

Holzhäuser unter Dampf

Zur Auswirkung von Fehlstellen in der Dampfbremssfolie.

Kaum ein anderes Thema wird so häufig im Holzbau für Mangelbehauptungen und vermutete Schadensursachen missbraucht wie ein Loch in der Dampfbremssfolie oder eine nicht verklebte Folie. Fast regelmäßig wird die Dampfbremse mit der Luftdichtung durcheinander gebracht – auch von Fachleuten, die es eigentlich wissen sollten bzw. müssten.

Fakt ist, dass eine Dampfbremse eine physikalisch gänzlich andere Aufgabe hat als die Luftdichtung.

Bei der Planung einer Bauteilschichtung, zum Beispiel einer Außenwand oder Dachfläche, sind die gegebenen Anforderungen (zum Beispiel aus der Normenreihe DIN 4108) für das Diffusionsverhalten (Teil 3) und die Luftdichtung (Teil 7) zu beachten sowie zur Energieeinsparung EnEV.

Die Luftdichte

Um es gleich vorweg zu nehmen:

Luftdichtheit ist etwas gänzlich anderes als Winddichtheit – das sollte der Fachmann wissen.

Während es bei der Luftdichtheit gesetzliche Vorgaben und Regeln der Technik gibt – ist dies beim Thema Winddichtheit, auch wenn dies für die Zukunft wichtiger wird, bisher nicht der Fall.

Winddichtheitsschichten sind auf der Außenseite von Dämmschichten angeordnet, um eine Hinterströmung oder Durchströmung der Dämmebene zu verhindern.

Beim Thema Luftdichtheit geht es um den „**ungewollten**“ Austausch von warmer Innenraumluft mit kalter Außenluft. Es geht dabei also um die **Durchströmung** von Bauteilen.

Ein Bauteil, insbesondere eine mehrschichtige Holzbauwand, benötigt, um

durchströmt zu werden, eine Zuluft – und eine Abluftöffnung. Man kann nur durch ein Rohr hindurch pusten, nicht aber durch eine Flasche.

Es ist gängige Praxis diese Aufgabe einer ohnehin vorhandenen Bauteilschicht zuzuordnen. Es muss keine Folie sein – bei diffusions-offenen Bauteilen wäre sie ohnehin nicht gewünscht und somit nicht vorhanden, genau so wenig wie an einem geputzten Mauerwerk.

Zur Herstellung der Luftdichtheit eignen sich nicht nur die Dampfbremssfolien, auch Gips- und Holzwerkstoffplatten und auch andere Plattenmaterialien sind nach DIN 4108 – 7 dafür geeignet. Sogar ein außen aufgebracht Wärme-dämmverbundsystem kann die Aufgabe übernehmen.

Die häufig geäußerte Meinung, dass wegen der Rissgefahr die raumseitigen Gipswerkstoff- oder Holzwerkstoffplatten nicht geeignet seien, geht völlig an der Realität vorbei, weil:

- Die über die Lebensdauer des Hauses erforderliche Dauerhaftigkeit der erforderlichen Verklebung bis heute nicht gesichert ist.
- Die Dampfbremssfolie nach Fertigstellung nicht mehr kontrollierbar ist.
- Die Rissgefahr genauso wie bei verputztem Mauerwerk gegeben ist.
- Risse im Putz bzw. in Gipswerkstoffplatten ohne Bauteilerstörung erkannt und auf einfache Art und Weise beseitigt werden können.
- Durchdringungen von Plattenwerkstoffen besser und dauerhafter abgedichtet werden können als durch Folien.

Das stets beschworene Risiko, dass bei Luftleckage

gen Kondensat auftritt und zu Bauteilschädigungen führt, ist fast immer Panik-mache.

Dies zeigt unter anderem die lange Erfahrung vor Erfindung der Luftdichte sowie auch das AIF-Forschungsvorhaben (Nr. 12764), Abschätzung des Risikopotenzials in Folge konvektivem Feuchtetransport, Universität Kassel, Fachgebiet Bauphysik aus 2002.

