

Zukunft Bau

KURZBERICHT

Titel

Bedarfsgerechte Erhöhung der Schalldämmung von Bauteilen (Wänden, Decken, Fassaden) mittels eines neuen Wirkprinzips einsetzbar im Neubau und Bestand

Anlass/ Ausgangslage

Resonanzeffekte können die Schalldämmung von Bauteilen bei tiefen bis mittleren Frequenzen (50 Hz bis 500 Hz) erheblich verschlechtern, etwa bei doppelschaligen Gipskarton-Ständerwänden (Bild 1). Konventionelle Strategien wie Erhöhung der Dämpfung oder Verschiebung der Resonanz zu noch tieferen Frequenzen haben nicht zu Lösungen geführt, die auch hinsichtlich Platzbedarf, Gewicht und Kosten akzeptabel sind.

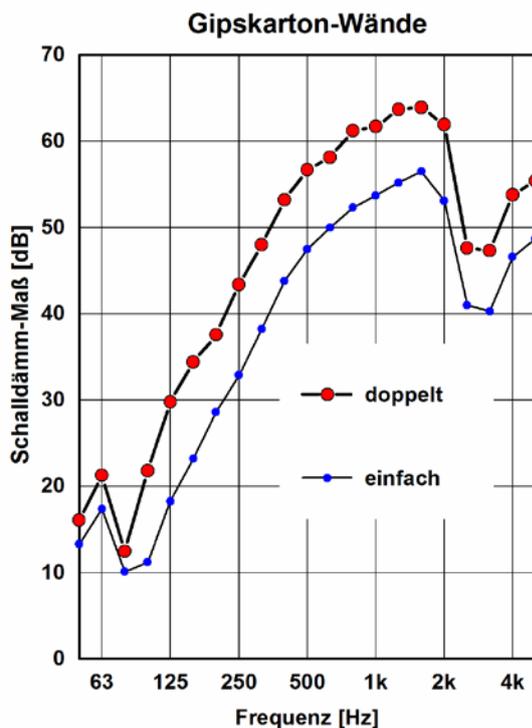


Bild 1: Gemessene Schalldämmung einer einfach bzw. doppelt beplankten Gipskarton-Ständerwand.
© Fraunhofer IBP

Gegenstand des Forschungsvorhabens

Die Grundidee dieses Vorhabens ist folgende: Die Schalldämmung eines Bauteils soll nicht hauptsächlich durch Reduktion der Bauteilschwingungen verbessert werden, sondern durch Reduktion der Abstrahlung in den Empfangsraum oder – gleichwertig – durch Reduktion der Anregbarkeit durch Luftschall auf der Senderraumseite. Der russische Akustiker Stepanov hat dieses "Wirkprinzip" mit einer schachbrettartigen Anordnung von flachen Resonatoren auf

einer Platte realisiert. Die Abstrahlung erfolgt in einen Halbraum. Theoretisch wie experimentell konnten Reduktionen in der Größenordnung von 10 oder 20 dB erzielt werden; es treten jedoch – wie oft bei Resonanzphänomenen – auch Verschlechterungen auf. In der Bauakustik scheint dieses Wirkprinzip bisher keine Anwendung gefunden zu haben. Dies nachzuvollziehen und das Potential der Idee auszuloten, war Gegenstand dieses Vorhabens.

Zunächst galt es, die theoretischen Ausführungen von Stepanov nachzuvollziehen, zu analysieren und für die Übertragung auf die Schalldämmung aufzubereiten. Bei der Messung der Schalldämmung strahlt das Bauteil nicht in einen Halbraum, sondern in einen Quaderraum. Dies erfordert eine völlig andere Beschreibung. Eigentlich müsste man mit den Raummoden des Empfangsraums arbeiten, was ziemlich aufwendig wäre. Alternativ wurde ein vereinfachtes Modell entwickelt, das ausreichend genau sein sollte, wenn eine deutliche Verbesserung erzielt wird. Es beschränkt sich auf die Beschreibung der Abstrahlung in einen halbunendlichen Kanal. Außerdem ist es dafür gedacht, statt der Schalldämmung selbst nur die Verbesserung, also eine Differenz, zu berechnen. Dies steigert das Vorhersagepotential des Modells beträchtlich.

