

33 (2006) Neue Forschungsergebnisse, kurz gefasst

Peter Brandstätt, Karlheinz Bay, Michael Krämer

Mikroperforierter Absorber als Schalldämpfer

Wirkung mikroperforierter Absorber

Die Wirkung mikroperforierter Absorber (MPA) beruht auf einem flächenhaften Helmholtzresonator, wenn die mikroperforierte Schicht der Dicke t vor einem abgeschlossenen Luftvolumen der Tiefe d angebracht wird. Zusätzlich entstehen in den regelmäßig im Abstand a angeordneten Löchern mit einem Durchmesser b von typischerweise 1 mm hohe Reibungsverluste, da der Lochradius in der Größenordnung der akustischen Grenzschicht für laminare Durchströmung liegt. Der Absorptionsgrad eines MPA kann mit der Theorie nach Maa [1] aus der Eingangsimpedanz berechnet werden, die sich aus den Anteilen für die flächengemittelte Impedanz der Lochplatte und des dahinter liegenden Wellenleiters (Wandabstand d) ergibt. Diese Berechnung hat sich vielfach bewährt und führt zu guter Übereinstimmung mit Messungen im Impedanzrohr.

Aufbau der Rohrschalldämpfer

Zur Herstellung der Rohrschalldämpfer dienen übliche Gehäuse mit Außendurchmesser d_a und Länge L , bei denen das Innenrohr mit dem Durchmesser d_i durch verschiedene mikroperforierte Rohre ersetzt wurde. Dadurch entsteht eine nur mit Luft gefüllte Hohlkammer (**Bild 1**) und wird hier als homogener Aufbau bezeichnet. Eine zweite Variante wurde durch Unterteilung der Hohlkammer mit Schottblechringen in mehrere gleich große Teilkammern realisiert. Diese Variante wird im Folgenden als kassetierter Aufbau bezeichnet.

Abschätzung der Dämpfung

Zur Abschätzung der Dämpfung wurde für den kassetierten Aufbau zum einen die Pieningsche Formel [2] verwendet, wobei für den dort einzusetzenden frequenzabhängigen Absorptionsgrad die nach [1] berechneten Werte für senkrechten Schalleinfall herangezogen werden. In einem weiteren Ansatz wurde nach dem in [3] für passive Schalldämpfer

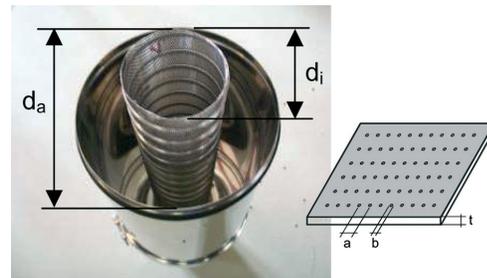


Bild 1: Blick in einen geöffneten Rohrschalldämpfer mit mikroperforiertem Innenrohr.

beschriebenen Kettenbruchverfahren aus der Eingangsimpedanz des MPA als Absorberfunktion die Lösung der komplexen axialen Wellenzahl für die ebene Welle im Innenrohr ermittelt und damit die Dämpfung berechnet.

Im Fall des homogenen Aufbaus wurde zunächst eine Abschätzung der Dämpfung für die Hohlkammer ohne Innenrohr durchgeführt. Dazu wird die Hohlkammer als Wellenleiter betrachtet, der aufgrund der unterschiedlichen Querschnitte von Kammer und Anschlussrohren einen Impedanzsprung an den Anschlüssen erfährt [4]. Des Weiteren wurde ein vollständiges Modell, basierend auf bekannten Verfahren z.B. nach [4], entwickelt, bei dem die Schallfelder im Hohlraum und im Innenrohr über die Impedanz der mikroperforierten Schicht gekoppelt werden. Dies führt zur Beschreibung des Schalldämpfers als Element einer 2×2 Übertragungsmatrix, aus der unter Einbeziehung der ein- und auslassseitigen Kanalelemente die Dämpfung berechnet wird. Alle vorgestellten Verfahren liefern die Dämpfung der ebenen Welle im Innenrohr.

