

# Dürfen alte Bauwerke feucht bleiben?

Text und Bilder **Thomas Bidner\***

**Historische Bauwerke verfügen im Normalfall über keine besonderen Horizontal- oder Vertikalabdichtungen. Trotzdem haben sie in der weit überwiegenden Mehrzahl der Fälle lange Zeit weitgehend schadensfrei bestanden. Dennoch auftretende Schäden sind häufig das Ergebnis unangemessener Nutzung, des Ausserachtlassens einfacher bauphysikalischer Grundsätze bzw. der Verwendung nicht verträglicher Baustoffe. Die Frage «Dürfen alte Bauwerke feucht bleiben?» lässt sich daher nur beantworten, wenn zugleich die mit der neuen Nutzung verbundenen Ansprüche und deren «Zulässigkeit» geklärt werden.**

In Bezug auf die Feuchtebelastung werden an historische Gebäude oft Anforderungen gestellt, die nur für Neubauten angemessen sind. Die Definition des Begriffes «feucht» im Zusammenhang mit historischen Gebäuden verlangt aber eine besondere Wertung. Ob die festgestellte Feuchtebelastung akzeptabel ist oder nicht, muss in Abstimmung mit der historisch-ästhetischen Wertung des Objekts, der Bewertung des Materialinventars und dem Nutzungsanspruch festgelegt werden.

Auch zeigt die praktische Erfahrung, dass «Feuchte» häufig reflexartig mit dem Begriff «kapillar aufsteigende Feuchte» gleichgesetzt wird. Aus diesem Umstand hat sich inzwischen eine boomende Trockenlegungsbranche entwickelt, deren Exponenten jeweils die «einzig wirksame» Methode zur sog. Trockenlegung von Gebäuden anbieten. Diese Sicht wird jedoch nur selten den tatsächlichen Verhältnissen an alten Bauwerken gerecht.

## Arten der Feuchtebelastung am Bauwerk

Nach ihrer Ursache können grundsätzlich folgende Arten der Feuchtebelastung unterschieden werden:

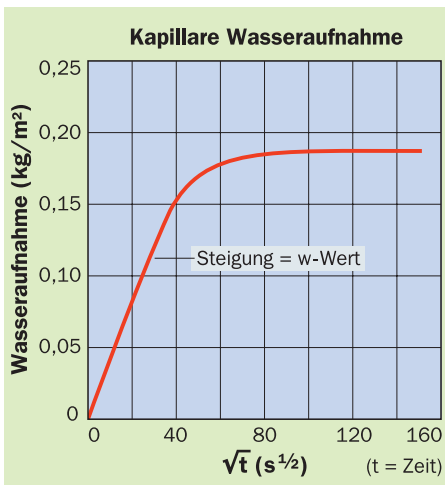
- Aus dem Untergrund eindringende Feuchte
  - Feuchteeintrag durch Spritzwasser in der Sockelzone
  - Feuchteeintrag durch Niederschläge an der Fassade
  - Feuchteeintrag durch schadhafte Bereiche am Bauwerk
  - Kondensatfeuchte
  - Hygroskopische Feuchte
- Für den Transport der Feuchte sind folgende Mechanismen relevant:
- Kapillartransport
  - Diffusion
  - Sorption

## Kapillarer Feuchtetransport

Der Kapillartransport hat in der Praxis in den meisten Fällen den grössten Anteil an Feuchteeintrag und -verteilung in Baustoffen. Dabei darf dieser Mechanismus nicht nur mit der kapillaren Wasseraufnahme aus dem Baugrund in Verbindung gebracht werden. Ebenso wichtig ist die kapillare Verteilung von Wasser, das durch andere Ursachen an oder in das Bauwerk an- bzw. eingetragen wurde (Niederschlagsereignisse, undichte Dächer, Kondensatfeuchte usw.).

