



Diskurs

pro clima Fachpublikationen

Sicheres Feuchte-
management
für Flachdächer
in Holzbauweise



Ausgabe Nr. 1



Alles. Einfach. Klar.

Sicheres Feuchtemanagement für Flachdächer in Holzbauweise

Die frühere, einfache Denk- und Arbeitsweise: Wenn aussen dicht, dann innen dicht, ist heute nicht mehr gültig. Heute sind wir konfrontiert mit anderen Regelungen, welche sich erst noch einprägen müssen, damit alles wieder einfach, greifbar und umsetzbar wird. Bis dahin gilt es die entsprechende Aufmerksamkeit und Achtsamkeit mitzubringen. Wenn man sich der Auswirkungen von Planung und Ausführung bewusst ist, dann ist tatsächlich alles einfach und klar. Beim Flachdach stellen sich mehrere Fragen: In welchem Rahmen bewege ich mich mit meiner Konstruktion? Was macht eine Konstruktion sicher? Welche Konstruktionen

bergen Risiken in sich? Wie geht man mit Risiken beim Feuchtemanagement um?

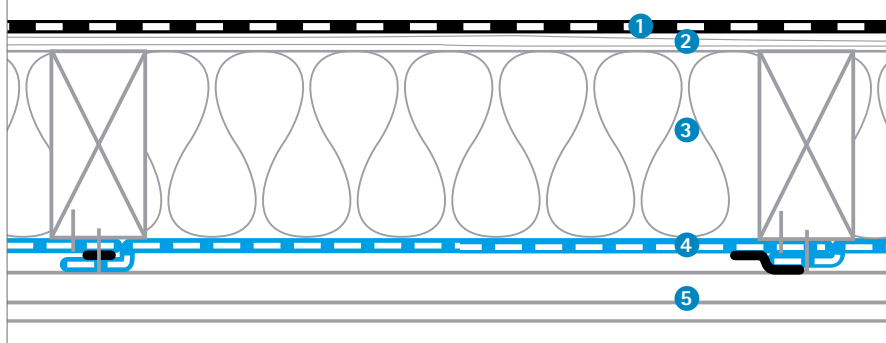
Neue Regeln in DIN 68800-2 oder 100 Meter versus Feuchtevariabilität

Die zulässigen Feuchtegehalte für Holz und Holzwerkstoffe werden in unterschiedlichen Normen beschrieben. Für die wärme- und feuchtetechnische Bemessung eines Bauteils wird in der Regel die Normenreihe DIN 4108 – Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden – herangezogen. Dort erfolgt die Berechnung von Wärme- und Feuchteschutz nach dem Glaser-

verfahren. Die Grenzwerte für die Feuchte sind dort für Holz ($\leq 20\%$) und Holzwerkstoffe (je nach Nutzungsklasse $\leq 18\%$) geregelt. Eine Bemessung des Bauteils war nicht in jedem Fall erforderlich. Bis zur Veröffentlichung der aktuellen Ausgabe im November 2014 fand man in DIN 4108-3 auch für unbelüftete Flachdächer mit äußerer Abdichtung nachweisfreie Konstruktionen. Nachweisfrei galten bisher unbelüftete Konstruktionen, wenn sie mit einer inneren diffusionshemmenden Schicht mit s_d -Wert ≥ 100 m ausgeführt wurden. Die Neufassung der DIN 4108-3, 2014-11, kennt diese Definition nicht mehr. Die übliche unbelüftete Ausfüh-



Flachdachkonstruktion nach DIN 68800-2, Bild A.20, Holzkonstruktion kann in GKO eingeordnet werden



- 1 diffusionsdichte Dachabdichtung, dunkel, unverschattet
- 2 Holzschalung oder Holzwerkstoffplatte
- 3 faserförmiger Gefachdämmstoff in Konstruktionsebene
- 4 feuchtevariable Dampfbremse mit AbZ, z.B.: pro clima INTELLO
- 5 diffusionsoffener Innenausbau

rung mit Vollsparrendämmung ohne Hinterlüftung wurde dort nun zur nachweispflichtigen Konstruktion.

