

INNENDÄMMUNG UND SCHIMMELPILZVERMEIDUNG



M. Krus

© Fraunhofer IBP

intern

1

- Anbringung und Auswahl der Innendämmung
- Rechnerische Eignungstests
- Messergebnisse Innendämmprojekt
- Vergleichende Bewertung



»Eigentlich lese ich selten, die Bücher
brauche ich zur Wärmedämmung . . .«

© Fraunhofer

intern

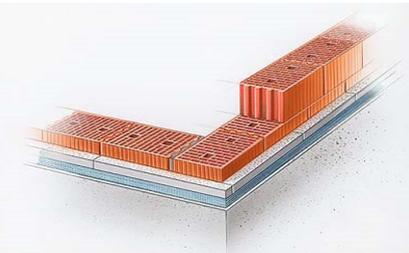
2

Fraunhofer
IBP

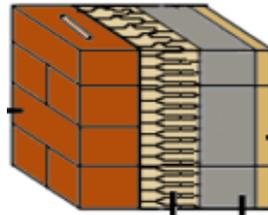
2

Wärmeschutz der Gebäudehüllkonstruktion

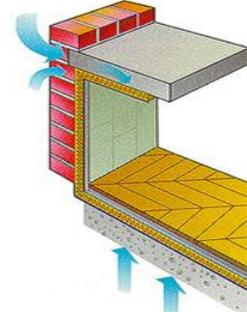
Außendämmung



Kerndämmung



Innendämmung



Welche Nachteile, welche Vorteile haben diese Konstruktionen ?

© Fraunhofer

intern

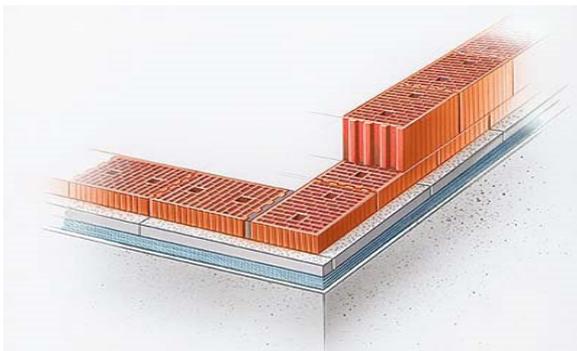
3

Fraunhofer IBP

3

Wärmeschutz der Gebäude-Hüllkonstruktion

Außendämmung



Bewertung

+	thermische Beanspruchung
+	sommerlicher Wärmeschutz
+	Wärmebrücken

-	Wetterschutz des Dämmst.
-	Fluchtlinie
-	Kosten
-	städtebauliches Bild
-	außen mehr Tauwasser

© Fraunhofer

intern

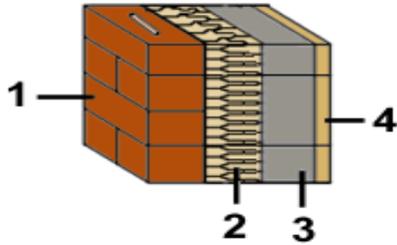
4

Fraunhofer IBP

4

Wärmeschutz der Gebäude-Hüllkonstruktion

Kerndämmung

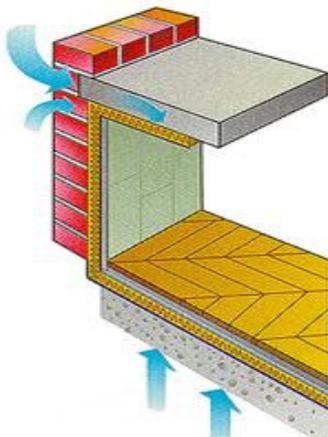


Bewertung	
+	bauphysikalisch optimal
-	Durchfeuchtung
-	Kosten
-	kaum nachträglich

5

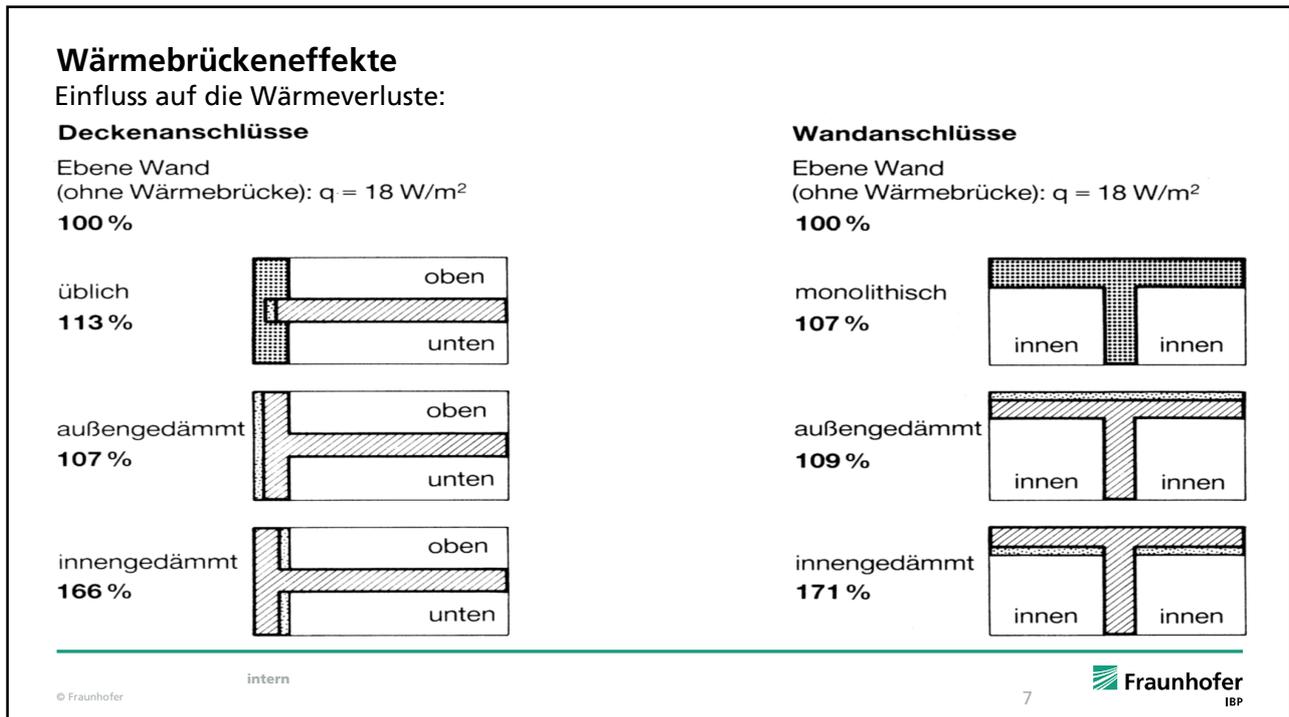
Wärmeschutz der Gebäude-Hüllkonstruktion

Innendämmung

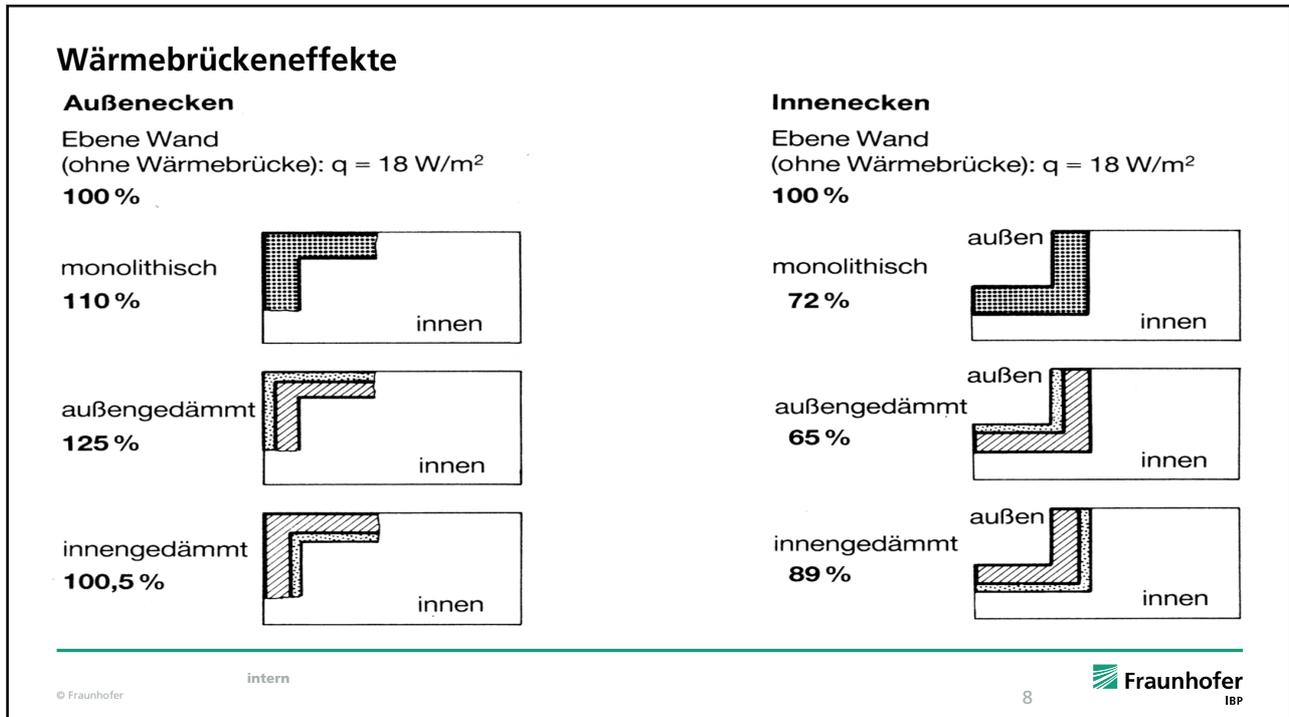


Bewertung	
+	bequeme Anbringung
+	rasches Wiederanheizen
+	geringere Kosten
-	Sommerlicher Wärmeschutz
-	Brandschutz
-	Wohnfläche
-	Mieterbeeinträchtigung
-	Wärmebrücken
-	Tauwasser
-	Trocknungsverzögerung