Bei, vor allem auf der Kaltseite, nicht voll gedämmten Konstruktionen und deutlichem Versatz zwischen der Innen- und Außenöffnung der Leckage, kann bei entsprechendem großen Querschnitt der Öffnungen warme Luft an der äußeren Bauteilschicht, vor allem wenn kein Wärmedämmverbundsystem ausgeführt wurde und eine sensible Platte dort vorhanden ist, unzuträgliches Kondensat auftreten.

Derartige Fälle sind allerdings sehr selten in der Praxis anzutreffen.

Die Diffusion

Kurz erklärt: Warme Luft hat bei gleicher relativer Luftfeuchte einen höheren Druck (Sättigungsdruck) als kalte Luft.

Im Sommer geht man davon aus, dass bei Außenbauteilen über die gesamte Periode im Mittel außen und innen die gleichen klimatischen Bedingungen, also der gleiche Dampfdruck vorliegt.

Eine Diffusion durch das Bauteil findet also nicht statt, da kein Dampfdruckgefälle vorhanden ist.

Anders in der Winterperiode – der Tauperiode. Es ist innen warm und außen kalt.

Da kalte Luft aber (bei gleicher relativer Luft-

Autor:
Dipl.-Ing. E. U. Köhnke
ö.b.v. Sachverständiger
für den Holzbau

feuchte) einen deutlich geringeren Dampfdruck aufweist, liegt ein „Dampfdruckgefälle“ von innen nach außen vor, der „Dampf“ will also nach draußen.

Deshalb ist es erforderlich, dass der Dampfdruck auf der warmen Innenseite soweit „abgebremst“ wird, dass innerhalb der Konstruktion keine unzulässigen Tauwassermengen ausfallen.

Im Bereich der Wärmedämmung fällt die Temperatur nach außen hin im Wandquerschnitt ab, es wird also nach außen hin kälter und kalte Luft kann weniger Wasser speichern.

So kann es an der kalten Außenseite, wenn der Dampfdruck innen ungenügend „gebremst“ wird bzw. nicht schnell genug nach außen abgeleitet werden kann, zu Tauwasserausfall (Kondensat) kommen.

Damit das nicht passiert,

darf von innen nur soviel „Dampf“ in die Wand hinein gelangen wie die Wand nach außen abgeben kann. Das wird durch die „Wasserdampfdurchlässigkeit“ (Diffusionswiderstand) der verschiedenen Materialien geregelt.

Auf der Innenseite ist also ein größerer Diffusionswiderstand (Dampfbremse) nötig als außen vorhanden.

Der Nachweis wird rechnerisch auf Grundlage der DIN 4108-3 nach dem sogenannten Glaserverfahren geführt.



Abb.1. Dampf expandiert wie auch der Nebelaustritt aus der Düse eines Nebelgenerators mit wenigen Millimetern zeigt.

Anzeige

FORMline® DFF

Die diffusionsoffene feuchteausgleichende Faserplatte zur Wärmebrückenreduzierung

FORMline® DFF ist bestens geeignet für wärmedämmende Außenverkleidungen und Unterdeckungen in hinterlüfteten Konstruktionen

- feuchtebeständig und wasserableitend
- diffusionsoffen und winddichtend
- feuchteausgleichend
- schall- und wärmedämmend
- Format: 2500 x 675 x 30 mm
- CE-Kennzeichnung nach EN 13171





Gestalten Sie die Zukunft mit **FORMline® DFF**. Sprechen Sie mit uns über Ihre Ideen:

EGGER Holzwerkstoffe Wismar
GmbH & Co. KG
Am Halfeld 1
D-23970 Wismar
Tel. +49/38 41/301-0
Fax +49/38 41/301-20 2 22
info-wis@egger.com



