

## Mikroperforierte Absorber aus gespannten Folien

Christian Nocke<sup>1</sup>, Catja Hilge<sup>1</sup>, Jean-Marc Scherrer<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Akustikbüro Oldenburg, Alte Raad 20a, 26127 Oldenburg, Deutschland, Email: info@akustikbuero-oldenburg.de

<sup>2</sup> BARRISOL-NORMALU S.A.S, 68680 Kembs, Frankreich, Email: mail@barrisol.com

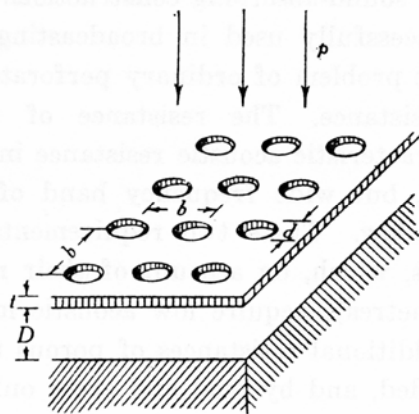
### Einleitung

Seit ihrer Einführung im Jahr 2001 erobern mikroperforierte Spannfolien immer neue Anwendungsgebiete. Inzwischen sind verschiedene akustisch wirksame Mikroperforationen in der seit mehr als 30 Jahren gut erprobten Spannfolie kommerziell erhältlich [1]. Durch die Mikroperforation erhält die klassischen Spanndecke eine beachtliche akustische Wirkung.

Nach einer kurzen Darstellung der grundlegenden Zusammenhänge der Theorie mikroperforierter Schallabsorber nach D.-Y. Maa werden aktuelle Ergebnisse aus verschiedenen Labormessungen vorgestellt. Es werden Messergebnisse des Schallabsorptionsgrads verschiedener Aufbauten mit unperforierten und mikroperforierten Spannfolien exemplarisch gegenüber gestellt.

### Theorie mikro-perforierte Schallabsorber

Die ursprüngliche Theorie der mikroperforierten Absorber [2, 3] geht von der Schallausbreitung in einer einzelnen Pore aus. Die klassische Ableitung von Maa gibt zunächst eine bemerkenswert exakte Näherung der spezifischen Impedanz  $Z_{MPP}$  einer mikroperforierten Platte bzw. Folie mit der Dicke  $t$ , dem Lochdurchmesser  $d$  der Poren mit einem Abstand  $b$  und der Dicke des Luftpolsters hinter der mikroperforierten Struktur, siehe Abbildung 1.



**Abbildung 1:** Prinzipskizze eines mikroperforierten Schallabsorbers mit den geometrischen Parametern  $t$ ,  $d$ ,  $b$  und  $D$  (siehe Text).

Aus der winkelabhängigen Impedanz  $Z_{MPP}$  kann mit Hilfe von wohlbekannten Zusammenhängen [4, 5] der Schallabsorptionsgrad sowohl für senkrechten als auch für diffusen Schalleinfall berechnet werden.

Die Ableitung von Maa liefert zunächst eine Näherung der spezifischen akustischen Impedanz  $Z_{MPP}$  der mikroperforierten Platte bzw. Folie.

$$Z_{MPP} = r + j \omega m \quad (1)$$

Die Größen  $r$  und  $m$  werden wie folgt angegeben [4]:

$$r = \frac{32 \eta t}{\rho c_0 d^2} \left( \sqrt{1 + \frac{k^2}{32}} + \sqrt{2} \frac{k d}{32 t} \right) \quad (2)$$

$$\omega m = \frac{\omega t}{\rho c_0} \left( \frac{1}{\sqrt{9 + k^2/2}} + 0.85 \frac{d}{t} \right) \quad (3)$$

Der Parameter  $k$  gibt hierbei das Verhältnis des Radius  $d/2$  der Pore zur Dicke der viskosen Grenzschichtdicke des Fluids in der Pore an, siehe [4] für weitere Details und Zahlenwerte.

