

Schallabsorber

TEIL 1

Prof. Dr. Ivar Veit erklärt in einem zweiteiligen Bericht verschiedene Absorberarten sowie deren Funktion und erläutert Beispiele für deren Ausführung in der Praxis.

Schallabsorbierende oder Schall „schluckende“ Mittel haben für die Raum- und Bauakustik eine außerordentlich große Bedeutung. Absorber können Materialien mit ganz bestimmten Eigenschaften oder auch spezielle Bauteile sein, mit deren Hilfe der Schall bzw. der Lärmpegel L innerhalb geschlossener Räume, teilweise aber auch im Freien, merklich verringert werden kann. Bringt man in einen Raum mit einer bereits vorhandenen äquivalenten Absorptionsfläche A_0 (gemessen in Quadratmetern m^2) zusätzliches Absorbermaterial hinein, so dass sich dadurch die Absorptionsfläche um ΔA erhöht, so hat das eine Abnahme des Schalldruckpegels zur Folge, und zwar um

$$\Delta L = -10 \cdot \lg \left(1 + \frac{\Delta A}{A_0} \right) \quad [\text{in: dB}] \quad (1)$$

Dazu ein Beispiel: Ist ΔA so groß wie das zuvor schon vorhandene A_0 , so ist $\Delta L = -3$ dB.

Schallabsorber verwendet man außerdem auch zur Absenkung der Nachhallzeit T (gemessen in Sekunden s) von Räumen. Entsprechend der Größe des Raumvolumens V (gemessen in Kubikmetern m^3) lässt sich die gewünschte Nachhallzeit T durch Einbringung geeigneter Schallabsorber erreichen. Der Raum muss dazu lediglich über eine bestimmte Raumbegrenzungsfläche S mit dem richtigen Absorber (A) ausgestattet werden:

$$T = 0,16 \cdot \frac{V}{A} = 0,16 \cdot \frac{V}{\alpha \cdot S} \quad [\text{in: s}] \quad (2)$$

Darin ist α der frequenzabhängige Schallabsorptionsgrad des eingebrachten Absorbers. (Die Begriffe der äquivalenten Absorptionsfläche und der Nachhallzeit wurden in früheren Beiträgen bereits behandelt.)

Generell unterscheidet man zwischen

- schmalbandig und
- breitbandig

wirksamen Absorbern. Letztere können z. B. aus porösem oder faserigem Material bestehen. Die Schallenergie wird darin durch Reibung an der Skelettstruktur des Materials in Wärme umgewandelt. In diesem Fall handelt es sich um eine echte Absorption (mehr darüber im Teil 2 dieses Beitrags in Ausgabe 2/08).

Anders verhält es sich dagegen bei den meisten schmalbandig wirksamen „Absorbern“, die überwiegend aus Resonatoren, d. h. eigentlich aus Schallerzeugern bzw. -verstärkern bestehen. Daher auch die meist gebräuchliche Bezeichnung: Resonanzabsorber.

Resonanzabsorber strahlen eigentlich „Anti-Schall“ ab

Die klassische Ausführung eines Resonanzabsorbers ist der Hohlraum-Resonator nach Helmholtz (oft auch Helmholtz-Resonator genannt). Mit einem ganzen Sortiment solcher Resonatoren, von denen jeder einzelne auf eine andere Frequenz abgestimmt war, hat Hermann L. F. von Helmholtz bereits vor etwa 150 Jahren Klanganalysen durchgeführt. Das waren Frequenzanalysen in ihrer einfachsten Form.

Resonanzabsorber sind im Prinzip als Schallquellen aufzufassen, die von außen angeregt, gegenphasigen „Antischall“ abstrahlen. Nichts anderes geschieht im Übrigen bei den heute verwendeten Verfahren zur aktiven Lärmkompensation (mittels Antischall) [1][2]. Zum Prinzip: Jedes schwingfähige System, das von außen in seiner Eigenfrequenz ange-

