

St. Teply, K. Bay, P. Leistner

Verbesserung der tieffrequenten Schallabstrahlung kleiner Lautsprecher durch gekoppelte Membranelemente

1. Einleitung

Lautsprecher finden in der heutigen Zeit in immer mehr Gebrauchsgegenständen Anwendung. Waren dies früher nur Radio- oder Fernsehgeräte, so werden heute auch in mobilen Geräten, wie Mobiltelefonen oder MP3-Playern Lautsprecher eingesetzt. Aufgrund der mobilen Nutzung dieser Geräte stellen kompakte Abmessungen eines der Hauptentwicklungsziele dar. Diese Kompaktheit geht einher mit geringen nutzbaren Bauräumen des Lautsprechers innerhalb des Gerätegehäuses.

Ebenfalls Anwendung finden solche Lautsprecher in der aktiven Schalldämpfung. Auch hier spielt der begrenzte Bauraum eine wichtige Rolle. Ein geringer nutzbarer Bauraum steht aber im Widerspruch zu einem möglichst großen Gehäusevolumen des Lautsprechers, um eine möglichst breitbandige Schallabstrahlung zu gewährleisten. Vor allem der untere Bereich des Frequenzbandes lässt sich mit kleinen Gehäusevolumina oft nur schwer wiedergeben.

2. Ziel der Arbeit

Im Rahmen der Arbeit [1], die im Zusammenhang mit einem Forschungsprojekt am Fraunhofer-Institut für Bauphysik durchgeführt wurde, sollten möglichst kompakte Lautsprechersysteme entwickelt werden, die ihre Wirkung schon im tieffrequenten Bereich zeigen und Anwendung vor allem in der aktiven Schallbekämpfung finden.

Dieses tieffrequente Verbesserungspotential sollte dabei an kompakten Aluminiumgehäusen mit einer Kantenlänge von 50 mm in Verbindung mit einem ebenfalls vorhandenen Breitband-Lautsprecher der Marke Visaton des Modells FRWS 5 mit einem Widerstand von 4Ω untersucht werden. Dabei wurde das Aluminiumgehäuse durch 1 bis 4 seitliche Öffnungen variiert.

Ein Lösungsgedanke bestand darin, die Wirkung von Membranen an seitlichen Öffnungen dieser kompakten Gehäuse im Hinblick auf die Komprimierung des Luftvolumens im Inneren des Gehäuses zu untersuchen. Bei

einem geschlossenen Gehäuse wird das Luftvolumen im Inneren des Gehäuses bei Bewegung der Lautsprechermembran nach innen komprimiert. Wie in Bild 1 dargestellt, kann durch Einbau einer seitlich angebrachten, elastischen Membran nun das „verschobene Luftvolumen“ aufgenommen und so statt einer Komprimierung eine Formänderung des Luftvolumens erreicht werden. Erfolgt ein Antrieb dieser elastischen Membran, so kann die Lautsprechermembran als passiver Strahler betrachtet werden. Der axiale Antrieb des Lautsprechers wird durch einen lateralen Antrieb ersetzt, wodurch deutlich flachere Gehäuse konstruiert werden können (Bild 1).

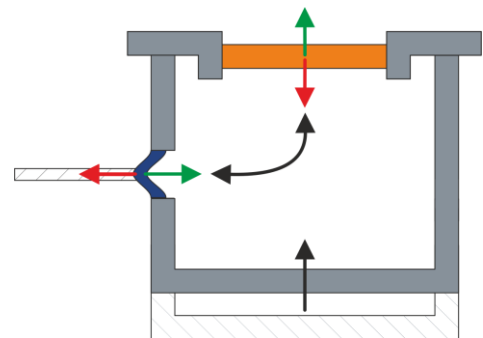


Bild 1: Darstellung des Ansatzes zur Anregung einer passiven Lautsprechermembran (orange) durch einen lateralen Antrieb unter Verringerung der benötigten Gehäusehöhe

3. Methodik

Die Untersuchungen der Lautsprechersysteme gliederten sich dabei folgendermaßen:

- Referenzmessung am geschlossenen Gehäuse,
- Untersuchung des Schallabstrahlverhaltens von Lautsprechersystemen mit seitlichen Öffnungen,
- Analyse der Wirkung von Membranen,
- Entwicklung eines Antriebs zur Anregung einer elastischen Membran,
- Überprüfung der Wirkungsweise des Antriebs und Schallabstrahlung der passiven Membran.

Alle Messungen fanden im Freifeldraum des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik, IBP in Stuttgart statt. Als Messgrößen dienten die Loudspeaker-Sensitivity (Schalldruckpegel in 1 m Abstand zur schallabstrahlenden Membran bei einer elektrischen Leistung von 1 W), die elektrische Impedanz und die Schnelle der einzelnen Membranen.

4. Ergebnisse

Für das geschlossene Lautsprechersystem ergab sich ein Anstieg der Resonanzfrequenz auf 456 Hz gegenüber einer Freiluftresonanzfrequenz des Chassis von 280 Hz mit einem für ein geschlossenes Gehäuse typischen konstanten Pegelanstieg bis zu dieser Frequenz.

Die Gehäuse mit seitlichen Öffnungen zeigen im Impedanzverlauf zwei charakteristische Resonanzpeaks und ein Minimum dazwischen, welche sich mit der Bildung eines Resonators und dem damit entstehenden Bassreflex-Systems erklären lassen. Bei Messungen auf dem Stativ zeigt sich im tieffrequenten Bereich, durch Druckausgleich zwischen Vorder- und Rückseite der Lautsprechermembran, kein Pegelgewinn. Messungen in einer Schallwand zeigen dagegen, durch Verhinderung des akustischen Kurzschlusses, einen deutlichen Pegelgewinn von über 10 dB bis zu einer Frequenz von etwa 350 Hz.

