

Die richtige Wahl

Materialien und Konstruktionen zur Innendämmung bei Fachwerken

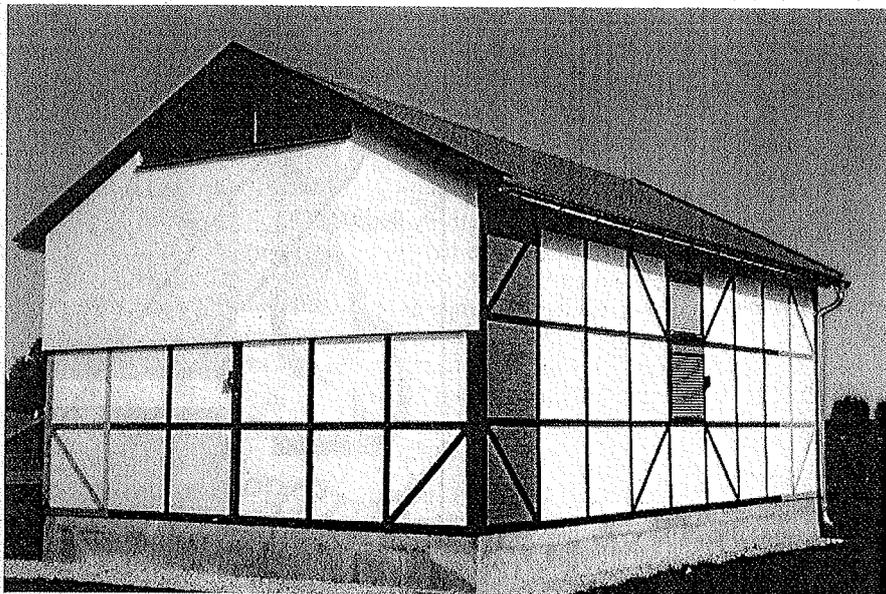


Abb.: Fraunhofer

Fotografische Aufnahme des Fachwerkhause auf dem Freigelände des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik in Holzkirchen.

Bei energetischen Sanierungen von Fachwerkbauten sind die derzeit geltenden Bestimmungen zur Energieeinsparung und zum klimabedingten Feuchteschutz nach DIN 4108 [1] in der Regel zu erfüllen. Wie auch im Merkblatt [2] beschrieben, setzen die Forderungen des Denkmalschutzes dem bauphysikalisch Machbaren jedoch relativ enge Grenzen. Es gilt, einen tragbaren Kompromiss zwischen energetischer Sanierung und der Erhaltung des historischen Erscheinungsbildes und der Bausubstanz zu finden.

Oftmals bleibt unter Voraussetzung der Erhaltung des äußeren Erscheinungsbildes der Fachwerkfassade als mögliche Wärmeschutzmaßnahme nur die Anbringung einer Wärmedämmung auf der Innenseite der Außenwand.

Da Innendämmungen aber aus bauphysikalischen Gründen – Absenkung der Temperatur zwischen Dämmung und Ausfachungsmaterial verbunden mit höheren Feuchten in diesem Bereich – nicht unkritisch sind [3], [4], sollte die Wahl des Dämmstoffes sowie der gesamte Konstruktionsaufbau den hygrothermischen

Anforderungen an eine Fachwerkfassade angepasst werden.

Ausgehend von den Ergebnissen aus langjährigen Versuchsreihen an Fachwerkfassaden im Freiland (Abb. 2), aktuellen messtechnischen Untersuchungen und weitergehenden Berechnungen mit dem bereits mehrfach experimentell verifizierten Rechenverfahren WUFI [5] werden die bauphysikalischen Grundlagen des Feuchteschutzes von Fachwerkbauten erläutert. Dazu werden Hinweise zur bewitterungsabhängigen Auswahl geeigneter Sanierungsmaßnahmen gegeben und verschiedene konstruktive Lösungen vorgestellt.

