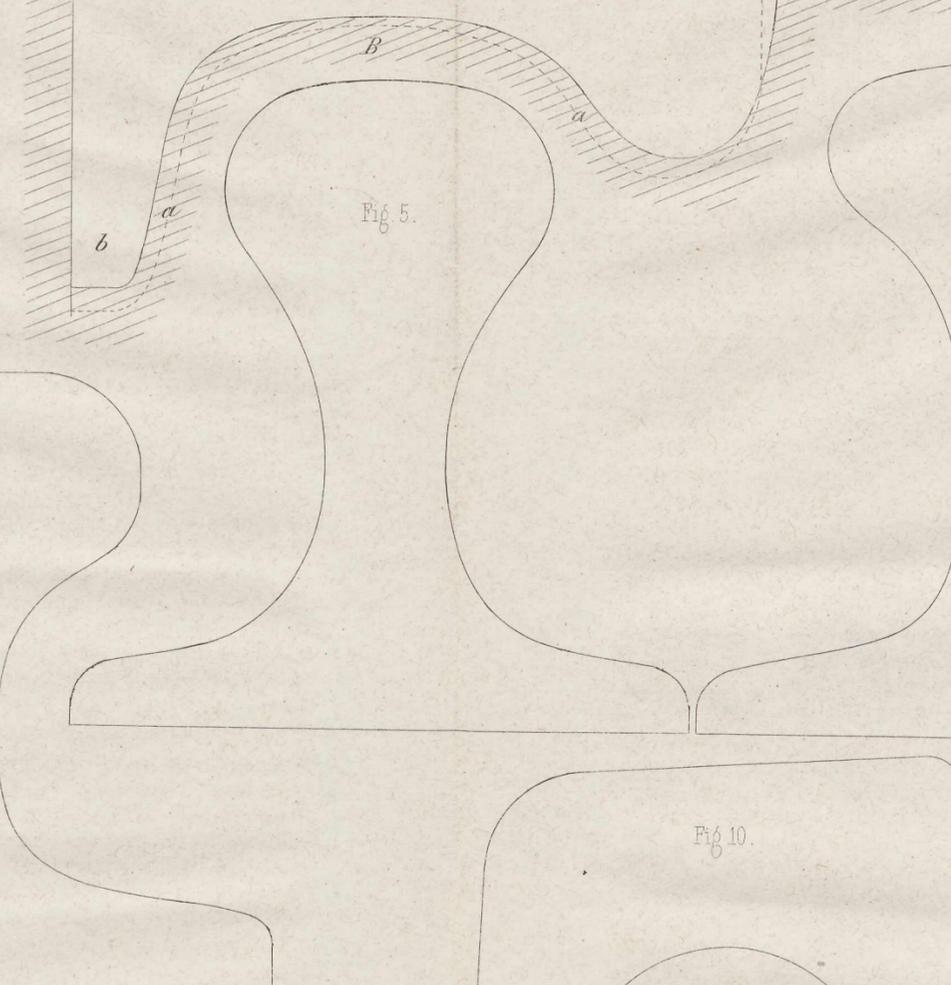


Fig. 5.

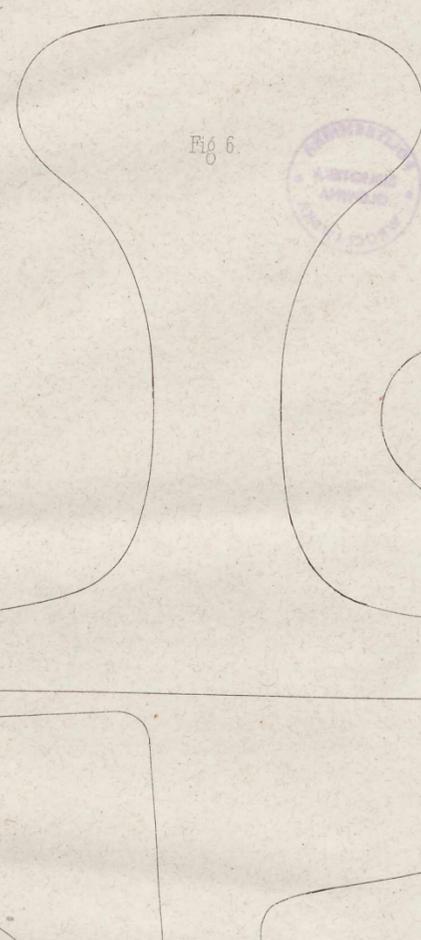


Fig. 6.

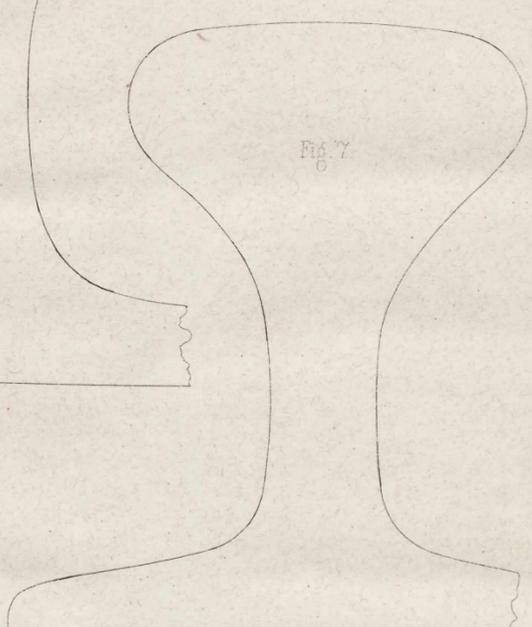


Fig. 7.

