

Pressemitteilung

Das CAE setzt Maßstäbe zur zuverlässigen Charakterisierung von Aerogelen

Würzburg, 24.07.2024

Hochporöse Nanomaterialien wie Aerogele sind herausfordernd in der strukturellen und thermischen Charakterisierung. Um artefaktfreie Messdaten zu erhalten, hat das CAE potentielle Fehlerquellen und Einflussgrößen identifiziert, quantifiziert und Lösungsmöglichkeiten für Messung und Auswertung erfolgreich erarbeitet.

Aerogele

Aerogele sind nanoporöse Materialien mit interessanten Eigenschaften für Anwendungen in den Bereichen Wärmedämmung, Elektroden, Katalyse, Filter und Adsorber, Drug-Delivery und vielen mehr. Die besonderen Eigenschaften dieser Materialien stellen aber auch große Ansprüche an etablierte Methoden zur Charakterisierung bezüglich Struktur und Wärmeleitfähigkeit.

Trotz langjähriger Forschung an Aerogelen zeigt sich international ein Mangel an zuverlässiger Analytik mit der Folge, dass die Materialentwicklung im Hinblick auf bestimmte Anwendungsfelder teilweise blind erfolgt. Die Möglichkeiten in der spezifischen Anwendung können entsprechend nicht voll ausgeschöpft werden. Außerdem entstehen so beim Vergleich von Messungen unzulässige Verzerrungen aufgrund falsch erhobener Daten.

Ziel des Projekts war es, potentielle Fehlerquellen und Einflussgrößen zu identifizieren und zu quantifizieren. Darauf aufbauend wurden Lösungsmöglichkeiten entwickelt, um die Messung und Auswertung so durchzuführen, dass nachvollziehbare und reproduzierbare Kenndaten erhalten werden. Mit entsprechend zuverlässigen Materialdaten kann damit auf Produktebene, auch das Vertrauen in Aerogel-Werkstoffe gestärkt werden.

Strukturelle Charakterisierung

Bei der Bestimmung von Porengrößenverteilungen (PSD) mit N₂-Adsorption können große Artefakte auftreten, da bei Silica-Aerogelen typischerweise Poren im Bereich kleiner 100 nm mit Porositäten über 90% kombiniert sind, was zu einer starken Deformation der Probe bei der Analyse mit Stickstoff-Adsorption führt und folglich auch die nach Standardmethode ermittelte PSD beeinflusst. Im Rahmen des Projekts wurde mit einem CAE-eigenen Aufbau zur in-situ Dilatometrie die Längenänderung der Probe während der Adsorption erfasst. Sie erfasst das „Atmen“ der Probe aufgrund von Kapillarkräften bei der Kondensation des Stickstoffs in den Poren. (Abbildung 1). Mit der Quantifizierung der Längenänderung ist schließlich eine mathematische Korrektur der deformierten Adsorptionsisotherme gelungen, aus der dann die tatsächliche Porengrößenverteilung der Probe im nicht-deformierten

Center for Applied Energy
Research e.V.
Magdalene-Schoch-Straße 3
97074 Würzburg
T +49 (0) 931 70564-0

www.cae-zeroarbon.de

Vorstand
Dr. Hans-Peter Ebert
Geschäftsführender
Vorstandsvorsitzender

Prof. Dr. Jürgen Hartmann
Vorstand u. wissenschaftlicher Leiter

USt-IdNr.
DE 356797496

Registergericht
Amtsgericht Würzburg
VR 201439

Bankverbindung
VR-Bank Würzburg
IBAN | DE45 7909 0000
0200 5708 69
BIC | GENODEF1WU1

Zustand bestimmt werden kann (Abbildung 2). Im Projekt wurde darauf aufbauend eine Korrektur der Messdaten alleine anhand der Adsorptionsisotherme entwickelt, die auch für Pulver und Granulate oder faserverstärkte Komposite mit geringer Wechselwirkung zwischen Faser und Aerogelkomponente anwendbar ist.

Thermische Charakterisierung

Die vielleicht herausragendste Eigenschaft von Aerogelen ist vermutlich die geringe Wärmeleitfähigkeit bei Umgebungsdruck. Grundsätzlich kommen für die Messung verschiedenste dynamische und stationäre Messverfahren zum Einsatz, wobei am CAE für das betreffende Projekt das Hitzdraht- und das Plattenverfahren (Guarded Hot-Plate) verwendet wurden. Dass die Messtemperatur eine wesentlich bestimmende Größe für den gemessenen Wert ist, ist hinlänglich bekannt. Es konnte aber gezeigt werden, dass auch die relative Luftfeuchte und Vorkonditionierung der offenporösen Aerogele einen relevanten Einfluss auf das Messergebnis haben. Besonders bedeutend und damit entsprechend zu berücksichtigen ist der Luftdruck während der Messung. Bei den nanoporösen Aerogelen wird die Wärmeleitfähigkeit des Gases in den Poren durch die Nanoporen weitgehend unterdrückt, was in der druckabhängigen Messung der Wärmeleitfähigkeit bei 1 bar Umgebungsdruck zu einem steilen Anstieg führt. Das heißt aber auch, dass selbst geringe Schwankungen des Luftdrucks aufgrund des Wetters oder der Höhenlage des Messorts das Messergebnis beeinflussen können. Beispielsweise kann die Messung der Wärmeleitfähigkeit eines Aerogels in Hamburg (0 m) und München (520 m) allein aufgrund der Höhenlage zu einer Abweichung von über 3% führen. Für die zuverlässige und nachvollziehbare Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit von Aerogelen sind deshalb entweder klar definierte Messbedingungen erforderlich oder Luftfeuchte und Luftdruck müssen mit dem Messwert zwingend mit angegeben werden.