6



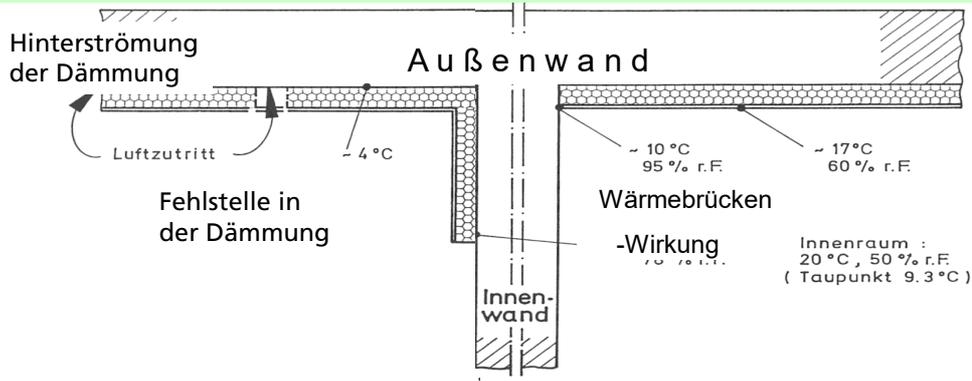
7



8

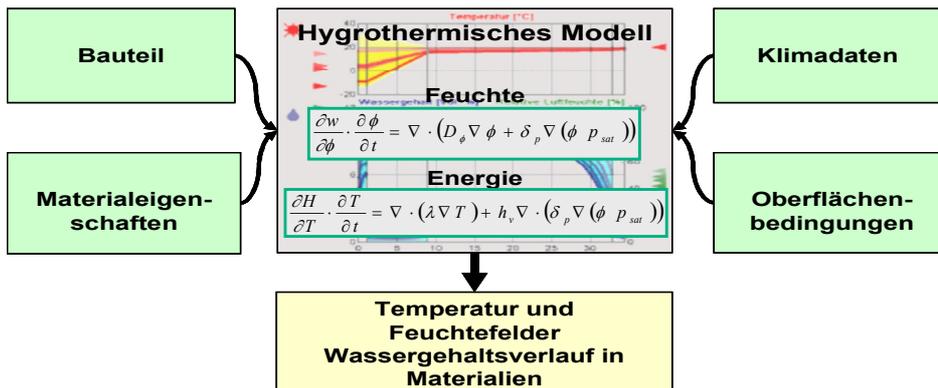
Wärmeschutz der Gebäude-Hüllkonstruktion

Innendämmung ist aus unterschiedlichen Gründen (Denkmalschutz, Eigentumswohnung etc.) häufig aber die einzig durchführbare Dämmmaßnahme im Altbau



9

Durchführung der Untersuchungen mit WUFI®



- Ziegelmauerwerk nahe Mindestdämmstandard (U-Wert = 1,25 W/m²K)
- Wohnraumnutzung
- Holzkirchner Klima

10

Probleme der Innendämmung

3 Problembereiche:

Hinterströmung der Innendämmung

Fehlstelle in der Innendämmung

Anbindung Innenwand / Innendecke

© Fraunhofer intern 11 Fraunhofer IBP

11

Hinterströmung der Innendämmung

6 cm Polystyrol; Hinterströmung mit Innenluft 1 l/(m²·min)

Ohne Hinterströmung

Mit Hinterströmung

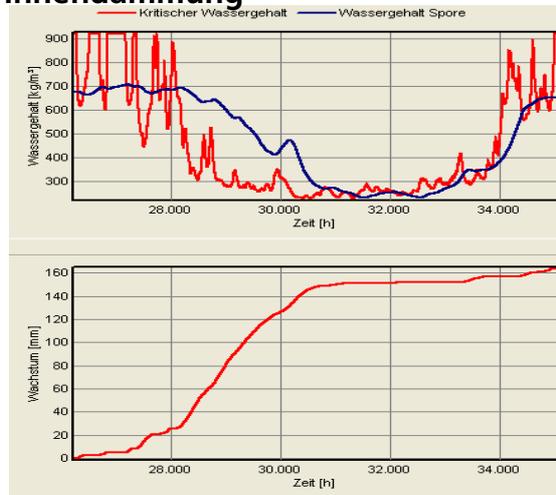
- Im Sommer trockener, aber im Winter deutlich feuchter
- Eintrag von Sporen

© Fraunhofer intern 12 Fraunhofer IBP

12

Hinterströmung der Innendämmung

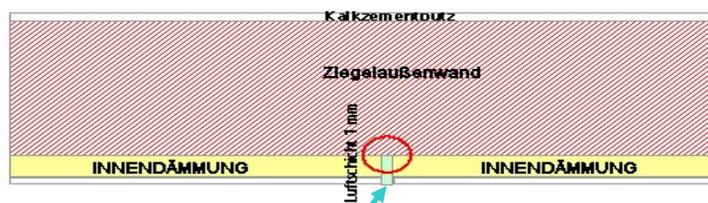
Substratklasse II



- Im Sommer trockener, aber im Winter deutlich feuchter
- Eintrag von Sporen → Schimmelpilzwachstum

13

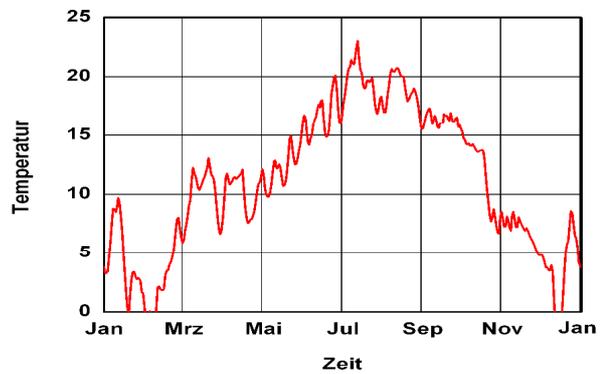
Fehlstelle in der Innendämmung



1 mm dicke durchgängige Fehlstelle

14

Fehlstelle in der Innendämmung



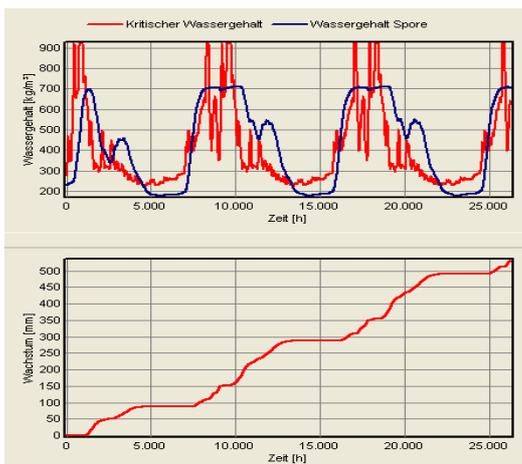
© Fraunhofer intern

15 Fraunhofer IBP

15

Fehlstelle in der Innendämmung

Substratklasse II



Deutliches Schimmelpilzwachstum

Kalziumsilikatplatten gelten als besonders schimmelpilzresistent

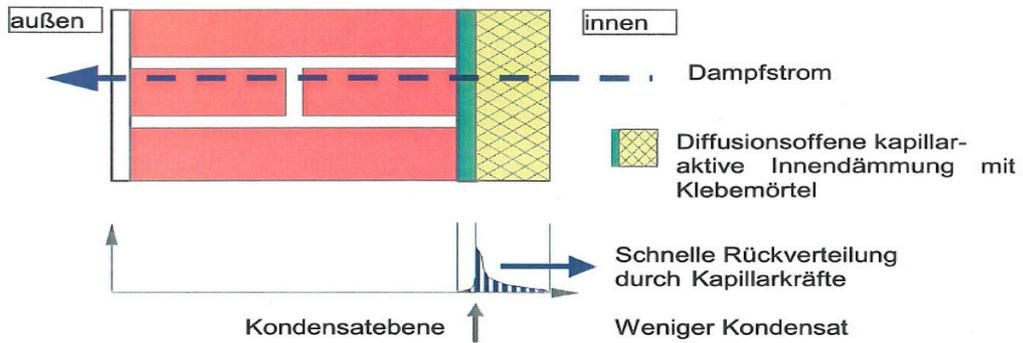
→ Messung deren Isoplethen

© Fraunhofer intern

16 Fraunhofer IBP

16

Wirkprinzip



Vorteil

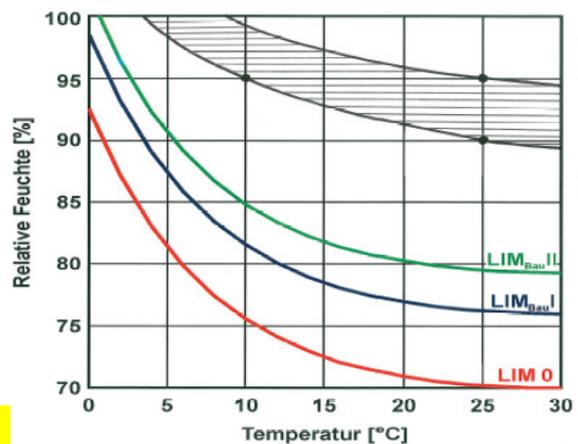
1. geringere Tauwassermengen
2. Verminderung der lokalen Belastung über Querverteilung

