



FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR FERTIGUNGSTECHNIK  
UND ANGEWANDTE MATERIALFORSCHUNG IFAM



- 1 Multifunktionelles Messdaten-Erfassungssystem für variablen Signalinput
- 2 Metallschaumproben in Sandwichform für Strömungsversuche
- 3 Prozessthermostat mit regelbarer Umwälzpumpe
- 4 Präzises Mess- und Regelsystem für Gasvolumenströme

**Fraunhofer-Institut für  
Fertigungstechnik und  
Angewandte Materialforschung  
IFAM  
Institutsteil Dresden**

Winterbergstraße 28  
01277 Dresden

Ansprechpartner

Dr.-Ing. André Schlott  
Telefon +49 351 2537 435  
Fax +49 351 2537 399  
E-Mail: Andre.Schlott  
@ifam-dd.fraunhofer.de

[www.ifam-dd.fraunhofer.de](http://www.ifam-dd.fraunhofer.de)

## STRÖMUNGS- UND WÄRME- TECHNISCHE CHARAKTERISIERUNG ZELLULARER WERKSTOFFE

### Aufgabenstellung

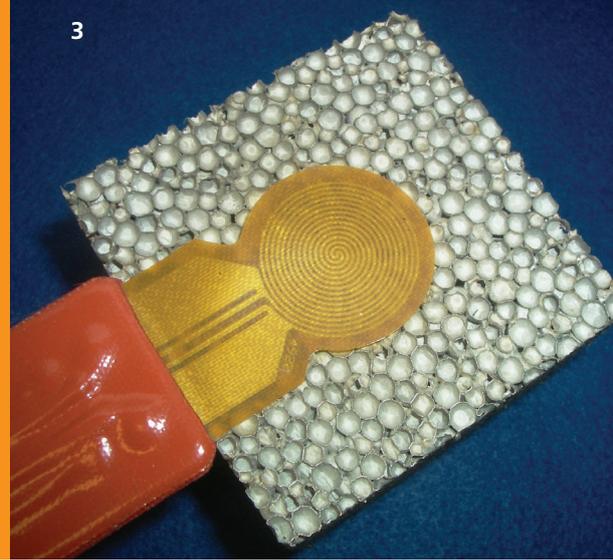
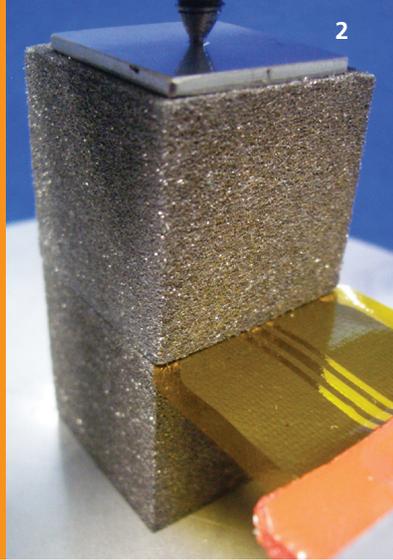
Zellulare Werkstoffe offerieren vielfältige Einsatzmöglichkeiten im Bereich der Energie- und Umwelttechnik. Dies schließt die Verwendung in Wärmeübertragern, Verdampfern, thermischen Energiespeichern, Wärmedämmschichten und als Filterwerkstoffe ein. Der diesbezüglich wesentliche Vorteil besteht bei offenzelligen Materialien in der Kombination aus Durchströmbarkeit und extrem großer innerer Oberfläche.

Typische Vertreter zellularer Werkstoffe sind Schaum-, Faser-, Draht-, Hohlkugel- und Wabenstrukturen, die – wie am IFAM Dresden praktiziert – aus Metallen, aber auch aus anderen Materialien hergestellt werden können. Voraussetzung für die Auslegung von Baugruppen unter Verwendung derartiger Werkstoffe ist die zuverlässige Kenntnis der strömungs- und wärmetechnischen Transportkoeffizienten.

### Vorgehensweise

Nicht nur in zellularen Werkstoffen sind diese Transportgrößen in der Regel nur aus experimentellen Untersuchungen bestimmbar. Zur besseren Übertragbarkeit der Ergebnisse werden definierte Modellbedingungen im Labor erzeugt und die Messwerte in verallgemeinerter Form dokumentiert. Das Fraunhofer IFAM Dresden verfügt sowohl über die benötigte Hardware als auch über das wissenschaftliche Know-how zur Auswertung der Messdaten.

Die Ergebnisdarstellung kann – je nach Bedarf – von einer graphischen Darstellung bis hin zur mathematischen Modellierung mit vorzugsweise empirischen Beziehungen erfolgen. Derart aufbereitet eignen sich die Ergebnisse sowohl für einfache Berechnungen der Druckverluste und Temperaturverhältnisse als auch für die Nutzung in numerischen Lösungsverfahren.



