

*die neue*  
**quadriga**  
*Das Fachmagazin für den Holzhausbau*



**Sonderdruck**  
aus die neue quadriga 5/2004

## **Belüftet oder lieber doch nicht?** Tauwasserschutz bei flach geneigten Dächern in Holzbauweise

Autor:  
Robert Borsch-Laaks,  
Sachverständiger für  
Bauphysik, Aachen



MOLL bauökologische  
Produkte GmbH  
Rheintalstr. 35-43  
D-68723 Schwetzingen

Fon: 0 62 02-27 82.0  
Fax: 0 62 02-27 82.21

info@proclima.de  
www.proclima.de

# Belüftet oder lieber doch nicht?

Tauwasserschutz bei flach geneigten Dächern in Holzbauweise

Eine der häufigsten Fragen am Sorgentelefon des Bauphysikers lautet etwa so: „Wir haben ein Flachdach mit dampfdichter Dachabdichtung zu bauen. Sollen wir innen eine Dampfsperre mit 100 m  $s_d$ -Wert anbringen, oder lieber außen hinterlüften, oder beides?“

Die meisten Baufachleute würden wahrscheinlich „aus dem Bauch heraus“ sagen, dass man in einem solchen Falle am besten die Dachabdichtung hinterlüften sollte. Im Kopf ist bei vielen auch gespeichert, dass die Normen anderenfalls ihnen eine Dampfsperre vorschreiben.

Wer das Kleingedruckte in den Fachregeln liest und aktuelle Veröffentlichungen aus der Bau-forschung verfolgt, mag aber schon darüber gestolpert sein, dass belüftete Konstruktionen in manchen Fällen als „nicht zweckmäßig“ bezeichnet werden. Vielfach wird auch eine Empfehlung für „feuchtevariable Dampfbremsen“ ausgesprochen. Was ist nun richtig und was ist der Stand der Technik?

## Gegen das Wirrwarr der Begriffe

Wenn in der Norm zum Tauwasserschutz, der [DIN 4108-3], von belüfteten Dächern die Rede ist, dann sind dies solche, bei denen „direkt über der Wärmedämmung eine belüftete Luftschicht angeordnet (ist). ... Zu nicht belüfteten Dächern gehören auch solche, die außenseitig im weiteren Dachaufbau angeordnete Luftschichten oder Lüftungsebenen haben“ (Abschnitt 4.3.3.1)

Für den modernen Holzbau ist diese Unterscheidung Schnee von gestern. Der Wärmeschutz wird in aller Regel als Volldämmung bis hin zu einer mög-

lichst diffusionsoffenen Unterspannbahn oder Unterdeckung aus Holzwerkstoffplatten ausgeführt. Es hat über 10 Jahre gedauert, bis die bahnbrechenden Erkenntnisse aus Untersuchungen an der Freilandversuchsstelle des Fraunhofer Instituts für Bauphysik (IBP) in Holzkirchen<sup>1)</sup> am Ende ihren Niederschlag in der Neufassung der DIN 4108 im Jahr 2001 fanden. Nicht belüftete Konstruktionen gem. Tab. 1 der Norm gehören nun auch zu den „nachweisfreien Konstruktionen“ (vgl. *dnq* 2/2004, S. 53), d.h. eine Tauwasserberechnung nach dem „Glaserverfahren“ kann entfallen.

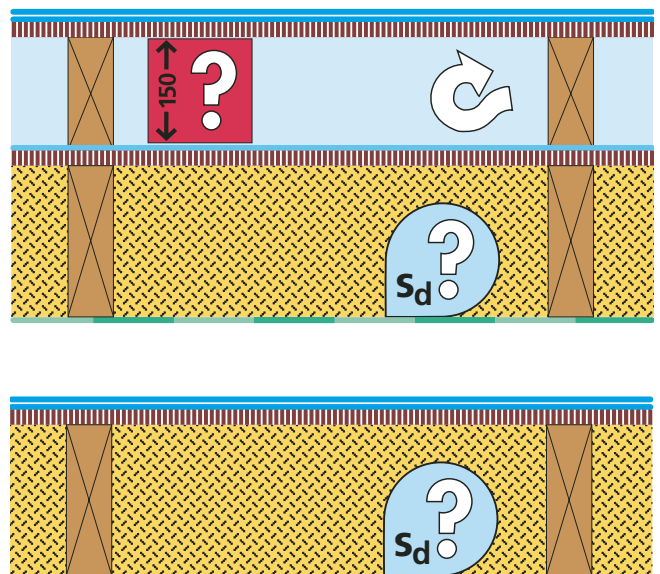
„nicht belüfteten Dächern mit Dachabdichtung“ (Abschn. 4.3.3.2. b) und für „belüftete Dächer mit einer Dachneigung < 5°“ (Abschn. 4.3.3.3. a) die gleichen sind. In beiden Fällen wird der Einbau einer „diffusionshemmenden Schicht mit  $s_{d,i} \geq 100 \text{ m}^2$ “ für die Befreiung von der Nachweisrechnung gefordert. Augenscheinlich trauen auch die Normverfasser der Dampf abführenden Wirkung der Belüftung nicht allzu viel zu.