Danksagung

Das Projekt wurde im Unterauftrag des THEA-Projekts der DLR (Förderkennzeichen 03EN4002A) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz gefördert. Das CAE bedankt sich beim Fördergeber und dem deutschen Aerogel-Cluster für die ausgezeichnete Zusammenarbeit und den exzellenten wissenschaftlichen Austausch in den letzten Jahren.

Bild



*Abb. 1: Die zuverlässige Bestimmung thermischer und mechanischer Eigenschaften ist Voraussetzung für die anwendungsorientierte Materialentwicklung. Hier: mechanisch stabile Silica-Aerogele mit geringer Wärmeleitfähigkeit als Abstandshalter in Vakuumverglasungen.
Foto: © CAE*

Bei Veröffentlichung bitten wir um die Zusendung eines Belegexemplars!

Kontakt

Fachlicher Ansprechpartner

Dr. Frank Lotter
Gruppenleiter Smarte Funktionale Materialien
Tel.: 0931 70564-327
frank.lotter@cae-zeroarbon.de

Leitung Öffentlichkeitsarbeit:

Martina Vornberger
Tel.: 0931 70564-444
E-Mail: martina.vornberger@cae-zeroarbon.de

Center for Applied Energy
Research e.V.
Magdalene-Schoch-Straße 3
97074 Würzburg
T +49 (0) 931 70564-0

www.cae-zeroarbon.de

Vorstand
Dr. Hans-Peter Ebert
Geschäftsführender
Vorstandsvorsitzender

Prof. Dr. Jürgen Hartmann
Vorstand u. wissenschaftlicher Leiter

USt-IdNr.
DE 356797496

Registergericht
Amtsgericht Würzburg
VR 201439

Bankverbindung
VR-Bank Würzburg
IBAN | DE45 7909 0000
0200 5708 69
BIC | GENODEF1WU1

Über das CAE

Das Center for Applied Energy Research e.V. (CAE) zielt mit seinen Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten darauf ab, Ideen in Kooperation mit Wirtschaftsunternehmen und weiteren Forschungspartnern in die Praxis zu überführen und so einen möglichst großen Beitrag für ein nachhaltiges, CO₂-emissionsfreies und wirtschaftliches Energiesystem zu leisten. Das CAE bildet dabei eine Brückenfunktion zwischen grundlagenorientierter Forschung und marktnaher Entwicklung. Das Institut ist Mitglied im ForschungsVerbund Erneuerbare Energien (FVEE) und der ZUSE-Gemeinschaft.

Das CAE leistet mit seinen Arbeitsgruppen „Klimaneutrale Gebäude und Quartiere“, „Smarte Funktionale Materialien“, „Advanced Thermal Management“, „Sensorik für die Energie- und Wasserstofftechnik“ und „Energiesystemmanagement und Technologieintegration“ notwendige Forschungs- und Entwicklungsarbeiten für die Industrie und setzt neue Innovationsimpulse. In einem eigenen Innovation Hub werden die Zukunftsthemen „Wasserstofftechnologie“, „Digitalisierung in der Energietechnik“ und Nachhaltigkeitsberatung „synstep“ gesondert unterstützt und Synergieeffekte erzielt. Im CAE eigenen „Guided Makerspace“ erhalten junge Unternehmen schnellen und unbürokratischen Zugang zu wissenschaftlichen Maschinen und Versuchsständen sowie zu Experten der CAE-Kernkompetenzfelder.

Weitere Informationen finden Sie im Internet unter www.cae-zeroarbon.de

Das CAE leistet mit seinen Arbeitsgruppen „Klimaneutrale Gebäude und Quartiere“, „Smarte Funktionale Materialien“, „Advanced Thermal Management“, „Sensorik für die Energie- und Wasserstofftechnik“ und „Energiesystemmanagement und Technologieintegration“ notwendige Forschungs- und Entwicklungsarbeiten für die Industrie und setzt neue Innovationsimpulse.

**Center for Applied Energy
Research e.V.**
Magdalene-Schoch-Straße 3
97074 Würzburg
T +49 (0) 931 70564-0

www.cae-zeroarbon.de

Vorstand
Dr. Hans-Peter Ebert
Geschäftsführender
Vorstandsvorsitzender

Prof. Dr. Jürgen Hartmann
Vorstand u. wissenschaftlicher Leiter

USt-IdNr.
DE 356797496

Registergericht
Amtsgericht Würzburg
VR 201439

Bankverbindung
VR-Bank Würzburg
IBAN | DE45 7909 0000
0200 5708 69
BIC | GENODEF1WU1