

AEROGEL ALS WÄRMEDÄMMUNG

# INHALTSVERZEICHNIS

1. Grundlegende Informationen
  - 1.1 Begriffsdefinition
  - 1.2 Allgemeine Materialeigenschaften
  - 1.3 Herstellung
2. Produktformate
  - 2.1 Erscheinungsvarianten
  - 2.2 Bauphysikalische/Technische Details
3. Anwendungen
  - 3.1 Einbauexempel
  - 3.2 Einbaudetails
  - 3.3 Hinweise
4. Quellenverzeichnis
  - 4.1 Bild-, Tabellennachweis
  - 4.2 Bibliographie

# 1. GRUNDLEGENDE INFORMATIONEN

## 1.1 Begriffsdefinition

Ein Aerogel ist ein offenzelliger, mesoporöser, solider Schaum, der aus einem Netzwerk von miteinander verbundenen Nanostrukturen besteht.

Die Bezeichnung Aerogel bezieht sich nicht auf eine bestimmte stoffliche Zusammensetzung sondern auf eine geometrische Anordnung in welcher eine Substanz vorliegen kann.

Aerogel aus amorpher Kieselsäure (Silica) findet u.a. in Dämmstoffprodukten Verwendung.

Darunter auch in folgenden Produkttypen:

- Doppelschalige Verbundelemente aus glasfaserverstärkten Polyesterharzen gefüllt mit Aerogel
- Dämm-Matten mit Aerogel auf Polyester-Glasfaser als Trägermaterial
- Granulat als Einblasdämmstoff (1)



Abb. 1: Aerogelwürfel in Reinform

## 1.2 Allgemeine Materialeigenschaften

Der Aerogel besteht aus transluzenten Partikeln und kann deshalb in lichtdurchlässigen Verbundelementen eingesetzt werden. Er weist eine sehr hohe Porosität von über 90% auf. Aufgrund des geringen Feststoffgehalts und der kleinen Poren besitzt Silica-Aerogel sehr gute Dämmeigenschaften. Der Porendurchmesser liegt im Nanometer-Bereich und ist geringer als die mittlere freie Wellenlänge von Luft wodurch die Wärmeleitung in der Gasphase verhindert wird. Die Wärmeleitfähigkeit von Silica-Aerogel als Schüttung liegt mit  $0,018 \text{ W/m.K}$  deutlich tiefer als jene von herkömmlichen Mineralwolledämmstoffen ( $0,032 - 0,034 \text{ W/m.K}$ ) oder Polystyrol ( $0,029 - 0,036 \text{ W/m.K}$ ). Eine gegebene Dämmleistung kann deshalb mit geringeren Dämmstärken realisiert werden. Die poröse, nanoskalierte Struktur verringert zudem die Geschwindigkeit des Schalls und verleiht dem Aerogel schalldämmende Eigenschaften. Die Oberfläche der Aerogelpartikel ist hydrophob und macht den Dämmstoff beständig gegen Feuchte und Schimmelbildung. (1)



Abb. 2: Bunsenbrennerflamme, ca.  $1200^\circ \text{ Celsius}$ , Aerogelplatte mit Blume, Brenndauer 10 Minuten

## Materialeigenschaften von Aerogel:

- bestehen zu 95% aus Luft
- unbrennbar
- ausbleibende Verfärbung bei UV-Strahlung
- hohe Schallabsorption
- hydrophob
- Aerogele sind extrem leicht (Porenvolumen bis zu 99%)
- Die Poren liegen in der Größenordnung von 3 nm bis 30 nm
- Nur 3-Mal schwerer als Luft
- Aerogele sind hervorragende Wärmeisolatoren
- Ihre Wärmeleitfähigkeit ist extrem gering.
- Die Oberfläche von 1 cm<sup>3</sup> Aerogel ist bis zu 2000m<sup>2</sup> groß.

Dies entspricht etwa einem Drittel der Größe eines Fußballfeldes (2)

<b>Partikelgrößenbereich</b>	0,5 bis 4 mm
<b>Porendurchmesser</b>	20 nm
<b>Porosität</b>	>90 %
<b>Schüttdichte</b>	85 – 95 kg/m <sup>3</sup>
<b>Oberflächenchemie</b>	Hydrophob
<b>Wärmeleitfähigkeit</b>	0,018 W/m.K (bei 25°C) loses Aerogel
<b>Schallgeschwindigkeit</b>	100 m/sec (Luft: 340 m/sec)
<b>Lichttransmission</b>	80% pro cm Aerogel

Abb. 3: charakteristische Merkmale von Silica-Aerogelen

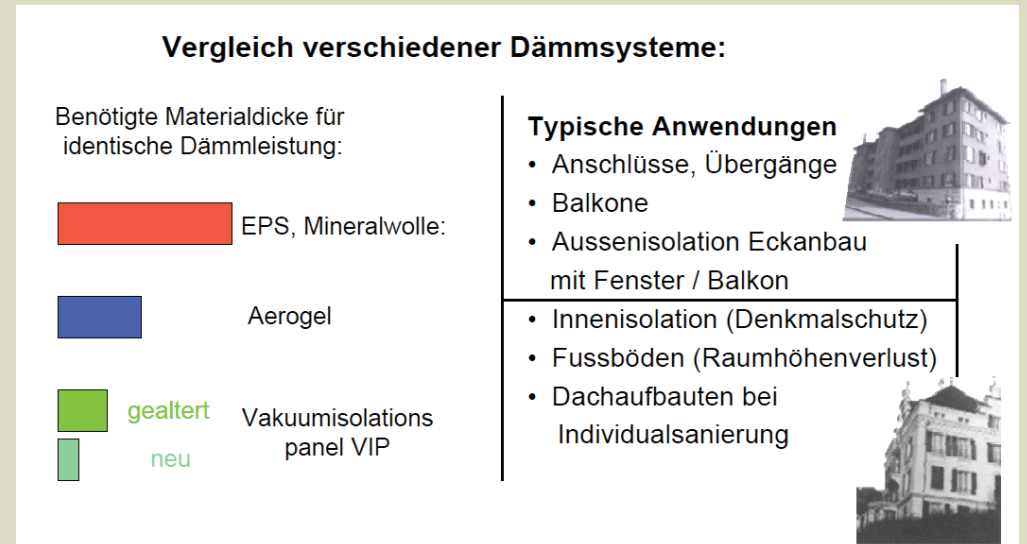


Abb. 4: Folie, Vergleich unterschiedlicher Dämmsysteme, sowie ihren gängigen Anwendungen

### 1.3 Herstellung

Die Herstellung des Aerogels erfolgt in speziellen Anlagen der chemischen Industrie. Dabei wird in einem ersten Schritt ein Gel aus Kieselsäure hergestellt. Das Gel wird dann in einem speziellen Verfahren so getrocknet, dass sich das im Gel vorhandene Porenvolumen beim Austrocknen nicht verkleinert. Die Trocknung geschieht entweder unter hohen Drücken und Temperaturen (überkritische Trocknung) oder die Oberfläche des Gels wird durch chemische Verfahren so verändert, dass eine Trocknung bei atmosphärischem Druck möglich ist. Außer Tetramethylorthosilicat, welches teilweise bei der Produktion von Aerogel verwendet wird und als sehr giftig eingestuft ist, kommen in der Herstellung von Aerogel wenige Gefahrstoffe zum Einsatz. Jedoch sind aufgrund der hohen Temperaturen und Drücken, die bei der überkritischen Trocknung benötigt werden, für die Produktionsanlagen hohe Sicherheitsanforderungen notwendig.

Die Weiterverarbeitung des Aerogels in Dämmstoffprodukten wie Vliese oder Verbundelemente geschieht meist in anderen Betrieben. (1)

