

PORENBEETON BERICHT 9

Ausmauerung von
Holzfachwerk



B U N D E S V E R B A N D
P O R E N B E T O N

AUSMAUERUNG VON HOLZFACHWERK

Dipl.-Ing. Georg Flassenberg, Bundesverband Porenbeton
Dr.-Ing. Helmut Künzel, Fraunhofer-Institut für Bauphysik
Dipl.-Ing. Reinhard Schramm, Bundesverband Porenbeton

Herausgeber: Bundesverband Porenbeton
Vertrieb: BVP Porenbeton Informations-GmbH
Postfach 18 26, 65008 Wiesbaden, Dostojewskistr. 10, 65187 Wiesbaden
Telefon: 06 11/98 50 44-0, Telefax: 06 11/80 97 07
Druck: Druck- und Verlagshaus Chmielorz GmbH, Ostring 13, 65205 Wiesbaden-Nordenstadt
Ausgabe: Nachdruck Dezember 2000
Veröffentlichungen, auch auszugsweise, bedürfen der schriftlichen Genehmigung des Herausgebers.

Inhaltsverzeichnis

1. Vorbemerkung	5
2. Technische Daten	5
3. Standsicherheit und Verformungen des Fachwerks	8
3.1 Holzfeuchte	8
3.1.1 Holzfeuchte bei geringer Regenbeanspruchung	10
3.1.2 Holzfeuchte bei starker Regenbeanspruchung	10
3.1.3 Folgerungen	10
3.2 Holzschutz	14
4. Ausfachung	16
4.1 Wärmeschutz	16
4.2 Ausmauerung der Gefache	16
5. Verputz	17
6. Literaturhinweise	19

Ausmauerung von Holzfachwerk

1. Vorbemerkung

Fachwerkbauten bestimmen in vielen Gegenden das Bild von Dörfern und Städten - seit Jahrhunderten. Das älteste bekannteste Fachwerkhaus Deutschlands stammt aus dem Jahr 1276, ist also mehr als 700 Jahre alt. Wie viele andere hat es überdauert, weil die Bausubstanz gepflegt und mit den jeweils zur Verfügung stehenden Mitteln erneuert wurde.

Der Erhalt dieser traditionellen Bauwerke ist Verpflichtung und volkswirtschaftliche Notwendigkeit zugleich. Viele Erneuerungsarbeiten begründen aber Gefahren für die alten Häuser, wenn die handwerklichen Fähigkeiten im Umgang mit früher üblichen Materialien fehlen oder bautechnische und bauphysikalische Zusammenhänge nicht beachtet werden.

Über die spezifischen Verhältnisse bei historischen Fachwerkkonstruktionen war bis vor kurzem kein mit den modernen Konstruktionen vergleichbarer Wissensstand vorhanden. Viele Fachwerkhäuser gingen durch Leichtfertigkeit oder Unkenntnis im Umgang mit den Materialien und Konstruktionen verloren.

Der auf diesem Gebiet vorhandene Nachholbedarf konnte durch verstärkte Forschung in den letzten Jahren, gefördert durch das Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie und unterstützt durch die Industrie - so auch durch die Porenbetonindustrie -, weitgehend beseitigt werden. Aufgrund von Schadensanalysen und der durchgeführten Fachwerkforschung sind nun die spezifischen Fachwerkprobleme, die bei modernen Wandkonstruktionen nicht in gleicher Weise gegeben sind, bekannt.

Werden kulturhistorisch bedeutende Bauten in Freilichtmuseen wiedererrichtet, kann auf die möglichst komplette Verwendung der ursprünglichen Materialien geachtet werden. Die Gebäude werden meist nicht bewohnt - sie brauchen sich den heutigen Lebens- und Nutzungsgewohnheiten also nicht zu stellen.

Für den privaten Bauherrn und späteren Nutzer stellt sich die Situation in der Regel anders dar. Neben der Wiederherstellung des äußeren Erscheinungsbildes geht es ihm um eine zeitgemäße Raumaufteilung und Nutzung. Von großer Bedeutung ist der Außenwandaufbau, der den wärmetechnischen, feuchtetechnischen und schalltechnischen Anforderungen genügen soll, die auch an Neubauten gestellt werden.

Für die Ausmauerung alter und neuer Gefache haben sich Steine aus Porenbeton bewährt (siehe Abb. 1-3 und 10-11), einem massiven Wandbaustoff, der sich ähnlich wie Holz bearbeiten und damit den Gefachformen leicht anpassen lässt. Darüber hinaus besitzt Porenbeton ausgezeichnete Wärmedämmeigenschaften, die dem Holz vergleichbar sind.

Im Folgenden werden einige Grundsätze erläutert, die beim Ausmauern von Holzgefachen mit Porenbeton zu beachten sind. Die dargestellten Ausfachungsvarianten erfüllen alle Anforderungen des Wärme- und Feuchteschutzes für die Renovierung oder den Neubau von Fachwerkbauten.

Der Bundesverband Porenbeton will mit diesen Hinweisen eine sach- und fachgerechte Sanierung von Fachwerkbauten absichern und bauphysikalische Fehler vermeiden helfen.

2. Technische Daten

Bauteile aus Porenbeton werden stationär in industriellen Verfahren hergestellt. Durch exakte Einhaltung gleicher Herstellungsbedingungen und durch regelmäßige Eigen- und Fremdüberwachung wird eine hohe Zuverlässigkeit in Bezug auf die Materialeigenschaften garantiert. Ein Kubikmeter der natürlichen Rohstoffe Quarzsand, Kalk und/oder Zement sowie Wasser ergibt etwa fünf Kubikmeter Porenbeton.

Beim Herstellungsprozess wird unter Zugabe geringfügiger Mengen von porenbildenden Zusätzen in Form von Aluminumpulver oder -paste das Rohmaterial in große Formen gegossen, wo die Mischung wie ein Hefekuchen auftreibt und Millionen kleiner Luftporen entstehen.

Der standfeste Rohblock wird nach dem Entfernen der Formen mit Hilfe straff gespannter Stahldrähte sowohl horizontal als auch vertikal geschnitten. Abschließend erfolgt die Dampfhärtung im Autoklaven. Nach diesem Arbeitsgang hat der Porenbeton seine endgültigen Eigenschaften (siehe Tab. 1-5).

Die Herstellung von Porenbeton ist energiesparend angelegt. Geschlossene Energiekreisläufe sorgen für eine Mehrfachnutzung und vermeiden eine Belastung der Umwelt. Sowohl bei der Steinproduktion als auch der Herstellung von bewehrtem Porenbeton werden Reststoffe wieder in den Produktionskreislauf zurückgeführt. Auch sortenreine Baustellenabfälle werden in der Produktion wieder verwendet. Damit ist eine effektive und ökonomische Ausnutzung aller Ressourcen garantiert.

Die Rohdichteklasse der Steine beträgt handelsüblich je nach Festigkeitsklasse 0,35 bis 0,8. Die Druckfestigkeit - wiederum in Abhängigkeit von der Festigkeitsklasse - zwischen 2,5 und 10 N/mm².

Die Millionen Luftporen, die den homogenen massiven Porenbeton durchsetzen, sind Grund für seine ausgezeichneten Wärmedämmeigenschaften. Seine geringe Wärmeleitfähigkeit λ_R ist der von Holz ähnlich.

