

Raumakustik in der Praxis: die Akustik eines Raumes ist ein wichtiger Wohlfühlfaktor

Autor(en): **Imhof, Thomas**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Tec21**

Band (Jahr): **130 (2004)**

Heft 36: **Wohlfühlräume**

PDF erstellt am: **22.05.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-108436>

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.

Raumakustik in der Praxis

Die Akustik eines Raumes ist ein wichtiger Wohlfühlfaktor

Die herausragende Akustik moderner Konzertsäle wird mit Recht bewundert. Doch der Alltag ist oft weniger erfreulich – etwa wenn es in einem Restaurant so laut ist, dass man sein eigenes Wort nicht mehr versteht. Die Frage, was eine gute Raumakustik ausmacht und wie sie erreicht werden kann, stellt sich auch bei Veranstaltungsräumen, öffentlichen Aufenthaltsräumen und privaten Wohnräumen.

Das einfachste Kriterium, um die Akustik eines Raumes zu charakterisieren, ist die Nachhallzeit. Sie ist zwar seit Jahrzehnten nicht mehr das einzige Kriterium, trotzdem wird sie heute noch angewendet: Die Länge der Nachhallzeit ist definiert als die Zeitdauer, während dieser der Schalldruckpegel eines Geräusches um 60 dB abnimmt (gemessen wird ab Ausschalten der Geräuschquelle). In Räumen mit langer Nachhallzeit kann dies auf einfache Art mit einem einmaligen Händeklatschen und anschliessendem Zählen im Sekundentakt nachvollzogen werden: Der Pegelunterschied zwischen dem lauten Impuls und dem Grundgeräusch entspricht in etwa 60 dB. Die resultierende Zeitdauer ist die mittlere Nachhallzeit. Mit einem entsprechenden Instrumentarium kann die frequenzabhängige Nachhallzeit eines Raumes exakt gemessen werden.

Akustik-Prophylaxe

Die Anforderungen an die Akustik eines Raumes müssen in einer frühen Planungsphase festgelegt werden. Anhand von Nachhallzeit-Berechnungen können Schwachstellen erkannt und gezielt Einfluss auf den Innenausbau genommen werden. Die dabei verwendete Formel nach Wallace C. Sabine (1868–1919) kann in einem Tabellenkalkulations-Programm programmiert werden (siehe Kasten). Von den benutzten Formelzeichen muss vor allem der frequenzabhängige Schallabsorptionsgrad α_i genauer abgeklärt werden. Die in Hallräumen gemessenen Schallabsorptionsgrade werden von den Herstellern von Akustik-Materialien zur Verfügung gestellt (Bild 1).

Definitionen

Die Raumakustik setzt sich mit der Hörsamkeit in Räumen auseinander und hat mit der Bauakustik nichts zu tun. Das Thema «Schallschutz im Hochbau» wird in der Norm SIA 181 behandelt. Die neue Fassung dieser Norm wird aber voraussichtlich auch raumakustische Aspekte beinhalten.

Die statistische Raumakustik erlaubt die Berechnung der Nachhallzeit auf Grund des Raumbolumens, der Raumboflächen und der zugehörigen Schallabsorptionsgrade.

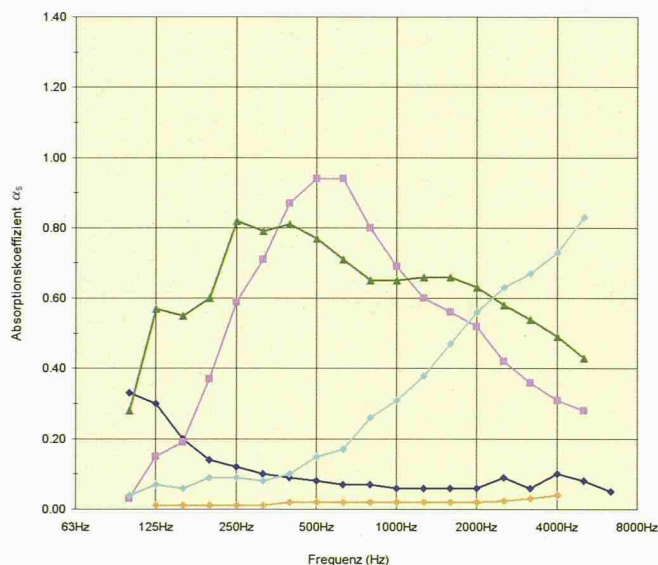
Die geometrische Raumakustik wird vor allem bei anspruchsvollen Hörräumen wie Konzertsälen und Theatern angewendet. Dabei wird der von der Quelle abgestrahlte Schall durch exakt ausgerichtete Reflektoren in der richtigen zeitlichen Staffelung und Lautstärke zu den Zuhörern gelenkt.

