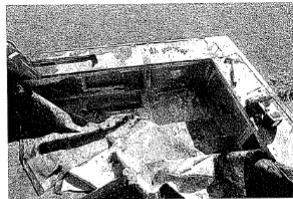


Inhalt

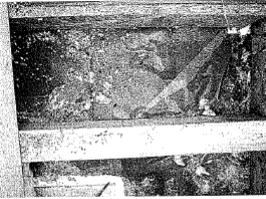


- Missverständnisse
- Grundlagen
- Nachweismöglichkeiten
- Untersuchungen zum Monitoring
- Untersuchungen teilgedämmte Konstruktionen
- Ausblick

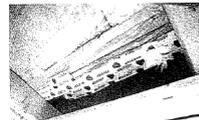
3



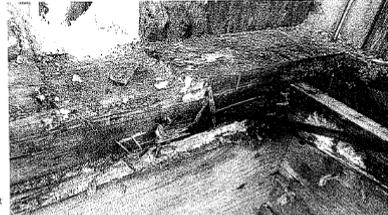
Holzfund Nr. 1: bleiben Luftundichtheiten an der Dampfbremse, die nach wenigen Jahren zur Holzzerstörung führen.



Parishaus, 1920: Luftwechsellzahl $n_{e,1}/h$, dennoch Holzschaden durch Leckage an der Dampfbremse



Hier hat die Baufirma bereits nachgeliefert, aufgrund Undichtheiten durch die Hauchzeit nochmals – dünne Folien als Herausforderung.



Kondensatschäden bleiben raumseitig oft unbemerkt – das Holz fault lautlos vor sich hin.

Die Bauphysik steht Kopf

Baupfusch. Feuchtevariable Dampfbremsen als Universallösung? Sicher nicht!

4

Missverständnisse



Die Bauphysik steht Kopf

Baupusch. Feuchtevariable Dampfbremsen als Universallösung? Sicher nicht!

Ein aktueller Schadensfall: eine Warmdachkonstruktion zu einem Passivhaus mit Wohnraumlüftung. Ein nicht hinterlüftetes Flachdach, bei dem der Dachstuhl mit einer fast 40 cm dicken Zwischensparrendämmung versehen wurde. Die Dampfbremse raumseitig „feuchtevariabel“, die Feuchtigkeitsabdichtung oben eine schwarze EPDM-Folie ohne Schotterlage. Das Haus ist vier Jahre jung, der Dachstuhl im Attikabereich bereits verfault. Was ist da passiert?

Das Dilemma beginnt beim propagierten „Rücktrocknungseffekt“ feuchtevariabler Dampfbremsen. Ein Hersteller schreibt zu seinem Produkt: „Die einsei-

tig mit einem Spezialvlies aus Polypropylen kaschierte Polyamidfolie dient dazu, die Konstruktion dauerhaft vor Feuchteschäden zu schützen, indem das Austrocknungspotenzial im Sommer deutlich höher gehalten wird als der mögliche Feuchteeintrag.“

Was für den Verarbeiter und Baulaien bedeutet, dass man eh nix mehr falsch machen kann. Einfach die Wunderfolie raumseitig anbringen, geht schon! Und sogar das renommierte Fraunhofer-Institut setzt zum Thema „variable Dampfbremse“ noch einen drauf: „Anstatt die hermetische Abdichtung zu perfektionieren, konzentriert sich der

moderne Feuchteschutz deshalb auf das Feuchtemanagement von Bauteilen. Das heißt, ein begrenzter Feuchteeintrag wird hingenommen, wenn anschließend eine ausreichend rasche Austrocknung sicher gestellt ist.“

USA als schlechtes Vorbild

Damit sind dem Baupusch Tür und Tor geöffnet. Es wird dem Anwender vermittelt, dass er gar nicht luftdicht kleben muss, vorausgesetzt, er verwendet feuchtevariable Dampfbremsen?! Wie welfremd sind unsere Wissenschaftler? Gar nicht, die Welt beginnt scheinbar in den USA – zumindest, wenn es nach dem

Quelle: Nussbaum-Sekora, G.: Die Bauphysik steht Kopf. Baupusch. Feuchtevariable Dampfbremsen als Universallösung? Sicher nicht. In: solid, Nr. 11, November 2012, S. 34-35

5

Missverständnisse



Von hundert auf 5 Meter

Beim eingangs erwähnten Passivhaus wurde eine EPDM-Bahn mit $s_d = 70\text{m}$ verlegt. Die Dampfbremse darunter weist je nach Feuchtezustand einen Wert von $s_d = 0,2$ bis 5m auf, variabel also. Die alte bauphysikalische Grundlage „innen 4x dichter als außen“ (ÖN B 3804) wird damit komplett ausgehebelt. Sogar der Bauphysiker verweist planend auf die DIN 4108-3 – damit bei Dächern mit Neigung $< 5^\circ$ eine Belüftung entfallen kann, wenn die raumseitig diffusionshemmende Schichte einen s_d -Wert von mindestens 100m aufweist. Scheinbar hat aber auch dieser Bauphysiker sich von zu vielen bezahlten

► Dampfdiffusionswiderstand der Abdichtung

Auch und im Besonderen der Dampfdiffusionswiderstand der Abdichtung spielt eine Rolle. In einem Versuchsdach kam eine schwarze PVC-Bahn mit $s_d = 19\text{m}$ sowie eine Bitumen-Dachabdichtung mit $s_d = 300\text{m}$ zum Einsatz. Bei der baupraktisch dampfdichten Bitumen-Abdichtung kam es zur Grenzwertüberschreitung auf gut $18\text{M}\%$ bei den OSB-Platten. Wohlge-merkt, die Probleme traten bei raumseitig diffusionsoffenen Dampfbremsen auf. Eine Dampfbremse mit einem s_d -Wert von 100m hätte diese Aufwechtlung nicht entstehen lassen.