Besuchen Sie uns beim
IHf 2008 in Garmisch!
03. - 05.12.2008

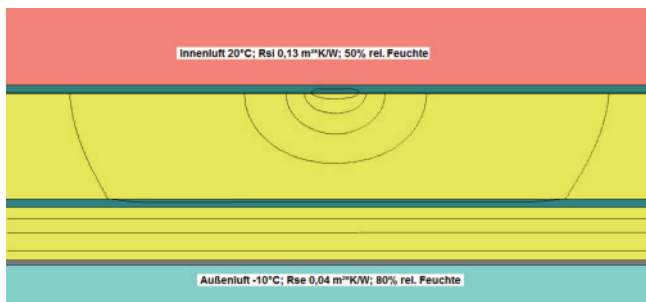
www.baudas.com



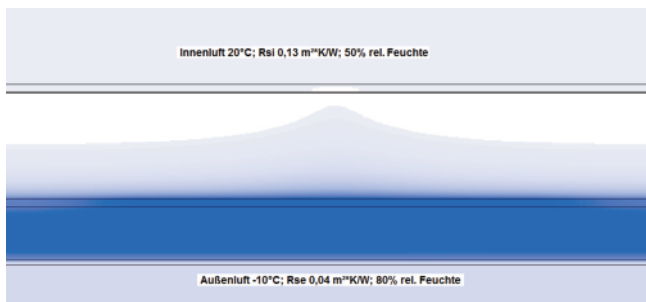
BAUDAS SYSTEME



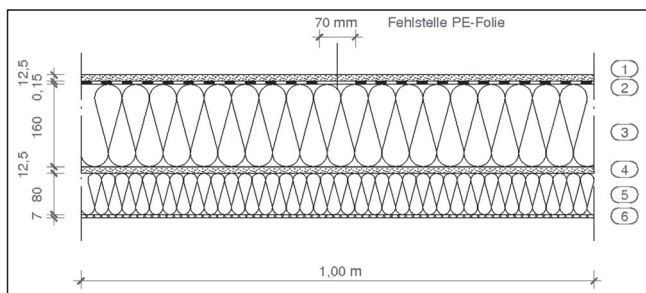
**Außenwand mit 70 mm breiter Fehlstelle in der PE-Folie.
2D-Nachweis des Klimabedingten Feuchteschutzes nach DIN
4108-3 durch Berechnung der Tauwassermasse.
Berechnung durch Trinity Consulting, 31311 Uetze**



Systemskizze und Isobaren



Relative Feuchtefelder



Nr.	Materialname	μ [-]	λ [W/(m.K)]
1.	Gipsfaserplatte	13	0,320
2.	PE-Folie	($s_d = 50$ m) 333333,3	0,500
3.	Mineralwolle	1	0,040
4.	Gipsfaserplatte 2	13	0,320
5.	PS-Partikelschaum EPS	100	0,040
6.	Kunstharzputz	200	0,700

Das Loch in der Dampfbremse

Eine Dampfbremse muss keine Folie oder beschichtetes Papier oder ähnliches sein, es können auch Plattenwerkstoffe sein.

So hat zum Beispiel eine Flachpress-Spanplatte, 19 mm dick, einen Diffusionswiderstand von etwa 1,0 m; eine OSB-Platte ist deutlich

dampfdichter, sie erreicht bei einer Dicke von zum Beispiel 15 mm, je nach Fabrikat, einen Diffusionswiderstand von etwa 5,0 bis 6,0 m.

Diffusionswiderstände werden immer in Metern angegeben. Sie sagen aus um wie viel mal mehr Widerstand das Material dem „Dampfdruck“ entgegengesetzt als Luft.

Ist der Diffusionswiderstand außen nur etwa 0,15 m, zum Beispiel bei einer DWD-Platte mit hinterlüfteter Fassade, so reicht als Dampfbremse innen bereits eine Spanplatte, eine sogenannte Flachpressplatte aus, um eine Tauwasserfreiheit herzustellen.

Gute Lösungen also für „diffusionsoffene“ Bauteile.

Übrigens, atmungsaktive Wände gibt es nicht! Wände haben keine Lunge und können deshalb nicht atmen.

In der Regel werden die Gefache in der Wand mit Mineralwolle ausgefüllt. Mineralwolle ist bzgl. des Diffusionswiderstandes wie Luft zu betrachten – sie hat den gleichen spezifischen Diffusionswiderstand wie Luft, also bei 1,0 m Dicke 1,0 m.

Weist die innere „Dampfbremse“ eine Fehlstelle auf, kann der hier durchtretende „Dampf“ sich im Gefach ausdehnen bzw. expandieren. Er wirkt somit auf der äußeren Bauteilschicht auf einer wesentlich größeren Fläche gegenüber der Fehlstelle auf der Innenseite. Dadurch ist der „Dampfdruck“ auf der äußeren Bauteilschicht wesentlich geringer und es fällt kein Tauwasser bzw. Kondensat aus.

