

Aktive Schalldämpfer in Strömungskanälen

Karlheinz Bay, Philip Leistner

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

Einleitung

In Strömungskanälen wird die Dämpfung aktiver Schalldämpfer oft durch turbulente Anströmung und den damit verbundenen Strömungsgeräuschen am Mikrofon beeinträchtigt.

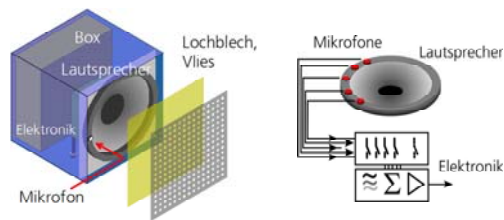


Abbildung 1: Links: Aufbau des aktiven Resonator-Schalldämpfers. Rechts: Konfiguration mit mehreren Mikrofonen.

Der Aufbau einer aktiven Schalldämpferkassette (ASDK) ist in **Abbildung 1** skizziert. Der Lautsprecher und das im Gehäuse eingeschlossene Rückvolumen bilden ein Feder-Masse System, das durch Rückkopplung des Mikrofonsignals über die Elektronik an den Lautsprecher aktiv unterstützt wird. Durch Einsatz mehrerer Mikrofone in unmittelbarer Umgebung des Lautsprechers (Mikrofon-Korona [1]) und Verknüpfen der elektrischen Signale können strömungsinduzierte Geräusche reduziert werden. Die Wirkung aktiver Schalldämpfer wird dadurch verbessert. Bei strömungsinduzierten Geräuschen sind zwei Fälle zu unterscheiden: zum einen eine ungleichmäßige Anströmung eines oder mehrerer Mikrofone an einer ungünstigen Position, die zu einer Pegelerhöhung bei tiefen Frequenzen führt und zum anderen gleichmäßig verteilte Strömungsgeräusche, die sowohl in unmittelbarer Umgebung der Schalldämpferkassette als auch an den Mikrofonen selbst entstehen, jedoch nicht auf eine exponierte Position der Mikrofone zurückzuführen sind. In beiden Fällen sollte die Summierung inkohärenter (strömungsinduzierter) und kohärenter (zu bedämpfender) Geräusche zu einer Verbesserung des Störgeräuschabstandes beitragen.

Ungleichmäßige Anströmung der Mikrofone

In [2] wurde die Wirkung einer aktiven Schalldämpferkassette mit mehreren Mikrofonen bei Strömung untersucht. Bei extrem ausgerichteter Anströmung der Mikrofone konnte eine Reduzierung der Einstrahlung bei tiefen Frequenzen durch das Zuschalten von Mikrofonen ermittelt werden.

Dies konnte im Rahmen des EU-Projekts InMAR zur Reduzierung der Lüftergeräusche eines Klimagerätes (HVAC-Unit) eingesetzt werden. In **Abbildung 2** ist dieses Klimagerät skizziert. Sowohl saugseitig (Einlass) als auch

druckseitig (Auslass) sind die Lüftergeräusche durch aktive Schalldämpfer zu reduzieren.

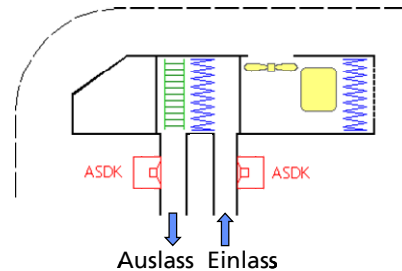


Abbildung 2: Prinzipskizze der HVAC-Unit.

In **Abbildung 3** sind die im Abstand von 30 cm vom Auslass ermittelten A-bewerteten Schalldruckpegel dargestellt. Deutlich ist bei ausgeschalteten aktiven Schalldämpfern der Drehklang des Ventilators bei 250 Hz zu erkennen.

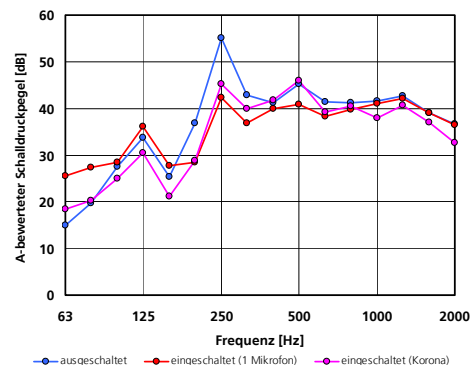


Abbildung 3: Druckseitige A-bewertete Schalldruckpegel in Abhängigkeit der Frequenz.