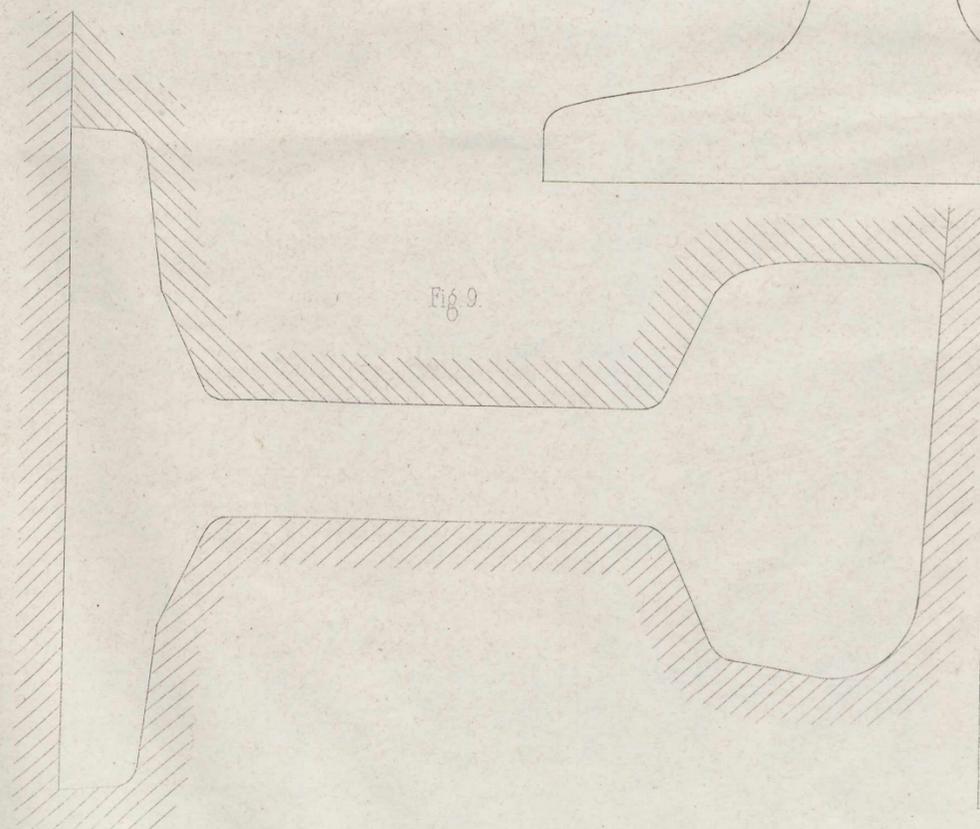


Fig. 9.

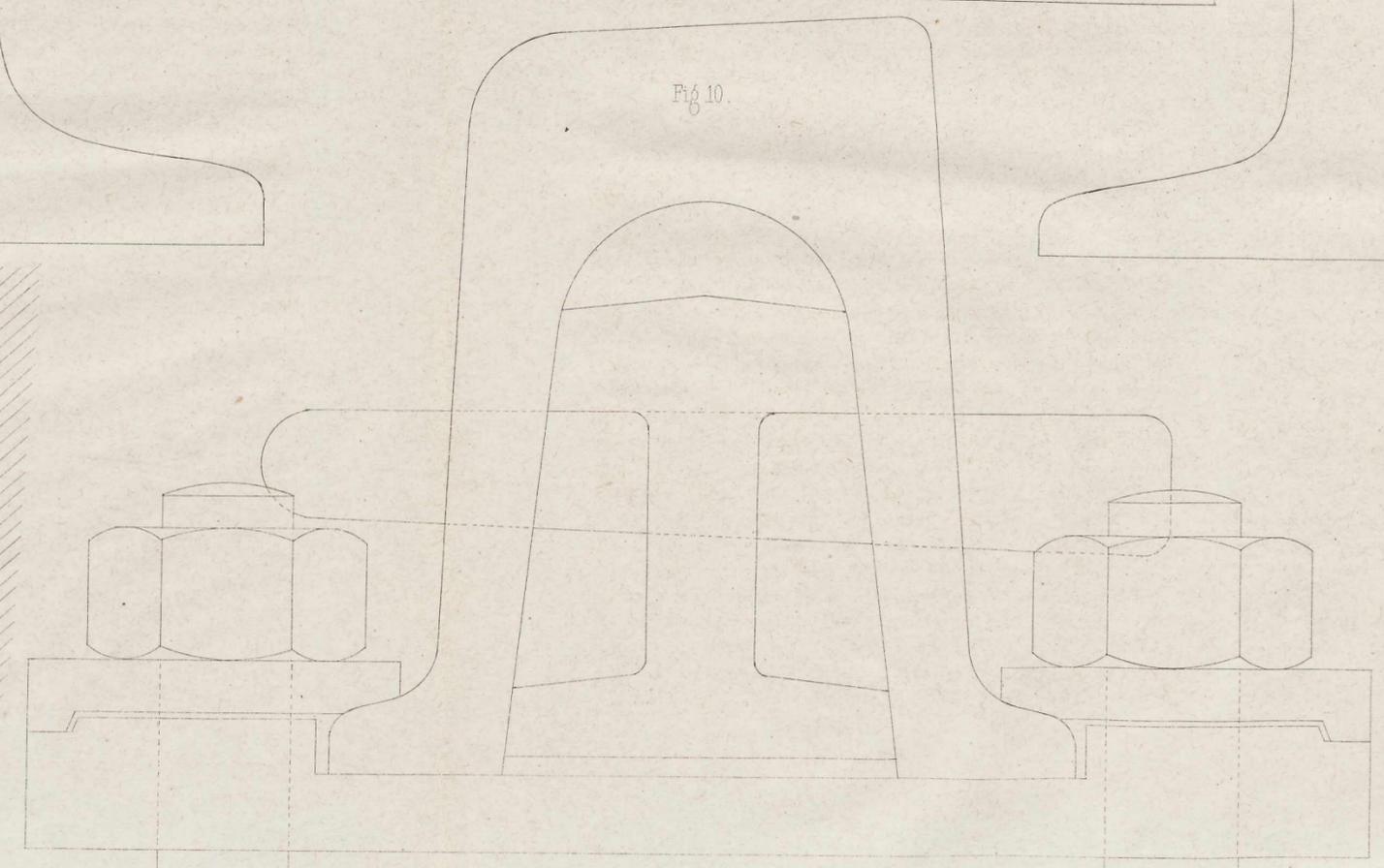


Fig. 10.

tenberge angewendete Verfahren: Telegraphenstangen von Nadelholz mit Kupfervitriol zu imprägniren. Nach demselben wird die Leitungsröhre in der Mitte der Hölzer eingebohrt, und wird die Auflösung, welche 1 Pfd. Vitriol auf 30 Pfd. kaltes Wasser enthält, mit 36 Fufs Druckhöhe bei frischen Hölzern in 1½ Stunden, bei alten Hölzern in 5 Stunden bis an das Zopf- und Stamm-Ende durchgepreßt. Es können dabei je nach Abzweigung der Leitungsröhren beliebig viele Hölzer zur selben Zeit imprägnirt werden.

Herr Brix theilt mit, daß die Duméry'sche Feuerungsmethode zur Erzeugung einer rauchfreien Verbrennung, obgleich im Principe richtig, sich auf der französischen Nordbahn bei angestellten Versuchen nicht bewährt habe. Man hat deshalb daselbst unter Beibehaltung des Principis bei 17 stehenden Dampfkesseln eine andere Einrichtung practicabler gefunden. Dabei wird der Rost in drei Theile getheilt, von denen der mittlere beweglich ist, sein Brennmaterial an die

Seitenroste abgeben kann und gesenkt wird, um neues Brennmaterial aufzunehmen.

Herr Schwartzkopff theilt mit, daß ein kleiner Dampfsteinbohrer in seiner Fabrik in Thätigkeit sei, und lud zur Besichtigung ein. Der Bohrer mache per Minute 2000 Schläge und vertiefe das Loch dadurch um 9 Zoll.

Der Vorsitzende brachte darauf die Einladungen der Herren Mettke und Fournier zu einer Sommerreise über Wittenberge nach Leipzig, Dresden etc. zur Abstimmung, und wurde dieselbe einstimmig angenommen.

Schließlich wurden

- 1) der Fabrikbesitzer Herr Hoppe hierselbst als einheimisches ordentliches Mitglied,
  - 2) der Regierungs- und Baurath Herr Wurffbain zu Erfurt und
  - 3) der Maschinenmeister Herr Hagen zu Stargard
- als auswärtige ordentliche Mitglieder in den Verein aufgenommen.

## L i t e r a t u r .

Die Kunst des Mittelalters in Schwaben. 6. Lief.:

Die Cisterzienser-Abtei Bebenhausen, aufgenommen und beschrieben von Dr. H. Leibnitz. 4<sup>o</sup>. Mit 4 Tafeln und einem Supplement mit 6 Tafeln in Fol. Stuttgart, 1858. Ebner u. Seubert.

Nach längerem Zwischenraume ist von dem verdienstlichen Werke, welches in getreuen Aufnahmen und begleitendem kunsthistorischen Texte die mittelalterlichen Kunstleistungen Schwabens zur Anschauung bringt, eine neue Lieferung, zugleich von einem Supplementheft begleitet, erschienen, welche der unfern in Tübingen im Waldthal des Schönbuchs gelegenen Cisterzienser-Abtei Bebenhausen gewidmet ist. An die Stelle der früheren Herausgeber, des verdienstlichen Heideloff und des kürzlich verstorbenen Professor Müller, ist in Dr. Leibnitz ein Bearbeiter getreten, der schon früher durch eine tüchtige Schrift „über die Organisation der Gewölbe im christlichen Kirchenbau“ sich auf dem Gebiete mittelalterlicher Architekturgeschichte bewährt hat. Die gegenwärtig vorliegende Arbeit ist in ihren Aufnahmen so gründlich, in den Zeichnungen derselben so gewissenhaft und erschöpfend, in der schriftlichen Erklärung so lichtvoll, genau und sorgfältig, daß wir die Publication unbedingt zu den besten ihrer Gattung rechnen müssen.

Die Cisterzienser-Abtei Bebenhausen wurde im Jahre 1188 gestiftet, zuerst für Prämonstratenser-Mönche, die jedoch schon nach einem Jahre einer Colonie von Cisterziensern wichen. Im Laufe der Zeit zu großem Reichthum gelangt, erhielt sich die immer mächtiger gewordene Abtei, bis sie in Folge der Reformation aufgehoben wurde. Nach verschiedenen Schicksalen dient gegenwärtig nur noch die alte Kirche dem Cultus, während die Räume der Abtei leer stehen, jedoch als geschichtliches Denkmal in gutem Zustande erhalten werden.

Je seltener gegenwärtig so vollständige Klosteranlagen des Mittelalters sich finden, um so werthvoller erachten wir die genaue mit historischen Nachforschungen verbundene Aufnahme eines Klostergebäudes wie das in Rede stehende. Wenn auch die einzelnen Theile desselben aus verschiedenen Epochen der mittelalterlichen Kunst datiren, so sind sie doch allesammt derselben Regel, denselben Bedürfnissen des Ordens entsprungen, und können in gewissem Sinne daher als wohldurchdach-

tes Ganze gelten. Von der äußeren Ringmauer, welche, mit Befestigungsthürmen, Wall und Graben versehen, den ganzen Abteidistrict umzog, und in den Jahren zwischen 1260 u. 1305 erbaut wurde, sind nur noch Reste vorhanden. Dagegen ist die innere Ringmauer, von 1270 bis 1305 aufgeführt, noch vollständig erhalten, als eins der seltenen Beispiele derartiger klösterlicher Vertheidigungsbauten. Der Verf. bedauert, daß der Darstellung derselben das beengende Format des Werkes entgegengestanden habe. Wir sollten aber meinen, daß schon eine in kleinem Maafsstabe gegebene Aufnahme der Gesamtanlage von hohem Interesse sein müßte, und wir möchten bitten, einer späteren Lieferung des Werkes eine solche nachträglich hinzuzufügen. Viollet-le-Duc hat im ersten Bande seines „Dictionnaire raisonné de l'architecture Française“ eine Anzahl solcher Klosterpläne in genügender Deutlichkeit auf halb so großem Format gegeben.