Unter der Annahme, dass das Bauteil wie ein starrer Kolben schwingt, kann mit einer einfachen Gleichung bestimmt werden, welche Kanalmode angeregt werden sollte, um unterhalb einer vorgegebenen Frequenz mindestens einen bestimmten Pegelabfall zu erreichen. Daraus folgt die Größe und Anzahl der Resonatoren, die dafür benötigt werden. Beschränkt man sich auf eine zweidimensionale Beschreibung, kann vieles analytisch ausgerechnet und anschaulich dargestellt werden. Diese Vereinfachung erleichtert das Verständnis der – für die Bauakustik doch ungewohnten – Problemstellung. Berechnungen des dreidimensionalen Luftschallfelds wurden dagegen nur numerisch mit COMSOL durchgeführt, jedoch ebenfalls mit Vereinfachungen und Spezialisierungen, beispielsweise auf senkrechten Schalleinfall oder auf bestimmte Randbedingungen.

In der Realität schwingt eine Wand nicht wie ein Kolben, sondern in ihren Eigenmoden. Dies wurde im zweidimensionalen analytischen Modell mit der Vorgabe einer kosinusförmigen Schnelleverteilung nachgebildet, d. h. angenommen, dass die "Wand" in ihrer Grundmode schwingt. Damit der akustische Kurzschluss funktioniert, müssen die Resonatoren genügend klein sein, so dass benachbarte Schachbrettfelder auf der nackten Wand möglichst gleiche Schnelleamplituden besitzen (Bild 2). Dies ist eine zusätzliche Bedingung für die maximale Größe der Resonatoren.

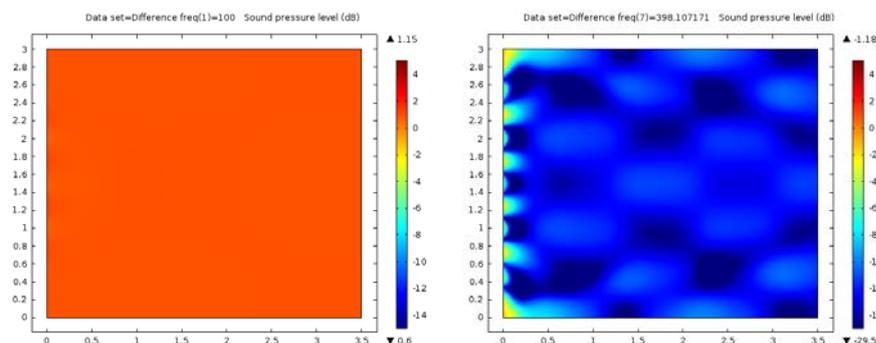


Bild 2: Berechnete Schallpegelverteilung (rot: hoch; blau: niedrig) im nach rechts unendlichen Kanal bei halb-kosinusförmiger Anregung am linken Ende mit sieben aufgesetzten Resonatoren bei 100 Hz (linkes Bild) und bei 398 Hz (rechtes Bild). © Fraunhofer IBP

Die Annahme, dass die Wand bei ihrer Schalldämmungsschwachstelle in ihrer Grundmode schwingt, trifft nicht immer zu, insbesondere dann nicht, wenn – wie bei der letzten Messreihe – die Doppelschalenresonanz durch Verringerung des Plattenabstands zu höheren Frequenzen verschoben wurde. Das Biegewellenfeld auf der Wand ist dann durch Wellenlängen charakterisiert, die kleiner als die Wandabmessungen sind. Die maximal "erlaubte" Resonatorgröße wird dadurch noch kleiner. In der dreidimensionalen Modellierung mit COM-

SOL wird das Schwingungsverhalten der Wand für senkrechten Schalleinfall und für idealisierte Randbedingungen im Prinzip korrekt beschrieben.

Schließlich tritt noch eine weitere Komplikation auf: die Veränderung des Schwingungsverhaltens der Wand durch die Resonatoren. Die Wand wird beschwert, versteift und bedämpft. Diese Veränderung kann zu einer weiteren Verschärfung der Bedingung für die Resonatorgröße führen.

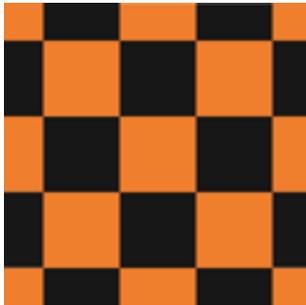


Bild 3: Resonatoranordnung "8|8" auf 1.5 mm dicker Stahlplatte mit 25 cm Kantenlänge (orange: Resonatoren; schwarz: unbesetzter Teil der Platte). © Fraunhofer IBP