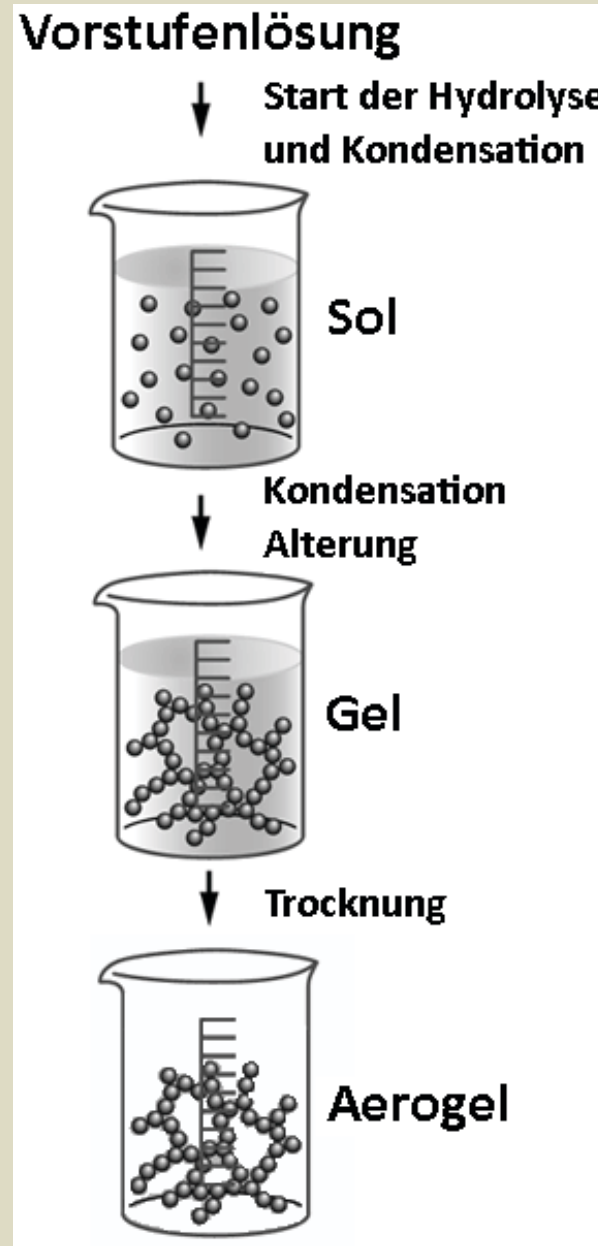
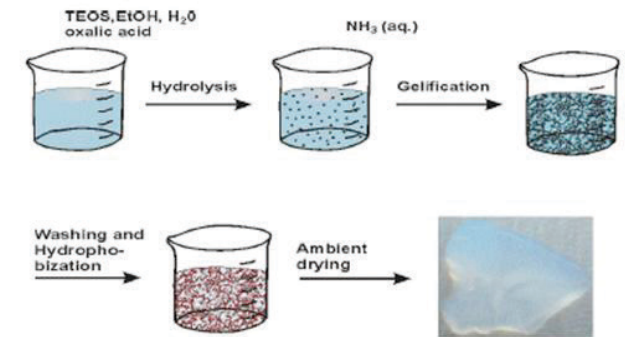


Abb. 5: Grundlegende Schritte, Aerogelsynthese

**Aerogele sind hochporöse Materialien, die aus Sol-Gel-Prozessen mit anschließender Trocknung gewonnen werden. Das Ergebnis ist ein nanoporöses, monolithisches Material mit hervorragenden thermischen Eigenschaften**



aus Matthias Koebel; Neue Wärmedämmsysteme im Altbau, 2. Dezember 2008, EMPA Building Technologies Zürich

Abb. 6: Synthesevorgänge, Aerogelherstellung

## 2. PRODUKTFORMATE

### 2.1 Erscheinungsformate/-produkte

Aerogel Dämmstoff Lieferformate:

- Verbundelemente unterschiedlicher Dimensionen (bis zu 8 m x 2,4 m)
- Vliese in Rollen von ca. 1,4 – 1,5 m Breite
- Granulat in Big Bags zu 120 kg (1)

#### Dämmgranulat

Allgemeine Produkteigenschaften:

- es sind nur kleine Einblasöffnungen mit minimalem (25 mm) Querschnitt erforderlich
- wirkt schallisolierend und winddichtend
- ist setzungssicher und fugenlos verarbeitbar
- füllt unförmige Hohlräume lückenlos aus
- nimmt keine Feuchtigkeit auf
- Wasserdampfdurchlässig
- nicht brennbar
- als Kerndämmstoff-Granulat für den Einsatz in Hochhäusern geeignet
- schützt vor Nagern und Schädlingsbefall
- lichtdurchlässig (opak) erhältlich (15)



Abb. 7: Aerogel-Granulat P400

Besonderheiten:

- zur Zeit wirksamster Einblas-Dämmstoff
- hoher Wärmeschutz auch bei kleinen Schichtdicken
- es sind nur kleine Einblasöffnungen mit minimalem Querschnitt erforderlich (das Einblasen durch Klinker-Fugen ist möglich)
- füllt unförmige und schmale Hohlräume auf Grund der extrem feinen Körnung lückenlos aus
- im Gegensatz zu anderen Einblas-Systemen sind auch schmale Hohlschichten ab 1,5 cm verfüllbar
- schützt vor Nagern und Schädlingsbefall
- ist nicht brennbar
- ist hoch atmungsaktiv (Wasserdampfdurchlässig)
- keine Feuchtigkeitsaufnahme durch wasserabweisende Eigenschaft
- ist setzungssicher und fugenlos verarbeitbar
- ist auch lichtdurchlässig (opak) erhältlich (16)

## Dämmverglasung

Bei OKAGEL handelt es sich um ein neuartiges Isolierglassystem dessen Scheibenzwischenraum mit transluzentem Nanogel® gefüllt ist. Dank seiner außerordentlichen physikalischen Eigenschaften eignet sich OKAGEL für zahlreiche innovative Anwendungen, wo immer Lichtstreuung bei gleichzeitiger hervorragender Wärme- und Schalldämmung gefragt ist.

Das als Füllmaterial verwendete Nanogel® der Firma Cabot Corporation gehört zu den so genannten Aerogelen, einer einzigartigen Form hochporöser Feststoffe mit besonderen physikalischen Eigenschaften. Silica-Aerogele zeichnen sich dadurch aus, dass sie mehr als 95% Luft enthalten und daher einen sehr geringen Feststoffanteil aufweisen. Die transluzenten Aerogel-Partikel bieten daher Lichtdurchlässigkeit und dienen gleichzeitig als äußerst wirkungsvolle Wärmedämmung. Je nach Scheibenaufbau lassen sich Ug-Werte von  $U_g = 0,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  und noch besser erzielen. Zudem besitzen OKAGEL-Gläser hervorragende schalldämmende Eigenschaften.

(17)

Die Anforderungen an moderne Gebäudehüllen werden immer komplexer. Manche Verglasungen bringen in einzelnen Bereichen vergleichbare Leistungen, doch OKAGEL verfügt über alle der folgenden Eigenschaften:

- Hervorragende Wärmedämmung
- Diffuse Lichtdurchlässigkeit
- Sehr gute Schalldämmung
- Uneingeschränkte Feuchtigkeitsbeständigkeit
- Kein Schimmel-, Mehltau- oder Pilzbefall
- UV-Stabilität
- Umweltfreundlichkeit
- Schwer entflammbar, keine Rauchbildung
- Kein Leistungsabfall im Lauf der Zeit (17)

Nachteile:

- negative Umwelteigenschaften sind noch nicht bekannt; die Körnung ist extrem fein.
- kann in den Wohnraum eindringen
- sehr teuer
- Kosten EUR/ m<sup>2</sup>: 1500 Euro pro Kubikmeter (21)

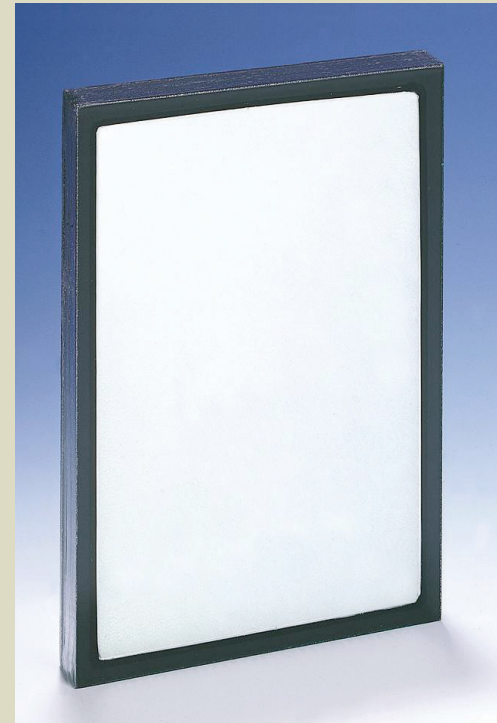


Abb. 8: transluzentes Fassadenelement OKAGEL von OKALUX

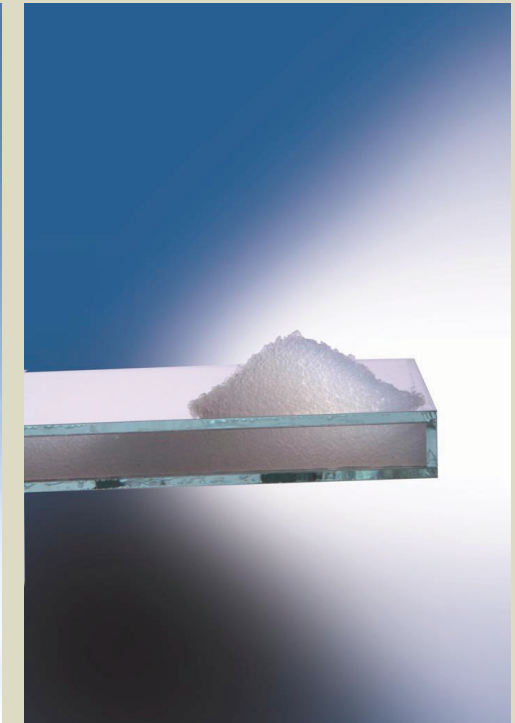


Abb. 9: Fassadenelement OKAGEL, Schnitt, Granulat sichtbar

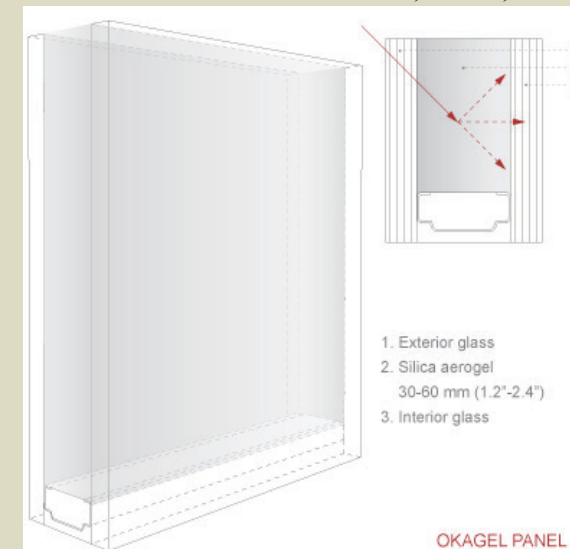


Abb. 10: Fassadenelement OKAGEL, planzeicherische Darstellung, Axonometrie, Schnitt



## Doppelstegplatte - befüllt

Beschreibung eines Musterproduktes.

Makrolon® Ambient ist eine 16 mm dicke 2fach-Stegplatte aus Polycarbonat, die mit Aerogel gefüllt ist. In ihr sind erstklassige Wärmedämmung, gute Tragfähigkeit, hohe Lichtdurchlässigkeit und ausgezeichnete Witterungsbeständigkeit vereint. Die Platte ist leicht, schlagfest und einfach zu installieren. Sie wurde speziell für Dachverglasungen entwickelt.

Die Platten werden mit einer koextrudierten UV-Schutzschicht hergestellt, die eine Einheit mit dem Plattenmaterial bildet. Die Platten müssen mit der UV-geschützten Seite nach oben/außen montiert werden. Dank dieser Schicht verfügt Makrolon® Ambient über einen äußerst wirksamen Schutz gegen Witterungseinflüsse, der für eine Dauer von 10 Jahren garantiert wird. (5)

Vorteile:

- Erstklassige Wärmedämmung für Dachverglasung,  $U_g \leq 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ : spart Heizkosten und verbessert den Komfort
- Extreme Lichtstreuung: dank angenehmer Atmosphäre entsteht ein Gefühl äußersten Wohlbefindens
- Hohe solare Gewinne im Passivbau, Gesamtdurchlassgrad  $g > 60\%$
- Kein Blenden durch Sonnenlicht: Rollläden oder Lamellenrollos überflüssig
- Drei- bis viermal leichter als Glas: einfacher zu installieren, eine leichtere Stützkonstruktion reicht aus, was Baukosten verringert
- Auch erhältlich als IQ-Relax-Version zur Minimierung der Wärmeentwicklung im Sommer (19)

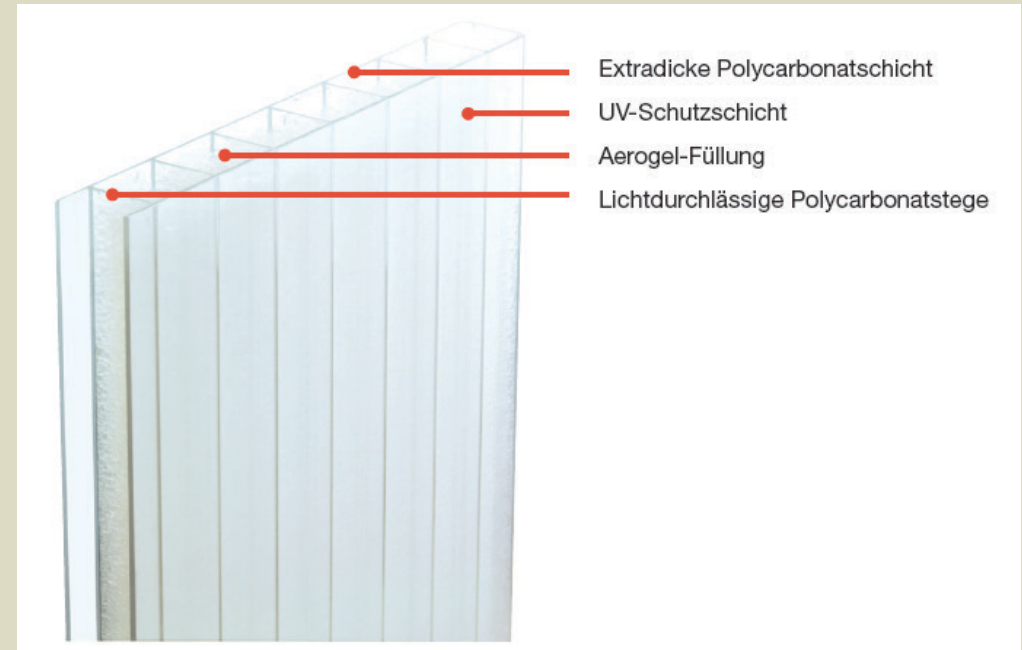


Abb. 11: beschriftete Doppelstegplatte mit Aerogelfüllung

Anwendungsbereiche:

- Industrieverglasungen
- Wohn- und Öffentlichebauten
- Dach und Fassaden
- kurz überall wo Tageslicht genutzt werden soll und eine exzellente Isolierung benötigt wird (4)
- Wintergärten
- Sporthallen
- Verkleidung
- Trennwände (5)

## Dämmputz

### Hochleistungsdämmputz auf Aerogelbasis:

Die winzigen Luftporen verhelfen Aerogel zu den herausragenden Eigenschaften. Die Wärmeleitfähigkeit des neuen Dämmputzes ist mit weniger als  $0,03 \text{ W}/(\text{m K})$  zwei- bis dreimal niedriger als die üblicher Verputze. Ein weiterer Vorteil besteht in der Fähigkeit, gleichzeitig wasserdampfdurchlässig und wasserabweisend zu wirken. Der neue Dämmputz lässt deutlich mehr Wasserdampf durch als herkömmlicher Putz, ohne dabei selbst nass zu werden. Mit-Entwickler Thomas Stahl: „Durch die poröse Struktur des Aerogels ist der Verputz zwar für Wassermoleküle durchlässig – für makroskopische Wassertropfen sind die Nano-Poren jedoch viel zu fein.“ Die Mehrkosten gegenüber herkömmlichen Dämmputzen dürften sich je nach Dicke auf etwa 50 bis 100 EUR/m<sup>2</sup> belaufen. (6)

### Vorteile

- fugenlose Dämmschicht, in der Dicke variabel
- gleicht Unebenheiten des Untergrundes aus (keine Hohlraumbildung)
- rationelle Verarbeitung mit der Putzmaschine, sowohl innen wie aussen
- lässt sich problemlos an alle geometrischen Formen anpassen
- einfachere Gewährleistung der Luftdichtigkeit an Decken- u. Wandanschlüssen
- geringer Diffusionswiderstand
- beständig gegen Verrottung und Ungeziefer
- wirkt rissüberbrückend wegen des geringen Elastizitätsmoduls
- oftmals grössere Akzeptanz in der Denkmalpflege (7)



Abb. 12: Aerogel Dämmputzprobe

### Materialeigenschaften:

- Wärmeleitfähigkeit  $< 30 \text{ mW} / (\text{m} \cdot \text{K})$  an entnommenen Wandproben unter realen Herstellungsbedingungen
- 60 – 80 mm Auftragsdicke in einem Arbeitsgang
- Verarbeitung mit handelsüblichen Putzmaschinen
- Dampfdiffusionswiderstandszahl  $\mu < 5$
- rein mineralisch / zementfrei
- geringes Schwindverhalten
- im Innen- und Aussenbereich anwendbar (25)

## Dämmvlies/-matten

Spaceloft® ist eine flexible, nanoporöse Aerogel-Isolationsmatte die bei geringem Platzbedarf Energieverluste stark verringert und dabei gleichzeitig den Innenraum in Wohn- und Bürogebäuden nur geringfügig schmälert. Dank einmaliger Eigenschaften wie extrem geringer Wärmeleitfähigkeit, hoher Flexibilität, erhöhter Druckfestigkeit und hydrophober Ausrüstung, ist Spaceloft das ideale Produkt für all jene die auf der Suche nach einer Spitzen-Wärmedämmung sind. Unter Einsatz patentierter Nanotechnik verbindet die Spaceloft®-Dämmung Silica-Aerogel mit festigenden Fasern für eine branchenführende Wärmedämmleistung in einem einfach zu verarbeitenden und umweltsicheren Produkt. Spaceloft® ist eine bewährte und effiziente Dämmung für unterschiedliche Gebäudeanwendungen. Es bietet den niedrigsten  $\lambda$ -Wert aller unbearbeiteten Dämmmaterialien und ermöglicht somit maximale Energieeffizienz in Boden, Wand und Dach. (10)