DIN 4108 und EnEV: Nötige Dämmung für Mindestwärmeschutz

Aus hygienischen Gründen ist Tauwasserbildung bzw. Schimmelpilzbefall auf den Wandinnenoberflächen zu verhindern. Deshalb schreibt die DIN 4108 [1] einen Mindestwärmedurchlasswiderstand vor, der bei allen beheizten Gebäuden, also auch bei Fachwerkgebäuden einzuhalten ist: Für Außenwände beträgt dieser Mindestwärmedurchlasswiderstand je nach Flächenmasse zwischen 0,55 und 1,75 m²K/W.

Das bedeutet für Fachwerkwände mit einer durchschnittlichen Dicke von 14 cm und einer Rohdichte des Ausfachungsmaterials von etwa 500 kg/m³ (z. B. Leichtlehm, Ausfachungsmörtel, Porenbeton) einen Mindestwert von $R = 1,0 \text{ m}^2 \text{ K/W}$ (entsprechender U-Wert 0,85 W/m²K).

Dieser Wert garantiert eine ausreichende Sicherheit gegen Tauwasserbildung im Bereich von fachwerktypischen Ecken und Kanten [6]. Er entspricht auch etwa dem Dämmwert der Holzkonstruktion, so dass sich eine gleichmäßige Temperaturverteilung an den Wandoberflächen einstellt. Somit lässt sich auch ein Abzeichnen des Fachwerks auf der Innenseite nach dem Verputzen, bedingt durch unterschiedliche Oberflächenfeuchteverhältnisse oder Verschmutzung, vermeiden.

Feuchteschutz zuerst

Der Feuchteschutz, insbesondere der Schlagregen- und der Tauwasserschutz, ist von entscheidender Bedeutung für den Erhalt und die Dauerhaftigkeit von Fachwerkgebäuden. Im Unterschied zu herkömmlicher Vorgehensweise, wobei der Feuchteschutz im Anschluss an wärmeschutztechnische Auslegung mittels einfacher Beurteilungskriterien erfolgt, muss der Feuchteschutz hier von vorn herein berücksichtigt werden, da er einen entscheidenden Einfluss auf Auswahl und Niveau der Wärmedämmung hat!

Klaus Sedlbauer
Martin Krus
Hartwig Künzel
Fraunhofer-
Institut für
Bauphysik
Stuttgart

Betra medurch helle 1, 14 cm di rischen 1 stoffen e deutlich, chem Au der Reg Dämmur gilt vor a Anforder sparveror soll. Zur Benansicl de ist ein förderlich

Schl Beurteil spru

Der Schl. rade bei wesentlich schützes. Schlagreg in DIN 4 spruchun die im Ei sichtigung; matischer örtlichen deart fest Umfa: chungen dass Sich geringen : chung au d.h. Bear mit Jah gen unte schützte chungsgr Ander auch Geb Beanspru exponiert

Betrachtet man die Wärmedurchlasswiderstände in Tabelle 1, die sich bei einer 14 cm dicken Wand mit historischen und modernen Baustoffen erzielen lassen, wird deutlich, dass bei derzeit üblichem Ausfachungsmaterial in der Regel eine zusätzliche Dämmung notwendig ist. Das gilt vor allem dann, wenn die Anforderung der Energieeinsparverordnung erfüllt werden soll. Zur Erhaltung der Außenansicht der Fachwerkfassade ist eine Innendämmung erforderlich.

**Schlagregenschutz:
Beurteilung nach drei Beanspruchungsgruppen**

Der Schlagregenschutz ist gerade beim Fachwerkbau ein wesentlicher Teil des Feuchteschutzes. Zur Beurteilung der Schlagregenbeanspruchung sind in DIN 4108-3 [1] drei Beanspruchungsgruppen definiert, die im Einzelfall unter Berücksichtigung der regionalen klimatischen Bedingungen, der örtlichen Lage und der Gebäudeart festzulegen sind.

Umfangreiche Untersuchungen [7] haben gezeigt, dass Sichtfachwerk nur einer geringen Schlagregenbeanspruchung ausgesetzt werden darf, d. h. Beanspruchungsgruppe I mit Jahresniederschlagsmengen unter 600 mm oder geschützte Lage in Beanspruchungsgruppe II.

Andererseits können aber auch Gebäude im Bereich der Beanspruchungsgruppe I in exponierten Lagen einer stär-

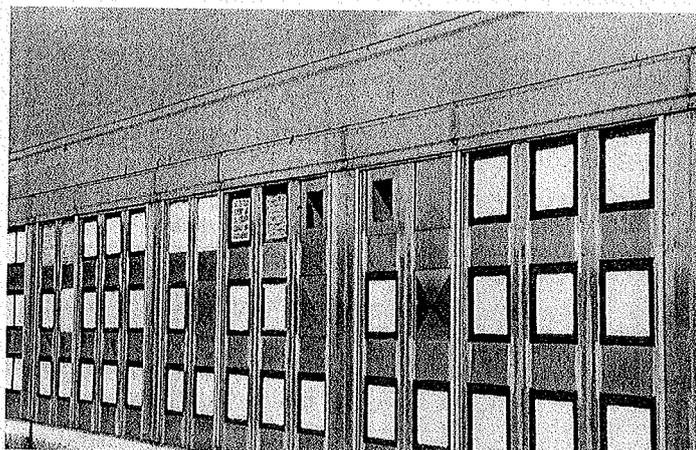


Abb. 2: Testhalle (Westseite) mit eingebauten Fachwerkelementen auf dem Freigelände des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik in Holzkirchen: Wegen der hohen Schlagregenbeanspruchung (Schlagregenbeanspruchungsgruppe III nach DIN 4108-3) werden die Elemente zeitweise durch Rollläden geschützt.

Tabelle 1: Zusammenstellung der rechnerischen Wärmeleitfähigkeit einiger häufig anzutreffender Ausfachungsmaterialien und des resultierenden Wärmedurchlasswiderstandes der Ausfachung bei einer Dicke von 14 cm

Ausfachungsmaterial	Wärmeleitfähigkeit [W/mK]	Wärmedurchlasswiderstand bei 14 cm Dicke [m²K/W]
Naturstein (Sedimentgestein)	2,3	0,1
Vulkanisch-poriges Gestein	0,5	0,3
Vollziegel	0,7	0,2
Strohlehm	0,5	0,3
Lehm mit Leichtzuschlägen	0,2 – 0,3	0,5 – 0,7
Ausfachungsmörtel	0,2	0,5
Porenbeton	0,12 – 0,14	1,0 – 1,2
Mauerstein + 4 cm Dämmung (Mineralfaser/Schaumkunststoff)	(0,04)	> 1,0
Fachwerkh Holz	0,13 – 0,2	0,7 – 1,1

keren Schlagregenbeanspruchung – entsprechend Gruppe II – unterworfen sein. Wie in [7] dargestellt, beträgt die mittlere Schlagregenbeanspruchung der Wetterseite, von Rand- und Firstbereichen abgesehen, etwa 25 % der Normalregenmenge.

Dies bedeutet, dass bei Beanspruchungsgruppe I (< 600 mm Normalregen) mit maximal 150 l/m² Schlagregen zu rechnen ist. Eine jährliche Schlagregenmenge von 150 l/m² (in [2] sind 140 l/m² genannt) ist aber als Höchstwert der zulässigen Schlagregenbelastung für Sichtfachwerk ohne vorgeschalteten konstruktiven Schlagregenschutz zu betrachten [6].

Das Eindringen von Regenfeuchte in die Wand bei Sturm oder Gewitter ist allerdings nicht auszuschließen. Während bei normalen Mauerwerkswänden der Außenputz wasserhemmend bzw. wasserabweisend eingestellt wird, hat dies bei Fachwerkfassaden den Effekt, dass das vom hydrophoben Putz ablaufende Regenwasser in die Schwindfugen zwischen Ausfachung und Fachwerk eindringt und dort erst recht zu Feuchteschäden führt.