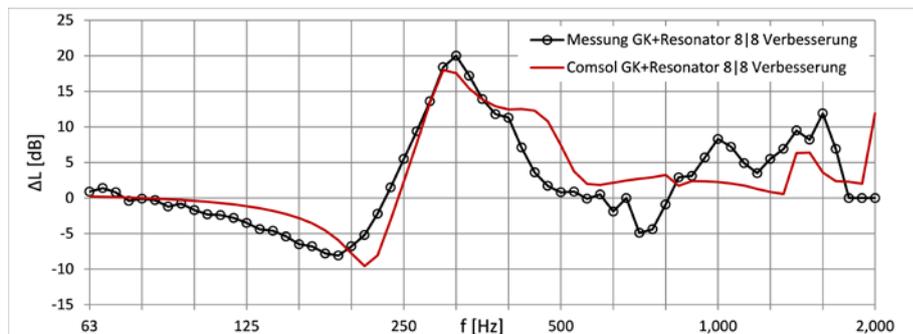


Bild 4: Verbesserung der Schalldämmung einer Stahlplatte im Impedanzkanal mit Querschnitt 25 x 25 cm² durch Resonatoren in der Anordnung "8|8" (siehe Bild 3); Messwerte und mit COMSOL berechnete Werte. © Fraunhofer IBP

Die theoretischen und numerischen Untersuchungen wurden durch zahlreiche Messungen im Impedanzkanal (Bilder 3 und 4), im Fensterprüfstand und im Türprüfstand (Bilder 5 und 6) ergänzt. Die "Feder" der Resonatoren bestand aus Sylomer, die "Masse" aus Aluminium- oder Stahlblech.



Bild 5: Gipskarton-Platte mit 56 Resonatoren (1.5 mm Stahl auf 25 mm Sylomer, Kantenlänge 10 cm) in der Prüföffnung des Türprüfstands. © Fraunhofer IBP

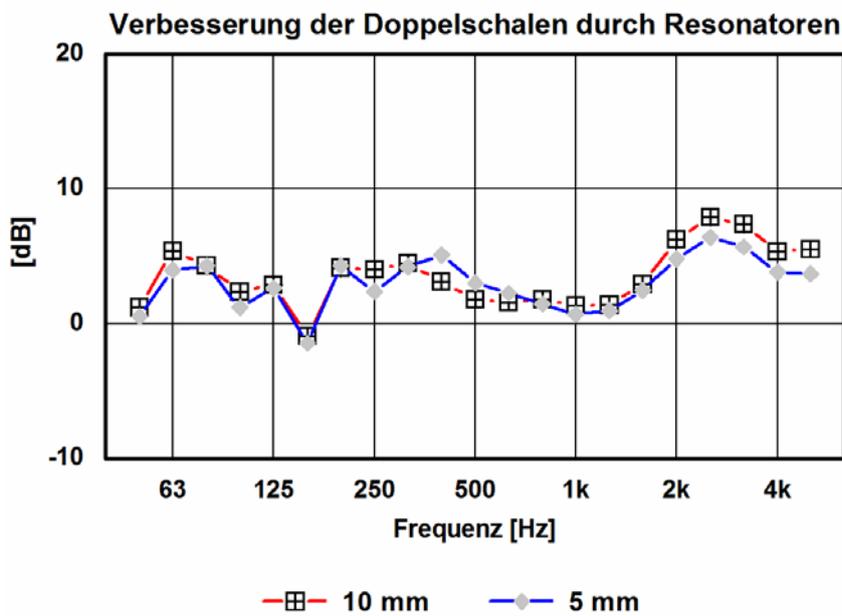


Bild 6: Im Türprüfstand gemessene, über die Messrichtungen gemittelte Verbesserung der Schalldämmung der Doppelschalen durch Resonatoren (Schalenabstand 10 mm oder 5 mm). © Fraunhofer IBP

Fazit

- Der gewünschte Effekt wurde experimentell nachgewiesen: Verbesserungen bis zu 20 dB bzw. 9 dB bei senkrechtem bzw. diffusem Schalleinfall.
- Mit kleineren Resonatoren hätte man auch bei diffusem Schalleinfall höhere Verbesserungen erzielt.
- Die Übereinstimmung zwischen vorhergesagten und gemessenen Verbesserungen war zufriedenstellend.
- Mit dem hier verfolgten Konstruktionstyp ist es nicht gelungen, praktikable Resonatoren mit Resonanzfrequenzen um 40 Hz herzustellen.
- Der Effekt ist unabhängig von der Messrichtung.
- Der Effekt tritt in ähnlichem Maße auf, wenn die Resonatoren hohlraumseitig angebracht werden. Dies eröffnet neue Perspektiven.

Eckdaten

Kurztitel: Praxisgerechte Entwicklung und Umsetzung von passiven Strahlungstilgern zur Erhöhung der Schalldämmung

Forscher / Projektleitung: Prof. Dr. Waldemar Maysenhölder

Gesamtkosten: 135 000 €

Anteil Bundeszuschuss: 90 000 €

Projektlaufzeit: 24 Monate