Betrachten wir die Disposition der einzelnen Theile des Baues, so erscheint die Uebereinstimmung mit anderen Klosteranlagen desselben Ordens bemerkenswerth. Wie gewöhnlich bei den Cisterziensern, schließt der Chor der Kirche rechtwinklig, und treten an der Ostseite jedes Kreuzflügels zwei Capellen (an dem südlichen Flügel später umgebaut) hervor. Letzteres finden wir nicht bloß an vielen Kirchen des Ordens in Deutschland, sondern auch in Frankreich z. B. an der Kirche zu Citeaux (dem Mutterkloster der Cisterzienser, die von ihr den Namen haben) und der von Clairvaux. Die Klostergebäude gruppiren sich an der Südseite der Kirche um den Kreuzgang, wie es ebenfalls dem Herkommen gemäß ist. Nur in seltenen Fällen, wo lokale Bedingungen dazu veranlassen, liegt das Kloster an der Nordseite, wie in Maulbronn oder Pontigny. Die Kreuzgänge gehören jedoch in Bebenhausen erst der Zeit von 1460 bis 1496 an. An den östlichen Flügel derselben lehnt sich neben mehreren anderen auf Säulen gewölbten Räumen der Capitelsaal, der, wie das ganze übrige Erdgeschofs dieses Flügels und die Umfassungsmauer des südlichen Armes, der ersten Bauperiode zuzuschreiben ist. Auch diese Anordnung ist durchaus normal und findet ihre Analogieen an einer Reihe anderer Cisterzienserbauten, besonders an Clairvaux u. Maulbronn. Der Capitelsaal mußte in der Nähe der Kirche und zwar nach Osten hin orientirt sein; häufig erhielt er, wie unser Beispiel und das benachbarte Maulbronn

zeigen, eine besondere Capelle an der Ostseite. Auf die Mitte des südlichen Kreuzgangflügels stößt mit seiner Schmalseite das um 1335 erbaute Sommer-Refectorium. Auch diese Disposition finden wir in den meisten Cisterzienserklöstern ebenso; ja es verbindet sich damit häufig noch ein vor dem Eingange nach dem inneren Hofe vorspringendes polygones Brunnenhaus, wo der zu den Abwaschungen dienende Springbrunnen mit großer Schale stand. So ist es in Clairvaux, so in den österreichischen Klöstern Heiligenkrenz, Zwettl und Lilienfeld, so in Oliva bei Danzig, in Maulbronn und an andern Orten. Wir werden daher den entsprechenden kleinen Bau in Bebenhausen, von welchem der Verf. keine Bestimmung angiebt, wohl in ähnlicher Weise zu deuten haben. Auch die Anlage der Kirche, dicht neben dem Sommer-Refectorium, und auf der andern Seite begrenzt vom Winter-Refectorium, das sich dem westlichen Kreuzgangflügel anschließt, entspricht dem herkömmlichen Gebrauch, und findet namentlich in Maulbronn sein vollständiges Analogon. Wenn auch das Winter-Refectorium sowie das demselben sich anschließende Parlatorium (Sprechzimmer) erst der letzten mittelalterlichen Epoche zugehört, so wird seine Anlage wohl ursprünglich die gleiche gewesen sein. Am entgegengesetzten östlichen Ende des Klosters, etwas gesondert von diesem und doch wieder mit den Haupträumen durch Corridore und Treppen verbunden, liegt die Abts-Wohnung, ähnlich wie in Maulbronn, Clairvaux und an andern Orten. Sie ist erst 1532 erbaut, doch wird eine ältere erwähnt, welche „*cum suo ambitu*“ im Anfange des 14. Jahrhunderts errichtet wurde. Die jetzt vorhandene hat keinen *ambitus* (Kreuzgang); dagegen ist in früheren Epochen das Abthaus gewöhnlich mit einem den östlichen Theilen der Kirche zugekehrten Kreuzgange verbunden gewesen, wie z. B. in Clairvaux.

