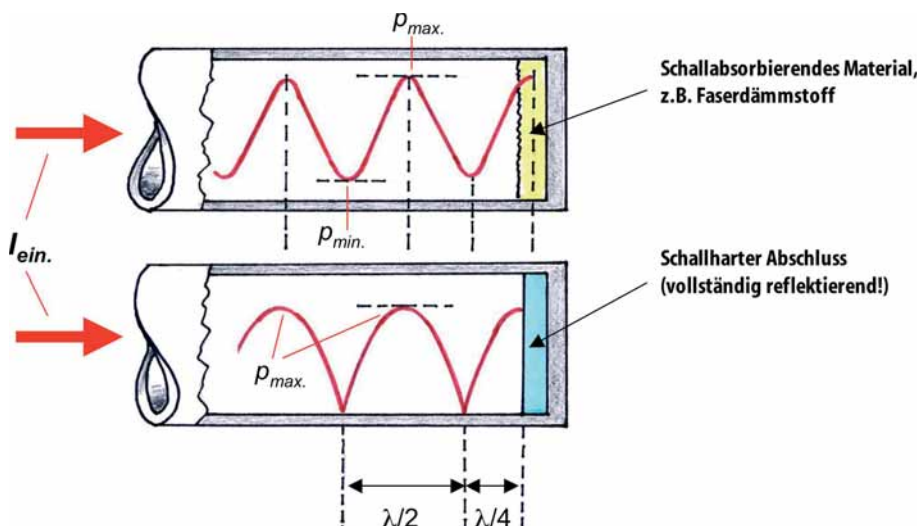


## AKUSTIK



Ausbildung einer stehenden Schallwelle mit ortsfesten Schalldruckmaxima  $p_{max}$  und Schalldruckminima  $p_{min}$  in einem (Mess-) Rohr infolge Schallreflexion am Rohrende. Je nachdem, wie das Rohr abgeschlossen ist (schallhart oder mit einer komplexen Impedanz, z. B. mit einem porösem Fasermaterial), kann das Stehwellen-Verhältnis  $n = p_{max} / p_{min}$  sehr unterschiedliche Werte annehmen. Bei schallhartem Abschluss findet man das letzte Minimum in einem Abstand von genau  $\lambda/4$  vor dem Rohrende, siehe untere Abbildung. Bei Abschluss mit einer komplexen Impedanz ist der Abstand des letzten Minimums von der Oberfläche der Materialprobe  $\neq \lambda/4$ , siehe oberes Bild.  $\lambda$  ist hierbei die Schallwellenlänge.

## AKUSTIK KOMPAKT (8)

# Der Schallabsorptionsgrad $\alpha$

Der Schallabsorptionsgrad  $\alpha$  ist ein Maß für das Absorptionsvermögen von Schallschluckenden Materialien. In einigen vorangegangenen Beiträgen [1][2] wurde diese Größe bereits erwähnt. Unter dem Absorptionsgrad  $\alpha$  versteht man definitionsgemäß das Verhältnis der von einer bestimmten Materialfläche  $S$  absorbierten Schallenergie zu der auf dieselbe Fläche einfallenden Schallenergie. Drückt man diesen Sachverhalt durch die entsprechenden Schallintensitäten aus, so erhält man für den Schallabsorptionsgrad folgende Beziehungen:

$$\alpha = \frac{I_{refl.}}{I_{ein.}} = \frac{I_{refl.} - I_{abs.}}{I_{ein.}} = 1 - \frac{I_{abs.}}{I_{ein.}} = 1 - r^2$$

Darin sind  $I_{ein.}$  die auf die Fläche einfallende Intensität,  $I_{refl.}$  die da-

ran reflektierte und  $I_{abs.}$  die davon absorbierte Schallintensität. Des Weiteren findet man in der obigen Gleichung den **Reflexionsfaktor**  $r$ , der durch das Verhältnis der entsprechenden Schalldruckwerte  $p_{refl.}$  zu  $p_{ein.}$  definiert ist. Beide Größen,  $\alpha$  und  $r$ , können Werte nur zwischen 0...1 annehmen. Der Schallabsorptionsgrad  $\alpha$  ist im Allgemeinen sehr stark abhängig von der Frequenz  $f$ , aber auch von der Dicke  $d$  des Materials. Der Absorptionsgrad kann sowohl für *senkrechten* als auch für *diffusen* Schalleinfall bestimmt werden. Die Ergebnisse müssen nicht übereinstimmen.