Quelle: Nussbaum-Sekora, G.: Die Bauphysik steht Kopf. Baupusch. Feuchtevariable Dampfbremsen als Universallösung? Sicher nicht. In: solid, Nr. 11, November 2012, S. 34-35

6

Missverständnisse



► Strömungsdichtheit

Last, but not least bleibt die sorgfältige Ausführung der Luftdichtheitsebene der wichtigste Faktor. Im Vergleich zu Feuchteschäden durch Diffusion wirken sich Leckagen bzw. Luftundichtheiten rund 1000-mal bauschädlicher aus. Wir sollten uns demnach nicht nach den USA richten, sondern jedenfalls unser handwerkliches Geschick weiter perfektionieren ...

Quelle: Nussbaum-Sekora, G.: Die Bauphysik steht Kopf. Baupusch. Feuchtevariable Dampfbremsen als Universallösung? Sicher nicht. In: solid, Nr. 11, November 2012, S. 34-35

7



- Hohe handwerkliche Qualität
- Bedeutung der Luftdichtheit
- Feuchteadaptive Dampfbremsen kein „Allheilmittel“

ABER:

- ~~Dampfbremse > s_d Wert besser (s_d Werte 100 m)~~
- ~~Diffusionsoffene Dachbahn (s_d Wert 19 m)~~

LÖSUNG:

- Konstruktionen mit „Feuchtetoleranz“

8

Inhalt



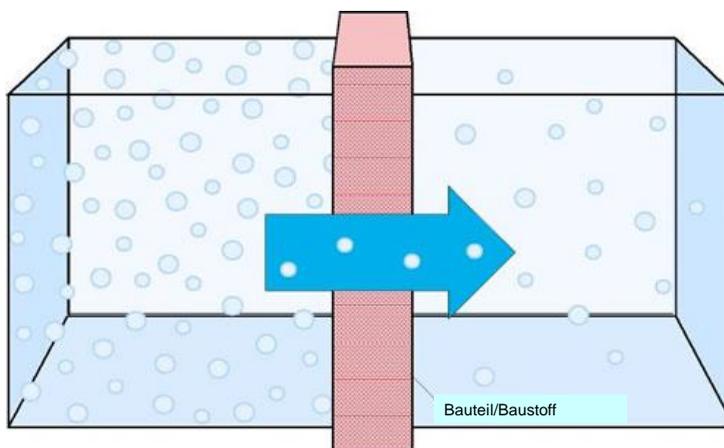
- Missverständnisse
- **Grundlagen**
- Nachweismöglichkeiten
- Untersuchungen zum Monitoring
- Untersuchungen teilgedämmte Konstruktionen
- Ausblick

9

Feuchtetransport: Diffusion

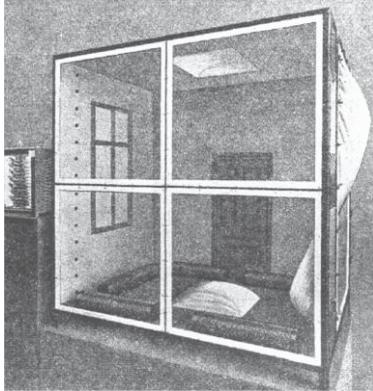


s_d -Wert



10

Feuchtetransport: Konvektion

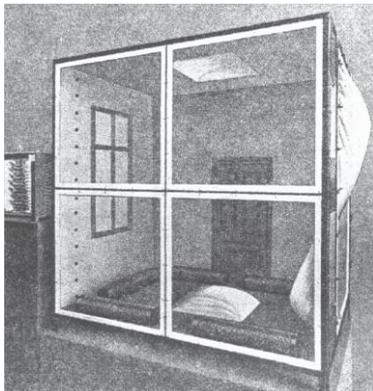


Borsch-Laaks, R. (2006)

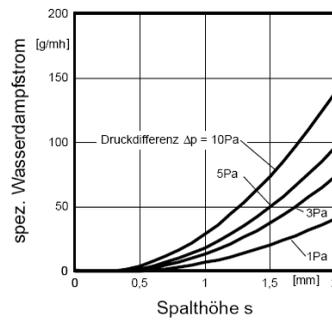
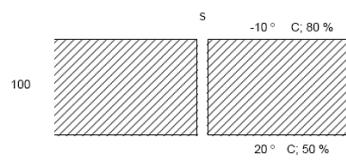


11

Feuchtetransport: Konvektion



Borsch-Laaks, R. (2006)

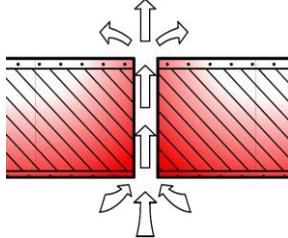


Geißler, A.; Hauser, G. (2002)

12

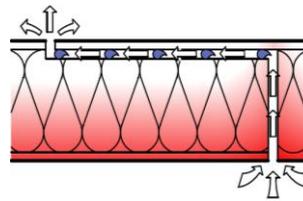
Leckagenunterscheidung

„Wärme“-Leckage



Erwärmung des Bauteils bei stärkerer Durchströmung
 ⇒ i. d. R. geringe Befeuchtung

„Feuchte“-Leckage



Abkühlung des Luftstroms bei langsamer Durchströmung
 ⇒ ggf. starke Befeuchtung

Tauwasser durch Dampfkonzentration nur bei Feuchteleckagen wenn $P_i > P_e$ und $\theta_{se} < \text{Taupunkttemperatur der Raumluft}$

Quelle: Künzel, H.: Trocknungsreserven schaffen. Vortrag Internationaler Fachkongress Holzschutz & Bauphysik. 25. 26. 2. 2010 München.

