

25 (1998) Neue Forschungsergebnisse, kurz gefaßt

P. Leistner

Absorption durchströmter mikroperforierter Platten

Die Anwendung mikroperforierter Platten als Schallabsorber [1] hat zahlreiche praktische Vorzüge. Neben der hohen und breitbandigen Absorptionswirkung besteht ein erheblicher Spielraum bei der optischen Integration und bei der Raumgestaltung. Die nahezu freie Materialwahl gestattet eine Verbesserung der Akustik in Bereichen, in denen z.B. faserige Absorber undenkbar sind. Schließlich ist die präzise Berechenbarkeit ihrer Absorption ein Vorteil mikroperforierter Platten, den insbesondere Planer zu schätzen wissen.

Ein neuer Aspekt ergibt sich aus dem Einsatz dieser Platten als Bestandteil des Belüftungssystems eines Raumes. In diesem Fall verbinden sich die Funktionen Absorption und Lüftung, ob z.B. als Luftauslaß in Form einer Unterdecke oder als mikroperforiertes Element eines durch den Raum führenden Kanals. Um die Effektivität beider Funktionen einschätzen zu können, wurden die akustischen und die Strömungseigenschaften der Platten sowie deren Wechselwirkungen untersucht.

Absorption mikroperforierter Platten

Die Absorption einer mikroperforierten Platte im Abstand D vor einer schallharten Wand hängt im wesentlichen vom Lochdurchmesser d ($< 1\text{ mm}$), von der Plattendicke t und vom Perforationsgrad p (flächenbezogene Anzahl der

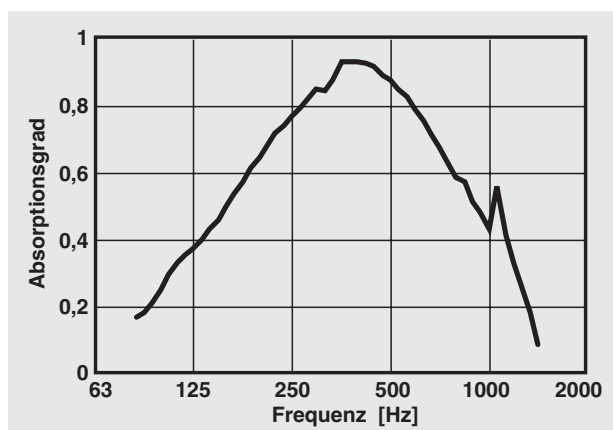


Bild 1: Gemessener Absorptionsgrad einer mikroperforierten Metallplatte ($d = 0,5\text{ mm}$, $t = 0,5\text{ mm}$, $p = 0,78\%$, $D = 100\text{ mm}$) bei senkrechtem Schalleinfall, in Abhängigkeit von der Frequenz

Löcher) ab. Es handelt sich um einen Helmholtz-Resonator, ergänzt durch einen dissipativen Anteil in Form der viskosen Wandreibung in den Mikrolöchern. Außer von den genannten geometrischen Daten ist die nach [2] berechnete akustische Impedanz eines einzelnen Loches vom Verhältnis zwischen Rohrradius R und der Dicke δ der viskosen Grenzschicht abhängig. Bei tiefen Frequenzen wird dieses Verhältnis sehr klein, d.h. die Dimension der Grenzschicht übersteigt den Rohrradius. In diesem Bereich entspricht der, für die dissipativen Verluste verantwortliche, Realteil der akustischen Impedanz dem Strömungswiderstand eines Rohres bei laminarer Durchströmung. Das Profil der Schallschnelle über dem Lochquerschnitt zeigt die typische parabolische Gestalt. Mit steigender Frequenz erhöht sich das Verhältnis R/δ und damit der Realteil der Impedanz, da sich die Grenzschichtdicke verringert. Das Schnelleprofil wird dabei zunehmend flacher, d.h. zu den Reibungsverlusten kommen Verluste infolge der Beschleunigung der Luftteilchen hinzu. Diese Frequenzabhängigkeit des Realteils führt zusammen mit den Schwingungen der Luftsäule im Loch (Masse) vor dem Luftpolster (Feder) hinter der Platte zu einer Absorption der mikroperforierten Platte, wie sie exemplarisch im Bild 1 dargestellt ist.

