

# Aerogel-Dämmputz ist heikler als man denkt

Text Severin Werner und Max Kistler

Bilder LPM AG

**Wenn man den Namen Aerogel hört, kommt einem nur ein Wort in den Sinn: Hightech. Dieses ist zutreffend auf die Eigenschaften des Materials. Damit diese zum Tragen kommen, braucht es jedoch vor allem in der Verarbeitung eine Menge Know-how über das gängige Mass hinaus. Sonst kann es schnell einmal zu grösseren Mängeln mit teils massiven finanziellen Folgen kommen.**



Deutliche Putzablösungen und gut erkennbare Putzleisten als Folge massiven Schwindens des Dämmputzes.

Im vorliegenden Fall führte eine Kombination verschiedener, sich kumulierender Faktoren dazu, dass fertig verputzte Fassaden zweier Gebäude von Grund auf neu aufgebaut werden mussten. Die Applikation der Fassaden erfolgte bei unterschiedlichen Jahreszeiten.

Aber fangen wir von vorne an: An zwei Gebäuden waren Schäden im Zusammenhang mit der Applikation eines Dämmputzes zu bemängeln. Am Gebäude 1 waren vor allem deutliche Abzeichnungen von Putzleisten zu erkennen. Zudem zeigten sich teils grossflächige Blasen, in welchen sich der Deck- beziehungsweise Grundputz teilweise grossflächig und blasenartig vom Dämmputz ablöste, was dazu führte, dass dieser mittels Dübeln gesichert werden musste.

Am Gebäude 2 war der Deckputz noch nicht appliziert, aber auch dort bildeten sich bereits Hohlstellen. Es stellte sich daher vor allem die Frage nach möglichen Ursachen dieser Problematik.

## Ausgeprägte Rissbilder

Bei ersten Sondierungsarbeiten zeigten sich dann deutliche und ausgeprägte Rissbilder im Aerogel-Dämmputz, vergleichbar mit einem ausgetrockneten, rissigen Wüstenboden. Der Putz mit Gewebeeinbettung hatte sich grösstenteils vom Dämmputz abgelöst und lag mehr oder weniger flächendeckend hohl. Der

Dämmputz selbst löste sich in teils kleineren, teils grösseren Bruchstücken von bis zu 15 cm Kantenbreite ohne Aufwand vom Untergrund ab. Auf der Rückseite der Bruchstücke bildete sich die Zahntrauffelstruktur ab, herrührend von der Applikation der Haftgrundierung auf dem Altputz.

## Unterschiedliche Farbgebungen

Am Gebäude 2, wo noch kein Deckputz appliziert worden war, haftete der Dämmputz hingegen an der Gewebeeinbettung und löste sich ebenfalls ohne Weiteres von der Haftgrundierung ab. Die Applikation des Dämmputzes war hier zu einer wärmeren Jahreszeit erfolgt als an Gebäude 1. Der einzige Unterschied war, dass es hier pro Flächeneinheit mehr Risse gab, diese aber dünner ausfielen.

Zudem zeigte sich, dass am Objekt wie auch an der speziell erstellten Referenzfläche innerhalb des Dämmputzes unterschiedliche Farbgebungen feststellbar waren. Am Gebäude 2 zeigte sich im äusseren Bereich des Dämmputzes eher eine beige Farbgebung, während der innere Bereich eher hellgrau erschien.

Um das vorgefundene Bild besser einordnen zu können, erlaubte der Materiallieferant an einer Referenzfläche ebenfalls eine Sondage auszuführen. Diese Referenzfläche wurde nach Angaben des Materiallieferanten unter Einhaltung aller Vorgaben des Technischen Merkblattes appliziert. Doch auch an dieser Stelle zeigten sich ausgeprägte Rissbilder im Dämmputz, wenn auch etwas schwächer ausgebildet. Diese Fläche wies je-

Die Autoren: Dipl. Chemiker FH Severin Werner ist Bauschadenexperte bei der LPM AG in Opfikon ZH. Gipsemeister und Fachexperte SMGV Max Kistler ist Inhaber der Kistler Bauexpert GmbH in Schneisingen AG.



Der hohl liegende Putzaufbau musste aus Sicherheitsgründen mit Dübeln befestigt werden.

**Ergebnisse Pulverröntgenuntersuchung (XRD) – Kristallgefüge/-zusammensetzung**

Probe	Kristallphasen				Anmerkung
	Kalziumkarbonat	Kalziumsilikat Hydrat	Kalziumhydroxid	Kalziumsulfat (nur geringe Mengen)	
Gebäude 1	×	×	×	×*	* aufgrund S-Gehalt im EDS
Ref. Fläche grau/beige	×	×	×	×*	* aufgrund S-Gehalt im EDS
Gebäude 2 grau/beige	×	×	–	–	Schmalere Signale – höhere Kristallinität – langsames Wachstum

**Visuelle Beurteilung der REM-Aufnahmen**

Probe	Porenzahl			Risse/Feinporen/Porosität			Porengrösse			Anmerkung
	wenig	mittel	viel	wenig	mittel	viel	klein	mittel	gross	
Gebäude 1		×		×			×			
Gebäude 2 grau	×				×		×			grau
Gebäude 2 beige			×			×		×		beige
Ref. Fläche grau	×			×			×			grau
Ref. Fläche beige		×				×		×		beige
Aerogelprod. A 13/19			×			×			×	viel Wasser
Aerogelprod. B 13/19 nach TM			×			×			×	viel Wasser
Aerogelprod. A 13/15 nach TM		×			×				×	weniger Wasser
Aerogelprod. B 13/15		×			×				×	weniger Wasser



Ausgeprägte Schwindrissbildungen im Dämmputz unter hohl liegendem Deckputz.

doch von allen Sondierstellen die beste Haftung zur Haftgrundierung auf.

#### Unterschiedliche Kristallphasen

Eine Besonderheit der Risse an der Referenzfläche gegenüber jenen am bemängelten Objekt wurde jedoch deutlich. Während am bemängelten Objekt neben komplett durch den Dämmputz verlaufenden Rissen auch Risse vom Altputz bis Mitte Dämmputz erkennbar waren, waren an der Referenzfläche neben den Rissen, die komplett den Dämmputz tangieren, nur Risse von der Gewebeeinbettung her bis hin in die Mitte des Dämmputzes erkennbar, also genau umgekehrt ausgerichtete «Halbrisse».

Mittels Pulverröntgenuntersuchungen konnte gezeigt werden, dass die Proben teils unterschiedliche Kristallphasen aufwiesen. Die Probe von der Fassade des Gebäudes 2, dessen Oberfläche während der wärmeren Periode appliziert worden war, wies eine höhere Kristallinität auf. Dies bedeutet, dass deren Erhärtung bei besseren Umgebungsbedingungen erfolgt sein musste.

Die unterschiedlichen Proben wurden auch noch mittels Rasterelektronenmikroskop und Elementaranalysen untersucht. Während die Elementaranalysen keine hilfreichen Inputs ergaben, waren die visuellen Beurteilungen der REM-Bilder umso aussagekräftiger. Die Feststellungen anhand der Untersuchungen:

- Die Porengrösse war grundsätzlich bei allen Nachstellproben «gross», bei den Objektproben eher kleiner.

