Bau-Akustik : Historische und allgemeine Einführung

Autor(en): **Osswald, F.M.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Das Werk : Architektur und Kunst = L'oeuvre : architecture et art**

Band (Jahr): **26 (1939)**

Heft 1

PDF erstellt am: **28.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-86751

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Bau-Akustik. Historische und allgemeine Einführung[1]

Ueber den Theaterraum als solchen vergl. den Aufsatz von E. F. Burckhardt, Arch. BSA, Zürich, im «Werk» 1936/11, Seite 325 ff, aus dem wir einige Abbildungen wiederholen

Während Geschmack-, Geruch-, Wärme- und Tastsinn ihre Reizungen vorwiegend aus naher Entfernung oder durch unmittelbare Berührung empfangen, reagieren Auge und Ohr auf weit entfernte Reizherde: das Auge allerdings nur in einem beschränkten Zentriwinkel, in der Sehrichtung und für einen optischen Schwingungsbereich von kaum einer Oktave, das Ohr dagegen hört von allen Richtungen und über einen Schallschwingungsbereich von rund 10 Oktaven. Da es im Doppel vorhanden ist, vermag es aus den Phasenverschiebungen und Intensitätsverschiedenheiten an beiden Ohreingängen die Herkunftsrichtung der Schalle zu bestimmen.

Die vom Ohr durch das Nervensystem dem Gehirn zur Taxierung zugebrachten Reize werden hier nicht bloss quantitativ bewertet, sondern sie finden ein riesiges Erinnerungsarchiv vor, das blitzschnell mobilisiert wird, wodurch die Konstatierung eines akustischen Geschehnisses zum Erlebnis wird, das mit Erinnerungsbildern und zu erwartenden Folgen verkoppelt wird. Dazu treten mancherlei schwierig «standardisierbare», zeitlich veränderliche physiologische und individuelle Veranlagungen.

Damit haben wir schon den gewaltigen Unterschied festgestellt zwischen der im lebenden Sinnesapparat zustande kommenden Empfindung und der blossen Konstatierung eines Geschehnisses durch physikalisch-technische Messmethoden. Diesen Unterschied zu überbrücken ist ein von der Messtechnik wohl nie restlos lösbares Problem, denn ein Messgerät kann nur die physikalischen Charakteristika erfassen, und dann muss man sehen, welche und wie solche objektiv messbare Indizien in Relation zur komplexen menschlichen Sinnesbeurteilung gebracht werden können; mit andern Worten: die Messeinrichtungen sollen objektiv und subjektiv gültigen Anschluss an die beim Durchschnittsmenschen sich einstellenden Sinnestaxierungen haben; das angewandte Messen solcher Vorgänge — und darunter fallen alle praktischen Schallmessungen — greift daher in die Gebiete der Physiologie und der Psychologie hinein.

Bis vor wenigen Jahrzehnten war man für die Beurteilung der Sinneswahrnehmungen und ihrer Ursachen fast ganz auf unsere natürlichen Sinnesorgane angewiesen: das Erkennen war subjektiv; die heutige Zeit verlangt aber Messungen, die vom Individuum unabhängig sind. Mit dem Wort «Akustik» meint man daher meist angewandte Akustik, zum Unterschied von der rein theoretischen. Der Akustiker bearbeitet alle Fragen der Schallerzeugung, der Fortpflanzungsbedingungen und der Schallauswirkung bei leblosen und bei lebenden Empfängern. Solche Probleme, die uns überall im Leben und in mannigfachsten Formen und Stärken begegnen, werden zusehends beherrschbarer; das Bauwesen hat sich oft mit solchen Fragen auseinanderzusetzen, wenn das schliessliche Gesamtgelingen des Bauwerkes nicht mehr oder weniger dem Zufall ausgeliefert sein soll.

Entsprechend der Wichtigkeit des Hörens und der dadurch ausgelösten Gefühle finden wir seit den ältesten Ueberlieferungen unzählige Hinweise auf akustische Erscheinungen. Geschichtsschreibung und Dichtung berichten von angenehmen und schreckenden Wirkungen durch Schalle, sie beschreiben den Lärm von Schlachten und Naturgewalten. Die Alten haben manche Anläufe gemacht, das Wesen der Schalle zu ergründen und Herr über den Schall zu werden. Wir wissen nicht, wer zuerst die hohle Hand ans Ohr hielt, um weiter hören zu können; vielleicht hat er es den Tieren abgeguckt, die die Ohren stellen. Ebenso kennen wir nicht denjenigen, der zuerst seine Hände um den Mund legte, um weiter rufen zu können. Und doch sind dies zwei äusserst wichtige Errungenschaften, die in abgewandelten Formen bei den raffiniertesten Schallerzeugungs- und Empfangseinrichtungen immer wiederkehren.

Von Alexander dem Grossen wird berichtet, dass seine Heere riesige Hörhörner und Megaphone auf Wagen aufgebaut mit sich führten, womit gelauscht wurde und die Soldaten zusammengerufen wurden und auch dem Feinde Angst gemacht werden sollte; Dionys von Syrakus soll kunstvolle Lauschkanäle zwischen seinem Palast und den Gefängnissen gehabt haben, um sich über die Gespräche der Gefangenen zu orientieren. Eine frühe und in der heutigen Zeit allzu aktuelle Notiz über ein richtiges Schalldetektorgerät findet sich bei Herodot, im 4. Buch, § 200 seiner Reise- und Geschichtsbeschreibungen, wo er von der Belagerung der nordafrikanischen Stadt Barka durch die Perser, um 500 v. Chr., berichtet:

[1] Einführungsvortrag «Schallfragen im Bauwesen», gehalten am SIA-Kurs, 3.—5. März 1938, Zürich.

