

Anpassung und Anwendungen von Aktiv-Schalldämpfern

Karlheinz Bay, Philip Leistner, Michael Krämer, Norbert Rambauser

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

Einleitung

Seit einigen Jahren werden Aktiv-Schalldämpfer zur Bedämpfung tiefer und mittlerer Frequenzen eingesetzt. In Kanalsystemen wie Lüftungs- und Heizungsanlagen sowie an Kanalöffnungen z.B. bei Klimageräten tragen kompakte aktive Resonatoren zur Erhöhung der tieffrequenten Schalldämpfung bei. Die Nachfrage, mit immer weniger Platz immer mehr tieffrequent dominierte technische Lärmquellen zu beruhigen, führt zu neuen Einsatzfällen mit zum Teil angepassten Komponenten. Der Aufbau eines aktiven Resonator-Schalldämpfers ist in Abbildung 1 skizziert.

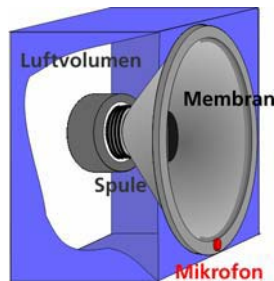


Abbildung 1: Aufbau aktiver Resonator-Schalldämpfer (Beispiel)

Lautsprechermembran mit Spule und das eingeschlossene Luftvolumen bilden ein Feder-Masse-System. Durch Rückkopplung des Mikrofonsignals über eine Elektronik an den Lautsprechereingang (Feedback), wird die Membranbewegung aktiv unterstützt [1]. Dadurch wird auch die resultierende Dämpfung des Feder-Masse-Systems erhöht. Beispielhaft sind in Abbildung 2 die Einfügungsdämpfungen des aus- und eingeschalteten Resonator-Schalldämpfers aufgetragen.

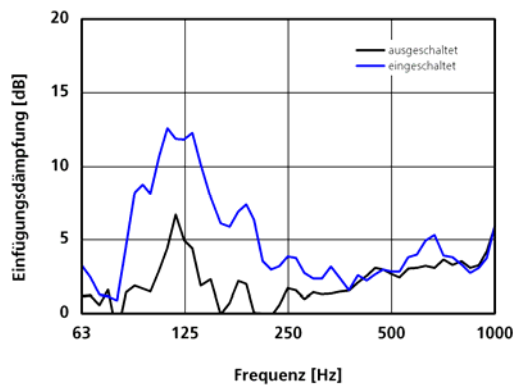


Abbildung 2: Einfügungsdämpfung eines Resonator-Schalldämpfers in aus- und eingeschaltetem Zustand (Beispiel an einem Kanal).

In Abhängigkeit der Mikrofonposition zur zu bedämpfenden Schallquelle (upstream/downstream), kann das Dämpfungs-

maximum zu höheren bzw. tieferen zu Frequenzen verschoben werden.

Anpassung bei Heizungsanlagen

Für Heizungsanlagen wurde ein Kompaktschalldämpfer entwickelt. Er besteht aus einem porösen Absorber zur Bedämpfung mittlerer und hoher Frequenzen, kombiniert mit einem aktiven Abzweig-Resonator zur Bedämpfung tiefer Frequenzen. Der Aufbau dieses Schalldämpfers ist in Abbildung 3 dargestellt. Zum Schutz werden die elektro-mechanischen Komponenten durch eine Folie vom Abgasstrom getrennt.

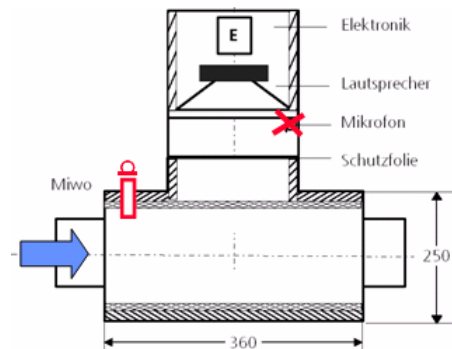


Abbildung 3: Aufbau eines Kompaktschalldämpfers

Der aktive Resonator-Schalldämpfer wurde so abgestimmt, um eine optimale Dämpfung im Bereich von 63 Hz zu erzeugen (Abbildung 4). Auf Grund von Änderungen des Einsatzbereichs und im Hinblick auf eine Reduzierung des A-bewerteten Summenpegels sollte der aktive Resonators an die neuen Geräuschspektren der Heizungsanlagen angepasst werden. Zum Vergleich ist beispielhaft ein solches Spektrum ebenfalls in Abbildung 4 aufgetragen.

