

Sandwichbauteile mit mikroperforierten Deckschichten

Eric Groß¹, Theodor Wassiliou¹, Christian Thomas²

¹ Institut für Zuverlässigkeitstechnik, Technische Universität Hamburg-Harburg, 21071 Hamburg, Deutschland, Email: e.gross@tuhh.de, t.wassiliou@tuhh.de

² Airbus, 21129 Hamburg, Deutschland, Email: christian.thomas@airbus.com

1 Einleitung

Die Verbesserung des Geräuschkomforts von Großraum-Passagierflugzeugen stellt eine besondere Herausforderung dar, da akustische Maßnahmen möglichst keine zusätzliche Masse in das Flugzeug bringen sollen. Der hier vorgestellte Ansatz besteht darin, die akustischen Eigenschaften der Kabinenverkleidungselemente zu verbessern, indem diese durch Einbringen einer Mikroperforation zusätzlich schallabsorbierende Eigenschaften erhalten.

Diese sogenannten mikroperforierten Absorber (MPA) werden bislang überwiegend in der Raumakustik als Vorsatzschale oder in Kombination mit Einfach- oder Doppelwänden eingesetzt [1]. Dadurch, dass die Kabinenverkleidungselemente stets als Sandwichplatten ausgeführt werden, bietet sich die einseitige Perforation einer Deckschicht an, wobei die zweite Deckschicht das Absorbervolumen rückseitig abschließt.

2 Auslegung der MPA

Einschränkungen bezüglich der akustischen Auslegung der MPA-Parameter ergeben sich durch die vorgegebene Geometrie der Wabenplatte. Der Wabenkern unterteilt den Hohlraum hinter der perforierten Deckschicht in zahlreiche isolierte Luftvolumina (Abbildung 1), so dass die Auswahl des Lochabstandes von der Wabenweite W_d abhängig ist (Abbildung 1 und 3).

Diese Kassetrierung des Hohlraums ist auch bei der rechnerischen Impedanzbeschreibung der MPA zu berücksichtigen, die ansonsten nach den bekannten und zum Beispiel auch in [1] zusammengestellten Formeln erfolgen kann.

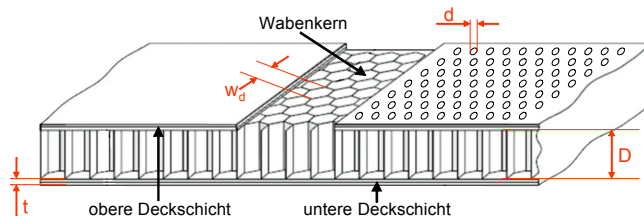


Abbildung 1: Darstellung einer perforierten Wabenplatte (Plattendicke t , Wabenweite W_d , Lochdurchmesser d , Luftpolsterdicke D)

3 Fertigung der mikroperforierten Wabenplatten

In vorangegangenen Untersuchungen hat sich eine Perforierung der Deckschicht mittels mechanischer Verfahren als schwierig erwiesen. Bei der Zerspanung von Faserverbund-

werkstoffen sind Beschädigungen des Werkstoffs unvermeidbar. Es kommt zumeist zur Delamination bzw. zu Ausfransungen. Dies beruht auf der extrem abrasiven Wirkung der Fasern auf die Werkzeuge, sodass hochharte Schneidstoffe wie polykristalliner Diamant (PKD) oder kubisches Bornitrid (CBN) bei der Zerspanung eingesetzt werden müssen. Des Weiteren eignet sich das Verfahren nur relativ schlecht zur Herstellung einer sehr großen Lochanzahl. Aus diesem Grund wurde die Herstellung der Perforation insbesondere für Probekörper mittels Laserbearbeitung intensiv untersucht und für praktikabler befunden [2], [3]. Die Laserbearbeitung fand in Kooperation mit dem Institut „Laser- und Anlagensystemtechnik“ der Technischen Universität Hamburg-Harburg statt [4]. Es ergaben sich folgende Vorgaben:

- Erzeugung einer mikroperforierten Deckschicht mit definierten Durchmessern ohne die untere Deckschicht zu zerstören,
- Erzielung möglichst sauberer Löcher und homogener Lochformen (Aufschmelzungen am Rand),
- Optimierung des Bearbeitungsverfahrens hinsichtlich einer Verkürzung der Bearbeitungszeit,
- Eignung für eine weitgehende Automatisierung der Abläufe während der Laserbearbeitung.

