

Konvektion versus Diffusion

Eine neue Dampfbremsbahn mit Hygrobrid-Technologie

Aktuell sind im Neubau unbelüftete und begrünte Flachdächer in Holzbauweise verbreitet. Selbstverständlich ist für die dauerhafte Funktionstauglichkeit solcher Flachdächer eine wasserdichte Dachabdichtung auf der Außenseite erforderlich. Die dabei verwendeten Bahnen aus Kunststoff oder Bitumen weisen einen hohen Dampfdiffusionswiderstand auf. Eine außen dampfdichte Konstruktionsweise verhindert auch bei der nachträglichen Dämmung von Altbaudächern mit Schalung und bituminöser Vordeckung eine Austrocknung zur Außenseite. Feuchte, die in der Winterperiode durch Diffusion und durch Leckagen in der luftdichten Ebene als Dampfkonvektion in das Bauteil eindringen kann, muss im Sommer wieder zum Raum hin zurückdiffundieren können. Somit übernimmt die innenseitig angeordnete Dampfbremsbahn eine besondere Aufgabe. Die Bahn muss in der Tauperiode verhindern, dass zu viel Feuchte in die darüber angeordneten Bauteilschichten wandert. Andererseits besteht die Herausforderung, für ein ausreichend großes Trocknungspotential nach innen (Umkehrdiffusion) zu sorgen.

Autor:
Jörg Wollnow,
Fa. SIGA AG, Ruswil (CH)

weist und somit den Effekt der Feuchtevariabilität verstärkt. Zudem reduziert sich auf Grund eines erhöhten s_d -Wertes bei höherer Raumluftfeuchte (z.B. Baufeuchte) das Eindiffundieren des Wasserdampfes in die Konstruktion. (Abb. 1)

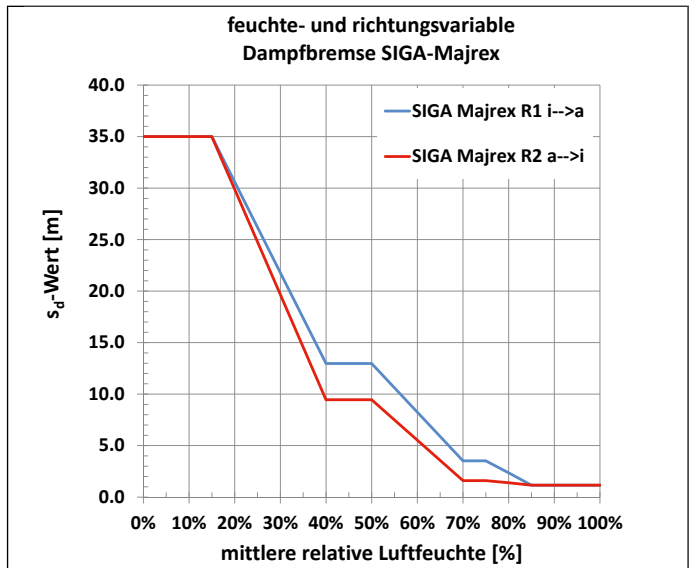
Die Technologie- und Produktentwicklung basiert auf einer engen Zusammenarbeit zwischen den SIGA Entwicklungsabteilungen, Handwerkern, Bauphysikern und wissenschaftlichen Instituten. Dabei stützt sich die Verifizierung der Materialeigenschaften auf 3 elementare Pfeiler:

- Materialmessungen
- Hygrothermische Simulationen mit Delphin
- Parameterstudien

Das Institut für Bauklimatik (IBK) der TU-Dresden hat Materialmessungen an SIGA-Majrex und an herkömmlichen feuchtevariablen Dampfbremsen durchgeführt und auf ihre hygrischen Eigenschaften untersucht. Dabei zeigte die SIGA-Majrex die ausgeprägte Richtungsabhängigkeit bei der Wasserdampfdiffusion (siehe Abb. 1). Diese konnte bei den untersuchten herkömmlichen feuchtevariablen Dampfbremsfolien nicht festgestellt werden. [PB TUD 2016]

