

# Mikroperforierte Lüftungskanäle als akustische Multitalente

Olaf Knospe\* · Dr. Peter Brandstätter\*\* · Dr.-Ing. Philip Leistner\*\*

Durch mikroperforierte Absorberbauteile\*\*\* ließen und lassen sich auf einzigartige Weise Raumgestaltung und Raumakustik in Einklang bringen. Gerade die Transparenz von mikroperforierten Folien und Acrylglas-Platten ist auch heute noch mit keinem anderen Absorptionsprinzip erreichbar. Neue Anwendungsbereiche kommen hinzu, wenn aus mikroperforierten Elementen Kanäle etwa für raumluftechnische Anlagen zusammengesetzt werden. Ob sichtbar im Raum oder unsichtbar im Deckenhohlraum, die dämpfende Wirkung ist nahezu immer willkommen und nützlich. An diesem Punkt angelangt ist es nur noch ein Schritt, auch mikroperforierte (Rohr-)Schalldämpfer zu schaffen. Diese Entwicklung bzw. Diversifizierung (Erweiterung des Anwendungsbereichs) der Mikrolöcher von der Platte bis zum Schalldämpfer wird in diesem Beitrag dargestellt.

Die Absorption mikroperforierter Paneele (z. B. nach Bild 1) im Abstand  $d$  vor einer schallharten Wand hängt im Wesentlichen vom Lochdurchmesser bzw. -radius  $r$  (meist  $< 1$  mm), von der Plattendicke  $t$  und vom Perforationsgrad (Lochflächenanteil) ab. Das Funktionsprinzip entspricht der Art nach einem Helmholtz-Resonator, d.h. die Luftpfropfen (Masse) in den Löchern und das Luftvolumen (Feder) hinter der Platte bilden ein akustisches Resonanzsystem [1].

Durch die hohen Verluste infolge viskoser (zäher) Wandreibung in den Mikrolöchern wirkt dieser Resonator sehr

\*) Olaf Knospe, Westaflexwerk GmbH, Gütersloh

\*\*) Dr. Peter Brandstätter und Dr.-Ing. Philip Leistner, Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Stuttgart

\*\*\*) Schall-Absorption: Abnahme der Schallintensität beim Durchgang durch einen Stoff/eine Substanz; dabei reiben die zum Mitschwingen gebrachten Moleküle aneinander und verwandeln Schallenergie in Wärme.

breitbandig, ohne dafür zusätzliche Gewebe- oder Vlies-schichten bzw. poröses oder faseriges Material zu benötigen. Als Beispiel sei auf den Schallabsorptionsgrad mikroperforierter Metallpaneele bei diffusem, zerstreuten Schalleinfall in Bild 2 verwiesen. Die Lochgeometrie der Blechtafel wird durch  $r = 0,25$  mm,  $t = 0,5$  mm, Lochflächenanteil 0,78% beschrieben und der Wandabstand  $d$  variiert zwischen 200 und 400 mm.

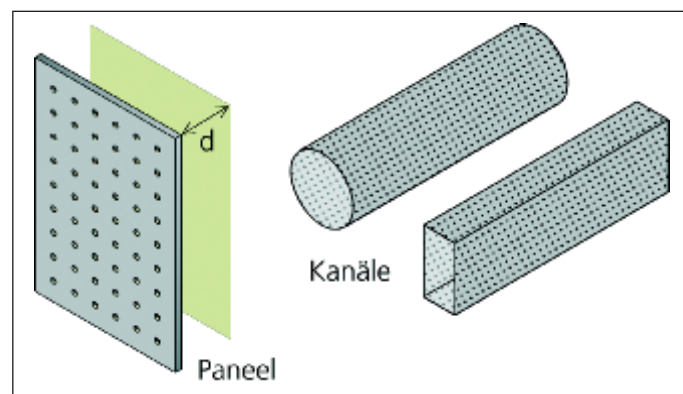
## Überlagerte Strömung in Mikrolöchern

Bei einer erzwungenen Strömung in den Mikrolöchern werden die vom einfallenden Schall zur Oszillation (Schwingung) angeregten Luftteilchen zusätzlich fortbewegt. Die resultierende Geschwindigkeit dieser überlagerten Bewegung vereint deshalb sowohl die Schallschnelle als auch die mittlere Strömungsgeschwindigkeit  $v_L$ . Im typischen Parameterbereich (Lochgeometrie, Strömungsgeschwindigkeit) liegt dann nicht mehr nur laminare (geordnete) Strömung in den Löchern vor.

