

Messtechnische Untersuchungen zur Durchgangsdämpfung von Luftauslässen

Wolfgang Herget, Karlheinz Bay, Peter Brandstät

Fraunhofer-Institut für Bauphysik, 70569 Stuttgart, E-Mail: wolfgang.herget@ibp.fraunhofer.de

Hintergrund

Ausgangspunkt ist die Verbindung zwischen Räumen, wie z.B. Büros, durch gemeinsame Raumlufttechnische Anlagen (RLTA). Diese bilden einen Übertragungsweg für Luftschall von einem Raum zum nächsten oder über mehrere Räume hinweg, auch bekannt als Telefonie. Oft sind die Platzverhältnisse nicht ausreichend, um die Pegel durch schalldämpfende Maßnahmen soweit abzusenken, dass Beeinträchtigungen und Belästigungen vermieden werden können. Zusätzlich ist bei der Bestimmung der Durchgangsdämpfung in Verbindung mit Standard-Luftauslässen eine messtechnische Unsicherheit vorhanden. Daher sollen mit Hilfe zweier Messverfahren Aussagen über den Einfluss der Luftauslässe auf die Reflexionsdämpfung gewonnen werden. Grundlage bildet das Impedanzmessverfahren zur Bestimmung der Schallleistung der vorwärts laufenden Welle in einem Kanal und die jeweilige Messnorm zur Bestimmung der abgestrahlten Schallleistung in einen Messraum. Ziel ist es, vergleichbare Ergebnisse bei verschiedenen akustischen Raumbedingungen zu erhalten.

Messanordnung

Für eine Vergleichbarkeit der Messergebnisse unter verschiedenen akustischen Randbedingungen (Freifeldraum, Hallraum) wurde als transportabler Aufbau ein Funktionsträger gewählt. Dieser besteht quellseitig aus zwei Lautsprechern, angeschlossen an einen Doppel-T-Abzweig mit reflexionsarmen Abschluss, und einer Kanalstrecke definierter Länge mit integrierten Mikrofon-Messpositionen.

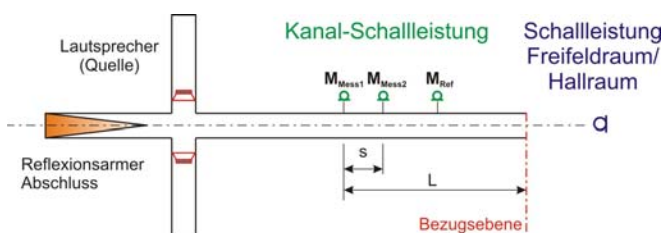


Abbildung 1: Aufbau des Funktionsträgers.

Die in den Raum abgestrahlte Schallleistung wird für den Freifeldraum nach DIN EN ISO 3745 (Hüllflächenverfahren) und für den Hallraum nach dem Direktverfahren, beschrieben in EN ISO 3741, bestimmt.

Bestimmung Kanal-Schallleistung

Auf Grund der Reflexion am offenen Kanalende bzw. am Luftauslass und der damit verbundenen stehenden Wellen im Kanal, muss eine Trennung der reflektierten Schallleistung und der vorwärts, auf den Luftauslass zu-, laufenden Schallleistung erfolgen. Dies kann mit Hilfe des Impedanzmessverfahrens nach [1,2] durchgeführt werden.

Dafür wird die Übertragungsfunktion H_{12} zwischen zwei Messpunkten im Abstand s ermittelt und daraus der komplexe Reflektionsfaktor gemäß

$$r = \frac{H_{12} - e^{-jks}}{e^{+jks} - H_{12}} \cdot e^{+jk2L}$$

berechnet. Dabei entspricht k der Wellenzahl und L dem Abstand des Messpunktes auf die Bezugsebene, der Eingang des Luftauslasses. Nach [2] folgt für den Schalldruckpegel der vorwärts laufenden Welle

$$L_{p+} = 10 \lg \left(\frac{10^{L_p/10}}{|e^{-jk(L-s)} + r \cdot e^{+jk(L-s)}|^2} \right)$$

