

Berechnung des Schallschutzes im Holz-/Leichtbau - Möglichkeiten zur Verbesserung der Prognosegenauigkeit

Heinrich A. Metzzen

DataKustik GmbH, 86926 Greifenberg, Deutschland, Email: h.metzen@datakustik.de

Einleitung

Die Berechnungsmodelle zur Luft- und Trittschalldämmung nach DIN EN 12354-1 und -2 sind für den Massivbau inzwischen erprobt und hinsichtlich ihrer Prognosegenauigkeit beschreibbar. Demgegenüber können gegenwärtig die Berechnungsergebnisse für Gebäude in Holz- und Leichtbauweise bei Einbeziehung von Stoßstellendaten nur als Näherung betrachtet werden, da verschiedene Effekte bisher vernachlässigt werden. Das Modell verwendet zur Berechnung des Flankendämm-Maßes R_{ij} Trenndämmmaße aus üblichen ISO-konformen Wand- und Deckenprüfständen. Bei mehrschaligen Leichtkonstruktionen treten Unterschiede im Übertragungsverhalten auf, die bei der Trenndämmmaß-Prüfung prinzipiell nicht miterfasst werden können. Im Folgenden werden verschiedene Aspekte anhand der verfügbaren Literatur diskutiert und Lösungen zur Verbesserung der Prognosegenauigkeit aufgezeigt.

Abstrahlgrad

Die Berechnung des Flankendämm-Maßes R_{ij} nach DIN EN 12354-1 erfolgt unter Verwendung der In-Situ Schalldämm-Maße $R_{i,situ}$ und $R_{j,situ}$:

$$R_{ij} = \frac{R_{i,situ} + R_{j,situ}}{2} + \frac{D_{v,ij} + D_{v,ji}}{2} + 10 \lg \frac{S_s}{\sqrt{S_i S_j}} \quad (1)$$

Hierbei wird vorausgesetzt, dass nur freie Biegewellenübertragung vorliegt und die sende- und empfangsseitigen Abstrahlgrade der beteiligten Bauteile sich nicht zwischen Labor- und Bausituation unterscheiden. Oberhalb der Grenzfrequenz sind diese Einschränkungen nicht problematisch. Werden jedoch Trenndämm-Maße nach DIN EN ISO 140-3 verwendet, so führt dies zu einer Unterschätzung des Flankenschalldämm-Maßes R_{ij} , da diese unterhalb der Grenzfrequenz sowohl erzwungene, als auch freie Biegewellenanteile enthalten. Bei biegeweichen Holzständerkonstruktionen mit hoher Grenzfrequenz sind Prognosefehler zu erwarten, die zu einer Unterschätzung der Flankenschalldämmung führen. Geht man von der richtungsabhängigen Formulierung des Flankendämm-Maßes $i \rightarrow j$ aus

$$R_{ij} = R_i + D_{v,ij} + 10 \lg \frac{S_s}{S_j} + 10 \lg \frac{\sigma_i}{\sigma_j} = -10 \lg \tau_{ij} \quad (2)$$

und wendet die Reziprozitätsbeziehung $\tau_{ij} = \tau_{ji}$ an, so ergibt sich (mit situations-invarianten Schalldämm-Maßen R_i, R_j):

$$R_{ij} = \frac{R_i + R_j}{2} + \frac{D_{v,ij} + D_{v,ji}}{2} + 10 \lg \frac{S_s}{\sqrt{S_i S_j}} \quad (3)$$

$$+ 10 \lg \sqrt{\frac{\sigma_{i,source} \sigma_{j,source}}{\sigma_{j,receive} \sigma_{i,receive}}}$$

Zur Abstrahlgradkorrektur bestehen verschiedene Ansätze [1,2,3]. Ein Lösungsvorschlag wurde in [4] vorgestellt, der auf biegesteife und biegeweiche Konstruktionen anwendbar ist und zu messtechnisch nachvollziehbaren Ergebnissen führt. Das Verfahren wurde im Rahmen der Überarbeitung von EN 12454-1 als weiterer Anhang vorgeschlagen. Da i.d.R. Labormessdaten des Trenndämm-Maßes von Bauteilen zu korrigieren sind, deren Abstrahlgrad nicht mitbestimmt wurde, ist eine Formulierung auf Basis der Differenzen $\Delta = R_{resonant} - R_{lab}$ zweckmäßiger:

$$R_{ij} = \frac{R_i + \Delta_i}{2} + \frac{R_j + \Delta_j}{2} + \frac{D_{v,ij} + D_{v,ji}}{2} + 10 \lg \frac{S_s}{\sqrt{S_i S_j}} \quad (4)$$

