
DIN 4108 versus DIN 13788

Hartwig M. Künzel, Holzkirchen

Zusammenfassung

Die gleichzeitige Existenz unterschiedlicher deutscher/europäischer Normen zu ähnlichen Themen löst in der Praxis manchmal Verwirrung aus, wenn es darum geht, welche Norm im Einzelfall gilt. Beim Feuchteschutz gibt es zwei europäische Normen, die die Voraussetzungen und Grundlagen jeweils eines Verfahrens zur Feuchteschutzbeurteilung beschreiben. Die DIN EN ISO 13788 beschreibt die Beurteilung mithilfe des Glaserverfahrens und die DIN EN 15026 mithilfe der hygrothermischen Simulation. Die DIN 4108-3 stellt die deutsche Anwendungsnorm für den klimabedingten Feuchteschutz dar. Sie bezieht sich sowohl auf die 13788 als auch auf die 15026, wobei sie die Anwendungsvoraussetzungen präzisiert und die jeweiligen Randbedingungen vorgibt. Im Fall der 13788 geht sie allerdings noch darüber hinaus, indem sie das Verfahren selbst modifiziert, d.h. sie macht aus einem Monatsbilanzverfahren ein solches mit Blockrandbedingungen, welches nur eine Tauwasserperiode und eine Verdunstungsperiode kennt.

Dieser Artikel fasst zusammen was Feuchteschutz bedeutet und welche Nachweisverfahren die DIN 4108-3 vorgibt. Dabei wird das dreistufige Nachweisverfahren der Norm und die jeweiligen Anwendungsbereiche genauer erläutert. Während die erste Stufe eine Liste nachweisfreier Konstruktionen enthält, beziehen sich die anderen beiden Stufen auf einen rechnerischen Nachweis entweder durch eine stationäre Dampfdiffusionsberechnung oder durch hygrothermische Simulation.

1 Einleitung

Der Feuchteschutz dient neben der Hygiene für die Nutzer vor allem der Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit von Konstruktionen. Durch die Notwendigkeit die CO₂-Emissionen im Bausektor wirksam reduzieren ist dessen Bedeutung weitergewachsen, denn mit der Verbesserung von Wärmedämmung und Gebäudedichtheit sind auch die Feuchtelasten gestiegen. Das liegt einerseits an der tendenziell höheren Raumlufffeuchte 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.

Weiterhin sollten in möglichst vielen Gebäuden nachwachsende Rohstoffe Anwendung finden, da bei Baukonstruktionen aus nachwachsenden Rohstoffen das gebundene CO₂ aus der Wachstumsphase im Gebäude gespeichert bleibt. Wichtig ist natürlich, dass dabei auch die Aspekte des Feuchteschutzes angemessen berücksichtigt werden, denn nur langlebige Bauteile speichern das CO₂ auch dauerhaft und sparen zudem Reparatur- und Sanierungskosten. Es kommt also immer mehr auf die richtige Feuchteschutzplanung und eine fachlich einwandfreie Ausführung an. Die deutsche Norm zur Feuchteschutzbeurteilung von Baukonstruktionen ist die DIN 4108-3 (2018). Sie enthält ein Beurteilungskonzept, das neben einer Liste von nachweisfreien Konstruktionen, die Möglichkeit eines rechnerischen feuchtetechnischen Nachweises enthält. Dieser kann sowohl mithilfe einer einfachen Dampfdiffusionsberechnung in Anlehnung an die DIN EN ISO 13788 (2012) durchgeführt werden als auch durch eine hygrothermische Simulation erfolgen. Da es je nach Bauteilart und Randbedingungen bestimmte Einschränkungen bei der Zuverlässigkeit der Beurteilungsmethoden gibt, werden in der DIN 4108-3 entsprechende Hinweise zu deren Auswahl gegeben.