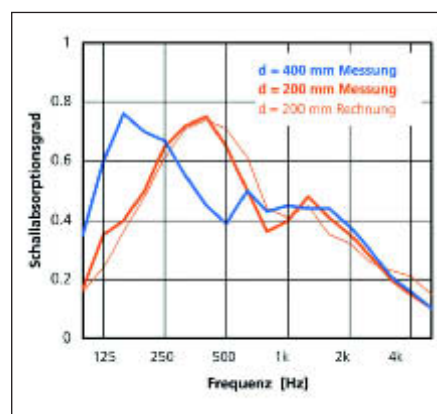
Theoretische Überlegungen zu einem akustischen Modell dieser Konfiguration führen

dazu, dass die Richtung der überlagerten Strömung keine Auswirkung auf die Impedanz (Widerstand) und Absorption der durchströmten mikroperforierten Platte hat. Diese Aussage stimmt mit experimentellen Ergebnissen überein. Zur Über-

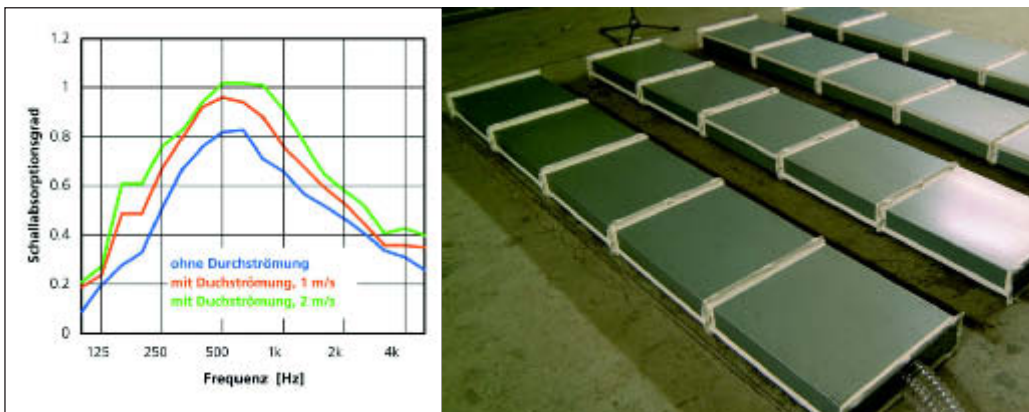
prüfung dieser Berechnungsmöglichkeit wurde der Absorptionsgrad durchströmter mikroperforierter Platten bei senkrechtem Schalleinfall in einem modifizierten Impedanzrohr untersucht [2]. In Abhängigkeit von der Strömungsgeschwindigkeit verän-



■ Bild 1: Mikroperforierte Bauteile (Beispiele).



■ Bild 2: Im Hallraum gemessener und berechneter Absorptionsgrad mikroperforierter Metallpaneele bei unterschiedlichen Abständen zur schallharten Rückwand.



■ Bild 3: Im Hallraum gemessener Absorptionsgrad eines rechteckigen durchströmten Lüftungskanals (Foto im Hallraum) bei drei Luftgeschwindigkeiten.

dert sich das akustische Verhalten der Platte bei niedrigen Geschwindigkeiten nicht sehr stark, aber systematisch. Die Durchströmung verursacht eine Verringerung des Absorptionsmaximums bei gleichzeitiger Erhöhung der Absorption im übrigen Fre-

quenzbereich. Bei Resonanzabsorbern tritt diese Veränderung bei steigenden Reibungsverlusten auf.

