

# Lärmbekämpfung

Zeitschrift für Akustik, Schallschutz und Schwingungstechnik



**IMMI**

DAS Werkzeug  
für den  
Immissionsschutz

**Wölfel**

## Lärmmanagement

Kooperatives Lärmmanagement

## Verkehrslärm

Psychoakustische Bewertung von  
Verkehrsräuschen

## Bauakustik

Beeinflussung des Schalldämmungsverhaltens  
akustischer Dämmelemente

Berechnung von Lärm und Luftschadstoffen, die aktuellen EU-Direktiven, die neue AzB und ihre Umsetzung, die neue Parisplattstudie, Lärmkartierung, Aktionsplanung oder Umweltmanagement – mit IMMI haben Sie das **Werkzeug für den Immissionschutz** gefunden, das Sie benötigen. Mit IMMI erfüllen Sie mehr als 20 Jahre permanente Weiterentwicklung und aktuelle Anpassung an die jeweiligen Erfordernisse des Immissionschutzes. Mehr noch, hinter IMMI steht ein engagiertes, äußerst kompetentes Team von Akustikern, Software-Entwicklern und Umweltingenieuren, auf das Sie sich immer verlassen können. Diese Experten befassen sich tagtäglich mit aktuellen Fragestellungen aus dem Immissionschutz und erarbeiten innovative Lösungen für Sie. Die IMMI Version 6.3, seit kurzem erhältlich, zeigt dies wieder deutlich: Zahlreiche Neuerungen, viele Verbesserungen und nützliche Erweiterungen erleichtern die Projektarbeit und bieten vielseitige Bearbeitungsmöglichkeiten für jedes Immissionschutzprojekt. Die neue IMMI Version 2008 wird diesen Trend noch verstärken. Und insofern profitieren weltweit immer mehr zufriedene Kunden von IMMI. Die Zukunft des Immissionschutzes kommt aus Hirschberg bei Würzburg.



Weitere Informationen:  
Auf der DAGA 2008 in Dresden oder unter  
[www.woelfel.de/wms](http://www.woelfel.de/wms)

Bild:  
Wölfel Messtechnik -  
Software GmbH + Co. KG  
97204 Hirschberg, Max-Planck-Str. 15  
Telefon: (0931) 49708520  
E-Mail: [wms@woelfel.de](mailto:wms@woelfel.de)



Sie finden uns im Internet:  
[www.laermbekaempfung.de](http://www.laermbekaempfung.de)

Autoren senden Ihre Beiträge  
an: [laermbekaempfung@technikwissen.de](mailto:laermbekaempfung@technikwissen.de)

Für Abonnenten der Zeitschrift ist dieser Ausgabe das  
Jahresinhaltsverzeichnis 2007 beigelegt.

Diese Ausgabe enthält eine Beilage der Schalltechnik  
Süd & Nord GmbH, Regensburg.



Editorial

- 1 **Der lange Marsch – Neue oder bewährte Wege zu höherem Schallschutz?**  
W.-D. Kötz

Lärmmanagement

- 7 **Kooperatives Lärmmanagement – Ein Verfahren zur Optimierung des Immissionschutzes**  
K.-W. Hirsch, B. M. Vogelsang

Geräuschmessung

- 16 **Geräuschmessungen und Immissionsprognosen: Ermittlung von Mess- und Prognoseunsicherheiten**  
S. Martinez

Verkehrslärm

- 26 **Neue Methoden für die psychoakustische Bewertung von Verkehrsgeräuschen**  
D. Roßberg, S. Guidati
- 33 **Plädoyer für ein kommunales Verkehrslärm-Sanierungsprogramm**  
L. Wicke

Bauakustik

- 41 **Ein Beitrag zur Beeinflussung des Schalldämmungsverhaltens von akustischen Dämmelementen**  
D. Rakov, J. Thorbeck
- 44 **Das akustische Raumklima**  
H. L. Joka, M. Keller

Rubriken

- |    |                  |    |                          |
|----|------------------|----|--------------------------|
| 4  | <b>Aktuelles</b> | 47 | <b>Aus der Industrie</b> |
| 40 | <b>Regelwerk</b> | 48 | <b>Impressum</b>         |
| 47 | <b>Medien</b>    |    |                          |

