Fraunhofer Institut Bauphysik

IBP-Mitteilung 486*

35 (2008) Neue Forschungsergebnisse, kurz gefasst

*Diese IBP-Mitteilung ist auch in englischer Sprache erhältlich

W. Maysenhölder, M. Schneebeli*, X. Zhou, T. Zhang, M. Heggli*

Schallabsorption von Schnee

Einleitung

Frisch gefallener Schnee kann Schall gut absorbieren. Dies ist allgemein bekannt und wurde durch Messungen bestätigt. Spielt dabei die filigrane Struktur von Schneeflocken eine entscheidende Rolle? Im Prinzip ist klar, dass das Schallabsorptionsvermögen eines porösen Materials von seiner Struktur abhängt. Welche Strukturmerkmale dabei maßgeblich sind, ist aber bislang nur unvollständig bekannt. Am Beispiel Schnee soll dies gründlich untersucht werden, und zwar durch präzise Messungen der Schallabsorption, durch genaue tomografische Erfassung der Struktur sowie durch theoretische Modellierung der akustischen Vorgänge.

Herstellung der Schneeproben

Der experimentelle Teil dieser Studie erfolgt in Zusammenarbeit mit dem Eidgenössischen Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF in Davos. Die Schneeproben stammen teils vom Flüelapass, teils von der Schneemaschine des SLF. Durch Präparation in den dortigen Kältelabors (Sieben, Sintern, Wässern) entstanden schließlich weitgehend homogene Prüflinge mit unterschiedlichen Porositäten und Strukturen.

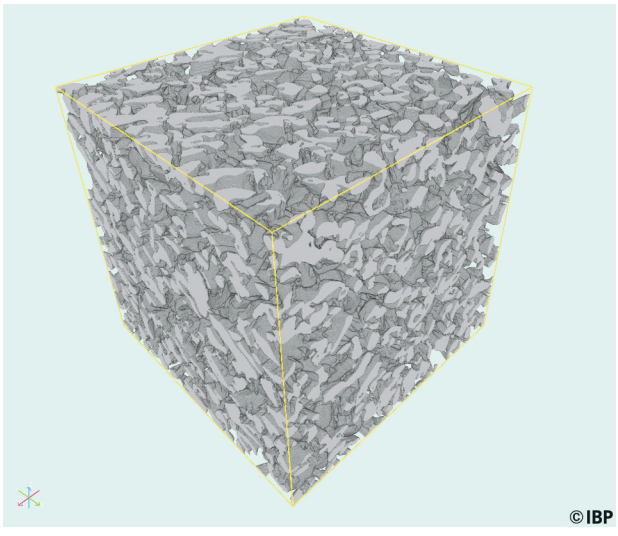


Bild 1: Schneewürfel (6 mm)³, Porosität 59 % (Darstellung mit MAVI).

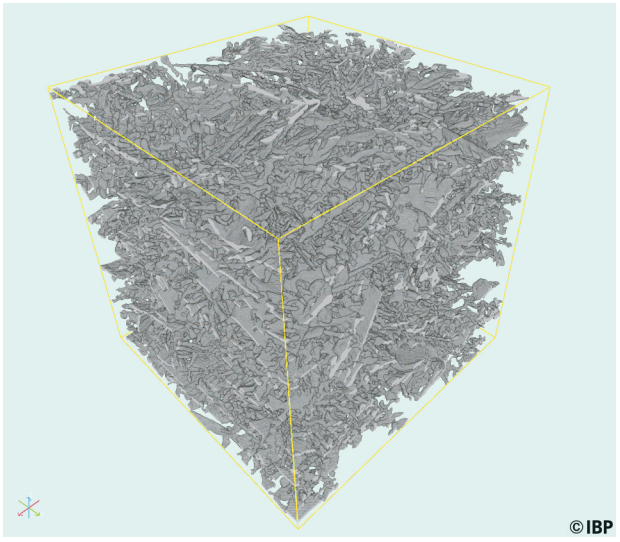


Bild 2: Schneewürfel (6 mm)³, Porosität 88 % (Darstellung mit MAVI).

Messung des Absorptionsgrads

Die akustischen Messungen erfolgten vor Ort in Davos. Es wurde ein Kundtsches Rohr benutzt, das vertikal aufgestellt werden kann und dessen Software für die Messung bei tiefen Temperaturen erweitert wurde. Alle Schneeproben waren 5 cm dick und besaßen ein Volumen von 2 Litern; die Porosität wurde durch Wiegen ermittelt. Bei der Messung des Absorptionsgrads betrug die Temperatur der Schneeproben ungefähr -5 °C bzw. -10 °C. Die Unterschiede zwischen den Messergebnissen bei den beiden Temperaturen sind gering.

* WSL Eidgenössisches Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF in Davos (Schweiz)

Mikro-Computertomografie

Nach den akustischen Messungen wurde den Schneeproben eine kleine Menge entnommen und im Mikro-Computertomografen des SLF mit einer Auflösung von 0.01 mm analysiert. Die **Bilder 1 und 2** – erzeugt mit der Bildanalyse-Software MAVI des Fraunhofer-Instituts für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM – zeigen würfelförmige Schnee-Ausschnitte von 6 mm Kantenlänge aus den Proben mit "gewogenen" Porositäten von 59 % bzw. 87 %. Die mit MAVI bestimmten Porositäten der Ausschnitte betragen 59 % bzw. 88 %, was auf eine außerordentlich gute Homogenität dieser Proben hindeutet. Es fällt auf, dass keine Schneekristalle erkennbar sind. Wie in der freien Natur ist deren sechszählige Symmetrie aufgrund von Sinterprozessen nach kurzer Zeit verschwunden.

