

## BM-Serie: Schallschutz

# Lektion 4

## Wovon ist die Schalldämmung eines Bauteils abhängig?

Von Beat M. Kühn und Rudolf Blickle, Institut für Lärmschutz, CH-6314 Unterägeri

In der vorliegenden Lektion wird der Einfluß verschiedener Materialeigenschaften wie Dicke, Dichte, Biegesteifigkeit usw. auf die Luftschalldämmung eines Bauteils aufgezeigt und auf den grundsätzlichen Vorteil doppelschaliger Konstruktionen eingegangen.

### Einschalige Bauteile

Die Schalldämmung von dichten, einschaligen, homogenen Bauteilen hängt in erster Linie von der flächenbezogenen Masse ( $\text{kg/m}^2$ ) ab. In der Abbildung 1 ist das bewertete Schalldämmmaß  $R_w$  in Abhängigkeit der flächenbezogenen Masse dargestellt. Es ist ersichtlich, daß die Schalldämmung zwischen  $8 \text{ kg/m}^2$  und  $30 \text{ kg/m}^2$  praktisch nicht mehr ansteigt. Die gestrichelte Linie gilt nur für sehr biegeweiche Materialien wie dünne Bleche, Gummimatten, Bleibleche usw. Neben der Masse eines Bauteils spielen auch die elastischen Eigenschaften (Biegesteife) und der innere Reibungsverlust (Dämpfung) eine ausschlaggebende Rolle. Die Ursache, warum

die Schalldämmung bei üblichen Baustoffen im genannten Bereich praktisch nicht mehr ansteigt, ist folgende: Je dicker ein Baustoff ist, um so biegesteifer wird er. Ist ein Material aber biegesteif, strahlt es mehr Schall ab. Anhand einer Kuhglocke läßt sich dieser Sachverhalt erklären. Die Glocke ist, obwohl durch einen kleinen Klöppel angeregt, gut zu hören. Würden wir die Glocke durch einen Gummibecher mit dem gleichen Gewicht ersetzen, wäre kaum noch etwas zu hören. Beide Materialien strahlen eben unterschiedlich Schall ab.

Dies bedeutet, daß z. B. eine 10 mm dicke Holzspanplatte ungefähr die gleiche Schalldämmung aufweist wie eine 25 mm dicke Platte (gilt nicht für Doppelwände). Eine 25 mm dicke Holzspanplatte ist zwar schwerer, aber auch biegesteifer und akustisch ungünstiger, weil beide Effekte sich annähernd aufheben.

In der Tabelle 1 sind das Raumgewicht verschiedener Materialien aufgezeigt. Anhand dieser Tabelle und der Graphik in

Abbildung 1 läßt sich die Schalldämmung von einschaligen homogenen Bauteilen abschätzen. Bauteile mit geschichtetem Aufbau sowie Bauteile mit Hohlräumen weisen andere Schalldämmwerte auf, die mit dieser Graphik nicht ermittelt werden können.

### Berechnungsbispiele

Gesucht ist die Luftschalldämmung einer 24 cm dicken Backsteinwand. Aus der Tabelle entnehmen wir ein Raumgewicht für Vollsteine von  $1,65 \text{ g/cm}^3$ . Multipliziert mit der Dicke des Bauteils in mm ergibt  $240 \text{ mm} \times 1,65 \text{ g/cm}^3$  eine flächenbezogene Masse von  $396 \text{ kg/m}^2$ . Aus Abbildung 1 erhalten wir einen Schalldämmwert von  $R_w$  ca. 53 dB.

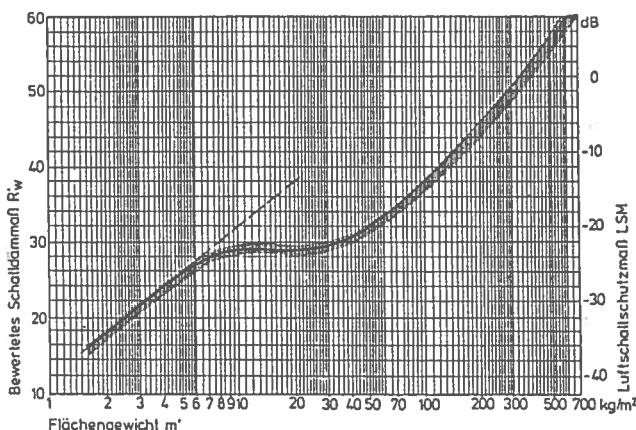
Gesucht ist die Schalldämmung einer 6 mm dicken Glasscheibe. Aus der Tabelle entnehmen wir ein mittleres Raumgewicht von  $2,5 \text{ g/cm}^3$ . Multipliziert mit der Dicke ergibt  $6 \text{ mm} \times 2,5 \text{ g/cm}^3$  eine flächenbezogene Masse von  $15 \text{ kg/m}^2$ . Aus Abbildung 1 erhalten wir einen Schalldämmwert von  $R_w$  ca. 29 dB.

