Zeitschrift: Bauen + Wohnen = Construction + habitation = Building + home : internationale Zeitschrift

Herausgeber: Bauen + Wohnen

Band: 6 (1952)

Heft: 4

Artikel: Schallisolation

Autor: Haller, P.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-328277

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 08.08.2025

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

Dipl. Ing. P. Haller, Sektionschef der Eidgenössischen Materialprüfungs- und Versuchsanstalt in Zürich

Schallisolation

Andauernd auf den Menschen einwirkender Lärm kann körperliche Schäden verursachen, die Fähigkeit zur geistigen Arbeit beeinträchtigen oder die Erholung von geistiger oder körperlicher Anstrengung verunmöglichen. Das Ziel der Lärmbekämpfung ist, den störenden Schall d.h. den Lärm dermaßen zu drosseln, daß der Raum seiner Bestimmung zugeführt werden kann.

Die Lärmbekämpfung gliedert sich in drei Teile:

1. Bekämpfung an der Quelle
2. Abkapseln, Zwischenstellen von Schallsperren
3. Vernichtung bzw. Umwandlung der Schallenergie in eine andere Energieform, meist in Wärme.

Durch den sich gewaltig steigernden Verkehr auf der Straße und in der Luft, durch das Einsetzen von Maschinen in Fabriken, im Büro und auch im Haushalt werden die ausgestrahlten Schallwellen derart verstärkt, daß die Ruhe Suchenden oder geistig Arbeitenden oft über das physisch und psychisch Tragbare hinaus beansprucht werden.

Während beispielsweise die Automobilindustrie größte Anstrengungen macht, um das Motoren- und Fahrgeräusch herabzusetzen, scheinen die Hersteller vor allem der modernen, geradezu eine Landplage werdenden Kleinmotorräder ihre kindliche Freude am Geknatter noch nicht überwunden zu haben. Die Häufung der Einsprachen von Nachbarn wegen Immission von Lärm aus Fabriken und andern Fabrikationsbetrieben ist ein Symptom der starken Steigerung des Lärms einerseits und der Überschreitung des für den Nachbar Tragbaren andrerseits. Die heutigen Verhältnisse sind ohne Zweifel derart, daß behördliche Maßnahmen zur Ausmerzung lärmender Fahrzeuge, gegen die Erstellung und den Ausbau von Fabriken in ausgesprochenen Wohnquartieren usw. ergriffen werden müssen. Die Erstellung von Lärmkatastern für die einzelnen Quartiere einer Gemeinde ist heute dank der objektivmessenden Schallmeßgeräte kein Ding der Unmöglichkeit. Einmal aufgestellt, wird jedermann nicht mehr erst vor dem Richter sein Recht suchen müssen. Mit gutem Willen lassen sich nahezu alle Belästigungen durch bauliche, wirtschaftlich tragbare Maßnahmen auf ein erträgliches Maß senken. Die mehr und mehr in Büros eingesetzten Buchhaltungsmaschinen usw. sollten in gut isolierten Lärmkammern zusammen aufgestellt werden; die Leistungsfähigkeit der Andersbeschäftigten würde so nicht unnötigerweise herabgesetzt.

In Wohnräumen, in die von allen Seiten Radio-, Klavier-, Staubsauger- und andere Geräusche eindringen, der Ruhe zu pflegen oder sich geistig beschäftigen zu wollen, ist unmöglich und reißt an den Nerven vor allem dann, wenn keine Mittel und Wege vorhanden sind, eine Änderung herbei zu führen. Wenn auch von der Maschinenindustrie durch Einsetzen von Lärmspezialisten Anstrengungen gemacht werden, lärmarme Maschinen zu bauen – das Argument Lärm spielt schon heute im Konkurrenzkampf eine gewichtige Rolle –, so werden doch noch lange die nicht «zum alten Eisen» reifen Maschinen ihre nervenzerrüttende Wirkung weiter ausüben, und noch lange Zeit wird die Bekämpfung des Lärms auf die Anwendung der baulichen Hilfsmittel beschränkt bleiben.

Die Lärmbekämpfung an der Quelle ist ein Postulat, dessen Notwendigkeit höchstens von Unbelehrbaren nicht eingesehen wird; es kann nur durch die Anstrengung und die Einsicht aller: vom Benützer der Verkehrswege, Maschinenbauer, Fabrikinhaber, Gesetzgeber, Behörden bis zum Wohnungsinhaber der Erfüllung näher gebracht werden.

Über die technischen Möglichkeiten zur Vernichtung bzw. Umwandlung von Schallenergien orientiert der Artikel: Lärmbekämpfung durch schallschluckende Materialien «Bauen und Wohnen» Nr. 11 1951, so daß noch verbleibt, die Mittel zur Abkapselung oder der Trenn-Isolierung zu behandeln.

Da in der Schalltechnik besondere Einheiten für die Charakterisierung eines Schallpegels oder eines Isoliervermögen einer Wand oder Decke gebraucht werden, ist es notwendig, einige Worte darüber zu sagen.

Wie bei allen Sinnesorganen lösen die physikalischen Wirkungen d. i. die Schallwelle über das Ohr im Gehirn eine Empfindung aus. Aber ebenfalls wie alle Sinnesorgane besteht zwischen der physikalischen Wirkung und der Empfindung keine Proportionalität, sondern die vom Ohr empfundene Schallintensität S steigt bedeutend langsamer an als die physikalische Wirkung d. i. die Schallenergie. Das Gesetz, erstmals von Weber-Fechner abgeleitet, sagt aus, daß die Zunahme der Schallempfindung ΔS wohl proportional der Zunahme der Schallenergie ΔJ, aber außerdem noch indirekt proportional dem Reiz, d. h. der Schallenergie J, ist:

$$\Delta S = k \frac{\Delta J}{J}$$

J = Schallenergie
S = Schallempfindung — Schallstärke.