Einfluß einer überlagerten Strömung

Zur Messung des Absorptionsgrades durchströmter mikroperforierter Platten wurde ein Impedanzrohr um zwei Öffnungen erweitert. Bild 2 zeigt den Eintritt der Strömung hinter

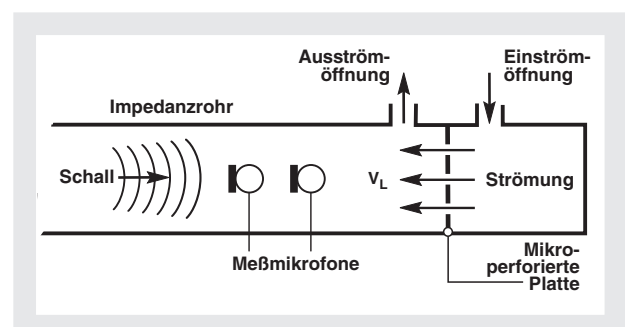


Bild 2: Aufbau zur Messung des Absorptionsgrades durchströmter mikroperforierter Platten

der Platte und den Auslaß davor. Diese Öffnungen dienen gleichzeitig zur Ermittlung der Strömungsgeschwindigkeit v_L in den Löchern und hatten keinen akustischen Einfluß auf die Meßergebnisse. Ebenso lagen die Strömungsgeräusche deutlich unterhalb des Anregungspegels (ca. 80 dB) im Rohr.

Die Abhängigkeit des Absorptionsgrades von der Strömungsgeschwindigkeit veranschaulichen die Kurven im Bild 3. Für Werte von $v_L < 1$ m/s verändert sich das akustische Verhalten der Platte kaum, wie der Vergleich mit Bild 1 erkennen läßt. Eine stärkere Durchströmung führt zur Verringerung der Absorption bei Resonanz, begleitet von einer Erhöhung im tieffrequenten Bereich. Mit einem weiteren Anstieg der Geschwindigkeit v_L prägen sich wieder deutliche Resonanzen

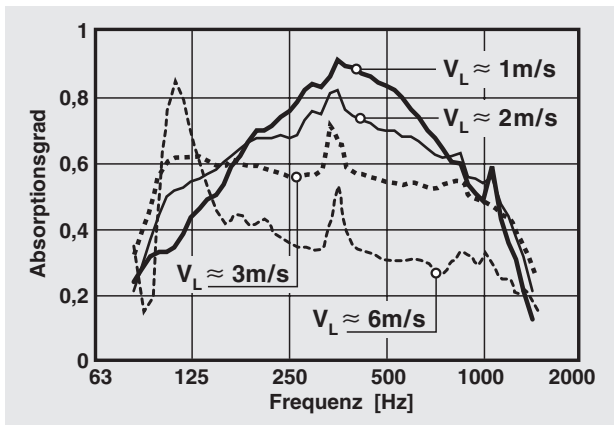


Bild 3: Gemessener Absorptionsgrad einer durchströmten mikroperforierten Metallplatte bei senkrechtem Schalleinfall, in Abhängigkeit von der Frequenz

aus. Allerdings entsprechen die Frequenzen nun nicht mehr dem Helmholtz-Resonator, sondern den Eigenschwingungen der Platte. Diese Entwicklung ist durch folgenden Zusammenhang zu erklären:

1. Bei Schallausbreitung und Strömung in den Löchern beeinflusst der Strömungswiderstand die akustische Impedanz. Wenn der Strömungswiderstand geschwindigkeitsabhängig ist, steigt insbesondere auch der Realteil der Impedanz bei anwachsender Durchströmung. Zur Veranschaulichung dient die Betrachtung der akustischen bzw. Strömungsgrenzschicht. Bei der hier vorliegenden Überlagerung bestimmen die gleichförmige gemeinsam mit der Schwingungsbewegung der Luftteilchen die Grenzschichtdicke.
2. Der um den Strömungswiderstand erhöhte Realteil der Impedanz nähert sich dem akustischen Widerstand der (dünnen) Platte und übersteigt diesen. Der Schallfluß wird nun durch die akustische Impedanz der „geschlossenen“ Platte dominiert und dementsprechend verändert sich die Absorption.