Beschrieben wird die Eigenschaft von Baustoffen, Wasser kapillar aufnehmen zu können, durch den  $w$ -Wert (kapillarer Wasseraufnahmekoeffizient). Er errechnet sich aus dem linearen An-

\* TB/B Technisches Büro Mag. Dr. Thomas Bidner, Tulfes, Österreich, thomas.bidner@tb-bidner.com



1 Baustoffe können Feuchtigkeit auf unterschiedlichem Weg aufnehmen. Mass für die kapillare Wasseraufnahme ist der w-Wert.

stieg des ersten Kurventeils in einem Diagramm (Bild 1), in welchem die kapillare Wasseraufnahme WA (kg/m<sup>2</sup>) in Abhängigkeit von der Quadratwurzel der Saugzeit aufgetragen ist ( $WA = w \cdot \sqrt{t}$ ). Der w-Wert ist eine materialspezifische Kenngrösse und wird im Normalfall durch Saugversuche im Labor bestimmt. Näherungsweise lässt er sich aber mit Hilfe des sog. Karsten-Röhrchens auch am Bauwerk bestimmen (Bild 2).

Die Untersuchung am Objekt ist gerade bei alten Bauten von besonderer Bedeutung, da eine Entnahme von Putzproben in ausreichender Menge bzw. Grösse für eine Laboruntersuchung in vielen Fällen nicht möglich ist.

**Feuchtetransport durch Diffusion**

Bei der Diffusion ist ein Konzentrationsgefälle die treibende Kraft für den

Feuchtetransport. Die Gasdiffusion durch poröse Festkörper wird durch den effektiven Diffusionskoeffizienten beschrieben. Dieser ist das Produkt aus dem Diffusionskoeffizienten für Luft und dem Minderungsfaktor  $\mu$  (Diffusionswiderstandszahl), steht doch in porösen Festkörpern nur ein Teil des Querschnitts, nämlich der effektive Porenraum, für den Transport zur Verfügung.

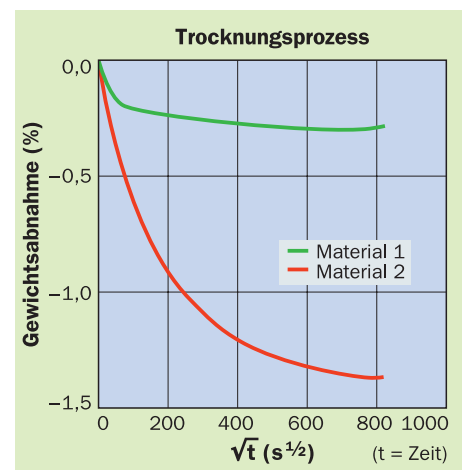
**Funktionsweise des Trocknungsprozesses**

Beide Transportprozesse – Kapillarttransport wie Diffusion – spielen nicht nur bei der Wasseraufnahme, sondern auch bei der Trocknung poröser Baustoffe eine entscheidende Rolle. Dabei werden zwei Schritte unterschieden (Bild 3):

- In Phase 1 erfolgt die Trocknung an der Oberfläche des Materials mit aus-



2 Vor Ort lässt sich die Wasseraufnahme eines Putzes mit Hilfe des Karstenschen Röhrchens bestimmen.



3 Ein Material trocknet zuerst an der Oberfläche (solange Feuchtigkeit aus dem Innern kapillar dorthin transportiert wird). Dann verdunstet Wasser im Innern und diffundiert nach aussen, was den Trocknungsprozess verlangsamt. Bei Material 1 verläuft die Trocknung vorwiegend diffusiv.

reichend kapillarem Feuchtenachschub aus dem Materialinnern.

- Ab einem bestimmten Feuchtegehalt ist der Kapillarwasser-Nachschub allerdings nicht mehr ausreichend, und die Flüssigkeitsoberfläche zieht sich in das Materialinnere zurück. Das Wasser verdunstet im Innern und diffundiert nach aussen, der Trocknungsprozess wird langsamer (Phase 2).

Verfügen Baustoffe nur über einen geringen Anteil an Kapillarporen, so wird der Trocknungsprozess durch die Phase 2, also überwiegend durch diffusiven Transport, dominiert.

Eine weitere wichtige Kenngrösse für die Beschreibung des Wasseraufnahme- und Trocknungsverhaltens ist der  $s_d$ -Wert:  $s_d = \mu \cdot s$  ( $s$  = Schichtdicke, z. B. des Putzes oder Anstrichs). Die beiden Kenngrössen  $w$ -Wert und  $s_d$ -Wert sind in der sog. Künzel-Zahl kombiniert als  $w \cdot s_d$ .

