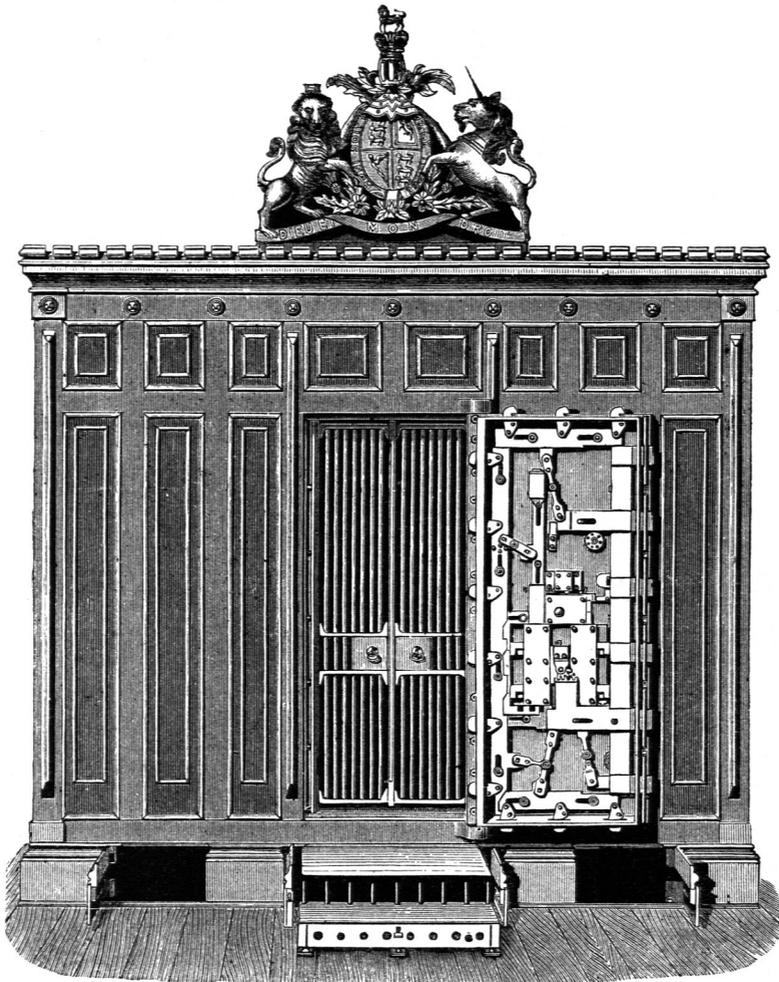


Fig. 31.

Geldschrankartiger Trefor³⁷⁾.

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 Niete 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.

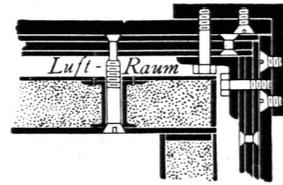
Ein anderes feuerfestes und einbruchficheres Cassen-Zimmer ist von *Hobbs, Hart & Co.* in London construirt worden; dasselbe ist 4,27 m breit, 2,29 m tief und 3,66 m hoch. Fig. 31³⁷⁾ zeigt eine äußere Ansicht dieses Cassen-Zimmers, welches nahezu 35 t wiegt und 2500 £ gekostet hat. Es ist aus 62 einzelnen Theilen mit der größten Genauigkeit zusammengesetzt und hat doppelte Wände (Fig. 32), von denen die innere die feuerfichere, die äußere die einbruchfichere Wand genannt werden kann. Zwischen diesen beiden Wänden ist ein Luftraum zur Erhöhung der Feuerficherheit frei gelassen. Unter dem Trefor ist ein gut zusammengefügtter Boden von 16 mm starken Eisenplatten, auf welchem die Träger für das

³⁷⁾ Nach: *Stummer's Ing.*, Bd. 4, S. 247.

