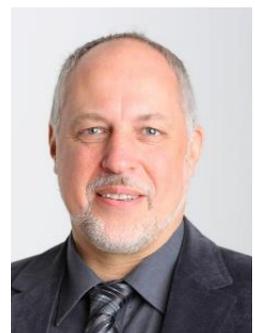


# Neue Normung beim Feuchteschutz fördert nachwachsende Bau- und Dämmstoffe

Prof. Dr. Hartwig M. Künzel  
Fraunhofer-Institut für Bauphysik  
Abteilung Hygrothermik  
Holzkirchen, Deutschland





# Neue Normung beim Feuchteschutz fördert nachwachsende Bau- und Dämmstoffe

## Kurzfassung

Nachwachsende Bau- und Dämmstoffe werden in Bezug auf den Feuchteschutz häufig als kritischer angesehen als mineralische oder kunststoffbasierte Materialien. Dabei sind sie i. d. R. gute Feuchtespeicher, was im praktischen Einsatz viele Vorteile bietet und meist die winterliche Tauwasserproblematik entschärft. Der bisher übliche Feuchteschutznachweis nach Glaser berücksichtigt diese positive Eigenschaft allerdings nicht. D. h. dieses Verfahren behandelt z. B. nachwachsende Dämmstoffe genauso wie die hydrophoben Schaumstoffe oder Mineralwolleprodukte, die keinerlei Sorptionsfähigkeit besitzen. Mithilfe des neuen normativen Anhangs D zur hygrothermischen Simulation in der DIN 4108-3, kann jetzt ein Nachweis geführt werden, der die besonderen Eigenschaften der nachwachsenden Baustoffe vollumfänglich berücksichtigt. Außerdem lassen sich damit die Einflüsse von kleinen Ausführungsfehlern abschätzen. Dies dient der Bemessung feuchtetoleranter und damit langfristig schadensfreier Bauteile. Damit können Planer und Bauherren darauf vertrauen, dass Konstruktionen aus nachwachsenden Bau- und Dämmstoffen bei der Feuchtesicherheit und Dauerhaftigkeit den höchsten Ansprüchen genügen. Dieser Beitrag beschreibt die Vor- und Nachteile unterschiedlicher Feuchteschutznachweisverfahren und zeigt die Neuerungen der deutschen Feuchteschutznorm DIN 4108-3 vom Oktober 2018 auf.

## 1. Einleitung

Will man die CO<sub>2</sub>-Emissionen im Bausektor wirksam reduzieren, dann sollten in möglichst vielen Gebäuden nachwachsende Bau- und Rohstoffe Anwendung finden. Während beispielsweise zur Herstellung von Massivbauteilen große Mengen an CO<sub>2</sub> emittiert werden, bleibt bei Baukonstruktionen aus nachwachsenden Rohstoffen das gebundene CO<sub>2</sub> aus der Wachstumsphase im Gebäude gespeichert. D. h. die Verwertung als Baustoff ist in Bezug auf die CO<sub>2</sub>-Bilanz wesentlich sinnvoller als z. B. die Nutzung als Brennstoff. Wichtig ist natürlich, dass dabei auch die Aspekte des Feuchteschutzes angemessen berücksichtigt werden, denn nur langlebige Bauteile speichern das CO<sub>2</sub> auch dauerhaft und sparen zudem Reparatur- und Sanierungskosten. Bei richtiger Planung und Ausführung hat der Einsatz von Bauteilen aus nachwachsenden Rohstoffen meist deutlich mehr Vorteile als Nachteile. Mithilfe der Neufassung der DIN 4108-3 zum klimabedingten Feuchteschutz vom Oktober 2018 lassen sich Bauteile generell wesentlich besser und schadensfreier bemessen als das mit dem 60 Jahre alten Glaserverfahren möglich ist.

