Einfluss der Hohlraumausbildung auf die Schall-Längsdämmung von abgehängten Deckenverkleidungen

Autor(en): **Kühn, Beat M.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **97 (1979)**

Heft 41

PDF erstellt am: **19.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-85555

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

Referenzmessungen

Die erarbeiteten Berechnungsmodelle beruhen teilweise auf *empirischen* Annahmen. Eine *messtechnische Überprüfung der Modelle* durch Referenzmessungen war deshalb angebracht. Damit sollte die Zuverlässigkeit der Einzelmodelle abgeschätzt und allfällige kumulative Effekte bei der Überlagerung mehrerer Lärmarten erfasst werden.

Für die Berechnungsmodelle des Strassenlärms, Eisenbahnlärms und Fluglärms wurden in *vier repräsentativen Gebieten* Referenzmessungen durchgeführt und nach den einzelnen Lärmarten sowie nach den möglichen Überlagerungskombinationen ausgewertet. In den Bildern 3 und 4 sind die Streubereiche der Differenzen zwischen Berechnungen und Referenzmessungen in Funktion der gemessenen Schallpegel dargestellt.

Die Bilder zeigen insgesamt eine gute, das heisst praktisch hinreichende Übereinstimmung von modellmässig berechneten und im Felde gemessenen Einzel- und Gesamtlärmbelastungen. Die Zuverlässigkeit beider Rechenmodelle steigt mit zunehmenden Pegelwerten. Im Bereich höherer Pegelwerte erreichen die Prognosepegel eine Genauigkeit, die innerhalb der Messtoleranz von ∓ 2 dB (A) liegt. Bei beiden Modellen befinden sich die Differenzen zwischen Messungen und Berechnungen mehrheitlich auf der positiven bzw. sicheren Seite, wobei der Streubereich des Lärmkatastermodells erwartungsgemäss etwas grösser ausfällt als jener des punktuellen Berechnungsmodells.

Mit den beiden Berechnungsmodellen können verständlicherweise nicht alle Aspekte und Zusammenhänge der Immissionsberechnung erfasst werden. Die Aussagegrenzen ergeben sich nicht nur aus dem heutigen Erkenntnisstand, sondern auch aus der Vielfalt unterschiedlicher Einflussgrössen und ihrer Variationsbreite. So sind die Modelle etwa bei besonderen quellenseitigen Bedingungen, z. B. nur Lastwagenverkehr, oder bei besonderen Schallausbreitungsverhältnissen, beispielsweise bei Wannenlagen oder speziellen Reflexionsbedingungen, nur beschränkt aussagekräftig. Es muss dem Benützer überlassen bleiben, die Besonderheiten seiner individuellen Immissionsberechnung abzuschätzen und entsprechend zu berücksichtigen.

Adresse der Verfasser: *H.-J. Grolimund*, dipl. Ing. *ETH/SIA*, Balzari-Blaser-Schudel, Ingenieure und Planer, Kramburgstr. 14, 3006 Bern und *S. Bargetzi*, Sektionschef im Bundesamt für Umweltschutz, 3003 Bern.

Einfluss der Hohlraumausbildung auf die Schall-Längsdämmung von abgehängten Deckenverkleidungen

Von Beat M. Kühn, Unterägeri

Theoretische Überlegungen [1] und Labormessungen [2] zeigen, dass bei richtig dimensionierten abgehängten Decken, ohne allzu grossen Aufwand, Schall-Längsdämm-Masse in der Grössenordnung von 50 – 55 dB erreicht werden können. Neuere Untersuchungen, die vom Autor selber durchgeführt worden sind, zeigen, dass bei der Betrachtung der Schallübertragung über den Hohlraum zwischen einem seitlich geschlossenen (reflektierenden) und einem seitlich offenen (absorbierenden) Hohlraum unterschieden werden muss, da die Art der Ausbildung der seitlichen Hohlraumabschlüsse einen grossen Einfluss auf die Schall-Längsdämmung hat.

Die Schallübertragung über abgehängte Decken lässt sich grob in *drei Komponenten* aufteilen (Bild 1):

1. Übertragung über das Plattenmaterial selber
2. Übertragung über Fugen und Undichtheiten
3. Übertragung über den Deckenhohlraum

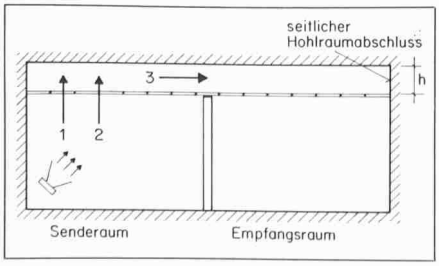


Bild 1. Darstellung der für die Schallübertragung massgebenden Komponenten

Der folgende Beitrag befasst sich mit der Übertragungskomponente 3, die noch selten behandelt worden ist.

