

# Numerische Berechnung der Schalldämmung von Konstruktionselementen aus wabenförmig strukturierten Blechen

Carsten Langhof, Ennes Sarradj

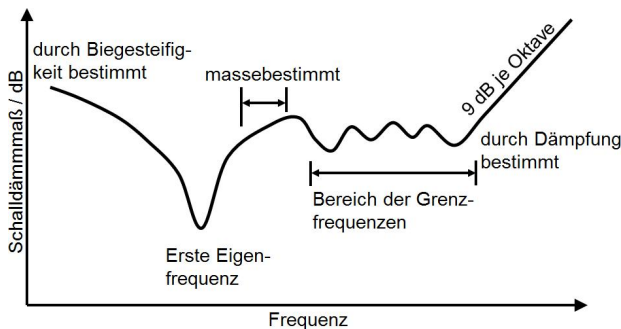
BTU Cottbus, Lehrstuhl Technische Akustik, 03046 Cottbus,

Email: carsten.langhof@tu-cottbus.de / ennes.sarradj@tu-cottbus.de

## Einleitung

Strukturierte Bleche sind für den Einsatz im Leichtbau geeignet. Sie weisen bei gleicher Blechdicke eine höhere Biegesteifigkeit in verschiedenen Achsen gegenüber glatten Blechen auf oder aber eine ähnliche Biegesteifigkeit bei einer geringeren Blechdicke. Im Folgenden werden Bleche aus Stahl mit einem hexagonalen Wabenmuster betrachtet, die durch Hydroumformung aus glatten Blechen gefertigt wurden. Der Abstand zweier paralleler Seiten einer Wabe, auch Schlüsselweite  $SW$  genannt, beträgt zwischen 33 mm und 66 mm, dazwischen befindet sich ein Steg von 2 mm Breite. Die Größe der Bleche ist immer  $587 \text{ mm} \times 587 \text{ mm}$  und die Blechdicke zwischen 0,5 mm und 1,0 mm.

Während glatte Bleche als isotrop angesehen werden



**Bild 1:** Verlauf des Schalldämmmaßes für orthotrope Platten, nach [1]

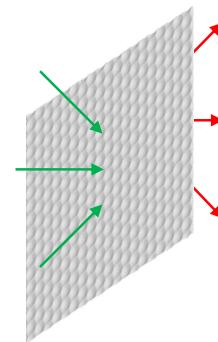
können, weisen die strukturierten Bleche orthotrope Eigenschaften auf. Es wird frequenzabhängig eine geringere Schalldämmung erwartet. Eine isotrope Platte besitzt eine Grenzfrequenz, die unter anderem von der Biegesteifigkeit abhängt und in deren Bereich die Schalldämmung geringer wird. Unterhalb dieser Frequenz ist das Schalldämmmaß massebestimmt und steigt mit der Frequenz an, über ihr ist es durch Dämpfung bestimmt und steigt weiterhin mit zunehmender Frequenz an. Da eine orthotrope Platte unterschiedliche ausrichtungsabhängige Biegesteifigkeiten besitzt, weist sie auch verschiedene Grenzfrequenzen auf. Dadurch vergrößert sich der Bereich mit verringerter Schalldämmung, siehe Bild 1. Dies konnte für die strukturierten Bleche bereits experimentell nachgewiesen werden [2]. In diesem Beitrag werden die erzielten Messergebnisse durch numerische Berechnungen des Schalldämmmaßes bestätigt und miteinander verglichen.

## Numerische Simulation

Das Schalldämmmaß  $R_{\text{diff}}$  wurde berechnet, indem mit Hilfe der Finite-Elemente-Methode die auf die Bleche einfallende und durch die Bleche transmittierte Schallleistung simuliert und erfasst wurde. Es lagen CAD-Modelle der strukturierten Bleche mit  $SW$  33 mm und 66 mm vor. Diese wurden mit 2D-Schalenelementen erster Ordnung diskretisiert und im FEM-Preprocessing wurde der Schale die entsprechende Dicke aufgeprägt. Um eine Diskretisierung mit mindestens 6 Elementen je Wellenlänge sicherzustellen, wurde bei der Erstellung des Netzes eine Elementlänge von 5 mm vorgegeben. Damit ergab sich eine Elementanzahl von 13700 für glatte und 26800 für strukturierte Modelle. Es wurde eine Materialdämpfung von 1 % angenommen. Eine Einspannung der Bleche wurde durch eine Verhinderung der Verschiebung in Plattennormalenrichtung an den Plattenrändern simuliert.

