

Lektion 5

Berechnung von Doppelwandresonanzen

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

In der 4. Lektion wurde auf den Vorteil von Doppelwandkonstruktionen hingewiesen. Da der Vorteil aber erst nach der Doppelwandresonanz eintritt, ist es besonders wichtig, die Frequenz, in der diese Resonanz eintritt, zu kennen und auch berechnen zu können. Auch gibt die Häufigkeit von Schadensfällen Anlaß zur genaueren Betrachtung dieses Themas.

Berechnungsbispiele

Fall 1: Eine bestehende Wand aus 10 cm dicken Backsteinen soll in ihrer Schalldämmung durch eine Vorsatzschale aus 16 mm dicken Holzspanplatten verbessert werden. Wie groß muß der Mindestabstand sein, damit die Doppelwandresonanz bei 90 Hz liegt? Der Hohlraum ist mit Mineralfaserfilz gefüllt. Aus Lektion 4 kennen wir die Formel für den Mindestabstand:

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

Für Ed kann der Wert 1,2 kg/cm³ eingesetzt werden (Mittelwert für Mineralfaserfilz). M₁ ist die flächenbezogene Masse des Mauerwerks (10 cm Backstein plus 2 mal 1 cm Putz) ergibt ca. 200 kg/m² (siehe Tabelle in Lektion 4). Für die Holzspanplatte ergibt sich eine flächenbezogene Masse von 11 kg/m². Eingesetzt in die Formel ergibt sich

$$a = 44 \cdot 1,2 \cdot \left(\frac{1}{200} + \frac{1}{11} \right)$$

$$a = 52,8 \cdot (0,005 + 0,09)$$

$$a = 5 \text{ cm}$$

Ergebnis: Die Wandverkleidung muß in einem Abstand von mindestens 5 cm vor die bestehende Wand montiert werden.

Fall 2:

a) Wie groß muß der Schalenabstand einer Trennwand aus 2 x 19 mm dicken Holzspanplatten mindestens sein?

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

$$Ed = 1,2 \text{ kg/cm}^3 \text{ (Mineralfaserfilz im Hohlraum)}$$

$$M_1 = 13 \text{ kg/m}^2$$

$$M_2 = 13 \text{ kg/m}^2$$

$$a = 44 \cdot 1,2 \cdot \left(\frac{1}{13} + \frac{1}{13} \right)$$

$$a = 8,1 \text{ cm}$$

b) Aus Platzgründen kann der Schalenabstand jedoch nur 6,5 cm betragen. Wie hoch liegt jetzt die Doppelwandresonanz? Es gilt die Formel aus Lektion 4:

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

$$f_r = 600 \sqrt{\frac{1,2}{6,5} \cdot \left(\frac{1}{13} + \frac{1}{13} \right)}$$

$$f_r = 600 \sqrt{0,184 \cdot 0,154}$$

$$f_r = 100 \text{ Hz}$$

Ergebnis: Der Schalenabstand der Trennwand wäre gerade noch zulässig, da die Resonanzfrequenz bei 100 Hz liegt, also am Anfang des bauakustischen Bereichs (100 bis 3150 Hz).

Fall 3 (Schadensfall): Eine Wohnungstrennwand soll mit einer Verkleidung aus 16 mm dicken Holzspanplatten versehen werden. Mineralfaserfilz ist nicht vorgesehen, der Abstand zur bestehenden Wand beträgt ca. 1 cm. An eine Verbesserung des Schallschutzes ist nicht gedacht, da die Verkleidung nur aus optischen, Innenarchitektonischen Gründen erstellt wird. Wir berechnen die Doppelwandresonanz nach der Formel:

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

$$Ed = 1,45 \text{ kg/m}^3 \text{ (Luft)}$$

$$a = 1 \text{ cm}$$

$$M_1 = 380 \text{ kg/m}^2$$

$$M_2 = 11 \text{ kg/m}^2$$

$$f_r = 600 \sqrt{\frac{1,45}{1} \cdot \left(\frac{1}{380} + \frac{1}{11} \right)}$$

$$f_r = 220 \text{ Hz}$$

Ergebnis: Durch die ungünstige Lage der Doppelwandresonanz im bauakustischen Bereich ergibt sich eine Verschlechterung der Schalldämmung durch die aufgebrauchte Verkleidung, gegenüber der vor-