Tabelle 1:
Festigkeitsklasse, Druckfestigkeit, Rohdichteklasse von Porenbeton-Block- und -Plansteinen nach DIN 4165

Festigkeitsklasse	Mittelwert	Kleinster Einzelwert	Rohdichteklasse	mittlere Rohdichte
[-]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[-]	[kg/dm ³]
2	2,50	2,00	0,35 0,40 0,45 0,50	≥ 0,30 bis 0,35 > 0,35 bis 0,40 > 0,40 bis 0,45 > 0,45 bis 0,50
4	5,00	4,00	0,50 0,55 0,60 0,65 0,70 0,80	≥ 0,45 bis 0,50 > 0,50 bis 0,55 > 0,55 bis 0,60 > 0,60 bis 0,65 > 0,65 bis 0,70 > 0,70 bis 0,80
6	7,50	6,00	0,65 0,70 0,80	> 0,60 bis 0,65 > 0,65 bis 0,70 > 0,70 bis 0,80
8	10,00	8,00	0,80 0,90 1,00	> 0,70 bis 0,80 > 0,80 bis 0,90 > 0,90 bis 1,00

Tabelle 2:
Anwendungsübliche Dicken von Porenbeton nach DIN 4165/4166

	Anwendungsübliche Dicke in [mm]									
Porenbeton DIN 41 65/41 66	50	75	100	115	150	175	200	240	300	365

Tabelle 3:
Rechenwerte der Wärmeleitfähigkeit von Porenbeton und anderen Ausfachungsmaterialien sowie Holz bei einer Gesamtdicke von 16 cm, davon 2 cm Außenputz und 1 cm Innenputz

Material	Rechenwert der Wärmeleitfähigkeit λ_R [W/m K]	k-Wert [W/m ² K]	Anforderungen an den Wärmeschutz nach DIN 4108 Teil 2
Lehm Strohlehm Leichtlehm	0,90 0,70 0,45	2,9 2,6 2,0	Wärmeschutz nicht erfüllbar
Porenbeton	0,09-0,27	0,6-1,2	Wärmeschutz erfüllbar
Fichte/Eiche	0,13/0,2	0,7/1,0	

Tabelle 4:
Richtwerte der Wasserdampfdiffusionswiderstände von Porenbeton und Holz nach DIN 4108 Teil 4

Material	Wasserdampfdiffusionswiderstandszahlen μ [-]
Porenbeton	5-10
Fichte/Eiche	40

Tabelle 5:
Praktische Feuchtegehalte

Material	Praktischer Feuchtegehalt ²⁾	
	volumenbezogen u_v [%]	massenbezogen u_m [%]
Porenbeton	3,5 ¹⁾	4-9
Holz	9-12	15"

¹⁾ nach DIN 41 08 Teil 4

²⁾ Es gilt die rechnerische Beziehung $u_v = (\rho/\rho_w) u_m$ mit $\rho_w = 1000 \text{ kg/m}^3$ (Rohdichte von Wasser)



Abb. 1: Haus Bungart, Linz



Abb. 2: Fachwerkhaus aus dem 15./16. Jahrhundert in Böhl-Jggelheim



Abb. 3: „Bei der Kelter 1“ und „Bei der Kelter 3“ in Bietigheim-Bissingen

3. Standsicherheit und Verformungen des Fachwerks

Da die Stäbe des Fachwerks - nicht die Ausfachungen - die Standsicherheit des Gebäudes gewährleisten, muss die hölzerne Tragkonstruktion vor der Ausmauerung fachmännisch auf ihre Standsicherheit überprüft werden. Hierbei ist ein Zimmermeister oder ein Bauingenieur hinzuzuziehen. Neben der Beurteilung der Tragfähigkeit einzelner Holzteile, die durch Fäulnis, Schwamm oder tierische Schädlinge beeinträchtigt sein können und dann ausgewechselt werden müssen, ist die kraftschlüssige Verbindung der Fachwerkknoten besondere Aufmerksamkeit zu widmen. Die Verbindungspunkte müssen ohne Spiel und die Anschlüsse druckfest sein (zugfeste Verbindungen sind selten), um spätere Verformungen durch Bewegungen so gering wie möglich zu halten und die Ausfachungen nicht durch Systemkräfte zu belasten.

Schwind- und Quellvorgänge, denen das Holzfachwerk auch noch nach Jahrhunderten unterworfen ist, können minimiert werden, wenn darauf geachtet wird, dass die Feuchtigkeit des Holzes vor der Ausmauerung annähernd der Ausgleichsfeuchte entspricht. Dies gilt insbesondere für neu eingebaute frische Hölzer.

3.1 Holzfeuchte

Zur Beurteilung der Feuchte des Fachwerkhölzes wurden in den letzten Jahren Untersuchungen an Fachwerkelementen - u. a. Ausfachungen aus Porenbeton - des Fachwerkversuchshauses auf dem Gelände des Fraunhofer-Institutes für Bauphysik in Holzkirchen durchgeführt. Dabei sind die in Abb. 4 dargestellten Schlagregenmengen je nach Himmelsrichtung aufgezeichnet worden.

