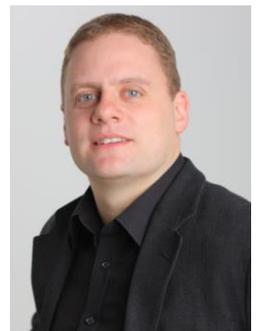


Feuchtesicherheit diffusionsoffen und diffusionshemmend eingedeckter Dächer

Daniel Zirkelbach
Fraunhofer-Institut für Bauphysik
Holzkirchen, Deutschland



Feuchtesicherheit diffusionsoffen und diffusionshemmend eingedeckter Dächer

1. Einleitung

Die Schichten einer Dachkonstruktion sollte von innen nach außen nach Möglichkeit immer diffusionsoffener werden, so dass eingebaute oder eingedrungene Feuchte nach außen trocknen kann. Auf der Innenseite kann dann im Extremfall auch eine Dampfsperre zum Einsatz kommen.

Anders sieht es aus, wenn die Außenoberfläche diffusionshemmend ist, wie z.B. bei bestimmten Blecheindeckungen, Konstruktionen mit überlappender Bitumenbahn als Unterdeckung oder Flachdachkonstruktionen. Der Trocknungsweg nach außen ist in diesen Fällen blockiert. Eine noch dichtere Bahn auf der Raumseite war früher die Lösung, die in der Praxis aber häufig versagt. Besser sind Konstruktionen, die den verbleibenden Trocknungsweg nach innen erschließen.

Besonders geeignet hierfür sind variable Dampfbremsen, die bei winterlichen Randbedingungen dichter und bei Trocknungsbedarf im Sommer dampfdurchlässiger werden und so die Feuchtebilanz optimieren. Wann das funktioniert und worauf ggf. zu achten ist, ist Thema dieses Beitrags.

2. Außen diffusionsoffen geht nicht immer

Eine bauphysikalische Grundregel lautet, dass eine Konstruktion von innen nach außen immer diffusionsoffener werden soll. Dies gilt für mitteleuropäisches Klima und soll gewährleisten, dass der Wasserdampf leichter aus einem Bauteil entweichen als in dieses eindringen kann. Hintergrund der Regel ist, dass bei unserem Klima der Wasserdampfpartialdruck im Jahresmittel im Innenraum höher ist als im Außenklima; die mittlere Richtung des Dampftransports also von innen nach außen verläuft. Vereinfacht kann man sich dabei an der Temperatur orientieren: der Dampftransport verläuft baupraktisch fast immer von warm nach kalt. Auf der warmen Seite sollte es also dichter sein, auf der kalten diffusionsoffener.

Wenn man sich an die Regel hält, kann man eigentlich feuchtetechnisch nicht viel falsch machen – das ist aber in der Praxis leider nicht immer möglich. Vor allem bei Dächern wurden und werden für den Witterungsschutz außen häufig auch weitgehend dampfdichte Deckschichten eingesetzt. Bei geneigten Dächern kommen heute als Unterdeckung zwar meist diffusionsoffene Produkte zum Einsatz – die früher verwendeten, überlappend verlegten Dachpappen waren jedoch ähnlich dampfdicht wie viele Blecheindeckungen. Auch beim Flachdach, auf dem sich u.U. stehende Feuchte befinden kann, führt an einer dichten Bahn oft kein Weg vorbei. Nach Glaser-Logik war früher die Konsequenz meist eine noch dichtere Bahn auf der Raumseite. Bei Annahme eines trockenen und perfekt dichten Bauteils konnte der erwünschte Nachweis so wieder erbracht werden bzw. war bei einem raumseitigen s_d -Wert von über 100 m in der früheren Fassung der DIN 4108 Teil 3 [1] gar nicht mehr erforderlich. Da Bauteile in der Praxis aber leider nur sehr selten vollständig trocken und perfekt luftdicht sind, führte dies in der Praxis immer wieder zu Schäden.

Bleibt die Frage, wie es mit der Feuchtesicherheit solcher nach außen dampfdichter Bauteile steht. Kann diese gewährleistet werden und wenn ja, wie?

3. Auch nach innen ist Trocknung oft in ausreichendem Umfang möglich

Der nach DIN 68800 seit 2012 [2] für Holzbauteile zusätzlich zur Diffusion zu berücksichtigende Feuchteintrag über Infiltration macht den Nachweis einer beidseitig dampfdichten Konstruktion heute praktisch unmöglich. Abbildung 1 zeigt die mit Hilfe von WUFI® gem. EN 15026 [3] mit Infiltration nach [4] berechnete Holzfeuchte in der außenseitigen Holzschalung einer Dachkonstruktion, die außen durch eine dampfbremsende Bitumenpappe mit einem s_d -Wert von 50 m und innen durch eine Dampfbremse mit s_d -Wert 100 m abgeschlossen ist. Lediglich die perfekt dichte Variante ohne Infiltration zeigt leicht fallende Holzfeuchtwerte. Die Varianten mit Infiltration steigen beide an, wobei das Feuchteniveau des Raumklimas, das im zweiten Fall gem. WTA-Merkblatt 6-8 [5] zu Bemessungszwecken gegenüber dem Ansatz aus EN 15026 nochmal etwas angehoben wurde, ebenfalls einen erkennbaren Einfluss hat.

