

## ZUKUNFT BAU

### KURZBERICHT „Aerogele und advanced porous materials in der Bauanwendung“

#### Titel

Langfassung Titel: „Programm zur wissenschaftlichen Begleitung der Produktentwicklung und Markteinführung von Dämmstoffen auf Basis von Aerogelen und advanced porous materials (APM)“

#### Anlass/ Ausgangslage

Bei der Erfüllung der Vorgaben an den Wärmeschutz der Gebäudehülle im Rahmen der Energieeinsparverordnung (EnEV) steht heute eine breite Auswahl an Dämmstoffen am Markt zur Verfügung. Neben konventionellen und bereits erprobten Produkten werden regelmäßig neue und innovative Produkte entwickelt. Dazu gehören in den vergangenen Jahren insbesondere mikro- und nanoporöse Stoffe, die sich durch eine herausragend niedrige Wärmeleitfähigkeit auszeichnen. Dadurch ergeben sich Vorteile in der Anwendung. Wandaufbauten mit konventionellen Dämmstoffen erfordern höhere Materialstärken und sind daher unter Umständen nur in geringerer energetischer Qualität ausführbar. Gerade wenn bei Sanierungen der Bausubstanz ein stark begrenztes Raumangebot optimal ausgenutzt werden soll, sind platzsparende Lösungen durch APM und Aerogele deshalb von großem Interesse. Für diese noch neuartigen Dämmstoffe ist die Datenlage an verfügbaren Informationen noch gering. Das Vertrauen von Planern und Anwendern muss daher erst vergrößert und somit der Weg in die Breitenanwendung erleichtert werden.

#### Gegenstand des Forschungsvorhabens

Mit Hilfe der Nanotechnologie und nanostrukturierten Materialien wurden bereits für zahlreiche industrielle Anwendungen innovative und sehr leistungsfähige Lösungsansätze gefunden. Im Bereich des Bauwesens handelt es sich bei der wichtigsten Entwicklung um mikro- und nanoporöse Wärmedämmstoffe (advanced porous materials), die aufgrund ihrer hochwärmedämmenden Eigenschaften in der Zukunft eine Alternative auf dem Dämmstoffmarkt darstellen können.

Ziel des Forschungsvorhabens war es unter anderem, wissenschaftlich belastbare Aussagen zur Untersuchung der Dauerhaftigkeit von Aerogelen und APM in Abhängigkeit der Anwendung zu treffen, das Vertrauen potentieller Anwender zu stärken sowie erste Ansätze zu möglichen Rezyklierungsverfahren durch Literaturrecherche und erste einfache Laborversuche zu erarbeiten. Neben der Marktverbreiterung können dadurch auch z.B. Grundlagen für zukünftige Normungsarbeit geschaffen werden.

Folgende Methoden wurden dabei verwendet:

- Modellierung der Randbedingungen des Einsatzes (untersch. Konstruktionen je nach APM, Expositionen und Klimagebiete)
- Auswahl geeigneter künstlicher Alterungsverfahren in Abhängigkeit der Randbedingungen
- Laborversuche zum Einfluss von Temperatur, relativer Feuchte, evtl. angrenzender Baustoffe, etc. auf wichtige bauphysikalische Eigenschaften
- Dokumentation der Degradation wichtiger Eigenschaften unter den untersuchten Bedingungen
- Durchführung von service-life-time Betrachtungen
- Erprobung der Zerkleinerung und Trennung der Rohstoffe

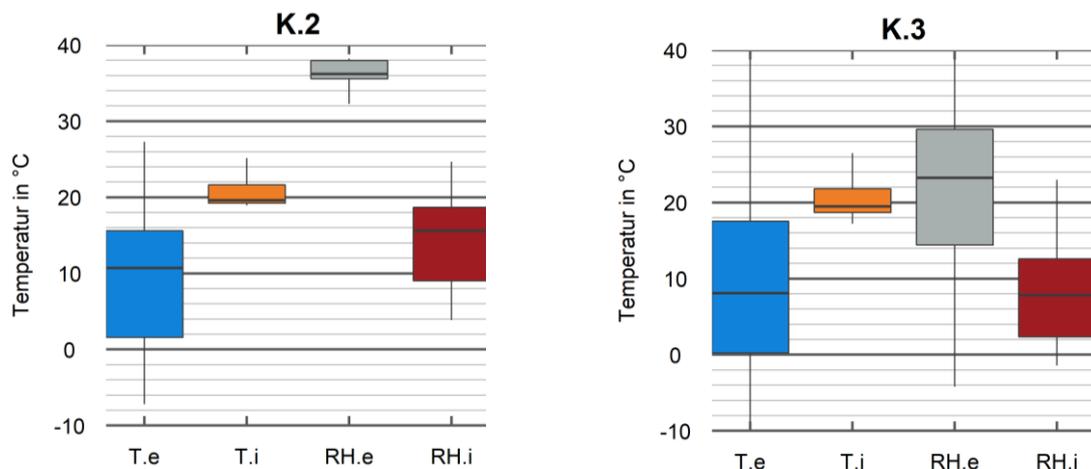


Abbildung 1 Temperatur- und Feuchteverteilung an der Außen- und Innenseite des Dämmstoffs einer Konstruktion mit APM-Innendämmung (links) und einer Steildachanwendung (rechts) der Exposition Süd, Standort Holzkirchen

Ausgehend von einer Marktrecherche zu verfügbaren Produkten und deren Einsatzgebieten wurde eine Produktauswahl aus vier aerogelbasierten Produkten und einem auf Basis von synthetischer amorpher Kieselsäure für die weiteren Untersuchungen getroffen. Diese Auswahl deckt die derzeit am Markt verfügbaren APM-Dämmstoffe gut ab. Zur Beurteilung der Randbedingungen wurden die Temperatur- und Feuchteverteilung an den Dämmstoffoberflächen an verschiedenen, für die gewählten Produkte jeweils typischen Musteranwendungen durch Modellierung (Variante Innendämmung und Steildach als Beispiele s. Abbildung 1) dargestellt. Dabei wurden unterschiedliche Standorte und Expositionen berücksichtigt, wobei für die typischen durchschnittlichen Umgebungstemperaturen außen 10 °C und innen 20 °C, und für die Umgebungsfeuchten Werte im Bereich von 65 % - 95 % an der Außenseite sowie 35 % - 55 % für die Innenseite ermittelt wurden. Für die Klimalagerung als ausreichend kritisches Klima wurde daraus die kombinierte Temperatur- und Feuchtebelastung von 50 °C und 70 % r. F. abgeleitet. In einem Zyklus von 90 Tagen wurden über 9 Monate hinweg die thermischen und mechanischen Eigenschaften sowie das Brandverhalten bestimmt. Zu den mechanischen Eigenschaften zählen das Verhalten bei Druckbeanspruchung, die Querkzugfestigkeit, die Dimensionsstabilität und die Dynamische Steifigkeit. Zusätzlich wurden die Materialien 400

Zyklen einer Frost-Tau-Wechselbeanspruchung unterzogen, um anschließend Auswirkungen auf die Materialparameter Wärmeleitfähigkeit und Verhalten bei Druckbeanspruchung im trockenen und feuchten Zustand zu untersuchen. Die lose Aerogelgranulat-Schüttung, die auch als transluzente Dämmung eingesetzt wird, wurde außerdem einer UV-Bewitterung ausgesetzt. Strukturanalysen mittels REM, Pyknometrie und Sorptionsanalyse wurden unterstützend durchgeführt, um auch Veränderungen an Partikeln oder Poren feststellen zu können. Abbildung 2 gibt eine Übersicht über die durchgeführten Alterungsmechanismen und Messungen der unterschiedlichen Eigenschaften.

