Vorsatzschalen in Theorie und Praxis

Andreas Buchele, Lutz Weber

Fraunhofer-Institut für Bauphysik, 70569 Stuttgart, Deutschland, Email: lutz.weber@ibp.fraunhofer.de

Einleitung

Vorsatzschalen stellen eine seit langem bewährte Bauweise zur Verbesserung der Schalldämmung von Bauteilen dar. Im Bauwesen versteht man darunter üblicherweise Konstruktionen aus Gipskarton-, Gipsfaser- oder Holzplatten, die entweder fest mit einem Dämmstoff verbunden („Verbundsysteme“) oder auf einem Ständerwerk angebracht sind. Die Ständer können entweder mechanisch am Grundbauteil befestigt sein oder frei vor diesem stehen („Freistehende Vorsatzschalen“). Für die Verbesserung der Schalldämmung eines Bauteils durch eine Vorsatzschale gilt :

$$\Delta R = R_{\text{mitVS}} - R_{\text{ohneVS}} \qquad (1)$$

Dabei sind R_{mitVS} und die Schalldämm-Maße des Bauteils mit und R_{ohneVS} ohne Vorsatzschale. Maßgebliche Einflussparameter auf die Schalldämmung sind dabei die flächenbezogenen Massen des Grundbauteils und der Vorsatzschale, m''_{GW} und m''_{VS}, sowie die dynamische Steifigkeit s’ der Dämmschicht (beinhaltet den Schalenabstand d).

Frequenzverlauf der Verbesserung ΔR

Kennzeichnend für den Frequenzverlauf von ΔR ist die Resonanzfrequenz f_0 des zweischaligen Bauteils, bestehend aus Grundbauteil und Vorsatzschale. Unterhalb von f_0 ist $\Delta R \approx 0$ dB. Bei f_0 kann ΔR negative Werte annehmen (Verschlechterung der Schalldämmung), je nachdem wie stark das System bedämpft ist. Allerdings ist hier das Verhalten nur schwer vorhersehbar, wie auch Abbildung 1 belegt. Eine statistische Auswertung von insgesamt 95 Datensätzen ergab die in Tabelle 1 dargestellten Werte für $\Delta R(f_0)$. Dabei sind systematische Unterschiede zwischen der Direkt- und der Längsübertragung (siehe auch [1]), sowie zwischen den verschiedenen Konstruktionsarten zu erkennen. Für die Berechnung von ΔR oberhalb von f_0 wird üblicherweise die Gleichung

$$\Delta R = 40 \lg\left(\frac{f}{f_0}\right) \qquad (2)$$

verwendet. Dies entspricht einem Anstieg der Verbesserung mit 12 dB / Oktave. In Abbildung 1 ist zu beobachten, dass der Verlauf von ΔR oberhalb von f_0 ab einem gewissen Punkt (Pfeile) nicht mehr dem theoretischen Verlauf nach Gleichung 2 (dünne Geraden) folgt. Die Verbesserung „knickt“ ab. Auf diesen Effekt und die zugehörigen „Knickfrequenzen“ f_k (Bezeichnung in Anlehnung an [2]) wird im folgenden Abschnitt näher eingegangen. Oberhalb von f_k gehen alle Kurven in einen ähnlichen Verlauf über, ein Resonanzverhalten scheint nicht mehr gegeben zu sein.

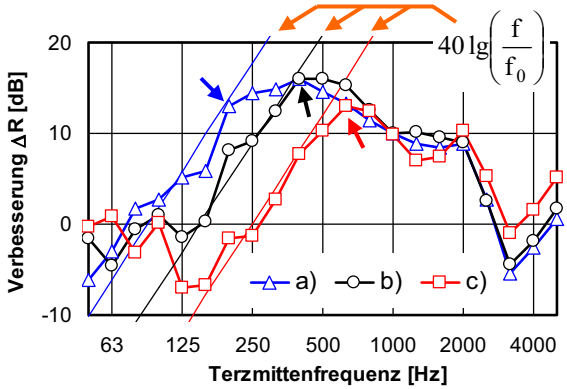

Abbildung 1: Frequenzverlauf von ΔR für eine freistehende Vorsatzschale (a) und zwei Verbundsysteme (b) und (c) mit einer GKB-Platte (9 kg/m²) bzw. einer KSV-Wand (335 kg/m²) als Grundbauteil. Die Resonanzfrequenzen betragen ca. 80 Hz (a), 110 Hz (b) und 125 Hz (c).