Lediglich die Dachdeckerfachregeln geben in ihrem „Merkblatt für Unterdächer, Unterdeckungen, Unterspannungen“ aus dem Jahr 1997 einen Hinweis:

## „Obere“ Belüftung: nicht genormt, aber sinnvoll?

Dennoch bleibt die Frage, ob nicht gerade bei Flachdächern mit außenseitig dampfdichtem Aufbau (Abdichtungsbahnen, Blecheindeckung etc.) eine (obere) Belüftung, also zwischen Unterdeckung und Abdichtung, sinnvoll wäre. Hierzu liefert die Norm allerdings keine Erkenntnisse, weil die Regelungen bei

**Abb. 1: Das Thema dieses Beitrags: Dämmung innerhalb der Tragkonstruktion – klar. Abdichtung mit oder ohne Hinterlüftung – hmm? ... und welche Dampfbremse ist wann erforderlich?**



<sup>1)</sup> vgl. [Künzel/Großkinsky 1989] und [Künzel/Großkinsky 1992]. Immer wieder lesenswert und besonders geeignet für die Überzeugungsarbeit gegenüber Planern, die nach wie vor eine Belüftung zwischen Dämmung und Unterspannung ausschreiben, ist auch das Buch des Seniors der feuchte-technischen Bauphysik [Künzel, H. 1996].

„Für den Raum zwischen der zusätzlichen Maßnahme (Unterdeckung, d.Verf.) und der Dachdeckung haben sich Zu- und Abluftöffnungen im Trauf- und Firstbereich bewährt. Die in der DIN 4108-3 geforderten Lüftungsquerschnitte für belüftete Dächer gelten für diesen Raum zwar nicht, haben sich aber in der Praxis bewährt und werden empfohlen.“ [ZVDH 2003]

### Wann funktioniert eine Belüftung, wann nicht?

Im Merkblatt „Wärmedämmung bei Dächern“ nennt der ZVDH gleich ein ganzes Bündel von Einschränkungen, die gerade bei flach geneigten Dächern die Funktionstüchtigkeit von Belüftungsebenen in Frage stellen (s. **Infokasten 1**).

Das entscheidende Manko der Flachdachbelüftung ist, dass ihr naturgemäß die wichtigste und sicherste Antriebskraft für die Luftströmung fehlt: der Höhen-

unterschied für den thermischen Auftrieb. Ob die daraus folgende Empfehlung von extrem großen Lüftungsquerschnitten (mehr als 15 cm, siehe **Infokasten 2**) wirklich praxisgerecht sind, ist zweifelhaft. Zumindest sind die diesbezüglichen umfangreichen Regelungen in der neuen DIN 4108-3 nicht mehr enthalten.

### „Belüftungsphilosophie“: Warum so zurückhaltend?

Nun mag der bauphysikalische „Bauch“ an den „Kopf“ des geneigten Lesers fragen, warum die Belüftungsregeln in Fachpublikationen zunehmend unkongret werden. Dazu ist ein kurzer Blick zurück in deren Geschichte aufschlussreich.