**26** Die Bewertung von Verkehrs- und Fahrzeuggeräuschen basiert im Bereich des Umgebungslärms weitgehend auf dem A-bewerteten Schalldruckpegel. So auch in den durch die EU-Umgebungslärm-Richtlinie 2002/49/EC vorgeschriebenen Lärmkarten. Für die Bewertung der Störwirkung von Fahrzeuggeräuschen ist der dB(A)-Pegel jedoch nur begrenzt geeignet, da die für die Wahrnehmung wichtigen Zeit- und Frequenzstrukturen eines Geräusches nur unzureichend berücksichtigt werden. Im Rahmen des EU-Forschungsprojektes QCITY werden daher zusätzliche Methoden entwickelt, um zum einen zielgerichtet Lärmschwerpunkte mithilfe von Lärmkarten zu identifizieren und zum anderen mittels psychoakustischen Analysen Verkehrsgeräusche hinsichtlich ihrer subjektiven Wahrnehmung zu bewerten.

# Ein Beitrag zur Beeinflussung des Schalldämmungsverhaltens von akustischen Dämmelementen

Dmitry Rakov, Moskau, Jürgen Thorbeck, Berlin

**Zusammenfassung** Die akustische Effizienz von dünnwandigen, faserigen oder porösen Schalldämmplatten gilt allgemein als gering. Messungen der Einfügedämmung an hermetisch in dünnwandige Folien eingeschlossenen Dämmplatten verschiedener Stärken und verschiedener Materialien haben gezeigt, dass die Schalldämmmaße durchaus große Werte annehmen und mithilfe veränderlicher Hüllendrücke variabel an die akustischen Anforderungen adaptiert werden können, wobei sich zugleich deren Frequenzgang verschiebt. Beispielsweise wurde an einer 30 mm starken PU-Schaumplatte mit einem spezifischen Flächengewicht  $< 1 \text{ kg/m}^2$  das Dämmungsmaß mit bis zu 12 dB und auf der Basis des Gesamtschalldruckpegels mit 10 dB ermittelt. Der Effekt wurde mit der neuartigen 4-S-Technologie (Steerable Sound Suppression System) erzielt, mit der die Adaption der akustischen Dämmeigenschaften an die Anforderungen mittels kontrolliert in die Platte eingebrachter Deformationen ermöglicht wird. Die Versuche wurden nach ISO 140-3 durchgeführt und nach ISO 717-1 ausgewertet.

Umweltlärm stellt eine der signifikantesten Ursachen für Gesundheitsschäden im urbanen Bereich dar und hat insofern volkswirtschaftliche Relevanz. Aktive wie auch passive Maßnahmen zur Reduzierung von Lärm beziehen sich sowohl auf die Schallquelle als auch auf die Schallausbreitung. Die Möglichkeiten einer Schallpegelminderung auf dem Weg zwischen Quelle und Empfänger umfassen neben der Abschattung, die Gesamtenergie im Wesentlichen gezielt in Richtungen geringer Störungswirkung bündelt, die Pegelabsenkung durch Absorption bei der Refle-

## Influencing the noise insulation properties of sound-proof elements

**Summary** The main aim of a series of experiments conducted has been to determine sound insulation properties of soundproofing panels employing porous and fibrous materials under varying stresses. It is widely accepted, that it is basically impossible to get good soundproofing by use of thin-walled porous materials. However, investigations on noise insertion damping have shown that it is possible to achieve an extraordinary reduction of noise level using thin-walled porous, cellular and fibrous materials by simple vacuum bagging. In particular, given a foam panel of 30 mm thickness with a specific area weight of less than  $1 \text{ kg/m}^2$  the average noise level reduction can be up to 12 dB. That effect has been achieved by the new so-called 4S-technology (Steerable Sound Suppression System). By varying the degree of deformations and, hence, the density of a sound insulation material, an adaptation to a desired degree of sound suppression, and also frequency band becomes possible. Thorough measurements according to ISO 140-3 were performed and their results evaluated according to ISO 717-1 which proved the findings.

xion (Helmholz-Resonatoren) sowie durch Schalldämmung einer akustisch gekapselten Schallquelle. Die Verbesserung und aktive Beeinflussung der Dämmung steht im Mittelpunkt dieser Arbeit.