Die mikroperforierte Platte bzw. Folie bildet mit der Luftschicht der Dicke  $D$  ein resonanzfähiges System. Die akustische Impedanz  $Z_{MPA}(\theta)$  dieses Systems aus mikroperforierter Struktur und Luftpolster kann aus der winkelabhängigen Impedanz  $Z_{AIR}(\theta)$  des Luftpolsters

$$Z_{AIR}(\theta) = -j \cot(\omega D / c_0 \cos \theta) \quad (4)$$

und der Impedanz  $Z_{MPP}$  wie folgt berechnet werden:

$$Z_{MPA}(\theta) = Z_{MPP} \cos \theta + Z_{AIR}(\theta) \quad (5)$$

Mit Hilfe dieser Oberflächenimpedanz  $Z_{MPA}(\theta)$  kann der Schallabsorptionsgrad für beliebigen Schalleinfall einer ebenen Welle gemäß

$$\alpha(\theta) = \frac{4 \operatorname{Re}\{Z_{MPA}(\theta)\}}{[1 + \operatorname{Re}\{Z_{MPA}(\theta)\}]^2 + [\operatorname{Im}\{Z_{MPA}(\theta)\}]^2} \quad (6)$$

berechnet werden. Mit Hilfe des winkelabhängigen Schallabsorptionsgrades  $\alpha(\theta)$  kann anschließend der über alle Einfallswinkel gemittelte Absorptionsgrad  $\alpha_{stat}$  für statistischen („diffusen“) Schalleinfall mit Hilfe der wohlbekannten Parisschen Formel berechnet werden.

$$\alpha_{stat} = \int_0^{90^\circ} \alpha(\theta) \sin 2\theta d\theta \quad (7)$$

### Hallraumergebnisse

Im Folgenden werden die Ergebnisse aus Messungen im Hallraum an verschiedenen Aufbauten mit Spannfolien, unperforiert und mikroperforiert, und zum Teil mit porösen Materialien dargestellt.

In Abbildung 2 ist das Ergebnis einer Hallraummessung [6] an einer mikroperforierten Folie im Vergleich mit dem

Ergebnis an einer unperforierten Folie dargestellt. Der Abstand  $D$  zwischen Hallraumboden und Folie betrug jeweils 100 mm. Der Absorptionsgrad der unperforierten Folie liegt im gesamten Frequenzbereich unterhalb von 0,12, während die mikroperforierte Folien maximale Werte von ca. 0,7 bei 800 Hz aufweist. Das Ergebnis der mikroperforierten Folie ist in nahezu perfekter Übereinstimmung mit einer entsprechenden Berechnung [7].

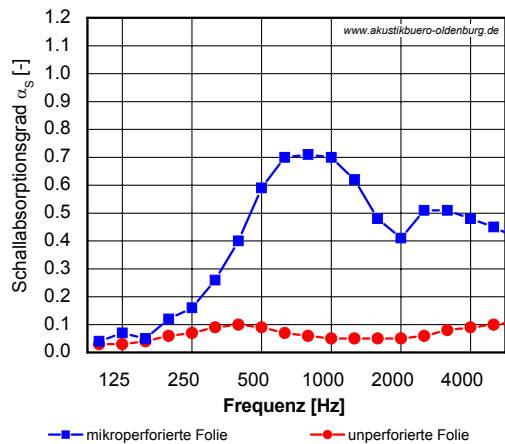


Abbildung 2: Vergleich des Schallabsorptionsgrads einer unperforierten und einer mikroperforierten Folie.

In Abbildung 3 sind die Ergebnisse von zwei Messungen an mikroperforierten Spannfolien unterschiedlicher Größe dargestellt. Beide Ergebnisse sind im Rahmen der Messgenauigkeit im Hallraum als identisch anzusehen. Somit kann der Einfluss der Einspannung der Spannfolien auf die akustische Wirkung als mikroperforierter Schallabsorber vernachlässigt werden.