Die richtungsweisende Dampfbremse

Feuchtevariable Dampfbremsbahnen haben sich für außenseitig diffusionsdichte Holzbauteile seit zwei Jahrzehnten bewährt. Das Entwicklungsziel des schweizerischen Herstellers SIGA AG war eine Bahn mit besonderen feuchtevariablen Eigenschaften. Neben einer möglichst hohen Spreizung zwischen dem hohem und dem niedrigen Diffusionswiderstand der Dampfbremsbahn war eine richtungsabhängige Feuchtevariabilität eine der zu lösenden Anforderungen. Das heißt, dass die Dampfbremsbahn bei gleicher Umgebungsluftfeuchte je nach Richtung des Diffusionsstroms einen anderen s_d -Wert auf-



Durch umfangreiche Messungen wurde ein Modell im Simulationsprogramm DELPHIN implementiert, welches es erlaubt, auch richtungsabhängige und von der Umgebungsluftfeuchte abhängige Dampfwiderstände abzubilden.

Fallbeispiel

Anhand eines Fallbeispiels soll hier die Bewertung eines Flachdaches in Holzbauweise bei einem konkreten Bauvorhaben dargestellt werden.

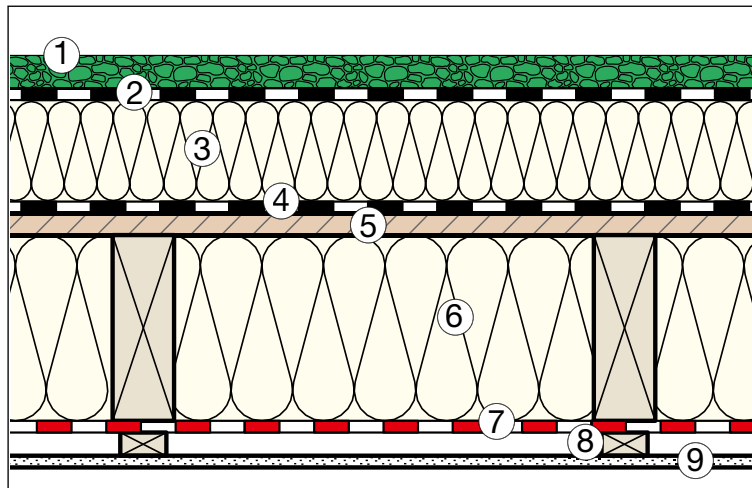
Bei einer geplanten Dachsanierung eines Mitte der achtziger Jahre gebauten Einfamilienhauses sollten die bisher als Kinderzimmer genutzten Dachräume zu einer neuen Wohnraum umgenutzt werden. Hierzu wurde die Dachfläche großräumig geöffnet und neue Dachgauben mit einem Flachdach erstellt. Der ausführende Holzbaubetrieb stand beim Innenausbau vor der Frage,

Abb. 1: Verlauf der beiden s_d -Wert-Kurven der neuen richtungsabhängigen SIGA-Majrex. Die blaue Kurve gilt für den Diffusionsstrom vom Raum in das Bauteil (höherer Diffusionswiderstand gegen Baufeuchte), die rote Kurve gilt für den Diffusionsstrom vom Bauteil in den Raum (geringerer Diffusionswiderstand für hohe Rücktrocknung)

welche Dampfbremsbahn am besten geeignet ist, um bei einem außen dampfdiffusionsdichten Aufbau, der zusätzlich mit einer Dachbegrünung versehen werden sollte, eine robuste Dachkonstruktion dem Bauherren zu liefern.

Abb. 2: Gebäude in der Bauphase mit neu erstellter Dachgaube. Das Gaubendach sollte begrünt werden.





