

Luftschalldämmung von wabenförmig strukturierten, ebenen Blechen

Carsten Langhof, Ennes Sarradj

BTU Cottbus, Juniorprofessur Aeroakustik, 03046 Cottbus,

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

Einleitung

Durch das Einprägen einer Struktur in Blechbauteile lassen sich die Biegesteifigkeiten in unterschiedlichen Bauteilachsen gezielt erhöhen und beeinflussen. Solche Bleche bieten großes Potenzial im Leichtbau, da durch reduzierten Materialeinsatz ähnliche Biegesteifigkeiten erzielt werden können. Eine Variante sind Glattbleche, die durch Hydroumformung mit wabenförmigen, hexagonalen Strukturen versehen werden. Von Interesse ist die Luftschalldämmung solcher strukturierten Bleche gegenüber glatten Blechen. Über die Schalldämmung isotroper Platten gibt es sehr viele Untersuchungen, auch zur Schalldämmung orthotroper Platten gibt es viele Forschungsergebnisse. In diesem Beitrag werden die Durchführung und Ergebnisse von Luftschalldämmungsmessungen an Blechen mit wabenförmiger Struktur und glatten Referenzblechen vorgestellt.

Die Luftschalldämmung einer orthotropen Platte ist ähnlich der einer isotropen Platte, es gibt jedoch folgende Unterschiede: Die orthotrope Platte besitzt zwei unterschiedliche Biegesteifigkeiten in den zwei orthotropen Richtungen, eine maximale und eine minimale. Somit ergeben sich zwei unterschiedliche Grenzfrequenzen in diesen Richtungen. Für den Verlauf des Schalldämmmaßes bedeutet dies, dass sich der Bereich mit verringerter Schalldämmung über einen größeren Frequenzbereich, nämlich zwischen diesen Grenzfrequenzen, erstreckt. Eine orthotrope Platte kann als isotrop behandelt werden, wenn die Grenzfrequenzen weniger als eine Oktave auseinander liegen, indem man die effektive Biegesteifigkeit benutzt [1]. Wird eine unendliche Platte in einem Medium durch ein einfallendes diffuses Schallfeld zu Schwingungen angeregt, so gibt es eine Grenzfrequenz f_g der Platte, bei der die kleinste Wellenlänge des einfallenden Schalls mit der freien Biegewellenlänge der Platte,

$$\lambda_B = \sqrt{\frac{2\pi}{f}} \sqrt{\frac{B}{M}}, \quad (1)$$

übereinstimmt [2]. Diese Grenzfrequenz hängt ab von der Schallgeschwindigkeit c des die Platte umgebenden Mediums, der Dicke d der Platte sowie der Dichte ρ , der Querkontraktionszahl ν und dem Elastizitätsmodul E :

$$f_g = \frac{c^2}{2\pi d} \sqrt{\frac{12\rho(1-\nu^2)}{E}}. \quad (2)$$

Das Schalldämmmaß R berechnet sich folgendermaßen:

$$R = L_1 - L_2 + 10 \lg \frac{S}{A} \text{ dB}, \quad (3)$$

wobei L_1 der Schalldruckpegel im Sende- und L_2 der im Empfangsraum ist, S die Fläche des Prüfgegenstandes und A die äquivalente Schallabsorptionsfläche im Empfangsraum, die Flächen jeweils in Quadratmeter [3].

Messaufbau

Die Messung der Luftschalldämmung der glatten und strukturierten Blechproben fand im Fensterprüfstand der TU Berlin statt. Bild 1 zeigt den doppelschaligen Holz-

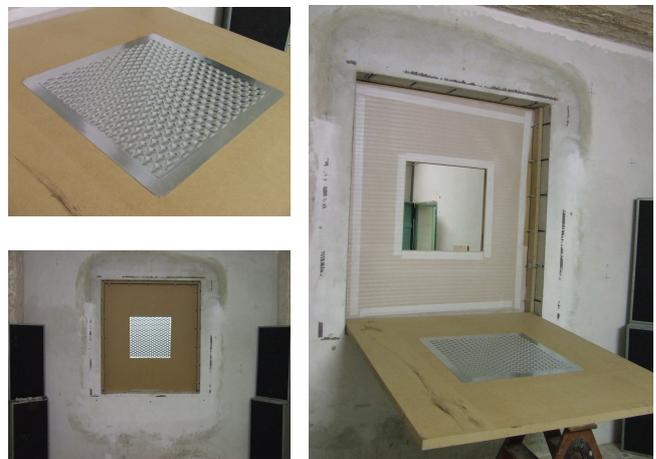


Bild 1: Fixierung und Einbau eines strukturierten Blechs in Hilfsrahmen und Fensterprüfstand