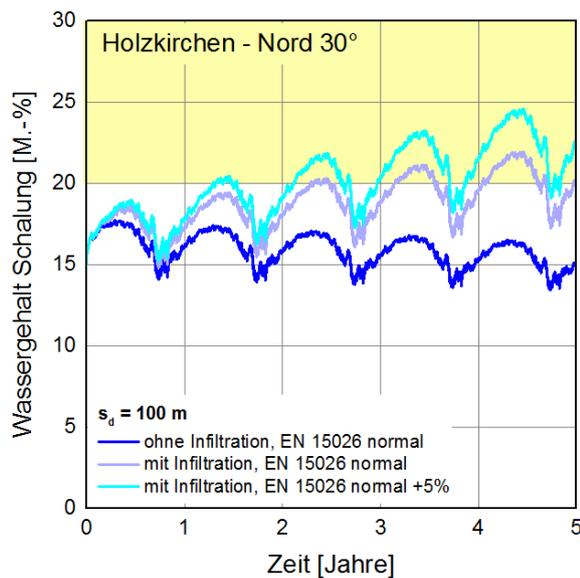


Abbildung 1: Berechneter Feuchtegehalt der außenseitigen Holzschalung eines in Holzkirchen um 30 ° nach Norden geneigten Daches mit außenseitiger Bitumenpappe (s_d -Wert 50 m) und raumseitiger dichter Bahn mit s_d -Wert 100 m.

Zur Kompensation der dichten Außenseite muss also eine Trocknungsmöglichkeit nach innen geschaffen werden. Unter realen Klimabedingungen und vor allem dann, wenn die Sonne auf das Dach scheint, ergeben sich immer wieder Perioden, in denen eine Trocknung nach innen gut möglich ist. Abbildung 2 zeigt dazu exemplarisch die an einem klaren Wintertag Anfang Februar auf dem Freigelände des IBP in Holzkirchen gemessenen Temperaturen unter der Eindeckung eines Blechdachs im Vergleich zur raumseitig außerhalb der Dampfbremse gemessenen relativen Luftfeuchte. Nachts liegen die Temperaturen außen bei unter -10 °C und die relativen Luftfeuchten auf der warmen Innenseite des Dachs bei unter 20 % r.F. Die Feuchte wurde entsprechend der eingangs genannten Regel von warm nach kalt umverteilt. Tagsüber erreichen die Eindeckungstemperaturen dann für einige Stunden aber für die Jahreszeit erstaunliche 70 °C. Die warme Seite ist nun außen und die Feuchte wird sehr rasch nach innen umverteilt, wo sich nun Werte um die 90 % r.F. einstellen. Da der Wasserdampfpartialdruck exponentiell mit der Temperatur ansteigt, ist an dem dargestellten Tag im Mittel das Dampfdruckgefälle aus der durchfeuchteten Schalung in Richtung Innenraum um den Faktor 2,5 größer als das Dampfdruckgefälle aus dem Raum in die Konstruktion hinein. Bei dem dargestellten Blechdach ergibt sich also an klaren Tagen sogar mitten im Winter ein nennenswertes Trocknungspotential, das in den Sommermonaten nochmal deutlich ansteigt. Wird dieses Trocknungspotential durch eine dichte Bahn auf der Raumseite versperrt, kann die Feuchte nicht entweichen, sondern verbleibt in der Konstruktion.

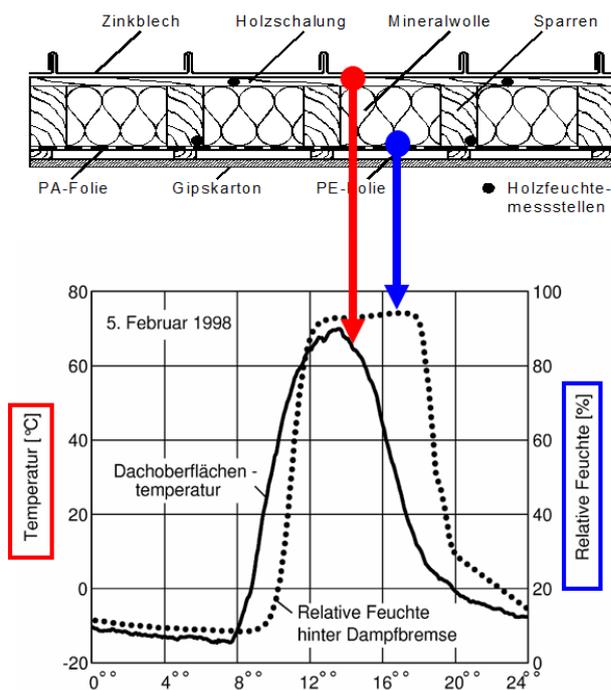


Abbildung 2: Gemessene Temperaturen und relativen Feuchten in einer Blechdachkonstruktion im Februar

4. Maßgebliche Einflussfaktoren

Das oben gezeigte Beispiel verdeutlicht, dass eine vernünftige Beurteilung des Trocknungspotentials eines Daches nicht mit einer Glaserberechnung nach [1] erfasst werden kann, da diese weder den Tagesgang des Klimas noch die Farbgebung der Oberfläche und die spezifische Sonnenstrahlung adäquat erfasst. Dies ist nur mit einer hygrothermischen Simulation nach EN 15026 zuverlässig möglich, bei der alle relevanten Klimaelemente, die Ausrichtung des Bauteils, die Strahlungsabsorption und -emission der Oberfläche und auch belüftete Ziegeleindeckung berücksichtigt werden können.