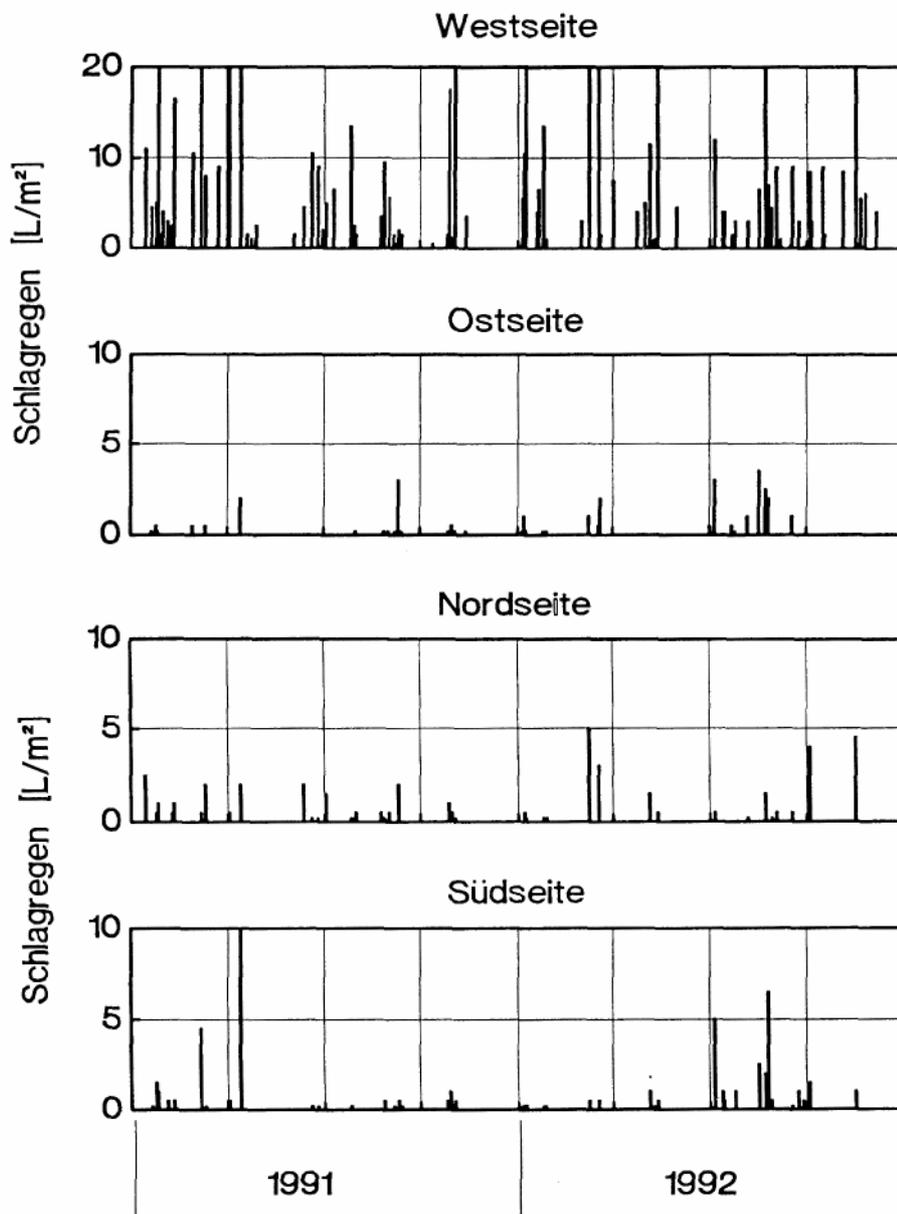
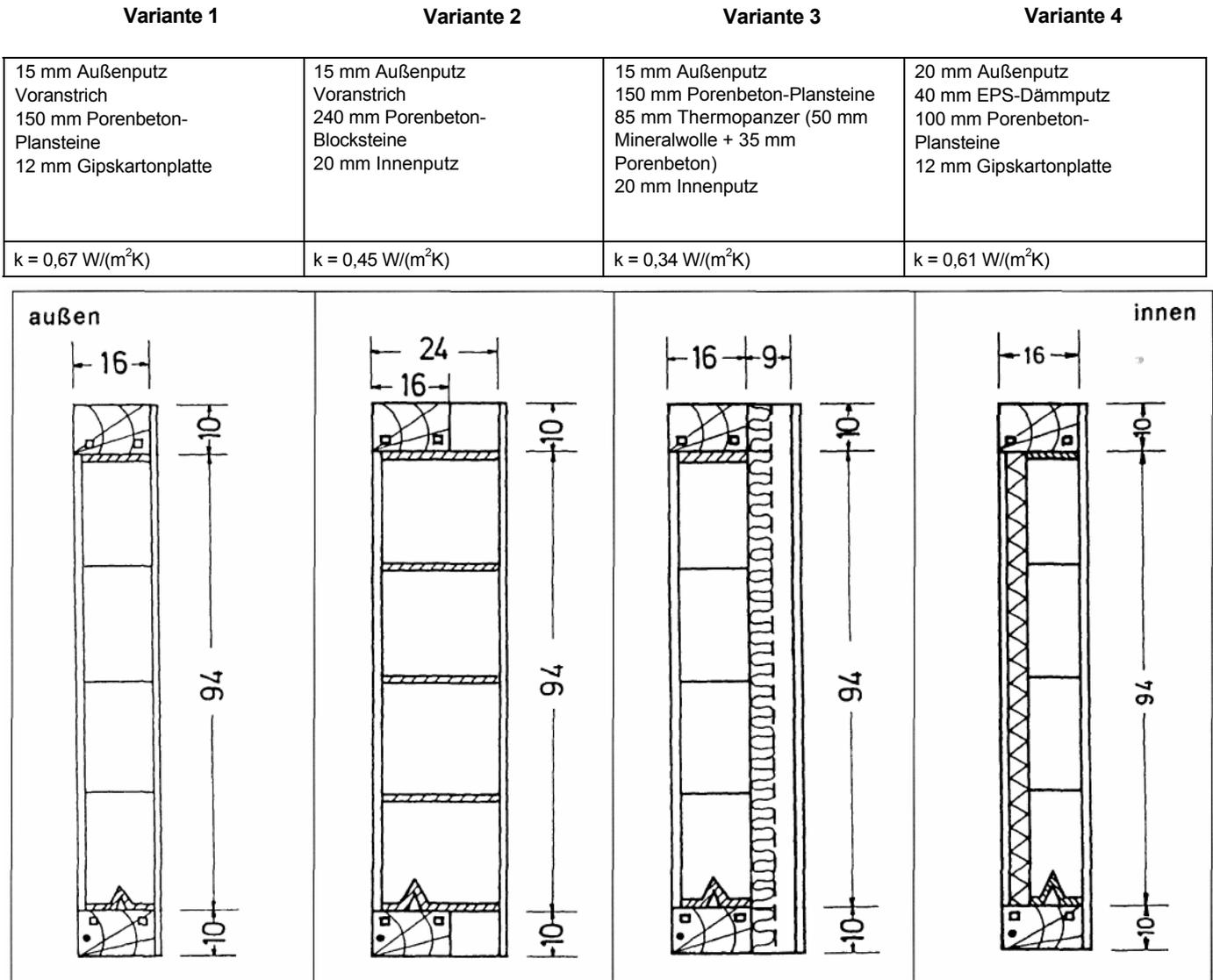


Abb. 4: Schlagregenmengen, die im zweijährigen Untersuchungszeitraum jeweils in etwa Wandmitte an den nach den vier Himmelsrichtungen orientierten Fassaden des Fachwerkversuchshauses gemessen worden sind.

Aufbau der Ausfachungen von außen nach innen



□ Meßstelle Holzfeuchte

• Meßstelle Temperatur

Maße in cm

Abb. 5: Schematische Darstellungen der geprüften Ausfachungen aus Porenbeton an der Nord- und Südseite des Fachwerkversuchshauses mit Angabe des Aufbaus von außen nach innen und rechnerischer k-Wert der Gefache.

3.1.1 Holzfeuchte bei geringer Regenbeanspruchung

Zur Beurteilung der Feuchte des Fachwerkhholzes bei geringer Regenbeanspruchung sind die in Abb. 6 dargestellten Messergebnisse der vier Ausfachungsvarianten aus Abb. 5 auf der Nord- und Südseite dargelegt. Zu erkennen ist, dass sich die Zeitverläufe der Holzfeuchte auf der Außen- und Innenseite in relativ engen Bereichen bewegen. Auftretende Unterschiede sind durch lokale Unterschiede der Holzstruktur an der jeweiligen Messstelle und durch Einflüsse der Wandorientierung bestimmt. Verständlicherweise ist die Holzfeuchte außen etwas höher als innen und im Winter außen eine leichte Zunahme und innen eine ebensolche Abnahme der Holzfeuchte zu verzeichnen. Daraus geht hervor, dass die Holzfeuchte im Wesentlichen durch die umgebende Luftfeuchte beeinflusst wird (Sorptionsfeuchte).

Bei Ausfachungen aus Porenbeton mit Innendämmung (Ausfachungsvarianten 2 und 3) unterscheidet sich der Feuchtegehalt der Holzgefache auf der Außenseite nicht von denen bei Ausfachungen ohne Innendämmung (Ausfachungsvarianten 1 und 4). Dies trifft jedoch nicht für die dem Raum zugewandten, an der Innendämmung angrenzenden Holzbereiche zu. Hier stellen sich im Winter infolge eindiffundierender Raumluffteuchte und Tauwasserbildung gewisse Feuchteerhöhungen ein, abhängig von den Diffusionswiderständen und Wärmedämmwerten zwischen Holz und innerer Raumbegrenzung. Die Erhöhung der Holzfeuchte ist geringfügig abhängig von der Wandorientierung (Besonnung). Bei den Südwänden ist der Holzfeuchtegehalt zwar höher als im Falle ohne Innendämmung, bewegt sich aber mehrheitlich unter 20%. Auf der Nordseite treten etwas höhere Feuchtegehalte auf, wobei die Feuchtezunahme mit der Abnahme der Außenlufttemperatur einhergeht und umgekehrt.

Um schädliche Tauwasserbildung auf den Holzoberflächen zu vermeiden und eine ausreichende Trocknung nach innen zu ermöglichen, soll bei zusätzlicher Innendämmung die diffusionsäquivalente Luftschichtdicke (s_d -Wert) von das Fachwerk überdeckenden Wärmedämmschichten und Putzschichten größer als $s_d = 0,5$ m und kleiner als $s_d = 2$ m sein. Empfehlenswert ist die Anordnung einer „feuchte-adaptiven Dampfbremse“ mit variablem s_d -Wert, im Winter größer und im Sommer kleiner [4].

Um die Wärmebrückenwirkung von Zwischendecken und Zwischenwänden in Grenzen zu halten, ist der Wärmedurchlasswiderstand $1/\Lambda$ einer zusätzlichen Innendämmung auf $1,0$ m^2/KW zu begrenzen.

3.1.2 Holzfeuchte bei starker Regenbeanspruchung

Die in Abb. 7 aufgezeichneten Verläufe der Holzfeuchte von nach Westen orientierten verputzten Fachwerkbereichen zeigen eine regenbedingte Erhöhung und stehen in gewisser Relation zur Schlagregenbeanspruchung (Abb. 4). Auch auf der Raumseite der Fachwerkriegel sind höhere Feuchtegehalte gemessen worden als bei den weniger beregneten Wänden.

Eine weitere Erkenntnis ergibt sich aus den Zeitverläufen ohne und mit Innendämmung. Nach einer zunächst zu verzeichnenden Trocknung des Holzes (Baufeuchte) hat die Holzfeuchte unter Regeneinwirkung wieder zugenommen. Dies wirkte sich insbesondere auf das an die Innendämmung angrenzende Holz nachteilig aus, dessen Feuchtegehalt in der Sommerperiode 1992 unter dem Einfluss der Besonnung und der dadurch bedingten Feuchte-Rückdiffusion deutlich erhöht ist. Infolge des Diffusionswiderstandes der raumseiti-

gen Dämmschicht ist die Feuchteabgabe nach innen stark reduziert. Ohne Innendämmung und damit höherer Feuchteabgabe zum Raum hin stellen sich hingegen Feuchtegehalte ein, die vergleichbar sind mit denen bei wenig beregneten Wänden.

3.1.3 Folgerungen

Zur Beurteilung der Schlagregenbeanspruchung sind in DIN 4108 Teil 3 drei Beanspruchungsgruppen definiert, die im Einzelfall unter Berücksichtigung der regionalen klimatischen Bedingungen, der örtlichen Lage und der Gebäudeart festzulegen sind. Als Hinweis enthält die derzeit geltende Norm eine Regenkarte, die allerdings nur die alten Bundesländer berücksichtigt. Eine in gleicher Weise erstellte Regenkarte unter Einbeziehung der neuen Bundesländer ist in Abb. 8 dargestellt.

Sichtfachwerk darf nur einer geringen Schlagregenbeanspruchung ausgesetzt werden, d. h. Beanspruchungsgruppe I mit Jahresniederschlagsmengen unter 600 mm oder geschützte Lagen in Beanspruchungsgruppe II. Andererseits können aber auch Gebäude im Bereich der Beanspruchungsgruppe I in exponierten Lagen einer stärkeren Schlagregenbeanspruchung - entsprechend Gruppe II unterworfen sein. Es gibt somit eine große Bandbreite von Entscheidungsmöglichkeiten.

Bei mittlerer und starker Regenbeanspruchung (Beanspruchungsgruppen II und III nach DIN 4108 Teil 3) **muss das Fachwerk durch eine Bekleidung oder durch eine das Fachwerk überdeckende Putzschicht zusätzlich geschützt werden**. Eine Regenbeanspruchung wie auf der Wetterseite des Fachwerkversuchshauses Holzkirchen mit nahezu 800 Liter pro m^2 und Jahr ist **für jegliches Sichtfachwerk eindeutig unzulässig**.

Andererseits gibt es - insbesondere innerhalb geschlossener Ortschaften - ausgesprochen geschützte Fassaden, bei denen keine besonderen Maßnahmen des Regenschutzes zu beachten sind. Dies trifft z. B. für die Nord- und Südfassaden des Fachwerkversuchshauses Holzkirchen zu (Schlagregenmenge 75 Liter pro m^2 und Jahr).

Wegen der sensiblen Reaktion auf die Regenbeanspruchung ist es zweckmäßig, den Regenschutz für Fachwerkhäuser getrennt für die einzelnen Fassaden festzulegen und eine weitere Beanspruchungsgruppe (Untergruppe) entsprechend Tab. 6 zu definieren (wobei „g“ für geschützt steht).

Holzfeuchte bei geringer Regenbeanspruchung

(Ausfachungsvarianten 1-4 nach Abb. 5)

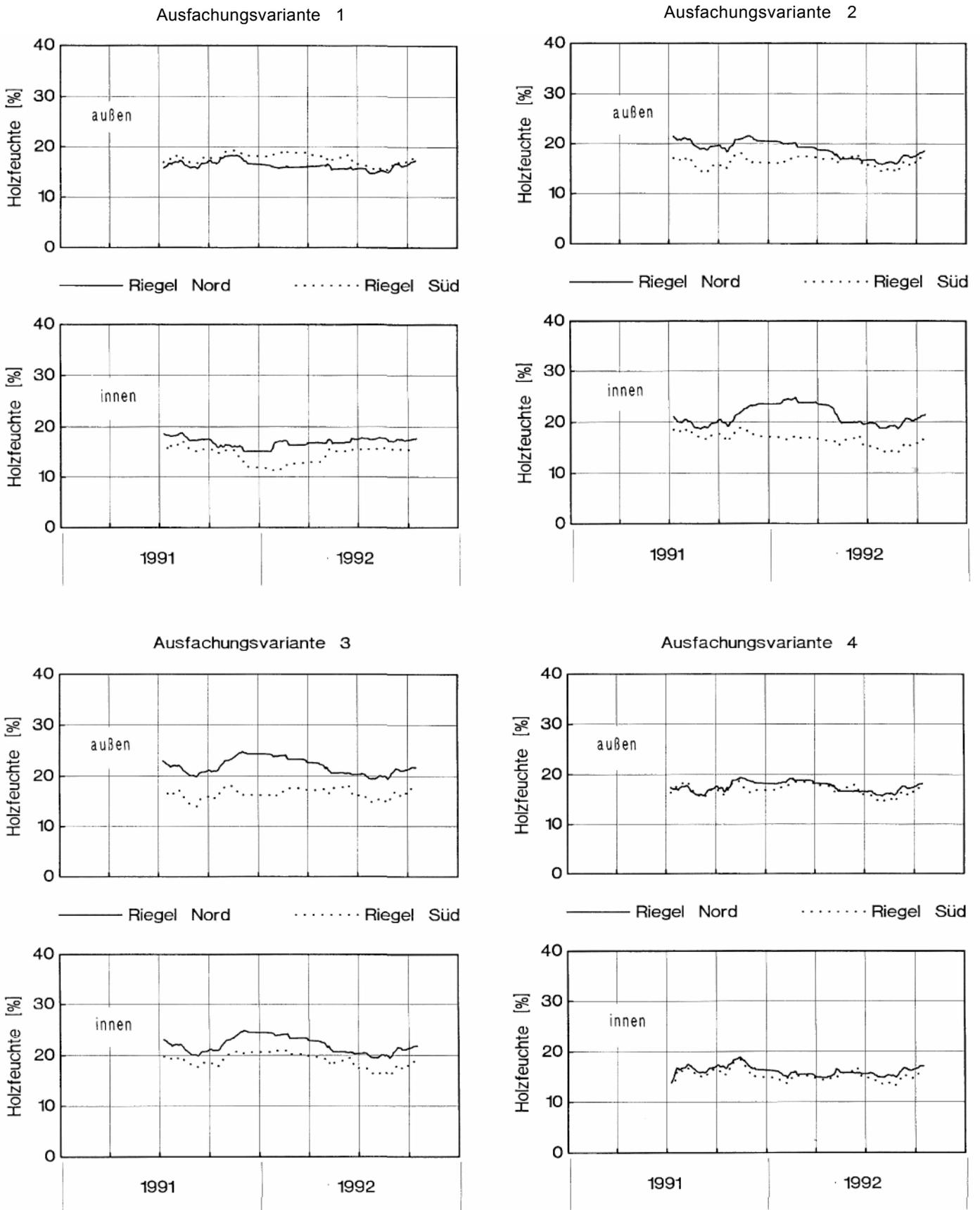


Abb. 6: Zeitverläufe der Holzfeuchte, gemessen an der Oberseite des Fachwerkriegel außen (oberes Diagramm) und innen (unteres Diagramm) bei nach Nord und Süd orientierten Ausfachungen aus Porenbeton nach [2]. Zur Anordnung der Messstellen siehe Abb. 5.

Holzfeuchte von außen verputzten Fachwerkbereichen mit und ohne Innendämmung bei starker Regenbeanspruchung

Variante 5

- 20 mm Oberputz
- 40 mm EPS-Dämmputz mit Metall-Wellgitter
- Balkenabdeckung mit Ölpapier
- Zementspritzbewurf, deckend
- 150 mm Porenbeton - Plansteine
- 12 mm Gipskartonplatte

Variante 6

- 20 mm Oberputz
- 40 mm EPS-Dämmputz mit Metall-Wellgitter
- Zementspritzbewurf, deckend
- 150 mm Porenbeton - Plansteine
- 50 mm Polystyrol-Hartschaumplatten + Gipskartonplatten

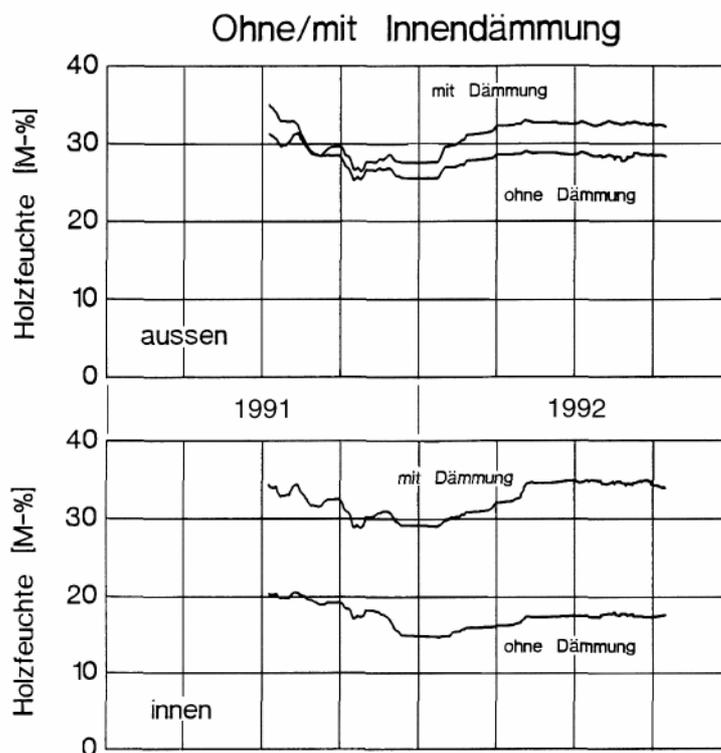
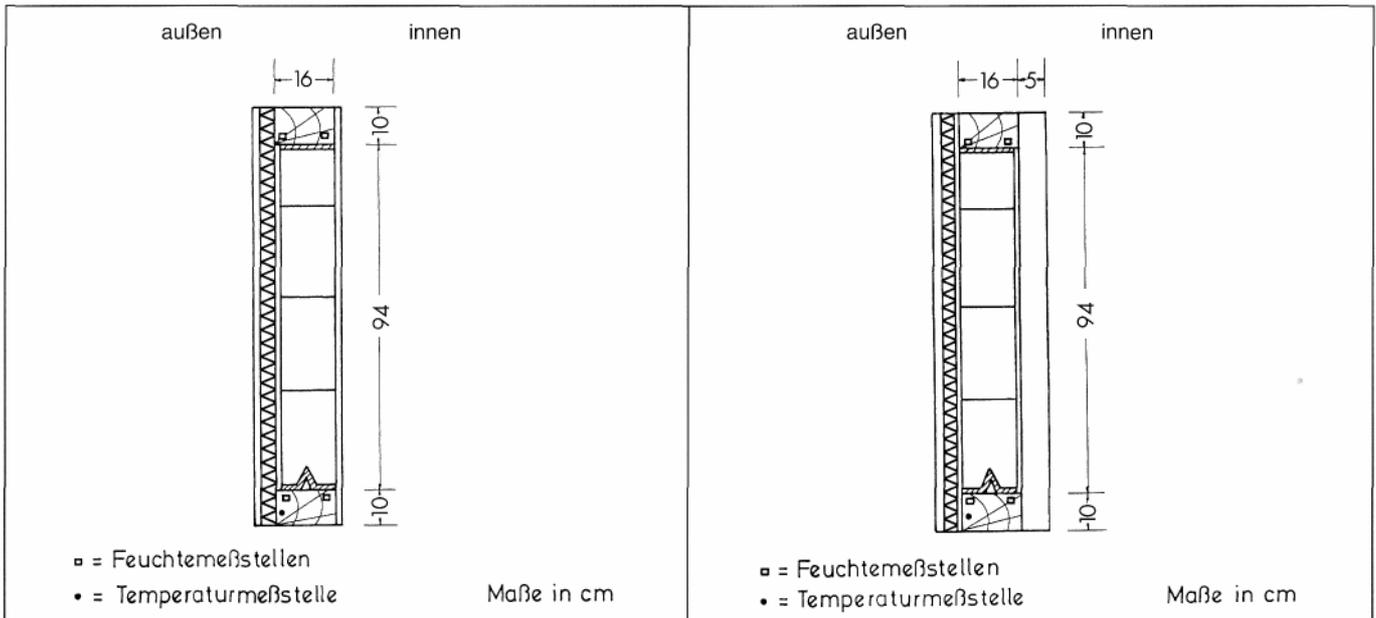
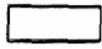


Abb. 7: Zeitverläufe der Holzfeuchte, gemessen an der Oberseite der Fachwerkriegel außen und innen bei dem nach Westen orientierten Giebelbereich mit Außenputz über dem Fachwerk ohne Innendämmung (Variante 5) und mit Innendämmung (Variante 6) nach [2].

BEANSPRUCHUNGSGRUPPE

-  I (gering)
-  II (mittel)
-  III (stark)