rahmen mit einer Schalendicke von 39 mm, in dem die Bleche zur Aufnahme und Adaption in das Fenster eingespannt wurden. Die Messung wurde angelehnt an die Norm DIN 140-3 [3] durchgeführt. Dabei wurde im Senderraum mittels eines Lautsprechers in Dodekaederform und Weißes Rauschen ein diffuses Schallfeld erzeugt. Im Empfangsraum wurde der entstehende Schalldruck mit einem Schallpegelmessgerät und einem Mikrofon der Klasse 1 an einem Schwenkgalgen in Terzpegeln gemessen. Es wurden je fünf verschiedene Blechproben in glatter und strukturierter Form verwendet, diese sind in Tabelle 1 aufgeführt und farblich gekennzeichnet. Der Abstand zweier Seiten einer Wabe beträgt 33 mm. Alle strukturierten Bleche wurden so orientiert in das Fenster eingebaut, dass die Wölbung in den Senderraum hineinragt. Die Bleche des Werkstoffes DC04 in der Dicke 0,5 mm und 0,7 mm wurden zusätzlich vertauscht eingebaut, so dass die Wölbung in Richtung Empfangsraum zeigt. Dies ist in diesem Fall als Orientierung „positiv“ bezeichnet.

Ergebnisse

Der Vergleich des Schalldämmmaßes von glatten und strukturierten Blechen in Bild 2 zeigt, dass eine deutli-

Tabelle 1: Übersicht verwendeter Blechwerkstoffe und -dicken

Werkstoff	Dicke	
DC01	1,0 mm	—
DC04	0,7 mm	—
DC04	0,5 mm	—
DX56D+Z	0,5 mm	—
X5CrNi18-10	0,5 mm	—

che Verringerung der Schalldämmung ab etwa 5 kHz bei Verwendung der strukturierten Bleche gegenüber ihren glatten Referenzblechen auftritt. Diese Verringerung tritt unabhängig von der verwendeten Blechkonfiguration auf und setzt sich bis etwa 12 kHz fort, für höhere Frequenzen ist die Anregung im Senderraum als zu schwach anzusehen, um verlässliche Schalldämmmaße zu ermitteln. Noch deutlicher wird die Verringerung der Schalldämmung in Bild 3. Es gibt jedoch keine Unterschiede im dies betref-