So viel im Allgemeinen von der Disposition. Was nun die Kunstformen der ausgedehnten Bauanlage betrifft, so zeigt die Kirche die Anlage einer schlichten Pfeilerbasilika, deren Bau bis 1227 gedauert zu haben scheint. War die ursprüngliche Anlage einfach und unbedeutend, so erhielt der Bau durch spätere Umgestaltungen einige bemerkenswerthe Modificationen. Zunächst wurde er — man weiß nicht, in welcher Zeit — beträchtlich verkürzt und sein Langhaus dadurch etwa auf ein Drittel seiner ursprünglichen, durch genaue Untersuchungen festgestellten Länge beschränkt; sodann wurden alle Theile, die ursprünglich flach gedeckt waren, mit Gewölben bedeckt, und endlich erhielt die östliche Chorwand ein großes gothisches Fenster, das Kreuzschiff einen durchbrochenen steinernen Thurm, wodurch erst das sonst unscheinbare Gebäude einen höheren künstlerischen Werth erlangte. Das Fenster, vom Jahre 1335, ist achttheilig und bei einer lichten Weite von 14 Fufs 32 Fufs 6 Zoll hoch. Die Construction seines Maafswerks gehört zu jenen brillanten Mustern der entwickelten Gothik, wo sich der streng gesetzmäßigen, auf geometrischen Normen beruhenden Composition schon freiere Formen beimischen, die jedoch noch nicht in die spielende Willkür, die unklare Ueberladung oder die häßliche Nüchternheit einer späteren Epoche ausarten. Der Verf. hat dies wahrhaft prachtvolle Fenster im großen Maafsstabe auf Supplement-Taf. III, und in seinen Details auf Supplement-Taf. VI eben so klar wie gründlich veranschaulicht. Auch von den Glasmalereien ist auf Taf. XXI eine farbige Darstellung gegeben, und im Texte aus diplomatischen Gründen der Beweis beigebracht, daß dieselben erst aus dem XV. Jahrhundert stammen. Ein anderer noch interessanterer Zusatz ist der durchbrochene steinerne Thurm, der von 1407 bis 1409 vom Bruder Georg v. Salmansweiler über dem Kreuzschiff errichtet wurde. Schon die Construction dieses ziemlich reichen Baues ist um so merkwürdiger, als derselbe

sich auf Stützen erhebt, welche ursprünglich keineswegs auf eine so bedeutende Last berechnet waren. In früherer Zeit hatte nämlich ohne Zweifel die Kirche gleich den meisten Cisterzienserkirchen nur einen leichten Dachreiter, in welchem die kleinen Glocken hingen. Der in gothischer Zeit hinzugefügte Thurm ist aber kein Dachreiter, sondern ein stattlicher steinerner Centralthurm, wie der Verf. deutlich entwickelt, der auf großen Gurtbögen der mittleren Vierung des Kreuzschiffs sich erhebt. Da diese eine Spannung von 25 Fufs haben, der Thurm selbst aber unmöglich ein so bedeutendes Volumen annehmen durfte, so errichtete der Baumeister zunächst ein gothisches Rippengewölbe auf dem Kreuzschiff (denn selbst ohne directes Zeugniß muß man des Zusammenhangs und des Formcharakters wegen dies annehmen), und führte sodann über demselben in den vier Ecken Zwickel auf mehreren vorkragenden Bögen auf, so daß eine achteckige Basis gewonnen wurde. Von dieser liefs er nun einen 18 Fufs hohen, durch vorgekragte Steinschichten sich allmählig bis auf 12 Fufs verengenden pyramidalen Aufsatz sich erheben, welcher dem schlanken Thurmkörper ein festes Auflager darbot und den Schub desselben auf die vier Gurtbögen mit ihren Pfeilern leitete. Darüber steigt dann erst der Thurm mit seinem schlanken durchbrochenen Helm, seiner Galerie, seinen acht Strebepfeilern und seinem Doppelkranz von Fialen bis zu einer Höhe von 80 Fufs über dem Kirchengewölbe und 128 Fufs über dem Fußboden empor. Zugleich ist durch die vorspringenden Strebepfeiler die ganze luftige Thurmconstruction auf 29 Fufs Durchmesser gebracht. Kann nun auch der Kunstcharakter der zur Verwendung gekommenen decorativen Formen die Willkür der spätgothischen Epoche nicht verläugnen, tritt ferner in der Verbindung des Thurmes mit den Dächern des Schiffes eine Dissonanz hervor, welche, wie der einsichtige Verf. zugesteht, nicht gänzlich vom Baumeister gelöst werden konnte, so muß doch das nicht geringe constructive Verdienst, die Kühnheit und Geschicklichkeit in der ganzen Ausführung hoch angeschlagen werden. Der Verf. hat durch einen in großem Maafsstabe ausgeführten Durchschnitt auf Supplement-Taf. II, durch einen eben so großen Aufrifs auf Supplement-Taf. IV, die Grundrisse und constructiven Details auf Supplement-Taf. V und die decorativen Einzelheiten auf Taf. VI, sowie durch eine scharfsinnige und lichtvolle Beschreibung im Text seinen interessanten Gegenstand erschöpfend behandelt. Rechnen wir dazu die trefflichen Holzschnitte, welche dem Text eingestreut sind, ferner die malerische Ansicht der Ostseite auf Taf. XVIII (in Stahlstich mit völligem Verständniß aller Einzelheiten ausgeführt von J. G. Riegel), den Längendurchschnitt der ganzen Kirche auf Taf. XIX, die Details der romanischen Theile auf Taf. XX, und auf dem folgenden Blatte die schon erwähnten Proben der Glasmalereien, so muß man gestehen, daß der interessante Bau in allen wesentlichen Theilen musterhaft dargestellt und erklärt ist.

Wir können dem so verdienstlichen Unternehmen nur eine recht lebendige Theilnahme der Architekten, und unsrer baugeschichtlichen Forschung nur recht viele so gediegene Publicationen wünschen.

W. Lübke.

Ausgeführte Mobilien, zunächst bestimmt für Schreiner und Metallarbeiter, von G. Martens, Architect in Kiel. Heft I und II. Kiel 1859.