Durch Integration folgt:
$S = k' \log J$

Dank dieser Eigenart des Ohres wird es möglich ganz geringe bis sehr starke Schallenergien zu hören; der Gehörumfang des Ohres zwischen der geringsten gerade noch gehörten Schallenergie (= Hörschwelle) und diejenigen, die gerade Schmerz bereitet, liegt zwischen 1 und 1000 000 000 000 Einheiten. Welch gewaltige Leistungsfähigkeit unseres kleinen Gehörorgans! Da nur über der Hörschwelle liegende Schallenergien gehört werden, darf die Maßskala erst von dort an zu zählen beginnen, d. h. der Hörschwellenwert J_0 (Energie an der Schwelle) ist jeweils in Abzug zu bringen:

$$S = k' (\log J - \log Jo) = k' \log \frac{J}{J_0}$$

Wollen wir den ganzen Hörbereich mit einer Skala belegen, muß diese zwischen log 1 und log 10^{12} d. h. zwischen 0 und 12 liegen. Da diese Einteilung zu groblöchtig ist, hat man jede Dekade (bel genannt) noch in 10 Teile unterteilt. Diese Einheit wird nun Dezibel (= db) genannt.

Die Schallstärke $S = 10 \log \frac{J}{J_0}$ wird also in Dezibel gemessen. Mit den gebräuchlichen Schallgeräten wird der mittlere Druck der Schallwelle gemessen. Die dem Ohr zuwandernde Schallenergie ist nun proportional dem Quadrate des Schalldruckes p: $J = ap^2$, so daß die Schallstärke S aus dem Schalldruck wie folgt dargestellt werden kann: $S = 10 \log \frac{J}{J_0} = 20 \log \frac{p}{p_0}$. p_0 ist der Schalldruck an der Hörschwelle, er wurde im Jahre 1937 in Paris zu 2.10^{-4} dyn/cm² festgesetzt.

Tabelle I

Der Hörbereich umfaßt also 120 db; stärkere Geräusche, wie sie noch bei Knallen (Schüssen) gemessen werden, erzeugen Schmerz und können das ungeschützte Ohr beschädigen. Um einen Schallpegel um 20 db zu senken, muß also die Schallenergie zu 99 % vernichtet werden; diese Feststellung läßt sofort ahnen, welche großen Schallenergien vernichtet werden müssen, wenn ein Schallpegel sogar um 50 db gesenkt oder die Schallenergie bis auf den hunderttausendsten Teil zerstört bzw. in Wärme übergeführt werden sollte. Da das Ohr in den tieferen Tonlagen erst bei einem höheren Schalldruck zu hören beginnt, ist bei Pegelmessungen eine Korrektur anzubringen. Durch Vergleich eines 1000 Hz-Tones (= Normalton) z. B. mit einem 100 Hz-Ton haben Fletcher und Munson einen Vergleichsmaßstab aufgestellt bei dem als wichtigste Abweichung von der db-Skala ein Anheben der Hörschwelle bei den Tönen unter 800 Hz zu nennen ist, Tabelle II.

Eine neue physiologische Maßeinheit, die in Abweichung gegenüber der physikalischen Einheit (db) die Ohr-Charakteristik schärfer erfaßt, ist das Phon. Das Lautstärkemaß kommt für Pegelangaben zur Anwendung, während zur Darstellung von Isolierwerten von Wänden und Decken, die aus der Differenz zweier Pegelwerte ermittelt werden, der db-Maßstab im allgemeinen mit ausreichend Genauigkeit verwendet wird, Tabelle III.

Ein Ton, eine Tongruppe oder ein Geräusch muß eine bestimmte Stärke aufweisen, wenn sie aus anderen Tönen oder Geräuschen herausgehört werden soll. Die Hörschwelle wird also in Gegenwart anderer Töne angehoben. Dieser sogenannte Verdeckungseffekt ist bei der Beurteilung einer Geräuschanalyse zu berücksichtigen.

Für die Bewertung eines Isoliereffektes reicht der Dezibel-Maßstab allein nicht aus. Wenn z. B. der Isolierwert einer Wand durch Messung zu 35 db festgestellt wurde, um wieviel kleiner wird nun der Schallpegel hinter der Wand gegenüber demjenigen vor der Wand empfunden? Oder beim Vergleich zweier Isolierwerte: z. B. 35 und 42 db, um wieviel isoliert die zweite Wand empfindungsmäßig mehr als die erste?

Fletcher hat auch für die Beurteilung eines Isolierwertes einen Maßstab geschaffen, der in einfacher Weise in der Lautheitskurve zur Darstellung gekommen ist. Aus der Tabelle IV können die empfindungsmäßigen Abminderungen abgelesen werden, so z. B., wenn ein Geräusch vor der Wand zu 90 Phon, hinter der Wand zu 50 Phon zu hören ist, hinter einer andern Wand aber nur zu 46 Phon gemessen wird, so isoliert die zweite Wand empfindungsmäßig 30 % mehr. Die Lautheitfunktion ist ein wertvolles Hilfsmittel, um Schallpegel miteinander zu vergleichen; Voraussetzung allerdings ist die Kenntnis der Pegelhöhe in Phon.