Die allseits bekannten Bestimmung der alten DIN 4108:1981 gehen zurück auf Laboruntersuchungen, die Prof. Liersch an der TU Berlin Ende der 70er Jahre

### Infokasten 2

**Belüftungsregeln für Flachdächer nach ZVDH: „Mindestlüftungsquerschnitte bei Dachneigung < 10°**  
Bei Sparrenlänge bis 10 m: Lüftungsquerschnitt in der Dachfläche  $\geq 5$  cm, an der Traufe  $\geq 2\%$  der gesamten Dachgrundrissfläche an mindestens zwei gegenüberliegenden Traufen.  $s_{d,i} \geq 10$  m“

Hinweis: Diese Bestimmungen entsprechen der alten DIN 4108:1981. In der neuen Norm sind diese nicht mehr enthalten! Des Weiteren gibt der ZVDH u.a. folgende Ausführungsempfehlungen:

- „Die Be- und Entlüftung muss auch an Durchdringungen, Lichtkuppeln sowie Dachaufbauten gewährleistet sein.
- Die notwendigen Lüftungsöffnungen dürfen nicht geschlossen werden, auch nicht durch diffusionsoffene Bahnen.
- Ist der Lüftungsweg länger als 10 m, sind besondere Maßnahmen erforderlich.
- Insbesondere bei flachen Dächern werden Lüftungsquerschnitte von mindestens 15 cm empfohlen.“

durchgeführt hatte. Zwischenzeitlich ist in Vergessenheit geraten, dass die hieraus abgeleiteten Belüftungsregeln ausschließlich für die Abfuhr von diffundierendem Wasserdampf ausgelegt wurden. Das Zitat aus einem Vortrag von Prof. Liersch bei den Aachener Bausachverständigentagen 1993 (siehe **Infokasten 3**) zeigt die äußersten engen Grenzen der Wirksamkeit der Belüftung auf.

D.h. für die wirklich entscheidenden Tauwasserrisiken, die durch Luftströmung (**Dampfkonvektion**) entstehen, bietet die Belüf-

tung keine Lösung. Dies hat der Autor am Beispiel eines Schadensfalls in [condetti & Co 2003], Seite 98f. dargestellt. Die Bauschadensliteratur ist mittlerweile gut gefüllt mit solchen Beispielen (vgl. z.B. [Dahmen 1993] und [Colling 2000]).

### Zurück auf Los: Diffusionsbilanz beim flach geneigten Dach

Die Regel, die das größte Durcheinander in Kopf und Bauch der meisten Baufachleute erzeugt, ist die o.a. Nachweisbefreiung bei Einbau einer Dampfsperre mit mindestens

### Infokasten 1

Auszug aus ZVDH (Hg.):

#### Merkblatt Wärmeschutz bei Dächern, Abschnitt 3.2.1

„Bei Dachkonstruktionen mit geringer Dachneigung kann in einem durchlüfteten Dachraum Luftbewegung nur durch Windeinwirkung, Druckdifferenzen an Dachkanten (Staudruck und Windsog) und temperaturbedingten Überdruck in der Belüftungsebene bewirkt werden... Dies ist in der Regel nicht der Fall, wenn sich eine Dachfläche in enger Bebauung befindet und z.B. auf allen Seiten von höheren Gebäuden umgeben ist...“

Die Funktion von Lüftungsöffnungen kann kurzfristig durch Schnee ausfallen bzw. beeinträchtigt werden.

Eine geplante Belüftung der Dachfläche kann durch

- Aufbauten,
- stark strukturierte Dachflächen
- häufig unterbrochene Belüftungsebenen,
- ungünstige Dachformen etc.

zum Erliegen kommen bzw. deren Funktion wesentlich einschränken. In solchen Fällen sind unbelüftete Dächer hinsichtlich der bauphysikalischen Funktion zuverlässiger.“

#### Auszug aus der DIN 4108-3:2001, Abschnitt 4.3.3.3

„Anmerkung 2: Bei Kehlen sind Lüftungsöffnungen im Allgemeinen nicht möglich. Solche Dachkonstruktionen – auch solche mit Dachgauben – sind daher zweckmäßiger ohne Belüftung auszuführen.“