2 Was bedeutet Feuchteschutz

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 Nord- oder Südeuropa 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 Feuchtwechsel 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 Feuchtwechsel- (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 °C , 80% r.F.; Raumluftbedingungen 20 °C , 50% r.F.) und die Sommermonate zu einer 90-tägigen Verdunstungsperiode (Dampfdruck von Raum- und Außenluft 1.200 Pa) zusammengefasst. Dadurch gelingt es, das neue Verfahren sehr ähnlich aussehen zu lassen, wie das alte.

Der Vergleich mit den früheren Blockrandbedingungen zeigt nur bei der Außenlufttemperatur eine leichte Anhebung von -10 °C auf -5 °C . Allerdings ist die Tauperiode bei den neuen Randbedingungen um 50 % länger. Bei der Verdunstungsperiode wird darauf verzichtet, die Temperaturen und relativen Luftfeuchten anzugeben. Hier werden nur noch die Wasserdampfpartialdrücke als Randbedingungen definiert. Das hat den Vorteil, dass es auf dem Papier nicht mehr zu einer Überschneidung von Dampfdruck und Sättigungsdampfdruck kommen kann. Die inneren und äußeren Wasserdampfpartialdrücke sind wie bisher gleich groß. Sie wurden jedoch von 982 Pa auf 1.200 Pa angehoben, was beispielsweise bei einer Luftfeuchte von 70% einer Temperatur von ca. 15 °C entspricht. Ebenfalls angepasst wurden die Partialdrücke in den Tauwasserebenen für Wände und Dächer (1.700 Pa bzw. 2.000 Pa). Vergleichsuntersuchungen mit alten und neuen Randbedingungen in Ackermann et al. (2013) haben für verschiedene Wand- und

Dachkonstruktionen im Großen und Ganzen ähnliche Beurteilungen ergeben. Allerdings gibt es auch Beispiele für unterschiedliche Ergebnisse. Wenn beispielsweise in einer Konstruktion erst bei Außentemperaturen unter -5 °C Tauwasser ausfällt, dann sind die alten Randbedingungen kritischer. Fällt Tauwasser über -5 °C aus, dann können die neuen Randbedingungen etwas kritischer sein, weil die Tauperiode länger andauert. 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.

Die DIN 4108-3 hat in ihrer aktuellen Form vom Oktober 2018 die Vorgaben für die Glaserberechnung in der DIN EN 13788 nur in stark abgewandelter Form umgesetzt. Ein Grund war hier das bisherige Bewertungsverfahren, das eine Tauwassermenge und eine Verdunstungsmenge ausweist, die miteinander verglichen werden. Dabei sollte die Verdunstungsmenge die Tauwassermenge möglichst deutlich überschreiten. In der DIN 68800-2 (2013) wird zur Tauwassermenge noch eine Trocknungsreserve addiert, bevor diese Summe mit der Verdunstungsmenge verglichen wird. Die Trocknungsreserve dient dazu kleine Feuchteinträge durch Kriechströmungen und die Auswirkungen der Anfangsfeuchte zu berücksichtigen. Das zeigt, dass die errechnete Verdunstungsmenge einen theoretischen Wert darstellt, der physikalisch nicht begründbar ist. Es ist schlichtweg ausgeschlossen, dass aus einer anfangs völlig trockenen Konstruktion mehr Wasser verdunstet als vorher in Form von Tauwasser dort angefallen ist.

Deshalb wird in der DIN EN ISO 13788 völlig anders vorgegangen. Dort wird für jeden Monat untersucht ob es irgendwo in der Konstruktion Tauwasserbildung gibt und deren Menge berechnet. Wenn es zwei oder mehr Tauwasserebenen gibt ist jede individuell zu bilanzieren. Im nächsten Monat werden die Dampfdrücke in den Tauwasserebenen des Vormonats auf den dort geltenden Sättigungsdampfdruck gesetzt. Falls es jetzt in einer Tauwasserebene zu einer Verdunstung kommt, wird genau berechnet wohin dieses Wasser wandert. Trocknet das Wasser in der betrachteten Tauwasserzone während des Monats aus muss bestimmt werden wann dies passiert und der Monat wird unterteilt in eine Periode mit Tauwasser in der betrachteten Ebene (Dampfdruck = Sättigungsdampfdruck) und eine Periode ohne Tauwasser in dieser Ebene. Es kann natürlich sein, dass sich in derselben Konstruktion in einer Tauwasserebene weiteres Tauwas-