Bei geneigten Dächern spielen die Orientierung und die Neigung eine große Rolle, wobei steil geneigt nach Nord am ungünstigsten und flach geneigt nach Süden für die Rücktrocknung am günstigsten ist. Ebenso positiv wirken sich eine dunkle Farbgebung der Eindeckung sowie eine nur schwache Belüftung aus, da diese die Erwärmung nur wenig bremst. Wie die belüftete Eindeckung in der Simulation vereinfacht durch effektive Übertragungsparameter berücksichtigt werden kann ist detailliert und einfach nachvollziehbar für die praktische Anwendung in [6] beschrieben. Beim Flachdach fallen die meisten Faktoren weg und es bleibt neben einer möglichen Verschattung der Dachfläche, die sich in jedem Fall negativ auswirkt, nur die Farbgebung der Dachbahn übrig. Abbildung 3 zeigt wiederum Messungen an einem Flachdach mit Dämmung und brauner Dachbahn. Oben links ist die normale Fotografie erkennbar, mit einem weiß gestrichenen Teilbereich, der sich in der Thermografie darunter als deutlich kälter abzeichnet. Der Messwertverlauf an einem klaren Tag Anfang April, also bei etwa mittlerer Sonnenhöhe, zeigt für die Außenluft Werte zwischen 5 °C in der Nacht und 19 °C um die Mittagszeit. Die braune Oberfläche erreicht mittags Höchstwerte von 58 °C während die weiße Dachbahn mit 30 °C deutlich näher an der Lufttemperatur bleibt. Nachts unterkühlen beide Oberflächen unabhängig von der Farbgebung etwa 5 K unter die Außenlufttemperatur. Während die hell gestrichene Oberfläche gerade mal 10 K wärmer wird als die Außenluft, erreicht die braune Oberfläche eine fast viermal so große Differenz zur Lufttemperatur. Dementsprechend deutlich werden sich die beiden Bereiche auch bezüglich ihres Trocknungspotentials unterscheiden.

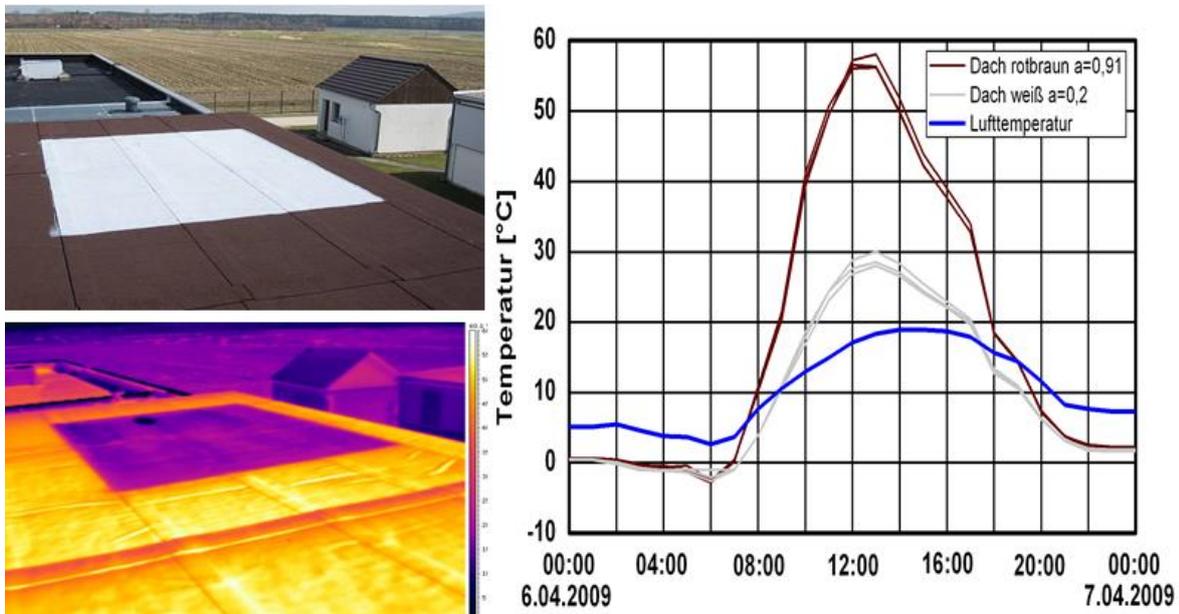


Abbildung 3: Flachdach mit rotbrauner Dachbahn, Teilbereich weiß gestrichen. Fotografische (link oben) und thermografische Ansicht (links unten) sowie Messwerte für die Temperatur an einem klaren Tag im April im braunen und weißen Bereich im Vergleich zur Außenluft.