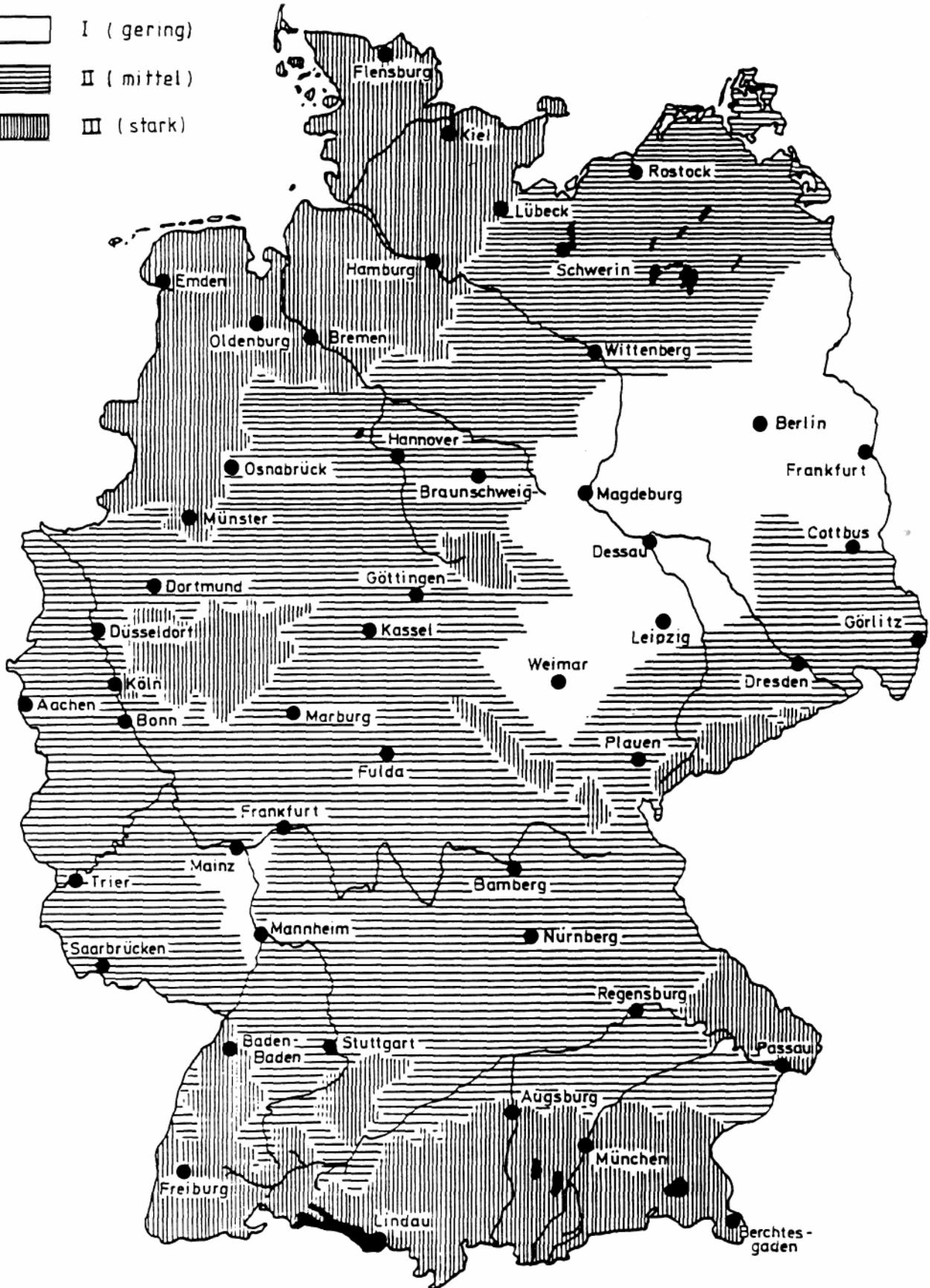


Tabelle 6:
Zuordnung von Regenschutzmaßnahmen und Regenbeanspruchung bei Fachwerkfassaden nach [1]

Beanspruchungsgruppe	Regenbeanspruchung	Anforderungen Oberfläche/Ausfachung
I (g)	Fachwerkfassaden in geschützter Lage, wetterabgewandte oder durch benachbarte Bebauung geschützte Fassaden	Keine Anforderungen an Außenputze und Anstriche. Keine Einschränkung in der Wahl der Ausfachungsstoffe
I	Fachwerkfassaden bei geringer Regenbeanspruchung nach DIN 4108, Teil 3	Gering wasserabweisende oder wasserhemmende Außenputze, Außenanstriche $s_d < 0,1$ m. Dampfdurchlässige Ausfachungs- und Dämmstoffe ($\mu < 10$)
II, III	Fachwerkfassaden bei mittlerer und starker Regenbeanspruchung nach DIN 41 08 Teil 3	Regenschutz durch Bekleidungen oder Putzsysteme mit Entkopplungsschicht zwischen Fachwerk und Oberputz (z. B. Dämmputzschicht zur Aufnahme der Bewegungen aus dem Fachwerk). Ausfachung wie bei I (g)

3.2 Holzschutz

Zu unterscheiden ist zwischen dem konstruktiven und dem bekämpfenden oder vorbeugenden Holzschutz.

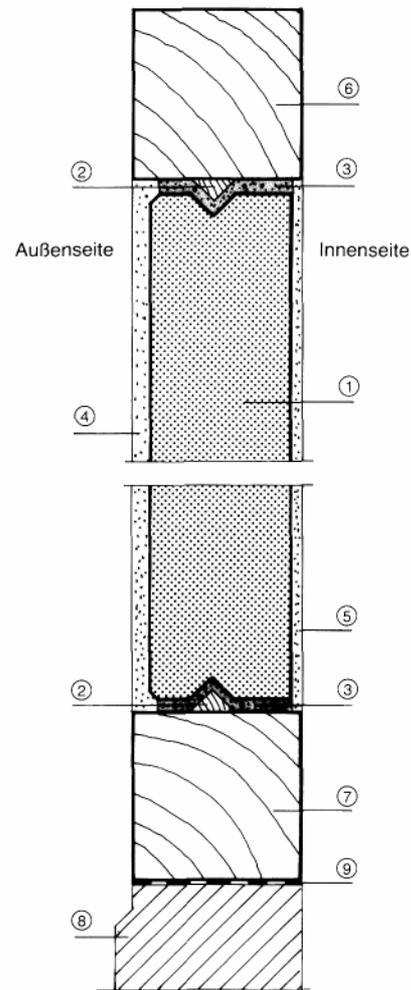
Zum konstruktiven Holzschutz gehört die Anordnung einer horizontalen Feuchtigkeitssperre zwischen Fachwerk und Unterkonstruktion. Sockelaufkantungen aus Mörtel vor Schwellen sollten nicht ausgeführt werden (Abb. 9). Sockelmauerwerk oder aufgebrachter Glattputz sind unterhalb der Schwelle nach außen abzuschrägen, damit das Regenwasser ablaufen kann. Vermieden werden sollte möglichst das allseitige „Einmauern“ von Holz, da sonst Feuchtigkeit nicht schnell genug oder gar nicht verdunsten kann. Eine das Fachwerk überdeckende Putzschicht dagegen kann bei mittlerer und starker Regenbeanspruchung sinnvoll sein.

Die anfänglich erhöhte Baufeuchte des Porenbetons ist nicht anders zu bewerten wie bei anderen Ausfachungsstoffen: In direktem Kontakt mit dem Holz steht nämlich der auch bei anderen Mauerwerksarten verwendete Fugenmörtel (Wärmedämm-Mörtel) zwischen Porenbeton und Holz, der sich beim Schwinden vom Holz ablöst und rasch trocknet.

Der bekämpfende oder vorbeugende Holzschutz zielt auf die Vermeidung von Schädlingsbefall. Dazu sind alle Holzflächen - besonders jene, die später von Mauerwerk verdeckt sind - mit einem Holzschutz nach DIN 68800 zu versehen. Holz-anstriche dienen aber auch der Ästhetik und optischen Gestaltung. Sie sollten aber nicht zu dicht sein, d. h. eine diffusionsäquivalente Luftschichtdicke von $s_d < 0,5$ m aufweisen.

Die Ursache der Holzschädigungen geht im wesentlichen von Holzverbindungen, wie Verzapfungen und Verschraubungen, aus. Immer wenn die Wasseraufnahme (z. B. in Faserrichtung) größer ist als die Wasserabgabe (z. B. quer zur Faser), kann dies zu Feuchteanreicherungen und Holzschädigungen führen.

Bei der Renovierung oder Erneuerung von Fachwerkkonstruktionen ist es daher eine zweckmäßige Maßnahme des Holzschutzes, **die Wasseraufnahme von Hirnholzflächen - insbesondere im Zusammenhang mit Verzapfungen - durch Imprägnierung oder Versiegelung zu reduzieren.**



- ① Porenbeton nach DIN 4165 oder DIN 4166
- ② Dreikantleiste umlaufend
- ③ Wärmedämm-Mörtel
- ④ mineralischer Dämmputz $d > 10$ mm
- ⑤ Innenputz $d \geq 10$ mm
- ⑥ Holzriegel/Rähm
- ⑦ Holzschwelle
- ⑧ Sockelmauerwerk bzw. Putz nach außen abschrägen
- ⑨ Feuchtigkeitssperre (z. B. Bitumenpappe)

Abb. 9: Anschluss an das Sockelmauerwerk



Abb. 10: Bäckerei Zwicker und Biedermeier Galerie in Göppmgen



Abb. 11: Die Glocke in Hennef

4. Ausfachung

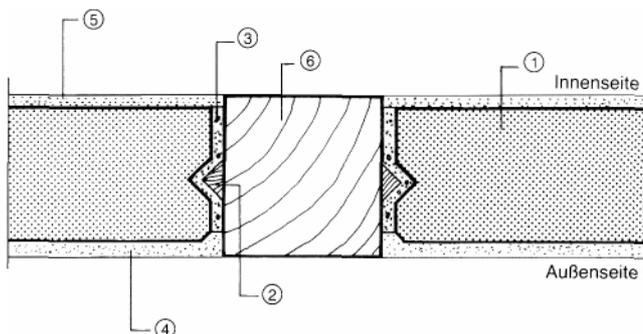
4.1 Wärmeschutz

Als Wärmedämmwert der Ausfachung ist ein Wärmedurchlasswiderstand $1/\Lambda = 1,0 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$ anzustreben. Neben anderen Gesichtspunkten entspricht dieser Wert etwa dem Dämmwert des Holzfachwerks bei den üblichen Holzdicken. Wie aus Tab. 3 ersichtlich kann der entsprechende k-Wert von $0,85 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ mit Porenbeton bestens erreicht werden (k-Werte von $0,6\text{-}1,2 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ für Porenbeton bei einer Gesamtdicke von 16 cm inklusive Außen- und Innenputz). Dies hat zur Folge, dass sich bei Beheizung im Winter eine gleichmäßige Temperatur an den Außenwandoberflächen einstellt. Dadurch lässt sich ein Abzeichnen des Fachwerks auf der Raumseite im Laufe der Zeit infolge unterschiedlicher Verschmutzung vermeiden. Des Weiteren ist eine erhöhte Sicherheit zur Vermeidung von Oberflächentauwasser gegeben und die Schädigungsmöglichkeit des Holzes entsprechend reduziert.

4.2 Ausmauerung der Gefache

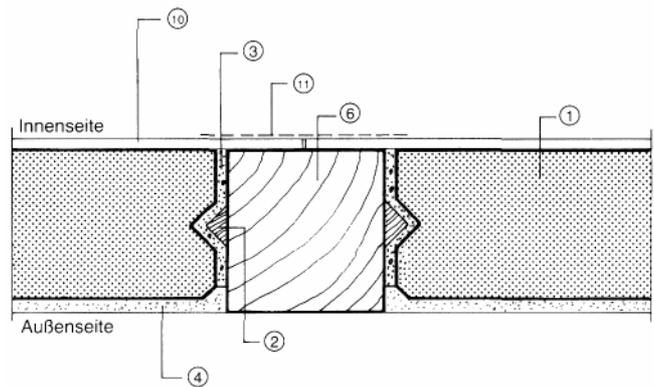
Die Gefache weichen häufig aus statischen oder architektonischen Gründen von der Rechteckform ab. Oft sind sie auch durch Setzungen oder Belastungen verformt. Fachwerkhölzer sind darüber hinaus - im Gegensatz beispielsweise zu Fenstern und Türen - nicht maßhaltige Bauteile. Das gesamte Fachwerkgefüge ist ständigen Schwind- und Quellvorgängen und den dadurch hervorgerufenen Verformungen unterworfen.

Die Ausmauerung kann mit Blocksteinen und Wärmedämm-Mörtel oder den maßgenaueren Plansteinen und Dünnbettmörtel erfolgen. Grundsätzlich sind beide Steinarten zur Ausmauerung geeignet. In beiden Fällen sollten die Anschlussfugen zwischen Mauerwerk und Holz mit Wärmedämm-Mörtel in $10\text{-}12 \text{ mm}$ Dicke ausgeführt werden, damit Toleranzen und Verformungen ausgeglichen werden können (Abb. 12 und 13).



- ① Porenbeton nach DIN 4165 oder DIN 4166
- ② Dreikantleiste umlaufend
- ③ Wärmedämm-Mörtel
- ④ Dämmputz $d \geq 10 \text{ mm}$
- ⑤ Innenputz $d \geq 10 \text{ mm}$
- ⑥ Holzständer

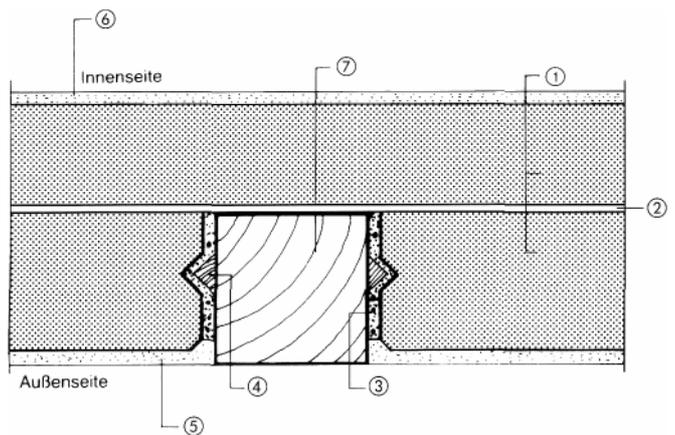
Abb. 12: Porenbeton-Ausmauerung mit Innen- und Außenputz



- ① Porenbeton nach DIN 4165 oder DIN 4166
- ② Dreikantleiste umlaufend
- ③ Wärmedämm-Mörtel
- ④ Dämmputz $d \geq 10 \text{ mm}$
- ⑤ Holzständer
- ⑥ Gipskartonplatte
- ⑦ Gipsbinde

Abb. 13: Porenbeton-Ausmauerung mit Gipskartonplatte auf der Innenseite

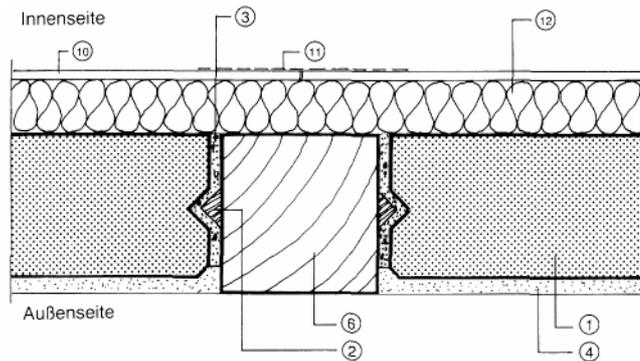
Da die Fachwerkhölzer in der Regel nicht dicker als 15 bis 17 cm sind, werden mit einer außen und innen bündigen Ausmauerung - auch mit einem so hoch wärmedämmenden Wandbaustoff wie Porenbeton - die Anforderungen der Wärmeschutzverordnung nicht erfüllt werden können. Als einfachste Lösung bietet sich in diesem Falle an, die Ausfachung nach innen zu verstärken und hinter den Hölzern herzuführen. Die Steine werden dafür in diesem Bereich einfach ausgesägt. Alternativ können auch mehrschichtige Aufbauten mit zusätzlicher äußerer und innerer Wärmedämmung angeordnet werden (siehe Abb. 15 und 16). Bei über das Fachwerk geführter Innendämmung muss der innenseitige Aufbau über dem Holz einen s_d -Wert von $0,5\text{-}2,0 \text{ m}$ (s. Abschnitt 3.1.1) aufweisen [1], ggf. sind eine Dampfbremse, ein dichter Putz oder Anstrich vorzusehen.



- ① Porenbeton nach DIN 4165 oder DIN 4166 in zwei Schichten
- ② unvermörtelte Längsfuge, knirsch ausgeführt
- ③ Wärmedämm-Mörtel
- ④ Dreikantleiste umlaufend
- ⑤ Dämmputz $d \geq 10 \text{ mm}$
- ⑥ Innenputz $d \geq 10 \text{ mm}$
- ⑦ Holzständer

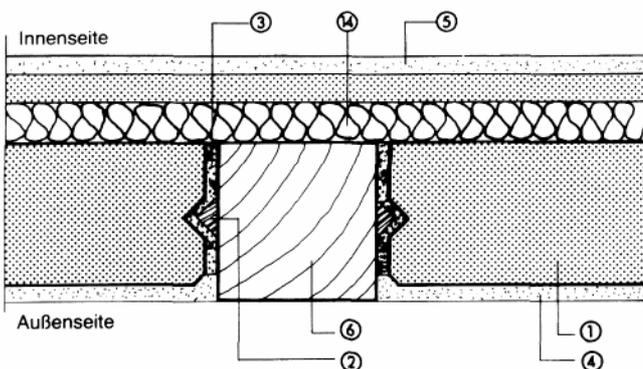
Abb. 14: Porenbeton-Ausmauerung innen über das Fachwerk geführt

Außen ist das Mauerwerk immer um das Maß der Putzdicke hinter das Holz zurückzusetzen. Der Anschluss an das Holz wird umlaufend durch eine Dreikantleiste gesichert, die mit korrosionsgeschützten Nägeln zu befestigen ist. Bei den unvermeidbaren Rissen zwischen Ausfachung und Holz verbessern die Leisten die Winddichtigkeit der Außenwände. Da sich Porenbeton ähnlich wie Holz bearbeiten lässt, kann die in den Steinen erforderliche Nut leicht ausgesägt werden (Abb.17). Die ca. 10 bis 12 mm dicke Fuge zwischen Porenbetonmauerwerk und Holz wird ebenfalls mit Wärmedämm-Mörtel ausgeführt, damit Toleranzen und Verformungen ausgeglichen werden können.



- ① Porenbeton nach DIN 4165 oder DIN 4166
- ② Dreikantleiste umlaufend
- ③ Wärmedämm-Mörtel
- ④ Dämmputz $d \geq 10$ mm
- ⑤ Holzständer
- ⑥ Gipskartonplatte
- ⑦ Gipsbinde
- ⑧ Zusatzdämmung (Verbundkonstruktionen)

Abb. 15: Porenbeton-Ausmauerung mit zusätzlicher innerer Wärmedämmung



- ① Porenbeton nach DIN 4165 oder DIN 4166
- ② Dreikantleiste umlaufend
- ③ Wärmedämm-Mörtel
- ④ Dämmputz $d \geq 10$ mm
- ⑤ Innenputz $d \geq 10$ mm
- ⑥ Holzständer
- ⑦ Thermopanzer aus 50 mm Mineralwolle und 35 mm Porenbeton

Abb. 16: Porenbeton-Ausmauerung mit zusätzlicher innerer Wärmedämmung aus Mineralwolle und Porenbeton

5. Verputz

Anders als bei verputztem, Risse freiem Mauerwerk, bei dem sich die Vorgänge der Wasseraufnahme infolge Schlagregen und der Trocknung hauptsächlich im äußeren Wandbereich abspielen, kommt es bei Fachwerkwänden auch auf die Trocknungsmöglichkeit zum Raum an. Über die unvermeidlich auftretenden Schwindfugen zwischen Fachwerk und Ausfachung kann nämlich Regenfeuchte weiter nach innen gelangen und soll deshalb auch zu einem Teil zum Innenraum abgegeben werden können. Hierzu ist eine Dampfsperre auf der Raumseite hinderlich. Auch Dämmschichten mit geringer Wasserdampfdurchlässigkeit sind für den Trocknungsvorgang von Nachteil. Günstig wirken sich kapillarporöse Stoffe aus mit Diffusionswiderständen, die etwa vergleichbar sind denen von Mauerwerk (maximaler Richtwert nach DIN 4108 Teil 4 ($\mu \leq 10$; Porenbeton $\mu = 5-10$)).

Die nahe liegende und immer wieder erwogene Möglichkeit, die Schwindfugen zwischen Holz und Ausmauerung abzudichten, ist nach den vorliegenden Untersuchungsergebnissen nicht praktikabel. Zum Teil würde ein Austrocknen der eingedrungenen Feuchtigkeit behindert und langfristig zu Schäden am Holz führen. Selbst wenn man die Anschlüsse zwischen Gefach und Ausfachung sorgfältig abdichtet, bleiben die „arbeitenden Fugen“, deren Abdichtung langfristig nicht möglich ist. Sie bedürfen einer ständigen Kontrolle und zeitweiligen Nachbesserung, was bei der Vielzahl von Fachwerkfugen kaum realisiert werden kann.

Daraus wird ersichtlich, dass Sichtfachwerk nur einer geringen Schlagregenbeanspruchung ausgesetzt werden darf. Bei höheren Regenbeanspruchungen muss das Fachwerk durch eine Bekleidung (z. B. Verschindelung durch Holz- oder Schieferplatten) oder durch eine das Fachwerk überdeckende Putzschicht zusätzlich geschützt werden.

Ein Außenputz mit hoher Wasseraufnahmefähigkeit kann die Regenbelastung der Schwindfugen zwischen Holz und Ausmauerung reduzieren. Dies haben Untersuchungen im Fraunhofer-Institut für Bauphysik Holzkirchen ergeben. Hinsichtlich des Regenschutzes für die Ausfachung und zur Vermeidung von Frostschäden ist aber eine geringe Wasseraufnahme des Putzes vorteilhaft. Nicht erstrebenswert sind stark wasserabweisende Putze, da diese auch den Kapillartransport nach außen (Trocknung) weitgehend unterbinden.

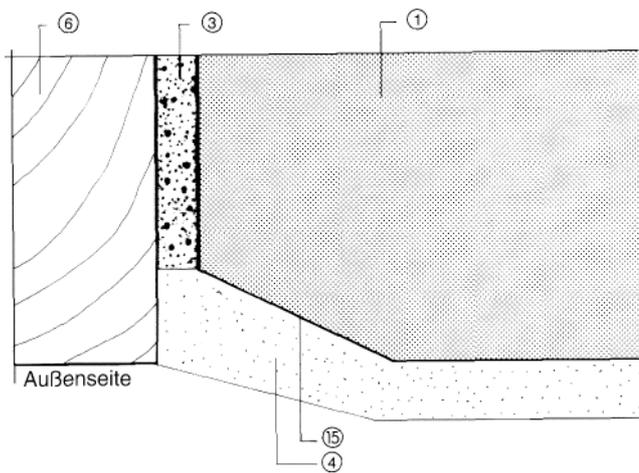
Außenputze für Fachwerk-Ausfachungen sollen daher weder stark wasseraufnahmefähig noch stark wasserabweisend sein. **Zweckmäßig sind leicht wasserabweisende bis wasserhemmende Außenputze, also Putze mit Wasseraufnahmekoeffizienten w zwischen 0,3 und $2 \text{ kg/m}^2 \text{ h}^{0,5}$. Putzanstriche sollen sehr wasserdampf durchlässig sein; s_d -Wert $\leq 0,1$ m. Die Putzdicke soll mindestens 15 mm betragen. Speziell auf den Porenbeton abgestimmte und entwickelte Putze genügen ebenfalls den vorgenannten Anforderungen.** »

Bei außenseitig gefasten Steinkanten (mit Fasenhobel oder Schleifbrett) wird der Putzquerschnitt im Anschlussbereich vergrößert und dadurch die Rissgefahr im Putz verringert. Die verbreiterte Anschlussfläche des Putzes zum Holz bringt zudem mehr Sicherheit gegen eindringendes Regenwasser.

Wichtig ist, dass Außenputz und Fachwerkoberfläche - zumindest im Anschlussbereich - in einer Ebene liegen. So kann das Regenwasser schnell abgeführt werden. Springt die Ausfachung dennoch vor, sind die Randbereiche bündig abzuschragen. Die Mindestneigung soll 30° betragen. Der Putz sollte hier keinesfalls über das Holz geführt werden (Abb. 18).



Abb 17: Das Anpassen von Porenbetonsteinen an vorhandene Fachwerkstrukturen geschieht mit einfachen Mitteln, aber mit großer Genauigkeit.



- ① Porenbeton nach DIN 4165 oder DIN 4166
- ② Wärmedämm-Mörtel
- ③ Dämmputz $d \geq 10$ mm
- ④ Holzständer/Riegel
- ⑤ umlaufend abfasen zur besseren Putzeinbindung

Abb. 18: Anschluss Holz-Putz bei vorspringenden Gefachen

6. Literaturhinweise

- [1] Künzel, H.: Regenschutz, Feuchteschutz und Wärmeschutz von Fachwerkwänden - Hinweise für Sanierung und Neubau, wksb 35/1995
- [2] Künzel, H.: Untersuchungen an einem Fachwerk-Versuchshaus mit Ausfachungen aus Porenbeton. Bericht des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik FB-50/1993
- [3] Künzel, H.: Der Feuchtehaushalt von Fachwerkwänden - Untersuchungen an Fachwerkelementen und Fachwerkhäusern. Bericht des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik FB-55/1994
- [4] Künzel, H. M.: Feuchtesichere Altbausanierung mit neuartiger Dampfbremse. BBauBL 45 (1996) Heft 10, S. 798-801