## Effektive Wärmeleitfähigkeit

Für viele Einsatzbereiche zellulärer Werkstoffe ist die Kenntnis der effektiven Wärmeleitfähigkeit eine grundlegende Voraussetzung. Explizit geeignet für zelluläre Materialien ist die sogenannte Hot-Disk-Methode – ein instationäres Messverfahren. Es werden zwei identische Proben mit je einer möglichst ebenen Oberfläche benötigt. Das Hot-Disk-Verfahren verfügt über folgende Messoptionen:

- Messung isotroper als auch anisotroper Werkstoffe (z. B. Faserstrukturen),
- Untersuchung flacher Proben bis hin zu dünnsten Schichten,
- separate Bestimmung der spezifischen Wärmekapazität.

Die Messdaten können auf Wunsch mit Hilfe von Widerstandsmodellen verallgemeinert und als funktionale Abhängigkeit von Strukturdaten ausgedrückt werden. Als Zusatzoption kann mittels einer Sandwich-Probe der thermische Übergangswiderstand zwischen einem zellulären Material und einer festen Oberfläche – z. B. zur Charakterisierung einer Löt- oder Klebeverbindung – quantifiziert werden.

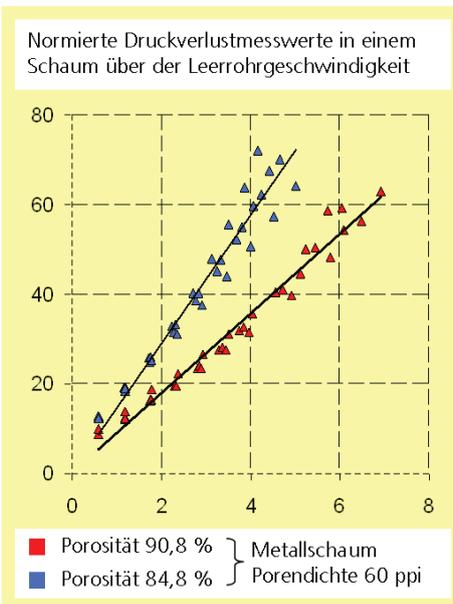
## Strömungskoeffizienten

Für offenzellige bzw. durchströmbare Materialien ist die strömungstechnische Charakterisierung von entscheidender Bedeutung. Bei Einhaltung der Strömungskennzahlen können die Messungen im Labormaßstab zuverlässig auf vielfältige praktische Anwendungen extrapoliert werden.

Das wärmetechnische Labor des Fraunhofer IFAM Dresden verfügt über eine komfortable Grundausrüstung zur Erzeugung definierter Strömungszustände:

- Gasströmungen bis 250 Liter/min (Massendurchflussregler), auch beheizbar,
- Flüssigkeitsströmungen bis 30 Liter/min (Turbinenradzähler), Temperaturbereich - 40 °C bis 200 °C.

Der verwendete Strömungskanal wird der gewünschten Probengeometrie angepasst.



Zur Druckverlustmessung dienen Druckmesswandler variabler Messbereiche für Gase und Flüssigkeiten. Die Auswertung und Dokumentation der Messdaten kann

- als Druckverlust pro Längeneinheit abhängig von der Leerrohrgeschwindigkeit,
- als dimensionsloser Druckverlustbeiwert abhängig von der Reynoldszahl oder
- als Reibungs- und Trägheitskoeffizient für das Darcy-Forchheimer-Gesetz erfolgen. Zur mathematischen

Modellierung der Messwerte abhängig von Strukturparametern bestehen umfangreiche Kompetenzen inklusive der Durchführung numerischer Simulationen (COMSOL Multiphysics®).

## Wärmeübergangskoeffizienten

Wärmeübergangskoeffizienten quantifizieren den konvektiven Wärmetransport zwischen einem strömenden Fluid und einer Oberfläche. Deren Bestimmung erfolgt in der Regel indirekt aus einer Energiebilanz, wobei die oben beschriebene Ausrüstung durch variable Beheizungsoptionen und Temperaturmessstellen ergänzt wird.

Je nach Zielstellung können die Ergebnisse als Temperaturmessdaten, Wärmeübergangskoeffizienten bzw. -widerstände oder dimensionslose Kennzahlen dokumentiert werden. Zusätzlich sind Temperaturverteilungen bis in den Mikrometerbereich mit Hilfe eines leistungsfähigen Thermographiesystems örtlich auflösbar.

- 1 Probenhalter mit Sensor und Faserproben für Hot-Disk-Wärmeleitfähigkeitsmessung
- 2 Messung der anisotropen Wärmeleitfähigkeit würfelförmiger Faserproben
- 3 Wärmeleitfähigkeitssensor vor einer Hohlkugelstruktur