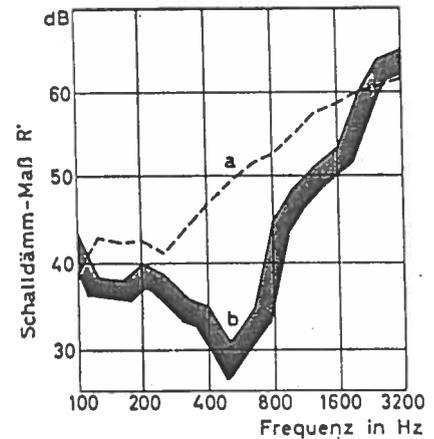


Abb. 1 Durch den ungeeigneten Aufbau einer Verkleidung sinkt der Schalldämmwert der Betonwand ($R_w = 53 \text{ dB}$) auf 42 dB ab. Deutlich ist der Schalldämmeinbruch – bedingt durch die Doppelwandresonanz – bei 500 Hz

herigen Situation. Besonders bei Wärmedämmungen ergibt sich sehr oft eine nicht unerhebliche Minderung der Schalldämmung, wenn zudem noch Materialien verwendet werden die wesentlich steifer sind als Mineralwolle oder Luft, wie z. B. PU-Schaum o. ä. Das Diagramm (Abb. 1) zeigt ein Beispiel, wie durch einen ungeeigneten Aufbau eine bestehende Wand stark verschlechtert wurde. Die Kurve a stellt den Schalldämmverlauf einer 125 mm dicken Betonwand ($R_w = 53 \text{ dB}$) dar.

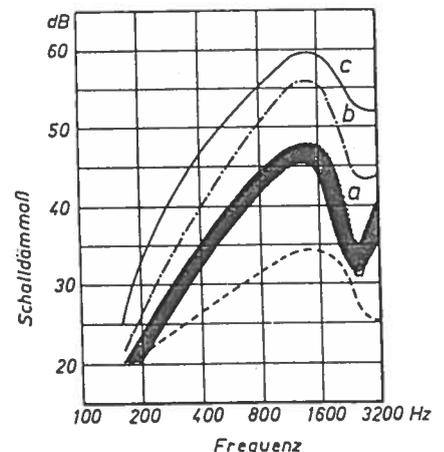
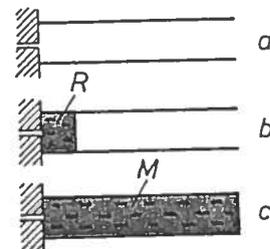


Abb. 2 Einfluß der Hohlraumbedämpfung einer doppel-schaligen Trennwand aus 2 x 12,5 mm dicken Gipskartonplatten.

Kurve a: Hohlraum leer
Kurve b: Mineralwolle in den Randprofilen
Kurve c: Ganzer Hohlraum mit Mineralfaser gefüllt
Kurve d: zum Vergleich einfache Gipskartonplatte

In Kurve b ist der Schalldämmverlauf aufgezeigt, nachdem beidseitig Verbundplatten aus 10 mm Hartschaum und 25 Holz- wolle-Leichtbauplatten anbetoniert und verputzt wurden. Die Verschlechterung der Schalldämmung beträgt 11 dB.

Diese Beispiele machen deutlich, daß nicht nur das Schalenmaterial sondern auch die Zwischenschicht einen wesentlichen Einfluß auf die Schalldämmung einer Doppelwand haben. Am besten eignen sich bei Doppelwänden zur Hohlraumbedämpfung Mineralfaserfilze von der Dichte 30 bis 70 kg/m³. Dabei muß nicht der gesamte Hohlraum gefüllt werden (siehe Abb. 2). In der Praxis hat sich eine Füllung des Hohlraumes von 70% in der Dicke und 80% in der Fläche als ausreichend erwiesen, sofern keine wärmetechnischen Forderungen erfüllt werden müssen. Es muß also nicht jedes kleine, fehlende Stück eingeschnitten werden, wie dies in der Praxis immer wieder zu sehen ist. Der Schalldämmunterschied ist kaum meßbar und schon gar nicht hörbar.

Nachdem die Zwischenschicht mehr oder weniger vorgegeben ist, kann man die Schalldämmung einer Doppelwand nur noch über den Schalenabstand und die Masse der Schalen erhöht werden (auf den Einfluß der Schalenverbindung wird später eingegangen). Der Abstand kann auch nicht immer beliebig gewählt werden, man denke z. B. an Türen und Sanierungen von Wänden. Es bleibt dann nur noch das Mittel der Schalenbeschwerung.