An diesem Kurs hielten Spezialvorträge: Prof. E. Meyer, Berlin; Dr. Ing. M. Mengeringhausen, Berlin; Dr. Ing. W. Zeller, Berlin; Prof. G. Hofbauer, Wien; Arch. R. Fleurent, Paris; Ing. R. Gamzon, Paris; Ing. M. L. Seguenot, Paris; Dr. A. Gigli, Torino; Ing. W. Furrer, Bern, und der Verfasser.

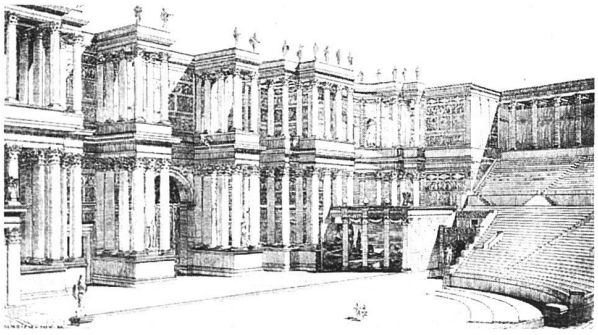
«Da belagerten sie Barka neun Monate, gruben Gänge unter der Erde, die bis in die Stadt gingen, und machten heftige Stürme. Die unterirdischen Gänge aber entdeckte ein Kupferschmied durch folgenden klugen Einfall: er ging mit dem Schilde innerhalb der Mauer rings umher und hielt ihn gegen den Erdboden der Stadt. An den Stellen nun, dagegen er hielt, war es ganz stille, wo aber gegraben wurde, da tönte das Erz des Schildes. Da gruben die Barkaer gegen und töteten die Schaufler der Perser. Dies war also entdeckt; die Stürme der Perser aber schlugen die Barkaer ab.»

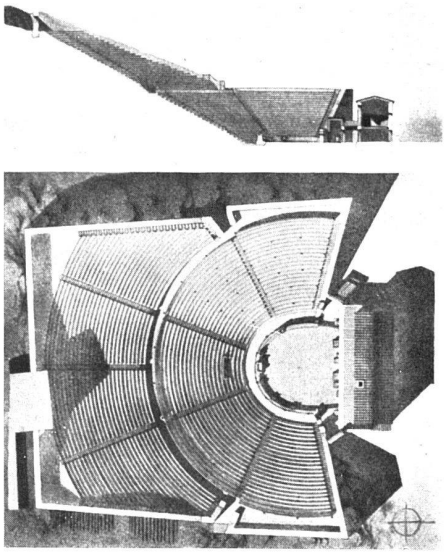
Mit im Prinzip recht ähnlichen Mitteln lokalisiert und misst man heute — auf dem Prinzip der Resonanz — Schalle in flüssigen und festen Körpern, für die sich heute die Namen «Körperschall», «Bodenschall», «Trittschall» eingebürgert haben. Mit verbesserten Geophon-Geräten hört man einzelne Undichtheitstropfen bei metertief verlegten Wasserleitungen. Auch die «Luftschall»-Messgeräte und unser Ohr beruhen auf diesem Prinzip. Aber quantitative Messtechnik für Schalle kannte man noch lange nicht; anderseits musste der Sprachgebrauch helfen, indem die Sprachen aller Völker reiche Nomenklaturen für die Bezeichnung der Arten und Stärken von Schallen und Geräuschen schufen, viele in phonetischer Anlehnung an bekannte Schallquellen, wie «pusten», «brüllen», «knallen», «quietschen» usw. usw.

Von eigentlicher Architektur-Akustik im frühen Altertum wissen wir wenig, doch liegen Gründe vor zur Annahme, dass die klugen Priesterschaften es schon lange verstanden, akustische Kuriositäten und Schall-Mystizismen in Orakel- und Tempelbezirken einzurichten; natürlich sorgten sie dafür, dass das Volk nicht «hinter die Kulissen hörte».

Im ersten Jahrhundert unserer Zeitrechnung begegnet uns eine, allerdings hochbedeutende bauakustische Abhandlung, die der Universalingenieur und -architekt *Vitruvius Pollio* in seinen während vielen Jahrhunderten als Architektur-Standardwerk geschätzten «Zehn Büchern über die Architektur» niedergelegt hat. Vitruv hatte bereits überraschend klare Vorstellungen von Schallarten und Schallausbreitung: er unterscheidet die Wirkung von «glatt sich ausbreitenden, zusammenfliessenden, zurückgeworfenen, von wirr im Raum herumschweifenden, sich trübenden und bekämpfenden, zusammenklingenden», aber auch von «dissonanten und sich stützenden» Schallen, alles Begriffe, die — nur mit heute andern Bezeichnungen — in den Kern der Raumakustik weisen. Dabei waren die Theater und Odeen seiner Zeit keine geschlossenen Grossräume, die mit unsern Kirchen und Hallen vergleichbar wären, sondern mehr oder weniger offene Schau- und Versammlungsstätten, die nur gelegentlich mit partiellen Sonnentuchsegeln überspannt waren, also vom Typus der Freilicht- und Zeltanlagen, wo die Nachhallwirkung, die in modernen Großsälen soviel Sorge macht, praktisch nicht vorhanden war.