13

Vergleich: Diffusion - Konvektion

Diffusion:
 1m² Fläche



Konvektion
 1 € Münze/m²



14

Theorie vs. Praxis

- Ist eine komplette Luftdichtheit umsetzbar?
- Sind fehlerlose Konstruktionen und Anschlüsse realisierbar?

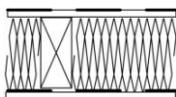
Ja...
...aber nur im **Kopf!!!**



www.mehrleiste.ch

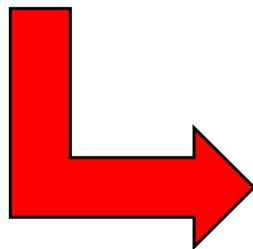
15

„Dicht-dicht“-Aufbau?



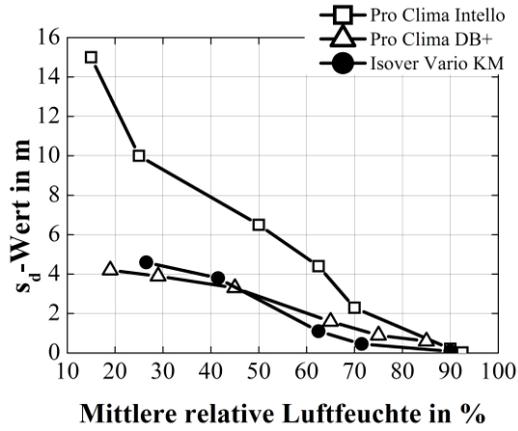
EPDM s_d -Wert 87 m

PE s_d -Wert 100 m



16

Feuchteadaptive Dampfbremse

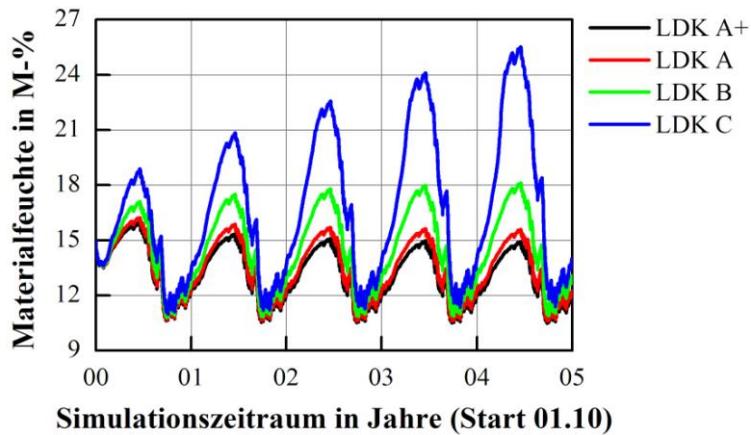
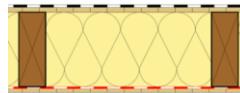


Achtung:

- keine hohe Luftfeuchtigkeit im Winter!
- keine Baurestfeuchte im Winter!
- hohe Temperaturen im Sommer wirkungsvoller!
- Hygrothermischer Nachweis

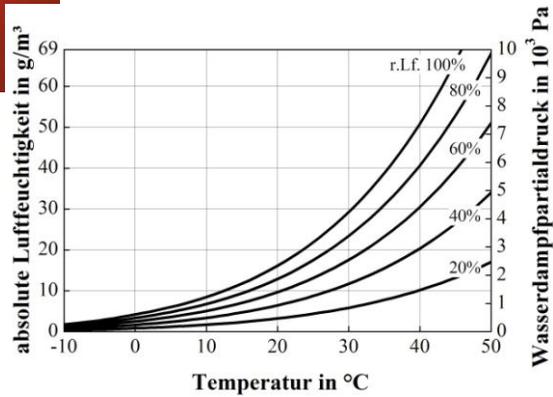
17

Einfluss Luftdichtheitsklasse (LDK)



18

Rücktrocknung durch Sonnenenergie



19

Rücktrocknung durch Sonnenenergie



www.optigruen.de

20



Beschattungsklassen (BK)

Zwischen Mitte Mai und Anfang August

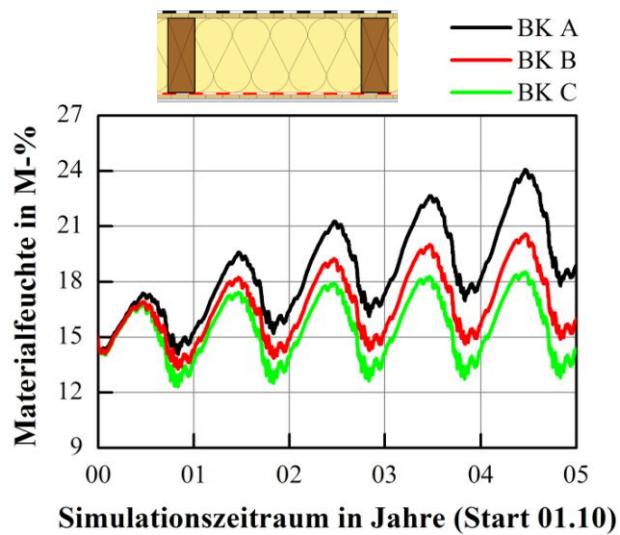
BK	max. Beschattungs- dauer
A	$\leq 4^1$ Std./ $\leq 6^2$ Std.
B	$\leq 2^1$ Std./ $\leq 4^2$ Std.
C	$\leq 1^1$ Std./ $\leq 2^2$ Std.