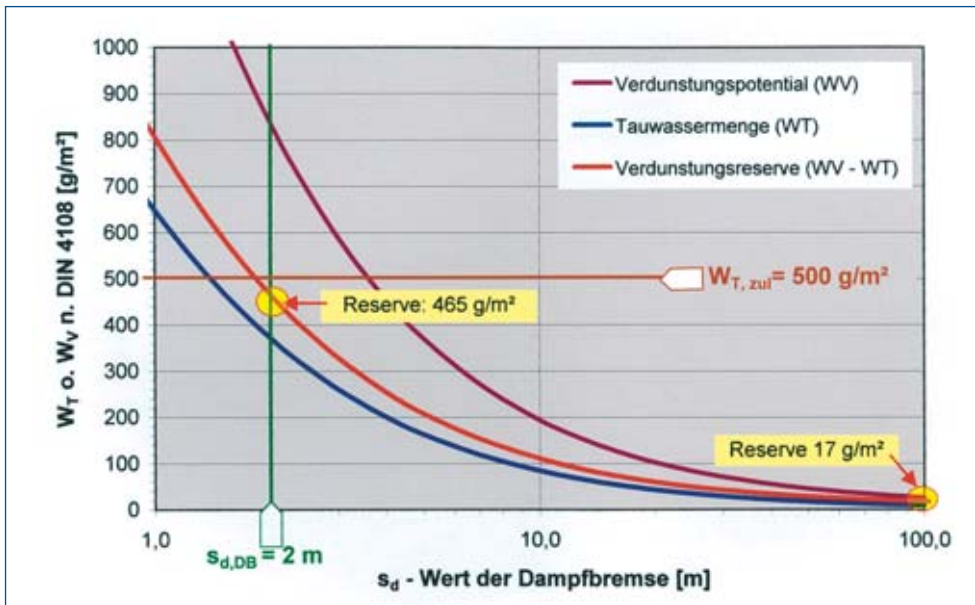
### Infokasten 3

Ein Zitat vom „Erfinder“ der Belüftungsregeln, Prof. Dr. K. W. Liersch

„An dieser Stelle muss darauf hingewiesen werden, dass der Belüftungsraum nicht in der Lage ist – auch bei gut funktionierender Belüftung – den durch Fehlstellen oder Fugen in den Dämmschichten konvektiv transportierten Wasserdampf wegzuführen. Ein Vergleich mit dem durch Diffusion transportierten Wasserdampf macht deutlich, dass auch bei relativ dichten Anschlussfugen ein mehr als 10facher Wasserdampfdurchgang erfolgt ... Diese Wasserdampfmenge kann der Belüftungsstrom in aller Regel nicht abführen, so dass auf ausreichende Fugendichtung ... zu achten ist.“

[Liersch 1993]

Abb. 2: Diffusionsbilanz eines außen dampfdichten, nicht belüfteten Flachdachs. ( $s_{d,a} = 300 \text{ m}$ ,  $d_{\text{Dämm}} = 200 \text{ mm}$ ) Berechnung nach DIN 4108-3.



100 m  $s_d$ -Wert. Dies wird meist missverstanden als eine zwingende Anforderung. Richtig ist vielmehr, dass die Nichtbeachtung dieser Bestimmung lediglich eine Diffusionsberechnung erforderlich macht.

Führt man solche Berechnungen durch, so kommt man zu ganz anderen Ergebnissen als die Norm suggeriert. Um die Grenze der maximal zulässigen Tauwassermenge ( $W_T$ ) von  $500 \text{ g/m}^2$  zu unterschreiten, sind nämlich keine 100 m, sondern nur ca. 2 (!) m Sperrwert der Dampfbremse erforderlich. Der Vorteil des geringeren Sperrwertes liegt in dem deutlich größeren Verdunstungspotenzial, das die Konstruktion hierdurch erhält. Wie Abb. 2 zeigt, können bei  $s_{d,i} = 2 \text{ m}$  in der normgemäßen Verdunstungsperiode  $836 \text{ g/m}^2$  abtrocknen. Zieht man die winterliche Tauwassermenge ( $371 \text{ g/m}^2$ ) davon ab, so verbleibt eine Verdunstungsreserve von fast  $500 \text{ g/m}^2$ .

Im Gegensatz dazu weist ein Dachaufbau mit  $s_{d,i} = 100 \text{ m}$  zwar nur eine Tauwassermenge von  $9 \text{ g/m}^2$  auf, aber auch die Verdunstungsreserve schrumpft auf ein Minimum von ganzen  $17 \text{ g/m}^2$ .

Der alte Bauphysik-Merksatz zur Dampfdiffusi-

on „innen dichter als außen“ bedarf für außen dampfdichte, flach geneigte Konstruktionen einer erweiterten Neuformulierung:

**Wenn außen dampfdicht, dann innen so diffusionsdicht wie nötig** (zur Begrenzung des Tauwassers auf ein zulässiges Maß) **und so diffusionsoffen wie möglich** (zur Schaffung einer möglichst großen Verdunstungsreserve für „außerplanmäßige Befeuchtungen“ aus Konvektion, Baufeuchte etc.).

### Diffusionsberechnung für Fortgeschrittene: Verdunstungsreserve planen

Untersuchungen an Holzkonstruktionen in Nordamerika erlauben eine Quantifizierung des Feuchteintrags auf Grund von Luftkonvektion auch bei fachmännischer Ausführung der Luftdichtung, vgl. [Künzel, H.M. 1999]. Auf deutsche Verhältnisse übertragen, resultiert daraus eine **zusätzliche Tauwassermenge** durch Luftkonvektion von ca.  $250 \text{ g/m}^2$ . Das IBP leitet hieraus die Empfehlung ab:

- „Es erscheint sinnvoll, diese Feuchtemenge im Vergleich

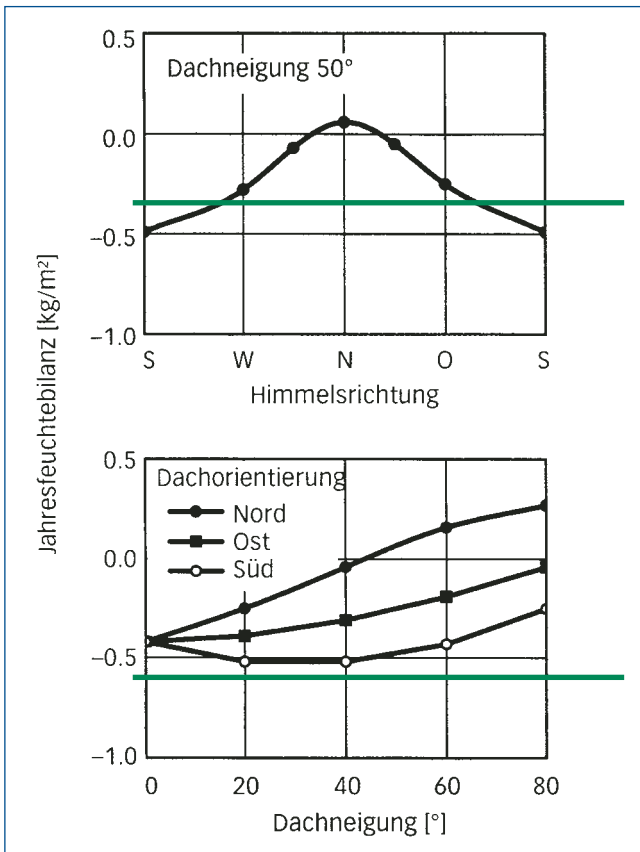
zwischen Tauwassermenge und Verdunstungsmenge zumindest bei Holzkonstruktionen zu berücksichtigen.“

Auf unserem Berechnungsbeispiel aus Abb. 2 übertragen bedeutet dies, dass der Sperrwert der inneren Dampfbremse nicht mehr als ca. 4 m betragen sollte. Anderenfalls bestehen nicht genügend Trocknungsreserven für den Feuchteintrag aus Dampfkonnektion.

### Wann ist ein Dach feuchtetechnisch flach geneigt?

Bei der normgemäßen Berechnung einer Konstruktion als „Dach“ wird für die Außenseite eine Oberflächentemperatur von  $20^\circ\text{C}$  zu Grunde gelegt. Damit soll rechnerisch abgebildet werden, dass sich Dachflächen im Sommerhalbjahr aufheizen, was zu einer verstärkten Rückdiffusion nach innen hin führt. Dies ergibt ein Verdunstungspotenzial, das mehr als drei Mal höher ist, als wenn der gleiche Konstruktionsaufbau als „Wand“ gerechnet wird.