Typus des römischen Theaters:
Skenenfront des Pompejustheaters, Rom, Rekonstruktion



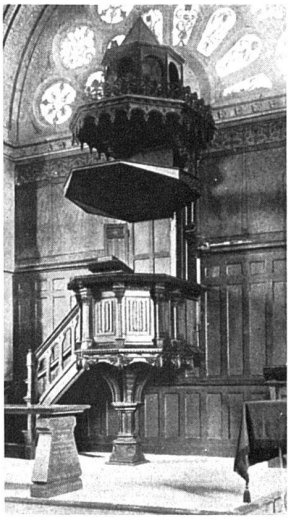


Typus des griechischen Theaters:
Das späthellenistische Theater zu Priene

Das antike Theater hatte ohnehin ausgezeichnete Vorbedingungen für gute Akustik: seine Dimensionen sind durch die Sichtdistanzen des unbewaffneten Auges gegeben. Ausgesuchte und im Tempo sehr getragene akustische Darbietungen können ohne Hindernisse zu allen, in überhöhten Bogenreihen angeordneten Sitzen strömen; schallverstärkende und mystizierende Vollkopf-Masken wurden benutzt; eine gedrängte Bühne mit reflektierender Rückwand half den Schall nach dem von Zuhörern belegten Teil zu dirigieren. Ueber dem Theater wölbt sich die Himmelskugel, die praktische Nachhall-Freiheit verbürgt. Das Spiel findet im vollen Tageslicht statt, so dass die Handlung nicht bloss einseitig von der Bühne nach dem Auditorium wirkte, sondern eine Wechselwirkung zwischen Bühne, begleitendem Chor und den Zuhörern entstand, ein reziprokes Gemeinschaftsempfinden, das in unsern heutigen Stadttheatern wieder zum Teil preisgegeben wurde, wo sich die Bühne im hellen Rampenlicht, die Zuhörer im verdunkelten Saale befinden. Von Wichtigkeit war auch die Platzwahl für das antike Theater in ruhiger Gegend, fern vom Stadtlärm.

links: Verschiebbare Notkanzel, S. Petronio, Bologna

rechts: Seit Jahrzehnten beibehaltener «provisorischer» Kanzelzwischendeckel in reformierter Schweizer Kirche



unten: Globe-Theater, London,
Typus der Shakespeare-Bühne mit offenem Hof

Die römischen Theater in den Städten haben ausnahmslos hohe Umfassungsmauern, um den Lärm der Umgebung abzuhalten; sie sind im Grundriss gedrängter und haben steileren Stufenanstieg; die Bühne wird breiter und weniger tief, das Auditorium umspannt nur noch einen Halbkreis. Was Vitruv von den komplizierten Unterscheidungen der Schallzusammenströmungen und Schallbekämpfungen sagt, war eigentlich den Anforderungen an die Architekten seiner Zeit weit voraus. Erst im spätern Christentum und dann in den aufblühenden Städterepubliken entstehen grössere geschlossene Räume für Kultus, Parlament und Unterhaltung, alles mit starker Repräsentationsbetonung, und hier mussten sich nun die akustischen Schwierigkeiten melden, die bis in die jüngste Zeit zu so manchen Misserfolgen führten.

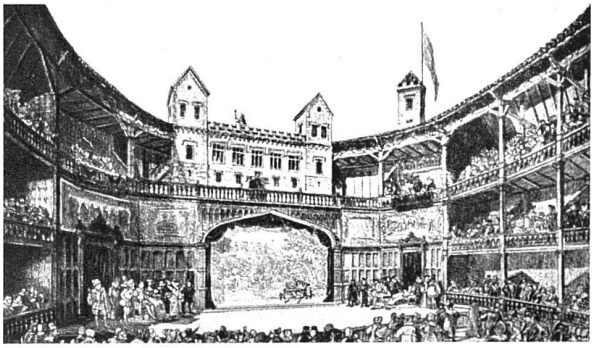
Die Grosskirchen der Renaissance stellen keine allzu grossen Anforderungen an die Akustik: sie sind ausgesprochene Repräsentationsräume, nicht Predigtkirchen, denn Predigten in Räumen von 100 000 und mehr Kubikmeter Innenvolumen, mit Säulenstellungen, Seitenkapellen, Chören und zum Teil riesigen Einbauten können nur noch im nahen Umkreis des Redners zur Wirkung kommen. So finden wir denn in Grosskirchen, besonders südlicher Länder, abscheuliche verschiebbare Notkanzeln; die künstlerisch oft bedeutenden festen Kanzeln sind vielfach wohl nie dauernd benützt worden. Auch finden wir zahlreiche Kanzelkorrekturen — eine dauernde Anklage gegen die verunglückte akustische Gestaltung.

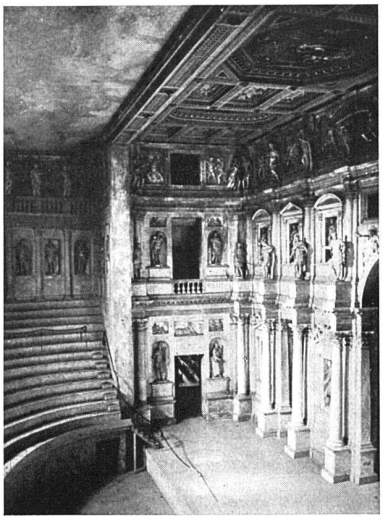
Die die Predigtkunst pflegenden religiösen Orden haben ihre Kirchen in stetiger Entwicklung sprechverständlich gestaltet: sie haben im Volumen sehr Mass gehalten und für reiche Profilierung und schallzerstreuende Raumgliederung gesorgt; ihre Kanzeln haben reichliche Deckel und seitliche und rückseitige Rückwurfflächen nach dem Prinzip des Megaphons. Wieder andere Orden, die sogenannten «Stummen», haben auf dem Wege der Empirie ihre Refektorien und Andachtsräume geschickt akustisch stark gedämpft.

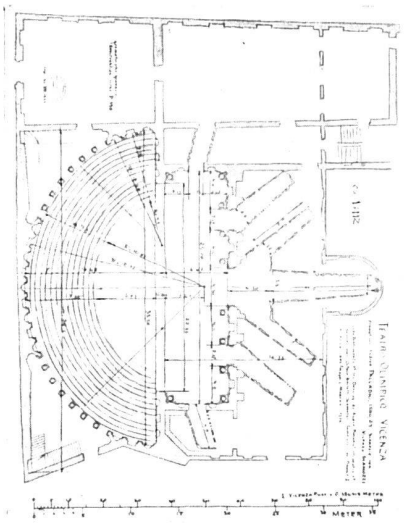
Die Theater der Renaissance sind eine logische Weiterentwicklung des antiken Theaters: in den Grundrissdimensionen wesentlich kleiner, streben sie sukzessive nach Höhe und haben völlige Eindeckung erhalten. Ein reizendes Beispiel, heute noch vollständig im Originalzustand erhalten, ist das um 1600 entstandene Teatro Olimpico in Vicenza von A. Palladio und Scamozzi. Seine Nachhallerscheinungen waren offenbar störend, denn bis vor wenigen Jahren war die Decke von einem unschönen Velarium überspannt.

Eine interessante Theaterform stellt das englische Shakespeare-Theater dar, zum Beispiel das nur in Abbildungen überlieferte Globe-Theater in London, ebenfalls um 1600 entstanden, wo die Vereinigung von mehreren übereinandergestellten Zuschauerrängen und das offene Himmelsloch zweifellos ausgezeichnete Sprechverständlichkeit ergaben.

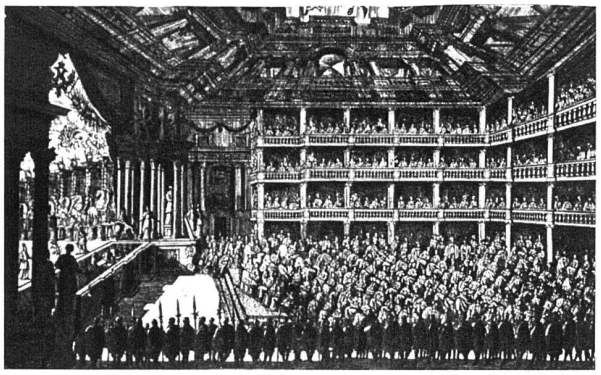
Zwangläufig bildete sich dann das sogenannte «italienische Vielrangtheater» heraus, das heute noch herrscht und wo bezüglich akustischer Dämpfung in einem geschlossenen Raum das Maximum erreicht wird, mit guter



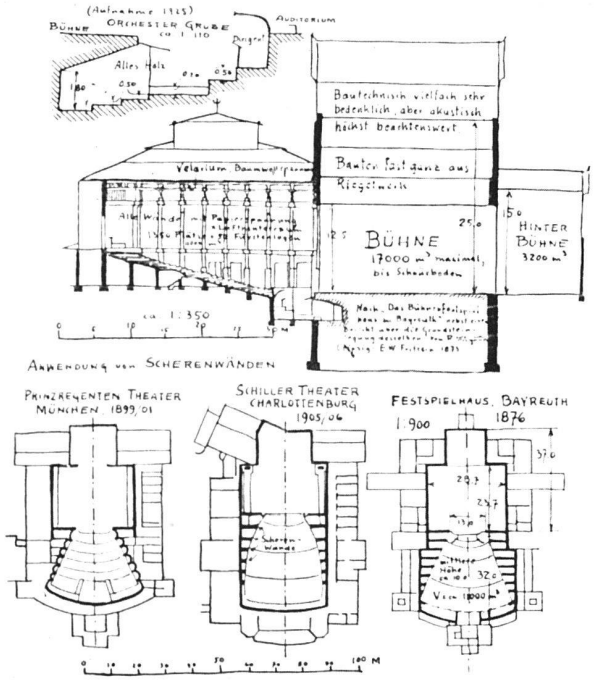




Vicenza, Teatro Olimpico, von Palladio



Das höfische Vielrangtheater italienischen Typus (das Wiener Hoftheater um 1650); darunter: das deutsche Klassikertheater



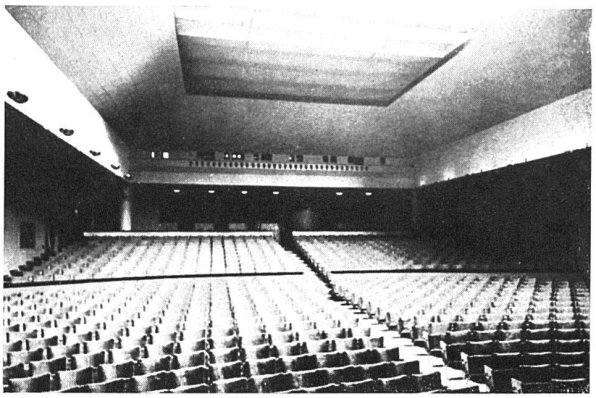
Ausnützung des Schallfächers: alle Wände und das gesamte Parkett sind mit Zuschauerplätzen belegt; die Decke, meist in reicher Profilierung und durch einen Riesenkronleuchter akustisch wirksam zerhackt, wirkt ebenfalls schallschluckend und echobrechend.

Anderseits erfordert die immer grossartiger werdende Ausstattung der Bühne ein gewaltig anwachsendes Bühnenhaus, dessen Kubatur oft viel grösser wird als die des eigentlichen Zuschauerraumes, und welches nur durch eine verhältnismässig enge Proszeniumsöffnung, also durch eine Schallschlürföffnung mit ihm kommuniziert. Im Bühnenhaus ist eine mächtige Anhäufung von schallschluckenden Gegenständen; es wirkt wie ein turmartiger «Schallsack», die Darsteller haben nicht mehr, wie im antiken Theater, eine schallhelfende Reflexionswand mit auskragendem Deckel in kurzer Entfernung. Das Orchester muss in eine abgeblendete Grube gelegt werden, oft mit sehr knappem Schallausströmungsquerschnitt.

Die Gestaltung von Konzert- und Vortragssälen ist akustisch wesentlich klarer: Podium mit Stufen für die Musiker und Redner und weitgehender Holzausbau haben sich sehr gut bewährt; dagegen wirken breitflächige Orgeln an der Podiumrückwand stark schallschluckend und zwar oft an einer Stelle, wo eher für Schallrückwurf gesorgt werden sollte.

Das Lichtspielhaus hat neue Saalformen gebracht: hier geschieht die Vorstellung hauptsächlich für das Auge; die Anlage des Raumes geht in die Länge, damit günstige Sichtwinkel auf die oft sehr grosse Projektionswand erreicht werden. Meistens nur aus Parterre bestehend, ergibt sich eine nur mässige Höhenentwicklung, häufig mit einem, selten mit mehreren Balkonen.

Alle diese Vorführungsräume senden den Schall von bestimmten Stellen, dem Bühnenteil, nach dem Audito-



rium; sehr grosse, reich unterteilte Räume und akustisch verunglückte können heute mit den Mitteln der stürmisch sich entwickelnden Elektroakustik über alle Zuhörerplätze hin mit Schall nachdosiert werden; hier darauf näher einzugehen, verbietet der Platz.

Das XVI., XVII. und XVIII. Jahrhundert brachte zahlreiche Mathematiker und Physiker hervor; mit ihnen beginnt die moderne wissenschaftliche Aera. Man erinnerte sich der Analogien beim Rückwurf optischer Strahlen an reflektierenden Flächen und der akustischen «Strahlenbündel». Die geometrische Akustik war eine wichtige Neubelebung von Gedanken, die bereits bei Vitruv zu finden waren. Es entstanden allerlei akustische Spielereien, Flüstergalerien, Echoplätze, wofür die Lustgärten der Fürstensitze des XVII. und XVIII. Jahrhunderts zahlreiche, seinerzeit hochberühmte Beispiele geben. Grosse Anziehungskraft auf das Publikum haben solche Flüstergalerien auch heute noch; bekannte Beispiele finden sich in den Antikenräumen des Louvre in Paris und in der St.-Pauls-Kathedrale in London, in vielen Schlössern, in Bergwerken und Naturhöhlen. Sie sind vorwiegend Zufallsergebnisse, könnten aber leicht absichtlich erweitert werden.

Aber die energierechnerische Behandlung der Raumakustik lag bis tief ins XIX. Jahrhundert hinein im argen. Was gelang, war überwiegend Glücksprodukt intuitiven Einfühlens, auch standen den damaligen Architekten die akustisch viel dankbareren Bauweisen, Holz, Riegelwerk, reiche Profilierung, Stoffdraperien, zur Verfügung.

Nun reiften allmählich die Arbeiten der Physiker und des systematischen Experimentierens.[1]

Die Neuzeit brachte eine stürmische Entwicklung der Elektroakustik, des Fernsprechwesens, der Tonkonservierung und der unentbehrlich gewordenen elektrischen Verstärkertechnik, so dass heute Kenntnisse und aku-

[1] Aus der grossen Zahl der Forscher seien einige angeführt:

William Herschel, 1738—1822.

Lord Rayleigh, 1824—1894, seine heute noch als wichtigstes theoretisches Standardwerk geschätzte «Theory of Sound» entstand 1877.

John Tyndall, 1820—1893, der glänzende Experimentator und volksverständliche Interpret physikalischer Anwendungen, wirkte hauptsächlich um 1860. Seine Vorträge haben das Muster gegeben für die immer noch um die Weihnachtszeit in der Royal Institution in London stattfindenden «Lectures for Juveniles», wo die ersten Gelehrten zum Volk herabsteigen und die Ergebnisse schwerster Wissenschaft in populär verständlicher Sprache erklären.

Heinrich Hertz, 1857—1894, der trotz seines kurzen Lebens zum Bahnbrecher in der Schwingungstheorie wurde, besonders in der Hochfrequenztechnik.

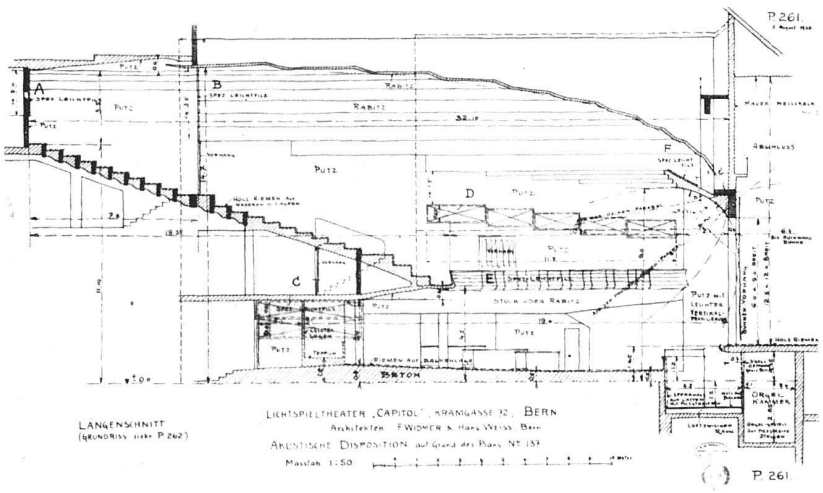
Rudolf Koenig, 1832—1901, der erfindungsreiche Apparatebauer und praktische Akustiker.

Hermann Helmholtz, 1821—1894, der Arzt und Physiker in einer Person, dessen berühmte «Tonempfindungen» um 1862 herauskamen.

Die Liste der vielen andern, verstorbenen und noch lebenden Forscher aufzuführen verbietet die Zeit. Ihnen allen sind wir zu Dank verpflichtet. Nur zwei Namen von lebenden Akustik-Kollegen, die bei unserm Schallkurs nicht persönlich anwesend waren, seien erwähnt:

Richard Berger, Berlin, ein früher Pionier der praktischen Schallisolation, dessen grundlegende Dissertation (1911) das seltene Glück eines Neudruckes erlebte.

Georg v. Bekesy, Budapest, die fruchtbare Vereinigung von Physiker und Physiolog, dessen Arbeiten über das Funktionieren des Hörsinnes soviel Aufklärung über die menschliche Stellungnahme zu akustischen Geschehnissen bringen; heute zeichnen sich deutlich die Möglichkeiten ab, nicht nur quantitativ, sondern die feinen Nuancierungen des Verarbeitens von Schallschwingungen im Hörsinn zu berücksichtigen. Dies ist von grösster Wichtigkeit für die Weiterausbildung der praktischen Schallmessgeräte.



oben:
Kinosaal mit Balkon und ausfahrbarer Decke
Roxy-Kino, Zürich

unten:
Längsschnitt des Kino «Capitol», Bern

stische Messtechnik gestatten, Aufgaben anzupacken, die noch vor wenigen Jahren unlösbar schienen.

Die neuen Bauweisen, Glas, Eisen, Beton, Ständerbau, gestalteten die Bauakustik immer schwieriger, die Dimensionen der Gebäude und Räume, die Spannweiten der Deckenkonstruktionen wuchsen, und so ist es eine geradezu schicksalsnötige Erscheinung, dass Amerika den Mann lieferte, der entscheidende Schritte für die Bauakustik brachte, sowohl für die Schallisolation wie für die Raumakustik: *Wallace Clement Sabine* (1868—1919), Professor an der Harvard Universität, Cambridge. Um 1895 begann er mit ungewöhnlicher Einfühlungsgabe und unermüdlicher Kleinarbeit in akustisch schlechten und in akustisch guten Räumen zu experimentieren, und bald hatte er einen akustischen Hauptfeind, das übermässige Nachhallen in geschlossenen Räumen, experimentell und theoretisch zur Rechenschaft gezogen. Schon um 1850 hatten zwei andere Amerikaner, der Physiker *Joseph Henry* und der Arzt *J. B. Upham*, erfolgversprechende Theorien für die Gestaltung von akustischen Räumen ausgearbeitet, aber erst Sabine brachte sie zur Klärung und Anwendbarkeit. Und dabei arbeitete er mit so primitiven Mitteln — Orgelpfeifen als Schallquellen, das unbewaffnete Ohr als natürlichstes Messgerät und eine Fünftelsekunden-Stopuhr als Zeitmesser — dass die Harvard Universität im Nachruf mit vollem Recht sagt:

«Er hat ein Problem bearbeitet, das so alt ist wie Erstellung von öffentlichen Gebäuden. Das Problem war aber nie zuvor in so klarer Weise gestellt worden. Er löste es, und zwar nicht mit Hilfe von ausserordentlichen modernsten Mitteln, und bewies dadurch, dass es schon vor Jahrhunderten hätte gelöst werden können, aber nur von einem Mann von seinen Qualitäten.»