¹ wenn 13 Uhr überschritten wird

² vor oder nach 13 Uhr

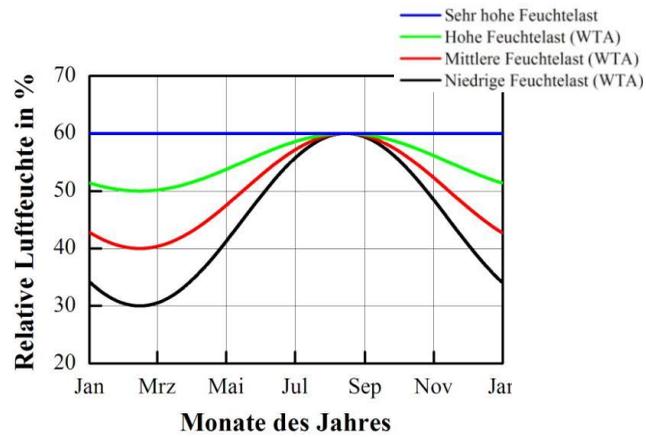
21

Einfluss Beschattungsklassen (BK)



22

Raumklima



- Einfluss auf konvektiven Feuchteintrag
- Einfluss auf Wirkungsweise der FADAB

23

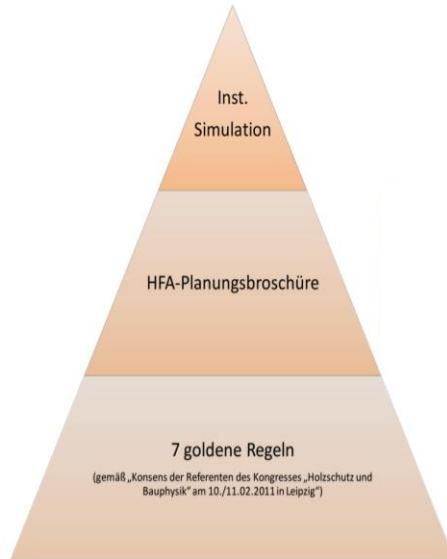
Inhalt



- Missverständnisse
- Grundlagen
- **Nachweismöglichkeiten**
- Untersuchungen zum Monitoring
- Untersuchungen teilgedämmte Konstruktionen
- Ausblick

24

Nachweispyramide



25

7 goldene Regeln

(normales Wohnklima nach EN 15026)

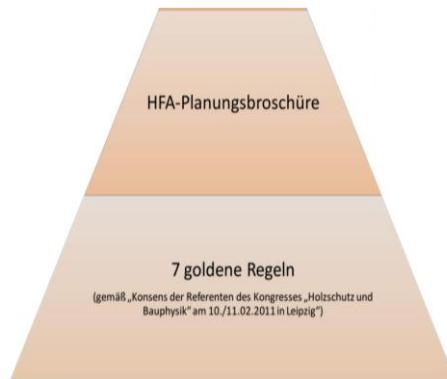


- Gefälle $\geq 3\%$ vor bzw. $\geq 2\%$ nach Verformung
- Dunkel (Strahlungsabsorption $a \geq 80\%$, unverschattet)
- Keine Deckschichten (Bekiesung, Gründach, Terrassenbeläge)
- Feuchteadaptive Dampfbremse
- Keine unkontrollierten Hohlräume auf der kalten Seite der Dämmschicht
- Geprüfte Luftdichtheit
- Holzfeuchtigkeit $u \leq 15 \pm 3\%$; Holzwerkstoffe $u \leq 15 \pm 3\%$



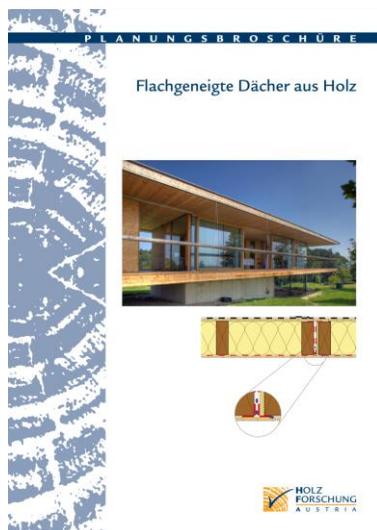
26

Planungsbroschüre



27

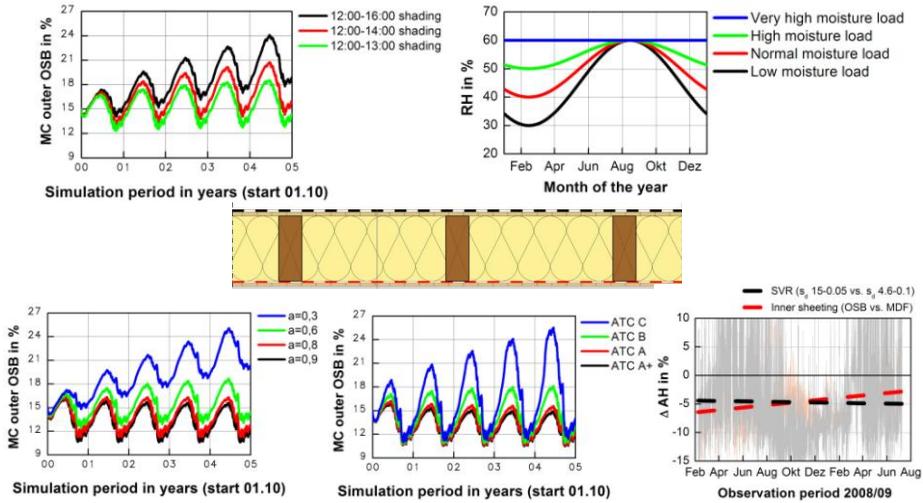
Planungsbroschüre



- Einwirkungen
- Flachdachkonstruktionen
- Wartungsintervalle
- **Detailausbildungen**
- **Nachweisfreie Konstruktionen**
- **Do's and Dont's**

