

NACHTRÄGLICHE INNENDÄMMUNG UND SCHIMMELPILZVERMEIDUNG

GRUNDSÄTZLICHES UND VERGLEICHENDE BEWERTUNG BEIM EINSATZ IM ALTBAU

Martin Krus

Gefördert durch das Bundesministerium
für Wirtschaft und Energie (über PtJ)

Auf Wissen bauen

Fraunhofer-Zentrum
Benediktbeuern



¹ © Fraunhofer IBP

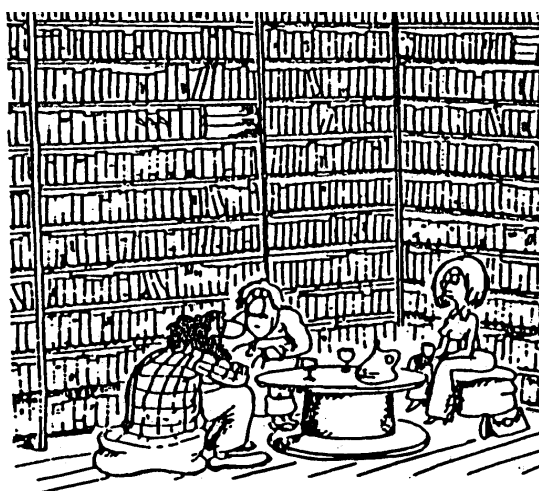
intern

Fraunhofer
IBP

1

INNENDÄMMUNG UND SCHIMMELPILZVERMEIDUNG

- Vergleich Dämmarten
- Rechnerische Untersuchungen zur Innendämmung
- Vergleichende Untersuchungen zur Innendämmung
 - Auswahl der Dämmsysteme
 - Messergebnisse Innendämmprojekt
 - Vergleichende Bewertung



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

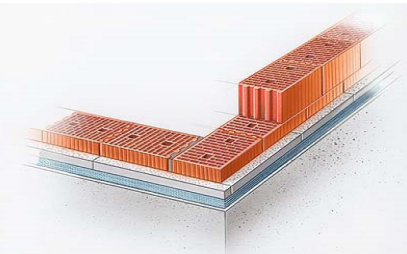
© Fraunhofer IBP

Fraunhofer
IBP

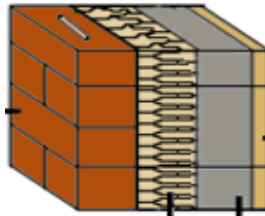
2

Wärmeschutz der Gebäude-Hüllkonstruktion

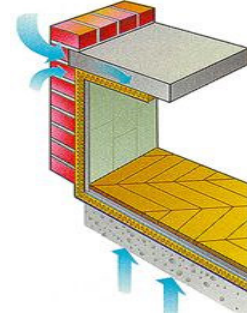
Außendämmung



Kerndämmung



Innendämmung



**Welche Nachteile, welche Vorteile
haben diese Konstruktionen ?**

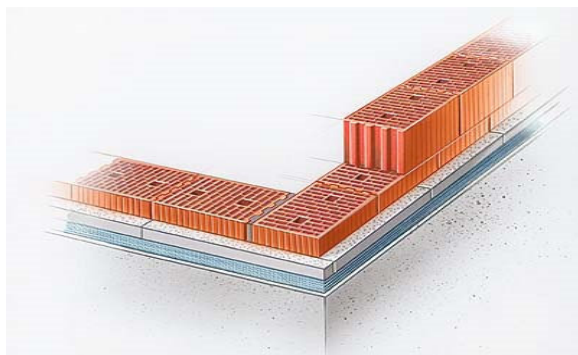
© Fraunhofer IBP

3

3

Wärmeschutz der Gebäude-Hüllkonstruktion

Außendämmung



Bewertung

+	thermische Beanspruchung
+	sommerlicher Wärmeschutz
+	Wärmebrücken

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

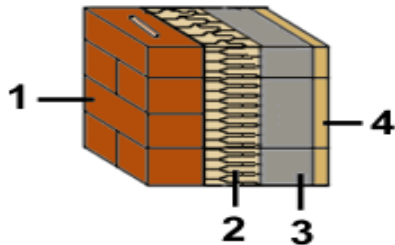
© Fraunhofer IBP

4

4

Wärmeschutz der Gebäude-Hüllkonstruktion

Kerndämmung



Bewertung

+	bauphysikalisch optimal
-	Durchfeuchtung
-	Kosten
-	kaum nachträglich

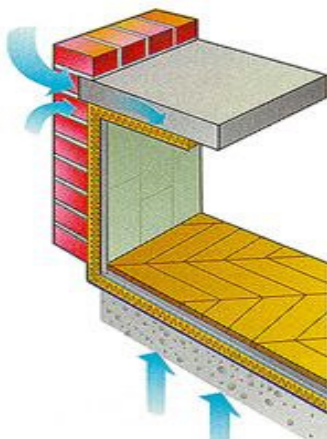
© Fraunhofer IBP

5

5

Wärmeschutz der Gebäude-Hüllkonstruktion

Innendämmung



Bewertung

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

© Fraunhofer IBP

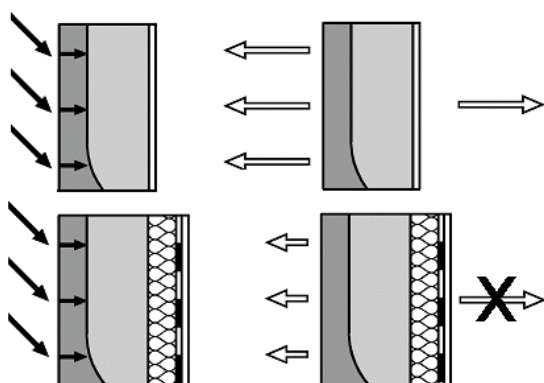
6

6

Feuchtwirkung außen!