**Probleme wegen moderner Baustoffe**

In Laboruntersuchungen wurde die Trocknungs-Halbwertszeit für Ziegel mit und ohne Putz bestimmt. Sie liegt bei der Verwendung von Kalk-Zement-Putz um den Faktor 5 höher als ohne Putz, bei Kalkputz um den Faktor 1,6. Auch Sanierputze bewirken eine deutliche Verlängerung der Trocknungs-Halbwertszeit, weil sie im Normalfall hydrophob eingestellt sind und dadurch der Feuchtetransport nur in Dampfform (diffusiv) erfolgen kann.

Ohne hier in die konfliktreiche Diskussion für und wider Kalkputze eingreifen zu wollen, kann deshalb festgestellt werden, dass die Applikation moderner Baustoffe (zement- oder kunststoffhaltig) an historischen Gebäuden häufig Feuchteprobleme verstärkt, weil der



4 An diesem Bauernhaus in Nordtirol wurden intensive Massnahmen zur Reduktion der Salzbelastung im Fugennetz der Mauer gesetzt. Aufgrund der hohen Belastung war es aber nicht möglich, die Salzverbindungen völlig zu entfernen. Durch die richtige Materialwahl kann aber trotzdem ein «funktionierendes» Bauwerk sichergestellt werden.

Feuchtehaushalt infolge verlangsamer Abtrocknung verschlechtert wird.

Wegen der Verzögerung des Trocknungsprozesses wird die benötigte Verdunstungsfläche grösser, was in der Praxis häufig zur Vergrösserung der feuchtebelasteten Bereiche führt.

**Sorptive Feuchteaufnahme**

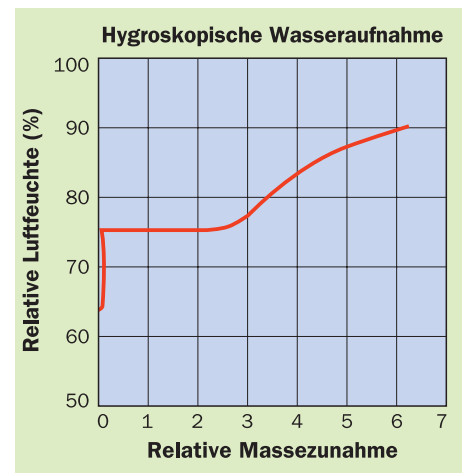
Neben dem Eintrag von Feuchte aus dem Objektumfeld in das Gebäude – aus dem Untergrund oder infolge von Niederschlägen – haben die sorptiv und die hygroscopisch bedingten Feuchtebelastungen einen hohen, aber dennoch meist unterschätzten Anteil an der Gesamtfeuchte eines Bauwerks.

Grundsätzlich verfügt jeder Baustoff über eine sorptive Feuchteaufnahme, die sich gemäss den Materialeigenschaften einerseits sowie der Luftfeuchte andererseits einstellt. Jedes Material wird bei ausreichend langer Expositionszeit bei konstanter relativer Luftfeuchte und Temperatur eine Gleichgewichtsfeuchte (Ausgleichsfeuchte) annehmen.

Baustoffe mit sehr vielen kleinen Poren besitzen eine höhere Sorptionsfeuchtigkeit als Baustoffe mit überwie-

gend grösseren Poren. Dies hängt damit zusammen, dass sich Mikroporen von Baustoffen bereits bei Luftfeuchtigkeiten deutlich unter 100% mit Wasser füllen, da es in ihnen aufgrund des geringen Durchmessers ( $< 10^{-7}$  m) zur Erniedrigung des Sättigungsdampfdrucks und damit zur Kondensation kommt (sog. Kapillarkondensation).

Für die Praxis bedeutet dies, dass bei bauwerksdiagnostischen Untersu-



5 Das Salz Natriumchlorid (NaCl) lagert ab 75% relativer Luftfeuchte sprunghaft mehr Wasser in sein Kristallgitter ein und beginnt sich langsam zu lösen.

chungen auch zu prüfen ist, ob die gemessene Feuchte gegebenenfalls der aktuellen Ausgleichsfeuchte des Materials entspricht. Ist dies der Fall, so liegt kein erhöhter Feuchtwert vor. Ausserdem ist daran zu erinnern, dass sog. Trockenlegungsmassnahmen maximal eine Reduktion der Materialfeuchte bis auf das Niveau der Ausgleichsfeuchte zur Folge haben können.