Vergleich mit Messungen

In **Bild 2** ist der Vergleich der Messung eines Rohrschalldämpfers, der in drei gleich große Kammern unterteilt wurde, mit den Abschätzungen für den kassetierten Fall dargestellt. Die Wirkung des MPA ist deutlich ausgeprägt mit ca. 35 dB im Dämpfungsmaximum bei 400 Hz. Die einfache Abschätzung

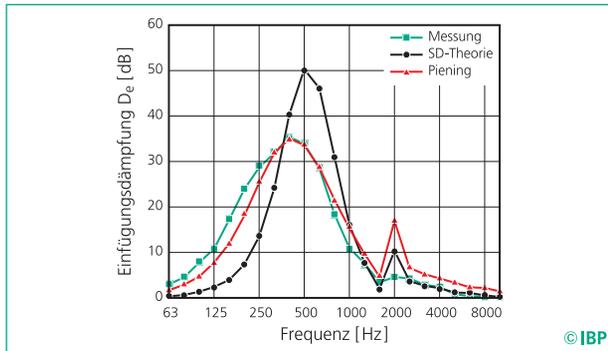


Bild 2: Vergleich von gemessener und berechneter Dämpfung für den kassettierten Fall mit $d_1 = 100$ mm, $d_2 = 300$ mm, $L = 500$ mm, $t = b = 0.5$ mm, $a = 5$ mm.

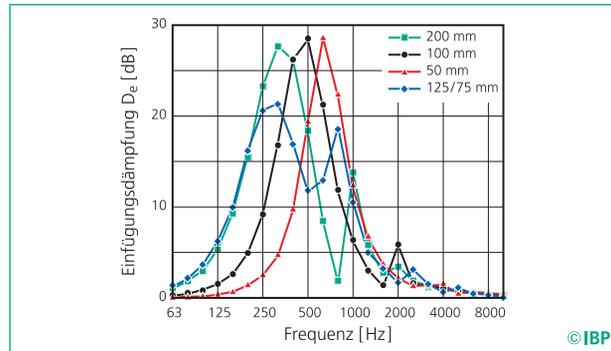


Bild 4: Berechnete Dämpfung des Schalldämpfers nach Bild 2 (theoretisches Modell) mit Kammertiefe als Parameter.

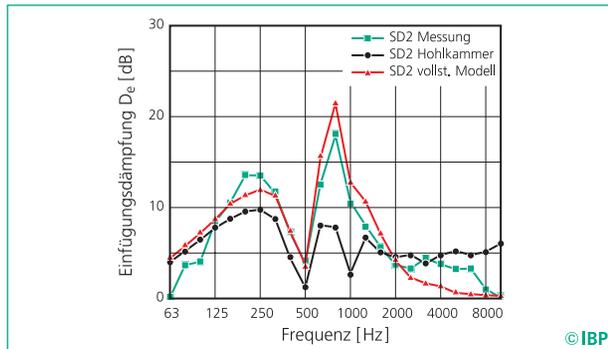


Bild 3: Vergleich von gemessener und berechneter Dämpfung für den homogenen Fall mit $d_1 = 100$ mm, $d_2 = 250$ mm, $L = 360$ mm, $t = 0.5$ mm, $b = 0.6$ mm, $a = 6$ mm.