Sowohl das Dämmmaß $R_{resonant}$ für frei (resonante) Übertragung, als auch das Dämmmaß R_{lab} für die Laborsituation werden aus Materialdaten berechnet. Dabei wird jeweils nur die raumseitig angeregte bzw. abstrahlende Platte berücksichtigt. Dabei wird vorausgesetzt, dass sich die Anregungs- bzw. Abstrahlgrade bei Umkehrung der Übertragungsrichtung nicht unterscheiden. Die Anwendbarkeit der Abstrahlgrad-Korrektur hängt von der Art der Kopplung der Bekleidung ab. Bei starker Kopplung der raumseitigen Bekleidung an Stützen und Ständern ist die Abstrahlung nicht allein von den Platteneigenschaften abhängig. In diesen Fällen ist eine meßtechnische Bestimmung des Abstrahlgrades erforderlich.

Bauteildämmung

Leichtbaukonstruktionen weisen im allgemeinen gegenüber massiven Konstruktionen eine höhere Bauteildämmung auf. Ursächlich dafür sind der höhere interne Verlustfaktor der eingesetzten Baustoffe sowie die zusätzliche Dämmung der Biegewellenausbreitung an Plattenfügestellen sowie an Ständern und Stützen. Bei der Körperschallübertragung über Stoßstellen von Leichtbauteilen kann man die gemessene Schnellepegeldifferenz als Summe der Dämmung (structural attenuation s) und der Dämpfung (damping δ) auffassen (Abb. 1):

$$D_{v,ij} = D_s + D_\delta \quad (6)$$

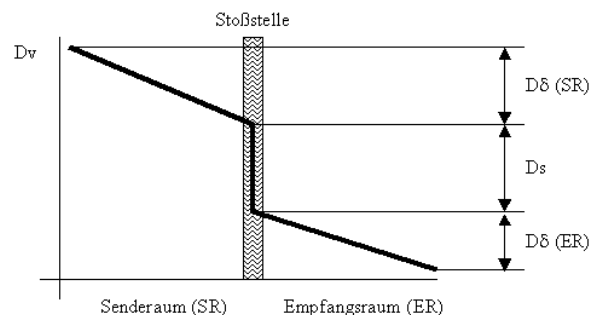


Abbildung 1: Prinzipieller Schnellepegelverlauf an einer Stoßstelle mit hoher Bauteildämmung der Flankenbauteile.

Modellrechnungen von *Villot & Bosmans* an einem L-Stoß zeigten, dass die Schnellepegeldifferenz einer Stoßstelle in Verbindung mit variabler Bauteildämpfung (4, 8 und 16%) dann als relevant angesehen werden kann, wenn eine flächige Anregung durch Luftschall oder Körperschall (z.B. durch Regen) vorliegt [5]. Hingegen sollte die Bauteildämpfung bei lokaler Anregung (z.B. bei Trittschallanregung mit dem Normhammerwerk) getrennt bei der Modellierung berücksichtigt werden, da ansonsten zu große Abweichungen resultieren. Durch Beschränkung der Messfläche bei der Bestimmung der Schnellepegeldifferenzen auf stoßstellennahe Bereiche kann auch bei Punktkraftanregung näherungsweise davon ausgegangen werden, dass die maßgebliche Bauteildämpfung im Stoßstellendämm-Maß K_{ij} enthalten ist. Bei der Modellierung der Übertragung ist es daher nicht erforderlich, die Bauteildämpfung separat zu berücksichtigen.

Iso-/Orthotropie

Als orthotrope Platten werden Platten mit richtungsabhängiger Biegesteife bezeichnet (z.B. Stahltrapezbleche). Weiterhin können auch Konstruktionen mit Ständern und Stützen als orthotrope Bauelemente aufgefasst werden, deren Gesamt-Biegesteife von der Ausbreitungsrichtung abhängt. Im Gegensatz zur Bauteildämpfung interessiert hier in erster Linie die aus einer richtungsabhängigen Biegesteifigkeit resultierende Ausbreitungsdämpfung bzw. -dämmung für Biegewellen. Diese wird bei Prüfungen des Schalldämm-Maßes und des Norm-Trittschallpegels in Trennprüfständen nicht erfasst. Messungen der Ausbreitungsdämpfung in zwei Richtungen können Aufschluss darüber geben, ob eine Konstruktion als isotrop anzusehen ist [6,7]. Ist dies nicht der Fall, muss die Orientierung der Konstruktion bei der Modellierung berücksichtigt werden. Dies kann durch separate Stoßstellendämm-Maße in Abhängigkeit von der Einbaurichtung geschehen. Für eine Kombination von Trenn- und Flankenbauteil sind folglich maximal vier Stoßstellendämm-Maße zu unterscheiden (Abb. 2).

