

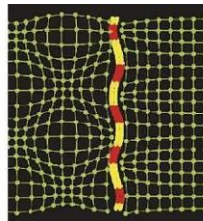
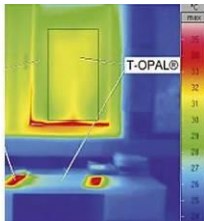
Feuchtesicherer Einsatz von Holz und Holzwerkstoffen in Dachkonstruktionen



Bayern
Interessenvertretung
für Energieberatende

Einführung Feuchteschutz

Auf Wissen bauen



Energiesparen und Feuchteschutz

Moderner Feuchteschutz

Energiesparen im Baubereich (auch bei der Sanierung) führt zu größerem Feuchteschadensrisiko aufgrund von:

- höherer Luftdichtheit (höhere Raumluchtfeuchte) und
- besserer Wärmedämmung der Gebäudehülle (weniger Wärmeverluste, die zur Trocknung beitragen).

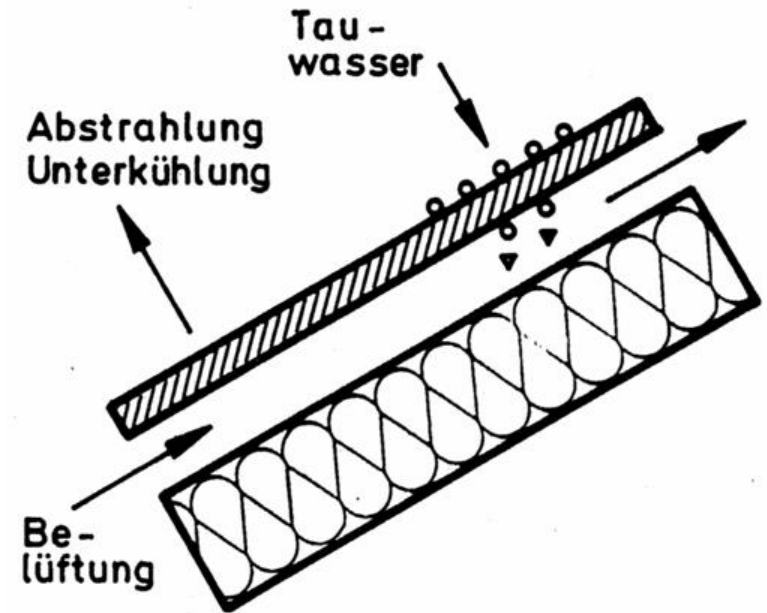
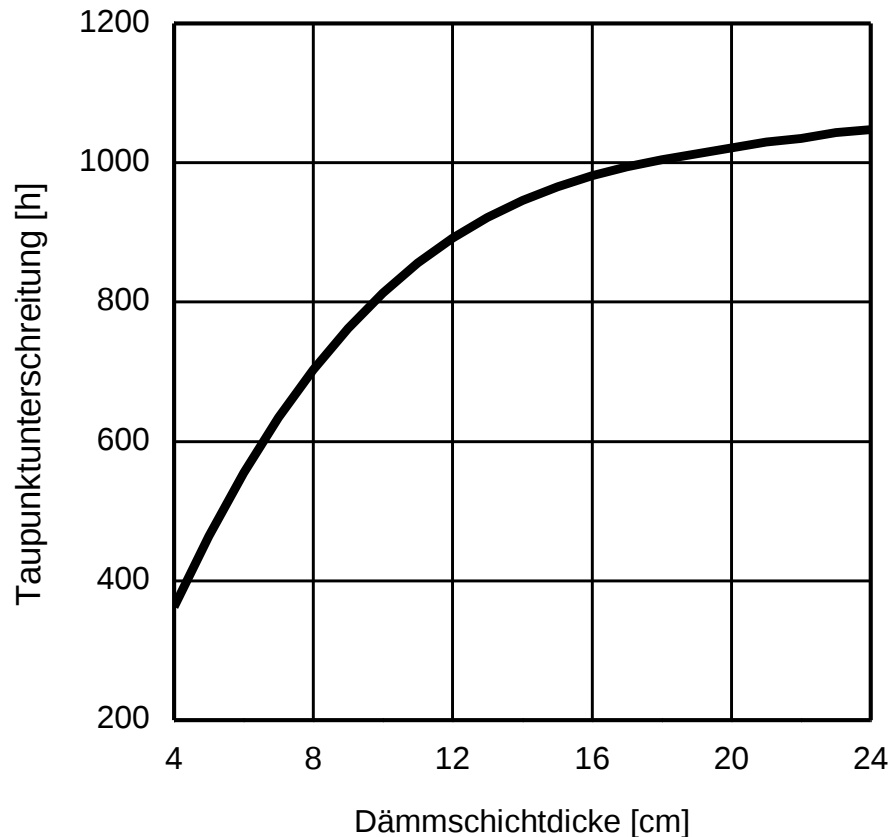
Lösung Feuchtebilanz verbessern durch Reduktion von Feuchtequellen und Erhöhung des Trocknungspotentials (z.B. durch diffusionsoffenere Bauweise).

Je besser gedämmt wird, desto wichtiger ist die zuverlässige Planung der Feuchtesicherheit der Bauteile.

***Regel: So diffusionsdicht wie nötig,
aber so diffusionsoffen wie möglich!***

Energiesparen und Feuchteschutz

Feuchtequelle: Belüftung



Effektivität der Belüftung wird mit zunehmender Dämmstärke immer geringer! Bewährung unter anderen Bedingungen!

Energiesparen und Feuchteschutz



- **Jährliche Bauschäden in Deutschland über 13 Milliarden Euro – bei etwa 100 Milliarden Umsatz sind das weit mehr als 10 % der Bausumme!**
- **Ein großer Teil dieser Schäden hat direkt oder indirekt mit der Einwirkung von Feuchte zu tun.**

Laut Bauschadensbericht 1995:
erdberührte Bauteile: 52 %
Außenwände: 56 %
Dächer: 54 %

Institut für Bauforschung e. V.

Analyse der Entwicklung der Bauschäden und der Bauschadenkosten – Update 2018

Gemeinschaftsprojekt vom Bauherren-Schutzbund e. V., der AIA AG und dem Institut für Bauforschung e. V.