Die Luftschallisolierung

Der oszillierende Schalldruck im Raum 1 regt die Wand zu Schwingungen an, Abb. 1. Diese wiederum strahlt wie eine Membrane auch auf der Gegenseite Schall ab, so daß sich im Raum 2 ein gewisser Schallpegel S_2 (= Schallstärke) einstellt. Diese Schallstärke S_2 muß proportional der Schallstärke S_1 und der Durchlaßfläche F, aber indirekt proportional der Schallschluckfläche des Empfangsraumes A_2 (siehe «Bauen und Wohnen» Heft 11 1951) und dem Isolierwert der Wand d sein:

$$S_2 = \frac{1}{d} \cdot S_1 \frac{F}{A_2} \text{ oder } d = \frac{S_1}{S_2} \cdot \frac{F}{A_2}$$

Mit dem db-Maßstab gemessen:

$$10 \log d = D = 10 \log \frac{S_1}{S_2} + 10 \log \frac{F}{A_2}$$

oder $D = 20 \log \frac{p_1}{p_2} + 10 \log \frac{F}{A_2}$,

sobald der Schalldruck p in die Rechnung eingeführt wird. D ist nichts anderes als der Dämmwert der Wand im db-Maßstab. Die Schalldämmung kann errechnet werden, wenn die Schallstärken beiderseits der Wand, die Fläche der Wand F und die Schallschluckfläche A_2 des Empfangraumes bekannt sind. Ist aber die Schalldämmung einer Wand bekannt, kann der Pegel S_2 berechnet werden, oder wenn beide Pegel gegeben sind, kann die notwendige Isolierstärke der Wand berechnet werden. Durch die EMPA wird der Isolierwert D für das Verhältnis $\frac{F}{A_2} = 1$ angegeben. Die Schalldämmung der Wand D ist dann um den Wert $10 \log \frac{A_2}{F}$ verkleinert zu wählen. (wenn $A_2 > F$) z. B. $A_2 = 30\ m^2$ $F = 15\ m^2$

$10 \log \frac{A_2}{F} = 3$ db Die Schalldämmung D der Wand oder Decke ist also in diesem Fall um 3 db kleiner zu wählen!

Die Schluckflächen A_2 ändern sich normalerweise je nach Größe und Ausstattung des Empfangsraumes innerhalb folgender Grenzen:

Badezimmer	2–10 m²
Wohnräume	5–65 m²
Schlafzimmer	15–150 m²

Da hohe Töne eine Wand weniger stark zu Schwingungen anzuregen vermögen, ist die Isolierwirkung gegen hohe Töne größer, so daß also ein Schallgeräusch hinter der Wand immer dumpfer gehört wird. Aus der Bewegungsgleichung für eine homogene und dichte Wand kann die Schalldämmung zu $D = 20 \log G + 20 \log f - k$ berechnet werden.

Die im Laboratorium gemessenen Dämmwerte D für die verschiedenen Frequenzen von 50 bis 6400 Hz folgen diesem Gesetz im Bereich von 400–1600 Hz; bei den höhern und tiefen Frequenzen sind die Kurven flacher, offenbar weil die rechnerischen Voraussetzungen einer Kolbenmembran nicht mehr zutreffen, der Einfluß des schrägen Schalleinfalls und die Biegesteifigkeit der Wand also stärker intervenieren. Die mittlere Luft-Schalldämmung D_L zwischen 100 und 4800 Hz folgt dem durch viele Versuche ausgewiesene Gesetz:

$$D_L = 20 \log G + 2, \qquad [G \text{ in kg/m}^2]$$

sobald die Wand luftundurchlässig erstellt wird – gemauerte Wände mit beidseitigem Verputz.

Aus der Tabelle V ist ersichtlich, daß bei höherem Gewicht als 300 kg/m², der Gewinn an Schallisolation, gemessen an den Kosten der Wand, nur noch gering ist. Wenn zwei Wände hintereinander (zwei- oder mehrschalig) ohne jede gegenseitige Verbindung gestellt werden, kann die abgelegenere Schale lediglich durch Schallwellen des kompressiblen Luftpolsters zu Schwingungen angeregt werden. Eine größere Schalldämmung kann mit dichten Doppel- oder Mehrfachwänden erreicht werden für Frequenzen, die oberhalb der Grenzfrequenz liegt. Für Doppelwände ist die Grenzfrequenz, das ist die Eigenfrequenz des ganzen Systems nach $f_{gr} = \frac{1200}{\sqrt{G \cdot a}}$ zu berechnen. G = Gewicht in kg/m², a = Luftschichtdicke in cm. Daraus ist ersichtlich, daß mit schwerem Gewicht der beiden Schalen und bei größerem Abstand derselben schon bei einer tieferen Frequenz ein höherer Isolierwert erreicht werden kann. Bei relativ leichten Wänden kann bei einer Hohlraumbreite a von zum Beispiel 6 cm eine zusätzliche Schallisolierung von 10–12 db erhalten werden.

Versuchsergebnisse mit einer Kombinationswand: 5 cm «Durisol»-Holzwollplatte, Hohlraum und 5 cm Gipsplatte:

beide Wände zusammengeklebt	36,5 db
2–6 cm Abstand	48 db
8 cm Abstand	48,5 db
12–16 cm Abstand	49,5 db

Bei schweren und harten, inseits wenig schluckenden Wänden – Mauern – ist der Gewinn durch den Hohlraum geringer. Wenn die im Hohlraum entstehenden Querwellen durch längs den Rändern verlegten Schallschluckern: Glasseidezöpfe usw. geschluckt werden, kann die Schalldämmung auch einer harten Wand gesteigert werden. Wie soll nun bei der praktischen Behandlung eines Luftschallproblems vorgegangen werden?

Gegeben ist: die Schallstärke eines Störschalles und der zulässige Schallpegel auf der andern Seite der Wand, (Tabelle III) also die Pegeldifferenz. Diese Forderung ist auf verschiedene Wege zu erfüllen:

1. Vergrößerung der Schallschluckung im Senderaum (Teppiche usw.).
2. Erhöhung der Luftschalldämmung der Wand.
3. Kleine Durchlaßfläche F.
4. Große Schallschluckfähigkeit des Empfangsraumes.