Beschwerung der Schalen

Um die Wirkungsweise einer Schalenbeschwerung besser verstehen zu können, muß man sich mit einem neuen Begriff vertraut machen, der „Grenzfrequenz“. Im Gebiet der Grenzfrequenz verschlechtert sich die Luftschalldämmung der meisten Bauteile ganz erheblich. Dieser sogenannte Schalldämmeinbruch ist auf eine Art Resonanz zurückzuführen, die von der Masse und der Biegesteife des verwendeten Materials abhängt. Der Einbruch ist, wie bei jedem Resonanzsystem, auch von der vorhandenen Reibung abhängig. Die Lage dieser Resonanz bzw. der Grenzfrequenz wird durch die Biegesteife und die Masse des schalldämmenden Elements bestimmt. Je dicker die Platte eines bestimmten Materials, desto niedriger deren Grenzfrequenz. Bauplatten aus Holzspanplatten o. ä. dürfen daher nicht beliebig dick dimensioniert werden, da im Bereich der Grenzfrequenz ein mehr oder weniger ausgeprägter Schalldämmeinbruch erfolgt. In der Abb. 3 sind die Grenzfrequenzen für Platten aus verschiedenen Baustoffen angegeben.

Wie sich die Grenzfrequenz (f_{gr}) bei einer Doppelwand bemerkbar macht, zeigt die Abb. 4. Es ist ersichtlich, daß bei der Grenzfrequenz ein nicht unerheblicher Einbruch stattfindet und die Gesamtschalldämmung negativ beeinflusst.

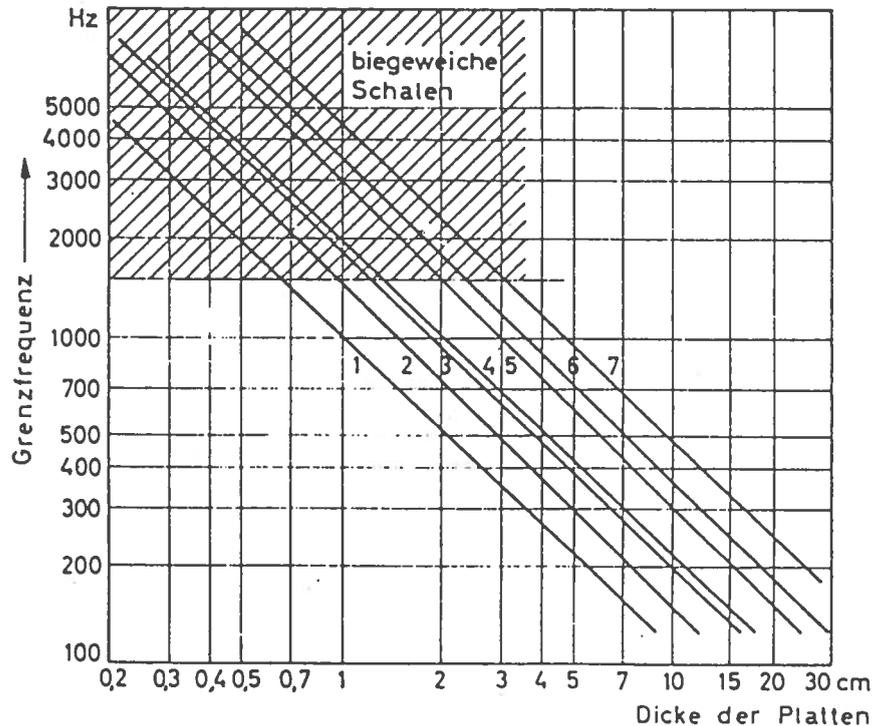


Abb. 3 Lage der Grenzfrequenz in Abhängigkeit der Plattendicke. 1 Glas; 2 Schwerbeton; 3 Sperrholz; 4 Vollziegel; 5 Gips; 6 Hartfaserplatten; 7 Gasbeton (700 kg/m³)

Es ist nun das Ziel nicht nur die Masse einer Trennwandschale, ohne die Biegesteifigkeit zu erhöhen, sondern auch den vorhandenen Grenzfrequenzeinbruch zu glätten. Das ist durch eine geeignete Schalenbeschwerung möglich. Eine Beschwerung sollte dabei folgende Eigenschaften aufweisen:

- hohe Masse
- geringe Dicke
- geringe Biegesteifigkeit
- hohe innere Dämpfung

Anhand von Hawaphon-Schalldämmplatten läßt sich die Wirkungsweise gut erklären. Diese Schalldämmplatten sollen in unserer Serie stellvertretend für die verschiedenen Beschwerungsmaterialien vorgestellt werden.

