

31 (2004) Neue Forschungsergebnisse, kurz gefasst

R. Hanisch, M.M. Krämer, N. Rambausek, P. Brandstätt

Plattenresonator und Streifenabsorber als Schalldämpfer für tiefe und mittlere Frequenzen*

Einleitung

Industrielle und haustechnische Abluft- und Lüftungsanlagen erzeugen meist ein breitbandiges Geräuschspektrum. Konventionelle Schalldämpfer mit poröser Absorberfüllung weisen bei tiefen und mittleren Frequenzen auf Grund des bei handlicher Bautiefe geringen Absorptionsgrades oft unbefriedigende Einfügungsdämpfungen auf. Zur Kompensation dieses Nachteils werden zwar gelegentlich dicke Kulissen mit engen Spalten verwendet, die aber die Druckverluste deutlich erhöhen. Es gibt auch bereits schlanke Schalldämpferlösungen für den tiefen Frequenzbereich, die weniger Druckverluste verursachen [1-4]. Die Bedämpfung der mittleren Frequenzen im Bereich von 250 Hz bis 500 Hz, in dem der Drehklang von Ventilatoren oft hohe Pegel erzeugt, stellt aber nach wie vor ein Kostenproblem dar. Im Folgenden werden zwei Schalldämpfertypen (Bild 1) als Kulissen mit vergleichsweise schlanker Bauweise vorgestellt, die bei mittleren und tiefen Frequenzen sehr gute Dämpfungseigenschaften aufweisen.



Bild 1: Schalldämpfer-Kulissen als Streifenabsorber (links) und als Plattenresonator (rechts).

Streifenabsorber

In vorangegangenen Veröffentlichungen [5-7] wurde bereits die Wirksamkeit poröser Absorberschichten hinter einer schallundurchlässigen, streifenförmigen Abdeckung, wie in

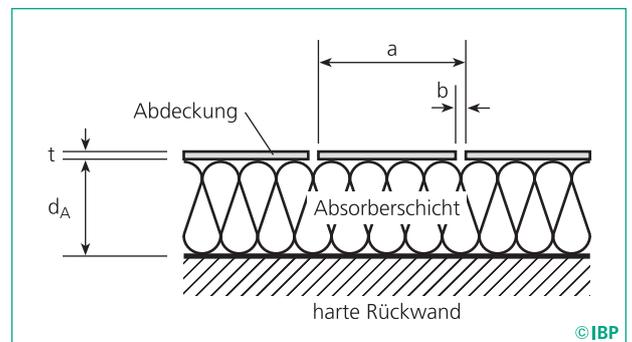


Bild 2: Streifenabsorber mit parallelen Schlitzen der Breite b , Abdeckmaß a , Dicke der Abdeckung t , Absorberschichtdicke d_A .

Bild 2 dargestellt, bei senkrechtem und diffusem Schalleinfall im mittleren Frequenzbereich beschrieben. Das Absorptionsverhalten beruht zum einen auf der schwingenden Luftmasse im Spalt sowie der Transformation der in den porösen Absorber einfallenden Welle in periodische Zylinderwellen, die sich im Absorber ausbreiten. Entscheidende Auslegungsparameter sind dabei die Schlitzbreite, die Breite der Abdeckung und die Dicke des dahinter liegenden porösen Absorbers. Mit der hier vorgestellten Schalldämpferkulisse (Bild 1 links) konnte nachgewiesen werden, dass das Absorptionsvermögen auch bei streifendem Schalleinfall, wie man ihn in Kaminen und Klimakanälen vorfindet, vorhanden ist. Durch Variation der Abdeckungs- und/oder Schlitzbreite lässt sich der Schalldämpfer auf etwas tiefere Frequenzen abstimmen (Bild 3). Die Berechnung nach [8, 9] liefert hierbei durchweg etwas höhere Einfügungsdämpfungen im Maximum. Ein Trennblech innerhalb der Kulisse ist nicht erforderlich, da die Schalldruckverteilungen in den Spalten aufgrund der vorherrschenden ebenen Wellen im betrachteten Frequenzbereich symmetrisch sind. Eine waagerechte Anordnung der Schlitze des Streifenabsorbers ist strömungstechnisch günstiger, da hier die Geräuschenstehung geringer ist. Anwendungsbeispiele im Bereich von heiztechnischen Anlagen haben bereits viel versprechende Ergebnisse gebracht [10, 11].

