

Nachträgliche Wärmedämmung von Fachwerkbauten

1. Allgemeines

Fachwerkgebäude bestehen aus einem tragenden Gerüst aus untereinander verbundenen, senkrechten, waagerechten und schrägen Hölzern. Die eingeschlossenen Gefache sind mit regional verfügbaren Baumaterialien (z.B. Holz, Lehm oder Steinen) geschlossen.

Diese historische Bauweise weist eine klare Funktionstrennung zwischen tragendem Gerüst und dämmender Gefachfüllung auf, wobei aufgrund der unterschiedlichen Materialien ein bauphysikalisch inhomogenes Wandgefüge entsteht.

Da Fachwerkbauten bei Verwendung guter Baustoffe, werksgerechter Erstellung und fürsorglicher Pflege nachweislich über 600 Jahre einen Nutz- und Wohnwert haben, kann daraus geschlossen werden, daß es möglich ist, das im Mittel 300 Jahre alte kulturelle Bauerbe weitere 300 Jahre zu erhalten.

Deshalb bedarf die nachträgliche Wärmedämmung von Fachwerkgebäuden einer sorgfältigen Planung. In den alten Bundesländern wurden gerade in den 70-80er Jahren durch unsachgemäße und die historische Bauweise nicht beachtende nachträgliche Dämmmaßnahmen große Schäden an Fachwerkbauten verursacht.

Die historische Entwicklung der Fachwerkbauten widerspiegelt in ihrer Konstruktion die historischen Nutzeranforderungen, die sich z.B. bezogen auf die Bauphysik (Wärme-, Schall- und Brandschutz) von heutigen Anforderungen wesentlich unterscheiden. Bezogen auf den Wärmeschutz wurde bis ins 19. Jahrhundert vor allem die Einzelofenheizung mit niedrigeren Ansprüchen an Innentemperaturen praktiziert.

Die aus heutigen Ansprüchen (Energieeinsparung und Wohlbefinden) abgeleiteten Wärmeschutzverordnungen sind vor allem auf die Errichtung von Neubauten gerichtet, die mit moderneren und z.T. hochdämmenden Baustoffen errichtet werden.

Die Umsetzung der Forderungen der Wärmeschutzverordnung bei Altbauten durch den Einsatz von modernen Baustoffen bei Nichtberücksichtigen der bauphysikalischen Wirkungsweise der historischen Bauweise kann zu schweren Bauschäden führen, die zum unwiderbringlichen Verfall führen kann bzw. die Vernichtung wertvoller historischer Bausubstanz nach sich ziehen kann.

2. Wärmeschutztechnische Eigenschaften von historischen Fachwerkwänden

Nach DIN 4108 "Wärmeschutz im Hochbau" wird ein Mindestwärmeschutz gefordert, der durch den Vergleich vorhandener Wärmedurchgangskoeffizienten $k < \text{zul. Maximalwert } k$ [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$] rechnerisch nachzuweisen ist.

Untersucht man die Außenwände der Fachwerkkonstruktionen in wärmeschutztechnischer Hinsicht, so stellt man fest, daß der nach DIN 4108 geforderte Mindestwert des Wärmedurchlaßwiderstandes $1/\Lambda = 0,55 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$ nur selten erreicht wird. Der dazugehörige Referenzwert bzw. Maximalwert des Wärmedurchgangswiderstandes $k = 1,39 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ (im Mittel und an ungünstiger Stelle berechnet) wird in der Regel erheblich überschritten. Dies soll mit der folgenden Tabelle an einigen Beispielen deutlich gemacht werden.

So wird eine 14 cm dicke Fachwerkwand (die Dicke der Fachwerkwände entspricht etwa der Breite der sichtbaren Fachwerkhölzer- Eckständer ausgenommen und liegt zwischen 14 und 18 cm) hinsichtlich ihres k - Wertes untersucht (Tab. 1).

Tabelle 1. Ermittelte k -Werte bezogen auf eine 14 cm dicke Fachwerkwand mit einem Holzanteil der nichttransparenten Wand von 25% (ohne Fenster)

Material	Wärmeleitfähigkeit W/mK	Wärmedurchgangskoeff. k	
		an der ungünstigsten Stelle $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$	im Mittel $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$
Eichenholz	0,20	1,15	-
Strohlehm auf Stakung	0,47	2,13	1,89
Lehm aus Lehmformlingen	0,70	2,70	2,31
Bruchsteine in Lehm	2,30	4,35	3,55

Auch bei einem Ersatz der historischen Baustoffe im Gefach wird der geforderte Wert nur mit Schaumglas oder extrudiertem PS-Hartschaum erreicht (Tab. 2).