#### Mikroperforierte Luftkanäle

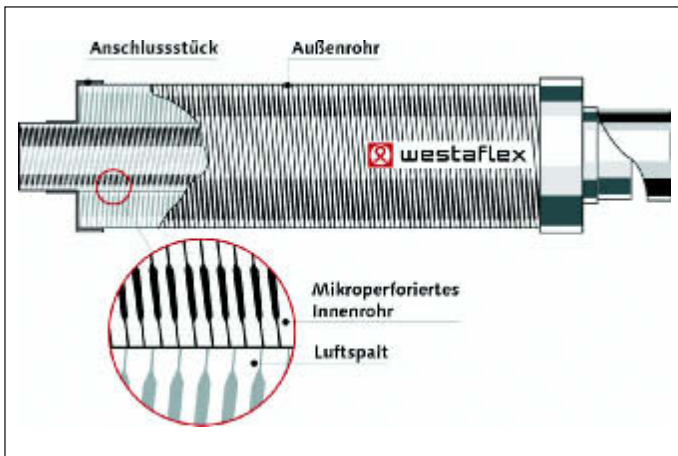
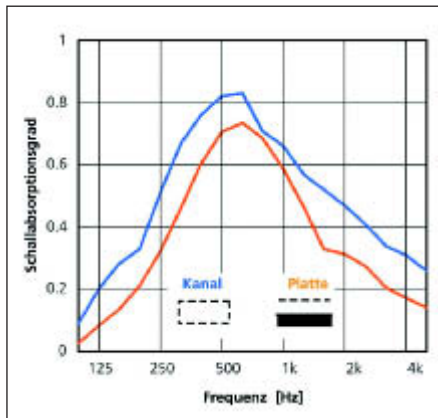
Wenn mikroperforierte Luftkanäle schallabsorbierend sind und eingesetzt

werden sollen, sind zu deren Berücksichtigung bei der raumakustischen Planung zunächst Werte des Schallabsorptionsgrades bei diffusem Schalleinfall erforderlich. Die messtechnische Bestimmung dieser Werte erfolgte im Hallraum unter Verwendung re-

alistischer Baugrößen und – in diesem besonderen Fall der Luftkanäle – bei praktisch relevanten Durchströmungsbedingungen [3]. Dazu wurden rechteckige und zylindrische Funktionsmuster nach dem Prinzip der Verdrängungslüftung konzipiert und angefertigt. Der Überdruck in den Kanälen führt dabei zu einer gleichmäßigen Durchströmung der Mikroperforation mit der vorab berechneten Strömungsgeschwindigkeit  $v_L$ . Die Kanalwände bestanden vollflächig aus mikroperforierten Metallpaneelen. Die Lüftungskanäle wurden entsprechend den üblichen Einbaubedingungen mit unterschiedlichen Abständen zum Hallraumboden montiert.

Von besonderem Interesse ist auch hierbei der Ein-

**Bild 4:** Im Hallraum gemessener Absorptionsgrad eines rechteckigen Lüftungskanals im Vergleich zur Berechnung von Metallpaneelen gleicher Lochgeometrie.



**Bild 5:** Ausführungsbeispiel eines mikroperforierten Rohrschalldämpfers.

### Schon einmal daran gedacht,

... sich einen Sonderdruck aus der IKZ-HAUSTECHNIK anfertigen zu lassen?

Ein Artikel ist eine nützliche Akquisitionshilfe.

Er ist ein überzeugendes Werbemittel und versorgt Ihre

Kunden mit praxisorientierten und zielgerichteten Informationen. Gern unterbreiten wir Ihnen ein individuelles und unverbindliches Angebot.

Sprechen Sie uns an!