Bauteilschädigung durch
hohe Feuchte - Frost

Frostschaden an Westfassade nach
Aufbringen einer Innendämmung
aus Schaumglas



Ref.: Hartwig M. Künzel

© Fraunhofer IBP

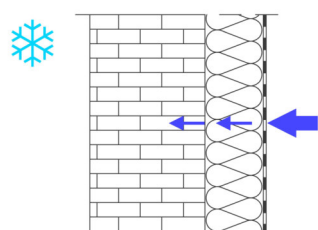
7

Fraunhofer
IBP

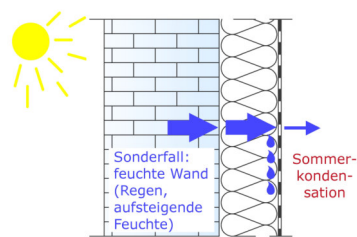
7

Feuchteverhalten verschiedener Innendämmungen

Diffusionsoffener Faserdämmstoff, mit Dampfbremse



Winter



Sommer –
Sonderfall feuchte Wand

Pro:

- gute Dämmwirkung
- guter Feuchteschutz im Winter
- gutes Trocknungspotential mit feuchtevariablen Dampfbremsen

Contra:

- geringes Trocknungspotential mit konventionellen Dampfbremsen

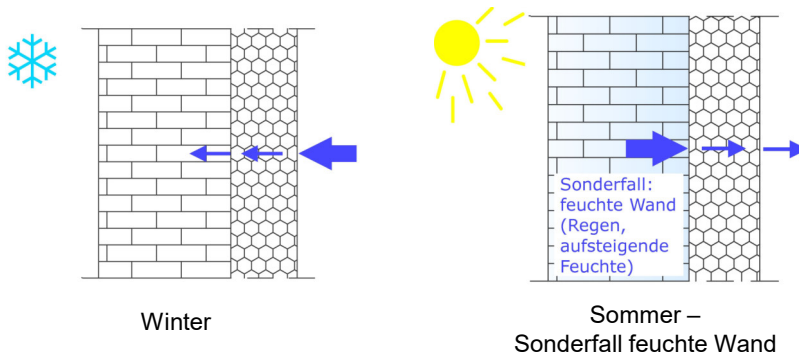
© Fraunhofer IBP

Fraunhofer
IBP

8

Feuchteverhalten verschiedener Innendämmungen

Diffusionshemmende Hartschaumdämmung



Pro:

- Gute Dämmwirkung,
- Guter Feuchteschutz im Winter

Contra:

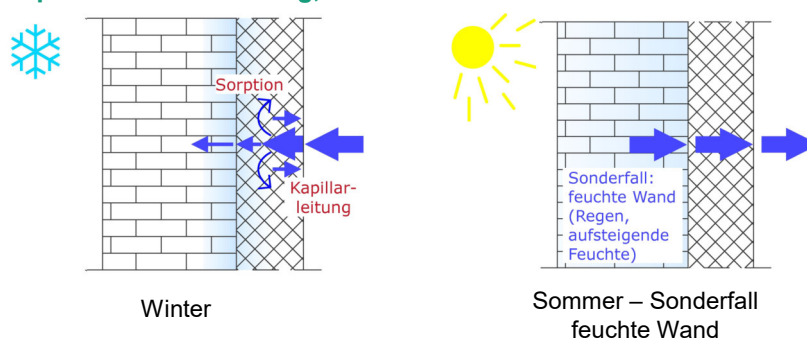
- Geringes Trocknungspotential

© Fraunhofer IBP

9

Feuchteverhalten verschiedener Innendämmungen

Kapillaraktive Dämmung, ohne Dampfbremse



Pro:

- Bei ausreichender Kapillarität: Begrenzung der Feuchtezunahme im Winter ohne Dampfbremse
- Gute Trocknung im Sommer
- Gutmütig bei Fehlstellen

Contra:

- oft nur mäßige Dämmwirkung
- Funktionsbedingt hohe Feuchten auf der kalten Seite der Dämmung (i.d.R. > 90 % r.F.)

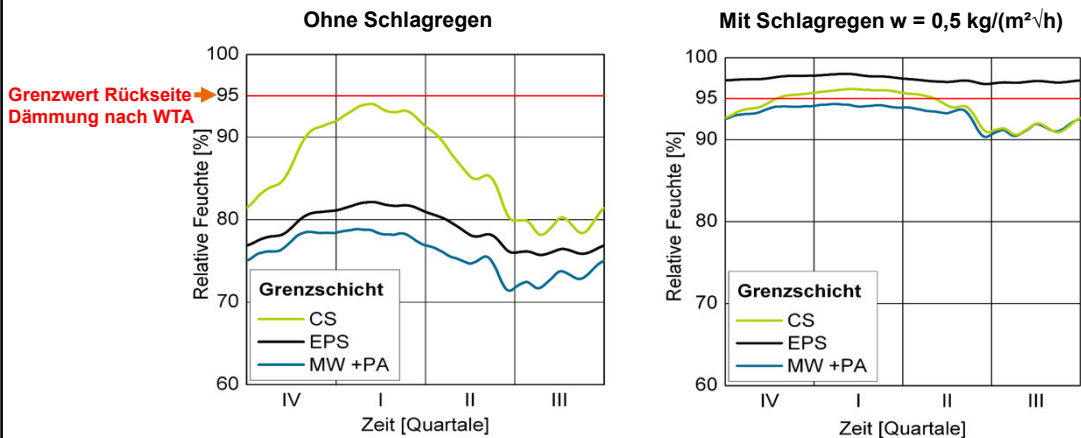
© Fraunhofer IBP

10

Schlagregenschutz bei Innendämmung

Simulationsergebnisse – Klima Holzkirchen

Berechnung über mehrere Jahre bis zum eingeschwungenen Zustand



© Fraunhofer IBP

11

11

Schlagregenschutz bei Innendämmung

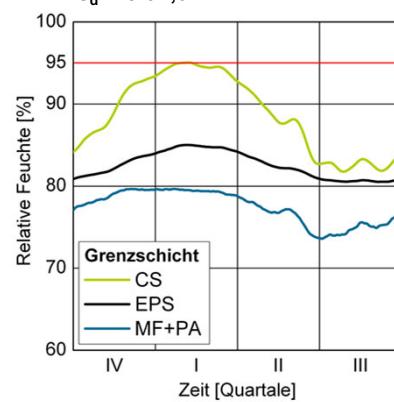
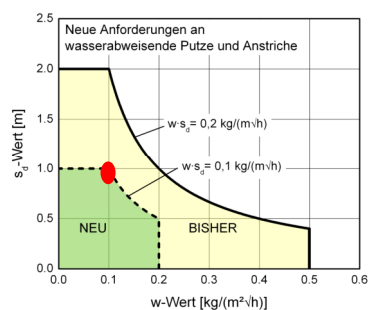
Simulation Außenputz gem. neuer Anforderung nach WTA

Übrige Randbedingungen wie zuvor!

w-Wert an der unteren Grenze
 s_d -Wert an der oberen.

Kunstharzputz:

w-Wert $0,1 \text{ kg}/(\text{m}^2\sqrt{\text{h}})$
 s_d -Wert $1,0 \text{ m}$



© Fraunhofer IBP

12

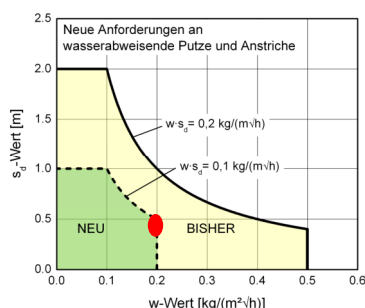
12

Schlagregenschutz bei Innendämmung

Simulation Außenputz gem. neuer Anforderung nach WTA

Übrige Randbedingungen wie zuvor!