Nachhallzeit-Berechnungsformel nach W. C. Sabine

$$T_f = 0.163 \times (V / [\sum_1^i S_i \times \alpha_i + \sum_1^k A_k + 4 \times V \times m])$$

T_f	frequenzabhängige Nachhallzeit [s]
V	Raumbolumen [m ³]
S_i	Oberfläche [m ²]
α_i	frequenzabhängiger Schallabsorptionsgrad [-]
A_k	äquivalente Schallabsorptionsgrade von nicht flächenbildenden Gegenständen und Personen [m ²]
m	Energiedämpfungskonstante der Luft [m ⁻¹]

Bei der Lösung raumakustischer Probleme sind Raumgrösse, vorgesehene Nutzung und akustische Anforderungen die Parameter, die bei der Planung berücksichtigt werden müssen. Am Anfang jeder raumakustischen Projektierung wird die Raumnutzung festgelegt. Auf Grund der vorgesehenen Nutzungsarten werden die optimalen Nachhallzeiten in Abhängigkeit des Raumbolumens definiert. Räume, in denen gesprochen wird, müssen dabei generell eine kürzere Nachhallzeit aufweisen als Räume, in denen vorwiegend Musik dargeboten wird (Bild 2). Beispielsweise wird in Unterrichtsräumen eine kurze Nachhallzeit angestrebt, denn dort hat die Verständlichkeit des gesprochenen Wortes höchste Priorität, und der Grundgeräuschpegel sollte niedrig sein. Die Nachhallzeit in einem Klassenzimmer



1

Vergleich der frequenzabhängigen Schallabsorptionskoeffizienten α_s von typischen Baumaterialien:

orange: schlechter Absorber (Mauerwerk, glatter Putz, Beton, geklebter Parkett);

dunkelblau: Tiefton-Absorber (Gipskarton GK 12.5 mm, Lufthohlraum 100 mm mit Mineralfaser 30 mm);

rot: Mittelton-Absorber (Sperrholz 6 mm gelocht [17 %], Lufthohlraum 100 mm mit Mineralfaser 30 mm);

grün: Breitband-Absorber (Glatter Akustikputz auf Mineralfaser 60 mm);

hellblau: Hochton-Absorber (Teppich)

mit Raumvolumen $V=250\text{ m}^3$ sollte im besetzten Zustand (d.h. im Frequenzbereich zwischen 500 Hz und 1000 Hz) bei 0.6 s liegen. Genauso unangenehm wie Räume mit zu langer Nachhallzeit sind solche mit viel zu kurzer Nachhallzeit. Der erfahrene Akustiker strebt deshalb – nicht nur aus Kostengründen – das Optimum und nicht das Maximum an. Im Folgenden werden einige Beispiele aufgeführt.

