

Lochplattenabsorber im Trockenbau

Schallabsorption | In früheren Beiträgen dieser Serie [1, 2, 3] hat unser Autor Prof. Dr.-Ing. Ivar Veit bereits einen allgemeinen Überblick über Schallabsorber vermittelt. Erwähnt wurden dort u. a. auch schallabsorbierende Lochplatten. Im Folgenden wird dieser Absorbertyp, zu dem im Prinzip auch Schlitzabsorber gehören, ausführlicher vorgestellt und erläutert.

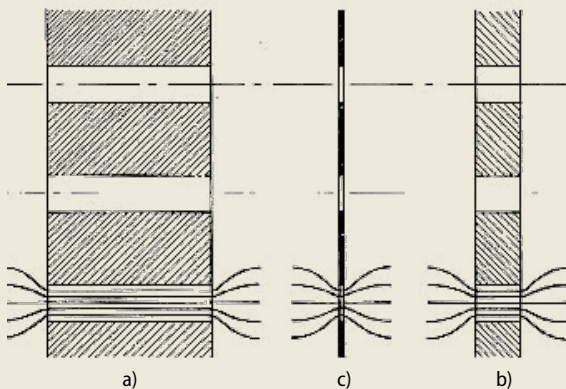
Bei Lochplattenabsorbern (oder kurz: **Lochabsorber**) handelt es sich um perforierte, möglichst ballwurfsichere Platten, die in einem bestimmten Abstand d vor Wänden oder Decken angebracht werden und akustisch gesehen eine sehr große Anzahl von nebeneinander liegenden und miteinander gekoppelten **Helmholtz-Resonatoren** bilden. Materialmäßig handelt es sich dabei i. d. R. um mitteldichte Holzfaserplatten (MDF), Gipsfaserplatten, furnierte Holzspanplatten oder ähnliches Plattenmaterial. Die Perforation besteht meist aus zylindrischen Löchern, die in gleichgroßen Abständen e in einem quadratischen Netz angeordnet sind; die Lochabstände sollten nur klein gegenüber der Wellenlänge λ sein. Es können aber auch genauso gut schlitzförmige Öffnungen sein (**Schlitzabsorber**).

Das zwischen der Lochplatte und der Wand bzw. Decke eingeschlossene Luftvolumen wirkt wie eine Feder mit der Nachgiebigkeit n [Einheit: m/N], während die Luft-„Pfropfen“ in den einzelnen Löchern wie lauter kleine Massen m [Einheit: kg] wirken und dort, ohne komprimiert zu werden, hin- und herschwingen. Trifft Schall auf so eine Platte, so strömt Luft im Rhythmus der Schallfrequenz durch die Plattenlöcher hin und her (Abbildung 1). Je nach Größe und Beschaffenheit der Löcher wird die Luftbewegung bzw. Luftoszillation durch Reibung gedämpft. Die Höhe dieser Dämpfung bestimmt der **längenbezogene** oder **längenspezifische Strömungswiderstand** Ξ (siehe [2]) in den Öffnungen:

$$\Xi = - \frac{1}{v_x} \cdot \frac{\Delta p}{\Delta \chi} \quad [\text{in: Ns/m}^4] \quad (1)$$

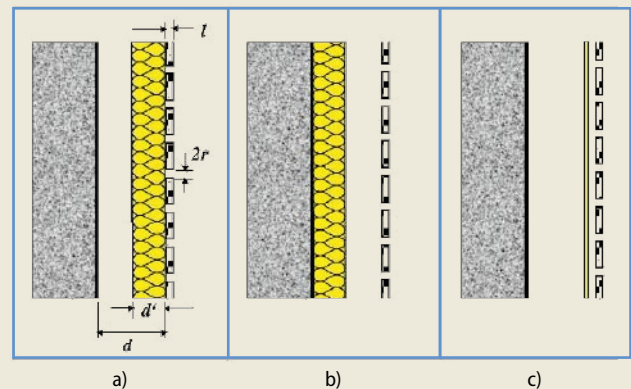
Darin ist $\Delta p / \Delta \chi$ ein Maß für das Druckgefälle zwischen beiden Seiten einer $\Delta \chi$ dicken Absorberplatte, während v_x die Strömungsgeschwindigkeit in x-Richtung darstellt. Der Strömungswiderstand bestimmt, wie schon erwähnt, die durch die Vielzahl der Öffnungen gegebene Grunddämpfung der **Helmholtz-Resonatoren**. Eine weitere, meist stärkere und vor allem definiertere Dämpfung von Lochplattenabsorbern erreicht man durch Einbringung von zusätzlichem, breitbandig wirkendem Dämpfungsmaterial. Das kann unmittelbar hinter der Lochplatte oder auch dahinter direkt vor der Wand oder Decke geschehen (Abbildung 2). Unmittelbar hinter den Öffnungen der Resonatoren ist die Schnelle am größten und die Dämpfung somit am wirksamsten.