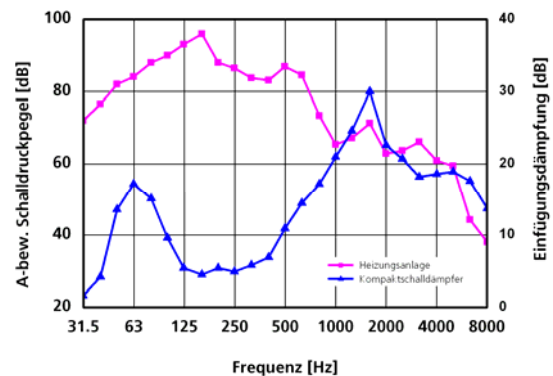


Abbildung 4: A-bewertete Schalldruckpegel im Abgasrohr einer Heizungsanlage im Vergleich zum Dämpfungsspektrum des Kompaktschalldämpfers.

Änderungen der Mikrofonposition (upstream/downstream) zeigen innerhalb des Abzweigkanals keine Wirkung.

Untersuchungen durch Ansteuerung mit einem Rückvolumen-Mikrofon waren zwar im Prüfstand erfolgreich [2], konnten jedoch an Heizungsanlagen vor Ort nicht umgesetzt werden. Erst durch Aufheben der kompakten Bauform des aktiven Resonators, d.h. durch Verlagerung der Mikrofonposition an den T-Abzweig konnten auch am Heizkessel eine breitbandige Dämpfung erreicht werden. In Abbildung 5 sind die im Prüfstand ermittelten Einfügungsdämpfungen dargestellt.

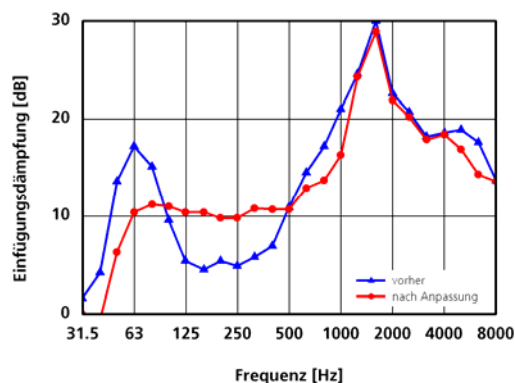


Abbildung 5: Einfügungsdämpfung vor und nach Anpassung des Kompaktschalldämpfers.

Bei der Abstimmung des aktiven Resonators wurde auf die hohe Dämpfung bei tiefen Frequenzen zu Gunsten eines möglichst gleichmäßigen Spektrums verzichtet. Dadurch konnte an einer Testanlage eine Pegelminderung des A-bewerteten Summenpegels um 7 dB in ausgeschaltetem und weiteren 5 dB in eingeschaltetem (aktivem) Zustand erzielt werden. Die Verteilung der Pegelminderung ist hierbei vom Geräuschspektrum der Heizungsanlage abhängig.

Einsatz von Mikrofonarrays

Wie aus der Anpassung des Kompaktschalldämpfers ersichtlich ist, könnte durch den Einbau eines zweiten Mikrofons zwischen beiden Dämpfungsspektren (Abbildung 5) umgeschaltet werden. Dies legt den Einsatz mehrerer Mikrofone nahe [3].