Tabelle 2.

Material	Wärmeleitfähigkeit W/mK	Wärmedurchgangskoeff. k	
		an der ungünstigsten Stelle $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$	im Mittel $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$
Leichtziegel	0,30	1,75	1,6
Gasbetonsteine	0,22	1,41	1,35
Schaumglas	0,05	0,36	0,56
extrud. PS-Hartschaum	0,035	0,26	0,47

Eine Erfüllung der zulässigen Werte für den Wärmedurchgangskoeffizienten k ist somit nur durch eine zusätzliche Dämmung erreichbar (Tab. 3).

Tabelle 3. Ermittelte k -Werte bezogen auf eine 14 cm dicke Fachwerkwand mit einem Holzanteil der nichttransparenten Wand von 25% (ohne Fenster) **und einer zusätzlichen Wärmedämmung**

Art der Ausfachung	+ 11,5 cm Leichtziegel	+ 11,5 cm Gasbetonsteine	+ 5 cm HWL-Platten	+ 5 cm Wärmedämmputz	+ 5 cm Hart schaum = 0,04	= 0,035
Strohlehm auf Stakung	1,09	0,95	0,93	0,92	0,56	0,51
Lehm aus Lehmformlingen	1,23	1,05	1,03	1,01	0,60	0,54
Bruchsteine in Lehm	1,52	1,25	1,22	1,19	0,65	0,58
Leichtziegel	0,99	0,87	0,85	0,84	0,53	0,49
Gasbeton	0,89	0,79	0,78	0,77	0,50	0,46

3. Prinzipielle Möglichkeiten zur nachträglichen Wärmedämmung von Fachwerkbauten und bisherige Erfahrungen

Für die nachträgliche Wärmedämmung können drei Möglichkeiten in Betracht gezogen werden:

- a) Instandsetzen der historischen Fachwerkwand und Dämmung der Wand von außen
- b) Instandsetzen der historischen Fachwerkwand und Dämmung von innen
- c) Vollständige Erneuerung der Gefache mit dämmenden Baustoffen und evtl. zusätzliche Dämmung von innen

Das Aufbringen einer äußeren Dämmung ist vor allem bei verputzten oder verkleideten Fachwerkwänden möglich, bei denen auch nach der Instandsetzung und Modernisierung des Gebäudes das Fachwerk nicht sichtbar bleiben soll sowie die alten Gefache und das Holzgerüst erhalten werden können. Handelt es sich um ein Gebäude mit sichtbarem Fachwerk, welches

aus architektonischen Gründen nicht sichtbar bleiben soll, so bietet sich auch hier eine Außendämmung an.

Die Variante b) wird bei sichtbarem Fachwerk angewendet, bei dem die Gefache aufgrund ihres Bauzustandes noch instandgesetzt werden können bzw. die Beseitigung der Holzschäden am tragenden Gerüst noch ohne Entfernung der Gefache möglich ist. Erfordert die Instandsetzung der geschädigten Holzkonstruktion bei sichtbarem oder verputztem Fachwerk einen vollständigen Ausbau der Gefache, oder sind die Gefache so stark geschädigt, daß sie erneuert werden müssen, so kommt Variante c) zur Anwendung.

3.1. Außendämmung von Fachwerkwänden

Aus bauphysikalischen Gründen ist eine Außendämmung auf der kalten Seite der Wand günstiger, als auf der warmen (inneren) Seite, da der Tauwasserpunkt nach außen wandert. Schon von altersher haben sich hinterlüftete Fassaden bewährt.

Eine zusätzliche Dämmung nach der Demontage der alten Fassade ist daher leicht realisierbar. Wird keine Hinterlüftung angestrebt, so können diffusionsoffene Dämmsysteme direkt auf die Außenseite der Wand aufgebracht werden. Dazu können je nach angestrebter Verbesserung der Wärmedämmung Wärmedämmputz, HWL-Leichtbauplatten mit Putz o.ä. angewendet werden.