Maßnahmen der passiven Schalldämmung finden Anwendung in vielfältigen Bereichen, wobei die Bautechnik die größte Bedeutung aufweist. Hierbei wirkt der Materialeinsatz weder volumen- noch gewichtsmäßig zurück auf die Funktionalität des Tragwerks. Anders sieht es bei Objekten des Verkehrswesens aus, bei denen das eingesetzte Gewicht z. T. erheblichen Einfluss auf die Wirtschaft-



Bild 1 Dämmelement ohne Differenzdruck.



Bild 2 Dämmelement mit Differenzdruck.

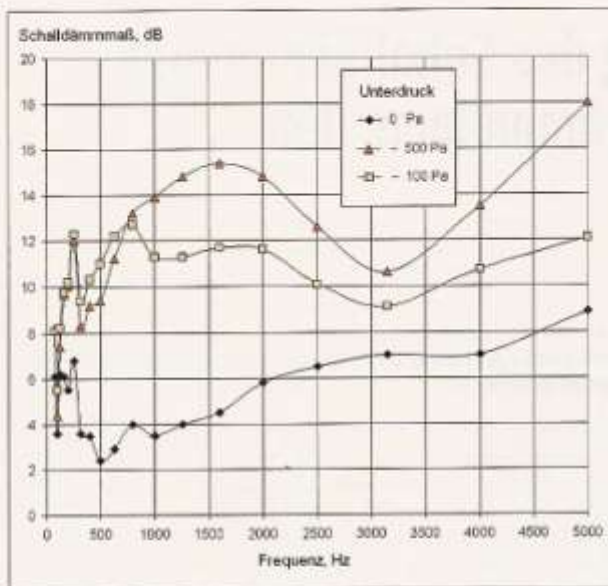


Bild 3 Schalldämmmaß für grobporigen weichen PU-Schaumstoff, Wandstärke 30 mm, Dichte 35 kg/m<sup>3</sup>.

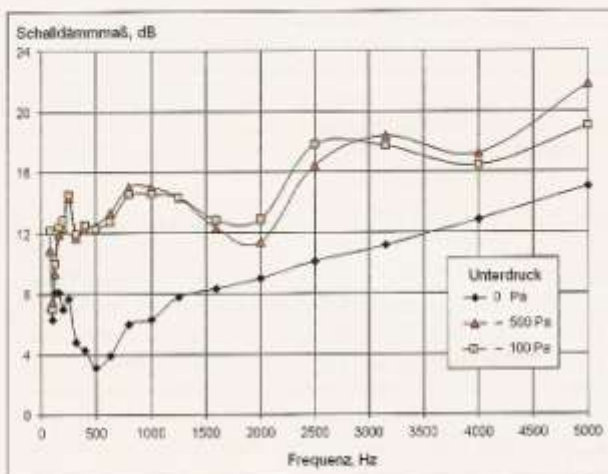


Bild 4 Schalldämmmaß für grobporigen weichen PU-Schaumstoff, Wandstärke 50 mm, Dichte 35 kg/m<sup>3</sup>.