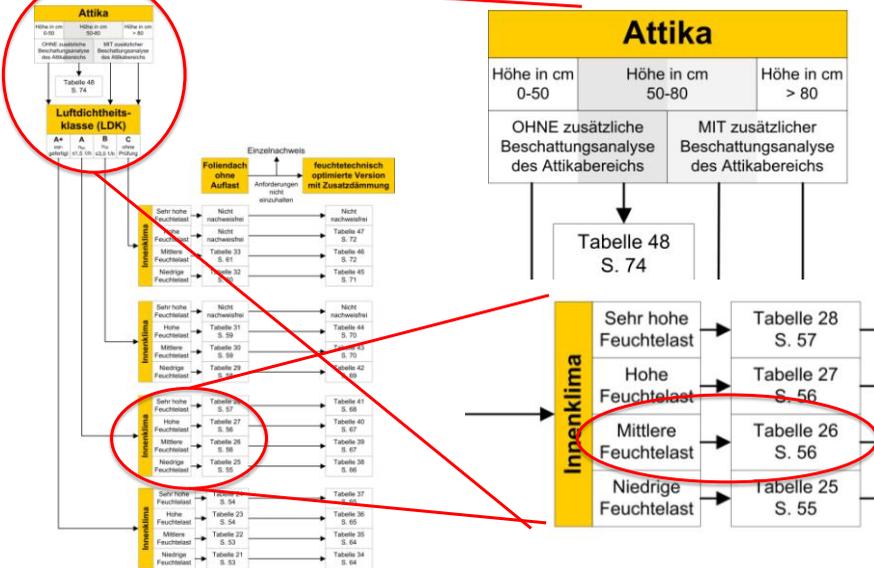
28

Einflussfaktoren



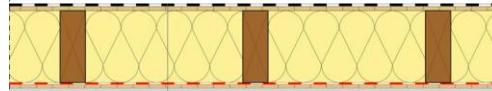
29

Entscheidungsbaum



30

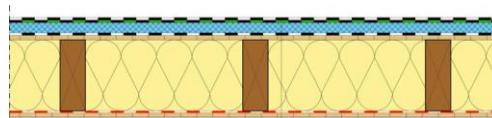
Konstruktion



inneren Beplankung	s_d -Wert der Dampfbremse	Beschattungsklasse bei a_{sol} der Dachbahn		
		$0,6 \leq a_{sol} < 0,8$ (z.B. hellgrün, hellgrau)	$0,8 \leq a_{sol} < 0,9$ (z.B. dunkelbraun, dunkelgrau)	$a_{sol} \geq 0,9$ (z.B. schwarz)
≤ 3.0 m (z.B. OSB, MDF, GKF)	$s_{d(q=30\%)} \geq 3.5$ m $s_{d(q=85\%)} \leq 1.0$ m		D	C
≤ 0.2 m (z.B. MDF, GKF)	$s_{d(q=30\%)} \geq 3.5$ m $s_{d(q=85\%)} \leq 1.0$ m		D	C
	$s_{d(q=30\%)} \geq 9.0$ m $s_{d(q=85\%)} \leq 1.0$ m	D	B	A

31

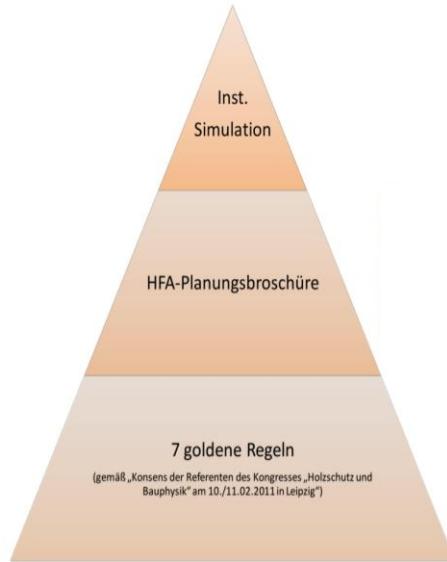
Optimierte Konstruktion



inneren Beplankung	s_d -Wert der Dampfbremse	Verhältnis v $R_{F,Zus} / R_{F,ges}$	Beschattungsklasse bei a_{sol} der Dachbahn		
			$0,6 \leq a_{sol} < 0,8$ (z.B. hellgrün, hellgrau)	$0,8 \leq a_{sol} < 0,9$ (z.B. dunkelbraun, dunkelgrau)	$a_{sol} \geq 0,9$ (z.B. schwarz)
≤ 3.0 m (z.B. OSB, MDF, GKF)	$s_{d(q=30\%)} \geq 9.0$ m $s_{d(q=85\%)} \leq 1.0$ m	$\geq 1/3$	A		