Nachrichten neueren Datums über das Ansteigen der Fehlerkosten am deutschen Bau („Fehlerkostenanteil am Branchenumsatz im Jahr 2015 bei im Schnitt rund 14 %, entsprechend einer Summe von 14,1 Milliarden Euro, nähert sich Rekordniveau“¹ oder „Fehlerkostenanteil am Branchenumsatz im Jahr 2016 mit im Schnitt 12,5 %, entsprechend einer Summe von 13,4 Milliarden Euro, viel zu hoch“²) waren dem Bauherren-Schutzbund e. V., der AIA AG und dem Institut für Bauforschung e. V. nun Anlass, die Ergebnisse der Studie aus dem Jahr 2015 vor dem Hintergrund der in den vergangenen 3 Jahren weiter fortgeschrittenen Schadenbearbeitung zu überprüfen. Untersucht werden soll dabei insbesondere, ob die Feststellungen der Vorstudie zur Entwicklung der Bauschadenzahlen und der Bauschadenkosten weiter Bestand haben und welche neueren Entwicklungstendenzen ggf. abgeleitet werden können.

Viele Schäden wären bei sachgemäßer und fehler-toleranter Planung und Ausführung vermeidbar.

Energiesparen und Feuchteschutz

- **Zweifache Aktualisierung der DIN 4108-3 (Feuchteschutznorm) in den letzten 8 Jahren und erneute Aktualisierung in 2024, um die gestiegenen Anforderungen an den Feuchteschutz normativ abzubilden.**
- **Klarere Formulierung der Anwendungsgrenzen des Glaser-Verfahrens, Ausweitung der nachweisfreien Konstruktionen und zunehmende Bedeutung der instationären Simulation**

DEUTSCHE NORM		März 2024
	DIN 4108-3	<u>DIN</u>
ICS 91.120.10; 91.120.30		Ersatz für DIN 4108-3:2018-10
Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 3: Klimabedingter Feuchteschutz – Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise für Planung und Ausführung		

Befeuchtung und Trocknung bei Dächern

Glaser bevorzugt dichte Dampfbremsen

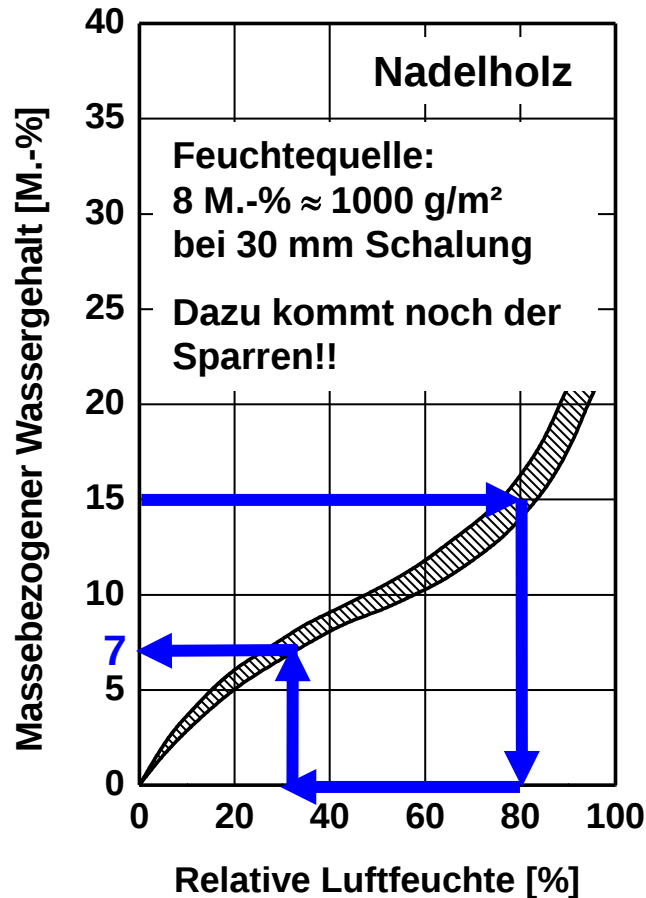
- Glaser betrachtet den trockenen und perfekt dichten Regelquerschnitt eines Bauteils!
- Je dichter die Dampfbremse ist, desto weniger Tauwasser bildet sich im Winter!
- Wenn die Dampfbremse entsprechend dichter ist als die außenseitige Eindeckung, kann der Tauwasserausfall auf Null gedrückt werden und die Bemessung ist fertig.

Irreführende und gefährliche Schlussfolgerung:
Je dichter die Dampfbremse, desto sicherer das Bauteil!

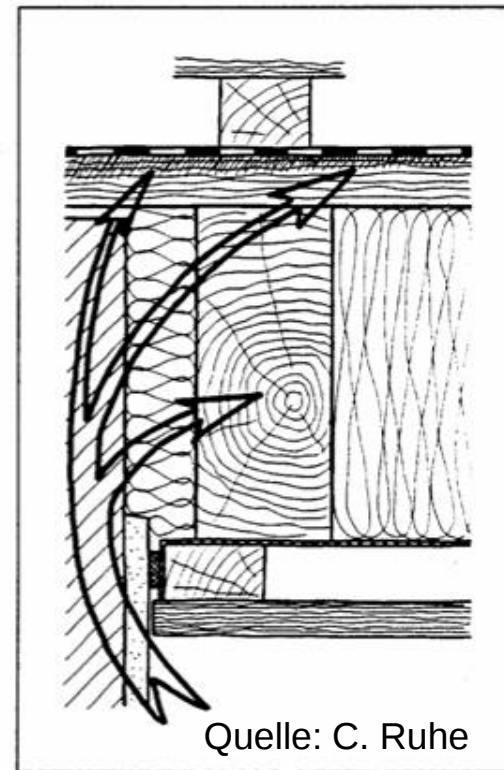
Befeuchtung und Trocknung bei Dächern

Feuchteeintrag in Dächer neben der normalen Dampfdiffusion

1. Einbaufeuchte



2. Flankendiffusion



Wasser im Dach durch einbindendes Mauerwerk (DAB 8/95)

Befeuchtung und Trocknung bei Dächern

Feuchteeintrag in Dächer neben der normalen Dampfdiffusion

3. Luftinfiltration



Thermik führt zu Überdruck im oberen und Unterdruck im unteren Bereich des Gebäudes

Praxisregel:

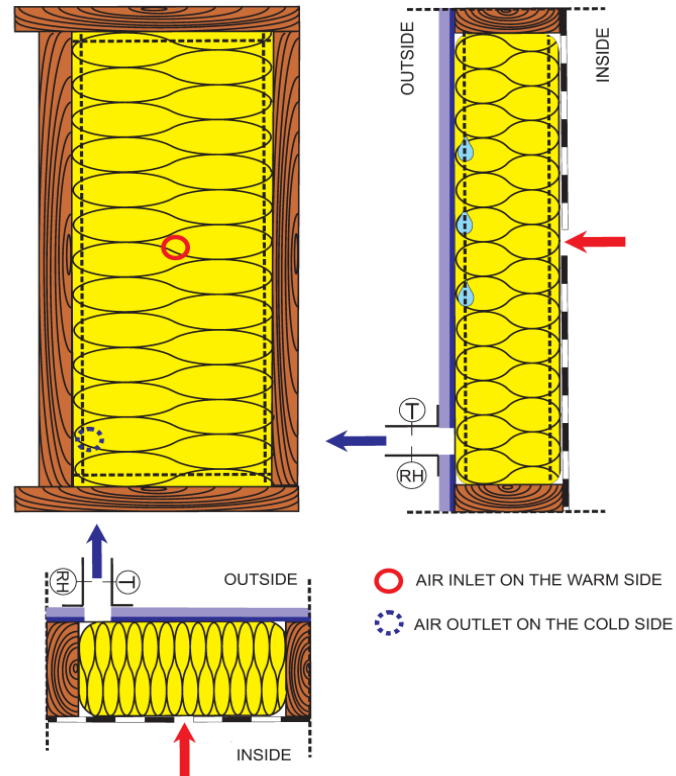
- **Warme Luft in kaltes Bauteil**
⇒ **Befeuchtung**
- **Kalte Luft in warmes Bauteil**
⇒ **Trocknung**

Feuchteprobleme durch Infiltration also im oberen Bereich der Wand und am Dach!

Befeuchtung und Trocknung bei Dächern

Feuchteintrag in Dächer neben der normalen Dampfdiffusion

3. Luftinfiltration: Laborversuche zum Feuchteintrag

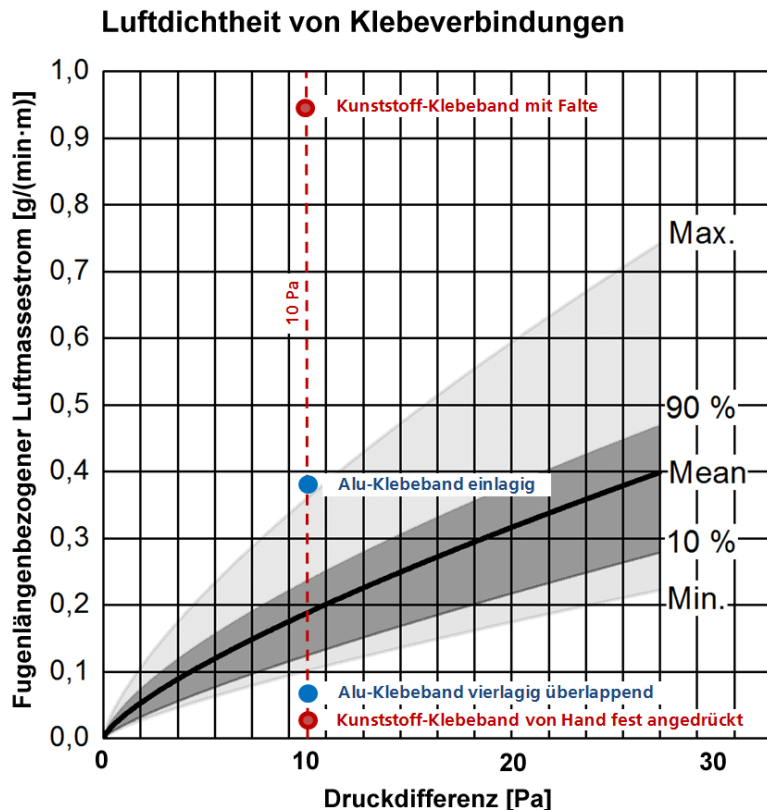


Gesamtleckage: Loch mit 5 mm Durchmesser

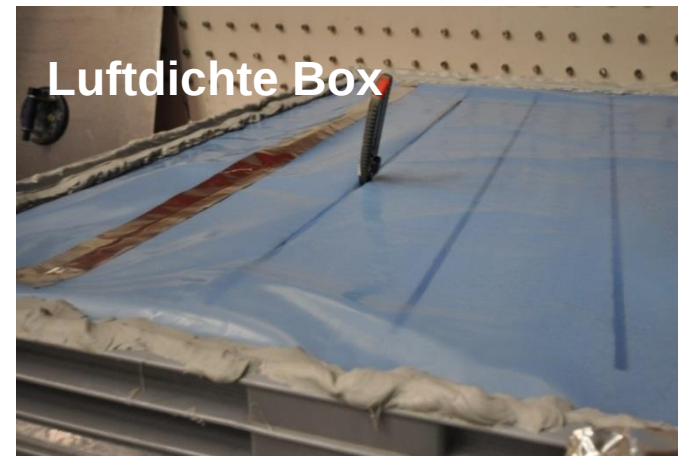
Befeuchtung und Trocknung bei Dächern

Feuchteeintrag in Dächer neben der normalen Dampfdiffusion

3. Luftinfiltration: Dichtheit von Klebebändern



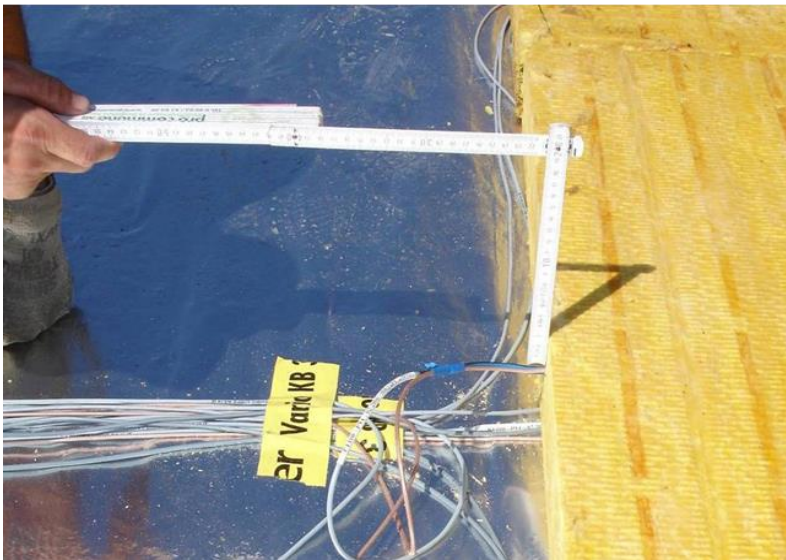
Grenzwert nach DIN 4108-2: $\sim 2 \text{ g}/(\text{min} \cdot \text{m})$



Normale Klebeverbindungen sind etwa 10 mal so dicht, wie die Anforderungen an Bauteilfugen
Aber: sie sind nie vollständig dicht! (Alterung ??)
⇒ Feuchteeintrag findet immer statt!

