

VETA / NOVA

Online-Arbeitssitzung vom 24.02.2021

Input-Referat

Bauphysikalische Knackpunkte bei Bestandesbauten

Philipp Truffer
dipl. Bauing. ETH/SIA

Truffer Ingenieurberatung AG, Lalden

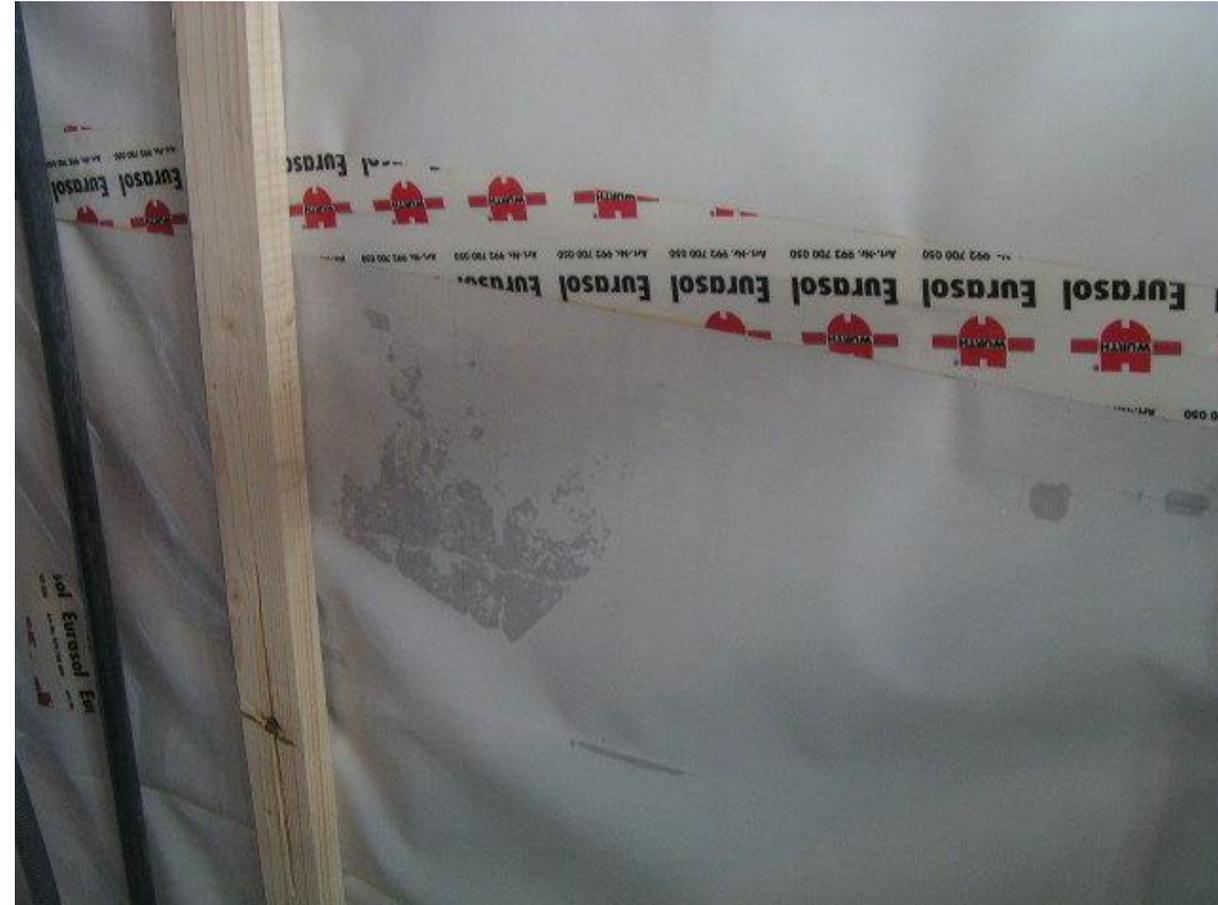


Was erwartetet euch?

- Physik!
- Dampfbremse, Luftdichtigkeitsschicht und Winddichtung – es geht doch auch ohne!
- Erfahrung macht klug – Aus Schäden lernen!



Schadenfall



- Standort: Bürchen
- Ortsschau: 20. August 2018



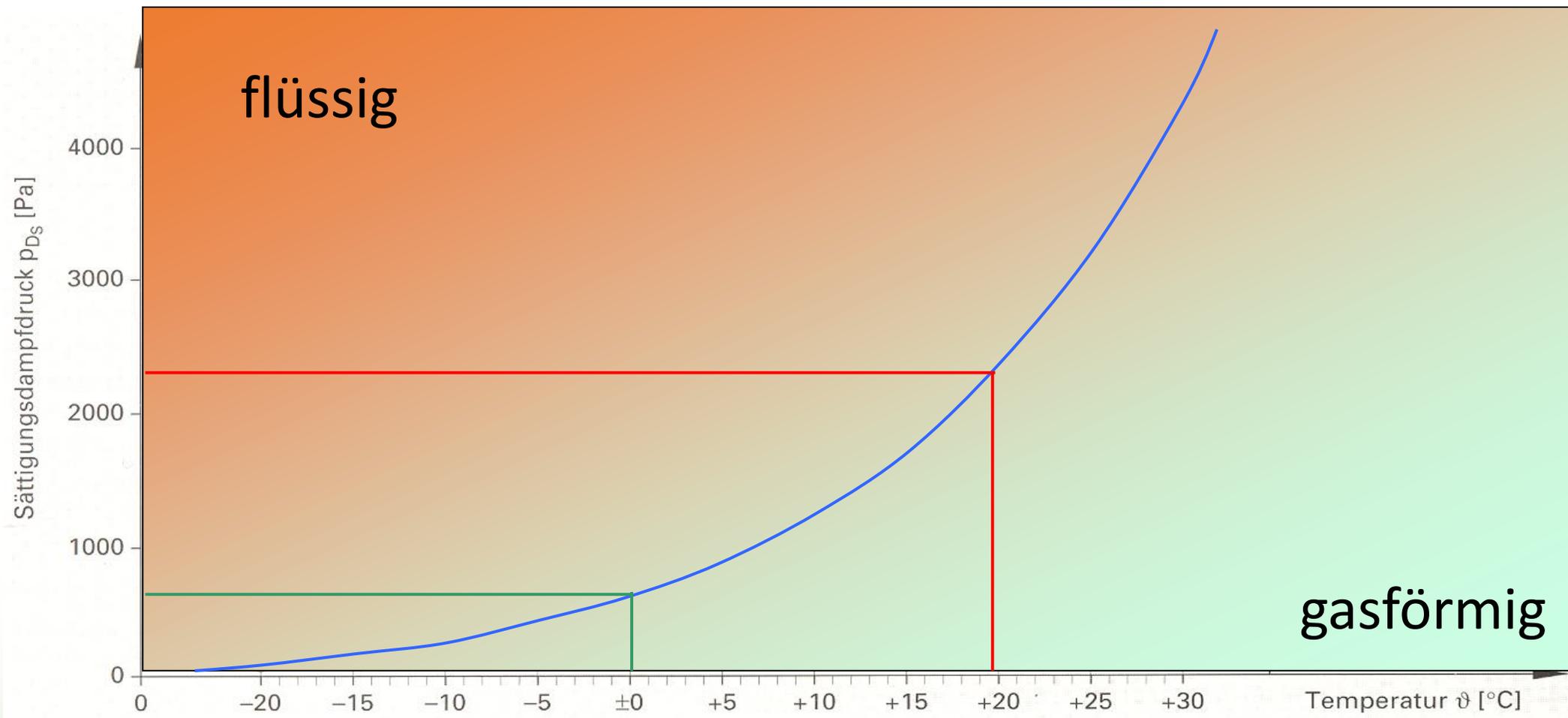
SIA 180(2014)

6.3 Verhinderung von unzulässiger Feuchte in Bauteilen durch Diffusions- und Kapillarprozesse (6.3)

- 6.3.1.1. Es darf keine schädliche Anreicherung von Feuchte in der Konstruktion auftreten.
- 6.3.1.2. Die Risikobewertung muss den Feuchtetransport berücksichtigen
 - durch konvektive Luftströme
 - durch Kapillarleitung
 - durch Wasserdampfdiffusion
- 6.3.1.4 Die Anforderungen an die Luftdichtheit der Gebäudehülle gemäss 3.6.1 tragen dazu bei, einen konvektiven Feuchteeintrag in die Konstruktion zu verhindern.

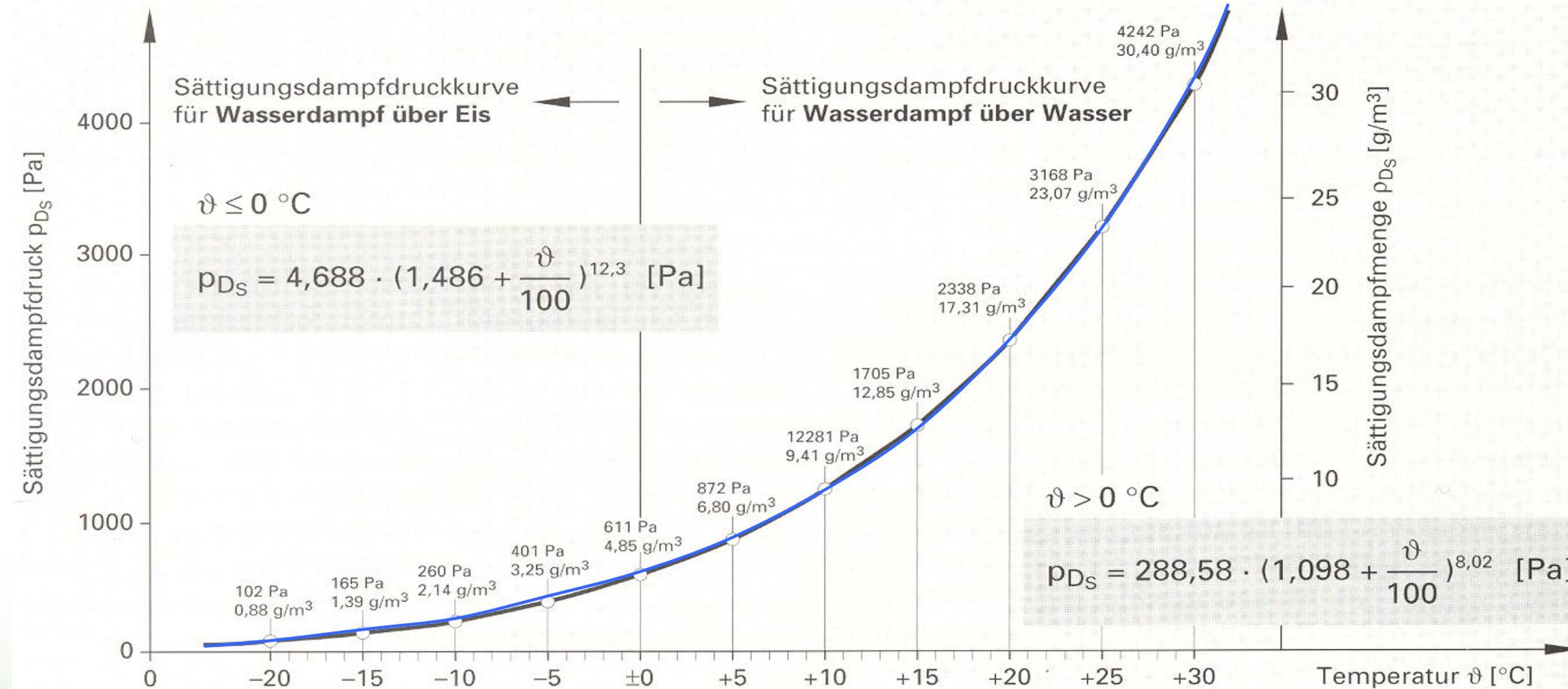


Wasserdampf in der Luft



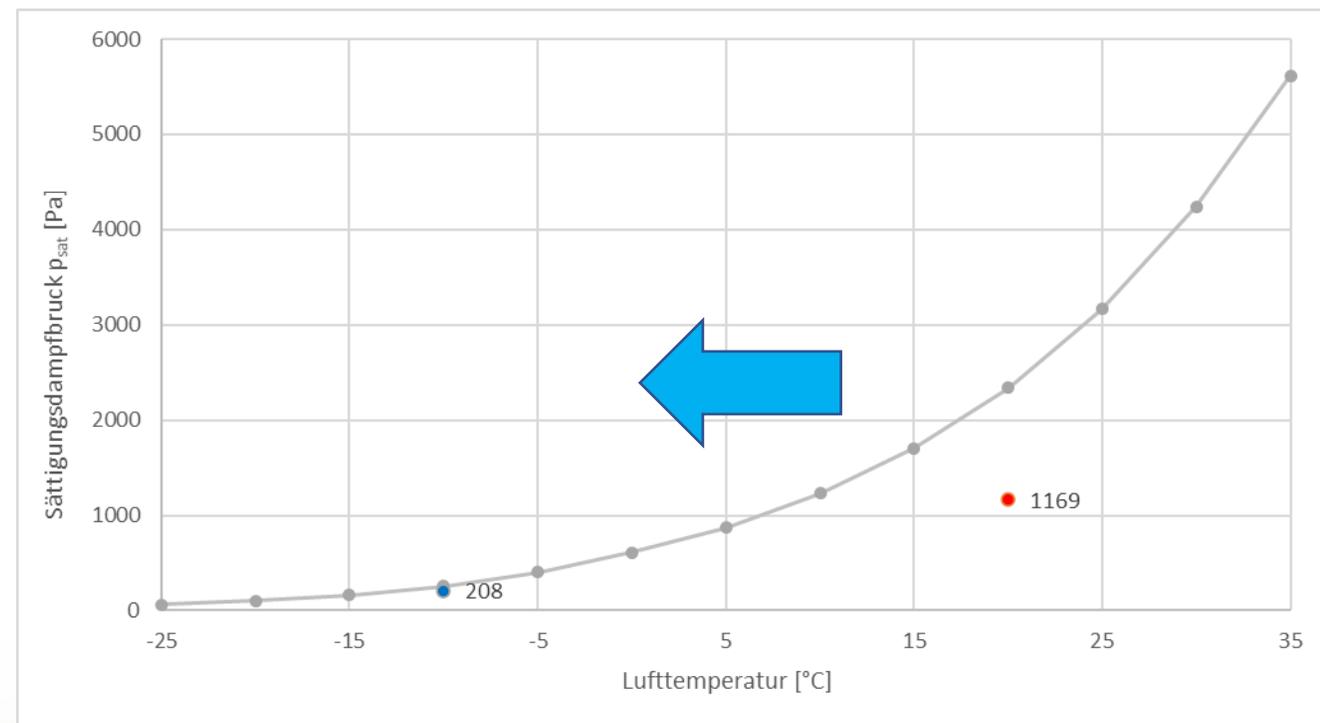
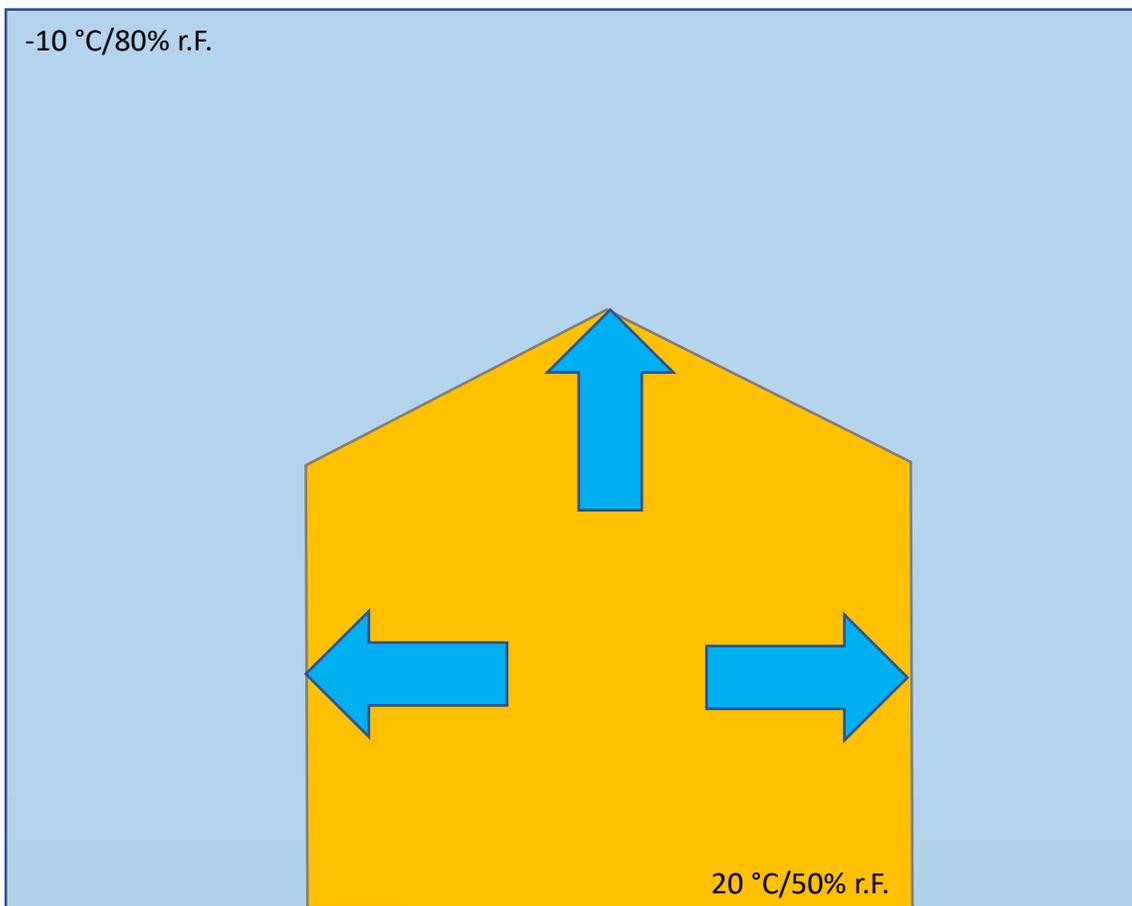


Die Gesetze der Physik: Diffusion





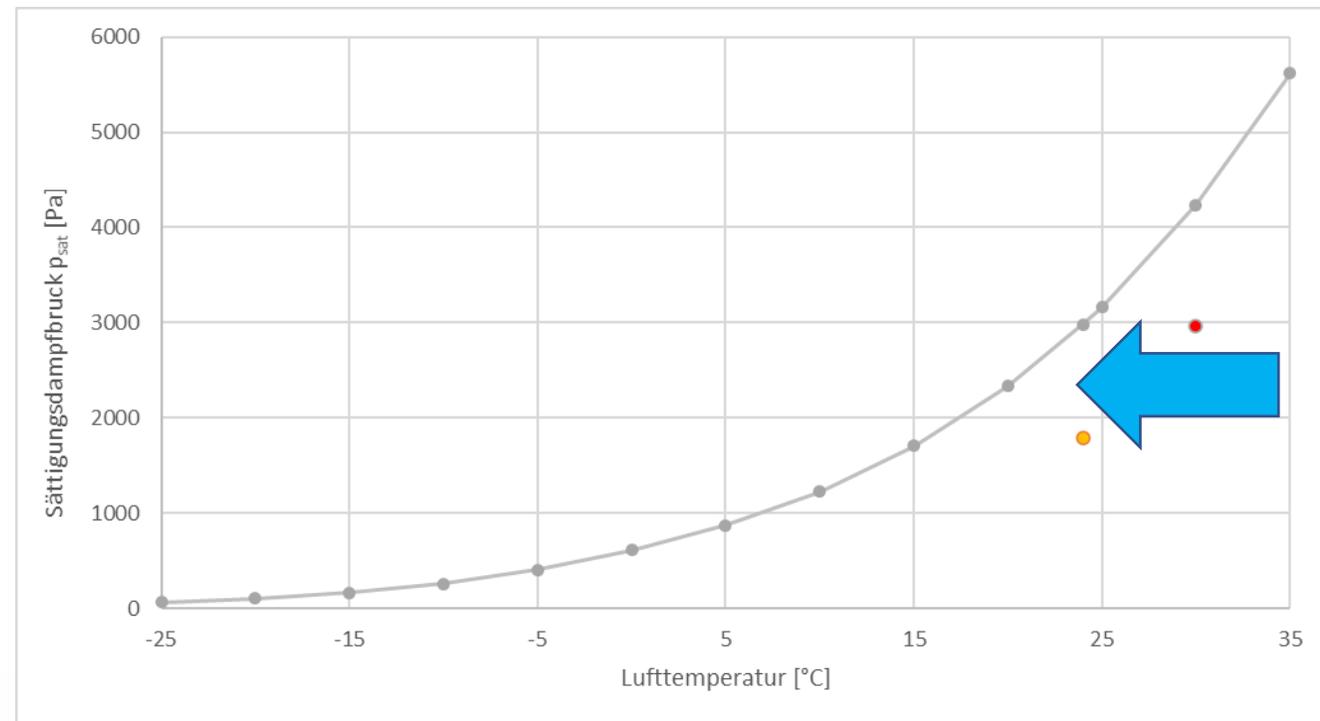
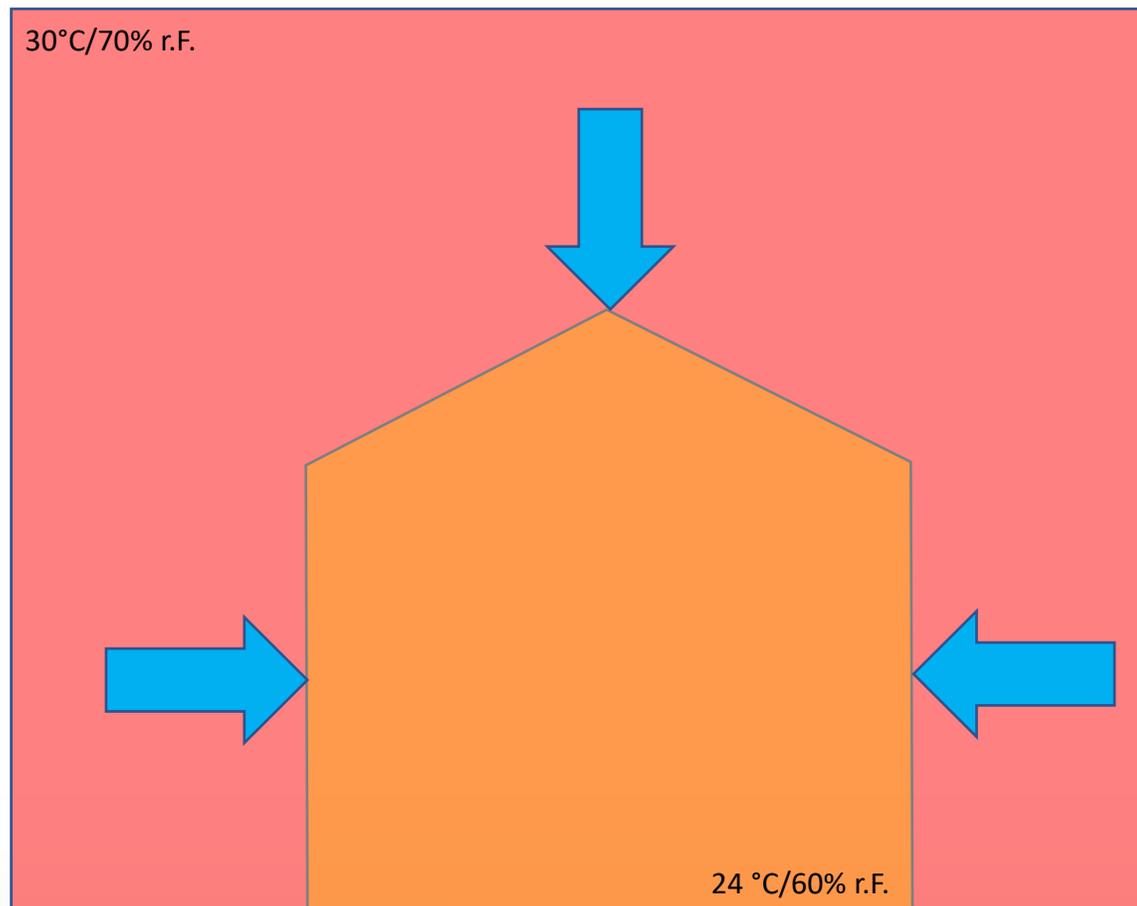
Die Gesetze der Physik: Diffusion