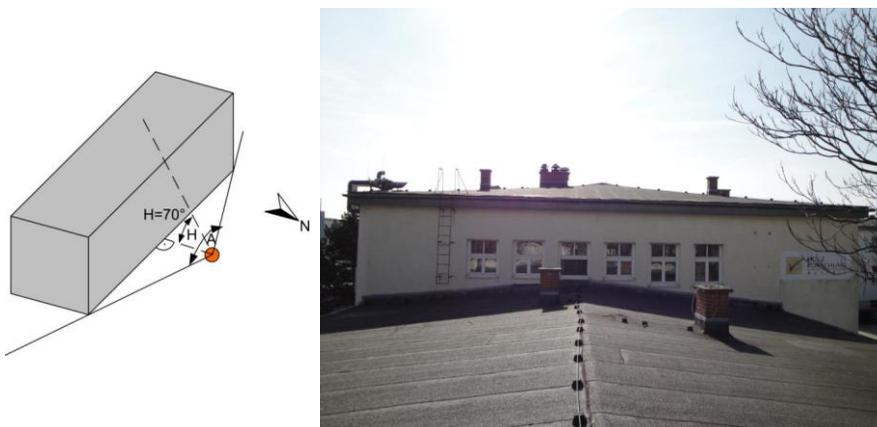
32

Nachweispyramide



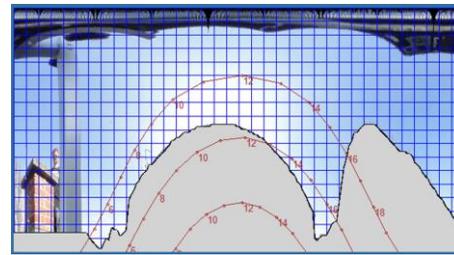
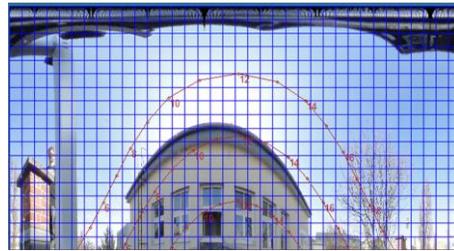
33

Beschattungsanalyse



34

Beschattungsanalyse



35

Inhalt



- Missverständnisse
- Grundlagen
- Nachweismöglichkeiten
- Untersuchungen zum Monitoring
- Untersuchungen teilgedämmte Konstruktionen
- Ausblick

36

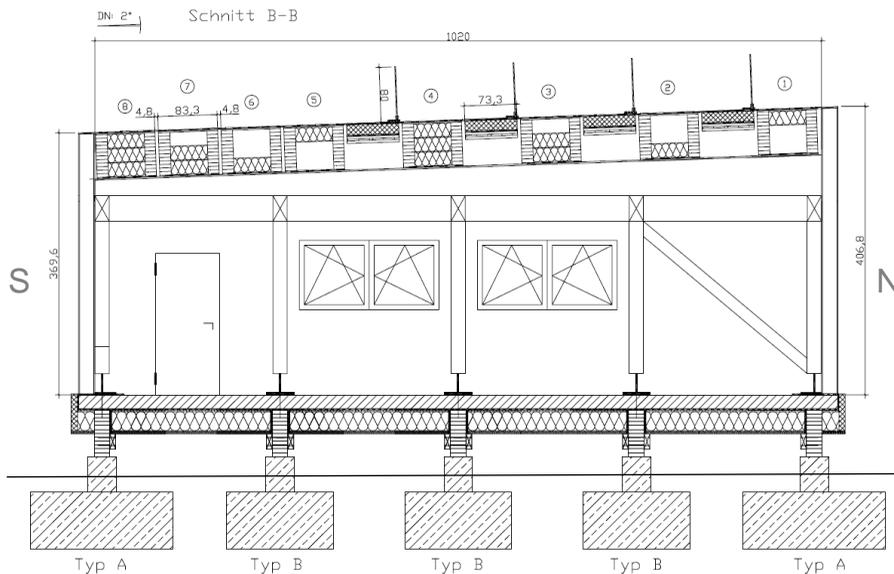
Projektziele



- Systemanalyse teilgedämmter flachgeneigter Dächer aus Holz
- Erarbeitung und Bewertung eines Simulationsmodells für teilgedämmte flachgeneigte Dachkonstruktionen
- Erweiterung der Planungsbroschüre „Flachgeneigte Dächer aus Holz“ um die gewonnenen baupraktischen Erkenntnisse
- Optimierung/Weiterentwicklung eines geeigneten Monitoringsystems zur Leckagemeldung

37

Versuchsaufbauten Realversuch

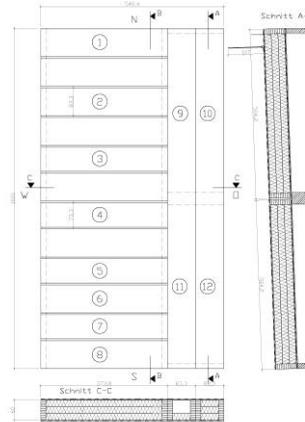
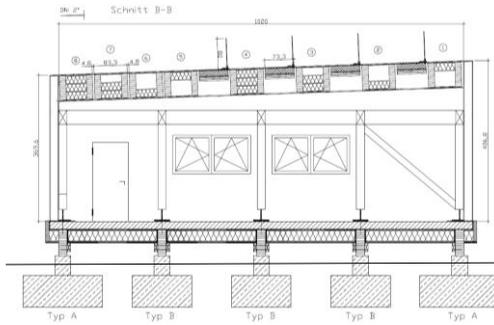


38

Versuchsaufbauten Realversuch



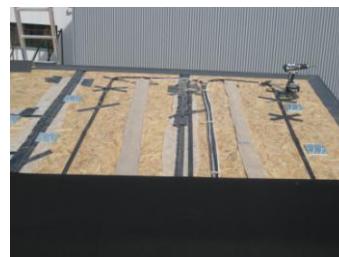
Gebäude B - Grundriss



Grundriss
M: 1:40

39

Aufbau Forschungshaus



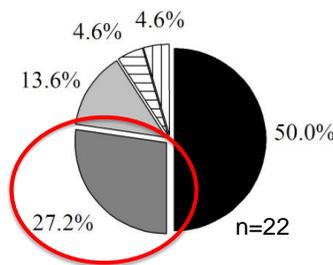
40

Messtechnik

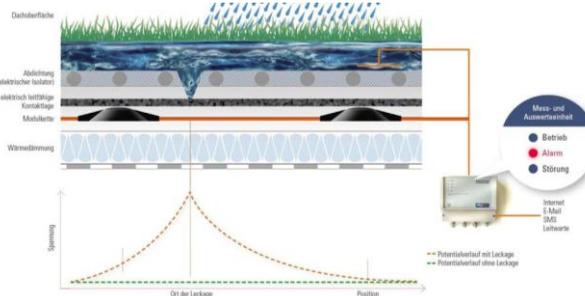
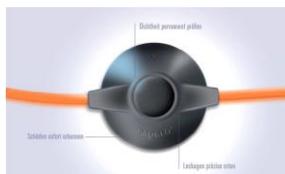