Vergleich zwischen 1 mm dickem Bleiblech und einer 19 mm dicken Holzspanplatte: Holzspanplatte ( $19 \text{ mm} \times 0,65 \text{ g/cm}^3 = 12,4 \text{ kg/m}^2$ )  $R_w$  ca. 29 dB nach Abbildung 1. Blei ( $1 \text{ mm} \times 11,3 \text{ g/cm}^3 = 11,3 \text{ kg/m}^2$ )  $R_w$  ca. 32 dB nach Abbildung 1. Obwohl das Bleiblech etwas leichter ist, weist es eine höhere Schalldämmung auf, da es eben biegeweicher ist (es gilt die gestrichelte Linie in Abbildung 1).

**Bemerkung:** Die Schalldämmwerte haben nur dann Gültigkeit, wenn das Bauteil auch dicht eingebaut ist und auch nicht porös ist. Speziell bei unverputzten Mauerwerken kann die Schalldämmung durch Undichtigkeiten bei den Stoß- und Lagerfugen erheblich abweichen.

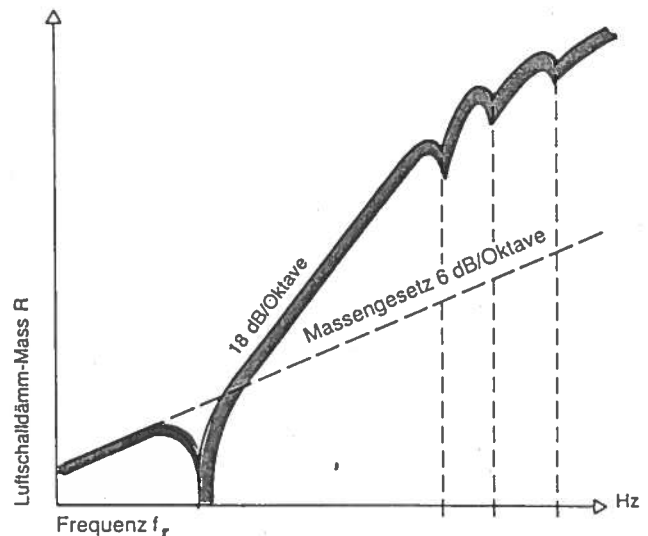
### Doppelschalige Bauteile

Mit einschaligen Konstruktionen lassen sich nur mit sehr großen Massen hohe Schalldämmwerte erzielen. Bedeutend höhere Schalldämmungen lassen sich mit



1 Abhängigkeit der Schalldämmung von der flächenbezogenen Masse eines einschaligen Bauteils. Die gestrichelte Linie gilt für Platten von besonders geringer Biegesteife

**Bemerkung:** Die Kurve hat nur Gültigkeit für Bauteile, die eine gewisse Ausdehnung aufweisen. Für Streifen und kleine Flächenstücke gelten andere Gesetzmäßigkeiten.



2 Prinzipieller Schalldämmverlauf einer Doppelwand  
Oberhalb der sog. Doppelwandresonanz  $f_r$  steigt die Schalldämmung mit der Frequenz wesentlich steiler an als bei einer gleich schweren Einfachwand. Die gestrichelte Linie stellt den Schalldämmverlauf einer gleich schweren Einfachwand dar

sogenannten doppelschaligen Konstruktionen erreichen. Das schalltechnische Verhalten von doppelschaligen Konstruktionen läßt sich einfacher verstehen, wenn man sich die Wandschalen als zwei Massen vorstellt, welche über eine Federung (Luft- oder Dämmschicht) miteinander verbunden sind. Die Wand stellt dabei ein Schwingungssystem dar, das eine Resonanzfrequenz ( $f_r$ ) aufweist.