Befeuchtung und Trocknung bei Dächern

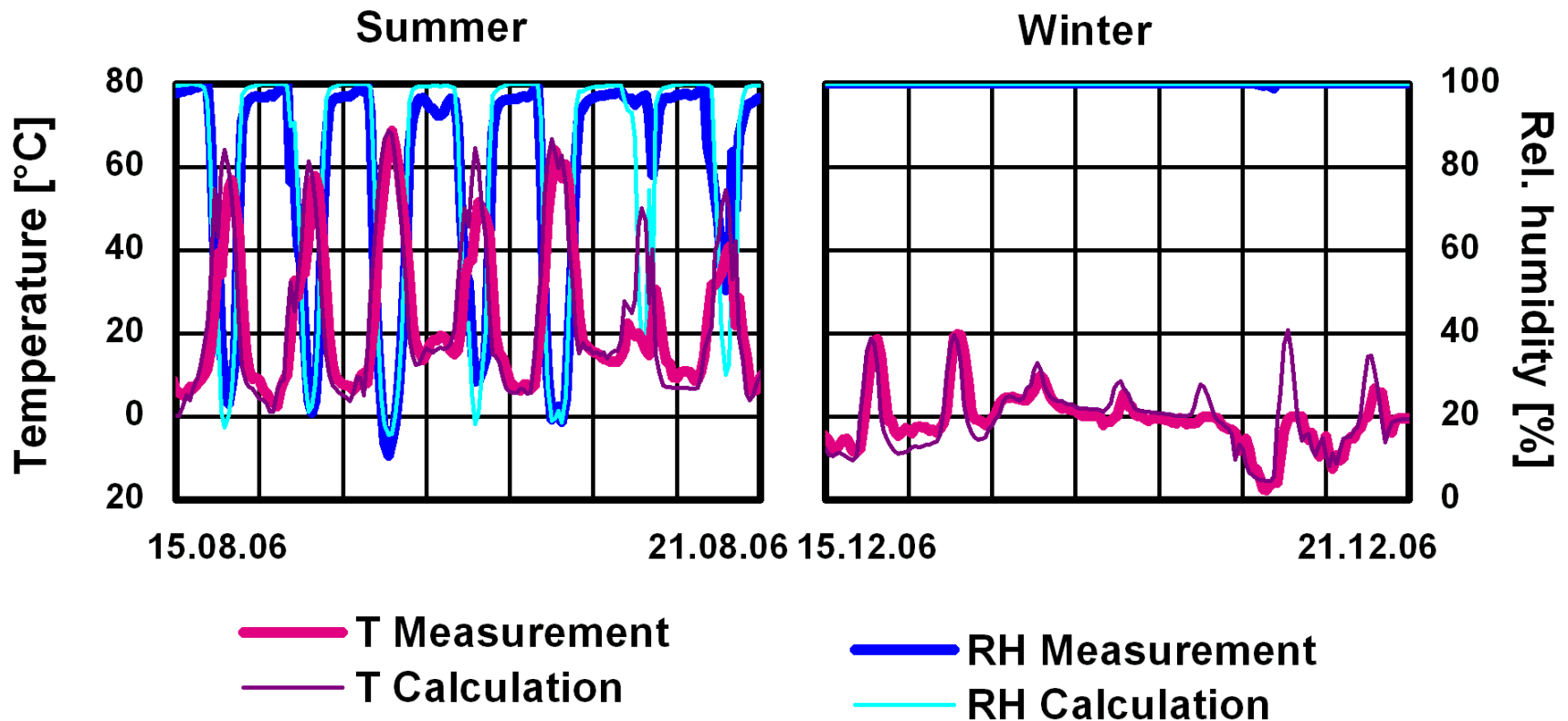
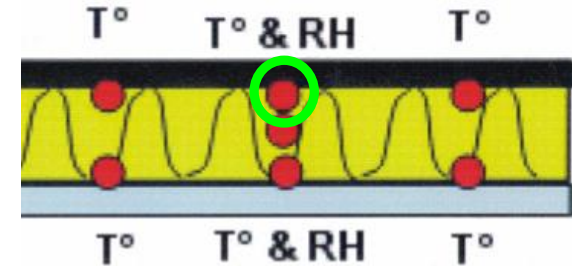
Freilandversuch zum Feuchteverhalten eines Flachdachs



Beidseitig abgedichtetes Dach

Befeuchtung und Trocknung bei Dächern

Vergleich von Messung und Rechnung in feuchtem Flachdach (Position unter der Abdichtung)



Befeuchtung und Trocknung bei Dächern



Befeuchtung und Trocknung bei Dächern

Nicht-Beachtung der Erfordernisse führt schnell zu Schäden!



Undichte Kabeldurchführungen



Ingo Kern

Das selbstkompostierende Flachdach

Ref.: M. Zumoberhaus

In den letzten Jahrzehnten wurden Holz-Flachdächer mit beidseitig diffusionsdichten Schichten und Sparrenvoll-dämmung wegen ihrer wirtschaftlichen Vorteile forciert. Der schöne Schein geht, wenn er der Sache dienlich ist, allemal über die Wahrheit. Sie sind äußerst risikobeladen, da eindringende Feuchte keine Möglichkeit zum Austrocknen hat und bilden eine regelrechte Feuchtefalle, weil Feuchtigkeit weder nach außen noch nach innen austrocknen kann.



**Undicht
angeschlossene
Dampfbremse
bei Gründach**

Ref.: Th. Schneider

Kurz vor den Feiertagen klingelte das Telefon, weil besorgte Bewohner, für die man vor wenigen Jahren ein flach geneigtes Gründach auf einem Wohnhaus gebaut hatte, um Hilfe riefen. Aus der Wohnzimmerdecke tropfte Wasser. Beim Objekt handelte es sich um einen Neubau. Die Vollgeschosse waren gemauert, das flach geneigte Dach bestand aus einer Sparrenkonstruktion mit Follenabdichtung auf Holzschalung und einem Gründachaufbau. Die Dampfbremse war vorliegend eine feuchtevariable Klimamembran mit einem flexiblen sd-Wert von 0,2m bis 5m. Leckagen in der oberseitigen Abdichtung konnten ausgeschlossen werden.