Das einfallende Schallfeld wurde durch eine zufällige Auswahl von 30 aus verschiedenen Winkeln auf das Blechmodell einfallende ebene Wellen gebildet, die transmittierte und abgestrahlte Schallleistung wurde über die Berechnung eines Rayleigh-Integrals ermittelt. Die Leistungen wurden danach gemittelt und das diffuse Schalldämmmaß  $R_{\text{diff}}$  aus deren Verhältnis berechnet:

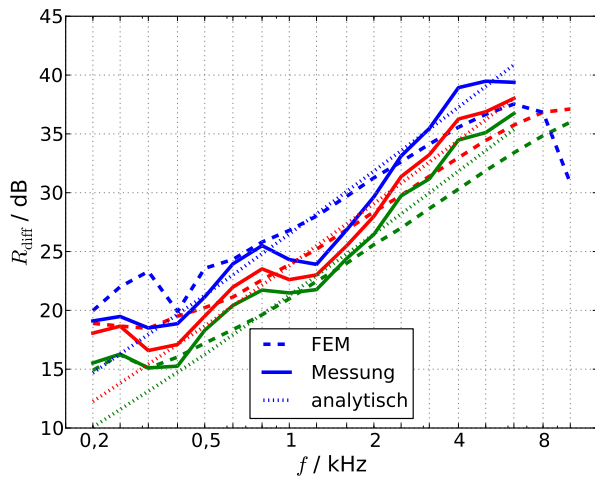
$$R_{\text{diff}} = 10 \lg \left( \frac{P_{\text{einfallend}}}{P_{\text{transmittiert}}} \right) \text{ dB.}$$



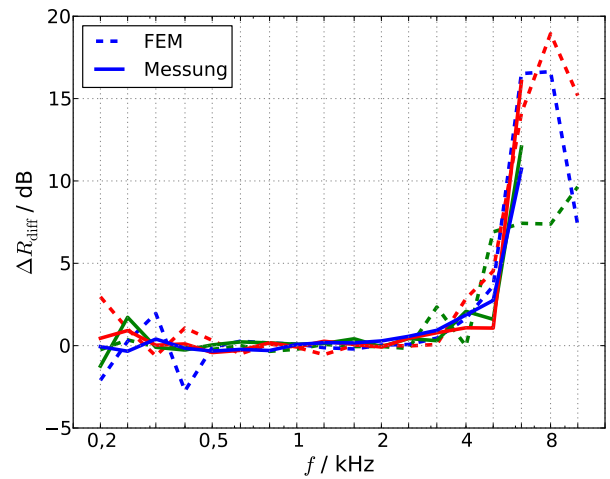
**Bild 2:** Vernetztes CAD-Modell eines strukturierten Blechs mit skizzierter einfallender und abgestrahlter Schallleistung

## Ergebnisse

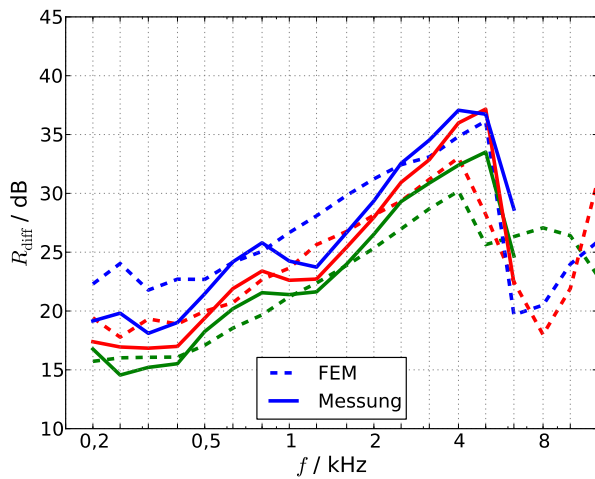
Die gemessenen und berechneten Schalldämmmaße in Terzbändern sind in Bild 3 für glatte und Bild 4 für strukturierte Bleche der Schlüsselweite 33 mm dargestellt. Der gezeigte Frequenzbereich befindet sich oberhalb der ersten Eigenfrequenz und unterhalb der Grenzfrequenz der glatten Bleche, womit man nach [3] den Verlauf des Schalldämmmaßes für glatte Bleche und diffusen