mit dem komplexen Reflektionsfaktor und dem gemessenen Schalldruckpegel L_p im Abstand L . Unter Annahme eines mittleren Schalldruckpegels über den Rohrquerschnitt und in Verbindung mit der Querschnittsfläche S folgt für die Kanalschallleistung der vorwärts laufenden Welle

$$L_{W,Rohr} = L_{p+} + 10 \lg(S) .$$

Kanal – Raum – Verfahren

Hierbei wird die Schallleistung der vorwärtslaufenden Welle im Rohr $L_{W,Rohr}$ und die in den Raum (Freifeld- bzw. Hallraum) abgestrahlte Schallleistung L_{WR} ermittelt. Die Reflexionsverluste ΔL_R am beliebigen Luftauslass ergeben sich dann aus der Differenz beider Schallleistungen.



Abbildung 2: Prinzipskizze Kanal – Raum – Verfahren

Raum – Raum – Verfahren

Bei diesem Verfahren wird zunächst die in den Raum abgestrahlte Schallleistung L_{WR} für das freistehende Rohrende ermittelt. In einer zweiten Messung wird dann die in den Raum abgestrahlte Schallleistung L_{WAus} mit dem Luftauslass bei unveränderter Quellenanregung bestimmt.

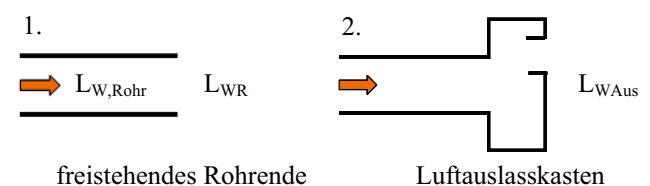


Abbildung 3: Prinzipskizze Raum – Raum – Verfahren

Aus der im Raum ermittelten Schalleistung für das freistehende Rohrende wird unter Berücksichtigung der nach EN ISO 5135 berechneten Reflexionsverluste ΔL_r die Kanalschalleistung

$$L_{W,Rohr} = L_{WR} + \Delta L_r$$

ermittelt. Die Durchgangsdämpfung für den Luftauslass ΔL_{Aus} folgt aus der Differenz beider Schalleistungsmessungen im Raum, korrigiert um die Reflexionsverluste der Rohröffnung, zu

$$\Delta L_{Aus} = L_{WR} + \Delta L_r - L_{WAus}$$

Versuchsmodelle

Die Untersuchungen im Freifeldraum sowie im Hallraum wurden für das freistehende Rohrende und an verschiedenen generischen Luftauslasskästen durchgeführt. Das freistehende Rohrende dient als Referenz für die berechneten Werte der Reflexionsverluste nach EN ISO 5135.

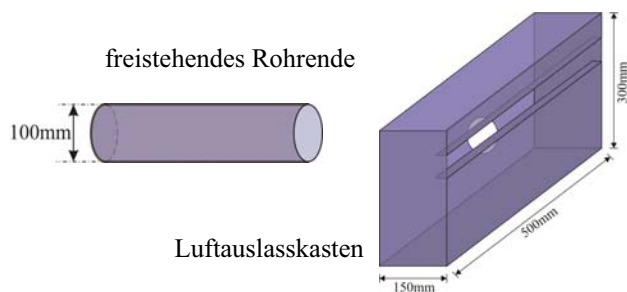


Abbildung 4: Schematische Darstellung der Einbauvariationen.

Messergebnisse

In einem ersten Schritt wurden Messungen am freistehenden Rohrende durchgeführt um Vergleichswerte zur Berechnung nach EN ISO 5135 zu erhalten. Die Messungen erfolgten im Hall- und Freifeldraum und sind in Abbildung 4 dargestellt.