Der Schalldämmverlauf einer Doppelwand – im Vergleich zu einer gleichschweren Einfachwand – ist in Frequenzen unterhalb der Resonanzfrequenz etwa gleich; in der Nähe der Resonanzfrequenz ergibt sich eine Verschlechterung der Schalldämmung.

Erst oberhalb der Resonanzfrequenz ergibt sich eine Verbesserung. Die Resonanzfrequenz einer Doppelwand muß also

Tabelle 1: Raumgewichte verschiedener Baumaterialien ( $\text{g/cm}^3$ )

Metalle	
Aluminium	2,7
Anticorodal	2,75
Eisen (rein)	7,8
Gußeisen	7,25
Baustahl	7,85
Messing	8,5
Kupfer (gewalzt)	8,9
Bronze	8,8
Blei	11,3
Künstliche Baustoffe	
Kiesbeton	2,3
Eisenbeton	2,5
Mörtel	
Zement	2,1
Kalk	1,7
Gips	1,2
Innenputz (Gipsputz)	0,8–1,0
Außenputz	1,6–2,0
Gipsdielen	0,8–1,0
Leichtbeton	0,6–1,2
Asbest-Zement	1,8
Klinker	2,2
Mauerwerk	
Backsteine	
Vollsteine	1,65
gelochte Steine	1,2–1,4
Klinker	1,5–2,3
Zement- und Kalksandsteine	1,8–2,0
Sand-, Bruchsteine	2,4
Holz und Baustoffe aus Holz	
Buche (lufttrocken 15%)	0,6–0,9
Eiche (lufttrocken 15%)	0,5–0,9
Kiefer (lufttrocken 15%)	0,3–0,8
Tanne und Fichte (lufttrocken 15%)	0,3–0,7
Holzfaserplatten	
weich	0,2–0,3
hart	0,8–1
Holzspanplatten	0,6–0,7
Holzwoleplatten	
zement- oder gipsgebunden	0,3–0,6
Verschiedenes	
Fensterglas	2,4–2,6
Kork	0,15–0,25
Korkstein	0,4
Naturgummi	0,9–1,2
Bitumen	1,05
Asphalt	2,1
Kies- und Sand	2,7
Kies	1,5
Sand	1,4–1,8
Asbest	2,5
Steinwolle	
Platten	0,07–0,09
Matten	0,06
Glaswolle (lose)	0,035–0,070
Glaswolleplatten	0,1

unter 100 Hz liegen (Bauakustischer Bereich: 100 bis 3150 Hz) damit wir eine Erhöhung der Schalldämmung erhalten (siehe auch Abbildung 2).

Damit man eine Erhöhung der Schalldämmung erreicht, muß die Resonanzfrequenz unter der Frequenz von 100 Hz (nämlich außerhalb des bauakustischen Bereichs von 100 bis 3150 Hz) liegen. Es ist nun von Interesse die Resonanzfrequenz einer Doppelwand zu berechnen, da eine Doppelwand auch am falschen Ort plziert, zu einer Verschlechterung der Schalldämmung führen kann. Dies gilt insbesondere bei bestehenden Konstruktionen, wenn z. B. Mauerwerk mit einer Holzverkleidung oder einer Wärmedämmung versehen wird.

Folgende Punkte sind für die Schalldämmung einer Doppelwand von großer Bedeutung:

- Masse der Schalen
- Schalenabstand
- Schalenverbindung
- Hohlraumbedämpfung

Auf die einzelnen Punkte werden wir noch in späteren Lektionen eingehen. Zunächst zur Berechnung der Doppelwandresonanz  $f_r$ . In Abbildung 3 ist das Schema und der Aufbau einer Doppelwand aufgezeigt. Für die Berechnung der Resonanzfrequenz gilt folgende Beziehung:

$$f_r = 600 \sqrt{\frac{E_d}{a} \cdot \left( \frac{1}{M_1} + \frac{1}{M_2} \right)}$$

Für  $E_d$  wird ein Wert von ca. 1,2  $\text{kg/cm}^2$  eingesetzt. Dieser Wert gilt für Mineralwolle mit der Dichte von 30 bis 70  $\text{kg/m}^3$ . Für eine reine Luftschicht ist ein Wert von 1,45  $\text{kg/cm}^2$  einzusetzen.