Wilson-Modell

Bei der rechnerischen Nachbildung der gemessenen Absorptionsgrade wurde vereinfachend angenommen, dass das Eisgerüst bei der akustischen Anregung unbeweglich bleibt. Als Absorbermodell dient ein Modell von Wilson [1]. Mit Ausnahme der Porosität wurden die Modellparameter aus einer Anpassung an die Messdaten im Frequenzbereich von 400 Hz bis 1600 Hz ermittelt. Die ziemlich gute Übereinstimmung zwischen Messung und Rechnung **(Bilder 3 und 4)** spricht dafür, dass die Annahmen des theoretischen Modells im Wesentlichen zutreffen.

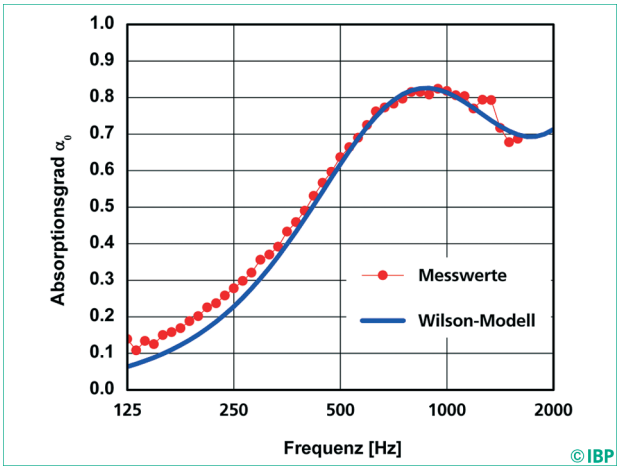


Bild 3: Absorptionsgrad der Schneeprobe mit 59 % Porosität

Struktur und Absorption

Beim Versuch, die Parameter des Wilson-Modells möglichst direkt aus der geometrischen Struktur abzuleiten, liegt es nahe, auf die Volumenmittelwerte, die MAVI aus den Tomografiedaten errechnet, zurückzugreifen. Von besonderem Interesse sind dabei die Minkowski-Funktionale, die neben der Porosität auch die Porenoberfläche und deren Krümmung charakterisieren.

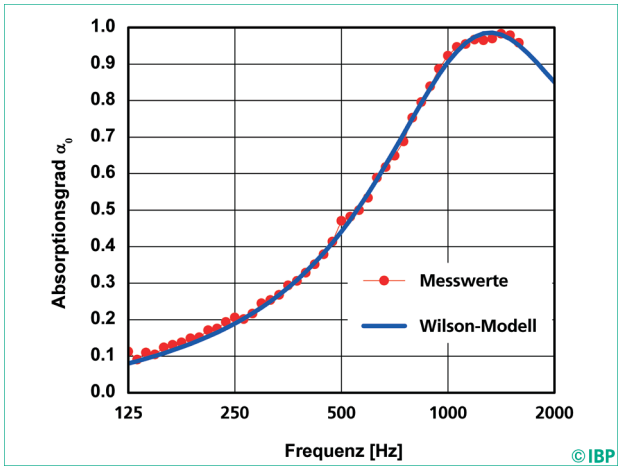


Bild 4: Absorptionsgrad der Schneeprobe mit 87 % Porosität

Schneeähnliche Absorber

Die Kenntnis der Zusammenhänge zwischen Struktur und Absorption soll schließlich zu neuen porösen Materialien führen. Deren Herstellung übernimmt als Projektpartner das Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT in Pfinztal bei Karlsruhe. Das ICT ist bereits bekannt für die Erzeugung künstlichen Schnees ("Theaterschnee") aus Kartoffelstärke oder Polyethylen, wobei optische Ähnlichkeit mit fallenden Schneeflocken, nicht aber akustische Ähnlichkeit angestrebt wird. Nun soll dem Schnee auch in akustischer Hinsicht nachgeeifert werden.

Zusammenfassung

Die Schallabsorption von Schnee wurde für verschiedene Proben mit Porositäten im Bereich von 46% bis ungefähr 90% in einem Kundtschen Rohr gemessen. Neu ist die Kombination mit einer mikrotomografischen Erfassung der geometrischen Struktur, die es ermöglicht, Schallabsorption und Struktur quantitativ miteinander zu korrelieren. Dies ist eine Voraussetzung für die gezielte Entwicklung und Optimierung von schallabsorbierenden Materialien.

Danksagung

Die Forschungsarbeiten sind Bestandteil des Projekts "Schnee als Vorbild für hochwirksame Schallabsorber" im Forschungsprogramm "Neue Materialien aus der Bionik" der Landesstiftung Baden-Württemberg. Herrn W. Schneider sei für die Bereitstellung seines Kundtschen Rohrs WS 01 und Herrn M. Leistner für die Tieftemperaturanpassung der zugehörigen Software gedankt.

Literatur

[1] Wilson, D. K.: Simple, relaxational models for the acoustical properties of porous media. Appl. Acoust. 50 (1997) p. 171-188.

Fraunhofer Institut Bauphysik

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR BAUPHYSIK IBP

Institutsleitung: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Gerd Hauser
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Klaus Sedlbauer
70569 Stuttgart, Nobelstr. 12 (Postfach 80 04 69, 70504 Stuttgart), Tel. 07 11/970-00
83626 Valley, Fraunhoferstr. 10 (Postfach 11 52, 83601 Holzkirchen), Tel. 0 80 24/643-0
34127 Kassel, Gottschalkstr. 28a, Tel. 05 61/804-18 70

Herstellung und Druck: IRB Mediendienstleistungen des Fraunhofer-Informationszentrums Raum und Bau IRB, Stuttgart
Nachdruck nur mit schriftlicher Genehmigung des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik