

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 107/108 (1936)
Heft: 4

Artikel: Raumakustische Probleme
Autor: Wäffler, H.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-48338>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 16.05.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Im Gegensatz dazu liegt in **St. Margrethen** das Pfarrhaus in ebenem Gelände in nächster Nähe der Kirche, und es musste hier auch noch ein grösseres Lokal für Konfirmandenunterricht und Bibelstunden mit einbezogen werden. Dies erforderte eine grössere Grundfläche. Im Dachstock befinden sich noch zwei Dienstzimmer. *Ausführung:* Wie in Rheineck. Baukosten 92 000 Fr. oder 54,25 Fr./m². Bauzeit 10 Monate, erbaut 1934. E. H.

Raumakustische Probleme.

Im Rahmen des im S. S. von der Physikal. Gesellschaft Zürich durchgeführten Vortragszyklus für technische Physik befasste sich ein Vortrag von Prof. Dr. E. Meyer vom Heinrich Hertz-Institut, Berlin, mit dem Nachhall und der Nachhallmessung, den Schallschluckstoffen und der Schallschluckmessung.

Die *geometrische* Raumakustik berechnet oder misst an verschiedenen Stellen des Raumes die Laufzeitdifferenzen zwischen direktem Schall und erstem, gelegentlich auch zweitem Rückwurf. Ihre Methoden sind, abgesehen von der zeichnerischen, Modellversuche mit Wasser- oder Ultraschallwellen. Die zweite Methode mit Funkenerregung wurde von Ing. F. Osswald an der E.T.H. ausgebildet und mit Erfolg angewandt. Die geometrische Raumakustik stellt an einen Raum die Forderung, dass die Laufzeitdifferenzen zwischen direktem Schall und erstem Rückwurf 50 bis 100 millisee nicht überschreiten dürfen.

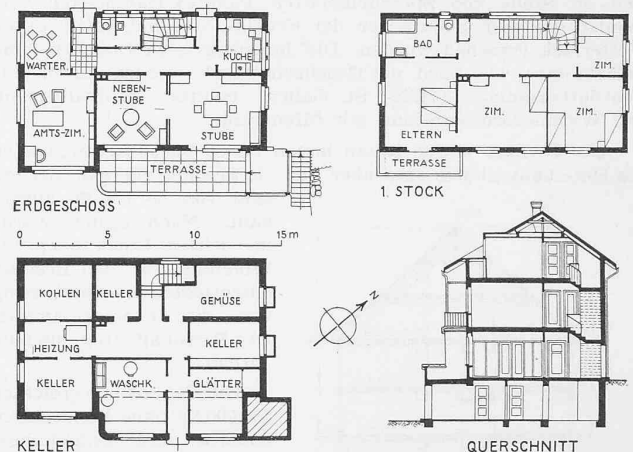
Die *dynamische* Betrachtungsweise befasst sich mit dem Energieverlauf im Nachhall. Sie misst die Nachhalldauer, die aus der Gesamtheit aller Rückwürfe resultiert, und stellt an den zu untersuchenden Raum die zweite Forderung, dass die Nachhalldauer die richtige Grösse habe. Es genügt nicht, für eine Standardfrequenz (512 Hz) eine optimale Nachhalldauer anzustreben, denn im Allgemeinen weist ein Raum für die verschiedenen Tonlagen verschiedene Nachhallzeiten auf. So ist der dumpfe Klang, der bis vor Kurzem den Rundfunkräumen eigen war, darauf zurückzuführen, dass sie für tiefe Töne eine viel längere Nachhalldauer hatten als für die höheren Frequenzen. Ein guter Raum sollte in den mittleren Tonlagen eine frequenzunabhängige Nachhallzeit haben, während gegen die tieferen und höheren Töne hin ein leichter Anstieg der Nachhallzeit wünschbar ist. — Die geometrische und die dynamische Raumakustik treffen sich in der Forderung, dass der unmittelbare Schall energiereicher sein soll als alle Rückwürfe.

Die Nachhallzeit wird definiert als diejenige Zeit, innerhalb der die Schallenergie auf den 10⁻⁶ten Teil, der Schalldruck also auf den 10⁻³ten Teil abfällt. Sie ist von der Grössenordnung der wirklich gehörten Nachhalldauer und wird gemessen durch direktes Aufzeichnen des Schalldruckdiagrammes in logarithmischem Masstab.

