

# Numerische Studien zur Erhöhung der Schalldämmung von Leichtbaustrukturen

Dipl.-Ing. Frank Kolbe, Dr.-Ing. Martin Dannemann, Prof. Dr.-Ing. Niels Modler

Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik (ILK), Technische Universität Dresden,  
Holbeinstraße 3, 01307 Dresden, E-Mail: frank.kolbe@tu-dresden.de

## Einleitung und Motivation

Der Trend zu höheren Gebäuden auf begrenztem Baugrund führt zu einer hohen Flächenbelastung und somit zu hohen Fundamentkosten. Auch im Hochbau rückt daher die Reduzierung des Gewichts der Zwischenwände und Decken verstärkt in den Fokus. Ein Hauptproblem von alternativen, leichteren Wandkonstruktionen liegt jedoch in der vergleichsweise niedrigen Schalldämmung. Derzeit kommen etwa in Gebäuden und auf Schiffen zusätzliche Konstruktionen zum Einsatz, mit welchen das Schalldämmmaß der leichten Grundstrukturen im Nachhinein verbessert wird. Diese Sekundärmaßnahmen stehen jedoch aufgrund der zusätzlich eingebrachten Masse im Gegensatz zum ursprünglichen Ziel der Massereduzierung [1].

Im Rahmen der durchgeführten numerischen Studien wurde daher untersucht, inwiefern durch eine gezielte Anpassung des Schwingungsverhaltens das Schalldämmmaß von Leichtbaustrukturen masseneutral beeinflusst werden kann.

## Modell

In Anlehnung an die in der Bauakustik üblichen Messverfahren zur Bestimmung des Schalldämmmaßes im Hochbau gemäß DIN EN ISO 140, wurden für die hier durchgeführten numerischen Studien ein Finite Elemente (FE) Modell und ein Boundary Elemente (BE) Modell zu einem gekoppelten FE-BE-Modell zusammengeführt. Dieses besteht aus zwei Halbräumen, welche durch eine ideal steife, unendlich ausgedehnte Trennwand voneinander separiert sind. In diese Wand wird die zu untersuchende Geometrie als numerisches Bindeglied integriert [2], [3]. Durch die Bestimmung der Schallleistungen  $P_{Sender}$  und  $P_{Empfang}$  in den beiden Halbräumen, kann das Schalldämmmaß  $R'_w$  berechnet werden:

$$R'_w = 10 \cdot \log \left( \frac{P_{Sender}}{P_{Empfang}} \right) \text{dB} \quad (1)$$

Die Bestimmung der Schallleistung  $P_{Sender}$  im Senderraum erfolgt auf Basis des dort vorhandenen Schalldruckpegels  $p$ , der Luftparameter  $\rho$ ,  $c$  und der effektiven Fläche  $A$  der zu untersuchenden Struktur:

$$P_{Sender} = \frac{p^2 \cdot A}{4 \cdot \rho \cdot c} \quad (2)$$

Als Anregung wird ein diffuses Schallfeld mit über der Frequenz konstantem Schalldruck von 1 Pa gewählt. Der Aufbau des Modells ist in Abbildung 1 veranschaulicht. Die vollständige Kopplung des FE-Modells der Platte mit dem BE-Modell zur Berechnung der akustischen Kenngrößen

ermöglicht die Durchführung von Parameterstudien zum Einfluss verschiedener Strukturparameter, wie etwa Steifigkeit, Dichte oder Vorspannung, auf das resultierende Schalldämmverhalten.