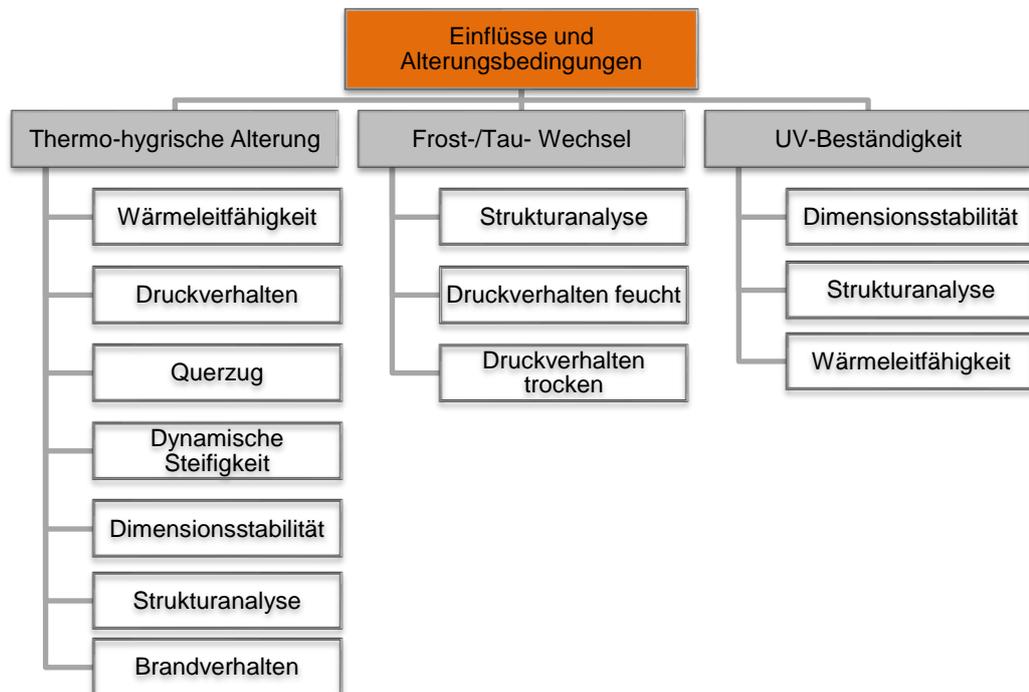


Abbildung 2 Organisationsdiagramm zum Forschungsprojekt

Da Aerogel- und APM-Produkte in sehr verschiedenartigen Lieferformen verfügbar sind, unterscheidet sich die Art und Weise wie diese unterschiedlichen Produkte verbaut werden und schließlich zu trennen und zu recyceln sind. Nach einer Recherche der Herstellerangaben in z.B. Ökobilanzen, um einen Überblick über Empfehlungen für das Produkt nach der Nutzungsphase zu erhalten, wurden verschiedene Versuche zur Trennung und Sortierung der Materialkomponenten unternommen. Die plattenförmigen Dämmstoffe wurden zur Demonstration des schichtenweisen Rückbaus auf Wandelemente aufgeklebt. Nach einer Zerkleinerung des rückgebauten Mörtel-Dämmstoffgemischs konnten die Bestandteile dank der unterschiedlichen Rohdichte und der hydrophoben Eigenschaften der Dämmstoffe mittels Sedimentationsanalyse ebenso wieder gut voneinander getrennt werden. Produkte mit Faseranteilen wurden geschreddert und anschließend in einer Siebrüttelmaschine in unterschiedliche Kornklassen eingeteilt. Eine Trennung von Fasermaterial und Partikeln des nano-porösen Dämmstoffs konnte auf diese Weise gut durchgeführt werden.

### Fazit

Jedes der untersuchten Produkte zeigte sein individuelles Verhalten bei den verschiedenartigen Beanspruchungen, jedoch konnte über den gesamten Untersuchungszeitraum hinweg für kein Produkt ein klarer Trend für die Veränderung der Eigenschaften aus den Prüfergebnissen festgestellt werden. Alle Produkte zeigen ein stabiles Verhalten über die Alterungszeiträume hinweg. Bei vier der fünf untersuchten Produkte konnte ein negativer Effekt der künstlichen Alterung auf die Wärmeleitfähigkeit festgestellt werden, wobei es sich auch nur um eine minimale Verschlechterung der Messergebnisse im Bereich von 0,0006 W/m·K und 0,0002 W/m·K handelt, wie Abbildung 3 zu entnehmen ist. Aufgrund einer geringen Abnahme der Rohdichte von Produkt S.1 über die einzelnen Alterungsschritte hinweg kann es hier zur geringfügigen Verbesserung der Wärmeleitfähigkeit gekommen sein. Einzig die Beurteilung der REM-Aufnahmen lässt optisch Materialdegradationen, verursacht durch die unterschiedlichen Alterungsbedingungen, erkennen. Nach der rechnerischen Überprüfung der U-Werte der Musteranwendungen unter Verwendung der gealterten Aerogel- und APM-Dämmstoffe kann beurteilt werden, dass eine Verschlechterung von lediglich 1-3 % vorliegen wird und sich der Wärmeschutz der Konstruktionen auch nach mehreren Jahrzehnten nur marginal verschlechtert.

