

Schallintensität im Umfeld eines energiebasierten aktiven Schallreduktionssystems

Uli Krause¹, Delf Sachau¹

¹ Professur für Mechatronik, 22043 Hamburg, E-Mail: ukrause@hsu-hh.de

Einleitung

Die passive Dämmung von tieffrequentem Lärm ist mit einer großen Masse verbunden. Für eine Leichtbauanwendung ist diese Art der Lärmdämmung klotzig.

Deshalb werden aktive Systeme untersucht. Neue Ansätze der aktiven Lärminderung steuern direkt den Energiefluss in eine geschlossene Umgebung, z.B. die Kabine einer Leichtbaustruktur [2].

Im Umfeld so eines Systems wird im Rahmen dieses Beitrages die Schallintensität gemessen und untersucht.

Die Änderung der aktiven Schallintensität zwischen den Lärmquellen und dem aktiven System soll Aufschluss über die physikalische Wirkungsweise des aktiven Systems geben. Die Änderung des mittleren Schalldruckpegels in der Versuchsumgebung soll zusätzlich dazu die Wirksamkeit des Ansatzes aufzeigen.

Messaufbau

Abb. 1 zeigt die beiden sogenannten Primärquellen (dunkelblau), die den Primärschall erzeugen. Beide sind handelsübliche Lautsprecher.

Das aktive System umfasst zwei kleinere Lautsprecher (braun), die sogenannten Sekundärquellen, zwei Beschleunigungsaufnehmer auf der Membran jeder Lärmquelle und jeweils einer p - a Sonde. Diese besteht aus einem Mikrofon und einem Beschleunigungsaufnehmer und befindet sich vor den Sekundärquellen. Somit kann deren Schallintensität erfasst werden. Der Abstand zwischen Sekundär- und Primärquellen ist $h=20$ cm.

Das aktive System minimiert die gesamte aktive Schallleistung von Primär- und Sekundärquellen. Somit ist die aktive Schallintensität jeder Sekundärquelle gleich null [2]. Es wird daher angenommen, dass allein die Messung der aktiven Schallintensität der Primärquelle ausreicht um Aussagen zu treffen. Die Messebene befindet sich deshalb im Abstand $h/4$ zu dieser.

Eine Messung mit einer p - p Sonde scheidet mangels Platz aus. Die aktive Schallintensität wird stattdessen mit einer p - u Sonde der Fa. Microflown (Abb. 2) gemessen. Diese baut deutlich kleiner als eine p - p Sonde, siehe Abb. 1b. Zusätzlich kann mit der Sonde die Schnelle in drei Raumrichtungen zeitgleich gemessen werden. Hierdurch ist eine rasche Messung der räumlichen aktiven Schallintensität \vec{I}_A möglich [1,3,4].

In Abb. 2 ist das verwendete Messraster mit jeweils 121 Punkten vor jeder Primärquelle dargestellt. Die Rasterung beträgt 60 mm.

Die Schallintensitätssonde wurde manuell verschoben. Die Messzeit an einem Messpunkt beträgt 10 sec. Die Messsignale der Sonde wurden über einen von Microflown mitgelieferten Signalkonditionierer geglättet. Das Software-System Pulse von Brüel&Kjær wird genutzt um aus den drei

