

H.M. Künzle, K. Kießl, M. Krus

Feuchteverhalten bewitterter Fassadenbauteile

Problemstellung

Die Lebensdauer und Funktionstüchtigkeit von Fassadenbauteilen wird in hohem Maße von deren Feuchteverhalten unter natürlichen Witterungseinflüssen bestimmt. Bei Sichtmauerwerk aus Ziegel oder Naturstein ist in der Regel ein hoher mittlerer Wassergehalt aufgrund des damit verbundenen Frostschadensrisikos von Nachteil. Er kann aber auch von Vorteil sein, wie beispielsweise bei Sichtbetonfassaden, da bei höherer Feuchte die Karbonatisierung deutlich langsamer verläuft [1] und damit die Bewehrungskorrosion weitgehend verhindert wird. Problematisch können aber auch häufige Feuchtewechsel sein. Das hygrische Dehnen und Schwinden eines Baustoffes sowie das Kristallisieren und wieder Auflösen eventuell vorhandener Salze sind ebenfalls als Schadensursache bekannt [2] [3]. Der genaue Kenntnis des instationären Feuchteverhaltens von bewitterten Außenbauteilen kommt daher eine besondere Bedeutung zu. Anhand von zwei aus hygrischer Sicht gegensätzlichen Beispielen - einer Natursteinfassade und einer Betonvorsatzschale - wird der Feuchtehaushalt von bewitterten Fassadenbauteilen hier kurz aufgezeigt.

Rechnerische Studie

Da es fast unmöglich ist, die kontinuierliche Entwicklung der Feuchteverteilungen in Bauteilen unter natürlichen Klimaeinflüssen meßtechnisch zu erfassen, muß auf rechnerische Untersuchungen mit Hilfe eines in [4] beschriebenen Verfahrens zurückgegriffen werden. Zumindest für die Natursteinfassade ist die Berechnung jedoch bereits experimentell verifiziert, so daß dort die Rechenergebnisse die tatsächlichen Gegebenheiten genau wiedergeben. Die zugrunde gelegten Materialkennwerte für den Natursandstein stammen aus [5] und für den Beton mit einem Wasser-Zement-Wert von 0,5 aus [6], wobei fehlende Parameter gemäß [4] abgeschätzt wurden. Da das Feuchteverhalten beider Baustoffe wesentlich von ihrer Feuchtespeicherung und von den Feuchtetransporteigenschaften bestimmt wird, werden die entsprechenden Kennfunktionen in Bild 1 dargestellt. Der Dampfdiffusionswiderstand (μ -Wert) des Sandsteins beträgt 33 und der des Betons 180. Als klimatische Randbedingungen werden raumseitig konstant 20 °C und 50 % relative Feuchte (r.F.) angenommen und außenseitig in Holzkirchen gemessene stündliche Daten von Temperatur, Luftfeuchte, Schlagregen und Sonnenstrahlung verwendet.