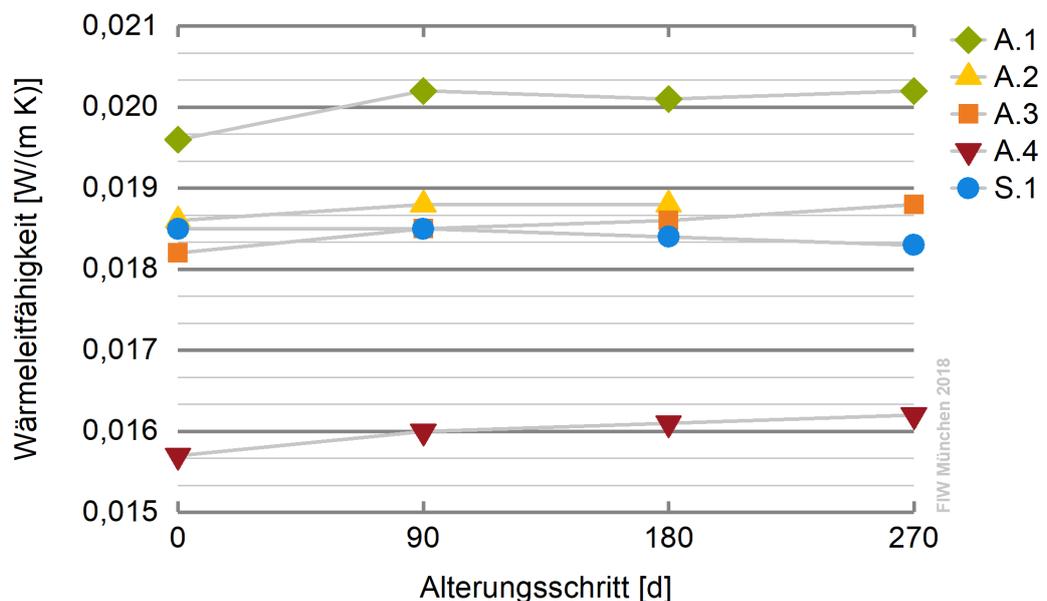


Abbildung 3 Entwicklung der Wärmeleitfähigkeit während der hygrothermischen Alterung

Neben der umfangreichen Charakterisierung der Materialien können die Randbedingungen zum Einsatz als Grundlage für weiterführende Produktentwicklungen abgeleitet werden. Bei eventuell zukünftigem Einstieg in die Produktnormung stehen umfangreiche Informationen zum untersuchten Material zur Verfügung.

### Eckdaten

Kurztitel: Aerogele und APM in der Bauanwendung  
 Forscher/Projektleitung: Dr.-Ing. Sebastian Treml (Projektleitung)  
 Dipl.-Ing. Christoph Sprengard  
 Carolin Kokolsky M.Sc.  
 Susanne Regauer M.Sc.

Gesamtkosten: 120.008,67 €  
 Anteil Bundeszuschuss: 72.000,00 €  
 Projektlaufzeit: 24 Monate

### Bilder/ Abbildungen

**Abbildung 1:** Dateinamen: Abb1links\_Temperatur Feuchte Innendämmung  
 Abb1rechts\_Temperatur Feuchte Steildach

Bildunterschrift: *Temperatur- und Feuchteverteilung an der Außen- und Innenseite des Dämmstoffs einer Konstruktion mit APM-Innendämmung (links) und einer Steildachanwendung (rechts) der Exposition Süd, Standort Holzkirchen*

**Abbildung 2:**

Bildunterschrift: *Organisationsdiagramm zum Forschungsprojekt*

**Abbildung 3:** Dateinamen: Abb3\_Wärmeleitfähigkeit

Bildunterschrift: *Entwicklung der Wärmeleitfähigkeit während der hygrothermischen Alterung*

Bauaufsichtlich anerkannte Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungsstelle von Baustoffen und Bauteilen. Forschung, Entwicklung sowie Beratung auf dem Gebiet des Wärme- und Feuchteschutzes.