#### Hygroskopische Wasseraufnahme durch Salze

Die Belastung von Baustoffen mit Salzverbindungen kann zu einer beträchtlichen Verstärkung der Feuchteaufnahme führen (hygroskopische Wasseraufnahme; Bild 4). Dieser Effekt wird gerade in historischen Gebäuden als Feuchtequelle häufig stark unterschätzt. Hintergrund dieses Mechanismus ist die Fähigkeit baustoffschädigender Salzverbindungen, Feuchtigkeit aus der Luft in ihr Kristallgitter einzulagern. Diese Fähigkeit ist für die verschiedenen Salze unterschiedlich stark ausgebildet, wobei die am besten löslichen Salzverbindungen auch am stärksten Feuchtigkeit aus der Luft aufnehmen können.

Bild 5 zeigt für Natriumchlorid, dass bei Erreichen einer relativen Luftfeuchte von rund 75% die Masse des Salzes sprunghaft zunimmt, da ab diesem Zeitpunkt Feuchte in das Kristallgitter eingebaut wird und das Salz sich langsam zu lösen beginnt.

Zu den besonders löslichen Salzen zählen Nitrate und Chloride sowie auch Verbindungen von Sulfat mit Natrium oder Magnesium. Baustoffe, die mit solchen Salzverbindungen belastet sind, beginnen bereits ab etwa 50% relativer Luftfeuchte Feuchtigkeit aufzu-



6 Die an der Fassade dieses Hauses optisch erkennbare Feuchte hat ihre Ursache in einer hohen Belastung der Baustoffe mit hygroskopisch wirksamen Salzen.

nehmen, wobei die Aufnahme mit steigender relativer Luftfeuchte immer stärker wird. Zusätzlich wird die Situation am Bauwerk noch durch den Umstand erschwert, dass meist nicht Einzelsalze, sondern Salzmischungen anzutreffen sind.

Bild 6 zeigt ein Beispiel für ein Objekt, das primär durch hygroskopische Feuchteaufnahme belastet ist. Die Bauwerksdiagnose erbrachte einen nur geringen Einfluss kapillar aufsteigender Grundfeuchte, aber eine massive Belastung der Baustoffe mit hygroskopisch wirksamen Nitrat- und Chloridverbindungen.

Im Falle eines Objektes in Nordtirol (Bild 7) wurde in den 1960er-Jahren im Zuge einer Aufstockung die Fassade neu verputzt, wobei der alte Kalkputz ohne weitere Vorbehandlung mit einem

Kalk-Zement-Putz überarbeitet wurde. Aufgrund des schlechten Wartungszustandes des Gebäudes vor der Aufstockung wurden die Fassadenputze in den Eckbereichen im Laufe der Zeit stark mit Nitratsalzen belastet. Da dies beim Umbau nicht beachtet wurde, kam

es im Verlauf der vergangenen Jahrzehnte zu einer teilweisen Verlagerung der Salze in den neuen Deckputz, was zu einer Feuchtebelastung der Fassade in diesen Bereichen führte.

#### Die Nutzung alter Bauwerke

Will man beurteilen, ob bzw. inwieweit an einem Objekt die Feuchtebelastung reduziert werden muss, ist die Frage nach der Nutzungsgeschichte des Bauwerks zentral. Welches war die ursprünglich beabsichtigte Nutzung, welches die aktuelle, und wie soll das Gebäude in Zukunft genutzt werden?

Seriöserweise ist häufig davon abzuraten, einen Bereich, der ehemals nur untergeordneten Zwecken diente, einer hochwertigen Nutzung zuzuführen. Der damit verbundene Aufwand zur Regulation des Feuchteregimes wäre nämlich unverhältnismässig hoch, sofern ein befriedigendes Ergebnis überhaupt erzielbar ist. Auch würden die notwendigen Massnahmen an denkmalgeschützten Objekten massive und irreversible und deshalb nicht vertretbare Eingriffe in die Bausubstanz mit sich bringen.