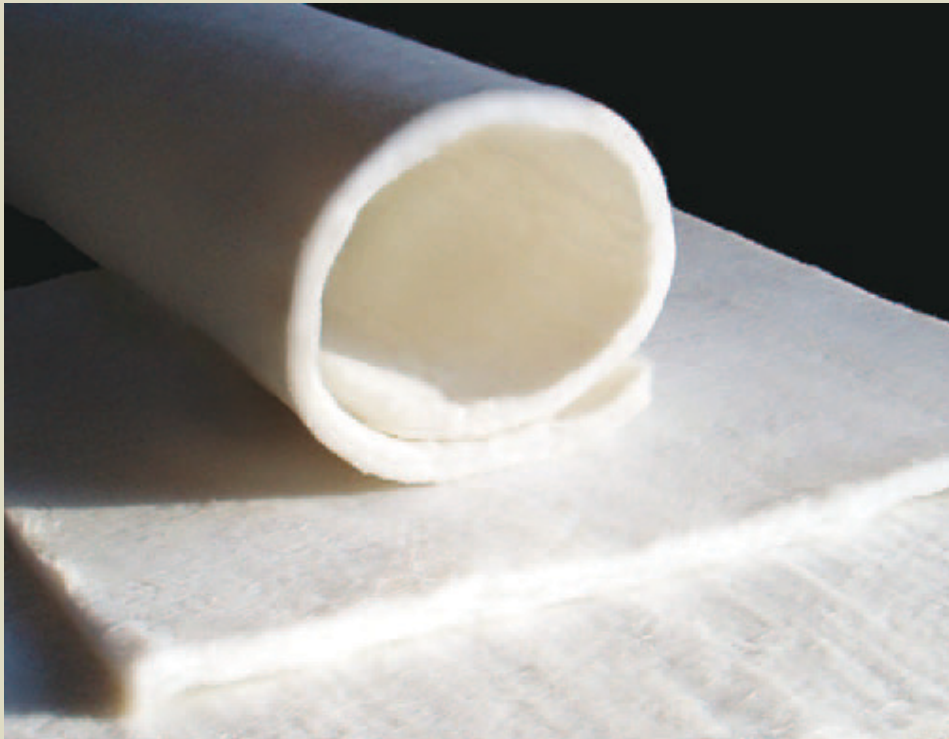


Abb. 13: Dämmvliesprobe, Spaceloft

### Vorteile

- Überlegene Dämmungsleistung: Bis zu fünf Mal besser thermische performance als Konkurrenzprodukte.
- Dicke und Profil verringert: Gleiche Wärmedämmung bei einem Bruchteil der Dicke
- Geringerer Zeit- und Arbeitsaufwand beim Einbau: Einfacher Zuschnitt und Gestaltung komplexer Formen, eng anliegend auch in Räumen mit beschränktem Zugriff.
- Robuste physikalische Eigenschaften: Weich und flexible, jedoch mit ausgezeichneter Federung, Spaceloft® erreicht wieder seine Wärmedämmleistung selbst nach einem Kompressionsdruck von bis zu 50 psi.
- Einsparungen bei Versand und Lagerung: Verringertes Materialvolumen, hohe Packungsdichte und geringe Verlustraten können die Logistikkosten gegenüber festen, vorgeformten Isolationen um den Faktor 5 oder mehr verringern.
- Vereinfachtes Inventar: Im Gegensatz zu festen, vorgeformten Isolationen, wie Rohrmanschetten oder Platten, können dieselben Spaceloft®-Matten fest um jede Form oder Gestalt gelegt werden.
- Hydrophob und doch atmungsaktiv: Spaceloft® stößt Wasser ab, lässt je doch Dampf hindurch.
- Umweltsicher: Auf Müllhalden entsorgbar, ohne Zusätze oder atmungsschädlichen Fasergehalt. (3)

### Bauanwendung - (Platzmangel, therm. Schwachstellen):

- Fassade, Boden/Decke, Dach
- Wärmebrücken
- Sonderbauteile (z.B. Rollladenkasten)
- Gebäudetechnik (z.B. Leitungen, Speicher) (11)

## Dämmplatten

Sto-Aevero als Innendämmplatte ist beidseitig mit Vlies beschichtet, diffusionsoffen und hydrophob. Ihr wurde Aerogelgranulat der Firma Cabot beigemischt. Die stumpfkantigen Platten sollen im Format 58 x 39 cm und den Plattendicken 10, 15, 20, 30 und 40 mm erhältlich sein. (13)

Eigenschaften:

- hoch wärmedämmend
- diffusionsoffen
- beidseitig mit Vlies beschichtet

Anwendung - Innenraum:

- Wand- und Deckendämmplatte im Innendämmsystem
- ideal für Laibungen
- Bereiche für geringe Dämmstoffdicken (Heizkörpernischen etc.) (8)

Vorteile:

- niedrige Wärmeleitfähigkeit von nur 0,016 W/(m·K)
- niedrige Wärmeleitfähigkeit von nur 0,016 W/(m·K)
- platzsparend durch extrem dünne Dämmung (ab 10 mm)
- Diffusionsoffen
- Keine Dampfsperre notwendig
- Aktive Feuchteregulierung durch kapillaraktive, hoch sorptive Klebe- und Armierungsschicht
- Optimale Plattenstärke für jeden Einsatzbereich von 10 bis 40mm Dicke
- Oft kein Versetzen von Heizkörper und Haustechnik notwendig
- Schon ab einer Dicke von 15 mm wird, je nach Wandbildner, der Mindestwärmeschutz erfüllt und ab 30 mm die EnEV (14)