Ermittelt man experimentell den Energieverlauf im Nachhall eines reinen Tones in einem Raum, so erhält man nicht den von der Theorie geforderten exponentiellen Abfall (im logarithmischen Masstab also eine Gerade), sondern eine Art Treppenkurve. Der Grund hierfür ist, dass durch den an sich reinen Ton benachbarte Eigenfrequenzen des Raumes erregt werden, die zu Schwebungen Anlass geben. Um eine «Nachhallgerade» zu erhalten, muss genau auf einen Eigenton des Raumes abgestimmt und Schallquelle sowie Mikrophon in Druckbäuchen der betreffenden Eigenschwingung aufgestellt werden. Diese Forderungen sind aber schwer zu verwirklichen, weil die Eigenfrequenzen sehr dicht liegen, besonders für die mittleren und höheren Tonlagen. Dabei entspricht jedem Eigenwert des Raumes eine ganz bestimmte Schallverteilung. Benutzt man hingegen statt reiner Töne sog. Heultöne, d. h. dichte Frequenzbänder, die genügend viele Eigenwerte des Raumes umfassen, so mitteln sich einerseits die Schwebungen heraus, man erhält also eine angenäherte Gerade; andererseits erreicht man eine gleichmässige Energieverteilung im ganzen Raum.

Untersucht man mit solchen Heultönen die Frequenzabhängigkeit der Nachhallzeit in leeren Räumen, so fällt vor allem der mehr oder weniger starke Abfall der Nachhallzeit gegen die tiefen Töne hin auf. Das kommt daher, dass durch mitschwingende Materialien (Glas, Holz), die im Allgemeinen reichlich vorhanden sind, besonders die tiefen Töne absorbiert werden. In der Tat weist eine im Völkerschlachtdenkmal in Leipzig aufgenommene Nachhallfrequenzkurve keinen derartigen Abfall für die kleinen Frequenzen auf.

Wesentlich anders sehen die Nachhallfrequenzkurven für publikumsbesetzte Räume aus. Da für solche eine Untersuchung mit Heultönen nicht in Frage kommt, wird das Orchester selbst als Schallquelle benützt, und zwar werden jene Stellen der Partitur ausgesucht, an denen das Spiel nach ff-Stellen plötzlich



Pfarrhaus mit Amtszimmer in Rheineck.

Risse 1 : 400 und Südansicht. — Arch. E. HÄNNY, St. Gallen.

abbricht. Um nicht alle Frequenzen des gerade gespielten Klages gleichzeitig zu registrieren, muss das Aufnahmegerät mit elektrischen Siebgliedern versehen werden.

Auf diese Weise kann man auch Rundfunkübertragungen oder Schallplatten dazu benützen, die Nachhallfrequenzkurven von Räumen zu bestimmen, ohne diese zu betreten. Im Gegensatz zu den leeren Räumen zeigen die publikumsbesetzten einen Anstieg der Nachhallzeit bei tiefen Frequenzen.

Zu den zwei Forderungen betreffend Laufzeitdifferenzen und Nachhall, die an einen Raum gestellt werden müssen, tritt nun noch eine dritte hinzu. Soll das Hören, besonders in einem Vortragsaal, nicht ermüden, dann muss sich die direkte Schallstrahlengruppe an allen Stellen des Raumes genügend aus dem diffusen Nachhallfeld herausheben. In der Nähe der Schallquelle ist dies meist der Fall; um auch in grösserer Entfernung gute Verständlichkeit zu erzielen, genügt es meist, durch schalldämpfende Vorhänge die Nachhallenergie gebührend unter die direkte Schallenergie herabzudrücken.

Ein weiteres Anwendungsgebiet des Nachhallverfahrens liegt in der Bestimmung der Schallschluckzahlen von Materialien, die im sog. Hallraum ausgeführt wird. Um die Nachhallverhältnisse in den Räumen, besonders bei der heute üblichen glatten Bauweise zu verbessern, stehen eine Menge Schluckstoffe zur Verfügung. Ihr Schluckvermögen wird durch die vom Einfallswinkel abhängige Schluckzahl (Verhältnis der nicht zurückkehrenden zur auffallenden Energie) charakterisiert. Der Hallraum ist ein Raum mit möglichst geringer Eigendämpfung, der auf hineingebrachte Schluckstoffe mit einer empfindlichen Abnahme der Nachhallzeit reagiert. In ihm muss ein diffuses Schallfeld vorhanden sein, um einen Mittelwert der Schluckzahl über alle Ein-

fallswinkel zu liefern. Ein guter Hallraum muss in seinen drei Dimensionen gross gegenüber der Schallwellenlänge sein; die Zahl seiner Eigenwerte im betreffenden Frequenzbereich ist dann gross, und es ist nicht die eine oder andere Eigenschwingung und damit eine bestimmte Schwingungsverteilung über den Raum besonders ausgeprägt.