Welche Konstruktionen gelten heute als nachweisfrei?

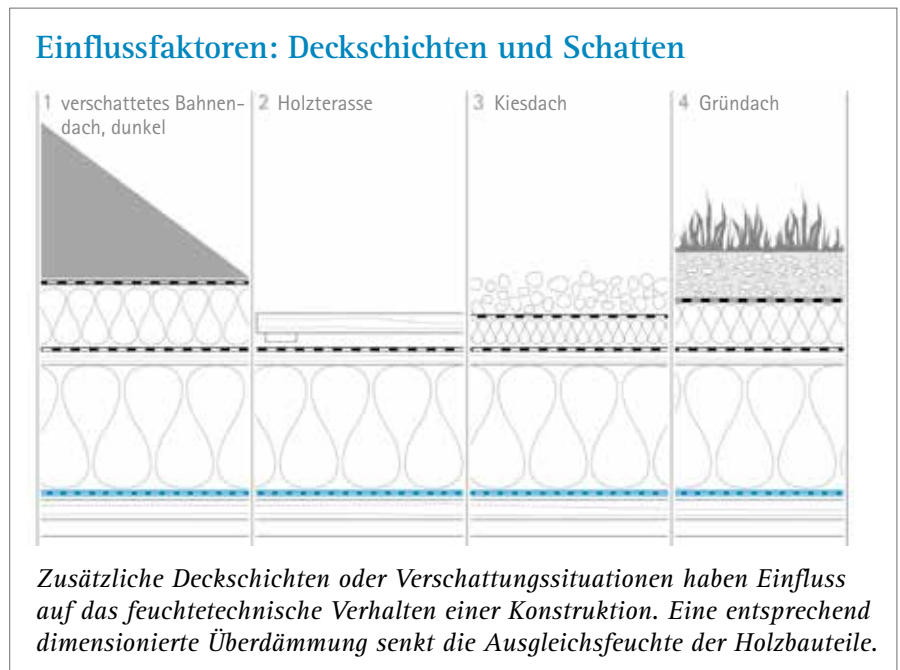
Was gemäß DIN 4108-3 mit der früheren Definition »100 m« nachweisfrei war, hat in der Bauwirklichkeit zu Bauschäden geführt. Dies haben sich die »Hölzernen« schon seit Längerem zu Herzen genommen und erforscht. Schon 2008 wurde durch den Informationsdienst Holz mit der Broschüre zu Flachdächern in Holzbauweise darüber informiert, dass die 100 m nicht mehr Stand der Technik waren.

Zahlreiche Forschungsvorhaben sind im Bereich Holzbau und Flachdach durchgeführt worden und haben neue Erkenntnisse erbracht. In unterschiedlichsten Veranstaltungen und Publikationen wurden die Ergebnisse diskutiert und veröffentlicht. Vieles aus der Forschung und Gutachterpraxis ist dann in die Novellierung der Holzschutznorm eingeflossen. Nachweisfreie Konstruktionen für die unbelüfteten Flachdächer sind heute der DIN 4108-3:2014-11 unbekannt. In der Bewertung von Konstruktionen ist auch der konstruktive Holzschutz nach DIN 68800-2 zu beachten, sind ja die »nachweisfreien« durch zu hohe Holzfeuchte in die Knie gegangen.