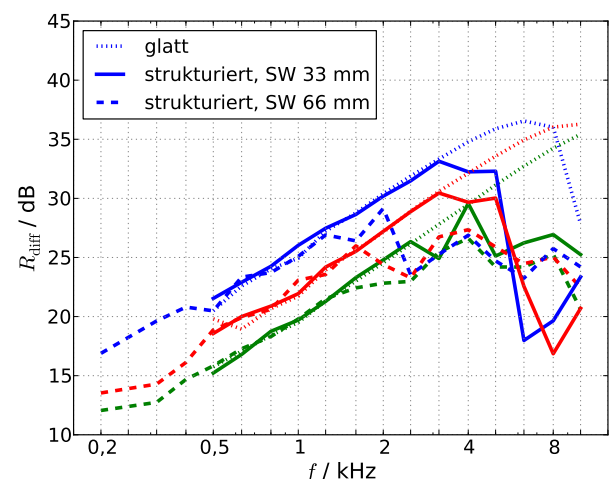
**Bild 3:** Schalldämmmaß  $R_{\text{diff}}$  glatte Bleche, Dicke: — 1,0 mm, — 0,7 mm, — 0,5 mm



**Bild 5:** Differenz  $\Delta R_{\text{diff}}$  glatt / strukturiert, SW 33 mm, Dicke: — 1,0 mm, — 0,7 mm, — 0,5 mm



**Bild 4:** Schalldämmmaß  $R_{\text{diff}}$  strukturierte Bleche, SW 33 mm, Dicke: — 1,0 mm, — 0,7 mm, — 0,5 mm



**Bild 6:** Berechnetes Schalldämmmaß  $R_{\text{diff}}$  strukturierte Bleche, SW 66 mm, Dicke: — 1,0 mm, — 0,7 mm, — 0,5 mm

Schalleinfall analytisch ermitteln kann (gezeigt in Bild 3):

$$R_{\text{diff}} = 20 \lg \frac{\omega M}{2\rho c} - 10 \lg \left( 0,23 \cdot 20 \lg \frac{\omega M}{2\rho c} \right) \text{ dB.} \quad (1)$$

Im Vergleich wird die bereits gemessene Verringerung der Schalldämmung der strukturierten Bleche ab etwa 5 kHz gegenüber glatten Blechen gleicher Dicke bestätigt. Der Bereich der verschiedenen Grenzfrequenzen der strukturierten Bleche wird in tiefere Frequenzbereiche verlagert. Diese Grenzfrequenzen sind geringer im Vergleich zu denen der glatten Bleche aufgrund der höheren Biegesteifigkeit. Auch wird dieser Bereich breiter und diffuser, wie auch in Bild 1 gezeigt. Die Beträge der Abweichungen sind in Bild 5 dargestellt. Verdoppelt sich nun die Schlüsselweite der Waben, so verringert sich das Schalldämmmaß bereits ab einem Frequenzbereich von etwa 2 kHz, berechnet und dargestellt in Bild 6. Zusammenfassend weisen die wabenförmig strukturierten Bleche in einigen Frequenzbereichen eine verminderte Schalldämmung gegenüber glatten Blechen gleicher

Dicke auf. Die Verringerung der Schalldämmung von 7 bis 18 dB für Frequenzen zwischen 5 und 10 kHz wurden in Messung und Simulation sichtbar.

## Literatur

- [1] Bies, D. A., Hansen, C. H., Engineering Noise Control, Theory and Practice, Spon Press, London and New York (2003).
- [2] Langhof, C., Sarradj, E., Luftschalldämmung von wabenförmig strukturierten, ebenen Blechen, Fortschritte der Akustik - DAGA (2011).
- [3] Schirmer, W., Technischer Lärmschutz, Springer, Berlin, Heidelberg (2006).

Die vorgestellten Arbeiten wurden vom Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kultur (MWFK) des Landes Brandenburg im Rahmen der Internationalen Graduiertenschule der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus (BTU) unterstützt.