

44 (2017) NEUE FORSCHUNGSERGEBNISSE, KURZ GEFASST

Thomas Busse, Peter Brandstät, Karlheinz Bay

ANWENDUNG AKTIVER SCHALLDÄMPFER AN EINER FENSTERLÜFTUNG

Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP

Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart
Telefon +49 711 970-00
info@ibp.fraunhofer.de

Standort Holzkirchen
Fraunhoferstraße 10, 83626 Valley
Telefon +49 8024 643-0

www.ibp.fraunhofer.de

Literatur

[1] Akustisches System mit einem Gehäuse mit adsorbierendem Pulver.

Patentanmeldung DE 102013210696, 2014.

[2] Busse, T.: Anwendung aktiver Schalldämpfer an einer Fensterlüftung. Bachelorarbeit; Lehrstuhl für Bauphysik, Universität Stuttgart (2016).

[3] Bay, K., Brandstät, P. und Krämer, M.: Modellierung aktiver Kompaktschalldämpfer. IBP-Mitteilung 471; Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Stuttgart (2006).

EINLEITUNG

Die am Fraunhofer IBP entwickelten aktiven Schalldämpfer (ASD) verwenden üblicherweise einen Lautsprecher und ein Mikrofon, das in der Nähe der Lautsprechermembran angeordnet ist. Bei rein akustischer Anregung lassen sich damit stabile Systeme im Sinne einer Feedback-Schleife herstellen, so dass insgesamt sehr kompakte Schalldämpfer möglich sind. Zur Erzeugung eines tieffrequent wirksamen Systems ist jedoch ein hoher Schallfluss notwendig, der entsprechend große Lautsprecherboxen benötigt. Dafür fehlt jedoch häufig der Platz. Eine neue Entwicklung basiert einerseits auf einer Manipulation des Boxvolumens mit einer speziellen Füllung [1] aus adsorbierendem Pulver, andererseits werden statt einer großen Box mehrere kleine, platzsparende Aktivmodule verwendet, die auf tiefere Frequenzen abgestimmt werden können. Diese zeilenartige Anordnung ist als neue Anwendung an einem Fensterspalt zur kontrollierten Lüftung so zu integrieren, dass die von außen eindringenden Geräusche im Raum reduziert werden.

ZIEL

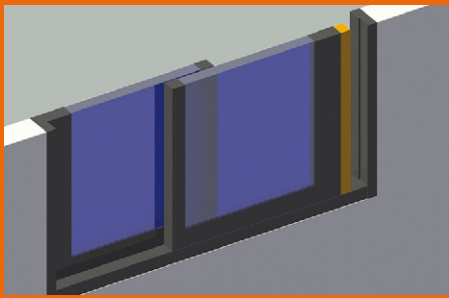
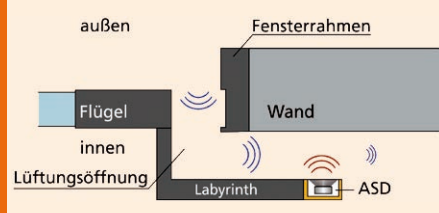
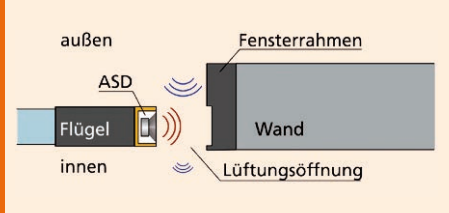
Als konkreter Einsatzfall wird die Wirksamkeit von aktiven Schalldämpfern am Lüftungsspalt eines teilgeöffneten Schiebefensters auf die Schalldruckpegelminderung untersucht [2]. Dazu dienen zwei Aufbauten der Fensterlüftung mit unterschiedlichen Konfigurationen der aktiven Schalldämpfer unter Laborbedingungen.

Die Bilder 1a und 1b zeigen die Anbringung der ASD direkt an der Fensteröffnung und seitlich an einem Labyrinth.