Gleichermaßen kritisch für geneigte wie für Flachdächer sind Verschattungen anzusehen. Kommt die Sonnenstrahlung nicht mehr oder nur deutlich reduziert auf die Dachoberfläche, fällt die Erwärmung deutlich geringer aus und die Dächer weisen allenfalls noch kurze Zeiträume auf, in denen Feuchte nach innen transportiert werden kann.

5. Was geht noch und was nicht mehr?

Im Folgenden wird anhand von einigen WUFI®-Simulationsergebnissen gezeigt, welche Feuchten in der Schalung unter der weitgehend dampfdichten Eindeckung einstellen, wenn auf der Raumseite eine variable Dampfbremse mit einem s_d -Wert zwischen etwa 0,1 m im Feucht- und 4,0 m im Trockenbereich eingesetzt wird und wie sich die verschiedenen im vorigen Abschnitt beschriebenen Einflussfaktoren auf die Verhältnisse im Bauteil auswirken.

5.1. Geneigte Dächer

Abbildung 4 zeigt die gleiche Untersuchung wie zuvor in Abbildung 1, diesmal allerdings mit einer variablen Dampfbremse auf der Raumseite. Das Dach weist eine 180 mm dicke Mineralwollgedämmung auf, mit der die aktuellen energetischen Anforderungen gerade erfüllt werden. Die Ziegeleindeckung auf der Außenseite ist normalbelüftet und weist eine rote Farbgebung auf – die effektiven Übertragungsparameter werden entsprechend den Untersuchungen in [6] verwendet. Auf der Raumseite kommen eine Dampfbremse und eine Gipskartonplatte zum Einsatz. Infiltration wird entsprechend [2] und [4] berücksichtigt.

Während die Variante mit Dampfbremse mit s_d -Wert 100 m mit Infiltration jeweils einen steigenden Wassergehaltsverlauf mit Überschreitung der zulässigen 20 M.-% Holzfeuchte in der Schalung aufwies, ist das Trocknungspotential mit der variablen Dampfbremse so viel höher, dass auch bei erhöhter Raumluftfeuchte weder ein Feuchteanstieg noch ein Überschreiten des zulässigen Grenzwerts zu beobachten ist. Nun ist Holzkirchen ein vergleichsweise Strahlungsreicher Standort, was sich auch bei Nordorientierung infolge der Diffusstrahlung noch positiv bemerkbar machen kann. Bei erhöhter Feuchtelast nach WTA 6-8 [5] ist allerdings schon erkennbar, dass bei einer noch steileren Neigung das Rücktrocknungspotential nicht mehr ausreicht um die Holzfeuchte unter dem Grenzwert von 20 M.-% zu halten.

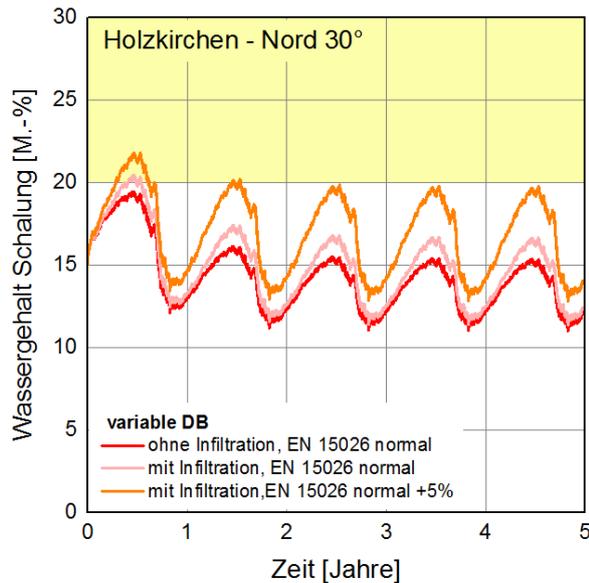


Abbildung 4: Berechneter Feuchtegehalt der außenseitigen Holzschalung eines am Standort Holzkirchen um 30 ° nach Norden geneigten Daches mit außenseitiger Bitumenpappe (s_d -Wert 50 m) und raumseitiger variabler Dampfbremse.

Zusätzlich wird in Abbildung 5 der für Deutschland eher sehr kritische Standort Hof betrachtet, der ähnlichen Temperaturen wie in Holzkirchen, aber nochmal deutlich geringere Strahlungsgewinne aufweist. Bei allen untersuchten Varianten wird von der erhöhten Raumluftfeuchte nach [7] ausgegangen. Die Variante mit dichter Dampfbremse (hellblau) versagt erwartungsgemäß sowohl bei Nord- als auch bei Westorientierung. Aber auch bei Verwendung einer variablen Dampfbremse (orange Kurve) bleibt bei Nordorientierung aufgrund der geringen Strahlungsgewinne der Trocknungsstrom nach innen geringer als der Feuchteeintrag im Winter. Bei Westorientierung halten sich Befeuchtung und Trocknung zwar die Waage, im Winter werden aber regelmäßig Holzfeuchten bis etwa 23 M.-% erreicht. Ggf. wäre zu überprüfen, ob das Bauteil mit Begrenzung der Feuchtelast im Innenraum z.B. durch eine Belüftungsanlage und eine im Winter dichtere variable Dampfbremse der zweiten Generation nach [8] noch ertüchtigt werden kann.