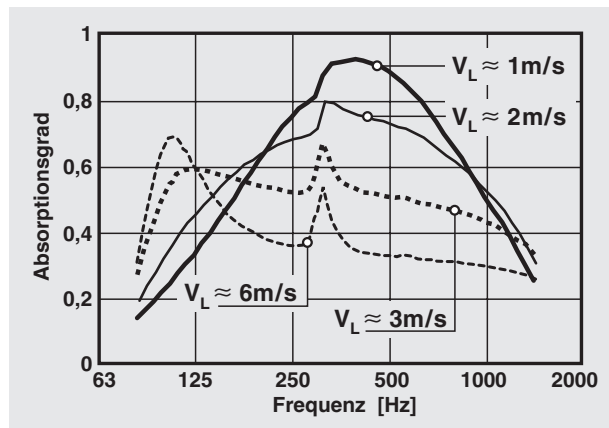


Bild 4: Berechneter Absorptionsgrad einer durchströmten mikroperforierten Metallplatte bei senkrechtem Schalleinfall, in Abhängigkeit von der Frequenz

Dieser Zusammenhang läßt sich berechnen. Dazu wird einerseits die Strömungsgeschwindigkeit in der Dimension einer Frequenz berücksichtigt. Die zu dieser Umrechnung notwendige Relation ergibt sich aus der Gleichsetzung der Verhältnisse zwischen Rohrradius und der Dicke von akustischer bzw. Strömungsgrenzschicht. Andererseits kann die zusammengefaßte Impedanz der Löcher nach [2] mit der modale Impedanz der Plattenschwingungen nach [3] akustisch parallel geschaltet werden. Die Voraussetzungen für diesen Ansatz sind, daß die Löcher die mechanischen Platteneigenschaften nicht verändern und die schwingende Platte keinen Einfluß auf die Luftsäulen hat. Die Einspannung der quadratischen Metallplatte (200 mm x 200 mm) wird im vorliegenden Beispiel als momentenfrei betrachtet. Der Vergleich zwischen Messung (Bild 3) und Rechnung (Bild 4) bestätigt den gewählten Ansatz.

In Verbindung mit praktischen Anforderungen an die Intensität der Belüftung bzw. an die akustische Qualität eines Raumes können somit konkrete Einsatzfälle beurteilt werden. Eine sehr gute Eignung läßt sich bei moderaten Ansprüchen an die Lüftungsleistung und hohen Ansprüchen an die Absorption der mikroperforierten Platten konstatieren.

Literatur

- [1] Fuchs, H., Zha, X.: Einsatz mikro-perforierter Platten als Schallabsorber mit inhärenter Dämpfung. *Acustica* 81 (1995), H. 2, S. 107-116.
- [2] Maa, D.Y.: Microperforated-Panel Wideband Absorbers. *Noise Control Engineering Journal* 29 (1987), H. 3, S. 77-84.
- [3] Kiesewetter, N.: Schallabsorption durch Platten-Resonanzen. *Gesundheitsingenieur* 101 (1980), H. 3, S. 57-62.



Fraunhofer Institut
Bauphysik

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR BAUPHYSIK (IBP)

Leiter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. mult. Dr. E.h. mult. Karl Gertis
D-70569 Stuttgart, Nobelstr. 12 (Postfach 80 04 69, 70504 Stuttgart), Tel. 07 11/9 70-00
D-83626 Valley, Miesbacher Str. 10 (Postfach 11 52, 83601 Holzkirchen), Tel. 0 80 24/6 43-0
D-10178 Berlin, Mollstraße 1, Tel. 0 30/8 91-33 13

Herstellung und Druck: Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB, Satz- und Druckcenter
Nachdruck nur mit schriftlicher Genehmigung des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik