

6. Abschnitt.

Sonstige Confructionen des inneren Ausbaues.

I. Kapitel.

Sicherungen gegen Einbruch.

VON ERWIN MARX.

Von jeher waren die Menschen bestrebt, ihr Eigenthum gegen gewaltsame oder listige Angriffe zu schützen. Die Aegypter verwahrten die Leichen ihrer Könige und die ihnen mitgegebenen Schätze im Inneren der Pyramiden in complicirtester Weise durch steinerne Fallthüren und lange, auf- und absteigende, am Ende vermauerte Gänge. Griechen und Römer schützten ihre Tempel-Cellen und Schatzhäuser mit bronzenen Thüren. Die Schätze der Kirchen wurden schon im Mittelalter in eisernen Truhen in den Sacristeien oder Schatzkammern hinter schweren eisernen Thüren verschlossen. Verschließbare Thüren kannten schon die alten Culturvölker. Aber trotz aller Vorsichtsmaßregeln ist der Zweck doch auf die Dauer nur in seltenen Fällen erreicht worden. Pyramiden und Tempel, Truhen und Thüren wurden erbrochen, die verwahrten Schätze geraubt.

I.  
Vor-  
bemerkungen.

Galt es früher namentlich, den Angriffen durch rohe Gewalt Widerstand zu leisten, so haben wir heut zu Tage, wenigstens in civilisirten Ländern, unser Augenmerk darauf zu richten, daß zwar die fortgeschrittene Technik uns wohl mehr Mittel, unser Eigenthum zu schützen, an die Hand giebt, daß sie aber auch in der ausgedehntesten Weise Mittel bietet, die sorgfältigsten Schutzvorkehrungen zu zerstören. Alle möglichen Sicherungen nützen nichts, wenn sie nicht aufmerksam überwacht, wenn Zeit und Gelegenheit geboten werden, sie zu beseitigen. Ist es Sache des Besitzers, die Ueberwachung auszuüben, so ist es andererseits Aufgabe des Technikers, die Sicherungsvorkehrungen den zu verwahrenden Objecten angemessen zu treffen und die Ueberwachung zu erleichtern. Ueber das nothwendige Maß dieser Sicherungen werden die Anschauungen je nach der größeren oder geringeren allgemeinen Sicherheit des Eigenthumes verschieden sein. Wie nach den großen Städten die Bevölkerung, besonders das Proletariat, wegen der stärkeren Aussicht auf Verdienst, strömt, so sammeln sich auch da die Verbrecher wegen der größeren Gelegenheit für ihre Arbeit. Die Sicherheit gegen Eigenthumsverbrechen ist daher auf dem Lande größer, als in der Stadt, in der kleinen Stadt größer, als in der volkreichen. In kleinen Orten ist man daher gegen Einbruch und Diebstahl sorgloser, als in den Centralpunkten des Verkehrs. Umgekehrt verleiht das Zusammen-

wohnen von Menschen ein größeres Gefühl der Sicherheit. An ganz einfamen Orten wird man daher sich ängstlicher schützen, als da, wo mehrere Behaufungen beisammen stehen.

Der großen Mehrzahl der Menschen genügen zum Schutz ihrer Habe und ihrer selbst gut verschließbare hölzerne Thüren unter Hinzufügung von Fensterläden oder -Vergitterungen in den unteren Geschossen der Häuser. Der Wohlhabende, der Geschäftsmann bedarf schon weiter gehender Vorkehrungen; er verschließt in der Regel seine Werthe in feuer- und einbruchsicheren Cassenschränken. Diese aber genügen dem Reichen, den Geld- und Bank-Instituten, den Juwelieren, den großen öffentlichen Cassen noch nicht. Es werden besondere Schatzräume, sog. Trefors, von größerer oder geringerer Ausdehnung nothwendig, ausgestattet mit allen der heutigen Technik möglichen Raffinements in der Construction der Raumschließungen und -Verschlüsse, so wie der selbstthätigen Vorrichtungen zur Kennzeichnung des Angriffes durch Unberufene, der Alarm-Apparate.

Die Sicherungsmafsregeln werden sich daher in folgende Gruppen zusammenfassen lassen:

- a) sicherer Verschluss der Verkehrsöffnungen, also der Thüren;
- b) sicherer Verschluss der Licht- und Luftöffnungen, also der Fenster;
- c) Sicherungen von Wänden, Decken und Fußböden besonderer Räume gegen Durchbruch;
- d) Anbringung von Alarm-Apparaten zur Signalisirung von unberechtigten Oeffnungsversuchen der Thüren und Fenster.

Mitunter sieht man von technisch constructiven Sicherheitsmafsregeln wohl ganz ab und verläßt sich auf die Behütung der betreffenden Räume während der Nacht durch die öffentlichen Sicherheitsorgane oder besonders bestellte Wächter, oder man verbindet mit den Sicherungen eine strenge Ueberwachung.

In beiden Fällen ist eine helle Beleuchtung des Inneren der Räume während der Nacht nothwendig, so dafs der Wächter oder die Vorübergehenden durch das nicht mit Läden verschlossene Fenster oder durch eine Oeffnung im Laden beobachten können, was innen vorgeht <sup>1)</sup>.

Es kann nicht Absicht sein, hier die zahlreichen Verschluss- und Schlofs-Constructionen der Wand-Oeffnungen zu besprechen, da dies an anderer Stelle dieses »Handbuches« (insbesondere in Theil III, Bd. 3) bereits geschehen ist, wesswegen auch die gewöhnlichen Verschlussvorrichtungen nicht einmal erwähnt zu werden brauchen. Es handelt sich hier darum, eine Ueberficht der besonderen Sicherungsmittel zu bieten und etwa einzelne Constructionen, die sonst nicht zur Besprechung gelangen würden, wie z. B. die Vergitterungen der Fenster, die Construction der Trefors etc. näher zu erörtern.

#### a) Sicherungen des Verschlusses der Thüröffnungen.

Die Thüren können gegen Einbruch gesichert werden:

- 1) durch Wahl festen Materials und fester Construction für Thürgestelle und Thürflügel oder Verkleidung eines weniger festen Materials durch ein festeres;
- 2) durch Sicherheitsverschlüsse.

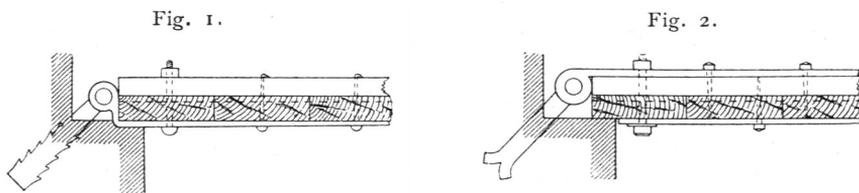
<sup>1)</sup> G. H. Chubb giebt (in: *Building news*, Bd. 28, S. 163) folgende sechs Vorsichtsmafsregeln an, um sich vor Diebstahl zu bewahren: 1) Sei vorsichtig in der Wahl der Dienstboten, welche oft die Verbündeten oder Werkzeuge der Einbrecher sind. 2) Habe Spiegelglas in allen Fenstern, weil dieses nicht geräuschlos, wie Scheibenglas zerbrochen werden kann. 3) Verfiehe alle vom Erdboden aus erreichbaren Fenster und Oeffnungen mit starken Gitterstäben, welche in den Stein oder in das Backsteinmauerwerk eingreifen und nicht weiter als 5 Zoll von einander entfernt sind, so wie alle Fenster der oberen Stockwerke mit *Hopkinson's* oder *Dawes' Patent*-Verschlüssen, welche wohlfeil und fest sind und nicht von außen geöffnet werden können. 4) Halte einen, wenn auch kleinen Hund im Inneren des Hauses. 5) Habe eine Anzahl von Glocken an den Läden, elektrische Leitungen oder andere Klimpereien, setze aber kein Vertrauen in dieselben. 6) Lasse so wenig als möglich werthvolle Sachen umher liegen.

## 1) Sicherung durch Material und Construction der Thüren.

2.  
Holzthüren.

Die gewöhnlichen gestemmtten Holzthüren bieten der Zerstörung wenig Widerstand; die eingeschobenen Füllungen sind bald herausgeschnitten. Diefswegen macht man schon ordinäre Hausthüren aus stärkerem und gern auch aus festerem Holz, z. B. aus Eichenholz, und conструиirt sie mit überschobenen Füllungen. Noch mehr Sicherheit bieten die bei den mittelalterlichen Kirchenbauten zur Anwendung gelangten genagelten Thüren. Diefelben bestehen aus verticalen, an einander geflofsenen oder durch Spundung verbundenen Bohlen, die entweder auf ein inneres Gerüst, das aus zwei oder mehreren Querleisten und ein oder mehreren schräg stehenden Bändern zusammengesetzt ist, aufgenagelt sind, oder auf eine innere zweite mit der äufseren unter rechtem oder schiefem Winkel sich kreuzende Bohlenlage. Es bildet sich demnach dabei entweder nur aufsen oder auch aufsen und innen eine glatte Fläche.

Bei einfachen Ausführungen entsprechen den inneren Querleisten aufsen aufgenagelte oder mit Schraubenbolzen befestigte Schienenbänder, die um den Rand des Thürflügels umgekröpft sind und auf den an der inneren Seite der Thürgewände befestigten Thürhaken in Oefen hängen (Fig. 1). Bei Steingewänden müssen die



Genagelte Holzthüren. — 1/15 n. Gr.

Thürhaken in ein größeres Werkstück eingelassen und vergossen, in Backsteinmauerwerk aber eingemauert werden. Die geschmiedeten Nägel zur Befestigung der Bänder werden auf der Innenseite umgenietet.

In der Regel liegen die Schienenbänder an der Innenseite auf den Leisten. Ihnen entsprechen dann aufsen die Zierbänder, welche die umgenieteten Nagelspitzen der ersteren verdecken. Sie selbst werden durch Schraubenbolzen, deren Muttern innen liegen, mit den Schienenbändern verbunden. Außerdem werden sie noch durch Nägel befestigt, die aber, da sie gegen die inneren Bänder flofsen, nicht umgenietet werden können (Fig. 2).

Diese Zierbänder führen ihren Namen von der reichen decorativen Wirkung, welche mit ihnen zu erzielen ist. Wenn sie aber, was häufig der Fall, die Fläche der Thürflügel in ihrer ganzen Ausdehnung ziemlich gleichmäfsig überdecken, so haben sie nicht blofs eine Bedeutung als Zierde, sondern bilden auch eine wesentliche Armirung der Thür.

Der Rand der Thürflügel wird oft durch einen um die Kante gelegten und nach einer blattartigen Zeichnung ausgeschnittenen Blechstreifen gesichert.

Die Leisten auf der Innenseite können auch zu einem regelmäfsigen Rahmenwerk ausgebildet werden. Bestehen die Thüren aus einer verdoppelten Bohlenlage, so können die Hängebänder eine ähnlich reiche Ausbildung erhalten, wie die Zierbänder<sup>2)</sup>.

<sup>2)</sup> Näheres über diese Thür-Constructionen findet man u. A. in: UNGEWITTER, G. Lehrbuch der gothischen Constructionen (Leipzig 1875) und: VIOLLET-LE-DUC. *Dictionnaire raisonné de l'architecture* etc. Band 8. (Paris 1866) Artikel *ferrurerie*.

Die Armirung wird zum Hauptzweck bei denjenigen Holzthüren, die äußerlich in ihrer ganzen Fläche mit sich kreuzenden Eisenbändern in der Weise belegt werden, daß zwischen denselben quadratische oder rhombische Holzflächen sichtbar bleiben. An den Kreuzungsstellen sind die Eisenbänder über einander gekröpft und durch mit Rosetten gezierte Nägel befestigt (Fig. 3).

Eine weitere Verzierung und Verstärkung wird erzielt durch Aufsetzen von Rosetten oder anderen passenden Ornamenten auf die freien Holzflächen (Fig. 4).

Fig. 3.

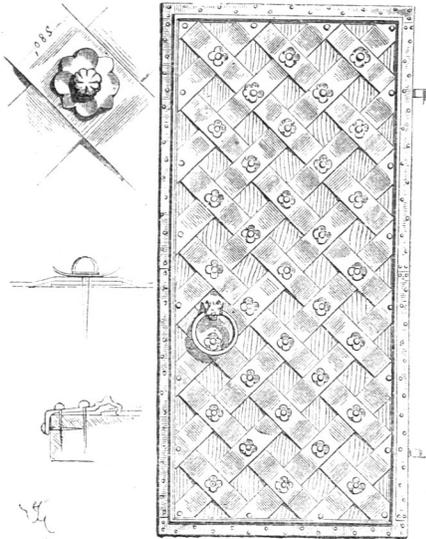
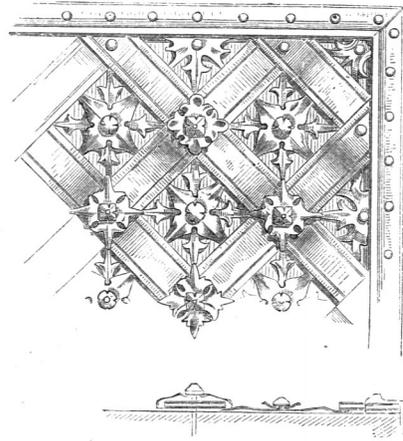


Fig. 4.

Mit Eisen beschlagene Holzthüren<sup>3)</sup>.

Vermehrte Sicherheit ergibt sich durch Verkleidung der ganzen Holzfläche mit Metallplatten (im Mittelalter oft reich sculptirte Bronze-Platten). In der Regel wird dazu Eisenblech verwendet. Im Mittelalter konnte dieses nur in kleinen Stücken durch Hämmern hergestellt werden, weshalb zu einer derartigen Verkleidung zahlreiche Stücke nothwendig wurden, die man entweder in horizontalen, lambrequinartig ausgeschnittenen Streifen sich überdecken liefs oder in rechteckigen Stücken an einander nietete. Eine Verstärkung fand dann noch auf der Fläche und am Rande durch aufgelegte Eisenbänder statt (Fig. 5).

Gegenwärtig macht die Beschaffung größerer Bleche keine Schwierigkeiten, und es wird daher auch, wo es angeht, der Ueberzug aus einem Stück hergestellt und so oft als nöthig aufgenagelt. Verstärkungen durch Schienen werden in ähnlicher Weise wie früher angeordnet.

Noch eine Armirung der Holzthüren mag erwähnt werden, welche im Mittelalter und namentlich in der Renaissance-Zeit häufig zur Anwendung gelangte, aber auch heute noch mitunter, z. B. bei Hausthoren, Verwendung findet und darin besteht, daß die äußeren Holzflächen mit mehr oder weniger reich gebildeten großen Nagelköpfen in großer Zahl nach bestimmten Mustern besetzt werden.

Bei den schweren armirten Thüren werden gewöhnlich die zur Verstärkung angewendeten Querschienen zugleich auch als Bänder benutzt, oder man bedient

<sup>3)</sup> Nach: VIOLLET-LE-DUC. *Dictionnaire raisonné de l'architecture* etc. Bd. 9. Paris 1867. S. 352 u. 353.

sich der Kreuzbänder oder läßt die Thüren unten in Zapfen gehen. Namentlich die letztere Anordnung ist für schwere Thürflügel zu empfehlen, weil man dabei der Schwierigkeit der unwandelbaren Befestigung der Thürhaken in den Gewänden zum Theil entgeht; der obere Thürhaken hat die Thür nur im lothrechten Stand zu erhalten. Am besten ist dabei jene Anordnung, bei welcher um die unteren Eckkanten des Thürflügels ein starkes Winkelband mit einer Pfanne gelegt ist, welcher ein in einen Granitwürfel oder in die Steinschwelle eingelassener Körner (oben abgerundeter verästelter Zapfen) oder Stahlkegel entspricht.

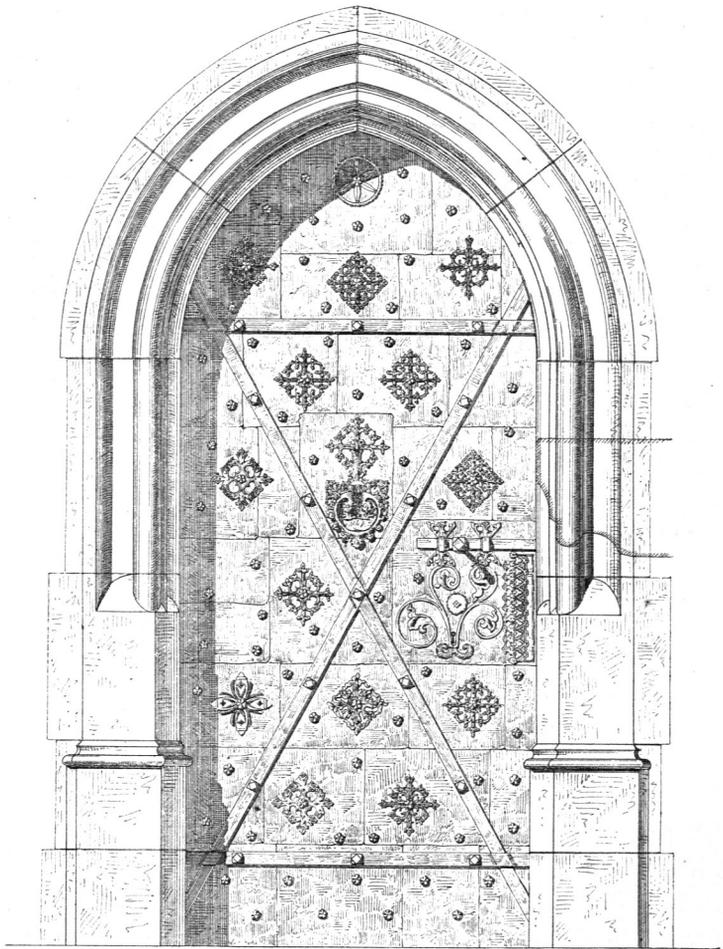
Als Thürhaken, die immer auf der dem

Angriff nicht ausgesetzten Seite anzubringen sind, verwendet man in der Regel Stützhaken, welche, wenn sie in Mauerwerk greifen, zu einem Anker mit eingemauertem Splint verlängert werden können. Die Bänder sollten auch eine Sicherung dagegen erhalten, daß sie von außen durch unter die Thür geschobene Brechtstangen nicht ausgehoben werden können.

Der Gang der schweren Thüren wird erleichtert, wenn zwischen oberer und unterer Bandhülfe ein Zwischenraum gelassen wird. Es ist dies leicht durch Einschrauben eines Dornes in die obere Bandhülfe zu erzielen, welcher den Dorn des Thürhakens berührt. Verbessert kann diese Einrichtung noch dadurch werden, daß der obere Dorn eine verästelte Spitze erhält, die sich in einer Pfanne des unteren bewegt<sup>5)</sup>.

Gegen Einbruch sicherer, als die armirten Holzthüren sind die ganz aus Metall hergestellten. Aus früheren Architektur-Epochen sind uns Beispiele von ganz aus

Fig. 5.

Sacrifcei-Thür der St. Leonhards-Kirche in Tamsweg<sup>4)</sup>. $\frac{1}{20}$  n. Gr.

<sup>4)</sup> Nach: »Wiener Bauhütte«, Bd. XI.

<sup>5)</sup> Ueber Thür- und Thorbeschläge siehe übrigens Theil III, Bd. 3 dieses »Handbuchs« (Abth. IV, Abfchn. 1, B).

Bronze gegoffenen Thürlügeln mehrfach erhalten geblieben. Wie dies aber auch ehemals der Fall war, so werden so kostbare Constructions heute zu Tage nur an besonders hervorragenden Gebäuden angewendet. Für gewöhnlich begnügt man sich mit dem billigeren Eisen, dessen ausgedehnter Anwendung jetzt nicht mehr die Schwierigkeiten wie früher entgegenstehen. Für unseren Zweck ist das sonst so bequeme Gußeisen aber nicht brauchbar, weil es in Folge seiner Kurzbrüchigkeit gewaltsamen Angriffen nicht genügend Widerstand leistet und namentlich bei Frost leicht durch Stöße zertrümmert werden kann. Man bedient sich deshalb zu Thüren, welche Sicherheit bieten sollen, der stärkeren Bleche (Kesselbleche bis zu 1 cm Dicke). Man befestigt dieselben zur Verstärkung der Construction auf einem Gerippe von Eisenschienen, das entweder aus Flacheisen oder besser aus Winkel- oder T-Eisen hergestellt wird. Diese Verstärkung wird in der Regel nicht bloß als Rahmen an den Kanten der Thür angebracht, sondern es wird die ganze Thürfläche in eine Anzahl rechtwinkliger oder schiefwinkliger Felder zerlegt, und dies mitunter auf beiden Thürseiten.

Eine derartige, decorativ ausgebildete Thür vom »Grünen Gewölbe« im Königl. Schloß zu Dresden ist in Fig. 6 mitgetheilt worden.

Bei zweiflügeligen Thüren bildet eine der Verticalschienen zugleich die Schlagleiste. Die Aufhängung der Thürlügel erfolgt in derselben Weise, wie bei den hölzernen Thüren; nur wird man sich bei gemauerten Gewänden mit Vortheil eiserner, aus Flach- oder Winkelleisen hergestellter, mit angenieteten Lappen im Mauerwerk befestigter Zargen bedienen.

Der größeren Sicherheit wegen verwendet man anstatt Eisenblech wohl auch Stahlblech. Dieses ist aber auch nicht immer zuverlässig, und der weichere Stahl widersteht den neueren Bohrinstrumenten nicht. Mit größerer Härte wird aber der Stahl spröde und kann schon durch gewöhnliche Hammerschläge zertrümmert werden. Man verfährt deshalb jetzt oft derart, daß man eine Platte von gewöhnlichem zähem Eisen oder Stahl mit einer anderen von Hartstahl zusammenschweißt und so die Härte des letzteren Materials und die Elasticität und Zähigkeit des ersteren zu Eigenschaften eines einzigen Stückes macht. Die Bearbeitung solcher Platten ist allerdings sehr schwierig, so daß z. B. alle darin erforderlichen Löcher vor dem Härten des Stahles hergestellt werden müssen.

Vortrefflich sollen die von *Chatwood* hergestellten Platten sein, welche aus abwechselnden Schichten von weichem Eisen oder Stahl und solchen aus härtestem Stahl bestehen. Gewöhnlich werden drei Schichten angewendet — die beiden äußeren von weichem, die mittlere von hartem Material — welche durch zahlreiche Nieten mit einander verbunden werden. *Chatwood* fabricirt auch Platten in der Weise, daß er zwei eiserne dergleichen zusammennietet und zwischen dieselben in eingehobelte Nuthen ein sehr hartes Metall gießt, welches das Anbohren fast unmöglich machen soll.

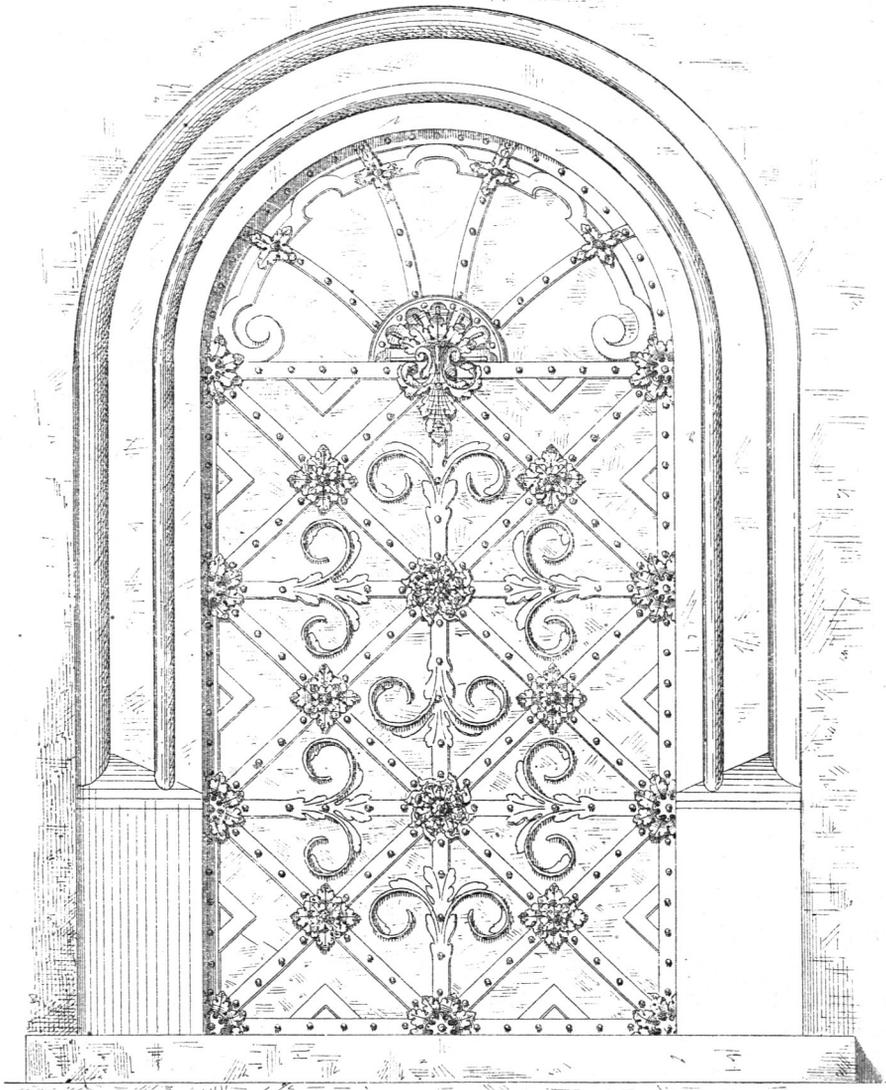
Als zweckmäßigste Materialien für Eisen-Stahl-Platten gelten englisches und steierisches Schmiedeeisen und englischer oder französischer Stahl.

Mit dem Bedürfnis nach größter Sicherung gegen Einbruch verbindet sich in der Regel das nach Feuersicherheit. Deshalb werden Maßregeln für beide Zwecke sehr oft combinirt zur Anwendung gebracht. Diese ergänzen sich häufig nicht nur, sondern unterstützen sich auch in so fern, als manche Vorkehrungen, die speciell im Interesse des einen Zweckes erforderlich sind, auch für den anderen eine Erhöhung

4.  
Thüren  
aus Eisen und  
Stahl.

5.  
Cassenschrank-  
Thüren.

Fig. 6.



Eiserne Thür vom »Grünen Gewölbe« in Dresden<sup>6)</sup>.  
1/20 n. Gr.

der Sicherheit bieten. (Siehe auch Abth. V, Abchn. 1, Kap. 1: Sicherungen gegen Feuer.)

Solche Constructions sind zunächst bei den Cassen- und Documenten-Schränken zur Anwendung gebracht worden, werden aber seit längerer Zeit auch für die Thüren von Trefor-Räumen verwendet.

Mittel, welche nach beiden Richtungen, sowohl gegen Feuer als gegen Einbruch, Genüge leisten, sind, wenn wir vorerst von der Besprechung der Schlösser, Riegel

<sup>6)</sup> Nach: ORTWEIN, A. Deutsche Renaissance. II. Band, Abth. XV: Dresden, Leipzig 1871—75. Taf. 15.

und Schlüssel absehen: doppelte Wandungen mit einem schlechten Wärmeleiter als Füllmasse, möglichst hermetischer Verschluss und solide Herstellung.

Als beste Füllmasse gilt Holzasche (Lindenasche). Doch werden an Stelle derselben auch andere Materialien verwendet, von denen aber nur Kieselguhr einen Ersatz für erstere bieten kann. Letztere Masse soll aber theurer als erstere sein, ohne eine grössere Sicherheitsleistung zu liefern. In England verwendet man ziemlich allgemein mit Alaun vermischtes Mahagoni-Sägemehl.

Durch einfache, sehr dicke Metallwandungen wird wohl ein hoher Grad von Sicherheit gegen Einbruch erzielt werden können, aber keine Feuerficherheit, weil sie die Wärme stark ansammeln und nach innen leiten. Deshalb können dicke Wandungen auch bei Verdoppelungen schädlich wirken, wenn die Füllmasse nicht in genügender Dicke angewendet wird. Für die äussere Wand genügt in der Regel 1 cm Dicke, diese soll aber 13 mm nicht übersteigen und kann für kleine Cassen mit 7 bis 8 mm genügend erachtet werden. Mit Einrechnung der Füllungsdicke ergibt sich eine Thürstärke von 8 bis 11 cm. Durch die Verdoppelung der Wandungen mit Zwischenraum wird nicht nur die Feuerficherheit erhöht, sondern auch das Anbohren erschwert, namentlich bei Verwendung der besprochenen Eisen-Stahl-Platten.

Ein möglichst hermetischer Verschluss sichert sowohl gegen das Eindringen der Hitze, als auch gegen das Ansetzen von Brechwerkzeugen und die Einführung von Sprengmassen. Ein solcher Verschluss ist nur zu erzielen, wenn auch die Thürgehänge von Eisen hergestellt werden; er wird verbessert durch die *Chatwood'sche* Methode der Herstellung der Rahmenschmalseiten und der correspondirenden Gewandeflächen in S-förmigem Profil. Auch da, wo diese Profilierungsweise nicht zur Anwendung gelangt, ist der Einbruchficherheit wegen an der Seite, an welcher die Thür gehängt ist, eine Ueberfalzung nothwendig, da die zum Aufhängen benutzten Constructionstheile abgesprengt werden können. Dieser Falz muss mindestens 13 mm tief und ganz genau gearbeitet sein.

Dasselbe gilt von den mitunter an der Falzseite oder an dieser und auch an der Schloßseite zur Verstärkung angebrachten Zapfen, die in entsprechende Löcher der Gewände eingreifen.

Wirklichen Werth haben diese Verbindungen nur, wenn sie genau in einander passen. Dies hängt nun aber von der Solidität der Fabrikation ab. Constructionsgedanke und Material mögen noch so gut sein, so wird man doch mit ihnen keinen entsprechenden Sicherheitsgrad erzielen, wenn auf die Herstellung der Construction nicht die genügende Sorgfalt verwendet wird. Diese Sorgfalt ist u. A. auch auf die Nietverbindungen auszudehnen<sup>7)</sup>. Sicherer als Nieten sind Schrauben mit etwas versenkten Köpfen, deren vorstehender Theil abgefeilt wird.

In einander greifende Thürkanten und Falze müssen stets geschliffen sein, dürfen aber nie einen Anstrich erhalten, wenn man hermetischen Schluss erzielen will.

Schliesslich mag hier noch hinzugefügt werden, dass das Eisen, wenn es längere Zeit wirklichen Schutz bieten soll, gegen Rosten geschützt werden muss. Am meisten empfiehlt sich eine Verzinkung oder Vernickelung der Oberflächen.

Man will die Beobachtung gemacht haben, dass selbst gut angestrichenes starkes Eisenblech von Cassenschränken, die man noch für sicher hielt, nach 15 bis 20 Jahren durch den Rost so zerfressen war, dass es mit einem Federmeßer durchstossen werden konnte<sup>8)</sup>.

<sup>7)</sup> Ein werthvoller Aufsatz über Cassen-Fabrikation, der oben benutzt wurde, findet sich in: Allg. deutsche polyt. Zeitg., 1876, S. 595.

<sup>8)</sup> Zeitschr. d. öst. Ing.- u. Arch.-Ver. 1866, S. 249.

Die besprochenen schweren Thüren werden entweder in der gewöhnlichen Weise aufgehängt unter Rücksichtnahme auf genügende Stärke und Befestigung der betreffenden Constructionstheile, oder man läßt sie um untere und obere Zapfen in starken Halseisen sich drehen, oder man construirt sie wohl auch als Schiebethüren, die bei sehr großem Gewicht mitunter durch Hinzuziehung hydraulischer Kraft bewegt werden. —

Wie schon erwähnt, sollten die Gewände von Trefor-Thüren in Mauerwerk, des dichten Schlusses wegen, auch immer aus Eisen hergestellt werden. Es kann dies auf verschiedene Weise geschehen. Man bildet entweder ein Gewände nach Art einer Blockzarge aus Eisenplatten mit Ohren an Kopf- und Schwellstück und mit in das Mauerwerk eingreifenden, an die Seitentheile angenieteten Winkelftücken. Oder man construirt das Gewände nach Art einer Kreuzholzzarge, nur unter Verwendung von Winkleisen und Verankerungen derselben, so wie unter Hinzuziehung von eisernen Thürfuttern, äußerer Verkleidung von Eisen und besonderer Façonstücke zur Falzbildung.

Die Thür liegt entweder bündig mit der Wandfläche oder wird noch besser etwas hinter dieselbe gelegt.

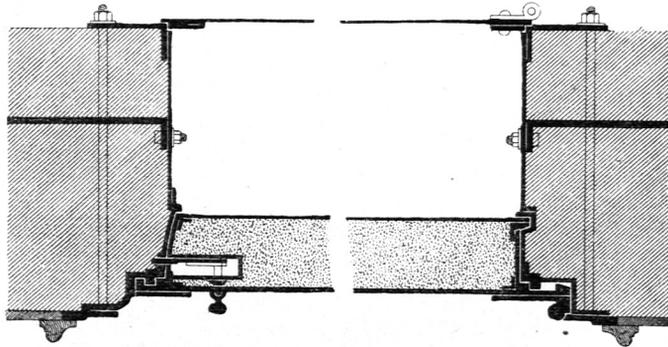
Die letztere Anordnung besitzen die vorzüglichen, von *Carl Ade* in Stuttgart construirten Caffenschrank-Thüren<sup>9)</sup>. Fig. 7 zeigt die Anwendung dieser Construction für einen gemauerten Trefor.

Die außen angebrachte Caffenschrank-Thür schlägt in einen aus Winkleisen gebildeten und mit Feuerfalzen versehenen, ringsum laufenden Thürkantenfalz, welcher eben so wie die Thürkante selbst geschliffen ist, so daß dadurch ein hermetischer Schluß erzielt wird. Die Thür zeigt ferner der Sicherheit gegen Einbruch wegen auf der Hängeseite den schon früher erwähnten Falz, welcher ein Ausheben der Thür nach abgepresengten Bändern oder Halseisen verhindern soll. Auf der Innenseite der Thüröffnung ist eine gewöhnliche eiserne Thür angebracht, die in der Regel während der Benutzungszeit des Trefors allein geschlossen wird. Die Mauerecken daselbst sind ebenfalls durch Winkleisen verwahrt,

welche mit denen des Thürkantenfalzes verankert werden. Die Mauern zeigen die später (in Art. 24) zu besprechende Armirung mit hochkantig in die der Länge nach durchlaufenden Stoffsugen eingelegten Eisenchienen.