17

Bestimmung der Schimmelpilzanfälligkeit

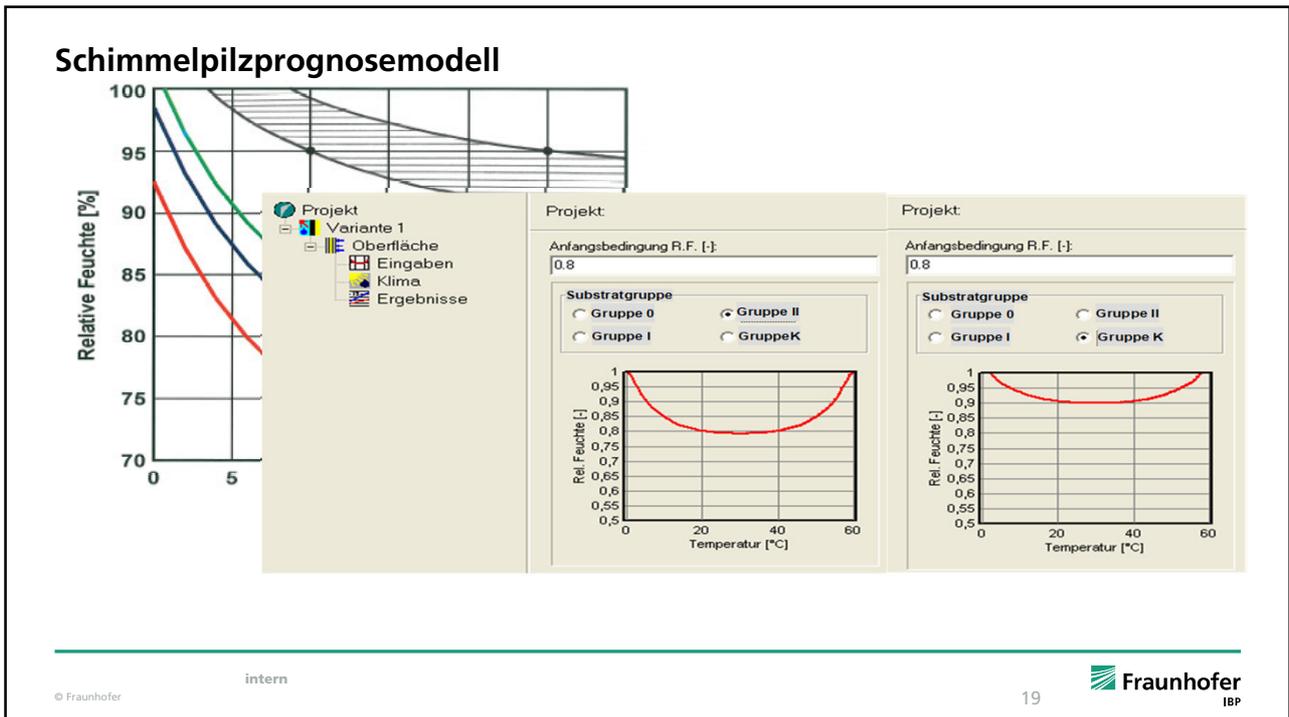
Substratgruppen

- II biologisch kaum verwertbare Substrate (z.B. mineralische Baustoffe)
- I biologisch gut verwertbare Substrate (z.B. Tapeten, Verschmutzung)
- 0 optimales Substrat (biologische Vollmedien)

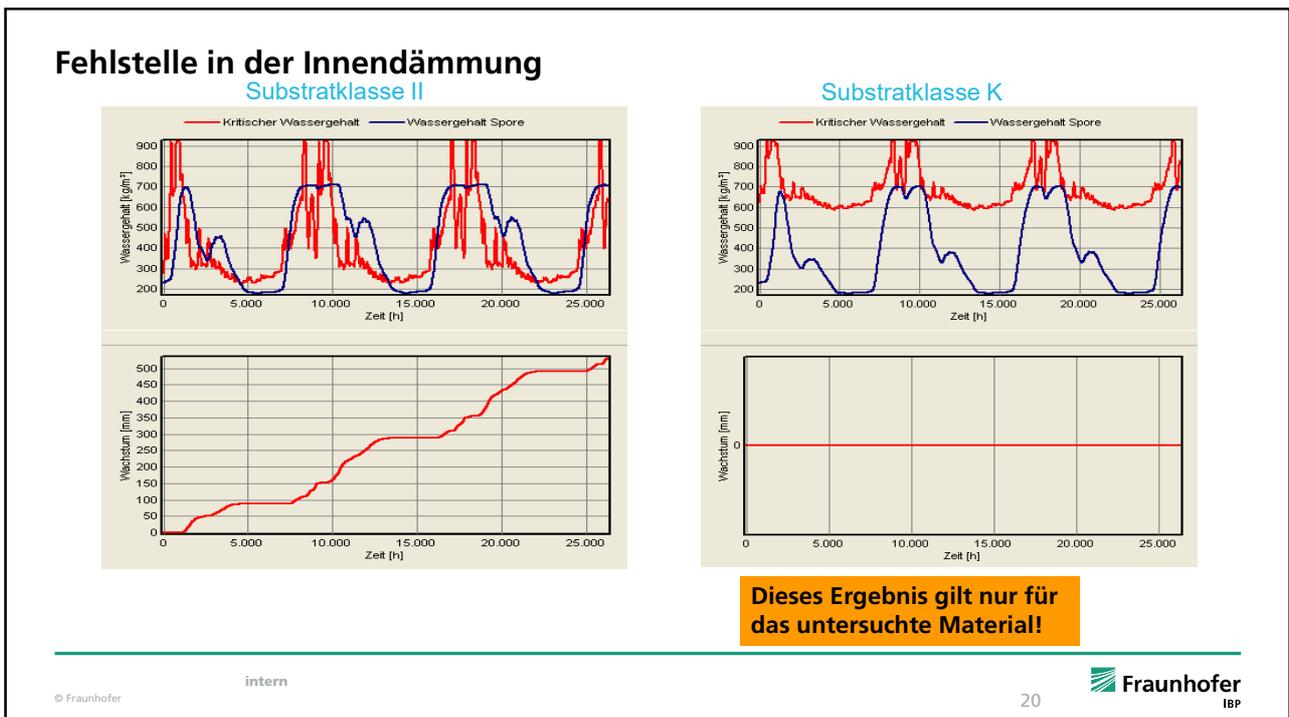


Untersuchung an
mehrere Jahre altem Material !

18

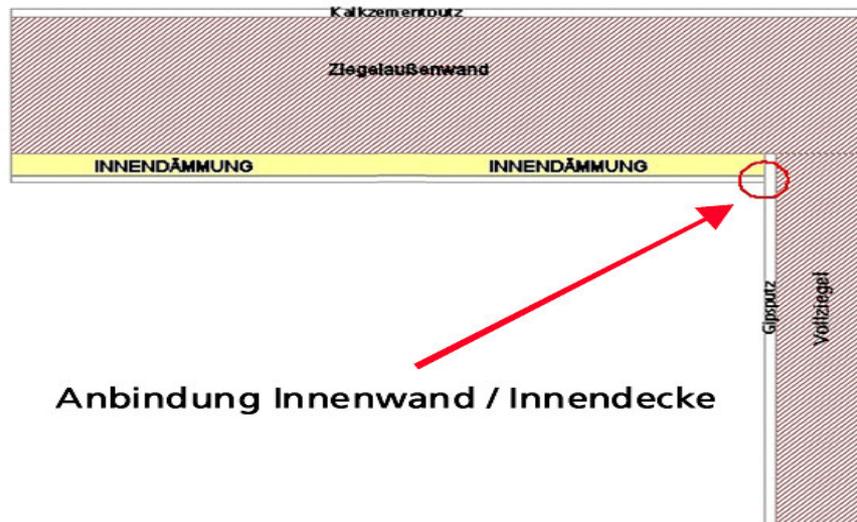


19



20

Anbindung Innenwand / Innenecke

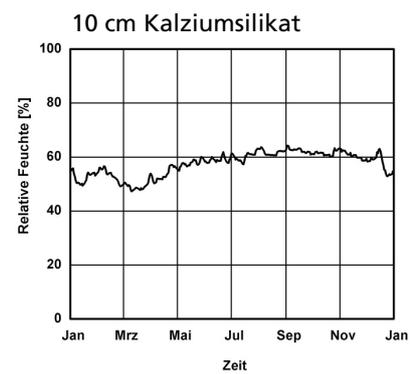
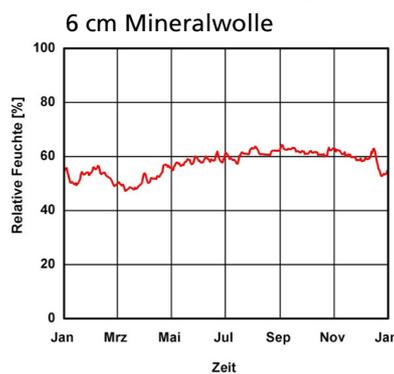
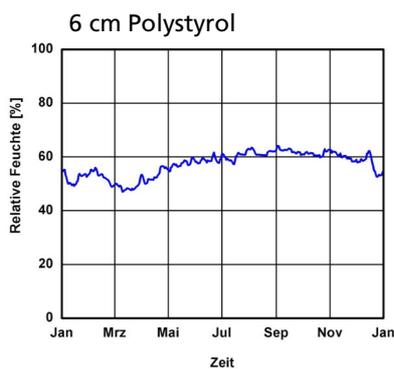


Anbindung Innenwand / Innendecke

21

Anbindung Innenwand / Innenecke

Innenwand aus Ziegel



An dieser Stelle kein Einfluss des Dämmstoffes (gleicher R-Wert)
Offensichtlich kein Schimmelpilzrisiko

22

Anbindung Innenwand / Innenecke

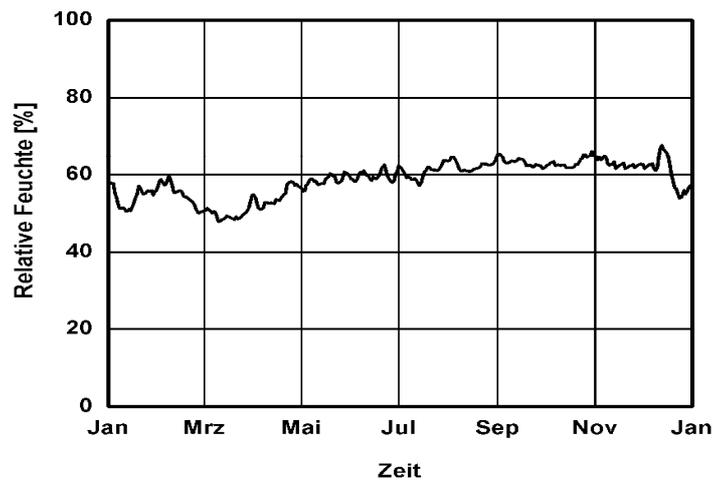


© Fraunhofer intern

23

Anbindung Innenwand / Innenecke

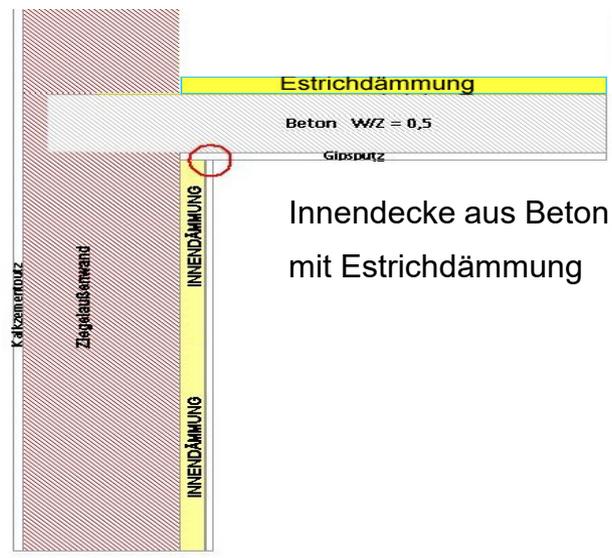
Innendecke aus Beton



© Fraunhofer intern

24

Anbindung Innenwand / Innendecke

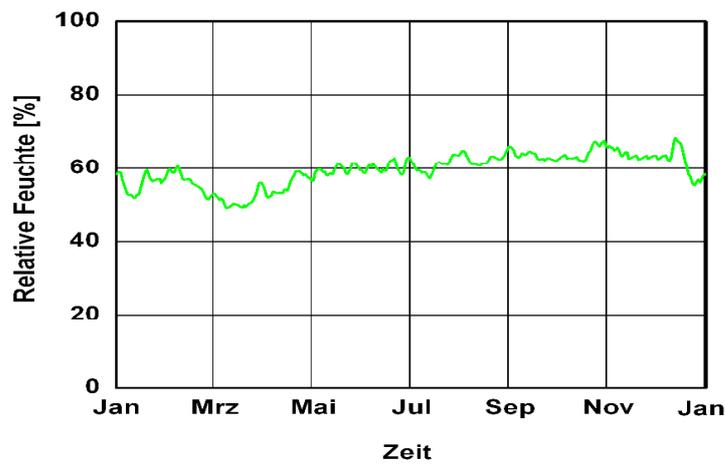


Innendecke aus Beton,
mit Estrichdämmung

25

Anbindung Innenwand / Innenecke

Innendecke aus Beton



26

Anbindung Innenwand / Innenecke



Innendecke aus Beton
mit Estrichdämmung
und Fehlstelle zur Decke

27

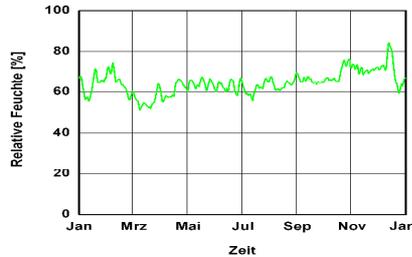
Anbindung Innenwand / Innenecke

Innendecke aus Beton mit Estrichdämmung und Fehlstelle zur Decke

Fehlstelle
an der
Deckeneinbindung



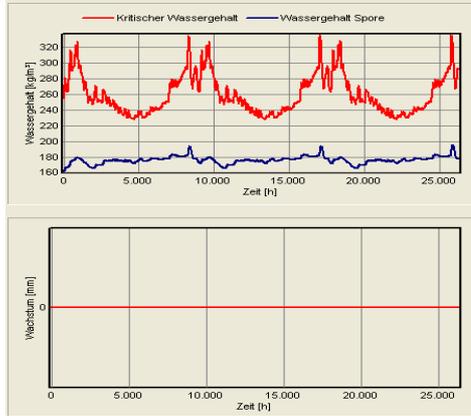
Ohne
Innendämmung



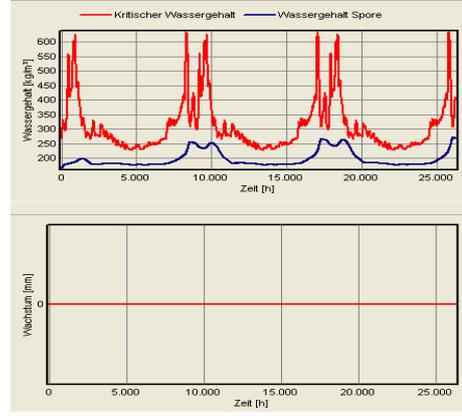
28

Anbindung Innenwand / Innenecke

Ohne Innendämmung

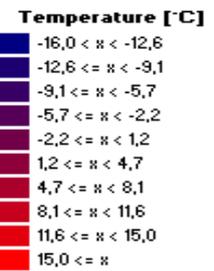
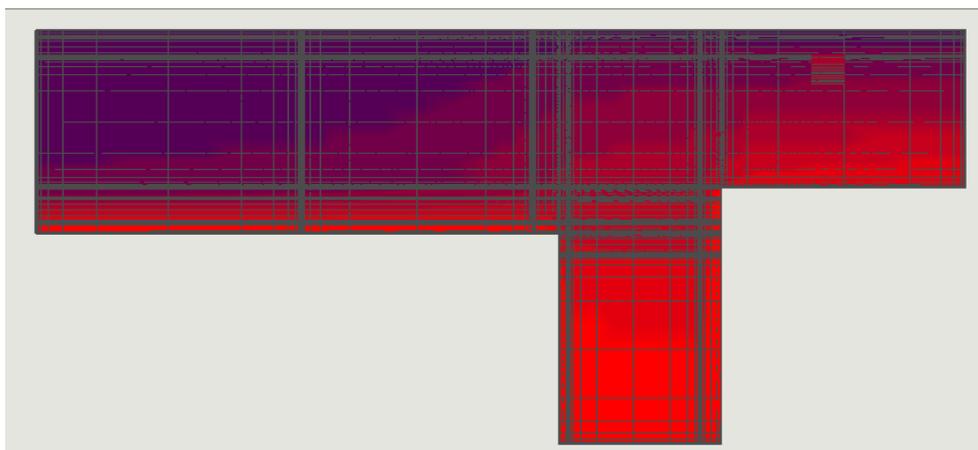


Fehlstelle an der Deckeneinbindung



Warum trotz Wärmebrücke kein Schimmelpilzrisiko?

Anbindung Innenwand / Innenecke



Zusammenfassung

- Eine Hinterströmung der Innendämmung ist unbedingt zu vermeiden
→ vollflächige Verklebung; flexible Dämmstoffe hier vorteilhaft
- Fehlstellen im Regelquerschnitt sind ebenfalls zu vermeiden;
manche Materialien (z.B. das hier gezeigte Kalziumsilikat) bieten aufgrund deren hohen LIM eine gewisse Fehlertoleranz
- Problematik der Innendämmung an einbindender Wand bzw. Decke entgegen Lehrmeinung eher unbedeutend selbst Fehlstellen in diesem Bereich nur wenig kritischer

Grund:

Einbindende Wand/Decke bildet an dieser Stelle eine Wärmebrücke zum Rauminnen

Trotzdem kommen Probleme an dieser Stelle vor, aber sie nicht durch die Innendämmung begründet;

Sondern durch:

Änderung der Nutzung, des Lüftungsverhaltens (dichte neue Fenster) etc.

© Fraunhofer

intern

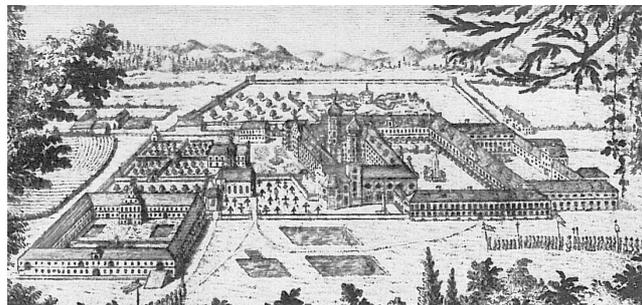
31

Fraunhofer
IBP

31

Vergleichende Untersuchung zur Innendämmung

Fraunhofer-Zentrum für energetische Altbausanierung und Denkmalpflege im Kloster Benediktbeuern



© Fraunhofer

intern

32

Fraunhofer
IBP

32

Klosteranlage Benediktbeuern



© Fraunhofer

intern

33



33

Alte Schäferei, Kloster Benediktbeuern



© Fraunhofer

intern

34



34

Applikation der Innendämmung

Denkmalpflegerische Fragestellung:

- Reversible Montage
- Schadensfreiheit originaler Putze und Malschichten



➔ **Bewahrung historischer Original-Befunde**

35

Entwicklung einer reversiblen Innendämmung

Bei Innendämmsystemen mit Schütt- oder Einblasdämmung und vorgeständerter Konstruktion einfache Lösung: z.B. Japanpapier als Zwischenlage

➔ Entwicklungsbedarf nur für auf den Untergrund verklebte Dämmsysteme

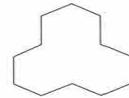
Grundidee:

Anwendung eines flüchtigen Bindemittels

➔ Cyclododecan, für das im Restaurierungsbereich umfangreiche Erfahrungen vorliegen

1. Schicht zur Anbindung an Cyclododecan
➔ Mörtel mit nichtpolarem **Latex** als Bindemittel
2. Untergrundmaterial für die Anbindung der Klebemörtel der Innendämmsysteme
➔ Entwicklung eines Leichtputzsystems

Cyclododecan



Chemische Bezeichnung: Cyclododecan



Musterplatte mit Schaummörtel und Leichtputzmörtelproben

36

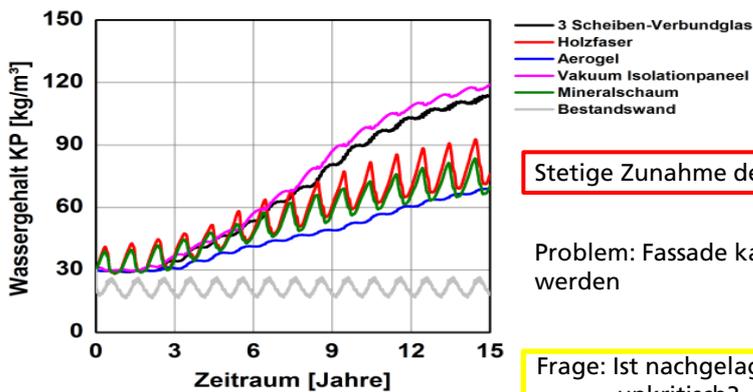
Entwicklung einer reversiblen Innendämmung



37

Eignungsberechnung zur Schadensvermeidung

- Große Schwankungsbreite des w-Wertes am bestehenden Außenputzes von ca. $1,8 - 7,7 \text{ kg/m}^2\text{h}^{0,5}$ \Rightarrow Annahme für Berechnung $4,2 \text{ kg/m}^2\text{h}^{0,5}$



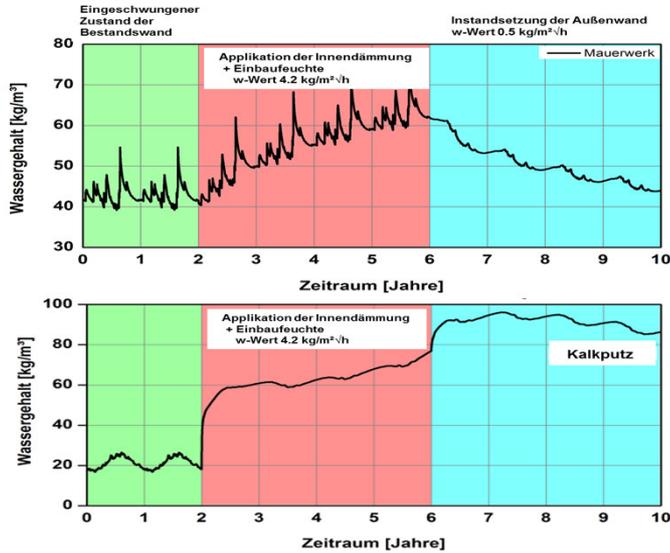
Stetige Zunahme des Wassergehaltes

Problem: Fassade kann vor dem Aufbau nicht saniert werden

Frage: Ist nachgelagerte Fassadensanierung unkritisch?

38

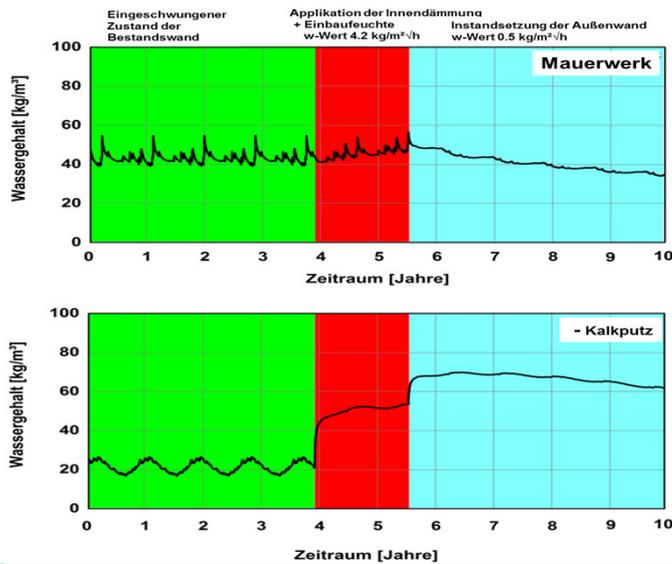
Eignungsberechnung zur Schadensvermeidung



Auch 4 Jahre nachgelagerte Fassadensanierung ohne Schadensfolgen!

39

Eignungsberechnung zur Schadensvermeidung



Die Fassadensanierung erfolgte ca. 1,5 Jahre nach Einbau der Dämmungen

40

Innendämmung – Materialauswahl

- Hochleistungsdämmstoffe
- Kapillaraktive mineralische Dämmstoffe
- Nachwachsende Dämmstoffe
- Trockenbausysteme

In unterschiedlichen Anwendungsformen:

- Plattenmaterial
- Dämmstoffmatten
- Dämmputze
- Einblasdämmungen



Applikation der Innendämmung

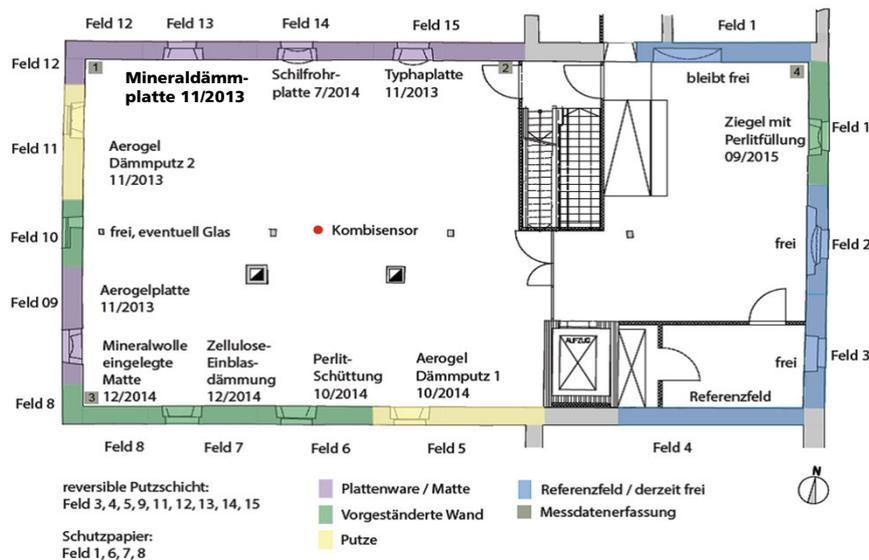


EnOB: Innendämmung – Auswahl Dämmstoffe

Dämmstoff	Wärmeleitfähigkeit [W/mK]	Dicke [cm]	Form
Aerogel-dämmputz	0,028	4,5	Dämmputz
Rohrkolben dämmung Typha	0,055	9	Dämmplatten
Mineraldämmplatten	0,042	10	
Historisches Material Schilfrohr	0,043	11	
Zellulose-Flocken	0,04	8	Dämmschüttung
Perlite-Schüttung	0,05	8	
Mineralwolle-matten	0,035	6,5	Dämmmatten
Aerogel_matten	0,018	4	

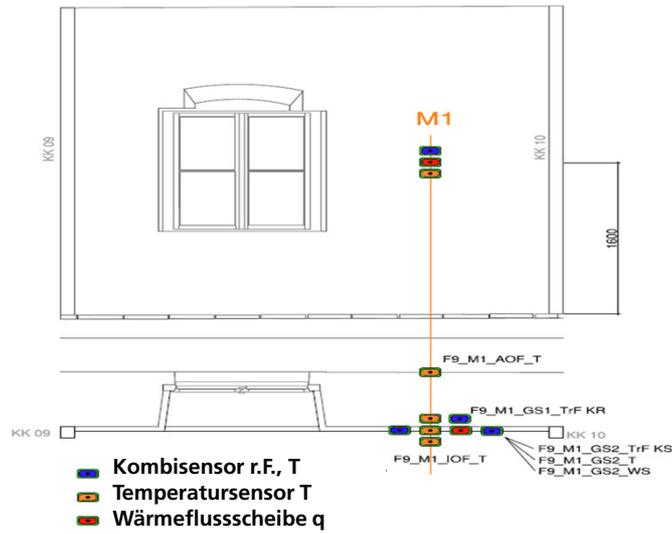
43

Verbaute Innendämmungen



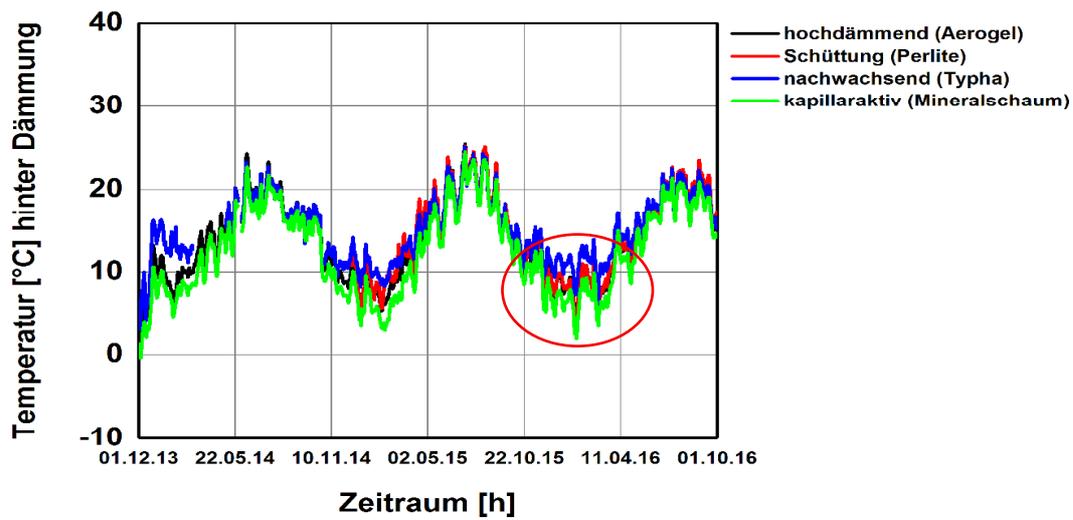
44

Innendämmsysteme - Monitoring

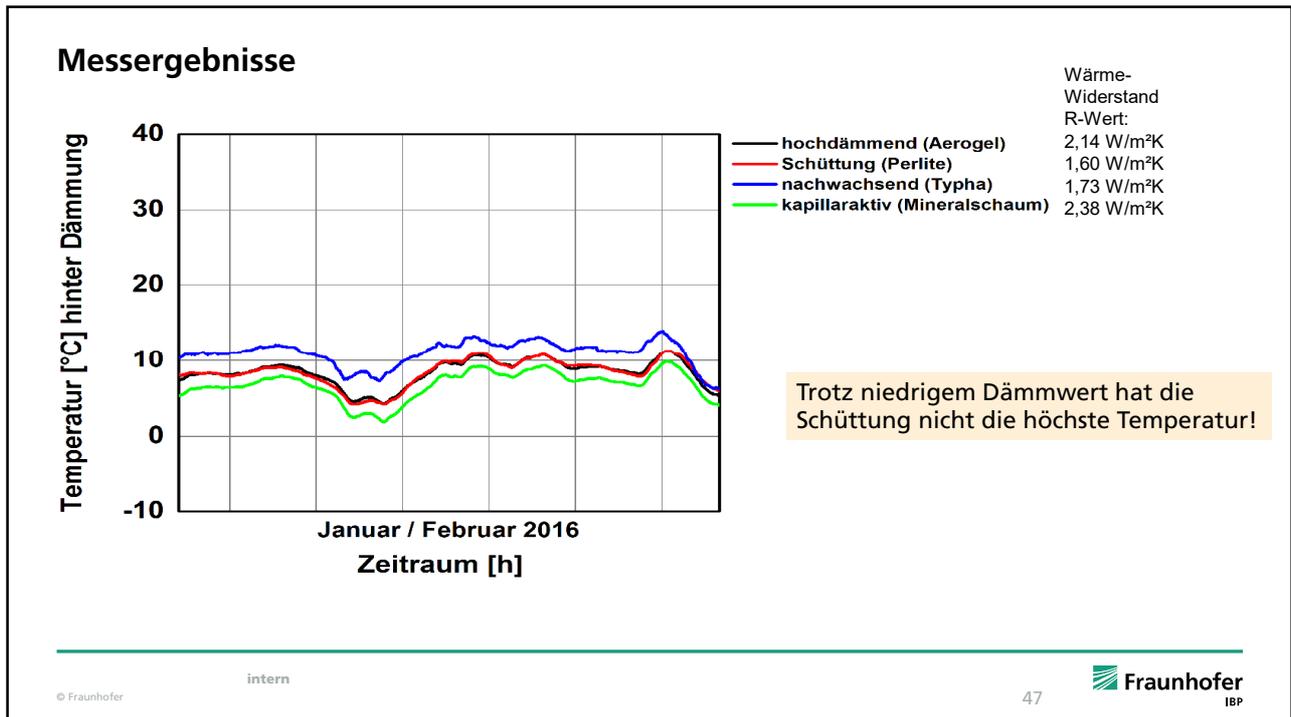


45

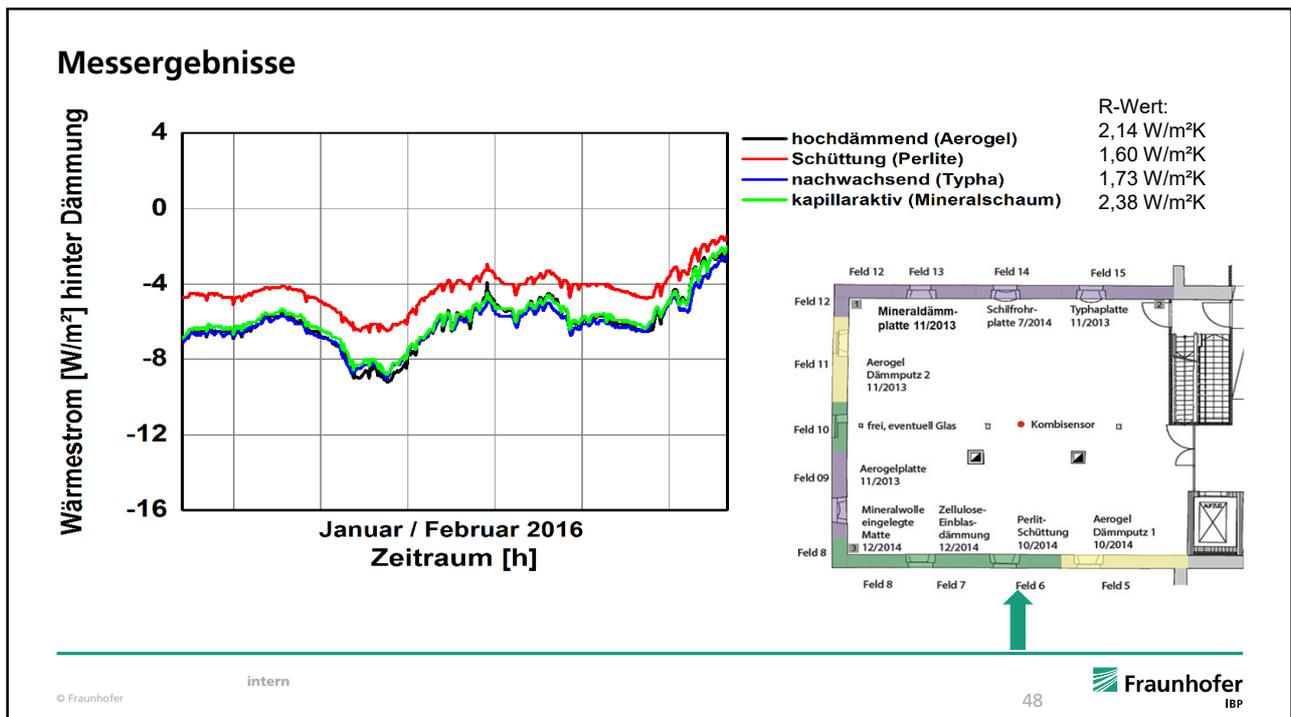
Messergebnisse



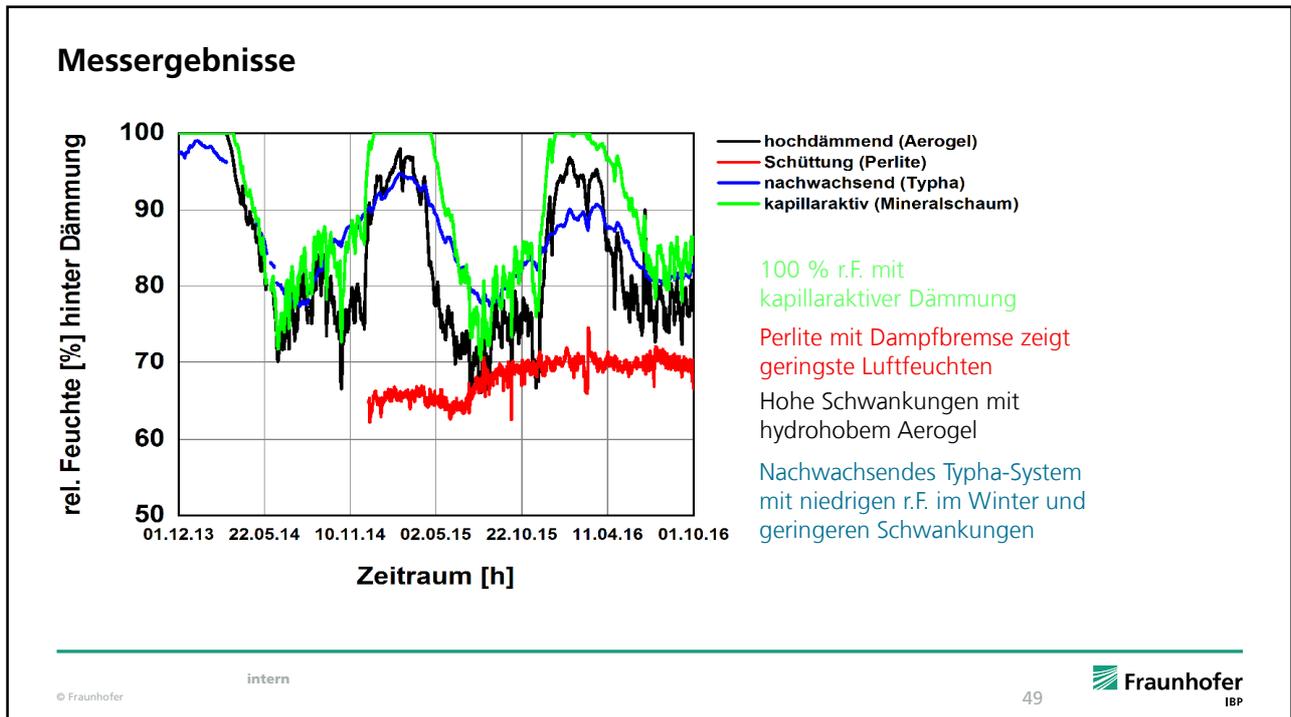
46



