

Experimentelle Bestimmung des Abstrahlgrads von leichten Strukturen unter Verwendung verschiedener Messmethoden

Hans-Martin Tröbs, Stefan Schoenwald, Armin Zemp

Empa, Abteilung Akustik/Lärminderung, CH-8600 Dübendorf, Schweiz, Email: hans-martin.troeb@empa.ch

Einleitung

Im überarbeiteten Entwurf der prEN 12354-1 [1] von 2013 wird das Schalldämm-Mass R eines Bauteils unterhalb der Koinzidenzgrenzfrequenz über den bauteilspezifischen Abstrahlgrad bei Luft- und Körperschallanregung, σ_a und σ_s , korrigiert, siehe Gleichung 1. Dies ist insbesondere bei leichten Bauteilen notwendig, wenn deren Koinzidenzgrenzfrequenz im bauakustisch relevanten Frequenzbereich liegt. Das resultierende Schalldämm-Mass R^* für die resonante Transmission wird im Rechenmodell der EN 12354 als Eingangsgröße verwendet.

$$R^* = R + 10 \log \left(\frac{\sigma_a}{\sigma_s} \right) \quad [\text{dB}] \quad (1)$$

Derzeit existiert keine normierte Messmethode zur Bestimmung dieser Abstrahlgrade. Zur Beurteilung der verschiedenen Methoden wurde ein Vergleich der Schalldruck- und Intensitätsmessmethode im Labor der Empa Dübendorf an einer leichten Holzwerkstoffplatte durchgeführt. Dabei wurde die Holzwerkstoffplatte sowohl mittels Luftschall als auch einem Shaker angeregt.

Randbedingungen und Messgrößen

Die untersuchte Spanplatte (FPY) mit den Abmessungen von 123 cm x 148 cm x 1,6 cm und einem Flächengewicht $m' = 10,8 \text{ kg/m}^2$ wurde in eine Norm-Fensterprüföffnung zwischen einem Diffusfeldraum und einem Freifeldraum montiert. Der Einbau erfolgte zwischen Glasleisten mit beidseitig 3 mm Filz und anschließender Versiegelung.

Die Bestimmung des räumlich gemittelten Schnellepegels $L_{\bar{v}}$ erfolgte über Rastermessungen mit 9 x 11 und 25 x 31 Messpunkten mit einem Scanning Laser Vibrometer. Der Schalleistungspegel L_W wurde mittels Intensitätssonde, 12 mm Spacer im Scannverfahren sowie Schalldruckpegel im Raum und Korrektur über die Raum-Nachhallzeit, bestimmt.

Messergebnisse

In Abbildung 1 ist eine gute Vergleichbarkeit von Intensitäts- und Schalldruckmethode bei Shakeranregung zu erkennen. Die Abweichungen sowie der Anstieg der Standardabweichung unterhalb von 160 Hz lassen sich auf die Spacerlänge bzw. zu geringe Diffusität des Schallfeldes zurückführen. Zur Übersichtlichkeit ist nur für eine Kurve die Standardabweichung aufgezeigt.

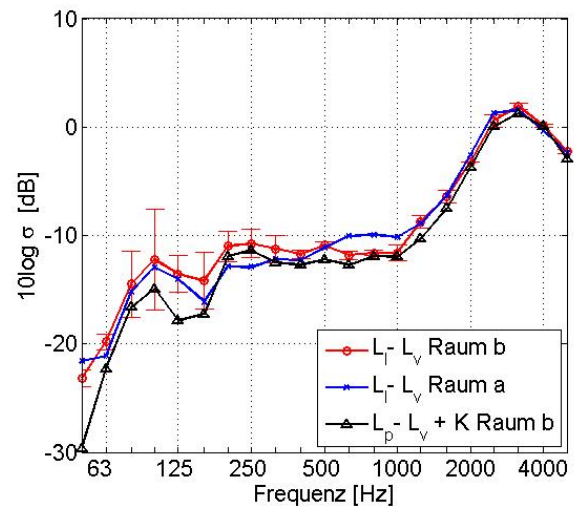


Abbildung 1: Abstrahlmass bei Shakeranregung und Messraster 9 x 11. Vergleich von Intensitäts- und Schalldruckmethode in Diffusfeldraum (b) und Freifeldraum (a). K bezeichnet den Summand der Nachhallzeit-Korrektur.