Dampfdruck-Differenz: 961 Pa



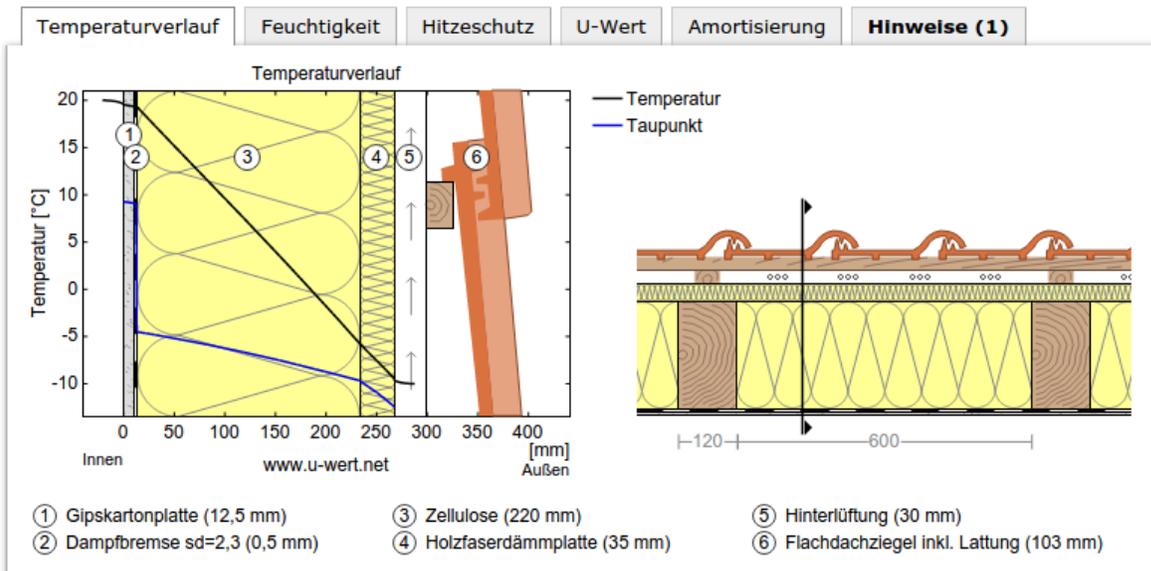
Die Gesetze der Physik: Diffusion



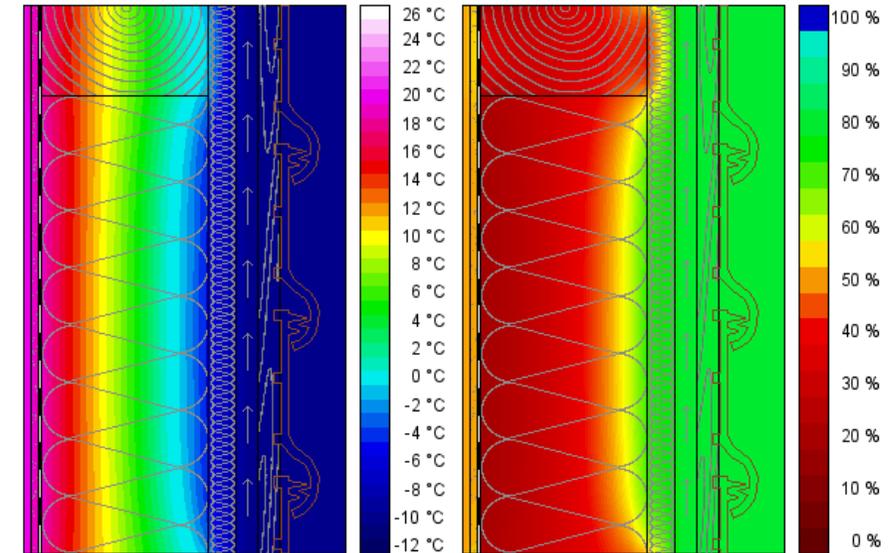
Dampfdruck-Differenz: 1'178 Pa



Nachweisinstrumente: Glaser-Verfahren



Temperatur und relative Feuchte in 2D



Verlauf der Temperatur innerhalb des Bauteils.

Relative Feuchte in %. Je kleiner die Werte, umso trockener ist das Bauteil. Bei 100% entsteht Tauwasser.

Schichten (von innen nach außen)

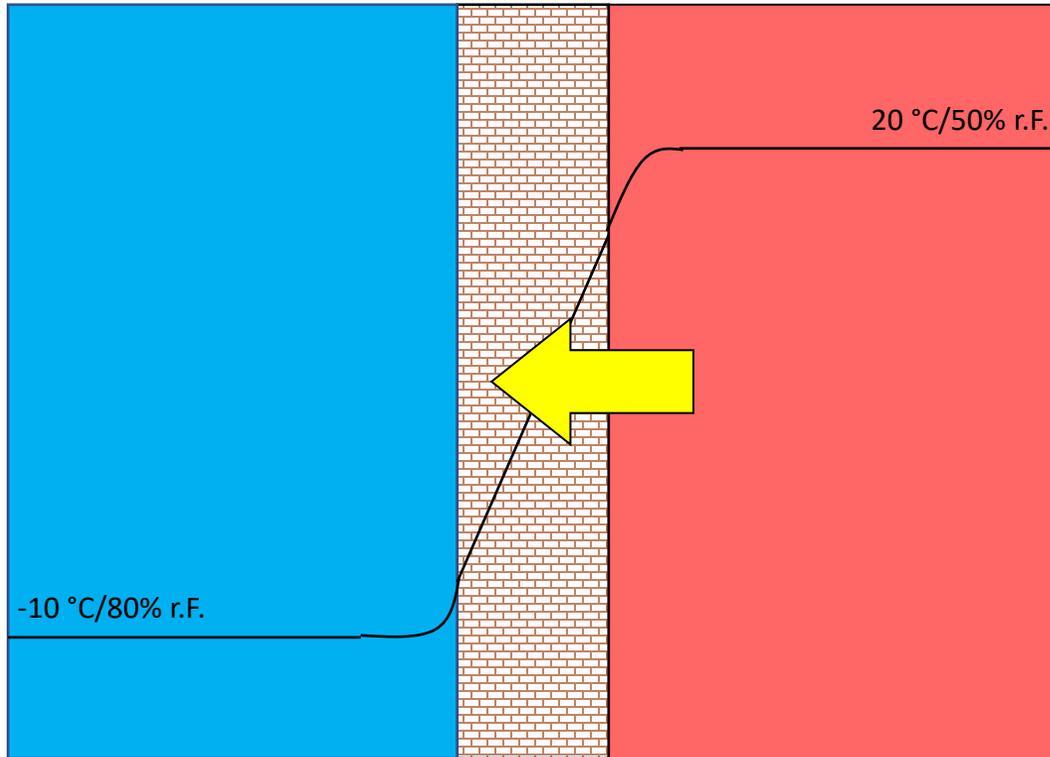
Folgende Tabelle enthält die wichtigsten Daten aller Schichten des Bauteils:

#	Material	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	Temp. [°C]		Gewicht kg/m ²	Tauwasser %
				min	max		
	Wärmeübergangswiderstand		0,100	18,9	20,0		
1	1,25 cm Gipskartonplatte	0,250	0,050	18,3	19,6	8,5	0,0
2	0,05 cm Dampfbremse $s_d=2,3$	0,220	0,002	18,3	19,3	0,1	0,0
3	22 cm Zellulose (60 cm)	0,040	5,500	-5,9	19,3	11,0	0,0
	22 cm Fichte (12 cm)	0,130	1,692	-2,8	18,7	16,5	0,0
4	3,5 cm Holzfaserdämmplatte	0,045	0,778	-9,5	-1,8	5,6	0,0
	Wärmeübergangswiderstand		0,100	-10,0	-9,1		
5	3 cm Hinterlüftung (Außenluft)			-10,0		0,0	
6	10,3 cm Flachdachziegel inkl. Lattung			-10,0		51,5	
	40,1 cm Gesamtes Bauteil		5,203			93,2	

Glaser-Verfahren nach SN EN ISO 13788
Diffusionsnachweis, um zu beurteilen, ob sich im Laufe der Zeit durch Diffusionsprozesse eine unzulässige Anreicherung der Feuchte ergibt.



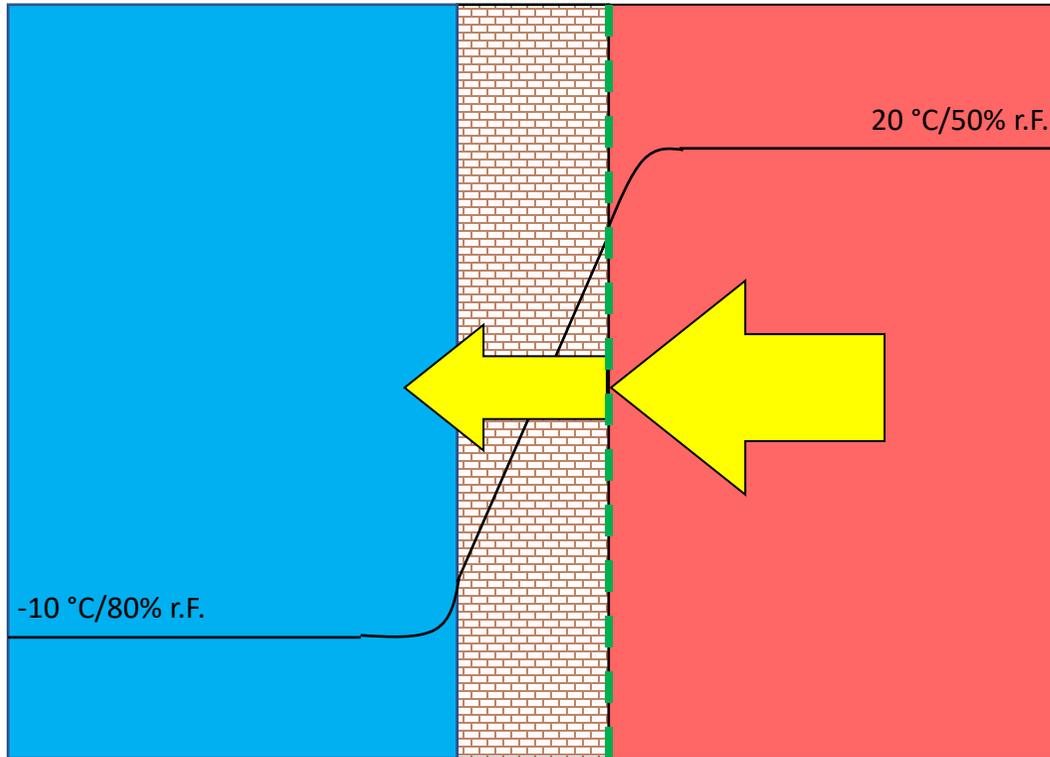
Diffusion versus Konvektion



Diffusion



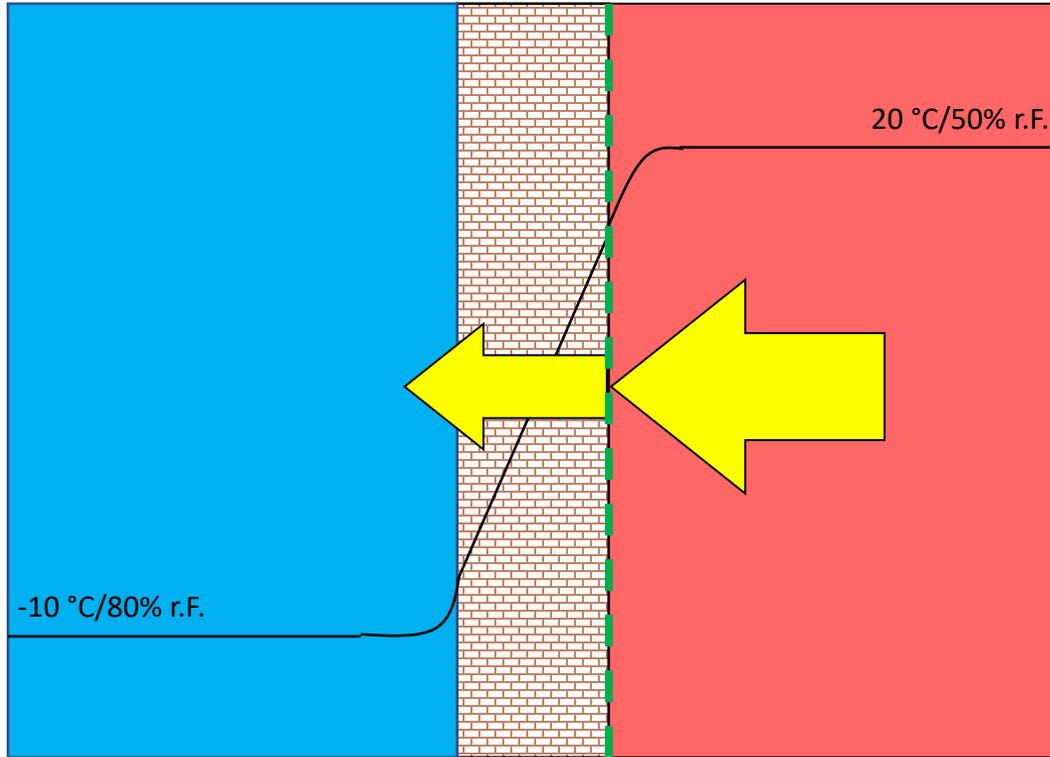
Diffusion versus Konvektion



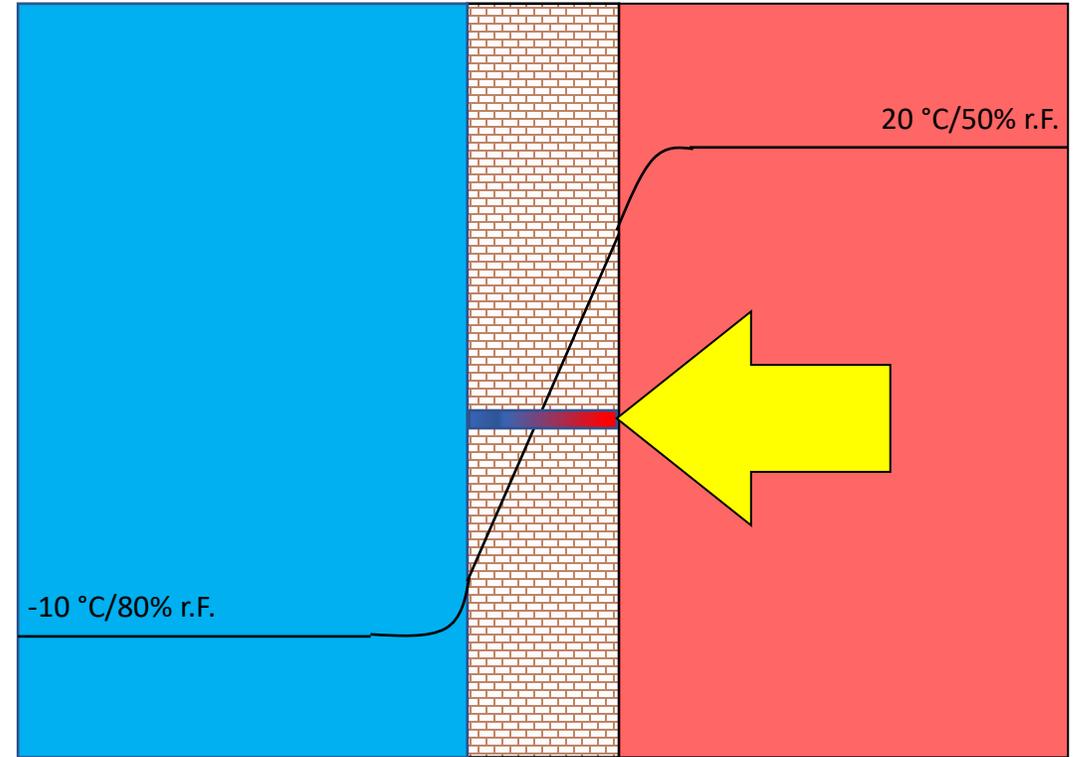
Diffusion



Diffusion versus Konvektion



Diffusion

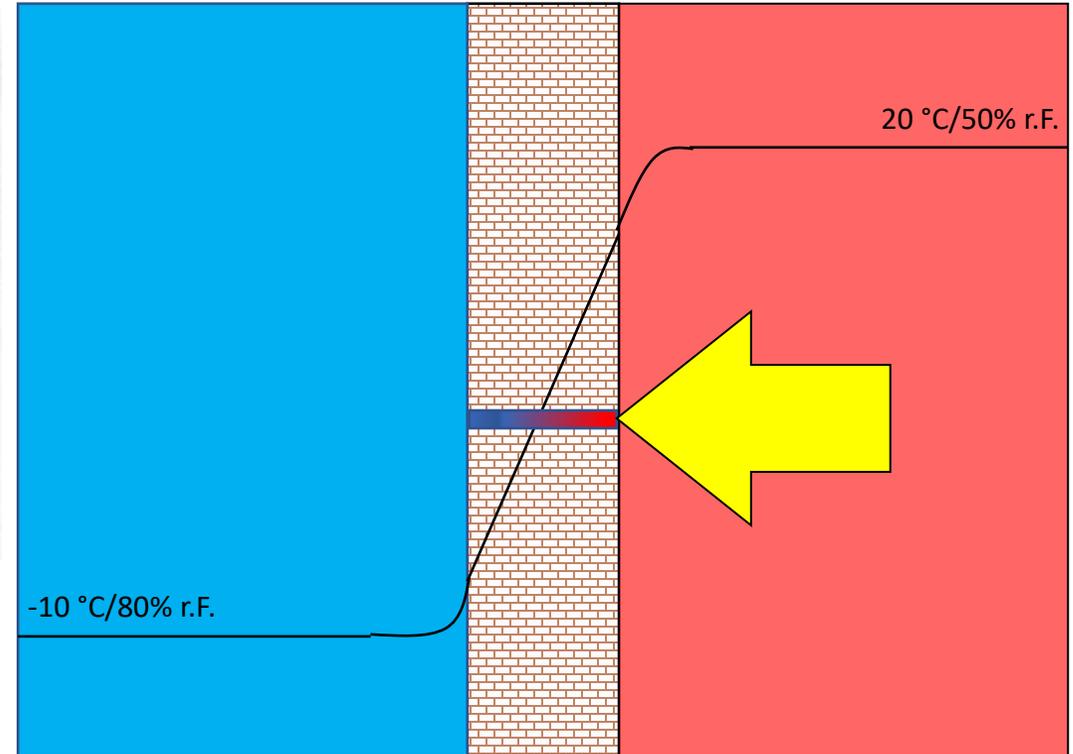
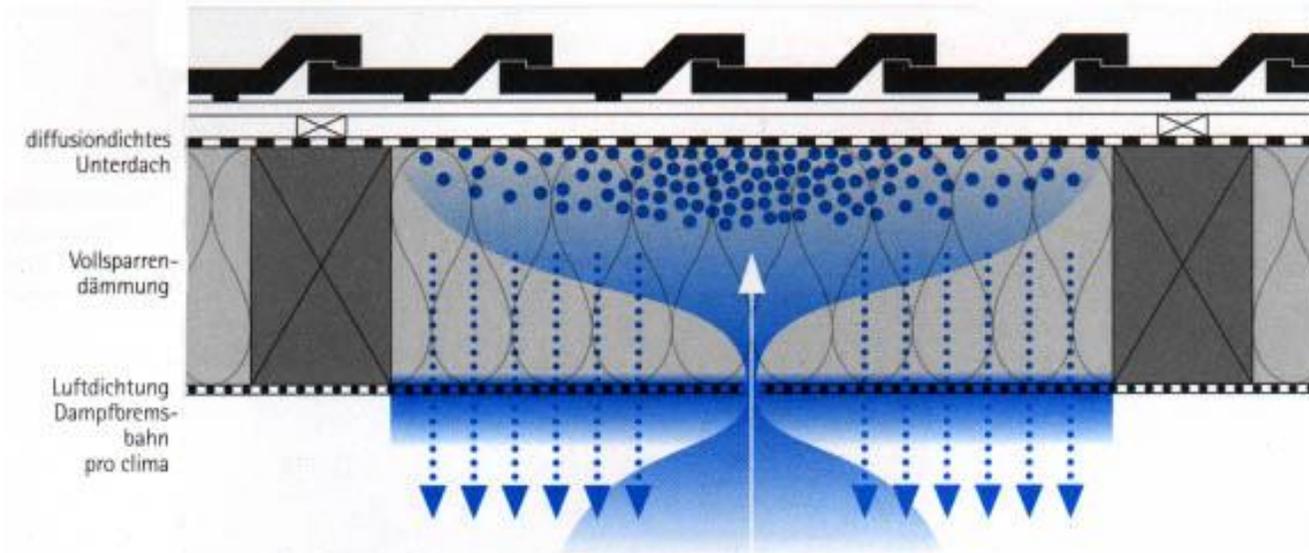


Konvektion

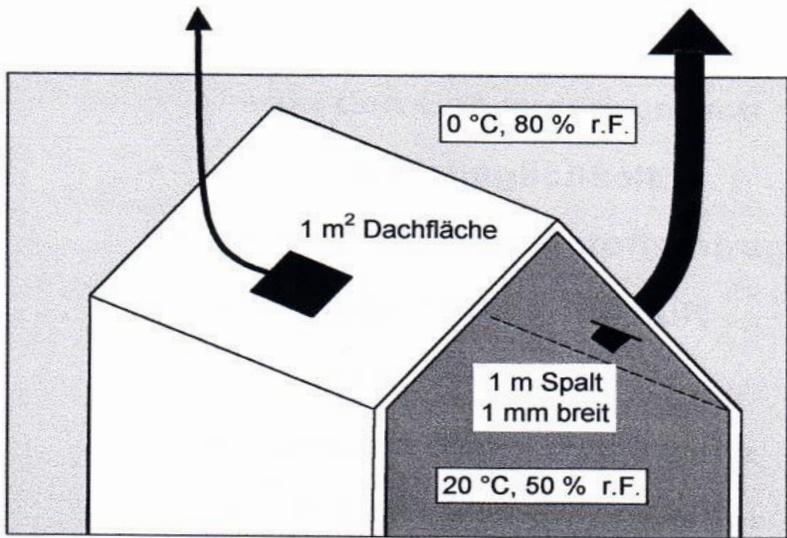


[Ampack AG]

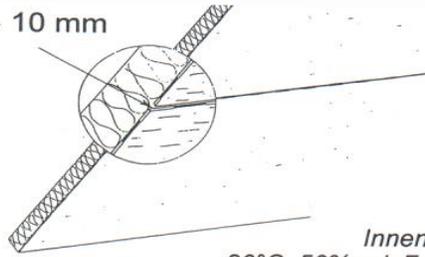
Diffusion versus Konvektion



Konvektion



Fuge 1 - 10 mm

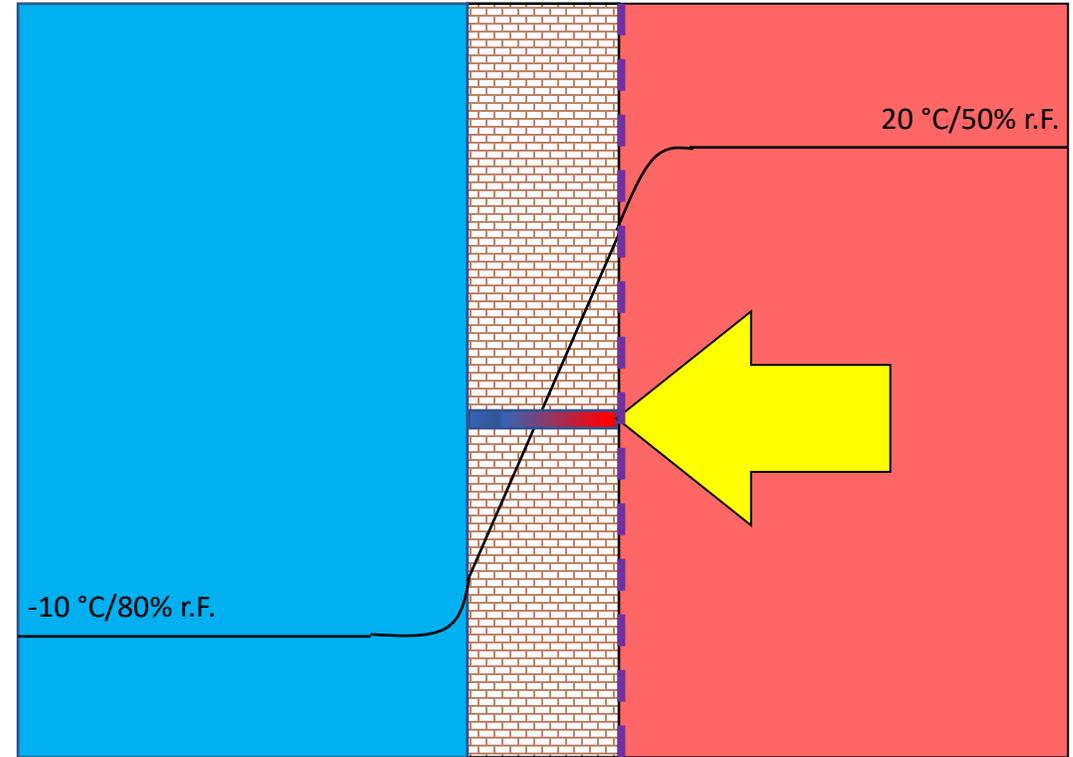


Innenklima:
20°C, 50% rel. Feuchte

Außenklima: -10°C, 80% r.F.	Diffusionssperwert (s_d)		
	$s_d = 100$ m	$s_d = 20$ m	$s_d = 2$ m
Tägl. Diffusionsstrom [g/m²]	0,15	0,7	7

Druckdifferenz: 5 Pascal	Fugenbreite		
	1 mm	3 mm	10 mm
Tägl. Konvektionsstrom [g/lfm Fuge]	200	400	600

Diffusion versus Konvektion



Konvektion

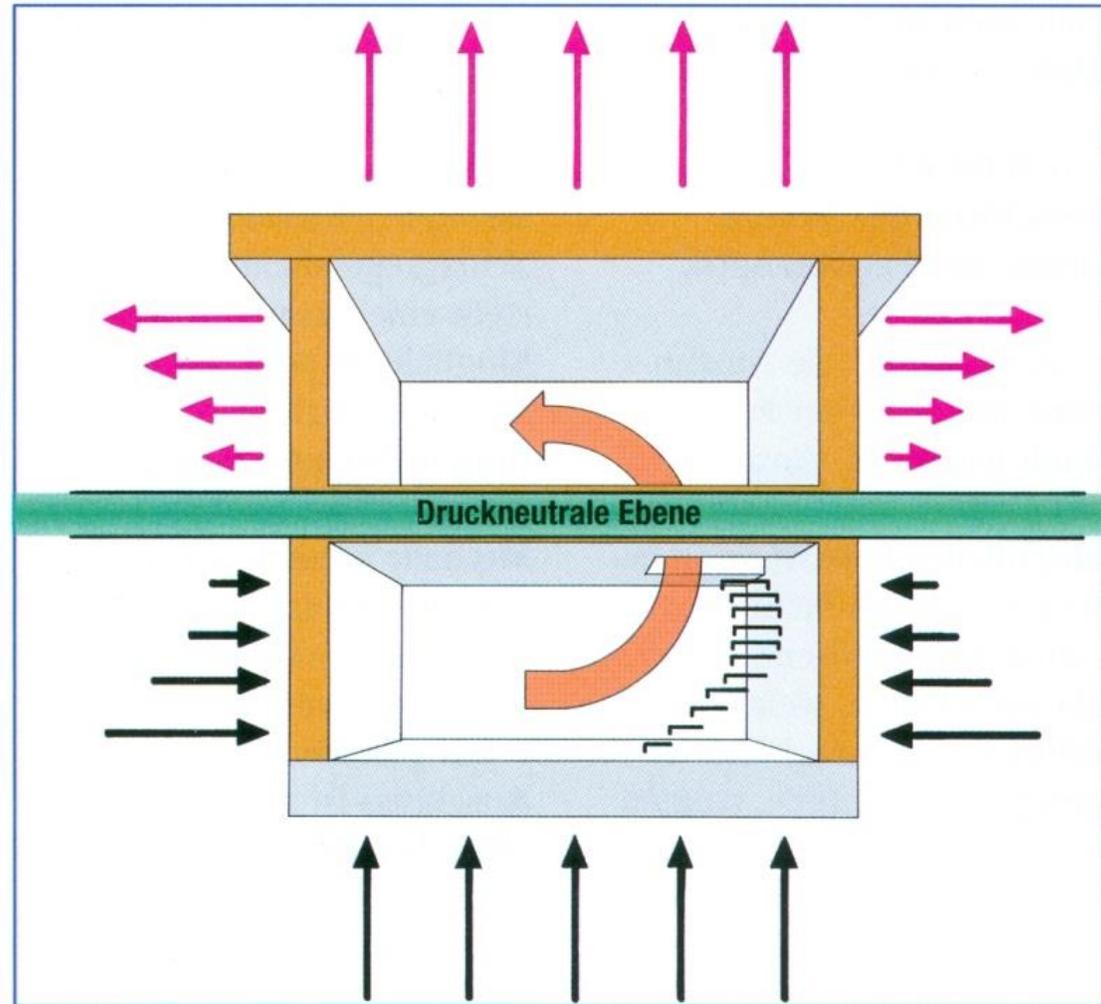


Fallbeispiel





Dampfkonvektion Antriebskräfte



- Wind
- thermischer Auftrieb infolge Druckdifferenzen

[Künzel, IBP]

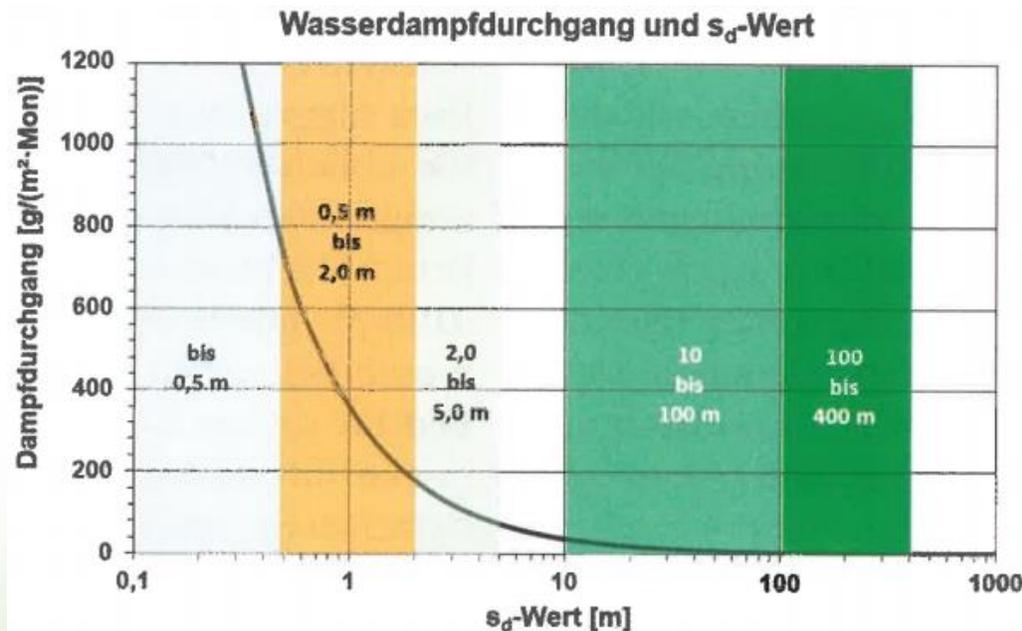


Dampfbremse - Dampfsperre

- **Dampfbremse** (SIA 180, 1.1.8.15)

Bauteilschicht, welche die Wasserdampfdiffusion durch diesen Bauteil verringert. Sie wird gekennzeichnet durch ihren Diffusionswiderstand Z_p oder durch ihre diffusionsäquivalente Luftschichtdicke s_d .

Der Dampfdurchgang ist umgekehrt proportional zum s_d -Wert.



Wasserdampfdurchlässigkeit in
Abhängigkeit von s_d -Wert einer
Bauteilschicht

Randbedingungen:

innen: 20°C/50% r.F., aussen -5°C/80% r.F.

[HOLZBAU 5/2017]

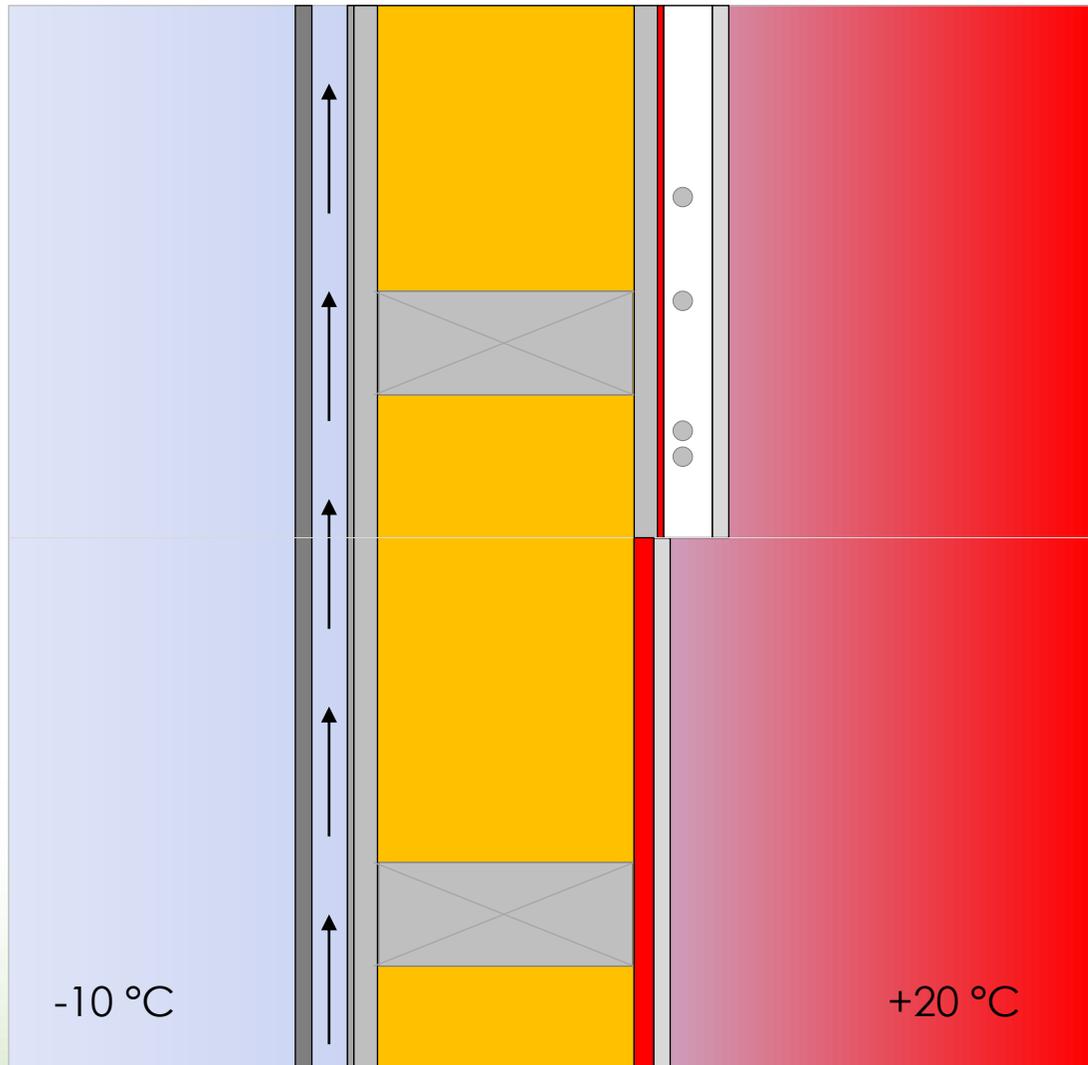


Wie macht man dicht?





Luftdichtung

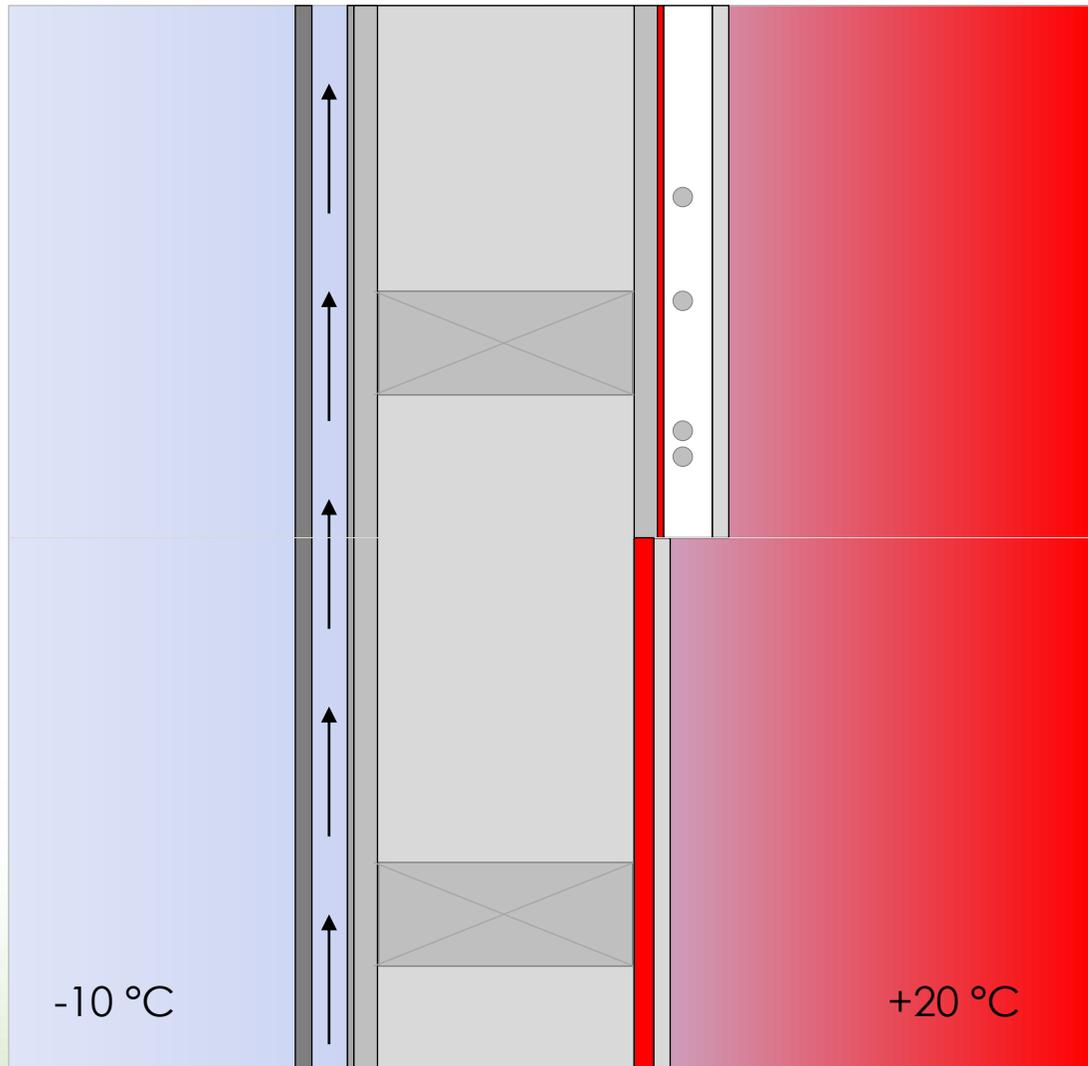


Norm SIA 232/2
Hinterlüftete Bekleidungen
von Aussenwänden

„Warmseitig der Wärme-
dämmung verlaufende
luftdichte Schicht“



Dampfbremse



Norm SIA 232/2
Hinterlüftete Bekleidungen
von Aussenwänden

„Bauteilschicht, welche die
Aufgabe hat, die Wasser-
dampfdiffusion durch diesen
Bauteil zu verringern“

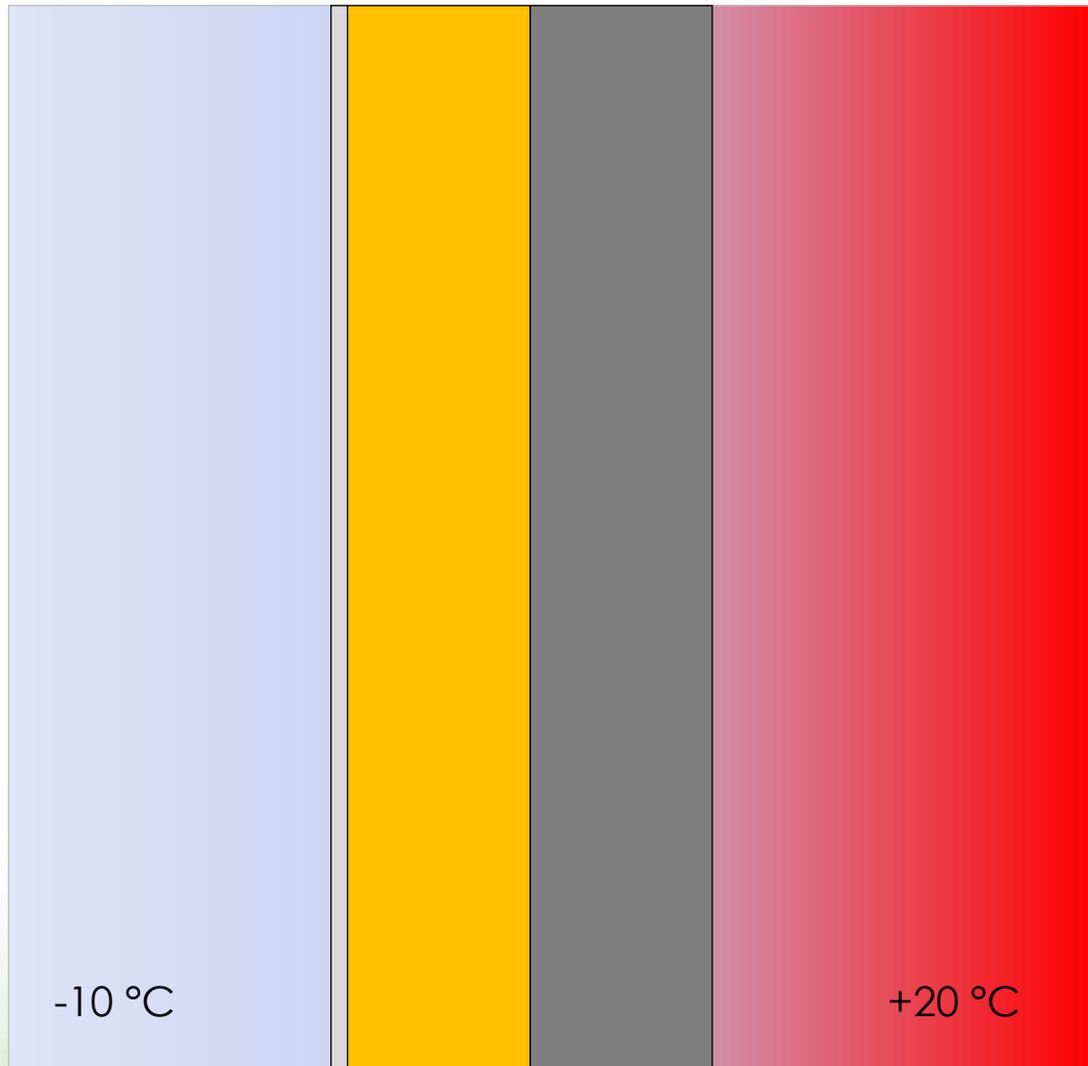


Winddichtung - Luftdichtung

- Die Winddichtung auf der Aussenseite der Konstruktion ist grundsätzlich keine Luftdichtungsschicht.
- Die Winddichtung selber muss nicht zwingend luftdicht ausgebildet werden.

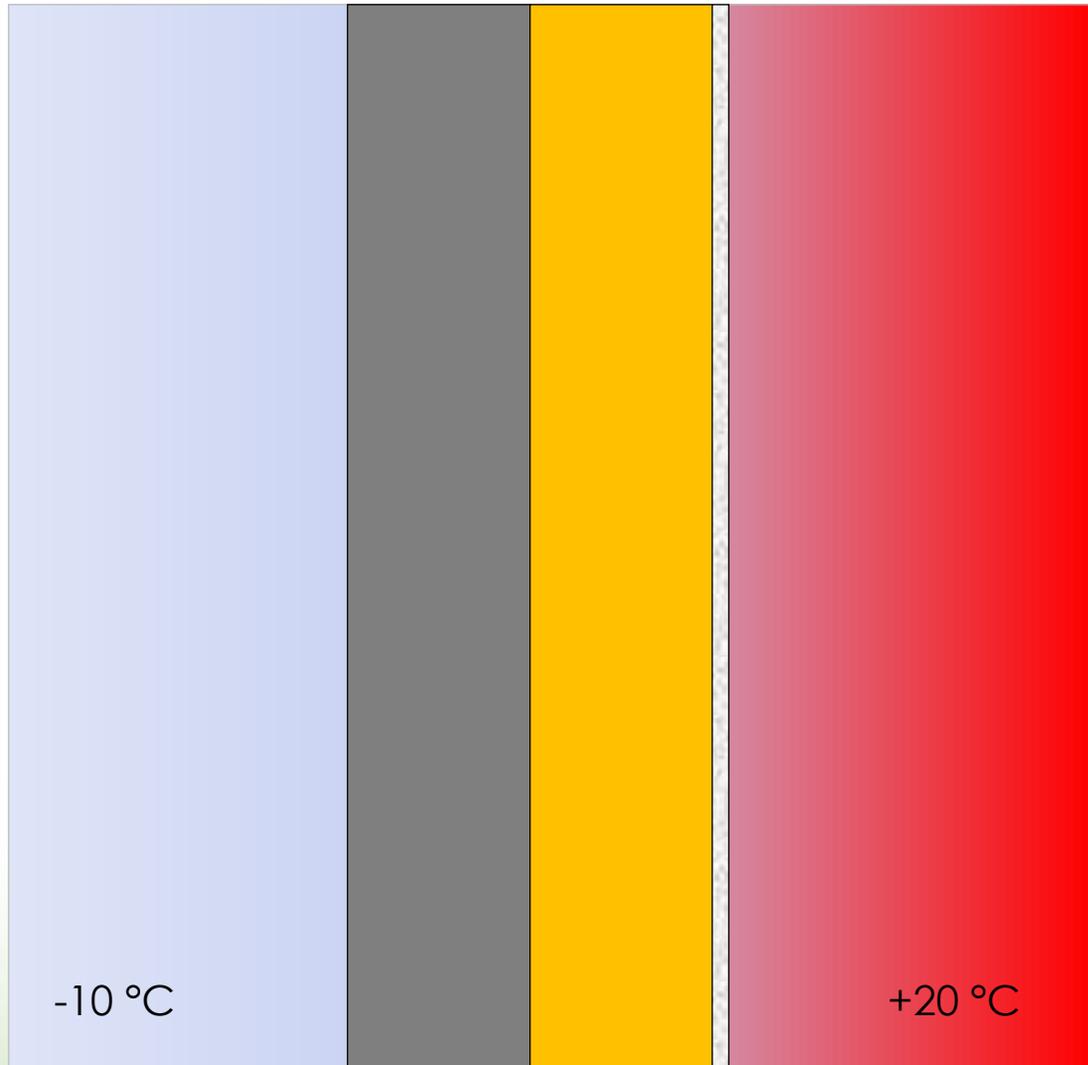


Luftdichtigkeitsebene
Betonwand (1)



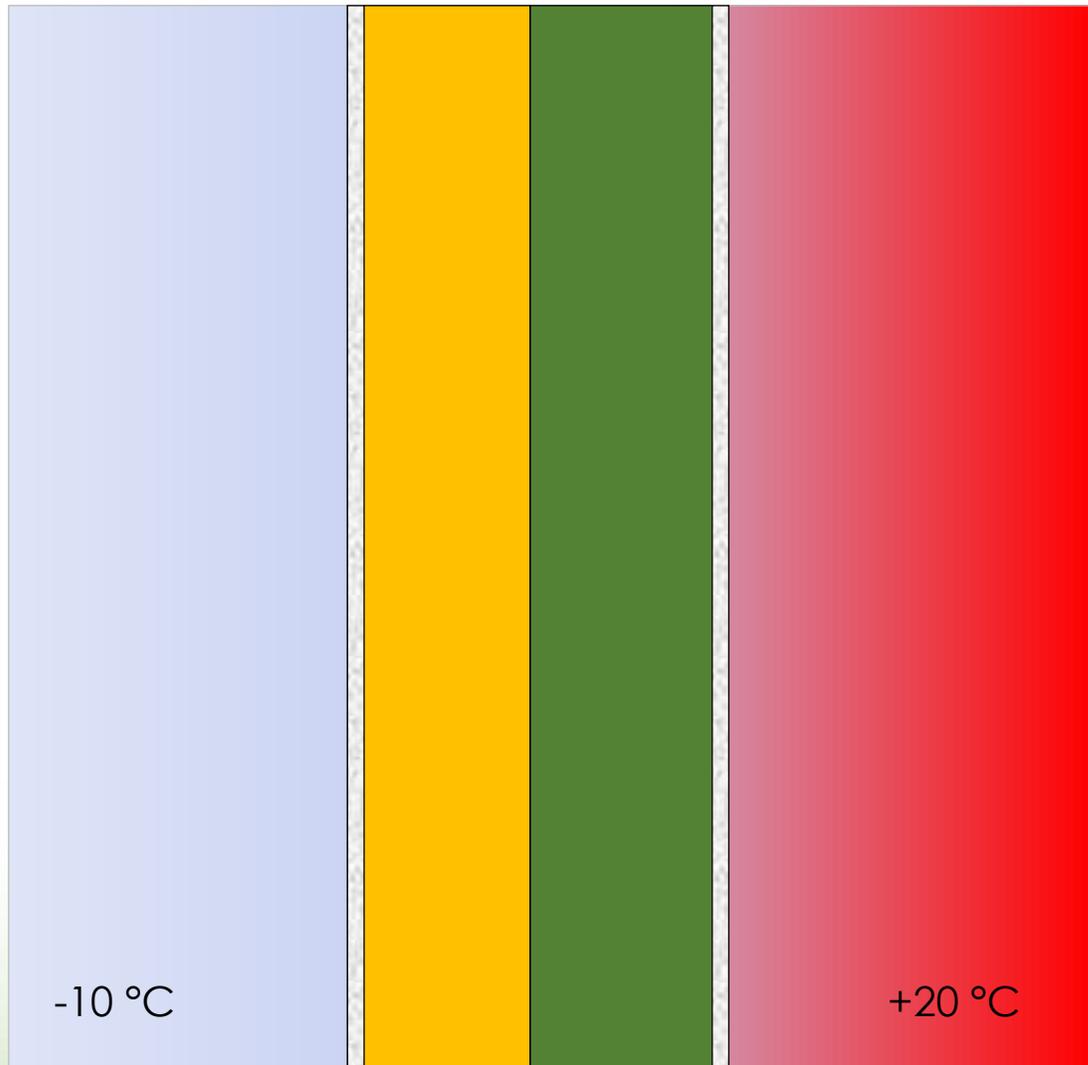


Luftdichtigkeitsebene
Betonwand (2)



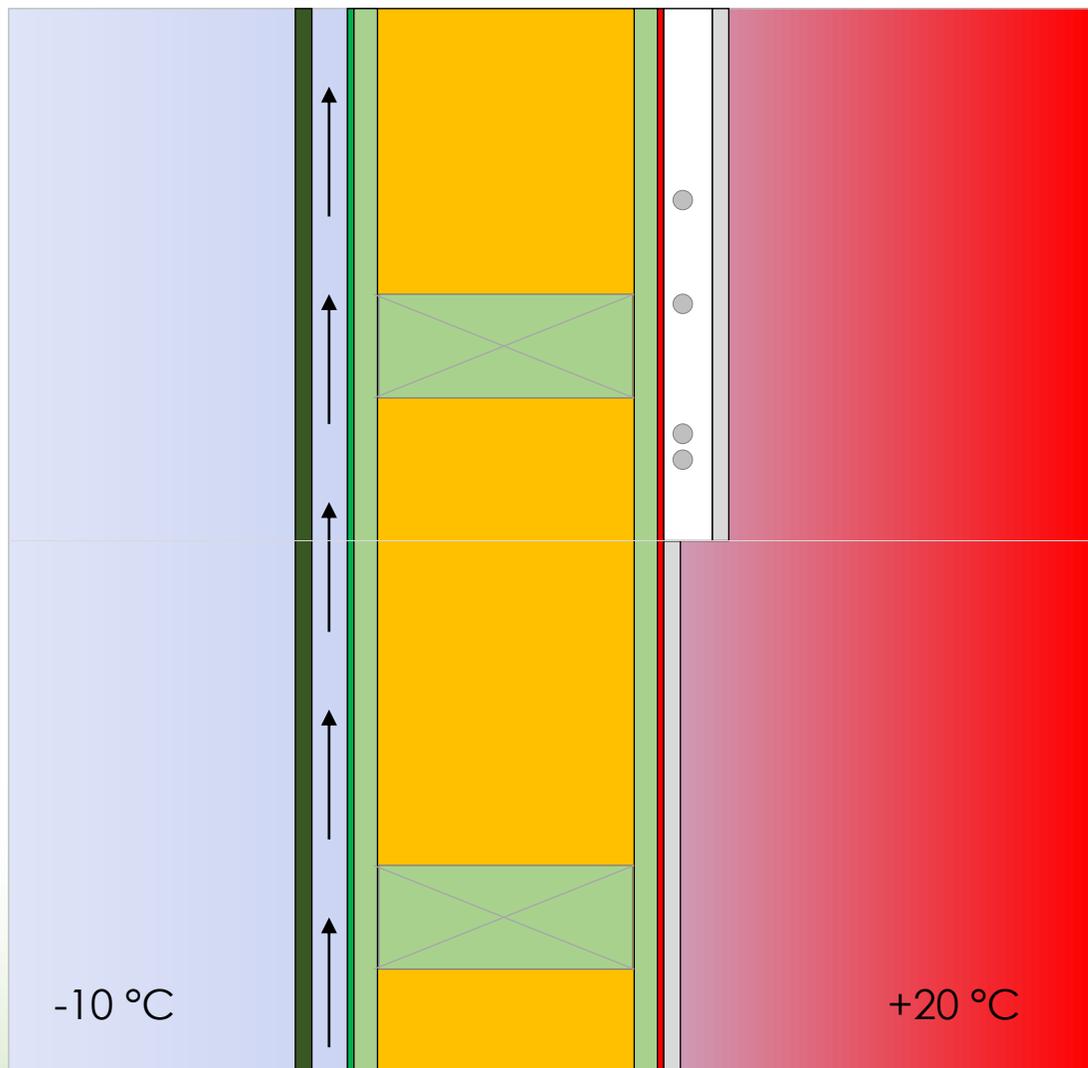


Luftdichtigkeitsebene
Mauerwerk



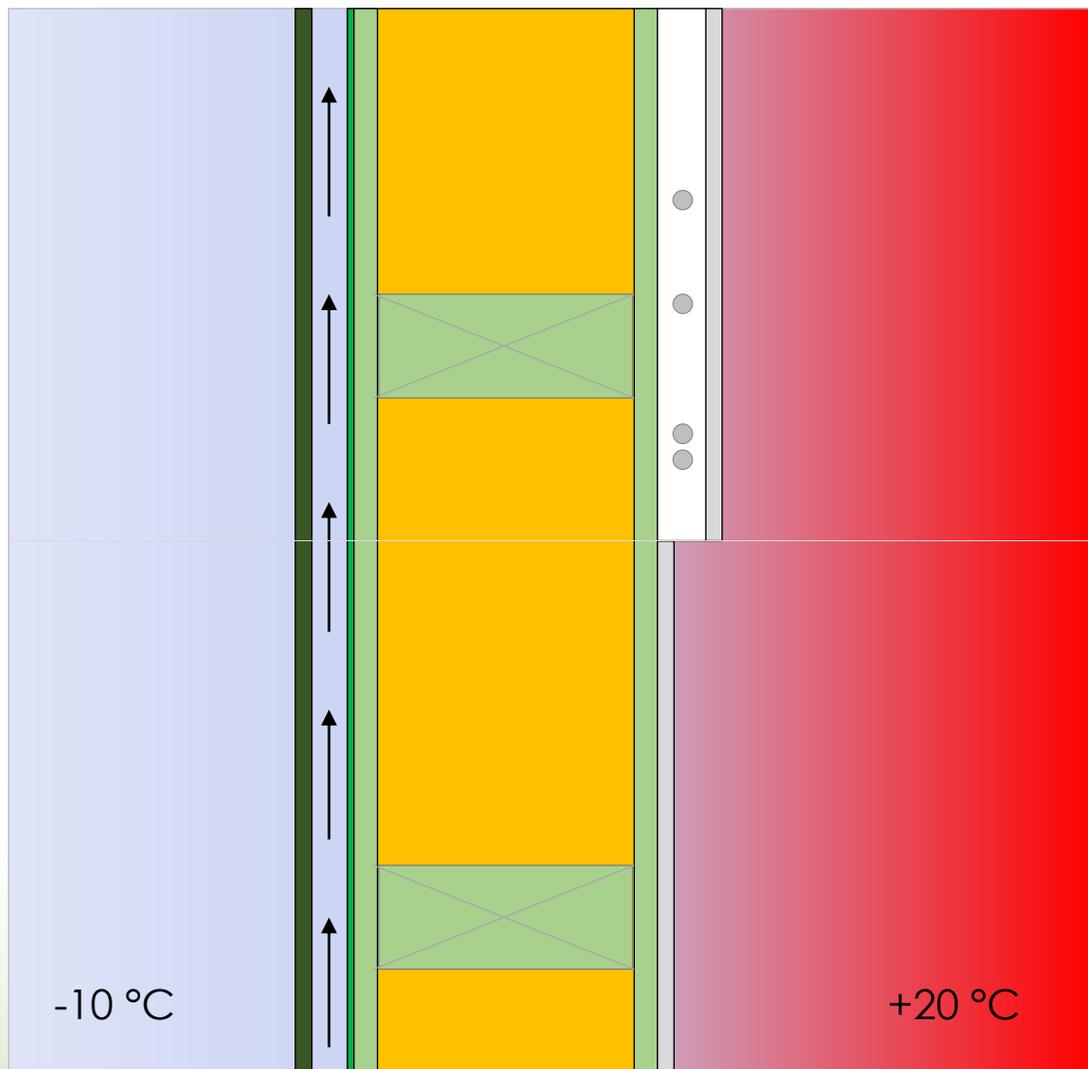


Luftdichtigkeitsebene Holzbau (1)



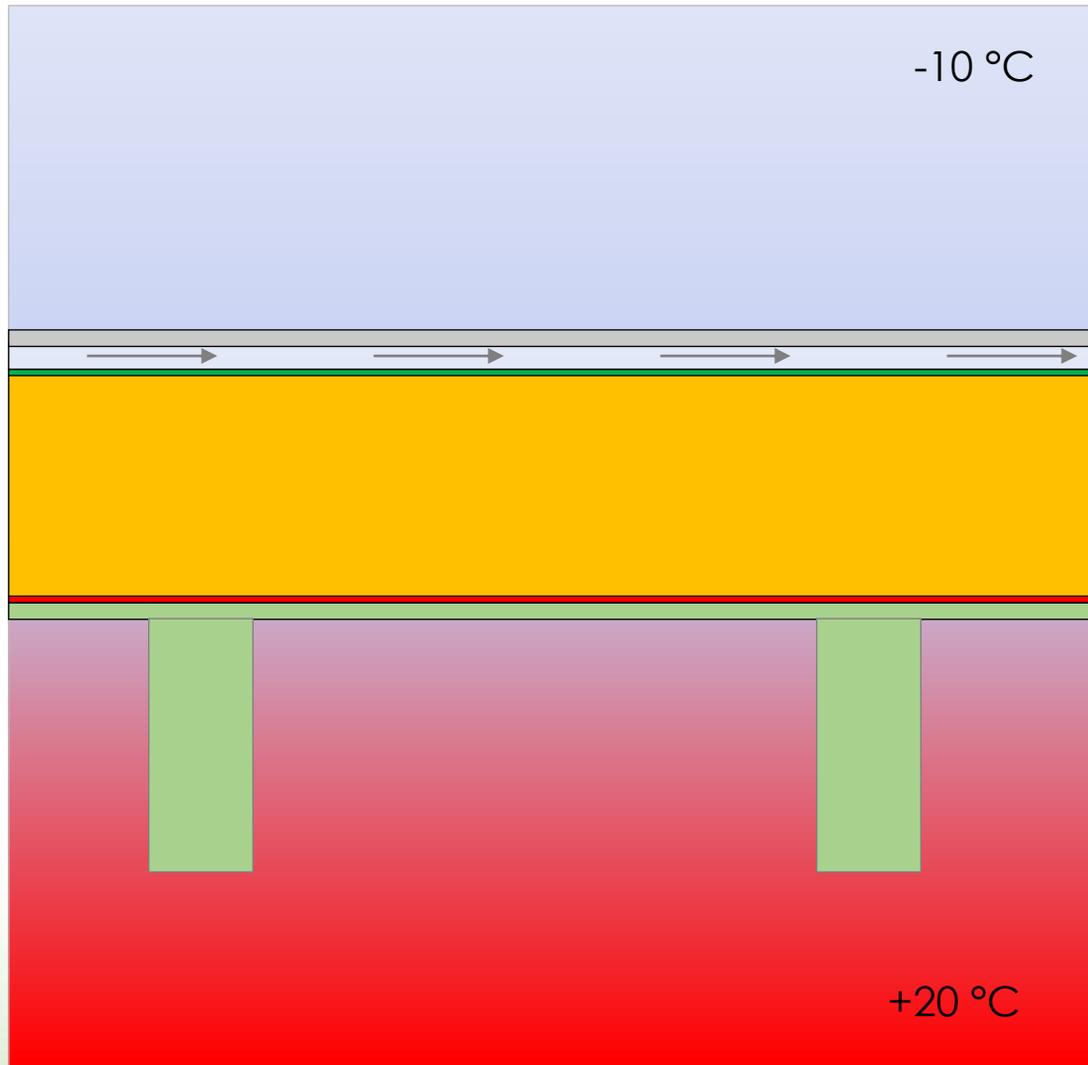


Luftdichtigkeitsebene Holzbau (2)