Der Holzschutz kennt jedoch nur den Bezug zum Material und dessen Ausgleichsfeuchte im Umgebungsmilieu. Mit der Ausgleichsfeuchte wird das Material in die entsprechende Gebrauchsklasse (früher Gefährdungsklasse) eingeordnet. In diesem Sinne sind Bauteile sicher, deren Hölzer in die GKO (Gebrauchsklasse 0 - kein chemischer Holzschutz erforderlich) eingeordnet werden können. Im Hinblick auf die Bauteilsicherheit stellt DIN 68800-2 sogar noch höhere Anforderungen als DIN 4108-3. Bauteilsicherheit wird in DIN 4108-3 dadurch festgelegt, dass das anfallende Tauwasser wieder komplett austrocknen muss und Grenzwerte a) an der

Tauwasserebene und b) der Feuchtezunahme der Baustoffe eingehalten werden. Es gibt keine Reserve bei unplanmäßigen Feuchteinträgen, es genügt ein komplettes Verdunsten der rechnerischen Feuchte. Im Zweifelsfall können also Tauwasser- und Verdunstungsmenge identisch sein und die Konstruktion wäre nach DIN 4108-3 in Ordnung. Die Frage nach der Baupraxis und der Bauteilsicherheit bleibt offen.

Gemäß der Holzschutznorm DIN 68800-2 sind Trocknungsreserven einzuhalten. Beim Nachweis mit dem Glaserverfahren sind dies bei Dächern $250 \text{ g/m}^2\text{a}$ und bei Decken und Wänden $100 \text{ g/m}^2\text{a}$. Hiermit werden restliche Undichtheiten in der Luftdichtheitsebene und damit unplanmäßige Feuchtigkeitseinträge berücksichtigt. Wird die Konstruktion mit numerischer Simulation nachgewiesen, wird bei der Simulation mit der geplanten Luftdichtheitsklasse der Gebäudehülle gerechnet. Eine Überprüfung der Ausführungsqualität der Luftdichtheitsebene mit einer Differenzdruckmessung, z. B. Blower Door, ist bei beiden Planungsansätzen empfehlenswert. In die Gk0 können



nach DIN 68800-2:2012-02, Hölzer der Flachdachkonstruktionen nach Bild A.20 unter scharfen Randbedingungen zur Planung und Ausführung eingeordnet werden. Auf Grund früherer Bauschäden durch die »100 m-Bahnen« wurden die Grenzen für GKO-Konstruktionen ohne rechnerischen Nachweis sehr eng gezogen (Info-Block unten). Für die Baupraxis erscheint daher eine Bestätigung des Feuchteschutzes, mit dessen Randbe-

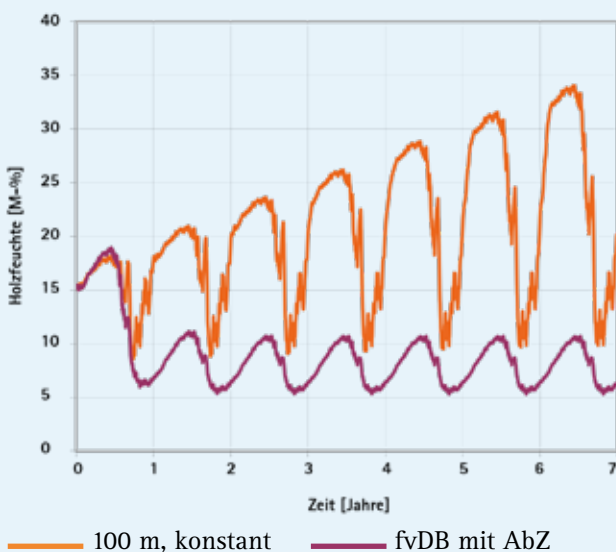
dingungen, unabdingbar um sowohl eine sorgfältige Planung als auch eine sorgfältige Ausführung und damit ein schadensfreies Bauteil zu erreichen.

Bauaufsichtlicher Verwendbarkeitsnachweis

Feuchtevariable, diffusionshemmende Schichten benötigen gemäß 68800-2, 7.5, einen bauaufsichtlichen Verwendbarkeitsnachweis.

Feuchteverlauf in Holzschalung über 7 Jahre

Vergleich nachweisfrei alt zu GKO neu



GKO nach DIN 68800-2

Unter anderem zählen folgende Punkte nach DIN 68800-2 zu den Regeln für ein sicheres Bahndach in Holzbauweise:

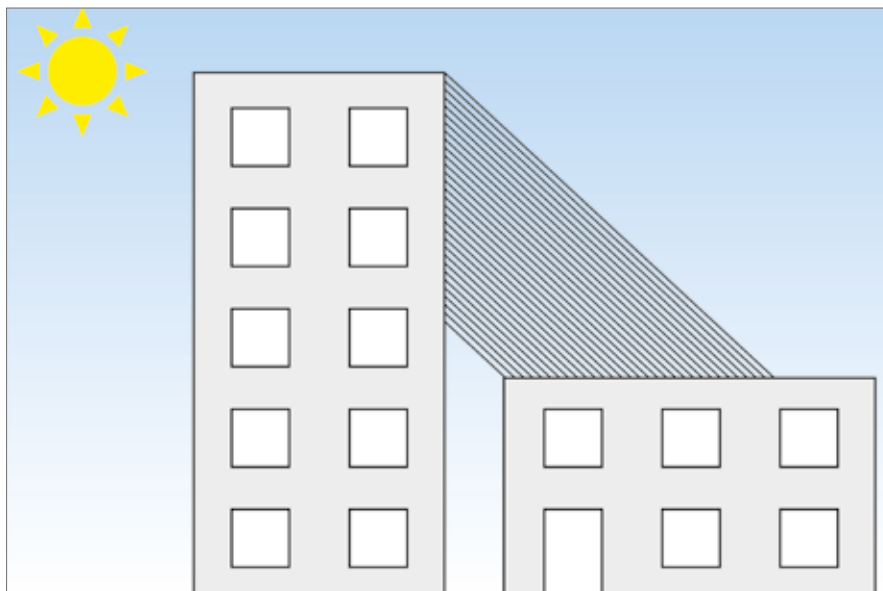
- ✓ geneigte Dachfläche, Dachneigung: $\geq 2^\circ$ bzw. $\geq 3\%$
- ✓ dunkle Abdichtungsbahn mit einer Strahlungsabsorption $\geq 80\%$, verschattungsfrei
- ✓ keine Deckschichten, nur reines Bahndach (Kies-, Gründach, Terrassen jeweils nach rechnerischem Nachweis)
- ✓ nur mit feuchtvariabler Dampfbremse bauaufsichtlichem Verwendbarkeitsnachweis
- ✓ sorgfältige Planung und Ausführung der Luftdichtheitsebene (eine Qualitätskontrolle ist bei allen Ausführungen empfehlenswert)
- ✓ raumseitige Bekleidungen/Beplankungen mit einem s_d -Wert $\leq 0,5 \text{ m}$
- ✓ vorgefertigte Dachelemente

Vergleich der ehemaligen nachweisfreien Konstruktion nach DIN 4108-3, 2001-07, mit GKO-Klassifizierung nach DIN 68800-2, 2012-02. Vergleich der Feuchtigkeit innerhalb der oberen Beplankung, Massivholzschalung, bei Einsatz einer Dampfbremse mit konstantem s_d -Wert 100 m und feuchtevariabler Dampfbremse (fvDB) mit AbZ gemäß DIN 68800-2.

Die Berechnung des Feuchteschutzes für das Bauteils wird dann, bei Verwendung von feuchtevariablen Dampfbremsen, mit numerischer Simulation durchgeführt. Nach Norm müssen diese über einen bauaufsichtlichen Verwendbarkeitsnachweis verfügen. Diese Anforderung können nur wenige Bahnen am Markt erfüllen. Sind dann unbelüftete Konstruktionen gar nicht mehr machbar? Im Vergleich zu belüfteten Konstruktionen, deren Wohl und Wehe von der vollumfänglich funktionierenden Belüftung abhängig ist, sind gerade unbelüftete Konstruktionen mit überwachten, feuchtevariablen Dampfbremsbahnen als die sichersten anzusehen. Der Feuchteschutz muss wie bei allen Konstruktionen in Augenschein genommen werden. Um die Materialeigenschaften und die Leistungsfähigkeit von feuchtevariablen Dampfbremsen berücksichtigen zu können, wird das Bauteil mittels numerischer Simulationsverfahren, wie z. B. WuFi oder Delfin, realitätsnah berechnet.

Verschattungen und deren Auswirkungen

Warum sind nur unverschattete Konstruktionen nachweisfrei? Was passiert im Winter und im Sommer? Welchen Einfluss hat Schattenwurf auf die Konstruktion? In der Natur wird immer ein Gleichgewichtszustand angestrebt. Sie versucht Ungleichgewichte zu bereinigen und auszugleichen. Dies ist auch der Antrieb für alle inneren Vorgänge in einem Bauteil, wie zum Beispiel der Diffusion. Ziel ist ein ausgeglichener Zustand des Bauteils, ein Gleichgewicht der Kräfte. Um diesen Ausgleich zu erreichen, entsteht innerhalb eines Bauteils ein Diffusionsstrom, welcher von der energiereichen zu energiearmen Seite strebt. Daher bewegt sich sowohl der Wärmestrom als auch der Feuchtestrom von der Warmseite zur Kaltseite der Konstruktion und sucht den Ausgleich – das Gleichgewicht. Die verschiedenen Materialschichten



Verschattung durch Bausituation führt zu einer Addition der negativen Einflüsse: tagsüber reduzierte Erwärmung durch Schattenwurf, nachts keine Reduzierung der nächtlichen Abstrahlung

geben innerhalb der Konstruktion Wärme und Feuchte im ständigen Wechseln weiter. Auf der Kaltseite angelangt, wird nun der Ausgleich/Entfeuchtung mit dem umgebenden Raum gesucht. Bei diffusionsoffenen Konstruktionen mit feuchtevariablen Dampfbremsen stehen beide Bauteiloberflächen (innen und außen) für den Ausgleich/Entfeuchtung im Sommer zur Verfügung. Nach aussen hin diffusionshemmenden oder -dichten Konstruktionen steht nur eine Bauteiloberfläche für die Austrocknung zur Verfügung: die innere. Daher muss bei diesen Konstruktionen diese eine verbleibende Bauteiloberfläche optimal genutzt werden können.

Die dampfdiffusionshemmende Schicht, welche im Winter erhöhten Feuchteeintrag in die Konstruktion verhindert, steht nun der Entfeuchtung im Weg. Im Bauteil befindliche Feuchte staut sich an Dampfbremsen mit höherem und konstantem s_d -Wert und kann als sogenanntes Sommerkondensat sichtbar werden. Eine feuchtevariable Dampfbremse senkt jedoch in diesem Fall ihren s_d -Wert und öffnet der Feuchtigkeit den Weg aus dem Bauteil heraus.

Um der Rücktrocknung wenig Widerstand entgegen zu stellen, ist in der Norm der s_d -Wert der raumseitigen Bekleidungen auf 0,5 m begrenzt. Denn auch hier gilt der natürliche



Auswirkung eines Wanderschattens von einem Kamin auf einem Flachdach

Grundsatz: je weniger Widerstand, desto schneller die Bewegung.
 Ein weiterer Punkt für die Rücktrocknung ist der zur Verfügung stehende Antrieb. Der kräftigste Diffusionsstrom entsteht bei ungehindertem Energieeintrag durch direkte Besonnung der Außenoberfläche des Bauteils. Für Konstruktionen, deren Hölzer in die GKO eingeordnet werden, muss gemäß DIN 68800-2 die größte Sicherheit vorhanden sein, welche nur durch unverschattete Konstruktionen erreicht wird. Der Schatten raubt Energie, die für die Umkehrdiffusion benötigt wird. Bei der Verschattung gibt es verschiedene Arten, welche in verschiedener Weise Auswirkungen auf das darunter liegende Bauteil haben. Man kann drei verschiedene Schattenarten anhand ihrer Effekte unterscheiden:

Wand-Effekt

Eine senkrechte Fläche verhindert den Einfall von kurzwelligem Sonnenstrahlen auf das nach außen hin diffusionsdichte Bauteil. Kurzwellige Strahlen sind, wie bei einem Mikrowellenherd, für das Aufheizen maßgeblich. Die Strahlung wird aber von der schattenbildenden Fläche entweder absorbiert oder reflektiert. Die Bauteiloberfläche kann sich nur durch die Lufttemperatur und die Globalstrahlung erwärmen. In der Nacht versuchen Bauteiloberflächen einen Ausgleich ihrer Oberflächentemperaturen mit dem Gegenüber zu erreichen, dem sehr kalten Weltall. Es entsteht eine langwellige Abstrahlung,

welche das Bauteil abkühlt. Bei der Verschattung »Wand-Effekt« addieren sich Tag und Nacht mit ihren negativen Einflüssen auf die Konstruktion. Tagsüber wird die direkte solare Einstrahlung durch den Schattenwurf komplett unterbunden, und nachts wird die langwellige Abstrahlung nicht verhindert. Schlechte Erwärmung plus optimale Auskühlung erzeugt das höchste Bauschadensrisiko für das Bauteil.

Sonnenschirm-Effekt

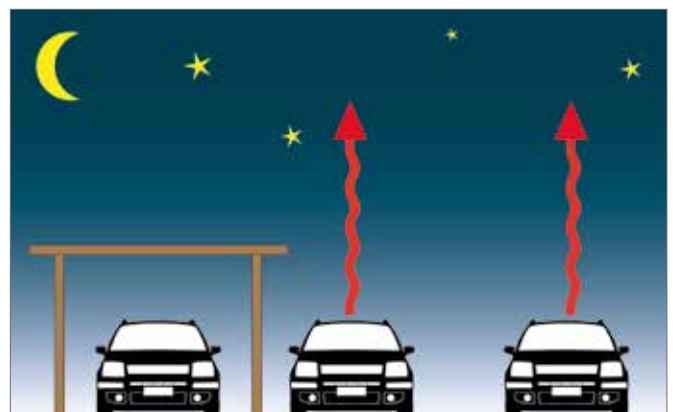
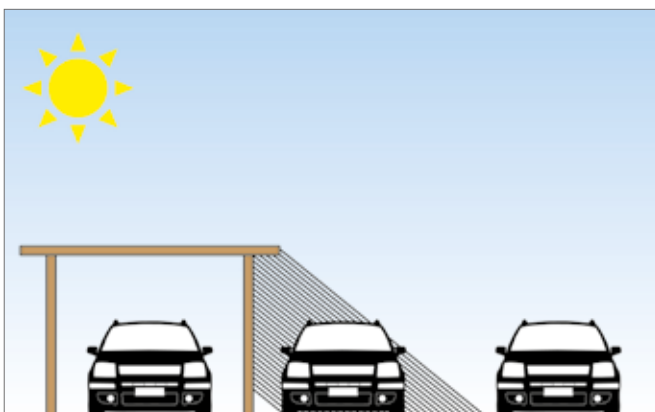
Eine schräg stehende Fläche erzeugt Schatten auf der Bauteiloberfläche. Je nach Neigung und Abstand der schattenerzeugenden Fläche zum Bauteil wird die direkte Strahlung komplett unterbunden oder zu mindest verringert. Durch die Schrägstellung können während des Tages schon, im Hinblick auf die Bauteilerwärmung, positive Effekte auftreten, wie z. B. rückseitige Wärmestrahlung und Erhöhung des Einflusses der indirekten Strahlung. Positive Effekte sind ggf. auch in der nächtlichen Situation zu verzeichnen. Deren Größe und Einfluss ist wie tagsüber abhängig von Neigung und Abstand der schattenerzeugenden Fläche. Es kann sich ein Wechselspiel zwischen positiven und negativen Einflüssen einstellen, welche unter Umständen ausgleichend wirken.

