

## Zukunft Bau

### STRUKTUR / GLIEDERUNG KURZBERICHT

---

#### Titel

Entwicklung mehrphasig-poröser Schallabsorbermaterialien durch Mikrostruktursynthese

---

#### Anlass/ Ausgangslage

kurze Beschreibung des Problems und des Lösungsansatzes  
max. 450 Zeichen (mit Leerzeichen)

Die Nachfrage nach schlanken Schallabsorbern für raumakustische Anwendungen hat sich in jüngerer Zeit deutlich erhöht. Mit porösen Materialien wie Faserabsorbern oder Weichschäumen ist eine nennenswerte Schallabsorption bei tieferen Frequenzen nur mit größeren Schichtdicken realisierbar. Daher sollten die Materialeigenschaften durch mehrphasige Porenmorphologien verbessert werden.

#### Gegenstand des Forschungsvorhabens

Beschreibung der Arbeitsschritte und des Lösungswegs  
max. 4.300 Zeichen (mit Leerzeichen)

Die Schallausbreitung in mehrphasig-porösen Materialien weist einige Besonderheiten auf. Das Porenvolumen besteht hier aus zwei oder mehr miteinander verbundenen Porennetzwerken mit deutlich unterschiedlichen Porendurchmessern. Das Prinzip sollte exemplarisch für Schäume auf Basis von Blähglasgranulat umgesetzt werden. Das Ziel war, das erste Absorptionsmaximum im Vergleich zu einem gleich dicken Faserabsorber um eine Oktave zu tieferen Frequenzen zu verschieben.

Die Untersuchung war so konzipiert, dass eine getrennte Analyse der unterschiedlichen Porenphasen erfolgen konnte. Eine besondere Bedeutung kam dabei Modellsubstanzen zu. Diese wurden so aufgebaut, dass die relevanten Parameter jeder porösen Phase möglichst messtechnisch bestimmt werden konnten. Anschließend wurden Geometriemodelle für diese Phasen erzeugt und mit Simulationsrechnungen ausgewertet. Abschließend lieferten Parametervariationen optimale Bereiche der akustisch relevanten Parameter. Dabei sind die Zusammenhänge mit einigen Größen der Porengeometrie wie etwa Korngrößen und Porendurchmessern bekannt.

Die analytische Beschreibung der Schallausbreitung nutzt ein klassisches Absorbermodell (Johnson-Champoux-Allard) für die einzelnen Porenphasen. Die Eingangsdaten für das Modell wurden wo möglich durch Messungen indirekt bestimmt. Für synthetisierte Geometrien wurden hierzu frequenzunabhängige Simulationen mit dem Programm GeoDict verwendet (Bild 1). Die Modelle wurden aus Tomografien (Bild 2) und Partikelanalysen konstruiert. Die erforderliche Kopplungsfunktion wurde bei den einfachen Geometrien ebenfalls durch GeoDict-Simulationen ermittelt. Bei den unregelmäßigen Schüttungen von Granalien wurden Finite Elemente-Lösungen verwendet.

Die analytische Beschreibung wurde mit Messungen an Modellsubstanzen bei senkrechtem Schalleinfall im Impedanzrohr überprüft. Untersucht wurden Lochplatten aus porösen Materialien und lose Schüttungen aus massiven und porosierten Granalien. Die Übereinstimmung zwischen Messung und Berechnung ist für Entwicklungszwecke ausreichend (Bild 3). Dabei konnten geeignete Bereiche für die geometrischen Parameter bereits messtechnisch eingegrenzt werden. Aufbauten aus Filtrationsmedien zeigten die Grenzen wirksamer Porendurchmesser der mikroporösen Phase. Für die erforderlichen Schichtdicken von wenigen Zentimetern ergab sich daraus, dass mehr als zwei poröse Phasen keine Vorteile haben.

Für ein zweifach poröses Material aus grob kugelförmigen Granalien wurden akustisch optimale Bereiche durch Parametervariationen ermittelt. Hierzu wurden für beide Phasen die offene Volumenporosität, der Strömungswiderstand und die Tortuosität variiert. Geeignete Werte für das Porenvolumen zwischen den Granalien lassen sich mit Korngrößen um 2 mm erreichen. Für die mikroporöse Phase in den Granalien sollte ein hoher Strömungswiderstand (Bild 4) und eine möglichst kleine Tortuosität gewählt werden. Entscheidend ist jedoch der Anteil des offenzelligen Porenvolumens. Bei Werten unter 50 Prozent sind die resultierenden Absorptionsspektren nicht mehr praxisgerecht.