Dabei ist die Beanspruchung der Fassade durch Schlagregen zu berücksichtigen. Hinterlüftete Fassaden sind sehr dauerhaft bei hoher Schlagregenbeanspruchung.

3.2. Innendämmung von Fachwerkwänden

Von den drei genannten Anwendungsmöglichkeiten ist die Innendämmung die bauphysikalisch problematischste Methode, da sie der bauphysikalischen Grundregel, die Wärmedämmung auf der "kalten Seite" anzubringen, widerspricht. Dennoch ist sie immer dann, wenn das Fachwerk im Urzustand verbleibt, d.h. die Fachwerkhölzer sichtbar bleiben, die einzig mögliche Maßnahme zur Verbesserung des Wärmeschutzes.

Durch eine innere Dämmung wird das Diffusionsverhalten der Wand wesentlich beeinflusst, was zu schweren Schäden führen kann. Deshalb ist in jedem Fall das Diffusionsverhalten der Wand sowohl im Bereich der tragenden Holzbauteile, als auch im Bereich des Gefaches detailliert zu untersuchen. Gleichzeitig ist die Wirkung evtl. nicht beseitigbarer Wärmebrücken (bei Innenwänden, Decken an Enden und Fenstern) zu untersuchen. Als problematisch sind auch Feucht-

räume anzusehen, deren Wandbekleidungen häufig mit nicht diffusionsoffenen Baustoffen ausgeführt werden.

Grundsätzlich sollte ein Schichtenaufbau gewählt werden, der die Diffusionsoffenheit des historischen Systems nicht zerstört. Nur wenn sichergestellt ist, daß das während der Tauperiode ausfallende Tauwasser während der Verdunstungsperiode wieder ausdiffundieren kann, ist diese Problematik nicht gegeben, wobei die anfallende Tauwassermenge in Abweichung von DIN 4108 im allgemeinen 100...200 g/m² nicht übersteigen sollte. Durch die Verwendung von Dämmstoffen mit nicht so hoher Dämmwirkung kann hier die Tauwassermenge begrenzt werden.

Um die Wasserdampfdiffusion als Bewertungskriterium heranziehen zu können, wurde vorausgesetzt, daß die Fugen zwischen Fachwerk und Ausfachung entsprechend dem Stand der Technik hergerichtet wurden.

Bei der Auswahl der geeigneten Dämmung muß man das Fachwerkgefüge im Rahmen seiner nutzungsbedingten und technischen Funktion als Gesamtheit betrachten, so daß die entscheidende Frage bei der Dämmung nicht lauten kann, welche Energieeinsparung erziele ich, sondern welche Dämmung ist gerade noch vertretbar. Für einen funktionstüchtigen Wandaufbau sind leichter Dampfdurchgang und gutes kapillares Leitvermögen sicher nicht weniger wichtig als die Dämmeigenschaften. In der Literatur durchgeführte Alternativbemessungen verdeutlichen, daß schon geringe Veränderungen bei den Wärmedämmschichten das Diffusionsverhalten positiv beeinflussen. Damit wird deutlich, daß nicht allein die Minimierung des k-Wertes Maßstab bei der Verbesserung des Wärmeschutzes sein kann und darf.

Für die Auswahl des Dämmstoffes ist somit nicht die optimale Dämmeigenschaft das entscheidende Kriterium, sondern die bauphysikalische Eignung für die vorhandene Konstruktion und die zu erwartende Belastung (Tauwasser u.ä.). Weiterhin sollten stehende Luftschichten zwischen Fachwerkwand und innerer Bekleidung möglichst vermieden werden, weil sie häufig der Ort eines konzentrierten Ausfalles von Tauwasser sind, das von den angrenzenden Baustoffen nicht absorbiert werden kann.

Deshalb besinnt man sich aus den o.g. Gründen wieder auf traditionelle Verfahren bzw. historische Baustoffe wie z.B. den Strohlehm, der auch heute noch erhebliche Vorteile aufweist. So bietet er eine gute Kombination zwischen Wärmedämmung und Speicherfähigkeit und läßt sich so auf das bestehende Wandgefüge aufbringen, daß Lufträume zur bestehenden Konstruktion sicher vermieden werden. Untersuchungen an alten Lehmausfachungen zeigen, daß das lehmumhüllte Flechtwerk praktisch immer intakt bleibt. Lehm bietet somit gute Voraussetzungen für eine langfristig schadensfreie Konstruktion.

Am Beispiel einer traditionellen Ausfachung soll der Einfluß einer zusätzlichen Wärmedämmung auch hinsichtlich des Tauwasseranfalls aufgezeigt werden (Tab. 4).

Tabelle 4. Traditionelle Lehmausfachung mit zusätzlicher Wärmedämmung

Schichtenaufbau	Schichtdicke s [cm]	Wärmedurchgangskoeffizient k [W/m ² K]	Tauwassermasse in Tauperiode mögl. Verdunstungsmenge [kg/m ²]
Aussenputz	1,5		
Strohlehm auf Stakung	12,0		
Innenputz	2,0		
+ Leichtziegel	11,5	1,55	<u>0,44</u> 1,30
+ Gasbetonsteine	11,5	1,23	<u>0,72</u> 1,30
+ HWL-Platten	5,0	1,03	<u>5,77</u> 6,32
+ Wärmedämmputz	5,0	0,96	<u>2,34</u> 2,68
+ PS-Hartschaum (040)	5,0	0,60	<u>0,11</u> 0,40
(035)	5,0	0,54	<u>0,12</u> 0,40
+ Leichtlehm 1200	20	1,15	<u>0,34</u> 0,84
1000	20	1,01	<u>0,463</u> 0,857
800		0,82	<u>0,56</u> 0,857

Wie aus Tabelle 4 ersichtlich, besitzen zwar alle Wandaufbauten eine ausreichende Wärmedämmung (außer bei Leichtziegeln) und sind auch ausreichend diffusionsoffen, so daß kein Wasser im Bauteil verbleibt, aber die anfallende Tauwassermenge liegt nur bei PS-Hartschaum und Leichtlehm unter den nach DIN 4108 festgelegten Höchstwerten (<0,5 kg/m², <1,0 kg/m²).

Es wird allerdings darauf hingewiesen, daß mit den hier angegebenen Werten nur ein Trend dargestellt werden kann. So sieht das Ergebnis z.B. bei anderen Schichtdicken schon wieder ganz anders aus.

In Anlage I sind Möglichkeiten der Innendämmung von vorhandenen Fachwerkwänden mit ihren Vor- und Nachteilen enthalten.

3.3 Erneuerung der Gefache mit dämmenden Baustoffen

Sind die Gefache weitgehend zerstört oder lose, ist eine Neuausfachung nicht mehr zu umgehen. Infolge der vielfach verbesserten Wärmedämmeigenschaften bestimmter Mauersteine in Verbindung mit der Möglichkeit, wärmedämmende Mörtel einzusetzen, ist die Ausmauerung zerstörter oder loser Gefache auch heute aktuell. So werden Leichtziegel, Gasbetonsteine und spezielle Leichtbetonsteine, z. B. unter Verwendung von ausgewähltem Bims als Zuschlagstoff verwendet.

Untersuchungen an Altbauten haben gezeigt, daß es bei den Bauten, deren Wände mit natürlichen Baustoffen hergestellt worden sind, keine Probleme mit der Diffusionsoffenheit gibt. Auch aus diesem Grunde haben in jüngster Zeit im Zusammenhang mit der Problematik des gesunden Bauens und Wohnens Lehmbautechniken wieder an Bedeutung gewonnen. Dabei ist zu unterscheiden zwischen dem althergebrachten Strohlehm und dem sogenannten Leichtlehm. Während bei Strohlehm der Lehmanteil überwiegt, macht beim Leichtlehm das Stroh den Hauptbestandteil aus. Der Lehm ist hier lediglich Bindemittel für die Zuschläge. Erstmals definiert wurde der Begriff "Leichtlehm" in der Lehmbauordnung vom 1944, wonach alle Lehmgemische mit Leichtzuschläge und einem Raumgewicht unter 1200 kg/m^3 als Leichtlehm gelten. Die heutzutage erreichbare geringstmögliche Rohdichte liegt bei ca. 300 kg/m^3 . In Tabelle 5 sind einige aus der Literatur entnommenen Werte für die Wärmeleitfähigkeit für Leichtlehm enthalten.