* Vortrag „Panel Resonator and Slot Absorber silencers for low and mid frequencies“, CFA / DAGA 04, Strasbourg, März 2004, Abstr. p. 329

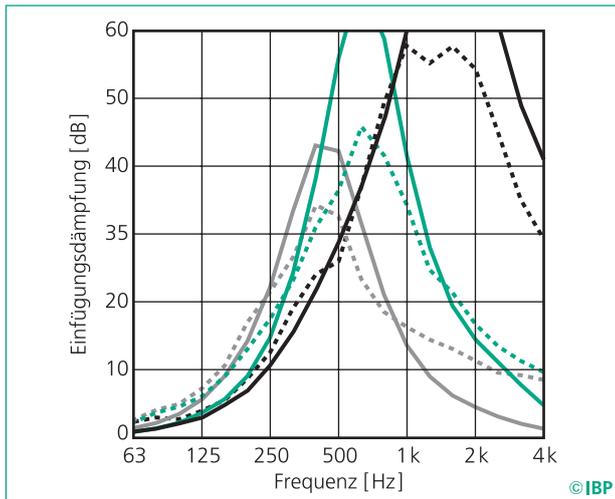


Bild 3: Berechnete (durchgezogene Linie) und gemessene (gestrichelt) Einfügungsdämpfung von Streifenabsorbern mit $b/a = 20/90$ mm (—○—), 10/105 mm (—□—), ohne Abdeckung (—); Kulissendicke 100 mm, Länge 1500 mm und Spaltbreite 100 mm.

Plattenschwinger

Eine weitere Möglichkeit der effektiven Bedämpfung im tiefen und mittleren Frequenzbereich lässt sich mit vollständig geschlossenen Plattenschwinger-Kulissen aus Stahlblech realisieren (Bild 1 rechts). Für biegeeweiche Abdeckungen, z.B. dünne Folien, beruht die Wirkungsweise auf dem eines Feder-Masse-Resonators, dessen Resonanzfrequenz sich aus der flächenbezogenen Masse der Abdeckung sowie dem Abstand der Platte zur Rückwand bzw. der halben Kulissendicke, ergibt. Für ausreichend biegesteife Abdeckungen führt die Anregung von Biegeeigen-schwingungen auf der Platte zu weiteren Dämpfungsanteilen, welche von den Abmessungen der Abdeckung abhängen. Auch hier ist durch die symmetrische Schalldruckverteilung einer anregenden ebenen Welle in den Spalten kein Trennblech in der Mitte der Kulisse erforderlich. Um eine breitbandige und hohe Dämpfung der Kulissen zu erreichen, ist es notwendig, das Innere der Kulisse nach Art der bekannten Verbund-Platten-Resonatoren VPR [12] prall mit einem beliebigen Dämpfungsmaterial zu füllen.

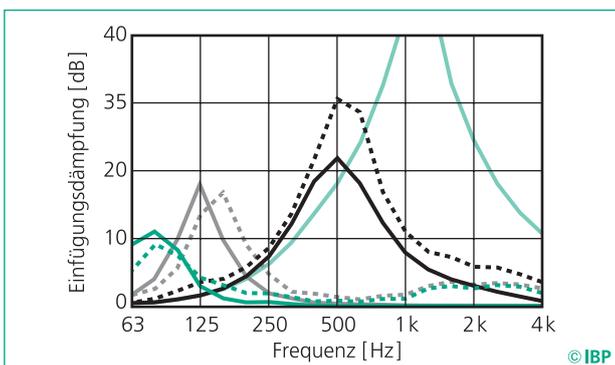


Bild 4: Berechnete (durchgezogene Linie) und gemessene (gestrichelt) Einfügungsdämpfung von Plattenresonatoren mit Dicke $t = 0.025$ mm (—○—), 0.4 mm (—□—), 1 mm (—); Kulissendicke 100 mm, Länge 1500 mm und Spaltbreite 200 mm.