Veröffentlichungen des IBP weisen allerdings darauf hin, dass dieser Berechnungsansatz nur in bestimmten Fällen wirklich auf der sicheren Seite liegt [Kün-



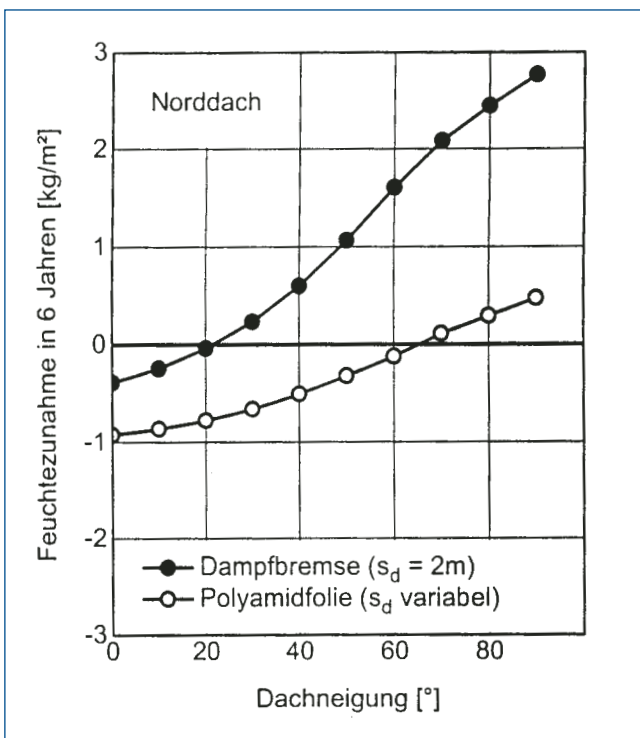
**Abb. 3: Jahresfeuchtebilanz bei einem Dach mit dampfdichter Schalungsbahn ( $s_d = 1.000$  m) bei verschiedenen Orientierungen und Neigungen. (160 mm Zellulosedämmung. Dampfbremse mit  $s_d = 2$  m. Normale Feuchtelast.)**

Grüne Linie: Mindestwert der Trocknungsreserve für Dampfkonzektion ( $250 \text{ g/m}^2$ )

Quelle: [Künzel, H.M. 1998]

**Abb. 4: Entwicklung des Gesamtwassergehaltes im Verlauf von 6 Jahreszyklen bei einem unbelüfteten Blechdach bei Nordausrichtung und verschiedenen Neigungen. (Hohe Feuchtelast, mittl. Raumluftfeuchte 55%)**

Quelle: [Künzel, H.M. 1997]



zel, H.M. 1999]. Insbesondere dann, wenn mit verringerter Sonneneinstrahlung zu rechnen ist (Nordorientierung bei geneigten Dächern, Verschattung der Dachfläche durch Bäume, Nachbargebäude oder Dachaufbauten) ist Vorsicht geboten. Genauere Aufschlüsse liefern nur dynamische Berechnungen mit realen Klimadaten statt der statischen Diffusionskalkulation mit dem Blockklima der DIN 4108.

**Dynamisch rechnen bringt mehr Sicherheit**

Wir haben in verschiedenen Veröffentlichungen in dieser Zeitschrift darauf hingewiesen, dass solche Methoden für die ingenieurmäßige Planung in experimentell überprüfter Form heute zur Verfügung stehen (vgl. *dnq* 5/2003 bis 2/2004). Mit dem Berechnungsprogramm WUFI® des IBP wurden umfangreiche Parameterstudien zu außenseitig dampfdichten, unbelüfteten Dächern durchgeführt (vgl. z.B. [Künzel, H.M. 1997 und 1998]).

Das Ziel solcher Berechnungen ist es zu überprüfen, ob in mehrjährigen Zyklen ein Aufschaukeln des Gesamtwassergehaltes der Konstruktion erfolgt oder nicht. Die Ergebnisse lassen sich folgendermaßen kurz zusammenfassen:

- Bei dynamischen Feuchteberechnungen sollte – um auf der sicheren Seite zu liegen – stets mit den „harten“ Klimadaten der Holzkirchener Messstation gerechnet werden (Voralpenland).
- Bei geringem Strahlungsangebot können konstant hohe innere Sperrwerte ( $\geq 5$  m) über mehrere Jahre zu einem langsamen Aufschaukeln des Gesamtwassergehaltes führen.
- Bei Dächern mit steiler Neigung sind Nordorientierungen stets kritisch. Erst bei einer Dachnei-

gung unter  $20^\circ$  gelangt die Jahresfeuchtebilanz akzeptable Bereiche (s. Abb. 3).

- Bei hoher Feuchtelast (mittlere Luftfeuchtigkeit 55%) und ungünstiger Orientierung bzw. Beschattung können nur feuchtevariable Dampfbremsen weiterhelfen (s. Abb. 4).
- Einen erheblichen Einfluss können die Farbgebung der Abdichtungen und eventuelle Auflagen (Bekiesung, Gründach etc.) haben, vgl. [Künzel, H.M. 1999a]

**Feuchtevariable Dampfbremsen: Die Lösung für Problemfälle**

Vor gut 10 Jahren begann die Entwicklung und bauphysikalische Forschung zu sogenannten „feuchteadaptiven Dampfbremsen“. Diese speziellen Bahnen ändern ihren Diffusionskoeffizienten in Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchtigkeit in ihrer Umgebung. Mittlerweile sind mehrere Produkte am Markt, deren feuchtevariables Verhalten aus Abb. 5 hervorgeht.

Wenn sich die Bahnen in trockener Umgebung befinden (z.B. beheiztes Innenklima im Winter) erreichen sie Diffusionskoeffizienten zwischen 3 und 10 m, je nach Produkt. D.h. sie bieten einen völlig ausreichenden Schutz, um den Tauwasserausfall auf unschädliche Mengen zu reduzieren.

Wenn eingeschlossene Feuchte durch Erwärmung der Dachoberfläche nach innen strebt (Umkehrdiffusion), erhöht sich der Feuchtegehalt im Bereich der Dampfbremse schnell auf mehr als 70%. Dann sinkt der  $s_d$ -Wert der variablen Bahnen auf einen kleinen Bruchteil des Trockenbereichswertes. D.h. akkumulierte Feuchte findet einen leichten Weg zurück in den Innenraum.

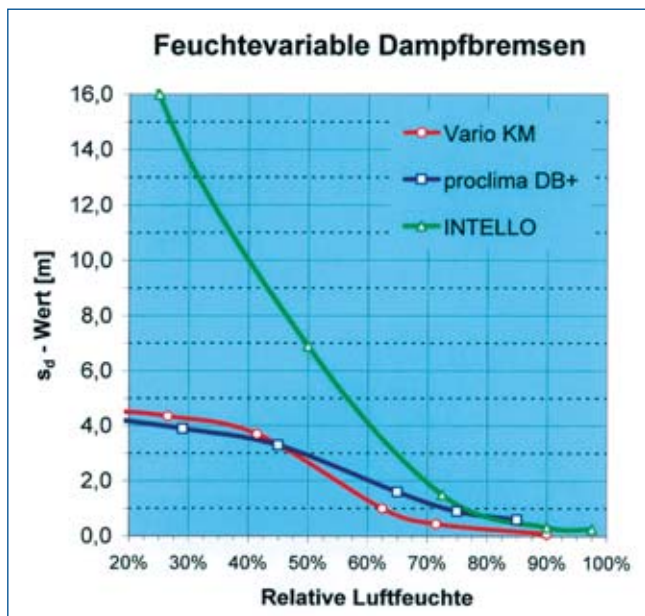


Abb. 5: Der  $s_d$ -Wert von feuchtevariablen Dampfbremsen der Hersteller isover und Moll in Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchte in ihrer Umgebung

Solche feuchtedynamischen Eigenschaften können auch Holz und bestimmte Holzwerkstoffplatten aufweisen (vgl. Artikelserie des Autors „Jenseits von Glaser“ in *dnq* 5/2003 bis 1/2004.)

### Fazit

Die „klassischen“ feuchte-technischen Empfehlungen für flach geneigte Dächer (Belüftung der Eindeckung oder hoher Dampfsperrwert auf der Innenseite) können nur funktionieren, wenn alle Randbedingungen stimmen: ungehinderte Luftströmung durch große Querschnitte ohne Hindernisse – auch an allen Ein- und Auslässen – bzw. keine zusätzlichen Feuchtebelastungen durch Einbaufeuchte oder Dampfkongevktion).

Sicherer ist es in jedem Falle zumindest eine Diffusionsberechnung nach Glaser durchzuführen. Neu und wichtig ist die Empfehlung, hierbei mindestens eine Verdunstungsreserve von mind.  $250 \text{ g/m}^2$  anzustreben.

