

26 (1999) Neue Forschungsergebnisse, kurz gefaßt

K. Sedlbauer, H.M. Künzel

Frostschäden im Winter - Analyse durch feuchtetechnische Berechnungen am Beispiel einer Kalksandsteinwand

1. Einleitung und Zielsetzung

Frostschäden treten vor allem dann auf, wenn feuchte Bauteile häufigen Frost-Tau-Wechseln ausgesetzt sind. Die Beobachtung, daß auch in weniger kalten Wintern - so im Winter 98/99 - Frostschäden gehäuft beobachtet werden können (siehe Bild 1), bestätigt, daß nicht das Temperaturniveau der Außenluft allein als Kriterium herangezogen werden darf, sondern daß das Zusammenspiel aus der Anzahl von Frost-Tau-Wechseln im Bauteilinneren und den dabei auftretenden Wassergehalten im Material beurteilt werden muß. Mittels Berechnungen mit dem PC-Programm WUFI [1] werden beispielhaft an einem Wandaufbau aus Kalksandstein in unterschiedlichen Tiefen des Wandquerschnitts sowohl die Anzahl der Nulldurchgänge pro Winterhalbjahr als auch die dabei vorhandenen entsprechenden Wassergehalte ermittelt. Mit Hilfe in der Freilandversuchsstelle Holzkirchen des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik (IBP) gemessener meteorologischer Daten sowie des Testreferenzjahres (TRY) [2] von München kann die Auswirkung verschiedener meteorologischer Randbedingungen auf Nulldurchgänge und Materialfeuchten ermittelt und damit ein Schadensrisiko für Frostschäden analysiert werden.

2. Untersuchte Konstruktionen

Zur Ermittlung der Anzahl der Nulldurchgänge im Baustoff sowie der dabei auftretenden Feuchtegehalte im Material werden Berechnungen mit WUFI für einen westorientierten Wandaufbau aus Kalksandstein mit einem im Laufe des Winters defekt gewordenen Farbanstrich (Bild 1) durchgeführt. Für den Farbanstrich wird in der Berechnung ein s_D -Wert von 0,5 m angenommen. Gleichzeitig wird in der äußersten Schicht der Wasseraufnahmekoeffizient (w -Wert) im Vergleich zum unbeschichteten Kalksandstein um etwa 30 % verringert, da die Beschichtung trotz Fehlstellen die Wasseraufnahme reduziert. Die weiteren für die Berechnung notwendigen Materialkennwerte von Kalksandstein werden der WUFI-Materialdatenbank entnommen.

3. Ergebnisse der Berechnungen

Bild 2 stellt die im Winter 1999 gemessenen Tagessummen des Schlagregens (Bild Mitte) sowie die im gleichen Zeitraum auftretenden minimalen Außenlufttemperaturen (Bild unten) dar. In Bild 2 oben sind die für diese Randbedingungen be-

rechneten Wassergehaltsverläufe der äußeren 5 cm für eine Kalksandsteinwand ohne Beschichtung sowie mit einem defekten Farbanstrich dargestellt. Bei der gestrichenen Wand findet durch den Diffusionswiderstand der Farbschicht eine deutlich geringere Austrocknung statt, der Gesamtwassergehalt schwankt zwischen 11 und 13 M-%. Das bedeutet, daß die Gefrierpunktsunterschreitung oft bei Wassergehalten nahe der freien Wassersättigung stattfindet. Ab einem Wassergehalt von ca. 12 M-% wurde bei Kalksandstein das Auftreten von Frostschäden registriert [3]. Die unbeschichtete Wand hingegen nimmt bei Schlagregen Feuchte auf, gibt sie aber anschließend auch schnell wieder nach außen ab. Bis zum Zeitpunkt der Gefrierpunktsunterschreitung ist da-



Bild 1: Fotografische Aufnahme von Frostschäden an einer Westwand aus Kalksandstein im Gelände der Freilandversuchsstelle Holzkirchen des IBP nach dem Winter 1998/99.