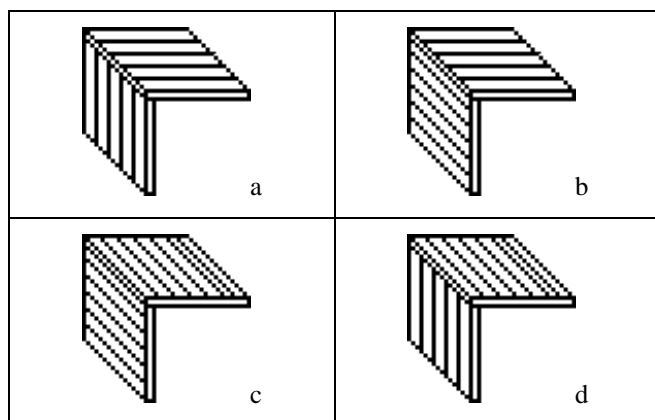


Abbildung 2: Mögliche Kombinationen bei einem L-Stoß zwischen anisotropen Trenn- und Flankenbauteilen.

Mehrschalige Bauteile

Grundsätzlich wird das Schalldämm-Maß R der beteiligten Bauteile verwendet, um das Abstrahlverhalten im Empfangsraum zu prognostizieren. Daher soll sich das Stoßstellendämm-Maß K_{ij} auch auf dieselbe Konstruktion beziehen, die

durch das Schalldämm-Maß beschrieben wird. Bei einem zwei- oder mehrschaligen Element beziehen sich R und K_{ij} entweder nur auf die raumseitige Schale oder auf das gesamte Bauteil, wobei im letzten Fall die Schnellepegeldifferenz zwischen der Außenseite im Senderaum und der Innenseite im Empfangsraum zu bilden ist. In Anbetracht der Konstruktionsvielfalt ist eine Aussage über die jeweils relevanten Übertragungswege ohne individuelle Untersuchungen kaum möglich. In vielen Fällen kann sich die Betrachtung auf die Ausbreitung über die raumseitige Schale konzentrieren [7,8].

Vorsatzkonstruktionen

Vorsatzschalen oder schwimmende Estriche an Trenn- und Flankenbauteilen beeinflussen neben den Abstrahleigenschaften auch die Bauteildämpfung. Die Abstrahleigenschaften hängen stark von der Art der Unterkonstruktion ab (z.B. direkt befestigt oder über Metallschienen), weniger von der Anzahl der Befestigungsmittel [9]. Bei tiefen Frequenzen mit kleiner Modendichte ist das Verhalten stark von den Randbedingungen der Grundkonstruktion und der Vorsatzschale anhängig. Zumindest bei der Trittschallübertragung ist die Wirkung von schwimmenden Trockenestrichen abhängig von der Orientierung der Balkenlage.

Zusammenfassung

Bei der Berechnung der Flankenübertragung in Holz- und andere Leichtbauten unter Anwendung des Stoßstellendämm-Maßes K_{ij} sind zusätzliche Effekte bei der Übertragung zu berücksichtigen, um die Prognosegenauigkeit zu verbessern. In CEN/C126/WG2 wurde eine Adhoc-Group eingesetzt, um Lösungsvorschläge zu erarbeiten. Es besteht die Hoffnung, auf Grundlage der zahlreichen inzwischen vorliegenden Untersuchungen die Prognosegenauigkeit zu verbessern.

Literatur

- [1] Nightingale, T.R.T.: Application of the CEN Draft Building Acoustics Prediction Model to a Lightweight Double Leaf Construction, *Appl. Acoustics* 46 (1995), 265-284.
- [2] Gerretsen, E.: Possibilities to improve modelling in EN 12354 for lightweight elements, *Proceedings Euronoise 2006*.
- [3] Villot, M.; Guigou-Carter, C.; Measurement Methods adapted to Wood Frame Lightweight Constructions, *Building Acoustics*, vol.13, no.3, 189-198.
- [4] Metzen, H.A.: Radiation Factor Correction when calculating Flanking Transmission, *Proceedings DAGA 2004*.
- [5] Villot, M.; Bosmans, I.: Modeling and characterizing flanking transmission in lightweight constructions, *Proceedings Internoise 2002*.
- [6] Nightingale, T.R.T.; Bosmans, I.: On the drive-point mobility of a periodic rib-stiffened plate, *Proceedings Internoise 2006*.
- [7] Schoenwald, S. et al.: Application of the direct method of ISO 10848 to flanking transmission through double leaf gypsum board walls, *Proceedings Internoise 2006*.
- [8] Schumacher, R.; Saß, B.: Flanking Sound Transmission by Timber-framed Glass Facades, *Journal of Building Acoustics* 3&4 (1999), p. 309-323.
- [9] Nightingale, T.R.T.; Mayr, A.: On the transmission of structure borne power from wood studs to gypsum board mounted on resilient channels, parts 1&2, *Canadian Acoustics*, vol.32, no.3, 164-167.