Schallübertragung über einen seitlich geschlossenen Hohlraum

Ein seitlich geschlossener Hohlraum weist eine stark reflektierende ($\alpha \leq 0{,}03$) Begrenzung auf, an der die auftreffende Schallenergie fast ungeschwächt zurückgeworfen wird. Dieser Fall liegt bei den üblichen Prüfständen vor, in denen man die akustischen Eigenschaften von abgehängten Decken untersucht. Die in den Deckenhohlraum direkt oberhalb des Senderaums eindringende Schallenergie bildet mit den an den seitlichen Hohlraumbegrenzungen stattfindenden Reflexionen ein mehr oder weniger diffuses Schallfeld. Der Schallpegelunterschied zwischen dem Senderaum und dem Deckenhohlraum hängt von den Schalldämm-Eigenschaften der abgehängten Decke (Dämmung der einzelnen Deckenplatten inkusive Fugen) und der Absorption im Deckenhohlraum ab. Diese Differenz nimmt verständlicherweise mit zunehmender Bedämpfung des Hohlraums zu.

Aus diesem Schallfeld im Deckenhohlraum oberhalb des Senderaums wandert nun die Schallenergie in den Dekkenhohlraum oberhalb des Empfangsraumes. Entlang dem Ausbreitungsweg findet eine weitere Umwandlung von Schallenergie in Wärme statt (Dissipation), deren Grösse von der Art der verwendeten Dämpfung (Dicke, Dichte, Strömungswiderstand) und der lichten Höhe des Hohlraums abhängt (siehe dazu auch Schalldämpfertheorie). Anhand von Diagramm 1 soll die Abhängigkeit der Verbesserung ΔI_a der Schall-

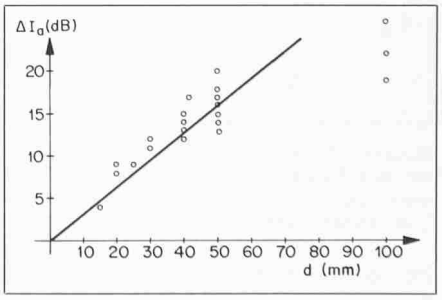


Diagramm 1. Verbesserung ΔI_a der Schalldämmung durch eine Mineralfaserfilz-Auflage der Dicke d bei einer Abhängehöhe von 440 mm. Dichte der Mineralwolle: 20–30 kg/m³.
○ Messpunkte, – Theorie nach Mariner

dämmung von der Dicke der Dämpfungsauflage veranschaulicht werden.
Bei der Auflage handelt es sich um Mineralfaserfilz, der vollflächig über den ganzen Hohlraum ausgelegt war. Die Dichte bewegte sich zwischen 20 und 30 kg/m³. Die Abhängehöhe betrug 440 mm.
Der grosse Streubereich der Verbesserung ΔI_a der Schalldämmung bei einer Mineralwolle-Dicke von 40 mm und 50 mm ist sehr wahrscheinlich auf eine etwas gewellte Oberfläche der Mineralwolle-Bahnen und auf zum Teil nicht dicht gestossene Fugen bei der Verwendung von einzelnen Mineralwolle-Stükken zurückzuführen. Bei einer gewellten Oberfläche ist die akustisch wirksame Dicke grösser als die effektive Dicke der Mineralwolle. Das bedeutet, dass eine etwas gewellte Oberfläche günstigere Schalldämmwerte aufweist.
Vollflächig verlegte Bahnen sind in jedem Fall vorzuziehen, da eventuelle Undichtheiten zwischen den einzelnen Deckenplatten wirksam abgedeckt werden.
Die Verbesserung der Schalldämmung durch eine Mineralwolle-Auflage kann mathematisch stark vereinfacht wie folgt ausgedrückt werden:

$$\Delta I_a = 2{,}6 \,.\, d$$

d: Dicke der Mineralwolle in [cm]

Diese Beziehung gilt allerdings nur, wenn die seitlichen Hohlraumabschlüsse geschlossen, also reflektierend ausgebildet sind und wenn die Abhängehöhe ca. 400 mm beträgt.
Da man sich in der Praxis nicht auf eine bestimmte Abhängehöhe festlegen kann, wurde ihr Einfluss auf die Schall-Längsdämmung untersucht. Wie zu erwarten, ergibt sich eine mit abnehmender Hohlraumhöhe verbesserte Luftschalldämmung. Diese Beziehung ist in Diagramm 2 dargestellt.