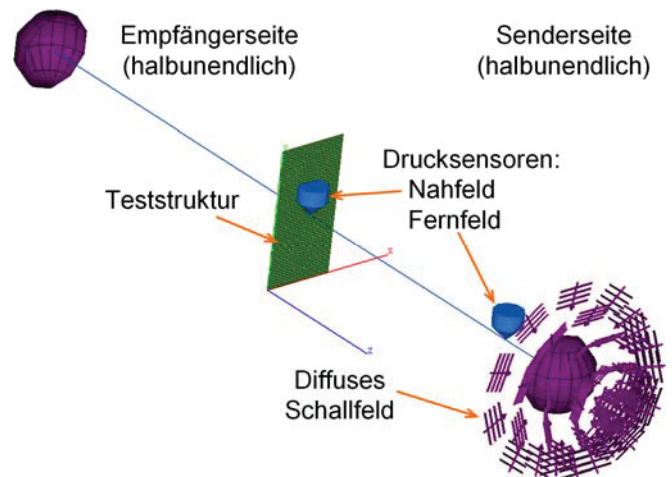


Abbildung 1: Skizze des verwendeten gekoppelten FE-BE-Modells

## Parameterstudien

Als Referenzplatte für die Parameterstudien wurde eine 560 x 860 mm große und 2 mm dicke Stahlplatte gewählt. Diese dient der experimentellen Verifikation des erstellten Modells. Aufgrund des prinzipiell ähnlichen akustischen Verhaltens aller flächigen Strukturen (vgl. Abbildung 2), gelten im Rahmen der Studie identifizierte Effekte und Phänomene auch für andere Wandstrukturen, etwa aus Leichtbeton oder Gips.

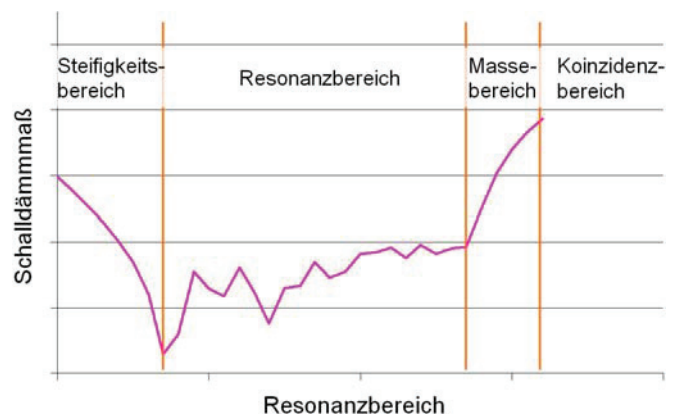


Abbildung 2: Akustisches Verhalten flächiger Strukturen und Zuordnung von Schallübertragungsbereichen

Nach der Berechnung des Schalldämmmaßes der definierten Testplatte, erfolgte eine Variation ausgewählter Materialparameter. In einem ersten Schritt wurde die Dichte der Stahlplatte reduziert, wodurch eine „leichte Stahlplatte“ si-

muliert und der Masseinfluss losgelöst von anderen Einflussgrößen untersucht werden kann. Darüber hinaus erfolgte eine Anpassung der Steifigkeit. In einer letzten Studie wurde auf die Referenzstahlplatte eine Vorspannung aufgebracht, wodurch das System ohne Änderung der strukturellen Masse- und Steifigkeitsparameter modal verstimmt werden kann.

## Ergebnisse und Auswertung

### Variation der Masse

Die alleinige Reduzierung der Dichte des Wandmaterials führt aufgrund der Korrelation zwischen der Masse und dem resultierenden Schalldämmmaß erwartungsgemäß zu einer Verringerung der Schalldämmeigenschaften in weiten Frequenzbereichen (vgl. Abbildung 3). Die Referenzplatte mit einer Dichte von  $7,8 \text{ g/cm}^3$  (rosa) weist tendenziell das höchste Schalldämmmaß auf, wohingegen die reduzierten Dichten von  $2,7 \text{ g/cm}^3$  bzw.  $1,5 \text{ g/cm}^3$  zu deutlich niedrigeren Werten führen.

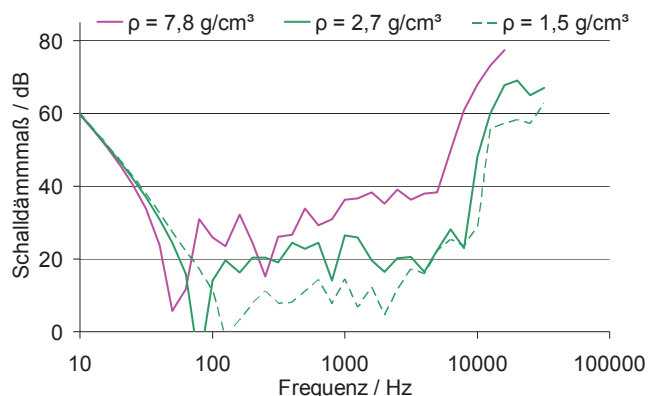


Abbildung 3: Resultierende Schalldämmmaße für unterschiedliche Materialdichten

### Variation der Steifigkeit

Eine Veränderung der Steifigkeit des Materials ohne eine Beeinflussung weiterer Strukturparameter hat nur eine geringe Auswirkung auf das Schallübertragungsverhalten (vgl. Abbildung 4).