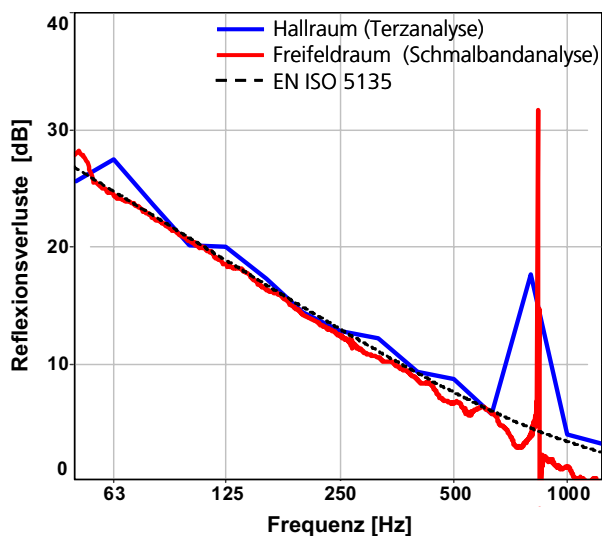


Abbildung 4: Gemessene Reflexionsverluste für das freistehende Rohrende (Ø 100 mm) im Vergleich zur Berechnung nach EN ISO 5135.

Berechnung und Messung nach dem Kanal-Raum-Verfahren weisen in beiden Messräumen gute Übereinstimmung auf. Die Pegelspitze bei 800 Hz ist auf die Position des Referenzmikrofons zurück zu führen.

Anschließend wurden Untersuchungen an einem Luftauslasskasten durchgeführt. Hierbei wurden ebenfalls beide Verfahren sowohl im Freifeldraum als auch im Hallraum angewandt. Die ermittelten Durchgangsdämpfungen sind in Abbildung 5 in Abhängigkeit der Frequenz aufgetragen.

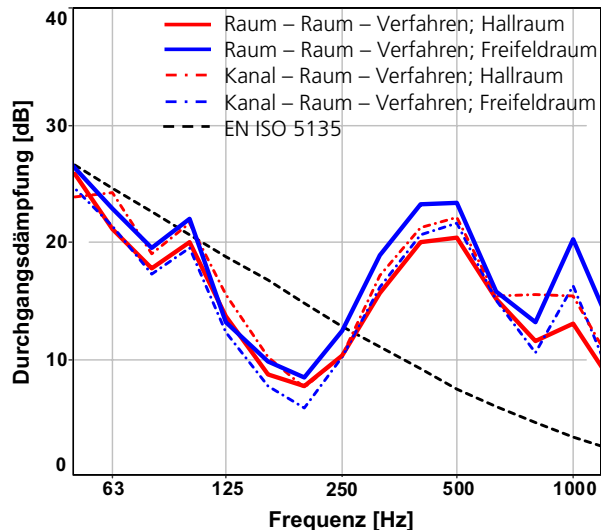


Abbildung 5: Durchgangsdämpfung eines Luftauslasskastens im Hallraum bzw. Freifeldraum bestimmt.

Die ermittelten Durchgangsdämpfungen des untersuchten Luftauslasskastens weisen für beide Verfahren im Hallraum und im Freifeldraum gute Übereinstimmung auf.

Zusammenfassung

Die Reflexionsverluste eines freistehenden Rohrendes und die Durchgangsdämpfung eines generischen Luftauslasskastens wurden messtechnisch mit zwei verschiedenen Verfahren im Hallraum und Freifeldraum bestimmt. Beide Messverfahren liefern eine gute Übereinstimmung. Im Fall des freistehenden Rohrendes konnte die theoretische Kurve nach EN ISO 5135 abgebildet werden. Die Untersuchungen wurden als Bestandteil des Projekts „Schallübertragung RLTA“ durchgeführt. Das IGF-Vorhaben 16239N der Forschungsvereinigung für Luft- und Trocknungstechnik e.V wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Literatur

- [1] DIN EN ISO 10534-2:2001: Akustik - Bestimmung des Schallabsorptionsgrades und der Impedanz in Impedanzrohren – Teil 2: Verfahren mit Übertragungsfunktion.
- [2] IBP Mitteilung 293 – Impedanzmessung mit einer verbesserten 1 – Mikrophon – FFT – Methode; 1996.