

Anwendungen aktiver Resonator-Schalldämpfer

Karlheinz Bay, Philip Leistner

Fraunhofer-Institut für Bauphysik, 70569 Stuttgart, E-Mail: karlheinz.bay@ibp.fraunhofer.de

Einleitung

Seit über 10 Jahren werden aktive Resonator-Schalldämpfer zur Bedämpfung tiefer und mittlerer Frequenzen in Lüftungsanlagen eingesetzt [1-4]. Die Nachfrage, mit wenig Platz tieffrequent dominierte Geräusche zu bedämpfen, führte aber auch zur Entwicklung aktiver Kompaktschalldämpfer für Heizungsanlagen. Aufbau, Wirkungsprinzip und Möglichkeiten zur Ausgestaltung aktiver Resonatoren werden vorgestellt. In einem Überblick wird der Einsatz aktiver Resonator-Kassetten in Lüftungskanälen sowie die schrittweise Anpassung des Kompaktschalldämpfers an Heizungsanlagen anhand von Messwerten diskutiert. Hierbei zeigt sich die große Bedeutung von anwendungsbezogenen Lösungsdetails gerade bei der praktischen Umsetzung Aktiver Schalldämpfer.

Aufbau und Wirkungsprinzip

Der Aufbau eines aktiven Resonator-Schalldämpfers ist in Abbildung 1 dargestellt. Das im Gehäuse eingeschlossene Luftvolumen (Feder) und die dynamisch bewegte Masse des Lautsprechers bilden ein Feder-Masse System.

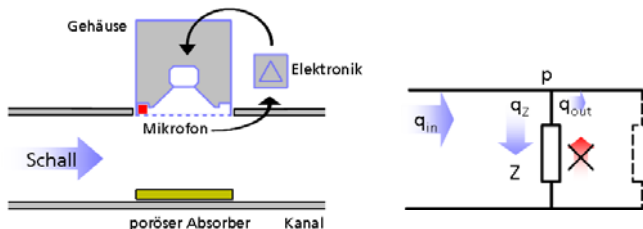


Abbildung 1: Aufbau und Wirkungsprinzip eines aktiven Resonator-Schalldämpfers.

Wird das Gehäuse mit dem Lautsprecher an einen Kanal angeschlossen, so teilt sich der Schall q_{in} in den Anteil q_z über die Wandimpedanz und den Anteil q_{out} hinter der Kassette auf (Dämpfung). Durch aktive Rückkopplung eines druckproportionalen Signals vor dem Lautsprecher über ein Mikrofon - in unmittelbarer Umgebung des Lautsprechers - wird die Membranschnelle erhöht (Feedback). Dadurch wird der Fluss q_z über die Wandimpedanz erhöht und somit der Fluss q_{out} hinter der Kassette weiter reduziert. Dies gilt allerdings nur so lange $q_z \leq q_{in}$ gilt. Wird die Membranschnelle weiter erhöht, so findet eine Einstrahlung statt (Stabilität). Der zusätzlich in den Kanal eingebrachte poröse Absorber, dient zur Stabilisierung des Systems. Aufgrund des Wirkungsprinzips des aktiven Resonator-Schalldämpfers können alle Komponenten in einem Gehäuse mit den Abmessungen von z.B. 250 x 250 x 210 mm³ integriert werden. Zur Inbetriebnahme genügt eine Stromversorgung.

Einsatz in Lüftungskanälen und Klimageräten

Ein typisches Beispiel für den Einsatz aktiver Schalldämpferkassetten in Lüftungskanälen ist in Abbildung 2 dargestellt. Wie bei Kulissenschalldämpfern werden diese in den Lüftungskanal eingebaut. Deutlich ist im Diagramm rechts, im Bereich tiefer Frequenzen die hohe Einfügungsdämpfung im Vergleich zu einem porösen Schalldämpfer zu erkennen. Durch Drehen der quadratischen Kassette - Verändern der Mikrofonposition - ergeben sich zwei unterschiedliche Dämpfungsspektren. Werden höhere Dämpfungen benötigt, können diese bei tiefen Frequenzen durch den Anbau weiterer Kassetten und bei mittleren und hohen Frequenzen durch Kombination mit Kulissenschalldämpfern erzielt werden.