Raumakustik praxisnah

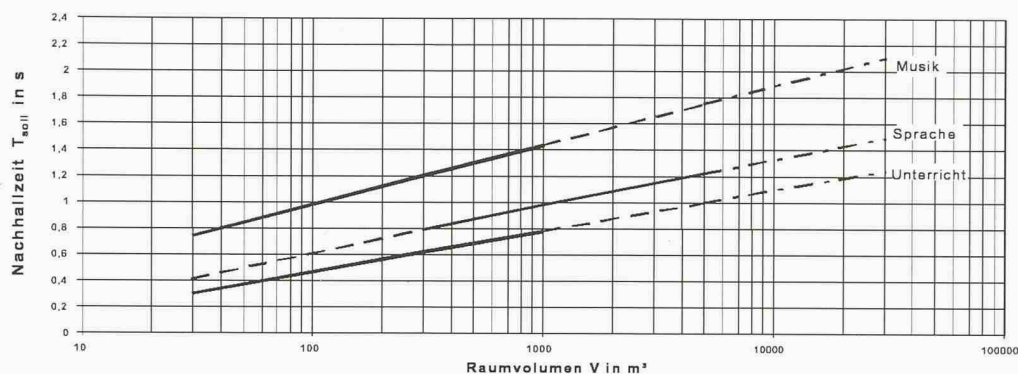
Erschliessungsraum in einem Gemeindehaus: Der Erschliessungsraum in einem öffentlichen Gebäude soll keine sichtbaren akustischen Massnahmen aufweisen. Da das Foyer nicht nur Durchgangs-, sondern auch Begegnungsort ist, muss die Halligkeit begrenzt werden. Die einzige Zier sind die grossformatigen Leuchten mit den Abmessungen $180 \times 180\text{ cm}$. Architekt, Lichtplaner und Akustiker entwarfen interdisziplinär eine schallabsorbierende Leuchte (Bild 3). Die sichtbare Bespannung weist einen relativ kleinen Strömungswiderstand auf, ist also schalldurchlässig. Sie ist aber auch leicht schallabsorbierend und hat vor allem die Aufgabe, das Licht der Leuchtstoffröhren diffus zu verteilen. Der Hohlraum ist zusätzlich mit einem schallabsorbierenden, porösen Material ausgekleidet. Das Ergebnis ist zufriedenstellend: Gespräche sind nun problemlos möglich.

Wohnräume: Die Raumakustik in Wohn- und Essräumen moderner Einfamilienhäuser gibt immer öfters Anlass zu Reklamationen. Grund ist der hohe Lärmpegel beim gemeinsamen Essen, beim Fernsehen und Radio hören oder beim Telefonieren. Das Problem besteht in diesen Fällen darin, dass Boden, Wände und Decke schallhart sind. Das vollflächige Verlegen eines textilen Bodenbelags würde das raumakustische Problem etwas entschärfen, kommt jedoch oft nicht in Frage. Auch die Wände stehen nicht zur Verfügung, da dort Fenster, Türen und Bilder vorhanden sind. Zudem können Akustikmassnahmen an Wänden optisch stören und verletzlich sein. Aus diesen Gründen können schallschluckende Flächen nur an der Decke angebracht werden. Wegen der hohen ästhetischen Anforderungen an die sichtbaren Oberflächen in Wohnräumen werden Kassetten-Decken oder industrielle Lösungen nicht akzeptiert. Auf dem Markt werden verschiedene fugenlose Decken angeboten, die sich harmonisch in die Wohnumgebung einfügen und optisch nicht als Schallabsorber wahrgenommen werden (Bild 4).

Schulräume: Eine Nachhallzeit im besetzten Zustand von 0.6 s (im Frequenzbereich zwischen 500 Hz und 1000 Hz) kann bei vollflächiger Belegung der Decke problemlos erreicht werden. Es ist auf eine gute Durchmischung von Tiefton- und Mittelton-Absorbern zu achten. Wenn die Decke aus architektonischen Gründen vollflächig gelocht erscheinen soll, kann ein Teil der Lochfläche zusätzlich mit dünnen Holzwerkstoffplatten hinterlegt werden. Damit werden diese Löcher unwirksam, und die erforderliche Tiefton-Absorption wird verbessert. Lochdecken können nur beschränkt zur Schallabsorption und als Lüftungsdecke eingesetzt werden, da die Anforderungen an den freien Querschnitt für den Luftaustausch den akustischen Anforderungen (Hinterlegen mit Vlies und porösem Absorber) entgegengesetzt sind. Wichtig ist, dass keine reinen Hochtonabsorber (z.B. Spritzakustikputze) eingesetzt werden – diese sind zwar kostengünstig, aber für den Einsatz in Schulen nicht geeignet!

