

Daniel F. P. Pazos, Lutz Weber, Klaus Sedlbauer, Philip Leistner

## Schallabsorption von Lärmschutzwänden: Vergleich unterschiedlicher Messverfahren

### Einleitung

Zur Messung der Schallabsorption von Lärmschutzwänden sind verschiedene Labor- und in situ-Verfahren bekannt. Soweit erkennbar, ist aber keines dieser Verfahren für die akustische Charakterisierung von strukturierten Wänden (s. Bild 1) vor Ort einsetzbar.

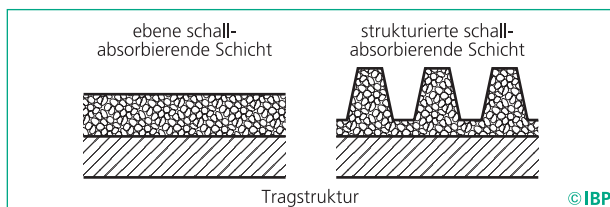


Bild 1: Ebene und strukturierte Wandoberfläche (Beispiel).

Im vorliegenden Beitrag werden verschiedene Messverfahren zur Bestimmung der Schallabsorption in kurzer Form beschrieben und miteinander verglichen. Die Ergebnisse sollen als Grundlage für die Entwicklung eines neuen Messverfahrens für die Schallabsorption von Bauteilen mit strukturierter Oberfläche dienen.

### Genormte Messverfahren

Die Schallabsorption einer Lärmschutzwand kann durch die Bestimmung des jeweiligen Reflexionsgrads, der Übertragungsfunktion bzw. der Impedanz ermittelt werden. Dazu stehen zwei genormte Labor-Messverfahren zur Verfügung: Impedanzrohr [1] und Hallraum [2].

Beim Impedanzrohr-Verfahren wird eine aus der Wand entnommene Probe vor das Ende eines geraden, harten Rohrs gestellt, in dem mit einem Lautsprecher eine stehende Welle erzeugt wird. Aus Pegelmessungen in den Maxima und Minima des Schallfeldes wird der Absorptionsgrad  $\alpha$  bestimmt. Vorteile dieses Verfahrens sind seine Einfachheit und Genau-

igkeit. Die Nachteile bestehen darin, dass nur verhältnismäßig kleine Proben untersucht werden können und dass die Messungen nur bei senkrechtem Schalleinfall durchgeführt werden können. Der nutzbare Frequenzbereich hängt vom Rohrquerschnitt ab (für runde Rohre gilt:  $f \leq 200/D$ , wobei  $f$  die Frequenz in Hz und  $D$  den Rohrdurchmesser in m bezeichnen).

Das Hallraum-Verfahren erlaubt die Bestimmung des Absorptionsgrads mit Hilfe der Sabineschen Formel, welche die äquivalente Absorptionsfläche mit dem Raumvolumen und der Nachhallzeit verknüpft. Obwohl diese Methode praktisch und auch für große Proben anwendbar ist, kann sie zu physikalisch undefinierten Ergebnissen ( $\alpha > 1$ ) führen und ist bei kleinen Proben verhältnismäßig ungenau. Außerdem entspricht der gemessene Absorptionsgrad u. U. nicht dem in situ vorhandenen Wert, da die Messung im Hallraum einen Mittelwert über alle Einfallswinkel liefert, während an Verkehrswegen zumeist gerichteter Schalleinfall vorliegt. Hallraummessungen werden nach Norm in den Terzen von 100 bis 5000 Hz vorgenommen.

### Alternative Labor-Messverfahren

In [3] werden u. a. folgende Labor-Verfahren erwähnt: Surface-Pressure-Methode (Ingard u. Bolt, 1951), Wave-Guide-Verfahren (Shaw, 1953), Toneburst-Verfahren (Cops u. Myncke, 1973), Korrelationsmesstechnik (Hollin u. Jones, 1977), Impulse-Surface-Methode (Davis u. Mulholland, 1979) und Zwei-Mikrofon-Technik (Allard u. Sieben, 1985).

### Alternative in situ-Messverfahren

In situ-Messungen werden vor allem benötigt, um die Absorptionswirkung von Lärmschutzwänden vor Ort (z. B. nach längerem Einsatz) zu überprüfen. Die Hauptschwierigkeit besteht in den dort vorhandenen Fremdgeräuschen, die die

Messung erheblich stören können. Eine wirkungsvolle Möglichkeit zur Verbesserung des Störabstandes bildet die Anwendung der MLS-Messtechnik. Sie erfordert jedoch zeitlich invariante Messbedingungen, die nur bei geringem Abstand zwischen Lautsprecher, Mikrofon und Wand gegeben sind. Die MLS-Technik ist Grundlage einer neuen Messmethode für Absorptionsmessungen an Lärmschutzwänden – des sogenannten Adrienne-Verfahrens – das seit 1993 als Normentwurf vorliegt. Bei diesem Verfahren sind Lautsprecher und Mikrofon fest miteinander verbunden, so dass sich die Anordnung ohne Veränderung der Messgeometrie bewegen und schwenken lässt. Bei der ersten Messung, bei der der Lautsprecher auf die Wand gerichtet ist, werden der direkte und der reflektierte Schall erfasst. Die zweite Messung, die im Freifeld durchgeführt wird, liefert den Direktschall allein. Durch Subtraktion und unterstützende zeitliche Fensterung, die die Umgebungseflexionen eliminiert, wird der reflektierte Signalanteil separiert und kann der Auswertung zugeführt werden. Bei strukturierten Wänden wird die Messanordnung vor der Wand geschwenkt (s. Bild 2) und eine Mittelung der Ergebnisse vorgenommen. Der nutzbare Frequenzbereich hängt von der Wandgröße ab (maximal 100 bis 5000 Hz).

Während das Adrienne-Verfahren bei glatten Wänden zufriedenstellend funktioniert, erhält man bei profilierten Oberflächen physikalisch undefinierte Ergebnisse ( $\alpha < 0$ ). Dies liegt daran, dass es sich um eine Nahfeldmessung handelt und das Nahfeld vor profilierten Oberflächen aufgrund von Interferenzeffekten starke Schwankungen aufweist. Bei Wänden mit profilierter Oberfläche muss die Schallabsorption deshalb im Fernfeld gemessen werden.

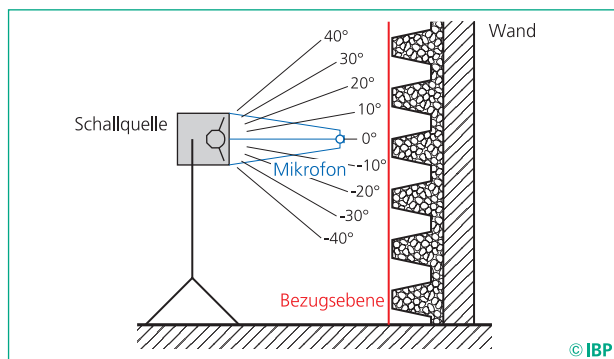


Bild 2: Messanordnung beim Adrienne-Verfahren.

Ein mögliches Verfahren hierzu, bei dem Messungen mit stochastischem Rauschen in einigen Metern Wandabstand durchgeführt werden, wurde in [4] vorgeschlagen. Um Störungen und Umgebungsreflexionen zu eliminieren, werden bei diesem Verfahren Vergleichsmessungen an Proben mit bekanntem Schallabsorptionsgrad verwendet. Die Entwicklung des Verfahrens ist noch nicht völlig abgeschlossen, so dass über Messgenauigkeit und Anwendungsgrenzen bislang nur wenige Informationen vorliegen.

Bei dem in [5] beschriebenen Verfahren wird die Übertragungsfunktion zwischen reflektiertem und direktem

Signal bestimmt und daraus der winkelabhängige Kugellwellenreflexionsfaktor ermittelt. Die Messung erfolgt mit MLS-Technik und Zeitfensterung. Im Vergleich zu anderen in situ-Methoden gibt es keine Beschränkungen durch den Kugellwelleneffekt, da dieser implizit berücksichtigt wird. Das Problem besteht vor allem in der genauen Positionierung des Messaufbaus. Die Messungen können im Bereich von etwa 80 - 4000 Hz und auch bei flachen Einfallswinkeln durchgeführt werden.

Ein weiteres in situ-Verfahren [6] basiert auf gleichzeitiger Messung der Schallschnelle und des Schalldrucks am gleichen Ort unmittelbar vor der Wandoberfläche. Hierzu wurde eine spezielle Mess-Sonde entwickelt, die eine direkte Messung der Schallschnelle mittels zweier dünner elektrisch beheizter Drähte erlaubt. Die Methode ermöglicht Messungen bei senkrechtem und schrägem Schalleinfall und ist für Frequenzen oberhalb von etwa 200 Hz anwendbar. Die gute Reproduzierbarkeit und der geringe gerätetechnische Aufwand bilden wesentliche Vorteile dieses Verfahrens. Da es sich auch hier um eine Nahfeldmethode handelt, ist noch zu klären, ob sie bei strukturierten Wänden anwendbar ist.

## Zusammenfassung

Die derzeit bekannten Verfahren zur Messung der Schallabsorption lassen sich in genormte sowie alternative Labor- und in situ-Methoden einteilen. Es wurde gezeigt, dass Entwicklungsbedarf für ein geeignetes in situ-Messverfahren für profilierte Wände besteht, da die bislang bekannten Methoden Nahfeldeffekte nicht korrekt berücksichtigen. Untersuchungen der akustischen Verhältnisse im Nahfeld – z. B. mittels Computersimulationen – können einen wichtigen Beitrag hierzu liefern.

## Literatur

- [1] DIN EN ISO 10534-1: Bestimmung des Schallabsorptionsgrades und der Impedanz in Impedanzrohren, Beuth Verlag, 2001.
- [2] DIN EN ISO 354: Messung der Schallabsorption in Hallräumen, Beuth Verlag, 2003.
- [3] Wilms, U.: In-situ Messung komplexer Reflexionsfaktoren von Wandflächen, Acustica 75 (1991), S. 28-39.
- [4] Schupp, G., Weber, L., Zhang, Y.: Schalldämmung und Schallabsorption von Schallschirmen, die nicht nach ZTV-Lsw 88 und DIN EN 1793 geprüft werden können, Fraunhofer IBP-Bericht, Stuttgart, 2002.
- [5] Nocke, C.: In-Situ Messung der akustischen (Wand-) Impedanz, Dissertation Universität Oldenburg, Shaker-Verlag 2000.
- [6] de Bree H. et al.: A practical device to determine the reflection coefficient of acoustic materials, ISMA 2004 Leuven, Belgium.

## Danksagung

Die vorliegende Arbeit wurde durch ein Stipendium der Deutschen Bundesstiftung Umwelt gefördert.