Die raumseitige Gipskartonbekleidung wurde geöffnet. Auf der Dampfbremse hatten sich tiefe Wassersäcke gebildet. Ich ließ die Dachbegrünung abräumen. Die rund 300m² große Fläche öffnete sich. Ben gleichseitige Abne, dass schaft den



**Etwas verzerrend und polemisch
– aber realer Hintergrund!**

Befeuchtung und Trocknung bei Dächern

Zwei Voraussetzungen für gute Trocknung eines Bauteils

1. **Partialdruckgefälle aus feuchtem Bereich des Bauteils nach innen oder außen bedingt Trocknungsdiffusionsstrom!**
2. **Diffusionsoffene bzw. nur moderat oder variabel dampfbremsende Schichten lassen Feuchte aus dem Bauteil entweichen!**

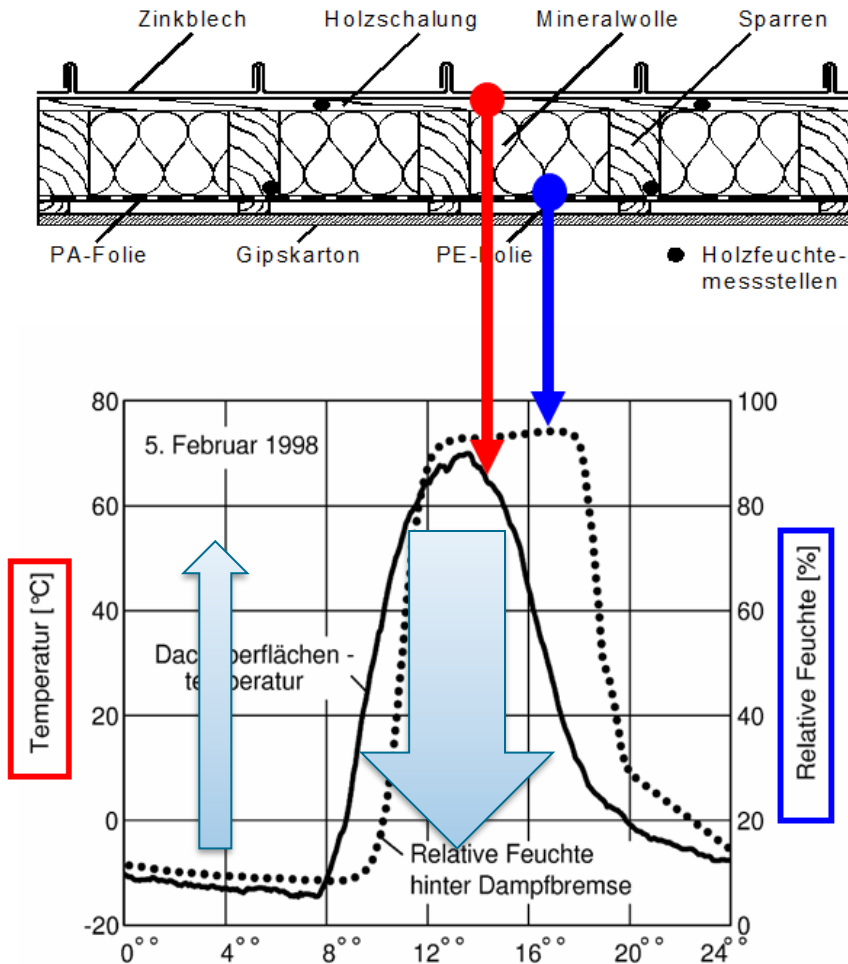
Partialdruckgefälle bei mitteleuropäischen Klima meist von innen nach außen $\Rightarrow$ Haupttrocknungsrichtung nach außen!

Problem beim Flachdach: außen diffusionshemmende Eindeckung behindert Diffusionsstrom in der „Haupttrocknungsrichtung“

Aber: Auch nach innen ist Trocknung möglich!

Befeuchtung und Trocknung bei Dächern

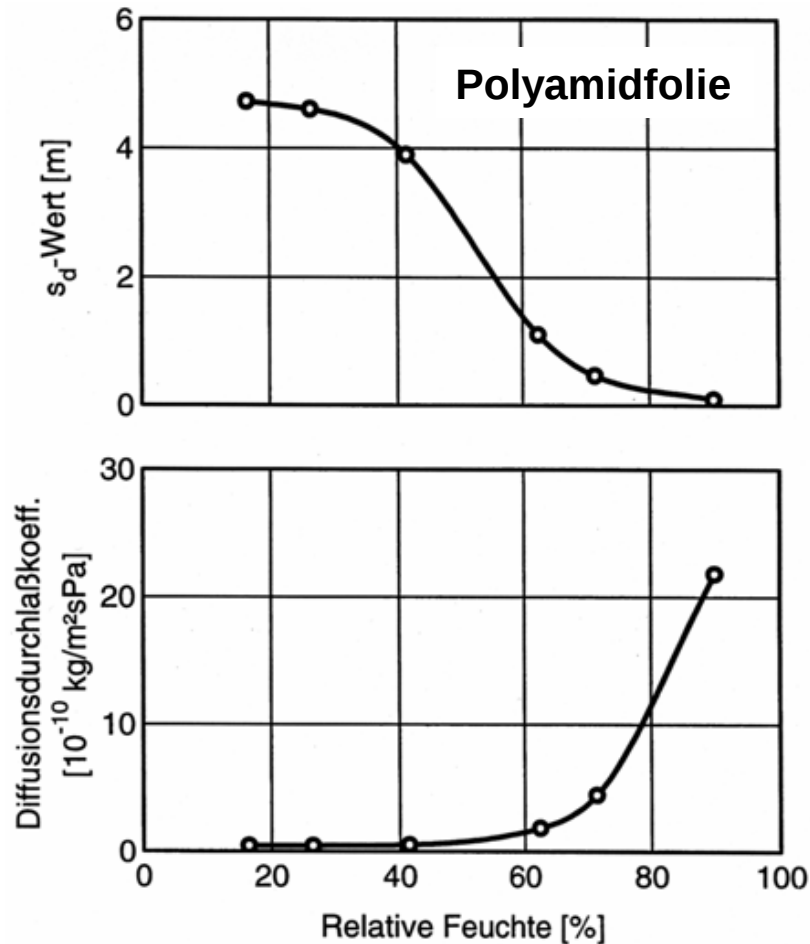
Bei Erwärmung immer wieder gute Trocknung nach innen!