Elastische Membranen an den seitlichen Öffnungen wirken aufgrund ihres Bewegungsverhaltens und der zu hohen Steife zunächst ähnlich einer Gehäusewand. Bei Untersuchung des verschobenen Luftvolumens zwischen Lautsprecher- und elastischer Membran zeigt sich jedoch eine um den Faktor 10 höhere Auslenkung der elastischen Membran. Dies entspricht näherungsweise dem Flächenverhältnis zwischen der Lautsprechermembran und der elastischen Membran. Allerdings ist die aktive Fläche der elastischen Membran durch das unterschiedliche Bewegungsverhalten im Vergleich zu einer Lautsprechermembran (Kolbenstrahler) deutlich geringer, so dass der Faktor für ein konstantes verschobenes Luftvolumen deutlich größer sein müsste. Die Kompression der Luft im Rückvolumen des Gehäuses konnte durch die Membranen nicht signifikant verringert werden.

Zur Untersuchung der Wirkung der Lautsprechermembran als Passivmembran wurde ein Antrieb konstruiert, welcher es ermöglicht, eine elastische Membran so auszulenken, dass eine über das Luftvolumen gekoppelte passive Lautsprechermembran Schall in die Umgebung abstrahlt. Der Antrieb wurde auf einen für die angestrebten Anwendungen relevanten Frequenzbereich von unter 100 Hz abgestimmt. Aufgrund des hohen Eigengeräuschpegels des Antriebs konnten keine Messungen der abgestrahlten Schalldruckpegel der passiven Lautsprechermembran durchgeführt werden. Daher wurden Messungen der Membranschnellen durchgeführt. Anhand dieser Messungen lässt sich ein konstantes, verschobenes Luftvolumen beim Vergleich von Auslenkung und Fläche zwischen Antriebs- und passiver Membran feststellen. Die Messergebnisse in Form des Schnellepegels

der antreibenden Membran und der passiven Lautsprechermembran sind in Bild 2 dargestellt. Die Abweichung zwischen berechneten Flächenfaktoren und gemessenen Auslenkungsfaktoren liegt dabei im Bereich von 15 bis 20 Prozent. Hierbei ist anzumerken, dass aufgrund der Ergebnisse von einer aktiven Membranfläche von 1/3 auszugehen ist. Dieser Wert erscheint aufgrund der nicht vorhandenen gesonderten Aufhängung der elastischen Membran als realistisch. Der bei vorherigen Messungen ermittelte Faktor der höheren Auslenkung von 10 erscheint als zu gering und bestätigt den Verdacht der weiterhin vorhandenen Kompression bei Verwendung passiver elastischer Membranen.

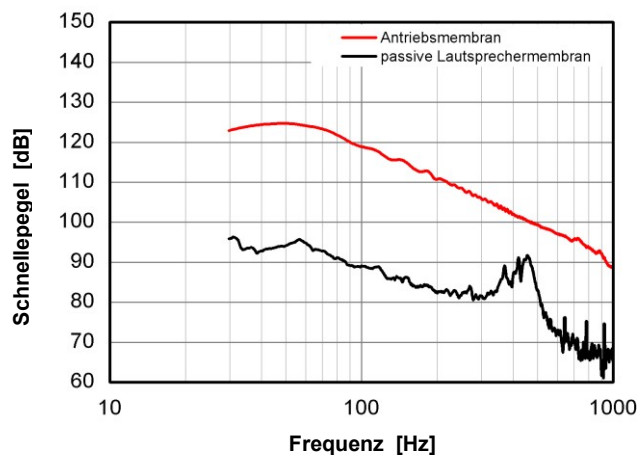


Bild 2: Darstellung des Schnellepegels der elastischen Antriebsmembran (rot) im Vergleich zum Pegel einer passiven Lautsprechermembran (schwarz) an der oberen Öffnung des Gehäuses.

5. Fazit

Messungen an Gehäusen mit seitlichen Öffnungen zeigen nur in Kombination mit einer Schallwand zur Vermeidung des akustischen Kurzschlusses eine deutliche Erhöhung der Sensitivity. Dies lässt sich in der Praxis leider nicht nutzen. Die Untersuchung an Gehäusen, deren seitliche Öffnungen mit Membranen verschlossen sind, in Kombination mit einem angetriebenen Lautsprecher, zeigten keine nutzbare Erhöhung der tieffrequenten Abstrahlung. Die Kombination der angetriebenen elastischen Membran und schallabstrahlender passiver Lautsprechermembran zeigt, dass eine Umlenkung des axialen Antriebs in laterale Richtung prinzipiell möglich ist. Allerdings muss die Auslenkung des Antriebs um mehr als den Faktor des Flächenverhältnisses erhöht werden, um die gleiche Sensitivity wie bei direktem Antrieb des Lautsprechers zu erzielen.

Literatur

- [1] Teply, St.: Verbesserung der tieffrequenten Schallabstrahlung kleiner Lautsprecher durch gekoppelte Membranelemente. Diplomarbeit; Lehrstuhl für Bauphysik, Universität Stuttgart (2013).



Universität Stuttgart
Lehrstuhl für Bauphysik

Lehrstuhl für Bauphysik

Prof. Dr.-Ing. Schew-Ram Mehra

70569 Stuttgart, Pfaffenwaldring 7, Tel.: 0711/685-66578, Fax: 0711/685-66583

E-Mail: bauphysik@lbp.uni-stuttgart.de