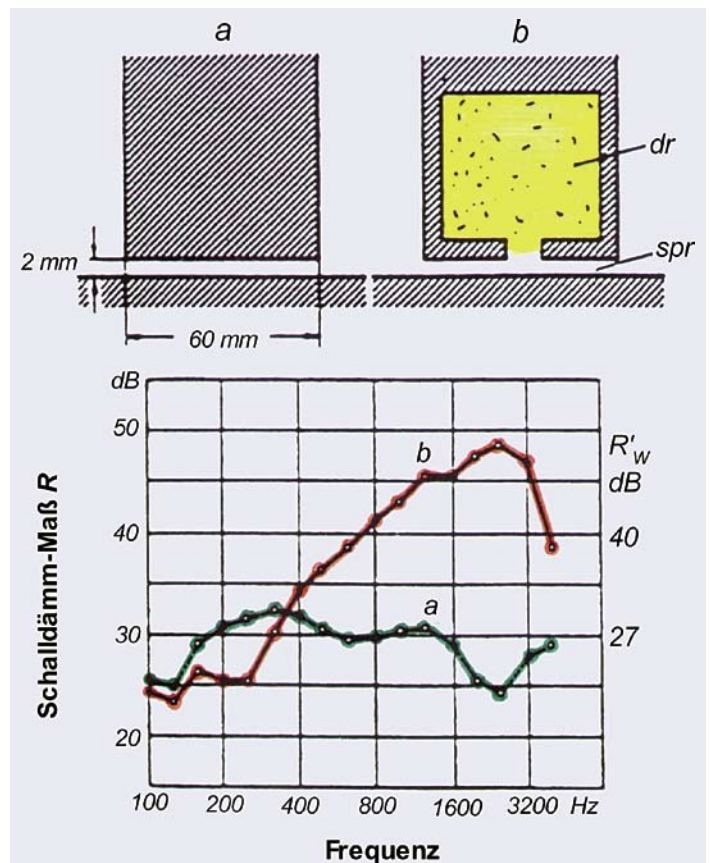
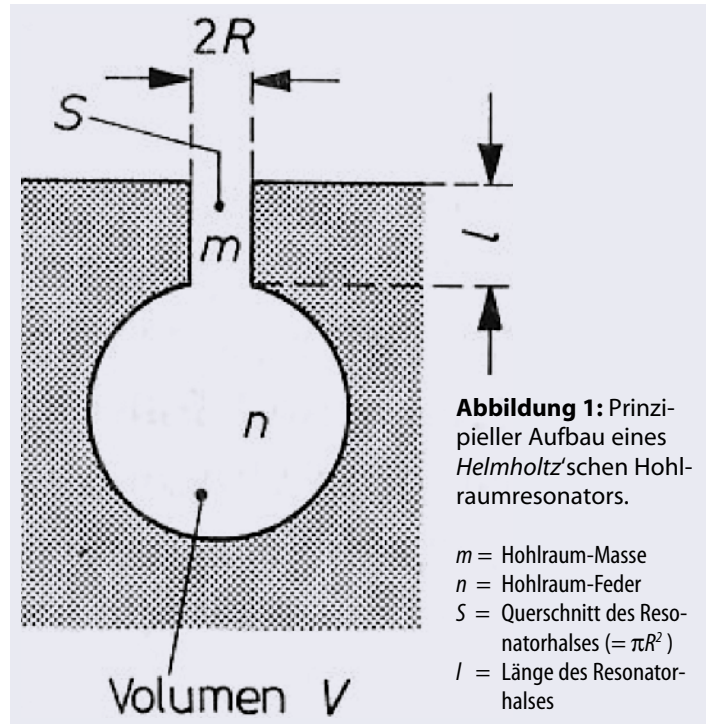




Abbildung 3: Absorbersteine mit eingelegtem Dämpfungsmaterial (z. B. Mineralwolle), um auf diese Weise einen etwas breiteren Absorptions-Frequenzbereich zu erzielen. Der Absorptionsgrad α bei f_{res} wird dadurch allerdings etwas geringer. Die Mittenfrequenz solcher Absorbersteine liegt zwischen etwa 160 und 250 Hz. Die Steine werden so übereinander gestapelt, dass der aufgelegte Stein den darunter liegenden zu einem abgeschlossenen Resonator verschließt. Die Resonatoröffnung (siehe Resonatorhals in Abbildung 1) bilden hier schmale Schlitzte. Mit derartigen Steinen lassen sich ganze „Absorber-Wände“ zum Einsatz an geräuschintensiven Verkehrswegen aufbauen.

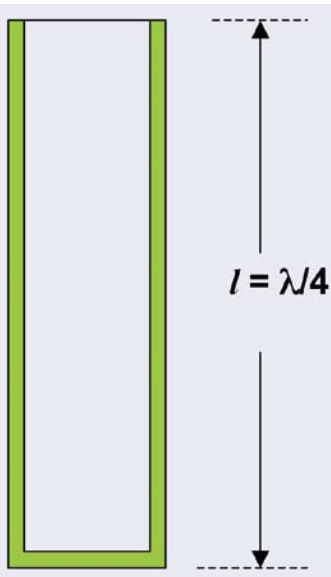


Abbildung 4: Aussehen eines am Rohrende geschlossenen $\lambda/4$ -Resonators. Soll die erste (= tiefste) Eigenfrequenz eines Resonators dieser Art beispielsweise bei 1 000 Hz liegen, so muss die Rohrlänge l gemäß Gl. (4) 8,57 cm betragen.

regt wird, schwingt in Gegenphase, bezogen auf den Anregungsvorgang. Ein angeregter Hohlraum-Resonator strahlt somit gegenphasigen Luftschall ab. Durch Überlagerung beider Schallanteile kommt es zu einer Absenkung des daraus resultierenden Schallpegels L innerhalb eines mehr oder weniger begrenzten Raumbereichs. Die Bezeichnung „Absorber“ ist insofern also nicht korrekt; sie ist aber allgemein in Gebrauch.