Die Dämmung der Wand kann entweder durch schwere Wände, Tabelle V, die in der Regel wirtschaftlicher sind, oder aber durch Doppel- oder Mehrfachwände, die im Gewicht leichter gehalten werden können, erreicht werden. In jedem Fall ist der Dichtigkeit der Wand größte Aufmerksamkeit zu schenken. Türen und Fenster sind leicht anzuregende Membrane mit Spälten längs den Rändern also Schallöcher und setzen der Dämmfähigkeit der Wand Grenzen. Wenn irgendwie möglich, sollten in Wänden an die hohe Anforderungen hinsichtlich der Luftschallisolierung gestellt werden, keine Öffnungen vorgesehen werden, oder aber sie müssen dann mit besonders konstruierten Schalltüren ausgestattet werden. Bei Doppel- oder Mehrfachwänden darf nicht durch Verbinder – Mörtelresten, Nägel usw. – die Kopplung zwischen den Schalen härter gemacht werden, wodurch der Erfolg in Frage gestellt würde. Je härter, biegesteifen die Schalen, desto gefährlicher ist eine starre, wenn auch nur örtliche Verbindung.

Der Pegel im Empfangsraum kann auch durch eine Vergrößerung der Schallschluckfläche A_2, aber auch durch eine solche im Senderaum herabgesetzt wer-

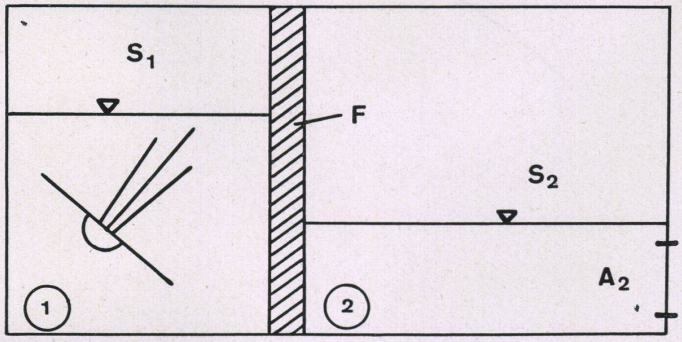

Abb. 1

den. Die Durchlaßfläche F ist durch die Zimmergröße und Grundrißeinteilung in den meisten Fällen eine feste Größe.
Die Messungen im Bauwerk liefern in der Regel weniger hohe Isolierwerte. Als Ursache ist die Übertragung von Biegeschwingungen in die Wände und Decken zu nennen. Auch sind die Ergebnisse ungenauer, weil im allgemeinen in der zur Verfügung stehenden Zeit – nach Abflauen der Störpegels am Abend und in der Nacht – nicht in einer genügenden Anzahl Raumpunkte die Pegel- und Nachhallmessung durchgeführt werden kann und außerdem die statistische Verteilung des Schalles in den Meßräumen infolge der Fenster- und Türöffnungen nicht in der erwünschten Regelmäßigkeit anzutreffen ist.
Das hier für die Wände Gesagte gilt natürlich auch für die Luftschalldämmung der Deckenkonstruktionen:

1. Luftdichtigkeit – neben streifenden Balken, Löcher von Installationsleitungen, Schwind- oder Setzungsrisse –
2. Großes Gewicht und große Biegesteifigkeit – geringe elastische Durchbiegungen.

Der Schall in einem Raum kann nicht nur in die unmittelbar benachbarten Räume übertragen werden. Vielmehr tritt oft, hervorgerufen durch Biegeschwingungen, besonders bei durchgehenden Decken usw., in den weiter entfernten ruhigen Räumen ein Störschall auf. Wie auch die über den Baugrund zuwandernden meist niederfrequenten Erschütterungen verursacht durch Fahrzeuge usw., flächige Bauteile: Decken, Wände, Türen, Fenster, Möbel zu Schwingungen anregen können (Abhilfe: größerer Abstand von der Straße, größere Fundationstiefe, Absenken des Grundwassers, Hohlraum vor den Fundamenten) vermag auch der in der Baukonstruktion wandernde Körperschall Decken, Wände, Türen, Fenster, Röhren, Heizkörper usw. ins Schwingen zu bringen.
Mauerwerk als Zweistoff – Stein und Mörtel – leitet den Körperschall weniger gut als Eisenbeton- und Stahlbauten. Der sicherste Weg in dieser Beziehung, keine Überraschungen zu erleben geht zweifellos über eine konsequente Unterbindung des Schalleintrittes in die Konstruktionsteile. Weiche Verbindung in den Rohrschellen und Deckendurchführungen, weiche Zwischenstücke in Rohrleitungen, besonders wenn von schwingenden Maschinen wegführend, schwimmende Bodenbeläge, Teppiche, geringer Wasserdruck in den Leitungen, schallarme Hahnen, Ummantelung von Konstruktionsteilen und andere Maßnahmen führen erfahrungsgemäß bei sorgfältiger Ausführung sicher zum Ziel.
Der Außenlärm: Fahr- und Flugzeuge, laufende Maschinen, dringt als Luftschall durch Fenster und Balkontüren in das Gebäude ein. Durch eine Verbesserung der Fenster: Einlegen von schallschluckenden Sperrschichten hinter den Fälzen, durch eine Verstärkung der Fensterrahmen und die Wahl dickerer Scheiben, kann das Schallisoliervermögen gesteigert und der Störpegel in Gebäudezimmern gesenkt werden.

Die Trittschalldämmung

Beim Begehen einer Decke, durch fallende Gegenstände, beim Rücken der Stühle usw. wird die Decke zu Schwingungen angestoßen. Die der Decke anliegenden Luftschichten werden verdichtet, und in den obern wie in den untern Raum wandern Schallwellen, die vom Ohr als Geräusch (= unharmonische Tonfolge) empfunden wird. Die Intensität der abgestrahlten Schallenergie steigt mit dem Impulswert des fallenden oder schlagenden Körpers $J = G.v$, worin v die Geschwindigkeit des Körpers vom Gewicht G im Augenblick des Aufschlages ($v = \sqrt{2gh}$, h = Fallhöhe) bedeutet. Je nach den Elastizitätseigenschaften der Oberflächenschichten des stoßenden wie des gestoßenen Körpers (Decke bzw. Belag) wird mehr oder weniger Schallenergie an den letzteren abgegeben. Auch durch stoßende Kräfte ist eine schwerere oder biegesteifere Decke schwerer zu Schwingungen anzustoßen.
Um den Schallpegel im untern Raum messen zu können, muß ein konstantes Geräusch erzeugt werden. Dazu wird ein Schlagwerk mit zehn Hämmern von 500 g verwendet, wobei jeder Hammer in der Sekunde einmal aus 4 cm Höhe herabfällt. Aus der Intensität des Trampelgeräusches, gemessen mit Mikrophon und Schallmeßgerät, kann der Trittschallisolierwert D_T der Decke errechnet werden, wobei natürlich auch das Schluckvermögen des untenliegenden Raumes zu berücksichtigen ist.