Tabelle 1: Mittlere Verbesserung der Schalldämmung durch Vorsatzschalen bei f_0.

$\Delta R(f_0)$	Vorsatzschalentyp	
	Freistehend	Verbundsystem
Direktschalldämmung	- 2,6 ± 1,7 dB	- 7,2 ± 3,3 dB
Längsschalldämmung	+ 2,1 ± 3,0 dB	- 3,4 ± 2,9 dB

Einfluss des Grundbauteils

In Abbildung 2 sind die Verbesserungen ΔR einer freistehenden Vorsatzschale vor verschiedenen Grundbauteilen dargestellt. Bei der roten Kurve handelt es sich nicht um eine Vorsatzschale im eigentlichen Sinn, sondern um eine Gipskartonständerwerkswand, die als Vorsatzschalenkonstruktion interpretiert werden kann. Subtrahiert man von dem Schalldämm-Maß der Ständerwand das Schalldämm-Maß einer einzelnen GKB-Platte, so erhält man ΔR für ein sehr leichtes Grundbauteil. Es zeigt sich, dass f_k mit zunehmender Masse des Grundbauteils m''_{GW} anwächst. Oberhalb von f_k ist ΔR umso größer, je höher f_k liegt. Da die Hintergründe dieses Effekts momentan noch unklar sind, wurde f_k empirisch durch Auswertung von 24 Datensätzen ermittelt:

$$f_k = f_0 \cdot \sqrt[4]{\frac{214 \cdot d_0}{d} \cdot \frac{m''_{VS}}{m''_{GW}}} \qquad \text{mit } d_0 = 1 \text{ m} \qquad (3)$$

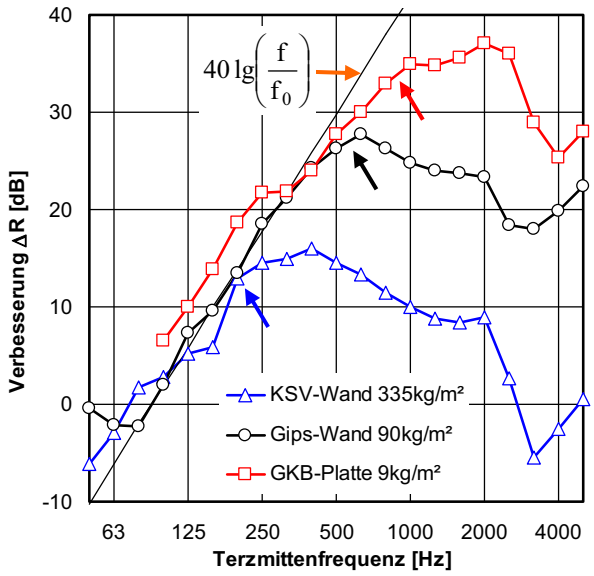

Abbildung 2: Einfluss des Grundbauteils auf die Verbesserung der Schalldämmung durch eine freistehende Vorsatzschale (12,5 mm GKB-Platte mit 50 mm Schalenabstand und 40 mm Mineralwolle als Hohlraumbedämpfung).

Berechnungsmodelle für ΔR

Insgesamt wurden 13 Modelle für die frequenzabhängige Berechnung von ΔR einer praktischen Erprobung unterzogen. Darunter waren physikalisch-mathematische Modelle, SEA-Modelle und semiempirische Modelle auf der Grundlage von Gleichung (2) vertreten. Diese wurden mit Messergebnissen für unterschiedliche Bauteile verglichen. In Abbildung 3 ist die mit drei typischen Modellen berechnete Verbesserung zusammen mit den zugehörigen Messwerten aufgetragen.