Falls dies nicht gelingt, bleibt nur die Öffnung des Dachs von außen mit einem Austausch der bestehenden dichten Unterdeckung durch eine diffusionsoffene Bahn. Mit einem s_d -Wert von 0,5 m auf der Außenseite wird der durch die schwarze Kurve dargestellte Feuchtegehalt in der Schalung erreicht. Diese Lösung erweist sich auch in diesem Fall als im Wesentlichen unkritisch. Die Feuchten variieren im Jahresverlauf bei Nordorientierung zwar noch zwischen etwa 12 M.-% im Sommer und maximal zwar knapp 22 M.-% im Winter. Aufgrund der nur temporären Überschreitung des Grenzwertes der DIN 68800 bei niedrigen Temperaturen ist das Ergebnis aus Sicht des Autors aber noch tolerierbar. Eine genauere Auswertung des Holzfäule-Risikos nach [5] zeigt ebenfalls, dass keine Gefahr für eine Schädigung der Konstruktion besteht. Bei Westorientierung fällt die Holzfeuchte dann auch ganzjährig unter das Norm-Kriterium von 20 M.-%.

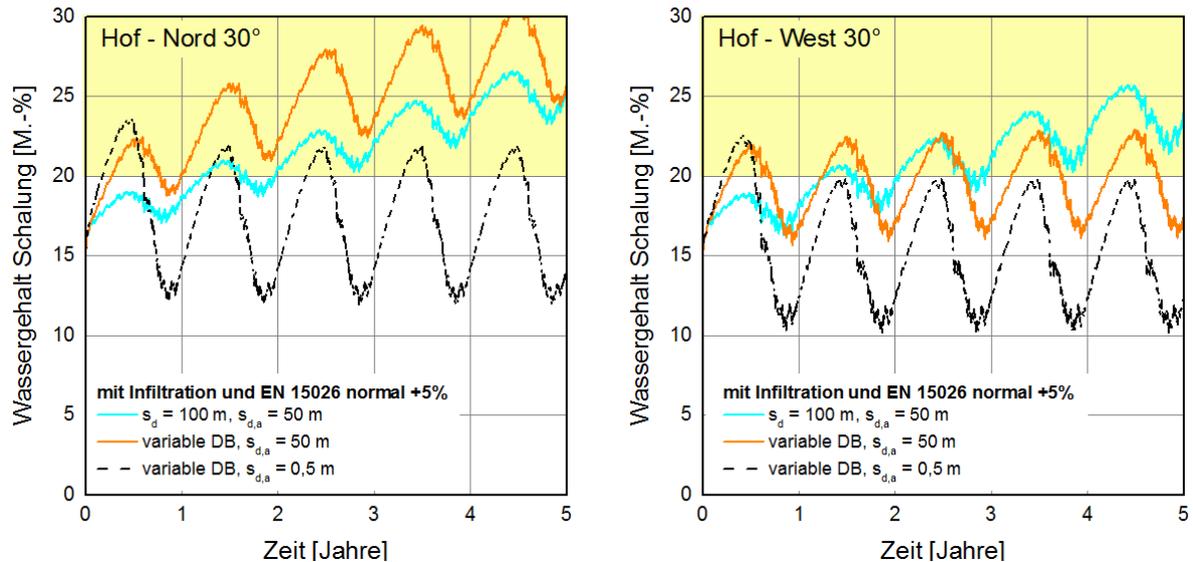


Abbildung 5: Feuchtegehalt der außenseitigen Holzschalung eines am Standort Hof um 30 ° nach Norden (links) bzw. nach Westen (rechts) geneigten Daches bei Variation des s_d -Werts der Eindeckung außen und der Dampfbremse innen.

Wenn keine eigenen Berechnungen durchgeführt werden sollen, liefern die auf Basis einer recht umfassenden Studie erstellten Tabellen in [8] gute Hinweise, ob eine Konstruktion in Abhängigkeit von Orientierung und Neigung an verschiedenen Standorten in Deutschland funktionsfähig ist oder nicht.

5.2. Welcher Grenzwert für die Holzfeuchte?

Bei diffusionsoffenen Konstruktionen ist generell zu beachten, dass die außenliegenden Schichten allein schon durch den Gleichgewichtszustand mit der Außenluftfeuchte im Winter an vielen Standorten Holzfeuchten erreichen, die über dem Grenzwert der Norm liegen. Dies bedeutet, dass z.B. eine unbehandelte Holzschalung an der Unterseite eines Dachüberstands bei konsequenter Auslegung an vielen Standorten gar nicht zulässig wäre. Dies erscheint allerdings basierend auf den Erfahrungen der Baupraxis eher unsinnig und belegt, dass eine temperaturunabhängige Verwendung der niedrigen Holzfeuchtegrenze von 20 M.-% nur bedingt sinnvoll ist. Die realitätsnähere Bewertung anhand der Kriterien nach WTA 6-8 [5] erlaubt bei Temperaturen unter 0 °C eine mittlere relative Porenluftfeuchte von 95 %, was umgerechnet auf die Holzfeuchte von Weichholz einem Wert von etwa 26 M.-% entspricht. Bei Temperaturen um die 10 °C sind es immerhin noch gut 92 % r.F. bzw. etwa 23 M.-%. Damit wären die zuvor beschriebenen Bedingungen auf der Außenseite einer diffusionsoffenen Konstruktion ebenso abgedeckt wie die unterseitige Schalung eines Dachüberstands.

