

## Gestaltungs- und Einsatzvarianten aktiver Resonatoren

Philip Leistner

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

### Einleitung

Die Hinzunahme der Kategorie „aktiv“ bedeutet für akustische Resonatoren an sich keine neu hinzukommenden akustischen Elemente oder Komponenten. Ihre Wirksamkeit wird jedoch durch die Integration elektromechanischer oder elektroakustischer Wandler verändert und gesteigert. Zur Beschreibung der aktiven Resonatoren sind akustische und regelungstechnische Modelle und Methoden zu verknüpfen [1], da die Wechselwirkung der Resonator-Elemente mit den jeweils anregenden akustischen Größen (Schalldruck etc.) erfasst und gleichzeitig beeinflusst wird. Einige Gestaltungsvarianten haben bereits praktische Bedeutung als Schalldämpfer im technischen Schallschutz erlangt [2,3]. In Abb. 1 ist eine aktive Schalldämpfer-Kassette mit ihren wesentlichen Bestandteilen gezeigt.

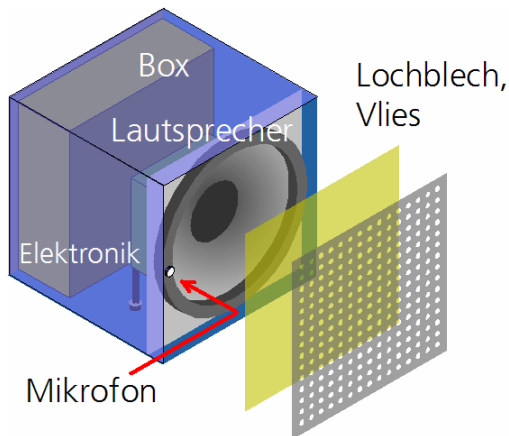


Abbildung 1: Aufbau und Bestandteile einer aktiven Schalldämpfer-Kassette [1,2].

Die Nachfrage, mit immer weniger Platz immer mehr tieffrequent dominierte technische Lärmquellen zu beruhigen, führt zu neuen Einsatzfällen mit zum Teil angepassten Komponenten.

### Modifikationen

Ausgehend vom Aufbau in Abb.1, die sich vereinfacht als aktivierter akustischer Masse-Feder-Resonator betrachten lässt, bestehen technisch einfache und auch preislich unerhebliche Veränderungen in der Verwendung zusätzlicher Mikrofone. Eine Variante stellt die Nutzung eines Mikrofons in der Box hinter dem Lautsprecher dar [3], um das Dämpfungsspektrum des Resonators im Bereich von etwa einer Oktave zu variieren. Bezogen auf die Anwendung im Kanal (bei streifendem Schalleinfall) führt eine unterschiedliche Positionierung des Mikrofons nach Abb. 2 zu einer ähnlichen Variabilität, allerdings mit anderer akustischer Ursache. Die Bezeichnung ‚upstream‘ beschreibt die Mikrofonposition in Richtung der Schallquelle. Standardmäßig installiert, kann per Schalter zwischen den Mikrofonsignalen gewech-

selt werden. Aber auch das Summensignal kann von praktischem Vorteil sein.

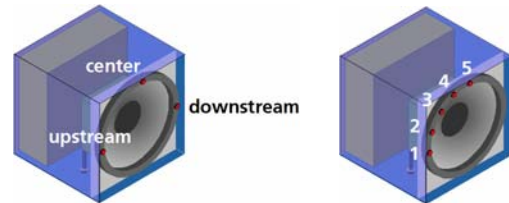


Abbildung 2: Positionierung mehrerer Mikrofone vor dem bzw. am Rand des Lautsprechers zur Einstellung des Dämpfungsspektrums.

Der Effekt auf die Dämpfung ist in Abb. 3 beispielhaft dargestellt. Als Vergleich bei gleichen Dimensionen dient ein passiver Schalldämpfer mit entsprechender Baugröße.