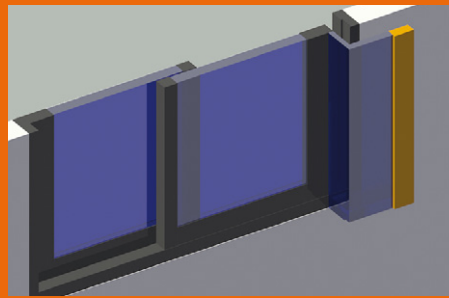
VORGEHENSWEISE

In einem ersten Schritt wurde der Prototyp eines neuen aktiven Schalldämpfers entworfen, welcher es erlaubt, auf möglichst einfache Art verschiedene Konfigurationen zu untersuchen (Bild 2). Um Referenzwerte für die Wirkung der einzelnen aktiven Schalldämpferkonfigurationen zu bestimmen, fanden erste messtechnische Untersuchungen an einem modifizierten Kanal statt, an dem die Dämpfung unter verschiedenen Bedingungen ermittelt wurde. Im Kanal liegt dabei ein ebenes Wellenfeld vor. Zudem wurden verschiedene Anordnungen zum Aufbau des Lüftungsspalt getestet.

Da der modifizierte Kanal eine Öffnung von 20 Zentimetern hat, kann genau ein ASD-Modul eingesetzt werden. Das Fenster weist aber eine Öffnung von 100 Zentimetern Länge auf, deshalb wird die als optimal ermittelte Konfiguration in Form eines Schalldämpfer-Arrays, bestehend aus fünf ASD, am Fenster angebracht. Dieser Aufbau wurde an einem Windkanal getestet. In einer ersten Messreihe wurde untersucht, ob die Verwendung von mehreren ASD zu einer Wechselwirkung untereinander und damit zur Verringerung der Dämpfung führt. Im Weiteren ist im Windkanal die Auswirkung von Strömung auf die Wirkung



1 a



1 b



2

der ASD untersucht worden. Um einem möglichst realistischen (diffusen) Schalleinfall zu erhalten, ist am Windkanal ein laterales Schallfeld zu erzeugen. Dieses Schallfeld stellt eine Zwischenform aus streifenförmigem und diffusem Schalleinfall dar.

Abschließend wurde das Fenster mit Labyrinth und am Windkanal eingestellten ASD im Fensterprüfstand eingebaut, das Schalldämmmaß bestimmt und mit dem Schalldämmmaß einer unbedämpften oder mit passiven Schallabsorbieren bedämpften Fensterlüftung verglichen.

AUFBAU DER AKTIVEN SCHALLDÄMPFER NACH DEM FEEDBACK-PRINZIP

Unter aktiven Schalldämpfern sind Masse-Feder-Systeme zu verstehen, welche aus einem Mikrofon, einem oder mehreren Lautsprechern, einer Elektroneinheit mit Verstärker sowie einem Gehäuse mit Rückvolumen bestehen. Vereinfacht beschrieben, fungiert die Membran der Lautsprecher als Masse und das zugehörige Rückvolumen mit optionaler Pulveraktivkohle als modifizierter Feder [1]. Trifft die Schallwelle auf die Membran, nimmt das Schwingensystem Energie aus der Schallwelle auf und verursacht eine Dämpfung des Schalls. Wie für Masse-Feder-Systeme üblich, findet die größte Anregung der Membran im Bereich der Resonanzfrequenz statt. Die Schwingungen lassen sich noch intensivieren, indem ein Mikrofon das Signal nahe am Lautsprecher erfasst und, über die Elektroneinheit verstärkt, an die Schwingspule des Lautsprechers zurückführt. Bei diesem Vorgang spricht man von einer akustischen Rückkopplung oder auch Feedback des Systems [3]. Um die Stabilität des Feedback-Systems zu gewährleisten, werden gegenüber aktiven Schalldämpfern in der Regel poröse Absorber befestigt.

ERGEBNISSE

Bei der Verwendung der ASD direkt an der Fensteröffnung zeigte sich eine Dämpfung von 6 dB bei 250 Hz. Unter Verwendung

des Labyrinths konnte die Dämpfung durch die aktiven Schalldämpfer auf bis zu 15 dB gesteigert werden. Breitbandig auf den Frequenzbereich von 160 bis 400 Hz betrachtet, betrug die Dämpfung ca. 9 dB. Aufgrund dieser Messergebnisse eignet sich das Labyrinth an der Fensterlüftung als Grundlage für weitere Untersuchungen.