Diese Situation ist allerdings mit dem simplen Glaserverfahren, welches nur 1-dimensional rechnen kann, nicht nachweisbar.

Moderne 2-dimensionale Rechenverfahren, wie zum Beispiel WUFI®, sind je-

doch in der Lage, diese Situation rechnerisch nachzuweisen. Diese Rechenprogramme berücksichtigen die Ausdehnung des Dampfdruckes im Gefach.

Bevor also das „Loch in der Dampfbremse“ als Mangel deklariert wird, sollte der Fachmann zunächst einmal prüfen, ob die Dampfbremse überhaupt nötig ist, zum Beispiel nach dem sehr einfachen Glaserverfahren und, wenn nötig, im 2. Schritt, mit einem 2-dimensionalen Rechenverfahren die Auswirkungen der Fehlstelle prüfen, um festzustellen, ob diese überhaupt zu einer unzulässigen Kondensatbildung führen kann. In der Regel ist das nicht der Fall.

Theorie und Praxis

Wir haben einmal eine Wand mit folgendem Aufbau betrachtet, von innen nach außen:

- Gipsfaserplatte 12,5 mm
- PE-Folie (Dampfbremse) 0,15 mm
- Mineralwolle WLZ 0,040; 160 mm
- Gipsfaserplatte 12,5 mm
- PS-Partikelschaum WLZ 0,040; 80 mm
- Kunstharzputz ca. 7 mm

Das Ergebnis:

Würde aus der PE-Folie, also der Dampfbremse, ein durchgängiger Streifen von 70 mm (!) herausgeschnitten, würden der äußeren Gipsfaserplatte nur etwa 500 g Kondensat je m² an der ungünstigsten Stelle zugeführt, wodurch sich die Materialfeuchte der Platte um unkritische 3 % erhöht.

Die Rücktrocknung bzw. Austrocknung im Sommer ist gegeben und auch die Begrenzung der maximal zulässigen Tauwassermenge von 1.000 g / m² auf Grundlage der DIN 4108-3 ist eingehalten.

Trotz dieser inneren Fehlstelle von durchgängig 70 mm genügt die Wand den Anforderungen.

Abb. 2a:
Wandmodell mit streifenförmigen Fehlstellen der Dampfbremsfolie.



Und die Praxis?

Nun hört man bei den Erklärungen zu der Thematik natürlich stets: *Ja aber, das ist doch alles Theorie!*

Was lag also näher als die Problematik der Fehlstellen einmal praktisch zu untersuchen.

Ein komfortables Labor stand leider nicht zur Verfügung, aber Klima- und Feuchtemessgeräte und zwei Gefriertruhen im temperierbaren Keller.

Um ganz auf der sicheren Seite zu liegen, wurde die Außentemperatur der Tauperiode nicht mit den üblichen -10°C gewählt, sondern mit -30°C bei ca. 60 % relativer Luftfeuchte.

Als Wandaufbau wurde eine klassische Konstruktion gewählt, der besseren Messwerterfassung mit Holzwerkstoffplatten, den vielfach eingesetzten OSB-Platten.

Die Musterwände, in Größe des Gefriertruhendeckels, waren wie folgt von innen nach außen aufgebaut:

- 9,5 mm Gipskarton (GKB)
- 12 mm OSB
- 0,2 mm PE-Folie
- 150 mm Mineralwolle
- Stiele und Rähm 60 x 150 mm
- 12 mm OSB
- 50 mm PS-Schaum PS 15
- Ca. 5 bis 6 mm Kunstharzputz

Die Materialfeuchten wurden zuvor elektrisch gemessen:

- OSB-Platten $u \cong 8,7\%$
- Rähmhölzer $\cong 11$ bis 12%

In die verschiedenen Wandmodelle wurden folgende „Fehlstellen der Dampfbremse“ bzw. PE-Folie eingebaut:

Modell 1

Fehlstellen Dampfbremse:

1. Gefach mit 20 mm breiter Fehlstelle.
2. Gefach mit 50 mm breiter Fehlstelle der Dampfbremsfolie.



Abb. 2b:
Nach Öffnen zum Versuchsende bleibt durch geringe Eisbildung teilweise die Mineralwolle an der äußeren OSB haften.