Oft kann es erwünscht sein, einen ziemlich sicheren Verschluss einer Thüröffnung zu haben, welcher jedoch den Einblick in den zu verwahrenden Raum gestatten oder der Luft und dem Licht ungehinderten Zutritt belassen oder wohl auch, wie bei Trefor-Anlagen, der öfteren Benutzung am Tage wegen, einen leichteren interimsistischen Ersatz für die schwere Caffenschrank-Thür bieten soll (siehe Art. 5, S. 7). Für diese Zwecke empfehlen sich Gitterthüren, wegen deren Construction auf den Theil III, Bd. 3 dieses »Handbuches« zu verweisen ist. Angeführt mag jedoch werden, daß es bei den hier in Betracht kommenden Constructionen wesentlich auf

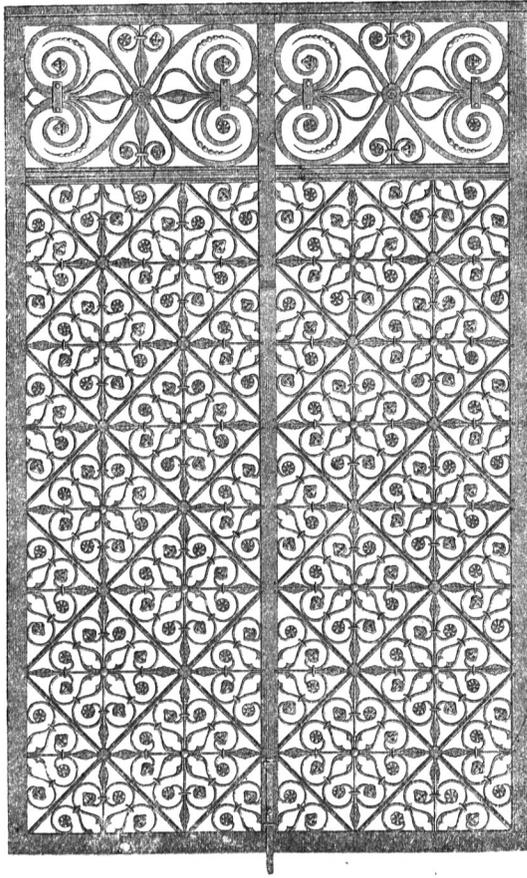
Fig. 7.

Trefor-Eingang mit Caffenschrank-Thür von *Carl Ade* in Stuttgart<sup>9)</sup>.

1/10 n. Gr.

<sup>9)</sup> Siehe: Allg. deutsche polyt. Zeitg. 1879, S. 49.

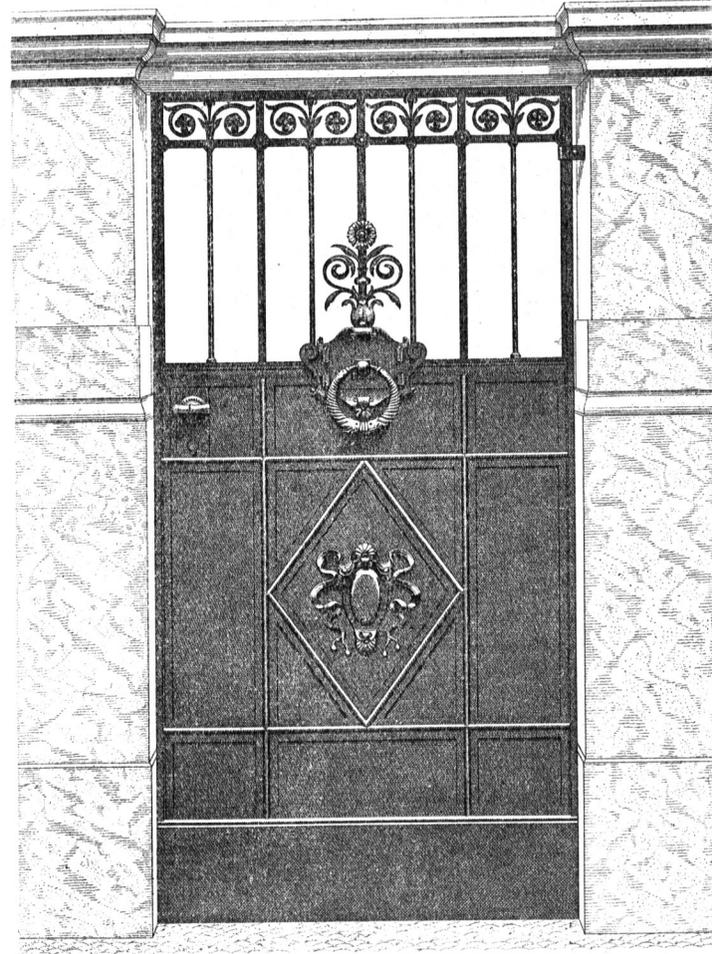
Fig. 8.



Thür des Lettners  
in der Kathedrale zu Rouen.

(Nach: GAILHABAUD, J. *L'architecture du Ve au XVIIe siècle etc.*  
Bd. 2. Paris 1870. Pl. 37.)

Fig. 9.



Thür aus Eifenblech und Gitterwerk.

(Nach: Blätter für Kunstgewerbe, Bd. VII, Heft 5, Taf. 53.)

1/20 n. Gr.

Festigkeit ankommt (vergl. hierüber das in Art. 18 über Fenstergitter Gefagte) und daß die Vergitterung eine engmaschige sein muß.

Daß uns frühere Zeiten für solche Gitterthüren schöne Vorbilder bieten, beweist die in Fig. 8 mitgetheilte, dem 15. Jahrhundert entflammende Thür aus der Kathedrale von Rouen.

Gußseifen ist bei Vergitterungen, welche einigermaßen Sicherheit bieten sollen, selbstverständlich auszuschließen.

Oft werden die eisernen Thüren auch als Combinationen von Blech- mit Gitterwerk ausgeführt. Hierfür ein von *v. Ferstel* erfundenes Beispiel in Fig. 9.

## 2) Sicherheitsverschlüsse.

Die Vorrichtungen zum Verchiessen der Thüren wurden bereits Theil III, Bd. 3 dieses »Handbuches« speciell behandelt, so daß wir uns hier auf kurze Darstellung einiger besonderen Vorkehrungen beschränken können.

Zu solchen besonderen Vorkehrungen gehören die Nachriegel, die entweder in Verbindung mit den Schließern stehen oder unabhängig von diesen an den Thüren angebracht werden können. Charakteristisch für dieselben ist, daß sie durch Vorfchieben und nicht durch Schlüssel bewegt werden, so wie daß sie nur von einer Seite zugänglich sind. Sie können daher nur dann zur Sicherung benutzt werden, wenn der Bewohner des Raumes im Inneren desselben sich aufhält.

7.  
Nachriegel.

Dasselbe gilt von den Sicherheitsketten, welche in den größeren Städten häufig an den Vorplatzthüren zur Anwendung gelangen, namentlich um sich gegen die Zudringlichkeit von Bettlern und Strolchen zu schützen; doch gewähren sie auch gegen Einbruch gute Dienste, da sie nach erfolgter Auffperrung des Schloßes erst zerstört werden müssen, ehe die Thür geöffnet werden kann.

8.  
Sicherheits-  
kette.

Die Sicherheitsketten müssen so angebracht sein, daß sie sich nur bei vollkommen geschlossener Thür aushängen lassen und vollständig gespannt sind, wenn man die Thür auf höchstens 2 cm öffnet; auch dürfen sie dann durch kein in den Spalt eingeschobenes Werkzeug ausgelöst werden können.

Eine zweckmäßige Anordnung zeigt Fig. 10<sup>10)</sup>.

An dem für gewöhnlich fest stehenden Thürflügel ist eine Platte mit Oese angebracht, an welcher eine kurze, aber starke Kette hängt. Diese hat am anderen Ende eine gestielte Kugel, deren Stiel unmittelbar an der Kugel rechtwinkelig umgebogen ist. Wenn die Kette eingehängt werden soll, wird die

Kugel in ein am beweglichen Thürflügel befestigtes, halb cylindrisches Rohr durch eine Oeffnung gesteckt. Dieses ist mit einem Schlitz versehen, worin sich der Stiel der Kugel beim Oeffnen der Thür ein kurzes Stück verschieben kann. Der Schlitz muß horizontal liegen; bei verticaler Stellung desselben würde die Kette leicht mit einem Stäbchen ausgehängt werden können.

Gleichfalls in der Regel nur von einer Seite zugängliche Sicherheitsvorrichtungen sind die Vorlegefangen. Dieselben erhalten am besten rechteckigen Querschnitt

9.  
Vorlege-  
fangen.

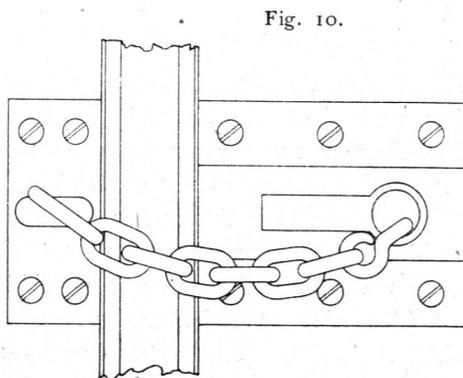


Fig. 10.

Sicherheitskette<sup>10)</sup>. — ca. 1/5 n. Gr.

<sup>10)</sup> Nach: LÜDICKE, A. Praktisches Handbuch für Kunst-, Bau- und Maschinenfchlosser. Weimar 1878. S. 261.

und legen sich hochkantig gegen die Thür. Gewöhnlich werden sie mit einem Ende beweglich an einem der Thürgewände befestigt und hängen in unbenutztem Zustande frei herab. Mit dem anderen Ende legen sie sich in einem am zweiten Thürgewände angebrachten Haken ein oder greifen mit einem Schlitz über eine Oese, durch welche dann der Bügel eines Vorhängeschloßes gesteckt wird. Die letztere Einrichtung wird dann getroffen, wenn die Stange von aussen vorgelegt werden muß. Das Vorhängeschloß kann zweckmäßiger durch ein in das Gewände eingelegtes Sicherheitschloß ersetzt werden, in welches ein an der Stange angebrachter Zapfen eingreift.

Die Stange kann man auch in ihrer Mitte an der Thür befestigen; nur müssen dann beim Verchiessen beide Enden fest geschlossen werden; auch kann man mehrere solcher Stangen quer über die Thür oder eine in schräger Richtung über dieselbe legen.

Im Ganzen ist die Einrichtung etwas veraltet; doch ist neuerdings in der Construction derselben durch die *Scheidenrecht* in Berlin patentirte drehbare, von aussen zu bewegende Vorlegeftange <sup>11)</sup> ein wesentlicher Fortschritt gemacht worden.

Es liegt dieselbe an der Innenseite der Thür und wird von aussen mit einem Schlüssel so bewegt, daß dieselbe sich um einen Zapfen dreht und in geschlossenem Zustand rechts und links in die Thürgewände und in passend angeordnete Haken hineinschlägt. Die Bewegung erfolgt durch an der Stange angebrachte Zähne mittels eines Getriebes, welches bei Verwendung eines *Yale*-Schloßes oder *Bramah*-Schloßes direct durch Drehung des Schlüssels gedreht werden kann. Die Einrichtung kann aber auch so getroffen werden, daß man die Stange durch einen aufzusteckenden einfachen Drehgriff dreht und die Oeffnung für diesen mit dem Riegel eines Sicherheitschloßes, etwa eines *Chubb*'schen, verschließt. Ausser dem Stahliiegel ist noch eine weitere Sicherung vorhanden, die eine Bewegung der Stange auch nach Durchbohrung des Riegels erschwert.

10.  
Vorlege-  
schlöffer.

Das früher sehr übliche Anlegen von Vorlegeschlössern zur Vermehrung der Sicherheit der durch gewöhnliche Schlösser verschlossenen Thüren kommt wegen ihrer Unbequemlichkeit und nicht genügenden Sicherung immer mehr in Abnahme.

Die Einrichtung besteht darin, daß an der Thür eine Haspe mit einem Langloch angebracht wird, welches über eine am Gewände befestigte Oese greift, durch welche der Bügel des Vorhängeschloßes gesteckt wird, so daß sich die Haspe zwischen diesem und dem Gewände befindet. Die Vorhängeschlöffer gestatten ein Oeffnen der Thür nur von einer Seite her; sie selbst werden nach einem der vielen Systeme der Sicherheitschlösser construirt.

11.  
Sicherheits-  
schlöffer.

Ausgedehnte Anwendung finden zur Zeit die verschiedenen Arten der Sicherheits- oder Combinationschlösser, die zwar gewöhnlich auch nur von einer Seite zugänglich sind, von denen einige aber auch Abänderungen zulassen, welche ein Oeffnen von beiden Seiten gestatten. Eingehende Besprechung finden diese Schlösser in Theil III, Bd. 3 dieses »Handbuches«; es genügt an dieser Stelle daher ein Ueberblick über die zweckmäßigsten und gebräuchlichsten Formen.

Die gewöhnlichen Schlösser können, selbst wenn sie gut construirt sind, von einem erfahrenen Schlosser immer mit Sperrhaken oder Hauptschlüssel geöffnet werden; es lassen sich vom Schlüßelloch und den inneren Sicherungstheilen leicht Abdrücke nehmen und nach diesen Nachschlüssel fertigen; ein gewaltfames Erweitern des Schlüßelloches ist ohne viel Geräusch zu bewerkstelligen. Eine gewaltfame Zerstörung wird indessen auch bei den am sinnreichsten und solidesten

11) Wochbl. f. Arch. u. Ing. 1881, S. 422.

construirten Sicherheitschloßern immer möglich fein. Viel mehr zu fürchten ist jedoch das geräuschlose Oeffnen mittels geschickt angewendeter Sperrwerkzeuge, da der Einbrecher, welcher sich an das Auffperren eines Sicherheitschloffes wagt, mit den Einrichtungen desselben eben so vertraut sein muß, wie der Verfertiger selbst.

Der Zweck der Sicherheitschloßer muß demnach die möglichste Erschwerung des geräuschlosen Oeffnens sein, wobei sie aber selbstverständlich auch einen möglichst hohen Sicherheitsgrad gegen gewaltfames Oeffnen bieten müssen.

Die an ein Sicherheitschloß zu stellenden Anforderungen sind nach *Lüdicke*<sup>12)</sup> die folgenden: 1) Das Nehmen eines Abdruckes muß unmöglich oder doch nutzlos gemacht werden. 2) Das Einbringen von Sperrwerkzeugen muß möglichst erschwert werden. 3) Die Sicherungstheile dürfen nur für eine einzige, ganz bestimmte Stellung Oeffnen des Schloffes zulassen, während sie beliebig viele Stellungen einnehmen können; die Wahrscheinlichkeit, diese richtige Stellung durch Versuche zu finden, muß möglichst gering sein. 4) Die Sicherungstheile sollen so beschaffen sein, daß sie nicht leicht in Unordnung gerathen. 5) Ihre gegenfeitige Lage muß sich, wenn der rechte Schlüssel verloren gegangen oder in unrechte Hände gekommen ist, leicht so ändern lassen, daß selbst der richtige Schlüssel nun das Schloß nicht mehr zu öffnen im Stande ist, aber nur die Anfertigung eines neuen Schlüssels nöthig wird, um das Schloß wieder in schließfähigen Zustand zu versetzen. — Je nach dem erwünschten Sicherheitsgrad müssen alle diese Anforderungen erfüllt werden, oder man kann einige derselben vernachlässigen. Die unter 3 aufgestellte Bedingung enthält das Princip der jetzt ausschließlic angewendeten Sicherheitschloßer, der sog. Combinationschloßer.

Zur Beurtheilung des Werthes der Sicherheitschloßer ist hier noch die Bemerkung hinzuzufügen, daß in Folge ihrer sinnreichen Einrichtung viele Schloßer einen sehr hohen theoretischen Sicherheitsgrad besitzen, daß aber wegen der Unmöglichkeit, alle Theile mathematisch genau herzustellen und zusammenzupassen, der praktische Sicherheitsgrad derselben ein sehr geringer sein kann. Ferner ist darauf aufmerksam zu machen, daß man beim Verchließen eines jeden Sicherheitschloffes ohne Weiteres zu der Ueberzeugung muß gelangen können, das Schloß sei wirklich verschlossen. Trotz dieser fast selbstverständlichen Bedingung bieten viele von den in neuerer Zeit patentirten Sicherheitschloßern diese Sicherheit nicht.

Einen praktisch nur geringen Sicherheitsgrad besitzen die Combinationschloßer ohne Schlüssel, die Buchstabenchloßer, welche überdies auch fast nur als Vorhängeschloßer zu gebrauchen und im Dunkeln nicht zu öffnen sind.

Die besten Sicherheitschloßer unter den mit Schlüsseln schließbaren sind bis jetzt die *Chubb*-Schloßer, sowohl was den bei genauer Ausführung und größerer Zahl der Zuhaltungen zu erzielenden praktischen Sicherheitsgrad betrifft, als auch mit Rücksicht darauf, daß alle einzelnen Theile leicht so solid ausgeführt werden können, daß sich Störungen vermeiden lassen. In letzterer Beziehung bilden bei den *Chubb*-Schloßern gewöhnlicher Bauart die feinen Zuhaltungsfedern eine wunde Stelle. Einen gelungenen Versuch, jene Federn und damit auch die durch dieselben veranlaßten Störungen zu vermeiden, zeigt das von *Carl Hermann* in Nürnberg construirte *Chubb*-Schloß<sup>13)</sup>, welches für Thüren von Geschäfts- und Niederlagsräumen empfohlen wird. — Der allgemeineren Verwendung der *Chubb*-Schloßer stand bisher entgegen, daß dieselben nicht leicht für Schluß von beiden Seiten eingerichtet werden können; doch ist diese Einrichtung möglich und auch auf verschiedene Weise getroffen worden.

Eine ganz befriedigende Lösung dieser Aufgabe scheint aber noch nicht vorzuliegen. Es mag hier darauf noch aufmerksam gemacht werden, daß von gewissenlosen Fabrikanten zuweilen Schloßer in den Handel gebracht werden, deren Schlüssel durch die Zahl der Abätze darauf schließen lassen, daß das Schloß eine große Zahl von Zuhaltungen enthält, obgleich in Wirklichkeit nur eine solche vorhanden ist, welchem Betrug man nur durch Oeffnen des Schloffes auf die Spur kommen kann; auch ist die Genauigkeit der Ausführung oft eine mangelhafte.

<sup>12)</sup> LÜDICKE, A. Praktisches Handbuch für Kunst-, Bau- und Maschinenchloßer (Weimar 1878), dem wir in Obigem im Allgemeinen folgen. Siehe auch: Derselbe, Neuerungen an Sicherheitschloßern in: *Polyt. Journ.*, Bd. 241, S. 348.

<sup>13)</sup> D. R.-P. Nr. 12380.

Für sehr verschiedene Zwecke anwendbar ist *Yale's* Sicherheitschloß, welches zu der Gattung von Stechschlössern gehört, von denen mancherlei Arten neuerer Zeit auch in Deutschland patentirt worden sind. Der praktische Sicherheitsgrad der *Yale's*chen Schlösser wird wesentlich durch die Schmalheit der Schlüßellocher (1 bis 1,5 mm) erhöht, welche das Einbringen von Sperrwerkzeugen sehr erschwert. Dazu kommt noch, daß mit Ausnahme des Schlüssels alle Theile Drehungskörper sind, sich also sehr genau herstellen lassen. Für die Anwendung ist das *Yale*-Schloß wegen seiner beträchtlichen Höhe etwas unbequem, weil es sehr starke Thürrahmen erfordert oder vor denselben vorsteht; auch hat die gewöhnliche Anordnung den Nachtheil, daß zum Schließen von der Außenseite immer der Schlüssel gebraucht werden muß. Es ist dies unbequem und führt die rasche Abnutzung von Schlüssel und Schloß herbei. Dieser letztere Mangel läßt sich aber durch geeignete Abänderungen beseitigen. Auch kann man mit dem Schloß einen gewöhnlichen Fallenverschluß verbinden, so daß es sich sowohl für Zimmerthüren, als auch besonders für Vorplatz- und Hausthüren geeignet herstellen läßt.

Mancherlei Vorzüge vor dem *Yale*-Schloß besitzt in Folge geschickterer Stützzuhaltungen ein anderes amerikanisches Schloß. Es ist dasselbe allerdings auch ziemlich dick, soll aber für Vorplatz- und Hausthüren sehr geeignet sein. Beschreibung und Abbildung desselben findet sich in den unten <sup>14)</sup> angegebenen Quellen.

Ein sehr sicheres Schloß mit korkzieherartig gewundenem Stechschlüssel ist das von *G. Fuhrmann* in Berlin erfundene <sup>15)</sup>. Dasselbe läßt das bei allen anderen Sicherheitschlössern anwendbare Sperrverfahren des »Fühlens« nach den meisten Widerstand bietenden Zuhaltungen nicht zu.

Das *Bramah*-Schloß bietet vom rein theoretischen Standpunkt aus nicht dieselbe Sicherheit, wie das *Chubb*-Schloß; außerdem werden durch den Bau seiner Theile leichter Störungen veranlaßt, als bei letzterem; auch läßt es sich leichter gewaltfam öffnen. Während es früher hauptsächlich bei Geldschranken Verwendung fand, wird es jetzt mehr für Hausthüren benutzt.

Sehr große Sicherheit und solide Construction besitzt das von *Carl Ade* in Stuttgart construirte Schloß <sup>16)</sup>, dessen Schlüssel die Form des *Styria*-Schlüssels zeigt und aus zwei gezahnten Platten besteht, die sich zum Schutz taschenmesserartig zusammenlegen lassen. Die später <sup>17)</sup> daran vorgenommenen Aenderungen erschweren das Nachmachen sehr, selbst wenn der richtige Schlüssel zur Verfügung steht, da derselbe 120 Veränderungen zuläßt.

Die höchste Sicherheit gegen Auffperrern suchen Geldschrank-Fabrikanten ihren Schlössern zuweilen dadurch zu geben, daß sie zwei Sicherheitschlösser gleicher oder verschiedener Systeme zu einem Ganzen vereinigen. Dabei ist aber zu beachten, daß in Folge des complicirteren Mechanismus leichter Störungen eintreten können. Man findet Combinationen von *Bramah*-Schloß mit *Chubb*-Schloß, *Chubb*-Schloß mit *Styria*-Schloß und *Chubb*-Schloß mit *Chubb*-Schloß.

Unter den neueren Constructionen der letzteren Art zeichnet sich das Schloß von *Otto Kötter* in Barmen <sup>18)</sup> aus.

Die Sicherheit der Schlösser hat man auch durch verschiedene besondere Einrichtungen zu erhöhen gesucht. So hat *Chubb* an feinen Schlössern den sog. »Entdecker (*detector*)« angebracht, eine Einrichtung, welche dem Besitzer anzeigen soll, wenn Versuche gemacht worden sind, das Schloß heimlich zu öffnen. Hierher gehört auch *Hobb's* »Protektor« und das Schloß von *Fenby*, wobei der Bart vom Schlüssel vollständig getrennt ist und vor der Verschiebung des Riegels beim Schließen in einen im Inneren des verschlossenen Raumes angebrachten Behälter fällt.

Da die Schlüssel des *Chubb*- und namentlich des *Yale*-Schlosses sich leider leicht nachmachen lassen, so hat man auch versucht, diese Copirbarkeit zu erschweren oder unmöglich zu machen. Am vollständigsten geschieht dies dadurch, daß man die Schlüssel selbst permutirbar gestaltet. Gerühmt werden die bezüglichen Einrichtungen von *Kromer* in Freiburg i. B., von *Newells* und von *Carl Ade* in Stuttgart <sup>19)</sup>.

Besondere Sicherheit sucht man sich mitunter dadurch zu verschaffen, daß man die Thüren von Geldschranken oder Tresors mit mehreren Schlössern versieht,

<sup>14)</sup> Wochschr. d. niederöst. Gwbver. 1866, Nr. 13.

FINK, F. Der Bauschlosser. Leipzig 1868. S. 238.

LÜDICKE, A. Praktisches Handbuch für Kunst-, Bau- und Maschinenchlosser. Weimar 1878. S. 310. Polyt. Journ. Bd. 180, S. 187.

<sup>15)</sup> D. R.-P. Nr. 7228.

<sup>16)</sup> D. R.-P. Nr. 1585.

<sup>17)</sup> D. R.-P. Nr. 1767.

<sup>18)</sup> D. R.-P. Nr. 11014.

<sup>19)</sup> D. R.-P. Nr. 1767.

deren Schlüssel sich in verschiedenen Händen befinden, so dafs zum Eröffnen der Thür stets mehrere Personen zusammen berufen werden müssen. Dazu treten dann noch die permutirbaren Schlüssel oder Vexir-Zifferblätter, die es jedem Schlüsselbesitzer ermöglichen, die zum Oeffnen eines Schlosses nöthige Combination nach Belieben zu ändern.

Zu den Sicherungsmitteln der Thüren, welche in unmittelbarem Zusammenhang mit den Schlössern stehen, gehört die Bildung der Riegel, welche den Verschluss bewirken und durch Schliessen des Schlosses bewegt werden. Sie sind im Querschnitt rechteckig oder kreisförmig und stellen den Verschluss gewöhnlich nur an der Schlossseite her. Bei Thüren, die grofse Sicherheit gewähren müssen, sollte der Riegelverschluss aber auf jeder Kante der Thür mehrfach vorhanden und überall auch der Vorsprung der Riegel gleich grofs sein.

Die Riegel liegen entweder auf der Innenfläche der Thür, oder sie sind in dieselbe verfenkt. Die ersteren bedingen eine Befestigung mit stärkeren Schrauben und Gangkapseln, fungiren bei Bränden als Wärmeleiter und bieten, da die Schrauben auf Absichern in Anspruch genommen werden, nicht die Sicherheit gegen Einbruch, wie verfenkte Riegel. Die letzteren erfordern, besonders wenn sie durchgehen und beiderseits oder gar über Kreuz sperren, grofse Thürdicken.

Beim Riegelverschluss nach mehreren oder allen Seiten verwendet man in der Regel Bascule-Riegel, d. h. solche, die sich gemeinsam bewegen, was durch Räder und Hebel bewerkstelligt wird.

Eine besonders innige Verbindung zwischen Thür und Gewänden wird erzielt durch Anwendung einer hakenförmigen Gestalt der Riegel. Diese Einrichtung wird häufig in der Weise getroffen, dafs ein cylindrischer Riegel sich beim Schliessen um 90 Grad dreht und dafs dabei zwei am Ende desselben angebrachte Flügel hinter das Schliessblech des Gewändes fassen.

## b) Sicherungen des Verschlusses der Fensteröffnungen.

Die Fensteröffnungen können durch bewegliche oder durch fest stehende Einrichtungen gegen Einbruch gesichert werden. Die ersteren sind die Fensterläden, die zweiten die Fenstervergitterungen.

### 1) Fensterläden.

In Theil III, Bd. 3 (Abth. IV, Abfchn. 1, C) wurden bereits die in Wohngebäuden, Geschäftshäusern etc. in der Regel angewandten Laden-Constructionen vorgeführt; insbesondere waren es die hölzernen Vorletz-, Schlag- und Klappläden, deren Construction und Verschlusseinrichtungen dort beschrieben worden sind. Die Einbruchsicherheit solcher Läden ist nicht grofs; sie kann ähnlich, wie bei den Thüren (siehe Art. 2, S. 4), durch einen Eisenblechbefschlag vermehrt werden. Die Zerstörung der Blechtafeln wird erschwert, wenn dieselben auf der Innenseite der Läden angebracht sind. Verstärkungen des Blechbefchlages können in der bei den Thüren angegebenen Weise erfolgen.

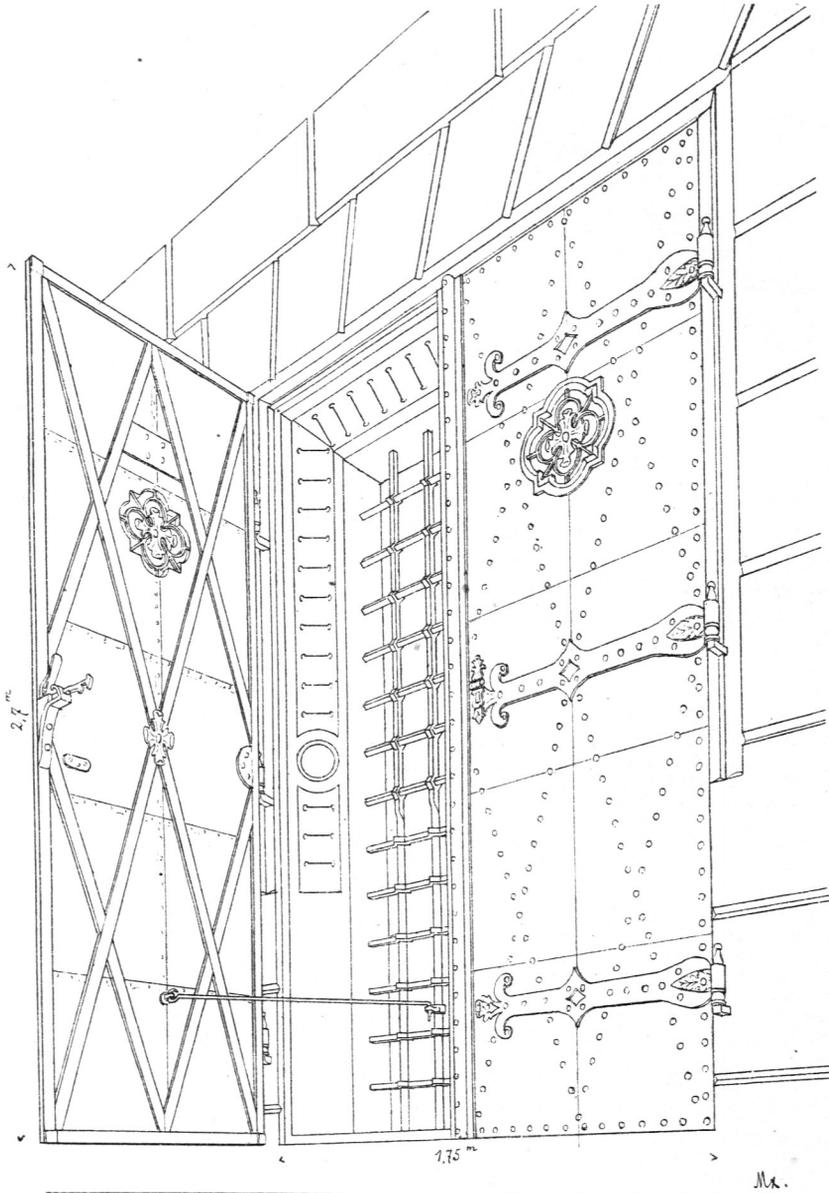
Noch sicherer construirt man, wenn man die Läden ganz aus Eisen macht und sie in gleicher Weise, wie die betreffenden Thüren herstellt (vergl. Art. 3, S. 6). Die gut gespannten Blechtafeln von 2 bis 3 mm Dicke werden an den Rändern durch Flachschienen oder Winkeleisen versteift; eben so werden gröfsere Läden auf ihrer Fläche noch durch Flach-, Winkel- oder T-Eisen in diagonalen oder verticalen und horizontalen Richtungen verstärkt.

Dieses Gerippe mufs für den Fall, dafs dünnes Sturzblech (1 bis 2 mm dick), welches sich ohne grofse Anstrengung mit einer Scheere ausschneiden läfst, Verwendung findet, so enge Maschen bilden, dafs ein Mensch sich durch dieselben nicht hindurch zwängen kann.

12.  
Riegel  
der  
Schlösser.

13.  
Vorletz-,  
Schlag- und  
Klappläden.

Fig. 11.

Eiserner Laden vom »Grünen Gewölbe« in Dresden<sup>20)</sup>.

Der Verchluss erfolgt durch Schlösser, Schubriegel und Espagnolette-Stangen.

Als Beispiel für einen eisernen zweiflügeligen Schlagladen und zur Ergänzung zu der in Fig. 6, S. 7 dargestellten Thür wird in Fig. 11 einer der schönen Läden des »Grünen Gewölbes« im Königl. Residenzschloß zu Dresden mitgetheilt<sup>20)</sup>.

Die eisernen Läden werden gerade so wie die hölzernen an den Außenwänden oder an den Laibungen der Fensternischen angeordnet; doch kann man sie unter Umständen, da die Theile sich sehr schmal machen lassen, auch in den Laibungen

<sup>20)</sup> Die Zeichnung ist nach einem der Läden der gekuppelten Fenster an der Nord-Façade des Schloßes gefertigt.

der Gewände unterbringen. Auch schiebt man sie manchmal in Mauerfchlitze aufserhalb der Fenfterverglafung.

Wo Trefor-Räume mit Fenftern zu verfehen find, erhalten diefe aufser Vergitterungen noch nach dem Princip der Caffenschrank-Thüren conftituirte Fenfterläden.

Die aus Holzleiften gefertigten Rollläden bieten gegen Einbruch fehr geringe Sicherheit; die Holzleiften können leicht ausgebrochen oder ausgefchnitten werden. Diefwegen werden für Schaufenster jetzt vielfach eiferne Rollläden in Anwendung gebracht. Man fertigt diefelben entweder aus einzelnen fchmalen in einander greifenden, gewöhnlich im Querschnitt **S**-förmig gefalteten Blechstreifen oder aus ganzen, horizontal gewellten Stahlbechen. Die letzteren find wegen der gröfseren Sicherheit bei geringerem Gewicht vorzuziehen.

14.  
Rollläden.

Es befeht entweder die ganze Fläche aus einer einzigen oder bei gröfseren Läden aus mehreren durch Nietung mit einander verbundenen, 0,5 bis 1 mm starken Blechtafeln.

Die Rollläden rollen fich gewöhnlich oben über dem Fenfterfturz auf; doch kann dies auch unten an der Sohlbank gefchehen. Im erfteren Falle bedarf es befonderer Sicherungsmittel, um das unbefugte Aufheben der Läden von aufsen her zu verhindern.

Die zu diefem Zweck gewöhnlich unten am Laden auf der Innenfeite angebrachten Verchlufsvorrichtungen bieten wenig Sicherheit, da fie nach Ausfchneiden eines Stückes des Ladens an der betreffenden Stelle leicht befeitigt werden können. Mehr Sicherheit gewähren oben unter der Rolle angebrachte Vorkehrungen, wie *Block's* patentirter Schutzapparat gegen Einbruch durch die Roll-Jaloufien <sup>21)</sup> oder *O. Krüger's* felbftthätiger Rollladen-Verchluf <sup>22)</sup>.

Für fehr breite Oeffnungen werden viel, namentlich in Paris, die Plattenläden verwendet, die aus einzelnen etwa 30 cm hohen, über einander greifenden Blechtafeln von verhältnißmäfsiger Dicke zufammengesetzt find, welche fich entweder nach oben oder nach unten zufammenschieben laffen, wozu mehr oder weniger complicirte Mechanismen nothwendig werden. Zur Bewegung der Läden wird anftatt Menfchenkraft zuweilen auch hydraulifcher Druck in Anwendung gebracht.

15.  
Plattenläden.

Eine Verfteifung und befondere Sicherung gegen unbefugtes Heben der Läden erhalten diefelben mitunter dadurch, dafs hinter denfelben an drehbaren Bolzen eiferne Rohre aufgehängt werden. An diefen Rohren find Knaggen angebracht, welche über in entfprechender Höhe an den Blechtafeln befestigte Winkel greifen. Diefe letzteren haben dann noch Auschnitte, in welche fich eine an den Rohren befindliche gekrümmte Leifte durch Drehung des Rohres einlegen läßt, wodurch die Blechwand gröfsere Steifigkeit erhält <sup>23)</sup>.