Die Leser unserer Bauzeitung haben aus einer von uns in den Heften VI bis IX dieses Jahrganges mitgetheilten Anlage eines jütländischen Wirthschaftshofes Hrn. G. Martens als einen Baukünstler kennen gelernt, der mit Geschmack und



# Inhalt des neunten Jahrgangs.

## I. Amtliche Bekanntmachungen.

| <i>A.</i> Verfügungen allgemeineren Inhalts.  | Pag. |
|---|------|
| Circular-Verfügung vom 13. October 1858, betreffend die Erstattung der von Mitgliedern der Bauhandwerker-Prüfungs-Commission aufgewendeten Reisekosten bei Beaufsichtigung und Abnahme eines Probebaues außerhalb des zum Sitze der Prüfungs-Commission bestimmten Orts . . . . . | 1    |
| Circular-Verfügung vom 29. December 1858, die Umzugskosten der Chaussee-Aufseher bei Versetzungen betreffend . . . . .  | 161  |
| Circular-Verfügung vom 28. Januar 1859, betreffend die Abänderung der Bezeichnung der Dampfspannungen resp. Ventil-Belastungen bei Dampfkesseln und Locomobilen in Folge der Einführung des neuen Landesgewichts . . . . .  | 281  |
| Circular-Erlaß vom 14. Februar 1859, betreffend die Annahme des Druckes einer Atmosphäre auf den Quadrat Zoll als = 14 Pfund des neuen allgemeinen Landesgewichts, so wie einer Pferdekraft = rot. 480 solcher Pfunde . . . . .   | 281  |
| Circular-Verfügung vom 2. März 1859, betreffend die Beseitigung von Baumzweigen behufs Isolation des Leitungsdrahtes bei Ausführung von Telegraphen-Linien auf Staats- und Prämien-Chausseen . . . . .  | 283  |

|  | Pag.               |
|--|--------------------|
| Circular-Verfügung vom 31. März 1859, die Auszahlungen von Arbeitslöhnen und anderen Kosten in Angelegenheiten der Chaussee-Verwaltung betreffend . . . . .                                | 284                |
| <br><i>B.</i> Verfügungen, die Baubeamten betreffend.  |                    |
| Circular-Verfügung vom 9. November 1858, das Rang-Verhältniß der Kreis-, Land-, Wasser- und Eisenbahn-Baumeister betreffend . . . . .  | 161                |
| Verzeichniß der im Staatsdienste angestellten Baubeamten . . . . .   | 231                |
| Personal-Veränderungen bei den Baubeamten . . . . .  | 2, 162, 284 u. 481 |
| <br><i>C.</i> Verfügungen, die Baumeister, Bauführer und Candidaten des Bauwesens betreffend.  |                    |
| Circular-Verfügung vom 15. Februar 1859, die Festsetzung der Gebühren der Feldmesser auf deren Antrag betreffend, zur Erläuterung des Feldmesser-Reglements vom 1. December 1857 . . . . . | 282                |

## II. Bauwissenschaftliche Mittheilungen.

| <i>A.</i> Landbau.  | Zeichnung-Blatt.      | Pag. |
|---|-----------------------|------|
| Façade des Wohngebäudes Unter den Linden No. 42 in Berlin, mitgetheilt von Herrn Architekt E. Wex in Berlin . . . . . | 1                     | 3    |
| Wohngebäude aus der Victoria-Strasse in Berlin, mitgetheilt von Herrn Baurath F. Hitzig in Berlin . . . . .           | 2 bis 4 und 21 bis 24 | .    |
| Wohnhaus in Cöln, von Herrn Stadt-Baurath Raschdorff in Cöln . . . . .  | 5 u. 6                | 3    |
| Bemerkungen über Heizung mit erwärmter Luft, von Herrn Baumeister Hennicke in Berlin . . . . .                        | 7                     | 5    |
| Der Bau und die Einrichtung der Land-Schulhäuser, von Herrn Geh. Ober-Baurath Linke in Berlin . . . . .               | 18 bis 20             | 161  |

|  | Zeichnung-Blatt.         | Pag. |
|--|--------------------------|------|
| Das Empfangs-Gebäude des Bahnhofes zu Dirschau, mitgetheilt von Herrn Baumeister W. Schultze in Danzig . . . . .             | 30 bis 33 u. P (i. Text) | 285  |
| Der Wirthschaftshof der Baronie Wilhelmsborg in Jütland, von Herrn Architekt G. Martens in Kiel . . . . .                    | 34 bis 38                | 289  |
| Ueber einige Bahnhöfe und Stationshallen der englischen Eisenbahnen, von Herrn Reg.- und Baurath Malberg in Berlin . . . . . | 39 bis 43                | 295  |
| Ueber eine leichte Methode, Brunnen zu senken, von Herrn Kreis-Baumeister E. H. Hoffmann in Neustadt in W.-Pr. . . . .       | .                        | 395  |
| Wohnhaus in Cöln, mitgetheilt von Herrn Architekt F. Mohr in Cöln . . . . .  | 48 bis 51                | 485  |