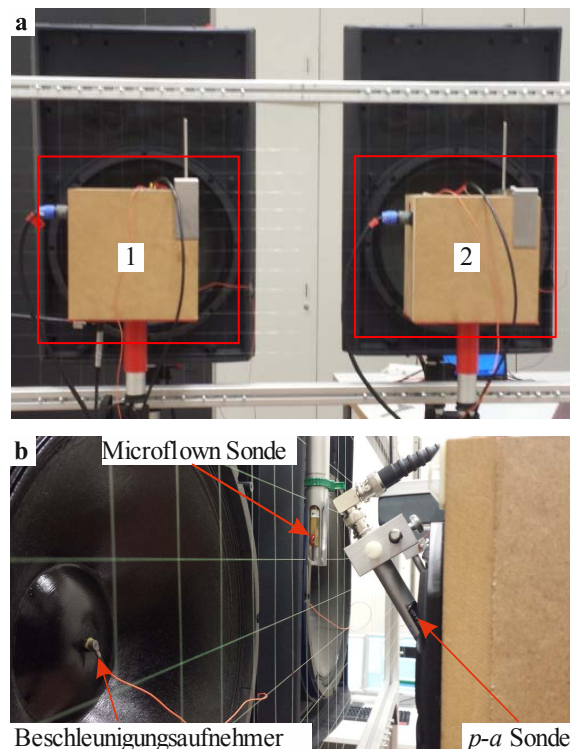


Abbildung 1: Aufbau des aktiven Systems mit Sensoren und Messraster.

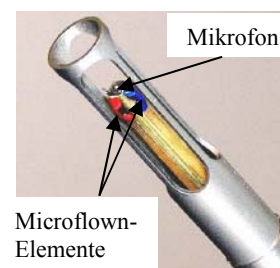


Abbildung 2: Verwendete p - u Sonde der Firma Microflown zur Messung der räumlichen Schallintensität.

Kreuzspektren von Schalldruck und räumlicher Schallschnelle die räumliche aktive Schallintensität \vec{I}_A zu bestimmen [1,3,4].

Zusätzlich zur Schallintensität ist der Schalldruckpegel für das Primärschall- und das Restschallfeld (mit aktivem System) an 541 Punkten in der Versuchsumgebung, einem $18 \times 5 \times 4,5$ m³ großen Labor, gemessen worden. Die Nachhallzeit beträgt im betrachteten Frequenzbereich ca. 0,6 s.

Ergebnisse

Abb. 3 zeigt die räumliche aktive Schallintensität des Primärschallfeldes vor beiden Lautsprechern für 315 Hz. Die Intensitätsvektoren sind nach außen gerichtet.

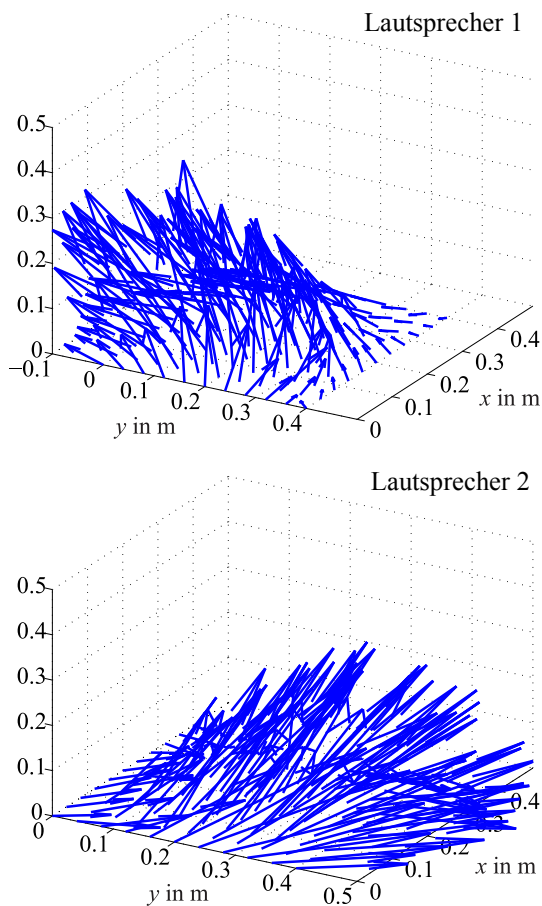


Abbildung 3: Aktive Schallintensität der Anregung im Maßstab 0.00007 W/m^3 .