DCM-Methode

Bei der *Discrete Calculation Method* (DCM) [2] wird die Platte in einzelne Punktstrahler im Abstand d mit gleicher Fläche S_i um den Messpunkt unterteilt. Aus der Phasenlage zur Referenz und den Interferenzen jedes einzelnen Punktstrahlers zu allen anderen wird die Abstrahlung des jeweiligen Flächensegments bestimmt. Dabei muss die räumliche Auflösung d zwischen den Messpunkten kleiner sein als die halbe Wellenlänge der Koinzidenzfrequenz. Die kartierten Schnellen wurden in 2 Hz Frequenzauflösung erfasst.

Abbildung 2 zeigt eine gute Übereinstimmung von Intensitätsmethode und DCM Berechnung auf. Die DCM Berechnung liefert auch bei tiefen Frequenzen zuverlässige Resultate, da die Berechnung der Abstrahlung aus modalen Schwingformen erfolgt.

Vergleich DCM und Leppington Modell

Abbildung 3 zeigt eine gute Übereinstimmung zwischen der DCM Berechnung sowie der Theorie nach Leppington [3] für eine allseitige, geklemmte Platte. Bei allseitiger Randeinspannung ergibt sich eine Verdoppelung des Abstrahlgrads gegenüber gelenkiger Lagerung, d.h. +3 dB für das Abstrahlmass.

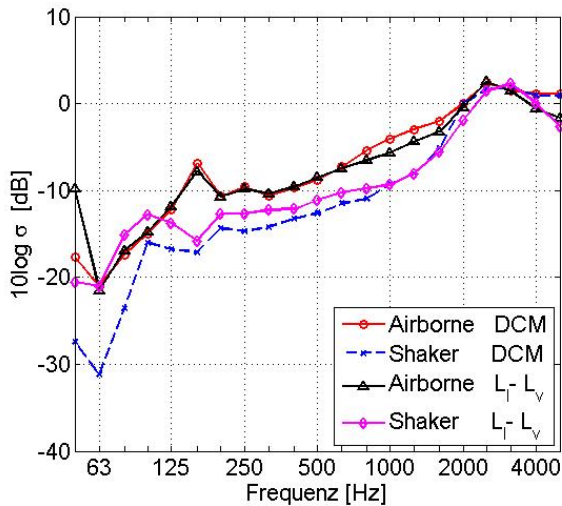


Abbildung 2: Vergleich Abstrahlmass bei Luftschall- und Shakeranregung von Intensitätsmethode und DCM Berechnung

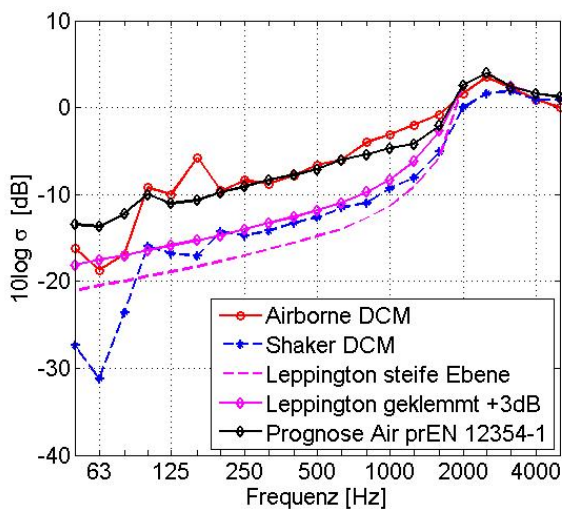


Abbildung 3: Vergleich Abstrahlmass bei Luftschall- und Shakeranregung von DCM Berechnung und Theorie nach Leppington sowie Prognose nach prEN 12354-1