Durch Variation von Plattengröße, Plattendicke (flächenbezogene Masse) und Kulissendicke kann die Dämpfung in einem weiten Frequenzbereich abgestimmt werden (Bild 4). Neben dem einfachen Aufbau und den damit verbundenen niedrigen Herstellungs- und Montagekosten bietet dieser Schalldämpfer den Vorteil einer vollständig geschlossenen Bauweise. Damit sind Faseraustrag oder Verschmutzung- und Keimbildung ausgeschlossen, was den Einsatz in hygienisch anspruchsvollen Umgebungen (etwa Krankenhäusern) möglich macht. Erste erfolgreiche Anwendungen werden in [13, 14] beschrieben.

Fazit

Die hier vorgestellten Schalldämpfer schließen die Lücke im Frequenzbereich bereits existierender Systeme und verursachen nur geringe Druckverluste. Ihre der Theorie nach hohe Wirksamkeit konnte in praktischen Untersuchungen bestätigt werden. Die Verringerung des Druckverlustes ergibt sich durch ihre, im Vergleich zu rein porösen Schalldämpfern, schmalere Bauweise. Zudem zeichnen sich beide Schalldämpfertypen durch eine besondere Robustheit gegenüber dem umgebenden Medium aus. Die Untersuchungen wurden von der Deutschen Bundesstiftung Umweltschutz (DBU) unterstützt [9].

Literatur

- [1] Ackermann, U. et al.: Sound absorbers of a novel membrane construction. *Applied Acoustics* 25 (1988), 197-215.
- [2] Frommhold, W. et al.: Acoustic performance of membrane absorbers. *J. Sound and Vibration* 170 (1994), 621-636.
- [3] Fuchs, H.V. et al.: Alternative sound absorbers for industrial use. *VGB Power Tech* 79 (1999), 76-78.
- [4] Krüger, J.; Leistner, P.: Noise reduction with actively absorbing silencers. *Applied Acoustics* 51 (1997), 113-120.
- [5] Leistner, P.; Fuchs, H.V.: Schlitzförmige Schallabsorber. *Bauphysik* 23 (2001), 333-337.
- [6] Fuchs, H.V. et al.: Schallabsorber und Schalldämpfer. Teil 3: Helmholtz-Resonatoren, Interferenz-Dämpfer. *Bauphysik* 24 (2002), 286-295.
- [7] Hanisch, R.: Absorberschichten mit streifenförmiger Abdeckung bei diffusem Schalleinfall. Diplomarbeit, 2001.
- [8] Brandstätt, P. et al.: Program for the computation of absorptive silencers in straight ducts. *Applied Acoustics* 43 (1994), 19-38.
- [9] Brandstätt, P. et al.: Streifenabsorber als Energie sparende Schallschutzkomponente, DBU-Bericht Nr. 18501, 2003.
- [10] Leistner, P. et al.: Alternative Lösungen für den Schallschutz an Heizkesseln. *IKZ-Haustechnik* 56 (2001), 38-42.
- [11] Brandstätt, P. et al.: Noise reduction at heating system exhaust pipes. In: CFA/DAGA 2004, Paper 584.
- [12] Brandstätt, P. et al.: Novel silencers and absorbers for wind tunnels and acoustic test cells. *Noise Control Eng. J.* 50 (2002), 41-49 and 51 (2003), 60-61.
- [13] Eckoldt, D.: Novel silencers for ducts and stacks. First European forum materials and products for noise and vibration control in machinery and transportation (2001), 183-195.
- [14] Eckoldt, D. et al.: Silencers for exhaust gas stacks of a power station. In: CFA/DAGA 2004, Paper 576.



Fraunhofer
Institut
Bauphysik

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR BAUPHYSIK IBP

Institutsleitung: Prof. Dr. Gerd Hauser

Prof. Dr. Klaus Sedlbauer

D-70569 Stuttgart, Nobelstr. 12 (Postfach 80 04 69, 70504 Stuttgart), Tel. 07 11/9 70-00

D-83626 Valley, Fraunhoferstr. 10 (Postfach 11 52, 83601 Holzkirchen), Tel. 0 80 24/6 43-0

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