Die einfachsten und ficherften Schaufensterverchlüffe find jedenfalls diejenigen, bei welchen die ganze Oeffnung durch eine einzige verfteifte eiferne Platte verchloffen ift, welche während des Tages in den Kellerraum hinabgelaffen wird. Das Heben der Platte wird dadurch erleichtert, dafs man fie durch Gegengewichte ausbalancirt.

16.  
Schiebeläden.

Bei einer von *Gugitz* <sup>24)</sup> mitgetheilten Einrichtung diefer Art ift der obere Theil des Ladens durch Gitterwerk gebildet, fo dafs dadurch im herabgelassenen Zustande eine genügende Beleuchtung des Keller-raumes durch die im Trottoir angebrachten, mit Rohglas gefchloffenen Lichtöffnungen ermöglicht wurde.

<sup>21)</sup> Befchrieben in: ROMBERG's Zeitchr. f. prakt. Bauk. 1879, S. 230.

<sup>22)</sup> D. R.-P. Nr. 2827. Befchrieben in: Polyt. Journ., Bd. 235, S. 426.

<sup>23)</sup> Ueber diefe Conftitution fehe: Deutsches Bauhandbuch. Bd. II. Berlin 1880. S. 105.

<sup>24)</sup> In: Neue und neufte Wiener Bauconftitutionen aus dem Gebiete der Maurer-, Steinmetz-, Zimmermanns-, Tischler-, Schloffer-, Spengler- u. f. w. Arbeiten. Auf Veranlaffung und mit Unterftützung des k. k. Ministeriums für Cultus und Unterricht herausgegeben von den Fachlehrern der bautechnifchen Abtheilung an der k. k. Staats-Gewerbefchule in Wien unter der Leitung des Directors G. GUGITZ. Wien.

## 2) Fenstervergitterungen.

17.  
Allgemeines.

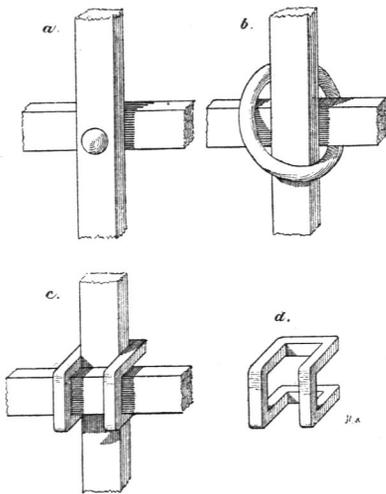
An denjenigen Fenster- oder Lichtöffnungen, welche einen beständigen Schutz ohne wesentliche Beeinträchtigung des Lichteinfalles haben müssen, werden eiserne Vergitterungen angebracht. Die Anordnung derselben kann in Beziehung auf die Fenstergewände eine verschiedene sein; sie können entweder im Lichten derselben oder vor denselben angebracht werden. Die erste Anordnung ist im Allgemeinen bei richtiger Befestigung der Gitter die sicherere; die zweite wird dagegen dann angewendet, wenn das Hinausbeugen aus dem Fenster ermöglicht bleiben soll. Beide Arten der Fenstergitter kommen schon im Mittelalter und in der Renaissance-Zeit vor, und es geben uns diese vergangenen Kunst-Epochen auch für diese Constructionen, wie überhaupt für die Eisenarbeiten die besten Vorbilder dafür, wie unter Berücksichtigung der Eigenschaften des Materials große Solidität, gepaart mit schöner und charakteristischer Form, zu erzielen ist.

Ein specielles Eingehen auf die Details der Verbindungen ist hier zwar nicht nöthig, da dieselben von denen der Einfriedigungen (siehe Theil III, Bd. 1, Abth. III, Abschn. 1, D) nicht wesentlich abweichen; doch wird immerhin eine Mittheilung der bei den Fenstergittern alter und neuer Zeit gebräuchlichen Verbindungsarten der Gitterstäbe nicht ohne Werth sein.

18.  
Verbindung  
der  
Gitterstäbe.

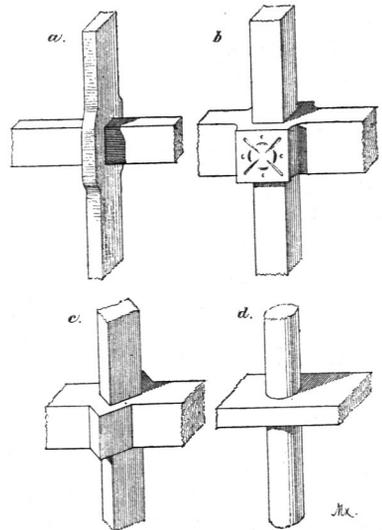
Die Gitterstäbe gehen entweder an einander vorüber, oder sie sind durch einander gesteckt, oder verdoppelte Horizontalstäbe fassen die Verticalen. Im ersten und dritten Fall sind besondere Hilfsstücke, als Niete, Ringe etc. erforderlich, wie dies Fig. 12 *a-d* u. Fig. 14 *a, b* zeigen. Nach der zweiten, jedenfalls solideren Weise

Fig. 12.



Ueber einander gelegte Gitterstäbe.

Fig. 13.



Durch einander gesteckte Gitterstäbe.

 $\frac{1}{5}$  n. Gr.

gehen entweder die Horizontalen durch Löcher der Verticalen (Fig. 13 *a*) oder, was häufiger vorkommt, die Verticalen durch Löcher der Horizontalen. Im Mittelalter und bis zum 19. Jahrhundert waren namentlich die Verbindungen in Fig. 13 *b, c* üblich, welche an den Knotenpunkten Verdickungen der Eisenstäbe erfordern, während man sich jetzt gewöhnlich der zwar bequemeren, aber auch weniger schönen An-

ordnung nach Fig. 13 *d* bedient. Das festeste, allerdings sehr schwierig herzustellende Flechtwerk von Gitterstäben erhält man, wenn man dieselben abwechselnd sich gegenseitig durchdringen läßt (Fig. 15<sup>25</sup>). Die Anordnung in Fig. 13 *c* ist besonders häufig angewendet worden, und mit Recht, da die über Ecke gestellten Verticalstäbe einem Auseinanderbiegen oder einer Verbiegung normal zur Gitterebene einen größeren Widerstand entgegensetzen, als Stäbe von demselben quadratischen Querschnitt, aber in der Anordnung nach Fig. 13 *b*.

Mit den Gitterstäben stellt man entweder ein regelmässiges Maschenmuster her, oder man bringt die horizontalen Stäbe in beträchtlich größeren Entfernungen an, als die verticalen. Die erstere Art war besonders bei sich durchdringenden Stäben beliebt; dieselben können dabei horizontal und vertical (Fig. 15) oder auch schräg (Fig. 19) laufen. Solche Gitter erhalten mitunter Ornament-Schmuck, der sich gleichmässig über die Fläche vertheilt (Fig. 15) oder nur an einzelnen Punkten derselben angebracht wird (Fig. 22).

Bei der zweiten Art der Gitter dürfen die verticalen Stäbe höchstens 13 cm Zwischenraum erhalten, während die horizontalen nach dem Bedürfnis der Sicherheit über die Höhe vertheilt werden. Die Ausstattung mit Ornament kann bei solchen Gittern in der verschiedensten Weise erfolgen.

Für Gefängnisse hält man es für genügend sicher, wenn die horizontalen Stäbe von 5 cm Breite und 1 cm Dicke, durch welche runde Verticalstäbe von 2,5 cm Durchmesser gesteckt sind, in Entfernungen von 65 cm bis 80 cm angebracht werden.

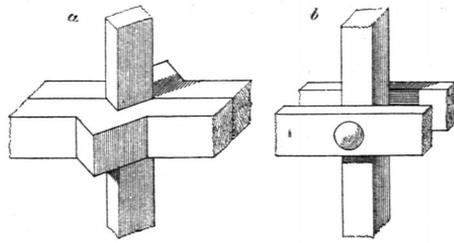
Zu Gittern, welche einbruchsfest sein sollen, ist nur bestes Schmiedeeisen zu verwenden, Gufseisen aber ganz auszuschließen.

Auch das festeste Gitter wird keine Sicherheit gewähren, wenn die Fensterumfassung nicht auch von entsprechend festem Material hergestellt und das Gitter an derselben nicht in solider Weise befestigt ist.

Eine wirklich sichere Befestigung von Gittern im Lichten der Fensteröffnungen erreicht man nur, wenn die Enden der Hauptstäbe gleich bei der Herstellung der Oeffnungen in den Stein eingelassen oder vermauert werden.

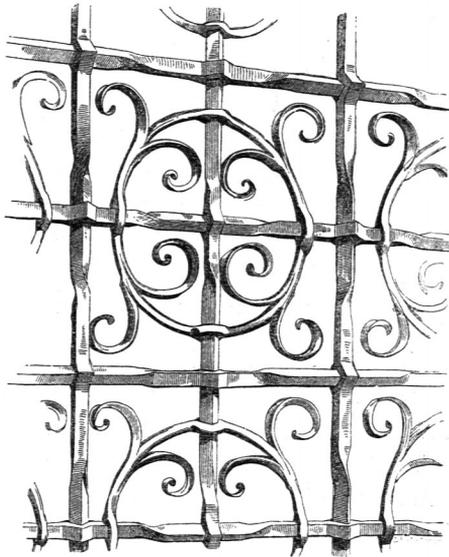
Zweckmässig erscheint es dabei allerdings, von den eng stehenden Verticalstäben nur einen um den anderen in Sturz und Sohlbank eingreifen zu lassen, damit letztere Constructionstheile nicht zu stark verschwächt werden.

Fig. 14.



Verdoppelung der horizontalen Gitterstäbe.  
1/5 n. Gr.

Fig. 15.



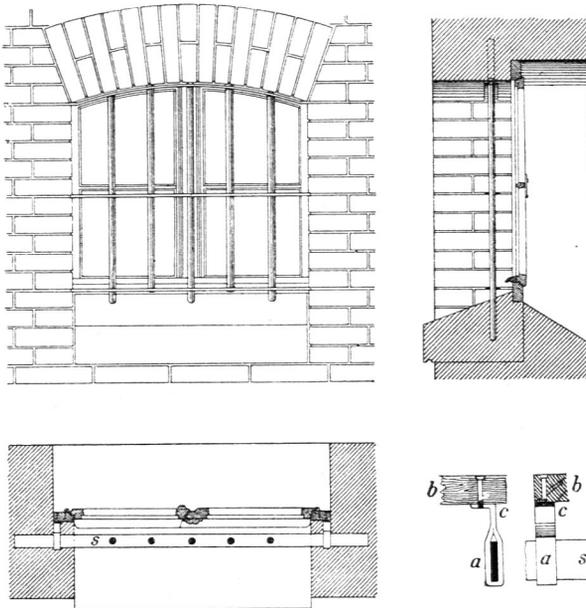
Wechsel im Durcheinanderstecken der Gitterstäbe<sup>25</sup>).

19.  
Gitter  
im Lichten  
d. Fenster-  
gewände.

<sup>25</sup>) Nach: VIOLET-LE-DUC. *Dictionnaire raisonné de l'architecture etc.* Bd. 6. Paris 1863. S. 76: Artikel »grilles«.

In dem in Fig. 16<sup>26)</sup> dargestellten Gitter einer Gefängniszelle ist die zuletzt erwähnte Anordnung getroffen worden. Die nicht eingemauerten Verticalstabenden sind mit den oben und unten angebrachten Querschienen verzapft und vernietet. Die übrigen greifen circa 16 cm in das Mauerwerk ein, während die Querschienen 23,5 cm in die Fugen des Backsteinmauerwerkes hinein gehen. Diese erhalten eine weitere Befestigung durch aus  $26 \times 7$  mm starken Schienen gebildete Halseisen *a*, welche mit einer Verkröpfung *c* versehen sind, deren Außenseite mit der inneren Fensteranschlagsfläche zusammenfällt. Die Verkröpfung erhält ein Loch mit Schraubengewinde, so daß an derselben der Fensterfuterrahmen *b* angeschraubt werden kann. Damit die Gefangenen diese Befestigungsschrauben nicht lösen können, erhalten dieselben so hohe Köpfe, daß durch Abfeilen der Kopfeinschnitt beseitigt werden kann. Diese Befestigungsweise ist der oft angewendeten des Spaltens der Querschienenenden und des Auf- und Abbiegens dieser Enden bei Weitem vorzuziehen, wodurch die Festigkeit des Mauerwerkes leidet. Beim Einlassen in Haufteingewände werden die Stabenden in der Regel aufgehauen.

Fig. 16.

Gitter im Lichten des Fenstergewändes<sup>26)</sup>. —  $\frac{1}{30}$  u.  $\frac{1}{10}$  n. Gr.

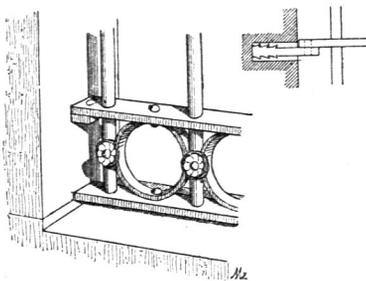
Weise, daß man, um die Gitter erst nach der Vollendung des Gebäudes einsetzen zu können, die Horizontalstäbe nicht viel länger macht, als die Oeffnung breit ist, auf der einen Seite in das Gewände tiefe und weite Löcher schlägt, in diese die Stabenden einschiebt, und so die Möglichkeit erhält, auch die entgegengesetzten Stabenden in die gegenüber liegenden Löcher hineinzubringen. Etwa vorhandene Verticalen können dabei eine Befestigung durch Eingreifen nicht erhalten.

Häufiger und besser, als die eben erwähnte unvollkommene Befestigungsweise ist die Befestigung mit besonderen Hilfsstücken, die in den Fenstergewänden eingelassen und mit den Gitterstäben durch Schrauben

oder zweckmäßiger durch Nietten verbunden werden. Zwei hierher gehörige gebräuchliche Methoden sind in Fig. 17 u. 18 dargestellt.

Ebenfalls häufig verfährt man in der Weise, daß man die Gitter mit Rahmen verzieht und diese an den Gewänden mit Klammern befestigt, wie Fig. 19 zeigt, oder daß man den aus Flacheisen hergestellten Rahmen mit der Breitseite an das Gewände legt und an diesem durch Schrauben oder Haken in Holzdübeln fest macht, welche durch den Rahmen verdeckt sind. Eine solche Verbindung

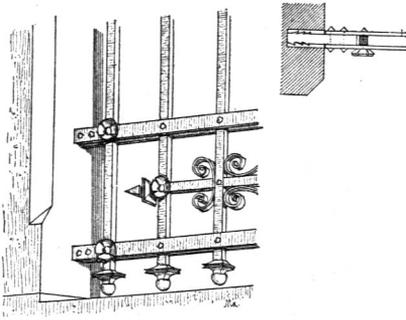
Fig. 17.



Befestigung der Gitterstäbe mittels Hilfsstücke.

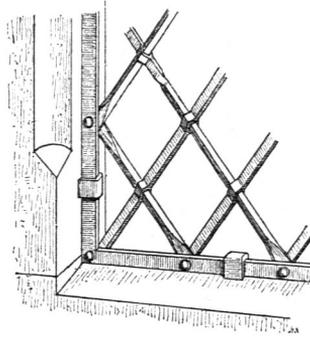
<sup>26)</sup> Nach: Zeitchr. f. Bauw. 1864, S. 365 u. Bl. 46.

Fig. 18.



mittels Hilfsstücke.

Fig. 19.

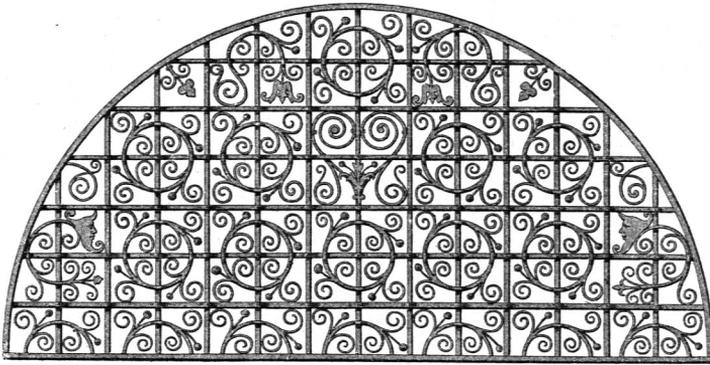


mittels Klammern.

Befestigung der Gitterstäbe

ist selbstverständlich sehr leicht lösbar. Macht man die Schraubenköpfe so hoch, daß man den Kopfeinschnitt abfeilen kann, so wird die Verbindung wesentlich besser.

Fig. 20.

Oberlicht-Gitter einer Thür in Frankfurt a. M.<sup>27)</sup> $\frac{1}{20}$  n. Gr.

Unter die in das Lichte der Oeffnungen eingesetzten Gitter gehören auch die Oberlichtgitter von Thüren und Thoren, für welche in Fig. 20<sup>27)</sup> ein Renaissance-Beispiel geboten wird.

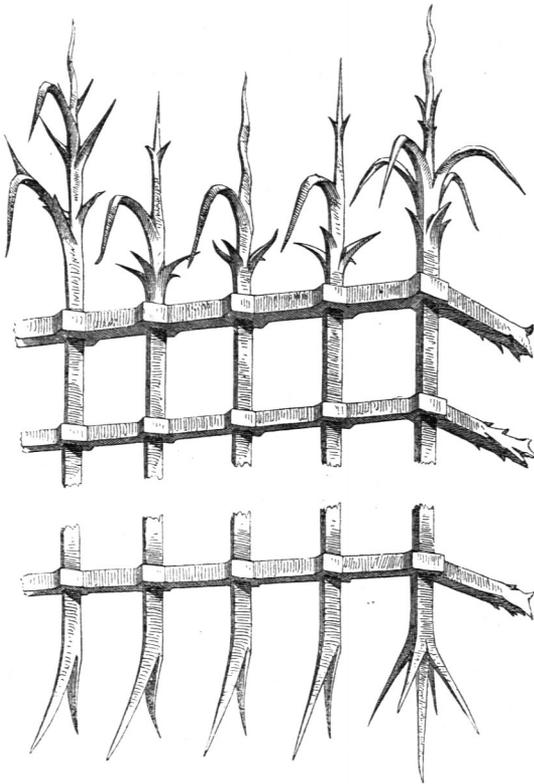
Die vor die Fenstergewände gefetzten Gitter haben außer dem schon erwähnten Vortheil, das Hinausbeugen aus dem Fenster zu gestatten, noch den, daß man dieselben nach der Fertigstellung des Gebäudes bequem und dabei auch ziemlich sicher dadurch an den Fenstergewänden zu befestigen vermag, daß man alle Stäbe, welche das Gerippe des Gitters bilden, mit den umgebogenen Enden in den Stein oder das Mauerwerk einlassen und gut verbleien kann. Die Festigkeit, wie sie sich durch die am Eingang des vorhergehenden Artikels geschilderte Constructionsweise erzielen läßt, ist hierbei allerdings nicht zu erreichen.

Die in Frage stehenden Fenstergitter können als Korbgitter bezeichnet

20.  
Gitter  
vor den  
Fenster-  
gewänden.

<sup>27)</sup> Nach: RASCHDORFF, J. Abbildungen deutscher Schmiedewerke. Berlin 1875-78. Heft VI, Bl. 5.

Fig. 21.

21.  
Bewegliche  
Gitter.Ebenes Korbgitter<sup>28)</sup>.

werden. Sie bilden an der Vorderfläche entweder eine mehr oder weniger weit vorgelegte Ebene oder haben im unteren Theile eine vorstehende Erweiterung, um das Hinauslegen aus der Fensteröffnung noch mehr zu erleichtern.

Beispiele der ersteren Art geben Fig. 21 u. 22.

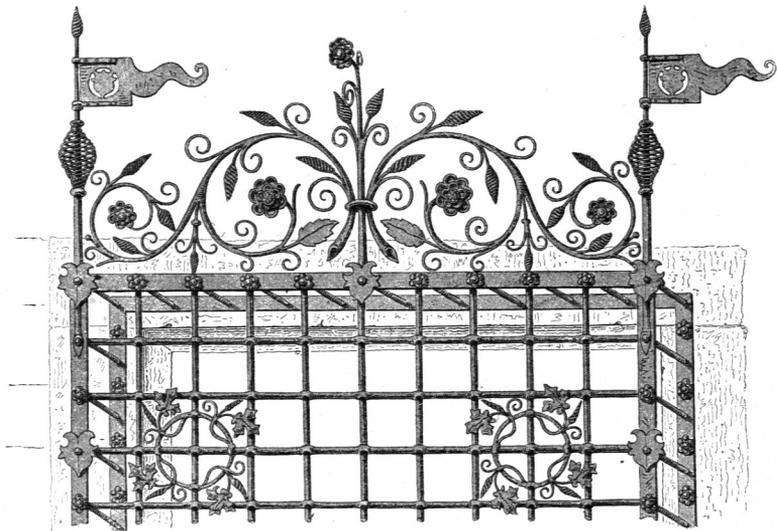
Bei dem in Fig. 21<sup>28)</sup> gegebenen Beispiel sind nur die horizontalen Stäbe zur Befestigung benutzt, dagegen die Enden der verticalen zur Abwehr einer Annäherung mit scharfen Spitzen versehen worden.

Die Befestigung kann keine so sichere werden, wenn, wie das schöne Renaissance-Beispiel in Fig. 22<sup>29)</sup> zeigt, die Seitenfläbe des Fensterkorbes auf einem Rahmen befestigt sind, der sich an das Fenstergerüst legt.

In Fig. 23 und 24 sind Beispiele der zweiten Art abgebildet. Diese Formbildung war namentlich im 17. und 18. Jahrhundert sehr beliebt.

Obgleich im Allgemeinen die Fenstergitter fast immer fest stehende Constructions sind, so hat man doch neuerer Zeit auch versucht, den Vortheil der Läden, dieselben beim Nicht-

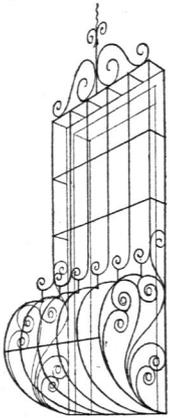
Fig. 22.

Ebenes Korbgitter aus Herborn im Dill-Thal<sup>29)</sup>.

<sup>28)</sup> Nach: VIOLET-LE-DUC. *Dictionnaire raisonné de l'architecture etc.* Bd. 6. Paris 1863. S. 75: Artikel »grilles«.

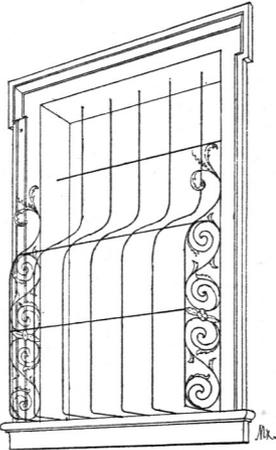
<sup>29)</sup> Nach: RASCHDORFF, J. *Abbildungen deutscher Schmiedewerke.* Berlin 1875-78. Heft IV, Bl. 7.

Fig. 23.



Korbgitter in Erfurt.

Fig. 24.



Korbgitter in Worms.

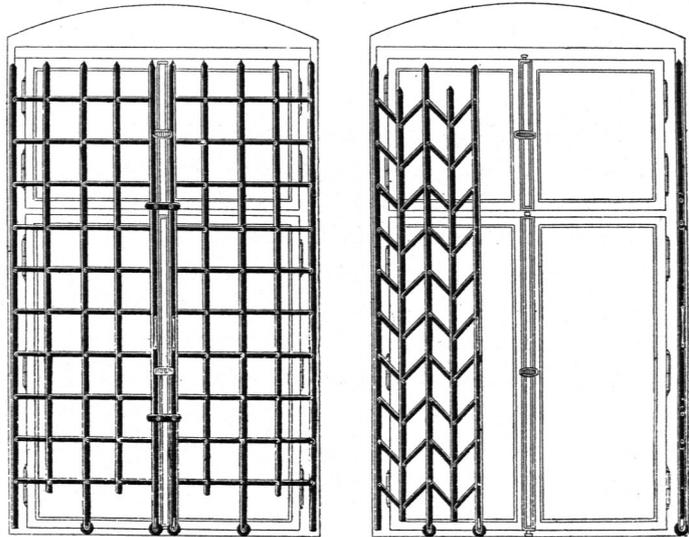
gebrauch von den Oeffnungen entfernen zu können, mit dem Vorzug beständigen Lichtzutrittes durch die Gitter in der Construction zusammenschiebbarer Gitter zu verbinden.

Ein solches ist das *Born'sche* Patentgitter (Fig. 25<sup>30)</sup>.

Es besteht dasselbe aus zwei Flügeln, die nach Bedürfnis zusammengeschohen und durch zwei Verschraubungen und ein Schnepperschloß verbunden werden. Es wird auf der Innenseite der Fenster angebracht, und ein lothrechter Stab um den anderen (5 bis 7 mm stark, 20 mm breit) läuft mit einer Rolle von Holz oder Hartgummi auf dem Fensterbrett. Zusammengeschohen nimmt das Gitter auf jeder Seite der Fensterlaibung einen Raum von ca. 8 cm Breite in Anspruch.

Wo nicht sehr große Sicherheit verlangt wird, mag diese Vorrichtung ihrer Bequemlichkeit wegen ganz empfehlenswerth sein.

Fig. 25.

*Born's* Patent-Gitter<sup>30)</sup>.

### c) Sicherungen gegen Durchbruch der Wände, Decken und Fußböden in besonderen Räumen (Trefors).

Es hat sich im Laufe der Zeit ergeben, daß Cassenschränke allein für sich nicht die genügende Sicherheit gegen Einbruch und Feuer bieten, sondern daß sie in besonders fest construirten Räumen, den Trefors, untergebracht werden müssen.

Je nach der Menge der aufzubewahrenden Werthe erhalten dieselben verschiedene Größe<sup>31)</sup>, was aber auf die Principien der Construction von keinem Einfluß ist. Diese Principien sind: möglichste Erschwerung des Durchbrechens der Raumumschließungen bei Rücksichtnahme auf Feuericherheit und Ermöglichung einer Aufsicht über diese Raumumschließungen.

<sup>30)</sup> D. R.-P. Nr. 5570.

<sup>31)</sup> So hat der Trefor der deutschen Reichsbank in Berlin eine Grundfläche von 1000 qm, wozu noch ein sehr geräumiger Vortrefor tritt.

Wegen Mangel dieser letzteren Vorrichtung sind wohl die früher mitunter von Banken angewendeten Sicherheitschächte, in welche aufser der Geschäftszeit die Schätze verfenkt wurden<sup>32)</sup>, nicht mehr gebräuchlich.

Man verwendet jetzt folgende zwei Arten von Trefor-Anlagen:

- 1) ummauerte Räume, welche in organischem Zusammenhang mit dem betreffenden Gebäude stehen;
- 2) nach Art von Geldschränken construirte Locale, welche in den Gebäuden an geeigneten Plätzen aufgestellt und unter Umständen so eingerichtet werden können, daß sie zerlegbar und transportabel sind.

### 1) Gemauerte Trefors.

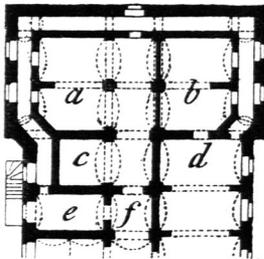
23.  
Lage  
der  
Trefors.

In Bezug auf die Controle der Wandungen ist die zweckmäsigste Lage eines Trefors die, bei welcher er rings von Räumen umgeben ist, in denen viel Verkehr stattfindet. Diese Lage ist entschieden der an einer Nachbargrenze oder an einem Raum vorzuziehen, welcher selten oder nur von untergeordnetem Personal betreten wird. In letzteren Fällen muß man an besonders weit gehende Vorichtsmaßregeln, Armirungen etc. denken.

Den nicht immer zu erreichenden Vortheil der rings von Verkehrsräumen umgebenen Lage kann man geeigneten Falles auch durch Anlage eines Beobachtungsganges um alle oder mehrere Seiten des Trefor-Raumes ersetzen, welcher öfters von besonderen Wächtern durchschritten wird.

Der größeren Feuerficherheit wegen legt man die Trefors gern in das Keller- oder wenigstens in das Erdgeschofs. Die letztere Lage ist die bequemere und gegen Einbruch unter Umständen die sicherere, besonders dann, wenn der Raum unter dem Trefor öfters betreten wird. Es wird dadurch die größte Gefahr, die des unbemerkten Unterminirens des Trefor-Fußbodens, wesentlich vermindert. In ähnlicher Weise sollte die Decke beständig durch den Verkehr controlirt werden; denn Decke und Fußboden sind die verwundbarsten Stellen der Trefors und müssen daher, wenn man, wie das sehr oft der Fall, die Raumdispositionen nicht in der oben angedeuteten Weise treffen kann, besonders fest construiert werden.

Fig. 26.



Caffen-Räume  
mit Beobachtungsgang  
im Verwaltungsgebäude der  
Kgl. Bergwerksdirection  
zu St. Johann a. S.<sup>33)</sup>.  
1/500 n. Gr.

So untermauert man in Amerika kleine Trefors, in welchen nur ein Geldschrank sich befindet, mit einem massiven Mauerklotz vom Gebäudefundamente an. Bei uns verfährt man jedoch bei Lage des Trefors im Erdgeschofs in der Regel so, daß man den ringsummauerten Keller-raum mit Sand oder Schutt verfüllt. Für besser wird es aber gehalten, diesen Raum mit dem Trefor durch eine Treppe in Verbindung zu setzen und ihn beständig zu beaufsichtigen.

Dann sollte man aber sowohl den unteren, als den oberen Fußboden einbruchficher herstellen und auch die Treppenöffnung verschließen können.

Liegen die Trefors nicht im Keller, so hat man auf

<sup>32)</sup> Eine solche Vorkehrung findet sich beschrieben in: Polyt. Journ., Bd. 68, S. 405.

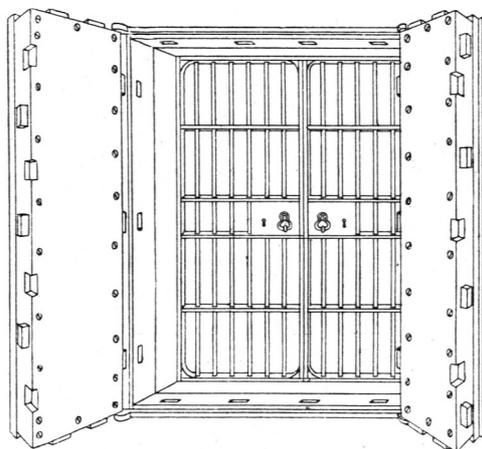
<sup>33)</sup> Nach: Zeitfchr. f. Bauw. 1882, S. 439 u. Bl. 56.

die sorgfältigste Fundamentirung Bedacht zu nehmen und die Mauergründungen immer bis auf den gewachsenen Boden hinabzuführen.

Fig. 26<sup>33)</sup> zeigt die Anordnung eines Beobachtungsganges um den Caffee- und Documenten-Raum des Verwaltungsgebäudes der Königl. Bergwerks-Direction zu St. Johann a. S. Derselbe liegt im Erdgeschosse des betreffenden Gebäudes. Die unter demselben befindlichen Theile des Kellergeschosses sind mit Erde und Schutt ausgefüllt; darüber liegen Büreaulocale. *a* ist die Hauptcaffee, *b* der Documenten-Raum, *c* die Handcaffee, *d* die Buchhalterei, *e* die Packkammer und das Wächterlocal, *f* das Zimmer des Rendanten. Eiserne Thüren, welche durch Tapetenthüren verblendet sind, schliessen die Caffee-Räume nach dem Wächter- und Packzimmer, dem Rendantenzimmer und der Buchhalterei ab. Der Beobachtungsgang beginnt im Wächterzimmer und endet in der Buchhalterei. Aeußere und innere Fenster sind stark vergittert. Die letzteren haben außerdem noch eiserne Läden, und ihre Sohlbänke sind 2<sup>m</sup> über dem Fußboden gelegen. Die Caffee-Räume sind stark überwölbt.

Als Mauermaterial empfehlen sich für die Trefors, der Festigkeit und Feuerficherheit wegen, festeste Klinker, wenn man nicht eine entsprechende Eigenschaften besitzende natürliche Steinart, wie Glimmerschiefer, Kiefelsandstein, Trachyt etc. zur Verfügung hat. Die Mauern werden bei kleinen Anlagen 1<sup>1</sup>/<sub>2</sub> Stein, bei größeren 2 und mehr Stein stark gemacht und in Cementmörtel hergestellt. Die Thüröffnungen sind in der früher angegebenen Weise zu verwahren (siehe Art. 5, S. 6).

Gewöhnlich wird die Oeffnung mit zwei hinter einander liegenden Thüren versehen, und zwar entweder mit zwei Geldschrankthüren, von denen die innere dann mitunter als Schiebethür behandelt wird, oder mit nur einer äußeren Geldschrankthür, welche des bequemeren Verkehres wegen während der Geschäftsstunden in der Regel geöffnet bleibt, und einer inneren einfachen Eisen- oder Gitterthür (Fig. 27).



Trefor-Thür von Chubb.

Hat der Trefor Fenster, was häufig nicht der Fall ist<sup>34)</sup>, so müssen diese in der früher schon angegebenen Weise durch starke Gitter und durch Läden, welche den Caffeeschrankthüren ähnlich construirt sind, verwahrt werden. Die Verglasung derselben ist in eiserne Fensterrahmen einzusetzen. —

Trefors für bedeutende Werthe erhalten in oder an den Mauern noch besondere Armirungen. Diese bestehen entweder im Einlegen von Eisen- oder Stahlstäben in die Fugen des Mauerwerkes oder in einer Panzerung mit Gitterwerk oder Platten.

α) Die einfachste und billigste, vielfach auch für praktisch und ausreichend gehaltene Armirung besteht im Einlegen von Eisen- oder Stahlstäben in die Lagerfugen oder in die der Länge nach durchlaufenden Stoßfugen des Mauerwerkes.

Die letztere Methode (Fig. 29) ist die bessere, weil die flach liegenden Schienen (Fig. 28) sich leichter mit der Feile angreifen und auch eher aus einander biegen lassen, als die hochkantig gestellten.

<sup>34)</sup> Die Trefors von größeren Bankinstituten haben mitunter Fenster, so u. a. der Trefor der deutschen Reichsbank in Berlin und der der Bank für Handel und Industrie in Darmstadt. Solche Fenster sind fast unentbehrlich, wenn die Beamten sich längere Zeit in den Trefor-Räumen aufzuhalten haben.

Bei einer sparsamen Ausführung dieser Methode kann wohl auch ein Stab um den anderen weggelassen werden (Fig. 30). Es sind dann aber die Schienen jedenfalls so hoch zu machen, wie Steindicke plus Fugendicke (also circa 75 bis 80 mm).