Im Windkanal wurde festgestellt, dass sich die unterschiedlichen ASD zwar gegenseitig beeinflussen, dies aber nicht zu einem Verlust der Systemstabilität führt. Die Bedämpfung durch das aktive Schalldämpfer-Array liegt mit 10 dB bei 300 Hz etwas niedriger als die Bedämpfung der einzeln eingesetzten ASD. Am Windkanal zeigte sich zudem die Auswirkung von Luftströmungen in der Fensteröffnung. Dabei sinkt die Dämpfung über den gesamten Frequenzbereich um etwa 2 dB. Dies entspricht den Erwartungen, da an den Mikrofonen der aktiven Schalldämpfer im Laboraufbau ohne Windschutz Verwirbelungen auftreten.

Des Weiteren wurde im Windkanal untersucht, welche Auswirkungen ein lateraler Schalleinfall auf die Dämpfung zeigt, bei dem alle Schallfeldmoden im Kanal stark angeregt werden. Hierbei lag die erreichte Dämpfung aufgrund der unterschiedlichen Beanspruchung der aktiven Schalldämpfer

wieder um etwa 2 dB niedriger als bei streifendem Schalleinfall.

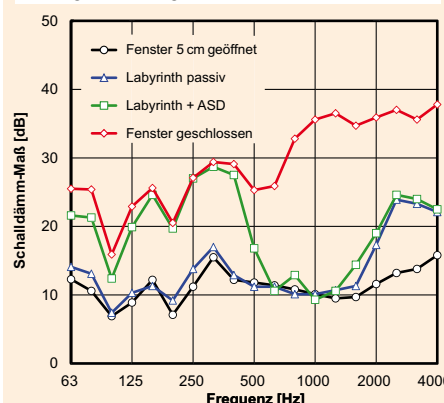
Abschließend wurde das Schalldämmmaß des Fensters sowie die Bedämpfung durch die aktiven Schalldämpfer im Fensterprüfstand ermittelt (Diagramm 1). Das bewertete Schalldämmmaß R_w liegt bei der Verwendung der aktiven Schalldämpfer am Labyrinth 4 dB über dem Schalldämmmaß des Fensters bei herkömmlicher Lüftung ohne aktive Schalldämpfer. Im Bereich tiefer Frequenzen ist im Verlauf der Schalldämmung eine deutliche Steigerung festzustellen. Ein passiver Schalldämpfer mit gleichen Abmaßen ist dagegen nur im hochfrequenten Bereich wirksam.

FAZIT UND AUSBLICK

Der Einsatz aktiver Schalldämpfer an einer Fensterlüftung zeigt vielversprechende Dämpfungsergebnisse. Zudem zeigen mehrere als Array angeordnete Schalldämpfer lediglich eine geringe Beeinflussung der ASD untereinander. Darauf aufbauend können aktiv bedämpfte Lüftungsöffnungen an Fenstern und Überströmelemente entwickelt werden, die größere Öffnungsbreiten unter Beibehaltung der Schalldämmung bzw. -dämmung ermöglichen. Durch weitere Abstimmung der einzelnen Komponenten der ASD sowie der Array-Anordnung besteht zusätzliches Potenzial zur Steigerung der Dämpfungswirkung.

Das schlanke Design der ASD erleichtert die Integration in bestehende Fenstersysteme. Damit rückt ein Fenster mit natürlicher Lüftung und geringer Beeinträchtigung durch Außenlärm in greifbare Nähe.

Diagramm 1: Schalldämmmaß R des Fensters mit unterschiedlich bedämpfem Lüftungsspalt im Vergleich zum geschlossenem Fenster



- 1 a+b Versuchsaufbauten mit ASD (gelb) an einer Lüftungsöffnung
a: direkt an der Fensterlüftung,
b: am Labyrinth.
- 2 Neuer Prototyp eines aktiven Schalldämpfer-Arrays.