Anzeige

Bauen Sie schon? Oder diskutieren Sie noch mit zweifelnden Kunden?

Massive Argumente

<p><input checked="" type="checkbox"/> für überzeugende Verkaufsgespräche</p> <ul style="list-style-type: none"> • wohngesund und ökologisch ohne Chemie, Leim und Dämmfolien, weil vollmassiv aus Holz • beste Dämmwerte: $0,26 \text{ W/m}^2\text{K}$ für MHM 34 ungedämmt • beste Klimateigenschaften: Wärmespeicherkapazität $90,8 \text{ Wh/m}^2\text{K}$, lange Auskühlzeiten bei 26,6 h Phasenverschiebung, Wärmeleitzahl $\lambda/R = 0,094 \text{ W/mK}$ • freies Bauen ohne Rasterzwänge • Brandschutzklasse F90B schon ab MHM 20,5 unbeplankt • absorbiert Mobilfunk-/Hochfrequenzstrahlen bis zu 95% 	<p><input checked="" type="checkbox"/> Rückenwind für Ihr Marketing</p> <ul style="list-style-type: none"> • bundesweite Markenpräsenz in den Medien: Sie zimmern, wir werben und überzeugen. • informierte Bauherren, die wir Ihnen weitervermitteln • Unterstützung für Ihre Werbung und Pressearbeit • detaillierte Kalkulations- und Planungshilfen • vielseitige Referenzen vom EFH bis zum Gewerbebau 	<p><input checked="" type="checkbox"/> bundesweit im Abbund verfügbar</p> <ul style="list-style-type: none"> • 6x in Deutschland bis Ende 2007, millimetergenaue CNC-Fertigungslinien vom Marktführer Hundegger <p>→ Reden Sie mit uns über eine Vertriebspartnerschaft:</p> <p>Massiv-Holz-Mauer Entwicklungs GmbH Tel. 083 32 / 92 33 19 Fax 083 32 / 92 33 11 Email info@massivholzmauer.de</p>
---	--	---

Wie gemauert, aber trocken, MHM warm und rundum gesund.

www.massivholzmauer.de



Abb. 3:
Einbau der Elektroninstallationsdosen.

a1:
Nicht luftdicht



Modell 2
Elektroinstallation:
1. Gefach mit einer 2er Kombination mit luftdichten Hohlwanddosen und
2. ein Gefach mit einfachen, nicht luftdichten Hohlwanddosen.

Die Kabel wurden „brutal“ durch die Folie geführt, nicht mit Klebeband oder ähnlichem abgeklebt, vielmehr zusätzlich bewusst stark beschädigt.

Anschließend wurden die beiden Modelle auf den beiden Gefriertruhen weitgehend dicht schließend als Deckel montiert und über einen Zeitraum von 61 Tagen dem Extremklima von -30°C auf der Kaltseite ausgesetzt.

Da durch die enorm tiefe

Temperatur auf der Kaltseite (in der Gefriertruhe) Eisbildung auftrat, wurden am Versuchsende die Modellwände etwa 14 Tage im Keller gelagert, damit sich auch die Reifbildung zurückbilden konnte und das daraus resultierende Kondensat von den Holzstielen und insbesondere der OSB-Platte weitgehend aufgenommen werden konnte.

Danach wurden die Modellwände geöffnet und die Feuchtwerte elektrisch gemessen. An einem Teilstück der äußeren OSB-Platte wurden die elektrischen Messwerte durch Darrproben zusätzlich überprüft. Es lag eine zur allgemeinen Beurteilung ausreichende Genauigkeit vor.

a2:
Luftdicht mit darunter befindlicher stark zerstörter PE-Folie.

Das Ergebnis

Folienfehlstellen:

Im Bereich der streifenförmigen Folienfehlstellen wurden folgende Feuchtwerte festgestellt:

Die innere OSB-Platte wies auf der Außenseite Feuchtwerte von $u \cong 6,5$ bis $8,2\%$ auf, auf der Innenseite $u \cong 5,9$ bis $7,4\%$.