**Fugenabdichtung:
Feuchteänderungen verhindern Dauerhaftigkeit**

Eine Lösung wäre hier nur die gezielte Abdichtung dieser Fugen gegen Schlagregen. Bislang ist es jedoch nicht gelungen, eine wirklich dauerhafte Fu-

Anzeige

Die IRB-Datenbanken im Internet: kurz gesucht – schnell gefunden – immer da



SCHADIS

Die elektronische Bibliothek zu den Bauschäden:

Analyse, Sanierung, Vermeidung im Direktzugriff

Volltexte | Bilder | Tabellen



www.IRBdirekt.de

Baufachwissen im Übergang

[Online-Recherche @ Fraunhofer IRB]



MONUDOC

Fakten zu Denkmalpflege und Altbausanierung:

Objekte, Verfahren, Produkte u.v.m. im Direktzugriff

Volltexte | Bilder | Tabellen

Volltexte | SCHADIS | MONUDOC | BZP | Industrieböden | Literaturhinweise | IRBWB | MONUUT | BAULT | RSWLT | ICOMA | Forschungsprojekte | FORSS | BAUF | Tel: 07149/970-2555 | IRBdirekt@irb.fraunhofer.de

genabdichtung zu gewährleisten [7], wie die in Abbildung 3 beispielhaft dargestellten Zeitverläufe der Feuchteänderungen von Fachwerkelementen mit Ausfachung durch Porenbetonmauerwerk bei Orientierung nach Westen (Schlagregen) und Osten (geschützt) mit Variation des Außenputzes und der Fugenausführung belegen.

Auffallend ist zunächst, dass sich die Ausfachungsvarianten mit Kalkputz und offenen bzw. dichten Schwindfugen nur wenig unterscheiden. Die Wirkungslosigkeit der Fugenabdichtung erklärt sich dadurch, dass der saugfähige Außenputz den größten Teil des Regenwassers aufnimmt und nur wenig in die Fugen läuft. Ob diese nun dicht sind oder nicht, wirkt sich in diesem Fall nur geringfügig aus.

Beim hydrophobierten Außenputz läuft hingegen das Regenwasser zum größten Teil am Putz ab und belastet damit verstärkt die Fugen.

Aus Bild 3 (Mitte) wird deutlich, dass das vom Putz laufende Wasser offensichtlich vollständig über die Fugen aufgenommen worden ist.

Nur bei Verwendung eines hydrophoben Putzes kann eine Abdichtung der Schwindfugen zu einer Abnahme der Feuchteaufnahmemengen führen, wie das zweitunterste Diagramm in Abbildung 3 zeigt. Allerdings zeigen die Feuchteanstiege im dritten Untersuchungsjahr, dass ein Versagen der Fugenabdichtung bereits nach kurzer Zeit zu erwarten ist.

Trocknungsmöglichkeiten: Passende Materialien oder Konstruktionen

Um Schäden zu vermeiden, muss deshalb die Feuchte rasch genug austrocknen können. Das Sicherstellen einer ausreichenden Trocknungsmöglichkeit ist somit der einzig mögliche Schlagregenschutz für Sichtfachwerk bei Beanspruchungsgruppe I und geschützte Lagen der Beanspruchungsgruppe II. Tritt mehr Schlagregen auf, so ist ein konstruktiver Schlagregenschutz unvermeidbar.