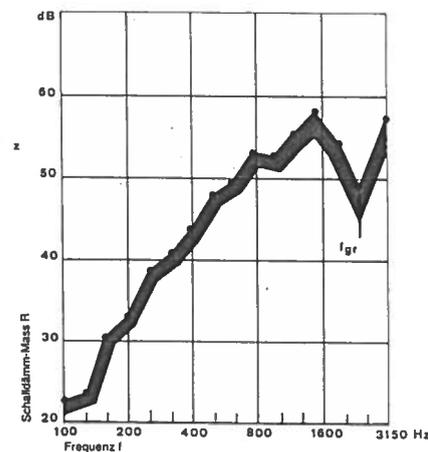


Abb. 4 Deutlich sichtbar: der durch die Grenzfrequenz verursachte Einbruch

Bei diesen Schalldämmplatten handelt es sich um tiefgezogene Kunststoffkammern, die mit Stahlschrot gefüllt sind. Die flächenbezogene Masse beträgt ca. 11 kg/m². Die Anforderung hoher Masse ist somit erfüllt. Durch die Einschnitte zwischen den einzelnen Schrotkammern wird der wirksame Luftabstand nicht gemindert. Das heißt, wir können bei der Berechnung der Abstände für die Doppelwandresonanz so tun, als wäre die Platte nicht vorhanden. Die Forderung nach geringer Dicke ist somit optimal erfüllt. Die geringe Biegesteifigkeit ergibt sich durch die lose Füllung der Kammern. Die hohe innere Dämpfung wird durch die Reibungsverluste der einzelnen Kügelchen untereinander bei Schwingungen erzeugt. In Abbil-

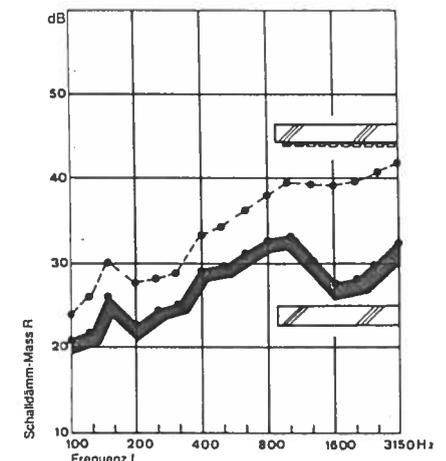


Abb. 5 Schalldämmverlauf einer Holzspanplatte (19 mm dick) mit und ohne Beschwerung

dung 5 ist der Schalldämmverlauf einer 19 mm dicken Holzspanplatte mit und ohne Beschwerung aufgezeigt. Es ist nicht nur die Kurve parallel nach oben verschoben (wegen der höheren Masse), sondern auch der Grenzfrequenzeinbruch „ausgebügelt“ (durch die hohe innere Dämpfung bedingt).

Um die Bedeutung einer Schalenbeschwerung besser verstehen zu können, ziehen wir unser Berechnungsbeispiel „Fall 1“ wieder heran. Gefragt war nach

dem Mindestabstand einer Vorsatzschale aus 16 mm dicken Holzspanplatten vor einer 10 cm dicken Backsteinwand. Das Ergebnis lautete 5 cm. Bekleben wir die Holzspanplatten mit Hawaphon, sieht die Rechnung folgendermaßen aus:

$$a = 44 \cdot 1,2 \cdot \left(\frac{1}{200} + \frac{1}{22} \right)$$

$$a = 2,6 \text{ cm}$$

Das heißt, wir können die Vorsatzschale bereits über einen Dachlattenrost an der Wand befestigen. Eine Schalenbeschwe-

rung ist jedoch nur dann sinnvoll, wenn sich das Gewicht der Beschwerung in der Größenordnung der Trägerplatte befindet. auch muß die Beschwerung vollflächig mit dem Trägermaterial verleimt werden. Würde man die Hawaphon-Platte mit einer Masse von 11 kg/m² zusätzlich auf das Mauerwerk befestigen (200 kg/m²), würde sich nichts ändern. Wie man mit wesentlich biegesteiferen Materialien die Grenzfrequenz ebenfalls beeinflussen kann, wird in der nächsten Folge erläutert.

Werkstattkurs: Vorrichtungsbau, Teil 32

Pneumatische Schubkastenpresse

Zum Verleimen von Schubkästen oder kleineren Korpusen sind entsprechende Preßkräfte nötig, die nur durch Exzenter oder Gewinde (Schraubzwingen) erzielt werden können. Leichter und schneller läßt sich diese Arbeit aber mit pneumatischen Zylindern ausführen, wobei

Bevor man mit dem Bau einer Schubkastenpresse beginnt, ist es wichtig, die maximale Größe festzulegen. Umstarbeiten sollten möglichst vermieden werden, bzw. der Ausgleich durch längere Zylinder erfolgen. Die Vorrichtung sollte man im Maßstab 1:1 aufreißen, genauso, wie man das von einem Möbelriß gewohnt ist. Darauf muß klar zu erkennen sein, wo die einzelnen Elemente angeordnet sind, welchen Platz sie einnehmen und welche Kräfte zu übertragen sind.