In einer ersten Messserie wurden druck- und saugseitig aktive Schalldämpferkassetten mit einem Mikrofon eingesetzt. Wie in **Abbildung 3** dargestellt, konnte der Drehklang des Ventilators um ca. 10 dB reduziert werden. Allerdings wurde der Pegel bei Frequenzen unter 125 Hz erhöht. Weitere Untersuchungen erbrachten, dass der Auslasskanal eine sehr ungleichmäßige Strömung aufwies. Die Pegelerhöhung wurde auf die direkte Anströmung des Mikrofons zurückgeführt. In einer weiteren Messserie wurde daher druckseitig eine Schalldämpferkassette mit mehreren Mikrofonen (Korona) eingesetzt. Dadurch konnte die Einstrahlung bei tiefen Frequenzen deutlich vermindert werden.

Untersuchungen im Strömungskanal

Im akustischen Strömungskanal besteht die Möglichkeit, Untersuchungen bei Strömung ohne überlagertes Ventilatorgeräusch und mit gezielter akustischer Anregung durch-

zuführen. In **Abbildung 4** ist der Messaufbau schematisch dargestellt. Zwei aktive Schalldämpferkassetten, bestückt mit einem Mikrofon (ASDK 1) und mit drei Mikrofonen (ASDK 2), wurden bei einer freien Kanalbreite von 250 mm und gegenüber angebrachtem porösen Absorber ($d = 50$ mm) in den Strömungskanal eingebaut. Die im Empfangsraum ermittelten Pegeldifferenzen zwischen ein- und ausgeschaltetem Zustand sind in **Abbildung 4** schmalbandig und in Terzen dargestellt.

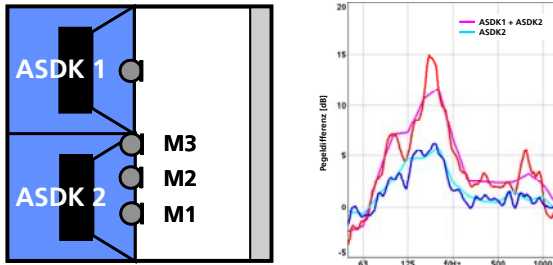


Abbildung 4: Links: Kanaleinbau der aktiven Schalldämpferkassetten. Rechts: Pegeldifferenz bei akustischer Anregung für beide Kassetten (ASDK 1 und ASDK 2) und einer Kassette (ASDK 2).

Alle folgenden Untersuchungen wurden nur mit der Kassette (ASDK 2) mit 3 Mikrofonen durchgeführt. Zunächst wurden die Mikrofonsignale M1, M2 und M3 sowie das Summensignal für die beiden extremen Fälle akustische Anregung ohne Strömung und Strömung ohne akustische Anregung ermittelt.

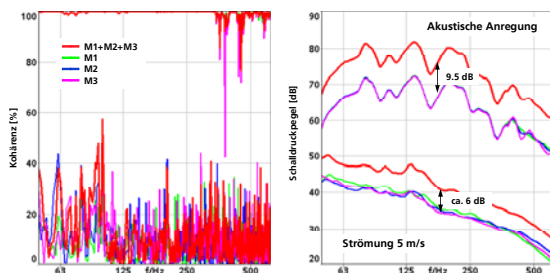


Abbildung 5: Links: Kohärenz. Rechts: Schalldruckpegel am Mikrofon.