Die Schienen können an den Mauerecken durch Verschraubung verbunden werden. Bei Verwendung von Stahl muß das Bohren der zugehörigen Löcher in der Fabrik erfolgen. Es genügt fog. Federstahl.

Fig. 28.

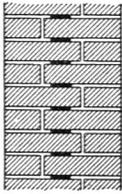


Fig. 29.

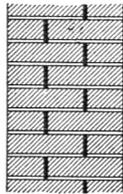
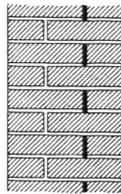


Fig. 30.



$\frac{1}{25}$  n. Gr.

Der Preis für Eisenschienen ist dem von Zug- oder Balkenankern fast gleich; Federstahl ist selbstverständlich theurer.

Die Dimensionen der Schienen werden verschieden angenommen. Bei der Trefor-Anlage der deutschen Reichsbank in Berlin wurden in jeder Schicht des Mauersteinverbandes hochkantig gestellte Eisenschienen von 65 mm Breite und 13 mm Dicke eingelegt.

β) Häufig kommt jetzt eine Gitterpanzerung aus sich kreuzenden, vernieteten Eisenschienen zur Anwendung.

Dieselbe wird mit Steinschrauben oder durch besondere Befestigungseisen und Dübel an der Innenseite der Wände festgemacht. Das Härten ganzer Gitterfelder ist mit großen technischen Schwierigkeiten verbunden.

γ) Eben so häufig wird jetzt eine Panzerung mit Eisenblechen verwendet. Sie ist theurer, als die unter α und β aufgeführten Armirungen, hat aber den Vortheil, daß sie schwerer, als jene zu durchfeilen ist. Zu Gunsten des Gitterwerkes spricht der Umstand, daß begonnene Zerstörungsarbeiten des Mauerwerkes bald bemerkt werden müssen. Dieser Vortheil geht aber auch verloren, wenn an die Wände Geldschränke gestellt oder, wie dies häufig vorkommt, an den Wänden Gestelle angebracht werden, deren Fächer zur Aufnahme von Caffetten, Metallbarren oder Geldfäcken dienen.

Die Verwendung von Stahl bei den drei besprochenen Constructionen macht dieselben wesentlich theurer ohne entsprechende Erhöhung der Sicherheit, da weicher Stahl wie Eisen durchbohrt, Hartstahl aber wegen seiner Sprödigkeit zerbrochen werden kann.

δ) Die größte Sicherheit wird durch Panzerung mit Patent-Panzerplatten erzielt, welche aus zusammengeschweißten Eisen- und Hartstahlblechen bestehen und daher die Zähigkeit des Eisens mit der Härte des Stahles vereinen. (Ueber die Verwendung solcher Eisen-Stahl-Platten siehe Art. 4, S. 6.)

In Amerika verringert man die Kosten dieser sehr theueren und schwierig herzustellenden Construction dadurch, daß man auf dem Eisenblech ein Netzwerk von Stahlstäben mit etwa 16 cm Maschenweite anbringt.

Zur Erhöhung der Dauer der Armirungen dürfte eine Verzinkung aller Eisentheile sehr zweckmäßig sein.

Die Beschreibung und Abbildung einer älteren Panzerung eines Caffin-Zimmers findet sich in der unten angegebenen Quelle<sup>35)</sup>. Das betreffende Gemach ist 3,8 m lang, 2,22 m breit und 2,53 m hoch und besteht aus einem aus drei Theilen zusammengenieteten wasserdichten Behältniß aus 4,4 mm dickem, verzinktem Eisenblech, welches in 315 mm starke Mauern eingesetzt ist und mit der Caffenschrank-Thür, aber ohne Mauerwerk, 1600 Gulden Oeftr. W. gekostet hat (1865).

Nach Angaben von S. J. Arnheim in Berlin, welcher schon sehr viele Trefor-Einrichtungen geliefert hat, kostete (1882) eine Gitterpanzerung aus Eisenstäben von 39 × 10 mm Stärke und 100 mm Maschen-

<sup>35)</sup> Zeitschr. d. öst. Ing.- u. Arch.-Ver. 1866, S. 248.

weite (incl. Befestigungseisen und Dübel) pro 1 qm 24 Mark; eine Eisenblechpanzerung (incl. Befestigung) von 5, 6 und 7 mm Stärke bezw. 40, 47 und 54 Mark; eine Panzerung mit Patent-Panzerplatten (incl. Befestigungschienen und Verbindung) von 5, 6 und 7 mm Stärke bezw. 75, 87,5 und 100 Mark.

Die Trefor-Räume sind mit starken Gewölben oder mit Rollschichten über starken eisernen Trägern zu überdecken. Bei kleinen Trefors genügt eine Gewölbendicke von 25 cm; bei wichtigeren Anlagen ist jedoch diese Dicke zu vermehren. Darüber folgt dann eine mindestens 35 cm dicke Sandschicht, um bei Bränden die Hitze abzuhalten und auch die Wucht der Stöße einfallender Bautheile zu vermindern.

25.  
Trefor-Decken.

Eine Armirung kann, wie bei den Wänden, durch Einlegen von Eisenschienen in den Wölbverband, bezw. die Rollschichten, oder durch eine der bei den Wänden aufgeführten Panzerungen erfolgen. Ist die Wölbung über eisernen Trägern ausgeführt, so verwendet man zur Panzerung gebogene Platten oder bombirte Wellenbleche, die ihr Auflager auf den Trägerflanschen finden.

Auf die Gefahr der Unterminirung der Trefors und auf einige Abwehrmittel gegen dieselbe wurde schon in Art. 23 (S. 24) aufmerksam gemacht. Zu diesen hat nun noch sehr solide und feste Herstellung zu treten. Eine starke Cementbetonschicht und Belag mit mehreren Klinkerschichten oder mit Granitplatten wird bei im Kellergeschoß gelegenen Trefors in der Regel genügen.

26.  
Trefor-Fußböden.

Bei der deutschen Reichsbank in Berlin hielt man einen Belag mit starken Granitplatten wegen der hohen Lage des Grundwasserstandes, welcher eine Unterminirung erschweren würde, für ausreichend. Es setzt dies allerdings voraus, daß der Grundwasserstand im Lauf der Zeit nicht sinkt.

Liegt der Trefor im Erdgeschoß oder einem oberen Stockwerk, so müssen, wenn eine Ausfüllung der unter ihm befindlichen Räume nicht beliebt wird, unter demselben starke Gewölbe angeordnet werden, welche der größeren Feuersicherheit wegen ohne Anwendung von Eisenträgern auszuführen wären.

Zu diesen Constructionen können noch die bei den Wänden besprochenen Armirungen (siehe Art. 24) treten. Bei einer Armirung mit Eisenplatten scheint es nach in Amerika und Rußland gemachten Erfahrungen zweckmäßig zu sein, unter den Platten einen niedrigen Hohlraum anzuordnen. Zu den Eisenplatten wählt man Riffelbleche, um das Ausgleiten zu verhüten.

## 2) Geldschrankartige Trefors.

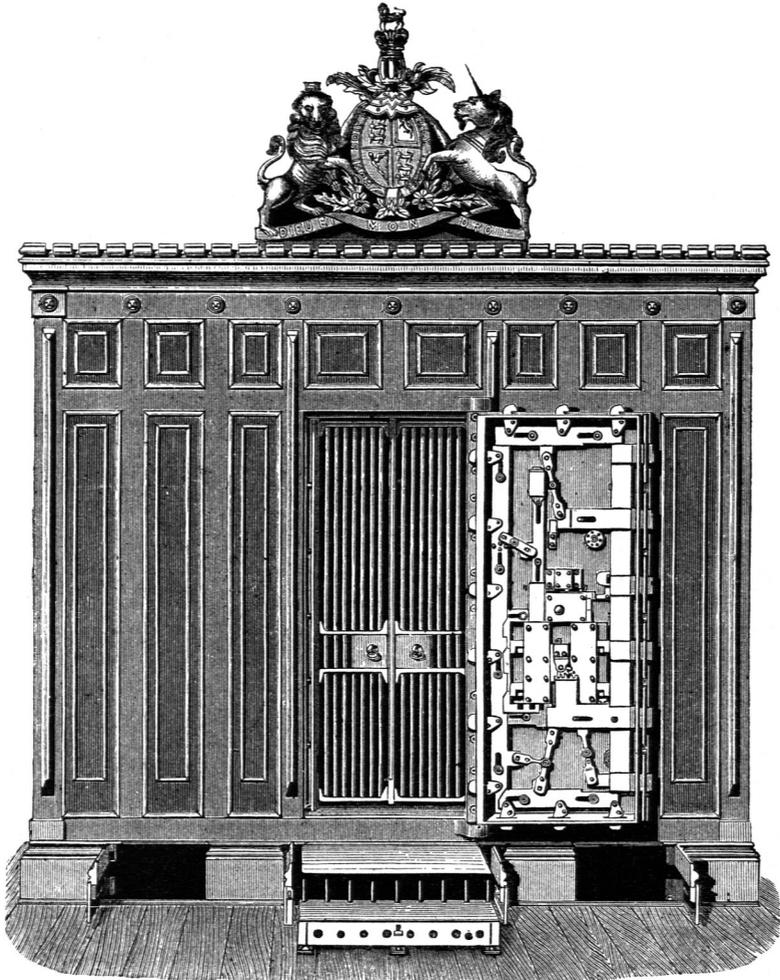
In England sind mehrfach an Stelle der gemauerten Trefors solche zur Anwendung gekommen, welche sich von den Geldschranken nur durch die Größe unterscheiden. Sie werden in schon an und für sich sicheren Räumen aufgebaut und können bei geschickter Aufstellung leicht ringsum controlirt werden. Stehen sie über dem Kellergeschoß, so sind wegen des großen Gewichtes derselben sehr starke Substructionen nothwendig. Auch bei ihnen hält man einen niedrigen Hohlraum unter dem Plattenboden für erforderlich. Im Inneren bilden diese Trefors entweder einen einzigen Raum, oder sie werden in einzelne hinter einander gelegene Abtheilungen zerlegt.

27.  
Beschreibung.

Ein in London von *Chubb and Son*<sup>36)</sup> für ein Bankgeschäft construirter Trefor (engl. *strongroom*) ist 6,1 m lang, 3,66 m breit, 2,74 m hoch und wiegt nahe an 23,5 t. Er enthält drei Räume; zunächst einen Vorraum, in welchem mehrere Eisencassen aufgestellt sind, und zwei stärker gebaute Abtheilungen, von denen die erste zur Aufnahme von gemünztem Gold und Metallbarren dient, während die dritte, geräumigste Abtheilung an den Wänden eiserne Gestelle mit Fächern zur Unterbringung von Caffetten hat.

<sup>36)</sup> Siehe: *Engineer*, Bd. 42, S. 343 und: *Polyt. Journ.*, Bd. 223, S. 108.

Fig. 31.

Geldschrankartiger Trefor<sup>37)</sup>.

Ein besonderer, eigens verschließbarer Theil dieser Fächer ist zur Aufbewahrung von Juwelen und besonderen Werthen bestimmt. Die Hauptthür ist aus Schmiedeeisen und Stahl hergestellt und wiegt etwa 1 t; sie wird mittels zweier *Chubb*-Schlösser abgesperrt. Bei Tage bleibt diese Cassen-Thür offen, und eine eiserne Jalousie-Thür vermittelt die nöthige Ventilation des inneren Cassen-Raumes. — Mit Rücksicht auf den Transport ist das ganze Cassen-Zimmer in einzelne Stücke zerlegbar, welche jedoch alle von innen heraus zusammengesetzt werden, so daß weder Schrauben, noch Nieten an der äußeren Wandfläche hervortreten, und alle Platten übergreifen sich dergestalt, daß keine einzige Fuge durch die ganze Wanddicke geht. Eine Kostenangabe ist in der Quelle nicht enthalten.

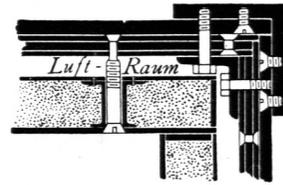
Ein anderes feuerfestes und einbruchsicheres Cassen-Zimmer ist von *Hobbs, Hart & Co.* in London construirt worden; dasselbe ist 4,27 m breit, 2,29 m tief und 3,66 m hoch. Fig. 31<sup>37)</sup> zeigt eine äußere Ansicht dieses Cassen-Zimmers, welches nahezu 35 t wiegt und 2500 £ gekostet hat. Es ist aus 62 einzelnen Theilen mit der größten Genauigkeit zusammengesetzt und hat doppelte Wände (Fig. 32), von denen die innere die feuerichere, die äußere die einbruchsichere Wand genannt werden kann. Zwischen diesen beiden Wänden ist ein Luftraum zur Erhöhung der Feuerichereit frei gelassen. Unter dem Trefor ist ein gut zusammengefügtter Boden von 16 mm starken Eisenplatten, auf welchem die Träger für das

<sup>37)</sup> Nach: *Stummer's Ing.*, Bd. 4, S. 247.

eigentliche Caffee-Zimmer aufrufen, so dafs zwischen ihnen ein Hohlraum entsteht, der das Untermirren verhindern foll. Dieser Hohlraum ist nach vorn mit Thüren versehen. — Die Hauptthür hat verschiedene Schlösser, deren Schlüssel permutirbare Bärte haben. Die Schlösser werden von ausen durch eine einfache Vorrichtung vollständig gedeckt, um das Auffprengen mit Pulver oder Dynamit zu verhindern. Hinter dieser Thür ist zur Benutzung während des Tages eine Gitterthür vorhanden. — Die äufseren Wände bestehen aus 16 mm dicken Staffordshire-Eisenblechen, die mit sehr kohlenstoffreichen Stahlplatten verkleidet sind, welche sich ohne vorherige Erhitzung nicht anbohren lassen.

Ein ähnliches einbruchficheres Gemach ist für *Windsor Castle* zur Aufbewahrung der Juwelen der Königin von England angefertigt worden.

Fig. 32.



#### d) Sicherung durch Alarm-Apparate.

Es wurde schon in Art. I, S. I darauf hingewiesen, dafs vollständige Sicherheit gegen unbefugte Angriffe auf das Eigenthum auch bei sinnreichster und solidester Construction der Sicherheitsvorrichtungen nur durch sorgfältige und unermüdliche Ueberwachung erzielt werden könne, und dafs es Sache der Technik sei, diese Ueberwachung zu erleichtern. Wesentliche Hilfsmittel zu diesem Zweck sind die Alarm-Apparate.

28.  
Allgemeines.

In der Regel sollen dieselben durch Geräusch den Bewachenden darauf aufmerksam machen, sobald ein bestimmter Verschluss geöffnet oder an gewisse Gegenstände von Unbefugten herantreten wird.

Diese Signale werden entweder durch mechanische oder elektrische Vorrichtungen hervorgebracht.

Bei den großen Fortschritten in der Anwendung der Electricität ist namentlich der letztere Weg der bevorzugtere und zweckmäßsigere, so dafs, da die elektrischen Haustelegaphen an anderer Stelle dieses »Handbuches« (Theil III, Bd. 3, Abth. IV, Abchn. 2, C) behandelt werden, wir uns hier auf einige Bemerkungen über die verschiedenen Arten der Alarm-Apparate beschränken können.

Eine sehr verbreitete Einrichtung ist die der Anbringung von Glocken an den Thüren, welche durch deren Oeffnen und Schliesen zum Erklingen gebracht werden.

29.  
Arten  
der  
Alarm-  
Apparate.

Gewöhnlich begnügt man sich mit einem einzelnen Glockenton, namentlich in Geschäftslocalitäten, in denen ein anhaltender Verkehr stattfindet. In anderen Fällen ist es aber erwünscht, dafs das Klingeln während der ganzen Zeit des Offenstehens der Thür fort dauert, oder, wenn wirkliche Sicherheit gegen das Eindringen von unberechtigten Personen geboten sein soll, dafs das Klingeln auch noch nach dem Wiederzuschliesen nicht aufhört. Alle diese Einrichtungen sind mit Hilfe des elektrischen Stromes leicht herzustellen, während die mechanischen Vorkehrungen, besonders wenn das Klingeln fort dauern soll, bis es abgestellt wird, umständlich sind und Anbringung von Uhrwerken erfordern.

Von den hierher gehörigen mechanischen Apparaten mag ein in unten angegebener Quelle <sup>38)</sup> beschriebener erwähnt werden, welcher durch Vorkehrungen im Thürschloß den Eintritt oder Austritt einer Person durch verschiedene Glockensignale kenntlich macht und sich durch Anbringung von zwei Doppelglocken dahin erweitern läßt, dafs die Erkennung des Oeffnens und Schliesens von ausen oder innen durch vier verschiedene Signale möglich wird.

<sup>38)</sup> Deutsche Bauz. 1875, S. 113.

Ebendafelbst<sup>39)</sup> wird auf eine in der Bremer Gegend angewendete Construction aufmerksam gemacht, bei welcher am Thürriegel ein bogenförmiger Eisenstab befestigt ist, welcher 5 bis 6 Glocken von ungleicher Größe trägt. Eine an der Thür angebrachte Feder streift beim Auf- und Zugehen die Glocken der Reihe nach. An der mit umgekehrter Reihenfolge der Töne entstehenden Tonleiter ist leicht zu erkennen, ob die Thür zum Oeffnen oder Schliesen in Bewegung gesetzt ist, und eben so ist erkennbar, ob die Thür in halb geöffnetem Zustand gelassen wird.

An den Fenstern können ähnliche Vorkehrungen getroffen werden.

Außer den bisher erwähnten Einrichtungen, die fortwährend fungiren sollen, giebt es nun auch solche, welche nur zu gewissen Zeiten in Thätigkeit treten dürfen, um entweder durch starke Geräusche, wie Geläute oder Schüsse, oder durch Beides vereinigt Diebe oder Einbrecher zu verscheuchen, oder um diesen unbewußt den Eigenthümer oder den Wächter zu benachrichtigen, bezw. im Schlafzimmer zu wecken.

Die Einrichtungen ersterer Art bestanden früher darin, daß beim Oeffnen von Thüren und Fenstern Explosionen von Knallpulver unmittelbar herbeigeführt wurden (fog. Diebsfchrecker<sup>40)</sup>, oder daß man dieselben oder ein Geläute mittelbar durch Berührung von ausgespannten Drähten herbeiführte (Schloß von *Wilkinson*<sup>41)</sup> oder Vorrichtung von *Fickell*<sup>42)</sup>.

Ein transportabler Apparat mit Lätewerk ist der von *H. Völz* in Berlin<sup>43)</sup>. Derselbe wird gegen die Innenseite der Thür gelehnt und stemmt sich gegen den Fußboden. Er dient theils als directes Sperrmittel, theils wirkt er dadurch, daß beim Versuch des Eintrittes ein intensives Geräusch vermittels eines Uhrwerkes hervorgebracht wird, so lange der Druck auf dasselbe dauert.

Ein transportabler Klingelapparat, welchen Reisende an den Drehknöpfen der Hôtelthüren befestigen können, ist der von *Patterson*<sup>44)</sup>.

Jetzt werden solche Einrichtungen auch mit Hilfe der Electricität getroffen.

Hierher gehört die Sicherheitsvorrichtung für Geldschränke von *Louis Rentsch*<sup>45)</sup>, welche aus einem in einen Rahmen gespannten Netz von Telegraphendrähten besteht, welches über den Schrank gestellt und daran befestigt wird. Um an den Schrank zu unbefugtem Oeffnen gelangen zu können, muß unbedingt einer der Drähte zerstört werden, wodurch eine an beliebiger Stelle anzubringende Lärmglocke in Thätigkeit gesetzt wird. Diese Einrichtung ist auch für Thüren und Fenster anwendbar.

Alarm-Apparate mit Glocke oder mit Schuß und Glocke, mit und ohne Hilfe der Electricität, sind neuerer Zeit mehrfach patentirt worden. Es mögen hier als solche noch aufgeführt werden: *Welter's* Schieß- und Läueteapparat zur Sicherung gegen Diebe<sup>46)</sup>, *Bauer's* elektrische Sicherheitsvorrichtung für Hausthüren und Fenster<sup>47)</sup>, *Penckert's* Sicherheits-Thürverschluß mit Schuß und Glocke<sup>48)</sup> und *Adolf Römheld's* selbstthätiger Signal- und Alarm-Apparat<sup>49)</sup>.

Zu Einrichtungen der zweiten Art, welche an entfernten Orten, meist in Schlafzimmern oder Wachtstuben, Glockensignale geben sollen, eignet sich ganz besonders die elektrische Leitung. An möglichst unverfänglichen oder versteckten Stellen, welche nur eingeweihten Personen bekannt sind, werden Contacte angeordnet, welche durch Wegnahme eines Gegenstandes, z. B. einer Cassette in einem Trefor, oder durch Berührung (z. B. durch Treten auf Bretter, welche um die freien Seiten eines Geldschrankes gelegt sind und unter denen sich eine Anzahl leicht

39) Deutsche Bauz. 1875, S. 411.

40) Polyt. Journ., Bd. 10, S. 511.

41) Ebendaf. Bd. 65, S. 288.

42) Ebendaf. Bd. 8, S. 48.

43) Deutsche Bauz. 1875, S. 114.

44) *Scient. Americ.*, Bd. 37, S. 262. Ueber hierher gehörige Apparate siehe auch: *Builder*, Bd. 44, S. 487.

45) Polyt. Journ., Bd. 221, S. 483.

46) D. R.-P. Nr. 1356.

47) D. R.-P. Nr. 546.

48) D. R.-P. Nr. 3845.

49) Schweiz. Gwbl., 1881, S. 6.

federnder folcher Contacte befindet) geschlossen werden und dadurch die Läutewerke in Thätigkeit setzen. Während der gewöhnlichen Benutzungszeit der betreffenden Räume (während der Geschäftsstunden etc.) sind die Contacte durch nicht sichtbar angebrachte Arretirungen außer Function zu setzen.

Ein hierher gehöriger Apparat ist der verbesserte Feuer- und Einbruch-Avifeur von *Peter Baumbach* in Wien<sup>50)</sup>.

Das hörbare Signal kann durch ein optisches ersetzt werden. Es ist dies besonders dann zweckmässig, wenn das Wachtlocal im Inneren sich befindet, in welchem Falle Diebe durch das Geräusch eines Alarm-Signals verfeucht werden können.

Beim Apparat von *Henry Diggins & Adolph Glück* in London<sup>51)</sup> erfolgt das Signal durch eine gefärbte Glascheibe, welche vor das Licht von im Wachtlocal oder ausen am Gebäude gut sichtbar angebrachten Lampen fällt und dasselbe verändert.

## 2. Kapitel.

### Anlagen zur Erzielung einer guten Akustik.

VON AUGUST ORTH.

In dem am Schlusse des vorliegenden Kapitels angefügten Literaturverzeichnisses ist nur ein Theil dessen aufgenommen, was in Betreff der Akustik der Räume veröffentlicht worden ist. Die älteren Publicationen (vor 1810) spiegeln wesentlich nur die Unklarheit auf diesem Gebiete wieder; eine Analyse ihres Inhaltes ist in der Schrift von *C. F. Langhans* »Ueber Theater oder Bemerkungen über Katakustik (Berlin 1810)« enthalten. Diese Schrift ist auf dem Gebiete der Akustik grundlegend gewesen, und es bestätigen desselben Verfassers im Jahre 1860<sup>52)</sup> mitgetheilten fünfzigjährigen Erfahrungen das Gesagte.

30.  
Vor-  
bemerkung.

Wie weit noch jetzt in diesen Fragen der Zufall spielt, beweist recht schlagend *Garnier*, der Architekt der grossen Oper in Paris, in seiner Schrift »*Le théâtre*« (Paris 1871), wofelbst (S. 211 bis 219) er sagt: „... *il faut bien que j'explique que je n'ai eu aucun guide, que je n'ai adopté aucun principe, que je ne me suis basé sur aucune théorie, et que c'est du hasard seul que j'attends ou l'insuccès ou la réussite*“ ...

Alle wissenschaftlichen Werke, wie die von *Tyndall* und *Helmholtz*, alle Schriften von *Langhans* und *Orth* auf dem Gebiete der praktischen Akustik, so wie jene Mittheilungen, welche *Haage* über die im Auftrage des Präsidenten der Vereinigten Staaten von *Captain Meigs*, Professor *Bache* und *J. Henry* angestellten Versuche anführt, thun überall die Gesetzmässigkeit der Schallbewegung dar, weisen nach, wie die schädlichen und nützlichen Schallwirkungen durchweg auf den rein physikalischen Gesetzen beruhen und nur danach zu beurtheilen sind; Interferenz-Erscheinungen sind für die Akustik praktisch von keiner Bedeutung<sup>53)</sup>.

31.  
Haupt-  
gesetze.

Hauptgesetze für die Beurtheilung der einschlägigen Verhältnisse sind:

1) Das über die Reflexion des Schalles, wornach Schallwellen unter gleichem Winkel, womit sie eine Fläche treffen, von derselben zurückgeworfen werden.

<sup>50)</sup> Siehe: Zeitchr. f. ang. Electricität, 1881, S. 214.

<sup>51)</sup> D. R.-P. Nr. 22202.

<sup>52)</sup> LANGHANS. Principien der Akustik und ihre Anwendung bei Theaterbauten. Zeitchr. f. Bauw. 1860, S. 330.

<sup>53)</sup> Siehe: ORTH. Die Akustik grosser Räume mit speciellem Bezug auf Kirchen. Zeitchr. f. Bauw. 1872, S. 192 u. 193.

2) Das über die Verminderung des Schalles nach dem Quadrate der Entfernung von der Erzeugungsfelle.

3) Das Erfahrungsgesetz über die Geschwindigkeit des Schalles in der Luft.

Die im Jahre 1822 vom Personal des *Bureau des Longitudes* bei Paris in Gegenwart von *Arago*, *Prony*, *Mathieu*, *Humboldt*, *Gay-Lussac* und *Boward* ausgeführten Versuche zur Bestimmung der Schallgeschwindigkeit ergaben  $340,88^m$  pro Secunde bei einer Lufttemperatur von 16 Grad R.; das Barometer stand auf  $756,6^m$  und das *Saussure'sche* Hygrometer auf 78 Grad. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles in der Luft ist unabhängig vom Barometerstand, aber veränderlich mit der Temperatur und dem Feuchtigkeitsgehalt der Luft. Für trockene Luft und eine Temperatur von Null Grad ergibt sich aus den gedachten Versuchen eine Fortpflanzungsgeschwindigkeit von  $331,05^m$  pro Secunde. *Moll* und *van Beek* in Holland haben hierfür  $332,05^m$  gefunden.

4) Hierzu treten noch die Erfahrungen über Mittönen von Körpern und dem entsprechend Verminderung der Resonanz, ferner über Zusammenwirken von Schallwellen derselben Schallquelle bei nahezu gleich langen Wegen und über das Gegeneinanderwirken bei wesentlich ungleichen Wegen oder verschiedenen Schallquellen.

5) Das Bewegungsgesetz sich durchschneidender Schallwellen.

Im Allgemeinen bewegen sich Schallwellen wie Lichtwellen, und, wie *Helmholtz*<sup>54)</sup> angiebt, setzen Schallwellen, welche von verschiedenen Seiten kommen und sich durchschneiden, ihre Bewegung darüber hinaus fort, als ob jede für sich allein existire, ohne von einer anderen Welle durchschnitten zu werden, ähnlich wie bei den Wasserwellen und Lichtwellen, welche einander durchschneiden. Das Gleiche tritt auch ein, wenn Schallwellen durch feste Körper, welche spröde oder von großer Masse sind, reflectirt werden, abgesehen von der durch die Reflexion erzeugten neuen Bewegungsrichtung. In Brennpunkten concentrirte Schallwellen bewegen sich weiter, als ob sie von den anderen Schallwellen unberührt geblieben wären; der Brennpunkt wirkt nicht wie eine neue Schallquelle, sondern nur wie ein Durchgangspunkt des Schalles.

#### a) Akustisch günstige Gestaltung der Räume.

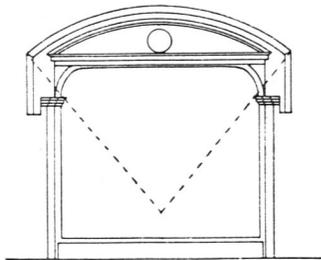
Die im Vorstehenden angeführten Gesetze sollen nunmehr in ihrer Anwendung auf die akustisch günstige Gestaltung neu zu erbauender, größerer Räume in nachfolgenden Hauptgesichtspunkten erläutert werden.

##### 1) Zusammenwirken der Schallwellen derselben Schallquelle.

Die Grenzen für dieses Zusammenwirken fest zu stellen, ist eine der wichtigsten Aufgaben der Akustik, weil sonst viele Erscheinungen im Dunkel bleiben, und es soll deshalb mit der Feststellung dieser Grenzen begonnen werden.

Das von *C. G. Langhans* 1800 in Berlin erbaute, später abgebrannte und durch den *Schinkel'schen* Bau ersetzte Schauspielhaus führte den Sohn jenes Architekten *C. F. Langhans* dahin, diese Grenzen ins Auge zu fassen. Der Bogen über dem Proscenium (Fig. 33<sup>55)</sup>) concentrirte den Schall in Kopfhöhe des Sprechenden; doch bewirkte die Neigung im Längenschnitt, daß die starke Concentration, der Brennpunkt des Schalles in den Parquet-Raum fiel, und wenn sich der Schauspieler von rechts nach links oder umgekehrt bewegte, so bewegte sich das Echo entsprechend von links nach rechts und umgekehrt.

Fig. 33<sup>55)</sup>.



Der indirecte Schall machte hier einen Weg von  $28,25^m$  (= 90 Fufs), der directe von  $12,53^m$  (= 40 Fufs); die Differenz von  $15,7^m$  (= 50 Fufs) entspricht bei der bekannten Schallgeschwindigkeit einem Zeitraum von  $\frac{1}{22}$  Secunde. *Langhans*, welcher diesen Zeitraum auf  $\frac{1}{27}$  Secunde berechnete, setzt hier keine schädliche Schallverlängerung voraus und nimmt dieselbe erst bei  $\frac{1}{18}$  Secunde Zeitdifferenz an, während ein deutliches Echo im Allgemeinen  $\frac{1}{9}$  Secunde Zeitdifferenz braucht.

<sup>54)</sup> HELMHOLTZ, H. Die Lehre von den Tonempfindungen etc. 3. Aufl. Braunschweig 1870. S. 41 bis 47.

<sup>55)</sup> Nach: LANGHANS, C. F. Ueber Theater oder Bemerkungen über Katakustik. Berlin 1810. Nr. 45.

Es entspricht  $\frac{1}{18}$ , bzw.  $\frac{1}{9}$  Secunde einem Wege der Schallwellen von bzw. ca. 19 und 38m. Es wird in dem eben erwähnten Falle der von der gewölbten Decke kommende Schall so erdrückend stark gewesen sein, daß man den directen Schall bei  $\frac{1}{22}$  Secunde Zeitdifferenz schon deshalb nicht mehr unterschieden hat gegenüber dem stärkeren indirecten und nahe damit zusammentreffenden Schall. —

Die von dem Amerikaner *J. Henry* mitgetheilten und von *Haage*<sup>56)</sup> angeführten, anscheinend mit großer Sorgfalt angestellten Versuche über die Grenze der Vernehmbarkeit eines Echos, wenn man sich einer geraden Wand nähert, geben ähnlich wie oben ca.  $\frac{1}{16}$  Secunde Zeitdifferenz bei 21,34 m (=  $2 \times 35$  Fuß engl.) Weg an.

Derartige Schallverlängerungen von so geringer Zeitdifferenz mögen in vielen Fällen schon nicht mehr nachtheilig sein; jedoch ist bei der Rede die Grenze wesentlich enger zu ziehen, weil schon der Nachklang eines Vocals, welcher mit dem Hauptklang eines Consonanten zusammentrifft, die Schallwirkung unklar macht, das Ohr unangenehm berührt.

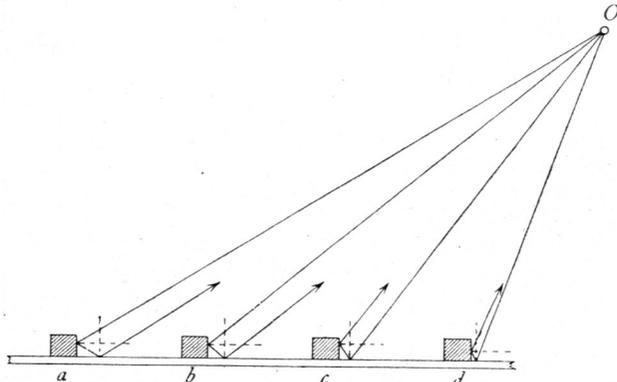
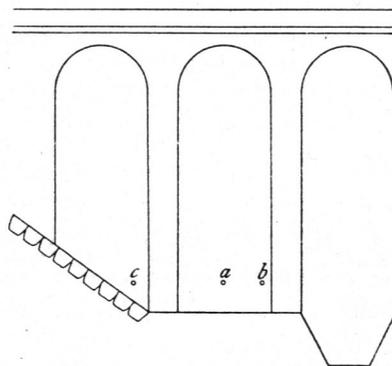
Verfasser wurde durch eigene Beobachtungen auf engere Grenzen geführt.

Auf der früheren Unterbaumbrücke zu Berlin hörte derselbe bei *O* (Fig. 34) den von einer ganzen Reihe von Pfählen *a, b, c, d . . .* einer hölzernen, jetzt verschwundenen Uferschälung zurückgeworfenen Schall deutlich unterscheidbar, wie wenn man mit einer Säge rasch über einen Gegenstand hinfährt. Es war dieses die einzige Stelle, wo der Lage nach ein derartiges Echo zurückkommen konnte. Die Pfähle der Uferschälung mochten ungefähr 1,5 bis 2,0 m von einander entfernt sein, so daß im Maximum ca. 3 bis 4 m Differenz der Wege bei zwei benachbarten Pfählen eintrat.

Ein anderer Fall ist vom Verfasser in der Zeitschrift für Bauwesen (1872, S. 196) mitgetheilt. Bei einem Viaduct in Greene bei Kreienfen, dessen Längenschnitt in Fig. 35 skizzirt ist, hörte Verfasser ein ganz ähnliches schnarrendes Geräusch in der Mitte *a* zwischen zwei Pfeilern, und zwar bei mehrfachen und zu verschiedenen Zeiten fortgesetzten Versuchen. Es konnte das Geräusch nur durch mehrfache Reflexion der Pfeilerwände geschehen, ähnlich wie eine Lichtquelle zwischen zwei parallel einander in gleicher Höhe gegenüber stehenden Spiegeln bei geeigneter Stellung des Auges unzählige Male gesehen wird. Wechselte man den Standpunkt und trat an den Pfeiler bei *b*, so war das Zeitintervall etwa das doppelte, während bei *c* gar kein Echo sich ergab, ein deutlicher Beweis, daß die Wände und nicht das Gewölbe die Ursache des Echos waren. Die Pfeiler waren etwas über 6 m (ca. 20 Fuß) von einander entfernt, und bei der Stellung in *a* war die Differenz der Wege zweier auf einander folgenden Schallreflexe eben so groß. Bei der Stärke der Schallwirkung wurden sie trotz der geringen Zeitdifferenz von etwa  $\frac{1}{50}$  Secunde wesentlich durch die Wiederholung und das Eigenthümliche des Tones bemerkbar.