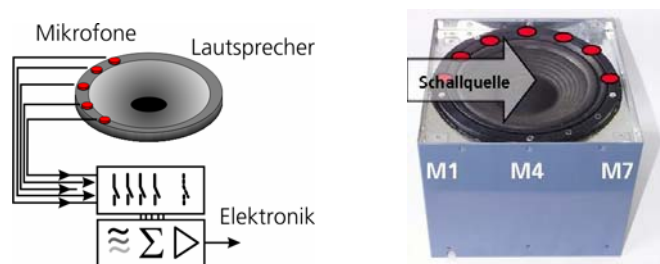


Abbildung 6: Links: Anordnung von Mikrofonen um den Lautsprecher. Rechts: aktive Schalldämpferkassette mit Mikrofon-Korona.

Durch die in Abbildung 6 dargestellte Anordnung könnte zum einen zwischen den einzelnen Mikrofonpositionen umgeschaltet, oder ein elektrisches Summensignal mehrerer Mikrofone gebildet werden, dass anschließend der Elektronik zugeführt wird.

In ersten Untersuchungen wurde eine aktive Schalldämpferkassette mit sieben Mikrofonen bestückt und die Mikrofon-signale summiert. In Abbildung 7 sind die am Prüfkanal

ermittelten Pegeldifferenzen für verschiedene Mikrofonkombinationen dargestellt. Zunächst wurde die Pegeldifferenz zwischen ein- und ausgeschaltetem Zustand für das mittlere Mikrofon (M4) ermittelt. Dann wurde die Pegeldifferenz bei zugeschaltetem Mikrofon M1 (links) und M7 (rechts), und anschließend für die summierten Signale aller sieben Mikrofone (M1 bis M7) ermittelt. Bei der Versuchsdurchführung wurde die maximale stabile Rückkopplungsverstärkung gewählt.

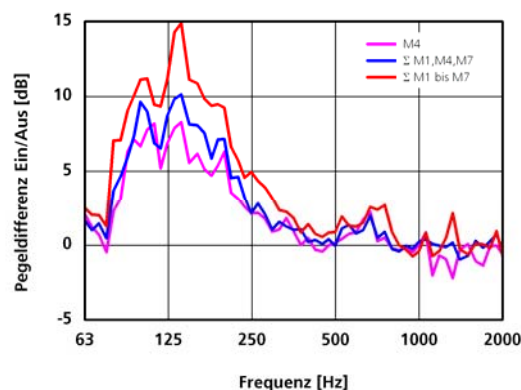


Abbildung 7: Pegeldifferenz zwischen ein- und ausgeschaltetem Zustand der aktiven Schalldämpferkassette bei unterschiedlichen Mikrofonkombinationen.

Unter Annahme gleicher Einstellung an der Stabilitätsgrenze ist aus Abbildung 7 abzuleiten, dass durch Zuschalten der Mikrofone die Systemstabilität erhöht wird und dadurch ein Dämpfungsgewinn erzielt werden kann.

Zusammenfassung

Durch Änderung der Mikrofonposition konnte beim Kompaktschalldämpfer, im Hinblick auf den A-bewerteten Summenpegel, eine Pegelminderung von 10 dB erzielt werden. Eine neue Qualität, die weitgehend unabhängig vom Geräuschspektrum der Heizungsanlage ist. Durch den Einsatz weiterer Mikrofone könnten durch Umschalten zwischen den Mikrofonen unterschiedliche Dämpfungsanforderungen realisiert werden. Erste Untersuchungen deuten darauf hin, dass durch Summieren von Mikrofonensignalen die Systemstabilität erhöht werden kann. Dies könnte sich auch beim Einsatz aktiver Schalldämpfer bei höheren Strömungsgeschwindigkeiten vorteilhaft auswirken.

Die Entwicklung des Kompaktschalldämpfers wurde mit Unterstützung der Kutzner+Weber GmbH durchgeführt.

Literatur

- [1] Leistner, P. et al.: Schallabsorber und Schalldämpfer. Teil 4: Absorber mit aktiven Komponenten. Bauphysik 24 (2002), S. 361-367
- [2] Kristen, R.: Aktiver Rohr-Schalldämpfer mit abstimmbarer Dämpfung. Diplomarbeit Fachhochschule Stuttgart – Hochschule für Technik (2005)
- [3] Leistner, P.: Gestaltungs- und Einsatzvarianten aktiver Resonatoren. DAGA 2006