Die äußere OSB-Platte wies direkt gegenüber der 50 mm breiten Fehlstelle Feuchtwerte zwischen $u \cong 9,9$ bis $11,7\%$ auf. 30 mm daneben Werte von $u \cong 8,8$ bis $12,0\%$. 10 mm daneben Werte von $u \cong 9,7$ bis $12,0\%$.

Bei der 20 mm breiten Fehlstelle der Dampfbremse betrug die Feuchte der äußeren OSB-Platte direkt gegenüber der Fehlstelle $u \cong 9,3$ bis $11,5\%$. 30 mm daneben $u \cong 9,2$ bis $11,7\%$. 100 mm daneben $u \cong 9,4$ bis $12,4\%$. 200 mm daneben $u \cong 10,2$ bis $12,6\%$.

Die Holzfeuchte der Stiele neben den Gefachen, 20 mm über der äußeren OSB-Platte betrug $u \cong 9$ bis 13% ohne signifikanten Bezug zur Folienfehlstelle.

In der Mitte der Stiele betrug die Feuchte $u \cong 8,6$ bis $12,0\%$.

Abb. 3b:
Am Versuchsende zurück gebautes Modell mit Elektroinstallation.

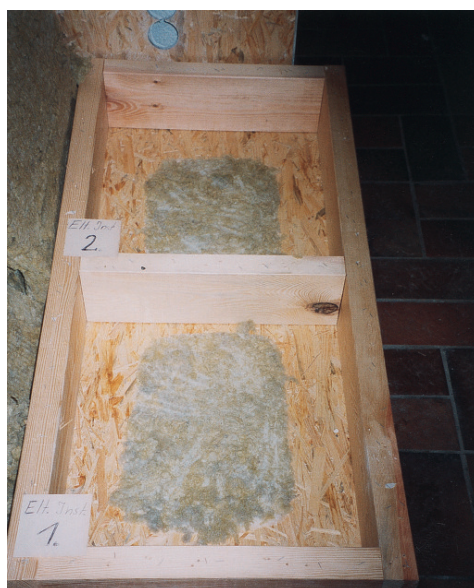


Abb. 3c:
Nach Entfernen der Mineralwolle – auch hier haftet Mineralwolle an der äußeren OSB an

Elektroinstallation:

Im Bereich der vom Elektrokabel stark zerstörten Dampfbremsfolie wurden bei den beiden luftdichten Hohlwanddosen unmittelbar gegenüber auf der äußeren OSB-Platte Feuchtwerte von $u \cong 14,2$ bis $15,0$ % gemessen. 30 mm daneben wurden Feuchtwerte zwischen $u \cong 14,2$ bis $14,8$ % gemessen. 100 mm von den Rändern entfernt $u \cong 13,2$ bis $15,5$ %.

Die Feuchte der das Gefach begrenzenden Stiele betrug $u \cong 10,9$ bis $14,8$ %.

Im Bereich der nicht luftdichten Hohlwanddosen betrug die Feuchte auf der äußeren OSB-Platte direkt gegenüber der Installationsdosen $u \cong 15,4$ bis $15,7$ %. 30 mm daneben $u \cong 15,3$ bis $16,0$ % und 100 mm daneben $u \cong 15,1$ bis $16,8$ %.

Die Feuchte der das Gefach begrenzenden Stiele betrug $u \cong 11,8$ bis $16,0$ %.

Betrachtung der Versuchsergebnisse.

Zugegeben, die Versuche wurden nicht unter optimalen labormäßigen Bedingungen durchgeführt, dafür aber sehr praxisgerecht und mit sehr großer Sicherheit durch das gewählte extreme Außenklima.

Das Raumklima (Warmseite) schwankte zwischen $18,0^\circ\text{C}$ und $20,5^\circ\text{C}$, die relative Luftfeuchte zwischen 58 % und 66 %, also oberhalb des Normklimas.

Das Außenklima in den Gefriertruhen lag zwischen -28°C und -31°C , die

relative Luftfeuchte zwischen 55 % und 64 %.

Die Klimadaten wurden mittels Hobo-Datenloggern aufgezeichnet.