Die ca. 40 mm dicke Grundplatte wird aus

Einfache pneumatische Presse zum Verleimen von Schubkästen und Boxen. Hier hat man nur zwei Druckzylinder verwendet, ein breiter Druckschuh verteilt die Kräfte. Deutlich sind sowohl die Hilfsanschläge wie auch die Auflagen am Boden



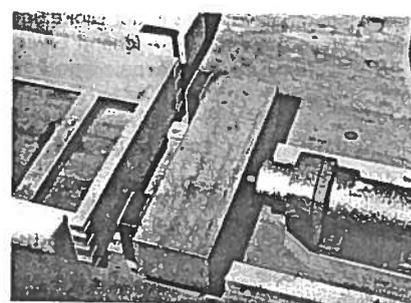
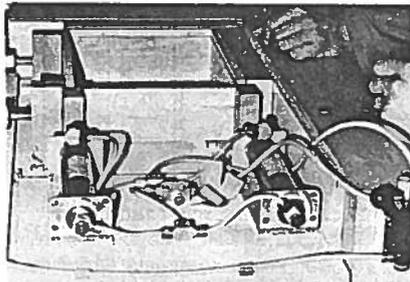
gleichzeitig die Winkeltreue gewährleistet ist.

Studierende der Fachschule Technik – Holz, Hildesheim, erläutern im folgenden Beitrag, was bei der Konstruktion und Planung einer Schubkastenpresse zu beobachten ist.

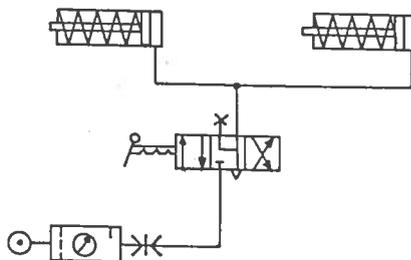
Sperrholzteilen verleimt. Die Anschläge werden aus massivem Buchenholz oder entsprechenden Holzwerkstoffen geschnitten. Sie müssen mindestens 80 mm breit sein, um die hohen Drücke auf die Grundplatte übertragen zu können. Die Höhe richtet sich nach dem höchsten Schubkastenmaß, sollte aber 180 mm nicht überschreiten.

Entsprechend dem Schaltplan und dem Aufriß werden die Druck- und Steuerelemente, die Leitungen etc. montiert. Die Leitungen werden mit Clips befestigt, an

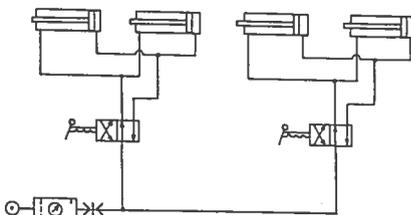
Aufbau einer klassischen, einfachen Schubkastenpresse. Die Anschläge haben Hilfsanschläge, um universeller arbeiten zu können und den verschiedenen Größen anzupassen. Vier Druckzylinder bringen den Vorteil, daß die Ecken exakt zusammengedrückt werden können



Druckzylinder mit Druckverteiler an einer pneumatischen Schubkastenpresse. Der Druckzylinder ist mit durchgehenden Schrauben verschraubt und läßt sich – wenn nötig – leicht versetzen. Der Druckverteiler ist direkt mit der Schubstange verschraubt. Er läuft auf zwei Führungsleisten auf gleicher Höhe mit den Auflageleisten für den Schubkasten. So können Schmutz und Späne nach unten fallen. Der Druckverteiler trägt elastische Kunststoffauflagen. Ebensoiche Auflagen sind auf dem Gegenlager zu erkennen



Schaltplan für eine einfache Schubkastenpresse mit zwei einwirkenden Zylindern und einem handbetätigten 4/3-Wegeventil



Pneumatischer Schaltplan für eine Schubkastenpresse mit vier doppelwirkenden Zylindern, die jeweils paarweise geschaltet sind

Druck- und Steuerelementen mit lösbaren Verbindungen befestigt. Passend zu den Anschlüssen der Druckluftzylinder sind die Druckverteiler und die Druckelemente zu fertigen und an den Zylindern anzubringen. An den Anschlägen werden „Doppel“ aufgebracht, damit die Ecken frei bleiben und mehr Variationsmöglichkeiten gegeben sind.