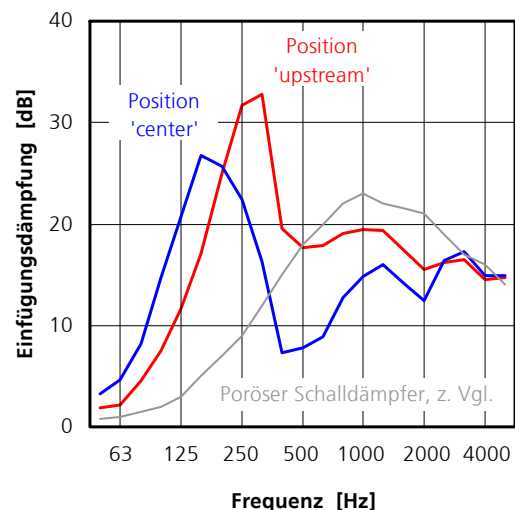
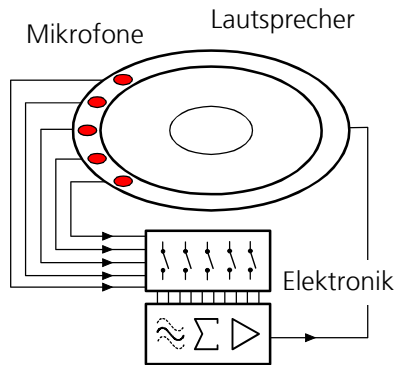


Abbildung 3: Gemessene Einfügungsdämpfung Aktiver Schalldämpfer-Kassetten in Kulissen (Breite und Spaltweite 200 mm, Länge 500 mm) mit unterschiedlicher Mikrofonposition (siehe Abb. 2) im Vergleich zu einem passiven Schalldämpfer gleicher Abmessung.

Die Nutzung des Summensignals einer Mehrzahl von Mikrofonen (Abb. 2, rechts) geht einen Schritt weiter, um auf praktische Randbedingungen zu reagieren:

- Stabilität des Regelkreises; Diese ist vorwiegend bei hohen Frequenzen zu beachten und durch Überlagerung mehrerer Mikrofonensignale erhöht.
- positionsabhängige Wirkung bei Stehwellen im Kanal; Gerade die Schalldruckminima werden in Kanälen endlicher Länge z.T. von einem Mikrofon nicht detektiert. Diese Gefahr sinkt bei Erfassung an unterschiedlichen, wenn auch eng benachbarten Orten in Schallausbreitungsrichtung.

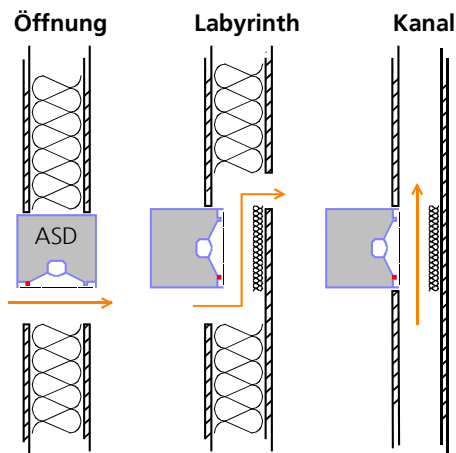
- Dämpfungswirkung bei höheren Strömungsgeschwindigkeiten ( $< 10$  m/s); Die 'Trennung' von kohärentem Schallsignal und inkohärenten strömungsinduzierten Signalen bei der Signalerfassung mit mehreren Mikrofonen ist eine bereits früher verfolgte Absicht [4]. Der theoretisch beachtliche Effekt ist zwar praktisch nicht ganz erreichbar. Angesichts des geringen Aufwandes (Abb. 4) lohnt sich jedoch jede Verbesserung



**Abbildung 4:** Schematische Darstellung der schaltungstechnischen Verwertung der Signale von mehreren Mikrofonen (Abb. 2, rechts) bei einem Aktiven Schalldämpfer.

