



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?

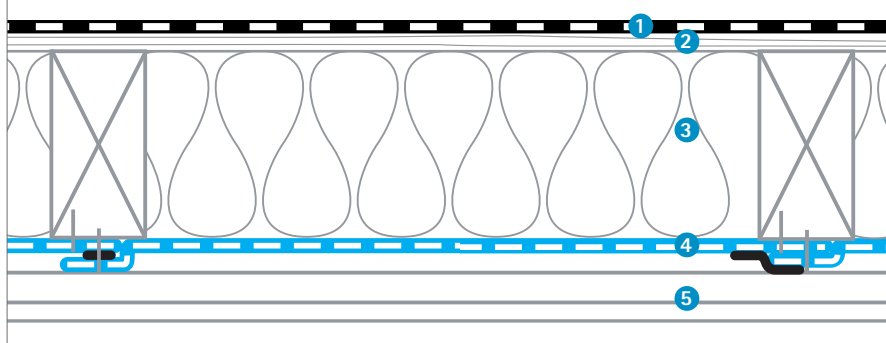
Regeln der DIN 68800-2 oder 100 Meter versus Feuchtevariabilität

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 Glaserverfahren. 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 Ausgabe vom November 2014 fand man in der DIN 4108-3 auch für unbelüftete Flachdächer mit äußerer Abdichtung nachweisfreie Konstruktionen. Nachweisfrei galten früher unbelüftete Konstruktionen, wenn sie mit einer inneren diffusionshemmenden Schicht mit s_d -Wert ≥ 100 m ausgeführt wurden. Mit der Veröffentlichung November 2014 ist diese Definition hinfällig geworden. Die sonst übliche unbelüftete Ausführung mit Vollsparrendämmung ohne Hinterlüftung wurde dort nun zur nachweispflichtigen Konstruktion.



Nach DIN 68800-2: 2022-02, Bild A.19 kann die Holzkonstruktion in die GKO eingeordnet werden



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

Welche Konstruktionen gelten heute als nachweisfrei?

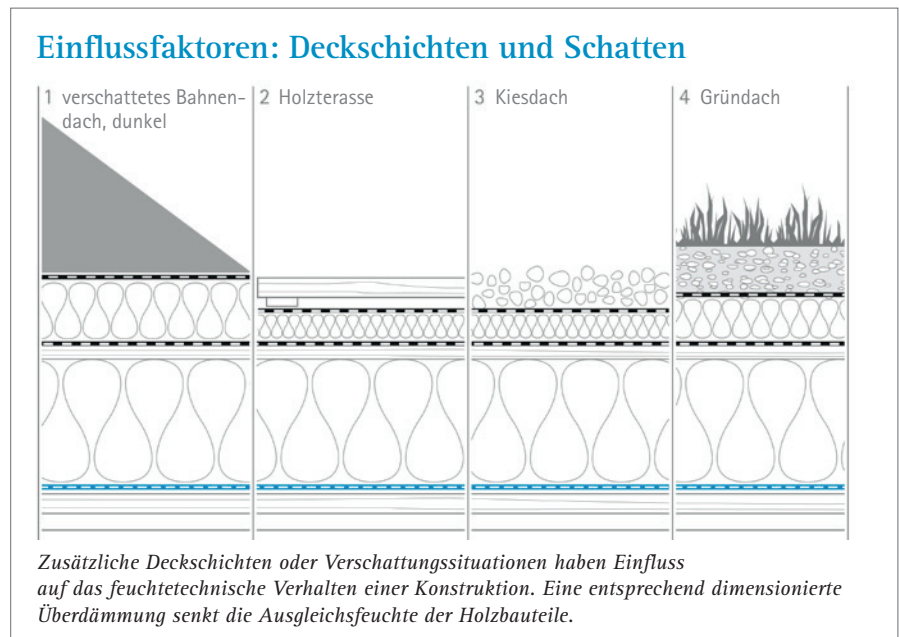
Was gemäß DIN 4108-3 mit der früheren Definition »100 m« nachweisfrei war, hat in der Bauwirklichkeit zu Bauschäden geführt. Diese Problematik haben sich die »Hölzernen« schon seit Längerem zu Herzen genommen und erforscht. Schon 2008 wurde durch den Informationsdienst Holz mit der Broschüre zu Flachdächern 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 unter-

schiedlichsten Veranstaltungen und Publikationen wurden die Ergebnisse diskutiert und veröffentlicht. Vieles aus der Forschung und Gutachterpraxis war 2014 in die Novellierung der Norm eingeflossen. Nachweisfreie Konstruktionen für ausschließlich im Gefach vollständig ausgedämmte, jedoch unbelüftete Flachdächer sind in der aktuellen DIN 4108-3:2018-10 nicht zu finden. In der Bewertung von Konstruktionen ist auch der konstruktive Holzschutz nach DIN 68800-2 zu beachten, sind doch die »Nachweisfreien« durch zu hohe Holzfeuchte in die Knie gegangen. Der Holzschutz kennt nur den Bezug zum Material und dessen Ausgleichs-

feuchte im Umgebungsmilieu. Mit der Ausgleichsfeuchte wird das Material in die entsprechende Gebrauchsklasse 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 damit 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 für unplanmä-

Bige Feuchteinträge, 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 GkO können nach DIN 68800-2:2022-02, Hölzer der Flachdachkonstruktionen nach Bild Bild A.19 unter scharfen Randbedingungen zur Planung und Ausführung



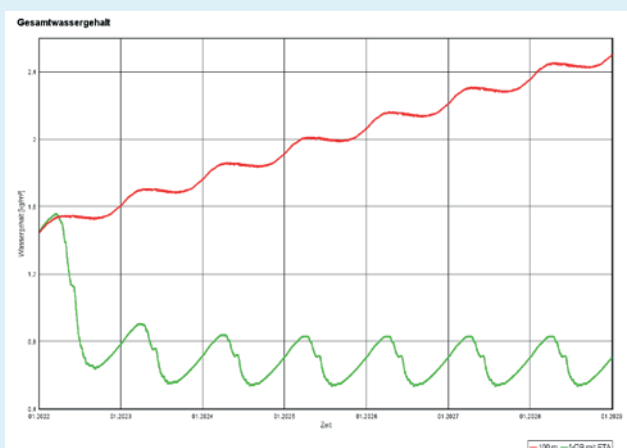
eingearbeitet werden. Auf Grund früherer Bauschäden durch die »100 m-Bahnen« wurden die Grenzen für GK0-Konstruktionen ohne rechnerischen Nachweis sehr eng gezogen (Info-Block unten). Für die Baupraxis erscheint daher eine Bestätigung des Feuchteschutzes, mit dessen Randbedingungen, unabdingbar um sowohl eine sorgfältige Planung als auch eine sorgfältige Ausführung und damit ein schadensfreies Bauteil zu erreichen.

Berücksichtigung des Alterungsverhaltens

Werden Dampfbrems- und Luftdichtungsbahnen auf der Raumseite von flach geneigten oder geneigten, voll gedämmten, nicht belüfteten Dachkonstruktionen mit Metalleindeckung oder Abdichtung außen eingesetzt, muss beim rechnerischen Nachweis das Alterungsverhalten der Materialien berücksichtigt werden. Dies gilt sowohl

Feuchte im Flachdach

Vergleich nachweisfrei veraltet zu GK0 heute



Vergleich der ehemals nachweisfreien Konstruktion nach DIN 4108-3:2001-07 mit der aktuellen GK0-Klassifizierung nach DIN 68800-2:2022-02. Vergleich der Feuchtigkeit innerhalb der Konstruktion, bei Einsatz einer Dampfbremse mit konstantem s_d -Wert 100 m und feuchtevariabler Dampfbremse (fVDB) mit ETA gemäß DIN 68800-2.

GK0 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 ausschließlich mit rechnerischem Nachweis)
- ✓ Nachweis unter Berücksichtigung des Alterungsverhaltens der Dampfbrems- und Luftdichtungsbahn, siehe normativer Anhang B.
- ✓ sorgfältige Planung und Ausführung der Luftdichtheitsebene (eine Qualitätskontrolle ist bei allen Ausführungen empfehlenswert)
- ✓ raumseitige Bekleidungen/Beplankungen mit einem s_d -Wert $\leq 0,5 \text{ m}$

für Bahnen mit konstantem Diffusionswiderstand, als auch für feuchtevariable Bahnen.

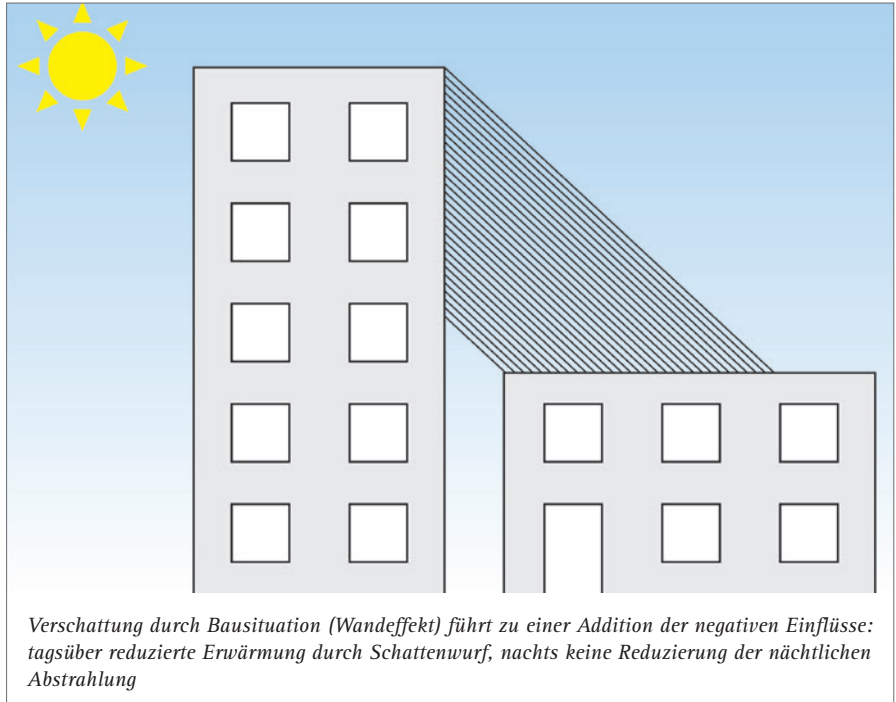
Bahnen mit konstantem Diffusionswiderstand werden nach dem in DIN EN 13984 genannten Verfahren zur Alterung geprüft. Da hierbei die gealterten s_d -Werte um $\pm 50\%$ vom Neuwert abweichen dürfen ist es empfehlenswert mit dieser Abweichung den feuchtetechnischen Nachweis zu führen falls keine gesicherten Werte vorliegen.

Auf feuchtevariable Dampfbremsen ist DIN EN 13984 nicht anwendbar. Daher ist der gealterte s_d -Wert-Verlauf im Rahmen einer Allgemein bauaufsichtlichen Zulassung (AbZ) oder einer ETA (European Technical Approval) festzustellen und zu dokumentieren. Mit diesen Werten kann der Feuchteschutznachweis sicher erfolgen.

Stehen diese Unterlagen bei einer feuchtevariablen Dampfbremse zur hygrothermischen Bemessung einer Konstruktion gemäß DIN 68800-2, 7.5 nicht zur Verfügung, kann nur der konstante Diffusionswiderstand verwendet werden. Je nachdem welcher s_d -Wert für den Feuchteschutz der ungünstigere ist, sind entweder die gealterten ($\pm 50\%$) oder der ungealterte s_d -Wert anzusetzen. Der Nachweis des Feuchteschutzes für das Bauteil wird dann mit einer numerischen Simulation, objekt- und standortbezogen, durchgeführt.

Hieraus folgt, dass gerade Konstruktionen mit feuchtevariablen Bahnen, deren Alterungsverhalten nachgewiesen ist, die im Hinblick auf die Diffusion sichersten Konstruktionen zu erreichen sind. Im Vergleich dazu hängt bei belüfteten Konstruktionen das Wohl und Wehe von der vollumfänglich funktionierenden Belüftung ab.

Für alle Konstruktionen gilt dass der Feuchteschutz und das Alterungsverhalten in Augenschein genommen werden muss. Die Materialeigenschaften und die Leistungsfähigkeit von feuchtevariablen Dampfbremsen und damit das Bauteilverhalten kann nur mittels numerischer Simulationsverfahren, wie z. B. WuFi oder Delfin, realitätsnah berechnet werden.



Verschattungen und deren Auswirkungen

Warum sind nur unverschattete Konstruktionen „nachweisfrei“ nach DIN 68800-2:2022-02, Bild A.19? 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 geben innerhalb der Konstruktion Wärme und Feuchte im ständigen Wechsel 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 Feuchteein-



Auswirkung eines Wanderschattens von einem Kamin auf einem Flachdach

trag in die Konstruktion verhindert, steht nun der Entfeuchtung im Weg. Im Bauteil befindliche Feuchte staut sich an Dampfbremsen mit höherem und konstantem s_a -Wert und kann als sogenanntes Sommerkondensat sichtbar werden. Eine feuchtevariable Dampfbremse hingegen senkt in diesem Fall ihren s_a -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_a -Wert der raumseitigen Bekleidungen auf 0,5 m begrenzt. Denn auch hier gilt der natürliche 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 Schatteneffekte 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 Aufhei-

zen 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.

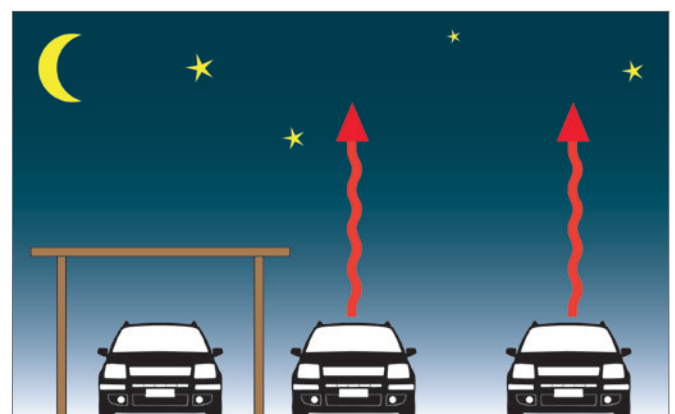
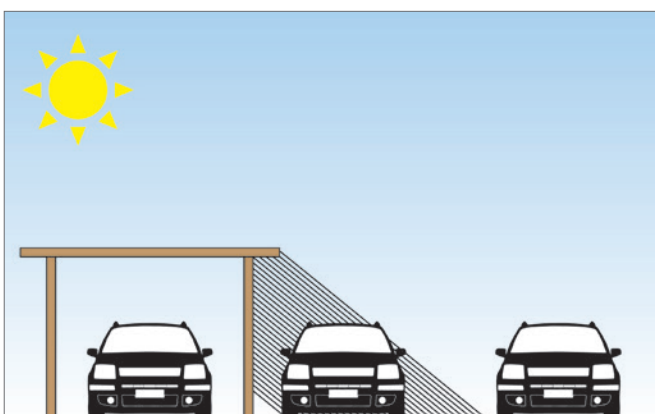
Je nach Neigung und Abstand der schattenerzeugenden Fläche zum Bauteil wird die direkte Strahlung komplett unterbunden oder zu mindest verringert. Durch die Schrägstellung können während des Tages schon, im Hinblick auf die Bauteilerwärmung, positive Effekte auftreten, wie z. B. rückseitige Wärmestrahlung 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 ausgeglichene Verhältnisse entstehen. Deckschichten wie Kies, 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 oberhalb der Dachabdichtung zwingend überprüft und mit einem Nachweis bestätigt werden.

Was ist zu tun, wenn die solare Einstrahlung vermindert ist? Wieder kommt der natürliche Kräfteausgleich 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. Ohne diese Unterbrechung kann ein Aufschaukeln bei schaumförmigen Dämmstoffen (welche diffusionsträge reagieren) oder bei Beplankungen mit einem höheren s_d -Wert erfolgen.
- 2) Der »Rückweg« der Feuchte zum Raum hin ist so kurz wie möglich. Je größer der Anteil der außenseitigen 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 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 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.

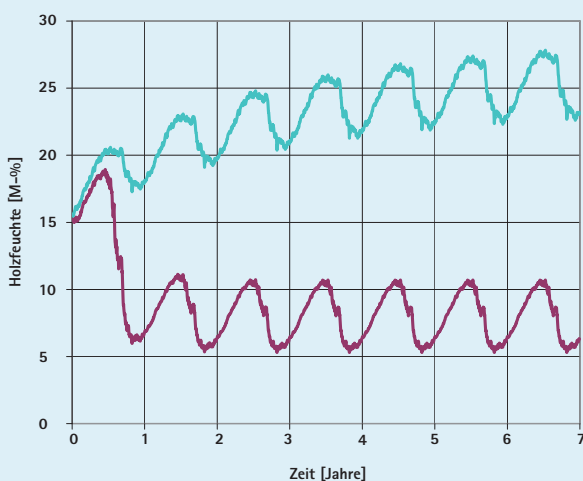
Er ist Anwendungstechniker bei pro clima und Referent der pro clima WISSENSWERKSTATT. Seminare und Termine unter www.proclima.de/seminare



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