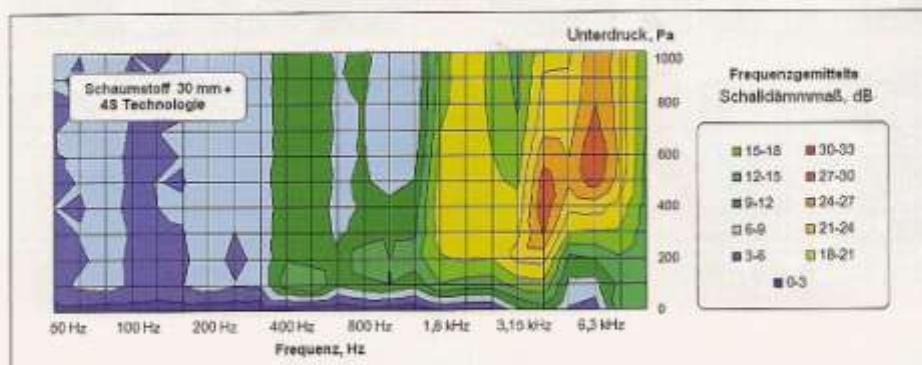


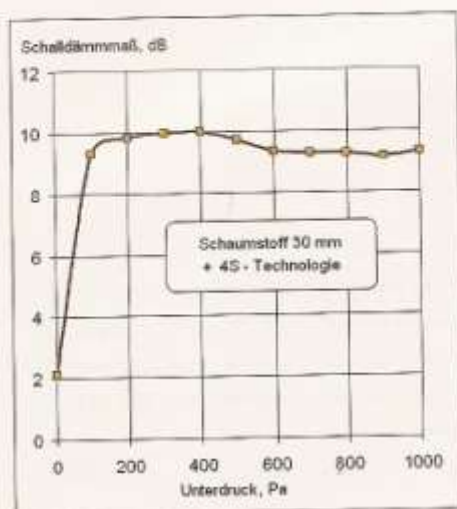
Bild 5 Schalldämmmaß für grobporigen weichen PU-Schaumstoff, Wandstärke 30 mm, Dichte 35 kg/m<sup>3</sup>.

lichkeit, in manchen Fällen sogar auf die Realisierbarkeit des Fahrzeugs nimmt. Hierbei muss der Schwerpunkt einer Optimierung auf der Verbesserung eines gewichtsbezogenen Dämmungsmaßes liegen.

Um die unbefriedigende Schalldämmung von technischen Dämmstoffen insbesondere in Bezug auf eine Adaptierbarkeit an den Frequenzgang zu verbessern, wurden klassische Dämpfungselemente aus Mineral- und Kunststofffasern sowie verschiedenen technischen Schäumen in eine dünnwandige, membranartige Kunststoffhülle hermetisch eingeschlossen (siehe Bilder 1 und 2) und deren Dämmwirkung für das akustische Spektrum in einem Durchschallungsversuch ermittelt. Mit diesem als 4-S-Technologie (**Steerable Sound Suppression System / Steuerbares Schall Senkungssystem**) bezeichneten Verfahren konnten deutlich verbesserte Schallpegelabsenkungen im Vergleich zur üblichen Anwendung ohne Umhüllung festgestellt werden [1; 2]. Ferner wurden diese Versuche mit hermetisch abgeschlossenen Dämmungselementen unter vermindertem Hüllendruck durchgeführt. Hierbei zeigte sich eine deutliche und reproduzierbare Einstellbarkeit der Pegelabsenkung sowie des damit gekoppelten Frequenzgangs der Dämmung mithilfe des Drucks, was die Vermutung nahe legt, dass es sich hierbei um ein technisch nutzbares akustisches Phänomen handelt. Derartige Versuche wurden deshalb in der Folge mit unterschiedlichsten Elementkonfigurationen (Dämm- und Hüllmaterialien, Wandstärken, Packungsgeometrien, Elementstapelungen usw.) und auch mit systematisch variiertem Druck wiederholt, wobei das grundlegende Phänomen stets erkennbar war. Es zeigte sich dabei der grundsätzliche Trend, dass die Elementwandstärke keinen großen Einfluss auf die Einfügedämmung nimmt und sich bereits geringe Wandstärken als äußerst effizient erweisen. Die Messungen wurden im Norm-Fensterprüfstand des Instituts für Strömungsmechanik und Technische Akustik (ISTA) an der TU Berlin nach ISO 140-3 [3] durchgeführt und nach ISO 717-1 [4] ausgewertet.

Diese Ergebnisse sind insofern erstaunlich, da allgemein angenommen wird (siehe [5], Kapitel 9), dass mit faserigen und porösen Dämmstoffen grundsätzlich nur geringe Absorptionsgrade in Höhe von maximal 3 dB(A) erzielt werden können, wobei zudem eine Dämmungsdicke in der Größenordnung der Schallwellenlänge erforderlich ist. Auch Amjad [6] bestätigt dies mit seinen Messungen und stellt fest, dass leichte Schaumstoffe zwar gute Wärmedämm-, jedoch grundsätzlich schlechte Schallisoliereigenschaften aufweisen, da letztere einem Massegesetz folgen.

Eine äußerst wirksame und zugleich kostengünstige technische Nutzung der gemessenen Effekte besteht darin, konventionelle Dämmelemente in eine dünnwandige Kunststoffolie einzuschließen und diese geregelt zu evakuieren. Damit kann die Einfügedäm-



**Bild 6** Schalldämmmaß für grobporigen weichen PU-Schaumstoff, Wandstärke 30 mm, Dichte  $35 \text{ kg/m}^3$  auf Basis des Gesamtschalldruckpegels.

mung über das gesamte relevante akustische Spektrum hinweg um bis zu 20 dB(A) verbessert werden, wie die in den **Bildern 3** und **4** dargestellten Messergebnisse für PU-Weichschaumstoffplatten mit zwei unterschiedlichen Wandstärken zeigen. Als Hüllmaterial wurde eine 30 mm starke, an den Kanten verschweißte PE-Folie verwendet.