Carport-Effekt

Erzeugt eine dem Dach parallele Fläche den Schatten ist der direkte,

solare Energieeintrag reduziert. In Abhängigkeit der Art und des Abstandes der parallelen Fläche trifft nur bedingt bis keine direkte Strahlung auf die Bauteiloberfläche auf. Durch die Aufheizung des Deckbelags kann sich jedoch eine Wärmestrahlung auf das darunter liegende Bauteil einstellen. In der Nacht hat eine dachparallele Fläche Einfluss auf die langwellige Abstrahlung. Die nächtliche Abkühlung wird reduziert. Das Dach erwärmt sich damit nicht so stark wie eine unverschattete Konstruktion, kühlt jedoch im Gegenzug in der Nacht nicht so stark ab. Es können ausgeglicheneren Verhältnisse entstehen. Deckschichten wie Kies, Steine, Substrate bei Dachbegrünung oder auch Terrassenbeläge schränken ebenso die Sonneneinstrahlung ein, andererseits verändern sie ebenso das Auskühlverhalten während der nächtlichen Abstrahlungsphase. Daher müssen Bauteile mit Deckschichten immer mit einem Nachweis überprüft und bestätigt werden.

Was ist zu tun, wenn die solare Einstrahlung vermindert ist? Wieder kommt das natürliche Verhalten des Kräfteausgleichs ins Spiel: Das Streben nach Gleichgewicht. Das Holz und die Holzwerkstoffe stellen sich bei entsprechendem Umgebungsklima auf eine stoffspezifische Ausgleichsfeuchte ein, abhängig von der jeweiligen relativen Luftfeuchte - also immer im Bezug zwischen Temperatur und absoluter Feuchte. Je wärmer die Bauteilschicht, desto niedriger ihre Ausgleichsfeuchte. Durch diesen physikalischen Effekt



kann man in einem gewissen Rahmen Lösungen für Flachdachkonstruktionen erarbeiten. Im Regelfall wird demzufolge auf der Oberseite der oberen Beplankung eine zusätzliche Dämmebene aufgelegt, welche dann zur Erhöhung der Schichttemperatur führt und damit zu geringeren Ausgleichsfeuchten, bzw. Senkung der relativen Luftfeuchte. Falls eine Überdämmung zum Einsatz kommt, wird im Allgemeinen auch eine zusätzliche diffusionshemmende Schicht mit s_d -Wert ≥ 100 m empfohlen. Durch diese Maßnahme werden zwei Effekte erreicht:

- 1) Der Diffusionsstrom wird unterbrochen. Diffusion (und auch Konvektion) findet nur bis zu dieser Schicht hin statt. Durch diese Unterbrechung kann sich in der Überdämmung keine Feuchte aufschaukeln. Ein Aufschaukeln kann erfolgen bei schaumförmigen Dämmstoffen, welche diffusionsträge reagieren oder bei Beplankungen mit einem höheren s_d -Wert.
 - 2) Der »Rückweg« der Feuchte zum Raum hin ist so kurz wie möglich. Je größer der Anteil der außen-seitigen Masse ist, desto träger ist die Reaktion des Bauteils.
- Ziel ist immer, den Rückweg der Feuchte kurz zu halten, sowohl in der Betrachtung der s_d -Werte als auch der

tatsächlichen Bauteildicke in Metern. Je kürzer die Strecke, desto geringer der Zeitaufwand/-bedarf zur Rücktrocknung, umso schneller wird ein Ausgleich erreicht.