ABBILDUNG 1



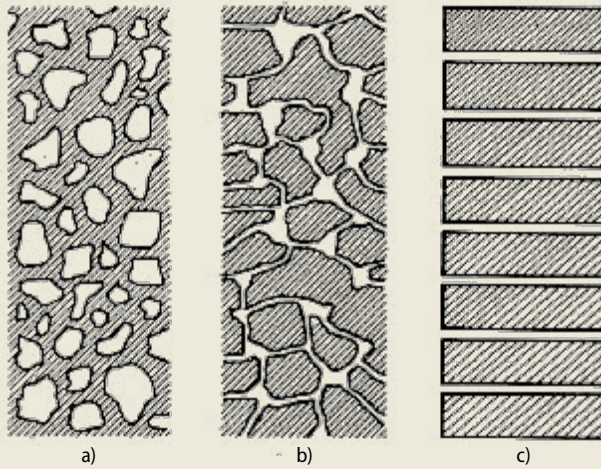
Prinzipieller Strömungsverlauf in Lochplatten
a) bei großer,
b) bei mittlerer und
c) bei sehr kleiner Lochplattendicke

ABBILDUNG 2



Lochplatte vor einer massiven, biegesteifen Wand bzw. Decke, hinterlegt mit
a) Dämpfungsmaterial unmittelbar hinter der Lochplatte
b) Dämpfungsmaterial direkt vor der massiven Rückwand
c) sehr dünnem Dämpfungsmaterial hinter der Lochplatte

ABBILDUNG 3



Verschiedene Arten von Porigkeiten:

- a) Materialstruktur mit geschlossenen Poren; für die Absorption von Luftschall vollkommen wirkungslos und somit ungeeignet;
- b) Materialstruktur, deren Poren untereinander und mit der Materialoberfläche in offener Verbindung stehen; für die Absorption von Luftschall gut geeignet;
- c) Rayleigh-Modell zur theoretischen Untersuchung der Luftschallabsorption poröser Körper.

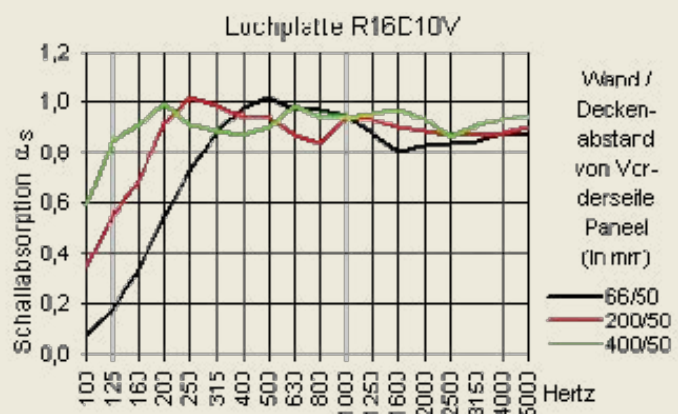
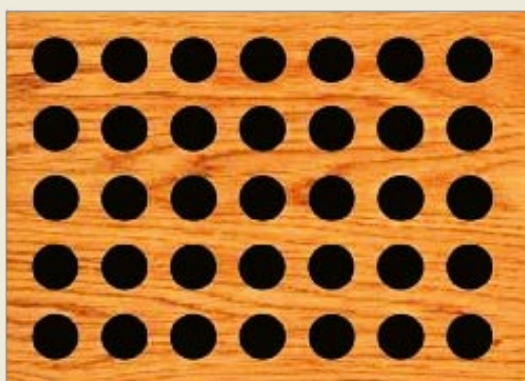
Quelle: [4]

Breitbandig wirkendes Dämpfungsmaterial besitzt meist eine poröse Struktur. Das kann z. B. Mineralwolle oder auch offenporiger Schaumstoff sein. Nun gibt es zur quantitativen Beschreibung der Porigkeit von Materialien den Begriff der **Porosität** (Formelzeichen: σ). Darunter versteht man das Verhältnis von Porenvolumen zum Gesamtvolumen einer Materialprobe. Akustisch gesehen ist diese Größe aber ganz verschieden zu bewerten. Es gibt Materialien, die sehr viele Hohlräume und damit, per Definition, eine hohe Porosität besitzen, die aber untereinander keinerlei