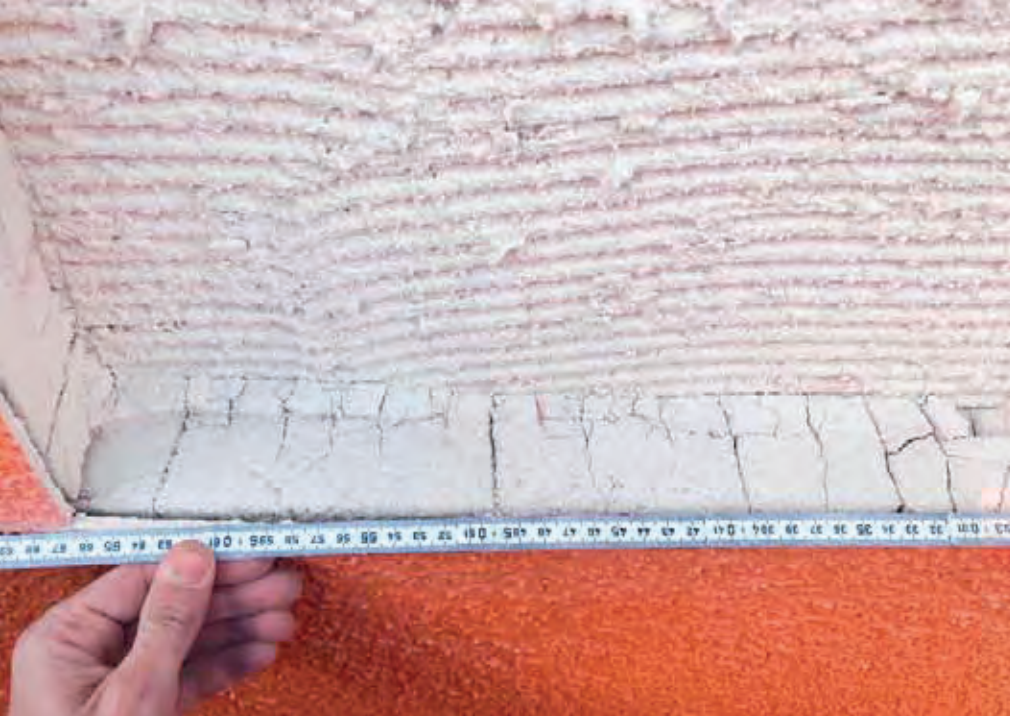
Bei den Objektproben liessen sich grob zwei Sorten unterscheiden: Einerseits die beige (mittelgrosse Poren – im Vergleich zu den Nachstellmustern) und die grauen Bereiche (kleine Poren).

- Bezüglich Anzahl Poren war ebenfalls ein Trend erkennbar: Graue Probenbereiche hatten wenig Poren, beige Bereiche hatten mittelvieles bis viele Poren.
- Die Referenzmischungen wiesen umso mehr Poren auf, je mehr Wasser zugemischt worden war.
- Es war zudem auch erkennbar, dass die Feinstruktur mit mehr Anmachwasser eher gestört war als mit weniger Wasser.

#### Rückschlüsse

Diese Feststellungen liessen folgende Rückschlüsse zu:

- Beige Objektprobenbereiche wiesen ein ähnliches Bild auf wie die Nachstellproben mit viel Wasser
- Graue Objektprobenbereiche wiesen eher Ähnlichkeiten auf mit den Nachstellproben mit weniger Anmachwasser.
- Die grauen Bereiche bei den Objektproben wurden folglich eher mit weniger Wasser hergestellt.
- Bei den Proben vom Gebäude 1, «Gebäude 2 grau» und «Referenzfläche grau» waren deutlich kleinere Aerogelpartikel erkennbar als bei den als Referenz verwendeten Grundputz-Rohmaterialien.



Dämmputz mit Rissen,  
entweder ganz durchgehend  
oder aber ab Altputz  
(Haftgrundseite) bis Mitte.

Unten: Schwindriss-  
bildungen im Dämmputz von  
Gebäude 2. Hier haftete der  
Dämmputz am Deckputz  
und löste sich von  
der Haftgrundierung.

Anhand der ausgeprägten Rissstruktur musste davon ausgegangen werden, dass vermutlich Schwindeinflüsse ein massgebender Faktor für die Rissentstehung waren. In der Folge wurde anhand von Nachstellversuchen an Rückstellmustern das Schwindverhalten verschiedener Mischungen untersucht.