eigentliche Caffee-Zimmer aufrufen, so daß zwischen ihnen ein Hohlraum entsteht, der das Untermiiren verhindern soll. Dieser Hohlraum ist nach vorn mit Thüren versehen. — Die Hauptthür hat verschiedene Schlösser, deren Schlüssel permutirbare Bärte haben. Die Schlösser werden von außen 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 äußeren 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. 1 darauf hingewiesen, daß vollständige Sicherheit gegen unbefugte Angriffe auf das Eigenthum auch bei sinnreichster und solidester Construction der Sicherheitsvorrichtungen nur durch sorgfältige und unermüdlige Ueberwachung erzielt werden könne, und daß 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 Verchluß 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 daß, da die elektrischen Haustelegraphen 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 Schließens 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, daß 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, daß das Klingeln auch noch nach dem Wiedererschließen 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 ³⁸⁾ 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, daß die Erkennung des Oeffnens und Schließens von außen oder innen durch vier verschiedene Signale möglich wird.

³⁸⁾ Deutsche Bauz. 1875, S. 113.

Ebendafelbst³⁹⁾ 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. Diebsfchrecker⁴⁰⁾, oder daß man dieselben oder ein Geläute mittelbar durch Berührung von ausgespannten Drähten herbeiführte (Schloß von *Wilkinson*⁴¹⁾ oder Vorrichtung von *Fickell*⁴²⁾.

Ein transportabler Apparat mit Lätewerk ist der von *H. Völtz* in Berlin⁴³⁾. 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*⁴⁴⁾.

Jetzt werden solche Einrichtungen auch mit Hilfe der Electricität getroffen.

Hierher gehört die Sicherheitsvorrichtung für Geldschränke von *Louis Rentsch*⁴⁵⁾, 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 Diebe⁴⁶⁾, *Bauer's* elektrische Sicherheitsvorrichtung für Hausthüren und Fenster⁴⁷⁾, *Penckert's* Sicherheits-Thürverschluß mit Schuß und Glocke⁴⁸⁾ und *Adolf Römheld's* selbstthätiger Signal- und Alarm-Apparat⁴⁹⁾.

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 ⁵⁰⁾.

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 verfecht werden können.

Beim Apparat von *Henry Diggins & Adolph Glück* in London ⁵¹⁾ 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 ⁵²⁾ mitgetheilten fünfzigjährigen Erfahrungen das Gesagte.

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 ⁵³⁾.

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.

⁵⁰⁾ Siehe: Zeitchr. f. ang. Electricität, 1881, S. 214.

⁵¹⁾ D. R.-P. Nr. 22202.

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

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

30.
Vor-
bemerkung.

31.
Haupt-
gesetze.

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

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*⁵⁴⁾ 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.

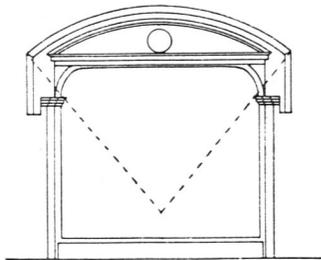
Die im Vorstehenden angeführten Gesetze sollen nunmehr in ihrer Anwendung auf die akustisch günstige Gestaltung neu zu erbauender, größerer Räume in nachfolgenden Hauptgesichtspunkten erläutert werden.

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. 33⁵⁵⁾) 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. 33⁵⁵⁾.



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.

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

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

Es entspricht $\frac{1}{18}$, bezw. $\frac{1}{9}$ Secunde einem Wege der Schallwellen von bezw. ca. 19 und 33m. 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*⁵⁶⁾ 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 × 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.