Die Kombination von detaillierten und viele Einflusskriterien berücksichtigenden Verfahren wie der hygrothermischen Simulation auf der einen mit stark vereinfachten Grenzwerten auf der anderen Seite hilft zwar bei der schnellen Identifikation unkritischer Bauteile, findet seine Grenzen aber vor allem bei der Bewertung bereits bestehender Bauteile oder der Sanierungsplanung. Hier ist es oft notwendig, die verfügbaren Spielräume auszuschöpfen, um überhaupt eine thermische Sanierung zu ermöglichen. Dementsprechend sollte in solchen Fällen nicht nur bei der Ermittlung der hygrothermischen Verhältnisse, sondern auch bei deren Bewertung mit genaueren Verfahren gearbeitet werden. Der temperaturabhängige Ansatz aus dem WTA-Merkblatt 6-8 erscheint daher sinnvoller und zielführender als der einfache Grenzwert aus der DIN 68800.

5.3. Flachdächer

Die Flachdächer bestehen wie die geneigten Dächer aus einer 180 mm dicken Mineralwolle-Dämmung mit OSB auf der Außen- und Gipskarton und Dampfbremse auf der Raumseite. Als Abdichtung kommt jeweils eine Dachbahn mit einem s_d -Wert von 300 m in den Farben

weiß, grau und schwarz zum Einsatz die übrigen Eingabeparameter sind vergleichbar zu den Steildachparametern in Abschnitt 5.1. – dabei wird jeweils die normale Feuchtebelastung nach EN 15026 angesetzt.

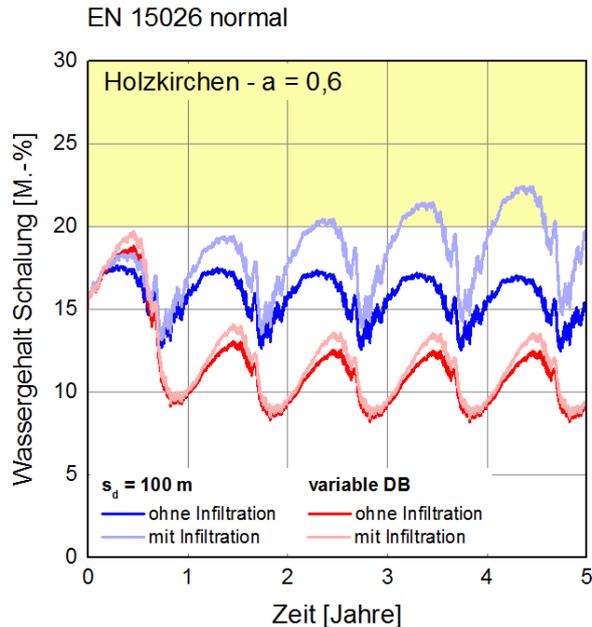


Abbildung 6: Feuchtegehalt der außenseitigen Holzschalung eines Flachdachs mit grauer Dachbahn in Holzkirchen. Einfluss verschiedener Dampfbremsen bei Simulation mit und ohne Feuchteeintrag über Infiltration.

In Abbildung 6 ist dargestellt, welche Feuchteverhältnisse sich in einem grauen Flachdach (kurzw. Strahlungsabsorptionszahl 0,6) einstellen, wenn sich auf der Raumseite eine dichte bzw. eine feuchtevariable Dampfbremse befinden und die Simulation mit und ohne Infiltrationsfeuchteeintrag nach DIN 68800 durchgeführt wird. Wie bei den geneigten Dächern zeigt sich auch hier, dass ohne zusätzlichen Eintrag beide Varianten funktionieren, wobei das Holzfeuchteniveau bei der Variante mit variabler Dampfbremse im Mittel etwa 5 % niedriger bleibt als bei der dichten Bahn. Mit Infiltration laufen die Kurven auseinander. Während die Variante mit variabler Dampfbremse nur im Winter einen um etwa 1 M.-% höheren Feuchtegehalt aufweist, steigt die dichte Variante kontinuierlich an und erreicht mit 22 M.-% nach fünf Jahren etwa 6 Prozentpunkte mehr als ohne Infiltrationsfeuchteeintrag. Das prinzipiell gute Rücktrocknungspotential der grauen Dachbahn bleibt also mit einer raumseitig dichten Bahn ungenutzt – es bildet sich höchstens Tauwasser auf der Folie, welches entweder abtropft oder später im Jahr wieder nach außen wandert.