Diese zeigten, dass Schwindmasse von bis zu 8,3 ‰ (= 0,83 cm/m) innerhalb 28 Tagen messbar waren. Bei einer ursprünglich durchschnittlichen Dicke des Dämmputzes von 60 mm war also von zirka 0,5 mm Dickenabnahme auszugehen. Diese Annahme wird am Objekt bestätigt, wo sich die Putzleisten unter dem Putz deutlich abzeichneten und dadurch sehr gut erkennbar waren.

#### Aufschlussreiche Wetterdaten

Es stellte sich jedoch die Frage, weshalb dieses massive Schwinden inklusive der Risse nicht schon vor beziehungsweise während der Applikation der Gewebeeinbettung erkannt worden war. Diese Frage liess sich aufgrund von Wetterdaten beantworten.

Aufgrund des geringen Bindemittelanteils im Dämmputz (Rohdichte 200 kg/m<sup>3</sup>) musste der grösste Anteil des zuge-mischten Wassers (15 l/13 kg Trockenmaterial) durch Trocknung wieder entweichen. Gemäss Wetterdaten war es allerdings während der Applikationszeit des Dämmputzes sowie der 14 Tage bis zur Applikation der nachfolgenden Gewebeeinbettung sehr kühl (an 14 von 24 Tagen wurde die minimale Applika-

tionstemperatur von 5 °C unterschritten, teils war es unter 0 °C) und sehr feucht (an 18/24 Tagen >80% rel. Feuchte, nur an 2 Tagen <75% rel. Feuchte) und fast windstill. Dies führte zu einer zeitlichen Verzögerung beim Austrocknen, da die den Dämmputz umgebende Luft kaum Feuchte aufnehmen konnte.

Die Klimabedingungen während der Applikation erklären, weshalb es beim Gebäude 1 zu Problemen gekommen ist. Gebäude 2 wurde indessen während einer deutlich wärmeren Periode appliziert. Daher stellte sich die Frage, weshalb man dort ebenfalls Schäden hatte. Wiederum konnten die Wetterdaten beigezogen werden.

Dieses Mal war es genau umgekehrt. Es war sehr warm (teils >30 °C), aber ebenfalls sehr feucht und eher windstill. Bis zur Applikation der Gewebeeinbettung war im Mittel eine rel. Feuchte >77% zu verzeichnen. Das bedeutet, dass das mineralische Bindemittel an-

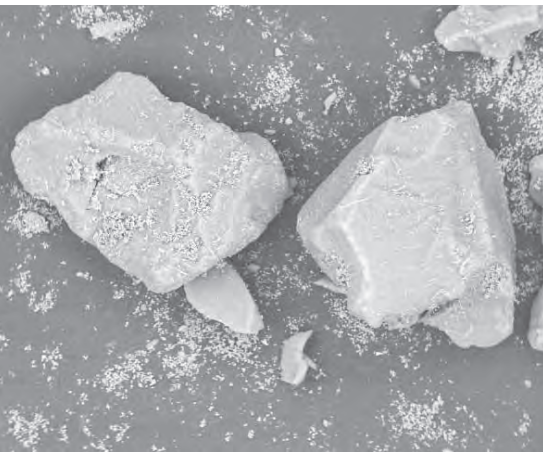
hand der Feuchte und Wärme besser aushärten konnte, was wiederum mit der festgestellten höheren Kristallinität übereinstimmte. Das Trocknungsschwinden begann jedoch auch in diesem Fall erst verzögert und nach der Applikation der Gewebeeinbettung.

#### Quellen und Schwinden

Besonders interessant war jedoch, dass die Nachstellproben nach dem durch die Norm festgelegten Trocknen zur Feststellung des Schwindverhaltens bei Lagerung in der Feuchte wiederum gequollen waren. Erneutes Trocknen führte dann zu einem wiederum starken Schwinden. Es stellte sich die Frage, mit welchem geeigneten Baustoff sich ein Material mit diesen Schwind- und Quelleigenschaften überhaupt erfolgreich beschichten lässt.