Sabine war eine selten glückliche Vereinigung von Theoretiker, Physiker und lebenswirklichem Praktiker; er hat nicht nur eine komprehensible Theorie über das Nachhallen geschaffen, sondern auch die zur Rechnung nötigen Kennwerte, die Schallschluck-Einheit und die Schallschluck-Koeffizienten der meisten für den Innenausbau von Räumen in Frage kommenden Materialien und Einrichtungsgegenstände — auch der Menschen — mit einer solchen Zuverlässigkeit ergründet, dass seine Werte heute noch benutzt werden; manches ist in der Folgezeit durch exakte Forschung mit verbesserten Methoden vertieft und abgerundet worden. Auch für die Schallisolation haben seine Raisonnements bleibenden Wert.

Bleiben wir einen Moment bei der Raumakustik und formulieren wir, was nötig ist, damit ein geschlossener Raum für Sprach- und Musikdarbietung akustisch gute Wirkung hat: 1. Die Schallquelle muss an und für sich gut sein, sympathisch und genügend kräftig. Dafür sollen die Musiker und Redner sorgen, welch letztern schon Martin Luther den drastischen Rat gibt: «Tritt fest auf, mach 's Maul auf, hör bald auf.» 2. Der Schall soll auf möglichst direktem Weg zu allen Zuhörern strömen; der Ort der Schallquelle soll alle Hilfsmittel günstiger Resonanzunterstützung und Schalldirigierung in der benötigten Richtung beisteuern, so dass die Schallherkunftrichtung klar ist. 3. Das Nachhallen im Raum, verursacht durch Schallbündel, welche an Wänden und Decke reflektiert werden, muss so beschleunigt werden, dass es nicht die neuen Töne und Silben unstatthaft verschmiert. 4. Konzentrierte Echos, Schallverdünnungen, «tote» Stellen im Raum dürfen nicht an den von Zuhörern besetzten Stellen auftreten; grösstmögliche Schallhomogenisierung ist für alle Plätze anzustreben. 5. Durch Nachhall- und Reflexionserscheinungen darf der Klangcharakter der Originalschallquellen nicht entstellt werden, weder bei Dauerschall noch bei Kurzemissionen, weder die natürlichen Einschwing- noch die Abklingphänomene der Schallquellen. 6. Stör- und Fremdgeräusche sind vom Saale fernzuhalten.

Architekt und Akustiker müssen diese nicht immer leichten Forderungen damit befriedigen, dass sie aus Raumform, Raumgrösse und Ausstattung des Raumes einen gesunden Kompromiss zuwege bringen, unter Berücksichtigung aller Anforderungen der Aesthetik, des Gebrauchs, der Sicherheit und der Kosten. Als Hauptregeln gelten: Vermeidung bizarrer Raumformen, keine endlosen «Schläuche», keine zu hohen Kuppeln, und vor allem: nicht grösseres Innenvolumen als nötig!

Mit der Forderung 6 kommen wir zur Schallsicherung und Schallisolation, dem zweiten grossen Postulat der Bauakustik. Was ist Lärm? Man kann sagen: Lärme sind im Hörbereich liegende Schwingungen, die entweder durch übermässige Stärke oder unangenehme Klangzusammensetzung oder zur Unzeit unser Ohr beschlagnahmen, wenn dieses entweder Ruhe haben will oder bereits mit einem andern erwünschten Schall beschäftigt ist. Daraus leitet sich der erste und natürlichste Grundsatz für die Bekämpfung des Lärms ab: Verhinderung seines Entstehens mit allen Mitteln der Technik, des guten Willens und der Legislatur.

Bei fast allen Tätigkeiten im Leben und in technischen Prozessen treten Energieabfälle in Form von hörbaren Schwingungen auf. Mechanisch gemessen stellen sie äusserst kleine Energien dar, aber unser Ohr ist eben auf diese Kleinheit eingerichtet. Dem Maschinenbauer, dem Installateur, dem Transportwesen kann man ruhig sagen: «Geräuschlosigkeit ist stets ein Qualitätszeugnis für Maschinen und bewegte Dinge, und dies um so mehr, je grössere und impetuösere Kräftekämpfe in ihnen zum Austrag kommen.» Die Industrie ist sich dessen bewusst und sie bemüht sich, geräuschschwächere Maschinen, Installationsteile und Arbeitsweisen zu vervollkommnen, aber das setzt voraus, dass auch energische Nachfrage nach lärmschwachen Fabrikaten da ist, und dass lärmende Fabrikate unverkäuflich werden.

Der zweite Appell richtet sich an alle Mitmenschen: Macht keinen unnötigen Lärm, der, wenn vom Nachbar erzeugt, euch missfallen muss — also Takt und Rücksicht! Statistische Untersuchungen bekräftigen, dass ungeheuere Werte in Form von verminderter Arbeitsleistung und Arbeitsfreudigkeit auf dem Altar des unnötigen, vermeidbaren Lärms geopfert werden. Dazu kommen die bewusst empfundenen Belästigungen, die reizbaren Personen das Leben vergällen.

Nun werden noch stets viele Lärmquellen übrigbleiben, die mit den heutigen Mitteln noch nicht silenzierbar sind und sogar unentbehrlich sein können, wie beispielsweise Signale.

