

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.

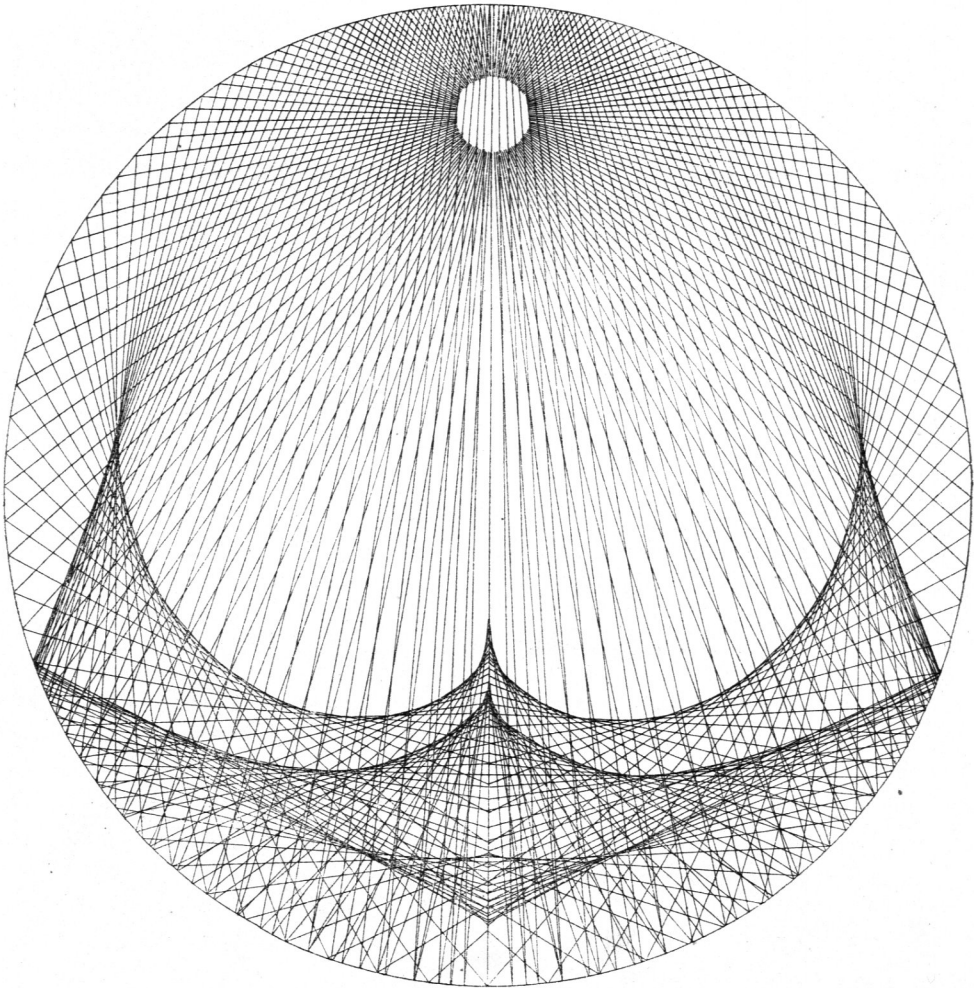
34-
Beschaffenheit
der
reflectirenden
Flächen.

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-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.



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

Fig. 38.

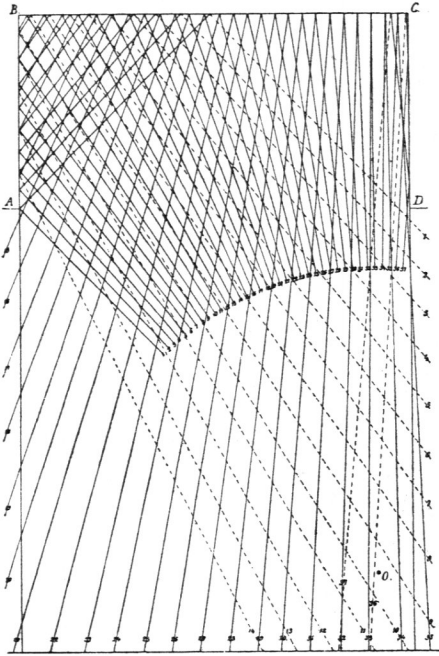


Fig. 39.