41

Status quo Feuchtemonitoring



- Fehlende bzw. mangelhafte Verklebung der Dampfbremse an Durchdringungen und Bauteilanschlüssen
- Beschädigung der Dachhaut
- Niederschlag während der Bauphase
- Umnutzung des Gebäudes
- zu hohe Materialfeuchten im Einbau



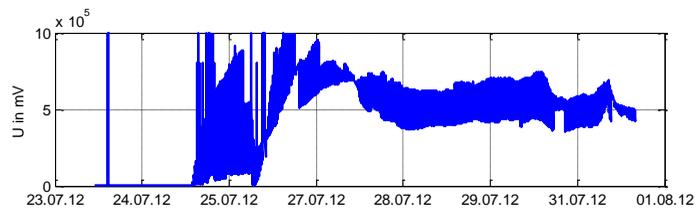
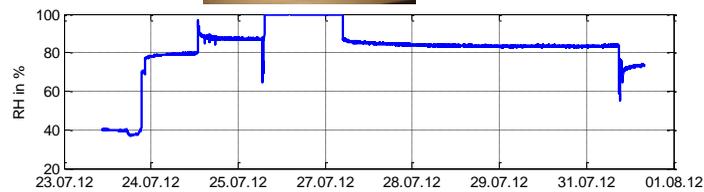
42

Laborversuch Tauwasserdetektion



43

Laborversuch Tauwasserdetektion



44

Laborversuch Leckagedetektion



Dachneigung / Leckagedurch- messer	PVC			EPDM		
	Spannung [mV]					
	PEEL 1	PEEL 2	PEEL 3	PEEL 4	PEEL 5	PEEL 6
DN 15° Ø 1mm	0	7	5	0	0	0
	0	2	0	0	0	0
	2	2	0	0	0	0
	0	10	5	0	0	0
	0	5	0	0	0	0
DN 10° Ø 1mm	584	127	5	0	0	0
	763	37	10	0	0	0
	1121	27	24	0	0	0
	518	5	5	0	0	0
	864	7	0	0	0	0
DN 5° Ø 1mm	x	x	X	0	0	0
	x	x	X	0	0	0
	x	x	X	0	0	0
	x	x	X	0	0	0
	x	x	X	0	0	0
DN 1° Ø 1mm	x	x	X	0	10	0
	x	x	X	0	0	0
	x	x	X	0	0	0
	x	x	X	0	0	0
	x	x	X	0	0	0
DN 15° Ø 1,5mm	x	x	X	827	0	0
	x	x	X	730	0	0
	x	x	X	1810	0	0
	x	x	X	432	0	0
	x	x	X	932	0	0

45

Laborversuch Leckagedetektion



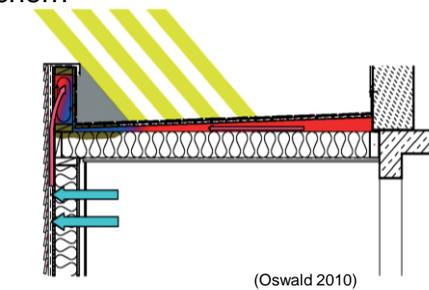
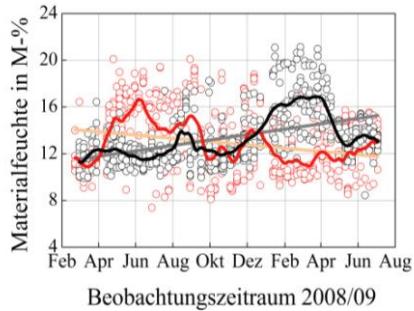
Dachneigung / Leckagedurch- messer	Bitumen flämm.			Bitumen selbstkleb.		
	Spannung [mV]					
	PEEL 1	PEEL 2	PEEL 3	PEEL 4	PEEL 5	PEEL 6
DN 15° Ø 1mm	0	5	0	15	5	0
	0	2	0	0	5	0
	0	2	5	0	0	0
	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0
DN 10° Ø 1mm	0	2	5	0	0	0
	0	0	5	0	0	0
	2	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0
	2	0	5	0	0	0
DN 5° Ø 1mm	0	0	2	0	0	0
	0	0	5	0	0	0
	0	0	5	0	0	0
	0	0	7	0	0	0
	0	0	0	0	0	0
DN 1° Ø 1mm	0	0	5	0	0	0
	0	7	12	0	0	0
	0	5	7	0	0	0
	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0
DN 15° Ø 1,5mm	1513	95	15	0	2	0
	3523	7	0	0	5	2
	3048	37	17	2796	10	12
	2460	29	10	3267	2	2
	1986	37	39	3614	2	0

46

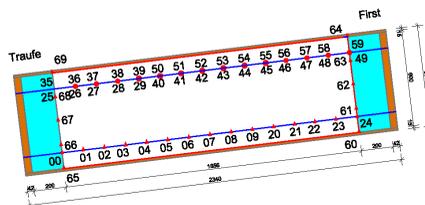
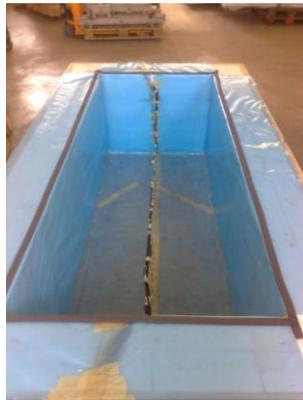
Status quo Gefachdämmung