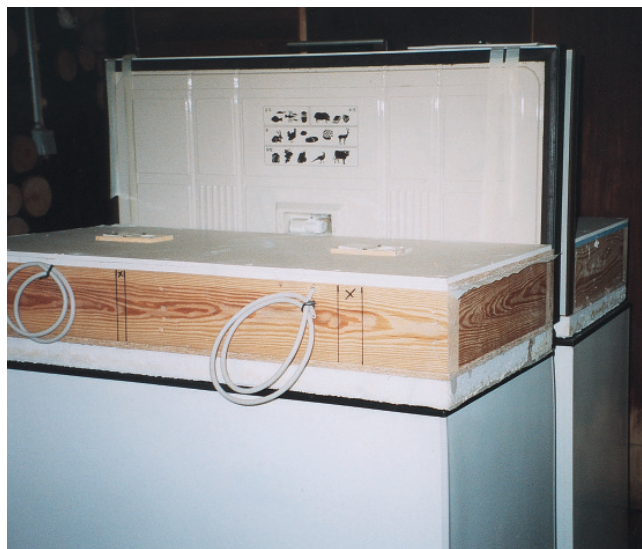
In den Randbereichen der Modellwände, welche als Deckel auf den Thron montiert wurden, wurde weder eine Dampfbremse noch eine Randdämmung aufgebracht, sie waren dem Raumklima ausgesetzt.

Trotz sehr erheblicher Fehlstellen in der Dampfbremsfolie betrug die max. Feuchtezunahme der kritischen äußeren OSB-Platte bei streifenförmig herausgeschnittener Dampfbremse absolut nur max. Δu $3,3$ % und ist damit absolut unkritisch.

Im Bereich der Elektroinstallationsdosen mit zerstörter Dampfbremsfolie und nicht luftdichten Dosen max. Δu 7 %, dito bei luftdichten Dosen Δu $6,3$ %. Nach längerer Lagerung und Verteilung der Feuchte wären diese Spitzenwerte jedoch deutlich geringer und würden in jedem Fall, wie auch die Auswertung der Mittelwerte über die Fläche ergab, deutlich geringer ausfallen als Δu 5 % und dies trotz der extremen klimatischen Bedingungen.

An keiner Stelle der Konstruktion wurden die kritischen Feuchtegrenzwerte für Holzwerkstoffe bzw. Konstruktionsvollholz erreicht.

Die etwas höheren Feuchtwerte im Bereich der Elektroinstallationsdosen beruhen vermutlich auf einem geringen zusätzlichen konvektiven Dampf-



eintrag im Bereich der Kabelführung, welche „praxisähnlich“ ausgeführt wurde. Dies erklärt auch, weshalb die teilweise neben den Elektroinstallationsdosen gelegenen Bereiche punktuell geringfügig höhere Feuchtwerte aufweisen.

Das Fazit:

Löcher und Fehlstellen in Dampfbremsfolien stellen, selbst mit erheblichem Ausmaß, kein Risiko für das Bauteil dar.

Selbst unter extremen Bedingungen bleiben die max. Feuchtwerte weit unter den zulässigen Grenzwerten, sowohl rechnerisch wie auch in der Praxis an einer üblichen Konstruktion.

Sofern also die in der Wand evtl. vorhandene Folie als Dampfbremse fungiert, benötigt sie keine Verklebung und kann durchaus auch erhebliche Fehlstellen aufweisen, ohne die Konstruktion in unzulässiger Weise zu beeinträchtigen. ■

Abb. 4: Wandmodelle auf Gefriertruhe zur Versuchsdurchführung.



Machen Sie Markt mit unseren Systemen

Güteüberwachte Produkte
 Nagelplattenkonstruktionen · Holztafelbau
 High-Tech-Abbund · Komplettbausätze
 PowerPorts und Bauelemente mit
 Solarthermie- und Photovoltaik-Technik

BRANDENBURG 16816 Neuruppin Philipp-Oehmigke-Str. 2 ☎ 03391/5196-0 Fax 03391/5196-33	SACHSEN-ANHALT 06386 Elsnigk Scheudersche Str. 11 ☎ 034973/283-0 Fax 034973/283-33	NRW 50858 Köln Ackerwinde 28 ☎ 0221/554058-0 Fax 0221/554058-22
---	---	--

www.opitz-holzbau.de · www.opitz-solar.de