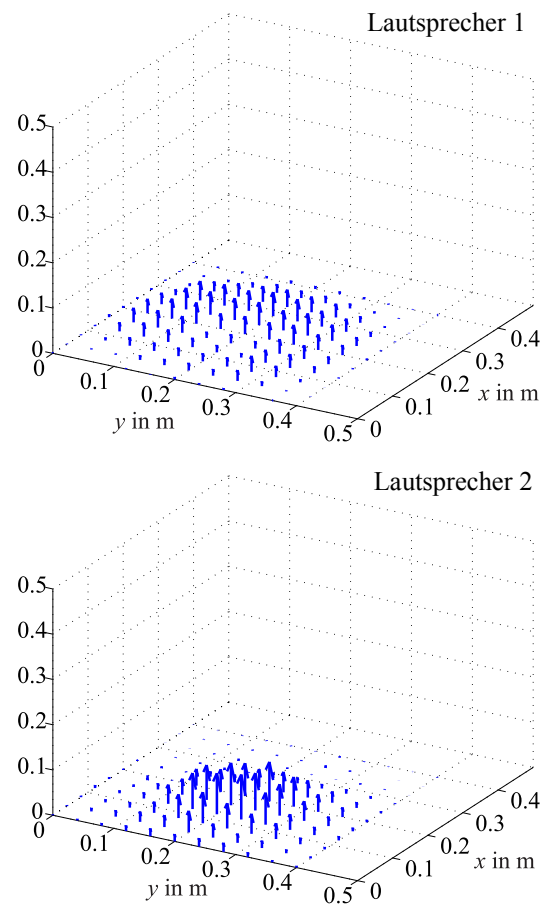


Abbildung 4: Aktive Schallintensität mit Schallreduktions-system im Maßstab 0.00007 W/m^3 .

Abb. 4 zeigen die deutlich kleiner gewordenen Schallintensitätsvektoren des Restschallfeldes. Die Schallabstrahlung erfolgt bei aktiven Sekundärquellen nahezu senkrecht von der Membran der Primärquelle in den Raum hinein.

Ähnliche Ergebnisse zeigten sich auch bei den anderen beiden untersuchten Frequenzen (100 Hz und 200 Hz), weshalb auf diese hier nicht im Detail eingegangen wird.

Der mittlere primäre und restliche Schallintensitätspegel ($L_{I,prim}$ und $L_{I,rest}$) über alle 242 Messpunkte ist in Tabelle 1 aufgeführt. Der Schallintensitätspegel sinkt um 9 dB für die dargestellte Frequenz von 315 Hz und auch für die beiden anderen Frequenzen.

Die Differenz aus mittlerem Primär- und Restschalldruckpegel ΔL_p über die 541 Messpunkte ist in Tabelle 1 rechts dargestellt.

Die Reduktion des Schalldruckpegels liegt bei über 15 dB für die untersuchten Frequenzen.

Schlussfolgerungen

Die Messergebnisse zeigen die Wirksamkeit des Gegenschallsystems. Die Messung der räumlichen aktiven Schallintensität ergibt eine deutliche Absenkung des Schallintensitätspegels. Darüber hinaus ist eine Änderung der Richtwirkung durch das aktive System eingetreten.

Tabelle 1: Übersicht der mittleren Schallintensitätspegel und der Reduktion des Schalldruckpegels

Frequenz in Hz	Messgröße in dB		
	$L_{I,prim}$	$L_{I,rest}$	ΔL_p
100	82.2	78.3	23.1
200	80.5	74.0	19.5
315	82.6	73.1	15.4

Literatur

- [1] Fahy, F.: Sound Intensity. Academic Press, 1990
- [2] Böhme, S.; Sachau, D.: Practical Implementation of a System for Adaptive Power Minimization. ICSV18, (2011)
- [3] Bruel&Kjaer: Primer: Sound Intensity, 1993.
- [4] Jacobsen F.; de Bree H.-E.: A comparison of two different measurement principles. Journal of the Acoustical Society of America 118 (3), 2005.