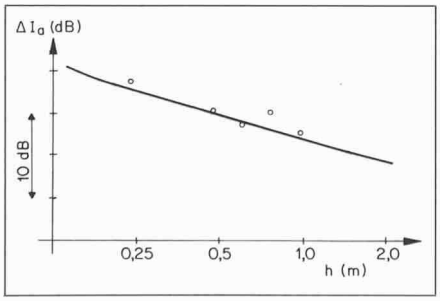


Diagramm 2. Abhängigkeit der Schalldämmung von der lichten Abhängehöhe h bei 50 mm Mineralwolle-Auflage
○ *Messpunkt, – Theorie nach Mariner*

Bei den eingetragenen Messpunkten handelt es sich um Messwerte, die bei einer konstanten Mineralwolle-Auflage von $d = 50$ mm gewonnen wurden.
Für den bei üblichen Abhängehöhen vorkommenden Bereich von $0{,}1 \leqq h \leqq 1{,}0$ m nimmt die Schalldämmung bei Verdoppelung der Abhängehöhe um ca. 3 dB ab. Mit grösser werdender Abhängehöhe ($h < 1{,}0$ m) wird der Kurvenverlauf etwas flacher und bleibt dann bei sehr grosser Abhängehöhe ($h \gg 1{,}0$ m) nahezu eben.
Weiter wurde untersucht, ob eine gewisse Abhängigkeit der Schalldämmung von der Abhängehöhe vorhanden ist, wenn der Hohlraum ungedämft ist, d.h. wenn sich keine Mineralwolle-Auflage auf der abgehängten Decke befindet. Die Versuchsergebnisse sind in Diagramm 3 dargestellt.

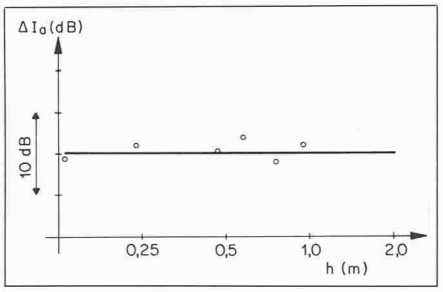


Diagramm 3. Abhängigkeit der Schalldämmung von der lichten Abhängehöhe h bei leerem Hohlraum.
○ *Messpunkte, – Theorie nach Mariner*

Es zeigt sich, dass bei leeren bzw. ungedämpften Hohlräumen die Abhängehöhe praktisch keinen Einfluss mehr auf die Schall-Längsdämmung hat.

Schallübertragung über einen seitlich offenen Hohlraum

Darunter versteht man einen Hohlraum, bei dem die vertikalen Abschlüsse so ausgebildet sind, dass die auftreffende Schallenergie fast vollständig geschluckt bzw. durchgelassen wird ($\alpha \geqq 0{,}9$). Bei Leichtbauweise trifft dies normalerweise zu, da dort die demontablen Zwischenwände an die vorgängig montierte abgehängte Decke anstossen und somit dessen Hohlraum nicht begrenzen. Seine Ausdehnung erstreckt sich oft über den ganzen Gebäudegrundriss.
Die in den Deckenhohlraum eintretende Schallenergie kann sich in allen Richtungen ausbreiten, sodass nur ein kleiner Teil in den Deckenhohlraum oberhalb des Empfangsraumes wandert, was zur Folge hat, dass der Hohlraum die Schallübertragung wesentlich anders beeinflusst als bei seitlich geschlossenen (reflektierenden) Hohlraumabschlüssen (Diagramm 4 und 5).
Etwas überrraschend fällt der Zusammenhang zwischen der Schalldämmung I_a und der Abhängehöhe h aus, wenn keine Mineralwolle-Auflage vorhanden ist.
Vergleicht man die Diagramme 2 und 4 (mit Mineralwolle-Auflage) und die Diagramme 3 und 5 (keine Mineralwolle-Auflage) miteinander, so stellt man

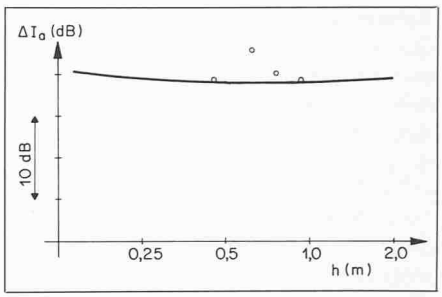


Diagramm 4. Abhängigkeit der Schalldämmung von der lichten Abhängehöhe h bei 50 mm Mineralwolle-Auflage.
○ *Messpunkte, – Theorie nach Mariner*