## 2. Was bedeutet Feuchteschutz

Der Feuchteschutz dient neben der Hygiene für die Nutzer vor allem der Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit von Konstruktionen. Durch die Notwendigkeit der Energieeinsparung ist dessen Bedeutung weitergewachsen, denn mit der Verbesserung von Wärmedämmung und Gebäudedichtheit sind auch die Feuchtelasten gestiegen. Das liegt einerseits an der tendenziell höheren Raumluftfeuchte in dichten Gebäuden, andererseits nimmt durch die größeren Temperaturunterschiede zwischen innerer und äußerer Bauteiloberfläche die Gefahr von Tauwasserbildung zu. Da weniger Wärme aus dem Raum in der Gebäudehülle ankommt, kann weniger Wasser verdunsten, so dass unplanmäßig eingedrungene Feuchte, wie z. B. Tauwasser durch Luftkonvektion oder Baufeuchte, zu einem Schadensrisiko werden kann.

Vor der Auswahl geeigneter Feuchteschutzmaßnahmen ist eine Analyse der klimatischen Bauteilbeanspruchungen erforderlich. Weicht das Raumklima von den üblichen Verhältnissen in Wohn- oder Bürogebäuden ab, hat das häufig große Auswirkungen auf das Feuchteverhalten einer Konstruktion. Standardlösungen, wie sie in Normen, Verbandsrichtlinien oder Produktbeschreibungen zu finden sind, können hier Probleme bereiten. Das gleiche

gilt für Außenklimaverhältnisse, die vom bekannten Standardklima abweichen. Während den meisten Planern bewusst ist, dass eine Konstruktion in den Tropen anderen wärme- und feuchtetechnischen Belastungen ausgesetzt ist als in Mitteleuropa, ist die Wahrnehmung klimatischer Unterschiede innerhalb eines Landes oder einer Region häufig zu gering. Besonders verschattete Gebäude oder solche in Hochlagen, deren Oberflächen sich auch im Sommer nicht ausreichend erwärmen, sind besonderen Risiken ausgesetzt.

Neben der Dampfdiffusion aus dem Raum gibt es in der Praxis auch andere – manchmal wesentlich bedeutendere – Feuchtebeanspruchungen, wie z. B.:

- Tauwasser infolge von konvektiv einströmender Raumluft im Winter,
- Feuchtebeanspruchung durch Bau- und Sorptionsfeuchte,
- Schlagregenbeanspruchung,
- aufsteigende Grundfeuchte,
- Tauwasser von außen auf Grund von nächtlicher Unterkühlung oder durch Umkehrdiffusion bei Besonnung.

Die Gebrauchstauglichkeit und die Dauerhaftigkeit sowie das energetische Verhalten von Baukonstruktionen werden durch das Zusammenspiel von Feuchte- und Temperaturbeanspruchungen beeinflusst. Negative Auswirkungen, die vor allem durch zu hohe Feuchte oder zu rasche Temperatur- und Feuchtewechsel hervorgerufen werden, sind z. B.:

- feuchtebedingte Erhöhung des Heizenergieverbrauchs,
- Schäden durch physikalische Prozesse, z. B. Frost-Tau, Salzkristallisation,
- Schäden durch chemische Reaktionen, z. B. Korrosion,
- Schäden durch mikrobielles Wachstum, z. B. Algen, Pilze, Bakterien,
- Alterung oder Entfestigung durch Feuchtewechsel- (Quell- und Schwindvorgänge) sowie temperaturbedingte Verformungsprozesse.

Zur Beurteilung der Risiken von Feuchte in Bauteilen stehen dem Planer Methoden und Richtlinien unterschiedlicher Komplexität und Genauigkeit zur Verfügung auf die im Folgenden etwas näher eingegangen wird.

### **3. Methoden und Richtlinien zur Feuchteschutzbeurteilung**

Die Bauphysik hat sich im Wesentlichen aus experimentellen Untersuchungen und empirischen Erfahrungen entwickelt. Während numerische Rechenverfahren auf den Gebieten der Tragwerksplanung und der Energieoptimierung bereits seit langem zum Standardrepertoire von Bauingenieuren gehören, setzen sich Simulationsverfahren zur Beurteilung des feuchtetechnischen Verhaltens von Baukonstruktionen nur langsam durch. Gleichzeitig wird von vielen Planern nach wie vor die in den 50er Jahren von Glaser (1958) entwickelte, stationäre Dampfdiffusionsberechnungsmethode eingesetzt. Im Folgenden werden die Hintergründe beider Berechnungsmethoden kurz zusammengefasst.

#### **3.1. Dampfdiffusionsberechnung nach Glaser**

Das sog. Glaser-Verfahren betrachtet ausschließlich die Tauwassergefahr unter winterliche Bedingungen. Es arbeitet mit stationären Randbedingungen und vernachlässigt alle wärme- und feuchtetechnischen Speicherphänomene sowie den Feuchtetransport durch Kapillarleitung, die vor allem bei mineralischen Baustoffen und solchen aus nachwachsenden Rohstoffen eine große Rolle spielen. In der Fassung der DIN 4108-3 von 2014 wurden gegenüber früher neue Randbedingungen für die Tau- und für die Verdunstungsperiode eingeführt. Das neue Rechenverfahren nennt sich Periodenbilanzverfahren. Es geht davon aus, dass für die Tauwasserbildung und die anschließende Verdunstung in erster Linie die Winter- bzw. Sommermonate eine Rolle spielen, während die Übergangszeiten von untergeordneter Bedeutung sind. Deshalb werden die Diffusionsberechnungen nicht, wie in der DIN EN ISO 13788 Vorlage (2013) auf der Basis von Monatsmittelwerten durchgeführt. Stattdessen werden die Wintermonate zu einer 90-tägigen Tauperiode (Außenluftbedingungen  $-5\text{ °C}$ , 80% r.F.; Raumluftbedingungen  $20\text{ °C}$ , 50% r.F.) und die Sommermonate

zu einer 90-tägigen Verdunstungsperiode (Dampfdruck von Raum- und Außenluft 1200 Pa) zusammengefasst. Dadurch gelingt es, das neue Verfahren sehr ähnlich aussehen zu lassen, wie das alte.

Eine Anpassung dieser Randbedingungen an andere Gebäudenutzungs- oder Außenklimabedingungen ist unzulässig, da es sich beim Periodenbilanzverfahren um ein modellhaftes Nachweis- und Bewertungsverfahren handelt, das nicht die realen physikalischen Vorgänge in ihrer tatsächlichen zeitlichen Abfolge abbildet.

### 3.2. Hygrothermische Simulation

Bei der hygrothermischen Simulation wird das dynamische Temperatur- und Feuchteverhalten von Baukonstruktionen in Abhängigkeit von den wechselnden Randbedingungen realitätsnah abgebildet. Das hat den Vorteil, dass alle oben genannten Wärme- und Feuchtetransportphänomene sowie eventuelle Quellen und Senken in ihren Auswirkungen berücksichtigt werden können. Die Durchführung einer hygrothermischen Simulation ist allerdings komplizierter als eine Glaser-Berechnung und erfordert mehr Eingangsdaten, die nicht immer alle vorhanden sind. Außerdem sollte der Anwender eine gewisse Erfahrung im Umgang mit numerischen Berechnungsmethoden mitbringen. Die Möglichkeiten und Grenzen der hygrothermischen Simulation sowie ihre Anwendung zur Feuchteschutzbeurteilung sind Gegenstand der DIN EN 15026 (2007) „Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Bauteilen und Bauelementen – Bewertung der Feuchteübertragung durch numerische Simulation“. Sie basiert auf den Inhalten des WTA-Merkblatts 6-2 „Simulation wärme- und feuchtetechnischer Prozesse“ von 2001 (aktualisierte Fassung Dez. 2014).