Bei Neuausfachungen reichen je nach der Rohdichte des verwendeten Leichtlehms Wanddicken in der Größenordnung von 25 bis 30 cm aus, um den heutigen Wärmeschutzvorschriften genüge zu tun. Um die Ausfachungen mit Lehm der heutigen Zeit anzupassen, werden z.B. Stroh-Leichtlehmziegel (Rohdichte 850 und 650 kg/m^3) im Format $25 \times 30 \times 15 \text{ cm}$ angeboten.

Tabelle 5. Wärmeleitfähigkeit λ von Leichtlehm in Abhängigkeit vom Raumgewicht

Raumgewicht kg/m ³	Wärmeleitfähigkeit W/mK
600	0,17
800	0,25
1000	0,35
1200	0,47

Ist ein Ersatz durch moderne Baustoffe ausnahmsweise nicht zu umgehen, sollte man nur solche Materialien wählen, deren Eigenschaften dem Lehm ähnlich sind wie z.B. Leichtziegel mit guter Kapillarstruktur. Dahingegen sollte der Einsatz poriger Baustoffe vermieden werden, die das Wasser passiv aufnehmen, aber nur über die Dampfdiffusion abgeben können. Ein wichtiger Vertreter dieser Baustoffgruppe ist der sehr verbreitete Gasbeton, der aufgenommenes Wasser um ein Vielfaches langsamer abgibt als z.B. Ziegelsteine. Was diese Eigenschaft längerfristig bei einem Wandgefüge bewirken kann, das von innen nach außen ständig durchfeuchtet wird, braucht wohl nicht näher beschrieben werden.

In Anlage 2 sind bisher angewandte Methoden für die Erneuerung der Gefache mit ihren Vor- und Nachteilen enthalten.

4. Zusammenfassung

Es unterliegt keinem Zweifel, daß Fachwerkhäuser nicht nach den üblichen Standards der Technik und des Wärmeschutzes saniert werden dürfen, indem man einzelne Bauteile ohne Beachtung der Gesamtzusammenhänge optimiert und somit die Zerstörung einzelner Bauteile vorprogrammiert.

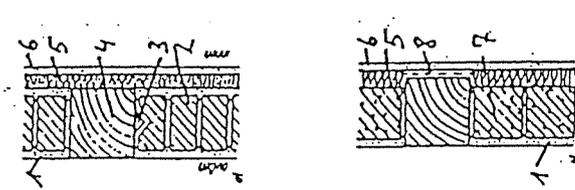
Angesichts der vielfach aufgetretenen Schäden infolge Sanierung liegt eine Hinwendung zu den traditionellen Instandhaltungstechniken nahe.

Literaturverzeichnis

- /1/ Mönck, W.:
Wärmedämmung von Fachwerkaußenwänden
Bauzeitung, Berlin 45(1991)5, S. 332-335
- /2/ o.A.:
Traditionsreiches Gasthaus in neuem Glanz, Portrait einer
Fachwerkerneuerung
Bauzeitung, Berlin 46(1992)6, S.477-478
- /3/ Böttinger, A.H.:
Fachwerksanierung nach historischen Vorbildern
Teil 1: Das Bauzentrum, Darmstadt (1991)7, S. 26-29
Teil 2: Das Bauzentrum, Darmstadt (1991)8, S. 17-19
Teil 3: Das Bauzentrum, Darmstadt (1992)1, S. 34-41
- /4/ Büchner-Menge, K.:
Modernisieren darf nicht zerstören
Modernisierungspraxis 11/91
- /5/ Volker, E.J.:
Besserer Schutz gegen Schall, Feuchte, Wärme und Brand
Das Bauzentrum, Darmstadt (1991)8, S. 40-47
- /6/ Ehm, Chr.:
Brand-, Schall- und Wärmeschutz von historischen Fach-
werkhäusern
Teil 1: Holzbautechnik, München 1992, 6
Teil 2 Holzbautechnik, München 1992, 7
- /7/ Leimer, H.P.:
Sanierung historischer Fachwerkgebäude, Bestimmung des
wärme- und feuchtetechnischen Verhaltens von Außenbauteilen
Bauen mit Holz, Karlsruhe (1992)3, S.202-208
- /8/ Zapke, W.:
Erhaltung von Fachwerkbauten
Detail, Stuttgart (1988)7, S.976-973

- /9/ O.A.:
Fachwerk fachgerecht ausfachen
- /10/ Schulze, J.:
Fachwerkerhaltung:
Denkmalpflege und Bauphysik
Das Bauzentrum 1990
- /11/ Larner, M.:
Fachwerksanierung
- /12/ Nebel, H.:
Erneuerung von Fachwerkbauten
Informationsdienst Holz, Düsseldorf
- /13/ Außengefache mit Stroh-Leichtlehmziegeln schließen
Informationsdienst Holzbau & Naturbaustoffe aktuell
1991

Anlage 1: Arten der Innendämmung bei vorhandener Fachwerkwand
 1) Empfehlung unter bauphysikalischen und ökologischen Aspekten

Lfd. Nr.	Art der Dämmung	Skizze	Aufbau	Häufige Fehler	Besondere Anforderungen	Baustoffe 1)
1	Innendämmung direkt an Fachwerkwand (einschalig)		1) Putz 2) Ziegelausmauerung. 3) Ziegelkeil 4) Stiel 160/160 bis 180/180 5) Holzwole-Leichtbauplatte 6) Putz 7) Gasterkonstein 8) Putzträger	. Verwendung von nicht diffusionsöffnenen Dämmstoffen, Putzen und Innenverkleidungen . Nichtbeachtung des Tauwasseranfalls unmittelbar an Fachwerkhholz bei fast allen üblichen Dämmstoffen (z.B. 5 cm Mineralwolle)	. Dämmstoffe mit geringer Wärmedämmwirkung verwenden (bewirken keine hohe Temperaturabsenkung auf der Innenseite des Holzes, z.B. 50 mm Mineralwolle) . Verwendung von hochwärmedämmenden Platten mit ausreichend Wasserdampfdiffusionswiderstand (keine zusätzliche Dampfsperre erforderlich)	Baustoffe 1)

Lfd. Nr.	Art der Dämmung	Skizze	Aufbau	Häufige Fehler	Besondere Anforderungen	Baustoffe 1)
2	Innendämmung direkt an Fachwerkwand (zwei- oder mehrschalig)		<p>1) Ziegelausfachung 2) Dämmung (25 bis 35 mm) 3) Hochlochziegel/ Langlochziegel/ Gasbetonsteine 4) Werksteine 5) Lastverteilende Schwelle</p>	<p>• mittlere Dämmschicht liegt im Kondenswasserbereich (ungenügende Dämmung der inneren Wandschale) • Verwendung von nicht diffusionsoffenen Dämmstoffen, Putzen u. Innenverkleidungen</p>	<p>• bewährt haben sich auch Wärmedämmputze an der Innenseite mit oder ohne poröser Ziegelzwischen-schicht</p>	
			<p>1) Ziegelsteine in hydraulischem Kalkmörtel 2) Holznut ausmörteln 3) Vorspritz als Feuchtebremse 4) Hochkapillare 5) Dämmputze mehrmalig Holznut dicht schließen</p>			
			<p>1) Vormauerziegel 2) Vorspritz als Dichtungsschlämme 3) Abstand 4) poröser Ziegel seitlich gehalten 5) Anschlag und Wasserbremse 6) Dämmmörtel</p>			

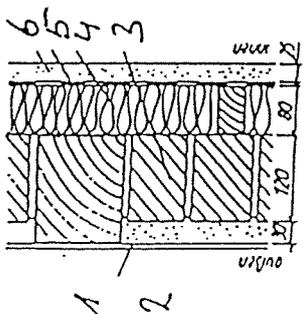
Lfd. Nr.	Art der Dämmung	Skizze	Aufbau	Häufige Fehler	Besondere Anforderungen	Baustoffe
3	Innendämmung direkt an Fachwerkwand (einschalig mit Dampfbremse)		<ol style="list-style-type: none"> 1) Putz außen 2) Ziegelausfachg. 3) Mineralfaserdämmung 4) Dampfsperre 5) Gipskartonplatte 	<p>Dampfbremse durch undichte Stöße nicht dicht Anschlußstelle zur Decke und an Boden undicht keine absolut dichte Dampfsperre verwenden (z.B. 0,1 mm Alufolie)</p>	Dampfbremse 0,2 mm dick	
4	Innendämmung direkt an Fachwerkwand (zwei- oder mehrschalig mit Dampfbremse)		<ol style="list-style-type: none"> 1) Putz außen 2) Ziegelausfachg. 3) Mineralfaserdämmung 4) Dampfsperre 5) Gipskartonlatte 6) Lattenrost 	<p>Dampfbremse durch undichte Stöße nicht dicht Anschlußstelle zur Decke und am Boden undicht keine absolut dichte Dampfsperre verwenden (z.B. 0,1 mm Alufolie)</p>		
Gesamte Wand nicht mehr diffusionsoffen. Wasserdampf der Raumluft entweicht durch andere offene Stellen wie Balkenköpfe. Dort erhöhter Tauwasseranfall						
Gesamte Wand nicht mehr diffusionsoffen. Wasserdampf der Raumluft entweicht durch andere offene Stellen wie Balkenköpfe. Dort erhöhter Tauwasseranfall						

