Untersuchung des Abstrahlverhaltens strukturierter Bleche

Anna-Sophia Henke¹, Ali Tepe¹, Ennes Sarradj²

¹ BTU Cottbus-Senftenberg, Fachgebiet Technische Akustik, 03046 Cottbus, Deutschland, Email: anna-sophia.henke@b-tu.de
² TU Berlin, Fachgebiet Technische Akustik, 10587 Berlin, Deutschland, Email:ennes.sarradj@tu-berlin.de

Einleitung

Stahlbleche sind auf Grund ihrer einfachen Fertigung und vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten unentbehrlich in Bereichen wie dem Maschinen- und Fahrzeugbau oder der Architektur. Durch das Einbringen von Strukturen kann die Steifigkeit von Stahlplatten erhöht werden. So kann bei einem geringeren Materialeinsatz gleichbleibenden statischen Ansprüchen genügt werden. Eine derartige Umformung führt jedoch auch zu einem veränderten akustischen Verhalten von strukturierten Blechen gegenüber glatten Blechen. Im Rahmen einer Studie an der BTU Cottbus-Senftenberg zum akustischen Verhalten hexagonal wabenstrukturierter Stahlbleche [1, 2] wurde das Abstrahlverhalten dieser Bleche untersucht. Dazu wurden im Fensterprüfstand der TU Berlin experimentell die abgestrahlte Schallleistung sowie die Schwingschnelle von mit einem Shaker angeregten Blechen ermittelt. Aus den so gewonnenen Daten wurde das Abstrahlmaß berechnet. Der Beitrag zeigt das Verfahren und veranschaulicht die Ergebnisse vergleichend für ein glattes und hexagonal strukturierte Bleche.

Material

Die untersuchen 0,5 mm dicken Stahlbleche aus dem Material DC04 wurden durch ein Hydroforming-Verfahren mit wabenförmigen Strukturen der Schlüsselweite SW 33 (33 mm) und SW 51 (51 mm) versehen. Die einzelnen Waben sind durch 2 mm breite Stege voneinander getrennt. Fertigungsbedingt besitzen die so strukturierten Bleche einen umlaufenden glatten Rand und einen inneren wabenstrukturierten Bereich von 0,587 m x 0,587 m Größe [2]. Abbildung 1 zeigt Abmessungen und Struktur der untersuchten Platten. In Tabelle 1 sind deren Materialparameter enthalten.

Tabelle 1: Materialparameter der strukturierten Bleche

Material	DC04
Elastizitätsmodul	$E = 2, 1 \cdot 10^{11} \text{ N/m}^2$
Dichte	$ ho = 7850 \text{ kg/m}^3$
Poisson-Zahl	$\nu = 0,31$
Blechdicke	$h{=}0,5 \text{ mm}$
Strukturgrößen	33 mm, 51 mm

Messungen

Schallabstrahlung

Die Messungen wurden im Fensterprüfstand der TU Berlin durchgeführt. In der 1,25 m x 1,5 m großen Prüföffnung wurden zwei 38 mm dicke mitteldichte Fa-



Abbildung 1: Abmessungen einer strukturierten Platte mit Rand

serplatten (MDF-Platten) befestigt. Die Platten besaßen zentral eine 0,588 m x 0,588 m große quadratische Öffnung. Die glatten Ränder des zu untersuchenden Bleches wurden zwischen den beiden Platten fest eingespannt. Abbildung 2 zeigt den Einbau einer strukturierten Platte in die Öffnung des Fensterprüfstandes. So be-



Abbildung 2: Einbau einer zwischen zwei MDF-Platten gelagerten strukturierten Platte in den Fensterprüfstand.

fand sich der strukturierte Teil des Bleches in der Öffnung und wurde von der Seite des Senderaums nacheinander an den vier Positionen Wabe, Schale, Ecke und Steg mit weißem Rauschen mittels Shaker zu Schwingungen angeregt. Abbildung 3(a) zeigt die Anregung mit dem Shaker an der Position Schale. Abbildung 3(b) verdeutlicht schematisch sie einzelnen Anregungsorte. Jede Messung an einer Position wurde vier mal wiederholt.

Die Schwingschnelle wurde im Empfangsraum mit einem





(a) Anregung des Bleches im Senderaum durch einen Shaker.

(b) Schematische Darstellung der Anregungsorte

Abbildung 3: Senderaum: Anregung des strukturierten Blechs mit einem Shaker an den vier Positionen Wabe ■, Schale ■, Ecke ■ und Steg ■

Polytec PDV-100 Portables Digital-Vibrometer gemessen. Zur Messung des abgestrahlten Schalldrucks wurde ein NTI M2210 Messmikrofon der Klasse 1 verwendet, welches an einem Drehgalgen befestigt wurde. Abbildung 4 zeigt das zur Messung verwendete Laser-Vibrometer und das Messmikrofon am Drehgalgen im Empfangsraum.