Bei nicht zu starkem Schall und nicht zu übermäßig raschem Sprechen wird man annehmen können, daß innerhalb der Grenze von etwa 5 m Differenz der Wege an

Fig. 34.

Fig. 35<sup>57)</sup>.

<sup>56)</sup> In: Zeitschr. f. Bauw. 1859, S. 585.

<sup>57)</sup> Nach: Zeitschr. f. Bauw. 1872, S. 196.

das Ohr gelangende Schallwirkungen derselben Schallquelle zusammenwirken, sich gegenseitig unterstützen, in der Wirkung also addiren. Es entspricht dieses etwa einer Zeitdifferenz von  $\frac{1}{67}$  Secunde.

Bei Musik und bei mehrstimmigem Gesange wird man diese Grenze weiter ziehen können, wie schon die vielfach grössere Tiefe des Orchesters nachweist; doch dürften bei einem Quartett solche Entfernungen der einzelnen Instrumente nach der Tiefe des Orchesters, auch der Zeitintervalle wegen, schon nicht mehr zulässig fein.

Will man aber in bewusster Absicht auf das Zusammenwirken aus derselben Schallquelle auf verschiedenen Wegen kommender Schallwellen hinarbeiten, so wird man zweckmäßiger Weise die Differenz der Wege auf weniger als 4 bis 5<sup>m</sup> zu beschränken suchen. Die Wirkung wird um so grösser sein, je geringer die Differenz der Wege ist, wenn auch bei geringem Nachklang der Ton voller, runder und weniger hart wirkt.

Es soll mit obigen Zahlen aber nicht gerade ein bestimmtes, nicht zu überschreitendes Mafs aufgestellt, sondern nur die Richtung angedeutet werden, wohin man wirken muss. Jedenfalls geht aus den mitgetheilten Versuchen hervor, dass die früheren Angaben für ein nützliches Zusammenwirken zweier aus derselben Schallquelle kommenden Schallwellen für viele Fälle zu weit gegriffen war.

## 2) Reflexion des Schalles.

33-  
Gesetz  
der  
Reflexion.

Wenn Schallwellen einen festen Körper treffen, so werden sie von demselben zurückgeworfen, und zwar der Richtung nach unter demselben Winkel, als sie denselben treffen. Es ist dies der gleiche Vorgang, wie beim Licht, und man kann mit Sicherheit annehmen, dass, wo man einen Redner im Spiegel sieht, man bei einer mit dem Spiegel in der Richtung zusammenfallenden Wand bei genügender Differenz der Schallwege einen Schallreflex hört.

Concave Wände sammeln den Schall, convexe zerstreuen ihn, und zwar überall nach dem eben ausgesprochenen Gesetz, dass der Schall unter gleichem Winkel zurückgeworfen wird, als er die reflectirende Fläche trifft.

Die Schallrichtung deutet man der klareren Darstellung wegen durch Schallstrahlen an, so wie man auch einen Auschnitt aus der Schallwelle damit begrenzen kann.

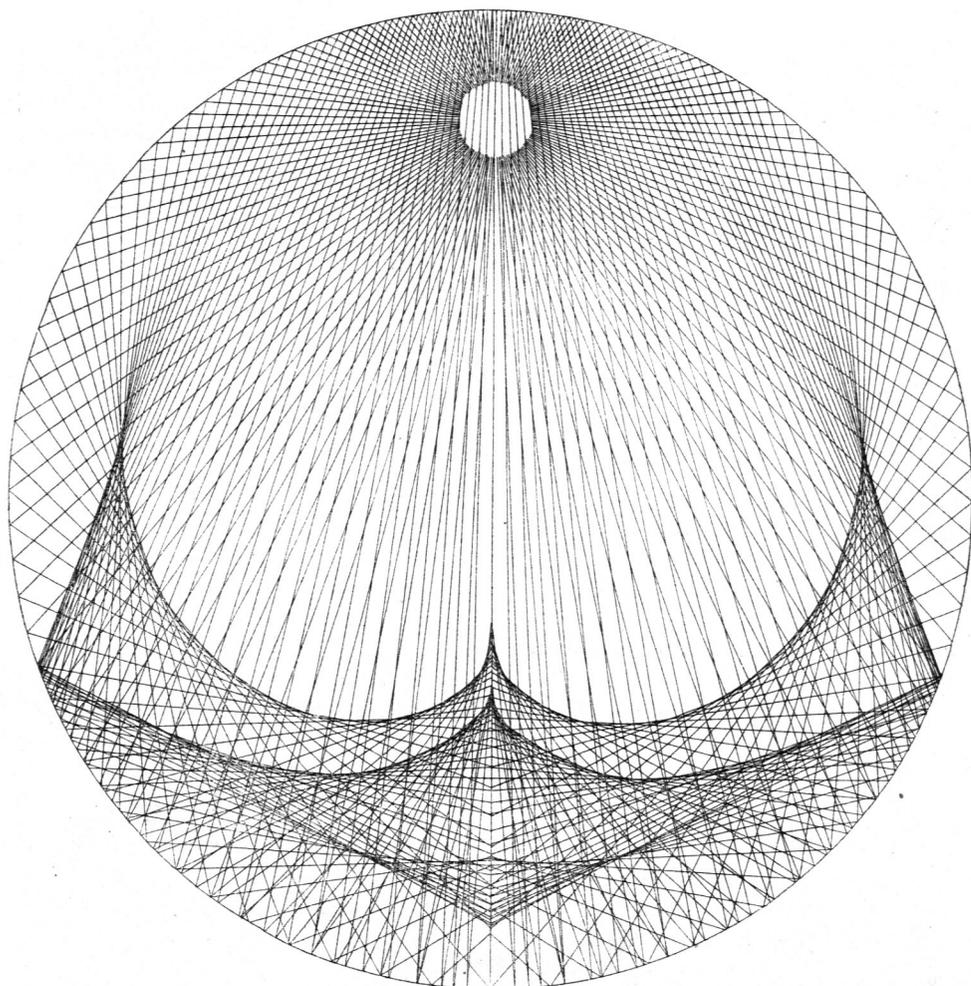
34-  
Beschaffenheit  
der  
reflectirenden  
Flächen.

Je glatter die Fläche ist, welche reflectirt, und je fester und dichter der betreffende Körper, desto vollkommener ist die Reflexion, welche dann allein durch die Elasticität der Luft bewirkt wird. Ueber das elastische Mittönen der Wände soll weiter unten (unter 3) gesprochen werden.

35-  
Grundrissform.

So einfach obiges Gesetz ist, so complicirt kann es sich besonders bei doppeltem Zurückwerfen gestalten.

Langhans theilt in seiner »Katakustik« (in Fig. 46 u. 47) zwei Beispiele mit, worunter besonders das durch Fig. 36 wiedergegebene interessante Schall-Concentrationen zeigt. Diese können in doppelter Weise ungünstig wirken, entweder wenn sie wesentlich verschiedene Weglängen haben, oder durch die übermäßige Stärke des Schalles, welcher für das Ohr erdrückend, ja betäubend wirken kann, wie in dem eben mitgetheilten Falle (früheres Theater auf dem Schiller-Platz in Berlin).

Fig. 36<sup>58)</sup>.

Runde, sowohl kreisförmige, wie elliptische Grundriffsformen können deshalb akustisch sehr gefährlich werden, wenn nicht die Brennpunkte, bezw. die Punkte starker Concentration in der Luft liegen, entfernt von den Zuhörern. Bei Theatern und ähnlichen Hörsälen ist dieses nicht immer der Fall.

Aber nicht bloß die Brennpunkte solcher Schallstrahlen sind gefährlich; sondern es liegen auch starke Schall-Concentrations nahe am Umfang, was für höhere Ränge von Theatern etc. von übler Wirkung sein kann. Aus diesem Grunde schlägt *Langhans* für die Brüstungen der Theater-Logen Querschnittsformen vor, welche den Schall stärker zerstreuen, als die Grundriffsform denselben sammelt. Brüstungen, wie die neben (Fig. 37) stehende, oder solche mit Balustern oder mit starkem Relief werden dies bewirken und sind in solchem Falle sehr zu empfehlen.

Es kann jedoch der Schall-Reflex auch ohne Concentration der Schallwellen sehr schädlich sein, wie dieses bei glatten geraden

Fig. 37.



<sup>58)</sup> Nach: LANGHANS, C. Ueber Theater oder Bemerkungen über Katakustik in Beziehung auf Theater. Berlin 1810.

Fig. 38.

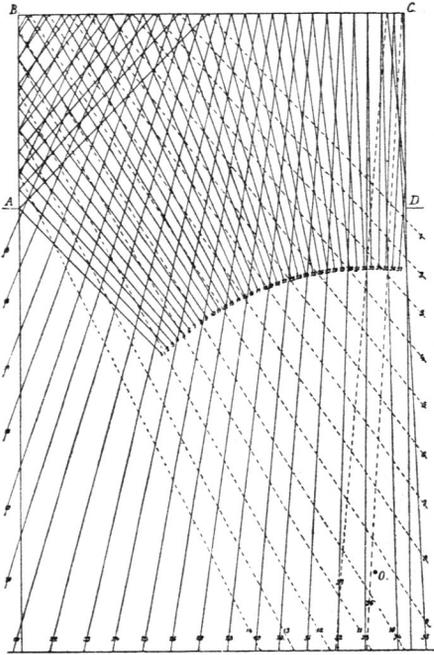


Fig. 39.

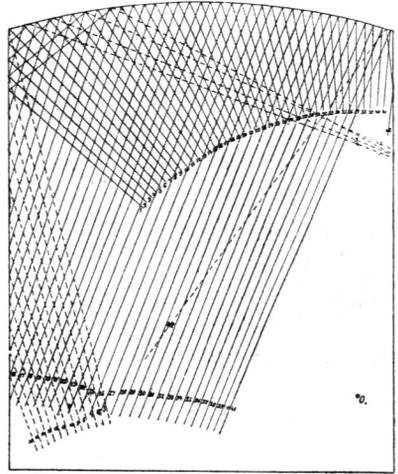


Fig. 41.

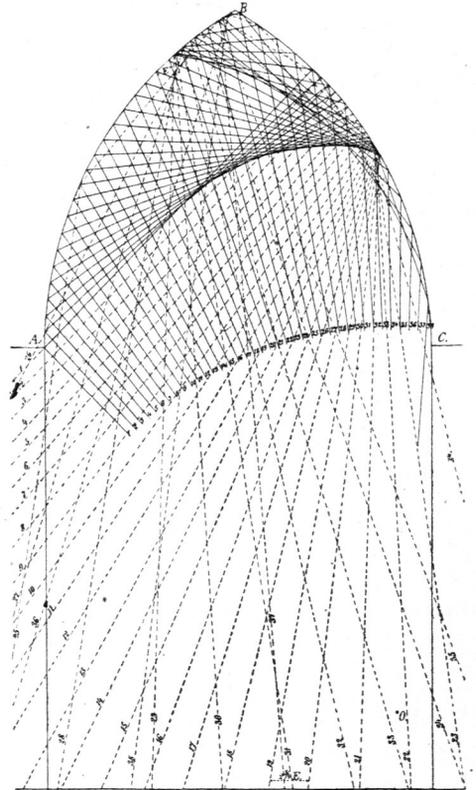
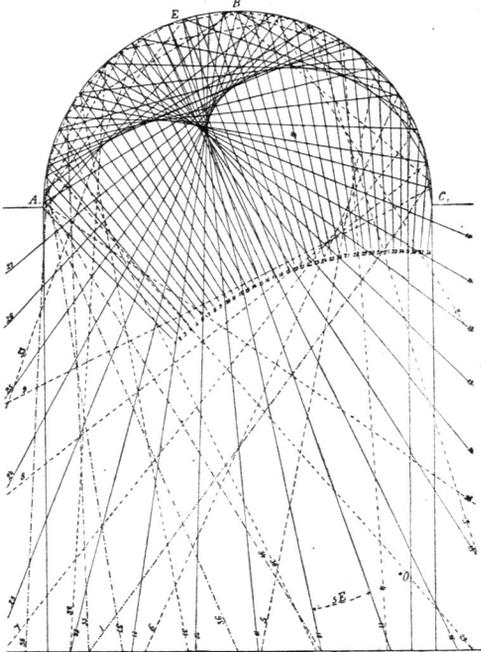


Fig. 40.



Wänden sehr häufig und viel öfter der Fall ist, als von den Meisten angenommen wird.

So liegt ein wesentlicher Theil der sehr ungünstigen Schallwirkung in der *Schinkel'schen Nicolai-Kirche zu Potsdam*<sup>59)</sup> an den mit großen glatten Flächen versehenen Pfeilern und an den großen Wandflächen. Aehnlich ist es bei der *Thomas-Kirche in Berlin* und bei der *Synagoge in der Oranienburger StraÙe* daselbst; in letzterer wirken die spiegelglatten Marmorwände außerordentlich nachtheilig.

Die schädliche Wirkung glatter Wände tritt nach dem Entfernen von Holz-Emporen in mittelalterlichen Kirchen außerordentlich häufig ein. Diese Erscheinung ist sehr bekannt, weniger aber der Grund derselben; die Gewölbe der Kirchen sind in diesen Fällen meist ganz ohne Einfluss auf die Veränderung der Schallwirkung.

Verfasser hat an anderer Stelle<sup>60)</sup> eine Parallele verschiedener Deckenformen in ihrer Beziehung zur Schallwirkung mitgetheilt; dieselbe würde für die entsprechenden Grundrißformen ganz eben so sein. Die Wirkung dieser Deckenformen auf den Schall-Reflex soll unter Bezugnahme auf Fig. 38 bis 41 hier besprochen werden.

Es zeigt sich, dass unter den betrachteten Formen die Stichbogenform (Fig. 39) die ungünstigste ist. Dieselbe würde es noch mehr sein, wenn, wie in dem früheren Theater auf dem Schiller-Platz in Berlin, das Gewölbe-Centrum etwa in der Ohrhöhe liegen würde. In diesem Falle würde an dieser Stelle ein Brennpunkt der Schallstrahlen sich bilden, während in Fig. 39 die Schallstrahlen das Gewölbe fast parallel verlassen. Abgesehen vom Reflexionsverlust wird demnach bei der Deckenform nach Fig. 39 der reflectirte Schall unten etwa gleiche Stärke, wie am Gewölbe haben.

In Fig. 38, 40 und 41 ist oberhalb in gleicher Höhe *AD*, *AC* und *AC* feste Wand, bzw. Gewölbe angenommen, während, wie im vorhergehenden Falle, die Schallquelle in *O* ist; unterhalb der festen Wand, bzw. Decke können Pfeiler, Säulen etc. vorausgesetzt werden. Es zeigt sich hier an dem Grade der Zerstreung auf den ersten Blick, dass unter den gewählten Beispielen die gerade Decke am ungünstigsten ist, dass dann das Spitzbogengewölbe folgt und zuletzt das Kreisbogen-Tonnengewölbe. Es wird dies vielleicht überraschend erscheinen, da gerade Decken vielfach sehr günstig sind; allein hierbei ist das Constructionsmaterial wesentlich von Einfluss. Würde man horizontale Steindecken ohne wesentliche Vorsprünge etc. haben, so müsste der Nachhall außerordentlich stark sein.

Das an und für sich verhältnismäßig ungünstig erscheinende Spitzbogengewölbe tritt selten in der einfachen Form der Fig. 41 auf, sondern meistens in der Form des Kreuzgewölbes, wo der untere schädlichste Theil fast ganz von den Rippen in Anspruch genommen wird. Bei der *Werder'schen Kirche in Berlin* sind jedoch über den schmalen Seitenschiffen derartige schmale Gewölbe, wie in Fig. 41, und es wirken dieselben überaus ungünstig.

Im Allgemeinen kann man unter sonst gleichen Verhältnissen das Kreisbogengewölbe als günstiger, wie das Spitzbogengewölbe ansehen; unter den Spitzbogengewölben sind diejenigen mit großem Radius im Allgemeinen ungünstiger, als diejenigen mit kleinerem Radius der Wölbung. Zweckmäßig wird man bei Anwendung beider Gewölbeformen speciell beim Kreuzgewölbe die Kappen stechen, um dadurch eine stärkere Zerstreung des Schalles zu bewirken.

Es ist dieselbe in Fig. 42 nach zwei auf einander senkrecht stehenden Richtungen für eine solche Kappe dargestellt, und es zeigt sich hier, wie sehr ein solcher Stich in der Kappe zerstreudend wirkt, da die Concentration in der Nähe der Decke erfolgt.

Das Theater von *Runge* in Philadelphia<sup>61)</sup> zeigt, wie sehr eine schwach trichterförmige Decke den Schall sammeln kann. Wie *Runge*<sup>62)</sup> von der oberen Galerie sagt, »hörte man daselbst auf dem allerletzten Sitze mit Bestimmtheit das Plätfchern und Riefeln des etwa 32 mm (= 1/8 Zoll) starken Strahles

<sup>59)</sup> Siehe: Zeitchr. f. Bauw. 1872, S. 220 u. ff.

<sup>60)</sup> Ebendaf., Bl. F.

<sup>61)</sup> Siehe: Zeitchr. f. Bauw. 1860, S. 146 u. ff.

<sup>62)</sup> Ebendaf., S. 150.

Fig. 42<sup>63</sup>.

37.  
Säulen  
u. dergl.

»einer kleinen Fontaine am allerentlegten Ende der Bühne (in einer Entfernung von beiläufig 180 Fufs = 55m in gerader Linie), während die ganze Bühne mit Draperien verhängt und das ganze Gebäude mit einer wogenden und fummenden Menschenmenge angefüllt war.« Der Grund, den *Runge* hierfür in der Ungeftörtheit der directen Schallwellen anführt, ist nicht zutreffend. Schon *Langhans* weist<sup>64</sup> den richtigen Grund in der Schall-Concentration der Decke nach; ein zweiter Grund möchte noch in der doppelten Reflexion der den oberen Theil der Galeriewände treffenden Schallwellen beruhen, wo die stark geneigte Decke (Fig. 44) den Schall nach den Sitzreihen herunter wirft.

Bekannt sind ähnliche Erscheinungen bei den oberen Galerien anderer Theater, wenn sie auch bei geraden Decken selten in gleicher Stärke auftreten, wie bei schwach gewölbten oder schwach zeltartigen Decken.

Runde Säulen (Fig. 43) zerstreuen bei der Reflexion den Schall, eben so Cannelirungen (Fig. 45) nach dem Durchgang der Schallstrahlen durch den Brennpunkt. Diefes liegt im Allgemeinen um die halbe Länge des Radius von dem Kreisumfang entfernt, wie sich dies auch schon oben bei der Schall-Concentration des Tonnengewölbes gezeigt hat.

Da glatte, steinerne Prosceniums-Wände der Theater vielfach ungünstige Schallreflexe zeigen, so werden sie oft mit Säulen, cannelirten Pilastern, Figuren etc. verziert, welche den Schall zerstreuen.

Fig. 43.

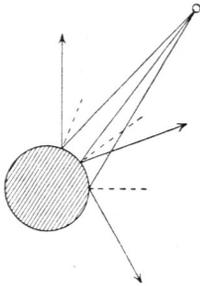


Fig. 44.

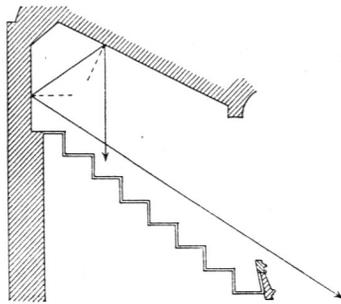
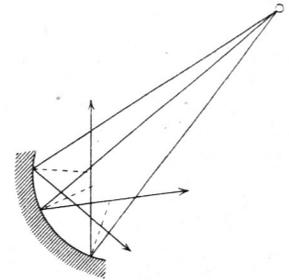


Fig. 45.



### 3) Mittönen von Wänden und Decken.

38.  
Wirkung  
mittönender  
Flächen.

Bei elastischen Körpern und besonders bei solchen von geringer Masse bewirken die Schallwellen ein elastisches Schwingen dieser Objecte. Hierdurch wird einerseits die Reflexion wesentlich abgeschwächt; andererseits entstehen durch die Schwingungen des reflectirenden Körpers wieder neue Schallschwingungen, gewissermaßen eine neue Schallquelle, welche den reflectirten Schall unterstützt, aber nur auf eine geringere Entfernung, als der reflectirte Schall wirkt.

Von *Haege*<sup>65</sup>) mitgetheilte Versuche mit einer Stimmgabel, welche mit dem Kopf gegen eine hölzerne Wand gehalten wurde, zeigten eine ganz gleiche Schallwirkung an beiden Seiten der Wand, eben so

<sup>63</sup>) Nach: Zeitfchr. f. Bauw. 1872, Bl. F.

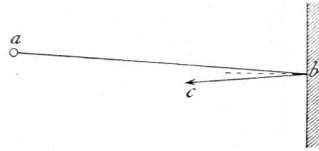
<sup>64</sup>) In: Zeitfchr. f. Bauw. 1860, S. 336.

<sup>65</sup>) In: Zeitfchr. f. Bauw. 1859, S. 587.

ober- und unterhalb einer Tischplatte, wenn man die Stimmgabel darauf hielt; es ging deshalb für die eine Seite des Raumes an und für sich die Hälfte der Schallwirkung verloren. Wenn trotzdem eine Verstärkung des Schalles durch das Auftreten der Stimmgabel auf eine mittönende Platte eintrat, so war die Dauer der Schallwirkung eine um so viel geringere. Dies zeigte sich beim Schwingen, bezw. kaum merkbareren Tönen der Stimmgabel in freier Luft an einem Faden aufgehängt im Verhältniß zu dem beim Auftreten auf eine Platte; im ersten Falle war die Dauer des Schwingens 252 Sekunden, im zweiten weniger als 10 Sekunden, allerdings bei verstärkter Schallwirkung.

Da die Abnahme des Schalles nach dem Quadrate der Entfernung erfolgt, so ist bei dem reflectirten Schallstrahl (Fig. 46) das Quadrat  $(ab + bc)^2$  maßgebend, bei der neuen durch Mittönen entstehenden Schallquelle jedoch das Quadrat  $bc^2$ . Letzteres wächst im Verhältniß viel rascher, als die vorhergehende Größe; also muß die Abnahme des Schalles hier auch viel rascher vor sich gehen. Derartige mittönende Wände müssen demnach ungeachtet des Schallverlustes nach außen sehr nützlich wirken, weil der Schall in geringer Entfernung sowohl den Schallreflex als den directen Schall, welche beide zusammenwirken, unterstützt und nur auf größere Entfernung für den Schallreflex verloren geht; dies ist aber betreff der Schall-Collisionen directer und reflectirter Schallwellen bei ausreichender Differenz der Wege sehr nützlich. Die in der Nähe eine kurze Zeit und sehr nützlich wirkende Verstärkung des Schalles kann man leicht bei Hörfälen mit hölzernen Paneelen, wenn man in deren Nähe sitzt, beobachten.

Fig. 46.



Ein elastisches Mittönen, wie bei der Stimmgabel, weist Tyndall<sup>66)</sup> bei einem Holzstabe nach, welcher einerseits mit einer Schneide auf dem Resonanzboden eines Musikinstrumentes steht und andererseits einen zweiten Resonanzboden trägt. Wenn ein solcher Stab durch mehrere Stockwerke reicht und in den Zwischendecken in Zinnröhren mittels Kautschukbändern vollständig isolirt ist, so hört man oben die Musik des unteren Instrumentes vollständig klar und deutlich. Das Tönen hört auf, sobald man den oberen Resonanzboden entfernt; derselbe kann auch durch eine Violine, Guitarre etc. ersetzt werden. Es werden auch hier die Schallwirkungen intensiver fein auf Kosten der Wirkungsdauer der Schallschwingungen.

Als verwandte Erscheinungen sind die unangenehmen Erfahrungen mit den Etagen-Wohnungen größerer Städte zu betrachten, wo die Musik einzelner Stockwerke leicht zu einer Qual für die Bewohner entfernter Geschosse, welche dieselbe mit zu genießen gezwungen sind, werden kann. Es dürften hierbei die Zwischendecken als Resonanzböden wirken.

Bei den verschiedenen Rängen von Theatern verstärken Holzwände und -Decken den Schall in der Nähe durch Mittönen, je nach der Anordnung auch durch Schallreflex. Doch ist dieses Mittönen nicht bloß eine Eigenschaft des Holzes, sondern aller dünnen elastischen Körper, welche eine nicht zu geringe Flächenentwicklung haben.

Wenn die mittönenden Flächen nahe der Schallerzeugungstelle liegen, so wirken sie auch auf größere Entfernungen, wie dies die Resonanzböden der musikalischen Instrumente beweisen. Es fällt hier die Entfernung des Resonanzbodens von der Schallquelle gegen die Entfernung der Zuhörer nicht mehr ins Gewicht. Es sind hier für größere Entfernungen das Quadrat der Entfernung für den directen und für den reflectirten, so wie für den durch Mittönen bewirkten Schall nahezu identisch.

Der Schalldeckel (über den noch unter 5 gesprochen werden wird) wirkt zum Theil durch Mittönen der Fläche, zum Theil durch Reflexion des Schalles, aber wegen der Nähe der Schallquelle auch bezüglich des Mittönens auf größere Entfernungen.

<sup>66)</sup> In: TYNDALL, J. *Sound. 4th edit.* London 1883. Deutsch von H. HELMHOLTZ u. G. WIEDEMANN. Braunschweig 1874. S. 95 bis 97.

39.  
Mittönen  
verschiedener  
Materialien.

Wie weit das Mittönen bei einzelnen Materialien und bei welchen Stärken desselben es in erheblichem Masse eintritt, ist durch präcise Versuche noch nicht fest gestellt. Dieselben können voraussichtlich nur durch Unterstützung der Regierungen oder in deren Auftrag bewirkt werden, da sie mit wesentlichen Kosten verknüpft sind.

Wichtig würde es sein, wenn durch directe Versuche fest gestellt würde, wie weit bei Holz, bei Putz auf Drahtnetz, bei dünnen Marmorplatten, bei Spiegel- und anderen Glascheiben etc. das Mittönen der Fläche, wie weit der Reflex eintritt; ferner in wie weit darauf die Dicke und die Befestigung von Einfluss ist. So wird Holz in Putz eingebettet einen geringeren Theil feiner Resonanz durch Mittönen einbüßen, als frei schwingendes Holz, während nicht zu dicker Putz auf Drahtnetz weit stärker mittönen wird, als Holz, welches auf den Putz der massiven Wand dicht anliegend befestigt ist. Da Putz auf Drahtnetz für Theater ohne Feuersgefahr ist, würde er vielleicht Holz zum Theil ersetzen können.

40.  
Reflexions-  
verlust durch  
Mittönen.

Das Verhältniß des Reflexionsverlustes zum Mittönen der reflectirenden Wand durch directe Versuche fest zu stellen, würde für die praktische Anwendung der Akustik von besonderer Wichtigkeit sein.

Verfasser hat bei einer Decke aus gehobelten Brettern von ca. 3 bis 4cm Stärke diesen Reflexionsverlust auf über 75 Procent geschätzt<sup>67)</sup>, während bei vergleichenden Versuchen, welche der Architect der Synagoge in der Oranienburger Straßé zu Berlin mit einer geputzten Fläche und einer Marmorplatte anstellte, hervorging, das geschliffene und polirte Marmorplatten sehr wenig Reflexionsverlust ergeben<sup>68)</sup>, wie dies auch andererseits aus dem starken Schallreflex der glatten Marmorwände dieses Bauwerkes hervorgeht.

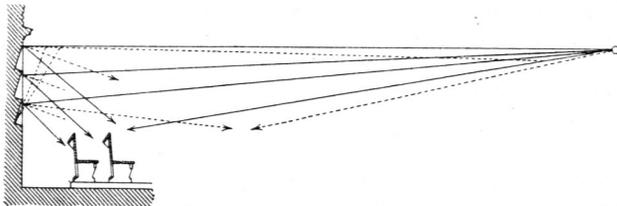
#### 4) Deflexion des Schalles.

41.  
Ablenkung  
der  
Schallwellen.

Verfasser hat die Bezeichnung »Deflexion« oder »Ablenkung« der Schallwellen eingeführt für die Ablenkung derselben in einer bewußt bestimmten Richtung, um reflectirte Schallwellen theils nutzbar, theils unschädlich zu machen<sup>69)</sup>.

Wie man durch Bekleiden mit Holz die Umfassungswände durch Mittönen

Fig. 47<sup>70)</sup>.



für die Schallwirkung nützlich machen kann, so kann man dies auch durch Aenderung der Flächenneigung in den Wänden.

In Fig. 47 ist eine verticale Wand im Schnitt dargestellt. Ist dieselbe glatt, so werden die Schallwellen einer bestimmten Schallquelle zum

Theile weit in den Raum hinein zurückgeworfen und werden hier Collisionen mit den directen Schallwellen bewirken, während die in Fig. 47 dargestellte, partiell

Fig. 48.



Fig. 49.

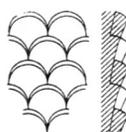


Fig. 50.

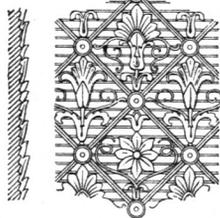
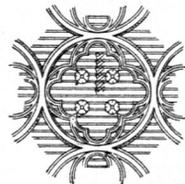


Fig. 51.



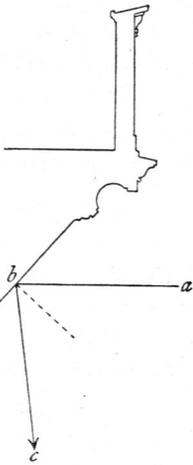
67) Siehe: Zeitschr. f. Bauw. 1872, S. 209 u. 210.

68) Siehe: Ebendaf., S. 209.

69) D. R.-P. Nr. 12135.

70) Nach: Deutsche Bauz. 1881, S. 9.

Fig. 52.



geänderte Wandneigung den Schall nach den nahe gelegenen Sitzplätzen reflectirt. Die Fig. 48 bis 51 geben die Anwendung, wie dieses Princip, ohne den Flächeneindruck zu beeinträchtigen, durchführbar ist.

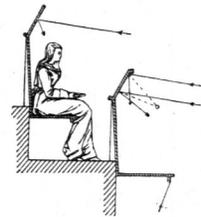
Dieselbe Wirkung tritt ein bei schrägen Unteransichten von Gefimfen, bei vorspringenden schrägen Unterflächen von Emporen etc. In Fig. 51 wird dies durch den dem Schallstrahl entsprechenden Linienzug *abc* ohne Weiteres klar.

Wie weit man derlei geneigte Wandflächen in der Gröfse reduciren und durch Wiederholung derselben ersetzen kann, darüber fehlen noch präcise Versuche.

In einer Kirche zu Pymont hat Verfasser bei den grofsen Wandflächen unterhalb der Emporen die in Fig. 53 skizzirte Quaderung angewendet und dadurch sehr günstige Resultate bezüglich der Schallzerstreuung erreicht; die Wände zeigen keinen schädlichen Schallreflex. Eben so wirken die mit einem sorgfältigen, in der äufseren Erscheinung nicht hervortretenden Steppputz versehenen Gewölbe der Kirche; jedoch wirkt Beides nur zerstreud, ohne den Schall noch nutzbar zu machen.

Wie man durch Deflexion der Schallwellen nützliche Resultate erzielen kann, ist in jedem einzelnen Falle besonders zu untersuchen; jedoch wird man vielfach durch einfache Mittel wirkungslos sich zerstreudenden Schall nützlich, so wie schädlichen Schallreflex wirkungslos machen können. Für das Erstere sei noch bei ansteigenden Emporen oder Sitzreihen in Fig. 54 ein Beispiel angeführt. Schwach gebogene Flächen der Rückwände unterhalb der oberen Abchlufsgemise werden hier den Schall nahe dem Ohr des Hörenden concentriren, besonders wenn die reflectirende Fläche aus festem, glattem Material gebildet ist.

Fig. 54.



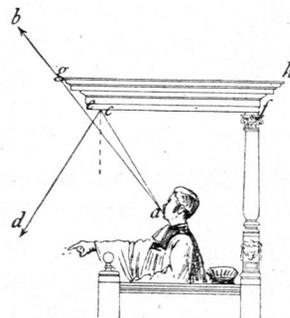
42.  
Anordnung  
der  
geneigten  
Flächen.

### 5) Schalldeckel.

Es ist schon in Art. 38 angedeutet worden, daß der Schalldeckel theils durch Schallreflexion, theils durch Mittönen, je nach Herstellung und Material, wirken kann, und es wird derselbe je nach dem Zwecke, der mit ihm erreicht werden soll, verschieden zu behandeln sein.

Was zunächst die Gröfse des Schalldeckels betrifft, so wird dieselbe nach der beabsichtigten Wirkung zu bestimmen sein. Soll der Schalldeckel dazu dienen, um Theile eines Raumes möglichst von der directen Schallwirkung abzusperren, so wird man von der Schallquelle die geeigneten Richtungslinien *ab* (Fig. 55) nach dem betreffenden Theile des Raumes ziehen, wodurch man in der Kante *e* den vorderen Rand des Schalldeckels begrenzt. Doch wird immer noch ein wesentlicher Theil des Schalles dahin gehen, wo er schädlich wirkt und wo man ihn auszuschliessen sucht, so fern die Schall-

Fig. 55.



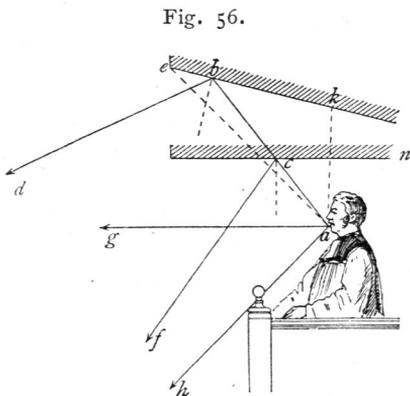
43.  
Gröfse.

decke  $ef$  elastisch mitschwingt und mittönt. Es wird hier für die schädliche Schallwirkung nach oben nur der Schallreflex  $cd$  und das Mittönen nach unten in Abzug kommen, abgesehen von dem Schallverlust durch Reflexion. Will man durch den Schalldeckel den Schall stärker abschließen, so thut man gut, über  $ef$ , etwa in  $gh$ , eine schwere, wenig elastische Platte anzubringen; es wird dann ein Theil der Schallwellen wieder nach unten geworfen und bei der geringen Entfernung von  $ef$  das Mittönen verstärkt, während der andere Theil durch den Reflex verloren geht, bezw. durch den Stofs sich in Wärme umsetzt.