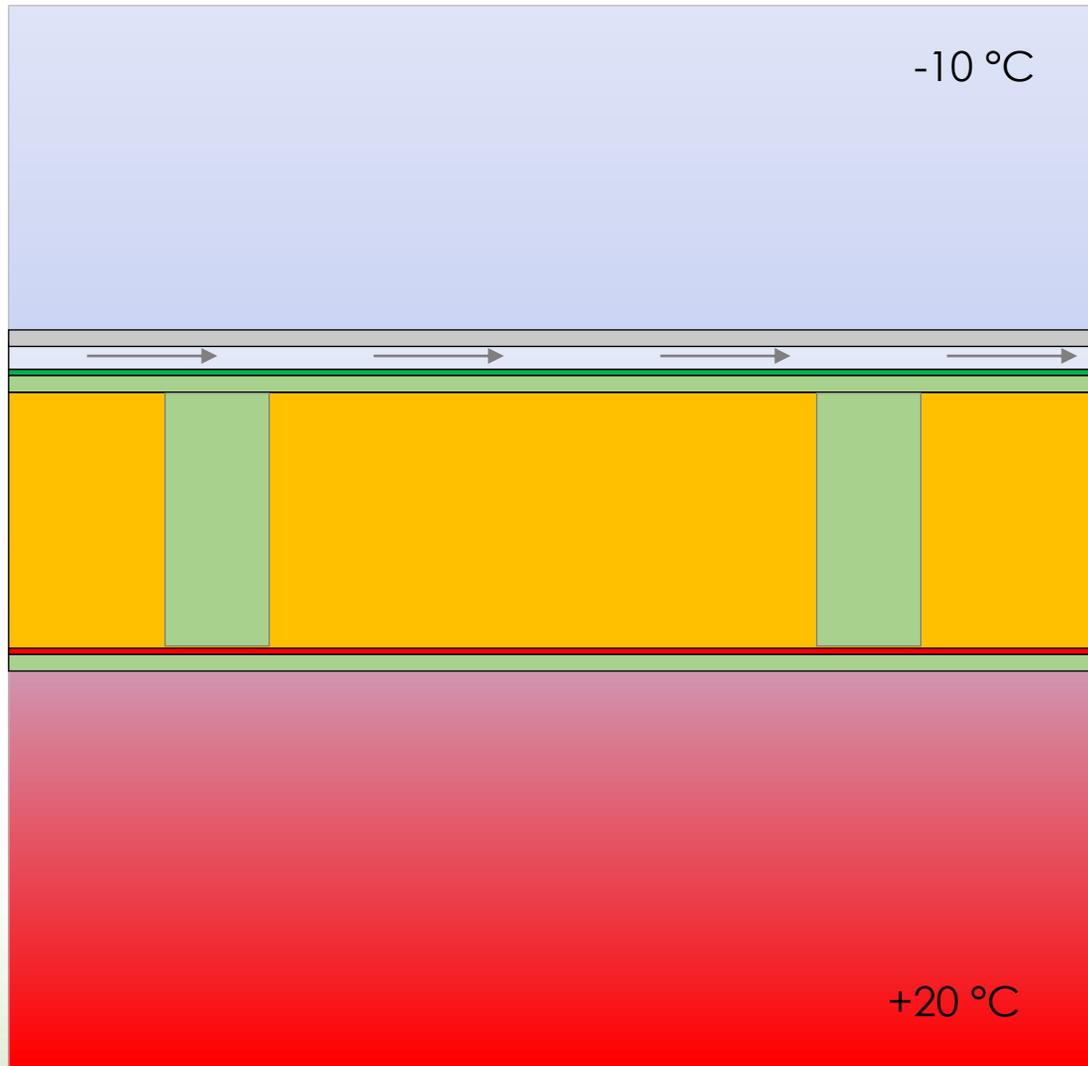


Luftdichtigkeitsebene Dach (1)





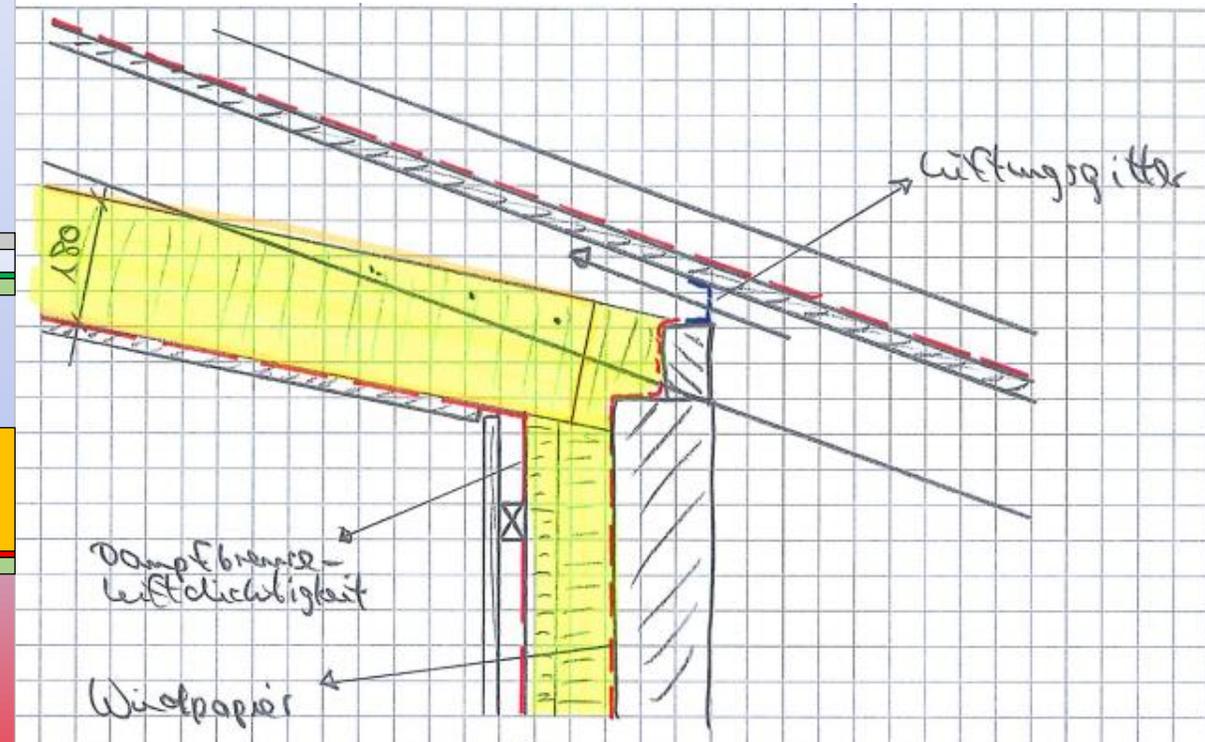
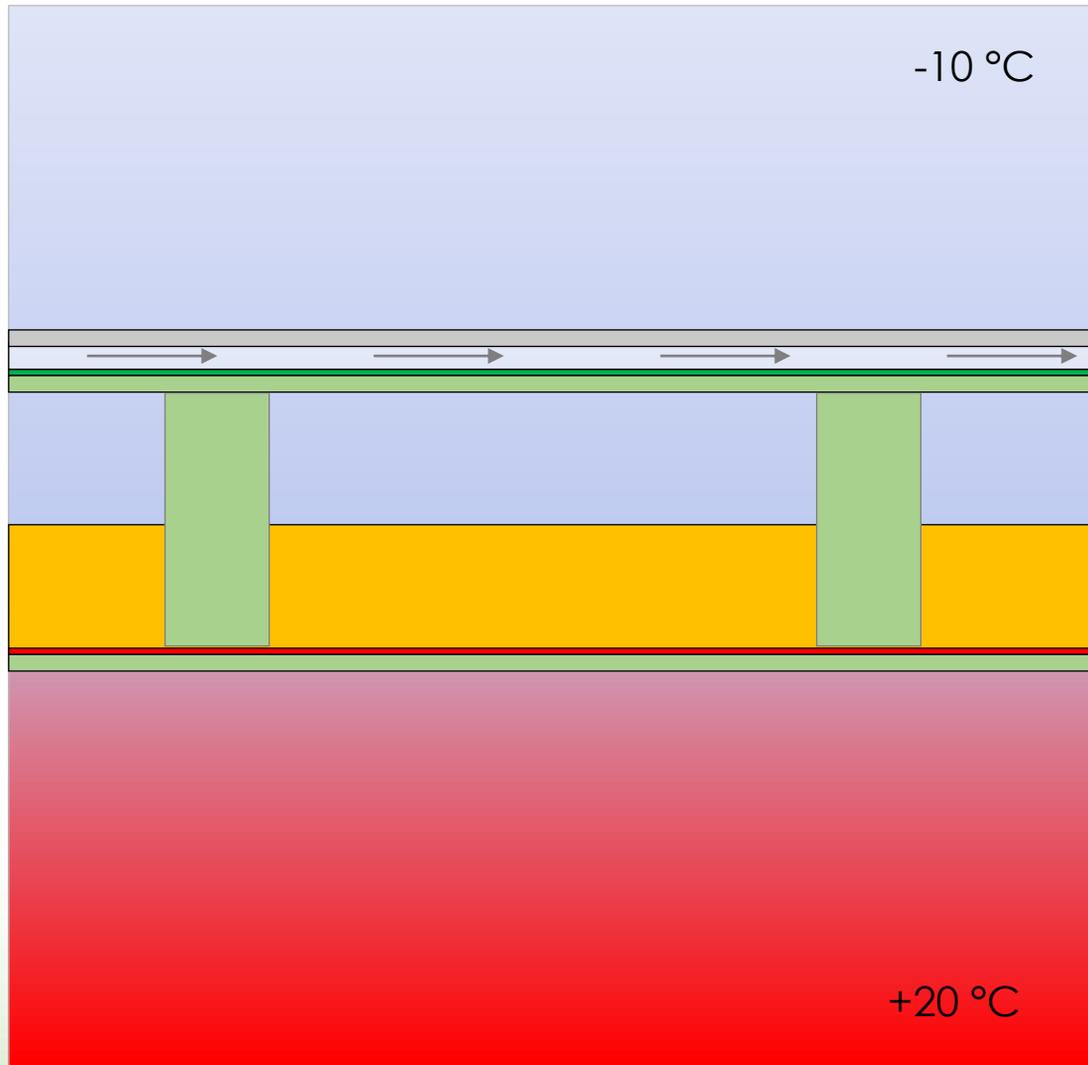
Luftdichtigkeitsebene Dach (2)





Luftdichtigkeitsebene

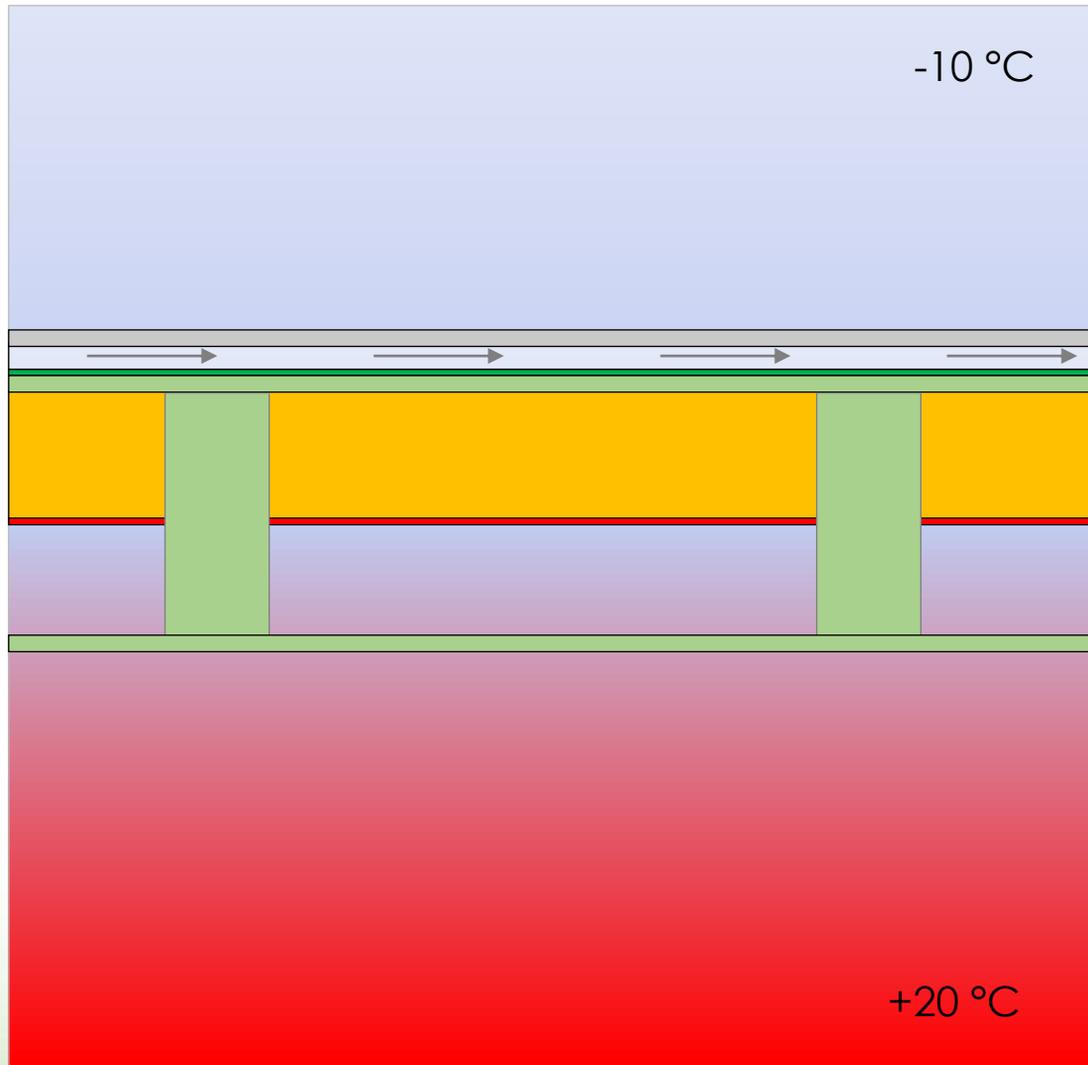
Dach (3)



Bürgerhüs, Ausserbinn
[Holzbau Weger AG]

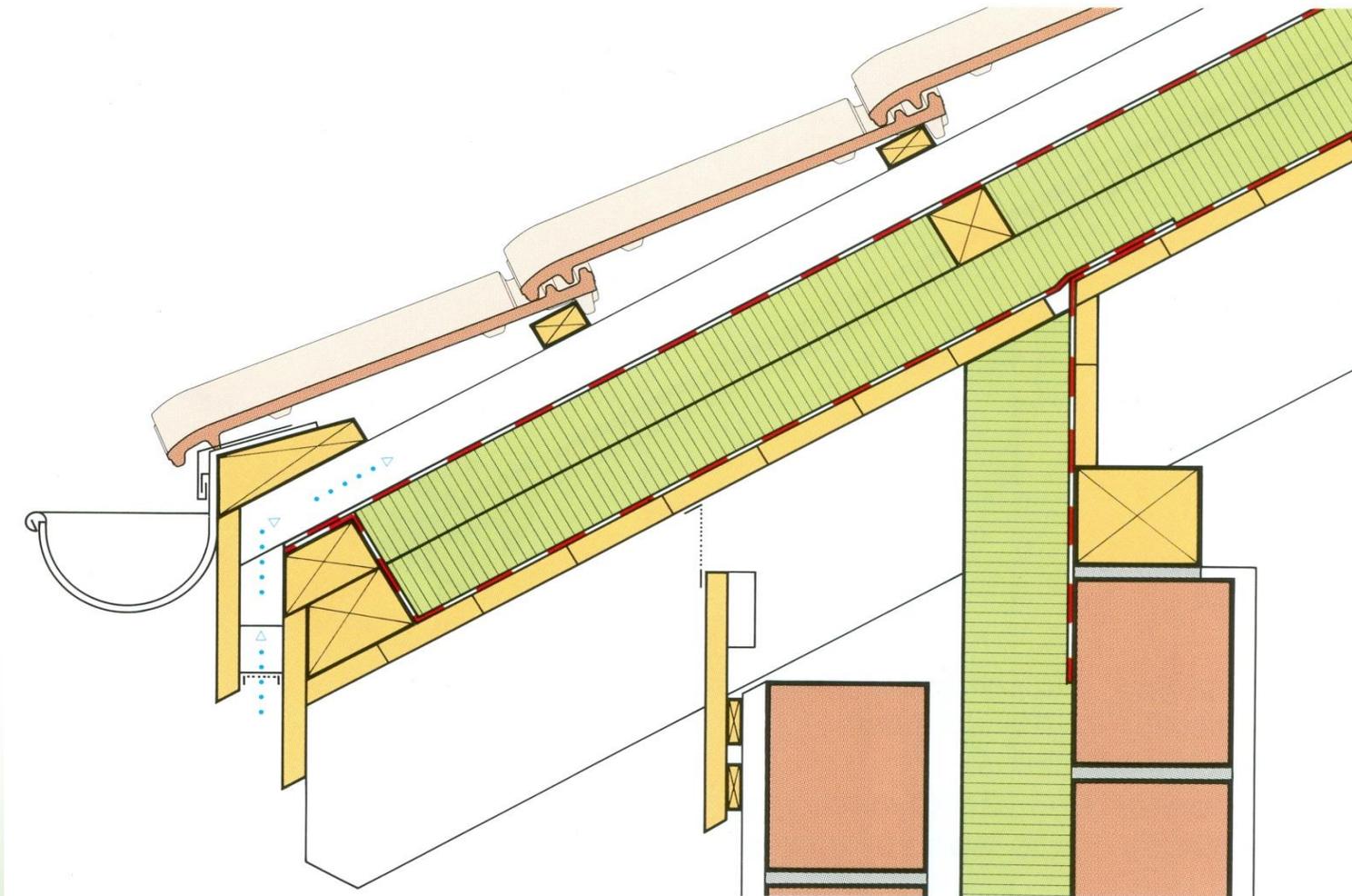


Luftdichtigkeitsebene Dach (4)





Regel der Baukunde?





Regel der Baukunde?





Regel der Baukunde?





Luftdichtigkeit an den Details ...





Luftdichtigkeit eine interdisziplinäre Planungsaufgabe



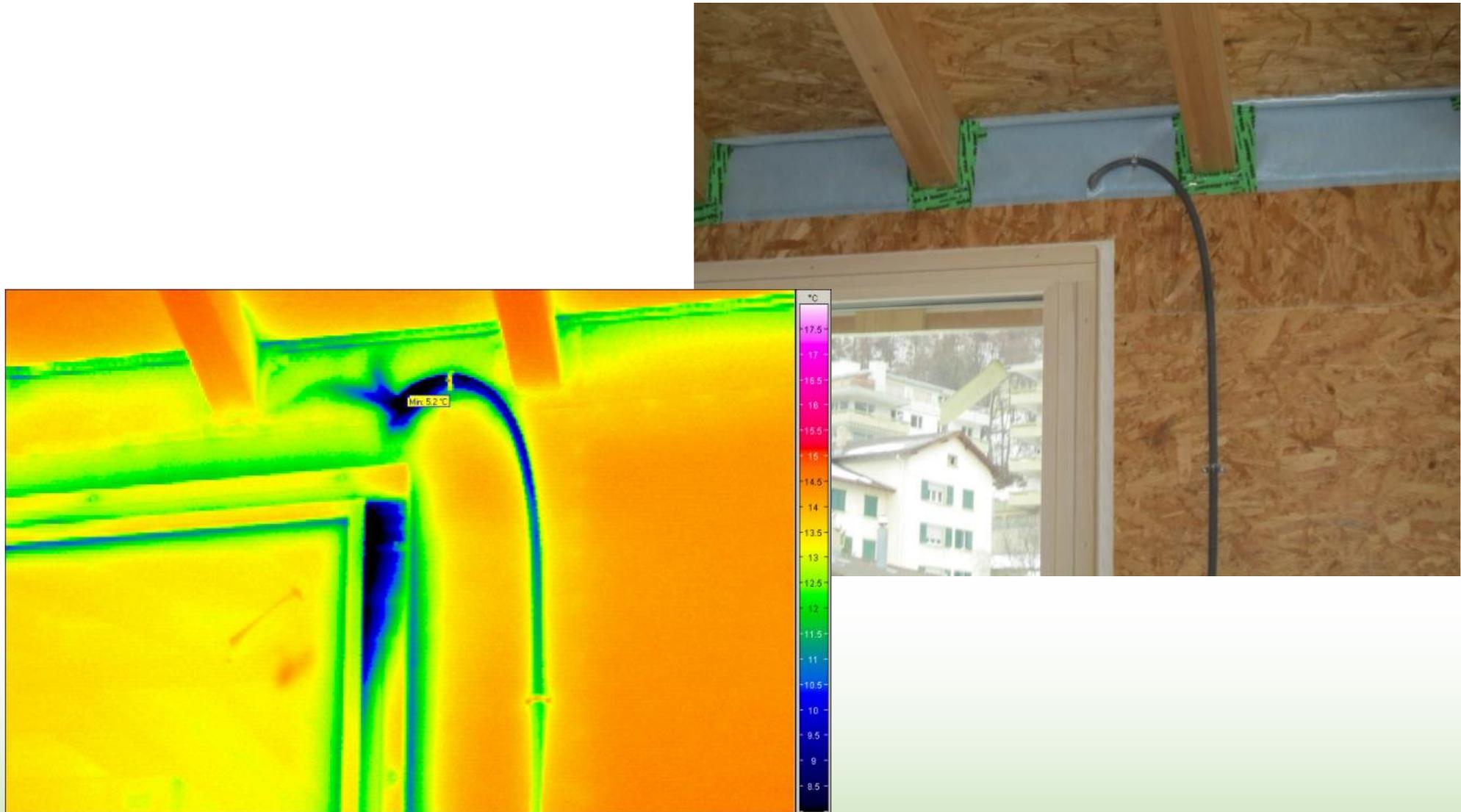
- Architekt
- Bauleitung
- Holzbauer
- Spengler
- Fensterbauer
- Elektriker
- ...