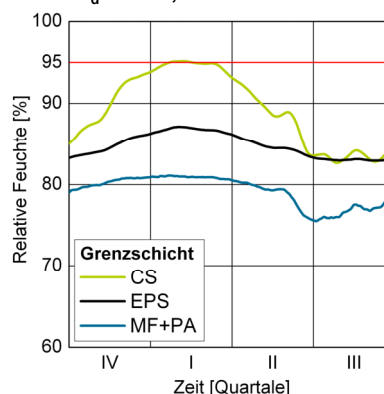
w-Wert an der oberen Grenze
sd-Wert an der unteren.



Mineralischer Putz

w-Wert 0,2 kg/(m²·h)

s_d-Wert 0,5 m



© Fraunhofer IBP

13

Fraunhofer
IBP

13

Bemessung und Bewertung nach WTA Merkblatt 6.4 und 6.5

A) Kein oder sehr geringer Feuchteintrag von außen

Vereinfachter Nachweis des Innendämmsystems nach WTA 6.4

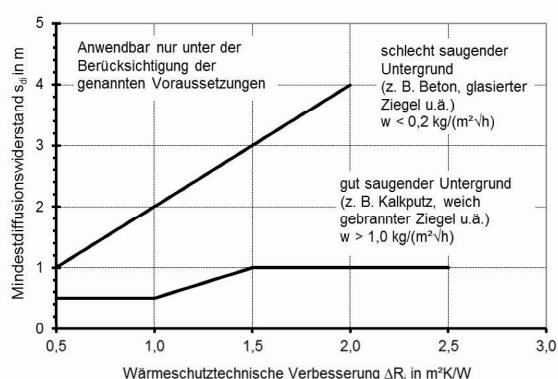


Bild 2: Minimal erforderlicher s_d-Wert des neuen inneren Aufbaus (alle Komponenten des Dämmsystems) in Zusammenhang zur wärmeschutztechnischen Verbesserung ΔR_i für verschieden saugfähige Untergründe

Bestimmtes Verhältnis aus Dämmwirkung (R-Wert) und Diffusionswiderstand der Innendämmung muss eingehalten werden, um den Feuchteintrag aus dem Raum zu begrenzen!

Erweiterung von ΔR_i 1,0 (aus DIN) bis 2,0 bzw. 2,5 m²K/W mit Berücksichtigung der Saugfähigkeit des Untergrunds möglich (nimmt Teil des Tauwassers auf)!

B) Mit Feuchteintrag von außen

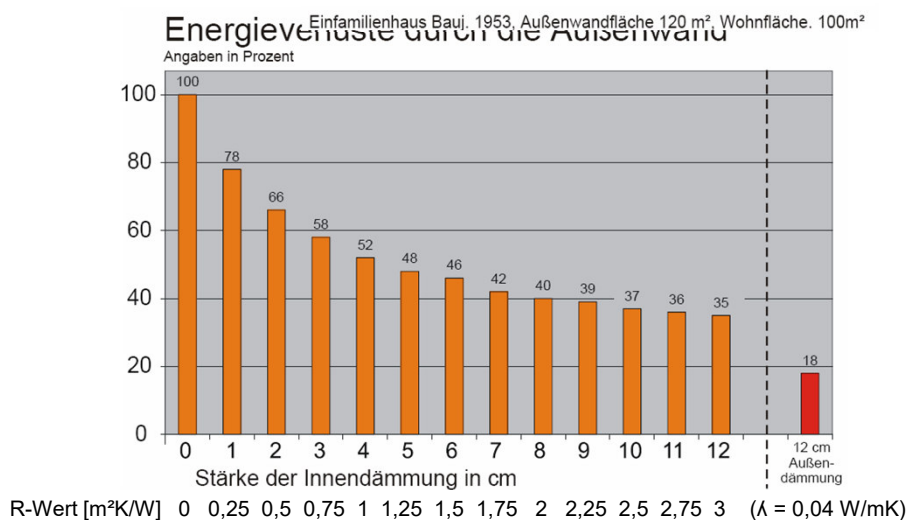
In der Regel objektspezifische Simulation erforderlich

© Fraunhofer IBP

Fraunhofer
IBP

14

Wieviel Innendämmung ist sinnvoll?



© Fraunhofer IBP

15

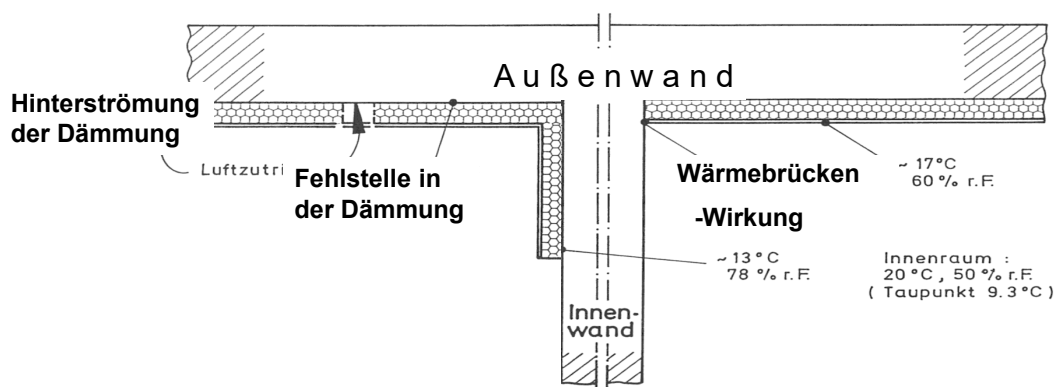
15

Wärmeschutz der Gebäude-Hüllkonstruktion

Innendämmung ist aus unterschiedlichen Gründen

(Denkmalschutz, Eigentumswohnung etc.)