 (a) Messung der Schwingschnelle mit einem Polytec Laser-Vibrometer PDV-100.

(b) Auf einem Drehgalgen befestigtes Messmikrofon NTI M2210 zur Messung des abgestrahlen Schalldrucks

Abbildung 4: Empfangsraum: Messung der Schwingschnelle des strukturierten Blechs und des abgestrahlten Schalldrucks

Nachhallzeit

Die Nachhallzeit des Empfangsraums wurde der DIN EN ISO 354-2003 entsprechend, mit dem Verfahren des abgeschalteten Rauschen, gemessen. Hierzu wurde mit einem NTI Minirator MR1 weißes Rauschen erzeugt, welches mit einem dB Technologies Opera 415 Aktiv-Lautsprecher wiedergegeben wurde. Zur Messung wurde ebenfalls das am Drehgalgen befestigte Messmikrofon M2210 und das Schallpegelmessgerät NTI XL2 verwendet. Aus den ermittelten T20 Daten wurde die Nachhallzeit extrapoliert. Es wurden 12 Abklingkurven gemessen und anschließend gemittelt.

Ergebnisse

Die Abbildung 5 stellt die ermittelte Nachhallzeit T_E des Empfangsraumes als Mittelwert und Standardabweichung in Terzbändern dar.



Abbildung 5: Gemessene Nachhallzeit im Empfangsraum. Mittelwert und Standardabweichung

Mit den gemessenen Daten des abgestrahlten Schalldrucks \tilde{p} und der Schwingschnelle \tilde{v} des jeweils untersuchten Blechs wurden mit der Gleichung (1) die abgestrahlte Schallleistung P berechnet, wobei V = 52,75 m³ das Volumen des Empfangsraums, ρ die Luftdichte und c die Luftschallgeschwindigkeit beschreibt. Im Anschluss wurde mit Gleichung (2) der Abstrahlgrad σ berechnet. Hier ist S die schwingfähige Fläche des Bleches. Die Abbildungen 6 und 7 zeigen das aus dem Abstrahlgrad ermittelte Abstrahlmaß $10log_{10}(\sigma)$ in Terzbändern.

$$P = 13, 8 \frac{V}{\rho c^2 T_E} \tilde{p}^2 \tag{1}$$

$$\sigma = \frac{P}{\rho c S \tilde{v}^2} \tag{2}$$



Abbildung 6: Ermitteltes Abstrahlmaß eines 1,0 mm dicken Glattblechs sowie eines mit SW 33 strukturierten Bleches an den Anregungsorten Wabe, Schale, Ecke und Steg.



Abbildung 7: Ermitteltes Abstrahlmaß eines 1,0 mm dicken Glattblechs sowie eines mit SW 51 strukturierten Bleches an den Anregungsorten Wabe, Schale, Ecke und Steg.

Die Abbildungen zeigen für die strukturierten Bleche beider Strukturgrößen ein geringeres Abstrahlmaß als ein 1,0 mm dickes glattes Blech aus dem gleichen Material. Bei dem mit SW 33 strukturierten Blech sind bis zu einer Frequenz von ca. 1 kHz kaum Abhängigkeiten des Abstrahlmaßes vom Anregungsort erkennbar. Gleiches gilt auch für das mit SW 51 strukturierte Blech, allerdings ist hier die Unabhängigkeit des Abstrahlmaßes vom Anregungsort nur bis ca. 500 Hz erkennbar. Auch im Verlauf der Spektren zeigen sich Unterschiede zwischen den mit SW 33 und SW 51 strukturierten Blechen.

So erscheinen die Abstrahlmaße der strukturierten Bleche besonders im tieffrequenten Bereich unabhängig vom Anregungsort, nicht aber von der Strukturgröße.

Zusammenfassung

In dem vorliegenden Beitrag wurde das Abstrahlverhalten strukturierter Bleche experimentell untersucht. Die 0,5 mm dicken strukturierten Bleche zeigen in dieser Untersuchung ein geringeres Abstrahlmaß als ein 1,0 mm dickes Glattblech aus dem gleichen Material. Bezüglich der Größe der Wabenstruktur ist ein Einfluss auf den Verlauf des Abstrahlmaßes erkennbar. Im tieffrequenten Bereich wird für beide Strukturgrößen keine komplexe Abhängigkeit vom Anregungsort sichtbar.

Literatur

- Henke, A., Sarradj, E., Langhof, C.: Driving-point mobility and sound insulation of structured sheet metal. Applied Acoustics, Volume 136, July 2018, p. 113-122
- [2] Henke, A.-S., Noack, M., Geyer, T. F., Heinrich, C. R., Beirow, B., Sarradj, E., Kühhorn, A.: Calculation of the Modal Behavior of Structured Sheet Metal. International Journal of Lightweight Materials and Manufacture, 2019

[3] Cremer, L., Heckl, M.: Körperschall. Physikalische Grundlagen und technische Anwendungen, 2., völlig neubearbeitete Auflage, Springer Verlag Berlin, 1996