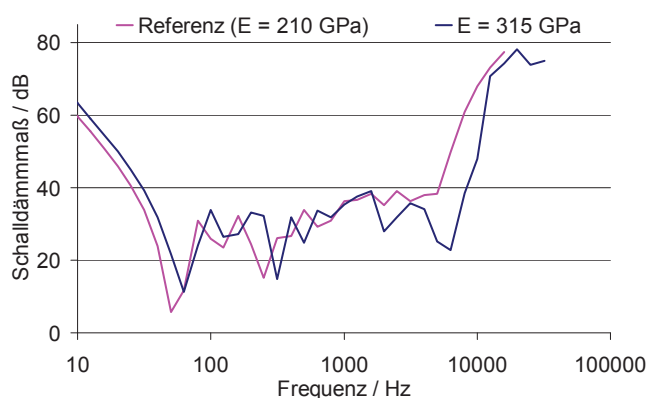


Abbildung 4: Steifigkeitsabhängigkeit des Schalldämmmaßes

Zwar wird die resultierende Übertragungsfunktion im Frequenzbereich leicht verschoben, aber selbst eine Erhöhung

des E-Moduls auf das 1,5-fache, eröffnet kaum Potential zur gezielten Beeinflussung des Schalldämmmaßes.

### Variation der Vorspannung

Ausgehend von der Annahme, dass eine aufgebrauchte Vorspannung, eine ähnliche Beeinflussung des modalen Verhaltens zur Folge hat, wie eine Anpassung der Steifigkeit, sind auch hierbei keine signifikanten Änderungen zu erwarten. Für das prinzipielle Verhalten, die Verschiebung der Übertragungsfunktion im Frequenzbereich, trifft dieser Ansatz auch zu, jedoch sind die Auswirkungen ungleich größer (vgl. Abbildung 5).

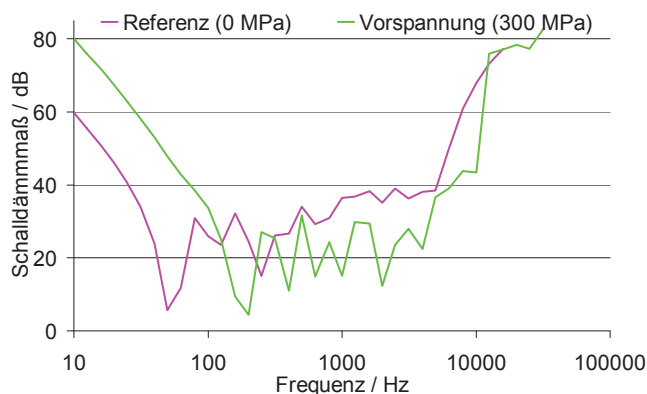


Abbildung 5: Änderung des Übertragungsverhaltens durch Aufbringen einer Vorspannung

So lässt sich insbesondere im für Leichtbaustrukturen besonders kritischen Bereich niedriger Frequenzen das Schalldämmmaß der Teststruktur um ca. 20 dB erhöhen. Die Verschiebung des resonanzdominierten Bereiches führt bei den gewählten Plattenabmessungen zwar zu einer erheblichen Verringerung des Einzahlwertes für das bewertete Schalldämmmaß von 33 dB auf 18 dB, was aber im Wesentlichen auf den berücksichtigten Frequenzbereich zwischen 100 Hz und 3150 Hz zurückzuführen ist. Die signifikante Verbesserung des Schalldämmmaßes im unteren Frequenzbereich deutet vielmehr auf ein erhebliches Potential dieses Ansatzes zur gezielten Anpassung des Dämmungsverhaltens, bspw. an den Hochlauf von Turbinen, an, da durch eine „schaltbare“ Vorspannung kritische Einbrüche in der Übertragungsfunktion „übersprungen“ und so eine breitbandige Wirkung erzielt werden kann.

## Literatur

- [1] Tewes, S.: *Active Trim Panel Attachments for Control of Sound Transmission through Aircraft Structures*. Dissertation, Technische Universität München, 2006.
- [2] Zhou, R.; Crocker, M.: *Boundary element analyses for sound transmission loss of panels*. Acoustical Society of America; Pages: 829-840; 2010.
- [3] Redmann, D.: *Beitrag zur akustischen Auslegung von anisotropen mehrschichtigen Strukturen*. Dissertation, Universität Stuttgart, 2008.