Luftdichtungskonzept

„Gesamtheit aller aufeinander abgestimmten Komponenten, welche die Luftdichtung erfüllen.“ SIA 271



Luftdichtigkeit eine interdisziplinäre Planungsaufgabe



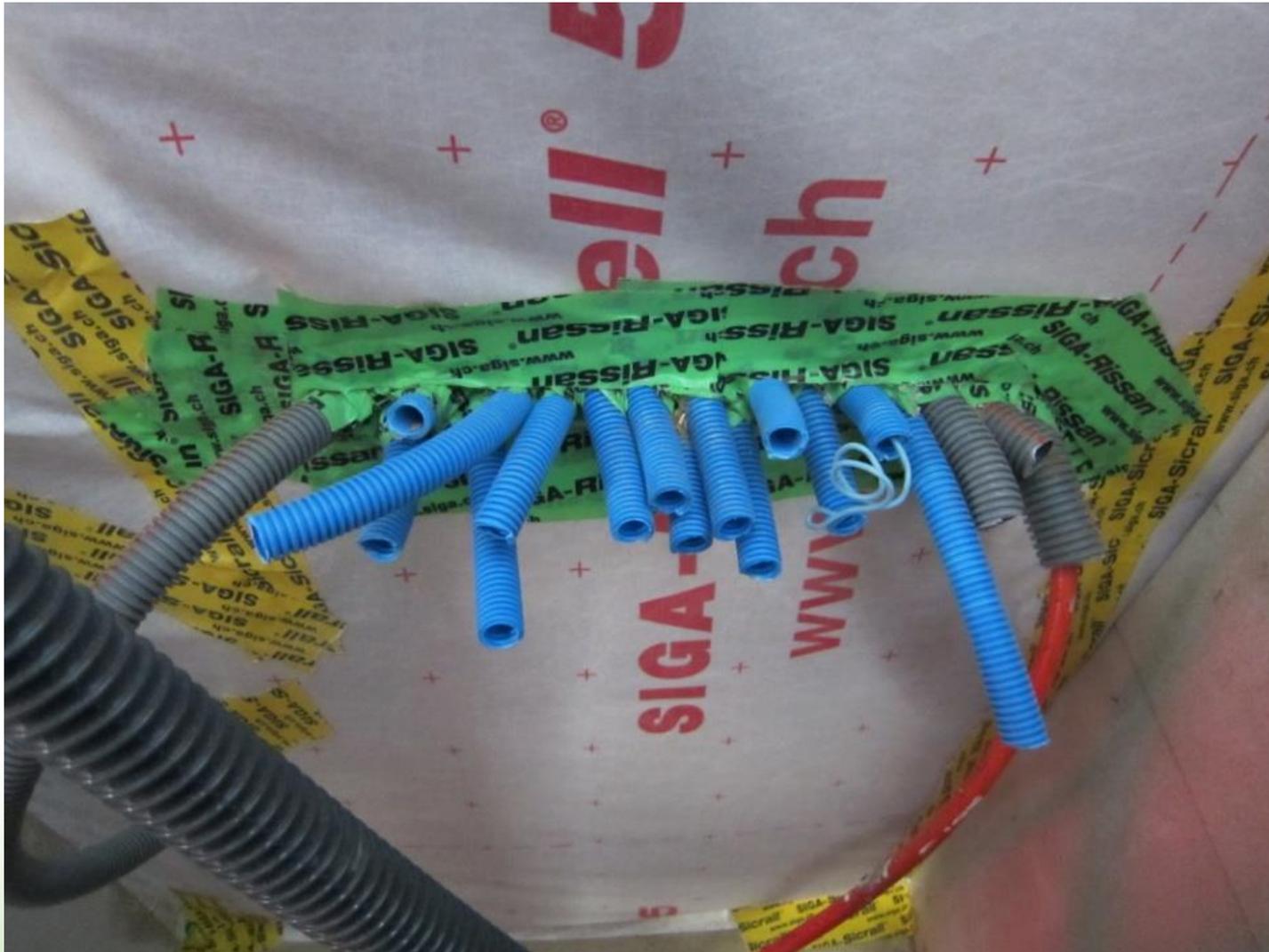


Luftdichtigkeit eine interdisziplinäre Planungsaufgabe



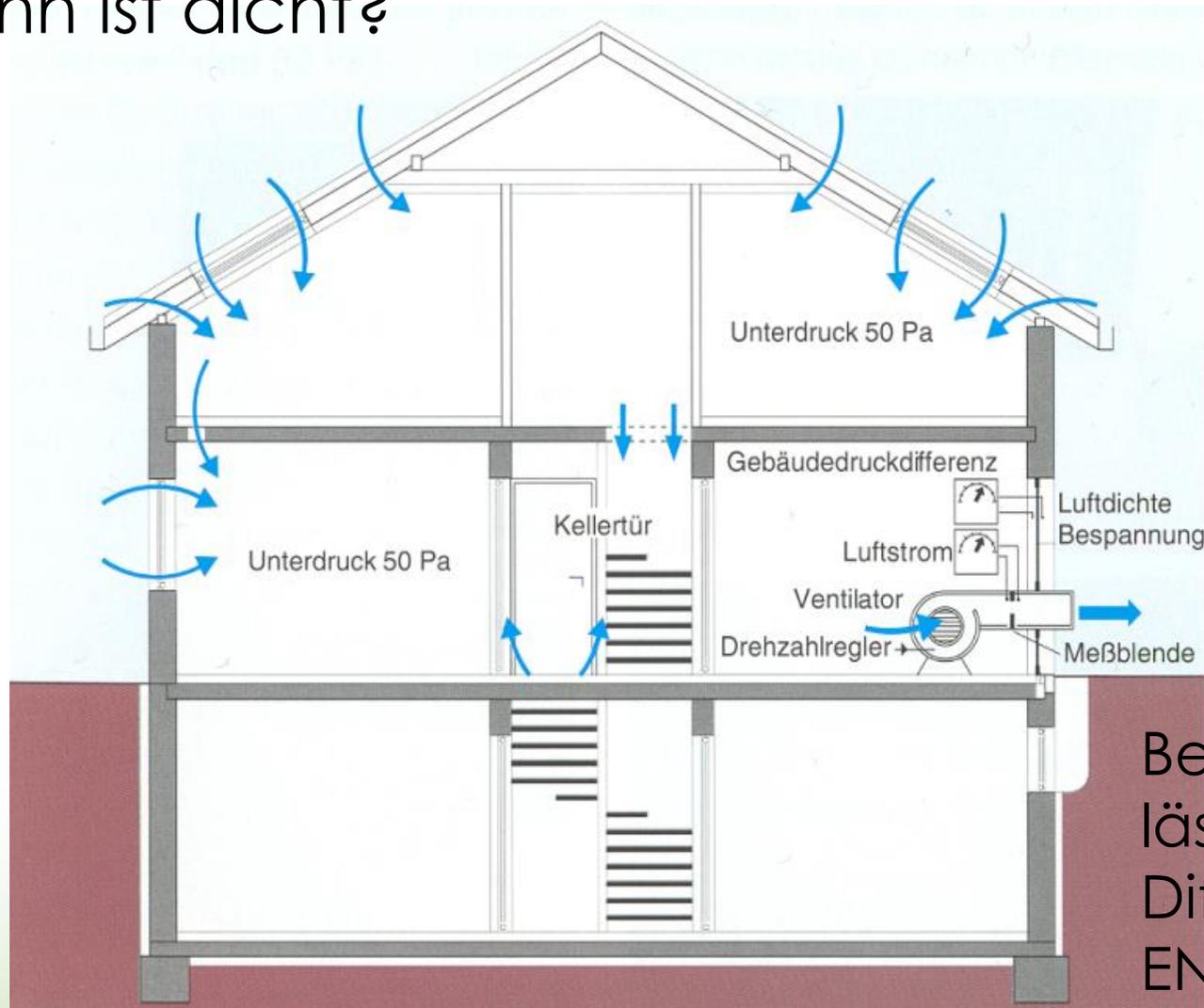


Luftdichtigkeit eine interdisziplinäre Planungsaufgabe





Wann ist dicht?



Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Gebäuden –
Differenzdruckverfahren nach
EN 13829

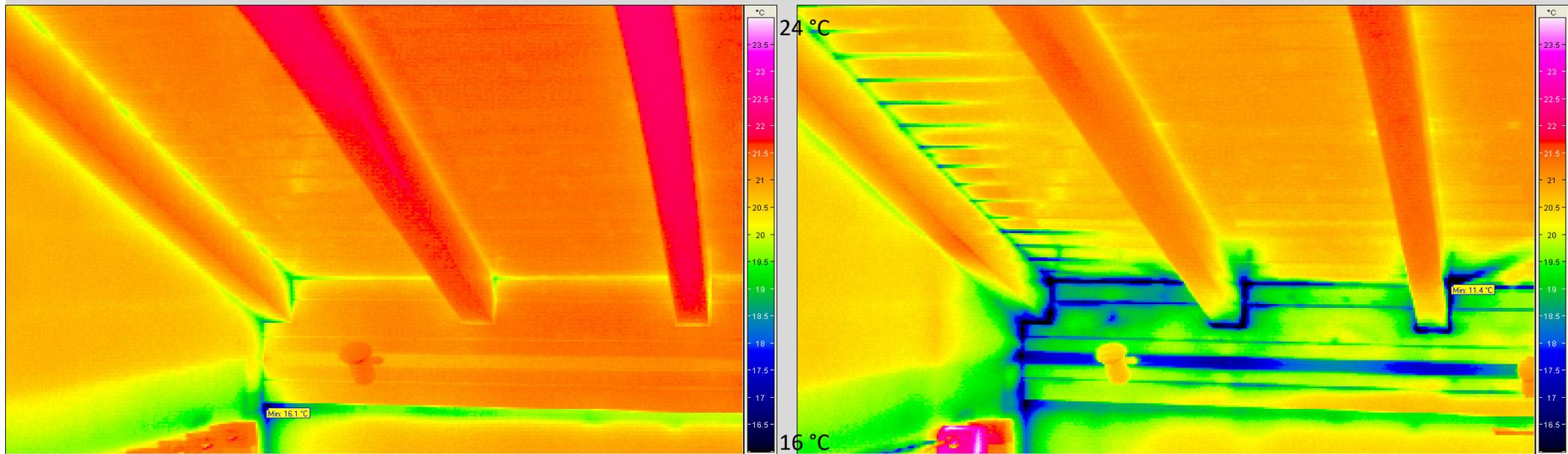


Luftdichtigkeitsmessung BlowerDoor Messverfahren





Leckagedetektion mittels IR-Thermografie



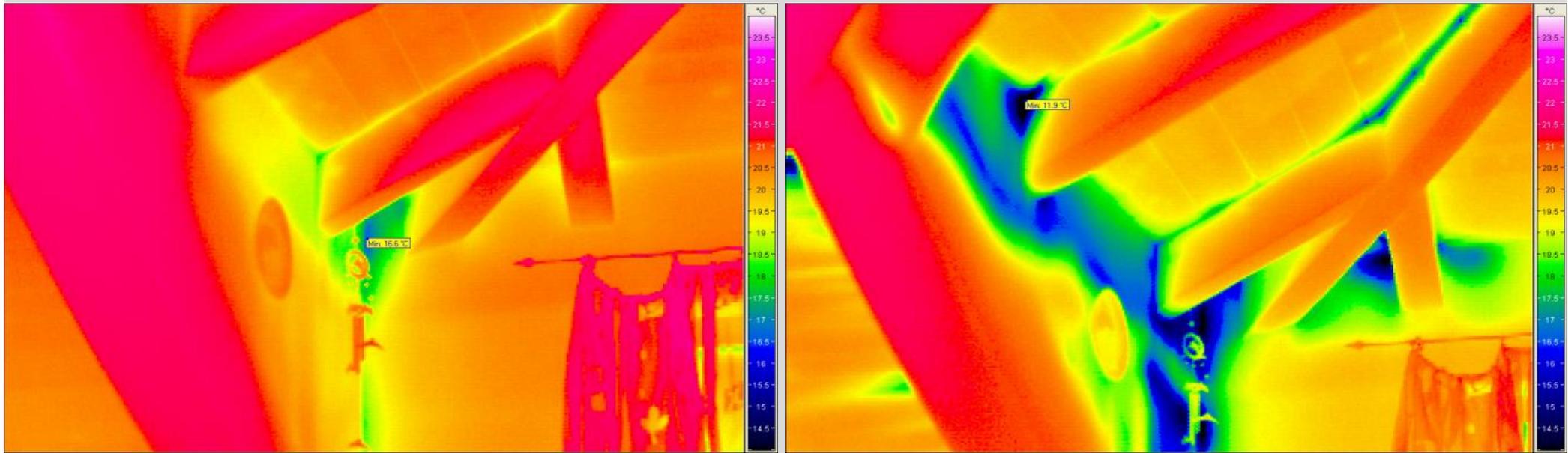
Innentemperatur 21 °C
Aussentemperatur 4 °C



Zeitpunkt:
nach 45 Minuten
Unterdruck-Messung



Leckagedetektion mittels IR-Thermografie



Innentemperatur 21 °C
Aussentemperatur -5 °C

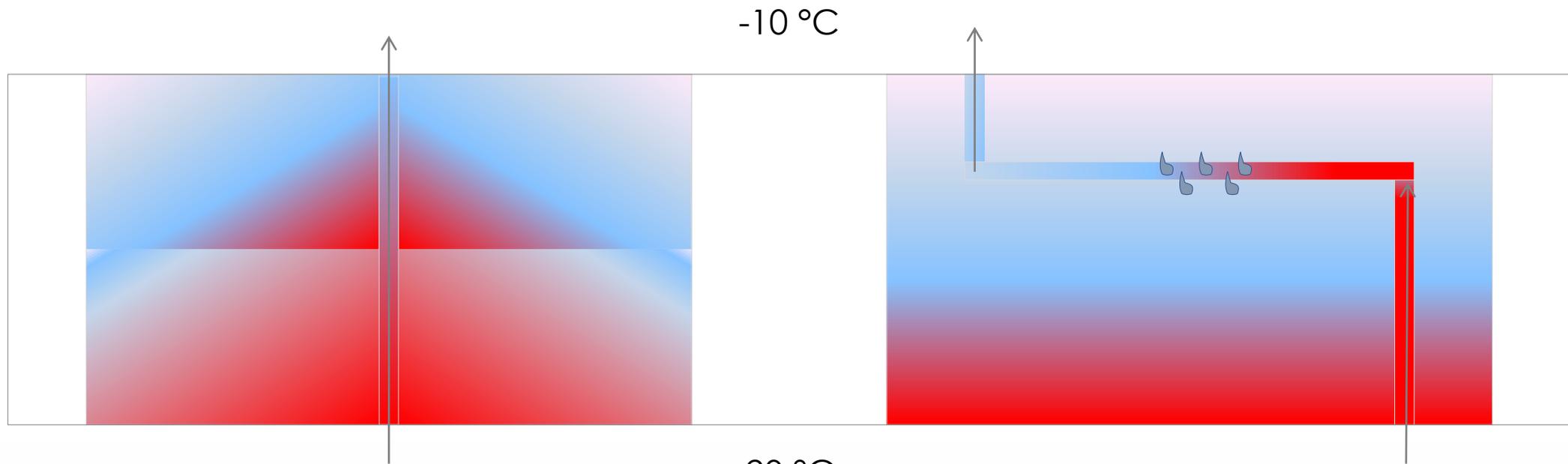




Feuchtwirkungen

Wärme-Leckagen

Feuchte-Leckagen



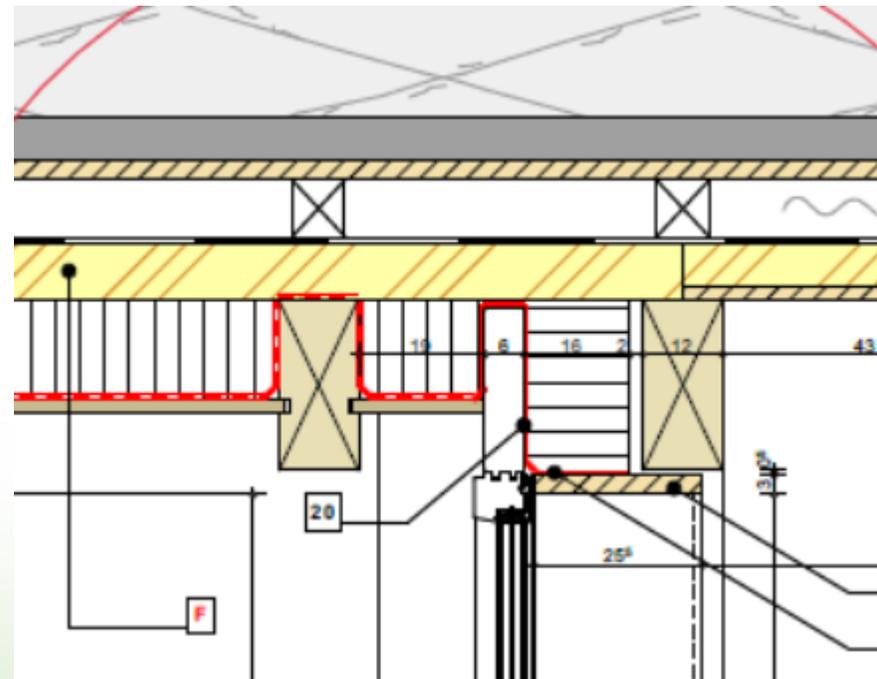
Erwärmung des Bauteils bei stärkerer Durchfeuchtung

—————> i.d.R. geringe Befeuchtung

Abkühlung des Luftstroms bei langsamer Durchströmung

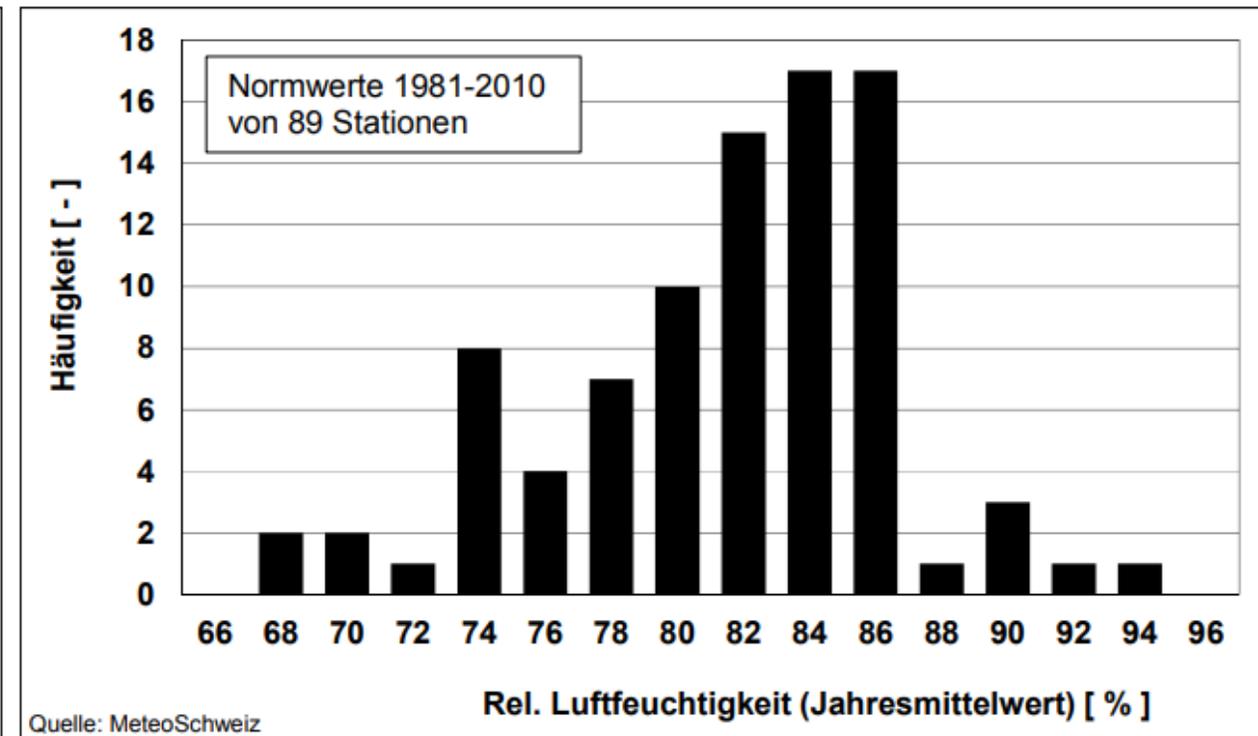
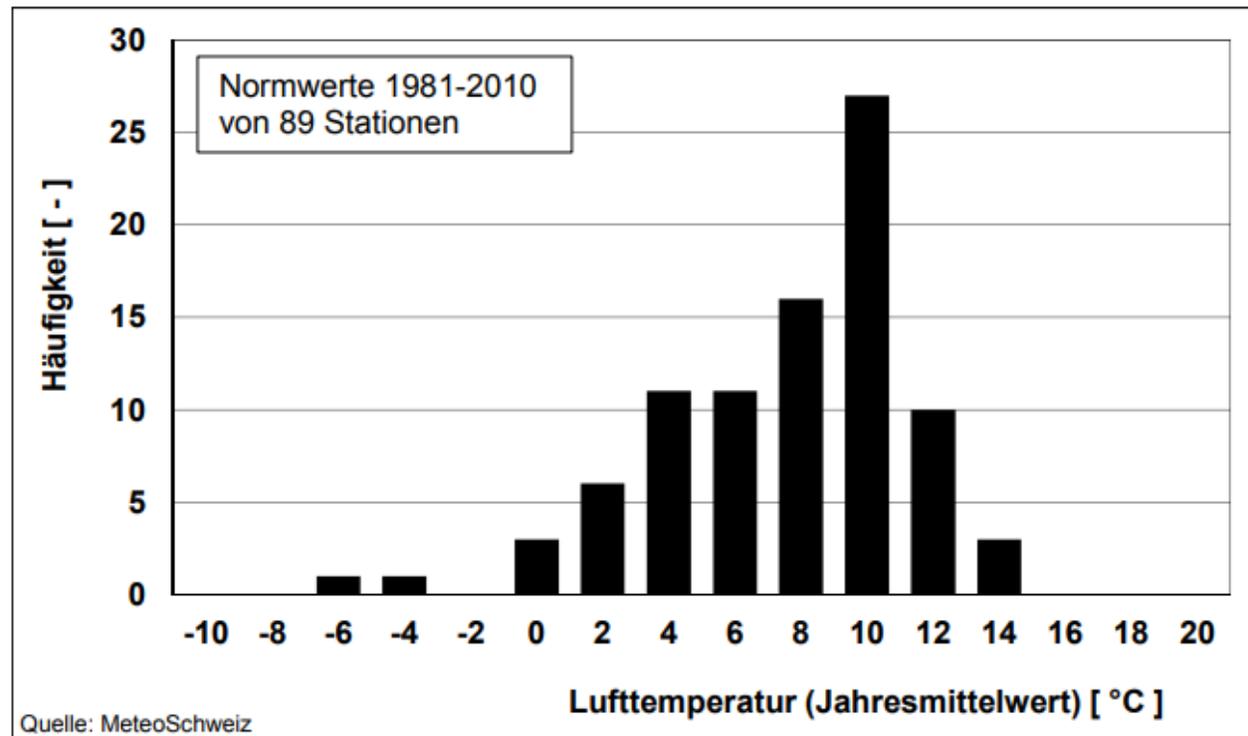
—————> i.d.R. starke Befeuchtung

Was, wenn...?