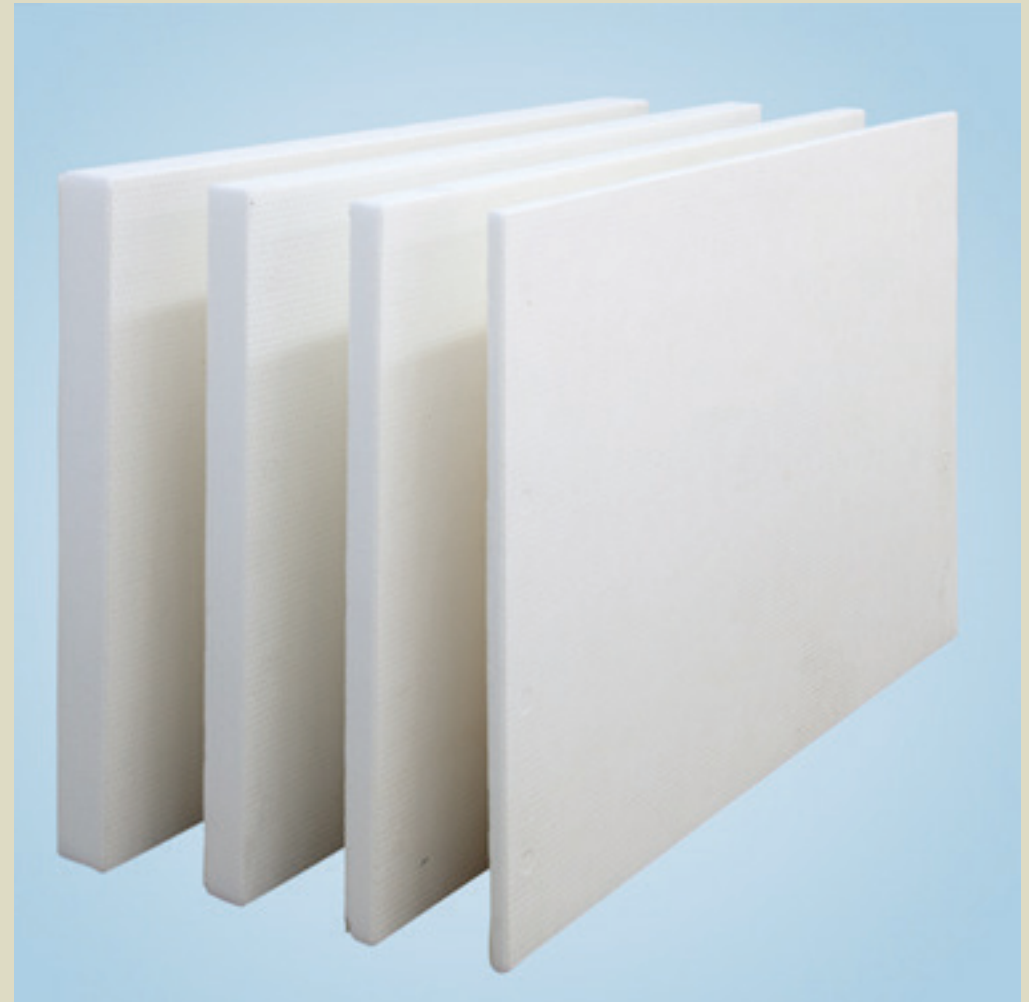


Abb. 14: unterschiedliche Stärken, Sto-Aevero - Innendämmplatten

## 2.2 Bauphysikalische/Technische Details

### Doppelstegplatten - gefüllt

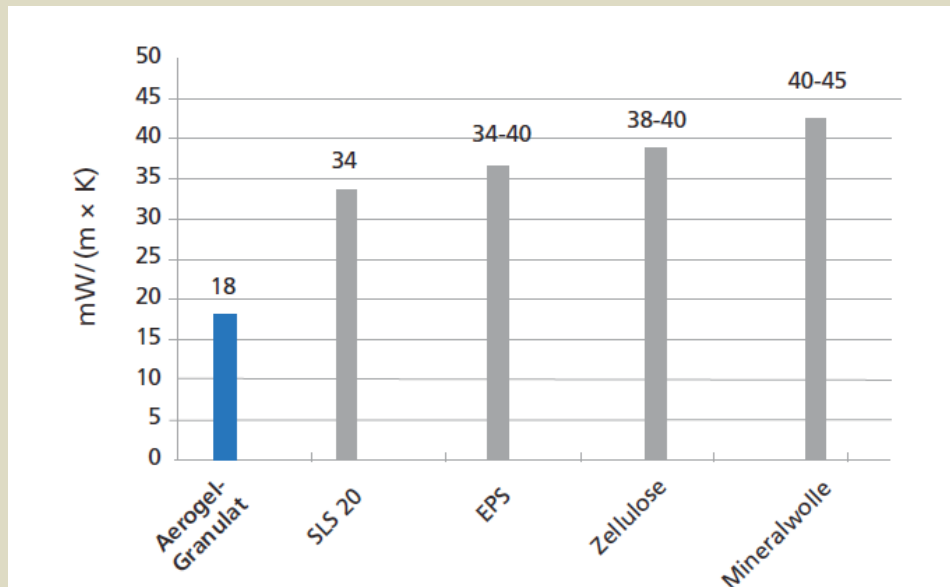


Abb. 31: Balkengraphik, Vgl. der U-Werte von gegenw. Einblasdämmstoffen

### Dämmverglasung - Okagel

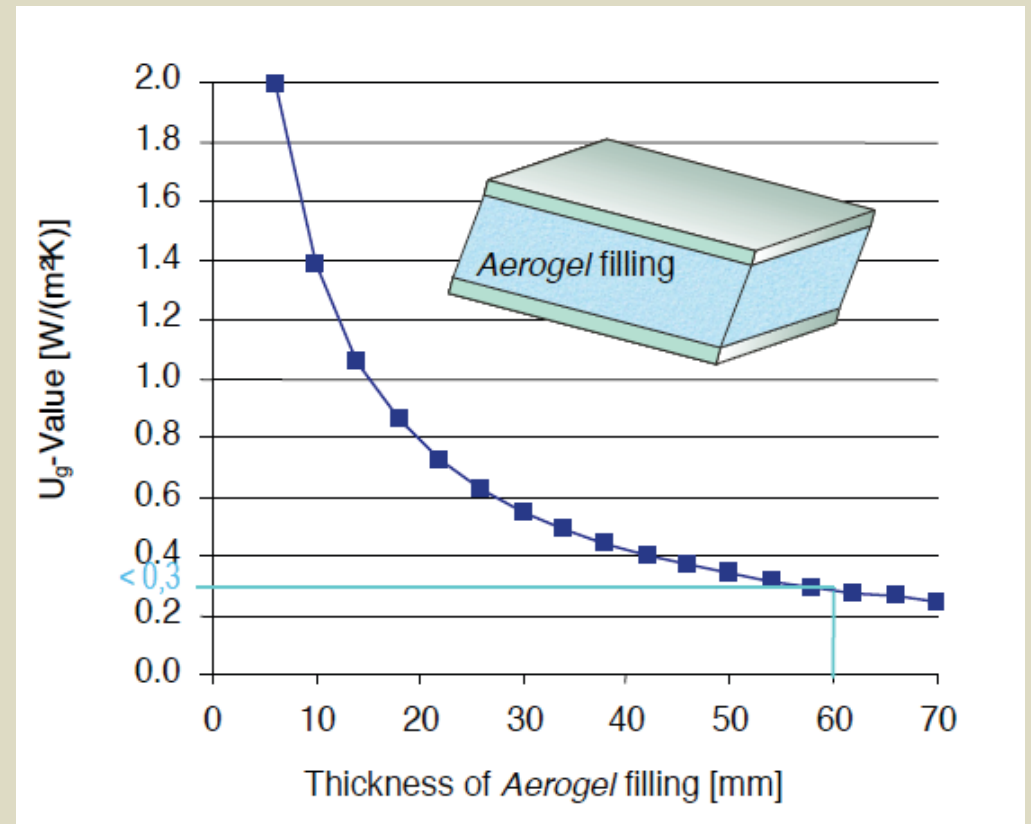


Abb. 15: Graphfunktion: Verhältnis zwischen Aerogelstärke - Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert)

## Doppelstegplatte - gefüllt

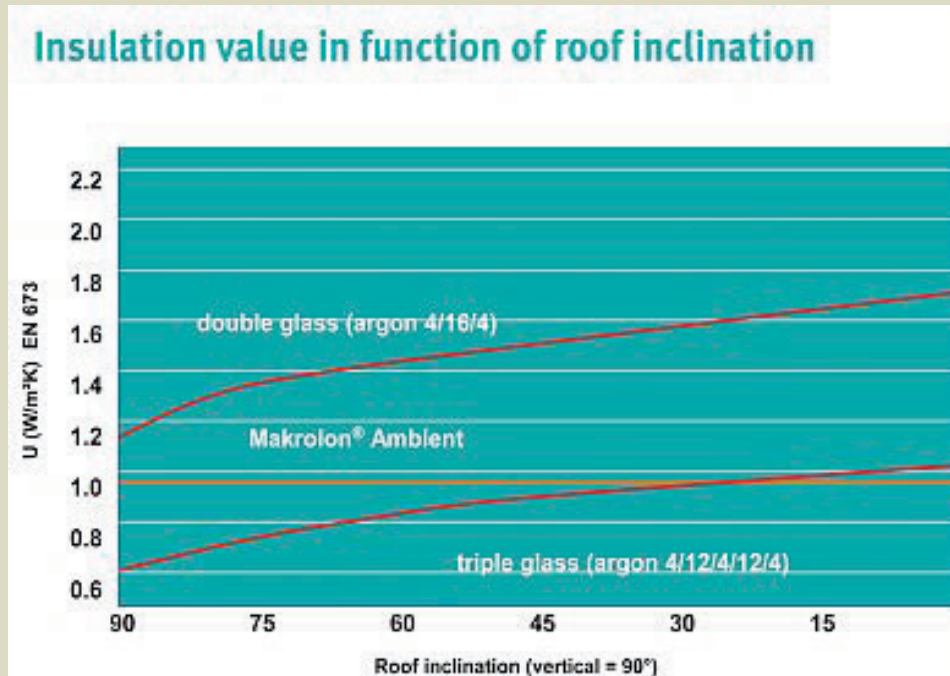


Abb. 32: Graphfunktion: Vgl. unterschiedlich Dämmverglasungen, bzg. Verhältnis zwischen U-Wert und Dachneigungswinkel

