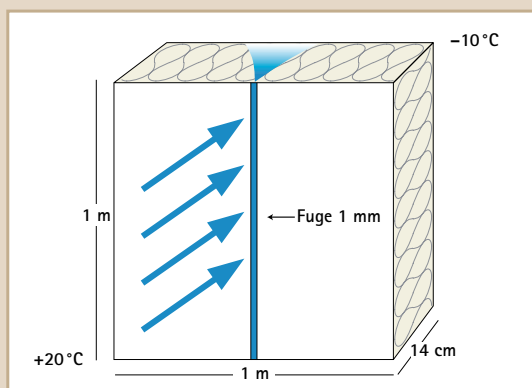


Feuchteintrag in die Konstruktion durch Undichtheiten in der Dampfbremse

Abb. 3
1 mm Fuge =
800 g/24 h pro m Fugenlänge



Feuchtetransport

durch Dampfbremse: $0,5 \text{ g/m}^2 \times 24 \text{ h}$
durch 1 mm Fuge: $800 \text{ m} \times 24 \text{ h}$
Erhöhung Faktor: 1.600

Randbedingungen:

Dampfbremse s_d -Wert = 30 m
Innentemperatur = $+20 \text{ °C}$
Außentemperatur = -10 °C
Druckdifferenz = 20 Pa
entsprechend
Windstärke 2-3

Messung: Institut für Bauphysik, Stuttgart [11]

Konvektion und Simulation

Konvektionsströme durch Leckagen können nur annäherungsweise berechnet werden. Wird die Innenbekleidung bei der Berechnung weggelassen, erfolgt der Feuchteintrag ausschließlich durch Diffusion.

Die wahren Einträge durch Konvektion sind höher.

Hohe μ -Werte begünstigen Tauwasserausfall.

Berechnungsmodelle für konvektiven Eintrag

Feuchtigkeitseinträge in Konstruktionen durch Konvektion (Strömung feuchtwarmer Luft) lassen sich derzeit noch nicht mit kommerziellen Softwarelösungen simulieren. Der Antrieb der Konvektion ist der Druckunterschied zwischen dem Inneren eines Gebäudes und der Außenluft. Dieser Druckunterschied resultiert aus der Windanströmung des Gebäudes von außen und dem Aufsteigen der beheizten Luft innerhalb des bewohnten Raums. Als Annäherung kann der Feuchtetransport durch Leckagen in eine Konstruktion berechnet werden, indem diffusionshemmende innere Bauteilschichten (z. B. Dampfbremsebenen oder Innenbekleidungen) unberücksichtigt bleiben. Da es sich hier nur um Diffusionsströme handelt und der Antrieb der Druckunterschiede fehlt, sind in der Realität die Feuchtigkeitsbelastungen durch Konvektion wesentlich höher. Bei Luftströmungen durch Leckagen konzentriert sich der Feuchteintrag auf eine kleine Fläche. Dadurch ist dieser um ein Vielfaches höher, als es die Rechenergebnisse darstellen können. Durch Konvektion kann durch eine Fuge von 1 mm Breite und 1 m Länge ($= 1/1000 \text{ m}^2$) eine Feuchtigkeitsmenge von 800 g/m und Tag durch Konvektion in die Wärmedämmkonstruktion gelangen. Soviel Feuchtigkeit kann auch die diffusionsoffenste Unterspannbahn nicht austrocknen lassen, zumal der Diffusionsstrom eines dünnen Bauteils bei einer geringen/fehlenden Druckdifferenz in der Praxis viel niedriger ist, als die s_d -Werte dies vermuten lassen (siehe Absatz s_d -Wert und μ -Wert).

Anreicherung der Feuchtigkeitsmenge infolge innerer Konvektion

Konvektionsströme können auch innerhalb von Konstruktionen auftreten. Durch die Erwärmung der Konstruktion von außen beim direkten Bescheinen durch die Sonne kann Feuchtigkeit innerhalb des Bauteils aufsteigen und sich ggf. an Stellen sammeln, an denen weitere Konvektionsvorgänge, z. B. durch Wechsel, unterbrochen sind.