Wie zu erwarten und aus **Abbildung 5** ersichtlich, liegt im Fall akustischer Anregung Kohärenz der Mikrofonsignale vor. Das Summensignal der drei Mikrofone wird entsprechend um 9,5 dB erhöht. Im Fall von Strömung liegt keine Kohärenz vor. Das Summensignal erhöht sich um ca. 6 dB. Dies zeigt gute Übereinstimmung mit der Theorie; bei inkohärenten Geräuschen sollte allerdings nur eine Erhöhung von 4,7 dB vorliegen. Es stellt sich die Frage, in wie fern dieser Effekt zur Verbesserung der Schalldämpfung bei Strömung umgesetzt werden kann. Im Allgemeinen befindet sich dieser Bereich zwischen den beiden zuvor dargestellten Extremen. In **Abbildung 6** sind die ermittelten Pegelminderungen bei Strömungsgeschwindigkeiten von 5, 15 und 25 m/s mit überlagerter akustischer Anregung dargestellt. Die Abnahme der Pegeldifferenz bei ansteigender Strömungsgeschwindigkeit ist ersichtlich. Maximale Pegeldifferenzen werden bei allen Strömungsgeschwindigkeiten sowie bei akustischer Anregung ohne Strömung [3] bei Ansteuerung mit dem Summensignal erzielt. Bei einer

Strömungsgeschwindigkeit von 25 m/s ist für die Ansteuerung mit dem Summensignal im Bereich von 160 Hz und 200 Hz ein Anstieg der Pegeldifferenz gegenüber den einzelnen Mikrofonen zu verzeichnen.

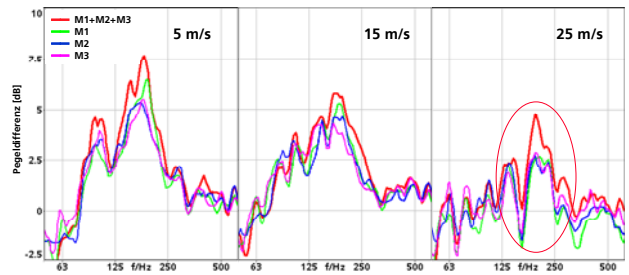


Abbildung 6: Vergleich Pegelminderung bei Ansteuerung der ASDK2 mit dem Mikrofon M1, M2 und M3 sowie dem Summensignal. Parameter: Strömungsgeschwindigkeit.

Werden die am Mikrofon ermittelten Schalldruckpegel für das Strömungsgeräusch bei 25 m/s im Vergleich zur akustischen Anregung aufgetragen, so weist das Summensignal eine Reduzierung des Strömungsgeräusches auf (**Abbildung 7**). Dies deutet darauf hin, dass nur im Grenzbereich, der Verdeckung durch das Strömungsgeräusch, eine wesentliche Verbesserung des Störgeräuschabstandes auftritt.

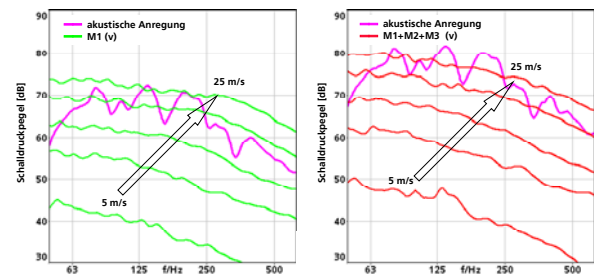


Abbildung 7: Schalldruckpegel des Strömungsgeräusches und der akustischen Anregung. Links: für das Mikrofon M1. Rechts: für das Summensignal.

Zusammenfassung und Ausblick

Durch den Einsatz aktiver Schalldämpfer mit mehreren Mikrofonen wird sowohl bei akustischer Anregung als auch bei überlagerter Strömung eine Verbesserung der Dämpfungswirkung erreicht. Im Fall von Strömungsgeräuschen entspricht das Verhalten im Grenzbereich dem kohärenter und inkohärenter Signale. Im Hinblick auf die Verbesserung der Dämpfung bedarf es jedoch noch weiterer Untersuchungen.

Die Untersuchungen zur Minderung von Lüftergeräuschen an der HVAC-Unit wurden im Rahmen des EU-Projekts InMAR durchgeführt.

Literatur

- [1] Leistner, P.: Gestaltungs- und Einsatzvarianten aktiver Resonatoren. DAGA 2006
- [2] Hahn, M.: Aktive Schalldämpfer mit mehreren Mikrofonen. Diplomarbeit: Fachhochschule Oldenburg (2007)
- [3] Bay, K.; Leistner, P.: Anpassung und Anwendungen von Aktiv-Schalldämpfern, DAGA 2007