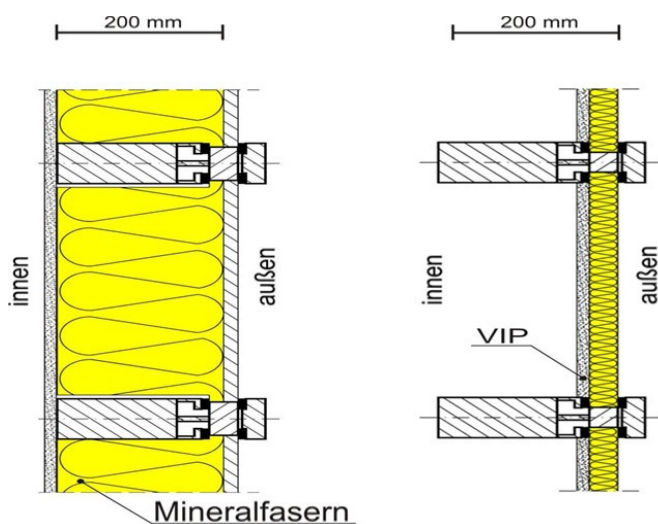


„Vakuumdämmstoffe (VIPs) auf Basis von metallisierten Kunststofffolien“

Roland Herr, Tanja Brockmann und Stephan Rössig

Steigende gesetzliche Standards (EnEV Neubaustandard 2009), Energiesparhäuser nach den Fördermaßnahmen der KfW und hohe Energiepreise bewirken, dass der Wärmeschutz von Gebäuden besser wird. Entsprechend dicker werden auch die Dämmstoffschichten auf Außenwänden und Dächern. Beim Neubau kann der Planer die Geometrie der Wärmedämmschichten von vorn herein berücksichtigen. Bei der thermischen Sanierung im Bestand setzen die räumlichen Gegebenheiten der Stärke der Dämmstoffschichten oft Grenzen. Hier können Vakuumisolationen in Form von Vakuumisulationspaneelen (VIPs) ihre Vorteile ausspielen: Sie erreichen mit wesentlich geringerer Materialdicke die gleiche Wirkung wie herkömmliche Dämmstoffe ohne dass Platz schaffende kostspielige Umbauarbeiten erforderlich sind [A.1] [B.1].



Aufbau von Vakuumisulationspaneelen

Ein VIP besteht, so wie es Bild B.2 zeigt, aus einer äußeren, gasdichten Hülle, einer so bezeichneten Hochbarriere- bzw. Ultrabarrierefolie, die einen hochporösen, evakuierbaren Stützkern aus mindestens 85 % pyrogenen Kieselsäure mit einem Porenraum von 90 bis 94 Vol.-% einschließt. Wichtige Nebenbestandteile des Stützkerns sind Infrarot-Trübungsmittel und Bewehrungsfasern. Die Barrierefolien, die Stützkernkieselsäure und die Trübungsmittel sind Hightech-Erzeugnisse der chemischen Industrie.

Beim Herstellungsprozess wird das VIP-Bauelement mit Stützkörper auf Innendruckwerte von $P \leq 0,1$ mbar evakuiert und die dünne, metallisierte Kunststoffolie mittels einer Folienschicht, vorzugsweise aus PE, gasdicht verschweißt.

Abbildung 1: Vergleich der Dicke der Dämmstoffschichten eines herkömmlichen Dämmstoffsystems mit einem Vakuumisulationspaneel [B.1].

Die pyrogene Kieselsäure ist aufgrund ihrer Struktur (Bilder B.5 und B.6) in der Lage, die Gewichtslast des Luftdrucks von 10 Tonnen pro Quadratmeter dauerhaft zu tragen. Die Barrierefolie ihrerseits muss der Penetration der Luftbestandteile Sauerstoff, Stickstoff und Wasserdampf bis zu einem bautechnisch relevanten Zeitraum von 20 bis 40 Jahren widerstehen, ohne dass ein Druckanstieg im VIP-Element erfolgt.