## Dämmputz

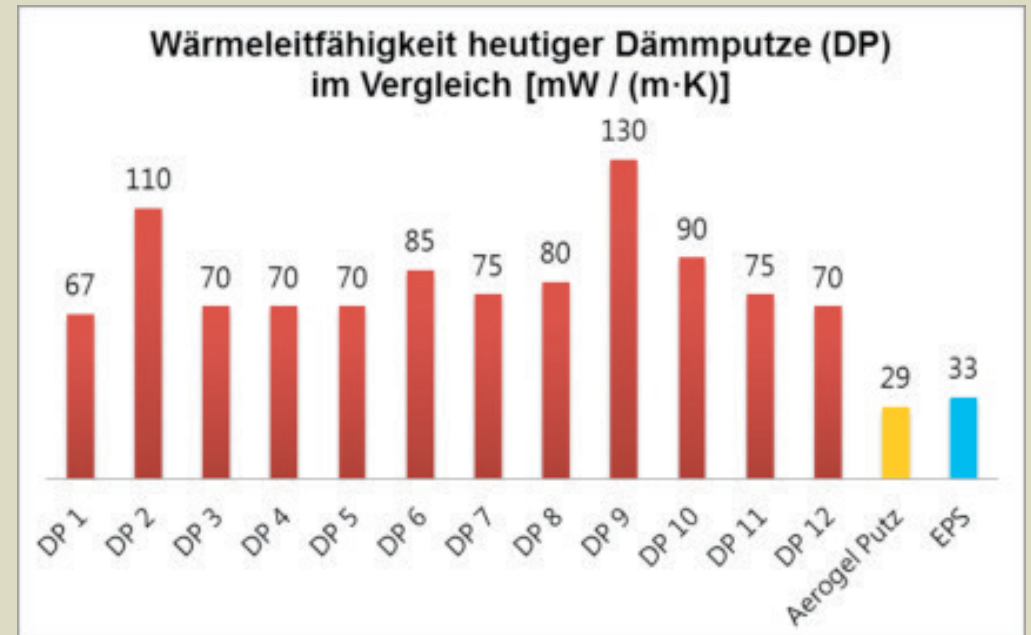


Abb. 16: Balkengraphik, Vergleich der Wärmeleitfähigkeit gegenwärtiger Dämmputze

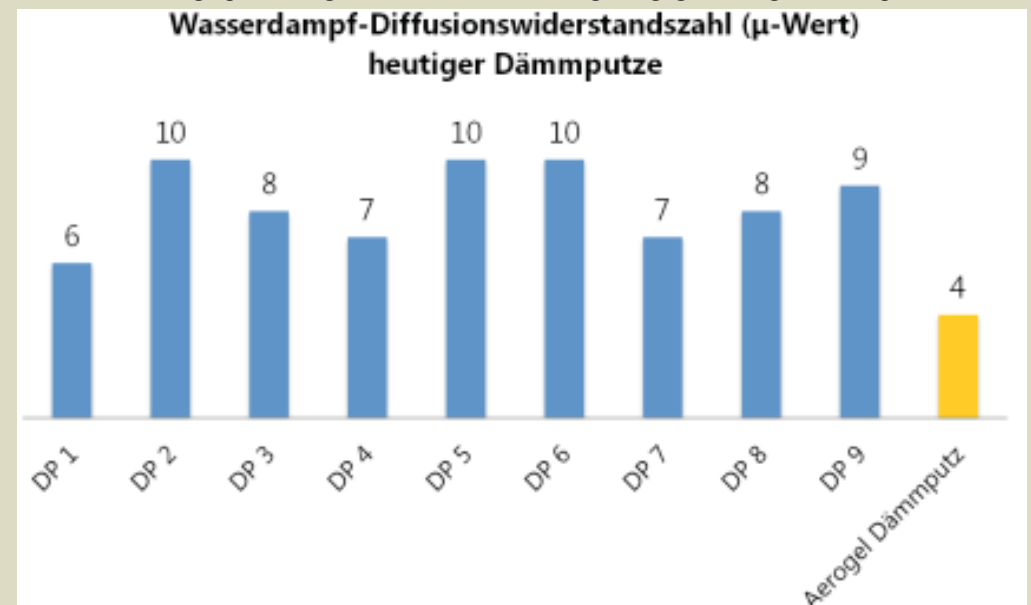


Abb. 17: Balkengraphik, Vgl. der Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl, gegenw. Dämmputze

## Dämmvlies/-matten

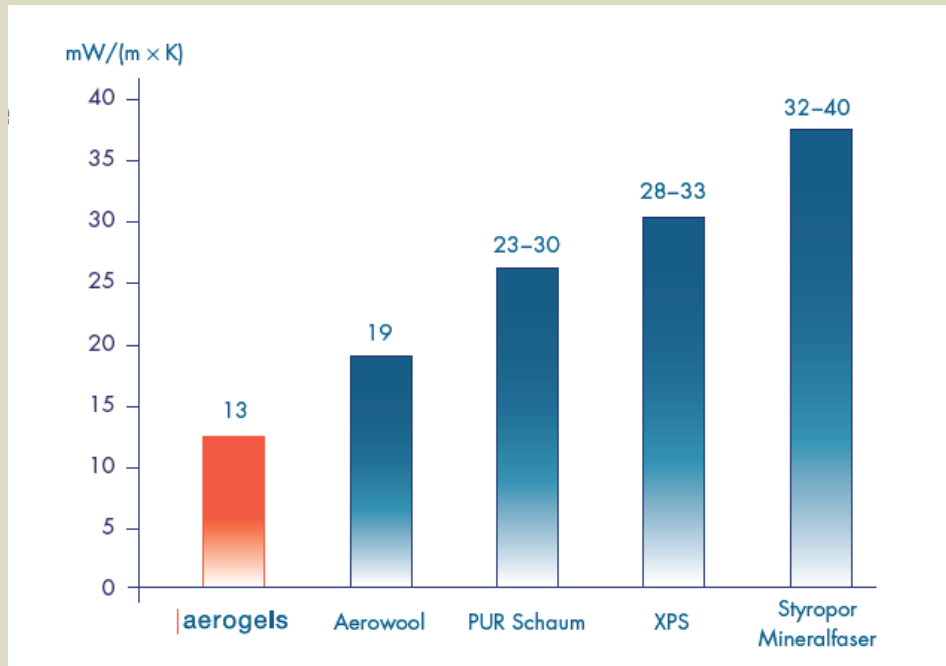
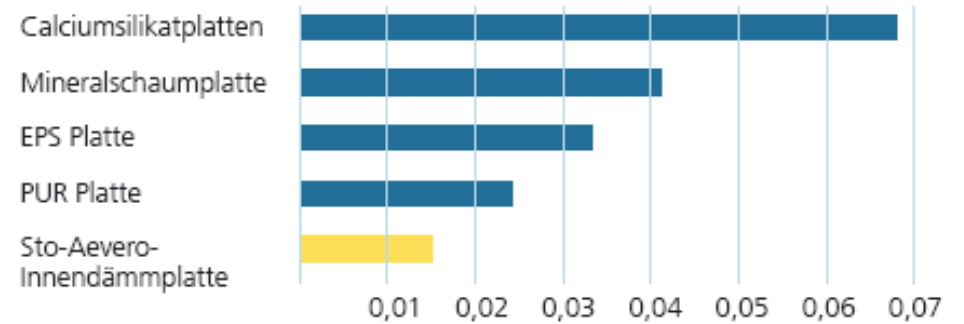


Abb. 18: Vergleich vers. Dämmvliese bzg. dem Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert)

## Dämmplatten

### Wärmeleitfähigkeiten von Dämmstoffplatten im Vergleich



Wärmeleitfähigkeit\* λ [W/(m·K)]

\* Werte sind als ca.-Werte zu verstehen und können je nach Anbieter variieren

Abb. 19: Vergleich vers. Dämmstoffplatten bzg. ihrer Wärmeleitfähigkeit

### Geringerer Raumverlust gegenüber anderen Systemen

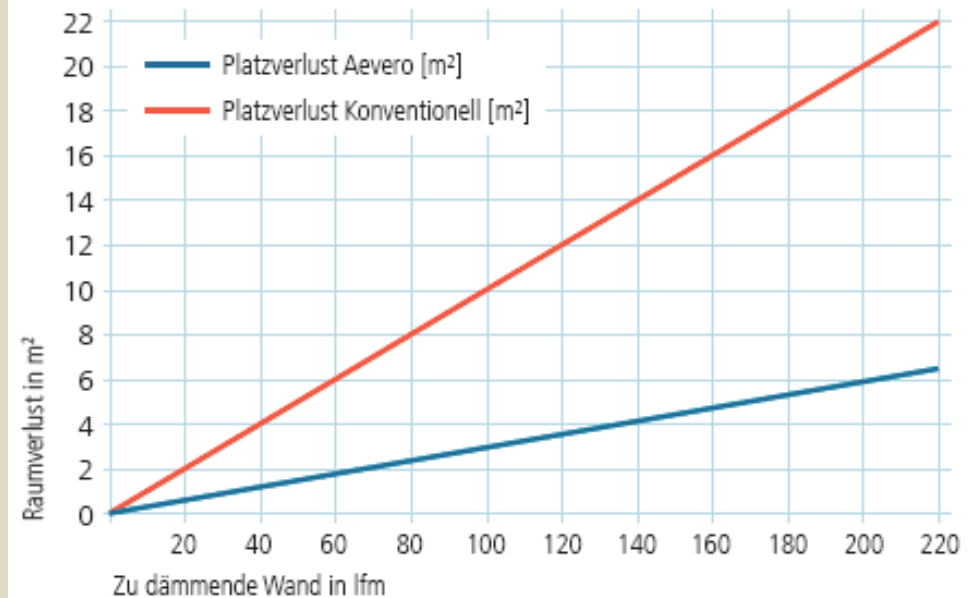


Abb. 20: Graphfunktion, Vergleich zwischen Aerogeldämmplatte - konventioneller Dämmplatte, bzg. Verhältnis zwischen zu dämmender Wand in lfm - Raumverlust in m²

### 3. ANWENDUNG

#### 3.1 Einbauexempel

Folgende Tabelle zeigt die Anwendungsbereiche der unterschiedlichen Aerogel-Dämmstoffe (Verbundelemente, Vlies, Granulat), sowie in Abhängigkeit der Anwendung, die wichtigen technischen Eigenschaften. (1)

	Verbundelemente	Vlies	Granulat
λ-Wert [W/mK]	0,0219	0,0131	0,018 - 0,021
Lieferdicken [mm]	20, 30, 50	5, 10	loses Granulat, Korngröße 0,5 - 4 mm
ρ-Dichte [kg/m <sup>3</sup> ]	-	150	85 - 95 (Schüttdichte)
g-Wert	ca. 25% je nach Elementstärke	-	-
Schalldämmung	ca. 27 - 30 dB	-	-
Temperaturbeständigkeit	-40°C bis +120°C	-200°C bis +200°C	
Wasserdampf-Diffusionswiderstand	-	11 μ	2 bis 3 μ
Baustoffklasse (EN Klasse)	C	C	B
Verarbeitung	Elemente ab Werk, zuschneiden, bohren auf der Baustelle nicht möglich	Verarbeitung wie her- kömmliche Dämm- matten	Einblasen
Anwendungsbereiche	Lichtdurchlässige Dächer und Fassaden	Innen- und Außenwände, Fensterbank, Fensterleibung, Fenstersturz, Rollladenkasten, Radiatorennische, Flachdach, Terrassen, Fußbodendämmung, Holzelementbau, Gebäudetechnik	Kerndämmung von doppelschaligem Außenmauerwerk, Dämmung hinter Klinkerfassaden

Abb. 21:

#### Dämmgranulat



Abb. 22: Installationsprozess, Einblas-, Zwischenwandraum, Steinmauerwerk



## Dämmverglasung - Okagel



Abb. 33:

## Doppelstegplatten



Abb. 23:



Abb. 34:



Abb. 24:  
35

## Dämmputz



Abb. 25: Aerogel-Hochleistungsdämmputz wird mit der Verputzmaschine aufgespritzt und nachher glatt gezogen. Der weiche Dämmputz muss in einem weiteren Arbeitsgang mit einem gewebebearmierten Einbettmörtel versehen werden. (20)

## Dämmvlies



Abb. 26: Außenwanddämmung - Holzbau, mehrlagig, Dämmvlies, Spaceloft

## Dämmplatten



Abb. 27: Sto-Aeверо-Innendämmplatten in den Fensterlaibungen.