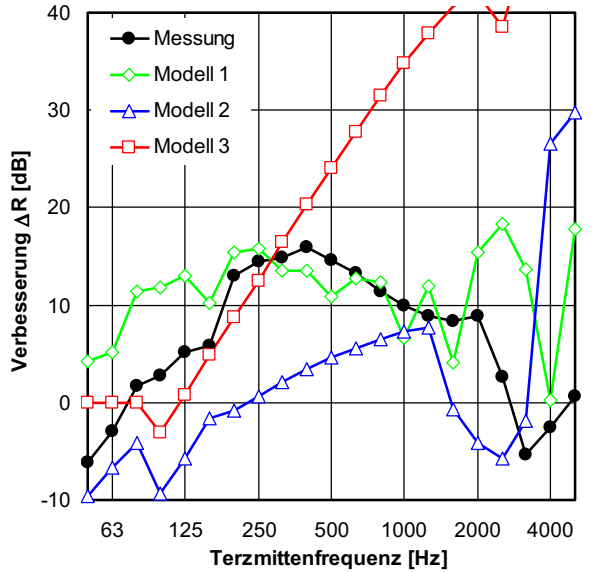

Abbildung 3: Vergleich zwischen gemessenem und berechnetem ΔR für eine freistehende Vorsatzschale. Modell 1: physikalisch-mathematisch [3], Modell 2: SEA [4], Modell 3: semiempirisch mit Gleichung (2) [5].

Wie sich zeigt, ist keines der drei Berechnungsmodelle geeignet, um die Schalldämmung von Vorsatzschalen ausreichend genau zu prognostizieren. Auffallend ist vor Allem, dass die Modelle des Typs 3 die Schalldämmung bei hohen Frequenzen sehr stark überschätzen, was an dem in der Praxis nur teilweise erreichten Anstieg mit 12 dB / Oktave liegt.

Zweiseitige Anbringung von Vorsatzschalen

DIN EN 12354-1 [3] sagt aus, dass sich die Verbesserung ΔR bei der Anbringung von identischen Vorsatzschale in Sende- und Empfangsraum verdoppelt und dass sich die Verbesserung des bewerteten Schalldämm-Maß ΔR_w um 50% erhöht. Eine Auswertung von 17 Datensätzen (Verbesserung mit einer bzw. zwei Vorsatzschalen) zeigt jedoch, dass bei der Anbringung einer zweiten, identischen Vorsatzschale eher von der 1,6(4)-fachen als von der doppelten Verbesserung ausgegangen werden muss. Für ΔR_w ergibt sich ebenfalls eine Erhöhung von 64%. Die Aussage von DIN EN 12354-1 in Bezug auf ΔR_w kann somit weitgehend bestätigt werden.

Zusammenfassung

Die durchgeführten Untersuchungen ergaben, dass ein Einfluss des Grundbauteils auf die Verbesserung der Schalldämmung durch Vorsatzschalen ΔR vorhanden ist. Dieser kann durch die Knickfrequenz f_k beschrieben werden. Für die Verbesserung bei der Resonanzfrequenz konnten statistisch Anhaltswerte ermittelt werden. Weiterhin hat sich gezeigt, dass Berechnungsmodelle aus der Literatur für die praktische akustische Auslegung von Vorsatzschalen nicht geeignet sind. Die Berechnung der Verbesserung von zweiseitig angebrachten Vorsatzschalen nach DIN EN 12354-1 ist für ΔR_w zutreffend, für die frequenzabhängige Schalldämmung allerdings nicht. In [1] wird ausführlicher über die Ergebnisse berichtet und ein Prognosemodell für ΔR vorgestellt.

Literatur

[1] Weber, L., Buchele A.: Verbesserung der Schalldämmung durch Vorsatzschalen. Veröffentlichungen der HfT Stuttgart - Bauphysikertreffen 2006, 9-29

[2] Fasold, W., Sonntag, E., Winkler, H.: Bauphysikalische Entwurfslehre - Band 4: Bau- und Raumakustik. Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, Köln, 1986

[3] Mechel, F.P.: Formulas of Acoustics (Chapter I.10). Springer-Verlag, Berlin, 2002

[4] Brekke, A.: Calculation Methods for the transmission loss of single, double and triple partitions. Applied Acoustics, 14 (1981), 225-240

[5] Gösele, K.: Zur Berechnung der Luftschalldämmung von doppelschaligen Bauteilen. Acustica 45 (1980), 218-227

[6] DIN EN 12354-1: Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften – Teil 1: Luftschalldämmung zwischen Räumen.

Danksagung

Die vorliegenden Untersuchungen wurden durch das Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) gefördert.