Sporthallen: Heute werden keine Sporthallen ohne raumakustische Massnahmen mehr gebaut. Fehler werden aber nach wie vor bei der Anordnung der schallabsorbierenden Flächen gemacht. Parallele Flächen aus Beton führen wegen der grossen Abmessungen zu deutlich hörbaren Flatterechos, welche von den Benutzern beanstandet werden. Wie Bild 5 zeigt, müssen die Wandflächen nicht vollflächig mit schallabsorbierenden, ballwurf festen und prallgeschützten Holzwerkstoffplatten verkleidet werden, es genügt die Verkleidung des umlaufenden unteren Wandbereichs. Die Decke ist vollflächig mit einer gut schallabsorbierenden und ballwurf festen Verkleidung zu belegen. Turntechnische Installationen, Leuchten, Decken-Lautsprecher und Lüftungsgitter reduzieren die wirksame Fläche der Akustikdecke um einige m^2 , was in der akustischen Berechnung jeweils nicht vernachlässigt werden darf.

Restaurants: Wenn Gespräche unter den Gästen durch zu hohen Lärmpegel erschwert und Menschen mit Hörproblemen sogar von der Unterhaltung ausgeschlossen werden, dann macht eine Gaststätte ihrem Namen keine



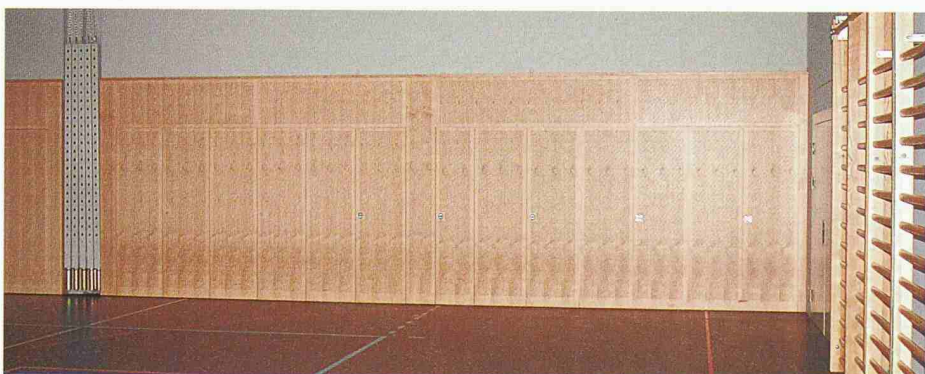
2
Sollwert der gemittelten Nachhallzeit zwischen 500 Hz und 1000 Hz im besetzten Zustand für unterschiedliche Nutzungsarten (DIN 18041: 2004)



3
Foyer Center communal in Trun: Schaumstoffmatten wurden in die Leuchten integriert (2001, Architekt Joos Gredig + Peter Walser, Chur, Lichtplaner Fluora Leuchten, Herisau)



4
Moderner Wohnraum mit Akustikdecke aus mitteldichter Faserplatte (MDF, vorne geschlitzt und hinten gelocht); 2004



5
Wandansicht mit gelochten Sperrholzplatten im unteren Wandbereich einer Sporthalle (2002)



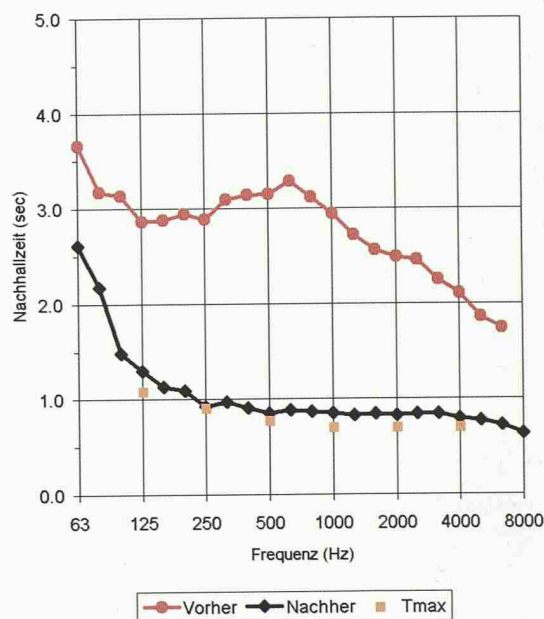
6
Mensa der Pädagogischen Hochschule in Rorschach mit schallabsorbierender Decke (Akustikputz mit Mineralfaser), 2003: Denkmalschutz und Akustikmassnahme in einem