Das Absorptionsvermögen für senkrechten Schalleinfall wird im Allgemeinen im *Kundt'schen* Rohr (Rohrmessung nach DIN

52215) ermittelt, indem man darin das so genannte **Stehwellenverhältnis** (engl.: *standing wave ratio*)  $n = p_{max} / p_{min}$  ausmisst (siehe Abbildung) und damit den Schallabsorptionsgrad  $\alpha(0)$  nach folgender Gleichung bestimmt:

$$\alpha(0) = 1 - \left( \frac{n-1}{n+1} \right)^2$$

Die Messung des Schallabsorptionsgrades bei *diffusem* Schalleinfall erfolgt im Hallraum (Hallraumverfahren nach DIN 52212). Tatsächlich gemessen werden dabei die Nachhallzeit  $T_o$  [s] des zunächst leeren Hallraumes und anschließend die Nachhallzeit  $T_x$  [s] des mit dem zu prüfenden Absorbermaterial ausgelegten Hallraumes. Der Schallabsorptionsgrad  $\alpha_s$  wird anschließend mit

Hilfe der *Sabine'schen* Nachhallgleichung berechnet:

$$\alpha_s = 0,16 \cdot \frac{V_H}{S_x} \cdot \left( \frac{1}{T_x} - \frac{1}{T_o} \right)$$

Darin sind  $V_H$  das Volumen [m<sup>3</sup>] des Hallraumes und  $S_x$  die Fläche [m<sup>2</sup>], die von der zu prüfenden Absorberprobe im Hallraum eingenommen wird. Zur Messung des Schallabsorptionsgrades oberhalb einer Frequenz von 125 Hz genügt ein Hallraumvolumen von etwa 200 m<sup>3</sup>. Die darin mit Absorbermaterial auszuliegende Fläche sollte  $\geq 10$  m<sup>2</sup> sein. Der nach dem Hallraumverfahren bestimmte Schallabsorptionsgrad ist meist größer als für eine unendlich große Absorberfläche (gemäß Theorie) zu erwarten wäre.

## Schallabsorptionsgrad $\alpha$ : Beispiele von Materialien und Personen in Abhängigkeit von der Frequenz

Frequenz (Hz)	125	250	500	1 000	2 000	4 000
Veloursteppich, 5 cm, Auslegware	0,04	0,07	0,12	0,44	0,4	0,64
Vorhangstoff, 300 g/m <sup>2</sup>	0,06	0,1	0,38	0,63	0,7	0,73
GKP (Gipskartonplatte), 12,5 mm	0,08	0,11	0,05	0,03	0,02	0,03
GKP, gelocht (20 % Lochanteil)	0,18	0,68	0,9	0,86	0,56	0,43
GKP, 10 cm Dämmstoff dahinter	0,3	0,12	0,08	0,06	0,06	0,05
Person sitzend auf einem Holzstuhl	0,15	0,3	0,44	0,45	0,46	0,46
Person sitzend auf weicher Bestuhlung	0,68	0,75	0,82	0,85	0,86	0,86
Holzpaneele	0,12	0,04	0,06	0,03	0,07	0,01
Isolierglasfenster	0,2	0,15	0,1	0,05	0,03	0,02

Für den Absorptionsgrad ermittelt man nach dem Hallraumverfahren teilweise sogar Werte  $> 1,0$  (!), was natürlich nicht sein kann. Die Ursache dafür ist der sogenannte **Kanteneffekt**. Um den Einfluss dieses Effekts zu verringern, deckt man in der Praxis die Ränder oder Kanten der zu untersuchenden Proben mit schallreflektierendem Material ab.