Bei einer gut dimensionierten Doppelwand sollte die Resonanzfrequenz  $f_r$  im Normalfall nicht über 90 Hz liegen. Es stellt sich daher oft die Frage, wie groß der Mindestabstand sein muß, damit bei gegebener Masse diese Bedingung erfüllt ist. Es gilt folgende Beziehung (nur für  $f_r = 90$  Hz):

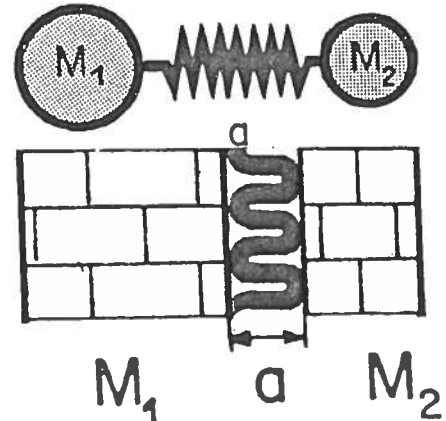
$$a = 44 \cdot E_d \cdot \left( \frac{1}{M_1} + \frac{1}{M_2} \right)$$

Je höher der Abstand der Schalen, um so besser ist die Schalldämmung. Dies hat jedoch Grenzen. Ab ca. 1,5 m Schalenabstand wird die maximale Schalldämmung erreicht. Sie beträgt die Summe der beiden Einzelschalen. Der Zusammenhang zwischen Schalenabstand und Masse ist umgekehrt proportional, d. h. bei gleicher Schalldämmung kann die Masse halbiert werden, wenn der Schalenabstand dafür verdoppelt wird.

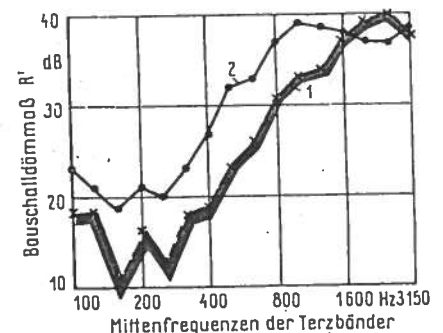
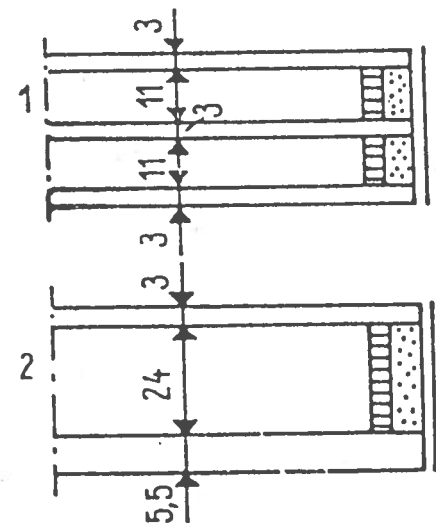
Tabelle 2: Abhängigkeit des Schalenabstandes von der Masse der Schalen bei gleicher Schalldämmung einer Doppelwand

Schalenmaterial	Flächen-gewicht	erforderlicher Schalenabstand
16 mm Holzspanplatte	10 $\text{kg/m}^2$	8,9 cm
8 mm Holzspanplatte	5 $\text{kg/m}^2$	17,8 cm
3 mm Hartfaserplatte	2,5 $\text{kg/m}^2$	35,5 cm

Es liegt nun der Gedanke nahe, durch mehrere Schalen die Schalldämmung weiter zu verbessern. Besonders bei dreifach verglasten wird immer wieder auf den akustischen Vorteil hingewiesen. Der Vorteil liegt jedoch nur auf wärmetechnischer Seite. Bei etwa gleicher Masse und Gesamtdicke, ist ein dreischaliger Aufbau eher schlechter (Abbildung 4). In unserer nächsten Lektion werden einige Berechnungen zum Thema Doppelwandresonanz durchgeführt.



3 Schema und Aufbau einer Doppelwand. Dabei bedeuten:  $M_1, M_2$ : flächenbezogene Masse der einzelnen Schalen ( $\text{kg/m}^2$ )  
 $a$ : Abstand zwischen den Schalen (cm)  
 $E_d$ : dynam., elast. Modul der Zwischenschicht ( $\text{kg/cm}^2$ )



4 Vergleich zwischen der Schalldämmung eines dreifach verglasten Fensters (Kurve 1) mit der eines zweifach verglasten Fensters (Kurve 2) bei etwa gleicher Masse und Gesamtdicke