Verringert man den Innendruck in der Hülle, so steigt die Dämmung generell an, wobei sich die Frequenzgänge verschieben. Dieser Anstieg erfolgt nicht linear, wie aus der **Bild 5** hervorgeht. Bereits geringe Drücke verursachen frequenzabhängig einen steilen Anstieg der Einfügedämmung bis zu einem Maximalwert zwischen 300 und 500 Pa im Frequenzbereich zwischen etwa 3 und 10 kHz. Eine weitere Drucksteigerung wirkt sich zunächst geringfügig weiter vergrößernd, danach jedoch wieder verringernd auf die Dämmung aus. Nimmt man den Einfluss des Hüllendrucks auf die Einfügedämmung auf Basis des Gesamtschalldruckpegels, so zeigt sich zunächst ein von ca. 2,5 dB ausgehender degressiver Anstieg aus der 4-S-Technologie gegenüber einer konventionellen Dämmung und danach eine a-periodische Annäherung an einen Grenzwert von ca. 9 dB (siehe **Bild 6**).

Eine vorläufige physikalische Interpretation der Wirkung dieses bisher noch nicht akustisch analysierten Prinzips könnte aufgrund der ermittelten Resultate wie folgt lauten:

- Eine Kapselung der Dämmelemente bewirkt grundsätzlich zunächst eine verbesserte Dämmung aufgrund der Addition eines relativ dichten Hüllmaterials sowie einer schlechteren Körperschallübertragung in den Kern, wobei die Energieabsorption aufgrund der akustisch angeregten freien Schwingung der membranartigen Hülle und deren Reibung auf dem Kern nur gering frequenzabhängig ist. Zusätzlich dürfte die bessere Schallreflexion an der glatten Folienoberfläche eine dämpfende Wirkung haben.
- Eine Absenkung des Hüllendrucks führt zu einer zunehmenden elastischen Bettung der Membran und damit sowohl zu einer Verschiebung von deren Eigenfrequenz sowie einer vergrößerten frequenzabhängigen Dämpfung.

• Kommt es infolge eines weiter abgesenkten Hüllendrucks zu einer elastischen Kompression des Kernmaterials, sinkt die Dämpfung aufgrund der zunehmenden Kerndichte wieder ab, wobei der Absenkungsgrenzwert einer hochdichten Platte asymptotisch erreicht wird. Die dabei zunehmende Plattensteifigkeit sorgt für eine weitere Verschiebung des Frequenzgangs.

Es ist zukünftig geplant, eine physikalische Modellierung für die vorgefundenen Phänomene zu entwickeln, um die Gestaltungsparameter für optimierte passive Dämmelemente sowie für die Auslegung eines autonomen Druckregelsystems für aktiv frequenzadaptierte Elemente zu ermitteln. Dazu sollen sowohl analytische als auch empirische Methoden angewendet werden.



Dr.-Ing. **Dmitry Rakov**, Institute of Engineering Science, Russian Academy of Sciences, Moskau.  
Prof. Dr.-Ing. **Jürgen Thorbeck**, Institut für Luft- und Raumfahrt, TU Berlin.

## Literatur

- [1] Rakov, D.; Thorbeck, J.: Structural synthesis of perspective systems in Aerospace. XLI Zolkovsky Conference, Kaluga, Russia, S. 81-82. 12-14. Sept 2006.
- [2] Rakov, D.; Thorbeck, J.: High soundproofing ability of porous materials under stress using 4S Technology. First CEAS European Air and Space Conference „Century Perspectives“, Paper Nr. CEAS-2007-469, 10-13 September 2007, Berlin.
- [3] ISO 140-3: Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 3: Laboratory measurements of airborne sound insulation of building elements. 1995.
- [4] ISO 717-1: Acoustics – Rating of sound insulation in buildings and of building elements – Part 1: Airborne sound insulation. 1996.
- [5] Taylor, R.: Noise. 2nd ed. Harmondsworth, Middlesex: Penguin Books 1975.
- [6] Amjad, S.: Thermal conductivity and noise attenuation in aluminium foams. Dissertation University of Cambridge, Wolfson College 2001.