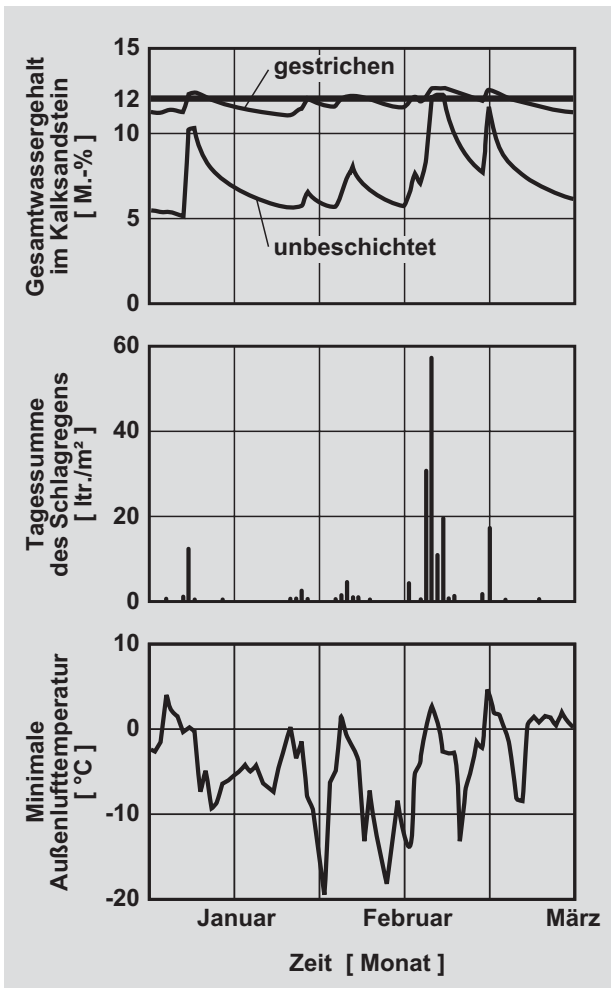


Bild 2: Zeitverlauf des Gesamtwassergehalts der 5 cm dicken Außenoberflächenzone einer Kalksandsteinwand mit defektem Farbanstrich sowie im unbeschichteten Fall mit Angabe der Tagessumme des Schlagregens und der Tagesminima der Außenlufttemperatur.

durch meistens der Wassergehalt auf unkritische Werte abgesunken. Tritt aber unmittelbar nach dem Schlagregen Frost auf, so sind auch im Fall ohne Beschichtung Schäden nicht auszuschließen.

Die Anzahl der Nulldurchgänge im Bauteilprofil der Kalksandsteinwand zeigt Bild 3 oben beispielhaft für den Holzkirchner Klimadatensatz des Jahres 1991 sowie für die im Winter 1998/99 gemessenen Wetterwerte und das TRY München im Fall mit schadhafter Beschichtung. Die bei diesen Nulldurchgängen in entsprechender Bauteiltiefe herrschende Feuchte zeigt das untere Diagramm in Bild 3. Dargestellt wurde der Quotient aus dem lokalen Wassergehalt zum Zeitpunkt des Nulldurchgangs und der Gesamtporosität (Sättigungsgrade). Es ergeben sich Unterschiede in Abhängigkeit von den gewählten Klimadatensätzen, wobei hinsichtlich der Anzahl der Nulldurchgänge die Holzkirchner Wetterdaten etwa dem Münchner Test-Referenz-Jahr entsprechen. Betrachtet man dagegen die Sättigungsgrade (Bild 3 unten), so liegen die Werte bei Verwendung des TRY über denen der Holzkirchner Daten. Dies liegt an den fehlerhaften Niederschlagszeiten in den Test-Referenz-Jahren, die, wie in [4] bereits dargelegt, zu einer erhöhten Wasseraufnahme führen. Vergleicht man die Wirkungen der in Holz-