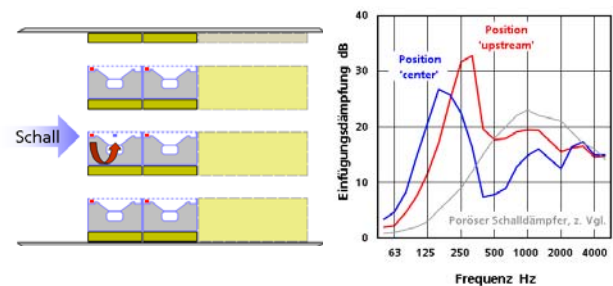


Abbildung 2: Typische Einbausituation und Einfügungsdämpfung beim Einsatz aktiver Resonator-Kassetten in Lüftungskanälen.

Eine frühe Anwendung aktiver Schalldämpferkassetten erfolgte in einem Klimagerät für Server-Räume [1] und ist in Abbildung 3 dargestellt. Auf Grund der vorgegebenen geringen Einbauhöhe von nur 300 mm wurden aktive Schalldämpferkassetten eingesetzt. Wie anhand der Schalldruckpegel ersichtlich ist, konnte durch den Einbau der aktiven Schalldämpferkassette am Lüftungseinlass eine Pegelreduktion von bis zu 20 dB erzielt werden. Seit nunmehr 10 Jahren werden diese Klimageräte mit aktiven Schalldämpferkassetten ausgerüstet.

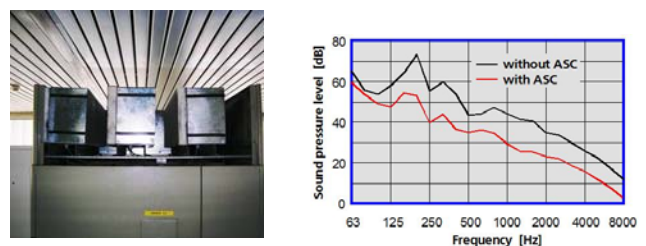


Abbildung 3: Pegelminderung aktiver Resonator-Kassetten bei Einsatz an der Ansaugseite eines Klimageräts.

Einsatz in Heizungsanlagen

Für Heizungsanlagen wurde ein Kompaktschalldämpfer entwickelt [3,4]. Er besteht aus einem porösen Absorber zur Bedämpfung mittlerer und hoher Frequenzen kombiniert mit einem aktiven Abzweig-Resonator zur Bedämpfung tiefer Frequenzen (Abbildung 4). Im Gegensatz zum Einsatz aktiver Schalldämpferkassetten unter Raumbedingungen müssen in Heizungsanlagen die elektromechanischen Komponenten durch eine Schutzfolie vom Abgasstrom getrennt werden. In einer ersten Umsetzung wurde der aktive Abzweig-Resonator auf tiefe Frequenzen abgestimmt.

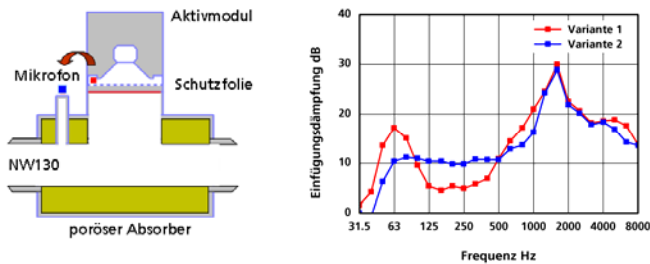


Abbildung 4: Aufbau und Einfügungsdämpfung eines Kompaktschalldämpfers mit einer Anschlussnennweite von 130 mm und 360 mm Länge bei unterschiedlicher Mikrofonposition. Parameter: ■ Variante 1, ■ Variante 2.

In Abbildung 4 ist die Einfügungsdämpfung in Abhängigkeit der Frequenz (Variante 1) dargestellt. Deutlich ist bei 63 Hz die hohe Dämpfung des aktiven Resonators ersichtlich. Auf Grund von Änderungen des Einsatzbereiches und im Hinblick auf eine Reduzierung des A-bewerteten Summenpegels musste der aktive Resonator angepasst werden [4]. Durch geringfügige Verlagerung der Mikrofonposition an den T-Abzweig des Schalldämpfers konnte eine breitbandigere, aber nicht mehr so hohe, Dämpfung erzielt werden (Variante 2). Durch diese Anpassung kann in Heizungsanlagen im Allgemeinen eine Reduzierung des A-bewerteten Summenpegels um 10 dB erzielt werden. Die Anteile der Pegelminderung des aktiven Resonators bzw. des porösen Absorbers sind hierbei vom Geräuspektrum der Heizungsanlage abhängig.