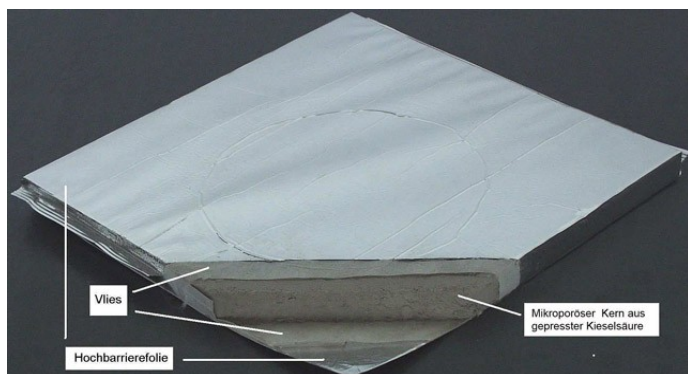


Abbildung 2: Vakuumisulationspaneel in Schnittdarstellung [B.2].

Physikalisches Wirkprinzip und thermisches Potential von VIP-Dämmungen

Die Gesamt-Wärmeleitfähigkeit λ_{ges} eines porösen Feststoffs hängt von 4 Termini ab:

$$\lambda_{ges} = \lambda_S + \lambda_R + \lambda_G + \lambda_C \quad (\text{Gl. 1})$$

$$\lambda_{ges} = \lambda_S + \lambda_R + \lambda_G + \lambda_C \quad (\text{Gl. 2})$$

In Gleichung Gl.1 bedeuten:

λ_{ges} : Wärmeleitfähigkeit, W/mK

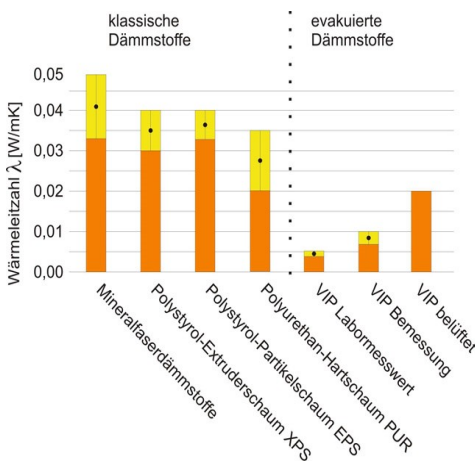
λ_S : Festkörperleitung (Struktur, Dichte, Belastungsdruck)

λ_R : Wärmestrahlung (Dichte, Molekülgröße, T^4 -Stahlungsgesetz)

λ_G : Gas-Wärmeleitung (Gasart, Porosität, Struktur, Porengröße)

λ_C : Kopplungsterm (λ_S, λ_G)

Durch den niedrigen Feststoffanteil in den Stützkernmaterialien wird der Terminus λ_S der Wärmeleitung im Festkörper sehr klein, der Terminus Wärmestrahlung λ_R wird durch den Einbau von Infrarotstrahlung reflektierenden Stoffen („Trübungsmittel“) sehr stark vermindert und infolge der Evakuierung werden die Termini λ_G der Energieübertragung der Gaspartikel untereinander und zum Stützkern-Material (Kopplungsterm λ_C) praktisch gleich null (Gleichung Gl. 2). Deshalb ist die Wärmeleitfähigkeit λ_{ges} der Vakuumdämmplatten im Vergleich zu konventionellen Wärmedämmstoffen in Abhängigkeit von Stützkernmaterial und Höhe des Vakuums um den Faktor 5 bis 8 niedriger (Bild B.3).



Das thermische Potential der VIP kommt nur zum Tragen, wenn die metallisierte Kunststoffhülle bei VIP-Herstellung, Transport, Montage und während der Nutzung gegen jegliche mechanische Perforation und Belüftung geschützt ist. Daher wird gegenwärtig an der Weiterentwicklung von VIP-integrierten Dämmsystemen mit mechanischen Kapselungen gearbeitet [A.1].

Hochbarriere- und Ultrabarrierrefolien

Gegenwärtig werden überwiegend metallisierte, mehrlagige Verbundfoliensysteme als Hochbarrierrefolien für die Herstellung von VIP-Bauelementen eingesetzt. Eine schematische Darstellung der Schichtfolgen zeigt Bild B.4.

Durch den Forschungsverbund der Fraunhofer Institute für Polymerenchemie werden zurzeit in Deutschland Forschungsarbeiten zur Entwicklung von Ultrabarrierrefolien durchgeführt. Bei Ultrabarrierrefolien werden gaspermeable Mikrodefekte (engl. „pin holes“) in den anorganischen Barrierschichten aus Aluminium- und/oder Siliziumoxid-Spezies durch zunächst flüssige silizium-organische Hybridpolymere abgedichtet.