Die Art der Bindung der Granulate zu plattenförmigen Baustoffen ist entscheidend für die akustischen Eigenschaften. Bindemittel können die Poren im Inneren der Granalien verschließen, sodass diese akustisch unwirksam sind. Zwei Bindemittel-Systeme auf Basis von Zement und Epoxid wurden untersucht. Darüber hinaus wurde das Sinterverfahren des Projektpartners Liaver GmbH betrachtet. Computertomografien zeigen die deutliche Kapselung der Granalien bei den Bindemittelsystemen (Bild 5). Dagegen bleibt bei der Sinterung die Offenzelligkeit weitestgehend erhalten (Bild 6).

Die gewonnenen Erkenntnisse lassen sich direkt auf eine Reihe anderer Materialsysteme wie beispielsweise Textilien oder Mineral- und Kunststoffschäume übertragen. Damit sind sie auch für andere Branchen wie den Fahrzeugbau interessant, wo nur geringe Schichtdicken möglich sind.

#### Fazit

Beschreibung der geplanten Ziele und der erreichten Ergebnisse  
max. 700 Zeichen (mit Leerzeichen)

Die angestrebte Verschiebung des Absorptionsmaximums um eine Oktave konnte mit Modellsubstanzen erzielt werden. Die theoretische Modellierung der Schallausbreitung liegt für Systeme mit grob kugelförmigen Granulat vor. Mit der getrennten Simulation der einzelnen Porenetze konnten optimierte Geometrien für Granulat-Systeme ermittelt werden. Eine Umsetzung mit Blähglasgranulat ist grundsätzlich möglich. Mit der Sinterung steht auch eine Möglichkeit zur Bindung zu Plattenware zur Verfügung ohne die akustischen Eigenschaften zu beeinträchtigen. In der Projektlaufzeit standen die dazu erforderlichen Granulate mit sehr kleinen Porendurchmesser jedoch nicht zur Verfügung.

## **Eckdaten**

---

Kurztitel: Mehrphasig-poröse Schallabsorbermaterialien

Forscher / Projektleitung: Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart  
Dipl.-Ing. (FH) Roman Wack

Gesamtkosten: € 135.700,—

Anteil Bundeszuschuss: € 95.000,—

Projektlaufzeit: 24 Monate

## **BILDER/ ABBILDUNGEN:**

---

Bild 1: Bild 1 links Tomografie Granulat.tif

Bild 1 rechts Tomografie Granulat.tif

Tomografie einer Blähglasgranulat-Schüttung (links) und Granalien nach Partikelseparation (rechts).

Bild 2: Bild 2 Simulation Granulat.tif

Betrag der simulierten Strömungsgeschwindigkeit in einer Schüttung aus kubischem Granulat.

Bild 3: Bild 3 Spektren Lochplatte.tif

Gemessene und berechnete Schallabsorptionsgrade bei senkrechtem Schalleinfall einer 45 mm dicken Mineralfaserschicht ungelocht und mit Lochung (Kreiszyylinder 16 mm Durchmesser).

Bild 4: Bild 4 Parametervariation.tif

Berechnete Schallabsorptionsgrade bei senkrechtem Schalleinfall von 30 mm dicken losen Schüttungen aus Granulat mit Korngröße 1,5 mm im Vergleich zu einem gleich dicken Faserabsorber. Variiert wurde der Strömungswiderstand des Porenvolumens in den Granalien in  $\text{kPa s/m}^2$ .

Bild 5: Bild 5 Epoxidbindung.bmp

Schnitt durch eine computertomografische Aufnahme von Blähglasgranulat mit Epoxid-Bindung. Kantenlänge des Ausschnitts 7,2 mm.

Bild 6: Bild 6 Sinterung.bmp

Schnitt durch eine computertomografische Aufnahme von gesintertem Blähglasgranulat. Kantenlänge des Ausschnitts 7,2 mm.