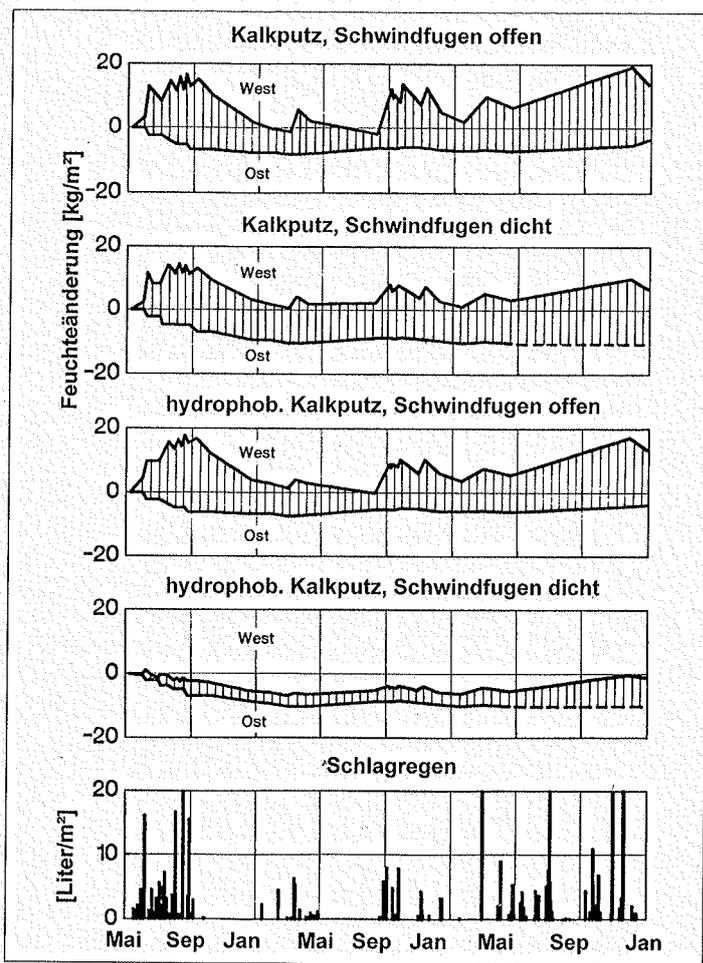


Abb. 3: Zeitverläufe der Feuchteänderungen von Fachwerkelementen mit Ausfachung durch Porenbetonmauerwerk bei Orientierung nach Westen (Schlagregen) und Osten (geschützt) bei Variation des Außenputzes und der Fugenausführung aus [5]

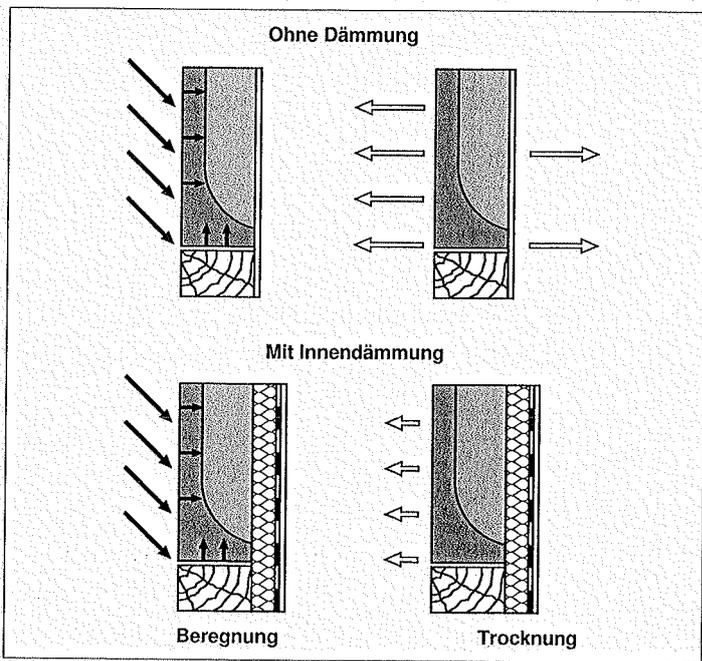


Abb. 4: Schematische Darstellung der Befeuchtung und Trocknung einer Fachwerkwand ohne Dämmung und mit Innendämmung inklusive Dampfsperre. Im Gegensatz zur schlagregenbedingten Feuchteaufnahme, die durch die Dämmung nicht beeinflusst wird, verlangsamt die Innendämmung durch Absenkung des Temperaturniveaus die Austrocknung nach außen und unterbindet die Trocknung nach innen

Für die Trocknung nach außen sind diffusionsoffene Ausfachungsmaterialien (μ -Wert < 10) mit hoher kapillarer Leitfähigkeit günstig. Generell sind die meisten herkömmlichen Mauersteine und Mörtel, eventuell in Verbindung mit Faserdämmstoffen, zur Ausfachung geeignet.

Aufgrund der Feuchteempfindlichkeit und des ausgeprägten Quell- und Schwindverhaltens [7] sind historische und moderne Lehmbaustoffe ungünstig.

Es ist selbstverständlich, dass nicht nur die Ausfachungsmaterialien für eine gute Trocknung entsprechend dampfdurchlässig sein müssen, sondern auch die Außenanstriche.

Für einen Anstrich auf der Ausfachung gilt, dass der s_d -Wert kleiner als 0,1 m sein soll, während für den Holzanstrich die Grenze von $s_d < 0,5$ m wegen des höheren Diffusionswiderstandes von Holz ausreicht [8].

Eine zusätzliche Innendämmung kann den Trocknungsverlauf nach einem Schlagregeneignis gravierend beeinflussen, wie anhand von Abbildung 4 verdeutlicht wird. Bei einem Wandaufbau ohne Dämmung kann die Feuchte nach beiden Richtungen, also auch zur Raumseite hin, austrocknen.

Dies ist besonders dann wichtig, wenn beispielsweise ein starker Wind das Wasser in die Schwindfugen getrieben hat. Wird eine Innendämmung aufgebracht, die meist eine Dampfsperre beinhaltet, dann ist für die Feuchte der Weg nach innen weitgehend unterbunden. Außerdem wird durch die Innendämmung, außer im Hochsommer, das Temperaturniveau der dahinterliegenden Wand abgesenkt, was die Austrocknung nach außen verlangsamt.

Aus diesem Grund sollte versucht werden, den s_d -Wert der raumseitigen Dämmschicht inklusive Dampfbremse zu minimieren, ohne den Tauwasserschutz zu gefährden. In [2] ist deshalb ein Grenzwert von $s_d = 2$ m genannt, der von einer Innendämmung keinesfalls überschritten werden

Deffne Tel. v

P

PC

WE

Elektron
Der elektr
paktes, be
Erfassung
nen über
gesammel
dann einte
oder auch
So besteht
halle, Küh
die dort v
Zusätzlich
oder Oberl
anschluss
z. B. auch
Gebäudes
Der elektr
günstiges
speziell en
unerschöp
Meßaufgat

KLIM

sollte, um die Trocknungsmöglichkeit nach innen nicht zu unterbinden.

Tauwasserschutz: Luftdicht und Unebenheiten angepasst

Wird der Mindestwärmeschutz eingehalten, ist bei normaler Wohnraumnutzung auch der Schutz gegen Oberflächentauwasser gewährleistet. Normale Wohnraumnutzung bedeutet dabei, dass die relative Luftfeuchte im Winter im Mittel unter 50% bleibt. Die Tauwassergefahr im Inneren der Wand ist beim Anbringen einer Innendämmung zu berücksichtigen.

Durch die Dämm-Maßnahme kann die Temperatur der Innenoberfläche des Fachwerks unter den Taupunkt der Raumluft sinken.

Wasserdampfdiffusion und vor allem Luftkonvektion aus dem Wohnraum führen dann zu einer Feuchteerhöhung im Holz. Um Luftkonvektion zu verhindern, muss deshalb der gesamte Wandaufbau luftdicht ausgeführt werden. Hohlräume, z.B. zwischen Innendämmung und Außenwand, sind zu vermeiden.