Stützkernkieselsäure

Die Entstehung der pyrogenen Kieselsäure im Prozess der thermischen Hydrolyse aus Tetrachlorsilan in einer Knallgasflamme sowie die resultierende Struktur einer pyrogenen hydrophilen Kieselsäure mit großen Porenvolumen sind schematisch in den Bildern B.5 und B.6 dargestellt.

Abbildung 3: Gegenüberstellung der Wärmeleitzahlen λ von konventionellen und von evakuierten Wärmedämmstoffen [B.3].

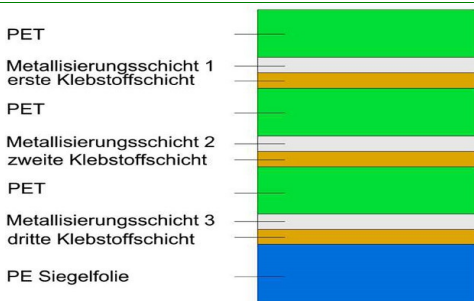


Abbildung 4: Schematische Darstellung des Schichtaufbaus einer dreifach metallisierten Verbundfolie als VIP-Hochbarrierrefolie mit ca. 100 μm Dicke [B.4].

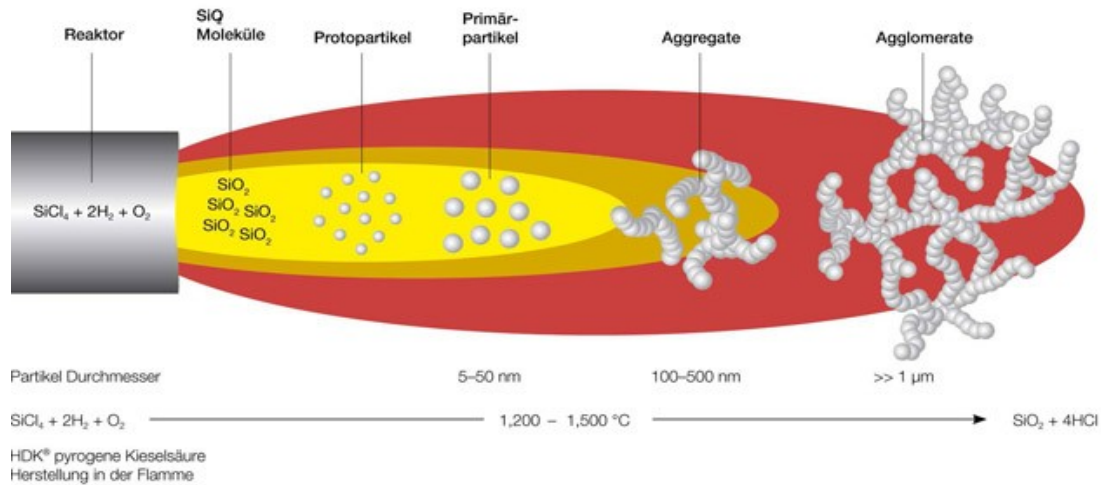
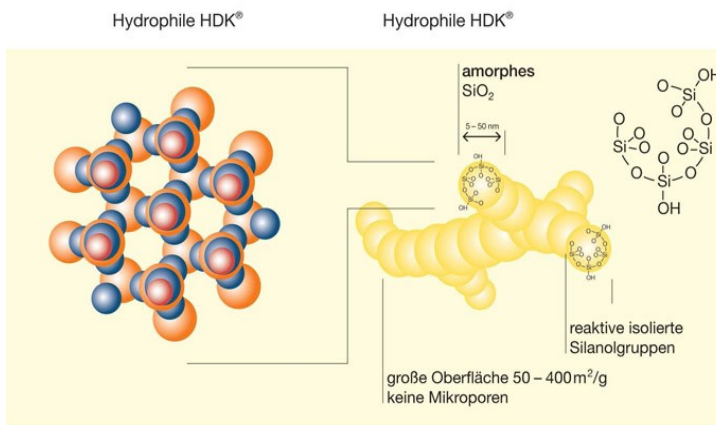


Abbildung 5: Schematische Darstellung der Entstehung pyrogenen Kieselsäure in einer Knallgasflamme [B.5].