häufig aber die einzig durchführbare Dämmmaßnahme im Altbau

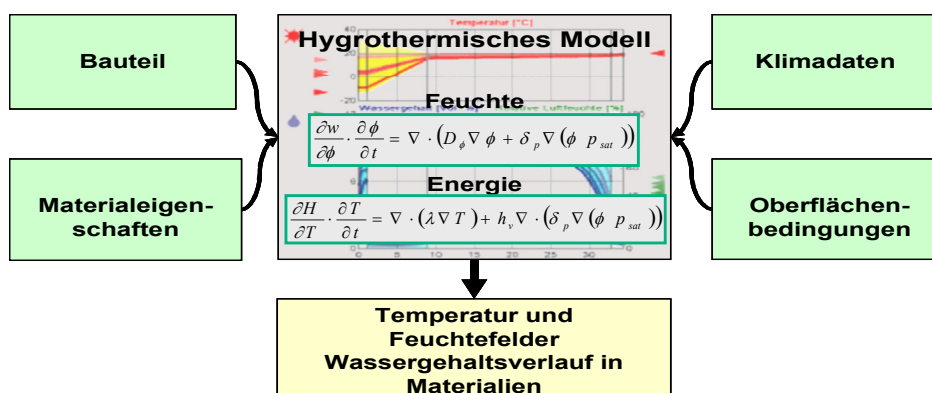


© Fraunhofer IBP

16

16

Durchführung der Untersuchungen mit WUFI®



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

© Fraunhofer IBP

17

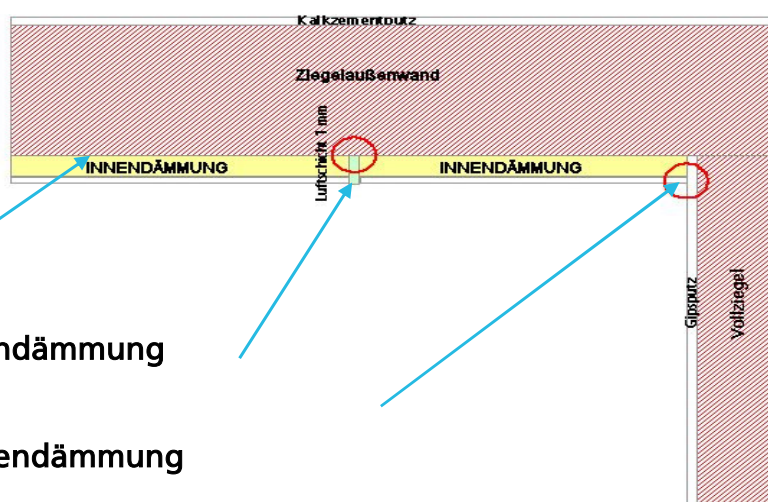
Probleme der Innendämmung

3 Problembereiche:

Hinterströmung der Innendämmung

Fehlstelle in der Innendämmung

Anbindung Innenwand / Innendecke



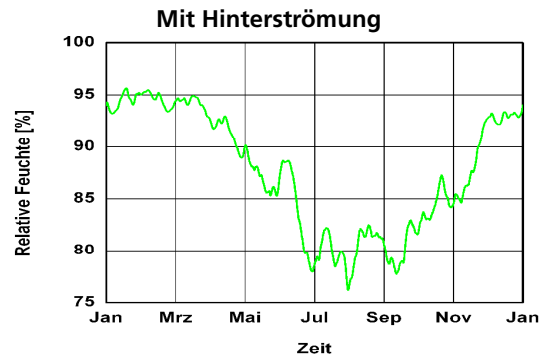
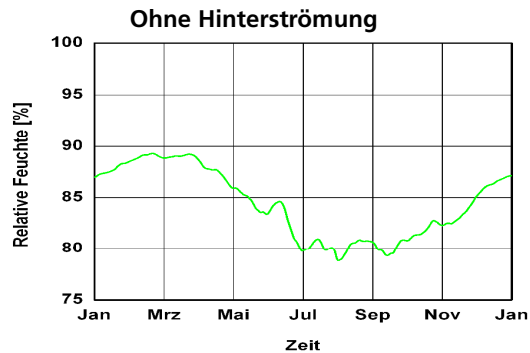
© Fraunhofer IBP

18

18

Hinterströmung der Innendämmung

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



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

→ Anwendung von WUFI®-Bio

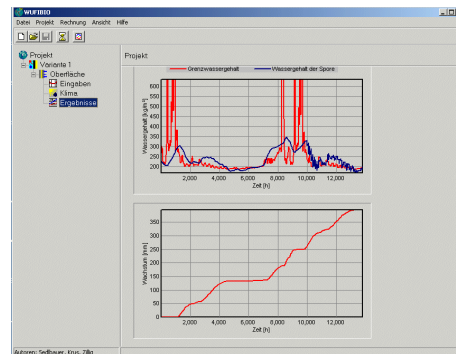
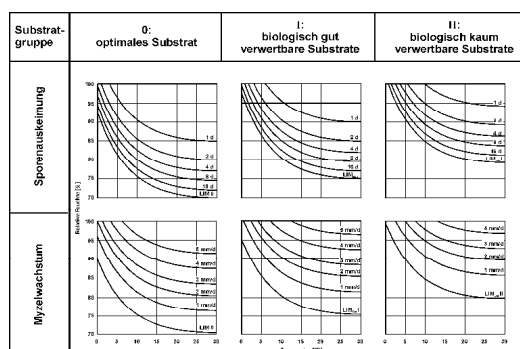
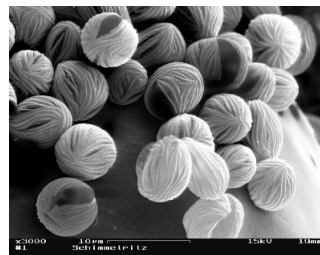
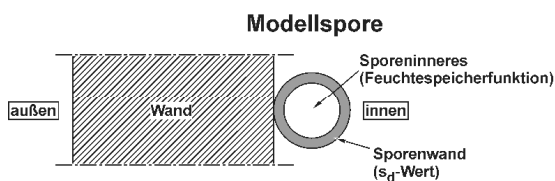
© Fraunhofer IBP