Verbindung haben, z. B. Gasbeton. Für die Absorption von Luftschall sind sie völlig wirkungslos (Abbildung 3a). Für eine gute Luftschallabsorption sind nur diejenigen Poren von Bedeutung, die sowohl untereinander als auch zur Materialoberfläche eine offene Verbindung haben (Abbildung 3b). Der auf so eine Oberfläche auftreffende Luftschall kann als solcher auch in das Innere eindringen und dort mehr oder weniger stark absorbiert werden. Zur quantitativen Beurteilung des Absorptionsmechanismus in porösen Strukturen bedient man sich eines vereinfachten Modells, in

dem das Porenvolumen durch Bohrungen nachgebildet wird, die senkrecht von einer gedachten Absorberoberfläche ausgehen. Dieses Modell geht auf *Lord Rayleigh* zurück und ist in der Bauakustik unter der Bezeichnung **Rayleigh-Modell** [4] bekannt (Abbildung 3c). Dieses Modell erlaubt es, Wandimpedanzen zu berechnen, die unabhängig sind vom Schalleinfallswinkel. Es würde den Rahmen dieses Beitrags sprengen, wollte man diese Betrachtungen vertiefen. An dieser Stelle sei nur so viel gesagt, dass die höchsten Porositätswerte von Materialien wie Mineralwolle

ABBILDUNG 4



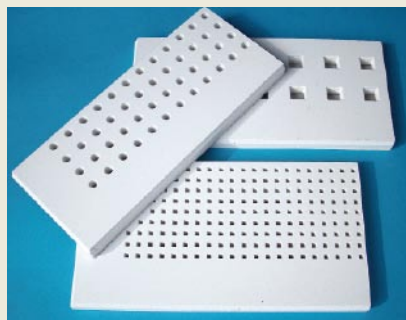
Akustik-Lochplatte R16D10V (Hersteller: trikustik), Trägerplatte aus Sperrholz, Oberfläche edelholzfurniert, mit einem Lochraster von 16 × 16 mm und einem Lochdurchmesser von 10 mm. Der Lochanteil beträgt etwa 30,7 %, entsprechend 3900 Löchern/m². Die rechte Darstellung zeigt den Schallabsorptionsgrad α_s in Abhängigkeit von der Frequenz.

Grüne Kurve Abstände: $d + l = 400$ mm und $d' = 50$ mm (sehr breitbandige Absorption)

Rote Kurve Abstände: $d + l = 200$ mm und $d' = 50$ mm

Schwarze Kurve Abstände: $d + l = 66$ mm und $d' = 50$ mm

Quelle: trikustik, Franz Rametsteiner GmbH, A-3911 Rappottenstein

ABBILDUNG 5

Drei Beispiele für verschiedene Lochgeometrien (rund, quadratisch) bei Lochabsorbern.

Das Material wurde dem Autor freundlicherweise von Danogips A/S zur Verfügung gestellt.

Neben der luftschallabsorbierenden Wirkung der vielen *Helmholtz*-Resonatoren gibt es auch noch eine reine Materialeigenschaft, die zusätzlich zur Schallabsorption beitragen kann und nicht vergessen werden darf. Das ist die schall-schluckende Wirkung des Plattenmaterials selbst. Der Schallabsorptionsgrad α der meisten Materialien steigt normalerweise mit zunehmender Frequenz an. Es gibt aber auch Materialien, bei denen der Absorptionsgrad umgekehrt, d. h. mit abnehmender Frequenz, ansteigt. Dazu gehören z. B. Holz(-Paneele) und Gipskartonplatten [3, 5]. Lochplatten auf Holz- oder Gipsbasis können somit, auch wegen dieser Eigenschaft, sehr effektive Schallabsorber bilden. \square

($\sigma = 0,94 \dots 0,98$) und Filz ($\sigma = 0,83 \dots 0,95$) erreicht werden.

