

H. M. Künzle

## Dampfdiffusionsberechnung nach Glaser - quo vadis?

### Problemstellung

Im Rahmen der Europäischen Normung (TC 89, WG 10) soll das in DIN 4108-3 [1] genormte Diffusionsberechnungsverfahren nach Glaser so überarbeitet werden, daß es in allen europäischen Ländern eingesetzt werden kann. Dazu wäre es erforderlich, die für Deutschland festgelegten Blockrandbedingungen für die Tau- und Verdunstungsperiode an die unterschiedlichen Klimabedingungen der einzelnen Länder anzupassen. Statt dessen scheint man sich auf eine grundlegende Modifikation des Verfahrens zu einigen, die aus der quasi-stationären Berechnung ein instationäres Verfahren unter Verwendung von Monatsmittelwerten der klimatischen Randbedingungen machen soll. Da dadurch die generellen Probleme des Glaser-Verfahrens, nämlich das Vernachlässigen von Sorptions- und Flüssigtransporteffekten nicht behoben werden, stellt diese Modifikation aus bauphysikalischer Sicht keine Verbesserung der Situation dar. Das Verfahren wird jedoch komplizierter; es könnte für den Laien der Eindruck entstehen, daß er es mit einem realitätsnahen Berechnungsverfahren, wie z.B. in [2] beschrieben zu tun hat. Deshalb ist es zu begrüßen, daß der Neuentwurf von DIN 4108, Teil 3 das bisherige Glaser-Verfahren mit den Blockrandbedingungen beibehalten hat. Einige Modifikationen wären jedoch auch bei dem alten Ansatz wünschenswert, wie im folgenden gezeigt wird.

### Tauperiode

Bei der Tauperiode wird in [1] von einem konstanten Außenklima mit  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 80 % r.F. und einem Raumklima von  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 50 % r.F. ausgegangen, das über einen Zeitraum von 60 Tagen (1440 h) andauert. Diese Randbedingungen erscheinen auf den ersten Blick extrem; ihre Auswirkungen im Zusammenhang mit der relativ kurzen Dauer der Tauperiode sind jedoch praxisnah, wie z.B. in [3] nachgewiesen. Dort konnte anhand von Laborversuchen an innen gedämmten Außenwänden gezeigt werden, daß die Tauwassermenge nach der Tauperiode ziemlich genau der Feuchte am Ende des Winters bei instationären Randbedingungen entspricht (zugrunde gelegt wurden langjährige Monatsmittelwerte des

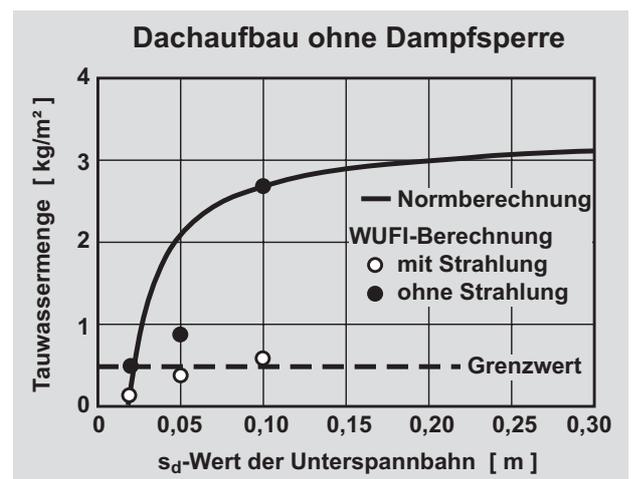


Bild 1: Mit Hilfe des instationären Rechenverfahrens WUFI unter Holzkirchner Klimabedingungen (Stundenwerte) ermittelte Tauwassermenge in einem unbelüfteten Satteldach im Vergleich zu Ergebnissen der Normberechnung nach Glaser (durchgezogene Linie) in Abhängigkeit vom außenseitigen Diffusionswiderstand.