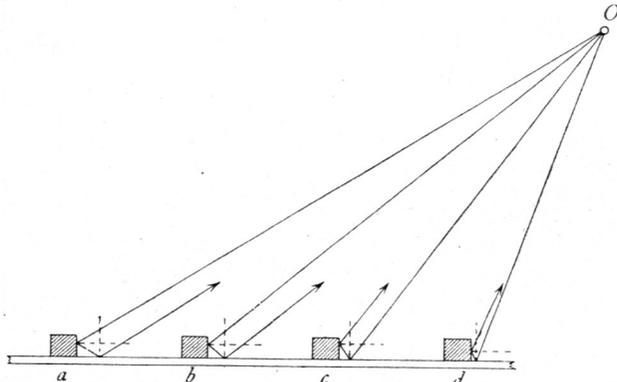
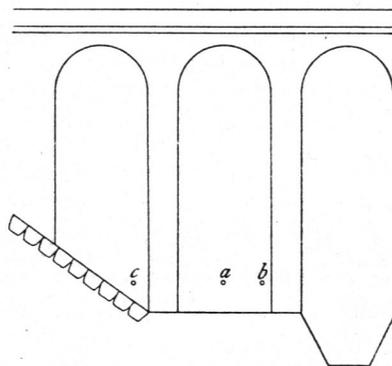
Verfasser wurde durch eigene Beobachtungen auf engere Grenzen geführt.

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 Kreifensen, 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. 35⁵⁷⁾.

⁵⁶⁾ In: Zeitschr. f. Bauw. 1859, S. 585.

⁵⁷⁾ 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^m 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.

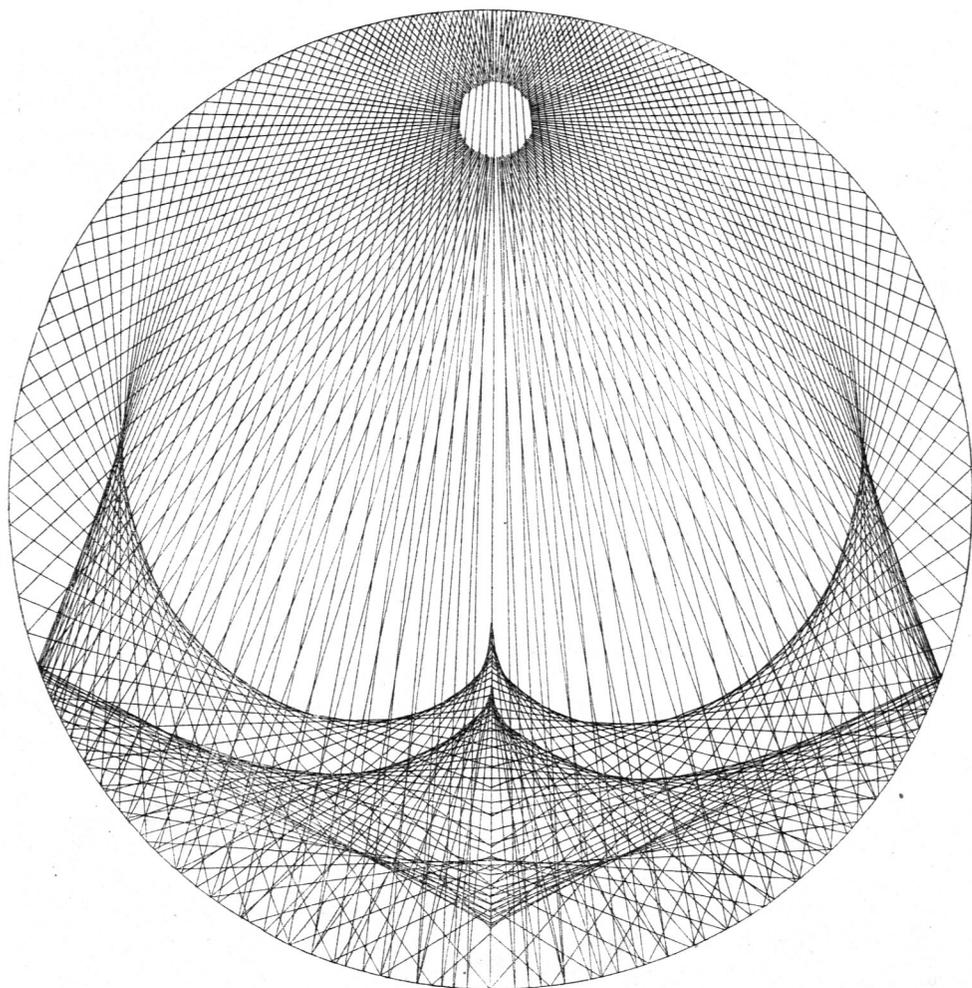
34-
Beschaffenheit
der
reflectirenden
Flächen.