Ehre! Platz für raumakustische Massnahmen ist üblicherweise genügend vorhanden. Beleuchtung, Belüftung und Lautsprecher können nämlich problemlos in eine Akustikdecke integriert werden. Besondere Beachtung ist der Luftverunreinigung durch Nikotinrauch zu schenken, wenn Absorber mit poröser Oberfläche eingesetzt werden: Rauch lagert sich in den Poren ab und führt zu einem erhöhten Renovationsbedarf. Nichtporöse Absorber (z. B. Loch- oder Schlitzplatten) können ohne Beeinflussung der akustischen Eigenschaften durch Überstreichen sanft renoviert werden.

Historische Räume: Räume in historischen und denkmalgeschützten Gebäuden weisen oft nur schallharte Oberflächen auf. Die Nachhallzeiten liegen deutlich über den Anforderungen, und die Hörsamkeit wird von den meisten Benutzern als unerträglich bezeichnet.

Wenn das Auslegen von textilen Bodenbelägen oder das Aufhängen von Vorhängen aus denkmalpflegerischen Gründen nicht möglich ist, kann in einigen Fällen durch die Platzierung von schallabsorbierenden Stellwänden eine Milderung des Problems erzielt werden – was optisch allerdings wenig zu befriedigen mag. In seltenen Fällen sind auch herausragende Lösungen möglich: Die Raumakustik in der Mensa einer Pädagogischen Hochschule wurde über Jahre hinweg massiv bemängelt. Auf Initiative des schuleigenen Bauverantwortlichen wurden akustische Messungen durchgeführt und Vorschläge erarbeitet. Als beste Variante wurde die vollflächige Belegung der gewölbten Deckenfläche mit einem kompakten Breitbandabsorber evaluiert. Die Zeichnung der Sandsteinrippen wurde durch die dazwischen angebrachte Absorberfläche nur minimal beeinträchtigt, weshalb der zuständige Denkmalpfleger sich mit dieser Lösung einverstanden erklären konnte (Bild 6). Heute präsentiert sich der Raum auch bei Anwesenheit einer grossen Anzahl von Studierenden angenehm ruhig (Bild 7).

Thomas Imhof, dipl. El.-Ing. HTL/dipl. Akustiker
SGA, Imhof Akustik AG, Speicher AR
www.imhof-akustik.ch, info@imhof-akustik.ch



7

Der Vergleich der gemessenen frequenzabhängigen Nachhallzeiten vor und nach der Sanierung der Mensa der Pädagogischen Hochschule zeigt deutlich die mittlere Reduktion von über 2 s

Literatur

- Mac Kenzie, D.J.; Airey, S.: Akustik in Klassenzimmern. Heriot-Watt University, Edinburgh, 1999.
- Eggenschwiler, K.: Akustik von Schulzimmern und Auditorien. Empa, Forum gesundes Bauen, 2002.
- DIN 18041: Hörsamkeit in kleinen bis mittelgrossen Räumen, 2004.
- Schweizerische Gesellschaft für Akustik SGA: Richtlinien für die Akustik von Schulzimmern und anderen Räumen für Sprache (www.sga-ssa.ch).

JOSEF MEYER

Stahlbau-Pr **OJE** kt !

Mit uns passiert das nicht.

WER KOMPLEXES BEHERRSCHT, IST HOCH EFFIZIENT AUCH FÜR KLEINE BAUVORHABEN

Josef Meyer Stahl & Metall AG, Emmen und Zürich, Tel. 041 269 44 44, www.josefmeyerstahl.ch