Abb. 35: Installation, Sto-Aeверо-Innendämmplatten

## 3.2 Einbaudetails

### Vlies

#### Schwimmender Estrich auf Holzbalkendecke im Trockenbau

U-Wert Fläche  $\leq 0,26 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$

- ① Nutzschrift
- ② Trennfolie bzw. Klebschicht
- ③ Homogene Lastverteilplatte
- ④ AGITEC SPACELOFT max. 40mm
- ⑤ Holzbauplatte, Holzriemen, etc.
- ⑥ Balkenlage
- ⑦ ev. zusätzl. Schall- und Wärmedämmung
- ⑧ ev. Dampfbremse
- ⑨ Deckenbekleidung

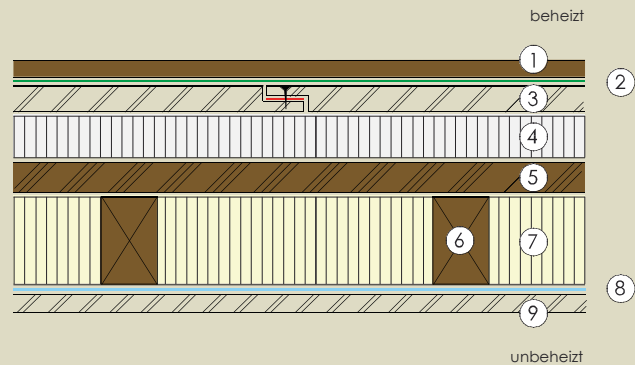


Abb. 28:

#### Rolladenkasten gedämmt mit AGITEC CRYOGEL Z roll

- ① Stahlbeton
- ② Backstein
- ③ Brüstungssturz
- ④ Fenster
- ⑤ Rolladenkasten
- ⑥ AGITEC CRYOGEL Z roll 10mm
- ⑦ Aluklebband

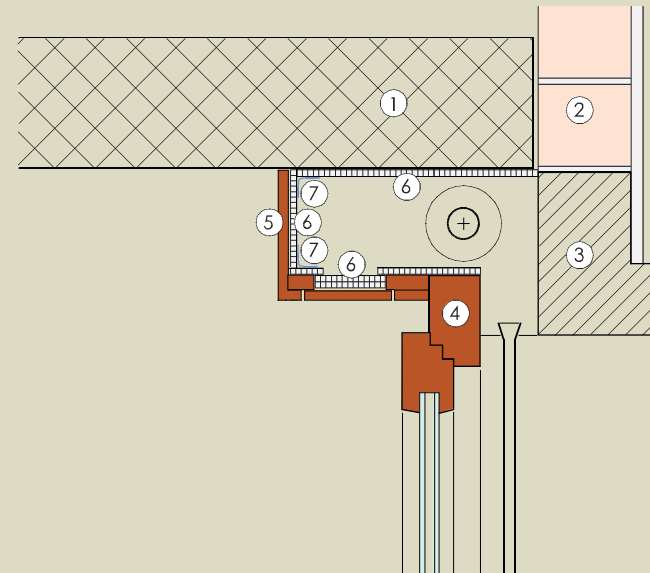


Abb. 29:

# Dämmplatte

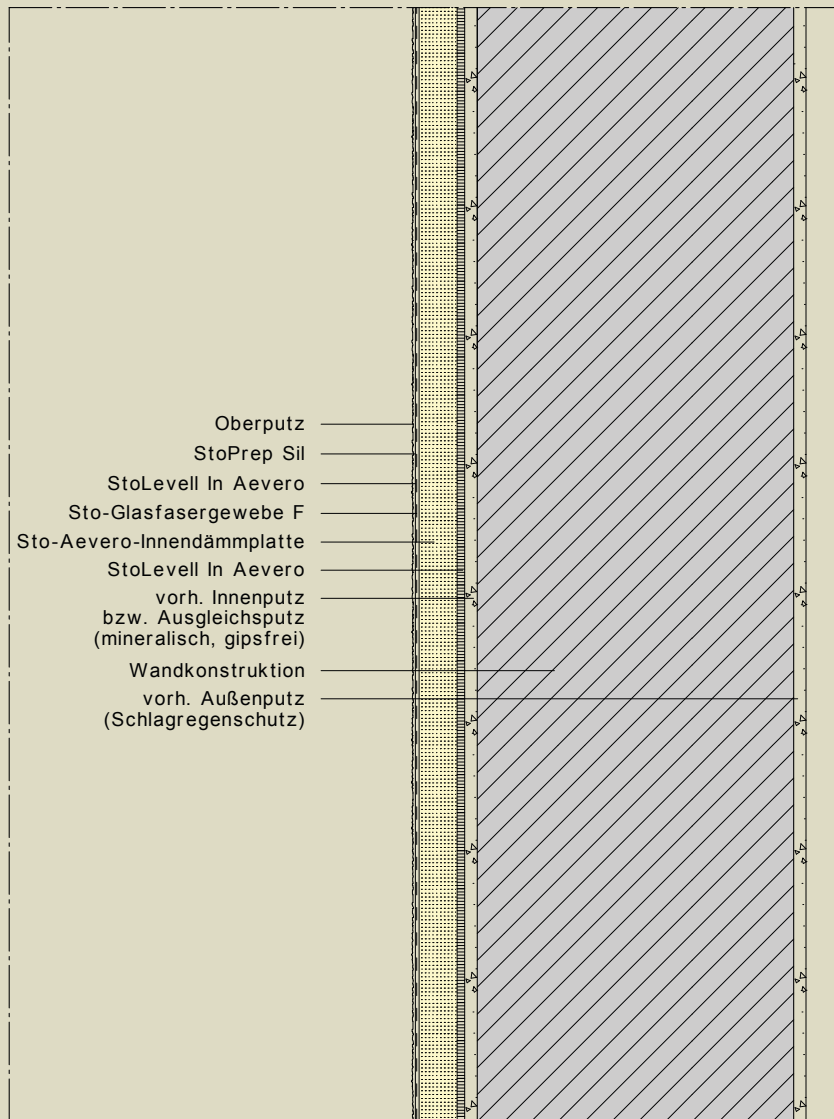


Abb. 30: Innendämmsystem - Sto Therm In Aevero - Systemaufbau (M ca. 1:5)

### 3.3 Zusammenfassung

#### Dämmstoffe und Energieeffizienz

Energieeffizienz und die energetische Sanierung von Gebäuden stehen zurzeit weltweit im Mittelpunkt der politischen Diskussion. Eine optimierte Wärmedämmung reduziert den Heizwärmebedarf und ist auf lange Sicht wirtschaftlich. Als Folge der wachsenden Energiepreise ist in den kommenden Jahren mit einem starken Anstieg des Bedarfs an Gebäudedämmstoffen zu rechnen. (26)

#### Ökobilanz

Ökobilanzen zeigen, dass beim Einsatz von (Hochleistungs-) Dämmstoffen wie Aerogel in der Gebäudehülle der Nutzen die ökologischen Belastungen klar übertrifft, auch wenn sehr gut gedämmt wird. Der Energieaufwand für die Produktion der Dämmstoffe amortisiert sich in aller Regel bereits nach wenigen Jahren. Kumulierter Primärenergieaufwand (PE) und Umweltbelastungspunkte (UBP) unterschiedlicher Dämmschichten mit vergleichbarem Dämmwert ( $U = 0.15 \text{ W/m}^2\text{K}$ ). (26)

Material	$\lambda$ (W/mK)	d (mm)	PE (MJ/m <sup>2</sup> )	UBP (UBP/m <sup>2</sup> )
Glaswolle <sup>1</sup>	0.040	260	455	21'646
EPS <sup>1</sup>	0.038	250	890	35'767
Aerogel <sup>2</sup>	0.014	90	720	–
VIP <sup>1</sup>	0.005	33	1000	43'245

<sup>1</sup> Ökobilanz eines Vakuüm-Isolations-Panels (VIP), Institut für Energie, FHBB, Muttenz/ESU-services, Uster, 2003, <sup>2</sup> Spaceloft, Aspen Aerogels, Rev 2.1, 2009.

