

## **Frostschäden an Putz und Mauerwerk – Ursachen und Vermeidung**

Hartwig M. Künzel  
(Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Holzkirchen)

### **Problemstellung**

Frostschäden entstehen immer dann, wenn der Wassergehalt bei Abkühlung unter 0 °C größer ist als der schadigungsrelevanten Grenzwassergehalt des Baustoffs, d.h. die Spannungen, die bei der Umwandlung des vorhandenen Wassers in Eis auftreten, übersteigen die Festigkeit des Materials. Häufig finden zunächst mikroskopische Veränderungen im Porengefüge statt, die erst bei mehrmaligen Frost-Tauwechseln zu einer sichtbaren Schädigung führen. Salze können den Schadensprozess beschleunigen oder gar erst möglich machen. Andere Fremdstoffe, wie z.B. mikrobieller Bewuchs oder Verschmutzungen fördern Frostschäden eher mittelbar, indem sie den Wassergehalt im Baustoff erhöhen.

Einen wesentlichen Faktor stellen die jeweiligen Witterungsverhältnisse dar und zwar sowohl das Makro- als auch das Mikroklima. Untersuchungen in [1] haben ergeben, dass Frostschäden vermehrt in relativ milden Wintern auftreten, wenn auf lang anhaltende Regengüsse kurze Frostperioden folgen. Ausrichtung und Position eines Bauteils haben ebenfalls einen Einfluss auf die Schadenswahrscheinlichkeit, da sowohl die Feuchtebeanspruchung als auch die solare Einstrahlung schadigungsrelevant sein können. Selbst an Tagen, mit Außenlufttemperaturen unter dem Gefrierpunkt führt eine starke Besonnung zum Schmelzen des Eises im Porengefüge und erhöht dadurch die Anzahl der Frost-Tauwechsel.

Das Zusammenwirken der Faktoren, die zu Frostschäden führen ist sehr komplex. Deshalb sind quantitative Angaben zur Schadenswahrscheinlichkeit nur schwer zu machen. Vergleichende Aussagen, wie z.B. ob durch eine bestimmte Sanierungsmaßnahme das Frostschadensrisiko eines Bauteils im Vergleich zum ursprünglichen Zustand erhöht oder vermindert wird, sind bei genauer Analyse sehr wohl möglich. Im Folgenden werden Ursachen, die das Schadensrisiko steigern aufgezeigt und Abhilfemaßnahmen erläutert.

### **Ursachen und Vermeidung**

Als Ursachen für Frostschäden an Putz und Mauerwerk sind in erster Linie folgende Faktoren zu nennen:

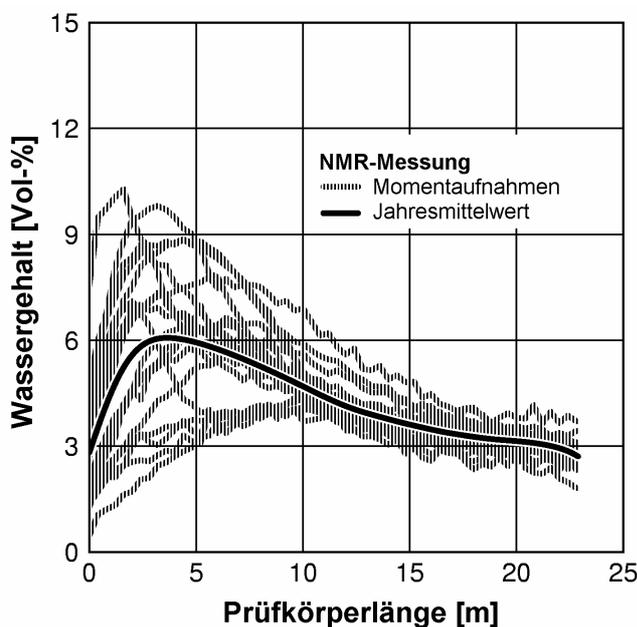
1. Mangelnde Frostbeständigkeit des Materials
2. Äußere Feuchtequellen (z.B. Niederschlag, Spritzwasser)
3. Innere Feuchtequellen (z.B. Baufeuchte, Raumlufftfeuchte)
4. Ungünstige Trocknungsbedingungen

## 1. Mangelnde Frostbeständigkeit des Materials

Die Frostbeständigkeit eines Materials hängt in der Praxis nicht nur von dessen Festigkeit ab, sondern vor allem auch vom Sättigungsgrad der bei Unterwasserlagerung erreicht wird. Die Festigkeit eines vorhandenen Putzes oder Mauerwerks kann im Nachhinein nur bedingt verbessert werden, z.B. durch Einbringen von Steinfestigern auf der Basis von Kieselsäureestern, was häufig jedoch andere Probleme (unhomogene Festigkeitsprofile) mit sich bringt. Deshalb ist es sinnvoll das Augenmerk auch auf die Wasseraufnahme des Baustoffes zu legen. Der Sättigungsgrad eines porösen Materials ist der Anteil der Poren, die sich bei druckfreier Unterwasserlagerung mit Wasser füllen, an der Gesamtporosität. Ein niedriger Sättigungsgrad ist günstig, da er viel Raum für die spannungsfreie Bildung von Eiskristallen lässt. Der Sättigungsgrad von Putzen oder Mauerwerksteinen kann nachträglich durch Imprägnieren mit Hydrophobierungsmitteln herabgesetzt werden. Da in der Regel bei einer Hydrophobierungsmaßnahme nur die oberflächennahen Zonen erreicht werden, muss dafür gesorgt werden, dass keine Feuchte durch Fehlstellen hinter die wasserabweisende Zone gelangt.

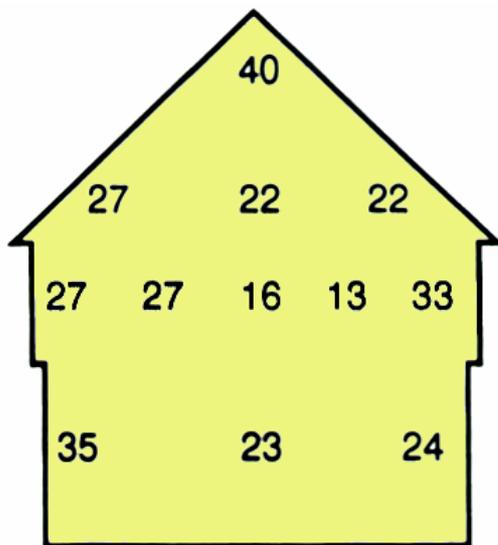
## 2. Äußere Feuchtequellen

Schlagregen, Ablaufwasser und Spritzwasser sind die frostschadensrelevanten äußeren Feuchtequellen. Die auftreffenden Mengen hängen von der Orientierung und Neigung der Bauteiloberflächen und der umgebenden Geometrie ab. Spritzwasser tritt meist im Sockelbereich auf, der deshalb häufig einen besonders widerstandsfähigen Putz erhält. Eine besonders hohe Belastung durch Ablaufwasser weisen Putz- oder Mauerwerksbereiche unter Wasserspeichern oder Wasser abweisenden Fassadenflächen (Verglasungen, Bekleidungen, hydrophobiertem Mauerwerk) auf. Hier kann nur eine konsequente Wasserableitung durch Rinnen und Rohre für Abhilfe sorgen. Das auf die Fassade auftreffende Niederschlagswasser wird je nach Schlagregenintensität und Wasseraufnahmefähigkeit der Oberflächenzone ganz oder teilweise von Putz und Mauerwerk aufgenommen. Nach dem Ende eines Schlagregenereignisses trocknet die Fassadenoberfläche rasch ab, während die Bereiche dahinter, wie in Bild 1 zu sehen, meist längere Zeit feucht bleiben. Das Frostschadensrisiko ist naturgemäß dort am größten, wo der Wassergehalt während des Gefriervorganges am höchsten ist.



*Bild 1: Gemessene Feuchteprofile in einem schlagregenbelasteten Fassadenprüfkörper aus Naturstein [2]. Bei der Mittelung der Momentaufnahmen über ein Jahr zeigt sich, dass das langfristige Feuchtemaximum nicht an der Außenoberfläche, sondern ca. 2 – 3 cm dahinter auftritt. Das erklärt, warum es bei Frostschäden häufig zu Schalenbildung kommt.*

Die Schlagregenbeanspruchung ist in der Regel auf der Wetterseite am größten. Besonders betroffen sind hoch gelegene Fassadenflächen und solche im Bereich von Gebäudeecken und -kanten (siehe Bild 2). Auch Erker und andere Mauerwerkvorsprünge weisen eine erhöhte Schlagregenbelastung auf. Häufig unterschätzt wird der Einfluss der Flächenneigung. Eine Schiefstellung der Fassade durch Setzungen oder bei nach unten stärker werdendem Mauerwerk kann zur Verdopplung der Niederschlagsbelastung führen, da Regen selbst bei Windstille auf die Fassade trifft. Eine Verbesserung der Situation wird in der Regel durch entsprechend große Dachüberstände erreicht. Dies gilt allerdings nur für Schrägdachkonstruktionen. Horizontale Überstände bei Flachdächern schirmen zwar die senkrechte Niederschlagskomponente ebenso gut ab, die durch sie bedingten Rezirkulationsströmungen können jedoch eine deutliche Steigerung der Schlagregenbelastung von darunter liegenden Fassadenbereichen zur Folge haben. Die sicherste Maßnahme gegen eine zu hohe Schlagregenbeanspruchung von Putz und Mauerwerk ist die partielle oder vollständige Bekleidung der Fassade.



*Bild 2: An verschiedenen Positionen an der Fassade eines Fachwerkhäuses gemessene Schlagregenmengen, bezogen auf die ebenfalls gemessene Niederschlagsmenge auf eine horizontale Fläche in Prozent [3].*

### 3. Innere Feuchtequellen

Als innere Feuchtequellen werden hier alle Quellen bezeichnet, die der Fassade Feuchte von hinten zuführen. Dazu gehört der Transport von Raumluftheuchte durch Dampfdiffusion oder Luftkonvektion nach außen, der allerdings nur in Ausnahmefällen eine schadensrelevante Rolle spielt. Wesentlich bedeutender sind überhygroskopische Feuchtebedingungen im Bauteil aufgrund von Wasserzufuhr während des Bauprozesses oder durch aufsteigende Feuchte, Wasserschäden oder Überschwemmungen. In solchen Fällen ist es sinnvoll die Temperatur in den feuchten Zonen z.B. durch Beheizung über dem Gefrierpunkt zu halten. Auch eine Außendämmung kann die Situation entschärfen, vorausgesetzt sie wird dadurch nicht selbst geschädigt. Beispielsweise ist der Einsatz eines Wärmedämm-Verbundsystems auf baufeuchtem Mauerwerk während des Winterhalbjahres unproblematisch, wenn Polystyrol-Hartschaumplatten als Dämmstoff verwendet werden. Setzt man unter denselben Bedingungen eine Mineralwollendämmung ein, kann es jedoch aufgrund von Dampfdiffusionsvorgängen zu Frostschäden am Armierungsputz kommen (Bild 3).

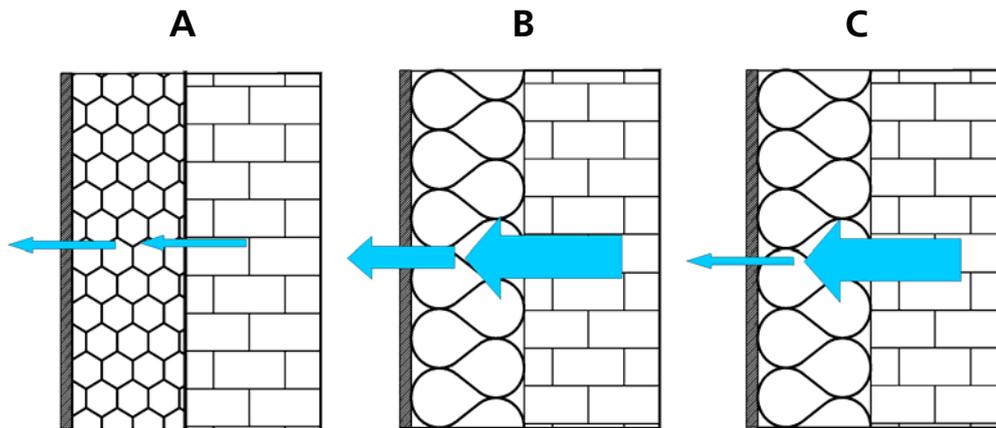


Bild 3: Dampfdiffusionsströme durch Dämmschicht und Putz bei Aufbringen unterschiedlicher Wärmedämm-Verbundsysteme auf nassem Mauerwerk [4]:  
 Fall A: Kunstharzputz auf Polystyrol Hartschaum >> unproblematisch  
 Fall B: Mineralischer Putz auf Mineralwolle >> mäßiges Frostschadensrisiko  
 Fall C: Kunstharzputz auf Mineralwolle >> hohes Frostschadensrisiko