Bauteilaufbau Steildach

- ① Dachbegrünung
- ② Dachabdichtung ($s_d = 300 \text{ m}$)
- ③ Aufdachdämmung ($\lambda = 0,028 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$)
- ④ Bitumenbahn mit Alueinlage ($s_d = 1500 \text{ m}$)
- ⑤ OSB-Platte
- ⑥ Dämmung (Mineralfaser oder Zellulose)
- ⑦ Dampfbremse
- ⑧ Luftschicht (Lattung)
- ⑨ Gipskartonbauplatte

Abb. 3:
Querschnitt des untersuchten Dachbauteils

Das vereinfachte Glaser-Verfahren nach [DIN 4108-3] ist für außen begrünte einschalige Flachdächer nicht anwendbar. In solchen Fällen verweist die Norm schon seit der Fassung von 2001 auf hydrothermische Simulationen. Auch die [DIN 68800-2: 2012] fordert dies für außen dampfdichte Dächer in Holzbauweise. Somit erfolgte eine Bewertung des Flachdachaufbaues mittels des Simulationsprogramms DELPHIN.

Einschalige Flachdächer in Holzbauweise mit Dämmung ausschließlich der Tragkonstruktion sind – wie aus vielen Untersuchungen bekannt – besonders anfällig für Feuchteschäden. Überdies wirkt sich eine Dachbegrünung ungünstig

auf das Austrocknungsverhalten des Daches aus, weshalb nur in seltenen Fällen ein rechnerischer Nachweis der feuchtechnischen Funktionstüchtigkeit gelingt.

Bei dem zu untersuchenden Flachdach handelt es sich um einen kompakten Aufbau mit zwei Dämm- und Abdichtungsebenen, vgl. Abb. 3. Dieser Aufbau ergibt einen doppelten Schutz der Tragkonstruktion vor den Folgen von Leckstellen in der Abdichtung. Damit entsteht eine sichere Ausführungsvariante für ein anspruchsvolles Bauteil.

Auf der Innenseite der Sparren wird die Dampfbremse SIGA Majrex mit den zugehörigen Klebprodukten fachgerecht verarbeitet und beson-

deres Augenmerk auf deren Luftdichtheit gelegt.

Bewertung des Daches mit Hilfe einer Parameterstudie

In einer durchgeführten Parameterstudie wurde das begrünte Flachdach hydrothermisch simuliert und dessen Funktionstüchtigkeit überprüft.

Aktuell gibt es auf dem Markt eine Vielzahl von verschiedenen feuchtevariablen Dampfbremsen. Die erste Generation der Dampfbremsen hat eine geringe Spreizung zwischen hohem und niedrigem Diffusionswiderstand. Weiterentwicklungen der zweiten Generation weisen eine höhere Spreizung des s_d -

Abb. 4:
Die luftdichte Ebene des Gaubendaches und die Gaubenwangen wurde mit der neuen SIGA-Majrex ausgeführt.



Infokasten

Randbedingungen

Für die hydrothermische Bemessung sind die angenommenen Randbedingungen sehr entscheidend:

Außenklima: Holzkirchen als Referenzklima mit einer Jahresmitteltemperatur von $6,6^\circ\text{C}$. Keine bauliche Verschattung der Dachfläche.

Innenraumklima / Baufeuchte: Für die Raumluftfeuchte wird eine Bemessungskurve nach [WTA MB 6-2: 2014] für normale Feuchtelast (35 - 65 % rel.F.) verwendet. Da während des Innenausbaus Wände neu verputzt und ein neuer Fußbodenaufbau erfolgt, wird für die Berechnungen eine zusätzlich erhöhte Raumluftfeuchte in den ersten 3 Jahren der Simulation angesetzt.

Anfangsfeuchte der OSB Platte: 15 M-%

Konvektion: Bei üblicher handwerklicher Ausbildung und gerade bei Übergängen zwischen neuen und bestehenden Bauteilen ist es nicht zu vermeiden, dass auf Grund von Undichtheiten eine gewisse Menge an Raumluftfeuchte in das Bauteil strömt. Um dies zu berücksichtigen, wird das Konvektionsmodell nach [WTA MB 6-2: 2014] verwendet.