Eisschichten sind Dampfsperren

Kommt es zu einem Tauwasserausfall an Materialschichten, die im Frostbereich

liegen (z. B. an außen liegenden Luftdichtungsbahnen), kann sich dort bei Minustemperaturen eine Eisschicht bilden. Infolge der verhinderten Austrocknung nach außen aus der Konstruktion heraus kommt es zur weiteren Bildung von sehr großen Kondensatmengen, die wiederum gefrieren. Das Resultat ist eine verringerte Dämmwirkung des eingesetzten Dämmstoffes sowie eine starke Gefährdung der in der Konstruktion enthaltenen Materialien.

s_d -Wert und μ -Wert

Entscheidend für die Tauwasserbildung ist zunächst der μ -Wert (Dampfdiffusionswiderstandszahl [-]). Er beschreibt die „Qualität“ des Baumaterials hinsichtlich einer Sperrwirkung. Der s_d -Wert (äquivalente Luftschichtdicke [m]) berücksichtigt zusätzlich die Stärke eines Baustoffes. Mit zunehmender Materialstärke verlängert sich die Zeitdauer, die ein Wassermolekül für den Transportvorgang durch den Baustoff benötigt. Unterspannbahnen sind diffusionsoffen und haben einen niedrigen s_d -Wert. Aufgrund der geringen Schichtdicke ist der μ -Wert jedoch vergleichsweise hoch. In Zahlen: Eine Unterspannbahn mit einem mikroporösen Funktionsfilm hat bei einem s_d -Wert von 0,02 m und einer Dicke von 0,50 mm einen μ -Wert von 40. Im Vergleich mit einem faserförmigen Wärmedämmstoff (μ -Wert = 1) hat die Bahn eine um den Faktor 40 höhere Diffusionsdichtheit. Dadurch kann es auch an diffusionsoffenen Unterspannbahnen zu einem Tauwasserausfall kommen.

Diffusionsoffene Unterspannbahnen/äußere Luftdichtungsbahnen lassen außerdem wesentlich weniger Feuchtigkeit austrocknen, als der μ -Wert und s_d -Wert vermuten lassen. Grund ist die geringe/fehlende Druckdifferenz eines dünnen Bauteils unter den klimatisch bedingten Situationen.

Hintergrund: Antrieb für einen Diffusionsstrom sind immer Druckdifferenzen. Befindet sich auf beiden Seiten das gleiche Klima (z. B. 10 °C und 80 % rel. Luftfeuchtigkeit), dann findet kein Feuchtigkeitstransport statt. Erst wenn Temperatur oder rel. Feuchtigkeit auf beiden Seiten des Bauteils unterschiedlich sind, wollen sich Moleküle über Diffusion von einer Seite zur anderen bewegen. Bei einer Unterspannbahn/äußeren Luft-

dichtungsbahn bestehen wegen der geringen Dicke des Materials keine Temperaturunterschiede, so dass man sich auf die Differenzen der relativen Luftfeuchtigkeiten konzentrieren kann. Diese sind im Winter bei Tauwassergefahr an der Unterspannbahn/äußeren Luftdichtung denkbar gering, wenn innenseitig der Bahn 80 % relative Luftfeuchtigkeit und mehr bestehen und außenseitig ähnliche Feuchtigkeitssituationen vorhanden sind.

Sicherheitsvorteile bieten hier Unterdachbahnen mit monolithischen Funktionsfilmen. Im Falle eines Kondensatausfalls an der Innenseite der Bahn innerhalb der Konstruktion wird Feuchtigkeit aktiv durch Diffusion entlang der Molekülketten aus dem Bauteil heraustransportiert. Unter Feuchteinfluss verringert sich der Diffusionswiderstand von pro clima SOLITEX UD und PLUS – die Gefahr von Eisbildung sinkt. Bei mikroporösen Membranen hingegen kommt es durch Tauwasserbildung auf der Bahn zu einer verringerten Diffusionsfähigkeit. Feuchtigkeit kann ausschließlich passiv im gasförmigen Zustand durch die Bahnen hindurchgelangen – die Gefahr von Eisbildung ist höher als bei monolithischen Membranen.

