

## Verbesserung von Schallschutzwänden durch Aufsätze

Judith Kokavec<sup>1</sup> (vormals <sup>2</sup>), Michael Möser<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V., Institut für Aerodynamik und Strömungstechnik,  
Bunsenstr. 10, 37073 Göttingen, Email: Judith.Kokavec@dlr.de

<sup>2</sup> Technische Universität Berlin, Institut für Strömungsmechanik und Technische Akustik, Einsteinufer 25, 10587 Berlin

### Einleitung

Schallschutzwände sind ein weit verbreitetes Mittel, um Menschen vor Lärm zu schützen. Meistens kommen dabei senkrechte Wände zum Einsatz, deren Höhe sich hauptsächlich aus der Verlängerung des Weges über die Schallschutzwand (Umweggesetz) ergibt. In den letzten Jahren sind aber auch andere Formen zum Einsatz gekommen, z. B. gekrümmte Wände, Wände mit abknickenden oberen Kanten oder auch gewellte Oberflächen. Diese Formgebung wird bei der Berechnung der Wirkung in der Planungsphase nur unzureichend berücksichtigt.

Aufsätze sind generell geeignet, bestehende Schallschutzwände zu verbessern, da sie eine kostengünstige Alternative zum Neubau sind. Dazu muss aber die Wirkung bekannt sein, um die Belastung der Betroffenen zu reduzieren. Außerdem benötigt man Berechnungsmöglichkeiten für die Planung.

Diese Untersuchung beschäftigt sich mit dem Einfluss von klappenförmigen Aufsätzen auf die Wirkung von Schallschutzwänden. Dabei werden die Ergebnisse aus Messungen und Berechnungen vorgestellt, die ein detailliertes Bild der Wirkung von diesen Aufsätzen auf das Schallfeld zeigen.

### Theoretisches Modell

Bei der Berechnung der Wirkung von klappenförmigen Aufsätzen wird ein theoretisches Modell mit wellentheoretischem Ansatz in Zylinderkoordinaten eingesetzt. In Abb. 1 sind das Modell und die verwendeten Parameter zu sehen. Die Schallschutzwand wurde als halbnendliche schallharte Schneide modelliert, der Aufsatz als schallharte, sehr dünne Klappe, Bodenreflexionen wurden nicht berücksichtigt. Als Quelle diente ein Linienmonopol. Aus der Unterteilung des Gesamtraumes in vier Teilräume ergaben sich mit den Randbedingungen an der Schallschutzwand die folgenden Ansätze für die Drücke in den entsprechenden Teilräumen:

$$p_1(r, \varphi) = \sum_{n=0}^{\infty} a_n J_{\frac{n\pi}{\varphi_K}}(kr) \cos\left(\frac{n\pi}{\varphi_K} \varphi\right) \quad (1)$$

$$p_2(r, \varphi) = \sum_{n=0}^{\infty} b_n J_{\frac{n\pi}{2\pi - \varphi_K}}(kr) \cos\left(\frac{n\pi}{2\pi - \varphi_K} (\varphi - \varphi_K)\right) \quad (2)$$

$$p_3(r, \varphi) = \sum_{n=0}^{\infty} c_n J_{\frac{n}{2}}(kr) H_{\frac{n}{2}}^{(2)}(kr_Q) \cos\left(\frac{n}{2} \varphi\right) + \sum_{n=0}^{\infty} d_n H_{\frac{n}{2}}^{(2)}(kr) \cos\left(\frac{n}{2} \varphi\right) \quad (3)$$

$$p_4(r, \varphi) = \sum_{n=0}^{\infty} c_n J_{\frac{n}{2}}(kr_Q) H_{\frac{n}{2}}^{(2)}(kr) \cos\left(\frac{n}{2} \varphi\right) + \sum_{n=0}^{\infty} d_n H_{\frac{n}{2}}^{(2)}(kr) \cos\left(\frac{n}{2} \varphi\right) \quad (4)$$

Diese Gleichungen bilden die Grundlage für die Berechnungen der im nächsten Abschnitt dargestellten Simulationsergebnisse.

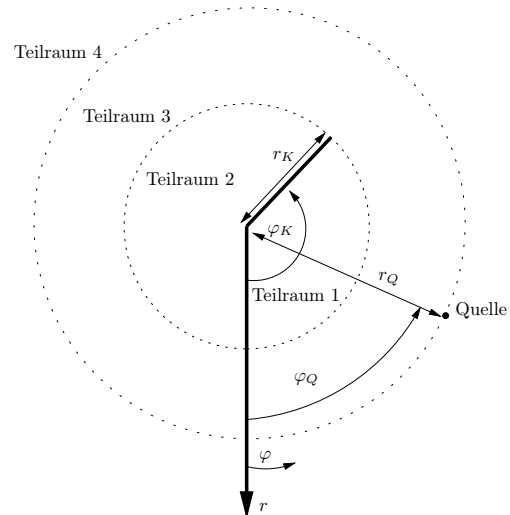


Abbildung 1: Skizze des Schallschutzwand-Modells mit klappenförmigem Aufsatz

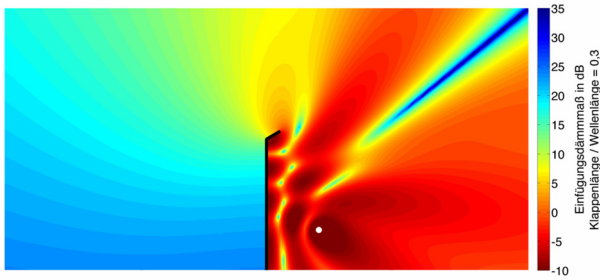
### Simulationen

Um die Wirkung der Schallschutzwand mit klappenförmigem Aufsatz zu beschreiben, wird das Einfügungsdämmmaß

$$R_E = 10 \lg \frac{|p_{\text{ohne Wand}}|^2}{|p_{\text{mit Wand}}|^2} \quad (5)$$

benutzt. Exemplarisch wird in Abb. 2 das Einfügungsdämmmaß für einen Bereich um die Schallschutzwand mit Aufsatz dargestellt. Der Klappenöffnungswinkel beträgt in diesem Fall  $120^\circ$ , der Quellwinkel  $30^\circ$  bei einem Verhältnis von  $r_K/\lambda = 0,3$ . Die Abschirmwirkung der gesamten Schallschutzwand ist gut zu erkennen.

Um die Wirkung der Klappe zu ermitteln, wird das Ver-

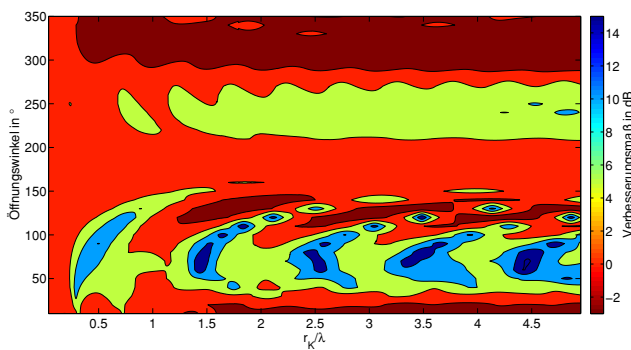


**Abbildung 2:** Einfügungsdämmmaß bei einer Schallschutzwand mit einem Klappenöffnungswinkel von  $120^\circ$ , einem Quellwinkel von  $30^\circ$  und einem Verhältnis von  $r_K/\lambda = 0,3$

besserungsmaß wie folgt definiert:

$$VM = 10 \lg \frac{|p_{\text{ohne Aufsatz}}|^2}{|p_{\text{mit Aufsatz}}|^2} \quad (6)$$

Dargestellt über  $r_K/\lambda$  zeigt sich, dass bei einem Quellwinkel von  $30^\circ$  vor allem Klappenöffnungswinkel von  $\leq 150^\circ$  sehr hohe Verbesserungen erzielen. Hier werden Mehrfachreflexionen unter der Klappe und der Wand erzeugt, die sich positiv auf das Verbesserungsmaß auswirken. Außerdem kann man gut erkennen, dass die Wirkung frequenzabhängig ist, eine Abstimmung kann mit der Wahl der Klappenlänge erfolgen. Bei sehr tiefen Frequenzen ( $r_K < \lambda/4$ ) hat die Klappe keine Auswirkung auf die Abschirmwirkung der Schallschutzwand.