Luftdurchlässigkeit: $q_{50} = 3,0 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$, Höhe der thermischen Luftverbunds: $h = 10 \text{ m}$

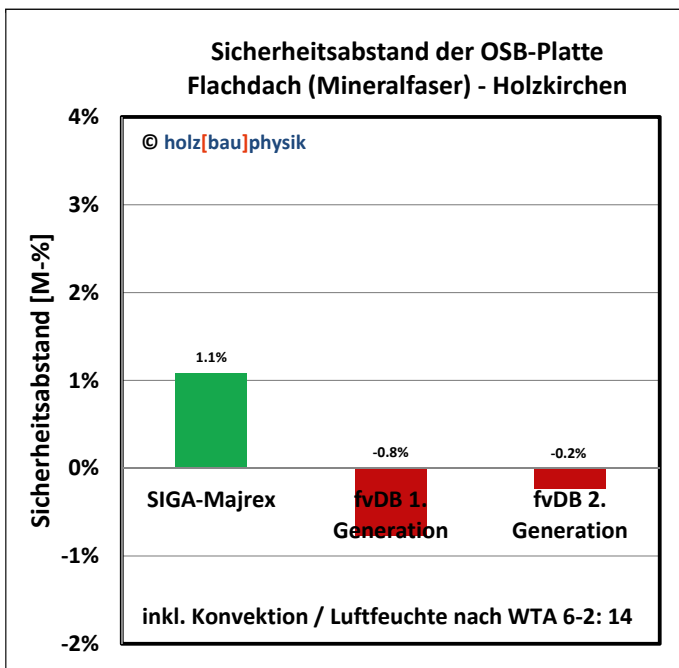
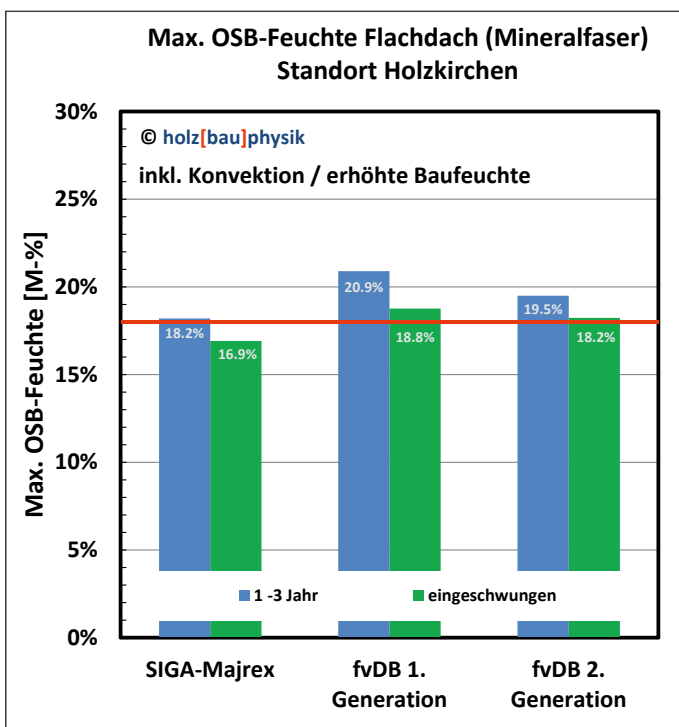


Abb. 5:
Sicherheitsabstand zum Grenzwert von 18 M.-% in der Bauteilschicht OSB Platte im eingeschwungenen Zustand. Nur SIGA Majrex unterschreitet in der Simulation den Grenzwert – bleibt also unter 18 M.-% [Kehl/TUD 2015]

Abb. 6:
Maximale Materialfeuchte in der OSB Platte bei erhöhter Raumluftfeuchte in den ersten drei Jahren (Austrocknung der Neubaufeuchte). Die SIGA-Majrex zeigt durch die feuchte- und richtungsabhängige Dampfbrems-eigenschaft ein robustes Verhalten auch gegenüber der Baufeuchte. [Kehl/TUD 2015]



Wertes auf, was vor allem den Diffusionseintrag bei höherer Raumfeuchte verringert, vgl. den Planungsleitfaden von D. Kehl und H.M. Künzel in *Heft 02-2016, S. 21 ff.*

Für die Parameterstudie zum vorliegenden Bauteilaufbau wurden zwei am Markt verfügbare feuchtevariablen Dampfbremsbahnen aus beiden Generationen mit der SIGA Majrex verglichen. Die verwendeten s_d -Werte stammen aus Messungen der TU Dresden [PB TUD 2016].