Für die Prognose des Abstrahlgrads bei Luftschallanregung nach prEN-12354-1 ist die Bestimmung des Verlustfaktors η notwendig, siehe Gleichung 2. Dabei ist σ_f der Abstrahlgrad bei erzwungener Anregung und σ der für die resonante Abstrahlung, d.h. bei Shakeranregung. f_c bezeichnet die Koinzidenzfrequenz. Die Körperschall-Nachhallzeiten wurden nach [4] bestimmt bzw. eine Energieanalyse von eingebrachter zur abgestrahlten Leistung mittels der *Power Injection Method* [5] durchgeführt.

$$\sigma_{air} = \frac{\sigma_f + r\sigma}{1 + r}; \quad r = \frac{\pi f_c \sigma}{4f\eta} \quad (2)$$

Korrekturwerte Schalldämm-Mass

In Abbildung 4 sind die gemessenen Korrekturwerte der pauschalen Abschätzung der prEN 12354-1 gegenübergestellt. Generell ergeben sich geringere Korrekturen als die empfohlenen 8 dB.

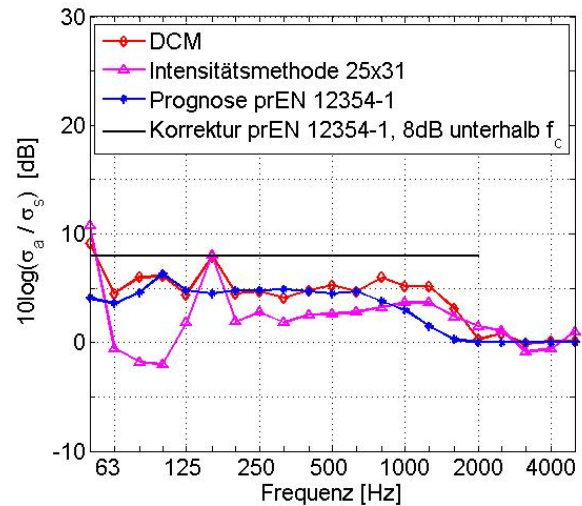


Abbildung 4: Vergleich der gemessenen Korrekturen für das Schalldämm-Mass R unterhalb f_c und der Prognose sowie der pauschalen Korrektur von 8 dB nach prEN 12354-1

Dies führt hier zu einer zu optimistischen Bewertung des Schalldämm-Masses des Bauteils.

Zusammenfassung

Die Schalldruck und Intensitätsmethode zur Bestimmung des Abstrahlgrads zeigen eine gute Übereinstimmung auf. Die DCM-Methode zur Bestimmung des Abstrahlgrads bei Luft- und Körperschallanregung zeigt ebenfalls eine gute Übereinstimmung mit obigen Messmethoden auf. Desweiteren zeigt sich eine gute Vergleichbarkeit der DCM-Methode und dem theoretischen Modell nach Leppington. Die nach der prEN 12354-1 berechneten Korrekturwerte für das Schalldämm-Mass R^* ergaben geringere Werte als die pauschal empfohlenen 8 dB. Dies führt hier zu einer Überbewertung der Schalldämmung.

Literatur

- [1] prEN 12354-1: Bauakustik - Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus Bauteileigenschaften - Teil 1: Luftschalldämmung zwischen Räumen. CEN (2013), 2. Entwurf
- [2] Hashimoto, N.: Measurement of sound radiation efficiency by the discrete calculation method. *Applied Acoustics* 62, 429-446 (2001)
- [3] Leppington, F.G. et al.: Resonant and non-resonant acoustic properties of elastic panels. I. The radiation problem. *Proc. R. Soc. Lond. A* 406, 139-171 (1986)
- [4] EN ISO 10848-1: Akustik - Messung der Flankenübertragung von Luft und Trittschall zwischen benachbarten Räumen in Prüfständen - Teil 1: Rahmendokument, CEN, (2006)
- [5] Bies, D.A., Hamid, S.: In situ determination of loss and coupling loss factors by the power injection method. *Journal of Sound and Vibration* 70(2), 187-204, (1980)