### Anwendungsfälle

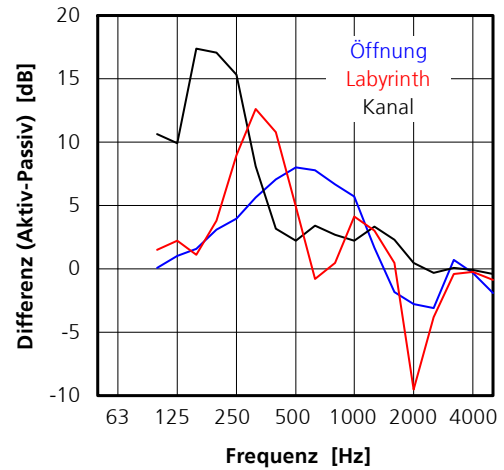
Die Verwendung in Strömungskämen ist sicher ein wesentliches Einsatzgebiet. In nahezu unveränderter Form können die aktiven Resonatoren z.B. auch bei Lüftungsöffnungen in Wänden (von Kapseln, Kabinen, zwischen Räumen u. dgl.) zur Erhöhung der tieffrequenten Schalldämmung beitragen. In Abb. 5 sind drei unterschiedliche Einbauvarianten dargestellt, mit dem geraden Kanal als bereits bekannter Konfiguration.



**Abbildung 5:** Einbauvarianten Aktiver Schalldämpfer an Wandöffnungen sowie im Kanal (Vergleich)

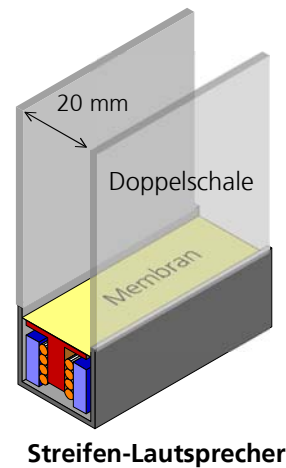
Die Differenzen der Schalldämmung und Einfügungsdämpfung zwischen ein- und ausgeschalteten Aktiven Schalldämpfern sind in Abb. 6 gegenübergestellt. Beim Kanal stellt sich die erwartete, deutlich hörbare Wirkung ein. Die Bedämpfung der Öffnung liegt auf niedrigerem Niveau, ist breitbandiger und zu höheren Frequenzen verschoben. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass der Schall aus dem Sende-raum nicht nur streifend sondern auch schräg auf die Kassette einfällt. In dieser Hinsicht liegt das Labyrinth zwischen

den Fällen 'Öffnung' und 'Kanal'. Die erhöhte Schalldämmung zwischen 250 und 500 Hz steht dabei im Kontrast zur 'Einstrahlung' bei 2 kHz. Falls diese von praktischer Bedeutung wäre, ließe sie sich durch ein verlängertes Labyrinth vermeiden. Attraktiver ist jedoch auch hier der Einsatz mehrerer Mikrofone (Abb. 4).



**Abbildung 6:** Gemessene Differenz der Schalldämmung (Öffnung und Labyrinth nach Abb. 5, Bezugsfläche und Öffnungsfläche  $0,015$  m<sup>2</sup>) und der Einfügungsdämpfung (Kanal nach Abb. 5, freier Spaltfläche  $0,015$  m<sup>2</sup>) mit zwischen ein- und ausgeschalteten Aktiven Schalldämpfern.

Der Suche nach neuen Sensoren und Aktuatoren widmet sich das von der EU geförderte Projekt InMAR (Intelligent materials for Active Noise Reduction). Ein Beispiel mit neuen Einsatzsichtungen - auch in Labyrinth-Systemen - zeigt Abb. 7.



**Abbildung 7:** Streifen-Lautsprecher (schematische Darstellung, Technofirst S.A.) für aktive Resonatoren zur Bedämpfung des Zwischenraumes von Isolierglasscheiben.

### Literatur

- [1] Krüger, J.: Berechnung und praktischer Einsatz aktiv absorbierender Schalldämpfer. Shaker-Verlag, Aachen, 1999.
- [2] Leistner, P., Meneghin, G., Sklenak, B.: Aktive Schalldämpfer für Raumklimageräte. HLH 51 (2000) 7.
- [3] Bay, K., Brandstät, P., Krämer, M.: Modellierung aktiver Kompaktschalldämpfer. DAGA 2006.
- [4] Drotleff, H.: Turbulenzgeräusch in Hybriden Schalldämpfer-Kassetten. Diplomarbeit FhT Stuttgart, 1995.