Auch das Flachdach wird zum Vergleich am Standort Hof mit seinen geringeren Strahlungswerten betrachtet. Dabei wird zudem die Farbgebung der Dachbahn von weiß (Absorptionszahl 0,4) über grau (0,6) bis schwarz (0,8) variiert. Das Ergebnis ist in Abbildung 7 für die variable Dampfbremse auf der Raumseite dargestellt. Dabei fällt auf, dass die helle Dachbahn, die mir einem Wert von 0,4 bereits in gealtertem und etwas vergrautem Zustand angenommen wird, zu deutlich kritischeren Verhältnissen führt als die graue und die schwarze Bahn. Während die beiden letzten die eingetragene Feuchte unproblematisch austrocknen lassen und sich zwischen 14 und 18 M.-% bei der grauen bzw. 9 und 14 M.-% Holzfeuchte bei der schwarzen Bahn bewegen, steigt die Variante mit heller Bahn kontinuierlich an und erreicht nach 5 Jahren bis zu 30 M.-%. In etwa ähnlich wie die helle Dachbahn sind Dachkonstruktionen mit weitgehender Verschattung oder Begrünung einzuschätzen. In diesen Fällen kann eine feuchteempfindliche Unterkonstruktion nur durch eine geeignete Überdämmung entlastet werden. Diese sorgt für höhere winterliche Temperaturen und damit für niedrigere Feuchtegehalte im Holz. Feuchtetechnisch gänzlich unkritisch ist die Verlegung der Dämmung aus der Tragebene nach oben als Aufdachdämmung. In diesem Fall befindet sich die tragende Holzkonstruktion vollständig auf der warmen Seite der Dämmung und damit in einem Bereich, der eine weitgehend optimale Dauerhaftigkeit der Materialien gewährleistet.

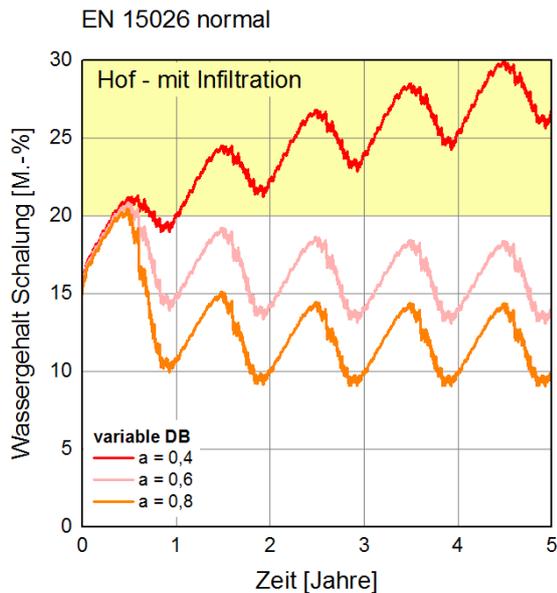


Abbildung 7: Feuchtegehalt der außenseitigen Holzschalung eines am Standort Hof um 30 ° nach Norden (links) bzw. nach Westen (rechts) geneigten Daches bei Variation des s_d -Werts der Eindeckung außen und der Dampfbremse innen.

6. Zusammenfassung

Soweit möglich, sollten Dachkonstruktionen nach außen diffusionsoffen ausgeführt werden, um eingebaute oder eingedrungene Feuchte gute austrocknen zu lassen. Dies ist jedoch nicht immer möglich. Bei außen dampfdichten Konstruktionen wurde aufgrund des fehlenden Trocknungspotentials in Richtung Außenseite auf Basis von Glaserberechnungen früher eine raumseitig möglichst dichte Dampfbremse gefordert. Da dies aber ein perfekt dichtes und trockenes Bauteil erfordert, kam es in der Praxis häufig zu Problemen.

Heute ist eine beidseitig dampfdichte Holzkonstruktion nicht mehr als Stand der Technik anzusehen. Auch wenn die Jahresmittelwerte der Lufttemperaturen bei Wohngebäuden in Mitteleuropa vor allem eine Trocknung der Bauteile von innen nach außen nahelegen, gibt es gerade bei Dächern doch lange Perioden, in denen auch eine Trocknung nach innen möglich ist. Dementsprechend sollte bei außen dichten Dächern der Trocknungsweg nach innen durch moderat diffusionshemmende oder feuchtevariable Dampfbremsen soweit wie möglich erschlossen werden.

Bei geneigten Dächern sind dabei folgende Aspekte zu beachten:

- Vor allem bei Orientierungen mit Sonneneinstrahlung auf die Dachoberfläche kann mit einer variablen Dampfbremse meist eine ausreichende Trocknung erzielt werden.
- Eine gute erste Orientierung zur Einschätzung der Situation bei verschiedenen Standorten, Orientierungen und Neigungen liefern die Tabellen aus [8]
- Im Einzelfall ist eine Betrachtung mit einer hygrothermischen Simulation unter Berücksichtigung der spezifischen Verhältnisse zu empfehlen, da die bauphysikalischen Reserven bei dieser Art von Dachkonstruktion meist nur gering sind.
- Bei Ziegeleindeckungen sind die Farbgebung der Ziegel und die Stärke der Belüftung maßgeblich für das Temperaturniveau auf der Unterdeckung. Diese können über effektive Parameter gemäß dem Simulationsleitfaden in [6] einfach in einer hygrothermischen Simulation berücksichtigt werden.
- Vor allem bei steileren Neigungen in nördlicher Richtung, strahlungsarmen Standorten oder Verschattungen ist das Rücktrocknungspotential u.U. nicht mehr ausreichend.