Abb. 26:

#### Fazit

Vor allem aufgrund der im Vergleich zu konventionellen Dämmstoffen deutlich höheren Kosten bleibt der Einsatzbereich von Hochleistungswärmedämmstoffen wie Aerogel bisher meist auf Spezialanwendungen beschränkt. Insbesondere im Sanierungsbereich gibt es jedoch häufig Situationen, in denen der Platz entweder teuer oder schlichtweg nicht vorhanden ist, um eine den geltenden Dämmstandards entsprechende Wärmedämmung mit konventionellen Materialien zu erzielen. (26)

## 4. QUELLENVERZEICHNIS

### 4.1 Bildnachweis

- 1) [http://25.media.tumblr.com/tumblr\\_m42zmaAMLu1r3be2oo1\\_400.jpg](http://25.media.tumblr.com/tumblr_m42zmaAMLu1r3be2oo1_400.jpg)
- 2) <http://www.lbl.gov/publicinfo/newscenter/features/assets/img/aerogel/aerogel-flower-BIG.jpg>
- 3) <http://ww2.wecobis.de/bauproduktgruppen/daemmstoffe/aus-mineralischen-rohstoffen/daemmstoffe-mit-aerogelen.html>
- 4) [http://www.forumenergie.ch/pub/events/docs/Referat\\_Koebel\\_000.pdf](http://www.forumenergie.ch/pub/events/docs/Referat_Koebel_000.pdf) (Folie 7)
- 5) <http://www.ac2.uni-bayreuth.de/teaching/hs/vortraege/ws0910-13-Schmid.pptx> (Folie 4)
- 6) <http://ww2.wecobis.de/bauproduktgruppen/daemmstoffe/aus-mineralischen-rohstoffen/daemmstoffe-mit-aerogelen.html> (unter Reiter - Herstellung)
- 7) [http://www.guenstiger-daemmen.de/fileadmin/xl\\_bilder/nanogel\\_xl.jpg](http://www.guenstiger-daemmen.de/fileadmin/xl_bilder/nanogel_xl.jpg)
- 8) <http://www.archello.com/en/product/okagel/>
- 9) idem
- 10) [http://www.d-lite.org/cms/slideshow\\_images/1\\_Okagel.png](http://www.d-lite.org/cms/slideshow_images/1_Okagel.png)
- 11) [http://www.bayersheeteurope.com/index.php/fuseaction/download/lrn\\_file/mf0207\\_e\\_120531.pdf](http://www.bayersheeteurope.com/index.php/fuseaction/download/lrn_file/mf0207_e_120531.pdf) (Seite 1)
- 12) <http://ceramics.org/ceramictechtoday/2011/01/11/aerogel-plaster-to-restore-historic-buildings/>
- 13) [http://www.stadur-sued.de/uploads/images/PDFs/Aerogel\\_Daten\\_2011.pdf](http://www.stadur-sued.de/uploads/images/PDFs/Aerogel_Daten_2011.pdf) (Seite 2)
- 14) <http://www.sto-aevero.de/sto-aevero-innendaemmplatte.html>
- 15) [http://www.baunetzwissen.de/standardartikel/Glas-Lichtstreuendes-Isolierglassystem-mit-Nanogel\\_879777.html?img=3&layout=galerie](http://www.baunetzwissen.de/standardartikel/Glas-Lichtstreuendes-Isolierglassystem-mit-Nanogel_879777.html?img=3&layout=galerie)
- 16) [http://www.fixit.ch/aerogel/pdf/Pr\\_SuRHiBWorkPackageAerogel.pdf](http://www.fixit.ch/aerogel/pdf/Pr_SuRHiBWorkPackageAerogel.pdf) (Seite 6)
- 17) idem
- 18) [http://www.stadur-sued.de/uploads/images/PDFs/Aerogel\\_Daten\\_2011.pdf](http://www.stadur-sued.de/uploads/images/PDFs/Aerogel_Daten_2011.pdf) (Seite 3)
- 19) [http://www.sto.at/evo/web/sto/121293\\_DE-Infomaterial\\_Sto\\_Ges.m.b.H.-StoTherm\\_In\\_Aevero.htm.pdf](http://www.sto.at/evo/web/sto/121293_DE-Infomaterial_Sto_Ges.m.b.H.-StoTherm_In_Aevero.htm.pdf) (Seite 4)
- 20) idem
- 21) <http://ww2.wecobis.de/bauproduktgruppen/daemmstoffe/aus-mineralischen-rohstoffen/daemmstoffe-mit-aerogelen.html>
- 22) <http://www.tischlerei-neumann.de/waermedaemmung/glaswolle.html>
- 23) <http://www.roda.de/index.php?id=81>
- 24) idem

- 25) <http://www.fixit.ch/aerogel/inhalt/infos.php>
- 26) [http://www.energie-plattform.ch/hlwd/best-practice/hlwd-aerogel\\_anwendungen\\_2008.pdf](http://www.energie-plattform.ch/hlwd/best-practice/hlwd-aerogel_anwendungen_2008.pdf) (Folie 15)
- 27) <http://www.bauherrenhilfe.org/index.php/sto-neues-hochleistungsdammsystem-fur-den-innenraum/>
- 28) <http://www.agitec.ch/index.php?id=304>
- 29) idem
- 30) <http://www.sto-aevero.de/details.html>
- 31) [http://www.agitec.ch/fileadmin/images/img/pdf/AGI\\_AEROGEL\\_\\_GRANULAT-18.5.pdf](http://www.agitec.ch/fileadmin/images/img/pdf/AGI_AEROGEL__GRANULAT-18.5.pdf)
- 32) <http://www.sheet.bayerpolymers.com/695/Produkte/Makrolon-Stegplatte/Makrolon-Ambient.htm>
- 33) <http://www.ingenieurmagazin.com/bautechnik/fenster-glasfassade/698-funktionsglaeser-okagel-und-okasolar-okalux-unterstuetzen-energiekonzept-in-grundschule.html>
- 34) idem
- 35) <http://we-love-home.com/wp-content/uploads/2011/12/Sto-Aevero-Innendammplatte-photo-by-Sto-AG-via-pr-nord-neue-kommunikation.jpg>
- 36) <http://www.3-plan.ch/downloads/dokumente/2010-2-bauphysik.pdf/367>



## 4.2 Textquellen

- 1) <http://ww2.wecobis.de/bauproduktgruppen/daemmstoffe/aus-mineralischen-rohstoffen/daemmstoffe-mit-aerogelen.html>
- 2) [http://de.wikipedia.org/wiki/Aerogel#Eigenschaften\\_und\\_Struktur](http://de.wikipedia.org/wiki/Aerogel#Eigenschaften_und_Struktur)
- 3) [http://www.aerogel.com/products/pdf/Spaceloft\\_DS\\_GERMAN.pdf](http://www.aerogel.com/products/pdf/Spaceloft_DS_GERMAN.pdf)
- 4) <http://www.scobalit.ch/de/scobatherm.html>
- 5) [http://www.sheet.bayerpolymers.com/index.php/fuseaction/download/lrn\\_file/mf0224\\_d\\_120214.pdf](http://www.sheet.bayerpolymers.com/index.php/fuseaction/download/lrn_file/mf0224_d_120214.pdf)
- 6) <http://www.geb-info.de/GEB-Newsletter-2011-1/Aerogel-Daemmputz-fuer-historische-Bauten,QUIEPTMwNDExMCZNSUQ9MzAwMDE.html>
- 7) [http://www.zukunftbau.ch/fileadmin/ablage/dokumente/Veranstaltungen/Swissbau\\_2012/PZB\\_WS1\\_Zimmermann\\_20120117.pdf](http://www.zukunftbau.ch/fileadmin/ablage/dokumente/Veranstaltungen/Swissbau_2012/PZB_WS1_Zimmermann_20120117.pdf)
- 8) [http://www.sto.at/evo/web/sto/88039\\_DE-Produktprogramm\\_2012-Produkte\\_A-Z.htm?prodId=PROD1799&web\\_title=Sto-Aevero%20Innend%C3%A4mmplatte](http://www.sto.at/evo/web/sto/88039_DE-Produktprogramm_2012-Produkte_A-Z.htm?prodId=PROD1799&web_title=Sto-Aevero%20Innend%C3%A4mmplatte)
- 10) <http://www.stadur-sued.de/produkte/aerogele/spaceloft/> (Seite 2)
- 11) [http://www.energieapero.ch/data09/EABB\\_11\\_2/EABB\\_2\\_11\\_Steinke.pdf](http://www.energieapero.ch/data09/EABB_11_2/EABB_2_11_Steinke.pdf) (Seite 10)
- 13) <http://www.baupraxis-blog.de/sto-aevero-innendaemmplatte/>
- 14) <http://www.sto-aevero.de/vorteile.html>
- 15) <http://www.agitec.ch/index.php?id=316>
- 16) <http://www.innodaemm.de/daemmstoffe/nanogel.html>
- 17) <http://www.okalux.de/loesungen/marken/okagel.html>
- 18) idem
- 19) <http://www.sheet.bayerpolymers.com/695/Produkte/Makrolon-Stegplatte/Makrolon-Ambient.htm>
- 20) <http://www.wohnenregional.de/2012/08/weltraumtechnik-fur-altbauwande/>
- 21) [http://www.econavi.de/Waermedaemmung/i\\_Aerogel/](http://www.econavi.de/Waermedaemmung/i_Aerogel/)
- 25) [http://www.novatlantis.ch/fileadmin/downloads/projekte/bau/bauforum/BF12Zurich/presentationen/BFZ12\\_020712\\_Zimmermann\\_web.pdf](http://www.novatlantis.ch/fileadmin/downloads/projekte/bau/bauforum/BF12Zurich/presentationen/BFZ12_020712_Zimmermann_web.pdf)
- 26) <http://www.3-plan.ch/downloads/dokumente/2010-2-bauphysik.pdf/367>

Stand der Internetseiten: Januar 2013