Das einfachste Schallminderungsmittel ist die Einschaltung genügend grosser Entfernung zwischen Schallherd und Ohr. Wo dies nicht angängig ist, muss zur eigentlichen Isolation gegen Schall und Vibrationen geschritten werden: möglichst lückenlose Einkapselung und Abdrosselung der Schwingungen mittelst schall-«harten» und resonanzfremden Konstruktionen. Schutz am Ohr durch Verstopfen ist nur ein Notbehelf.

Der Architekt kann bezüglich Schallhygiene im Bau mit wohldurchdachten und frühzeitig angewendeten Massnahmen geradezu Wunder wirken durch planmässige Aufteilung der Gebäude, durch Zwischenschaltung von Dilatationsfugen, Schallschleusen in Form von wenig benutzten Räumen, anständige Dimensionierung von Wänden und Decken, schallhemmende Bodenbeläge, saubere Trennung von stillen Wohn- und lärmerzeugenden Arbeitsräumen. Der Gebäudeverwalter kann durch eine taktvoll gehandhabte Hausordnung verdienstvoll mitwirken. Man vergesse nie, dass ein einmal in akustischen Verruf geratenes Gebäude dauernd schwer belastet ist und dass nachträgliche Remeduren immer teuer, aber nicht immer vollwertig sind.

Die öffentliche Meinung ist zu mobilisieren. «Lärmfreie» Automobilwochen haben bewiesen, dass man auch ohne Hupen rasch und sicher fahren kann. Die gesetzlichen Vorschriften über Nachbarrecht wären durchaus genügend, wenn sie überall und strikte gehandhabt würden. Die Antilärm-Ligen haben noch viel Arbeit vor sich; sie wirken in aufklärendem, konziliantem Sinne und sind den Karikaturkünstlern des Wortes und des Bildes dankbar.

Schallsicherung lässt sich in einem Bau, wenn von Anfang an planmässig erwogen, mit oft geringen Mehrkosten ausführen. Ein bis zwei, höchstens vier Prozent, bezogen auf die Bausumme, reichen schon für recht hohe Anforderungen. In Industriebauten ist Schallsicherung oft überflüssig.

Immerhin erfordern die modernen Bauweisen andere, gründlichere Schalldämmungsmassnahmen als die Bauten unserer Väter. Eine grosse Zahl von Forschungsstätten für technische und Bauakustik ist an der Arbeit; die Industrie bietet eine wachsende Auswahl von Isolationsmitteln und Markenartikeln an, deren Wert sich aber erst zeigt, wenn sie sachgemäss in den Bau eingegliedert sind. Die akustische Wundertapete, mit der man einen Lärmbau schallsicher austapezieren kann, ist noch nicht erfunden, auch nicht das akustische «Fliegenpapier», das die Schalle anlockt und festhält, aber es gibt heute genug gesunde und bautechnisch einwandfreie Schallsicherungs-Prinzipien, die mit einwandfreien, erprobten Baumaterialien verwirklicht werden können; blosses Pröbeln und reklamehafter Bluff sind überwunden. Vom Forscher erwartet man, dass er seine Ergebnisse in verständlicher Form für die Praxis herrichtet, vom Praktiker, dass er die ihm oft weniger geläufige Studienarbeit nicht als theoretisierende Komplizierung bewertet. Beide, der Forscher und der Bauausübende, müssen sich gegenseitig ergänzen: der erstere zeigt neue Wege, der letztere ist in der Lage, die Bewährungsprobe zu machen. Je tiefer man in die Probleme der angewandten Akustik eindringt, um so mehr muss man erkennen, dass die Phänomene meistens ausserordentlich komplex sind und dass es nicht damit getan ist, einige vorgefasste Ansichten oder Absichten, oder auch nur der Messtechnik besonders bequem zugängliche Kenndaten hemmungslos zu extrapolieren und zu generalisieren. Ist doch der nie restlos ergründbare Hörsinn des Menschen die letzte Instanz, die über die Leistung des Akustikers entscheidet.

Eine gewaltige theoretische und praktische Fachliteratur hat sich entwickelt; die Messmethoden werden ständig verbessert, die Masseinheiten normalisiert. Aus einem Gebiet willkürlicher Annahmen und Versuche ist eine seriöse Wissenschaft geworden, die einen soliden Boden für die Praxis abgibt, und der Akustiker ist wie der Ingenieur zum unentbehrlichen Mitarbeiter des Architekten geworden.

So war es vor bald 20 Jahren möglich, als Akustik und besonders die Bauakustik noch nicht überall als «seriös» galt, Laboratoriumsarbeiten an der ETH. in Angriff zu nehmen und die Laboratorien und Vorlesung auch für Architekten auszubauen. Eine Hauptaufgabe erblickte das akustische Institut der ETH. darin, in engem Kontakt mit der Bauausführung Messmethoden zu entwickeln, die auch für den Nichtspezialisten verständlich und am Bau durchführbar sind. Manche Untersuchung kann nur im gut ausgerüsteten Speziallaboratorium richtig an die Hand genommen werden, aber alle Probleme, die die komplexen Verhältnisse des fertig benutzbaren Bauwerks betreffen, und besonders alle Streitfälle, müssen in der Praxis selbst abgeklärt werden.

F. M. Osswald, ETH., beratender Ingenieur, Zürich