Holzkirchner Klimas). Ähnliches zeigt auch der Vergleich zwischen Ergebnissen des Normverfahrens [1] und instationären Berechnungen mit Hilfe eines numerischen Berechnungsverfahren (WUFI [4]) für eine Steildachkonstruktion mit diffusionsoffener Unterspannbahn in Bild 1. Dort ist die Tauwassermenge eines unbelüfteten Daches mit Zwischensparrendämmung in Abhängigkeit vom  $s_d$ -Wert der Unterspannbahn dargestellt. Bleibt bei der Rechnung mit WUFI die kurzweilige Einstrahlung unberücksichtigt (Dachoberfläche stark nach Norden geneigt oder verschattet), entspricht die errechnete Tauwassermenge der der Normberechnung [1]. Gleichzeitig wird deutlich, daß die Tauwassermenge im Bereich des  $s_d$ -Wertes der Unterspannbahn zwischen 2 cm und 10 cm stark ansteigt. Unkritisch sind die Verhältnisse nur bei  $s_d < 2$  cm. Da die Oberflächenübergangswiderstände, die in [1] nicht berücksichtigt werden, und auch andere Effekte, wie z.B. Schneebedeckung bzw. Vereisung, in ähnlicher Größenordnung liegen, sind in diesem Fall keine Sicherheitsreserven mehr vorhanden. Die in

der Neufassung von DIN 4108-3 vorgesehene Begrenzung des minimalen  $s_d$ -Wertes für die Beurteilung diffusionsoffener Bauteilschichten auf 0,1 m ist daher im Sinne der Aussagesicherheit sehr zu begrüßen.

### Verdunstungsperiode

Bei der Verdunstungsperiode werden auf beiden Seiten des Bauteils  $12\text{ °C}$  und  $70\%$  r.F. über einen Zeitraum von 90 Tagen (2160 h) angesetzt. Wie schon bei der Tauperiode zeigt es sich [3], daß auch dieser Ansatz in seiner Austrocknungswirkung auf Außenwände den realen Bedingungen eines durchschnittlichen Sommers nahekommt. Für Dächer ist ein zusätzlicher Bonus in Form einer erhöhten Außenoberflächentemperatur von  $20\text{ °C}$  festgelegt. Dieser Bonus (auch wenn er die bauphysikalisch unsinnige Überschreitung des Sättigungsdampfdruckes erlaubt) mag im Einzelfall (z.B. unverschattete Flachdächer) berechtigt sein. Generell ist er jedoch problematisch, wie in [5] anhand der möglichen Feuchteakkumulation in nordorientierten Steildächern gezeigt. Bild 2 zeigt den in [5] untersuchten außen dampfdichten Dachaufbau mit einer raumseitigen Dampfbremse von  $s_d = 2\text{ m}$ . Die nach [1] ermittelte Tauwassermenge beträgt ca.  $400\text{ g/m}^2$ . Werden die Randbedingungen für ein Dach eingesetzt, obwohl bei stark geneigten Norddächern die Sonneneinstrahlung kaum höher ist als bei einer Außenwand, dann folgt eine Verdunstungsmenge von ca.  $1000\text{ g/m}^2$  und damit eine Freigabe der Konstruktion. Werden dagegen abweichend von der Normvorschrift die Randbedingungen für eine Wand eingesetzt, ergibt sich eine Verdunstungsmenge von ca.  $340\text{ g/m}^2$ . Das ist weniger als die Tauwassermenge, und damit fällt die Konstruktion durch. Da sich diese Dachkonstruktion bei instationären Rechnungen nach [5] in einigen Fällen als problematisch erwiesen hat, liegt die Bewertung mit Hilfe des Normberechnungsverfahrens nur dann auf der sicheren Seite, wenn der "Dachbonus" (Oberflächentemperatur  $20\text{ °C}$ ) nicht gewährt wird. Deshalb sollte dieser Bonus nur in berechtigten Ausnahmefällen zur Anwendung kommen.