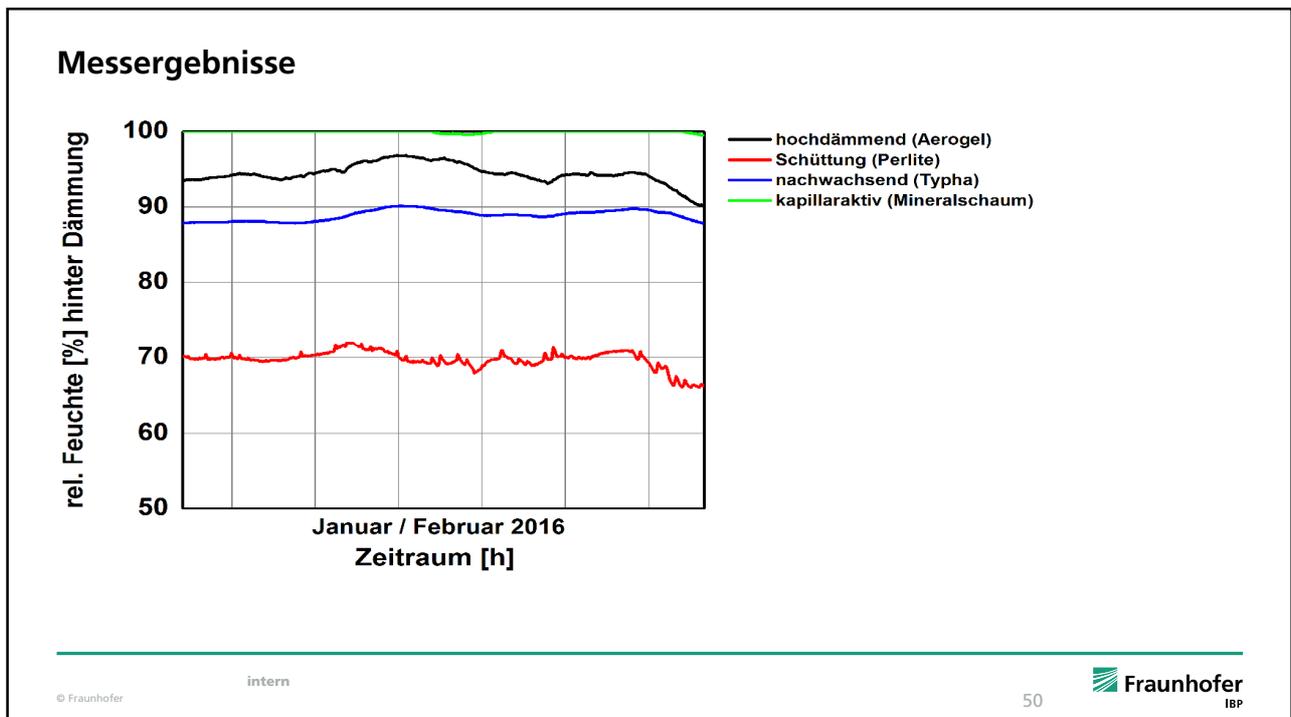
47



48

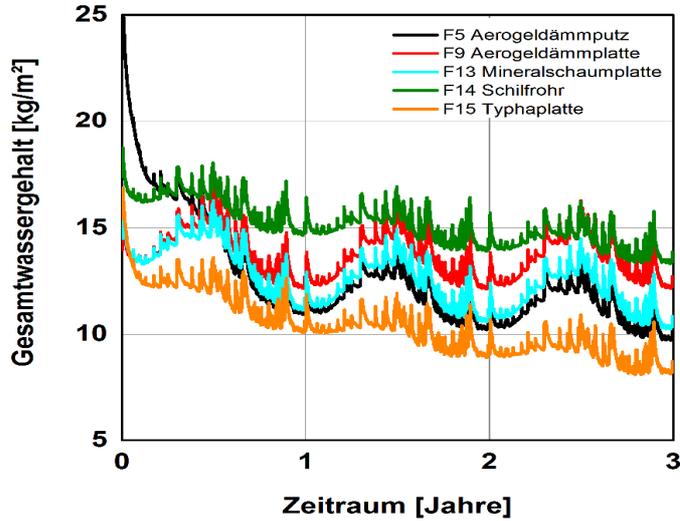


49



50

Austrocknung der Einbaufeuchte



Aerogelputz mit hohen Einbaufeuchten, aber schnelle Trocknung

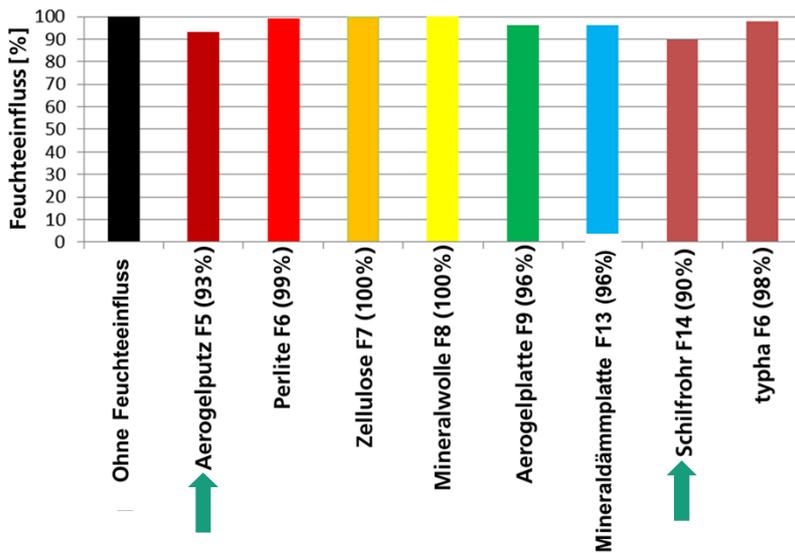
Schilfrohr mit geringen Einbaufeuchten, aber langsamer Trocknung