#### 4. Ungünstige Trocknungsbedingungen

Die Trocknungsbedingungen können immer dann als ungünstig bezeichnet werden, wenn die durchschnittliche Austrocknungsgeschwindigkeit gegenüber dem Normalfall, z.B. dem Zustand vor der Sanierung, in irgendeiner Weise verringert wurde. Bei unveränderter Feuchtezufuhr hat dies grundsätzlich einen langfristigen Anstieg der Materialfeuchte und damit auch des Frostschadensrisikos zur Folge. Gleichzeitig wird dieser Aspekt in der Praxis am wenigsten gewürdigt, weil er oft unscheinbar bleibt. Folgende Faktoren können die Austrocknungsgeschwindigkeit einer Wand verringern:

- Unterbinden des Kapillartransports an die Oberfläche
- Behinderung der Dampfdiffusion durch zusätzliche Bauteilschichten
- Beseitigung einer vorhandenen Belüftung
- Verminderung des Temperaturniveaus

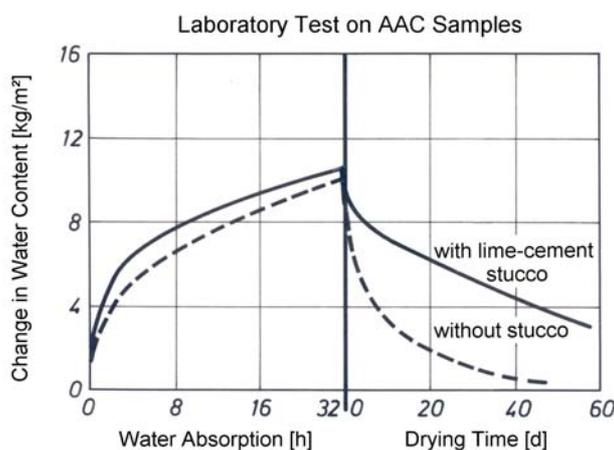
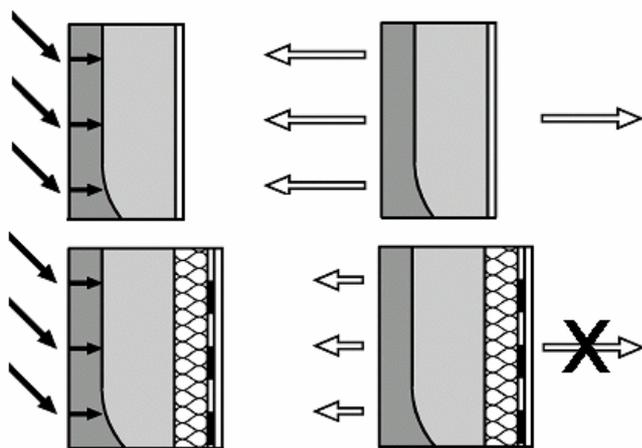


Bild 4: Wasseraufnahme von seitlich und rückseitig versiegelten Porenbetonprüfkörpern mit und ohne Putzauftrag beim Eintauchen in Wasser und während der anschließenden Trocknung im Labor [6]. Durch den Putz wird zwar die Wasserabgabe nicht aber die Wasseraufnahme reduziert.

Durch die Hydrophobierung von Putz- oder Sichtmauerwerks-Fassaden wird der Kapillartransport in der imprägnierten Zone weitgehend unterbunden. Obwohl sich der Diffusionswiderstand dabei meist nur unwesentlich erhöht, ist damit eine starke Reduktion der Austrocknungsgeschwindigkeit verbunden. Das ist jedoch in der Regel kein Problem, da aufgrund der Hydrophobierung auch keine kapillare Wasseraufnahme bei Beregnung stattfindet. Wenn an hydrophobierten Fassaden dennoch Frostschäden auftreten, dann ist das auf Fehlstellen, wie Risse oder unbehandelte Zonen zurückzuführen. Im Bereich solcher Fehlstellen kann der Wassergehalt weit über das normale Maß (Wassergehalt einer unbehandelten Fassade) ansteigen [5].

