

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 ausgepannte 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. Favaro⁷³⁾ 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 Dolbear⁷⁴⁾ 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 unten⁷⁵⁾ 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.

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

⁷⁴⁾ DOLBEAR, A. E. *The telephone etc.* Boston 1877.

⁷⁵⁾ 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 speciellm 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 ⁷⁶⁾ mit ca. 72 bis 75 Procent des Gewichtes der Bronze-Glocken hergeföhlt.

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

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