Umgang mit äußeren Einflüssen

Die energetische Nutzung der solaren Einstrahlung steht hier meist im Vordergrund: Solarthermie und Photovoltaik (je nach Art teils Carport-Effekt). Aber auch: Baumbestand (teils Wand/teils Sonnenschirm-Effekt), Nachbargebäude (Wand-Effekt) und die geografische Lage bestimmen den Grad der Verschattung (Wand-Effekt). Man kann dann bei Simulationsrechnungen entweder von einer Vollverschattung, Teilverschattung oder einem Wanderschatten ausgehen und diese dann in Rechnung stellen. Zur Festlegung der Intensität und Dauer der Beschattung wird durch den Bauphysiker im Regelfall dann eine Verschattungsanalyse durchgeführt, welche die entsprechenden Parameter für die Simulation ermittelt. Vereinfacht kann jedoch auch von einer Vollverschattung ausgegangen und auf dieser Basis eine auf der sicheren Seite liegende Lösung erarbeitet werden. Zum heutigen Zeitpunkt bestehen

vielfältige Möglichkeiten, mit numerischer Simulation sichere Holzbauteile zu planen. Verfahren und Daten stehen zur Verfügung. Bei entsprechender Achtsamkeit und Aufmerksamkeit sind Flachdächer heute bauschadensfrei und sicher möglich. Bei gängigen und bei anspruchsvollen Situationen haben sich Konstruktionen mit feuchtevariablen Dampfbremsen bewährt.

Der Autor

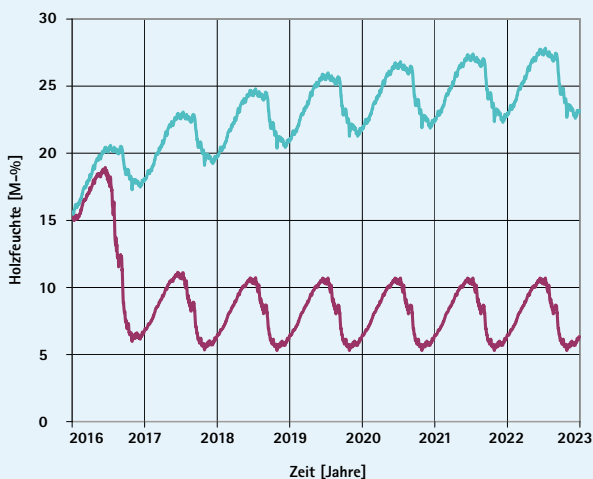
Christoph Böhringer hat Holztechnik an der FH Rosenheim studiert. Er ist Anwendungstechniker bei pro clima und Referent der pro clima WISSENSWERKSTATT KÄNGURU. Seminare und Termine unter www.proclima.de/seminare



christoph.boehring@proclima.de
www.proclima.de

Feuchteverlauf in Holzschalung über 7 Jahre

Vergleich einer besonnten und einer verschatteten Konstruktion



Strahlungsabsorption und Verschattung

Hölzer von unverschatteten Konstruktionen erreichen schnell niedrige Feuchtwerte, die weit unterhalb der zulässigen Normwerte liegen können. Schattenwurf hat einen erheblichen Einfluss auf das thermische Verhalten der Konstruktion und damit auf die sommerliche Umkehrdiffusion.

Verschattete Bauteile (wie verschattete Fahrzeuge) haben im Sommer deutlich niedrigere Oberflächentemperaturen als voll besonnte Oberflächen/Bauteile. Damit wird der Energieeintrag reduziert, welcher der Antrieb der Umkehrdiffusion ist. Im Bild ist das Feuchteverhalten einer äußeren Dachschalung aus Massivholz in Abhängigkeit der Intensität der Sonneneinstrahlung dargestellt. Dampfbremse: fvDB nach DIN 68800-2 (INTELLO)

— verschattet — besonnt



MOLL

bauökologische Produkte GmbH · Rheintalstraße 35 - 43 · D-68723 Schwetzingen
Tel.: +49 (0) 62 02 - 27 82.0 · eMail: info@proclima.de · www.proclima.de

Technik-Hotline: +49 (0) 62 02 - 27 82.45

Mehr Fachwissen auch im pro clima Blog unter blog.proclima.com