### 3.3. Bedeutung für die Praxis

Seit dem Erscheinen der DIN EN 15026 ist die Akzeptanz und die praktische Anwendung von hygrothermischen Simulationsverfahren zur Feuchteschutzbeurteilung von Bauteilen stark angestiegen. In begründeten Fällen kann es weiterhin ausreichend sein, nur eine Glaser-Berechnung durchzuführen, allerdings müssen das zu beurteilende Bauteil und der geplante Einsatz auch dafür geeignet sein. Für jemanden, der bislang keine Erfahrungen mit hygrothermischen Simulationsverfahren sammeln konnte, ist es sinnvoll, zu Anfang beide Beurteilungsmethoden einzusetzen, um die Unterschiede und Gemeinsamkeiten zu eruieren.

Sowohl das Periodenbilanzverfahren nach Glaser als auch die hygrothermische Simulation durchgeführt gemäß DIN EN 15026 (2007) haben einen gravierenden Schönheitsfehler. Sie setzen voraus, dass Außenbauteile ohne jegliche Fehlstellen ausgeführt werden, d. h. die Möglichkeit von Feuchteinträgen durch Luftkonvektion oder Schlagregenpenetration wird nicht betrachtet. Das hat in der Vergangenheit häufig dazu geführt, dass Bauteile mit sehr diffusionshemmenden inneren und äußeren Schichten geplant wurden. Wenn dann doch eine gewisse Feuchte während der Bauphase oder im Betrieb in die Konstruktion eindrang, konnte dieses Wasser nur sehr langsam wieder austrocknen. Dadurch waren zahlreiche Schäden, insbesondere bei Holzkonstruktionen, zu verzeichnen. Die Holzschutznorm DIN 68800-2 (2012) hatte bereits darauf reagiert indem sie basierend auf Empfehlungen in Künzel (1999) und Borsch-Laaks et al. (2009) bei der Dampfdiffusionsberechnung die Berücksichtigung einer sog. Trocknungsreserve von 100 g/m<sup>2</sup> bei Wänden bzw. 250 g/m<sup>2</sup> bei Dächern fordert. Diese Trocknungsreserve wird zur errechneten Tauwassermenge addiert bevor diese mit der Verdunstungsmenge verglichen wird.

Das Prinzip der Trocknungsreserve zur Berücksichtigung von Konvektionseffekten ist auch auf die hygrothermische Simulation übertragbar und wurde dort auch schon erfolgreich angewendet (Künzel et al. 2010). Es ist auch in der Neufassung des WTA Merkblatts 6-2 von (2014) zur hygrothermischen Simulation enthalten. Dieses Merkblatt zeigt auch wie das Eindringen von Schlagregen durch kleine Fehlstellen in der Konstruktion (z.B. bei Fensteranschlüssen gedämmter Fassaden) rechnerisch behandelt werden kann, indem beispielsweise eine gewisse Menge des auf die Fassade auftreffenden Schlagregens in die Konstruktion eingebracht wird. Solche Prinzipien, die kaum vermeidbare Fehlstellen in der Konstruktion berücksichtigen, werden in Zukunft eine wesentlich größere Rolle spielen. Sie helfen bei der Planung feuchtetoleranter Bauteile, die selbst bei Anwesenheit kleiner

Fehlstellen schadensfrei bleiben. Umgekehrt können auch solche Konstruktionen identifiziert werden, die nur bei perfekter Ausführung und regelmäßiger Wartung dauerhaft funktionieren. Hier muss der ausführende Betrieb eine besondere Qualitätskontrolle vorsehen oder vom Architekten eine feuchtetechnische Nachbesserung seiner Planung verlangen.

## 4. Neuerungen in der DIN 4103-3 von Oktober 2018 gegenüber 2014

Die DIN 4103-3 von Oktober 2018 beschreibt zum ersten Mal explizit das dreistufige Verfahren zur Feuchteschutzbeurteilung von Baukonstruktionen. Der Nachweis der feuchtetechnischen Unbedenklichkeit von Baukonstruktionen kann im Prinzip mittels geeigneter Vorgehensweisen unterschiedlicher Komplexität (Stufe) durchgeführt werden. Die 1. Stufe ist die Auswahl einer nachweisfreien Konstruktion, die 2. Stufe der einfache Nachweis mithilfe des Periodenbilanzverfahrens und die 3. Stufe der Nachweis durch hygrothermische Simulation.