Die größte Planungssicherheit lässt sich durch nicht belüftete Konstruktionen gewinnen, bei denen feuchtevariable Dampfbremsen eingebaut werden und vorher ihre Eignung durch eine dynamische

Feuchteberechnung überprüft wird. Diese Materialien haben ihre Funktionalität mittlerweile in vielen Untersuchungen unter wissenschaftlichen Beweis gestellt und sich in z. T. über 10-jähriger Anwendung in der Praxis bewährt. Erfahrene Anwendungstechniker der Hersteller geben qualifizierten Support ([www.isover.de](http://www.isover.de) und [www.proclima.de](http://www.proclima.de))

Aber auch hierbei gilt: Luftdichtheit entsprechend dem Stand der Technik, am besten per BlowerDoor überprüft, ist zu gewährleisten und zu hohe (Neu)Baufeuchte ist zu vermeiden. ■

### Literatur

- [Colling 2000] Francois Colling: Lernen aus Schäden im Holzbau, Ursachen Vermeidung Beispiele. Fraunhofer IRB-Verlag, Stuttgart 2000
- [condetti & Co 2003] Autorenteam, condetti & Co, Details im Holzhausbau, Verlag Kastner, Wolnzach 2003
- [Dahmen 1993] Günter Dahmen: Leichte Dachkonstruktionen über Schwimmbädern – Schadenserfahrungen und Konstruktionshinweise. In: Aachener Bausachverständigentage 1993. Bauverlag, Wiesbaden und Berlin 1993
- [DIN 4108-3] NA Bau: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden, Teil 3: Klimabedingter Feuchteschutz, Beuth Verlag Berlin 1981-08 (alt) 2001-07 (neu)
- [Künzel, H., Großkinsky 1989] Helmut Künzel, Theo Großkinsky: Nicht belüftet und voll gedämmt: Die beste Lösung für das Steildach! In: *wksb* 27/1989 und *DDH* 12/89.
- [Künzel, H./ Großkinsky 1992] Helmut Künzel, Theo Großkinsky: Neue Erkenntnisse – Vorteile diffusionsoffener, unbelüfteter Satteldachkonstruktionen. In: *Das Dachdecker-Handwerk (DDH)* 14/1992.
- [Künzel, H. 1996] Helmut Künzel: Dachdeckung und Dachbelüftung. Fraunhofer IRB-Verlag, Stuttgart 1996
- [Künzel, H.M. 1997] Hartwig M. Künzel: Untersuchungen an unbelüfteten Blechdächern. In: Aachener Bausachverständigentage 1997, Bauverlag, Wiesbaden und Berlin 1997.
- [Künzel, H.M. 1998] Hartwig M. Künzel: Außen dampfdicht, vollgedämmt? In: *bauen mit holz* 8/98.
- [Künzel, H.M. 1999] Künzel, H. M.: Dampfdiffusionsberechnung nach Glaser – Quo vadis?, *IBP Mitteilungen* 355, Fraunhofer Institut für Bauphysik, Stuttgart/Holzkirchen 1999
- [Künzel, H.M. 1999a] Hartwig M. Künzel: Einfluss der Deckschicht auf die Temperaturverhältnisse in Flachdächern, *IBP Mitteilungen* 354, Fraunhofer Institut für Bauphysik, Stuttgart/Holzkirchen 1999
- [Künzel, H.M./Großkinsky 1998] Künzel, H. M u. Großkinsky, Theo: Feuchtesicherheit unbelüfteter Blechdächer; auf die Dampfbremse kommt es an! In: *wksb* Heft 42, 1998.
- [Liersch 1993] Klaus W. Liersch: Die Belüftung schuppenförmiger Bekleidungen – Einfluss auf die Dauerhaftigkeit. In: Aachener Bausachverständigentage 1993. Bauverlag, Wiesbaden und Berlin 1993
- [ZVDH 2003] Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks (Hrsg.): Regelwerk des deutschen Dachdeckerhandwerks, CD Version 3.6, Rudolf Müller Verlag, Köln 2003

### Infokasten 4

#### Das aktuelle Seminar zum Thema: Jenseits von Glaser – Basisseminar und Aufbau-seminar Holz

Neue Möglichkeiten der bauphysikalischen Planung mit WUFI®, Holzbaukonstruktionen mit WUFI berechnen und bewerten.

Termine und Informationen unter [www.holzbauphysik.de](http://www.holzbauphysik.de) oder Fax: 02 41/5 77 12