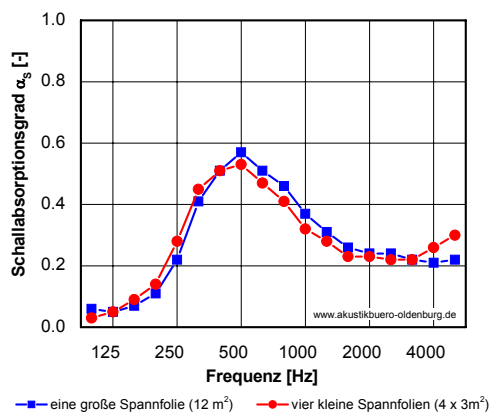


Abbildung 3: Schallabsorptionsgrad mikroperforierter Spannfolie bei verschiedenen großen Folienstücken.

Durch die teilweise Füllung des Luftpolsters hinter der mikroperforierten Folie kann der Schallabsorptionsgrad im gesamten Frequenzbereich deutlich erhöht werden. In der Abbildung 4 ist das Ergebnis einer Hallraummessung mit einer Einlage von 45 mm Mineralwolle im 100 mm Luftpolster zwischen Hallraumboden und mikroperforierte Folie dargestellt. Durch die Hinterlegung mit dem porösen Material verschiebt sich das Maximum der Schallabsorption um ca. eine Oktave zu tieferen Frequenzen und erreicht einen deutlich höheren Wert als ohne poröse Hinterlegung [8].

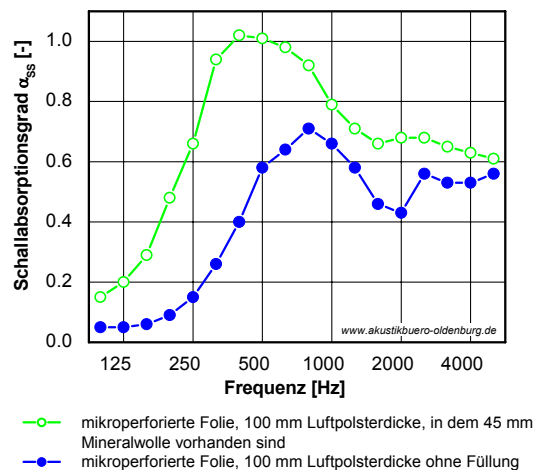


Abbildung 4: Vergleich des Schallabsorptionsgrads einer mikroperforierten Folie mit und ohne poröses Material im Luftpolster.

### Zusammenfassung

Durch eine geeignete Mikroperforation erhalten Spannfolien eine für raumakustische Zwecke verwertbare schallabsorbierende Wirkung. Alle sonstigen Eigenschaften der Folie (Formbarkeit, Installation, Brandschutz etc.) bleiben unverändert erhalten.

### Literatur

- [1] Documentation technique, BARRISOL® Normalu, F-68680 Kembs, www.barrisol.com
- [2] Dah-You Maa. Theory and design of microperforated panel sound-absorbing constructions. Scientia Sinica, 18(1) (1975), 55-71
- [3] D.-Y. Maa. General theory and design of microperforated-panel absorbers. Chinese Journal of Acoustics, 16(3) (1997), 193-202
- [4] C. Nocke, K. Liu, and D.-Y. Maa. Statistical absorption coefficient of microperforated absorbers. Chinese Journal of Acoustics, 19(2) (2000), 97-104
- [5] K. Liu, C. Nocke, D.-Y. Maa. Experimental investigation on sound absorption characteristics of microperforated panel in diffuse fields, Acta acustica (in Chinese), 25(3) (2000), 211-218
- [6] DIN EN 20354 (ISO 354), Acoustics, Measurement of sound absorption in a reverberation chamber, 1985
- [7] C. Nocke, C. Hilge, Properties and application of microperforated stretched ceilings, Proc. Institute of Acoustics, Vol. 26, Pt. 6 (2003), 184-191
- [8] C. Nocke, C. Hilge, Application of micro-perforated stretched ceilings, CFA/DAGA 04, 491-492