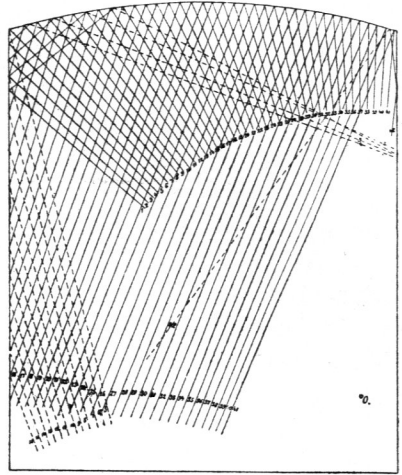


Fig. 41.

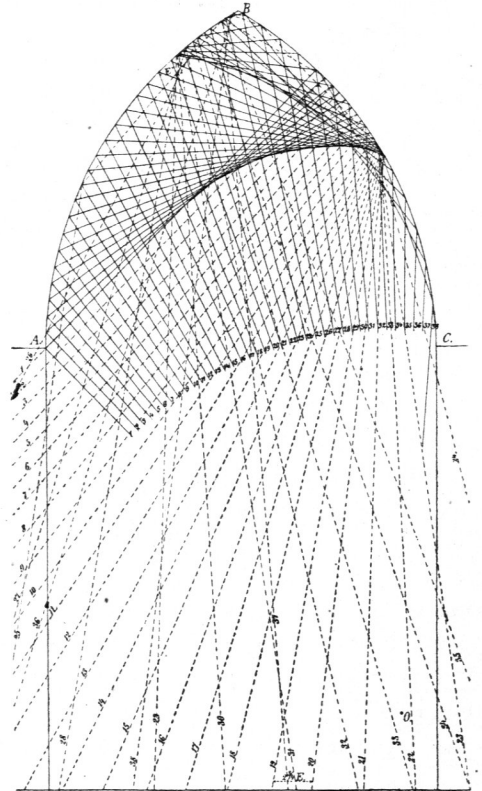
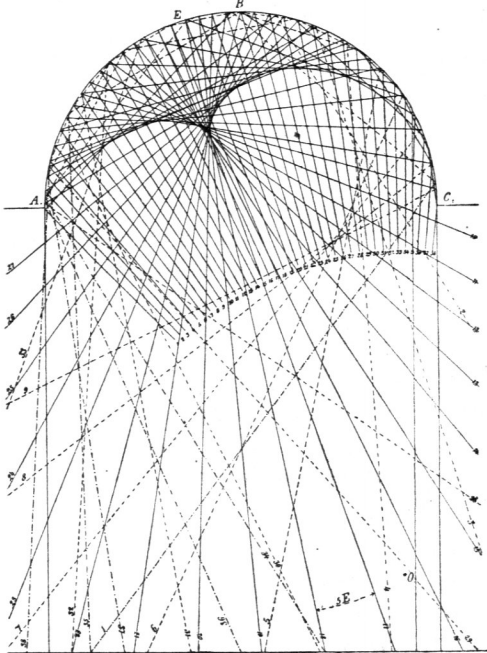


Fig. 40.



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*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 Straße* 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 mitgeteilt; dieselbe würde für die entsprechenden Grundrissformen ganz eben so fein. 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 Galleriewände treffenden Schallwellen beruhen, wo die stark geneigte Decke (Fig. 44) den Schall nach den Sitzreihen herunter wirft.

Bekannt sind ähnliche Erscheinungen bei den oberen Gallerien 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.

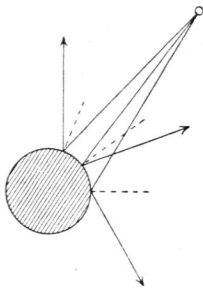


Fig. 44.

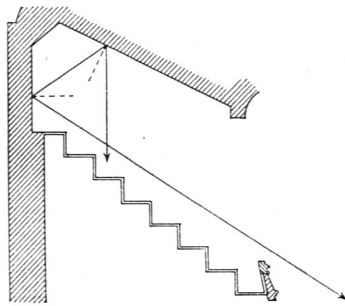
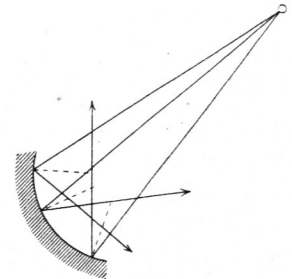


Fig. 45.



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 *Haeger*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.