Nach dem gegenwärtigen Erkenntnisstand trägt das Wasserdampfabsorptionsvermögen der Silanol- (SiOH)- Gruppen der oberflächenreichen hydrophilen Kieselsäure in einem VIP-Stützkern dazu bei, den Innendruckanstieg, der durch eindiffundierten Wasserdampf (Wasserdampfpartialdruck) verursacht wird, im VIP auf einem niedrigen Niveau zu halten.

VIP-Anwendung bei der thermischen Sanierung von Bauwerken

Bei der thermischen Sanierung werden heute Vakuumdämmelemente vorzugsweise eingesetzt für Gebäudeteile wie Kellerdecken (Bild B.7), Terrassen, Loggien, Dachgauben, Fensterlaibungen, Rollladenkästen, Kühlräume etc., d.h. für Sanierungsaufgaben mit geringem Platzangebot und ungenügender Eignung für dicke konventionelle Dämmschichten aus künstlichen Mineralfasern oder expandiertem Polystyrol. Für die Niedrigenergiebauweise setzt sich in zunehmendem Maße auch die VIP-Fassadendämmung durch (Bild B.8).

Fazit

Die VIP-Wärmedämmtechnologie ist keine einfache Ablösung konventioneller Dämmtechniken durch einen neuen Dämmstoff, sondern eine innovative Bauweise, die nach einem neuen Gesamtkonzept geplant und ausgeführt

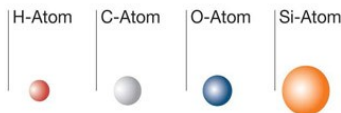


Abbildung 6: Struktur der pyrogenen hydrophilen Kieselsäure des Typs HDK® [B.6].



Abbildungen 7 und 8:

links: VIP-Dämmung einer Kellerdecke in einem historischen Gebäude [B.7].

rechts: Funktionskontrolle der VIP-Dämmung der Fassade eines Gebäudes in Ultra-Niedrig-Energiebauweise in München [B.8].

werden muss. Detaillierte Informationen für Bauherren, Planer und Bauausführende enthält das neue VIP-Kompodium des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung [A.1].

Kontakt:



Dr.-Ing. Roland Herr
Dr.-Ing. Tanja Brockmann
Dipl. Ing. (FH) Stephan Rössig
Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und
Raumforschung (BBSR)
Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung
(BBR), Dienstsitz Berlin
Referat II 6, Bauingenieurwesen – Baustoffe
und Baukonstruktion
Fasanenstr. 87
10623 Berlin
Tel.: +49 (0)30 18 401-3414
Fax: +49 (0)30 18 401-3419
E-Mail: Roland.Herr@bbr.bund.de



<http://www.bbsr.bund.de/>

Schlauer Fuchs

Unsere Schlaue-Fuchs-Frage zu diesem Beitrag lautete:

Wie unterscheiden sich
Ultrabarrierefolien von
Hochbarrierefolien?

Literatur:

[A.1] T. Brockmann, R. Herr und St. Rössig:
„Vakuumisulationspaneele (VIP) in der
Baupraxis“ in: Analysen Bau. Stadt. Raum,
Band 3, Bundesinstitut für Bau-, Stadt-
und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt
für Bauwesen und Raumordnung,
Berlin/Bonn, Verlag, Februar 2011.

Bildquellen:

[B.1] Bilddarstellung BBSR Berlin, Referat II 6.
[B.2] U. Heinemann, ZAE Bayern, Würzburg.
[B.3] H.-F. Eberhardt: Porextherm Dämmstoffe
GmbH, Kempten und T. Brockmann;
BBSR Berlin, Referat II 6.

[B.4] S. Jakobsen: 1. Fachtagung VIP-Bau, Rostock,
2003, Tagungsbericht D1-D7.

[B.5] Bildübermittlung und Genehmigung durch die
WACKER Chemie AG, München.

[B.6] Bildübermittlung und Genehmigung durch die
WACKER Chemie AG, München.

[B.7] R. Lüscher, (Architekturbüro Lüscher, Schaffhausen,
Schweiz), G. Erbenich (Porextherm Dämmstoffe
GmbH Kempten, Deutschland und Fa. ZZ Wancor,
Schweiz): VIP-Dämmung einer Kellerdecke in einem
historischen Gebäude.

[B.8] D. Bindel et al.: (Energie-tib GmbH, Korb) und R.
Caps (va-Q-tec AG, Würzburg), VIP-Dämmung der
Fassade eines Gebäudes in Ultra-Niedrig-
Energiebauweise in München.