|  | Zeichnung.<br>Blatt.          | Pag.       |
|--|-------------------------------|------------|
| Locomotivschuppen mit 27 Ständen für die Station Frankfurt a. d. O. der Königl. Niederschlesisch-Märkischen Eisenbahn, von Herrn Reg.- und Baurath Malberg in Berlin . . . . .   | 52 u. 53                      | 485        |
| Muster italienischer Backstein-Architektur, von Herrn Architekt C. Stegmann . . . . .  | 56 u. 57                      | 521        |
| <b>B. Wasser- und Maschinenbau.</b>  |                               |            |
| Mittheilung über neuere Spülungs-Einrichtungen und Schleusenbauten in den Docks zu Liverpool, von Herrn Ingenieur J. Justen in Liverpool . . . . .   | 8 bis 11 u. A und B (im Text) | 31         |
| Die Flackensee-Brücke in der Königl. Niederschlesisch-Märkischen Eisenbahn, von Herrn Reg.- und Baurath Malberg in Berlin . . . . .  | 12 u. 13                      | 37         |
| Ueberführung des Baches Libron über den Canal du midi, von Herrn Architekt F. Bömches in Paris . . . . .   | E (i. T.)                     | 75         |
| Bemerkungen über verschiedene jetzt gebräuchliche Wasserhebungs-Maschinen zur Entwässerung von Ländereien, mit besonderer Berücksichtigung der Centrifugalpumpe, von Herrn Wasser-Bauinspector Schäffer in Kükernese . . . . . |                               | 79 u. 371  |
| Ueber Gasröhren unter Wasser, von Herrn N. H. Schilling, Inspector der öffentlichen Erleuchtung in Hamburg . . . . .   |                               | 125        |
| Nachrichten über die Ströme des preufs. Staats. Der Elbstrom, zusammengestellt von Herrn Prof. Schwarz in Berlin . . . . .   | I (im Text)                   | 181        |
| Ueber den Bau des neuen Trockendocks im Kriegshafen von Lorient, von Herrn Architekt Bömches in Paris . . . . .  | 29                            | 215        |
| Neuere Wasserkrahe der Niederschlesisch-Märkischen Eisenbahn, von Herrn Ober-Maschinenmeister Wöhler in Frankfurt a. O. . . . .  |                               | 223        |
| Hydraulischer Abschluss der Strafsenrinnsteine bei ihrer Einmündung in unterirdische Canäle . . . . .  |                               | 255        |
| Beschreibung der 100 Fufs weiten Kammerschleuse zu Liverpool, von Herrn Ingenieur J. Justen in Liverpool . . . . .   | 54 u. 55                      | 491        |
| Bericht über das Turbinen-Dampfschiff „Albert“ des Schiffsbauers Seydell in Stettin, vom Rheinschiffahrts-Inspector Herrn Baurath Butzke in Coblenz (nach amtlichen Quellen). . . . .  | 58                            | 535        |
| Historisch-kritische Bemerkungen über Kettenbrücken von Herrn Reg.- und Baurath Malberg in Berlin . . . . .  |                               | 397 u. 547 |
| <b>C. Wege- und Eisenbahnbau.</b>  |                               |            |
| Bauwissenschaftliche Notizen, gesammelt auf einer Reise durch Oesterreich, Sardinien und die Schweiz im Herbst des Jahres 1857 von Herrn Geh. Regierungsrath Stein in Frankfurt a. O. . . . .                                  | F (i. T.)                     | 93         |
| Beschreibung einer Chaussee-Walze, von Herrn Kreis-Baumeister Nell in Linz . . . . .   |                               | 131        |
| Die Anwendung schmiedeeiserner Naben bei Eisenbahnwagen-Rädern betreffend . . . . .  | H (i. T.)                     | 133        |
| Neuere Wasserkrahe der Niederschlesisch-Märkischen Eisenbahn, von Herrn Ober-Maschinenmeister Wöhler in Frankfurt a. O. . . . .  |                               | 223        |
| Notizen über die Neupflasterung und Canalisirung der Strafsen in der Stadt Magdeburg, von Herrn Baumeister Heidmann in Magdeburg . . . . .   |                               | 225        |

|   | Zeichnung.<br>Blatt.          | Pag.       |
|---|-------------------------------|------------|
| Die Construction der Achslager und Schmier-Vorrichtungen an den Eisenbahn-Fahrzeugen der preufs. Eisenbahnen betreffend (nach amtlichen Quellen) . . . . .  | O (i. T.)                     | 243        |
| Anfertigung und Verwendung von Portland-Cement-Röhren zu Chaussee-Durchlässen, von Herrn Bauführer Sanftleben in Schlawe . . . . .  |                               | 417        |
| Bemerkungen über die Widerstände auf den verschiedenen Arten von Strafsen. (Auszug aus <i>The Civil-Engineer.</i> ) . . . . .   |                               | 419 u. 571 |
| <b>D. Kunstgeschichte und Archäologie.</b>  |                               |            |
| Der Dom von Parenzo in Istrien, von Herrn Prof. L. Lohde in Berlin . . . . .  | 14 bis 17 u. C u. D (im Text) | 47         |
| Backstein-Architektur aus Stendal (vergl. Bl. 36 bis 38 im Atlas des Jahrgangs 1857) . . . . .  | 25 bis 28                     | 201        |
| Ueber die letzte bauliche Untersuchung des Erechtheion auf der Akropolis von Athen, von Herrn Professor C. Boetticher in Berlin . . . . .   | K bis N (im Text)             | 203 u. 317 |
| Die Kirche San Nicolo da Mira bei Giornico im Leventina-Thal, mitgetheilt von Herrn Ingenieur-Hauptmann v. Cohausen in Ehrenbreitstein . . . . .  | 44 und Q (i. T.)              | 311        |
| Architektonische Studien in Spanien. II. Toledo, von Herrn Professor Dr. Ernst Guhl in Berlin . . . . .   | Z (i. T.)                     | 337 u. 495 |
| Das Baptisterium zu Cremona, mitgetheilt von Herrn Baumeister H. Spielberg in Berlin . . . . .  | 45 bis 47                     | 481        |
| <b>E. Theoretische Abhandlungen.</b>  |                               |            |
| Theorie der Stützlinie, ein Beitrag zur Form und Stärke gewölbter Bögen, von Herrn Eisenbahn-Baumeister J. W. Schwedler in Berlin . . . . .   | G (i. T.)                     | 109        |
| Ueber den Einfluss der Form des Schienenkopfes und der Radreifen auf deren gegenseitige Abnutzung und auf die Bewegung der Eisenbahn-Fahrzeuge, von Herrn Ober-Maschinenmeister Wöhler in Frankfurt a. O. . . . . |                               | 359        |
| Die Verbindung der Geleise durch Weichen, mit besonderer Rücksicht auf die Anwendung einer einheitlichen Weiche (nach amtlichen Quellen) . . . . .  | T, U u. V (im Text)           | 375        |
| <b>F. Allgemeines aus dem Gebiete der Baukunst.</b>   |                               |            |
| Zusammenstellung der neueren auf den preufs. Eisenbahnen über Heizung der Locomotiven mit Steinkohlen gewonnenen Resultate (nach amtlichen Quellen) . . . . .   |                               | 253        |
| Bericht über die Dampfähre auf dem Nilstrom bei Kafr E' Sayat in Aegypten. (Aus <i>The Civil-Engineer.</i> ) . . . . .  |                               | 255        |
| Ueber den Betrieb der Section von Ponte-Decimo auf der Eisenbahn Turin-Genoa. (Aus <i>Annales des pontes et chaussées.</i> ) . . . . .  |                               | 259        |
| Zur Perspective des Theaters, von dem Großherzogl. Hofmaler Herrn A. Schwedler in Darmstadt . . . . .   | R (i. T.)                     | 353        |
| Beschreibung der Rettungs-Apparate für strandende Schiffe in Pillau, von Herrn Bauführer H. Schultze . . . . .  | S (i. T.)                     | 411        |