Damit wird klar ausgedrückt, dass die Auswahl einer nachweisfreien Konstruktion, die Beurteilung mithilfe des Periodenbilanzverfahrens (Glaserverfahren mit den Randbedingungen von 2014) und die Beurteilung durch hygrothermische Simulation nach Anhang D gleichberechtigt nebeneinanderstehen sofern für den jeweiligen Fall keine Einschränkungen in Hinblick auf die Anwendbarkeit gelten. Beispielsweise können die ersten beiden Stufen nur zur Beurteilung von Bauteilen für nicht klimatisierte Wohn- oder wohnähnlich genutzte Gebäude verwendet werden. Weitere Einschränkungen beziehen sich auf spezielle Bauteile, wie z.B. begrünte oder bekiesete Dachkonstruktionen, erdberührte Bauteile, Bauteile die an unbeheizte Räume angrenzen, etc..

### 4.1. Nachweisfreie Konstruktionen

Bei den nachweisfreien Konstruktionen wurden im Vergleich zur Version von 2014 inhaltlich nur geringe Anpassungen vorgenommen. Neu aufgenommen wurde die Dämmung von bestehenden Dachkonstruktionen von außen mit Umschlaufung der Sparren durch eine Schicht mit variablem  $s_d$ -Wert.

### 4.2. Nachweis mithilfe des Periodenbilanzverfahrens nach Glaser

Die Anwendungseinschränkungen dieser Nachweismethode wurden weiter präzisiert und ausgeweitet. Beispielsweise wurden neben Flachdächern mit Begrünung auch solche mit Bekiesung, Plattenbelägen oder Holzrosten ausgeschlossen. Dasselbe gilt für Holzdachkonstruktionen mit Metaldeckung oder ähnlich dichten Eindeckungen ohne Hinterlüftung der Eindeckung. Außerdem wurden zahlreiche Warnhinweise für Bauteile aufgenommen die durch Schichten mit  $s_d > 2$  m begrenzt sind. Auf die Einführung einer zusätzlichen Trocknungsreserve, wie in der DIN 68800-2 (2012), wurde verzichtet, aufgrund von Bedenken bezüglich der Allgemeingültigkeit dieser Vorgehensweise.

### 4.3. Nachweis durch hygrothermische Simulation

Eingaben, Durchführung der hygrothermischen Simulation und Ergebnisbewertungen sind im normativen Anhang D der DIN 4108-3 (2018) beschrieben. Der Inhalt dieses Anhangs umfasst:

- Allgemeines
- Klimadatensätze, raumseitige Randbedingungen und Oberflächenübergang
- Anfangsbedingungen, z. B. Rohbaufeuchte
- Feuchtequellen aufgrund von Luftkonvektion oder Schlagregenpenetration durch unvermeidbare Leckagen
- Beurteilung der Simulationsergebnisse
- Wahl geeigneter Simulationsverfahren, Fehlerkontrolle, Dokumentation

## 5. Schlussfolgerungen

Bis 2014 stand das Glaserverfahren in der Feuchteschutznorm DIN 4108-3 von 2001 absolut im Vordergrund bei der Feuchteschutzbeurteilung. Das hatte nicht nur den Nachteil, dass risikoreiche, beidseitig diffusionshemmende Konstruktionen den feuchtetechnischen Nachweis bestanden, während es in der Praxis bereits zahlreiche Schadensfälle gab. Die Norm stellte auch ein großes Innovationshemmnis und eine Benachteiligung ökologischer Bauweisen dar. Da mit dem Glaserverfahren weder feuchteadaptive bzw. feuchtevariable Dampfbremsen noch kapillaraktive Dämmstoffe abgebildet werden können, mussten Hersteller solcher Produkte auf die hygrothermische Simulation ausweichen ohne dafür aber eine ausreichende Unterstützung durch die Norm zu bekommen, d. h. es bestand immer ein gewisses Risiko sich in einer rechtlichen Grauzone zu bewegen. Ähnliches galt auch für Flachdächer mit Begrünung, die explizit von einem Nachweis mithilfe des Glaserverfahrens ausgenommen waren. Da das Glaserverfahren keinerlei Feuchtespeicherung durch Sorption kennt, die das Tauwasserrisiko reduziert, konnten auch die Vorteile von Baustoffen aus nachwachsenden Rohstoffen nicht berücksichtigt werden. Gleichzeitig war es aber auch nicht möglich das Risiko der Einbaufeuchteumlagerung im Temperaturgefälle bei solchen Stoffen zu beurteilen.

