

# Untersuchung der Langzeitstabilität von Silica basiertem hydrophobem Superisolationsmaterial in Bauanwendungen

Um die Marktanforderung nach immer besserer Dämmleistung der Gebäudehülle zu erfüllen, wurden hocheffiziente Dämmmaterialien, auch bekannt unter dem Namen Superisolationsmaterial (Super Insulation Materials), entwickelt. Das sind Materialien mit einer bis zu 10-mal geringeren Wärmeleitfähigkeit von herkömmlichen Dämmstoffen. Allerdings sind diese Materialien teuer und ihre Lebensdauer bei wechselnden hygrothermischen Einflüssen noch nicht hinreichend untersucht, was bereits im internationalen Forschungsprojekt Annex 65 der Internationalen Energieagentur (IEA) beschrieben wurde. Der Hydrophobierungsprozess an synthetischem amorphem Siliziumdioxid SAS ist jedoch seit Langem bekannt und wird zur Hydrophobierung von Pulvern in verschiedenen Industrieanwendungen eingesetzt. Deshalb war der erste Schritt in der vorliegenden Studie die Langzeitstabilität von hydrophoben Pulvern zu evaluieren, um dann die Langzeitstabilität entsprechend hydrophobierter Formkörper zu untersuchen und zu bewerten.

**Stichworte** Langzeitstabilität; Superisolationsmaterial (SIM); mikroporöser Dämmstoff (APM)

## 1 Allgemeines

Die Bauindustrie ist immer noch ein Segment, in welchem mit einfachen Maßnahmen viel Energie gespart werden kann. Sie ist für 28% des weltweiten Energieverbrauchs verantwortlich, schaut man nur auf die Zahlen von westlichen Staaten wächst der Anteil sogar auf 45%. Gemäß Umweltbundesamt (UBA) kann eine energetische Gebäudesanierung den Primärenergiebedarf um 90% senken. Auf diese Zahlen hat die Bundesregierung mit der Verschärfung der Energieeinsparverordnung reagiert: Ab 2021 müssen beispielsweise alle Neubauten in der EU dem Standard eines Nullenergiehauses entsprechen, d. h. diese Gebäude erzeugen die Elektrizitäts- und/oder Energiemenge, die dem Gesamtenergieverbrauch für das Leben in dem Haus entspricht.

Da die Dämmung ein wichtiger Faktor für die Energieeffizienz eines Hauses ist, geht die Entwicklung hin zu immer dickeren Dämmschichten. Jedoch ist Gebäudenutzfläche in Städten begrenzt und teuer und die Anforderungen an den Brandschutz gleichzeitig hoch.

Um diese Anforderungen aus dem Markt zu erfüllen, wurden hocheffiziente Dämmmaterialien, auch bekannt unter dem Namen Superisolationsmaterial (SIM), entwi-

## Investigation on the long-term performance of hydrophobic silica-based advanced porous materials in building applications

To satisfy the new demand of more and more efficient thermal insulation for building envelope highly efficient insulation materials, known as super insulation materials (SIM), have been developed, with a thermal conductivity up to 10 times lower than common thermal insulation products. However, although they offer excellent insulation performance, these materials are expensive and there is a lack of information on their durability under different hygrothermal conditions, which is described and examined in general in IEA Annex 65.

The hydrophobation of synthetic amorphous silica (SAS) is long been known and is applied to powder for several technical applications. Therefore, the first step of the presented study was to show the long-term stability of hydrophobic powders to investigate and evaluate afterwards the long-term stability of the hydrophobized mold bodies.

**Keywords** long-term stability; super insulation material (SIM); advanced porous material (APM)

ckelt. Das sind Materialien mit einer bis zu 10-fach geringeren Wärmeleitfähigkeit verglichen mit herkömmlichen Dämmstoffen. Allerdings sind diese Materialien teuer und ihre Lebensdauer bei wechselnden hygrothermischen Einflüssen noch nicht hinreichend untersucht, was bereits im internationalen Forschungsprojekt Annex 65 der Internationalen Energieagentur (IEA) im Jahr 2017 [1] beschrieben wurde.

Das Ziel dieser Studie ist es unter anderem, die verschiedenen theoretischen und praktischen Untersuchungsergebnisse der Advanced Porous Materials (APM) auf ihre Langlebigkeit hin zu untersuchen.

Technisch hergestellte mikroporöse Siliciumdioxide sind für Industrieanwendungen schon seit über 50 Jahren als hydrophile Pulver oder Formkörper (siehe ASTM C 1676 [2]) bekannt. Für die Bauindustrie ist dieses Produkt als hydrophober Formkörper allerdings relativ neu. Um eine zuverlässige Aussage über die Langzeitstabilität des hydrophoben Dämmstoffes, bei Temperatur- und Feuchtebedingungen der Bauindustrie zu erhalten, werden in diesem Bericht Erfahrungen und Laboruntersuchungen betrachtet und mit Messungen unter Extrembedingungen kombiniert, um den Abbau der Materialeigenschaften für Gebrauchsszenarien zu simulieren.

## 2 Stand der Technik

In Ergänzung konventioneller Dämmstoffe der Bauindustrie wurden neue Materialien speziell mit dem Fokus auf die Optimierung der Feststoffmatrix und Porenstruktur entwickelt, um den Wärmetransport durch Konvektion und die Festkörperleitfähigkeit des Materials zu minimieren. Diese Materialien zeichnen sich nicht nur durch ihre niedrige Wärmeleitfähigkeit, sondern auch durch sehr gute Eigenschaften hinsichtlich des Brandschutzes aus (Bild 1).

Die Studie umfasst Hochleistungsdämmstoffe auf der Basis von sogenannten advanced porous materials (APM) und hier in der speziellen Unterkategorie der hydrophoben synthetisch amorphen Kieselsäure (SAS), im Gegensatz zu APM auf der Basis des Aerogel Herstellverfahrens. SAS ist ein gut bekanntes, nicht brennbares Material (Klasse A) für die Herstellung von Wärmedämmstoffen, die beispielsweise im Cerankochfeld, dessen Temperatur der Wärmedrähte einige 100°C erreichen kann, eingesetzt werden. Diese lang bekannte technische Wärmeisolation ist hydrophil, beschrieben in ASTM C 1676 [2]. Durch seine hydrophile Eigenschaft kollabiert die Porenstruktur jedoch in Kontakt mit Wasser, was zur mechanischen Zerstörung des Materials führt.

Im Markt wurde eine neue Materialklasse mit einer ideal stabilen Hydrophobierung eingeführt. Das Ergebnis ist ein wasserabweisendes Material mit sehr guten wärmedämmenden Eigenschaften. Dieser offenporige Dämm-

stoffkörper lässt gleichzeitig Wasserdampf durch. Die Kombination erlaubt wärme- und feuerbeständige SAS basierte Materialien für die Anwendung hocheffizienter, feuchtesensibler Konstruktionen einzusetzen. Das hydrophobe Dämmmaterial, welches in der Bauindustrie eingesetzt wird, ist in dem Europäischen Untersuchungsstandard EAD [3] beschrieben.

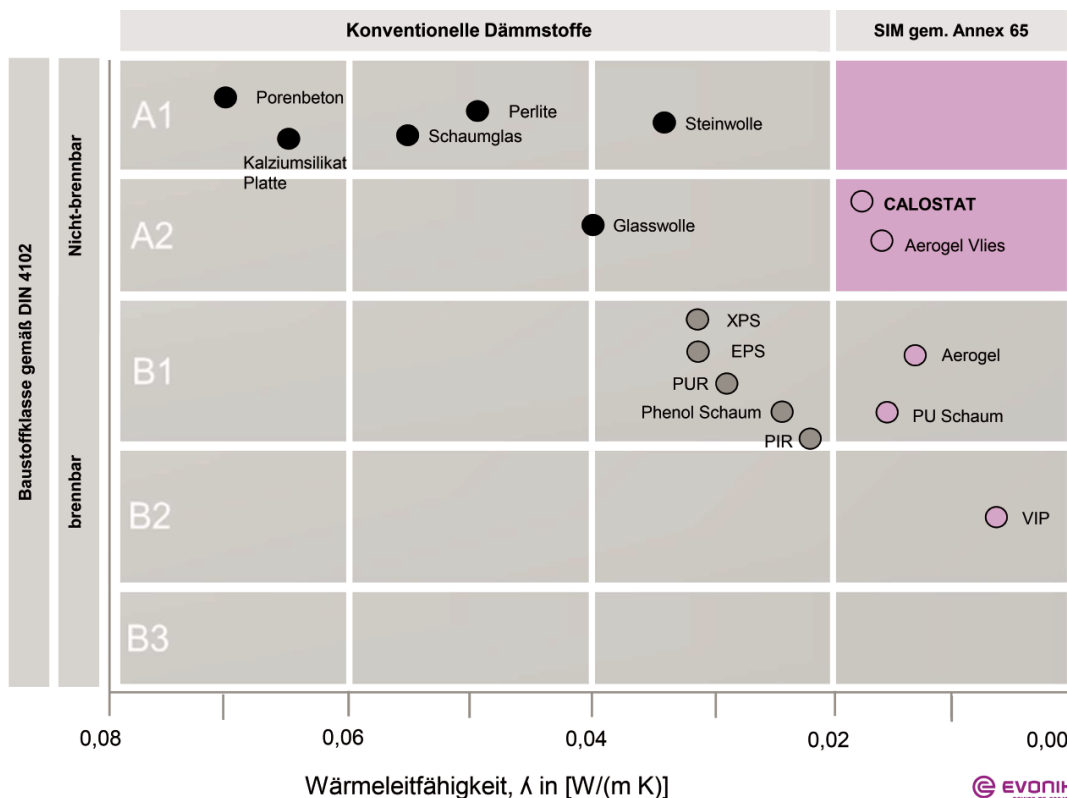
Der Artikel stellt dar, dass das Material nicht nur gut performt, sondern auch langlebig und für die Nutzung in der Bauindustrie in allen Klimazonen geeignet ist. Um dies zu zeigen, wurden die Stabilität der Hydrophobierung und die mechanische Stabilität untersucht.

## 3 Untersuchungen und Ergebnisse

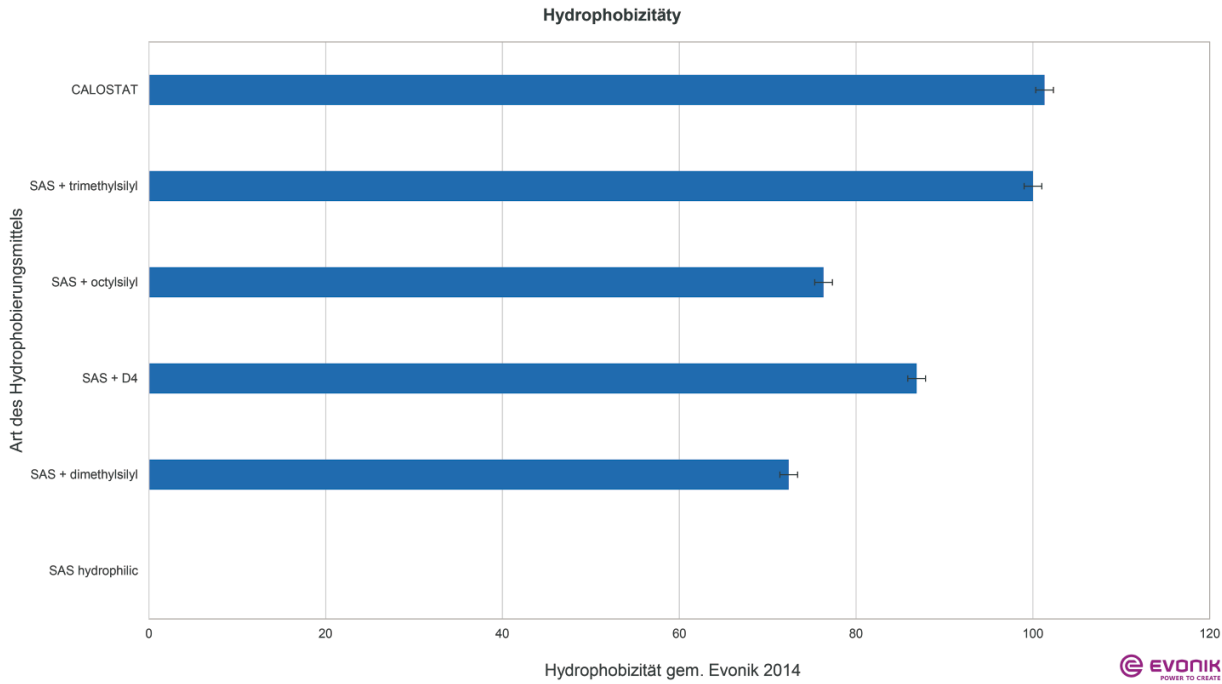
### 3.1 Untersuchung an hydrophobem SAS in Industrienanwendungen

Der Hydrophobierungsprozess an SAS ist seit Langem bekannt und wird zur Hydrophobierung von Pulvern in verschiedenen Industrienanwendungen eingesetzt. Deshalb war der erste Schritt in dieser Studie die Langzeitstabilität von hydrophoben Pulvern zu evaluieren.

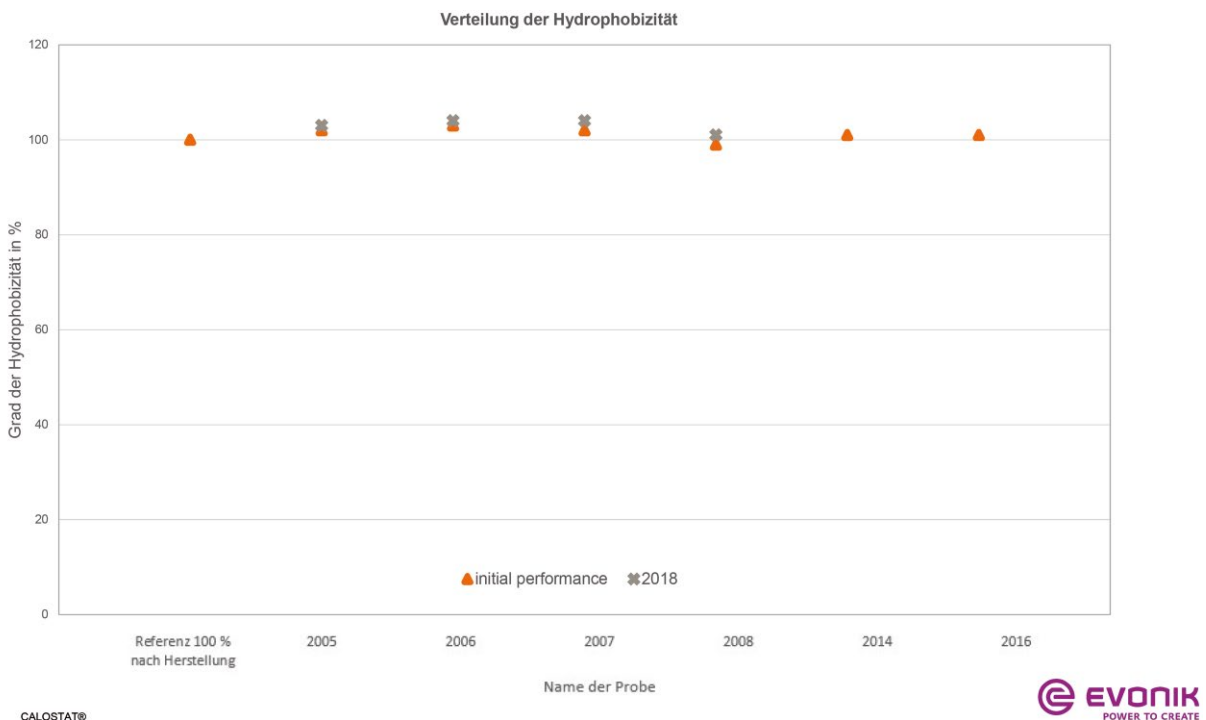
In bereits am Markt eingeführtem SAS wird eine Vielzahl von Hydrophobierungsmitteln eingesetzt und ihre Eignung in der Praxis nachgewiesen. Die gebräuchlichsten Hydrophobierungen basieren auf einer Hydrokarbon-



**Bild 1** Kategorisierung traditioneller und neuer Dämmstoffe in der Bauindustrie auf Grundlage des Brandverhaltens gemäß DIN 4102 und der Wärmeleitfähigkeit  
 Categorization of traditional and new thermal insulation materials used in building construction based on the fire behavior classification according to German standard DIN 4102 and on the thermal conductivity



**Bild 2** Intensität der verschiedenen Hydrophobierungsmethoden; das 100 %-Referenzmaterial ist mit Trimethylsilyl, ein im Markt eingeführte hydrophobierte SAS-Pulver  
Intensity of the various hydrophobic methods; the 100 % reference material is the hydrophobic SAS powder Trimethylsilyl



**Bild 3** Langzeitstabilität der Hydrophobizität von SAS-Pulver, aufgetragen über das Jahr  
Long-term stability of the hydrophobic SAS powder

Kette, auf Silikon oder auf Di-/Trimethylsilyl-Gruppen, die chemisch an die Silica-Oberfläche gebunden sind. Die Performance solcher Hydrophobierungen ändert sich mit dem Typ und der eingesetzten Menge des Stoffes. Mit der Annahme einer optimalen reagierten Hydrophobierung an der SAS-Oberfläche sind in Bild 2 die Intensitäten, die mit den verschiedenen Hydrophobierungsmitteln erreicht werden, dargestellt. Die gleiche Grafik zeigt auch die sehr gute Performance des plattenförmigen Dämmstoffes CALOSTAT®. Die Hydrophobizität des oberflächenmo-

difizierten SAS gemäß Evonik und des Dämmstoffes CALOSTAT® wurde gemessen [4].

Das untersuchte Pulver basiert auf SAS und Trimethylsilyl, dem am besten vergleichbaren Produkt hinsichtlich der chemischen Zusammensetzung der AMP, die für die Bauindustrie entwickelt wurden. Die untersuchten Materialmuster wurden in den Jahren 2005, 2006, 2007, 2008, 2014 und 2016 produziert. Ihr Grad der Hydrophobierung ist in Bild 3 dargestellt. Die Analyse zeigt die Stabili-

tät der Hydrophobierung in Abhängigkeit der Zeit und damit die Langzeitstabilität für bis zu 13 Jahre.

### 3.2 Intensive hygro-thermische Konditionierung von hydrophoben Silica basierten Dämmplatten wie sie in der Bauindustrie eingesetzt werden

Nachdem gezeigt wurde, dass die Performance des behandelten Pulvers sich über 13 Jahre nicht verändert hat, wird nun gezeigt, dass dies auch für die Hydrophobierung von Platten basierend auf SAS gilt. Um Belastung durch Temperatur und Feuchte zu simulieren, wurde das Material bei Raumtemperatur und 60% relativer Luftfeuchtigkeit, bei Raumtemperatur und 75% relativer Luftfeuchtigkeit und bei 80°C und 60% relativer Luftfeuchtigkeit gelagert. Die folgenden Bezeichnungen bilden die Untersuchungskörper ab:

- N1: Lagerbedingungen 80°C/60% RH → Untersuchungsbeginn war 2015
- N2: Lagerbedingungen 23°C/75% RH → Untersuchungsbeginn war 2015
- N3: Lagerbedingungen 25°C/60% RH → Untersuchungsbeginn war 2013

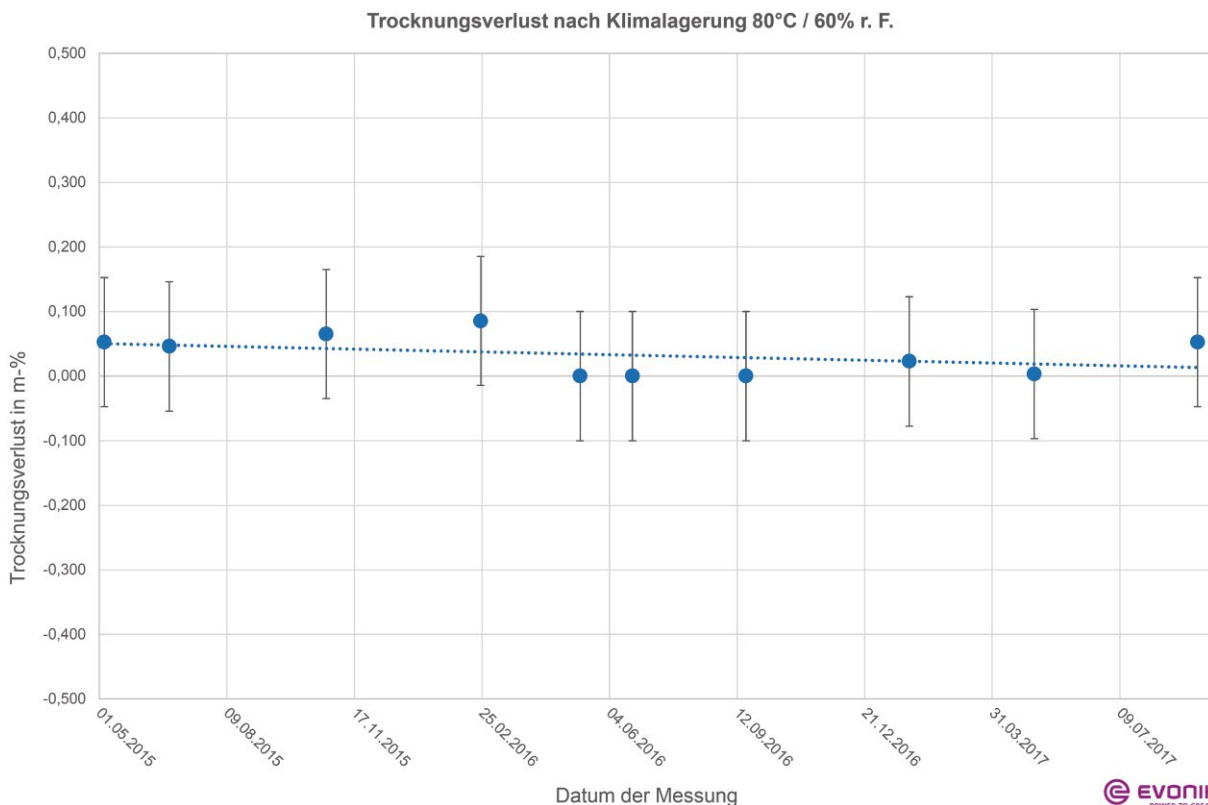
In der anschließenden Betrachtung wurde die Entwicklung der Wasserabsorption (Bilder 4 bis 6) und der Hydrophobizität (Bild 7) untersucht.

Der auf der Basis von SAS untersuchte, hydrophobe und plattenförmige Dämmstoff zeigte keine signifikante Veränderung des Gewichtes, die auf eine Wasseraufnahme und damit auf einen Verlust der Hydrophobizität hindeuten würde.

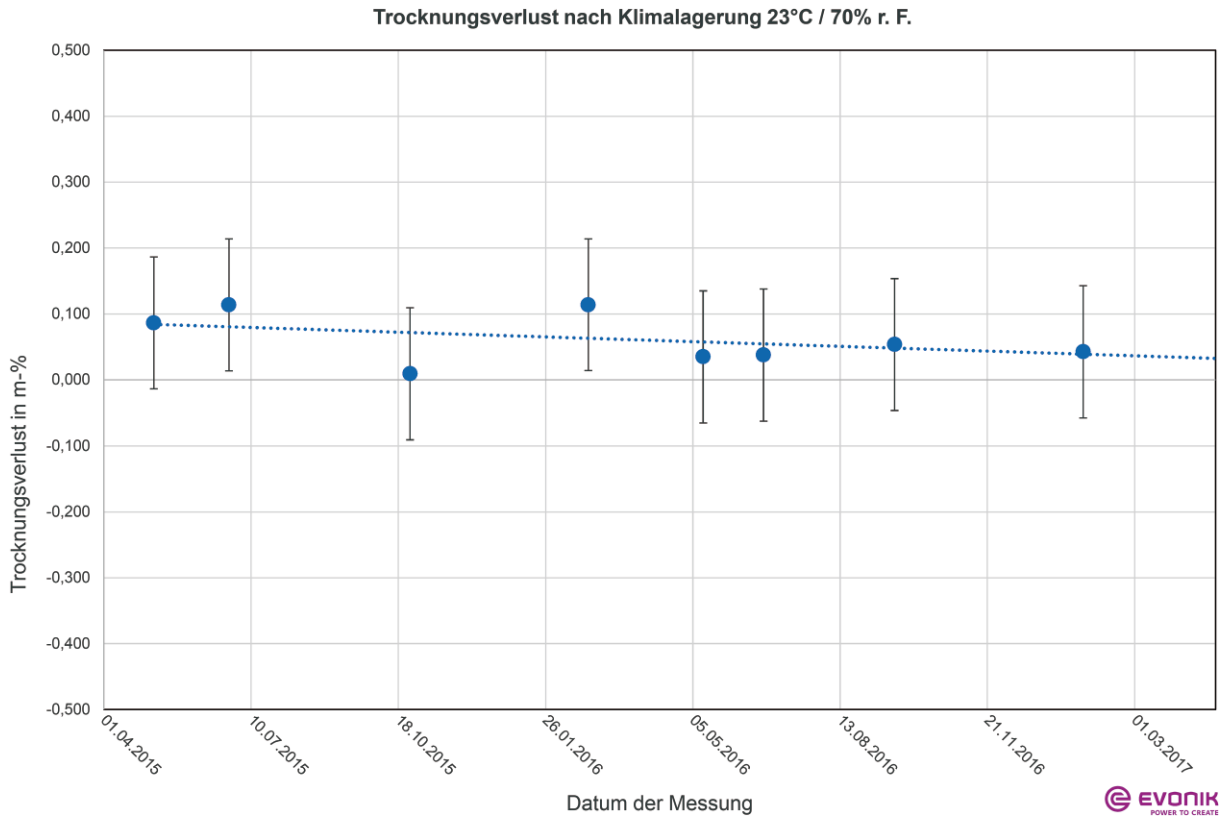
### 3.3 Bauphysikalische Aspekte der Alterung Aerogel basierter und auf SAS basierter Dämmstoffe in der Bauanwendung

Im Rahmen des International Vacuum Insulation Symposiums in Kyoto (IVIS 2019) stellte das Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München (FIW) seine wissenschaftlichen Untersuchungen vor [3]. Die Messungen wurden im Rahmen des o. g. EBC IEA Annex 65 „Superinsulating Materials“ [1] und einem Projektes der Forschungsinitiative „Zukunft Bau“ zur Produktentwicklung und Markteinführung von Aerogel und Advanced Porous Materials (APM) für Bauanwendungen [5] durchgeführt. Die Studien beschreiben Messungen an fünf verschiedenen SIM-Dämmstoffen:

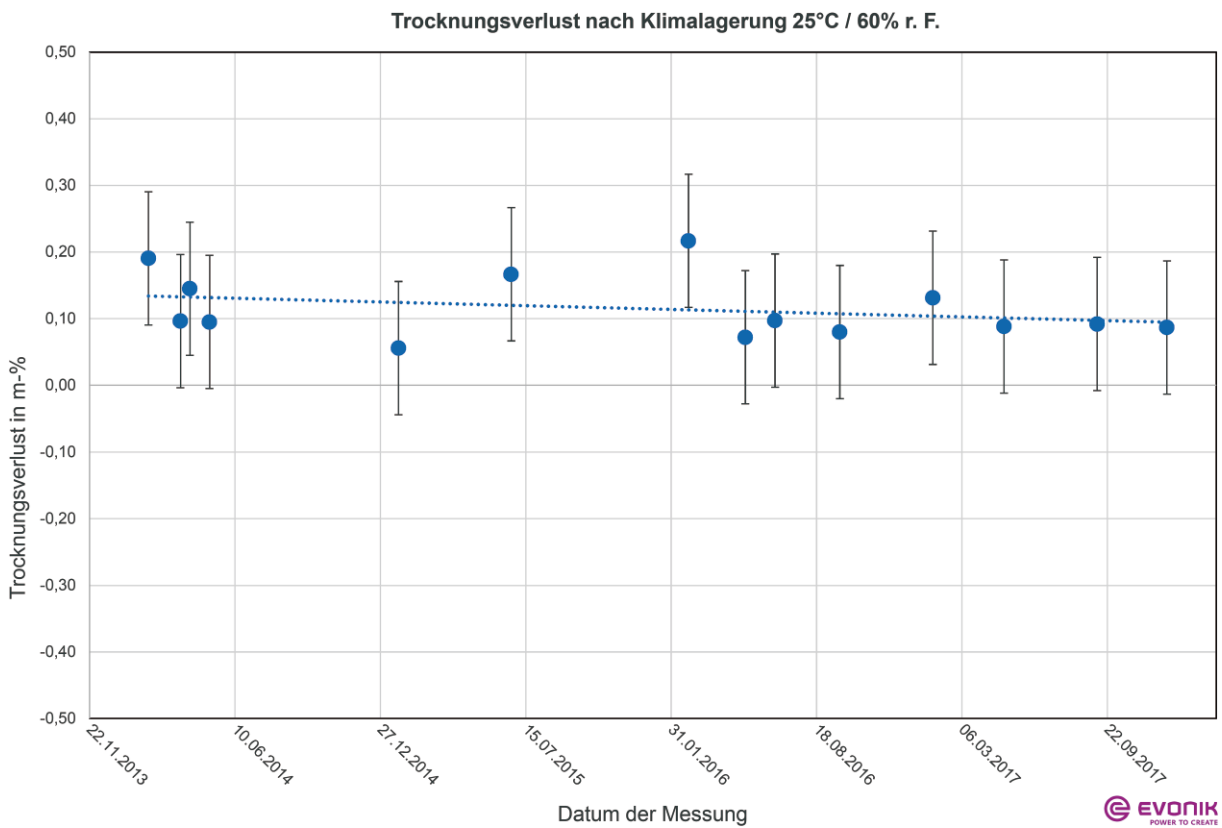
- A1 → SiO<sub>2</sub> Schüttung, Dichte 65 bis 85 kg/m<sup>3</sup>
- A1 → PU Plattenware, Dichte 150 bis 180 kg/m<sup>3</sup>
- A3 → SiO<sub>2</sub> basiertes Dämmstoff-Vlies, Dichte 150 bis 180 kg/m<sup>3</sup>
- A4 → SiO<sub>2</sub> Plattenware, Dichte 130 bis 180 kg/m<sup>3</sup>
- S1 → SiO<sub>2</sub> Plattenware, Dichte 165 kg/m<sup>3</sup>



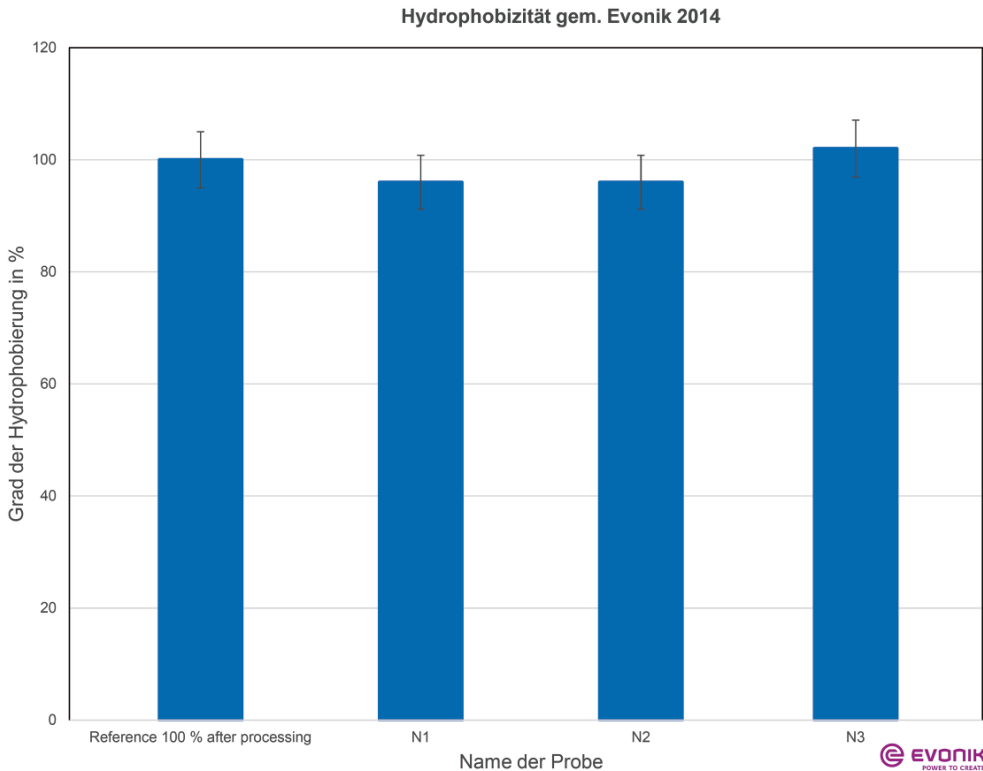
**Bild 4** N1: Untersuchungsbeginn 2015; die Massenänderung ist im Bereich der Messunsicherheit (Kombination aus dem Messsystem und dem mechanischen Einfluss durch die Handhabung)  
 N1: starting point of the investigation 2015; the mass change is in the area of measurement uncertainty (combination of the measuring system with the mechanical influence caused by the handling)



**Bild 5** N2: Untersuchungsbeginn 2013; die Massenänderung ist im Bereich der Messunsicherheit (Kombination aus dem Messsystem und dem mechanischen Einfluss durch die Handhabung)  
 N2: starting point of the investigation 2013; the mass change is in the area of measurement uncertainty (combination of the measuring system with the mechanical influence caused by the handling)



**Bild 6** N3: Untersuchungsbeginn 2015; die Massenänderung ist im Bereich der Messunsicherheit (Kombination aus dem Messsystem und dem mechanischen Einfluss durch diese Handhabung)  
 N3: starting point of the investigation 2015; the mass change is in the area of measurement uncertainty (combination of the measuring system with the mechanical influence caused by the handling)



**Bild 7** Ergebnis der letzten Messung der Hydrophobizität 2018; das 100%-Referenzmaterial ist mit Trimethylsilylein im Markt eingeführtes hydrophobiertes SAS Pulver  
Result of the final hydrophobity measurement, 2018; the 100 % reference material is the hydrophobic SAS powder Trimethylsilyl

Dabei sind die Materialien mit dem Buchstaben A mit der Aerogel-Technologie hergestellte Produkte und das Produkt mit dem Buchstaben S ein auf SAS basiertes Produkt und damit vergleichbar mit den in dieser Studie zuvor behandelten mikroporösen Dämmstoffen gemäß EAD 040057-01-1201, E. (2015) [3]. Untersucht wurde hier unter anderem der Einfluss aus Klimalagerung, Klimawechselbelastung und UV-Bestrahlung auf die Wärmeleitfähigkeit und die mechanischen Eigenschaften der Dämmstoffe. Die nachfolgend dargestellten Messungen zeigen die Veränderung der Wärmeleitfähigkeit (Bild 8) und der Druckfestigkeit (Bild 9) der verschiedenen Dämmstoffe, aufgetragen über der Lagerungszeit im für die künstliche Alterung verwendeten Klima von 50°C/70% r. F.

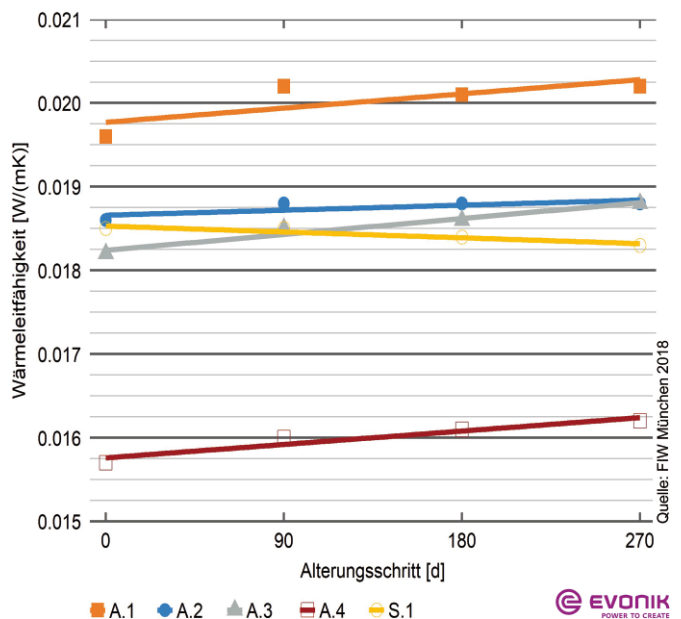
Zieht man die Performance Änderung der Produkte über die Zeit als Maß für die Langzeitstabilität der Materialien heran, so kann festgehalten werden, dass die Wärmeleitfähigkeit des auf SAS basierten Materials mit der Zeit etwas abnimmt, was sich mit den Untersuchungen zur Langzeitstabilität der Hydrophobierung aus den vorangegangenen Untersuchungen deckt. Bei der Druckfestigkeit zeigt sich eine leichte Abnahme über die Zeit, was auf die mechanische Belastung durch die Handhabung zurückgeführt werden kann.

#### 4 Ergebnisse und Interpretation

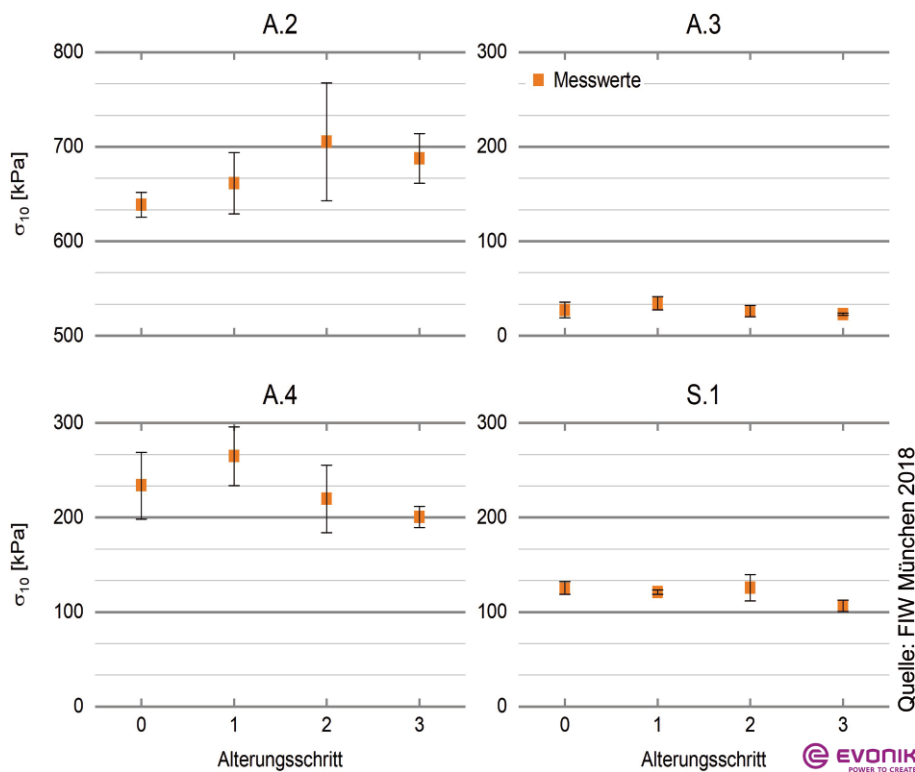
Basierend auf den aktuellen Untersuchungen sind hydrophobierte APM's auf der Basis von hydrophober SAS, zum Beispiel gemäß dem Europäisch Technischen Stan-

dard EAD 040057-01-1201, unempfindlich gegenüber Umwelteinflüssen wie Wärme und Feuchtigkeit während der Nutzungsphase bei üblichen Klimabedingungen der Bauindustrie.

Die künstliche Alterung aus verschiedenen Studien über eine Nutzungsdauer von mehr als dreizehn Jahren bzw. Alterungszyklen von 270 Tagen zeigt eine gleichbleibende Performance des Dämmstoffes und deutet auf keine Verschlechterung oder einen Degradationsprozess, weder



**Bild 8** Einfluss der Klimalagerung auf die Wärmeleitfähigkeit  
Influence of the climate conditions on the thermal conductivity



Quelle: FIW München 2018



**Bild 9** Einfluss der Klimalagerung auf die Druckfestigkeit  
Influence of the climate conditions on the compressive strength

der chemischen noch der strukturellen Eigenschaften hin. Daher können diese Dämmstoffplatten für die Nutzung in allen Klimazonen empfohlen werden.

Die Untersuchungsergebnisse des auf Silica basierenden Hochleistungsdämmstoffs CALOSTAT® lassen eine Haltbarkeit des Materials von mindestens 50 Jahren erwarten.

## Literatur

- [1] International Energy Agency (2017). Annex 65: Long-Term Performance of Super-Insulating-Materials in Building Components & Systems. EBC Executive Committee Support Services Unit.
- [2] ASTM-International. C 1676 – 08 Standard Specification for. ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States.
- [3] European Assessment Document EAD 040057-01-1201, E. (2015) – Thermal insulation board made of microporous silica. European Organisation for Technical Assessment EOTA.
- [4] Evonik (2014). Mathanol wettability acc. Corning glass. Evonik Industries.
- [5] Sprengard, C.; Treml, S.; Regauer, S.; Kokolsky, C.: *Impact of artificial ageing on mechanical and hygrothermal properties of Advanced-Porous-Materials (APM) for buildings*. In: Iwamae, A.; Ogura, D.; Abuku, A. (Ed.): Proceedings of the 14th International Vacuum Insulation Symposium (IVIS2019), Kyoto 2019.
- [6] Holm, A. H.; Sprengard, C.: *International Energy Agency, EBC Annex 65: “Long-Term Performance of Super-Insulating Materials in Building Components and Systems – Report of Subtask 2: Characterization of materials & components – Laboratory Scale”*, München 2017.
- [7] Sprengard, C.; Regauer, S.; Kokolsky, C.; Treml, S.; Engelhardt, M.: *Programm zur wissenschaftlichen Begleitung der Produktentwicklung und Markteinführung von Dämmstoffen auf Basis von Aerogelen und Advanced Porous Materials (APM)*. Forschungsbericht für die Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung SWD-10.08.18.7-15.61, München 2018.

## Autoren

Dr.-Ing. Gabriele Gärtner (Korrespondenzautorin)  
gabriele.gaertner@evonik.com  
Evonik Resource Efficiency GmbH – Thermal Insulation  
Rodenbacherchaussee 4  
63457 Hanau  
Germany

Prof. Frank Menzel  
frank.menzel@evonik.com  
Evonik Resource Efficiency GmbH  
Rodenbacherchaussee 4  
63457 Hanau  
Germany

## Zitieren Sie diesen Beitrag

Gärtner, G.; Menzel, F. (2020) *Untersuchung der Langzeitstabilität von Silica basierendem hydrophobem Superisolationsmaterial in Bauanwendungen*. Bauphysik 42, H. 1, S. 27–33.  
<https://doi.org/10.1002/bapi.201900027>