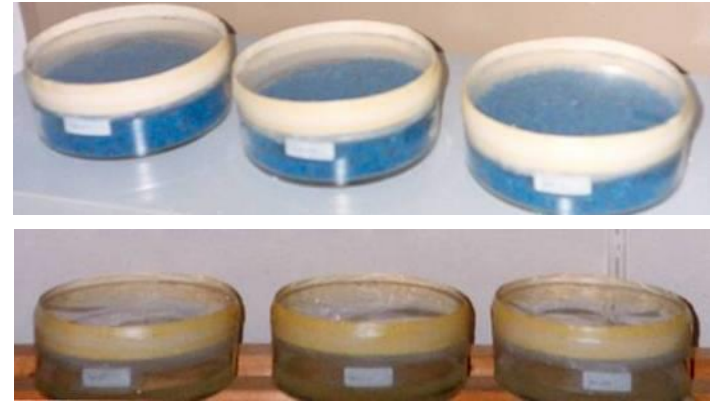
Bei feuchter Schalung ist an diesem kalten Wintertag der Trocknungsdampfstrom nach innen um etwa den Faktor 2,5 größer als der Befeuchtungsdampfstrom!

Befeuchtung und Trocknung bei Flachdächern

Feuchtevariable Dampfbremsen optimieren die Feuchtebilanz



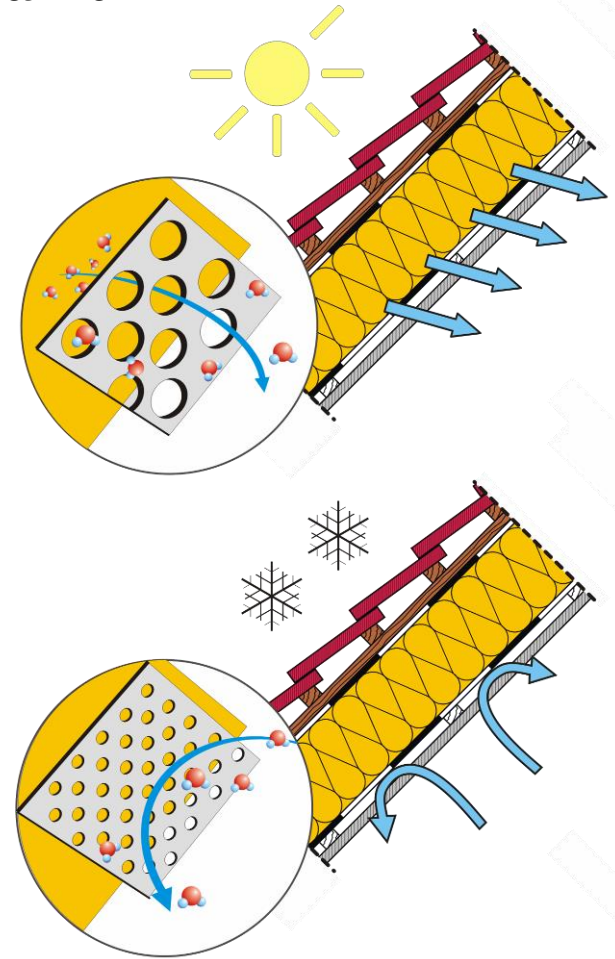
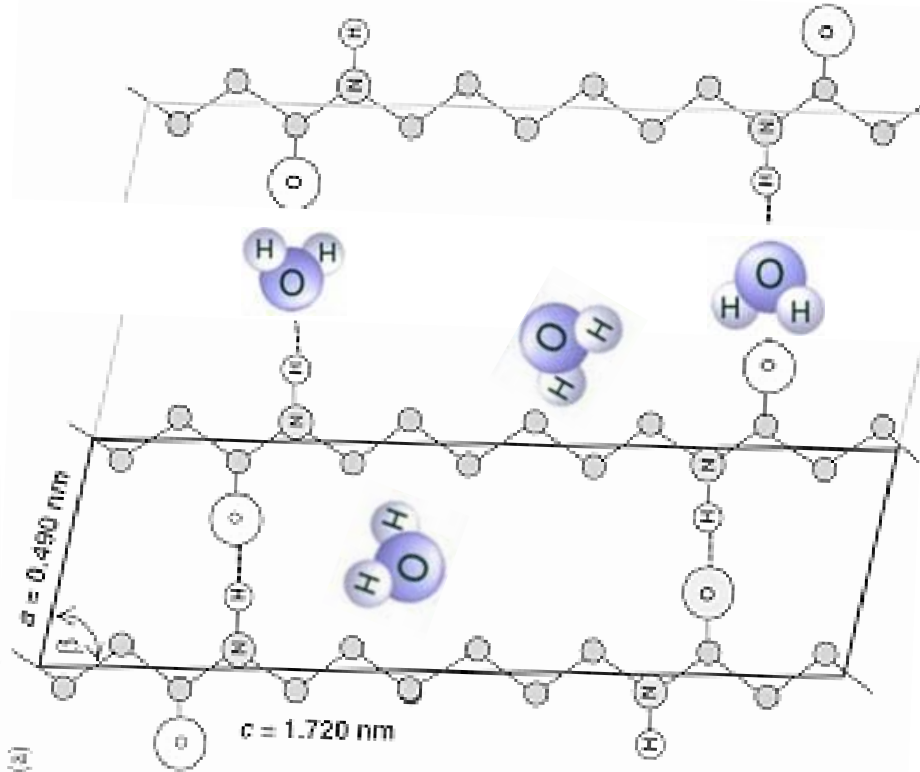
Dampfdiffusionsmessung im
Trocken- und Feuchtbereich



Bei einer feuchteadaptiven
Dampfbremse ändert sich
der Diffusionswiderstand mit
der Umgebungsfeuchte
d.h. $s_d = f(\varphi)$