Einsatz bei großen Anschlussnennweiten

Ändert sich die zu bedämpfende Anschlussnennweite des Abgaskanals, so muss die Auskleidungsdicke des porösen Absorbers entsprechend angepasst werden. Dies führt bei großen Nennweiten zu einer hohen Absorption in der Umgebung des Aktivmoduls. Damit wird die aktive Dämpfung reduziert. In aktuellen Untersuchungen wurde eine Anpassung für die Kombination mit einem porösen Absorber bei einer Anschlussnennweite von 300 mm durchgeführt. Es zeigte sich, dass eine wesentliche Verbesserung der aktiven Dämpfung durch den Einsatz eines asymmetrischen porösen Absorbers erzielt werden kann. In Abbildung 5 ist der Aufbau des Schalldämpfers skizziert. Wie aus dem Diagramm ersichtlich ist, kann durch diese Anpassung auch bei großen Anschlussnennweiten eine aktive Pegelminderung von bis zu 8 dB im Vergleich zum ausgeschalteten Zustand erzielt werden.

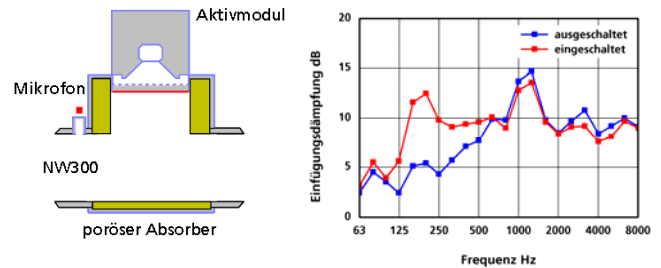


Abbildung 5: Aufbau und Einfügungsdämpfung eines asymmetrischen Kompaktschalldämpfers mit einer Anschlussnennweite von 300 mm und 340 mm Länge.

Das Mikrofon wurde hierbei direkt an dem Eingang des Schalldämpfers platziert. Da bei größeren Nennweiten in der Regel höhere Temperaturen auftreten, musste ein verbesserter Schutz des Mikrofons entwickelt werden. Hierzu wurden Untersuchungen bezüglich des Einflusses der Schutzfolie auf Dämpfung und Phasenlage durchgeführt. In Anlehnung an die 2-Mikrofon-FFT-Methode zur Impedanzmessung wurde das Übertragungsverhalten für unterschiedliche Mikrofonträger ermittelt (Abbildung 6). Daraus ergaben sich konstruktive Merkmale für den Aufbau des Mikrofonträgers. Zur Wärmeableitung wurde in einem ersten Schritt die Mikrofonkapsel in einen Aluminiumkühler eingebettet.

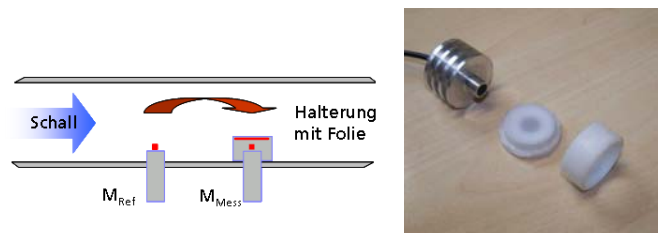


Abbildung 6: Aufbau zur Messung der Mikrofonhalterung mit Schutzfolie und erster Prototyp.

Derzeit werden in einem akustischen Temperaturprüfstand Untersuchungen zur aktiven Dämpfung und Temperaturstabilität an einem fertigungstechnisch umgesetzten Kompaktschalldämpfer durchgeführt.

Die Umsetzung aktiver Resonator-Schalldämpfer erfolgt in Zusammenarbeit mit den Firmen TechnoFirst S.A. und Kutzner+Weber GmbH.

Literatur

- [1] Leistner, P.; Krüger, J.; Leistner, M.: Hybride Schalldämpfer – Hohe Dämpfung bei tiefen Frequenzen. Heizung Lüftung / Klima Haustechnik 47 (1996), H. 10, S. 85-90.
- [2] Leistner, P. et al.: Schallabsorber und Schalldämpfer. Teil 4: Absorber mit aktiven Komponenten. Bauphysik 24 (2002), S. 361-367.
- [3] Bay, K., Krämer, M., Brandstätt, P.: Compact silencer for heating systems. In: CFA/DAGA 2004, CD-ROM, p.459-460.
- [4] Bay, K.; Leistner, P.: Anpassung und Anwendungen von Aktiv-Schalldämpfern, DAGA 2007