19

Fraunhofer
IBP

19

Schimmelpilzprognosemodell WUFI®-Bio



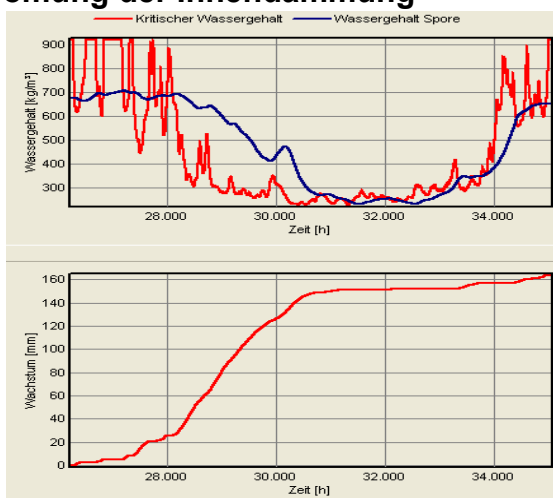
© Fraunhofer IBP

Fraunhofer
IBP

20

Hinterströmung der Innendämmung

Substratklasse II



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

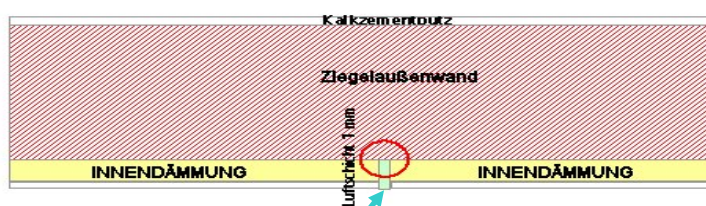
© Fraunhofer IBP

21

Fraunhofer
IBP

21

Fehlstelle in der Innendämmung



1 mm dicke durchgängige Fehlstelle

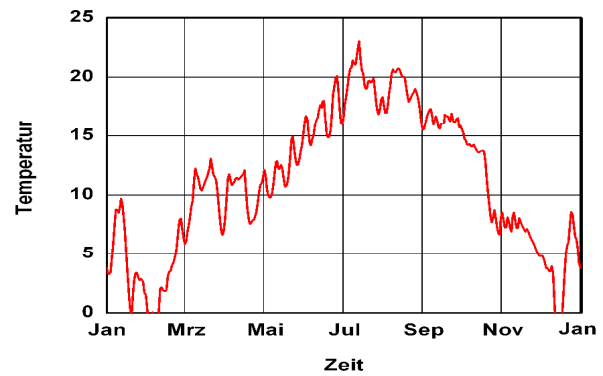
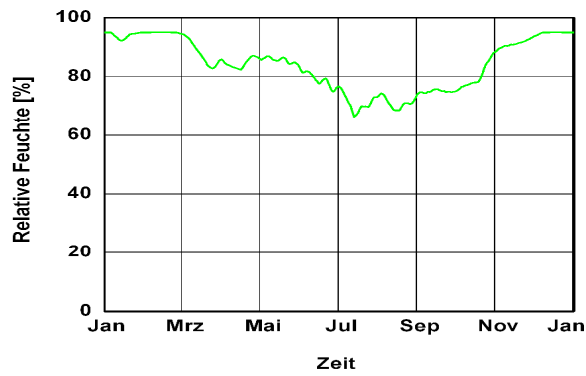
© Fraunhofer IBP

22

Fraunhofer
IBP

22

Fehlstelle in der Innendämmung



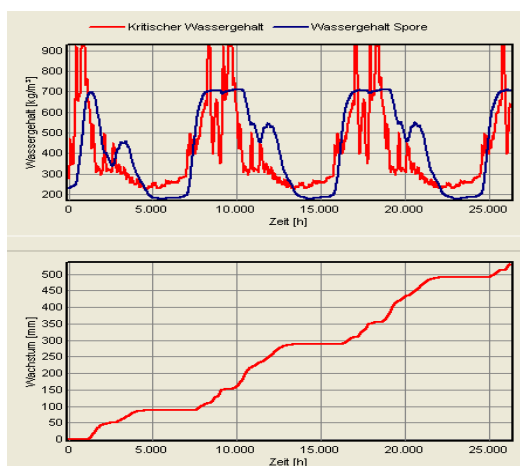
© Fraunhofer IBP

23

23

Fehlstelle in der Innendämmung

Substratklasse II



Deutliches Schimmelpilzwachstum

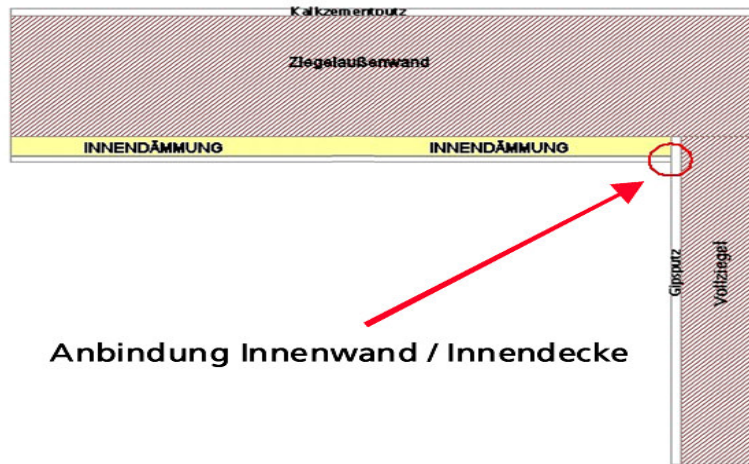


© Fraunhofer IBP

24

24

Anbindung Innenwand / Innendecke



Anbindung Innenwand / Innendecke

© Fraunhofer IBP

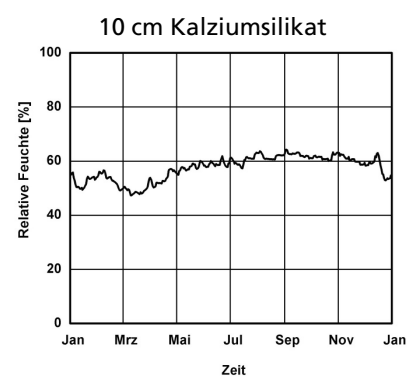
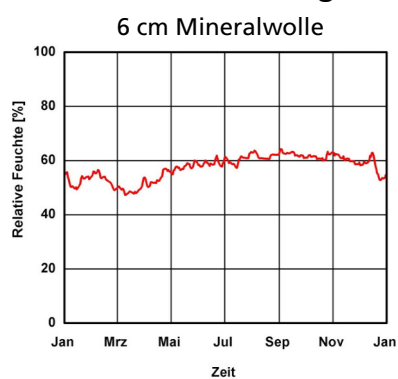
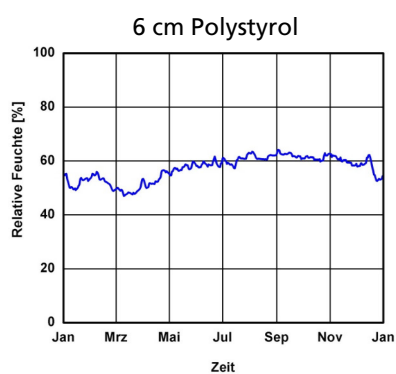
25