Auch die Druckfestigkeiten der Dämmputze wurden wo möglich geprüft. Dabei zeigte sich, dass die Festigkeiten der Nachstellproben deutlich unter je-





REM-Aufnahme nicht verarbeiteter Aerogelpartikel – mit glatter Oberfläche.

nen der Objektproben lagen. Aber auch die Objektprobe lag immer noch deutlich unter den Vorgaben des Technischen Merkblattes. Die Ursache dafür konnte nicht eruiert werden. Dass die Rohdichten der verschiedenen Mischungen unterschiedlich waren, ist jedoch nachvollziehbar. Denn je mehr Anmachwasser zugegeben wurde, desto tiefer musste die Rohdichte ausfallen (Unterschied zirka  $35 \text{ kg/m}^3$  bei 4 l unterschiedlicher Wasserzugabe).

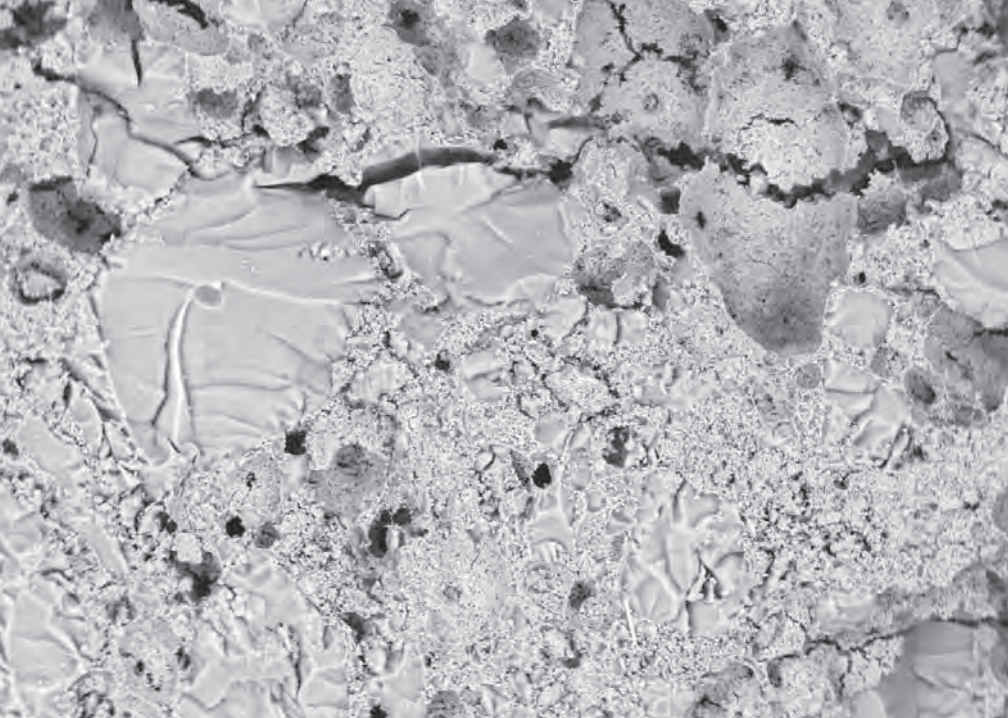
**Deutlich grössere Rohdichte**

Besonders interessant war jedoch, dass sich die Rohdichte der Nachstellproben und jene der Objektprobe (Gebäude 1) deutlich unterschieden, wobei die Objektprobe eine deutlich grössere Rohdichte aufwies ( $250 \text{ kg/m}^3$ ) als nach Merkblatt zu erwarten gewesen wäre

( $200 \text{ kg/m}^3$ ). Es ist daher davon auszugehen, dass allenfalls auch die Applikationsart einen negativen Einfluss ausübte. Die Aerogelpartikel weisen in unverarbeitetem Zustand eine relativ glatte Oberfläche auf, während sie verarbeitet etwas zerdrückt erschienen. Dies könnte auf den in der Förderpumpe/Schnecke herrschenden Druck zurückgeführt werden, dem die Aerogelpartikel ausgesetzt wurden. Ein Zusammendrücken der Partikel führt in der Folge auch zu einer erhöhten Rohdichte, was an den Objektproben messbar war.

