

Karlheinz Bay, Philip Leistner, Michael Krämer, Norbert Rambausek

## Anpassung und Anwendungen von Aktiv-Schalldämpfern

### Einleitung

Seit einigen Jahren werden Aktiv-Schalldämpfer zur Bedämpfung tiefer Frequenzen eingesetzt. In Kanalsystemen wie Lüftungs- und Heizungsanlagen sowie an Kanalöffnungen z.B. bei Klimageräten tragen kompakte aktive Resonatoren zur Reduzierung der Ventilator- oder Brennergeräusche bei. Die Nachfrage, mit immer weniger Platz immer mehr tiefrequent dominierte technische Lärmquellen zu beruhigen, führt zu neuen Einsatzfällen mit zum Teil angepassten Komponenten. Der Aufbau eines aktiven Resonatorschalldämpfers ist in **Bild 1** skizziert.

Die 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. In Abhängigkeit der Mikrofonposition zur zu bedämpfenden Schallquelle (upstream/downstream), kann das Dämpfungsmaximum zu höheren bzw. zu tieferen 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 ebenfalls in **Bild 1** dargestellt. Zum Schutz werden die elektromechanischen Komponenten durch eine Folie vom Abgasstrom getrennt. Der aktive Resonator-Schalldämpfer wurde so abgestimmt, um eine optimale Dämpfung im Bereich von 63 Hz zu erzeugen (**Bild 2**). Auf Grund von Änderungen des Einsatzbereichs und im Hinblick auf eine Reduzierung des A-bewerteten Summenpegels sollte der aktive Resonator an die neuen Geräuschspektren der Heizungsanlagen angepasst

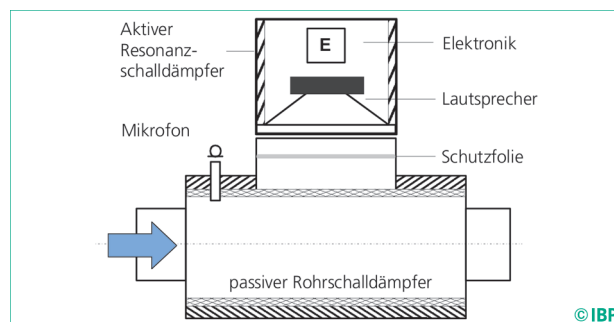


Bild 1: Aufbau eines Kompaktschalldämpfers bestehend aus aktivem Resonator- und passivem Rohr Schalldämpfer.

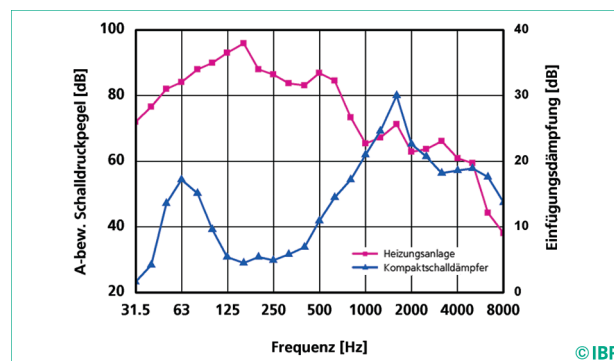


Bild 2: A-bewertete Schalldruckpegel im Abgasrohr einer Heizungsanlage im Vergleich zum Dämpfungsspektrum des Kompaktschalldämpfers.

werden. Zum Vergleich ist beispielhaft ein solches Spektrum ebenfalls in **Bild 2** aufgetragen.

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 **Bild 3** sind die im Prüfstand ermittelten Einfügungsdämpfungen dargestellt.

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.

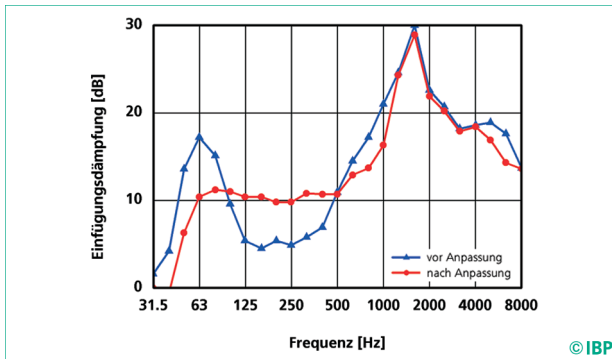


Bild 3: Einfügungsdämpfung vor und nach Anpassung des Kompaktschalldämpfers.

### Einsatz von Mikrofonarrays

Wie aus der Anpassung des Kompaktschalldämpfers ersichtlich ist, könnte durch den Einbau eines zweiten Mikrofons zwischen beiden Dämpfungsspektren (**Bild 3**) umgeschaltet werden. Dies legt den Einsatz mehrerer Mikrofone nahe [3]. Durch die in **Bild 4** dargestellte Anordnung könnte zum einen zwischen den einzelnen Mikrofonpositionen umgeschaltet, oder ein elektrisches Summensignal mehrerer Mikrofone gebildet werden, das anschließend der Elektronik zugeführt wird.

In ersten Untersuchungen wurde eine aktive Schalldämpferkassette mit sieben Mikrofonen bestückt und die Mikrofon-signale summiert. In **Bild 5** 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.

Unter Annahme gleicher Einstellung an der Stabilitätsgrenze ist aus **Bild 5** abzuleiten, dass durch Zuschalten der Mikrofone die Systemstabilität erhöht wird und dadurch ein Dämpfungsgewinn erzielt werden kann.

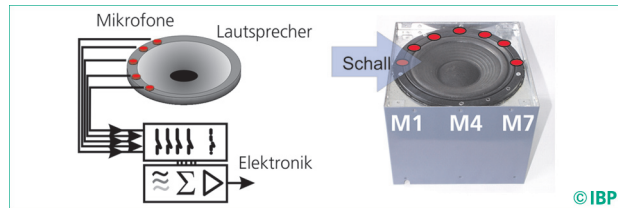


Bild 4: Anordnung von Mikrofonen um den Lautsprecher(links) und aktive Schalldämpferkassette mit Mikrofon-Korona (rechts).

### 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.

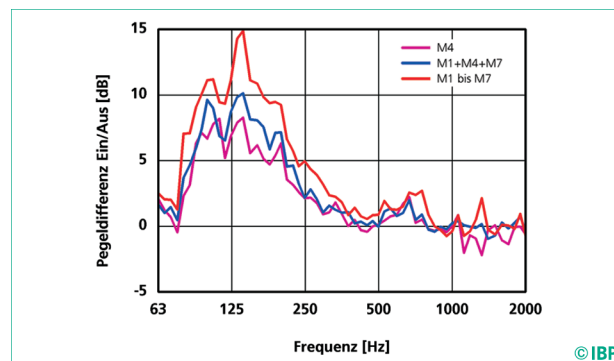


Bild 5: Pegeldifferenz zwischen ein- und ausgeschaltetem Zustand der aktiven Schalldämpferkassette bei unterschiedlichen Mikrofonkombinationen.

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, DEGA 2006, S. 141-142, CD-Rom.



**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**