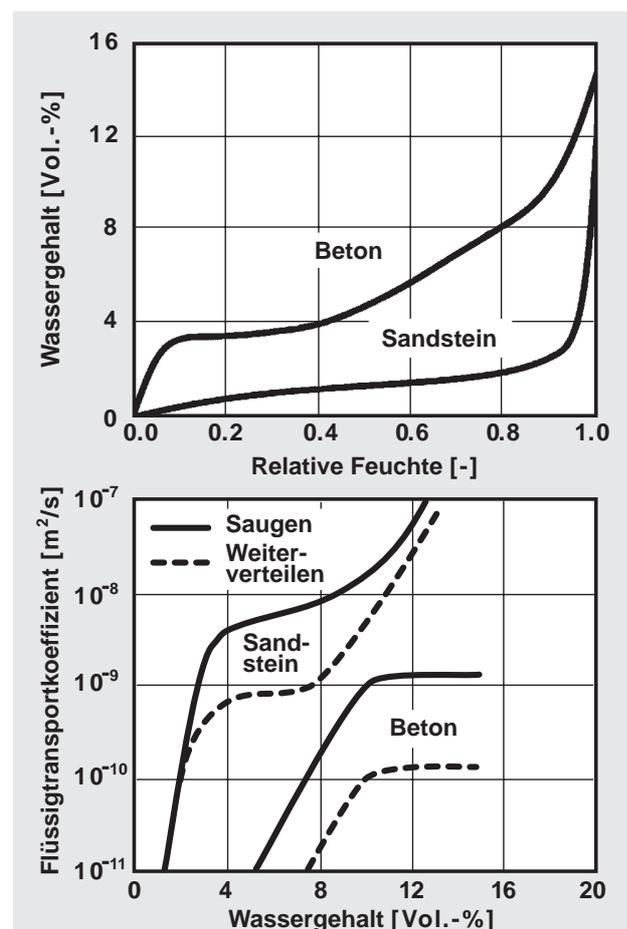


Bild 1: Feuchtespeicherfunktion (oben) und Flüssigtransportkoeffizienten (unten) für den Sandstein und den Beton nach [5] bzw. [6]. Die Unterschiede im Feuchtetransportverhalten mineralischer Baustoffe bei Beregnung und während niederschlagsfreier Zeiten werden durch zwei verschiedene Koeffizienten für den Saugvorgang und die kapillare Weiterverteilung berücksichtigt.

Langfristige Feuchteverteilungen

Anhand einer 60 cm dicken Außenwand aus Natursandsteinmauerwerk und einer Betonsandwichkonstruktion mit

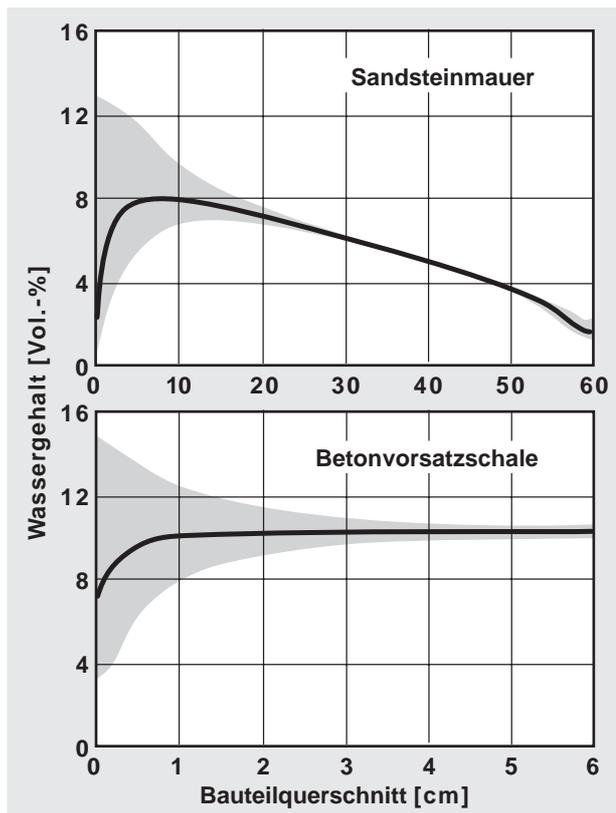


Bild 2: Jahresmittelwerte (durchgezogene Linien) und Jahreschwankungsbreiten (schraffierte Bereiche) der instationären Feuchteverteilungen im eingeschwungenen Zustand am Beispiel von zwei in ihrem Saug- und Trocknungsverhalten sehr unterschiedlichen Bauteilen mit Westorientierung.

Oben: Außenwand aus Natursandstein mit 60 cm Dicke.