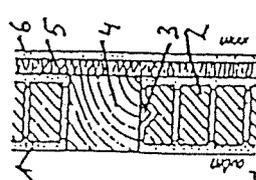
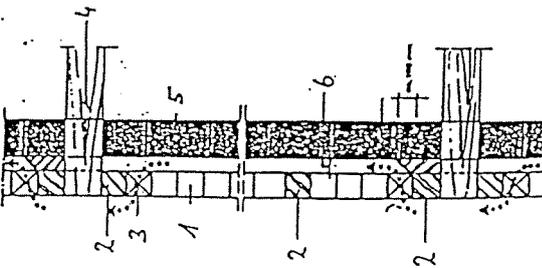
Lfd. Nr.	Art der Dämmung	Skizze	Aufbau	Häufige Fehler.	Besondere Anforderungen	Baustoffe
5	Innendämmung mit Hinterlüftung zum Innenklima			<u>Generell falsch: *)</u>		
6	Innendämmung mit Hinterlüftung zum Außenklima			*) Die wasserreiche Innenluft kondensiert an der kalten Fachwerkaußenwand; hoher Tauwasseranfall möglich. Falsche Art der Innendämmung		
7	Innendämmung mit stehender Luftschicht zwischen Fachwerkwand und Innenschale			<u>Generell falsch: *)</u>		

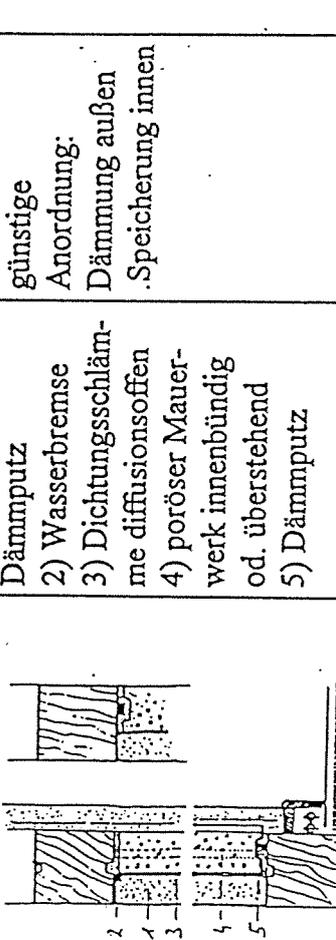
*) Befeuchtung der Dämmschichten soll verhindert werden. Eindringendes Wasser von außen kann nicht verdunsten und sammelt sich in Zapfenlöchern der Holzkonstruktionen bzw. führt zu einer starken und langdauernden Feuchtebelastung. Zusätzlich bildet sich Kondenswasser besonders an der Innenseite der Holzkonstruktion