44.  
Neigung  
und  
Material.

Für die Wirkung auf grössere Entfernung wird eine feste, schwere, möglichst glatt polirte, etwas geneigte Platte  $ek$  (Fig. 56) von der grössten Wirkung sein, während ein horizontaler Schalldeckel  $cn$  bezüglich des Schallreflexes wesentlich auf geringere Entfernung wirkt, wie dies die bez. Schallstrahlen  $abd$  und  $acf$  zeigen. Durch eine geringe Wölbung kann man die Wirkung des Schalldeckels in gewissen Richtungen wesentlich verstärken.

Wie in der Synagoge in der Oranienburger Strasse zu Berlin das Sprechen des nach der Altarnische sich wendenden Predigers gegen eine polirte Marmorplatte zeigt, ist bei derartigem Material ausserordentlich wenig Reflexionsverlust, da der Prediger nahezu eben so, als wenn er nach der Kirche hinein spricht, gehört wird. Es wird demnach auch bei obiger Anordnung einer Marmorplatte der gefamnte dieselbe treffende Theil des Schalles mit sehr geringem Verlust für den Hörsaal, bezw. die Kirche nutzbar.



Vergleicht man den durch  $gah$  bezeichneten Theil der Schallwelle, welcher direct nutzbar wird, mit dem Theil  $eak$ , so sieht man leicht, dass man durch eine geeignete Anordnung und durch geeignetes Material des Schalldeckels die Schallwirkung verdoppeln kann. Für die Schallwirkung würde es hierbei nicht ungeeignet sein, den über dem Kopf des Redners befindlichen Theil des Schalldeckels aus Holz herzustellen, so dass derselbe durch den starken

Schallreflex nicht selbst zu stark betäubt wird. Bringt man hinter dem Redner und zur Seite desselben mittönende Holzwände an, so kann auch hierdurch eine Schallverstärkung eintreten.

Man wird den Schalldeckel in jedem einzelnen Falle je nach den beabsichtigten Wirkungen stets besonders construiren müssen, sowohl in Betreff der Anordnung als des Materials, und es wird meistens hierauf nicht genug Gewicht gelegt, vielmehr sind die Schalldeckel häufig nur von sehr geringer Wirkung.

## 6) Diffusion des Schalles.

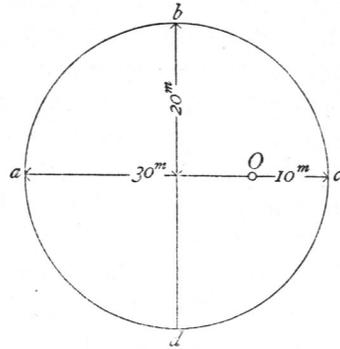
45.  
Wefen  
der  
Diffusion.

Beim Schall, wie beim Licht tritt die Schall-, bezw. Lichtwirkung nicht blofs in der geraden Richtung von der Schall-, bezw. Lichtquelle aus ein. Tritt ein Körper in den Weg, so werden die Schall-, bezw. Lichtstrahlen an den Kanten gebeugt. Man hört auch hinter den Pfeilern einer Kirche, hinter den Säulen eines Saales etc. und nicht blofs durch Schallreflex. Man hört auch im Rücken des

Rédners, wenn auch auf geringere Entfernung, als in der Richtung, nach welcher der Redner spricht; allerdings wirkt dabei auch der Schallimpuls mit, welcher seinen Knotenpunkt, bezw. sein Centrum der Verbreitung in geringer Entfernung vor dem Munde des Sprechers haben wird.

Nimmt man den Redner in  $O$  (Fig. 57) an, so wird man nach vorn etwa dreimal  $fo$  weit, nach den Seiten etwa zweimal  $fo$  weit, als nach rückwärts hören, und es wird ein durch die Punkte  $a, b, c, d$  gelegter Kreis eine Linie gleich starken Schalles sein, in so fern man nicht durch künstliche Mittel die Wirkung der Stimme unterstützt. Ohne solche Mittel, wie sie z. B. ein Schaldeckel darbietet, wird ein derartiger Kreis von ca. 40 m Durchmesser auch bei einer sehr starken und klaren Stimme die Grenze bequemen Hörens bilden. Hierbei dürfen jedoch keine schädlichen Schallverwirrungen entstehen, da in einem solchen Falle die Grenzen viel enger zu ziehen sind. Bei einem geeignet construirten Schaldeckel kann man die Grenze guten Hörens wesentlich weiter ziehen <sup>71)</sup>.

Fig. 57.



#### 7) Maßstab für den Schall und Untersuchung eines Raumes auf Grund von Zeichnungen.

Will man die Schallwirkungen eines Raumes klar beurtheilen können, so wird hierfür in vielen Fällen ein Maßstab von Nutzen sein, wobei man jedoch stets bedenken muß, daß die Schallstärke im umgekehrten Verhältniß zum Quadrat der Entfernung von der Schallquelle steht. Der Maßstab kann nur durch eine Schallfläche, durch einen Querschnitt eines Schallauschnittes gebildet werden.

Einen passenden Grundmaßstab bildet ein Quadrat von 1 cm Seitenlänge bei 10 m Entfernung von der Schallquelle. Ist der Maßstab der verfügbaren Zeichnungen klein, so wird man mit 2 bis 3 cm Seite klarere graphische Resultate erreichen.

Will man auf Grund einer Zeichnung untersuchen, wo und wie weit eine Schallrichtung schädlich ist, so wird man die durch vier Schallstrahlen begrenzte Pyramide, welche ihre Spitze in der Schallquelle hat, bis dahin verfolgen, wo die Schallrichtung schließlic das Ohr des Zuhörers erreicht. Man construiert sich an dieser Stelle den Querschnitt des Schallauschnittes und vergleicht diese Fläche mit derjenigen, welche in gleicher Größe entstanden wäre bei directer Fortbewegung des Schalles; alsdann kann man mit Hilfe des Gesetzes über die Abschwächung nach dem Quadrat der Entfernung leicht abschätzen, wie sich schließlic der Schall verhält zu dem an der Grenze des deutlichen Hörens, also bei ca. 30 m Entfernung.

Beispiele einer solchen Untersuchung sind in der unten <sup>72)</sup> genannten Quelle mitgetheilt. Es empfiehlt sich, eine solche Untersuchung bei allen größeren Hörfällen bereits im Entwurf vorzunehmen, wenn man nicht schon vorher durch vielfache Untersuchungen ein genügendes Urtheil für den einzelnen Fall gewonnen hat.

46.  
Maßstab.47.  
Raum-  
untersuchung.48.  
Prüfung  
in den  
Entwürfen.

<sup>71)</sup> Siehe auch Theil IV, Halbbd. 1 (Art. 241 bis 245, S. 245 bis 247) dieses Handbuchs.

<sup>72)</sup> Zeitchr. f. Bauw. 1872, S. 213 bis 222.

Die Prüfung eines Raumes auf seine Schallwirkung wird sich außerdem auf Grundlage der Zeichnungen meistens leichter durchführen lassen, als die Prüfung des Raumes selbst, weil sich in letzterem Falle so viele Schallwirkungen durchkreuzen und den Einzeleindruck so verwirren, daß man auch bei einigermaßen geübtem Urtheil gern auf die Prüfung der Akustik aus den Zeichnungen zurückgreifen wird. Eine solche Untersuchung ist allerdings immer sehr schwierig; dieselbe wird sich aber erst dann vermeiden lassen, wenn sich für gewisse Raumformen das akustisch Nothwendige durch wissenschaftliche Untersuchungen und die daran sich knüpfende Erfahrung fest gestellt hat.

Die alljährlich sich fortsetzenden ungünstigen Erfahrungen über unzweckmäßig für den Bau großer Hörsäle, Kirchen, Theater etc. verwendete große Summen haben es bis jetzt noch nicht vermocht, dahin zu führen, daß für Hörsäle das Hören als eine Hauptbedingung betrachtet wird; sie haben es noch nicht vermocht, durch consequent fortgesetzte Beobachtungen auf wissenschaftlicher Grundlage allgemein zu einer klaren einfachen Praxis zu gelangen.

#### b) Verbesserung der Akustik in vorhandenen Räumen.

49.  
Erkenntniß  
der  
Fehler.

Im Allgemeinen werden dieselben Mittel, welche in neu zu erbauenden Räumen die Akustik derselben günstig beeinflussen, auch bei vorhandenen Räumen das Gleiche bewirken, so fern sie noch angewendet werden können. Dem stehen nach mancher Richtung die Bedingungen der Benutzung, vielfach auch die architektonische Raumgestaltung entgegen, und man wird deshalb in der Anwendung dieser Mittel manchen Beschränkungen unterliegen; auch wird man in den meisten Fällen die Raumformen selbst nicht mehr ändern können, wodurch die Akustik in sehr vielen Fällen vorzugsweise ungünstig beeinflusst wird.

Bei Beurtheilung der gegen eine fehlerhafte Akustik anzuwendenden Mittel ist vor Allem eine Erkenntniß der Fehlerursachen wichtig. Dieses ist aber in den meisten Fällen sehr schwer, weil meistens eine ganze Reihe von Fehlern zugleich wirksam sind, so daß sich die wirkliche Ursache vielfach der directen Beurtheilung entzieht. Es wird hierbei die Untersuchung des Raumes auf Grund von Zeichnungen häufig die Beurtheilung wesentlich erleichtern.

Man würde auch bald zu einem rascheren Resultat gelangen, so fern man die Schallquelle in nächster Nähe für einzelne Richtungen in geeigneter Weise unwirksam machen könnte, wofür aber bis jetzt die Instrumente fehlen. Es werden sich diesem Mangel weitere Untersuchungen und Arbeiten, mehr als bisher geschehen ist, zuwenden müssen.

50.  
Mittel.

Für Decken sind in neuerer Zeit Netze oder ausgespannte Fäden und Drähte von Eisen oder Stahl mehrfach verwendet worden. Dieselben werden durch die Schallwellen in ein Mitschwingen versetzt und entziehen dadurch der Luftbewegung, sowohl auf dem Wege zur Decke, als zurück einen wesentlichen Theil der Kraft, so daß der Schallreflex dann zu schwach und unschädlich wird.

So ist in der Thomas-Kirche zu Berlin ein wesentlicher Theil der sehr ungünstigen Schallwirkung beseitigt, jedoch nur für die Kuppel, unter welcher das Netz gespannt ist. Bei der Höhe des Raumes fällt dieses Netz wenig auf. An anderen Stellen, besonders vor Wänden in Menschenhöhe, wird man solche Netze nicht aufspannen können, und es werden für verticale Wandflächen horizontal aufgespannte Netze meistens unwirksam sein.

Die ersten Angaben über dieses etwa seit 10 Jahren in Aufnahme gekommene Verfahren sind in englischen und amerikanischen Fachzeitschriften (siehe das unten stehende Literaturverzeichnis) zu finden. Aus diesen und anderen Mittheilungen geht hervor, daß es bei rationeller Anwendung meist von gutem Erfolge begleitet war, daß das Netz nicht zu hoch über dem Fußboden gespannt und die Maschenweite nicht zu groß sein darf. Favaro<sup>73)</sup> theilt hierüber folgende Einzelheiten mit.

Nach J. M. Allen wurden u. A. in der *Asylum Hill Congregational Church* zu Hertford der Draht in Abständen von 63 mm (= 2,5 Zoll engl.) in Kämpferhöhe des spitzbogigen Tonnengewölbes gespannt und Draht Nr. 21 verwendet. Nach Dolbear<sup>74)</sup> sollen es Drähte von der Dicke der Clavierfasen sein, die in solcher Weite zu spannen sind, daß sie, wenn mit dem Finger angeschlagen, einen tiefen Ton erklingen lassen. In vielen Kirchen Englands, in der *Madeleine-Kirche* zu Paris etc. sind mit Baumwollfäden von 2 bis 3 mm Dicke gute Resultate erzielt worden. Im Sitzungsfaale des Provinzialrathes von Treviso wurden Baumwollfäden von ca. 3 mm Dicke in Maschen von 12 cm Weite allerdings mit nur theilweisem Erfolge, in der Garnisons-Kirche zu Stuttgart ein Seilnetz von ca. 20 cm Maschenweite ohne allen Erfolg angewendet; in beiden Fällen wurde offenbar die Maschenweite zu groß gewählt, in Stuttgart das Netz in zu großer Höhe angebracht, so fern nicht die Wände der Hauptgrund für die schlechte Akustik sind.

Wände, welche akustisch ungünstig wirken, werden auch durch Bekleidung mit rauhen Stoffen akustisch wesentlich günstiger. Hier werden in den meisten Fällen auch in dem in Art. 41 angegebenen Sinne deflectirende Flächen nützlich sein können. Stoffvorhänge schließen sehr häufig Nischen ab, so daß entweder die Wand- oder Deckenflächen nicht mehr schädlich reflectiren, wie dieses bezüglich der Halbkuppeln des Kreuzschiffes in der Thomas-Kirche zu Berlin der Fall ist. Diese Halbkuppeln sind etwa auf halber Höhe nach der Kirche hin durch Draperien verhängt.

Wand- und Deckenflächen sind auch wohl durch ausgepannten und in der Farbe dieser Flächen gefrichenen Stoff unschädlich gemacht. Alle solche mit-schwingenden Flächen entziehen dem Schall seine Kraft und werden an richtiger Stelle angewandt vielfach nützlich wirken.

Ein Raummachen der Wandflächen, eine Stuck-Ornamentation etc. können die gleiche Wirkung haben. So wirken beispielsweise in der Peters-Kirche zu Rom die Deckenformen, welche jenen in der Nicolai-Kirche zu Potsdam und in der Thomas-Kirche zu Berlin ähnlich sind, in Folge der reichen Decken-Decoration weitaus günstiger. Es liegt dieses nicht an den größeren Dimensionen; vielmehr müßte daselbst ein concentrirter Schallreflex ein noch deutlicheres Echo bewirken.

Die Erkenntnis der Fehlerursachen ist jedoch überall das wichtigste und wird dafür in vielen Fällen die vom Verfasser angewandte und in der unten<sup>75)</sup> stehenden Quelle dargestellte Methode ausreichend Licht geben. Jedoch müssen präzise Versuche sich vielfach anschließen, wozu provisorische Verhüllungen der als schädlich anzusehenden Flächen zu empfehlen sind, so fern man die Schallbegrenzung nicht auf andere Weise erreichen kann.

## Literatur

über »Akustik der Räume«.

- DUMONT, G. M. *Parallèle des plans des plus belles salles de spectacle de l'Italie et de la France.* Paris 1766.  
 PATTE, P. *Essai sur l'architecture théâtrale.* Paris 1782.

<sup>73)</sup> In: FAVARO, A. *L'acustica applicata alla costruzione della salle per spettacoli e pubbliche adunanze.* Turin 1882.

<sup>74)</sup> DOLBEAR, A. E. *The telephone etc.* Boston 1877.

<sup>75)</sup> Zeitschr. f. Bauw. 1872, S. 190.

- SAUNDERS, G. *A treatise on building theatres*. London 1790.
- STIEGLITZ, Ch. L. Encyclopädie der bürgerlichen Baukunst etc. Ueber Schauspielhaus. Leipzig 1792—98.
- LANGHANS, C. G. Vergleichung des neuen Schauspielhauses zu Berlin mit verschiedenen älteren und neueren Schauspielhäusern in Rücksicht auf akustische und optische Grundsätze. Berlin 1800.
- RHODE, J. G. Theorie der Verbreitung des Schalls für Baukünstler. Berlin 1800.
- CATEL, L. Vorschläge zur Verbesserung der Schauspielhäuser. Berlin 1802.
- WEINBRENNER, F. Ueber Theater in architektonischer Hinsicht mit Beziehung auf Plan und Ausführung des neuen Hoftheaters zu Karlsruhe. Tübingen 1809.
- LANGHANS, C. F. Ueber Theater oder Bemerkungen über Katakustik. Berlin 1810.
- WETTER, J. Untersuchungen über die wichtigsten Gegenstände der Theaterbaukunst, der vortheilhaften Formen des Auditoriums und der zweckmässigen Anordnung der Bühne und des Prosceniums, in optischer und akustischer Hinsicht. Mainz 1829.
- OTTMER, C. T. Architektonische Mittheilungen. I. Abth. Das Königstädter Schauspielhaus zu Berlin etc. Braunschweig 1830.
- LACHEZ. *Sur l'optique et acoustique des salles de réunion publique*. Paris 1848.
- HENRY, J. *On acoustics applied to public buildings. Annual report of the Smithsonian institution etc. for the year 1856*. Washington 1857.
- A few gropings in practical acoustics. Builder*, Bd. 8, S. 411, 421.
- HÄEGE. Bemerkungen über Akustik, mit Bezug auf öffentliche Bauwerke in den Vereinigten Staaten und in England. *Zeitschr. f. Bauw.* 1859, S. 581.
- LANGHANS. Principien der Akustik und ihre Anwendung bei Theaterbauten. *Zeitschr. f. Bauw.* 1860, S. 330.
- SMITH, T. *On acoustics. Builder*, Bd. 18, S. 815, 833.
- SMITH, T. R. *A rudimentary treatise on the acoustics of public buildings*. London 1861.
- The acoustic properties of rooms. Builder*, Bd. 19, S. 469, 578.
- ORTH. Verhältniß der Akustik in baulicher Beziehung. *Zeitschr. f. Bauw.* 1864, S. 296.
- Akustische Neuigkeiten. *Wochbl. d. Arch.-Ver. zu Berlin* 1867, S. 369.
- TYNDALL, J. *Sound: A course of eight lectures*. London 1869. Deutsche Ausg. von H. HELMHOLTZ u. G. WIEDEMANN. Braunschweig 1874.
- Acoustics and buildings. Builder*, Bd. 27, S. 402.
- HELMHOLTZ, H. Die Lehre von den Tonempfindungen etc. 3. Aufl. Braunschweig 1870.
- Gutachten des Königl. Geh. Regierungsraths Prof. Dr. DOVE über die bei der Errichtung eines neuen Domes in Berlin zu beobachtenden Rücksichten auf Akustik. *Zeitschr. f. Bauw.* 1871, S. 245. Deutsche Bauz. 1871, S. 231.
- ORTH. Die Akustik großer Räume mit speciellem Bezug auf Kirchen. *Zeitschr. f. Bauw.* 1872, S. 189. Auch als Separat-Abdruck im Buchhandel erschienen: Berlin 1872.
- SAELTZER, A. *Treatise on acoustics in connection with ventilation*. London 1873.
- Akustik. HAARMANN'S *Zeitschr. f. Bauhdw.* 1874, S. 30, 46.
- DREW, Th. *On the application of wires to remedy acoustic defects in public buildings. Builder*, Bd. 32, S. 477.
- Der Entwurf zu einem Volks-Opernhause für Paris. Der Schall im Theater. Deutsche Bauz. 1876, S. 344.
- Notiz zur Akustik großer Räume. Deutsche Bauz. 1877, S. 330.
- LÖFFLER. Akustik im geschlossenen Raume. *Wochschr. d. Ver. deutsch. Ing.* 1877, S. 115.
- HENRY, J. *Researches on sound. Annual report of the Smithsonian institution etc. for the year 1879*. Washington 1879.
- Aphorismen über Akustik. ROMBERG'S *Zeitschr. f. prakt. Bauk.* 1879, S. 13.
- The acoustic properties of buildings. Building news*, Bd. 36, S. 410. NOSTRAND'S *electric engng. mag.* Bd. 22, S. 153, 369.
- Concert rooms and sound. Building news*, Bd. 37, S. 277.
- The acoustical improvement of large halls. Engng.* Bd. 28, S. 399.
- The acoustical improvement of large halls. Engng.* Bd. 30, S. 136, 148.
- Effect of the motion of the air within an auditorium upon its acoustic qualities. Builder*, Bd. 37, S. 44. *Philosoph. magaz.*, Bd. 7, S. 111.
- WATSON, T. L. *The acoustics of public buildings. Building news*, Bd. 38, S. 234, 245.
- An experiment in acoustics. Building news*, Bd. 39, S. 176.

Vorrichtungen in Wänden, Decken und Sitzbänken bei Kirchen, Theatern, Kuppeln, Parlaments- und anderen Hörfälen zur Beförderung der Akustik durch Deflexion der Schallwellen. Deutsche Bauz. 1881, S. 9.

Die Verbefferung der Akustik in Hörfälen. Wochbl. f. Arch. u. Ing. 1881, S. 160.

Aus der Lehre vom Schall. HAARMANN's Zeitschr. f. Bauhdw. 1881, S. 50, 57.

LACHEZ, Th. *Acoustique et optique des salles de réunion* etc. Paris 1881.

Oakey, A. F. *Acoustics in architecture*. Architect, Bd. 40, S. 195.

*Acoustics in architecture*. Engineering magazine 1881. Building news, Bd. 41, S. 391.

FAVARO, A. *L'acustica applicata alla costruzione delle sale per spettacoli e pubbliche adunanze*. Turin 1882.

Verbefferung der Akustik durch Netze von Metalldrähten. Centralbl. d. Bauverw. 1882, S. 78. Gefundh.-Ing. 1882, S. 217.

TYNDALL, J. *Sound*. 4th edit. London 1883.

### 3. Kapitel.

## Glockenföhle.

Von KÖPCKE.

Schon seit dem frühen Mittelalter finden wir die Thürme der christlichen Kirchen, später auch die Festungs- und Rathhaustürme (Belfriede) für die Zwecke der bürgerlichen Gemeinden mit Glockengeläuten versehen; jedoch kommen erst seit der Mitte des 13. Jahrhunderts grössere gegoffene Glocken vor, deren Anbringung und Bewegung uns hier zu beschäftigen hat.

Eine Glocke stellt einen Rotationskörper dar, welcher beim Anschlagen in Transversalschwingungen geräth, deren Knotenpunkte in zwei sich rechtwinkelig kreuzenden Durchmessern liegen, welche die Klangfigur bilden, während der Körper an der Durchkreuzungsstelle in der Achse fest gehalten wird. Maßgebend für die Höhe des Haupttones einer Glocke ist außer dem größten Durchmesser die Wandstärke nächst dem unteren Rande, wohin der Klöppel trifft. Die Stärke an dieser Stelle heißt der Schlag und bildet im Wesentlichen die Grundlage für alle übrigen Abmessungen der Glocke, deren Verhältnisse im Laufe der Zeit für grössere Bezirke ziemlich fest stehende geworden sind. Bei ähnlichen Glocken aus demselben Materiale steht die Tonhöhe in umgekehrtem Verhältnisse zur Gröfse; eine Glocke also, welche einen um eine Octave höheren Ton geben soll, als eine andere, muß linear halb, an Inhalt also  $\frac{1}{8}$  so groß sein, als die den Grundton liefernde. Der Achsenschnitt einer Glocke wird die Rippe genannt, und man kennt in Mittel-Europa namentlich die deutsche und die französische Rippe, welche hauptsächlich dadurch von einander abweichen, daß bei der deutschen Rippe der untere Durchmesser 14 Schlag, die Höhe 10,27 Schlag, bei der französischen der untere Durchmesser 15 Schlag, die Höhe 12 Schlag groß ist.

Es sind indess die Gewichte der Glocken auch bei der Anwendung derselben Rippe nicht ohne Weiteres aus der Tonhöhe oder dem Durchmesser zu berechnen; es kommt vielmehr bei dieser Berechnung zunächst das Material in Frage. Bekanntlich werden die Glocken fast ausschließlich aus Bronze — etwa  $\frac{3}{4}$  bis  $\frac{4}{5}$  Kupfer und  $\frac{1}{4}$  bis  $\frac{1}{5}$  Zinn — gegoffen; es kommen aber auch Glocken aus Gußstahl und Gußeisen vor, welche ungeachtet der etwa gleichen Gestalt und Gröfse deshalb nicht gleich hohe Töne wie Bronze-Glocken geben können, weil die Tonhöhe (Zahl der transversalen Schwingungen in der Zeiteinheit) mit dem Elasticitäts-Modul und umgekehrt mit dem specifischen Gewichte zunimmt. Da nun Gußstahl einen größeren Elasticitäts-Modul und ein kleineres specifisches Gewicht, als Bronze hat, so müssen Gußstahlglocken höhere Töne geben, als gleich dimensionirte Bronze-Glocken; sie müssen daher behuf Ergänzung gleich hoher Töne entweder durchweg größer oder bei gleichen äußeren Abmessungen mit dünneren Wandungen versehen sein, als Bronze-Glocken; thatsächlich werden die Stahlglocken leichter, und zwar nach der Junck'schen Tabelle <sup>76)</sup> mit ca. 72 bis 75 Procent des Gewichtes der Bronze-Glocken hergestellt.

Es ist indessen selbst bei Verwendung gleichen Materials wegen der mechanischen Einwirkungen

<sup>76)</sup> In: JUNCK, D. V. Wiener Baurathgeber etc. Wien 1880. S. 249.

der flüssigen Glockenmasse auf die Gufsform äußerst schwer, das Glockengewicht von vornherein genau zu bestimmen; sodann aber ist es auch nicht zweckmäßig, den Glocken eine vollkommen ähnliche Form zu geben, wenn mehrere derselben zusammen ein Geläute bilden sollen, weil die Glocken je nach ihrer Gestalt außer dem Haupttone noch mehrere andere Töne, insbesondere die nächst höhere Octave und dazwischen die kleine oder große Terz oder Quarte unterscheiden lassen. Da nun beispielsweise drei Glocken, wovon die größte den Grundton *C*, die mittlere die große Terz *E* und die kleinste die Quinte *G* liefert, während alle drei daneben die ihrem Haupttone zugehörige große Terz als Zwischenton geben, die Töne

*C*            *E*            *C*  
                   *E*            *Gis*        *E*  
                                   *G*            *H*        *G*

unterscheiden lassen und somit wegen des gleichzeitigen Vorkommens der Töne *G* und *Gis*, so wie *H* und *C* einen höchst unharmonischen Klang erzeugen würden, so ist es notwendig, bei der mittleren Glocke durch Abänderung ihrer Form statt des *Gis* ein *G* (also die kleine Terz) und bei der kleinsten Glocke statt des *H* ein *C* (also eine Quarte) zu Stande zu bringen. Ist es hiernach schon gar nicht zulässig, die Glocken genau ähnlich herzustellen, so kommt als fernere Ursache von Abweichungen der bis jetzt noch bestehende Mangel an einer genügenden wissenschaftlichen Glocken-Akustik, in Folge dessen ein gewisses Herumtappen bei der Wahl der Dimensionen und oft das Bestreben der Glockengießer hinzu, möglichst an Material zu sparen, und es ist daher erklärlich, daß die vorhandenen Tabellen über Glockengewichte große Abweichungen unter einander aufweisen.

Wir haben das Vorstehende deshalb hier einleitungsweise erwähnen zu müssen geglaubt, um den Leser auch in der Glockenkunde einigermaßen zu orientiren, namentlich aber um der irrigen Annahme zu begegnen, als seien alle Glocken von gleicher Tonhöhe auch gleich groß und schwer, eine Annahme, die wir der Einfachheit halber und weil es sich bei der Berechnung der Glockenstuhl-Constructionen nur um die Kraftwirkungen beim Läuten handelt, gleichwohl behuf Berechnung von Zahlenbeispielen zu Grunde legen werden.

#### a) Theoretische Untersuchungen.

Eine schwingende Glocke ist als ein physikalisches Pendel anzusehen. Man bedarf daher behuf der Ermittlung der Kraftwirkungen bei dem Schwingungsvorgange und der Schwingungszeit der Kenntniß der Lage ihrer festen Drehachse, des statischen und des Trägheitsmomentes, somit auch ihrer Masse und der Lage ihres Schwerpunktes. Alle die gefuchten Größen sind auf den größten Glockendurchmesser am unteren Rande als Einheit zu beziehen. Es ist im Folgenden die deutsche Rippe<sup>77)</sup>, als die in Deutschland gebräuchlichste, den Ermittlungen zu Grunde gelegt und die benötigten Werthe dadurch möglichst genau ermittelt worden, daß das Profil zunächst in eine Anzahl von Ringen zerlegt wurde, welche man einzeln als Kegel ansah und demnächst die Summe der für den Hohlraum gefundenen Größen von der Summe der für die Oberfläche berechneten subtrahirte<sup>78)</sup>.

Die gefundenen Größen sind unter Nichtbeachtung der Henkel der Glocken folgende:

Inhalt der Glocke . . . . .	$Q = 0,052292 D^3;$
Abstand des Schwerpunktes vom Scheitel der Glocke	$= 0,500045 D;$
Höhe des Schwerpunktes über der Grundebene . .	$= 0,2346 D;$
Trägheitsmoment in Bezug auf eine parallel der	
Grundebene gelegte Schwerpunktsachse . . .	$\mathcal{J} = 0,005437 D^5 \frac{\gamma}{g},$
oder	
	$\mathcal{J} = 0,10397 Q D^2 \frac{\gamma}{g}$ <sup>79)</sup> .

<sup>77)</sup> Dieselbe ist beschrieben und gezeichnet zu finden in:

OTTE, Glockenkunde. Leipzig 1858. S. 63.

RAU, E. Glockengießerkunst. Allg. Bauz. 1872, S. 330.

<sup>78)</sup> Bei dieser recht mühsamen Arbeit hat mir Herr Ingenieur *Otto Klette* vortreffliche Hilfe geleistet, wofür ich an dieser Stelle bestens danke.

<sup>79)</sup> Durch Zerlegen in 12 Ringe und unter Annahme der Mittellinien derselben als Schwerlinien hat Verf. früher

Für Glocken, die nach der französischen Rippe geformt sind, hat *Schinz*<sup>80)</sup> durch Zerlegung des Glockenprofils der Höhe nach in 20 Ringe, »welche ohne erheblichen Fehler so angenommen werden konnten, als ob die ganze Masse im Umfange des Kreises durch die Schwerpunkte der Querschnitte gleich vertheilt sei,« gefunden: den Inhalt zu  $2\pi \cdot 7041,5 p^3$ , worin  $p$  einen Punkt oder  $\frac{1}{90}$  des unteren Durchmessers bezeichnet; demnach würde in  $D$  ausgedrückt der Inhalt sein

$$Q = 0,059373 D^3.$$

Für das Trägheitsmoment, bezogen auf einen unteren Durchmesser, findet *Schinz*

$$\mathcal{I} = 2\pi \cdot 13480897 p^5 = 0,014327 D^5 \frac{\gamma}{g}.$$

Rechnet man dagegen unferen obigen Werth entsprechend um, so folgt (nach Gleichung 42. in Theil I, Bd. I, S. 266 dieses »Handbuches«)

$$\mathcal{I}_1 = \mathcal{I} + 0,23462^2 Q \frac{\gamma}{g} = D^5 \frac{\gamma}{g} (0,005437 + 0,2346^2 \cdot 0,052292) = 0,006315 D^5 \frac{\gamma}{g},$$

welche Differenz aus der länglicheren Form des von *Schinz* benutzten Glockenprofils zum Theile zu erklären ist.

Die Differenz wird geringer, wenn man das Trägheitsmoment in  $Q$  und  $D^2$  ausdrückt, mithin das Volum, welches bei der *Schinz*'schen Glocke gegenüber der deutschen Glocke im Verhältniß von 59 : 52 größer ist, auscheidet; alsdann findet sich bei *Schinz*

$$\mathcal{I}_1 = 1914 p^2 Q \frac{\gamma}{g},$$

oder durch  $8100 = 90 \times 90$  dividirt,

$$\mathcal{I}_1 = 0,236 Q D^2 \frac{\gamma}{g},$$

während sich bei unferer Glocke findet:

$$\mathcal{I}_1 = 0,159 Q D^2 \frac{\gamma}{g}.$$

Endlich ist zur Erklärung dieser Differenz darauf hinzuweisen, dafs bei uns der Schwerpunkt um  $0,2346 D$  über dem unteren Rande liegt, dagegen bei *Schinz*:

$$\frac{\text{Statistisches Moment}}{\text{Volum}} = \frac{2\pi \cdot 204803 p^4}{2\pi \cdot 7041,5 p^3} = 29,08 p = 0,323 D,$$

ein Unterschied, der sich aus der größeren Höhe ( $0,8 D$  gegen  $0,7346 D$  bei der deutschen Glocke) allein nicht erklärt und der somit eine noch sonst abweichende Massenvertheilung voraussetzen läßt.

Die Angaben *Veltmann's*<sup>81)</sup> über die Kölner Kaiferglocke sind folgende.

Die Glocke mißt  $3,42^m$  im unteren Durchmesser und  $2,73^m$  in der Höhe; sie hat demnach ein Verhältniß der Höhe zum Durchmesser wie 12 : 15, entsprechend der französischen Rippe, wie sie auch bei der von *Schinz* gemessenen sich vorfindet. Die Zahlenangaben sind in Metern und Kilogrammen gemacht, müssen daher, um auf den unteren Durchmesser zurückgeführt werden zu können, mit der entsprechenden Potenz von  $3,42$  und dem specifischen Gewicht der Bronze =  $8,810$  dividirt werden. *Veltmann* beziffert nun die Masse zu  $26\ 883\text{ kg} = 0,082963 D^3 \gamma$ . Das Trägheitsmoment in Bezug auf die Schwerpunktsachse =  $\frac{1}{g} 40\ 096\text{ kg qm} = 0,01058 D^5 \frac{\gamma}{g}$ .

Während also das Trägheitsmoment nahezu den doppelten Werth gegenüber jenem bei der deutschen Rippe hat, ist auch das Gewicht mehr als  $1\frac{1}{2}$ -fach so groß, was durch die (sehr starke) Krone, welche wir nicht mitgerechnet haben und die auch von *Schinz* in die obigen Zahlen nicht mit eingerechnet ist, zum Theile sich erklärt.

Das Gewicht einer Glocke von  $1^m$  Durchmesser nach der deutschen Rippe ergibt sich nach unferer obigen Ziffer beim specifischen Gewicht von  $8,81$  zu  $0,052292 \cdot 8810 = 460,7\text{ kg}$ , ausschließlic der zur Befestigung an die Drehachse dienenden Theile, der sog. Krone; dagegen wiegen die nach dieser Rippe vom Glockengießfer *Große* in Dresden ausgeführten Glocken der Johannis-Kirche<sup>82)</sup> einschließlic der Krone die C-Glocke von  $1,57^m$  Durchmesser  $1853,5\text{ kg}$  oder durch Division mit  $1,57^3$  auf  $1^m$  Durchmesser reducirt

diesen Werth zu  $0,0081 Q D^2 \frac{\gamma}{g}$  gefunden (vergl. Protokoll der 75. Hauptversammlung des Sächf. Ingenieur-Vereins).

<sup>80)</sup> Siehe dessen am 26. Dec. 1863 in Bern gehaltenen und veröffentlichten Vortrag.

<sup>81)</sup> In dessen Schrift: Die Kölner Kaiferglocke etc. Bonn 1880.

<sup>82)</sup> Nach gefälliger Angabe ihres Verfertigers.

478,3 kg; die E-Glocke von 1,22 m Durchmesser 912 kg oder auf 1 m Durchmesser reducirt 502,2 kg; die G-Glocke von 1,05 m Durchmesser 503 kg oder auf 1 m Durchmesser reducirt 434 kg.