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. 36⁵⁸⁾.

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-Concentrationsen 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.



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

Fig. 38.

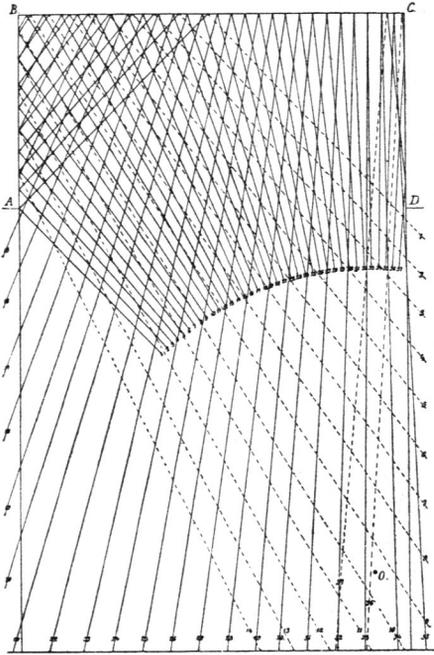


Fig. 39.

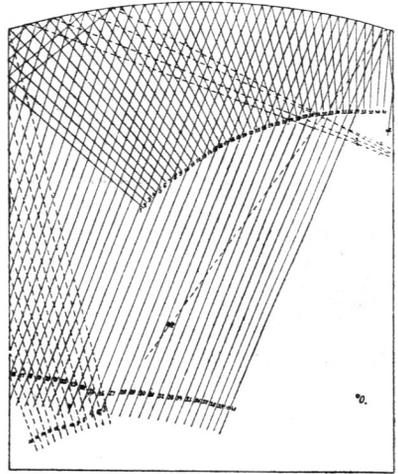


Fig. 40.

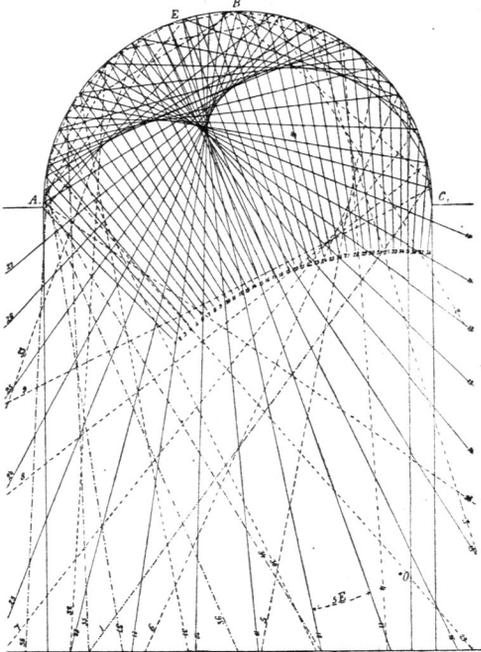
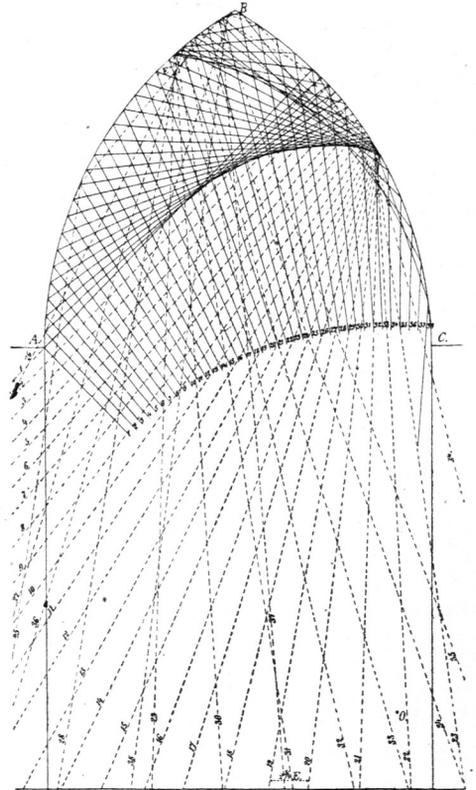


Fig. 41.