Messunsicherheiten bei hochdiffusionsoffenen Materialien

Eine für die Bestimmung des Diffusionswiderstandes maßgebliche Norm, die DIN EN ISO 12572 [8], enthält im Abschnitt 9 „Messgenauigkeit“ eine Auflistung über mögliche Fehlerquellen. Es werden neben der Qualität der Prüfkörper sowie der Genauigkeit der Messeinrichtungen auch die Klimarandbedingungen während der Messung (Luftdruckschwankungen) als mögliche, das Messergebnis fehlerhaft beeinflussende Ursachen angegeben. Die DIN EN ISO 12572 ist entsprechend den Angaben unter Abschnitt 9.8 nicht für die Messung der Eigenschaften von hohen Wasserdampfdurchlasskoeffizienten (d. h. mit $s_d < 0,1$ m) geeignet. Aus den beschriebenen Gründen ist bei Berechnungen nach DIN 4108-3 bzw. nach DIN EN ISO 12572 bei der Diffusionsberechnung auf diffusionsoffeneren Materialien ein s_d -Wert von 0,1 m anzusetzen.

Bewertung der Feuchtigkeitseinflüsse. Definition des Bauschadensfreiheitskriteriums

Die in Abb. 1 + 2 beschriebenen Feuchtigkeitseinträge können innerhalb von Bauteilen zu einer erhöhten rel. Luftfeuchtigkeit bis hin zur Kondensatbildung führen. In Kombination mit einer ausreichend hohen Temperatur an der Stelle des erhöhten Feuchtegehaltes kann es bei ausreichend langer Einwirkung und einer geeigneten Nahrungsquelle zur Auskeimung von Schimmelpilzsporen kommen. Schimmelpilze gelten als so genannte „Erstkolonisierer“, da sie auch „unter biologisch ungünstigen Umgebungsbedingungen“ [3] gedeihen können.

Sedlbauer und Krus [3] geben für das Erreichen von Wachstumsbedingungen für fast alle im Baubereich relevanten Schimmelpilze eine rel. Luftfeuchtigkeit von 80 % an. Der optimale Bereich liegt je nach Spezies bei 90 bis 96 % rel. Luftfeuchtigkeit. Die in den Zeiträumen erhöhter Feuchtegehalte vorhandene Temperatur muss für die Auskeimung der Sporen bzw. für das Wachstum des Pilzes im Bereich zwischen 0 und 50 °C liegen. Die ideale Wachstumstemperatur liegt bei etwa 30 °C.

Bei dieser Temperatur können auf Mineralwolle ab einer rel. Luftfeuchtigkeit von 92 % Schimmelpilze auskeimen und wachsen. Ist die Temperatur geringer, sind erhöhte rel. Luftfeuchten für die Besiedelung erforderlich.

„Verunreinigungen durch Staub, Fingerabdrücke und Luftverschmutzung (Küche, Rückstände beim Duschen usw.) oder Ausdünstungen des Menschen“ reichen aus, um auf weniger geeigneten Untergründen die Voraussetzungen für einen Bewuchs mit Schimmelpilzen zu verbessern. Diese Randbedingungen haben einen Einfluss auf die Höhe der erforderlichen rel. Luftfeuchtigkeit bzw. Temperatur, die für das Auskeimen erforderlich ist. Temperaturen unterliegen im Tag-Nacht-Wechsel Schwankungen, die dazu führen können, dass zeitweise keine Bedingungen für das Schimmelpilzwachstum vorliegen. In [3] wird nach Zöld angegeben, dass bei Temperaturen unter 20 °C Schimmelpilz-

Feuchteintrag in die Konstruktion kann zu Bauschäden und Schimmel führen

Abb. 4
Schimmelpilze wachsen auch unter ungünstigen Umgebungsbedingungen



Sedlbauer und Krus [3] geben für das Erreichen von Wachstumsbedingungen für fast alle im Baubereich relevanten Schimmelpilze ein rel. Luftfeuchtigkeit von 80 % an. Der optimale Bereich liegt je nach Spezies bei 90 bis 96 % rel. Luftfeuchtigkeit.