Aus der Schwierigkeit der Herstellung eines idealen Hallraums erklären sich die Abweichungen unter den von verschiedenen Instituten ermittelten Schluckzahlen der selben Materialien. Sie sind für stark absorbierende Materialien nicht unerheblich. Ferner sollten die Schluckzahlen von der untersuchten Materialmenge unabhängig sein, wenn sie wirkliche Materialkonstante sein sollen. Das Abweichen der Versuchsergebnisse für grosse Materialmengen von dieser Forderung ist verständlich, wenn man bedenkt, dass eben ein Hallraum, dessen ganzer Boden mit Prüfmaterial belegt ist, im Grunde genommen kein Hallraum mehr ist. Ein Vergleich mit dem optischen Analogon des Hallraums, der Ulbricht'schen Kugel, führt zum Schluss, dass der heute verwendete Hallraum zwei Uebel aufweist: einmal sind seine Dimensionen den Schallwellenlängen zu wenig überlegen und zum Zweiten reflektieren seine Wände nicht diffus. Zur Behebung der zweiten Schwierigkeit scheint es zweckmässig, die Wände des Hallraumes mit schallzerstreuenden Vorsprüngen zu überkleiden. Versuche in dieser Richtung sind im Gange. — Immerhin wird schon mit den heutigen Messmethoden diejenige Präzision, die die raumakustische Praxis verlangt, durchaus erreicht.

Es gibt zwei Gruppen von Schallschluckern, nämlich die porösen und die schwingungsfähigen. Zwischen beiden Gruppen gibt es natürlich zahlreiche Uebergangsformen.

Zu den porösen Schallschluckern gehören alle Textil- und Faserstoffe (Holzfaserplatten, Filz, Wandbespannungen, Schlackenwolle), unverputztes Wandmaterial, Gasbeton und schliesslich auch Publikum. Die porösen Stoffe werden charakterisiert durch drei physikalische Grössen, nämlich Strömungswiderstand, Dicke und Porosität. Theorie und Experiment liefern übereinstimmend das Resultat, dass poröse Stoffe die tiefen Frequenzen, zumal bei geringen Schichtdicken, schlecht, die höhern besser dämpfen.

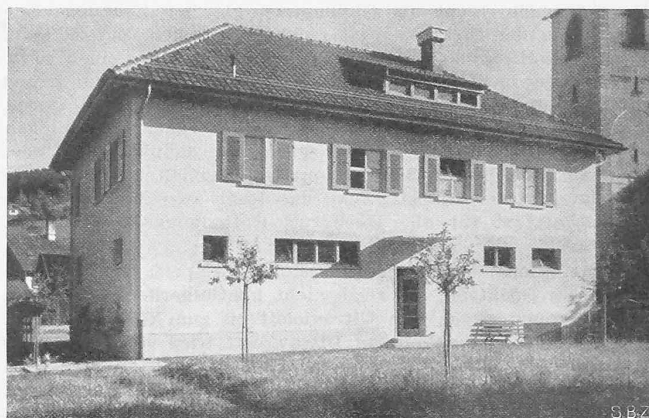
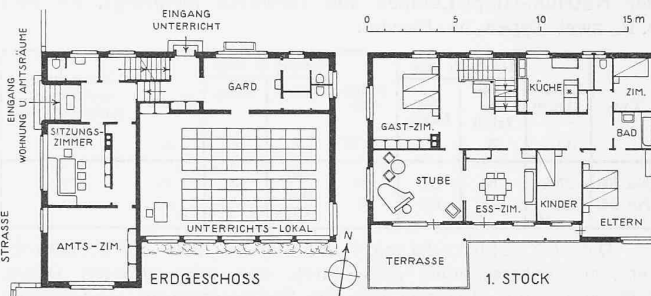
Glücklicherweise besitzen wir in der zweiten Gruppe der Schallschlucker, den schwingungsfähigen Stoffen, eine gute Ergänzung. Zu dieser Gruppe gehören lackiertes Sperrholz, Wachtuchbespannungen, ferner Aluminiumfolien, die in der Regel auf einem Holzlattengerüst in einem gewissen Abstände von der Wand montiert werden. Bis vor Kurzem hatte man von der Funktion solcher schwingungsfähiger Stoffe eine falsche Vorstellung. Man glaubte, dass ein wesentlicher Anteil des Schalles durch die Wände und Haltevorrichtungen auf diese Stoffe, die ja meist in Form von Sperrholzvertäfelungen verwendet werden, geleitet und von hier aus in den Raum abgestrahlt werde. Versuche haben jedoch ergeben, dass dies höchstens in verschwindendem Masse der Fall ist, und dass solche Holzplatten nicht als Strahler, sondern im Gegenteil als Absorber wirken, indem sie durch den aus dem Raum auffallenden Schall in Schwingung versetzt werden und einen Teil der Schallenergie verzehren.