Anlage 2: Erneuerung der Gefache und nachträgliche Wärmedämmung

Lfd. Nr.	Art der Dämmung	Skizze	Aufbau	Vorteile	Nachteile	Empfehlungen für die Anwendung unter ökol. + bauphys. Gesichtspunkten
1	Porenbeton		<ol style="list-style-type: none"> 1) hydrophob. Dämmputz $d > 10$ mm 2) Gasbeton 3) Dämm-Mörtel 4) Innenputz 5) Thermopanzner 6) Holzständer 7) Putzsicherg. mit Gewebe 8) Dreikantleiste umlfd. 	<ul style="list-style-type: none"> .Leichter Baustoff mit guten Dämmeigenschaften .sehr gute Verarbeitbarkeit 	<ul style="list-style-type: none"> .leichte Wasseraufnahme .Wasserabgabe sehr langsam .Ausmauerung ohne zusätzliche Dämmung erfüllt nicht den geforderten Wärmedämmwert 	<p>bauphys. Gesichtspunkten</p> <p>bauphysikalisch eingeschränkt, nicht im Spritzwasserbereich und nicht an Wetterseiten</p> <p>1) Putz mind. 20 mm stark (mögl. Traß- oder Haarkalkmörtel)</p> <p>2) Ausmauerung auch aus Leichtbetonsteinen oder Leichtziegel möglich</p>

Lfd. Nr.	Art der Dämmung	Skizze	Aufbau	Vorteile	Nachteile	Empfehlungen für die Anwendung unter ökol. + bauphys. Gesichtspunkten
2	Porenbeton und zusätzl. Dämmung innen (mit Dampfsperre)		<ol style="list-style-type: none"> 1) Dispersionsanstrich (auf Gefache und Holz) 2) 30 mm Kalkzementputz 3) 120 mm Ziegel oder Porenbeton 4) 80 mm Mineralwolleplatten zwischen Holzlatten 5) Dampfbremse (Alufolie) 6) 25 mm Gipskartonplatte 		<ul style="list-style-type: none"> .unwirksame Dampfsperre wegen undichter Stöße .Tauwasserpunkt auf der Innenseite der Ausfachung = Tauwasseranfall .erhebliche Zerstörung drei Jahre nach der Instandsetzung .zusätzl. Dampfsperre außen durch dichten Anstrich .Außenanstrich gerissen (Wasser konnte eintreten, aber nicht wieder verdampfen) .leichte Wasseraufnahme (Porenbeton) .Wasserabgabe sehr langsam (Porenbeton) 	

Lfd. Nr.	Art der Dämmung	Skizze	Aufbau	Vorteile	Nachteile	Empfehlungen für die Anwendung unter ökol. + bauphys. Gesichtspunkten
3	Ziegel und zusätzliche Dämmung innen zweischalig mit Dampfsperre		<ol style="list-style-type: none"> 1) Putz 2) Ziegel 3) Ziegelkeil 4) 160/160-180/180 5) Holzwolleleichtbauplatte 6) Putz 	<ul style="list-style-type: none"> .Ausmauerung aus frostbeständigen Ziegeln .Vermeidung von Tauwasseranfall durch Dampfsperre 	<ul style="list-style-type: none"> .Dichte Verlegung der Dampfsperre erforderlich .langsame Wasserabgabe bei Befuchtung der Ziegel 	
4	Ziegel und zusätzl. Hintermauerung mit Gasbeton und Hinterlüftung zum Außenklima		<ol style="list-style-type: none"> 1) Vermauerung aus frostbest. Vormauerz. 2) Schwelle 3) Lüftungsstein bzw. Stoßfuge offen 4) Deckenbalken 5) Gasbeton 6) Sperrpappe oder Sperrfolie überlap-pend einbauen 	<ul style="list-style-type: none"> .Vormauerung aus frostbeständigen Ziegeln 	<ul style="list-style-type: none"> Entlüftung jedes Gefaches über die gesamte Geschosshöhe erforderlich zur Ableitung eindringender Außenfeuchtigkeit .langsame Wasserabgabe bei Befuchtung der Ziegel 	<p>Ausfachung auch mit Kalksandstein, Blähtonsteinen oder Bims-Steine möglich</p>

Lfd. Nr.	Art der Dämmung	Skizze	Aufbau	Vorteile	Nachteile	Empfehlungen für die Anwendung unter ökol. + bauphys. Gesichtspunkten
5	Dämmputz mit porösem Mauerwerk		<ol style="list-style-type: none"> 1) äußerer Dämmputz 2) Wasserbremse 3) Dichtungsschlämme diffusionsoffen 4) poröser Mauerwerk innenbündig od. überstehend 5) Dämmputz 	<ul style="list-style-type: none"> .bauphysikalisch günstige Anordnung: Dämmung außen .Speicherung innen 		<ul style="list-style-type: none"> .mineralische Baustoffe zur Sicherung der Dampfdiffusion und Entfeuchtung

HOLZBAU 1993

10. Seminar