Aufgrund der häufig vorhandenen Unebenheiten von Fachwerkwänden sind Dämmstoffe, die sich dem Untergrund anpassen können, wie z.B. Dämmputze oder Faserdämmstoffe, günstig. Auch Innendämmungen aus Leichtlehm sind anwendbar, solange damit kein zu hoher Feuchteeintrag während der Applikationsphase verbunden ist. Starre Dämmplatten hingegen können Hohlräume bilden, deren dauerhafte Abdichtung besondere Sorgfalt erfordert.

Die Wasserdampfdiffusion aus dem Raum ist wegen der erwähnten Anforderungen an die Trocknungsmöglichkeit einer Fachwerkwand bei der Planung einer Innendämmung genauer zu betrachten. Der Dampfdiffusionswiderstand der raumseitigen Bauteilschichten sollte nicht höher sein als aus Tauwasserschutzgründen notwendig.

In [9] wird dazu unabhängig von der Art der Dämmung ein Mindestwert von

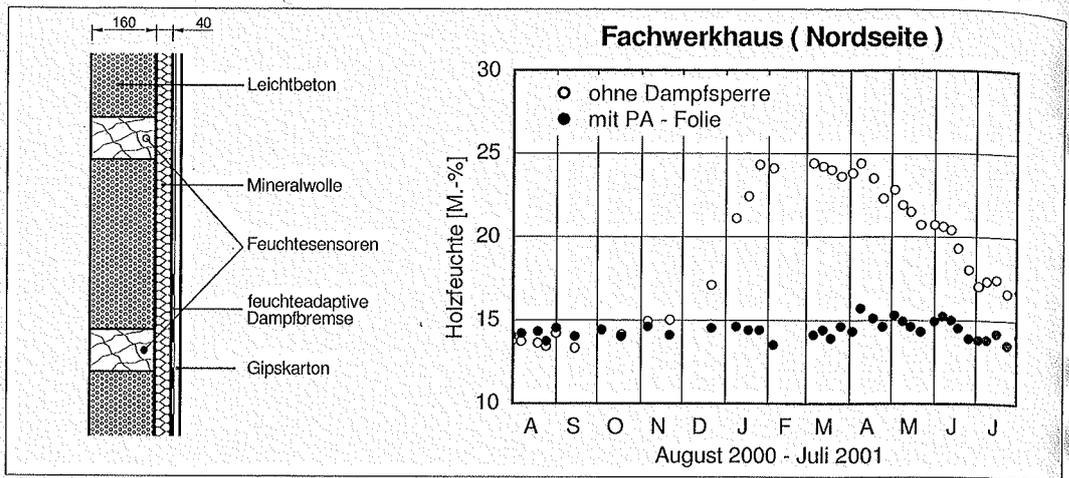


Abb. 5: Aufbau der Fachwerkwand mit Innendämmung (links) und gemessener zeitlicher Feuchteverlauf im Fachwerkh Holz mit und ohne feuchteadaptive Dampfbremse (rechts)

$s_d = 0,5$ m gefordert. Ob die Einhaltung dieses Mindestwertes in der Praxis ausreicht oder ob er sogar noch unterschritten werden kann, wird im Folgenden anhand neuerer Versuchsergebnisse erörtert.

Innendämmung mit Mineralwolle

In dem eingangs dargestellten Fachwerk-Versuchshaus ist in Teilbereichen der nord- und südorientierten Wände mit Leichtbetonausfachung eine

40 mm dicke Mineralwolle als Innendämmung aufgebracht. Der obere Teil der Wand ist mit Gipskarton beplankt, während im unteren Teil, wie in Abbildung 5 links zu sehen, zusätzlich eine feuchteadaptive Dampfbremse auf Polyamidbasis zwischen Dämmung und Innenbeplankung aufgebracht ist.

Diese Dampfbremse zeichnet sich durch einen variablen s_d -Wert aus (Bild 6 oben), der durch die Umgebungsbedingungen verändert wird. Damit

liegt er während der Tauperiode bei etwa 4 m und unter Verdunstungsbedingungen um mehr als den Faktor 10 zurückgeht [10].