Wie man sieht, sind diese Abweichungen nicht unerheblich; als Durchschnitt findet sich für einen Durchmesser von 1 m

$$\frac{1853,5 + 912 + 503}{1,57^3 + 1,22^3 + 1,05^3} = 477,6 \text{ kg,}$$

während die nach französischer Rippe gegoffene, von Schinz untersuchte Des-Glocke (in der Heiligengeist-Kirche zu Bern) bei 1,575 m Durchmesser ein Gewicht incl. Krone, »auf welche 125,5 kg gerechnet worden sind,« von 2376 kg besitzt; demnach auf 1 m Durchmesser reducirt das Gewicht von  $\frac{2366}{1,575^3} = 608,1 \text{ kg}$ , und wenn man, um mit unserem Werth von 460,7 kg für einen Durchmesser von 1 m ohne Einrechnung der Krone einen Vergleich anzustellen, das Kronengewicht abrechnet, so folgt  $\frac{2250,5}{1,575^3} = 576 \text{ kg}$ .

Schinz giebt nun an, daß dieses factische Gewicht sich größer herausgestellt habe, als sich unter Zugrundelegung des Durchmessers und der der französischen Rippe entsprechenden Profilverhältnisse ergibt, und es findet sich auch aus der vorhin angegebenen Ziffer das theoretische Gewicht zu nur  $0,059373 \cdot 1,575^3 \cdot 8810 = 2043,5 \text{ kg}$  oder für 1 m Durchmesser berechnet zu 523,8 kg, ausschließlich der Krone.

Man wolle aus diesen Beispielen entnehmen, daß die Glockengewichte, abgesehen selbst von der Verschiedenheit ihrer Form, auch bei beabsichtigter Herstellung ähnlicher Profile und gleichem unteren Durchmesser noch ziemlich bedeutende Abweichungen ergeben und daß die dafür bestehenden Tabellen<sup>83)</sup> zwar als Anhalte für eine Veranschlagung — wofür sie bestimmt sind — nicht aber für jeden Einzelfall zutreffende Zahlen geben können. Sodann ist wenigstens beiläufig zu bemerken, daß ältere Glocken verhältnismäßig noch bedeutendere Höhen haben, als sich auch nach dem französischen Profil ergeben würde.

Wegen aller dieser Abweichungen erscheint es mindestens gerathen, das Gewicht, bezw. Volum der Glocken bei der Berechnung für sich aufzuführen, und es soll daher in Folgendem in der Regel demgemäß verfahren und mit dem Werthe

$$\mathcal{F} = 0,10397 Q \frac{\gamma}{g} D^2$$

gerechnet werden.

Die Wirkung der schwingenden Glocken auf ihre Lager und damit auf die Glockenfüße ist außer der Größe der Glocken von der Lage der Drehachse über dem Schwerpunkte abhängig.

Bei der gewöhnlichen Aufhängungsart liegt die Drehachse stets erheblich höher, als die Krone der Glocke, und zwar fand sich bei mehreren deshalb angefertigten Messungen der Abstand  $v$  (Fig. 58) zu  $1\frac{2}{3}$  Schlag oder, da 14 Schlag auf den Durchmesser gehen,  $v = 0,119 D$ .

Wird nun vom Eigengewichte der Achse, wie vom statischen und Trägheitsmomente derselben, welche augenscheinlich auf Verkleinerung der Centrifugalkraft und somit der Beanspruchung hinwirken, im Interesse der Sicherheit abgesehen, so ergibt sich für die Glocke allein der Abstand  $s$  des Schwingungspunktes  $C$  von der Drehachse  $A$

$$s = \frac{(u + v)^2 Q + \mathcal{F}}{Q(u + v)} = u + v + \frac{\mathcal{F}}{Q(u + v)},$$

oder in Zahlen

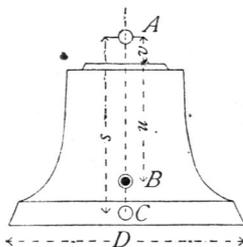


Fig. 58.

53.  
Kräfte-  
wirkungen  
der  
Glocken-  
schwingungen.

<sup>83)</sup> Eine solche ist in der »Deutschen Bauzeitung« 1870, S. 238 enthalten und in Klafen's »Handbuch der Hochbau-constructionen in Eisen« (Leipzig 1876), S. 230 auszugsweise wieder gegeben. Darin ist eine Glocke von 1 m Durchmesser zu 537 kg Gewicht veranschlagt.

$$s = (0,500045 + 0,119) D + \frac{0,10397 Q D^2}{Q (0,500045 + 0,119) D} = 0,787 D.$$

Unter Annahme eines bestimmten Auschlagwinkels und damit der Bogenhöhe  $h$  des vom Schwingungspunkte beschriebenen Weges ist die Schwingungszeit

$$t = \pi \sqrt{\frac{s}{g} \left[ 1 + \left(\frac{1}{2}\right)^2 \frac{h}{2s} + \left(\frac{1,3}{2,4}\right)^2 \left(\frac{h}{2s}\right)^2 + \dots \right]}.$$

Für die Ermittlung der Kräftewirkungen haben wir vom Abfande  $s$  des Schwingungspunktes von der Drehachse Gebrauch zu machen.

Es sei nun (Fig. 59) für eine beliebige Stelle der Schwerpunktsbahn die Fallhöhe  $x$ ; alsdann ist die auf Bewegung verwandte mechanische Arbeit (abgesehen von den passiven Widerständen) gleich der gewonnenen lebendigen Kraft. Somit besteht, wenn die Winkelgeschwindigkeit  $\omega$  ist und  $v + u = r$  gesetzt wird, die Gleichung

$$Q x = \frac{Q (\omega r)^2 + \mathcal{F} \omega^2}{2}$$

oder, da

$$\frac{Q r^2 + \mathcal{F}}{Q r} = s,$$

$$Q x = Q \frac{\omega^2}{2g} r s,$$

woraus

$$x = \frac{\omega^2}{2g} r s \quad \text{und} \quad \omega = \sqrt{\frac{2g x}{r s}}.$$

Nehmen wir nun an, daß der Schwerpunkt bei der höchsten Lage der Glocke sich um die Größe  $a$  über die Drehachse erhebt, dann ist die Fallhöhe beim Neigungswinkel  $\alpha$  gegen die Verticale

$$x = a + r \cos \alpha;$$

da ferner  $d\alpha = \omega dt$  gesetzt werden kann, so ist

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{g}{s} \sin \alpha.$$

Wird nun das Massenelement mit  $m$ , sein Abstand von der Drehachse mit  $\rho$ , seine Geschwindigkeit mit  $v$  bezeichnet, so ist die Centrifugalkraft  $c = \frac{m v^2}{\rho}$ , und, da  $v = \rho \omega$  ist,

$$c = m \rho \omega^2.$$

Dies ist das statische Moment des Elementes multiplicirt mit dem Quadrat der Winkelgeschwindigkeit; folglich ist für den ganzen Körper die Centrifugalkraft gleich

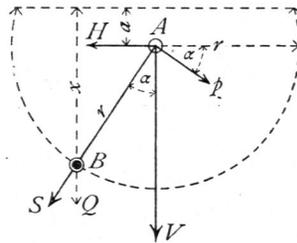
$$\frac{Q}{g} r \omega^2.$$

In derselben Richtung wirkt die nicht zur Hervorbringung von Beschleunigung thätige Componente des Glockengewichtes  $= Q \cos \alpha$ ; es ist somit die Spannung in der Pendellinie der Glocke

$$S = Q \left( \cos \alpha + \frac{r}{g} \omega^2 \right),$$

$$\text{oder, da } \omega^2 = \frac{2g x}{r s},$$

Fig. 59.



$$S = Q \left( \cos \alpha + \frac{2x}{s} \right).$$

Da wir es hier nicht mit einem mathematischen Pendel zu thun haben, so kann die Beschleunigung der Winkelbewegung nur zu Stande kommen unter gleichzeitiger Erzeugung eines Widerstandes  $p$  der Drehachse in rechtwinkliger Richtung zur Mittellinie; der Hebelsarm ist der Schwerpunktsabstand  $r$ , und es ergibt sich aus der Gleichsetzung von Arbeit und Kraft

$$p r \omega dt = \mathcal{F} \omega d\omega \quad \text{oder} \quad p r = \mathcal{F} \frac{d\omega}{dt}.$$

Setzt man nun für  $\frac{d\omega}{dt}$  den vorhin gefundenen Werth  $\left( \frac{d\omega}{dt} = \frac{g}{s} \sin \alpha \right)$  ein, so ist

$$p = \frac{\mathcal{F}}{r} \frac{g}{s} \sin \alpha.$$

Die Horizontalkraft der schwingenden Glocke ist nun

$$H = S \sin \alpha - p \cos \alpha,$$

oder, für  $S$  und  $p$  die gefundenen Werthe eingesetzt,

$$H = Q \left( \cos \alpha + \frac{2x}{s} \right) \sin \alpha - \frac{\mathcal{F}g}{rs} \sin \alpha \cos \alpha.$$

Eben so ist die Vertikalkraft

$$V = S \cos \alpha + p \sin \alpha = Q \left( \cos \alpha + \frac{2x}{s} \right) \cos \alpha + \frac{\mathcal{F}g}{rs} \sin \alpha^{284},$$

woraus für einen bestimmten Fall die Wirkungen einer schwingenden Glocke auf ihre Lager zu berechnen sind.

Beispiel. Es ist der größte Werth der Horizontalkraft für eine in gewöhnlicher Weise aufgehängte Glocke zu berechnen, wenn deren Mittellinie im äußersten Falle um 20 Grad über den Horizont sich erhebt.

Unter Zugrundelegung der oben angegebenen Zahlen, so wie unter Beachtung des Umstandes, daß

$$x = r (\sin 20^\circ + \cos \alpha) \quad \text{und} \quad r = (0,500045 + 0,119) D = 0,619045 D,$$

also  $r \sin 20^\circ = 0,619045 \cdot 0,34202 D = 0,211726 D$ , ist

$$H = Q \left[ \left( \cos \alpha + 2 \frac{0,211726 + 0,619045 \cos \alpha}{0,787} \right) \sin \alpha - \frac{0,10397}{0,619045 \cdot 0,787} \sin \alpha \cos \alpha \right]$$

oder

$$0,787 \frac{H}{Q} = 1,857138 \sin \alpha \cos \alpha + 0,423452 \sin \alpha.$$

Die Bedingung des Maximums für  $H$  ist somit

$$\cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha = 0,22801 \cos \alpha,$$

$$\cos \alpha = -0,057 + \sqrt{0,503249} = 0,6524,$$

woraus

$$\alpha = 49^\circ 16' 38''.$$

Der größte Werth der Horizontalkraft aber ist

$$\frac{H}{Q} = \frac{1,857138}{2} \sin 98^\circ 33' 16'' + 0,423452 \sin 49^\circ 16' 38'' = 1,562.$$

Die größte Horizontalkraft ist demnach etwa das  $1\frac{1}{2}$ -fache des Glockengewichtes, und es tritt deren Wirkung bei jeder Schwingung sowohl nach der einen, wie nach der anderen Bewegungsrichtung ein; der Thurm, wie der Glockenthrum werden demnach abwechselnd mit dieser Intensität in ganz kurzen Zwischenräumen bald nach der einen, bald nach der entgegengesetzten Richtung horizontal beansprucht.

<sup>84)</sup> Siehe *Keck's* abgekürzte Herleitung in: *Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover* 1872, S. 635.

Die grösste Vertikalkraft entteht bei Durchschreitung der Verticalen für  $\alpha = 0$ , und es beträgt Centrifugalkraft und Schwere zusammen

$$V = Q \left( 1 + \frac{2x}{s} \right),$$

$$\frac{V}{Q} = 1 + \frac{2 \cdot 1,34202 \cdot 0,619045}{0,787} = 3,10869.$$

Der grösste Verticaldruck ist demnach etwas grösser, als das 3-fache der ruhenden Glockenlast.

Die Schwingungsdauer findet sich, da  $h = s(1 + \sin 20^\circ) = 1,34302 s$ , zu

$$t = \pi \sqrt{\frac{s}{g} \left[ 1 + \left( \frac{1}{2} \right)^2 \frac{1,34202}{2} + \left( \frac{3}{2 \cdot 4} \right)^2 \left( \frac{1,34202}{2} \right)^2 \right]} = \pi \sqrt{\frac{s}{g} 1,2308},$$

und, da  $s = 0,787 D$ , so ergibt sich

$$t = \pi \sqrt{\frac{D}{g} 0,96864},$$

d. h. also: Man kann bei in gewöhnlicher Weise aufgehängten Glocken, die bis zu 20 Grad über den Horizont geschwungen werden, als Schwingungsdauer diejenige eines mathematischen Pendels von einer Länge gleich 0,97 des grössten Glockendurchmessers annehmen.

Die bedeutende Centrifugalkraft, welche bei dem Schwingen der Glocken entteht, ist selbstverständlich Urfache eines grossen Reibungswiderstandes, sobald man gewöhnliche Zapfen von cylindrischer Form verwendet, welche in einem cylindrischen Lager sich bewegen. Um nun die Reibung und damit die zum Läuten aufzuwendende Arbeit zu vermindern, hat man verschiedene Anordnungen getroffen.

Eine der einfachsten dieser Anordnungen, welche u. A. bei dem Geläute im Katharinen-Thurme zu Osnabrück zur Anwendung gekommen ist, zeigt Fig. 60.

Der Zapfen von 28mm Halbmesser ist an der Auflagerstelle nach einem Halbmesser von nur 6mm abgerundet und dadurch nahezu dieselbe Wirkung erzielt, als wenn man eine Schneide angewandt hätte, zumal da in Folge des grösseren Halbmessers des Lagers auf dem grössten Theile des Glockenweges ein Gleiten des Zapfens überall nicht eintritt. Dafs die beiden Aushöhlungen des Zapfens in Verbindung mit der entsprechenden Form des Lagers geeignet sind, die Glocke bei hohem Schwingen an dem Verlassen des Lagers zu hindern, bedarf lediglich des Hinweises.

Anders ist die von *Collier* in Berlin angegebene, vielfach und mit gutem Erfolge ausgeführte Anordnung, bei welcher nicht Gleit-, sondern Rollbewegung des Zapfens stattfindet.

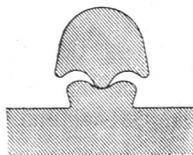
Der (mittels Haken eingesetzte) Zapfen ruht auf einer ebenen Gufsplatte, die in der Mitte ihres äusseren Randes einen Zahn trägt, über den eine Nuth im Zapfende fafst, wodurch die wälzende Bewegung begrenzt und ein Ausgleiten des Zapfens verhindert wird.

Man hat zu dem gleichen Zwecke der Verminderung der Reibung auch Frictionscheiben, auf deren convexer Aufsenseite der Zapfen sich bewegt, zur Anwendung gebracht, neuerdings aber mit grossem Vortheile auf Schneiden gehängte Stahlbügel angewandt, welche als Sectoren von hohlen Frictionscheiben angesehen werden können, auf deren concaver Seite der Zapfen sich bewegt.

Diese Construction ist zuerst bei den Bochumer Stahlglocken zur Anwendung gekommen, und wir geben in Fig. 61 eine Abbildung derselben.

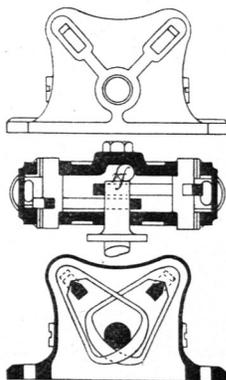
54.  
Verminderung  
der Zapfen-  
reibung.

Fig. 60.



Offenes Zapfenlager.  
1 $\frac{1}{2}$  n. Gr.

Fig. 61.



Bochumer Glockenlager<sup>85)</sup>.

<sup>85)</sup> Nach: Deutsche Bauz. 1871, S. 125 und: Prospect des Bochumer Vereins für Bergbau und Gußstahlfabrikation.

Zur Erläuterung derselben ist nur zu bemerken, daß das Gehäuse aus Gufseifen besteht, alle übrigen Theile aus Stahl hergestellt sind und die Kugel  $f$  lediglich den Zweck der Verhinderung einer Bewegung der Achse in der Längsrichtung hat.

55.  
Pozdech's  
Glocken-  
Armierung.

Selbstverständlich kann die Verminderung der Zapfenreibung der Glocken nur dazu dienen, die beim Läuten aufzuwendende mechanische Arbeit herabzumindern. Die neueren Aufhängungsmethoden von *Pozdech* und von *Ritter* haben nun außer

der Verminderung der Arbeit des Läutens noch den Zweck, die Kräftewirkungen auf den Glockenstuhl und damit auf den Thurm möglichst herabzumindern, so wie ferner den Raum, welchen die Glocke zum Schwingen braucht, zu verkleinern, fomit die Unterbringung der Glocken zu erleichtern.

Von einer Glocke mit der *Pozdech'schen* Einrichtung geben wir in Fig. 62 eine perspectivische Abbildung, in welcher zugleich der Achsenschnitt (Rippe), Form und Aufhängung des Klöppels und die beiden zur Anbringung der Zugseile bestimmten Hebel zu erkennen sind.

Wie aus dieser Abbildung zu entnehmen, liegen die Stützpunkte der im Kirchthurme zu Friedrichstadt-Dresden befindlichen Glocke (die Schneiden der meißelartigen Anätze des Glockenhelmes) nicht über, sondern

unter dem Glockenscheitel, mithin dem Schwerpunkte der Glocke bedeutend näher, als bei der gewöhnlichen Aufhängung. Das Ergebniss der angestellten Messungen — genaue Angaben waren nicht zu erhalten — ist in Fig. 63 schematisch wiedergegeben.

Man kann die Schwere des Helmes, einschließlic des Gegengewichtes, zu  $\frac{1}{4}$  des Glockengewichtes und dessen Schwerpunktsabstand über dem Glockenscheitel zu  $\frac{1}{4}$  des unteren Durchmessers annehmen, während die Drehachse um  $0,15$  des unteren Durchmessers unter dem Glockenscheitel liegt. Wird nun auf das (verhältnißmäfsig kleine) Trägheitsmoment des Helmes sammt Gegengewicht um dessen eigene Schwerlinie keine Rücksicht genommen, dann ist der Abstand des Schwerpunktes  $B$  vom Glockenscheitel für die ganze schwingende Masse

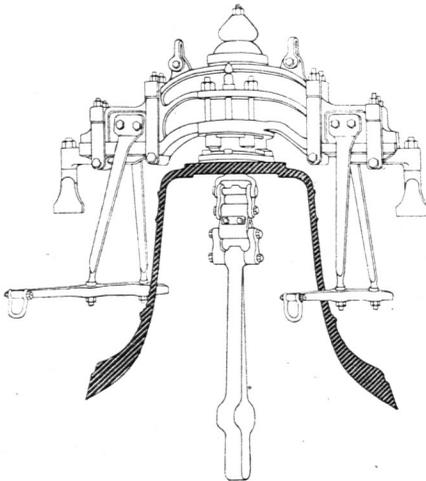
$$r_1 = \frac{Q \cdot 0,500045 - \frac{1}{4} Q \cdot 0,25}{Q + \frac{Q}{4}} D = 0,35004 D.$$

Das Trägheitsmoment des Ganzen um die Schwerpunktsachse ist, da die Verschiebung des Schwerpunktes durch das Gegengewicht  $(0,500045 - 0,35004) D = 0,15 D$  beträgt, gleich

$$\mathcal{I} + \left(0,15^2 Q + 0,6^2 \frac{Q}{4}\right) D^2,$$

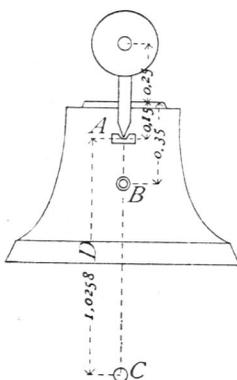
und, da  $\mathcal{I} = 0,10397 Q D^2$ , gleich  $0,21647 Q D^2$ .

Fig. 62.



Pozdech'sche Glocken-Armierung.

Fig. 63.



Die Schwingungsachse liegt  $0,15 D$  unter dem Glockenscheitel, mithin in einem Abstände von  $AB = 0,35 - 0,15 = 0,2 D$  über dem Schwerpunkte.

Es ist daher das Trägheitsmoment des Ganzen in Bezug auf die Schwingungsachse

$$\mathcal{I}^1 = 0,21647 Q D^2 + 0,2^2 Q D^2 = 0,25647 Q D^2.$$

Das statische Moment ist

$$\frac{5}{4} Q r_1 = \frac{5}{4} Q \cdot 0,2 D = 0,25 Q D,$$

somit der Abstand  $s$  des Schwingungspunktes von der Achse

$$s = \frac{0,25647}{0,25 Q D} Q D^2 = 1,02588 D.$$

Der Ausschlagwinkel der Glocken ist meist 50 Grad und äußersten Falles zu etwa 78 Grad anzunehmen. Hieraus ergibt sich die größte Fallhöhe für einen beliebigen Punkt der Schwerpunktsbahn, zu

$$x = r_1 (\cos \alpha - \cos 78^\circ),$$

und die Horizontalkraft bei einem Neigungswinkel  $\alpha$  gegen die Verticale, wenn  $Q$  das Gewicht der eigentlichen Glocke darstellt, zu

$$H = \frac{5}{4} Q \left[ \cos \alpha + \frac{2 \cdot 0,2}{1,02588} (\cos \alpha - 0,20791) \right] \sin \alpha - \frac{0,21647 Q}{0,2 \cdot 1,02588} \sin \alpha \cos \alpha,$$

$$\frac{H}{Q} = 0,682 \sin \alpha \cos \alpha - 0,101332 \sin \alpha.$$

Dieser Ausdruck gibt ein Maximum für

$$\sin \alpha = -0,03715 + \sqrt{0,501380} = 0,67093;$$

es ist daher

$$\alpha = 42^\circ 8' 20'',$$

und für diese Stellung der Glocke

$$\frac{H}{Q} = \frac{0,682}{2} \sin 84^\circ 16' 40'' - 0,101332 \sin 42^\circ 8' 20'' = 0,271316.$$

Die größte Horizontalkraft ist also nur  $\frac{3}{11}$  des Glockengewichtes oder etwa  $\frac{1}{6}$  ( $= \frac{0,271316}{1,562}$ ) derjenigen, die beim Läuten einer in gewöhnlicher Weise aufgehängten Glocke auf Verschiebung des Glockenstuhles zur Wirkung kommt.

Die größte Vertikalkraft ergibt sich für  $\alpha = 0$  zu

$$V = \frac{5}{4} Q \left( 1 + \frac{2x}{s} \right),$$

$$\frac{V}{Q} = \frac{5}{4} \left( 1 + 2 \cdot 0,2 \frac{1 - 0,20791}{1,02588} \right) = 1,55727.$$

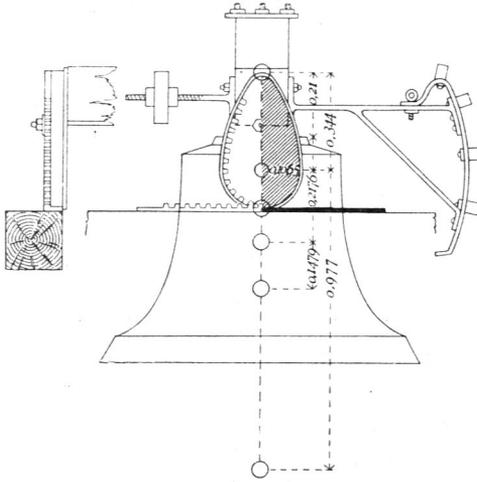
Da das Gesamtgewicht der Glocke incl. der Armatur  $\frac{5}{4} Q$  beträgt, so kommt auf die Centrifugalkraft nur etwa  $\frac{1}{4}$  des Gewichtes.

Die Ritter'sche Methode der Glocken-Aufhängung besteht darin, daß statt eines Zapfens, wie bei der gewöhnlichen, oder einer Schneide, wie bei der *Pozdech'schen* Aufhängung, eine Scheibe, welche auf einer horizontalen Ebene rollt und zur Verhütung allfälligen Gleitens seitlich mit Zähnen versehen ist, zur Anwendung kommt.

Wie Fig. 64 u. 65 zeigen, haben die Scheiben zwar eine ovale Form; allein es kommt auch beim stärksten Läuten nicht einmal der untere halbkreisförmige Theil, sondern davon nur höchstens etwa der Bogen von 156 Grad zum Abrollen, indem der größte Ausschlag, etwa wie bei der *Pozdech'schen* Aufhängung, 78 Grad

Fig. 64.

Ansicht.



Ritter's Glocken-Aufhängung.

Fig. 65.

Schnitt.

beträgt. Es beschreibt mithin jeder Punkt des ganzen Systemes beim Schwingen eine Cycloide, und diese Cycloiden sind für alle Punkte, welche über den Umfang der Scheibe hinausliegen, verschlungene.

Die Schwingungsdauer eines Pendels dieser Zusammenfassung ist von Euler für kleine Ausschlagwinkel berechnet und in Jullien's »*Problèmes de mécanique rationnelle*« (Paris 1855), Bd. 2, S. 65 abgeleitet.

Für die Verhältnisse, wie sie bei einer nach Ritter's System aufgehängten Glocke bestehen, nämlich mächtig große Ausschlagwinkel, einen verhältnismäßig kleinen Scheiben-Radius und ein großes Trägheitsmoment der Masse um ihren eigenen Schwerpunkt, kann man einfach die Scheibenmittelpunkte als feste Endpunkte der

Drehachse betrachten, und es stimmen mindestens die über die Schwingungsdauer bei dem Geläute in Werdau, welches im Jahre 1867 nach Ritter's System hergerichtet wurde, vom Verfasser gemachten Beobachtungen mit dieser Annahme überein.

Dieser Gegenstand wird bei der in Art. 61 vorzuführenden Beschreibung des Werdauer Geläutes noch weiter verfolgt werden.

### b) Beschreibung einiger Glockenstuhl-Constructionen.

Im Thurme der Katharinen-Kirche zu Osnabrück war statt eines alten, durch Brand zerstörten ein neues Geläute von 4 Glocken, deren größte ( $H$ ) 2320 kg wiegt, aufzustellen. Da es in Anbetracht der großen Mauerwerksmaße des Thurmes nicht geboten erschien, die in der Höhe des Kirchendaches aufzuhängenden Glocken durch einen hohen Stuhl zu stützen, so war bloß ein Gebälk herzustellen, welches in dem Thurmmauerwerk in der angegebenen Höhe seine Auflagerung erhielt. Auch von der Anwendung der *Pozdech'schen* oder *Ritter'schen* Aufhängungsweise wurde abgesehen, weil der Thurm, der das alte Geläute Jahrhunderte lang ohne Schädigung getragen, mehr als genügende Stabilität besitzt, um den beim Läuten entstehenden Kräften widerstehen zu können, und weil man bei der gewöhnlichen Aufhängung stärkere Tonwirkungen erwartete.

Das Mauerwerk zeigt (Fig. 66) an zwei einander gegenüber liegenden Seiten einen Absatz, auf den die Hauptträger gestützt sind, während eine Auflagerung der Enden der Querträger bei der Stärkenberechnung nicht berücksichtigt, bei der Ausführung aber, und gewiß mit großem Vortheil für die gleichmäßige Vertheilung der Kräfte auf das Mauerwerk, an den drei mittleren durch Einstecken in die Mauern hergestellt wurde.

Die (im Ganzen 5) durchgehenden Querträger haben zunächst den Hauptträgern die nöthige Stabilität gegen Seitenchwankungen zu gewähren, demnächst zur Vertheilung der Pressungen und damit zur Verminderung der Schwankungen zu dienen, wobei die Wirkung der Trägheit des ganzen Gebälkes gegenüber jeder durch das Läuten entstehenden schiebenden und biegenden Kraft mit zu Nutze kommt.

Die Hauptträger sind Fachwerkträger von 1,75 m Höhe; die Querträger sind mit 1,50 m Höhe so viel niedriger als die Hauptträger, daß sie durch letztere mit ununterbrochenen Gurtungen haben durchgesteckt

werden können. Die Knotenpunkte sind an den Durchdringungsstellen der Träger, so wie an den Auflagerstellen der Glocken-Drehachsen angenommen, woraus für den Mittelträger sich die in Fig. 68 dargestellte Anordnung ergab. Die Querträger haben nur eine einfache Dreiecksverbindung erhalten, da solche für ihren Zweck genügt. Es ist außer den Knotenblechen ausschließlich Winkleisen zur Anwendung gekommen und bei der Berechnung der Eisenstärken eine Beanspruchung von 600 bis 700 kg pro 1 qm für die gleichzeitige Maximalwirkung aller 4 Glocken zu Grunde gelegt. Dagegen sind die Nieten, welche warm eingezogen worden sind, in Rücksicht auf den häufigen und raschen Wechsel in der Beanspruchung nur mit 375 kg pro 1 qm berechnet, und es ist in dieser Weise mit dem bloßen Reibungswiderstand derselben, den man bekanntlich auf 750 kg pro 1 qm schätzt, mit Sicherheit auszukommen. Um dies zu erreichen, sind die Enden der Diagonalen gabelförmig hergerichtet, so dass sie die Knotenbleche umfassen, wobei verkröpfte Flacheisen zur Anwendung gekommen sind, wie dies Fig. 67 erkennen lässt. Das Gewicht des ganzen Gebälkes ist bei einer Grundfläche von 132 qm gleich 12 719,5 kg an Schmiedeeisen, also pro 1 qm gleich 96,4 kg; die gesammten Kosten, mit 450 Mark Einheitspreis pro Tonne, haben 6386 Mark incl. Anfrich etc. betragen.

Das Gebälk ist unter Freilassung des Raumes für die Glocken mit einem hölzernen Fußboden abgedeckt. Das Project zu der Restauration der Kirche und des Thurmes ist von Baurath *Strüve* in Berlin, zum Glockenstuhl vom Verfasser dieses aufgestellt; die Bauleitung hatte Architekt *Dreyer* in Osnabrück; das Glockengebälk ist von der Firma *Ruetz & Co.* in Rothe Erde bei Aachen geliefert und seit 1871 in Gebrauch<sup>86)</sup>.

Fig. 67.

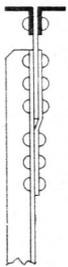
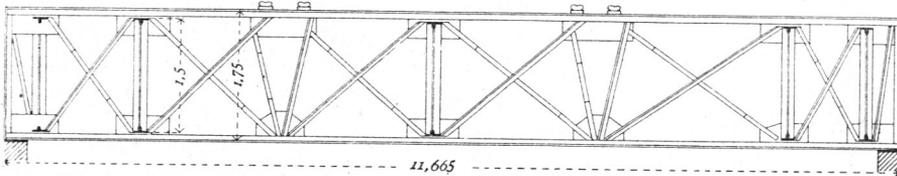


Fig. 68.

Mittelträger. — 1/100 n. Gr.



Glocken-Gebälk der Katharinen-Kirche zu Osnabrück.

Der auf dem Kirchthurm zu Neuenkirchen bei Osnabrück 1876 ausgeführte Glockenstuhl (Fig. 69 bis 72) hat gleichfalls für ein in gewöhnlicher Weise aufgehängtes, fomit den Stuhl stark beanspruchendes Geläute zu dienen, ist aber im Uebrigen ein Bockgerüst, welches in 3 m Höhe über dem Fusse die Lager der Glocken trägt.

Die Glocken geben die ersten drei Töne der *D-dur*-Scala (*D*, *E* und *Fis*) und wiegen 1350 kg = *D*, 950 kg = *E* und 638 kg = *Fis*. Unter Bezugnahme auf die Berechnung in Art. 53 (S. 52) erfolgt die größte Horizontalwirkung unter der Annahme eines Ausschlages von 110 Grad zu jeder Seite der Verticalen oder um 20 Grad über den Horizont hinaus bei der Stellung von 49° 16' 38" gegen die Verticale und hat den Werth  $H = 1,562 Q$ , und da  $Q = 1350 + 950 + 638 = 2938$  kg, so ist

$$H = 4589 \text{ kg.}$$

<sup>86)</sup> Vergl. *Strüve*. Wiederaufbau der St. Katharinen-Kirche zu Osnabrück im Jahre 1880. *Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover* 1882, S. 21.

58.  
Kirche  
zu  
Neuenkirchen.

Der gleichzeitig stattfindende Verticaldruck auf das Glockenlager ist

$$V = Q \left( \cos \alpha + \frac{2x}{s} \right) \cos \alpha + \frac{\mathcal{F}g}{rs} \sin^2 \alpha$$

oder in Zahlen

$$\frac{V}{Q} = \left( 0,6524 + 2 \frac{0,211726 + 0,619045 \cdot 0,6524}{0,787} \right) 0,6524 + \frac{0,10397}{0,619045 \cdot 0,787} \cdot 0,57434,$$

$$\frac{V}{Q} = 1,44624 + 0,12257 = 1,56881,$$

oder  $V = 1,56881 Q = 1,56881 \cdot 2938 = 4609 \text{ kg.}$

Der Winkel der Resultante mit der Verticalen findet sich daher aus der Beziehung

$$\text{tg } \beta = \frac{4589}{4609} = 0,99562, \text{ woraus } \beta = 44^\circ 52' 4''^{87)}$$

oder rund 45 Grad, während die Resultante den Werth von rund

$$\sqrt{2} \cdot 1,565 Q = 2,207 Q$$

annimmt.

Man kann daher bei der Berechnung von Stühlen für in gewöhnlicher Weise aufgehängte Glocken, die bis zu 20 Grad über den Horizont schwingen, für den Augenblick des grössten Horizontalzuges die Kräfte resultante unter 45 Grad gerichtet und die Grösse derselben zu  $2\frac{1}{5}$  des Gewichtes der schwingenden Maffen annehmen.

Da der Glockenstuhl eine Breite am Fusse von 5,43 m besitzt, während das Lager 3 m hoch liegt, so

fällt die um 45 Grad geneigte Resultante um  $3 - \frac{5,43}{2}$

= 0,285 m außerhalb des Fusses des Glockenstuhles. Es bleibt indeffen der Schwerpunkt des letzteren noch innerhalb seiner Basis, wie aus Folgendem hervorgeht.

Bei dem Verticaldruck der schwingenden Glocken von 4609 kg und dem Eigengewichte des Glockenstuhles von 2400 kg (2392 kg) fällt der Schwerpunkt in dem Augenblicke gleichzeitiger stärkster Horizontalwirkung aller Glocken von 4589 kg um

$$x = \frac{4589 \cdot 3}{4609 + 2400} = 1,964 \text{ m}$$

aus der Mitte, bleibt also noch um

$$2,715 - 1,964 = 0,751 \text{ m}$$

vom Rande des Glockenstuhles entfernt, so dass auch ohne Befestigung ein Kippen nicht eintreten kann. Die Tangente des Winkels der Richtung der Gesamtpfeffung mit der Verticalen ist

$$\frac{1,964}{3} = 0,655,$$

der Winkel also  $33^\circ 13\frac{1}{2}'$ , entsprechend etwa der Reibung der Ruhe von Eifen auf Holz, so dass der Glockenstuhl ohne weitere Befestigung gegen das Gleiten gesichert ist.