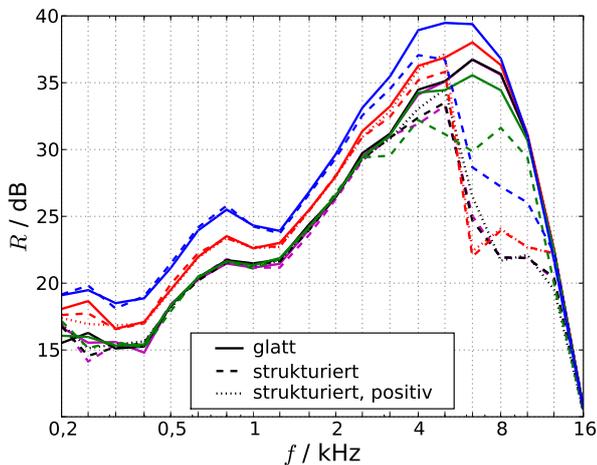


Bild 2: Schalldämmmaß R aller Blechproben, Farblegende siehe Tabelle 1

fenden Frequenzbereich, die Verringerung erfolgt stets ab 5 kHz. Aus den Werkstoffparametern ergeben sich für die glatten Bleche der Dicke 1,0 mm, 0,7 mm und 0,5 mm die Grenzfrequenzen von ~ 12 kHz, ~ 17 kHz und ~ 24 kHz. Diese befinden sich oberhalb des betrachteten Frequenzbereichs. Es sind auch keine in tieferen Frequenzbereichen auftretenden Grenzfrequenzen der strukturierten Bleche erkennbar, die bedingt durch die erhöhten Biegesteifigkeiten vermutet wurden. Der errechnete Frequenzbereich, in dem die halbe freie Biegewellenlänge dem Wabendurchmesser von 33 mm entspricht, ist bei 2,2 kHz, 1,6 kHz und 1,0 kHz angesiedelt und von Interesse, da auftretende Wabenmoden das Schalldämmmaß beeinflussen können. In diesem Bereich lassen sich keine Unterschiede im Schalldämmmaß erkennen. Weiterhin gibt es nach Bild 4 nur einen vernachlässigbar geringen Unterschied in der Orientierung der Strukturwaben im Prüfstand mit der Tendenz eines höheren Schalldämmmaßes bei Hineinragen der Waben in den Empfangsraum. Die Ergebnisse der Luftschalldämmungsmessungen der glatten und strukturierten Bleche zeigen, dass sich Unterschiede im

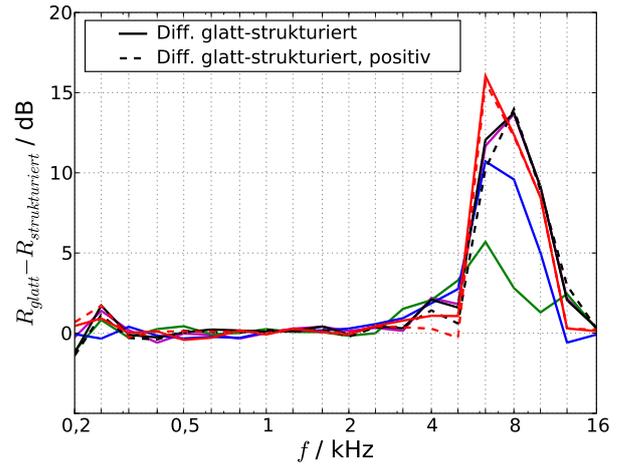


Bild 3: Differenz der Schalldämmmaße zwischen strukturierten Blechen und glatten Blechen, Farblegende siehe Tabelle 1

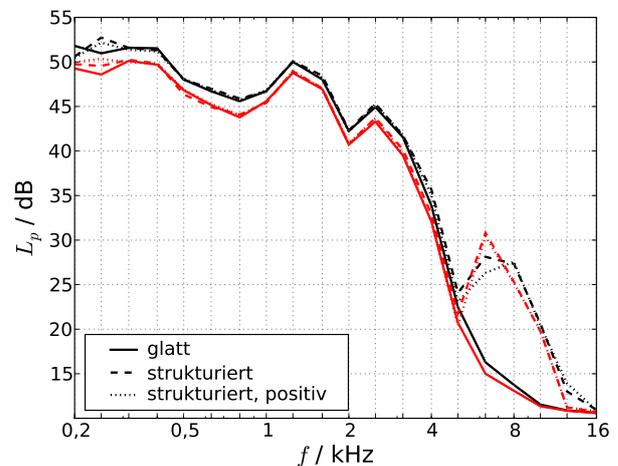


Bild 4: Terz-Schalldruckpegel L_p im Empfangsraum, Orientierung der strukturierten Bleche positiv und negativ, Farblegende siehe Tabelle 1

Schalldämmmaß für alle Blechkonfigurationen aus strukturierten Blechen gegenüber ihren glatten Referenzblechen zwischen 5 kHz und 12 kHz ergeben. Wie erwartet verringert sich die Schalldämmmaß der strukturierten Bleche.

Literatur

- [1] Hopkins, C., Sound Insulation, Butterworth-Heinemann, Oxford (2007).
- [2] Fahy, F., Foundations of Engineering Acoustics, Academic Press, London (2001).
- [3] DIN EN ISO 140-3:2005-03, Akustik-Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen-Teil 3: Messung der Luftschalldämmung von Bauteilen in Prüfständen, Beuth Verlag GmbH, Berlin (2005).

Der Autor dankt der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus für die Förderung des Vorhabens im Rahmen der International Graduate School.