Abbildung 6 unten veranschaulicht die Funktionsweise einer Innendämmung aus Mineralwollendämmstoff mit feuchteadaptiver Dampfbremse.

Im Winter ist der Dampfdiffusionsperrwert der Folie größer als im Sommer, wodurch sich in der warmen Jahreszeit ein gutes Trocknungspotenzial ergibt.

Bei den Untersuchungen wurde wegen des milden Winters 2000/2001 die Raumluftfeuchte des Fachwerkhauses während der Heizperiode auf 60% r.F. angehoben, um ähnliche Diffusionsverhältnisse zu erhalten wie bei einem strengen Winter.

Auf der rechten Seite von Abbildung 5 sind die auf der Nordseite im Fachwerkh Holz gemessenen Feuchteverläufe über einen Zeitraum von einem Jahr dargestellt.

Während die Holzfeuchte ohne Dampfbremse trotz der Sorptionsfähigkeit der Leichtbetonausfachung deutlich ansteigt und mit 25 M.-% kritische Werte überschreitet, bleibt sie bei Verwendung der Dampfbremse das ganze Jahr annähernd konstant bei ca. 15 M.-%.

Das bedeutet, dass bei Innendämmungen aus Faserdämmstoffen auf keinen Fall auf eine Dampfbremse verzichtet werden kann!

Wird fortgesetzt

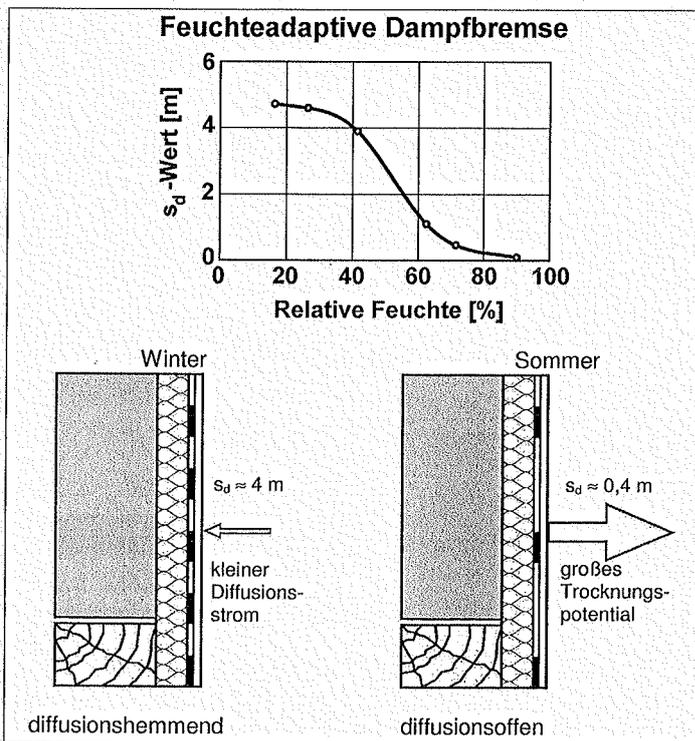


Abb. 6: Diffusionsäquivalente Luftschichtdicke (s -Wert) der aus Polyamid bestehenden feuchteadaptiven Dampfbremse in Abhängigkeit von der anliegenden relativen Luftfeuchte (oben) [8] sowie Funktionsweise einer Innendämmung aus Mineralwollendämmstoff mit feuchteadaptiver Dampfbremse (unten)

INDEX
A
Abbeiz
Abdich
Abdich
Adsorp
B
Bauten
Bautroc
Bauver
Beschic
Betond
Betonn
C
CM-Ger
E
Endosk
Entfeug
F
Fassade
Fassade
feuchte
flächda
flüssig
G
Geograd
H
Haftzug
Horizon
I
Injektio
Injektio
L
Lasernet
M
Mikrow
N
Nachträ
und Ver
P
Putze, S
S
sachver
sandstr
Sanierp
Schaden
Schulun
Strahlm
T
Tempera