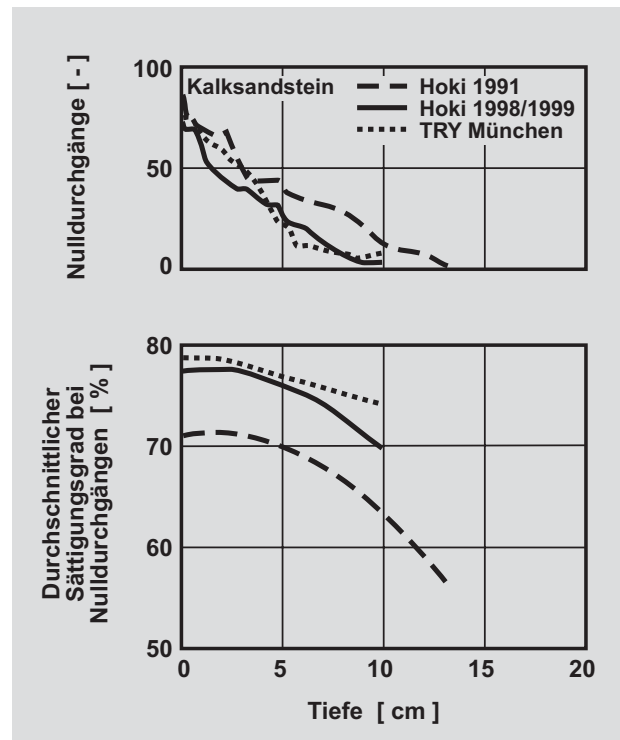


Bild 3: Anzahl der Nulldurchgänge in Kalksandstein mit defektem Farbanstrich in Abhängigkeit von der Bauteiltiefe (oben) und der dabei auftretende durchschnittliche Sättigungsgrad (unten).

kirchen gemessenen Klimadatensätze untereinander, so ist zu erkennen, daß der Winter 1998/99 zu höheren Feuchten im Winter führt als alle anderen Jahre (dargestellt in Bild 3 ist beispielhaft der Datensatz von 1991).

4. Schlußfolgerung und Ausblick

Aus den o.g. Ergebnissen kann geschlossen werden, daß sich in Abhängigkeit vom Klima große Unterschiede sowohl hinsichtlich der Anzahl der Nulldurchgänge im Bauteil als auch für die dabei jeweils herrschenden Materialfeuchten ergeben. Einen wesentlichen Einfluß haben dabei Witterungsperioden, bei denen unmittelbar nach dem Schlagregen strenger Frost folgt. Der Winter 1998/99 war besonders extrem, was das Frostschadensrisiko betrifft, so daß weitere Analysen dieser Wetterdaten erfolgen sollten.

5. Literatur

- [1] Künzel, H.M.: Verfahren zur ein- und zweidimensionalen Berechnung des gekoppelten Wärme- und Feuchtetransports in Bauteilen mit einfachen Kennwerten. Dissertation Universität Stuttgart 1994.
- [2] Blümel, K. et al.: Entwicklung von Test-Referenz-Jahren (TRY) für Klimaregionen der Bundesrepublik Deutschland. BMFT-Bericht FB-T 86-051.
- [3] Prepens, M.: Der Einfluß von Beschichtungen und Imprägnierungen auf die Frost- und Witterungsbeständigkeit von Verblendmauerwerk aus Kalksandsteinen. Dissertation Universität Hannover 1991.
- [4] Künzel, H.M.: Regendaten für die Berechnung des Feuchtetransports. IBP-Mitteilung 21 (1994), Nr. 265.



Fraunhofer
Institut
Bauphysik

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR BAUPHYSIK (IBP)

Leiter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. mult. Dr. E.h. mult. Karl Gertis
D-70569 Stuttgart, Nobelstr. 12 (Postfach 80 04 69, 70504 Stuttgart), Tel. 07 11/9 70-00
D-83626 Valley, Fraunhoferstr. 10 (Postfach 11 52, 83601 Holzkirchen), Tel. 0 80 24/6 43-0