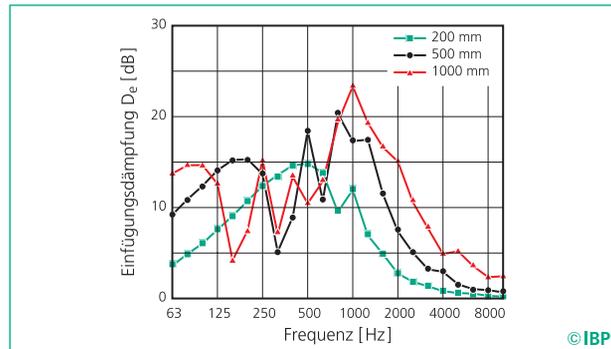


Bild 5: Berechnete Dämpfung des Schalldämpfers nach Bild 3 (vollständiges Modell) mit Länge L als Parameter.

nach Piening führt zu erstaunlich guter Übereinstimmung, wenn der dort üblicherweise verwendete Faktor von 1,5 auf 1,8 angepasst wird.

Bild 3 zeigt analog den Vergleich für einen weiteren Schalldämpfer ohne Unterteilung der Hohlkammer mit den Berechnungen für den homogenen Fall. Der Verlauf der Dämpfungskurve wird dabei im Wesentlichen durch die Längsresonanzen der Hohlkammer bestimmt. Bei Verwendung des vollständigen Rechenmodells ist der zusätzliche Anteil des MPA erkennbar und führt zu guter Übereinstimmung mit den Messwerten.

Parametervariationen

Bild 4 zeigt für den kassettierten Schalldämpfer mit den in Bild 2 gegebenen Daten die Auswirkung der Kammertiefe und eines 2-lagigen mikroperforierten Aufbaus. Bei identischer Mikroperforation lässt sich damit die Lage des Dämpfungsmaximums einstellen oder, für den 2-lagigen Aufbau, eine Dämpfung mit breitbandigerem Verlauf realisieren. Die in Bild 5 dargestellten Dämpfungsspektren für den homogenen Schalldämpfer entstehen durch Änderung der Kammerlänge und verändern damit den gesamten Verlauf der Dämpfung. Die gedankliche Überlagerung der Kurven lässt als erste Näherung bereits das Potential hinsichtlich einer tieffrequenten und breitbandigen Dämpfung mehrerer hintereinander angeordneter und verschieden abgestimmter Kammern erkennen.

Zusammenfassung und Ausblick

Die Messungen an mikroperforierten Schalldämpfern haben gezeigt, dass sowohl die Wirkung der Mikroperforation als auch der Hohlkammer vorhanden und nutzbar sind. Mit den Modellierungen konnten diese Anteile identifiziert und quantifiziert werden. Damit stehen Schalldämpfer z.B. für Heizungs- und Lüftungsanlagen mit abstimmbarer Dämpfung zur Verfügung, die gänzlich ohne Absorptionsmaterial auskommen und dadurch leicht gereinigt werden können. Die noch ausstehende Modellierung sieht die Kombination mehrerer Kammern und homogen geschichteter Aufbauten vor. Damit sind weitere Produktverbesserungen zu erwarten.

Literatur

- [1] Maa, D.Y.: Microperforated-Panel Wideband Absorbers. Noise Control Engineering Journal 29 (1987) 3, S. 77-84.
- [2] Brandstätt, P.; Fuchs, H.V.: Erweiterung der Pieningschen Formel für Schalldämpfer. Zeitschrift für Lärmbekämpfung 44 (1997) 3, S. 93-95.
- [3] Frommhold, W.; Mechel, F.P.: Simplified methods to calculate the attenuation of silencers. Journal of Sound and Vibration 141 (1990) 1, S. 103-125.
- [4] Munjal, M.L.: Acoustics of Ducts and Mufflers, Wiley & Sons New York 1987.



Fraunhofer Institut Bauphysik

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR BAUPHYSIK IBP

Institutsleitung: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Gerd Hauser
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Klaus Sedlbauer

70569 Stuttgart, Nobelstr. 12 (Postfach 80 04 69, 70504 Stuttgart), Tel. 07 11/970-00
83626 Valley, Fraunhoferstr. 10 (Postfach 11 52, 83601 Holzkirchen), Tel. 0 80 24/643-0
34127 Kassel, Gottschalkstr. 28a, Tel. 05 61/804-18 70