$$D_T = 110 - 20 \log \frac{p_2}{p_0} - 10 \log A_2$$

p_2 = gemessener Schalldruck im untern Raum
A_2 = Schluckfläche des untern Raumes in m^2
Analog der Luftschalldämmung wird die Trittschalldämmung für $A_2 = 1$ angegeben.
Die Trittschalldämmung der Decke allein ist in der Regel ungenügend, sie kann

a. durch das Auflegen weicher, Energie vernichtender Beläge oder Teppiche
b. durch sog. schwimmende Beläge, bestehend aus einer weichen Zwischenschicht und einer schwimmenden Tragplatte

verbessert werden.
Die Trittschall isolierende Wirkung darf nicht für sich allein, sondern nur zusammen mit einer Decken- und Belagskonstruktion angegeben werden, Tabelle VI: Aus dieser Zahlenreihe können folgende Schlüsse gezogen werden.

1. Die Tonhohlkörperdecke mit durchgehenden Betondruckgurt hat die höhern Isolierwerte bestimmen lassen als diejenige mit gemischtem Druckgurt (Tonkörper und Betonrippe).
2. Die weichere Zwischenschicht (Kokosfasermatte) besitzt höhere Trittschallisolierwerte als die wesentlich härtere Sandschicht.
3. Mit aufgelegten Teppichen kann die Trittschallisolierfähigkeit entscheidend verbessert werden. Dickere und weichere Teppiche sind wirksamer.

Die härteren, reinigungsfähigeren, abnützungsfesteren Bodenbeläge, wie Linol, Gummi, Steinholz, Parkett, Tonplatten usw. geben im Vergleich mit den Teppichen nur eine geringe Verbesserung von einigen db. Auf leichteren, an sich weniger isolierenden Decken sind relativ höhere Isolierwerte von 4–8 db (Decke III) als auf den schwereren Decken: Eisenbetonplatten, Hohlkörperdecken mit durchgehendem Betondruckgurt ($^1/_2$–4db), zu erhalten; die obern Werte haben für die weicheren Beläge Geltung. Durch das Unterlegen von Filzkarton unter Linol kann die Trittschalldämmung etwas erhöht werden. Bei größerer elastischer Zusammendrückbarkeit der Zwischenschicht wird infolge weicherer Kopplung weniger Schallenergie an die Decke abgegeben; dabei spielt auch wie bei den Doppelwänden das Gewicht der Decke und die Dicke der Zwischenschicht eine große Rolle, Tabelle VII.
Die auf der Zwischenschicht liegende Tragschicht ist genügend biegesteif und gegen das Durchstanzen von Einzellasten zu bemessen. Steifere Platten geben die Last auf einer größern Fläche an die Zwischenschicht ab, wodurch die Spannungen in der Platte und die Zusammendrückung der Zwischenschicht geringer und deshalb auch die Schwingungsübertragung beim Anstoßen der Tragplatte auf die Deckenkonstruktion kleiner ausfällt. Je härter die Zwischenschicht, desto dünner kann die Tragplatte ausgeführt werden, Tabelle VIII.
Auf einer weichen Zwischenschicht kann beim Erstellen der Tragplatte diese nicht genügend verdichtet werden. Durch das Auflegen einer Dachpappe auf die Zwischenschicht könnte nicht nur die Tragplatte dichter und fester ausgeführt, sondern gleichzeitig das schädliche Eindringen des Zementwassers verhindert werden.
Der Blindboden auf einer weichen Zwischenschicht und unter dem Parkettbelag ist enger zu verlegen und beide zusammen zu einer Tragplatte zu verbinden. Ein Durchnageln auf die Balken würde die trittschallisolierende Wirkung der weichen Zwischenschicht aufheben. Um eine Mattenisolierung auf Holzdecken voll zur Wirkung kommen zu lassen, ist diese nicht nur auf die Balken, sondern auf eine Bretterlage von mindestens 30 mm Dicke zu verlegen. Bei schwimmenden Belägen darf die Tragplatte an keiner Stelle die Wände oder die Schwelle berühren. Durch das Einlegen weicher Randschichten aus weichem Kork oder Glaswollplatten kann diese schädliche Berührung verhindert werden.
Eine vollständig von der Deckenkonstruktion getrennte Unterdecke erhöht die Luft- und Trittschallisolation erheblich, sobald der Luftabstand genügend hoch ist und die auf die Träger aufgelegten Platten leicht biegsam, aber mit einer luftundurchlässigen Schicht – z. B. Holzwollplatte mit Verputz – versehen sind. Durch die Beläge, die Teppiche und die schwimmenden Beläge wird nicht nur die Intensität des Trittschallgeräusches, sondern auch seine Klangfarbe verändert. Bei halbharten Zwischenschichten werden zur Hauptsache die mittleren und die hohen Frequenzen nur in stark herab-

Tabelle I

Schallstärke S in db.	0	20	40	60	80	100	120
Schalldruck p in dyn/cm² (1 dyn ∾ $^1/_{1000}$ g)	2.10^{-4}	2.10^{-3}	2.10^{-2}	2.10^{-1}	2	2.10^{1}	2.10^{2}
Schallenergie in erg/cm³ sec (angenähert)	10^{-9}	10^{-7}	10^{-5}	10^{-3}	10^{-1}	10^{1}	10^{3}

Tabelle II

f =	50	100	200	300	400	500	600	700	800 Hz
S_0 =	+ 52	+ 37	+ 22	+ 15	+ 10	+ 6	+ 3	+ 1	0 db

Tabelle III

Lautstärke einiger Geräusche in Phon:

Hörschwelle	0
Leises Flüstern, leichtes Blätterrauschen	10
Ticken von Uhren, ruhiger Garten	20
Flüstern	bis 30
Zerreißen von Papier	40
Umgangssprache, ruhige Straße	50
Staubsauger, verkehrsreiche Straße	60
Laute Straße	70
Lautes Rufen	80
Elektrisches Hupen, Preßluftbohrer	90
Motorräder	bis 100
Kesselschmiede	110
Flugzeug aus drei Meter Entfernung	120
Ruheräume, Untersuchungsräume von Ärzten	10–20
Krankenzimmer für Schwerkranke	15
Krankenzimmer für Leichtkranke	15–25
Ruhige Wohnräume, Aufenthaltsräume in Spitälern	20–30
Normale Wohnräume, Laboratorien, ruhige Büro	30–40
Lärmige Wohnräume, Büroräume mit Schreibmaschinen, ruhige Restaurants	40–55
Ruhige größere Fabrikräume	50–70

Tabelle IV

Dämmung in Phon	Lautstärke in Phon								
	40	50	60	70	80	90	100	110	120
2	1,2	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,2	1,3
5	1,7	1,5	1,4	1,4	1,4	1,4	1,5	1,6	1,7
10	2,5	2,2	2,1	2,1	2,1	2,1	2,2	2,3	2,6
15	4,8	3,5	3,0	2,9	2,9	2,9	3,0	3,5	4,2
20	10	5,9	4,7	4,5	4,4	4,5	4,7	5,3	6,3
25	25	10,5	7,2	6,7	6,6	6,6	6,8	7,6	9,5
30	—	23	12	10	9,9	9,8	10	11	13,5
35	—	—	21	15	14	14	14,5	16	19,5
40	—	—	—	26	22	21	22	24	29
45	—	—	—	—	32	31	31	32	—

Tabelle V

G =	10	20	50	100	200	300	400	500 kg/m²
D_L =	22	28	36	42	48	52	54	56 db

Tabelle VI

Deckenkonstruktion	Tonhohlkörperdecke mit Betondruckgurt (Decke II)					Tonhohlkörperdecke mit gemischtem Druckgurt (Decke III)				
Teppichgewicht in kg/m²	0	2,5	2,5	3,0	4,0	0	2,5	2,5	3,0	4,0
Belagskonstruktion: 4 cm bewehrte Mörtelplatte auf 30 mm dicker Sandschicht	12	23	25	29,5	42	8	19	18	22	37
auf 28 mm starker Kokosfasermatte («Tela»)	38	45	45	46	50	27	42,5	42,5	44	48

Tabelle VII

Trittschall-Isolierwerte für verschiedene Zwischenschichten, darauf eine 4 cm starke, leicht bewehrte Mörtelplatte.

Deckenkonstruktion	12 cm Eisenbetonplatte, G = 300 kg/m² (Decke I)	15 cm Tonhohlkörperdecke mit Betondruckgurt, G = 240 kg/m² (Decke II)	15 cm Tonhohlkörperdecke mit gemischtem Druckgurt, G = 220 kg/m² (Decke III)
Zwischenschicht			
30 mm Sand	16,5	18,5	15
12 mm Korkplatte	20	22	19,5
13 mm Holzfaserplatte	22	24,5	22,5
30 mm Korkschrot, 1–2 mm	29,5	26,5	26
10 mm Glasseidematte	36	36	32
15 mm Glasseidematte	39	38	34
20 mm Glasseidematte	41	40,5	35
12 mm Kokosfasermatte	37	37	33
22 mm Kokosfasermatte	39,5	38,5	34
28 mm Kokosfasermatte	41	40,5	35

Bei der Beurteilung der verschiedenen Isolierwerte der Belagskonstruktionen ist ebenfalls der Lautheitsmaßstab zu konsultieren:

Unterschied in db	1	2	3	4	5	6	8	10	12	14
Verbesserung in Prozenten	10	15	25	30	40	50	80	105	140	170

Tabelle VIII

Verbesserung beziehungsweise Verschlechterung (negativ) gegenüber der 4 cm starken Mörtelplatte, leicht bewehrt (Mittel aus acht verschiedenen Verschleißschichten):

Deckenkonstruktion (siehe Tabelle VII)	I	II	III
3 cm	— 3,5 (28 %)	— 1,5 (12 %)	— 1 (10 %) db
5 cm	+ 4,5 (35 %)	+ 2,5 (20 %)	+ 1,5 (12 %) db

(Klammerwerte: Lautheitsmaßstab)

gemindertem Maße an die Deckenkonstruktion abgegeben und von dieser in den untern Raum abgestrahlt, Abb. 2. Mit zunehmender elastischer Verformbarkeit der Zwischenschicht verringert sich auch der Anteil der vom Ohr allerdings weniger unangenehm empfundenen tiefen Frequenzen. Für die Beurteilung der trittschallisolierenden Wirkung einer Belagskonstruktion ist auch die Frequenzanalyse, durchgeführt mit dem Halboktavfilter oder für Frequenzen bis zu 1000 Hz mit dem 10 Hz-Filter und über 1000 Hz mit dem 100 Hz-Filter, z. B. durch die Differenzenbildung mit der Frequenzkurve der Decke ohne Belag, heranzuziehen.