Die Bewertung des feuchte-technischen Verhaltens des Konstruktionsaufbaus erfolgt gemäß dem WTA Merkblatt 6-8: 2016 über den Wassergehalt in der maßgebenden Bauteilschicht, hier der OSB Platte. Der Wassergehalt in der Bauteilschicht muss im Simulationszeitraum sinken und darf den Grenzwert von 18 M.-% nicht langfristig überschreiten. Die Abb. 5 zeigt den Sicherheitsabstand zur Grenzfeuchte der OSB Platte. Dieser wird als die Differenz aus dem höchsten Tagesmittel der Werkstofffeuchte im Jahreszyklus und dem Grenzwert definiert.

Die Ergebnisse im Detail

Wie Abb. 5 zeigt unterschreitet nur bei der SIGA Majrex die OSB-Platte dauerhaft den Grenzwert. Die beiden feuchtevariablen Dampfbremsbahnen liegen zeitweise darüber.

Da es oftmals durch den Innenausbau zu einer erhöhten Raumluftfeuchte kommt, wird zusätzlich das Feuchteverhalten der Konstruktion in den ersten 3 Jahren nach der Fertigstellung betrachtet. Hierbei wird zum Startzeitpunkt der Simulation (1. Okt.) die Raumluftfeuchte 10 Prozentpunkte erhöht. Diese erhöhte Feuchte klingt im Verlauf der 3 Jahre kontinuierlich auf Null ab.

Wie in der Abb. 6 abzulesen, wird zwar auch beim Einsatz der feuchte- und richtungsabhängigen Dampfbremsbahn SIGA Majrex in dieser Periode der Grenzwert geringfügig überschritten (18,2 M.-%), aber der Zeitraum

der Überschreitung liegt unter 3 Monaten, was nach [DIN 68 800-2] zulässig ist. Im Vergleich dazu liegen die beiden mitbetrachteten, nur feuchtevariablen Bahnen auch im eingeschwungenen Zustand noch über dem Grenzwert.

Fazit

In den erfolgten Untersuchungen wird die Leistungsfähigkeit der SIGA-Majrex dargelegt und mit anderen feuchtevariablen Dampfbremsen verglichen. Die daraus resultierenden Ergebnisse zeigen: Der Effekt der Feuchtevariabilität wird durch die Richtungsabhängigkeit positiv verstärkt. So besteht selbst bei den ungünstigen Bedingungen eines außen dampfdichten und begrünten Flachdachs noch ein Rücktrocknungsvormögen. Im Vergleich zu den feuchtevariablen Dampfbremsen hat SIGA Majrex ein größeres Austrocknungspotential.

Zudem sorgt die SIGA-Majrex auch bei hoher Baufeuchtigkeit, z.B. nach dem Einbringen des Estrichs und des Putzes, oder bei hoher Feuchtebelastung während der Nutzung für noch mehr Sicherheit für die Holzkonstruktion. ■

Quellen

[Kehl/TUD 2015] TU Dresden, Institut für Bauklimatik: „Studie zum Austrocknungspotential eines außen dampfdichten und begrünten Flachdachs in Holzbauweise mit der feuchte- und richtungsvariablen Dampfbremsbahn SIGA Majrex“ erstellt durch Kehl, D.; 15.12.2015

[PB TUD 2016] TU Dresden, Institut für Bauklimatik: Prüfbericht „Feuchteadaptive und richtungsabhängige Folie - SIGA Majrex“, 05.07.2016

[WTA MB 6-2: 2014] Hrsg.: Wissenschaftlich Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V.: Merkblatt 6.2 - Simulation wärme- und feuchtetechnischer Prozesse, IRB Verlag, München 2014

[WTA MB 6-8 2016] Hrsg. Wissenschaftlich Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege: Merkblatt 6-8: Feuchtetechnische Bewertung von Holzbau teilen - Vereinfachte Nachweise und Simulation, IRB-Verlag, München 2016