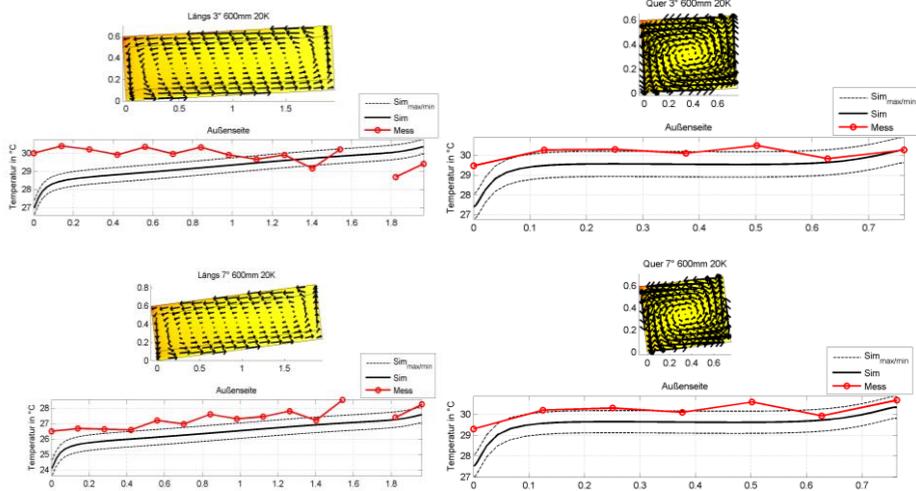
- Ausführung teilgedämmte Gefache aufgrund großer Gefachhöhen
- in vollgedämmten Gefachen Rotationsströmungen messtechnisch erfasst („Flachdach I“)
- in vollgedämmten Gefachen erhöhte Materialfeuchte aufgrund Beschattung messtechnisch erfasst („Flachdach I“)
- Dokumentierte Schadensfälle aufgrund von verstärktem Tauwasserausfall durch Luftkonvektion in teilgedämmten und teilbeschatteten Flachdächern



Laborversuche Luftströmung



Messung vs. Simulation



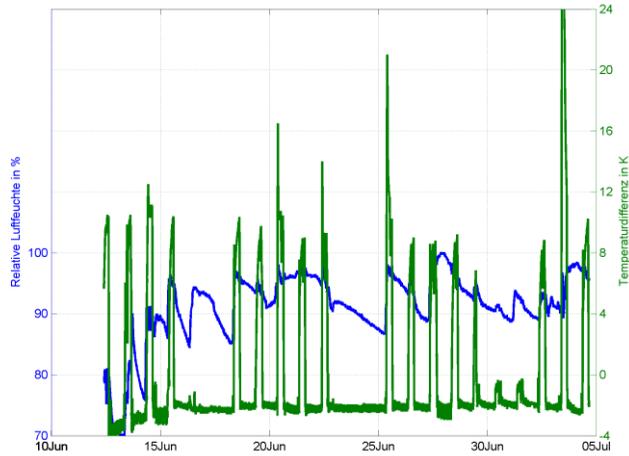
49

Laborversuch Feuchteumverteilung



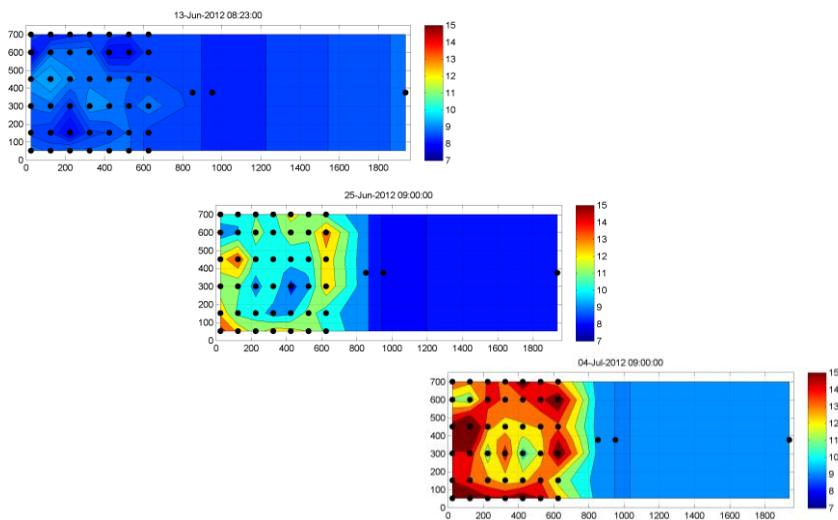
50

Laborversuch Feuchteumverteilung



51

Laborversuch Feuchteumverteilung



52

Inhalt



- Missverständnisse
- Grundlagen
- Nachweismöglichkeiten
- Untersuchungen zum Monitoring
- Untersuchungen teilgedämmte Konstruktionen
- **Ausblick**

53

Zusammenfassung



- Luftumwälzung kann simuliert werden
- DM – Sensoren detektieren Tauwasser
- Wassereintritt und Leckageortung bei PVC ab 1 mm Loch bei 15° Neigung
- Ev. Dämmstoffsetzungen bei hohen Gefachen beachten
- Fugen im baupraktischen unvermeidbar (Dämmstoffe Dichte abhängig)
- Feuchteakkumulation an Firstseite
- Beschattung erhöht vor allem bei längsorientierten Elementen Materialfeuchten
- Hohe Dämmstoffdicken → geringe Temperaturen → höhere Materialfeuchten

54

Ausblick



- Weiterführende Laboruntersuchungen
- Neuauflage Planungsbroschüre Sommer 2013

55



Dr. Martin Teibinger
m.teibinger@holzforschung.at
Tel. +43/1/798 26 23-63
www.holzforschung.at