Grundsätzlich festgestellt werden konnte, dass zudem die im Merkblatt vorgeschriebene Gewebeeinbettung, die bei Dicken  $>30 \text{ mm}$  in der unteren Schicht einzuarbeiten wäre, in der unteren Dämmputzschicht fehlte. Wie gross der Einfluss dieses Fehlens der Gewe-

Daten der geprüften Spezifikationen im Vergleich mit den Daten aus dem Technischen Datenblatt (TM) des Produktes Dämmputz 1				
Prüfkörperbezeichnung	Produkt	Mischungs-details	Rohdichte $\text{kg/m}^3$	Druckfestigkeit $\text{N/mm}^2$
M1	Dämmputz 1	nach TM Dämmputz 1: 13 kg/15 l	195–203	0,1
M2	Dämmputz 1	Nicht nach TM: 13 kg/19 l	164–166	0,1
Objekt	Dämmputz 1	nach TM Dämmputz 1: 13 kg/15 l	250–253	0,3
Angaben TM	Dämmputz 1	nach TM Dämmputz 1: 13 kg/15 l	200	0,8



REM-Aufnahme des verarbeiteten Dämmputzes mit Riss, Aerogelpartikel weisen hier eine eher faltige Oberflächenstruktur auf.

beeinbettung auf das Rissverhalten des Putzes war, konnte mit den durchgeführten Untersuchungen jedoch nicht eruiert werden. Die unterschiedlich gefärbten Bereiche im Dämmputz liessen sich vermutlich auf unterschiedliche Wasserzugaben der Dämmputzmischung bei der Applikation zurückführen. Das wäre auch nachvollziehbar, denn bei einer zweischichtigen Applikation wird die untere Schicht häufig etwas dicker (trockener) angemischt, damit sie standfest genug zur Aufnahme der zweiten Schicht ist. Die zweite Schicht wird dann bevorzugt etwas flüssiger appliziert, damit sie einfacher und länger nachbearbeitet werden kann. Diese Aussage stimmt mit den Beobachtungen am Objekt und den REM-Untersuchungen überein.

Als weiterer Einflussfaktor musste die Wasserdampfdiffusion berücksichtig

werden. Laboruntersuchungen zeigten, dass die Wasserdampfdurchlässigkeit des kompletten Beschichtungsaufbaus ist mit 0,4 m als «mittel» einzustufen war. Die Netzeinbettung alleine wies mit 0,1 m erwartungsgemäss einen niedrigeren Dampfdiffusionswiderstand auf als der gesamte Systemaufbau inklusive Deckputz und Anstrich.

Ein Einfluss auf den Wasserhaushalt beim Austrocknen konnte daher nicht ausgeschlossen werden. Das Austrocknen war nach der Applikation der Netzeinbettung beziehungsweise des Deckputzes aufgrund der reduzierten Dampfdiffusion des Putzaufbaus (sd-Wert zirka 0,4 m) behindert, was dazu führte, dass das weitere Schwinden langsamer ablief und die Putzabscherungen/-hohllagen erst mit der Zeit auftraten.

**Fazit**

Aerogel-Dämmputz ist ganz klar ein High-tech-Material, das aber auch hohe Anforderungen an die verarbeitenden Unternehmer stellt – zumindest, wenn man es frisch angemischt verarbeitet und nicht als bereits fertig ausgehärtetes Produkt zum Beispiel in Form von Platten verwendet.

Im vorliegenden Fall ist anzumerken, dass die importierten Materialkomponenten im Systemaufbau wohl nicht ideal aufeinander abgestimmt waren. Das vorgefundene massive Schwindverhalten des Aerogel-Dämmputzes bei den vorherrschenden klimatischen Bedingungen entspricht nicht den üblichen Erfahrungswerten bei anderen Baustoffen, was ohne entsprechende Berücksichtigung zu grossen Bauschäden führen dürfte.

**Schwind- beziehungsweise Quellverhalten einer Aerogelmischung bei 1 trocken, 2 feucht und 3 Trockenlagerung**