Befeuchtung und Trocknung bei Flachdächern

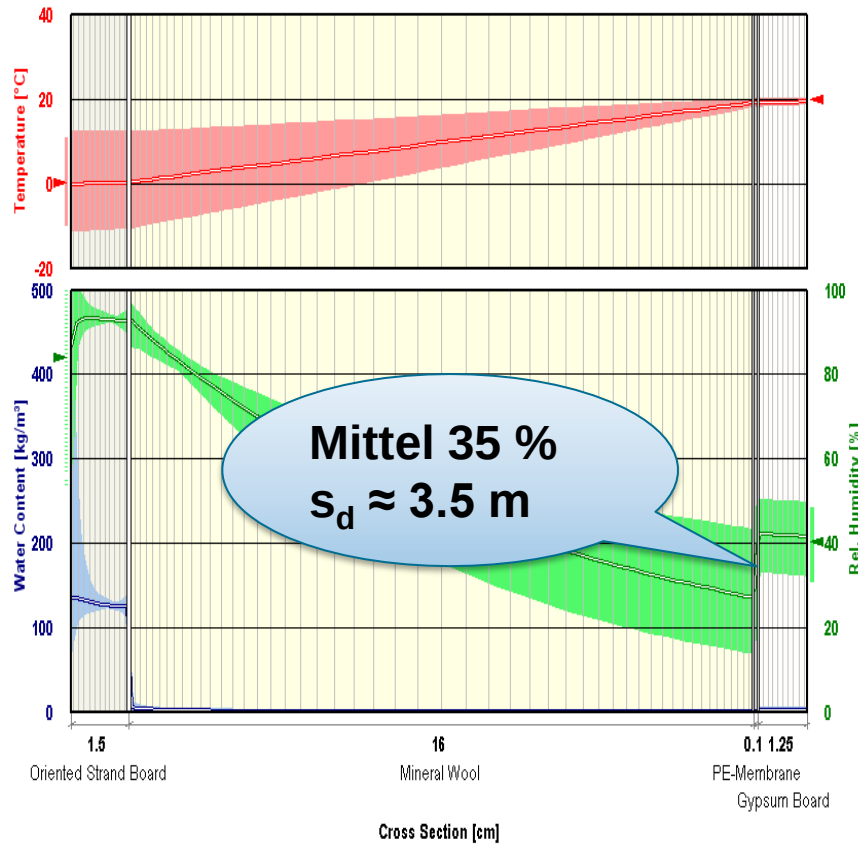
Molekulares Prinzip der H₂O-Diffusion in Polyamid



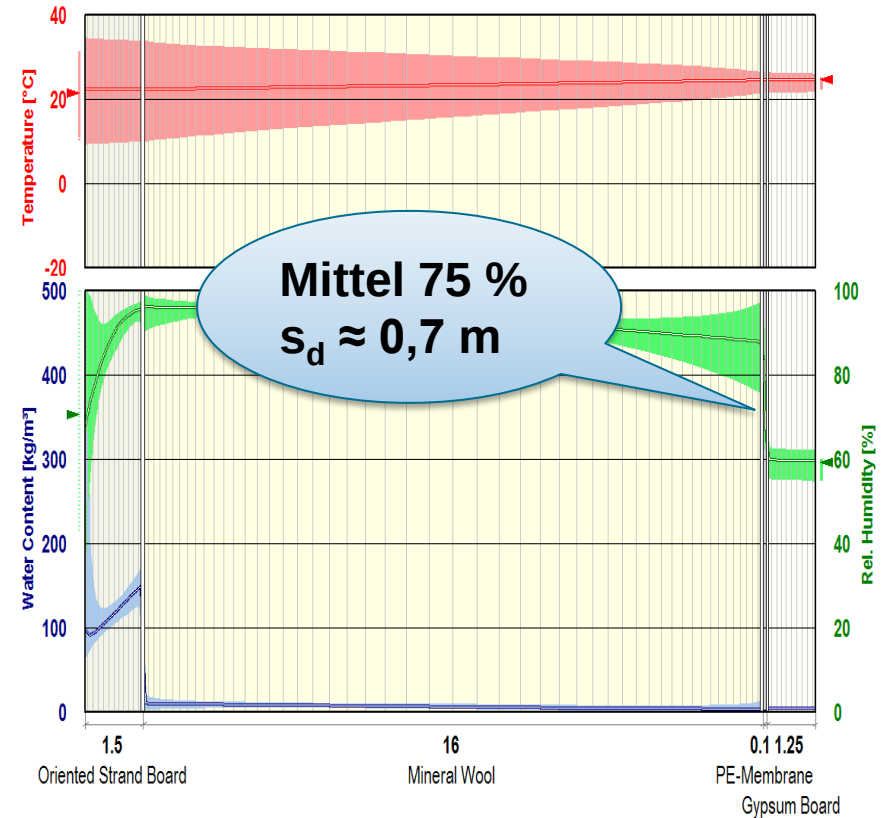
Befeuchtung und Trocknung bei Flachdächern

Luftfeuchte beidseitig der Dampfbremse in Sommer und Winter

Januar



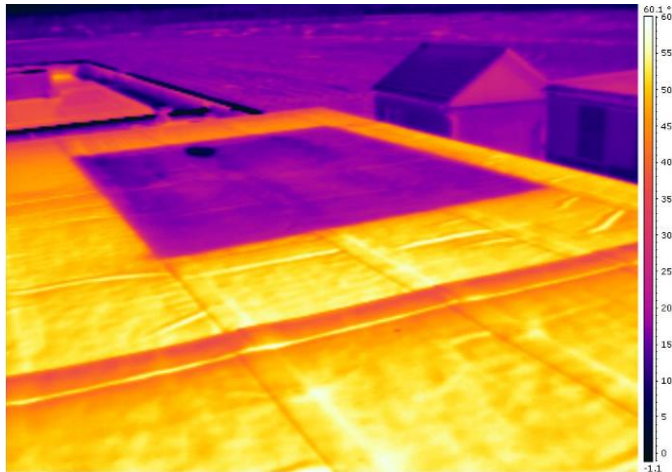
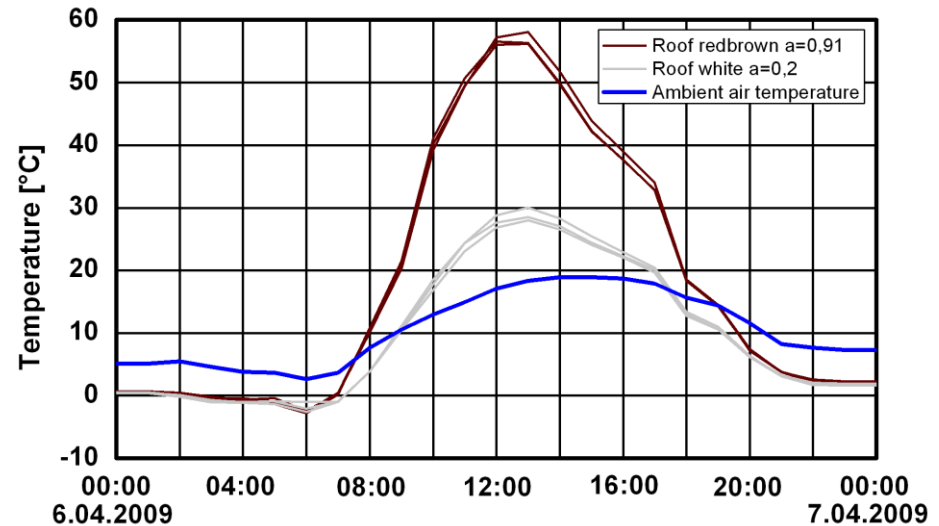
Juli



WUFI®-Simulation einer Holzständerkonstruktion für mitteleuropäisches Klima

Befeuchtung und Trocknung bei Flachdächern

Dachoberflächentemperaturen – dunkle versus helle Dachbahnen

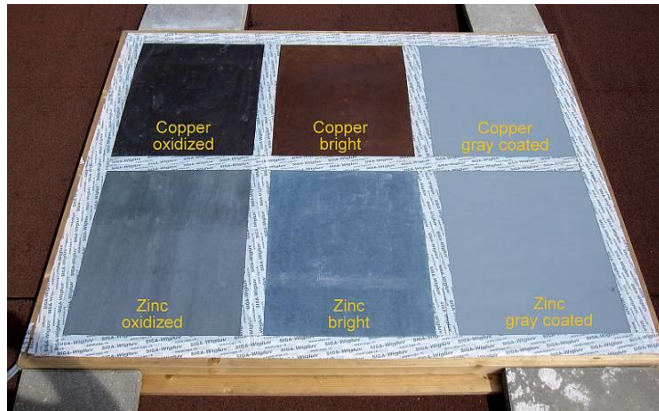


Weißer oder helle Dachoberflächen reflektieren einen Großteil der solaren Einstrahlung und ermöglichen damit wenig bis gar keine Trocknung nach innen!

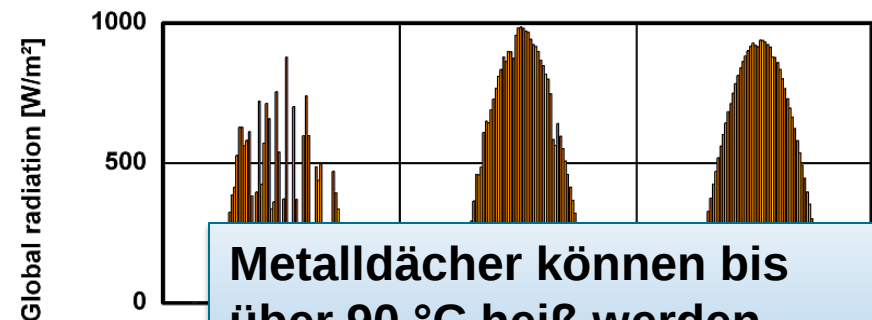
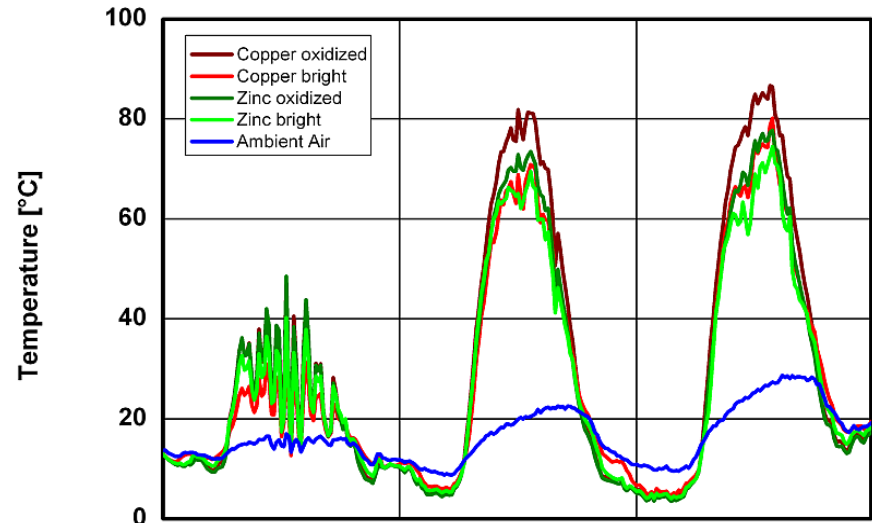
Gründächer günstiger als weiße Bahnen: tags leicht, nachts deutlich wärmer!

Befeuchtung und Trocknung bei Flachdächern

Dachoberflächentemperaturen – Metalleindeckung



Material	Kurzwelliger Absorptionsgrad	Langwelliger Emissionsgrad		
	trocken	trocken	benetzt	nass
	a [-]	ε [-]	ε [-]	ε [-]
Kupfer, blank	0,29	0,02	0,48	0,96
Kupfer, oxidiert	0,90	0,82	0,92	0,96
Kupfer, grau	0,70	0,79	0,89	0,97
Zink, blank	0,39	0,05	0,52	0,96
Zink, oxidiert	0,85	0,79	0,87	0,97
Zink, grau	0,71	0,72	0,83	0,96
Alu, blank	0,25	0,02	0,43	0,94



Metалldächer können bis über 90 °C heiß werden (geringe langw. Emission)

Grundprinzipien / Praxisregeln

Befeuchtung begrenzen

- **Einbau trockener Materialien / Witterungsschutz während der Bauzeit**
- **dampfbremsende Schichten auf der Raumseite**
- **Luftdichtheit**
- **falls notwendig: Überdämmung von außen**

Trocknung erleichtern

- **soweit möglich diffusionsoffene Materialien auf der Außenseite**
- **moderat oder variabel dampfbremsende Schichten auf der Raumseite**
- **tendenziell eher dunkle Farbgebung der Außenoberfläche / keine hellen oder weißen Dachbahnen**
- **bei Verschattung genauer prüfen**

Feuchteverhalten frühzeitig prüfen!

- Bauschäden haben ein dramatisch hohes Niveau erreicht. Feuchte hat erheblichen Anteil bei Ausführungs- aber auch Planungsfehlern
- Bessere Dämmung und dichte Gebäude erhöhen die Beanspruchung und reduzieren das Trocknungspotential der Bauteile.
- Trotzdem findet eine belastbare Feuchteschutzplanung in vielen Fällen immer noch nicht statt.
- Elementare Bedeutung des Feuchteschutzes bei zunehmendem Einsatz feuchtempfindlicher, nachhaltiger und nachwachsender Baustoffe

Die Feuchteschutzplanung muss der ständige Begleiter des energiesparenden Bauens werden – und zwar nicht erst am Ende der Planung, wenn Änderungen aufwändig und nur schwer möglich!

Die Werkzeuge stehen zur Verfügung, müssen aber auch eingesetzt werden, um ökologische, robuste und resiliente Konstruktionen sicherzustellen.