|  | Zeichnung.<br>Blatt. | Pag. |
|--|----------------------|------|
| Untersuchungen über die Festigkeit von reinen und gemischten Cementen, von Herrn Professor J. Manger in Berlin . . . . .   |                      | 523  |
| Bemerkungen über Akustik, mit Bezug auf öffentliche Bauwerke in den Vereinigten Staaten und in England, nach englischen Quellen von Herrn Baumeister Haege . . . . . |                      | 581  |
| Ueber Anwendbarkeit des sogenannten Rechenschiebers, von Herrn Eisenbahn-Baumeister Redlich in Crefeld . . . . .   |                      | 593  |
| <b>G. Bauwissenschaftliche und Kunst-Nachrichten.</b>  |                      |      |
| Aufforderung zur Concurrenz bei dem Entwurf eines Museums in Athen (Hierzu eine Beilage) . . . . .   |                      | 135  |
| 42ster Baubericht über den Ausbau des Domes zu Cöln, von dem Dombaumeister Herrn Geh. Reg.- und Bau-Rath Zwirner in Cöln . . . . .                                   |                      | 373  |
| 43ster Baubericht über den Ausbau des Domes zu Cöln, von Demselben . . . . .   |                      | 533  |
| Aufruf zur Preishewerbung, betreffend den Plan für den Neubau der Mineralwasser-Anstalt in Riga . . . . .  | A' (i. T.)           | 599  |
| Bekanntmachung, das Preisausschreiben des sächsischen Ingenieur-Vereins betreffend . . . . .   |                      | 603  |

|   | Zeichnung.<br>Blatt. | Pag.       |
|---|----------------------|------------|
| Nekrolog von Friedrich Albert Immanuel Mellin, von Herrn Reg.- und Baurath C. Hoffmann in Potsdam . . . . . |                      | 273        |
| <b>II. Mittheilungen aus Vereinen.</b>  |                      |            |
| Architekten-Verein zu Berlin.   |                      |            |
| Mittheilungen aus gehaltenen Vorträgen . . . . .  |                      | 137 u. 427 |
| Schinkelfest am 13. März 1859 . . . . .   |                      | 430        |
| Preis-Aufgaben zum Schinkelfest am 13. März 1860 . . . . .  | W (i. T.)            | 440        |
| Verein für Eisenbahnkunde zu Berlin.  |                      |            |
| Verhandlung in der Versammlung v. 12. Januar 1858 . . . . .   |                      | 141        |
| - - - - - 16. Febr. 1858 . . . . .  |                      | 152        |
| - - - - - 9. März 1858 . . . . .  |                      | 154        |
| - - - - - 13. April 1858 . . . . .  |                      | 263        |
| - - - - - 11. Mai 1858 . . . . .  |                      | 263        |
| - - - - - 14. Sept. 1858 . . . . .  | X (i. T.)            | 445        |
| - - - - - 12. Octbr. 1858 . . . . .   |                      | 454        |
| - - - - - 9. Novbr. 1858 . . . . .  |                      | 456        |
| - - - - - 14. Decbr. 1858 . . . . .   | Y (i. T.)            | 471        |
| - - - - - 11. Januar 1859 . . . . .   |                      | 603        |
| - - - - - 8. Febr. 1859 . . . . .   | B' (i. T.)           | 613        |
| - - - - - 8. März 1859 . . . . .  | C' (i. T.)           | 624        |

III. Literatur.

|  | Pag. |
|--|------|
| Kunstdenkmäler des christlichen Mittelalters in den Rheinlanden. Herausgegeben von Ernst aus'm Werth. I. Abthl. Bildnerei. I. Bd. 1857 . . . . .             | 155  |
| Jahrbuch der K. K. Central-Commission zur Erforschung und Erhaltung der Baudenkmale. II. Bd. Red. von dem Commissionsmitgliede Dr. G. Heider. 1857 . . . . . | 265  |
| Charakteristik der Baudenkmale Böhmens. Nach den bedeutendsten Bauwerken zusammengestellt von B. Gruber . . . . .  | 271  |
| Archiv für Niedersachsens Kunstgeschichte, herausgegeben von H. W. H. Mithoff. III. Abthl. 2. u. 3. Lief. . . . .  | 473  |

|  | Pag. |
|--|------|
| Die Bauconstructionslehre der Treppen in Gulseisen und Eisenblech, in natürlichen und künstlichen Steinen, in wissenschaftlichem Zusammenhange dargestellt von J. Manger, Königl. Professor und Bauinspector. 1859 . . . . . | 477  |
| Die Kunst des Mittelalters in Schwaben. 6. Lief. Die Cisterzienser-Abtei Bebenhausen, aufgenommen und beschrieben von Dr. H. Leibnitz. 1858 . . . . .  | 633  |
| Ausgeführte Mobilien, zunächst bestimmt für Schreiner und Metallarbeiter, von G. Martens, Architekt in Kiel. I. und II. Heft. 1859 . . . . .   | 636  |

