Durch die Fassung vom November 2014 wurde die hygrothermische Simulation als echte Alternative zur Feuchteschutzbeurteilung nach Glaser etabliert, allerdings ohne genauere Angaben zur Durchführung einer solchen Simulation in der Norm. Damit lag das Risiko für eine Fehlanwendung oder Fehlinterpretation der Ergebnisse nach wie vor beim Anwender. Erst durch die Neufassung von Oktober 2018 wurde die hygrothermische Simulation mithilfe eines normativen Anhangs der Glaser-Berechnung gleichgestellt bzw. sogar höher bewertet, da gleichzeitig eine ganze Reihe von Einschränkungen für den Feuchteschutznachweis nach Glaser aufgenommen wurden. Der größte Fortschritt bei der Feuchteschutzbeurteilung liegt jedoch in der Planbarkeit feuchtetoleranter Konstruktionen. Durch die Berücksichtigung von unvermeidbaren Fehlstellen in Form von Feuchteinträgen, die auch bei Konstruktionen auftreten, die nach dem Stand der Technik ausgeführt wurden, ist es möglich Bauteile so auszulegen, dass auch unter praktischen Bedingungen Feuchteschäden sehr unwahrscheinlich werden. Damit wird auch dem Dauerhaftigkeitsaspekt endlich genügend Rechnung getragen.

## 6. Referenzen

Ackermann, TH., Kießl, K. und Grafe, M. (2013). Systematische rechnerische Untersuchungen zur ergänzenden Absicherung vereinfachter nationaler Klima-Randbedingungen bei der Übernahme des Diffusionsnachweisverfahrens gemäß EN ISO 13788 in die nationale Feuchteschutznorm DIN 4108-3. *Bauforschung Band T3288*, IRB Verlag, Stuttgart.

Borsch-Laaks, R., Zirkelbach, D., Künzel, H. M., Schafaczek, B. (2009). Trocknungsreserven schaffen! – Konvektive Feuchtebelastung bei Holzbaukonstruktionen und ihre Beurteilung mittels Glaserverfahren. *Tagungsband 30. AIVC Conference*, Berlin.

DIN 68 800-2 (2012): Holzschutz – Vorbeugende bauliche Maßnahmen im Hochbau.

DIN EN 15026 (2007). Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Bauteilen und Bauelementen – Bewertung der Feuchteübertragung durch numerische Simulation.

DIN EN ISO 13788 (2013). Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Bauteilen und Bauelementen – Raumseitige Oberflächentemperatur zur Vermeidung kritischer Oberflächenfeuchte und Tauwasserbildung im Bauteilinneren – Berechnungsverfahren.

Glaser, H. (1958). Vereinfachte Berechnung der Dampfdiffusion durch geschichtete Wände bei Ausscheidung von Wasser und Eis. *Kältetechnik 10*, H. 11, S. 358 – 364 und H. 12, S. 386 – 390.

Künzel, H. M. (1999). Dampfdiffusionsberechnung nach Glaser – quo vadis? *IBP Mitteilung 26*, Nr. 355.

Künzel, H. M., Zirkelbach, D., Schafaczek, B. (2010). Berücksichtigung der Wasserdampfkongvektion bei der Feuchteschutzbeurteilung von Holzkonstruktionen. *wksb 55*, H. 63, S. 25 – 33.

WTA-Merkblatt 6-2 (2014). Simulation wärme- und feuchtetechnischer Prozesse.