Jene Eigenfrequenz eines solchen Schwingers, bei der er am meisten absorbiert, ist eine Funktion seiner Masse und der Dicke des hinter ihm liegenden Luftpolsters. Durch geeignete Wahl dieser Grössen hat man es also in der Hand, das Dämpfungsmaximum an jede beliebige Stelle des Frequenzbereiches zu legen. Es ist aber notwendig, durch teilweises oder vollständiges Ausfüllen des Luftpolsters mit einem Schallschlucker (Watte) das Auftreten von Querschwingungen zu verhindern. Verwendet man mehrere Lagen solcher schwingungsfähiger Stoffe hintereinander mit zwischenliegenden Luftpolstern, so kann man (analog einer elektrischen Siebkette) durch geeignete Wahl der die Eigenfrequenz bestimmenden Grössen erreichen, dass die niedrigeren Frequenzen stark, die höheren dagegen nur schwach gedämpft werden. Damit hat man eine wertvolle Ergänzung zu den porösen Schallschluckern, die das entgegengesetzte Verhalten zeigen.

Die schwingungsfähigen Schallschlucker bieten damit, eventuell kombiniert mit porösen Stoffen, den grossen Vorteil, dass durch passende Wahl der Resonanzlage der Nachhallkurve jede gewünschte Form erteilt werden kann.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass man über die zur Verbesserung von Räumen zu benutzenden Stoffe gut Bescheid weiss; Theorie und Wirkungsweise der porösen und schwingungsfähigen Schallschlucker sind weitgehend geklärt. Wesentliche Förderung muss hingegen noch das Gebiet der Schallausbreitung in den Räumen selbst erfahren.

H. Wäffler.



Pfarrhaus mit Amtsräumen und Unterrichtszimmer in St. Margrethen. Risse 1:400, Süd- und Nordansicht. — Arch. E. HÄNNY, St. Gallen.

Metalldampf-Lampen und ihre Anwendungen.

Von J. GUANTER, Dipl. Ing., Zürich.

Von den bisher für den praktischen Gebrauch entwickelten Metalldampf-Lichtquellen haben die Natrium- und die Quecksilber-Hochdruck-Lampen schon einige Bedeutung erlangt. Beide sind Entladungsröhren, und im Prinzip funktionieren sie ähnlich wie die Edelgas-Leuchtröhren für Lichtreklame. Die Lichtemission entsteht als Folge des Elektronenanpralls gegen die Atome der Metaldämpfe. Die Lichtaussendung ist für jedes Metall von typischer Farbe. Eine verwendungsfähige und wirtschaftliche Lichtausnützung besitzen zunächst nur Natrium und Quecksilber.

Im Gegensatz zu den Edelgas-Leuchtröhren haben diese Lampen noch einige weitere Eigenschaften, die sie für eine allgemeine Verwendung recht brauchbar machen. In erster Linie ist hervorzuheben, dass sie keiner Hochspannung bedürfen. Die Oxydelektroden, die schon bei geringer Spannung Elektronen aussenden, erlauben diese modernen Lichtquellen ohne weiteres an die normale Netzspannung von 220 Volt Wechselstrom anzuschliessen. Wie fast alle Entladungsröhren haben auch Metaldampf-Lampen negative Widerstandscharakteristik. Daher muss der Strom, sobald die Lampen gezündet