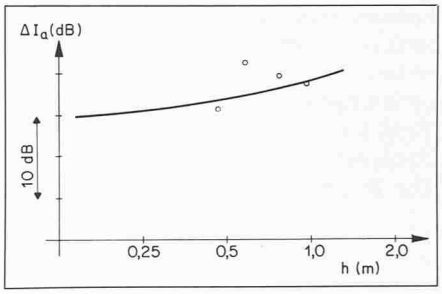


Diagramm 5. Abhängigkeit der Schalldämmung von der lichten Abhängehöhe h bei leerem Hohlraum.
○ *Messpunkte, – Theorie nach Mariner*

fest, dass die Art der seitlichen Abschlüsse - reflektierend oder nicht reflektierend - einen gravierenden Einfluss auf die Schalldämmung hat.
Allgemein lässt sich feststellen, dass eine Hohlraumausbildung mit seitlich offenen (absorbierenden) Abschlüssen zu einer höheren Schalldämmung zwischen zwei benachbarten Räumen

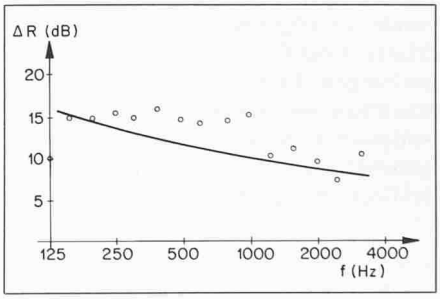


Diagramm 6. Differenz in der Schalldämmung zwischen einem offenen und einem geschlossenen Hohlraum. Deckenhohlraum ungedämpft bzw. leer. Abhängehöhe: 610 mm.
○ *Messpunkte, – Theorie nach Mariner*

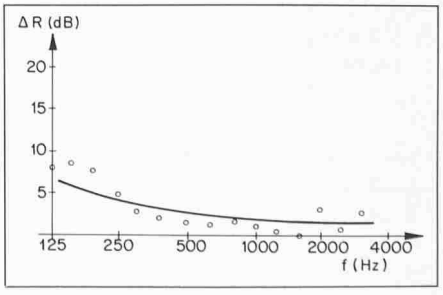


Diagramm 7. Differenz in der Schalldämmung zwischen einem offenen und einem geschlossenen Hohlraum mit 50 mm Mineralfaserfilzauflage. Abhängehöhe: 610 mm.
○ *Messpunkte, – Theorie nach Mariner.*

führt, da in diesem Fall nur ein Teil der Gesamtenergie in den Deckenhohlraum oberhalb des Empfangsraumes übertragen wird.

Vergleich zwischen einem seitlich geschlossenen (reflektierenden) und einem seitlich offenen (absorbierenden) Hohlraum

Wie schon oben festgestellt, liefert ein Deckenhohlraum mit seitlich offenen Abschlüssen eine höhere Schalldämmung als ein solcher mit geschlossenen Abschlüssen. Der Grund für diesen Unterschied ist im vorangegangenen Kapitel erläutert worden.

Laboruntersuchungen haben gezeigt, dass der Unterschied in der Schalldämmung zwischen einem geschlossenen und einem offenen Hohlraum im Extremfall bis zu 15 dB bei leerem Hohlraum und bis zu 7 dB bei bedämpftem Hohlraum betragen kann. Im Diagramm 6 ist der frequenzabhängige Unterschied zwischen einem offenen und einem geschlossenen Hohlraum dargestellt.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass bei der Planung von abgehängten Decken auf die Art der Hohlraumausbildung geachtet werden muss. Die in üblichen Laboratorien ermittelten Schall-Längsdämm-Masse sind oft ungünstiger als am fertigen Bau, da sich hier die Abmessungen des Deckenhohlraums sehr oft über den ganzen Gebäudegrundriss erstrecken.

Literaturhinweise:

[1] *Mariner Thomas:* «Theory of sound transmission through suspended ceilings over partitions». Noise Control, Nov. 1959

[2] *Gösele K., Kühn B. und Stumm F.:* «Schall-Längsdämmung von untergehängten Deckenverkleidungen.» Schweizerische Bauzeitung, Heft 35, 1978

Adresse des Verfassers: *B. Kühn*, Bauakustik Kühn und Blickle, Waldburg, 6314 Unterägeri

Zum Stand der Technik von Gaswärmepumpen

Von Horst Rostek, Dorsten

Aufgrund der Ergebnisse von Versuchsanlagen wurden im Jahre 1977 erste Gaswärmepumpen für die Praxis gebaut. Mittlerweile ist die Entwicklung dieser Technik zügig vorangeschritten. Bis heute sind 20 Gaswärmepumpenanlagen in der Praxis in Betrieb mit Heizleistungen, die mehrheitlich im Bereich 500–1000 kW liegen. Diese Anlagen werden in Sportzentren, Schwimmbädern, Schul-, Verwaltungs- und Betriebsgebäuden, in Wohnbauten und Industriebetrieben verwendet. Eine weitere etwa gleich grosse Anzahl von Anlagen ist z. Z. im Bau und eine Vielzahl im Stadium der Planung.