Die Grundform eines Helmholtz-Resonators bzw. eines solchen Absorbers zeigt Abbildung 1. Der Resonator besteht aus einem Resonator-Volumen V , das akustisch wie eine Feder mit der Nachgiebigkeit n (gemessen in m/N) wirkt, und aus dem im Resonatorhals befindlichen „Luft-Pfropfen“ $S \cdot l$, der bei einer Anregung mit der Eigenfrequenz f_0 unkomprimiert hin- und herschwingt und sich somit wie eine

Masse m verhält. Die Eigenfrequenz eines Helmholtz-Resonators errechnet sich nach folgender Gleichung:

$$f_0 = \frac{c}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{S}{V \cdot (l + \frac{\pi}{2} \cdot R)}} \quad [\text{in: Hz}] (3)$$

Darin sind c die Schallgeschwindigkeit (in Luft bei 20°C: ca. 343 m/s), S der Resonatorhals-Querschnitt (in: m^2) und l die Resonatorhals-Länge (in: m). Der Ausdruck $\pi \cdot R/2$ berücksichtigt die so genannten **Mündungskorrekturen** an beiden Enden des Resonatorhalses ($2 \cdot \pi R/4$), wo die Massewirkung nicht abrupt aufhört. R ist der Radius des hier als kreisförmig angenommenen Resonatorhals-Querschnitts.

Eine interessante Abart des meist als rotations-symmetrisch angenommenen Helmholtz-Resonators bilden in „fortlaufender“ Form ausgeführte Helmholtz-Resonatoren, siehe Abbildung 2. Ein Absorber dieser Art lässt sich sehr wirksam z. B. am unteren Ende eines Türblattes zum Einsatz bringen [2][3]. Man erzielt damit bei Türen eine erhebliche Verbesserung der Luftschalldämmung ohne besondere Abdichtungsmaßnahmen nach unten hin zur Schwelle, beispielsweise mittels Abdichtungslippen.

Beide Resonanz-Absorber-Ausführungen sind nur in einem sehr schmalen Frequenzbereich wirksam. Einen etwas breitbandigeren Absorptions-Frequenzbereich erhält man bei beiden Ausführungen von Resonanz-Absorbern durch Einbringung von Dämpfungsmaterial. Lediglich der Absolutwert der Absorption wird dabei etwas niedriger. Beispiel dafür sind etwa so genannte Absorbersteine (siehe Bild), wie sie nebeneinander und übereinander geschichtet den Aufbau einer „Absorber-Wand“ für geräuschintensive Verkehrswege ermöglichen.

Eine andere Art von Resonanz-Absorbern bildet die Gruppe der so genannten $\lambda/2$ - und $\lambda/4$ -Rohrresonatoren, die nicht nur eine, sondern eine (theoretisch unendlich) große Anzahl von Resonanz- oder Eigenfrequenzen $f_{0,n}$ besitzen. In der Pra-

xis verwendet man gern einseitig geschlossene $\lambda/4$ -Resonatoren (siehe Abbildung 4), und zwar dort, wo Schall mit nur einer einzigen, nicht (!) veränderlichen Frequenz absorbiert werden soll. Die Resonanzfrequenzen $f_{0,n}$ von $\lambda/4$ -Resonatoren errechnen sich wie folgt:

$$f_{0,n} = \frac{(2n-1)}{4 \cdot l} \cdot c \quad [\text{in: Hz}] (4)$$

Darin sind l die Rohrlänge (in: m) und n ($= 1, 2, 3, \dots$) die Ordnungszahl der Eigenfrequenzen.

Literaturhinweise

- [1] Veit, I.: Aktive Lärmkompensation mit akustisch offenen und geschlossenen Kopfhörern. DAGA 1989, Fortschritte der Akustik, DPG-GmbH, Duisburg, Seite 643.
- [2] Ertel, H.: Experimentelle Untersuchungen zur Schalldämmung von Tür- und Trennwandfugen. wksb-Zeitschrift, G + H Montage GmbH, Ausgabe August 1980.
- [3] Veit, I.: Bauakustik. 2. durchgesehene Auflage, expert-Verlag Renningen, 2003, Seite 75.

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.

@ i.veits@t-online.de

Teil 2 dieses Berichts zum Thema Schallabsorber erscheint in Ausgabe 2/08. Frühere Beiträge unserer Serie „Akustik kompakt“ können Sie auf unserer Website unter der Rubrik „Akustik“ nachlesen.

@ www.trockenbau-akustik.de

www.trockenbau-akustik.de

Archiv

- ▶ Absorber
- ▶ Nachhallzeit
- ▶ Schalldämmung