STROBEL VERLAG GmbH & Co. KG

Redaktion IKZ-HAUSTECHNIK

Frau Brosowski

Zur Feldmühle 9-11

59821 Arnsberg

Tel.: 0 29 31 / 89 00 41

Fax: 0 29 31 / 89 00 48

E-Mail: redaktion@strobrel-verlag.de



fluss der Durchströmung auf die Schallabsorption. Aufgrund der Ergebnisse im Impedanzrohr wurde die Durchströmung der Mikrolöcher bei der gegebenen Lochgeometrie auf einen Maximalwert begrenzt. Die Messergebnisse für die gewählten Stufen der Strömungsgeschwindigkeit anhand einer beispielhaften Kanalgeometrie zeigt Bild 3. Außer bei sehr tiefen Frequenzen erhöht sich der Schallabsorptionsgrad infolge Durchströmung um durchschnittlich 20% gegenüber den Werten ohne Durchströmung. Bei noch höherer Strömungsgeschwindigkeit verringert sich die Absorption

wieder, teilweise bis auf Werte unterhalb der nicht durchströmten Kanäle.

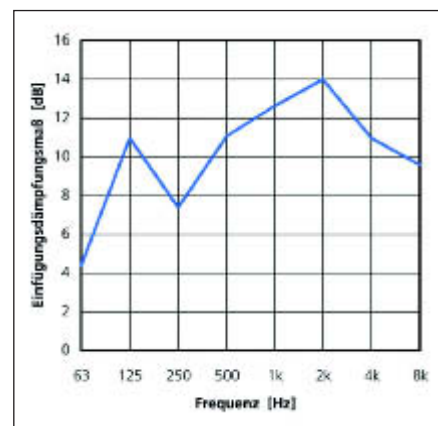
Es stellt sich die Frage nach der Plausibilität und Berechenbarkeit der Ergebnisse, z.B. von rechteckigen, vollständig mikroperforierten Kanälen bzw. Kanalwänden bei diffusem Schalleinfall. Durch die fehlende schallharte Rückwand ist zwar die Luftfeder im Kanal nicht in der üblichen Weise definiert, die Kanalwände sind jedoch nicht vollständig schalldurchlässig. Es besteht weiter ein akustisch nachgiebiges Luftvolumen. Als einfachste Näherung lässt sich der Kanal durch eine ebene Platte ersetzen, deren Berechenbarkeit bei diffusem Schalleinfall gegeben ist. Die Lochgeometrie bleibt unverändert und der Wandabstand der Platte entspricht in etwa der Kanalhöhe. In Bild 4 ist für ein Beispiel der Vergleich entsprechender Mess- und Rechenergebnisse dargestellt. Das spektrale Absorptionsverhalten (über die gesamte Bandbreite hinweg) wird durch die Rechnung gut wiedergegeben, während die Höhe der Absorption durch empirische Korrekturen (Erfahrungswerte) noch präzisiert werden kann. Ungeachtet dessen sind die erreichten Absorptionswerte beachtlich und für den praktischen Einsatz zweifellos attraktiv.

Für die Anwendung durchströmter mikroperforierter Absorber in Gestalt von Lüftungs-

kanälen müssen natürlich noch weitere lüftungstechnische Parameter bekannt sein. Fungieren die Kanäle z. B. direkt als Luftauslass, ist der erzeugte Druckverlust eine wesentliche Kenngröße. Er kann auf unterschiedliche Weise (z.B. Lochgeometrie, Kanalfläche etc.) eingestellt werden und lässt sich rechnerisch abschätzen.

### Mikroperforierte Schalldämpfer

In Lüftungsanlagen sind Schalldämpfer nahezu immer erforderlich. Nach wie vor dominieren bei Kulissen- und Rohrschalldämpfern die porösen Absorber. Ähnlich wie bei den Schallabsorbern für den Einsatz in der Raumakustik bieten auch mikroperforierte Schalldämpfer in Kanälen die Möglichkeit, vollständig auf poröses Absorbermaterial zu verzichten. Eine beispielhafte Ausführung eines solchen Rohrschalldämpfers ist in Bild 5 dargestellt. Er besteht aus einem verrillten und mikroperforierten Innenrohr und dem hier ebenfalls verrillten Außenrohr, zwischen denen sich das Luftvolumen bildet. Letzteres wird durch den stirnseitigen Abschluss mittels zwei Metallkappen komplettiert. Der Rohrschalldämpfer ist problemlos biegsam und somit zur Anpassung der Leitungsführung auch bei engem Bauraum gut geeignet.