ser bildet während in einer anderen Tauwasserebene bereits Verdunstung stattfindet. Es kann auch sein, dass das Wasser in einer Ebene schneller austrocknet als in einer anderen Ebene. In diesem Fall muss der Monatsschritt weiter unterteilt werden und der oben beschriebene Vorgang für beide Ebenen angepasst werden. Diese etwas komplizierte Prozedur muss für alle Monate durchgeführt werden und am Ende sind die akkumulierten Mengen zu erfassen und mit den vorgegebenen Grenzwerten zu vergleichen. Außerdem ist der Monat zu ermitteln in dem das gesamte Tauwasser wieder verdunstet ist. Im Vergleich zum Glaserverfahren mit den Blockrandbedingungen ist die Methode in der DIN EN ISO 13788 wesentlich aufwändiger und im Prinzip per Hand nicht mehr durchführbar. Da es sich jedoch weiterhin um ein stationäres Verfahren handelt, das weder die Feuchtespeicherung noch den Flüssigtransport berücksichtigt, sind die Ergebnisse nicht wesentlich genauer als beim vereinfachten Periodenbilanzverfahren in der DIN 4108-3.

Zwei Unterschiede zwischen den Glaserverfahren in der DIN EN ISO 137788 und der DIN 4108-3 sind jedoch geeignet deutlich voneinander abweichende Beurteilungen zu liefern. Der erste Unterschied betrifft die äußeren Randbedingungen bei Dächern. In der DIN 4108-3 beträgt der Dampfdruck während der Verdunstungsperiode im Tauwasserbereich 2000 Pa (bzw. 1700 Pa bei verschatteten Dächern oder solchen mit hellen Dachoberflächen) gegenüber 1200 Pa in der Außen- und in der Raumluft. D.h. es besteht ein relativ hohes Dampfdruckgefälle zwischen dem Inneren des Bauteils und den Umgebungsbedingungen, was den Austrocknungsprozess stark befördert. Im Gegensatz dazu muss die äußere Oberflächentemperatur, die der Temperatur des Tauwasserbereichs sehr ähnlich ist (i.d.R. befindet sich dieser Bereich direkt unter Dachoberfläche) in der DIN EN 13788 für jeden Monat aus der Außenlufttemperatur und den Ein- und Abstrahlungsverhältnissen berechnet. Daraus ergibt sich die sog. äquivalente Außentemperatur, die im Fall von reflektierenden (hellen) Dachoberflächen sogar unter der Außenlufttemperatur liegen kann. Als Vereinfachung darf man auch annehmen, dass diese Äquivalenttemperatur im Monatsmittel 2 K unter der Außenlufttemperatur liegt. Damit ergibt sich in den Sommermonaten in den meisten Fällen ein deutlich kleineres Dampfdruckgefälle zwischen dem Tauwasserbereich und der Umgebung als bei den Randbedingungen der DIN 4108-3. Das bedeutet auch, dass nach DIN EN ISO 13788 viele Dächer durchfallen würden, die das Periodenbilanzverfahren in der DIN 4108-3 bestehen. Deshalb sind z.B. begrünte und bekiesete sowie durch Holzroste verschattete Dachkonstruktionen von der Beurteilung mithilfe des Periodenbilanzverfahren ausgeschlossen.

Der zweite Unterschied betrifft die Ermittlung des Austrocknungspotentials von Bauteilen deren äußere und innere Begrenzungsschichten s_d -Werte über 2 m aufweisen. Dazu empfiehlt die DIN EN ISO 13788 in Ziffer 7 die Berechnung der Austrocknungsdauer einer Wassermenge von 1000 g/m^2 , die in die Mitte einer Bauteilschicht eingebracht wird. Anschließend soll das normale Monatsbilanzverfahren solange angewandt werden (längstens 10 Jahre) bis das eingebrachte Wasser vollständig ausgetrocknet ist. Diese Verfahren erinnert an die Berücksichtigung der Trocknungsreserve von 250 g/m^2 bei Dächern (100 g/m^2) bei Wänden in der DIN 68800-2. Die DIN 4108-3 enthält eine solche Vorgabe für das Periodenbilanzverfahren nicht. Dafür wird explizit darauf hingewiesen, dass bei den o.g. Konstruktionen ein besonderes Risiko durch zusätzlich eingetragene Feuchte besteht, welches mithilfe des Periodenbilanzverfahrens nicht abgeschätzt werden kann. D.h. der Anwender muss selbst überlegen ob er gewillt ist dieses Risiko zu tragen.

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 feuchte-technisches 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 Menge Feuchte während der Bauphase oder im Betrieb in die Konstruktion eindrang, konnte dieses Wasser nur 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^2 bei Wänden bzw. 250 g/m^2 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. Außerdem sind in beiden Fällen die Vorgaben des Schlagregenschutzes zu erfüllen. 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 Holzrostern ausgeschlossen. Dasselbe gilt für Holzdachkonstruktionen mit Metalldeckung 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, da Modelle zur Beschreibung

von konvektiven Phänomenen, aus Sicht einiger Ausschussmitglieder, nicht mit einem rein stationärem Diffusionsverfahren vereinbar sind.

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

Für den Praktiker bedeutet das Einhalten der Vorgaben in diesem Anhang ein geringeres Risiko durch ungeeignete Eingaben oder zu optimistische Annahmen einer Fehlbeurteilung zu unterliegen. Gleichzeitig kann der erfahrene Anwender in begründeten Fällen von den Vorgaben abweichen um beispielsweise realistische Aussagen zu bereits bestehenden Bauteilen treffen zu können, wenn es darum geht ob eine akute Versagensgefahr besteht, bzw. ob ggf. eine spezielle Lüftung vorzusehen ist, die die Raumluftheuchte zuverlässig begrenzt.

5 Schlussfolgerungen

Bis 2014 stand das Glaserverfahren in der DIN 4108-3 (2001) absolut im Vordergrund bei der Feuchteschutzbeurteilung. Das hatte nicht nur den Nachteil, dass risikoreiche, beidseitig diffusionshemmende Konstruktionen den feuchtechnischen 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 Feuchteschnachweis 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.

Literaturverzeichnis

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] DIN 68 800-2 (2012): Holzschutz – Vorbeugende bauliche Maßnahmen im Hochbau.
- [4] DIN EN 15026 (2007). Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Bauteilen und Bauelementen – Bewertung der Feuchteübertragung durch numerische Simulation.

- [5] DIN EN ISO 13788 (2013). Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Bauteilen und Bauelementen – Raumseitige Oberflächentemperatur zur Vermeidung kritischer Oberflächenfeuchte und Tauwasserbildung im Bauteilinneren – Berechnungsverfahren.
- [6] 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.
- [7] Künzel, H. M. (1999). Dampfdiffusionsberechnung nach Glaser – quo vadis? *IBP Mitteilung* 26, Nr. 355.
- [8] Künzel, H. M., Zirkelbach, D., Schafaczek, B. (2010). Berücksichtigung der Wasserdampfkonvektion bei der Feuchteschutzbeurteilung von Holzkonstruktionen. *wksb* 55, H. 63, S. 25 – 33.
- [9] WTA-Merkblatt 6-2 (2014). Simulation wärme- und feuchtetechnischer Prozesse.