Unten: Vorsatzschale (6 cm dick) einer Betonsandwichkonstruktion, die aufgrund der Polystyrol-Dämmschicht weitgehend unbeeinflusst von den Raumklima-Verhältnissen bleibt.

einer 6 cm dicken Sichtbetonvorsatzschale wurde das Feuchteverhalten über mehrere Jahre bis zu einem eingeschwungenen Zustand berechnet. Bild 2 zeigt die Variation der Feuchteprofile in den Bauteilen während eines Jahres, die auf der Basis von stündlichen Feuchteverteilungsänderungen ermittelt wurden (schraffierte Bereiche). Die durchgezogenen dicken Linien stellen den über das Jahr gemittelten Wassergehalt im jeweiligen Bauteilquerschnitt dar. Während in der Natursteinwand erst in einer Tiefe von ca. 20 cm keine jahreszeitlichen Feuchteveränderungen mehr festzustellen sind, ist dies bei der Betonvorsatzschale bereits bei etwa 3 cm der Fall. Das wird verständlich, wenn man die Unterschiede in den jeweiligen Flüssigtransportkoeffizienten (Bild 1 unten) betrachtet, die mehr als eine Zehnerpotenz betragen. Aus Bild 2 wird weiterhin deutlich, daß

die Bauteiloberflächen trockener sind als die Bereiche dahinter, wobei der Unterschied bei Naturstein wesentlich ausgeprägter ist als bei Beton. Das hängt mit der deutlich geringeren Sorptionsfeuchte des Natursteins in regenfreien Zeiten zusammen, wenn die Oberflächenfeuchte der Wand aufgrund von Strahlungseinflüssen unter der mittleren Außenluftfeuchte von ca. 80 % r.F. liegt (siehe Bild 1 oben).

Praktische Konsequenzen

Rechnerische Studien im Zusammenhang mit dem hygrothermischen Verhalten von Außenbauteilen eröffnen die Möglichkeit, Vorgänge im Oberflächenbereich zu untersuchen, die experimentell, wenn überhaupt, nur unter hohem Aufwand erfaßt werden können. Von praktischem Interesse sind in diesem Beispiel die Wirkungstiefen der klimatischen Einflüsse und die mittleren Feuchtegradienten im Außenoberflächenbereich. Insbesondere die Tatsache, daß die Fassadenoberflächen im Mittel trockener sein können als die Bereiche dahinter, kann erklären, warum es bei Natursteinen häufig zur Schalenbildung durch Verwitterungsvorgänge hinter der Oberfläche kommt [7]. Im Fall von Beton könnte dies unter anderem auch die zunehmende Verlangsamung der Karbonatisierung von berechneten Bauteiloberflächen erklären, da die Kohlendioxid-Diffusion bei höherer Feuchte stärker behindert wird [1]. Entsprechende Untersuchungen können auch für die Abschätzung hygrischer Einflüsse auf den Wärmedurchgang und für die Beurteilung von Sanierungsmaßnahmen hilfreich sein.

Literatur

- [1] Hergenröder, M.: Zur statistischen Instandhaltungsplanung für bestehende Betonbauwerke bei Karbonatisierung des Betons und möglicher Korrosion der Bewehrung. Berichte aus dem Konstruktiven Ingenieurbau 4/92, TU München 1992.
- [2] Künzel, H.: Die hygrothermische Beanspruchung von Außenputzen als Schadensursache bei Wärmedämmverbundsystemen. Bauphysik 12 (1990), H. 4, S. 104-109.
- [3] Nägele, E.W.: Die Rolle von Salzen bei der Verwitterung von mineralischen Baustoffen. Bautenschutz+Bausanierung 15 (1992), H. 3, S. 26-29.
- [4] Künzel, H.M.: Verfahren zur ein- und zweidimensionalen Berechnung des gekoppelten Wärme- und Feuchtetransports in Bauteilen mit einfachen Kennwerten. Dissertation Universität Stuttgart 1994.
- [5] Krus, M.: Feuchtetransport- und Speicherkoeffizienten poröser mineralischer Baustoffe. Theoretische Grundlagen und neue Meßtechniken. Dissertation Universität Stuttgart 1995.
- [6] Hedenblad, G.: Moisture Permeability of Mature Concrete, Cement Mortar and Cement Paste. Dissertation Lund Institute of Technology, Schweden 1993.
- [7] Kießl, K.: Bauphysikalische Einflüsse bei der Krustenbildung am Gestein alter Bauwerke. Bauphysik 11 (1989), H. 1, S. 44-49.

Die Untersuchungen wurden mit Unterstützung des Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie durchgeführt.