Nicht nur durch eine Fassadenhydrophobierung, sondern auch durch das Aufbringen eines Putzes wird in der Regel der Kapillartransport an die Fassadenoberfläche stark vermindert. Dies ist vor allem dann ein Problem, wenn der Putz gleichzeitig keine entsprechend hohe Reduktion der Regenwasseraufnahme bewirkt (siehe Bild 4). Deshalb sollten für häufig beregnete Fassaden ausschließlich wasserabweisende Putze verwendet werden. Wenn neben dem Kapillartransport auch der Dampftransport durch diffusionshemmende Schichten behindert wird, sind Frostschäden vorprogrammiert, da es selten gelingt jeglichen Feuchteintrag auf Dauer auszuschließen.



*Bild 5: Wasseraufnahme und anschließende Austrocknung einer Wand mit und ohne Innendämmung. Während die Aufnahme von Regenfeuchte von der Dämmung unbeeinflusst bleibt, wird die Dampfdiffusion nach innen unterbunden und nach außen verringert (wegen der Absenkung des Temperaturniveaus des Mauerwerks).*

Beim Aufbringen einer Innendämmung auf bewittertes Mauerwerk wird die Austrocknungsgeschwindigkeit gleich auf zweierlei Weise reduziert. Erstens wird meist die Dampfdiffusion zum Innenraum durch die Dämmung (z.B. Polystyrol-Hartschaumplatten oder Mineralwolle mit Dampfsperre) unterbunden. Zweitens führt die Innendämmung zu einer Absenkung des Temperaturniveaus im Mauerwerk und damit zu einer geringeren Dampfdruckdifferenz zwischen den feuchten Zonen in der Wand und der Außenluft. Die Folge sind nicht nur eine deutliche Erhöhung der Materialfeuchte in den frostgefährdeten Bereichen der Fassade, wie in [5] messtechnisch nachgewiesen, sondern auch ein tieferes Eindringen der Frostgrenze sowie eventuell häufigere Frost-Tau-Wechsel. Zur Vermeidung eines erhöhten Frostschadensrisikos ist es deshalb sinnvoll vor dem Installieren einer Innendämmung den Schlagregenschutz bewitterter Außenwände zu überprüfen und ggf. zu verbessern (z.B. Bekleidung, Fassadenhydrophobierung, Neuverfugung). Außerdem sollte der Dampfdiffusionswiderstand ( $s_d$ -Wert) der inneren Dämmschichten einschließlich Dampfbremse und Beplankung, ähnlich wie bei der Sanierungsempfehlung für Fachwerkfassaden [7], nicht über 2 m liegen.

## Literatur

- [1] Sedlbauer, K. und Künzel, H.M.: Frostschäden im Winter – Analyse durch feuchte-technische Berechnungen am Beispiel einer Kalksandsteinwand. IBP-Mitteilung 26 (1999), Nr. 351
- [2] Krus, M., Künzel, H.M. und Kießl, K.: Feuchtetransport in Stein und Mauerwerk. Bauforschung für die Praxis Band 25, IRB-Verlag, Stuttgart 1996.
- [3] Künzel, H.: Der Feuchtehaushalt von Holz-Fachwerkwänden. Bauforschung für die Praxis, Band 23. IRB-Verlag Stuttgart, 1996.
- [4] Künzel, H.M.: Austrocknung von Wandkonstruktionen mit Wärmedämm-Verbundsystemen. Bauphysik 20 (1998), H. 1, S. 18-23.
- [5] Krus, M. und Künzel, H.M.: Untersuchungen zum Feuchteverhalten von Fassaden nach Hydrophobierungsmaßnahmen. WTA-Journal 1 (2003), H. 2, S. 149-166.
- [6] Künzel, H.: Untersuchungen über die Feuchtigkeitsverhältnisse in häufig berechneten Außenwänden. Gesundheits-Ingenieur 85 (1964), H. 12, S. 274-280.
- [7] WTA-Merkblatt E-8-1-03/D: Fachwerkinstandsetzung nach WTA I - Bauphysikalische Anforderungen an Fachwerkgebäude.