Die Kenntnis der schalltechnischen Begriffe und die schallisolierende Wirkung der einzelnen Bauteile und Baustoffe sind die Voraussetzungen für eine erfolgreiche Bearbeitung eines Bauwerkes. Die Meinung, bei den Planungsarbeiten den Schallschutz außer acht lassen zu können und vielleicht zum Schluß durch «Zaubertapeten» und dgl. den Forderungen doch noch nachleben zu können, ist falsch. Vielmehr müssen gleichzeitig mit den Forderungen der Statik, des Feuchtigkeit- und Wärmeschutzes und der Feuersicherheit auch diejenigen des Schallschutzes erfüllt werden, denn nur dann ist eine wirtschaftliche, in jeder Hinsicht befriedigende Lösung zu erreichen. Von Beginn der Planung an: Wahl des Bauplatzes, Lage des Gebäudes im gegebenen Grundstück, Grundrißgestaltung – Zusammenfassung der lärmigen Räume –, Wahl der Baustoffe, Festlegung der Abmessungen der einzelnen Bauteile, Lage und Führung der Installationen: Wasserleitungen, Heizungsleitungen, Lift, Lüftungsanlagen, Maschinen, sind die Regeln des baulichen Schallschutzes anzuwenden. Sowohl die Forderungen wie die baulichen Maßnahmen sind aufeinander abzustimmen; nur auf diesem Wege ist eine wohl ausgewogene, umfassende und wirtschaftliche Lösung zu finden. Es soll aber keineswegs der Eindruck erweckt werden, daß auf dem Gebiete des Schallschutzes keine Fragen der Beantwortung mehr harren, vielmehr ist noch viel Brachland zu bearbeiten, doch ist beim heutigen Stand der Erkenntnisse bei der Beherrschung der Materie durch den Konstrukteur, bei einer konsequenten Planung und sorgfältigen Ausführung ein Fehlschlag kaum mehr zu befürchten.

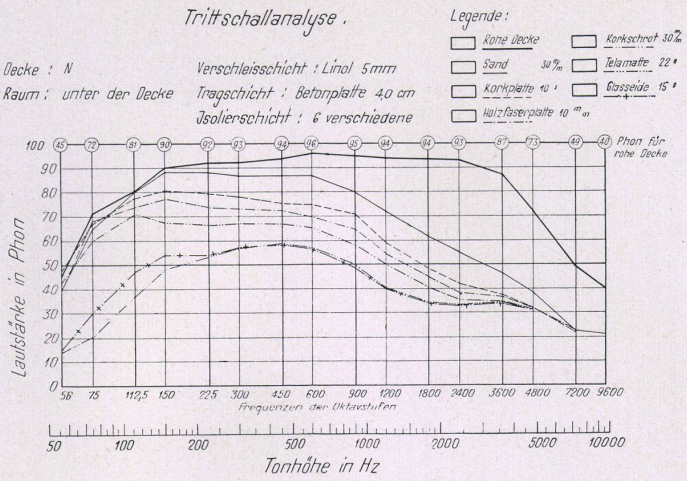

Abb. 2

Willi Vetterli, Schulvorsteher, St. Gallen

Neuzeitliche Schulen

Es ist schade, daß unsere Bevölkerung nicht größere Möglichkeit besitzt, vermehrt in die lebendigen Arbeitsstätten unserer Schulhäuser Einblick zu nehmen. Manches Vorurteil unterbliebe und gar manch Behaftetsein mit eigenen Erfahrungen aus ehemaliger Schulzeit würde gewiß einer Schulfreundlichkeit weichen.

Die Schule von heute ist nicht mehr die Schule von gestern; sie ist lebendiger, beweglicher, anpassender geworden. Der heutige Schulunterricht hat sich von der bloßen Mitteilung des Lehrers, vom Auswendiglernen durch die Schüler, von der alleinigen Vermittlung von Wissen und Können abgewandt, namentlich dadurch, daß in den Aufgabenkreis der Schule noch weitere Forderungen miteinzubeziehen sind, denken wir namentlich an Erziehung und Bildung.

Die Umwelt, die Lebensbedingungen, die Anforderungen an den Menschen, kurzum, so vieles ist heute anders geworden. Die äußeren Einflüsse auf die Kinder sind so vielseitig, oft so ungünstig. Mit der alten, starren, undemokratischen Lehrform von ehedem gelangte der Lehrer nicht mehr ins Innere des Kindes, er lernte die Seele, den Charakter desselben nicht mehr kennen. Das heutige Kind benötigt Liebe, gerade in der Schule; mit der Schulfreudigkeit kommt auch die Freude zur Arbeit und zum Lernen. Gerade dadurch, daß zur Bildung im Wissen sich die Erziehung in der Schule noch gesellte, mußte sie neue Wege suchen. Wohl sei immer vorausgesetzt, daß Schulehalten, daß Erfolg und alles andere ja von der Persönlichkeit des Lehrers abhängt. Und eine Lehrerpersönlichkeit fühlt sich dauernd verpflichtet, für seine Schule die besten Wege zu suchen. Neuerungen im Schulleben wirken stets befruchtend auf den Unterricht ein, wenn sie nicht als dauernde Pröbeleien falsch verwertet werden.