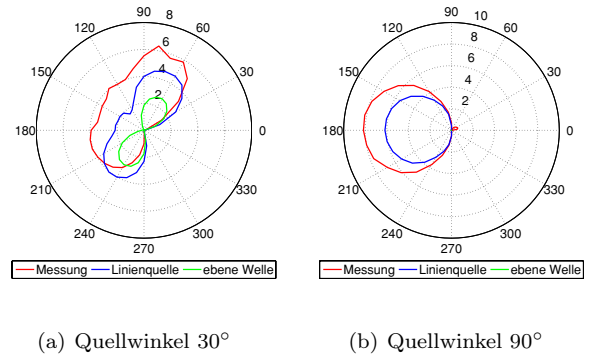
**Abbildung 3:** Gesamtverbesserungsmaß für Klappenöffnungswinkel zwischen  $10^\circ$  und  $350^\circ$  und einem Quellwinkel von  $30^\circ$

## Messungen

Die Messungen am Modell im Labor dienen der Überprüfung der Simulationsergebnisse. Dabei wurde eine zweischalige Wand aus Pressspan im reflexionsarmen Raum (Vollraum) der Technischen Universität Berlin aufgebaut. Die Seitenkanten und die Unterseite wurden abgedichtet, so dass der Schall am Aufsatz gebeugt wird, aber nicht an den anderen drei Seiten der Wand. Die Messdaten wurden mit den Daten aus der Simulation verglichen, im nächsten Abschnitt sind einige Ergebnisse exemplarisch dargestellt.

## Ergebnisse

Die Abschirmwirkung der klappenförmigen Aufsätze wird maßgeblich vom Klappenöffnungswinkel bestimmt. Das zeigen schon die Simulationsergebnisse (siehe Abb. 3). Aber auch im Vergleich mit den Messergebnissen, zu sehen in Abb. 4, zeigt sich, dass vor allem bei kleinen Quellwinkeln mit einem klappenförmigen Aufsatz höhere Verbesserungen erzielt werden können als mit einer Verlängerung der Wand (entspricht dem Fall  $\varphi_K = 180^\circ$ ). Je größer der Quellwinkel wird, desto eher ist eine Verlängerung der Schallschutzwand sinnvoll, um eine möglichst hohe Verbesserung zu erreichen.



**Abbildung 4:** Gesamtverbesserungsmaß für Klappenöffnungswinkel zwischen  $10^\circ$  und  $350^\circ$

## Fazit

Die Untersuchung hat gezeigt, dass mit klappenförmigen Aufsätzen hohe Verbesserungen erzielt werden können. Vor allem bei kleinen Quellwinkeln kann man mit einer Klappe gute Ergebnisse erzielen. Dabei muss die frequenzabhängige Wirkung berücksichtigt werden, um eine auf das Quellspektrum abgestimmte Klappenlänge zu wählen. Das theoretische Modell ist geeignet, die Wirkung von klappenförmigen Aufsätzen zu berechnen. Allerdings sind die Berechnungsverfahren aufwändiger als die Berechnung einfacher Schallschutzwände mittels Umweggesetz.

## Literatur

- [1] J. Kokavecz ; M. Möser: A View on Geometry of Noise Barrier Edges, Proceedings of the NAG/DAGA 2009
- [2] Möser, M.: Technische Akustik. 7. erweiterte und aktualisierte Auflage. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007
- [3] Möser, M.: Die Wirkung von zylindrischen Aufsätzen an Schallschirmen. In: ACUSTICA 81 (1995), S. 565–586
- [4] Volz, R.: Schallabweisende Aufsätze zur Verbesserung der Dämmwirkung von Schallschirmen. VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf, 2002