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*⁵⁹⁾ 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 Stelle⁶⁰⁾ 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 Zerstreuung 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 Zerstreuung 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 zerstreuend wirkt, da die Concentration in der Nähe der Decke erfolgt.

Das Theater von *Runge* in Philadelphia⁶¹⁾ zeigt, wie sehr eine schwach trichterförmige Decke den Schall sammeln kann. Wie *Runge*⁶²⁾ 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

⁵⁹⁾ Siehe: Zeitchr. f. Bauw. 1872, S. 220 u. ff.

⁶⁰⁾ Ebendaf., Bl. F.

⁶¹⁾ Siehe: Zeitchr. f. Bauw. 1860, S. 146 u. ff.

⁶²⁾ Ebendaf., S. 150.

Fig. 42⁶³.

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* weist⁶⁴ 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.

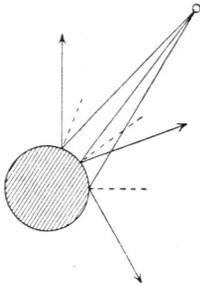


Fig. 44.

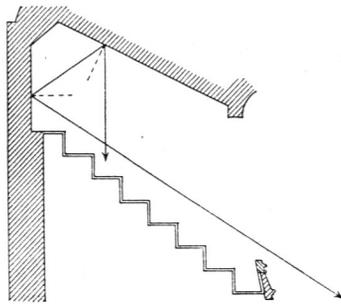
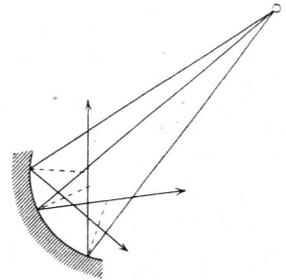


Fig. 45.



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*⁶⁵) 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

⁶³) Nach: Zeitfchr. f. Bauw. 1872, Bl. F.

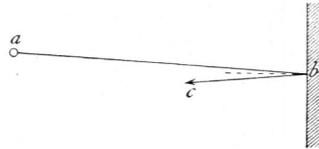
⁶⁴) In: Zeitfchr. f. Bauw. 1860, S. 336.

⁶⁵) 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 Aufsetzen 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 Aufsetzen 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 Tyndall⁶⁶⁾ 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.

⁶⁶⁾ 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 geschätzt⁶⁷⁾, während bei vergleichenden Versuchen, welche der Architect der Synagoge in der Oranienburger Straßé zu Berlin mit einer geputzten Fläche und einer Marmorplatte anstellte, hervorging, daß geschliffene und polirte Marmorplatten sehr wenig Reflexionsverlust ergeben⁶⁸⁾, wie dies auch andererseits aus dem starken Schallreflex der glatten Marmorwände dieses Bauwerkes hervorgeht.

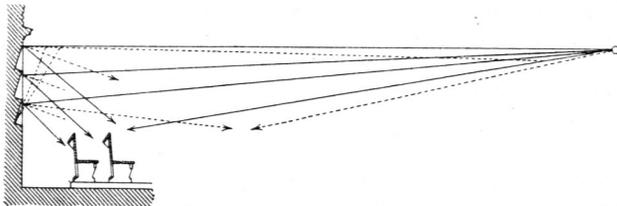
4) Deflexion des Schalles.

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 machen⁶⁹⁾.

Wie man durch Bekleiden mit Holz die Umfassungswände durch Mittönen

Fig. 47⁷⁰⁾.



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.

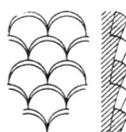


Fig. 50.

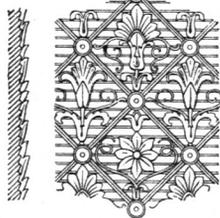
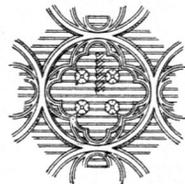


Fig. 51.



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.