Ein kurzer Vergleich: In der Schule von gestern eine lautlose Schülerschar, keine Bewegung, Augen und Köpfe schön brav nach vorn, zum gestrengen Lehrer gerichtet, alles wohldiszipliniert. Eine Schülerschar ohne eigene Initiative. Der Lehrer frägt, die Schüler antworten... Und heute? Die Schule ist wirklich beweglich, lebendig geworden, so daß ein Schulbesuch leicht den Eindruck einer durchgehenden Unruhe erhalten könnte. Den Lehrer hört man nur selten reden, er stellt keine Fragen, nur wirft er gelegentlich einen neuen Gedanken in die Diskussion, in die sich die Kinder eingelassen haben. Ein Unterrichtsgespräch! Oft kämpfen die Schüler minutenlang um einen Gedanken, bis sie die richtige Form und Ausdrucksweise erhalten haben. Wenn nicht, springt der Lehrer helfend ein. Sprachfehler werden durch kundige Schüler richtiggestellt; sie stellen die Fragen, nicht der Lehrer; sie machen aufmerksam, wenn in der Diskussion abgeschweift wird. In freiem Reden, Antworten, Fragen, Richtigstellen erarbeiten so die Kinder selber die richtigen Gedanken und Erkenntnisse. Gewiß, diese Lehrform, ein Unterrichtsgespräch, muß stufenweise auch durch den Lehrer mit den Schülern erarbeitet werden, denn nur so ist es möglich, daß angeführte Gedanken nicht zu weit auseinanderliegen, daß die redegewandteren Schüler auf die schwächeren, scheuen Rücksicht nehmen, daß sie nicht alle gleichzeitig etwas sagen möchten. Freudig kann der Lehrer, der stille, geschickte Diskussionsleiter eine frohe, wertvolle Stunde schließen. Von Zeit zu Zeit, wie es der Unterrichtsstoff gerade ergibt, erfährt das Zimmer eine Umgestaltung. Es wird Unterricht in Gruppen betrieben, und zwar Gruppenunterricht als zeitweilige, nicht als ausschließliche Lehrform. Die Gruppen setzen sich zusammen aus drei bis vier Kindern; sie schieben die Bänke zusammen, daß sich daraus eine Tischform ergibt. Als Arbeitsfamilie suchen sie nun ihnen gestellte Aufgaben gemeinsam zu lösen, sie vergleichen, verbessern, helfen einander. Natürlich muß auch diese Lehrform mit den Schülern eingeübt werden, sie ergibt sich nicht von selbst. Als Gebiete für Gruppenunterricht eignen sich hauptsächlich solche heimatkundlicher und naturkundlicher, also mehr sachlicher Gebiete. Ein Beispiel: Das Lebensgebiet des Bauern teilen wir in der 4. Klasse in verschiedene Rahmenthemen auf. Der Bauernhof; die Familie des Bauern; die vielseitigen Arbeiten auf dem Bauernhof. Ein Rahmenthema gliedern wir wiederum in verschiedene Gruppenaufgaben; z. B. der Bauernhof: in Bauernstube, die Bauernküche, das Tenn, der Stall, der Garten usw. Jede Gruppe bekommt ein solches Arbeitsfeld zur Behandlung, nachdem ein Bauernhof gründlich besichtigt worden ist. In gemeinsamer Arbeit suchen die Kinder einer Gruppe die ihnen gestellte Aufgabe gründlich zu erörtern. Sie zeichnen Lebensbilder, sie skizzieren, sie basteln, sie schreiben Berichte über das Geschaute. Oft kommt es vor, daß sie in ihrer Freizeit den Bauernhof nochmals aufsuchen. In einer spätern Stunde berichten die Gruppen über ihre Ergebnisse, so daß sich dann das ganze Gebiet zusammenfügt. Mit jedem weitern Schuljahr werden die Anforderungen gesteigert, so weit, daß eine Gruppe ganz selbständig gestellte Aufgaben löst. Sie leisten damit wertvolle Vorarbeiten für Klassenaufgaben.

Der Gruppenunterricht ermöglicht weitgehende Selbsttätigkeit der Kinder. In der Gruppe lernt der einzelne, auch der schwächere Schüler zweckmäßig arbeiten. Das Verantwortungsbewußtsein wird geweckt, ebenso das Kameradschafts- und Gemeinschaftsgefühl. Wesentlich wichtig scheint die Zusammensetzung einer Gruppe zu sein, namentlich in psychologischer Hinsicht. Der geschickte Schüler soll dem schwachen helfen, der ruhige auf den zerfahrenen einwirken. Kinder erziehen Kinder, das zeigt sich bei dieser Lehr- und Erziehungsform oft in schönster Weise.

Die bisherige Form des Klassenunterrichtes wird weiterhin noch aufgelockert durch zeitweilig eingestreute Schülergespräche. Während ein Teil der Klasse einer schriftlichen Arbeit obliegt, bespricht der andere Teil in einem freien Gespräch ein Lesestück, ein Sachgebiet usw. Auch hier bleibt der Lehrer stiller Beobachter, während ein Kind – in der Endform – die Diskussion leitet. Ziel bleibt, das Gedankengut selbständig zu erarbeiten.

Besonders zu besprechen blieben noch die Kunstfächer. Wesentlich ist auch hier, dem Kind die Gestaltungsfreiheit zu bewahren. Kein Einzwängen in eine Form! Wie in allem, soll es sich entfalten können unter verständnisvoller, diskreter Führung des Lehrers.

Eine Frage bleibt noch zu beantworten. Sind Schulraum und moderne Schulmöbel irgendwie auf die Gestaltung des Unterrichtes mitbestimmend? In gewissem Sinne ja! Ein sauberer, heller, einfach, aber recht geschmückter Schulraum, zweckmäßige, bewegliche Bänke und Stühle haben unzweifelhaft den einen Vorteil, die Schulfreudigkeit der Kinder zu heben. Besitzt die Klasse bewegliches Schulmobiliar, so färbt diese Freude sogar sehr oft auf die Lehrkraft über, so daß wir schon feststellen konnten, wie sie sich glücklich bemühte, die Schule von gestern hinüberzuführen in die Schule von heute: Ein Ort, wo die Kinder zu charaktervollen, arbeitsfreudigen, selbständig tätigen Menschen herangebildet werden.

Willi Vetterli

Trittschall-Isolation

Tela-Kokosfasermatten

nur aus reinen Kokosfasern, ohne minderwertige Fasern oder Fabrikationsabfälle. Fault nicht, insekten- und mäusesicher, **nie** erlahmende Elastizität. Seit 20 Jahren bewährt.

Lärmbekämpfung

Einzigartig enge Steppung verunmöglicht Zusammensacken (32 Steppnähte), daher dauernde Isolation. Langjährige Referenzen.

Tela-Matten

die ideale Wärmeisolation. λ 0.033/18° C.

GARTENMANN ISOLATIONEN

C. Gartenmann & Cie AG Bern
Zürich Genève Fabrik in Zollikofen