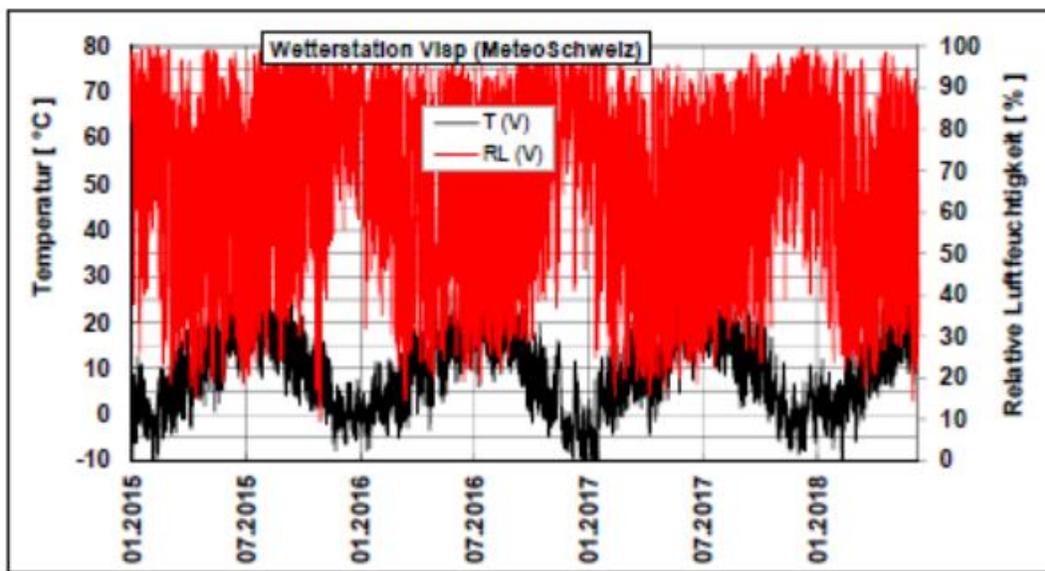
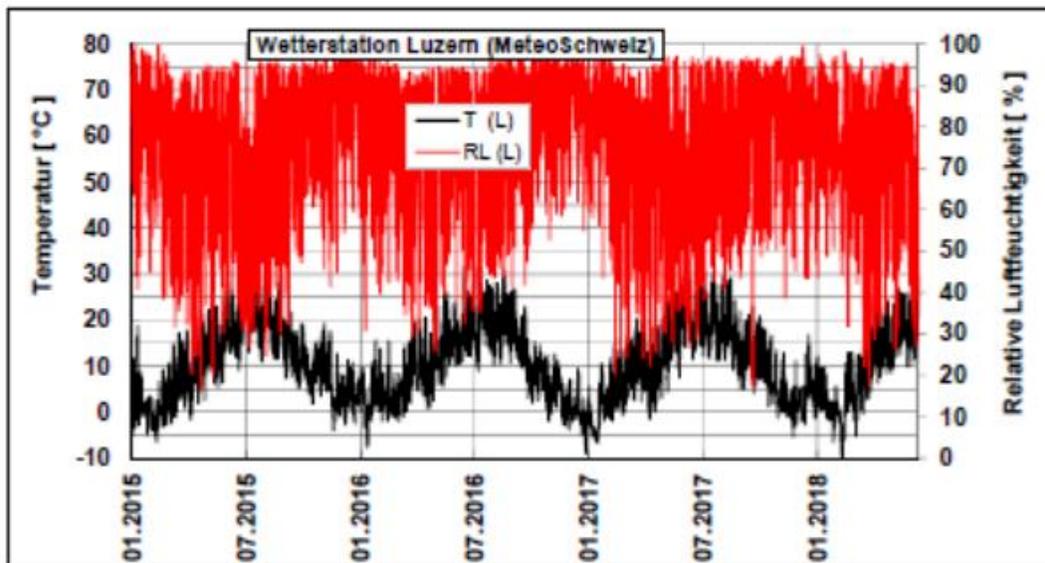
Standort

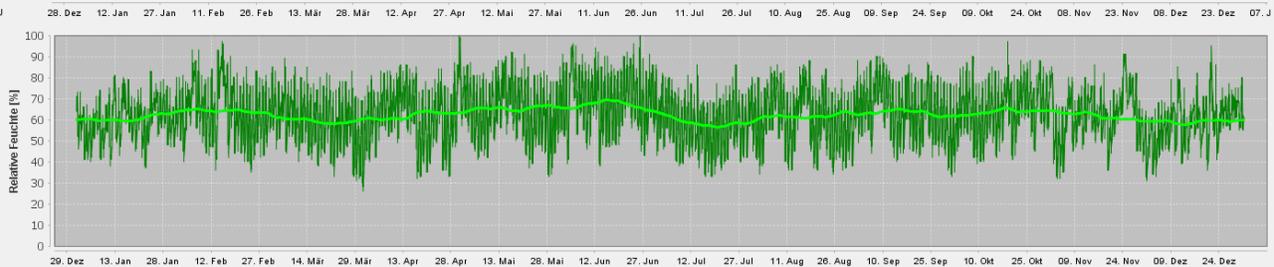
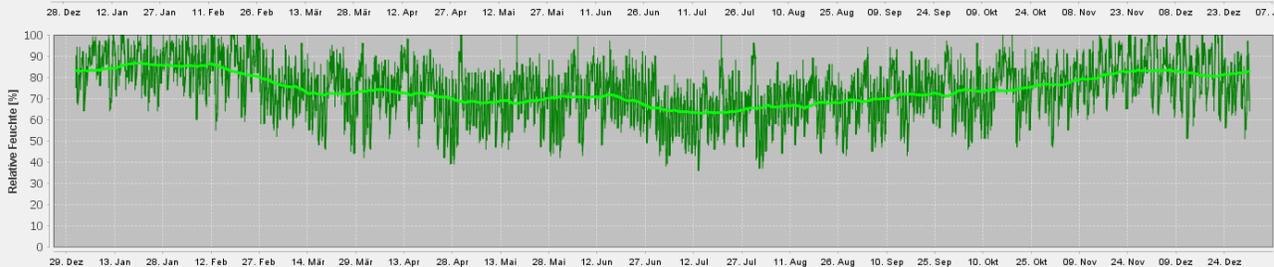
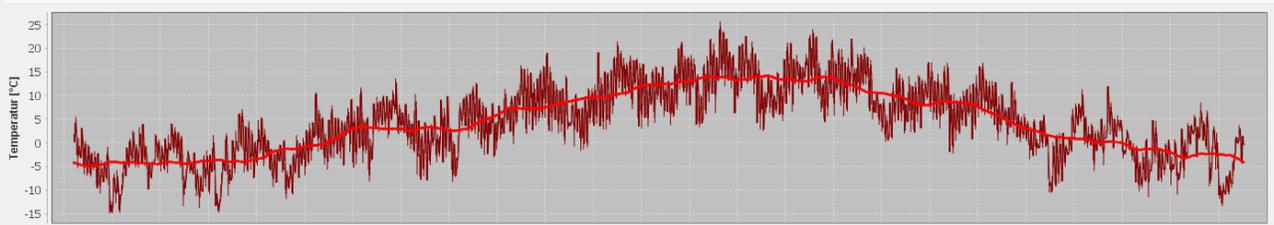
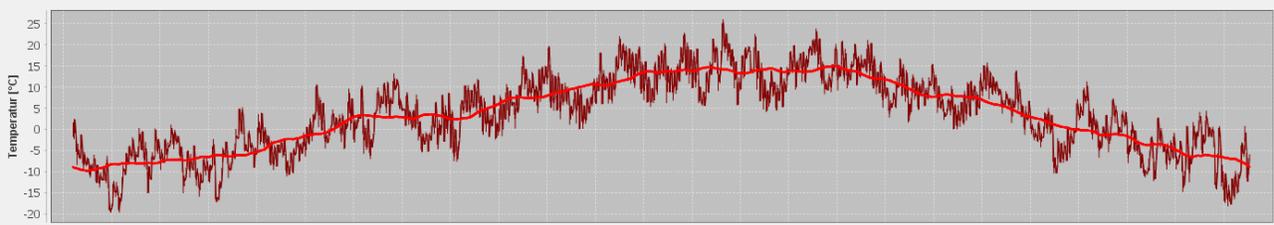


Normwerte 1981-2010 von 89 Wetterstationen von MeteoSchweiz



Standort



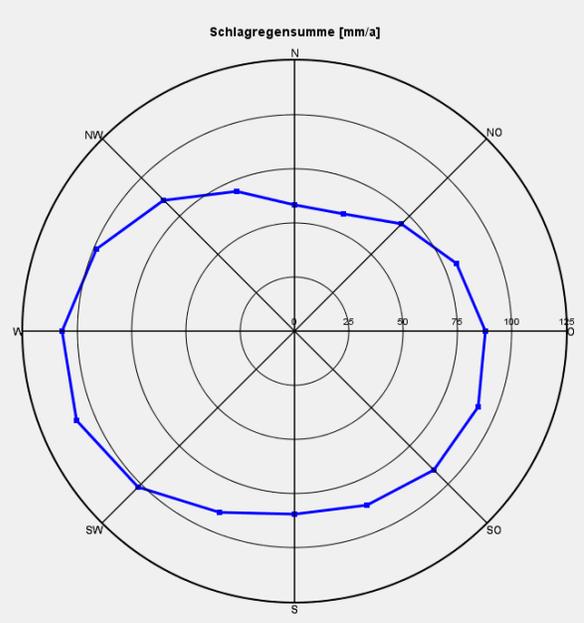
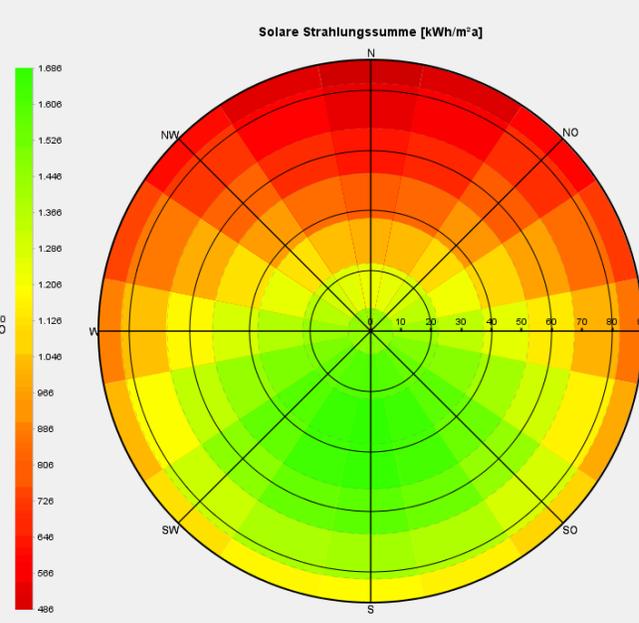
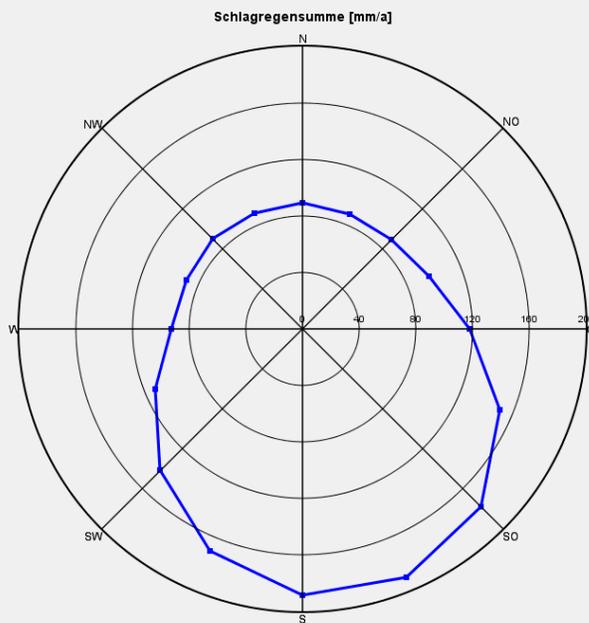
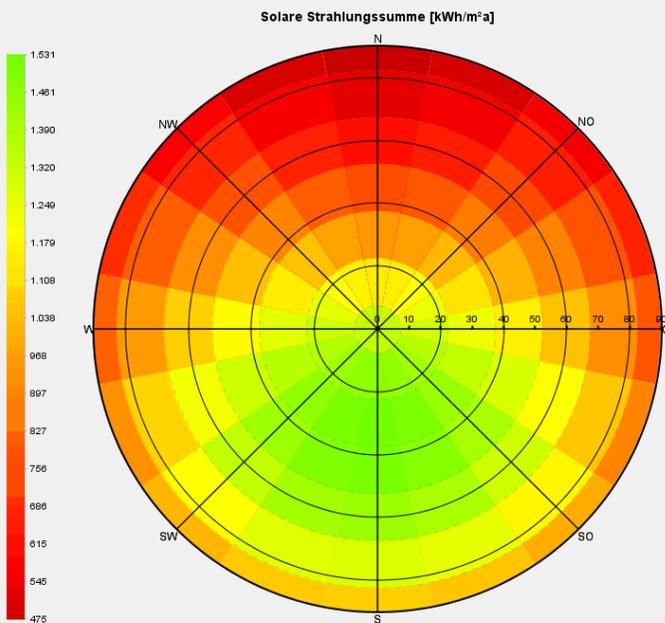


Max. Temperatur [°C]: 25,9
 Min. Temperatur [°C]: -19,6
 Gegenstrahlungssumme [kWh/m²a]: 2378,1
 Mittlerer Bewölkungsgrad [-]: 0,58

Max. Relative Luftfeuchte [%]: 100
 Min. Relative Luftfeuchte [%]: 36
 Mittlere Windgeschwindigkeit [m/s]: 1,7
 Normalregensumme [mm/a]: 1132,6

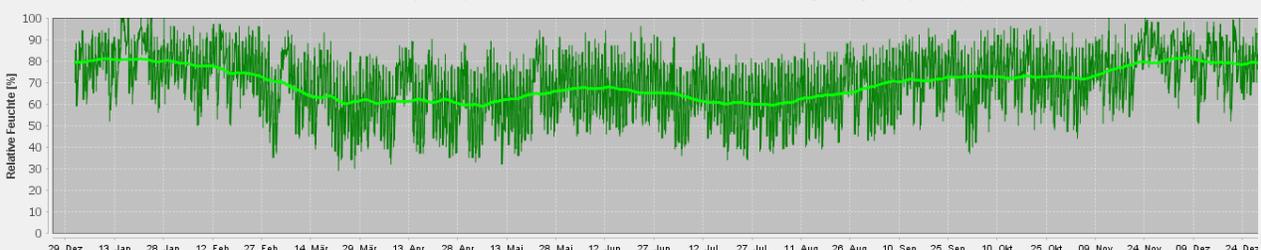
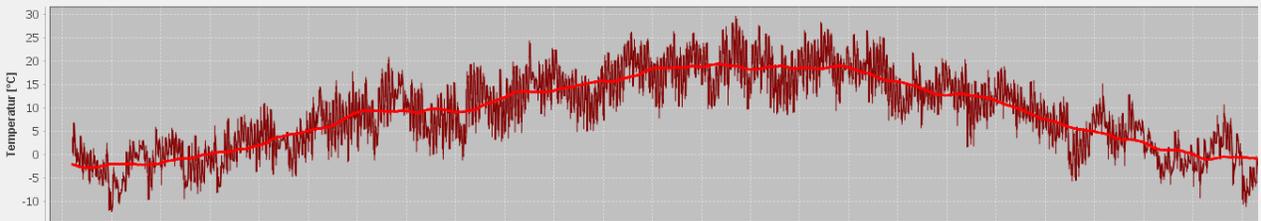
Mittlere Temperatur [°C]: 4,2
 Max. Temperatur [°C]: 25,6
 Min. Temperatur [°C]: -14,9
 Gegenstrahlungssumme [kWh/m²a]: 2308,6
 Mittlerer Bewölkungsgrad [-]: 0,58

Mittlere Relative Luftfeuchte [%]: 62,2
 Max. Relative Luftfeuchte [%]: 100
 Min. Relative Luftfeuchte [%]: 26
 Mittlere Windgeschwindigkeit [m/s]: 1,9
 Normalregensumme [mm/a]: 611,2

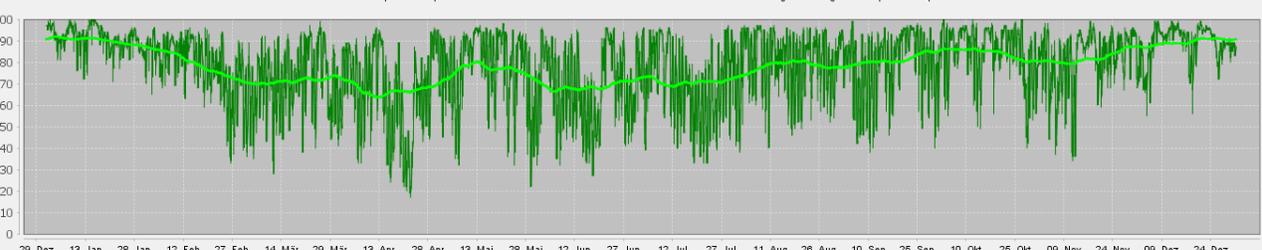
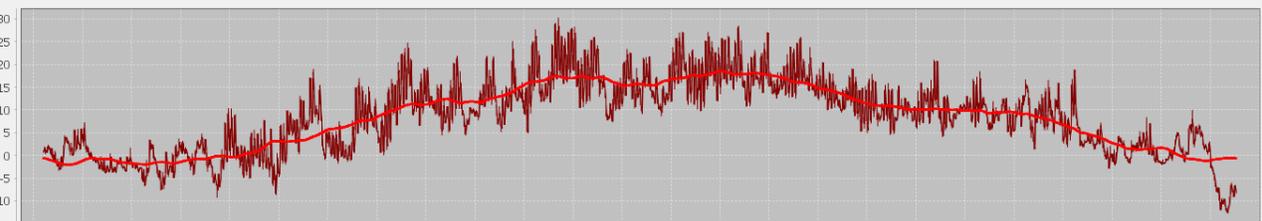


Ulrichen, 1'345 MüM

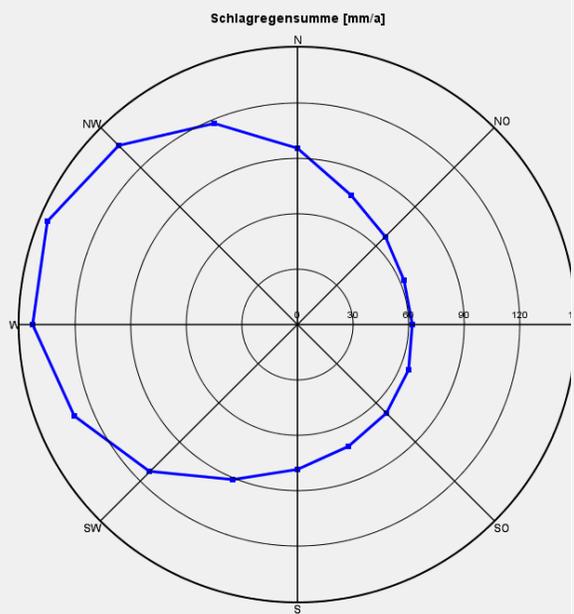
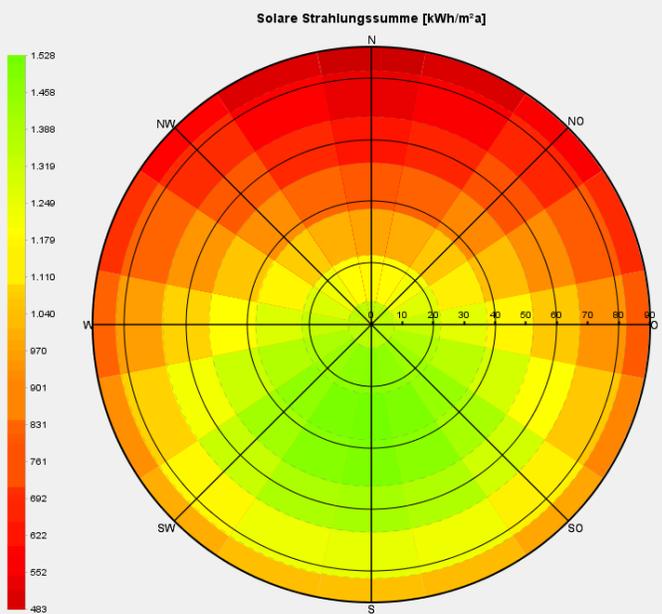
Zermatt, 1'638 MüM