Fraunhofer
IBP

25

Anbindung Innenwand / Innendecke

Innenwand aus Ziegel



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

© Fraunhofer IBP

26

Fraunhofer
IBP

26

Anbindung Innenwand / Innendecke



**Innendecke aus Beton,
mit Estrichdämmung**

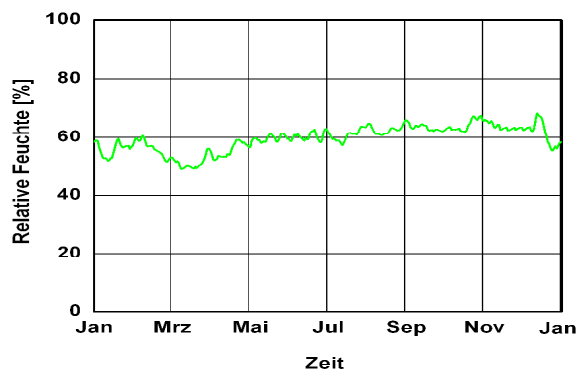
© Fraunhofer IBP

27

27

Anbindung Innenwand / Innendecke

Innendecke aus Beton



© Fraunhofer IBP

28

28

Anbindung Innenwand / Innendecke



**Innendecke aus Beton
mit Estrichdämmung
und Fehlstelle zur Decke**

© Fraunhofer IBP

29

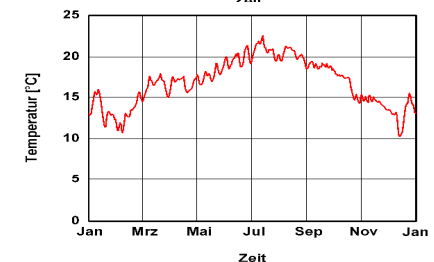
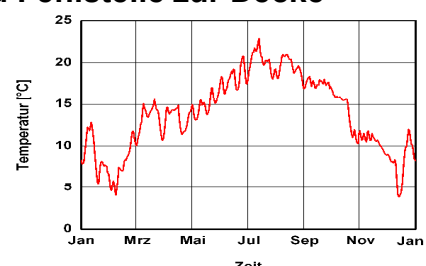
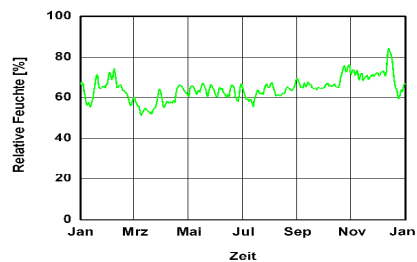
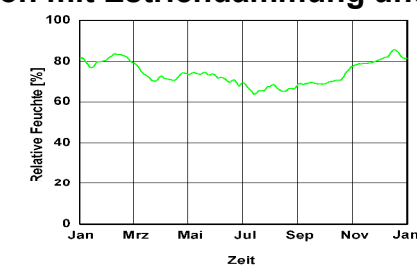
29

Anbindung Innenwand / Innendecke

Innendecke aus Beton mit Estrichdämmung und Fehlstelle zur Decke

**Fehlstelle
an der
Deckeneinbindung**

**Ohne
Innendämmung**



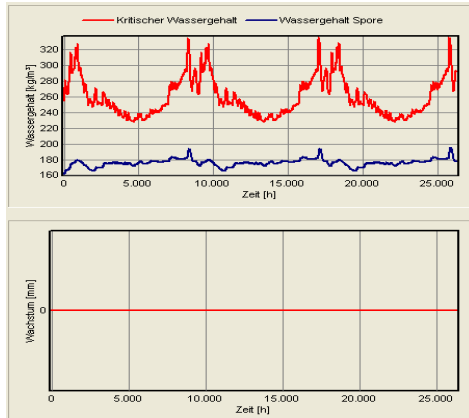
© Fraunhofer IBP

30

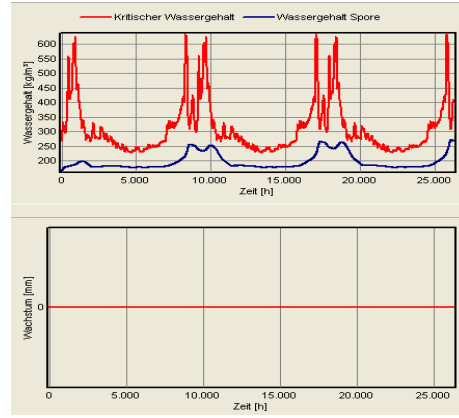
30

Anbindung Innenwand / Innendecke

Ohne Innendämmung



Fehlstelle an der Deckeneinbindung



Warum trotz Wärmebrücke kein Schimmelpilzrisiko?

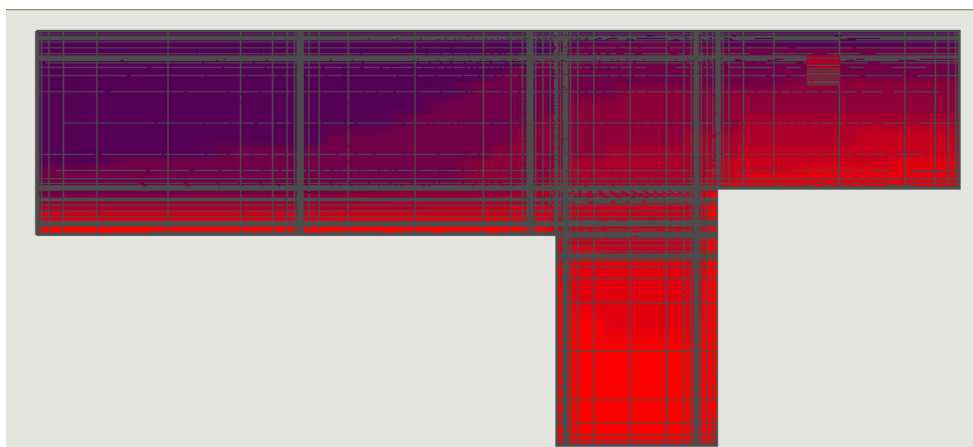
© Fraunhofer IBP

31

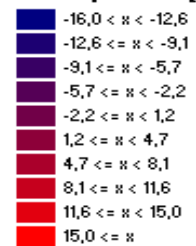
Fraunhofer
IBP

31

Anbindung Innenwand / Innendecke



Temperature [°C]



© Fraunhofer IBP

32

Fraunhofer
IBP

32

Zusammenfassung

- Eine Hinterströmung der Innendämmung ist unbedingt zu vermeiden
→ vollflächige Verklebung; flexible Dämmstoffe hier vorteilhaft
- Fehlstellen im Regelquerschnitt sind ebenfalls zu vermeiden;
- 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 IBP

33

Fraunhofer
IBP

33

Vergleichende Untersuchungen zur Innendämmung

Fraunhofer-Zentrum für energetische Altbausanierung und Denkmalpflege im Kloster Benediktbeuern



© Fraunhofer IBP

34

Fraunhofer
IBP

34

Innendämmung– Materialauswahl

- Hochleistungsdämmstoffe
- Kapillaraktive mineralische Dämmstoffe
- Nachwachsende Dämmstoffe
- Trockenbausysteme

In unterschiedlichen Anwendungsformen:

- Plattenmaterial
- Dämmstoffmatten
- Dämmputze
- Einblasdämmungen



Applikation der Innendämmung

Einbau Aerogeldämmputz



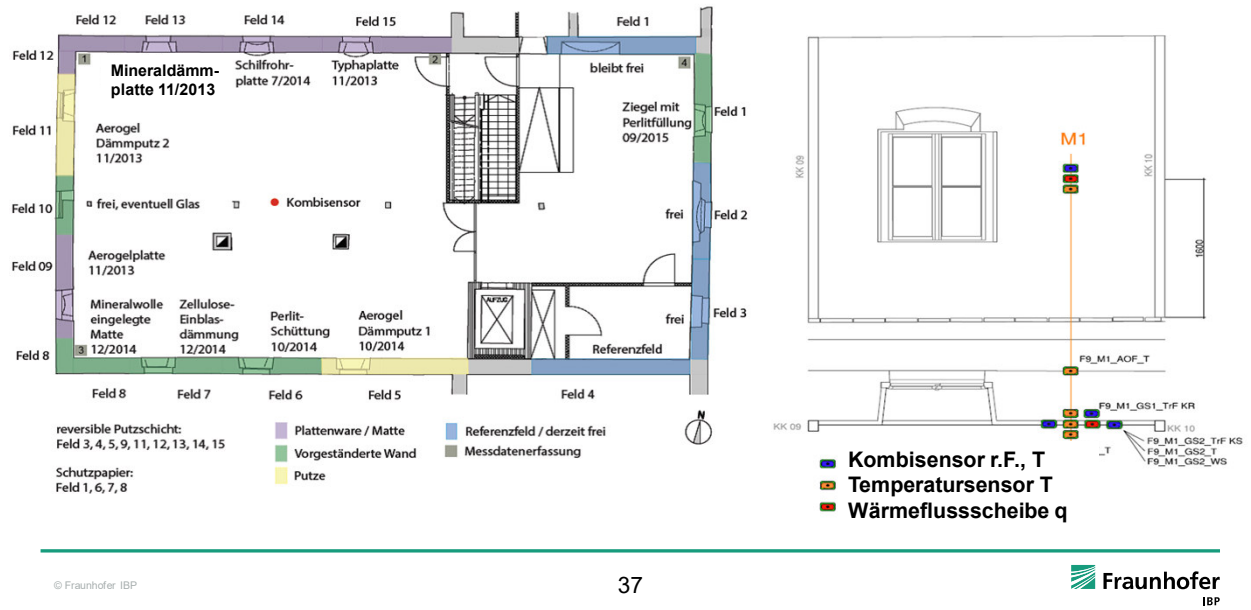
Einbau Mineralschaumdämmung



Einbau Typhadämmung



Verbaute Innendämmungen

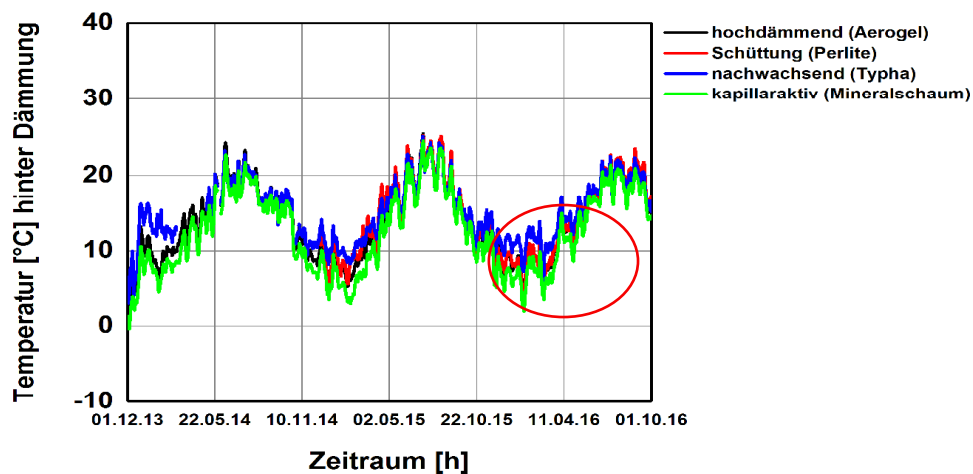


37

Fraunhofer
IBP

37

Messergebnisse



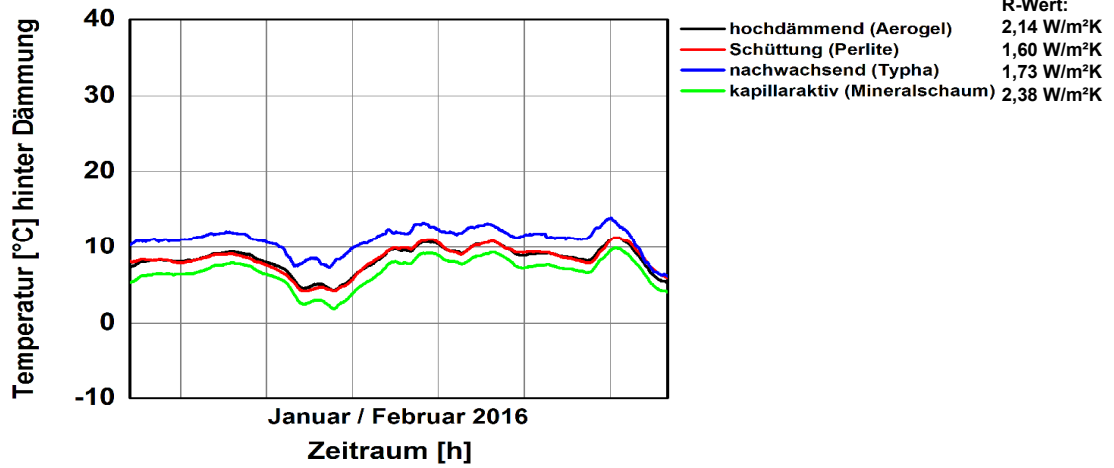
© Fraunhofer IBP

38

Fraunhofer
IBP

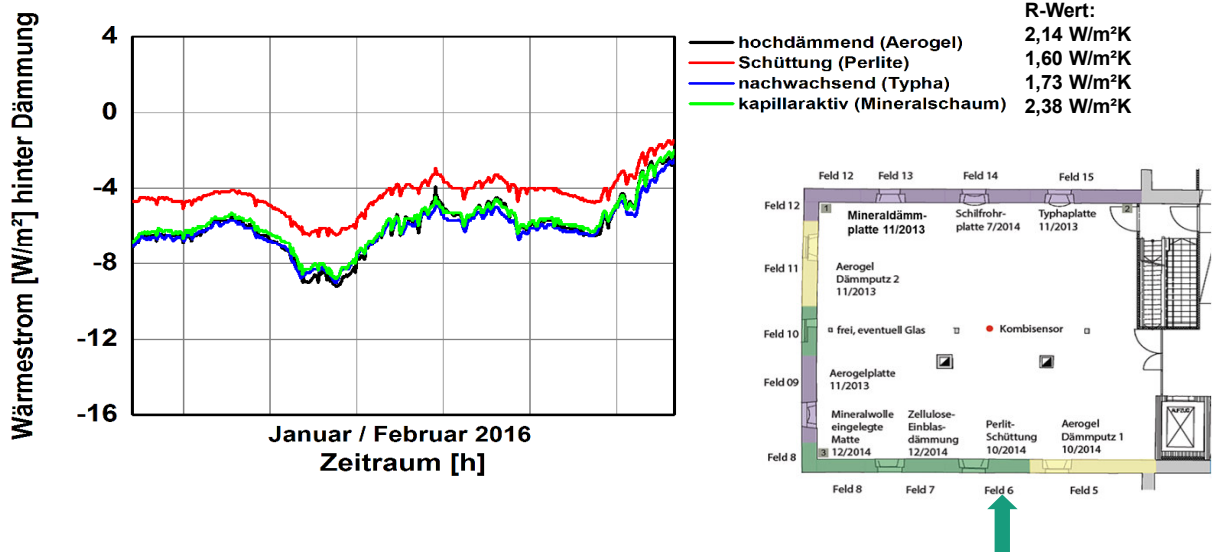
38

Messergebnisse



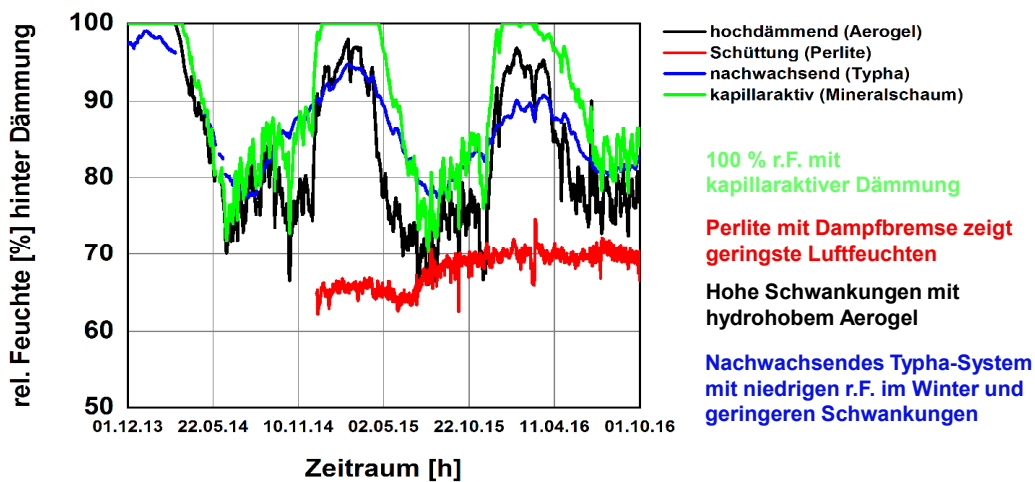
39

Messergebnisse



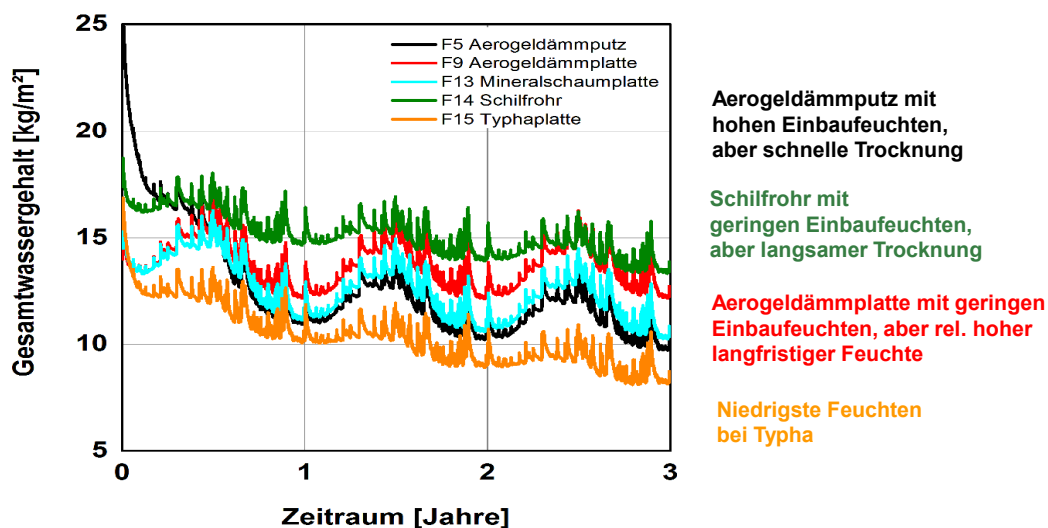
40

Messergebnisse



41

Austrocknung der Einbaufeuchte



42

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	++ kapillarkitative Systeme ohne Dampfbremse, wegen Vorteilen bei punktuell 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 o normal entflammbares Material und geringer Feuerwiderstand des Gesamtsystems
	Mechanische Belastbarkeit	++ Anbringung von Hängeschränken möglich + Anbringung von Dekorationselementen (z. B. gerahmte Bilder) möglich
Ökonomie	Materialkosten	++ geringe Materialkosten (< 100 €/m²) o hohe Materialkosten (> 500 €/m²)
	Einbauaufwand	++ weder Ständerkonstruktion noch zusätzliche Ausgleichsschicht erforderlich + entweder Ständerkonstruktion oder zusätzliche Ausgleichsschicht erforderlich o sowohl Ständerkonstruktion als auch zusätzliche Ausgleichsschicht erforderlich
Ökologie	Primärenergieeinsatz Dämmstoff	++ sehr geringer energetischer Aufwand für Materialherstellung o hoher energetischer Aufwand für Materialherstellung
	Materialursprung	++ nachwachsend + mineralisch o petrochemisch