Es wurde eine vollautomatische robotergestützte Bearbeitung umgesetzt (Abbildung 2).

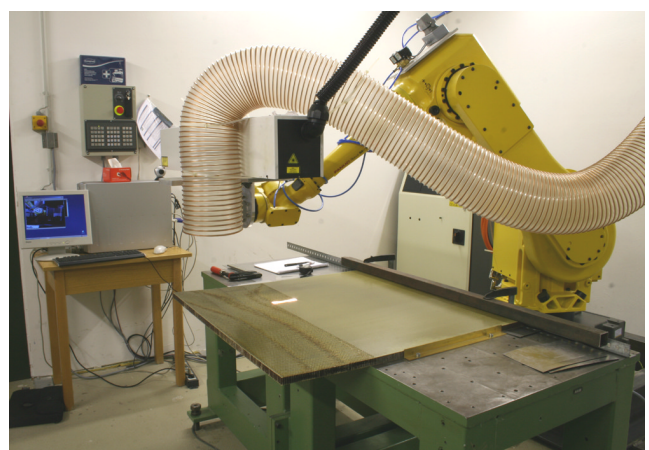


Abbildung 2: Anbindung eines CO₂-Lasers an einen Roboter zur automatisierten Perforierung der Wabenplatten

Für die akustischen Untersuchungen wurden mit dieser Anlage zahlreiche Probenplatten mit Lochdurchmessern zwischen 0,2 mm bis 0,4 mm und unterschiedlichen Lochmustern gefertigt (Abbildung 3). Bei der gewählten Plattengröße von 900 x 900 mm ergeben sich somit teilweise Lochmuster mit über 200.000 Löchern.

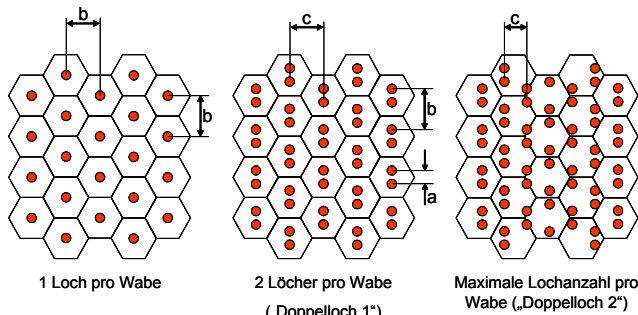


Abbildung 3: Untersuchte Lochmuster

4 Bestimmung des Absorptionsgrades der perforierten Wabenplatten in der a-Kabine

Die Messung des Absorptionsgrades α der mikroperforierten Wabenplatten wurde bei der Firma Stankiewicz GmbH in Adelheidsdorf in einer sogenannten a-Kabine durchgeführt. Exemplarisch zeigt Abbildung 4 ein Messergebnis im Vergleich zur rechnerischen Voraussage.

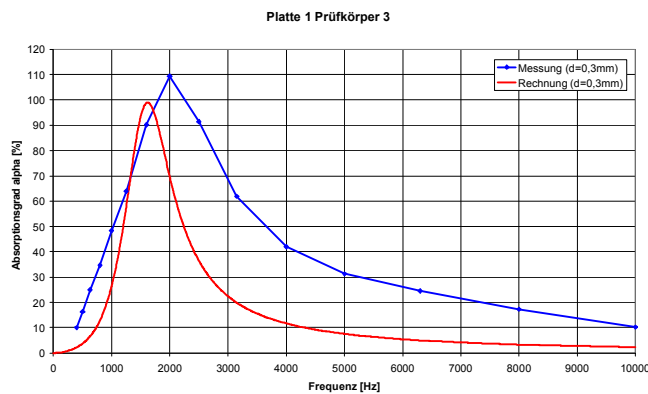


Abbildung 4: Vergleich Messung/Rechnung der Luftschallabsorption einer Platte (Dicke D 9,4 mm) mit einem Lochabstand von 3 mm (ca. 1 Loch pro Wabe) bei einem Lochdurchmesser von $d=0,3$ mm

Für alle Messungen kann festgestellt werden, dass die berechneten Absorptionskurven in der Regel die gemessene Luftschallabsorption unterschätzen, was u. a. auch im Messprinzip der a-Kammer begründet ist, da sich hierbei Absorptionsgrade von mehr als 100% ergeben können.

5 Messung des Schalldämmmaßes

Neben der Erzeugung der absorbierender Eigenschaften galt das Interesse der Untersuchungen auch dem Einfluss der Mikroperforation auf das Schalltransmissionsverhalten der Verkleidungselemente.

Die messtechnische Bestimmung erfolgt nach dem Intensitätsverfahren an einem Transmissionsprüfstand nach ISO 140-3 und ISO 15186-1 für diffuse Schallanregung.

Es werden beide Ausrichtungen der einseitig gelochten Sandwichplatten im Transmissionsfenster verglichen: Lochung entweder sende- oder empfangsseitig. Hierbei zeigen sich nahezu keine Unterschiede beim Schalldämmmaß. Bei beiden Ausrichtungen werden gegenüber einer ungelochten Wabenplatte Verbesserungen

von bis zu über 10 dB im Frequenzbereich der Absorptionsauslegung (ca. 500 Hz bis 4 kHz) gemessen.

Bei weiterführenden Untersuchungen mit durch eine dünne Folie nachträglich verschlossenen Löchern konnte gezeigt werden, dass dieser Effekt nicht durch eine Steifigkeitsreduktion der Platten begründet ist, sondern durch die akustische Wirksamkeit der perforierten Oberfläche.

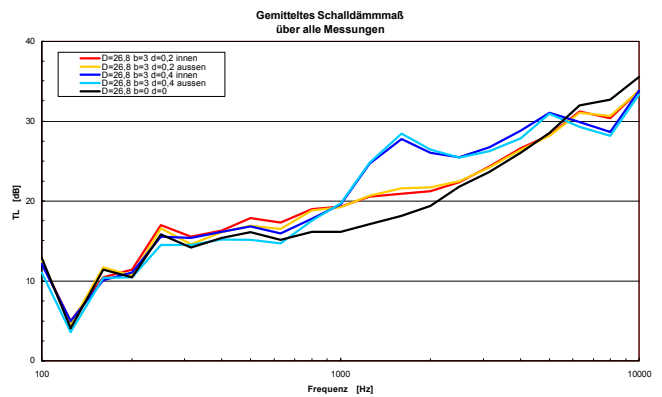


Abbildung 5: Vergleich des Schalldämmmaßes bei unterschiedlicher Ausrichtung der mikroperforierten Wabenplatten mit $D=26,8$ mm

Zusammenfassung

Theoretische Betrachtungen bezüglich der Absorption mikroperforierter Sandwichplatten lassen sich in einem Berechnungsprogramm abbilden, die berechneten Absorptionskurven liegen durchweg unterhalb der Messkurven. Eine Perforation mit Doppelloch zeigt, dass eine größere Lochanzahl pro Sandwichwabe zu einer höheren und breitbandigeren Absorption führt. Eine Anpassung auf den erwünschten Frequenzbereich ist erforderlich (Resonanzabsorber). Zusätzlich ergeben sich deutliche Vorteile beim Schalldämmmaß oberhalb ca. 500 Hz von bis zu über 10 dB unabhängig von der Einbaurichtung der einseitig perforierten Sandwichplatte.

Diese gezeigten akustischen Vorteile sind mit keiner Massenzunahme verbunden.

Literatur

- [1] Thomas, C.: Beeinflussung des akustischen Verhaltens von Doppelwandsystemen durch den Einsatz mikroperforierter Absorber, Norderstedt, Books on Demand GmbH, 2006
- [2] Bahnmüller, J.: Charakterisierung gepulster Laserstrahlung zur Qualitätssteigerung beim Laserbohren, München, Herbert Utz Verlag GmbH, 2000
- [3] Liebelt, S.: Analyse und Simulation des Laserstrahlschneidens von Faserverbundwerkstoffen, Berlin, Druckhaus Berlin-Mitte GmbH, 1998
- [4] Emmelmann, C.: Einführung in die industrielle Lasermaterialbearbeitung, TUHH iLAS, [Online] 2002, <http://www.tu-harburg.de/iLAS/lectures/vorlesung/lecnotes.html>