**Bild 6:** Einfügungsdämpfungsmaß eines mikroperforierten Schalldämpfers (1 m lang, DN 100) nach Bild 5.



Das Absorptionsprinzip bleibt erhalten, auch wenn einige Besonderheiten zu beachten sind. Es liegt vorwiegend streifender statt diffuser Schalleinfall vor, was gerade bei Resonanzschalldämpfern von Bedeutung ist. Bei sehr langen Schalldämpfern ist darüber hinaus die laterale (seitliche) Ausbreitung im Luftvolumen zu berücksichtigen und gegebenenfalls durch eine geeignete Kassetierung zu beeinflussen.

Die akustische Wirksamkeit des bereits erwähnten mikroperforierten Rohrschalldämpfers wurde im Schalldämpferprüfstand nach dem bekannten Substitutionsverfahren (Messung ohne und mit Schalldämpfer) ermittelt. Das Einfügungsdämpfungsmaß über der Oktavmittelfrequenz zeigt Bild 6 für einen 1 m langen und mit einem Anschlussdurchmesser DN 100 versehenen Schalldämpfer. Insbesondere die hohen Dämpfungswerte im tieffrequenten Bereich sind bemerkenswert und das Dämpfungsspektrum zeigt insgesamt eine Charakteristik (Verhalten, Kennzeichen), die der vieler Geräuscherzeuger entspricht. Angesichts der Variabilität (Veränderlichkeit) der geometrischen Auslegungsparameter besteht ein weiter Spielraum für maßgeschneiderte Schalldämpfer. Durch die fehlende poröse Füllung ist zudem mit einer Gewichtseinsparung zu rechnen.

### **Zusammenfassung und Ausblick**

Diese kurze Darstellung der akustischen Möglichkeiten mikroperforierter Bauteile lässt die Bezeichnung Multitalente als gerechtfertigt erscheinen. Neben den lange bekannten mikroperforierten

Paneelen und Folien stellt der Einsatz durchströmter mikroperforierter Kanäle ein weiteres Anwendungsgebiet dar. Eine gute Eignung lässt sich bei gemäßigten Ansprüchen an die Lüftungsleistung und hohen Ansprüchen an die Schallabsorption feststellen.

Die Nutzung des Prinzips der Mikroperforation auch für Schalldämpfer, noch dazu in der gezeigten flexiblen Bauweise, erweitert die Palette der akustischen Anwendungen sehr vorteilhaft. Einfache Konstruktion, geringes Gewicht und auch die Beschränkung auf einen einzigen Werkstoff sind Kriterien mit einem hohen Maß an Nachhaltigkeit.

Im Vergleich zur vor etwa zehn Jahren noch sehr teuren Perforationstechnologie kann heute auf mehrere wirtschaftliche Verfahren (Stanzen, Bohren, Nadeln etc.) zurückgegriffen werden. Dieser Fortschritt ist sicher ein Grund für die auch künftig sehr guten Chancen mikroperforierter Akustikbauteile. ■

### **Literatur**

- [1] Maa, D.Y.: Microperforated-Panel Wideband Absorbers. *Noise Control Engineering Journal* 29 (1987) 3.
- [2] Leistner, P.: Absorption durchströmter mikroperforierter Platten. *IBP-Mitteilung* 25 (1998), Nr. 232.
- [3] Hettler, S; Leistner, P.: Sound Absorption of Microperforated Duct Systems. *International Journal of Heating, Ventilating, Air-Conditioning and Refrigerating Research* 10 (2004) 3.