Was nun die Festigkeit des Gerüstes anlangt, so hat der Binder zwischen der grössten und der mittleren Glocke am meisten auszuhalten; die Last beider Glockenhälften ist

$$\frac{950 + 1350}{2} = 1150 \text{ kg;}$$

die Horizontalwirkung der gleichzeitig schwingenden Glocken ist daher *in maximo*

$$H = 1,562 \cdot 1150 = 1796 \text{ kg.}$$

<sup>87)</sup> Die Abweichung dieses Resultantenwinkels  $\beta$  von  $\alpha$  rührt, wie leicht ersichtlich, von der Seitenkraft  $p$  (siehe Art. 53 und Fig. 59) her.

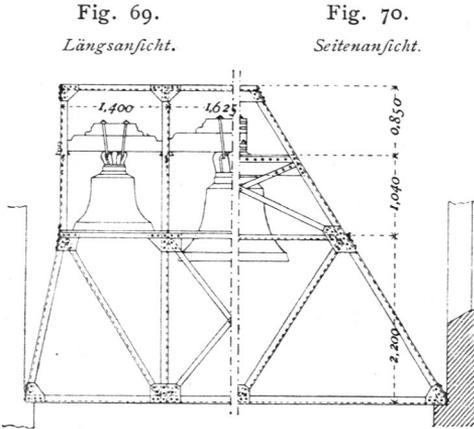


Fig. 69.

Längsansicht.

Fig. 70.

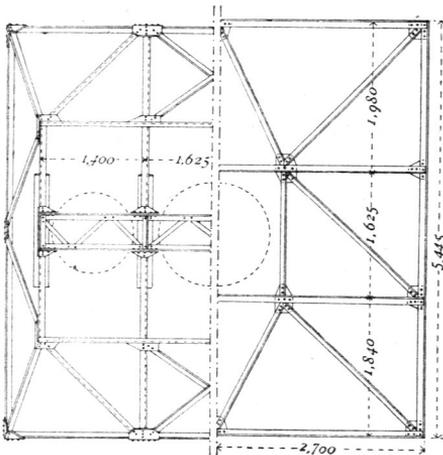
Seitenansicht.

Fig. 71.

Ansicht von oben.

Fig. 72.

Grundriss.



Glockenstuhl zu Neuenkirchen.

$\frac{1}{100}$  n. Gr.

Als Verticalkräfte haben wir zunächst die Componente des Glockendruckes

$$\begin{array}{r} V = 1,56881 \cdot 1150 = 1804 \text{ kg,} \\ \text{dazu } \frac{1}{4} \text{ des Eigengewichtes des Glockenstuhles } 600 \text{ kg,} \\ \hline \text{zusammen } 2404 \text{ kg.} \end{array}$$

Die Resultante der senkrecht zu einander wirkenden Kräfte fällt noch um  $2,715 - \frac{3 \cdot 1796}{2404} = 0,475 \text{ m}$  innerhalb des Fußes des zur Zeit betrachteten Gefässes des Glockenstuhles; es kommen demnach von dem Gesamtdruck  $= \sqrt{1795^2 + 2404^2} = 3000 \text{ kg}$ , welcher Druck nahezu parallel dem Sparren wirkt, auf letzteren

$$3000 \frac{5,43 - 0,475}{5,43} = 2740 \text{ kg.}$$

Der Sparren, aus Winkeleisen von 90 mm Schenkellänge und 16 qcm Querschnitt bestehend, erhält somit eine Pfeifung von  $\frac{2740}{16} = 171 \text{ kg pro 1 qcm}$ .

Die Knickfestigkeit wurde nach der Formel (Gleichung 148. in Theil I, Bd. 1, S. 312)

$$P = \frac{K F \mathcal{F}}{\mathcal{F} + \alpha F l^2}$$

berechnet, worin hier  $K = 2,8 \text{ t pro 1 qcm}$ ,  $F = 16 \text{ qcm}$ ,  $\mathcal{F} = 130,43$ ,  $l = 220 \text{ cm}$  und  $\alpha = 0,000044$  zu setzen ist, so dass

$$P = \frac{2,8 \cdot 16}{l + 0,000044 \frac{220^2 \cdot 16}{130,43}} = 35,5 \text{ Tonnen;}$$

die Knickfestigkeit wird demnach zu nur  $\frac{2740}{35500} = \frac{1}{13}$  ausgenutzt, oder es ist in der äußersten am meisten gedrückten Fafer eine Beanspruchung von  $\frac{2800}{13} = 215 \text{ kg}$ .

Es ist mithin reichliche Sicherheit vorhanden, und es würde das gewählte Winkeleisen-Profil bei den vorliegenden Längenverhältnissen auch noch für doppelt so schwere Glocken genügen.

Die in etwa halber Höhe angebrachte feitliche Gurtung, aus Winkeleisen von 65 mm Schenkellänge und 12 qcm Querschnitt bestehend, bildet nun im Verein mit den zwischen ihr und dem unteren Rahmen als unterer Gurtung angebrachten Diagonalen einen Balken von 2,2 m Höhe und 5,43 m Länge, genügend steif, um jede Deformation des Stuhles auch dann zu verhüten, wenn etwa bloß die 4 Ecken das Mauerwerk berühren sollten, für welchen Fall sich eine Gurtungsspannung, bezw. Pfeifung (wie aus der Zeichnung leicht zu entnehmen) von  $\frac{4200 \cdot 2 - 1200 \cdot 0,4}{2,2} = 3600 \text{ kg}$  oder bei 12 qcm Querschnitt von 300 kg pro 1 qcm einstellt.

Zur Uebertragung der horizontalen Kräfte auf die 4 Ecken oder auch auf die Mittelpunkte der parallel zur Schwingungsrichtung liegenden Endrahmen ist auch noch eine Horizontalverstrebung angebracht, mit deren Hilfe das Fachwerksystem Fig. 72 gebildet wird. Da es sich bei diesen Theilen lediglich um die Horizontalkräfte handelt, so ist deren Beanspruchung noch geringer, als bei den Sparren und den Mittelgurtungen. Zur Minderung der Schwingungsbewegungen ist auf dem Glockenstuhle noch die aus Fig. 71 ersichtliche Umrahmung angebracht und mit Vergitterung versehen.

Der Glockenstuhl ist von der Georgs-Marien-Hütte bei Osnabrück 1876 angefertigt und hat bei 2,4 t Gewicht einchl. Aufstellung und Anstrich 1390 Mark gekostet, während für einen solchen aus Eichenholz 1700 Mark gefordert worden waren. Nach einer Mittheilung des Herrn Architekten H. Dreyer in Osnabrück, unter dessen Leitung die Arbeit ausgeführt wurde, hat sich die Construction als vollkommen fest erwiesen. Auf das Quadratmeter des Grundrisses des Lichtraumes des Thurmes kommen vom Glockenstuhle  $\frac{2400}{29,48} = 81,4 \text{ kg}$ .

Der verhältnismäßig hohe Einheitspreis pro Tonne der hier bis jetzt beschriebenen beiden Glockenstühle ist darin begründet, dass dieselben für die vorliegenden besonderen Fälle projectirt und durchweg mit warm eingezogenen Nieten zusammengesetzt worden sind, welche Arbeiten bei der Geringfügigkeit des Gesamtgewichtes im Vergleich etwa zu eisernen Brücken und der Schwierigkeit der Aus-

führung, so wie der damit verbundenen Transporte etc. die Steigerung des Einheitspreises erklärlich machen. Dafs übrigens die Vernietung allein geeignet ist, die grösstmögliche Festigkeit der Verbindungen und damit die für die Erhaltung der Kirchthürme so wünschenswerthe Steifigkeit der Glockenstühle dauernd sicher zu stellen, dürfte wohl nicht zu befechten und daher die Anwendung von Nietten statt der auch wohl verwandten Schraubenbolzen ungeachtet der etwas höheren Kosten dringend zu befürworten sein.

Eine für eiserne Glockenstühle vielfach gewählte Anordnung geben wir in Fig. 73 bis 76, welche den vom Glockengießer *Grofse* für die Johannis-Kirche zu Dresden gleichzeitig mit dem Geläute selbst gelieferten Glockenstuhl darstellen.

Hier sind gewalzte I-Träger, welche in den Umfassungsmauern ruhen, kreuzweise über einander zur

Unterstützung der 4 Böcke oder Gespärre zur Anwendung gekommen. Die U-förmig gewalzten Lagerbalken werden durch Streben aus Winkelleisen gestützt; eben so sind die Rahmen selbst aus doppelten Winkelleisen hergestellt und oben durch eine horizontale Einrahmung mit Winkelleisen, zwischen welchen sich Flacheisen-Diagonalen befinden, verbunden und gegenseitig abgesteift. Ausserdem sind in der Fläche der Rahmen fächerartige Verbindungen theils aus Winkel-, theils aus Flacheisen hergestellt, während endlich noch eine eben solche Verbindung zwischen je zwei benachbarten Böcken besteht. Es sind ausschliesslich Schraubenbolzen verwandt.

Wie aus der Höhenlage der Lagerbalken zu den Glocken aus den Fig. 73 u. 74 zu entnehmen ist, sind die Glocken nach dem *Pozdech'schen* Systeme, jedoch unter Beibehaltung der gewöhnlichen Anordnung der Armatur (Holz mit Eifenbeschlag) aufgehängt. Die grösste dieser Glocken *B* ist 1853 kg schwer, während die Armatur 600 kg wiegt. Der Glockendurchmesser ist 1,57 m. Die Drehachse (Schneiden der stützenden Meissel) liegt 56 mm oder 0,036 *D* unter dem Glockenscheitel, also bedeutend weniger, als bei der in Fig. 62 dargestellten *Pozdech'schen* Anordnung. Der Glocken-Schwerpunkt liegt unter dem Scheitel 0,700045 *D*, mithin unter der Drehachse 0,464 *D*, während der Schwerpunkt der Armatur 0,33 *D* über der Drehachse sich befindet.

Unter Benutzung der mehrfach aufgeführten Ziffer des Trägheitsmomentes der Glocke berechnet sich aus diesen Angaben der Schwingungshalbmesser  $s = 0,993 D$ ; derselbe ist also um etwa 3 Procent kleiner, als der bei der originalen *Pozdech'schen* Construction.

Für ganz kleine Schwingungen resultirt hieraus eine Schwingungsdauer von

$$t = \pi \sqrt{\frac{s}{g}} = 3,14 \sqrt{\frac{0,993 \cdot 1,57}{9,81}},$$

$$t = 1,24658 \text{ Sekunden}$$

oder 48,1 Schläge in der Minute.

59.  
Johannis-  
Kirche  
in Dresden.

Fig. 73.  
Seitenansicht.

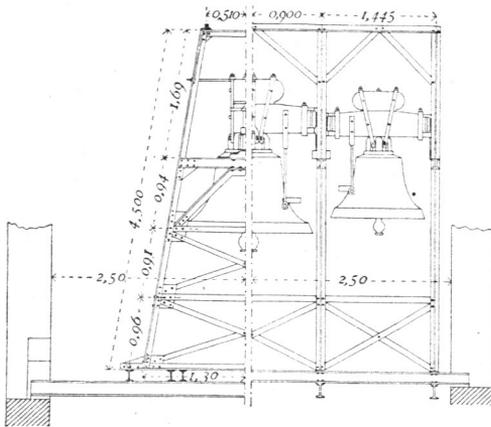


Fig. 74.  
Längsansicht.

Fig. 75.  
Grundriss.

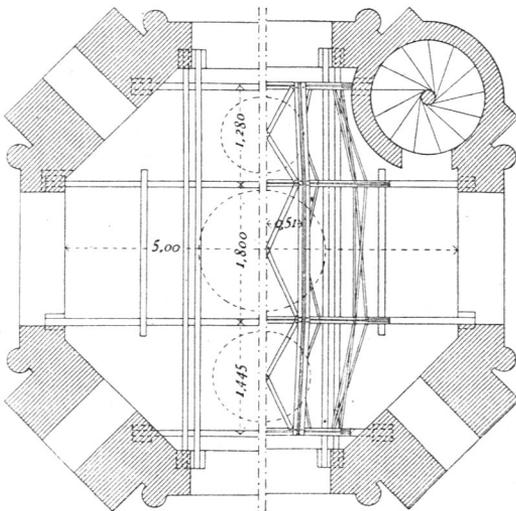


Fig. 76.  
Ansicht von oben.

Glockenstuhl der Johannis-Kirche zu Dresden.

1/100 n. Gr.

Beim größten Ausschlage von 78 Grad ergibt sich die Fallhöhe  $h = 0,79$  s; daher ist

$$t_1 = t \sqrt{1 + \frac{1}{4} \frac{0,79}{2}} = 1,3067898 \text{ Sekunden}$$

oder 45,9 Schwingungen in der Minute, während 48 und 46 Schwingungen in der Minute beobachtet worden sind.

Das Gewicht des Glockenstuhles beträgt 2088 kg; dazu kommen 957 kg Gewicht der I-Träger, was zusammen 3045 kg oder 122 kg pro 1 qm ergibt.

Ein ganz ähnlicher Glockenstuhl ist von Stadtbaurath *Friedrich* für die Friedrichstädter Kirche zu Dresden in einem achteckigen Raume von 4 m Mittelbreite und Länge construirt.

60.  
Kirche  
zu Friedrich-  
stadt-Dresden.

Derfelbe trägt 3 Glocken, deren größte 1425 kg wiegt und die nach *Pozdech's* System aufgehängt sind. Diefer Glockenstuhl, gleichfalls auf I-Trägern ruhend, wiegt 2325 kg, also pro 1 qm 145 kg. An diesem Stuhle sind übrigens die sämtlichen Constructionstheile durch Nieten mit einander verbunden.

Wie bereits in Art. 56 (S. 56) gefagt wurde, ist das Geläute zu Werdau im Jahre 1867 nach *Ritter's* System ausgeführt worden.

61.  
Kirche  
zu  
Werdau.

Es wiegt die größte der Glocken im Werdauer Kirchthurm . . . . .	2283 kg,
die Armatur . . . . .	ca. 600 kg,
der untere Glockendurchmesser $D$ ist . . . . .	1,64 m,
der Schwerpunkt der Armatur liegt über dem Glockenscheitel $0,345$ m =	$0,21 D$ ,
der Schwerpunkt der Glocke liegt unter Scheitel . . . . .	$0,500045 D$ ,
die Lagerfläche der Glocke liegt unter Scheitel . . . . .	$0,241 D$ ,
der Scheibenhalbmesser ist . . . . .	$0,175$ m = $0,1065 D$ .
Es liegt somit der Schwerpunkt des ganzen schwingenden Körpers über dem Schwerpunkte der Glocke allein . . . . .	$0,1479 D$ ;
der Abstand des Scheibenmittelpunktes vom gemeinschaftlichen Schwerpunkte ist . . . . .	$0,2176 D$ .

Das Trägheitsmoment der Masse in Bezug auf den gemeinschaftlichen Schwerpunkt ist

$$\mathcal{I}_1 = Q D^2 \left( 0,10397 + 0,1479^2 + \frac{600}{2283} 0,5621^2 \right) = 0,20894 Q D^2,$$

oder, wenn man die ganze Masse mit  $Q_1$  bezeichnet,

$$\mathcal{I}_1 = 0,1654 D^2 Q_1.$$

Es ist somit das Trägheitsmoment in Bezug auf die durch die Kreismittelpunkte gehende Achse

$$\mathcal{I}_a = Q_1 D^2 (0,1654 + 0,2176^2) = 0,2127 Q_1 D^2;$$

das statische Moment ist in Bezug auf dieselbe Achse

$$M_a = 0,2176 Q_1 D;$$

folglich ist der Abstand des Schwingungspunktes

$$s = \frac{\mathcal{I}_a}{M_a} = \frac{0,2127}{0,2176} D = 0,977 D,$$

oder, da  $D = 1,64$  m ist,

$$s = 1,60228 \text{ m.}$$

Die zur Berechnung der Schwingungsdauer zu ermittelnde Höhe des Schwingungsbogens  $h$  ist bei einem Auschlagwinkel von 78 Grad

$$h = s (1 - \cos 78^\circ) = 0,79209 s.$$

Hieraus berechnet sich unter Benutzung der Gleichung

$$t = \pi \sqrt{\frac{s}{g} \left( 1 + \frac{1}{8} \frac{h}{s} + \frac{9}{256} \frac{h^2}{s} \right)}$$

die Schwingungsdauer  $t = 1,3468$  Sekunden, entsprechend 44,57 Schwingungen. Beobachtet wurden 44 Schwingungen. Für ganz kleine Schwingungen ist  $h = 0$ , und dann ist

$$t = \pi \sqrt{\frac{s}{g}} = 1,2713 \text{ Sekunden}$$

oder pro Minute 47,2 Schwingungen, während 47 Schwingungen beobachtet wurden.

Die Beobachtung des Geläutes in Werdau ergab ein fast vollständiges Stillhängen der Klöppel und in Folge dessen ein heftiges Anschlagen der Glocken an die Klöppel und geringen Winkelabstand von der

Verticalen, wofelbst die Geschwindigkeit am größten ist. Dafs das Anschlagen in der That kräftig vor sich ging, ergab der Augenschein, und daneben lassen die Klöppel, welche in gewöhnlicher Weise mit kugelförmiger Verdickung aus Schmiedeeisen und nicht in Form eines Tellers mit Stiel, wie sie der Erfinder (*Ritter*) sonst anzuwenden pflegte, hergestellt sind, die Folgen ihres 14-jährigen Gebrauches durch starke Abplattungen und Quetschungen an den Anschlagstellen in eben so deutlicher Weise erkennen, wie man dies bei gewöhnlichen Geläuten beobachten kann. Wie es nicht anders sein kann, finden sich diejenigen Klöppelseiten, welche beim Anziehen des Läutefeiles unmittelbar getroffen werden, weit mehr abgenutzt, als die entgegengesetzten, welche blofs vom Stofs der zurückkehrenden Glocke herrühren, woraus der grofse Antheil der jedesmaligen Zieharbeit an der ganzen, in der schwingenden Glocke vorhandenen lebendigen Kraft dargethan wird. Es ist dem läutenden Personal mit einiger Anstrengung sogar möglich, die Zahl der Schwingungen in der Minute um mehrere zu steigern, und zwar durch vorzeitiges Anhalten und starkes Ziehen, wobei der Ausschlagwinkel auf der einen Seite kleiner wird. Die oben angegebenen Beobachtungen über die Schwingungszahlen wurden übrigens bei in der Mitte fest gebundenem Klöppel gemacht, wo dann ein leises Ziehen zur Ingangerhaltung genügte. Endlich habe ich noch mitzuthellen, dafs die Scheiben ihre Unterlagen nur wenig angegriffen haben und auch die Zähne der Scheiben und der Lagerplatten nur schwach abgenutzt erscheinen, so dafs die Bewegung der Scheiben im Wesentlichen als eine rollende und somit wenig passive Widerstände verursachende angesehen werden mufs. Dafs die einseitige Wirkung der Zugfeile auf das eine Ende der Achse die Anbringung einer Verzahnung am meisten erfordert, zeigt die gröfsere Abnutzung der Zähne an der Seite, an welcher das Zugfeil auf das für dasselbe an der Achse vorhandene Segment einer Seilscheibe wirkt.

Der aus Eichenholz hergestellte, mit einigen diagonal angebrachten Zugeisen armirte Glockenstuhl, welcher übrigens bei 7 m Höhe mit seinem Fusse bis auf einen um ein Gefchofs tiefer als der Fußboden der Glockenstube liegenden Mauerabfatz hinabreicht, hat augenscheinlich nur geringe Beanspruchungen beim Läuten der vorhandenen 4 Glocken ( $H: 1,64$  m Durchmesser, 2283 kg;  $D: 1,36$  m Durchmesser, 1356 kg;  $Ffs: 1,09$  m Durchmesser, 710 kg;  $H: 0,78$  m Durchmesser, 277 kg; zusammen 4626 kg) auszuhalten, während früher, bei der gewöhnlichen Aufhängung, während welcher die Glocken in 2 Etagen über einander hingen, zur Verhinderung der starken Bewegungen ein Abstützen des Stuhles oben gegen das Thurmgemäuer zum Nachtheil des letzteren hatte stattfinden müssen, was jetzt nicht mehr der Fall ist. Der ganze Raum für den Glockenstuhl mißt im Grundrifs 4,29 m Länge bei 3,64 m Breite, woraus denn die geringe Wegelänge der Glocken in der Schwingungsrichtung zu beurtheilen ist<sup>88)</sup>.

Zum Vergleiche der bei den betrachteten drei Aufhängungsmethoden benötigten Längen diene übrigens Folgendes.

Bei der gewöhnlichen Aufhängung bildet die Klöppelspitze während der horizontalen Lage der Glocke und des Klöppels den am weitesten ausladenden Punkt, und es berechnet sich daher die halbe Raumlänge aus

Glockenhöhe . . . . .	=	$0,7346 D$ ,
Abstand der Achse über Scheitel . . . . .	=	$0,1190 D$ ,
Ueberstand der Klöppelspitze über den unteren Glockenrand . . . . .	=	$0,2500 D$
	im Ganzen	= $1,1036 D$ ,
oder die ganze Raumlänge . . . . .	=	$2,2072 D$ .

Bei der *Pozdech'schen* Anordnung steht die Klöppelspitze, wenn der Klöppel die Glocke berührt, um  $0,8 D$  von der Drehachse ab; sobald nun die Verbindungslinie zwischen Klöppelspitze und Drehachse horizontal steht, ist der größte Horizontalabstand erreicht, und es ist daher die ganze benötigte Länge  $2 \cdot 0,8 D = 1,60 D$ .

Verwendet man denselben Klöppel bei der *Ritter'schen* Aufhängung und legt die Verhältnisse des Zahlenbeispiels in Art. 61 zu Grunde, so ist der Abstand zwischen Klöppelspitze und Drehachse  $= 0,74 D$ , mithin die ganze Länge  $2 \cdot 0,74 = 1,48 D$ .

<sup>88)</sup> Bei den in Werdau angestellten Beobachtungen und eingezogenen Erkundigungen ist mir Herr Stadtbauinspector *Neumann* daselbst in freundlicher Weise förderlich gewesen, was ich hier dankend anzuerkennen habe.

Verwendet man aber den von *Ritter* gewöhnlich benutzten Klöppel mit leichtem Stiel unter Weglassung des Knopfes, so wird die äußerste Linie von dem Glockenrande beschrieben, und es ist dann der größte Horizontalabstand von der Achsenlinie der vertical hängenden Glocke nur  $0,68 D$ , mithin die ganze benötigte Länge  $2 \cdot 0,68 D = 1,36 D$ .

Da diese Ziffern, verbunden mit den berechneten Angaben über die beim Läuten auftretenden Kräfte einiges Interesse haben dürften, so stellen wir sie in folgender Tabelle zusammen.

	Gewöhnliche Aufhängung	<i>Pozdech'sche</i> Aufhängung	<i>Ritter's</i> Aufhängung	
			mit gewöhnlichem Klöppel	mit kurzem
Erforderliche Länge . . . . .	2,2072 <i>D</i>	1,60 <i>D</i>	1,48 <i>D</i>	1,36 <i>D</i>
Größter Horizontal Schub . . . . .	1,5620 <i>Q</i>	0,2713 <i>Q</i>	—	—
Größter Verticaldruck . . . . .	3,1087 <i>Q</i>	1,5573 <i>Q</i>	—	—
Abstand des Schwingungspunktes	0,787 <i>D</i>	1,0259 <i>D</i>	0,977 <i>D</i>	—

### c) Außergewöhnliche Constructions.

Haben wir bisher bloß Glockengebälke und Glockenfüße von geringer Höhe, wie sie gewöhnlich vorkommen, betrachtet, so bleibt uns noch übrig, bezüglich außergewöhnlicher Constructions Einiges zu bemerken. Zu solchen außergewöhnlichen Constructions sind die Glockenfüße von bedeutender Höhe zu rechnen, wie sie aus Holz vielfach gebaut worden sind, um die Thürme vor den Wirkungen des Schwingens der Glocken zu bewahren. Wir erinnern hier an den ca. 19<sup>m</sup> hohen Glockenstuhl im St. Stephans-Thurme zu Wien, ferner in der Thomas-Kirche zu Leipzig von 20<sup>m</sup> Höhe<sup>89)</sup>, sodann an den von *Viollet-le-Duc* 1852 neu erbauten 24<sup>m</sup> hohen Glockenstuhl (*beffroi*) in einem der Westthürme der *Notre-Dame*-Kirche zu Paris etc. Alle diese Glockenfüße sind selbstverständlich gut verstrebt; es sind aber außer den Eckfäulen auch noch Zwischenfäulen zum unmittelbaren Aufnehmen des Druckes der Glockenachsen angebracht, was dem ganzen Verbandschaden muß. Es ist daher, um die ganze Stabilität des Glockenstuhles thunlichst zu erhöhen, für diese Constructions die Anwendung lediglich von Eckfäulen, die nach Art amerikanischer Brücken (nach *Long's*chem System) mit einander verstrebt sind, zu empfehlen; auch ist ein derartiger Stuhl aus Holz in der Christus-Kirche zu Hannover auf den Rath des Verfassers dieses Kapitels von *Hase* 1864 ausgeführt.

Für Eisenconstruction dürfte sich eine der bei eisernen Viaduct-Pfeilern gebräuchlichen Anordnungen am meisten empfehlen.

Von den Erscheinungen, welche auf den Nutzen der Anwendung hoher Stühle besonders hinweisen, ist hier die pendelartige Bewegung des Stephans-Thurmes beim Läuten zu erwähnen, über welche Dombaumeister *Schmidt* in einer Versammlung des Ingenieur- und Architekten-Vereines in Wien folgende Mittheilung gemacht hat<sup>90)</sup>.

Die große, 3,48<sup>m</sup> im Durchmesser haltende, 22,4<sup>t</sup> schwere Glocke wurde nach der letzten Restauration des Thurmes 1869 zum ersten Male wieder in Bewegung gesetzt. Durch den ca. 19<sup>m</sup> hohen Glockenstuhl werden die Kraftwirkungen fast vollkommen auf die unteren Lagerblöcke übertragen. Die

63.  
Glockenfüße  
von großer  
Höhe.

<sup>89)</sup> Siehe: BREYMANN. G. A. Allgemeine Bau-Constructions-Lehre. II. Theil: Constructions in Holz. 4. Aufl. Von H. LANG. Stuttgart 1870.

<sup>90)</sup> Nach: Deutsche Bauz. 1871, S. 86.

beim Läuten beobachteten Schwingungen wurden am heftigsten in Höhe der Glockentube selbst gespürt, während die Erschütterung der oberen noch zugänglichen Theile kaum merklich war. Diese Erscheinung wurde einer Unterfuchung unterzogen, indem in Höhen von 57, 68, 83 und 113,8<sup>m</sup> über dem Pflaster Pendel von 2,5<sup>m</sup> Länge aufgehängt wurden, welche je 4,4, 8,8, 17,6 und 8,8<sup>mm</sup> Ausschlag lieferten, während die Schwankung der Kreuzrose zu 20<sup>mm</sup> gemessen wurde. Die durch das Läuten der großen Glocke hervorgebrachten Bewegungen des Stephans-Thurmes stellen sich also in Form einer Knotenschwingung dar, wobei noch die eigenthümliche Erscheinung beobachtet wurde, daß die Pendel gleichzeitig in eine rotirende Bewegung geriethen.

Eine gleichfalls sehr interessante Mittheilung über beobachtete Schwingungen eines mit massivem Helm versehenen Thurmes — der Johannis-Kirche in Altona — giebt *Otzen*, der Architekt des Baues<sup>91)</sup>.

Es ruht in diesem Thurme der Glockenstuhl etwa in 20<sup>m</sup> Höhe über dem Boden auf einem Mauerabfätze; die Höhe des Glockenstuhles ist 19<sup>m</sup>; er trägt drei Stahlglocken von 2780<sup>kg</sup> (*B*), 1352<sup>kg</sup> (*D*) und 975<sup>kg</sup> (*E*) Gewicht über einander, und es ist die große Glocke zu unterst, die kleinste zu oberst angebracht. In Folge des Läutens der in gewöhnlicher Weise aufgehängten und daher starke Seitenkräfte ausübenden Glocken gerieth aber der Thurm in Seitenfchwankungen, welche an der Spitze bis zu 10<sup>cm</sup>, also viel mehr betrug, als beim Stephans-Thurme in Wien, und man war daher auf eine Abhilfe bedacht, welche denn auch, zwar nicht durch die Abänderung der Reihenfolge der Glocken, wie in der unten<sup>91)</sup> bezeichneten Quelle angegeben, wohl aber durch Anbringung der *Ritter'schen* Aufhängung bei der kleinen Glocke, deren Schwingungen fast ausschließlich die Schwankungen des Thurmes veranlaßten, herbeigeführt wurde, indem nach dieser veränderten Aufhängung und damit bedeutenden Verringerung der am größten Hebelsarm wirkenden Seitenkraft die Schwankungen beim Läuten beseitigt wurden.

Für fest hängende Glocken handelt es sich nur um verticale Unterstützung; die Stühle für solche können daher sehr einfach construirt sein. Vor der erst in den letzten Jahrzehnten allgemein gewordenen Anwendung des Schmiedeeisens hat man solche Glockenstühle, wie auch diejenigen für Thurmuhren, mehrfach aus Gußeisen hergestellt, und es findet sich ein solcher Stuhl in der Louifenstädtischen Kirche zu Berlin<sup>92)</sup> und im Thurm des Parlamentsgebäudes zu London<sup>93)</sup>.

## Literatur

über »Glockenstühle«.

- The hanging of church bells.* *Builder*, Bd. 10, S. 251, 331.  
*Montage des cloches et construction des beffrois.* *Revue gén. de l'arch.* 1855, S. 318 u. 365.  
*On some alterations in bells and bell machinery.* *Builder*, Bd. 13, S. 159.  
 SMITH, C. H. *On the forms, methods of casting, and ringing of large bells.* *Builder*, Bd. 14, S. 11.  
 Mr. E. B. DENISON *of bells and the mode of ringing them.* *Builder*, Bd. 14, S. 88, 164.  
*Forms and musical properties of bells.* *Builder*, Bd. 14, S. 144.  
 LUKIS, W. C. *An account of church bells; with some notices of Wiltshire bells and bell-founders.* London und Oxford 1857.  
 OTTE, H. *Glockenkunde.* Leipzig 1858.  
 ELLACOMBE, H. T. *Practical remarks on belfries and ringers.* London 1859.  
 STEIN. *Glockenstuhl von Eisen in der Klosterkirche in Berlin.* *Zeitschr. f. Bauw.* 1860, S. 486.  
*Glockenstuhl der St. Nicolaus-Kirche zu Innsbruck.* *Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover* 1860, S. 357.  
 Beschreibung des Verfahrens bei Aufhängung der Glocken im Thurm des Westminster-Palastes. *Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover* 1861, S. 191.  
 Regeln für die Anlage von Glockenhäusern. *Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover* 1861, S. 461.  
 Ueber das Aufhängen der Glocken. HAARMANN's *Zeitschr. f. Bauhdw.* 1861, S. 59.  
 Ueber Glockenstühle und Aufhängen der Glocken. HAARMANN's *Zeitschr. f. Bauhdw.* 1863, S. 85, 101.

<sup>91)</sup> In: *Zeitschr. f. Bauw.* 1877, S. 13.

<sup>92)</sup> Siehe: *Zeitschr. f. Bauw.* 1861, S. 479.

<sup>93)</sup> Siehe: DENISON, E. B. *Treatise on clocks, watches and bells.* 4th edit. London 1862.

- Die Glockenstühle von POZDECH in Pesth. HAARMANN's Zeitschr. f. Bauhdw. 1863, S. 219.
- Glockengufs und Aufhängevorrichtung, nach MAILLARD. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1864, S. 370.
- Église de Mafny. Beffroi. Gaz. des arch. et du bât.* 1864, S. 53.
- Glockenläutevorrichtung, von RITTER in Trier. Zeitschr. f. Bauw. 1865, S. 373.
- SPERLING, J. H. *Church bells: their antiquities and connexion with architecture. Builder*, Bd. 23, S. 241, 254.
- Bells and wood-work. Builder*, Bd. 25, S. 642.
- ORTH. Haben sich eiserne Glockenstühle bewährt und wo ist etwas darüber veröffentlicht? Zeitschr. f. Bauw. 1868, S. 307.
- Ritter's patentirte Glockenaufhängung. HAARMANN's Zeitschr. f. Bauhdw. 1868, S. 37.
- Aufhängung der Glocken nach RITTER'scher Methode. Deutsche Bauz. 1869, S. 99.
- Antifrikationslager für Glocken. Deutsche Bauz. 1871, S. 215.
- KÖPCKE. Ueber eiserne Glockenstühle. Prot. d. Sächf. Ing.- u. Arch.-Ver. 1871, S. 58.
- RAU, E. Glockengießerkunst. Allg. Bauz. 1872, S. 330.
- KECK. Berechnung schmiedeeiserner Glockenstühle. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1872, S. 638.
- Belfries and bells. Builder*, Bd. 31, S. 21.
- Bells and bell-cages. Builder*, Bd. 31, S. 170.
- LUND, G. *On bells, and modern improvements for chiming and carillons. Builder*, Bd. 32, S. 201.
- The bells and carillon machine, Worcester cathedral. Builder*, Bd. 32, S. 238.
- Suspension de cloche à Narbonne. Revue gén. de l'arch.* 1875, S. 241, Pl. 52.
- Achsendrücke schwingender Glocken. Deutsche Bauz. 1875, S. 238.
- Something about church bell-hanging, and the vibration of bell-towers. Builder*, Bd. 33, S. 33.
- VISSER. Einiges über das Aufhängen von Thurm Glocken. Baugwksztg. 1875, S. 786; 1876, S. 6.
- VELTMANN. Ueber die Bewegung einer Glocke. Polyt. Journ., Bd. 220, S. 481.
- OTZEN, J. Die St. Johanniskirche in Altona. c, 1) Glockenstuhl und Glocken. Zeitschr. f. Bauw. 1877, S. 13.
- The new bells and bell-cage, St. Paul's cathedral, London. Builder*, Bd. 36, S. 1066.
- Bells and bellfounding; a practical treatise upon church bells. By X. Y. Z. Bristol* 1879.
- Der Lambertithurm zu Münster. Wochbl. f. Arch. u. Ing. 1879, S. 255.
- KÖPCKE. Mittheilungen über die Construction und Stabilitätsverhältnisse eines auf dem Thurme der Kirche zu Neuenkirchen bei Osnabrück in Ausführung gebrachten eisernen Glockenstuhles. Mitth. d. Sächf. Ing.- u. Arch.-Ver. 1879, S. 132.
- VELTMANN, V. Die Kölner Kaiferglocke etc. Bonn 1880.
- Bell-mounting. Engineer*, Bd. 49, S. 283.
- ADLER, F. Das Münster zu Freiburg i. Br. Deutsche Bauz. 1881, S. 505.
- STÜVE. Wiederaufbau der Thurmspitze der St. Katharinen-Kirche zu Osnabrück im Jahre 1880. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1882, S. 21.