Flachdächer sind auch bei Neubauten nach oben oft diffusionsdicht. Auch hier gelingt ein Nachweis unter Berücksichtigung der zusätzlichen Anforderungen aus der DIN 68800 mit einer dichten Dampfbremse auf der Raumseite nicht mehr. Beim Einsatz variabler Bahnen sollte auf folgende Punkte geachtet werden:

- Graue oder dunkle Dachbahnen weisen in der Regel eine ausreichende Strahlungsabsorption auf, so dass das Dach ein gutes Trocknungspotential nach innen erreicht.
- Weiße und helle Dachbahnen sind in mitteleuropäischem Klima aus energetischer Sicht kaum sinnvoll, da die Heizperiode eindeutig über die Kühlperiode dominiert. Aus feuchtetechnischer Sicht sollten solche Bahnen vor allem bei empfindlichen Konstruktionen auf jeden Fall vermieden werden.
- Auch Verschattungen und Dachbegrünungen reduzieren die Trocknung erheblich. Sie können auf Basis von [9] und [10] in einer Simulation erfasst werden.
- Ist aufgrund von zu geringer Erwärmung keine ausreichende Trocknung zu erzielen, kann einer Überdämmung der außenseitigen Beplankung Abhilfe schaffen: das Holz bleibt im Winter deutlich wärmer und damit auch trockener. Bei ausreichender Dicke der Überdämmung bleiben selbst verschattete und weiße Dächer funktionsfähig. Noch günstiger und risikoärmer ist in solchen Fällen eine Aufdachdämmung.

Eine genaue Simulation der hygrothermischen Verhältnisse, die inzwischen zahlreiche Einflussfaktoren auf der sicheren Seite berücksichtigt, erfordert im Gegenzug auch genaue Bewertungskriterien. Die Erhöhung der Sicherheiten führt zwar zu robusteren und dauerhafteren Konstruktionen – vor allem in der Sanierung ist der Spielraum für geeignete Maßnahmen aber oft nur gering. Ein pauschaler Grenzwert von 20 M.-% zur Beurteilung der Holzfäule beinhaltet selbst großzügige Sicherheiten, so dass dieser oft nur zur ersten Orientierung dienen kann. Das Holzfäule-Bewertungsmodell aus dem neuen WTA-Merkblatt zur hygrothermischen Beurteilung von Holzkonstruktionen [5] ermöglicht eine genauere Beurteilung und bestätigt auch die aus der Praxis bekannte Schadenfreiheit von nach außen diffusionsoffenen Bauteilen, bei denen z.B. im Außenbereich der Dämmung oder des Sparrens im Winter regelmäßig Feuchtegehalte bis etwa 23 M.-% erreicht werden.

7. Literatur

- [1] DIN 4108-3: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden. Klimabedingter Feuchteschutz, Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise für Planung und Ausführung. Juli 2001.
- [2] DIN 68800-2: Holzschutz Teil 2: Vorbeugende bauliche Maßnahmen im Hochbau; Berlin 2012
- [3] DIN EN 15026: Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Bauteilen und Bauelementen – Bewertung der Feuchteübertragung durch numerische Simulation. Juli 2007.
- [4] Zirkelbach, D.; Künzel, H.M.; Schafaczek B.; Borsch-Laaks, R.: Dampfkongvektion wird berechenbar - Instationäres Modell zur Berücksichtigung von konvektivem Feuchteeintrag bei der Simulation von Leichtbaukonstruktionen. Proceedings 30. AIVC Conference, Berlin 2009.
- [5] WTA Merkblatt 6-8:2012-08: Feuchtetechnische Bewertung von Holzbauteilen - Vereinfachte Nachweise und Simulation. Fraunhofer IRB Verlag, München 2016.
- [6] Leitfaden „Hygrothermische Simulation von hinterlüfteten Steildächern mit effektiven Übergangsparametern“ (Kölsch, P.) IPB, Fassung 02/2017.
https://wufi.de/de/wp-content/uploads/sites/9/2014/09/Belüftete_Dachkonstruktionen_de.pdf
- [7] WTA Merkblatt 6-2:2014. Simulation wärme- und feuchtetechnischer Prozesse. Fraunhofer IRB Verlag, München 2014.
- [8] Kehl, D.; Künzel, H.-M.: Außen dampfdichte Steildächer – ein Planungsleitfaden. Holzbau Die Neue Quadriga 02/2016.
- [9] Leitfaden zur Berechnung von extensiv begrünten Dächern. IPB, Fassung 09/2015.
https://wufi.de/de/wp-content/uploads/sites/9/2014/09/Leitfaden_Gr%C3%BCndach_150923.pdf
- [10] Bludau, Ch.; Kölsch, P.: Verschattung von Holzflachdächern. Holz-Flachdächer: Neue Forschungsergebnisse zu Dachterrassen und Verschattung durch PV-Module: Holzbau Die Neue Quadriga 06/20214.