Der Einführung der Gaswärmepumpe in die Praxis liegt als Konzept die *allmähliche Steigerung des technischen Schwierigkeitsgrades des jeweiligen Einsatzfalles zugrunde.*

Tabelle 1. Klassifizierung von Gaswärmepumpenanlagen

Projekt	*Freibad Dortmund*	*Sportzentrum Paderborn*	*Schulzentrum Altenkunstadt*	*Wohnhaus Bochum*	*Wohnhaus Dortmund*	*Busbahnhöfe Esslingen*	*Betriebsgebäude Offenburg*
Wärmebedarf kW	700	3800	1370	175	465	350	115
Wärmequelle	Luft	Grundwasser	Oberflächenwasser	Luft	Luft	Luft	Luft
Heizwassertemperatur °C	24	40/80*)	60	45	45	70	70
Betriebsweise	monovalent	monovalent	monovalent alternativ	monovalent alternativ	monovalent parallel	monovalent parallel	monovalent

*) Kondensationswärme 40 °C, Motorwärme 80 °C

Das wesentliche Kriterium hierfür ist die *Temperaturdifferenz zwischen Wärmequelle- und Wärmeabnahmeseite,* welche die Gaswärmepumpe zu überwinden hat. Deshalb steht an erster Stelle der genannten Tabelle die Gaswärmepumpe zur Beheizung eines *Freibades in Dortmund.* Als *Wärmequelle* dient hier die *Aussenluft,* die während der Betriebszeit des Freibades mit min. 8 °C anzusetzen ist. Dabei ist Badewasser auf 24 °C zu temperieren. Die maximal zu überwindende Temperaturdifferenz ist bei diesem Anwendungsfall geringer als 20 °C.

Die angesprochene Temperaturdifferenz steigert sich in der Tabelle 1 bis zu

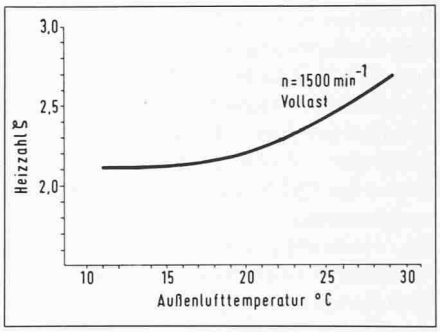


Bild 1. Gaswärmepumpe Freibad Dortmund-Wellinghofen. Heizzahl in Abhängigkeit der Aussenlufttemperatur

einer Gaswärmepumpenanlage, die in einem *Betriebsgebäude* der *Gasversorgung Süddeutschland* in *Offenburg* seit einiger Zeit in Betrieb ist. Hier wird mit Hilfe der Gaswärmepumpe, als alleinigem Heizwärmeerzeuger, aus −15grädiger Luft Wärme entnommen und mit max. 70 °C an ein Radiatorheizsystem abgegeben. Messergebnisse von einer bzw. zwei Heizperioden liegen von der Gaswärmepumpe in einem *36-Familienhaus in Bochum* und im Freibad Dortmund-Wellinghofen vor.

Bild 1 zeigt die mit der Gaswärmepumpenanlage in Dortmund erreichten Heizzahlen in Abhängigkeit der Aussentemperatur (Die Heizzahl ζ ist das Verhältnis der durch die Gaswärmepumpe produzierten Wärmemenge zur eingesetzten Gasmenge). Es ergeben sich Heizziffern, die über 2,5 liegen, d. h., dass im Vergleich mit einer Kesselanlage, deren Wirkungsgrad mit η = 0,8 angesetzt werden soll, eine Brennstoffeinsparung durch die Gaswärmepumpe von mehr als zwei Dritteln erreicht wird.

Um den Fortgang der Gaswärmepumpenentwicklung deutlich zu machen, soll ein Vergleich der wesentlichen Komponenten dieser Gaswärmepumpe mit einer kürzlich in Betrieb gegangenen Gaswärmepumpenanlage in einem