	Treibhauspotential/Rückbau/Recycling	++ sehr hohe Nachhaltigkeit, einfach rückbaubar und recycelbar + hohe Nachhaltigkeit, aber schwer rückbaubar bzw. schlecht recycelbar o aufwändig rückbaubar und problematische Entsorgung

© Fraunhofer IBP

*stark von den Einsatzbedingungen abhängig

Fraunhofer
IBP

43

Bewertung

Kriterium/Material	Aerogelputz	Perlite	Zellulose	Mineralfolle	Aerogelplatten	Aerogelputz	Mineralfolienplatten	Schilfrohmatten	Typhaboard	gefüllter Ziegel	Wichtung innerhalb Bewertungsbereich
Feld	5	6	7	8	9	11	13	14	15	1	[%]
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	+	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	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

© Fraunhofer IBP

44

Fraunhofer
IBP

44

Bewertung

Benotungssystem:

++ =1

+ =2

o =3

Kriterium/Material	Aerogelputz	Perlite	Zellulose	Mineralfolle	Aerogelplatten	Aerogelputz	Mineralfolienplatten	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

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

Aerogel Putz/Board:

- + Denkmalpflegerische Aspekte
- + Energetische Aspekte
- Putz: Einbaufeuchte (aber schnelle Trocknung)

Trockenbausysteme:

- + Feuchteschutzaspekte
- + Energetische Aspekte
- + Zellulose: Ökologische Aspekte
- Denkmalpflegerische Aspekte
- Geringe Fehlertoleranz (Dampfbremse)

Mineralfolienplatte:

- + Denkmalpflegerische Aspekte
- Bautechnische Aspekte (spröde)

Typhaboard:

- + Denkmalpflegerische Aspekte
- + Feuchteschutzaspekte
- + Bautechnische Aspekte
- + Ökologische Aspekte
- Energetische Aspekte