Aerogelplatte mit geringen Einbaufeuchten, aber rel. hoher langfristiger Feuchte

Niedrigste Feuchten bei Typha

51

Einfluss der Feuchtegehalte



52

Bewertung - Kriterien

Aspekt	Kriterium	Bewertungsmaßstab
Denkmalpflege	Aufwand für Reversibilität	++ Trockenbausysteme, bei denen als Trennschicht lediglich Japanpapier erforderlich ist + geklebte Systeme, die ein spezielles reversibles Vorputzsystem erfordern
	Beeinträchtigung der Originalsubstanz	++ verklebte Systeme (ohne zusätzliche Dübel) auf reversiblen Grund + Ständersysteme, die speziellen Boden- bzw. Deckenanschluss zum Halten der Ständerkonstruktion erfordern o Systeme, die eine Ständerkonstruktion und eine Verklebung benötigen
	Einbauvariante Laibung	++ gleicher Systemaufbau in Wandfläche wie in der Laibung + systemähnlicher Aufbau, gleiche Materialgruppe in Wandfläche und Laibung o kompletter Systemwechsel, unterschiedliche Systemaufbauten in Wandfläche und Laibung
Energieeffizienz	Wärmedurchlasswiderstand/Systemdicke	++ über die gesamte Aufbaudicke gemittelt Wärmeleitfähigkeit liegt unter 0,035 W/mK o über die gesamte Aufbaudicke gemittelt Wärmeleitfähigkeit liegt über 0,045 W/mK
	Feuchteinfluss Wärmeleitfähigkeit	++ die Wärmedurchlasswiderstand des Systems wird durch die vorhandene Feuchte um weniger als 3 % reduziert o der Wärmedurchlasswiderstand des Systems wird durch die vorhandene Feuchte um mehr als 5 % reduziert
Feuchteschutz	Einbaufeuchte	++ Trockenbausysteme mit sehr geringer Einbaufeuchte + mit Außenwand verklebt; Baufeuchte nur durch Kleber und evtl. reversibles Putzsystem; trockener Dämmstoff o relativ hohe Baufeuchte im gesamten Innendämmsystem, z.B. Dämmputz
	Trocknungszeit	++ sehr schnelle Austrocknung der Baufeuchte (Trockenbausysteme) + relativ diffusionsoffene Systeme mit relativ schneller Austrocknung o Systeme mit relevanter Einbaufeuchte, aber langsamer Austrocknung (z. B. aufgrund vorhandener Dampfbremse)
	Schimmelrisiko Bestandsoberfläche*	++ Mould-Index der ersten Winterperiode < 1 o Mould-Index der ersten Winterperiode > 3
	Schimmelrisiko hinter der Dämmung*	++ Mould-Index der ersten Winterperiode < 1 o Mould-Index der ersten Winterperiode > 3
	Schimmelrisiko langfristig* (nach 2 Jahren)	++ Mould-Index der ersten Winterperiode < 1 o Mould-Index der ersten Winterperiode > 3
	Fehlertoleranz	++ kapillaraktive Systeme ohne Dampfbremse, wegen Vorteilen bei punktuellen Feuchteintrag + hydrophobe Systeme ohne Dampfbremse o Systeme mit Dampfbremse, wegen möglicher Schadensanfälligkeit durch nachträgliche Einbauten (z.B. Steckdose)
Bautechnisch	Brandschutz	++ schwer entflammbares Material und hoher Feuerwiderstand des Gesamtsystems + normal entflammbares Material und mittlerer Feuerwiderstand des Gesamtsystems o normal entflammbares Material und geringer Feuerwiderstand des Gesamtsystems
	Mechanische Belastbarkeit	++ Anbringung von Hängeschranken möglich + Anbringung von Dekorationselementen (z. B. gerahmte Bilder) möglich
Ökonomie	Materialkosten	++ geringe Materialkosten (< 100 €/m³) + mittlere Materialkosten zwischen (100 €/m³ und 500 €/m³) o hohe Materialkosten (> 500 €/m³)
	Einbauaufwand	++ weder Ständerkonstruktion noch zusätzliche Ausgleichsschicht erforderlich + entweder Ständerkonstruktion oder zusätzliche Ausgleichsschicht erforderlich o sowohl Ständerkonstruktion als auch zusätzliche Ausgleichsschicht erforderlich

* stark von den Randbedingungen abhängig und bei korrekter Bauausführung von untergeordneter Bedeutung

Bewertung

Kriterium/Material	Aerogelputz	Perlite	Zellulose	Mineralwolle	Aerogelplatten	Aerogelputz	Minerale Dämmplatten	Schilfrichtmatten	Typhaboard	gefüllter Ziegel	Wichtung innerhalb Bewertungsbereich
	Feld	5	6	7	8	9	11	13	14	15	
Aufwand für Reversibilität	+	++	++	++	+	+	+	+	+	++	30
Beeinträchtigung der Originalsubstanz	++	+	+	+	++	++	++	o	++	+	40
Einbauvariante Laibung	++	+	o	n.b.	++	++	++	++	++	+	30
Wärmedurchlasswiderstand/Systemdicke	++	o	+	+	++	++	+	o	o	o	80
Feuchteinfluss Wärmeleitfähigkeit	o	++	++	++	+	+	+	o	++	++	20
Einbaufeuchte	o	++	++	++	+	o	+	+	+	++	25
Trocknungszeit	+	++	++	++	+	+	+	+	+	++	20
Schimmelrisiko Bestandsoberfläche*	+	++	++	++	++	+	o	o	++	n.b.	10
Schimmelrisiko hinter Dämmung*	o	++	++	++	+	o	+	o	++	n.b.	10
Schimmelrisiko längerfristig* (nach 2 Jahren)*	++	++	++	++	++	++	++	+	++	n.b.	10
Fehlertoleranz	++	o	o	o	+	++	++	o	++	+	25
Brandschutz	++	++	+	++	++	++	++	o	++	++	60
mechanische Belastbarkeit	o	+	++	+	o	o	+	++	++	++	40
Materialkosten	o	++	++	++	o	o	+	++	o	+	40
Einbauaufwand	++	+	+	+	+	++	+	o	+	o	60
Primärenergieeinsatz Dämmstoff	o	+	++	++	o	o	++	++	++	+	40
Nachwachsend/Mineralisch/Petrochemisch	+	+	++	+	+	+	+	++	++	+	30
Treibhauspotential/Rückbau/Recycling	+	+	+	+	+	+	+	+	++	+	30

* stark von den Randbedingungen abhängig und bei korrekter Bauausführung von untergeordneter Bedeutung

Bewertung

Benotungssystem:

++ =1

+ =2

o =3

Kriterium/Material	Aerogelputz	Perlite	Zellulose	Mineralwolle	Aerogelplatten	Aerogelputz	Mineraldämmplatten	Schilfrohmatten	Typhaboard	Gefüllter Ziegel	Wichtung der einzelnen Aspekte
Feld	5	6	7	8	9	11	13	14	15	1	
Denkmalpflegerische Aspekte	1,3	1,7	2,0	1,8	1,3	1,3	1,3	2,1	1,3	1,7	15
Energetische Aspekte	1,4	2,6	1,8	1,8	1,2	1,4	2,0	3,0	2,6	2,6	20
Feuchteschutzaspekte	2,0	1,5	1,5	1,5	1,8	2,0	1,8	2,7	1,3	1,4	30
Bautechnische Aspekte	1,8	1,4	1,6	1,4	1,8	1,8	1,8	2,6	1,0	1,0	10
Ökonomische Aspekte	1,8	1,6	1,6	1,6	2,4	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	10
Ökologische Aspekte	2,4	2,0	1,3	1,6	2,4	2,4	1,6	1,3	1,0	2,0	15
Mittelwert aller Aspekte	1,8	1,8	1,6	1,6	1,8	1,8	1,7	2,4	1,6	1,8	100

Schraffierte Felder: nicht alle Kriterien wurden untersucht

Zusammenfassung

- Reversible Applikationssysteme für Innendämmung entwickelt
- Auch nach 3 Jahren noch rel. Einfache schadensarme Entfernung möglich
- Durch rechnerische Eignungstests wurde vor Einbau der Systeme die Schadensfreiheit sicher gestellt
- Die Messungen zeigen vor allem im feuchtetechnischen Verhalten Unterschiede
- Es wurde eine vergleichende Bewertung durchgeführt :

Jedes System zeigt spezifische Vor- und Nachteile (z.B. Nachhaltigkeit versus Kosten)