Die Messung des Schallabsorptionsgrades erfolgt, gleichgültig nach welchem Verfahren gemessen wird, stets in Abhängigkeit von der Frequenz  $f$ , und zwar in einem Bereich zwischen 125 und 4 000 Hz. In Sonderfällen wird auch über diesen Frequenzbereich hinaus gemessen. Zum Messergebnis gehört unbedingt auch die Angabe der Materialstärke  $d$ .

Die wohl wichtigste Formel der Raum- und Bauakustik ist die **Sabine'sche Nachhallgleichung**

$$T = 0,16 \cdot \frac{V}{A} = 0,16 \cdot \frac{V}{\sum \alpha_i \cdot S_i}$$

Sie stellt einen unmittelbaren Zusammenhang her zwischen der **Nachhallzeit**  $T$ , dem **Raumvolumen**  $V$  und der **äquivalenten Absorptionsfläche**  $A$  [ $\text{m}^2$ ]. In  $A$  sind neben den Raumbegrenzungsflächen  $S_i$  auch die dazugehörigen Schallabsorptionsgrade  $\alpha_i$  enthalten. Diese Gleichung gilt uneingeschränkt für alle  $\alpha$ -Werte  $< 0,2$ . Auf dieses „Grundgesetz“ der Raum- und Bauakustik wurde schon im Zusammenhang mit der Gleichung (3) hingewiesen. Die äquivalente Absorptionsfläche  $A$  ist eine gedachte Fläche mit einer hundertprozentigen Schallabsorption. – Für sehr große  $\alpha$ -Werte benutzt man zur exakten Berechnungen der Nachhallzeit die **Eyring'sche Gleichung** [1].

Von einer Vielzahl sehr unterschiedlicher Materialien liegen die frequenzabhängigen  $\alpha$ -Werte in tabellarischer Form vor, so dass man die Nachhallzeiten von Vortragsräumen, Theatern, Konzerthallen und ähnlichen Räumen auch schon im Voraus rechnerisch ermitteln kann. Für Projektierungsaufgaben in der Raumakustik ist das von unschätzbarem Wert. Die Tabelle links zeigt einige wenige Beispiele

für  $\alpha$ -Werte von verschiedenen Materialien, aber auch von Personen. Diese Beispiele lassen sehr deutlich die starke Frequenzabhängigkeit des Schallabsorptionsgrades erkennen.

Die Kenntnis des Schallabsorptionsgrades  $\alpha$  ist auch für die Bauakustik von großer Bedeutung. Überall dort, wo schalldämmende Maßnahmen allein nicht ausreichen, um die in „lauten Räumen“ auftretenden Geräuschpegel niedrig zu halten, kann das Einbringen von zusätzlichem Absorptionsmaterial sehr hilfreich sein. Ist  $A_1$  die äquivalente Absorptionsfläche des zunächst angetroffenen Raumes, so erreicht man nach dem Einbringen von weiterem Absorptionsmaterial eine Erhöhung der Raumabsorption um  $\Delta A$ , und der Schallpegel *sinkt* im Vergleich zu vorher um

$$\Delta L = 10 \cdot \lg \left( 1 + \frac{\Delta A}{A_1} \right)$$

Ist z. B.  $\Delta A = A_1$ , d. h. wird die äquivalente Absorptionsfläche eines geräuscherfüllten Raumes verdoppelt, so erreicht man dadurch eine Pegelabsenkung um  $-3$  dB. Bei einer Verdreifung der Absorptionsfläche, entsprechend  $\Delta A = 2 \cdot A_1$ , sinkt der Pegel gemäß Gleichung (5) um  $-4,8$  dB.

#### Literatur

- [1] Veit, I.: „Die Nachhallzeit T“, Trockenbau-Akustik, Nr. 6/2006, S. 37
- [2] Veit, I.: „Schalldämmung oder Schalldämpfung“, Trockenbau-Akustik, Nr. 7/2006, S. 33

#### Autor

Prof. Dr.-Ing. Ivar Veit ist Akustiker und Sachverständiger mit Büros in Nauheim (Groß Gerau) und Riga (Lettland). An der FH Wiesbaden/Rüsselsheim hat er einen Lehrauftrag für Akustik.



[www.trockenbau-akustik.de](http://www.trockenbau-akustik.de)

Archiv

► Schallabsorption