Die Resonanz- oder auch Mittenfrequenz f_0 von Lochplattenabsorbern errechnet sich nach der folgenden Beziehung [4, 6]:

$$f_0 = \frac{c}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{\varepsilon}{d \cdot \left(l + \frac{\pi}{2} \cdot r \right)}} \quad [\text{in: Hz}] \quad (2)$$

Darin sind

c = Schallgeschwindigkeit [in: m/s]
(= 343 m/s in Luft bei 20 °C)

ε = Lochflächenverhältnis (Verhältnis aller Lochflächen zur Gesamtfläche der Platte)

d = Abstand zwischen Lochplatte und Wand bzw. Decke [in: m]

l = Länge der kreisrunden Öffnungen; i. A. identisch mit der Lochplattendicke [in: m]

r = Radius der Öffnungen [in: m]

$\frac{\pi}{2} \cdot r$ = Mündungskorrektur

Der Zusammenhang, den diese Gleichung beschreibt, erscheint zunächst paradox, da mit abnehmendem Lochflächenverhältnis ε , d. h. mit abnehmendem Lochdurchmesser $2r$ bzw. mit abnehmender Lochzahl, die Resonanzfrequenz f_0 kleiner werden soll. Tatsächlich aber wird mit abnehmender Lochzahl das pro Loch verfügbare Federvolumen größer, und die Resonanzfrequenz muss somit niedriger werden. Übliche Werte für ε liegen zwischen 1 % und etwa 30 %.

Dazu ein **Zahlenbeispiel**: $c = 343$ m/s, $\varepsilon = 0,3$ ($\triangleq 30\%$), $d = 185 \cdot 10^{-3}$ m, $l = 16 \cdot 10^{-3}$ m, $r = 5 \cdot 10^{-3}$ m. Setzt man diese Werte in Gleichung (2) ein, so erhält man

für die Resonanzfrequenz einen Wert von 450 Hz. Zusätzlich eingebrachtes Dämpfungsmaterial hat eine leichte Absenkung der Resonanzfrequenz zur Folge.

Die praktische Ausführung einer besonders breitbandig absorbierenden Akustik-Lochplatte der Firma *trikustik* (Österreich) mit den dazugehörigen Absorptionsgrad-Messergebnissen zeigt die Abbildung 4; α_s bedeutet darin, dass der Absorptionsgrad nach *Sabine* im diffusen Schallfeld eines Hallraums gemessen worden ist. Mit gut 30 % Lochanteil handelt es sich hierbei um eine sehr offene Platte, deren Oberfläche edelholzbeschichtet ist. Auch als Trägermaterial ist (Sperr-)Holz verwendet worden. Wie nicht anders zu erwarten, lässt sich der Absorptions-Frequenzbereich nach tiefen Frequenzen hin deutlich erweitern, wenn man den Abstand d zwischen Lochplatte und Rückwand genügend groß wählt.

Außer kreisrunden Absorberöffnungen sind auch andere Geometrien in der Praxis üblich, z. B. quadratische Öffnungen (Abbildung 5, Gipsplatten von der Firma *danogips*). Aber auch Schlitze (Schlitzabsorber) werden häufig verwendet, hauptsächlich bei Holz-Paneelen. Abgesehen von deren dekorativem Erscheinungsbild lassen sich mit ihnen ebenfalls sehr gute akustische Ergebnisse erzielen.

Literatur

- [1] Veit, I.: Schallabsorber, Teil 1. In: Trockenbau-Akustik, Nr. 1, 2008, S. 36–37.
- [2] Veit, I.: Schallabsorber, Teil 2. In: Trockenbau-Akustik, Nr. 2, 2008, S. 34–37.
- [3] Veit, I.: Der Schallabsorptionsgrad α . In: Trockenbau-Akustik, Nr. 2, 2007, S. 34–37.
- [4] Cremer, L. und Müller, H. A.: Die wissenschaftlichen Grundlagen der Raumakustik, Band II. S. Hirzel Verlag Stuttgart, 1976, S. 104 ff.
- [5] Veit, I.: Die äquivalente Absorptionsfläche A . In: Trockenbau-Akustik, Nr. 1–2, 2010, S. 28–29.
- [6] Kurtze, G., Schmidt, H., und Westphal, W.: Physik und Technik der Lärmbekämpfung. Verlag G. Braun, Karlsruhe, 1975, S. 143–149.

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.

E-Mail: i.veits@gmx.net

www.trockenbau-akustik.de

› Archiv
– Absorber

DRUCKFEHLERBERICHTIGUNGEN

- › In Heft 1–2/2011, S. 26, muss es in der Erklärung zur Gleichung (1) richtig heißen: (in Luft bei 20 °C ist $Z_0 = 343 \text{ m/s} \cdot 1,1895 \text{ kg/m}^3 = 408 \text{ Ns/m}^3$).
 - › In Heft 3/2011, S. 32, muss es in der Erklärung zur Gleichung (1) richtig heißen: $Z_0 = \rho \cdot c$.
- Die korrigierten Stellen sind in roter Farbe gekennzeichnet.