Der zweite wesentliche Kritikpunkt bei den Anforderungen bezüglich der Verdunstungsperiode betrifft das Fehlen eines unteren Grenzwertes für eine austrocknende Feuchtemenge. In vielen Publikationen der letzten Zeit wird darauf hingewiesen, daß geringe Feuchtemengen auch über Fehlstellen oder einbindende Bauteile eindringen können und selbst bei sorgfältiger Ausführung die Tauwassermenge unplanmäßig erhöhen. Außerdem ist in vielen Fällen eine gewisse Baufeuchte nicht auszuschließen. Untersuchungen an Holzkonstruktionen in Nordamerika [6] haben ergeben, daß die Feuchtemenge, aufgrund von Luftkonvektion durch Undichtigkeiten in Außenwänden auch bei fachmännischer Ausführung etwa der Menge entspricht, die während der Tauperiode durch eine Dampfsperre mit einem  $s_d$ -Wert von  $3,3\text{ m}$  diffundiert. Auf deutsche Verhältnisse übertragen resultiert daraus eine zusätzliche Tauwassermenge durch Luftkonvektion von ca.  $250\text{ g/m}^2$  während der Tauperiode. Es erscheint sinnvoll, diese Feuchtemenge beim Vergleich zwischen Tauwassermenge und Verdunstungsmenge zumindest bei Holzkonstruktionen zu berücksichtigen.

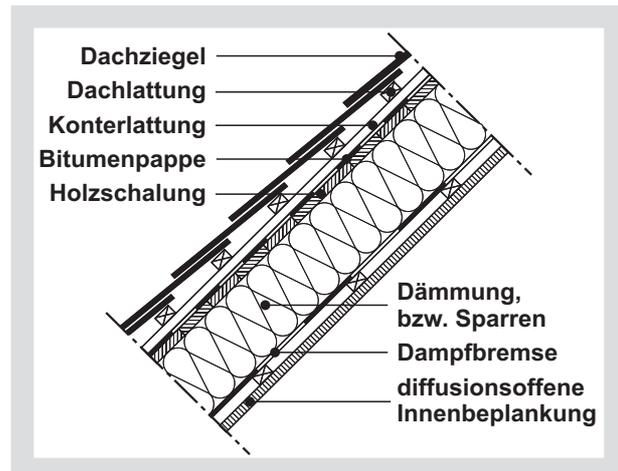


Bild 2: In [5] rechnerisch untersuchter Dachaufbau, bei dem die Dampfbremse einen  $s_d$ -Wert von  $2\text{ m}$  hat. Wegen der dampfdichten Bitumenpappe kommt es unter ungünstigen Bedingungen zur Feuchteakkumulation im Dach durch Dampfdiffusion.

### Schlußfolgerung und Ausblick

Das Normberechnungsverfahren nach Glaser mit den Blockrandbedingungen hat sich i.a. bewährt. Bei einer Neufassung von DIN 4108-3 sollten jedoch, wie erwähnt, einige Modifikationen vorgenommen werden. Die Erweiterung zu einem Monatsverfahren, wie bei der europäischen Normung vorgesehen, bringt keine höhere Genauigkeit, dafür aber einen größeren Aufwand mit der Gefahr von Bedienungsfehlern und Fehlinterpretationen. Längerfristig werden weiterentwickelte instationäre Rechenverfahren das Normberechnungsverfahren nach und nach ersetzen, da sie neben der Beurteilung der winterlichen Tauwassergefahr auch die Behandlung anderer Feuchtwirkungen, wie z.B. Schlagregenbelastung, "Sommerkondensation", Schimmelbildung, Frostschäden oder hygrothermische Beanspruchungen ermöglichen. Außerdem sind sie nicht auf bestimmte, normierte Randbedingungen begrenzt, d.h. auch Strahlungs- oder Niederschlagseinflüsse sowie exotische Klimabedingungen können berücksichtigt werden.

### Literatur

- [1] DIN 4108 Wärmeschutz im Hochbau, Teil. 3: Klimabedingter Feuchteschutz, August 1981.
- [2] WTA: Praktische Beurteilung des Feuchteverhaltens von Bauteilen durch modere Rechenverfahren. WTA-Schriftenreihe Heft 18, Aedificatio Verlag, Freiburg 1999.
- [3] Cammerer, J.: Experimentelle Untersuchungen des Feuchtehaushalts innen gedämmter Außenbauteile. Vortrag Technische Akademie Esslingen, 11. Nov. 1992.
- [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] Künzel, H.M.: Außen dampfdicht, vollgedämmt? bauen mit Holz 100 (1998), H. 8, S. 36-41.
- [6] TenWolde, A. et al.: Air Pressures in Wood Frame Walls. Proceedings Thermal VII. ASHRAE Publication, Atlanta 1999.



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