Will man mögliche Probleme in der Folge von Restaurierungs- und Sanierungsmassnahmen minimieren, ist eine sachgerechte Bauwerksdiagnose ein absolutes Muss. Diese sollte folgende Fragen beantworten:

- Welche Art von Feuchtebelastung liegt vor?
- Welches sind die Ursachen?
- Wie ist die Belastung einzustufen im Hinblick auf die Gesamtsituation (Art und Alter des Bauwerks, historisch-ästhetische Bewertung, vergangene/gegenwärtige/künftige Nutzung)?
- Sind aktive Schadprozesse gegeben?
- Wie hoch ist das Schadenspotenzial?

→



7 Der starken Nitratsalzbelastung der Fassadenputze dieses Gebäudes wurde bei der Sanierung keine Rechnung getragen, weshalb sich die Salze in den neuen Deckputz verlagerten und dort zu einer Feuchtebelastung führten.

### Dürfen alte Bauwerke feucht bleiben?

Die vorangegangenen Ausführungen sollten aufzeigen, dass die Frage der Feuchtebelastung an alter Bausubstanz nicht auf die Frage «kapillar aufsteigende Grundfeuchte» und entsprechende Trockenlegungsmassnahmen reduziert werden darf. Die persönliche Erfahrung des Autors aus der bauwerksdiagnostischen Bearbeitung zahlreicher Objekte zeigt, dass in der Mehrzahl der Fälle durch vergleichsweise geringe Eingriffe im Zuge der Restaurierung oder Sanierung eine ausreichend positive Beeinflussung des Feuchteregimes erreicht werden kann, auch wenn die Materialfeuchte danach immer noch über den Werten liegt, die man einem Neubau zugesteht.

In zahlreichen Fällen erwiesen sich folgende Massnahmen als zielführend:

- Das Materialinventar, vor allem betreffend Putze und Mörtel, ist dem ursprünglichen System anzupassen. Bei alten Bauwerken bedeutet dies meist, dass Produkte auf Kalkbasis zum Einsatz kommen und dass das Abtrocknungsvermögen des Bauwerks wieder den historischen Vorgaben näher kommt. Unter Umständen müssen auch im Zuge früherer Restaurierungen applizierte ungeeignete Baustoffe wieder entfernt werden.
- Ausbesserungen des Mauerwerks im Bereich unter der Geländeoberkante – evtl. ergänzt durch einfache vertikale Dichtungsmassnahmen – können häufig den Zutritt von Feuchte in das Mauerwerk deutlich reduzieren und damit den Feuchteausgleich am Bauwerk wesentlich unterstützen.
- Die Salzbelastung – und damit die hygroskopische Feuchteaufnahme – in Bereichen an oder nahe der Mauer-

oberfläche ist zu reduzieren. Die Stabilisierung des Raumklimas wirkt sich ebenfalls positiv auf die hygroskopische Feuchtebelastung aus.

- Bei Umnutzungen müssen grundlegende bauphysikalische Phänomene beachtet werden. Die Auswahl geeigneter Heizungssysteme kann der Durchfeuchtung von Bauteilen aufgrund von Kondensatfeuchte wirksam vorbeugen und die Abtrocknung und damit den Feuchteausgleich positiv beeinflussen.
- Es muss betont werden, dass lange Zeit akzeptiert war, dass gerade die Sockelzone eines historischen Bauwerks einem gewissen Verschleiss unterworfen ist und immer wieder ausgebessert werden muss. Daran wird man auch in Zukunft nicht vorbeikommen. Erste Erfahrungen mit nicht hydrophobierten Sockelputzen auf Hydraulkalkbasis sind aber viel versprechend und eröffnen neue Möglichkeiten im Umgang mit Sockelzonen.
- Letzten Endes sollten Bauwerke einer regelmässigen Wartung und Pflege unterzogen werden – ein Punkt, der in den allermeisten Fällen leider Wunschdenken ist.

Aus Sicht des Autors kann einem historischen Bauwerk meist zugestanden werden, dass es auch in Zukunft ohne aufwändige technische Abdichtungsmassnahmen auskommt. Wesentlich ist aber, dass im Vorfeld der geplanten Neunutzung des Gebäudes bzw. der geplanten Restaurierungs-/Sanierungsmassnahmen eine integrale Bauzustandsanalyse vorgenommen wird und die Grenzen des möglichen Nutzungsanspruchs aufgezeigt werden.