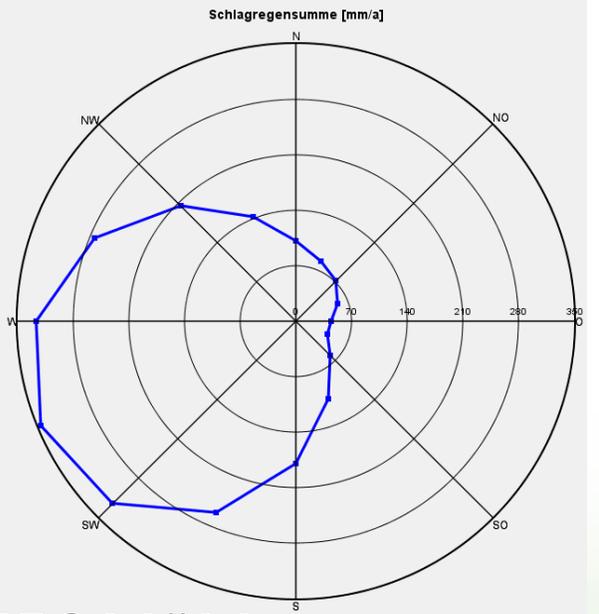
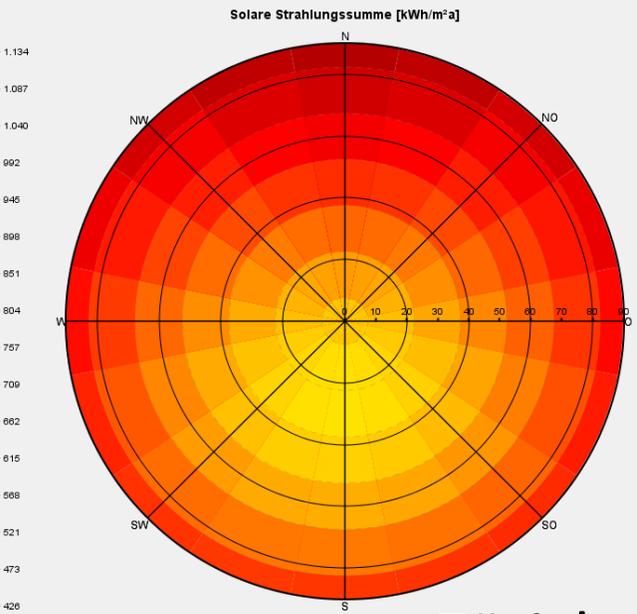
Mittlere Temperatur [°C]:	8,9	Mittlere Relative Luftfeuchte [%]:	69,5
Max. Temperatur [°C]:	29,6	Max. Relative Luftfeuchte [%]:	100
Min. Temperatur [°C]:	-12,3	Min. Relative Luftfeuchte [%]:	29
Gegenstrahlungssumme [kWh/m²a]:	2590,1	Mittlere Windgeschwindigkeit [m/s]:	3,1
Mittlerer Bewölkungsgrad [-]:	0,6	Normalregensumme [mm/a]:	597,6



Mittlere Temperatur [°C]:	8,3	Mittlere Relative Luftfeuchte [%]:	78,2
Max. Temperatur [°C]:	30,2	Max. Relative Luftfeuchte [%]:	100
Min. Temperatur [°C]:	-12,7	Min. Relative Luftfeuchte [%]:	17
Gegenstrahlungssumme [kWh/m²a]:	2751,7	Mittlere Windgeschwindigkeit [m/s]:	2,1
Mittlerer Bewölkungsgrad [-]:	0,7	Normalregensumme [mm/a]:	1007,9



Visp, 640 MüM

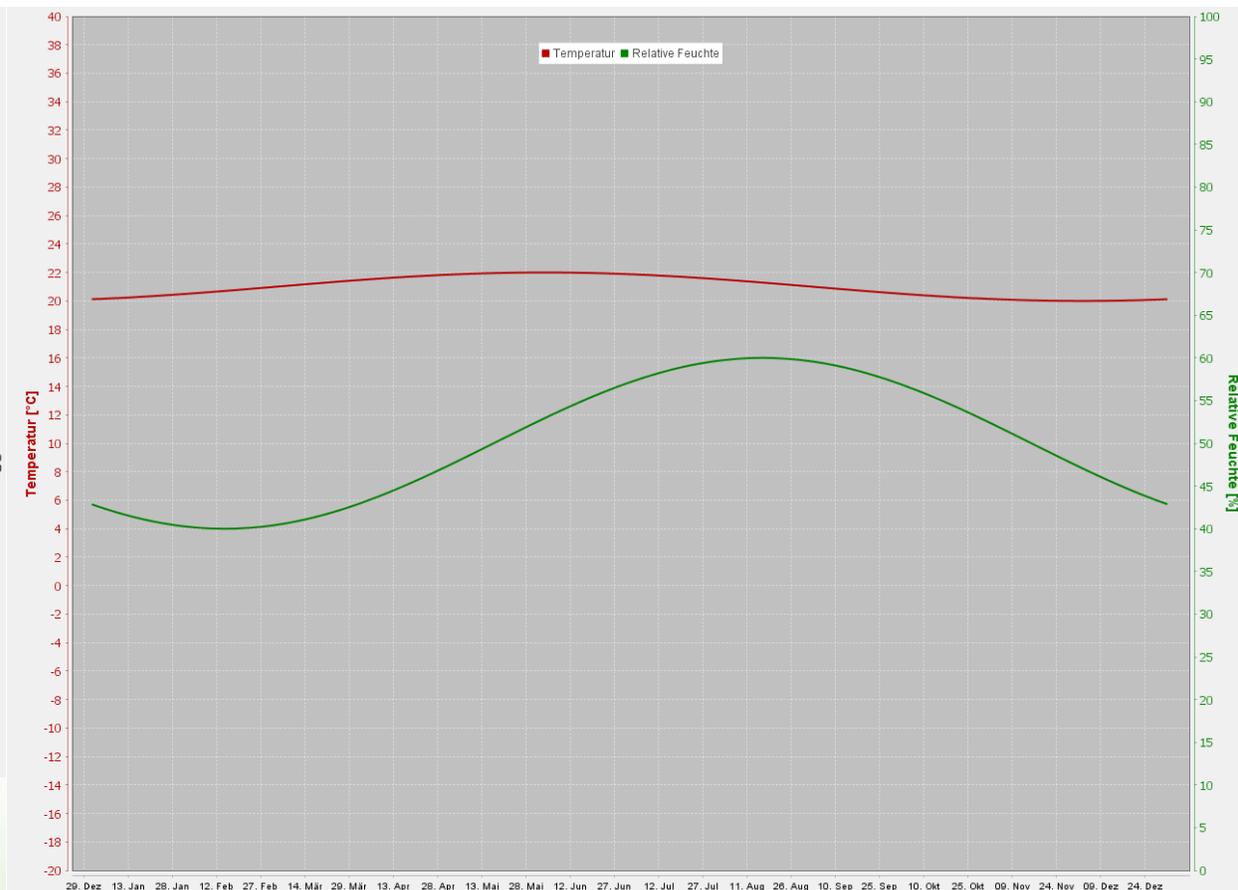
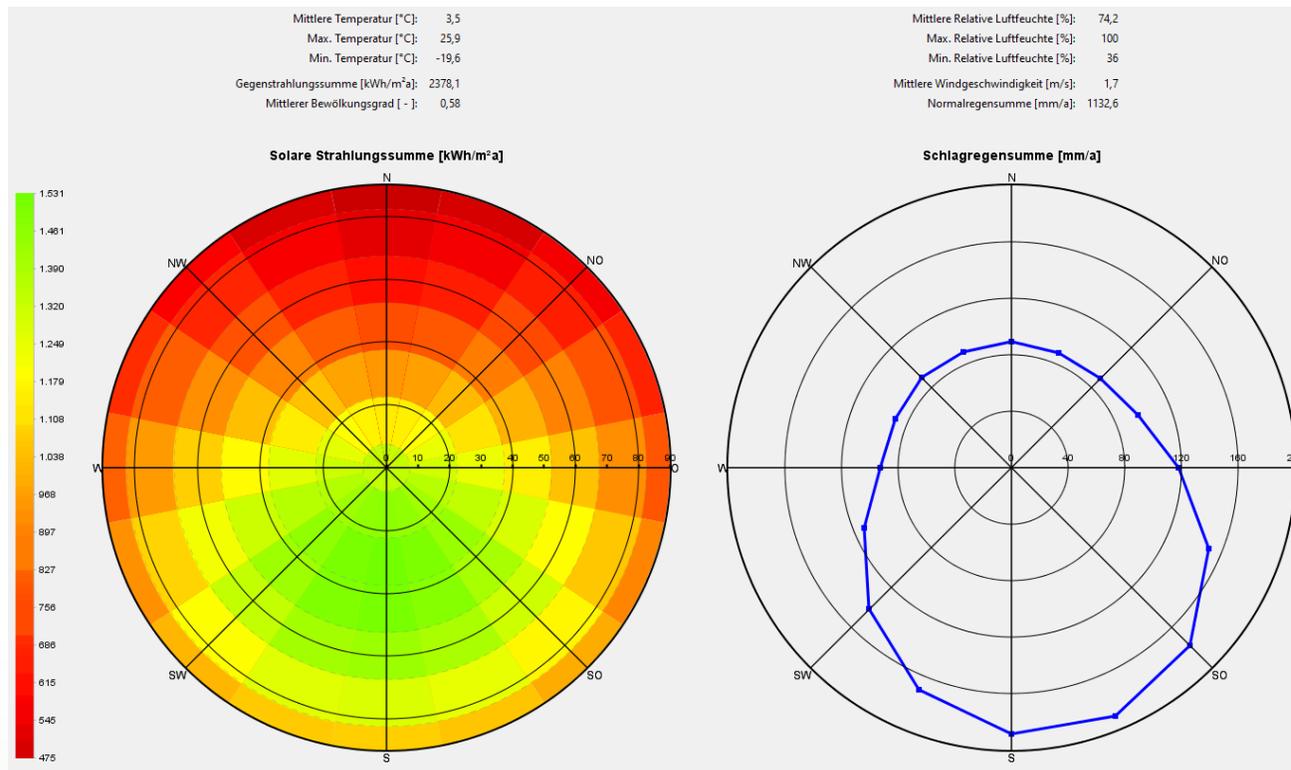


Zürich, 556 MüM

Objektstandort: Ulrichen

Bauteil: Aussenwand Blockbau m. Innendämmung Anwendungsbeispiel

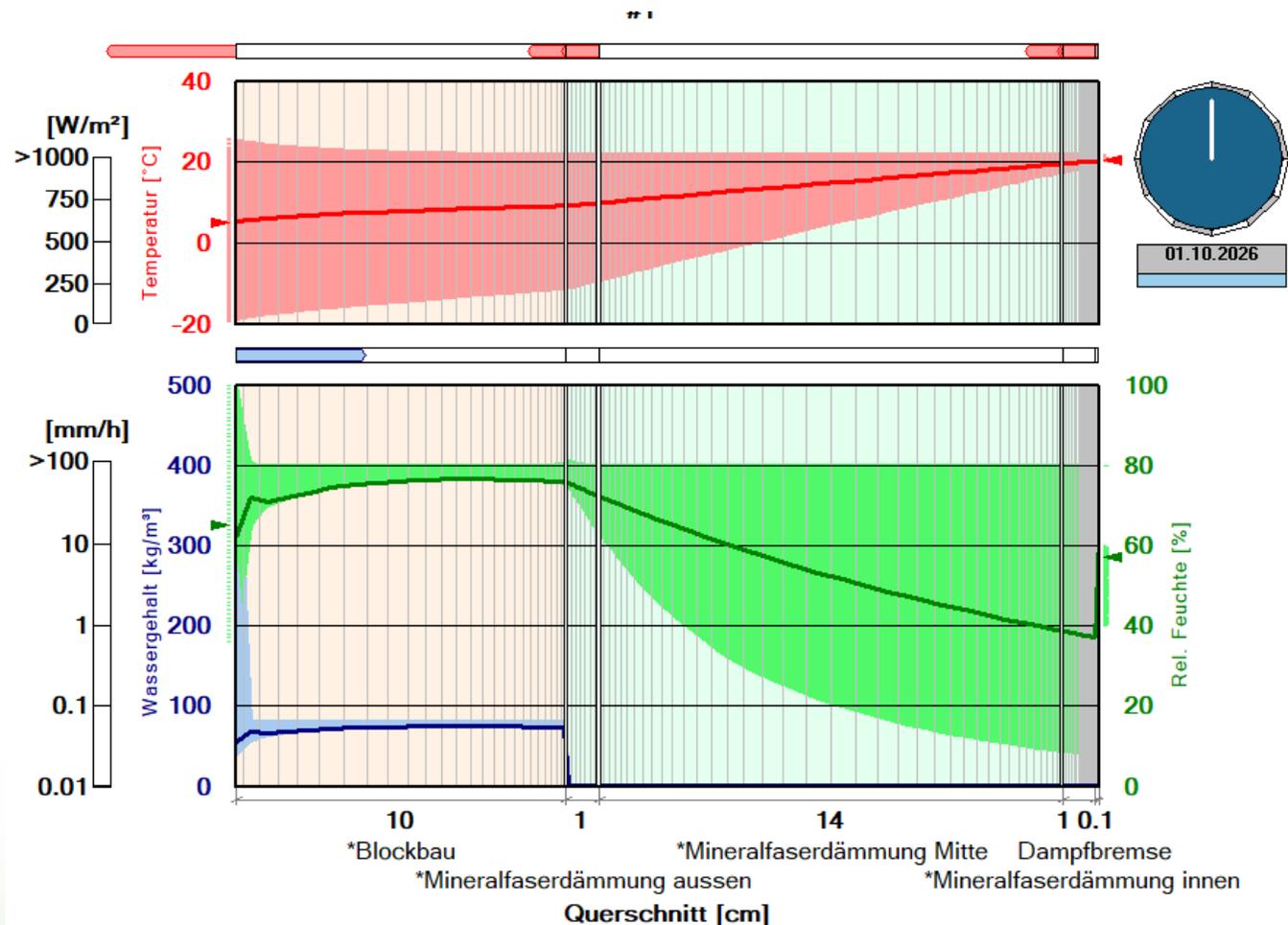
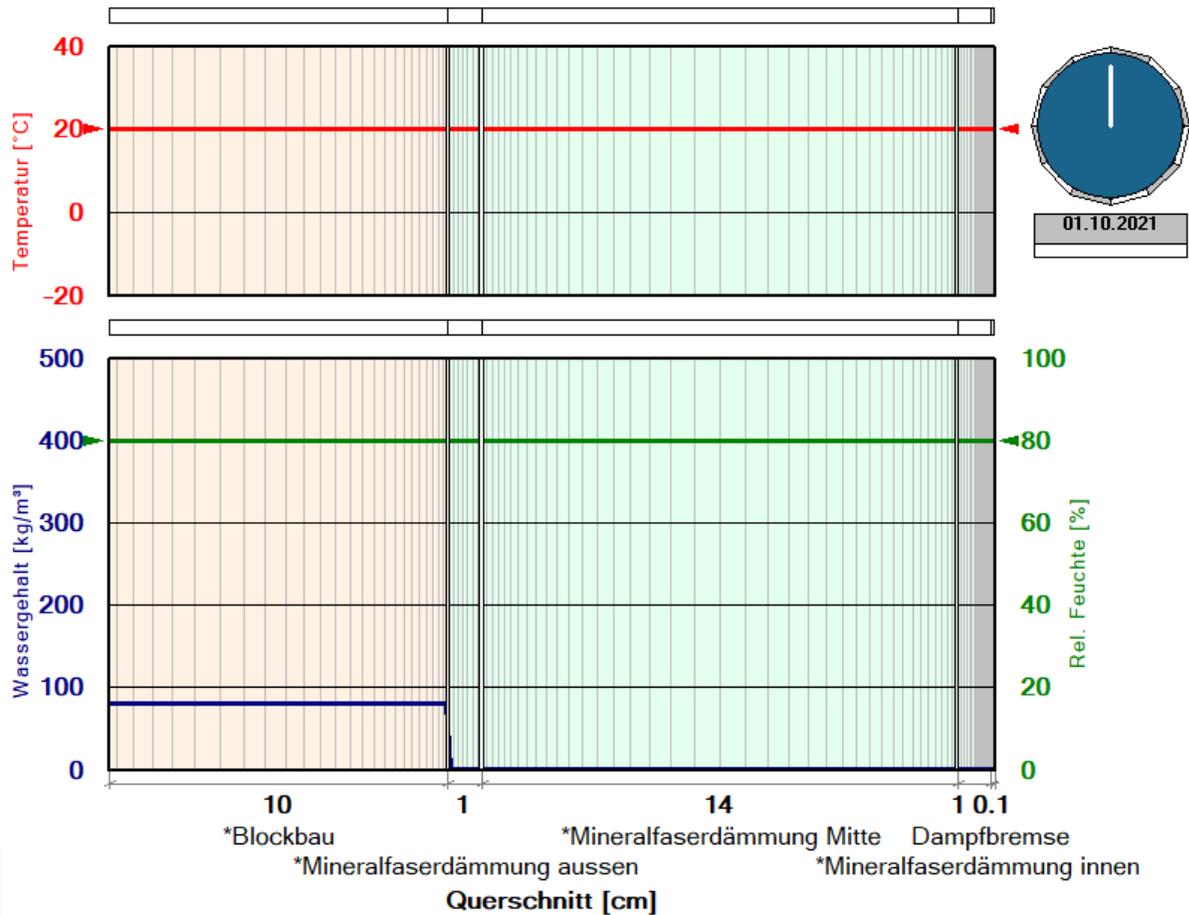
Ausrichtung: Süd



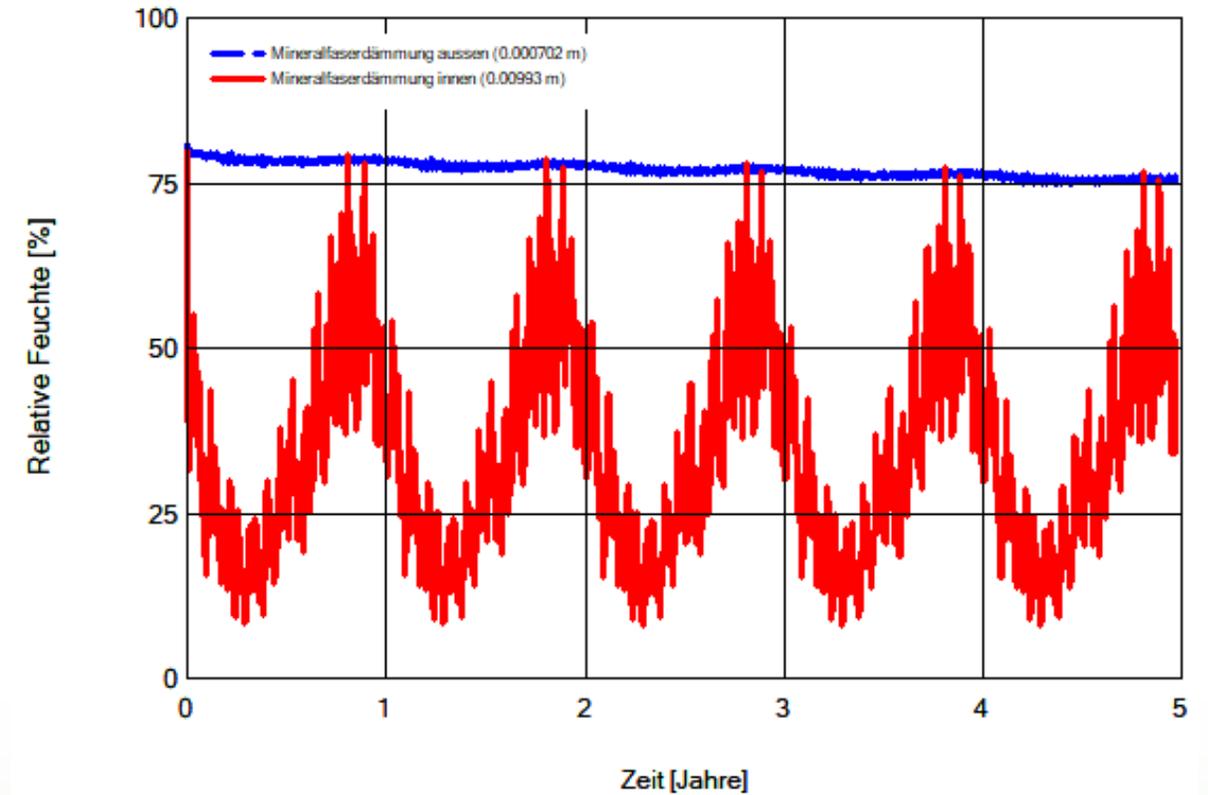
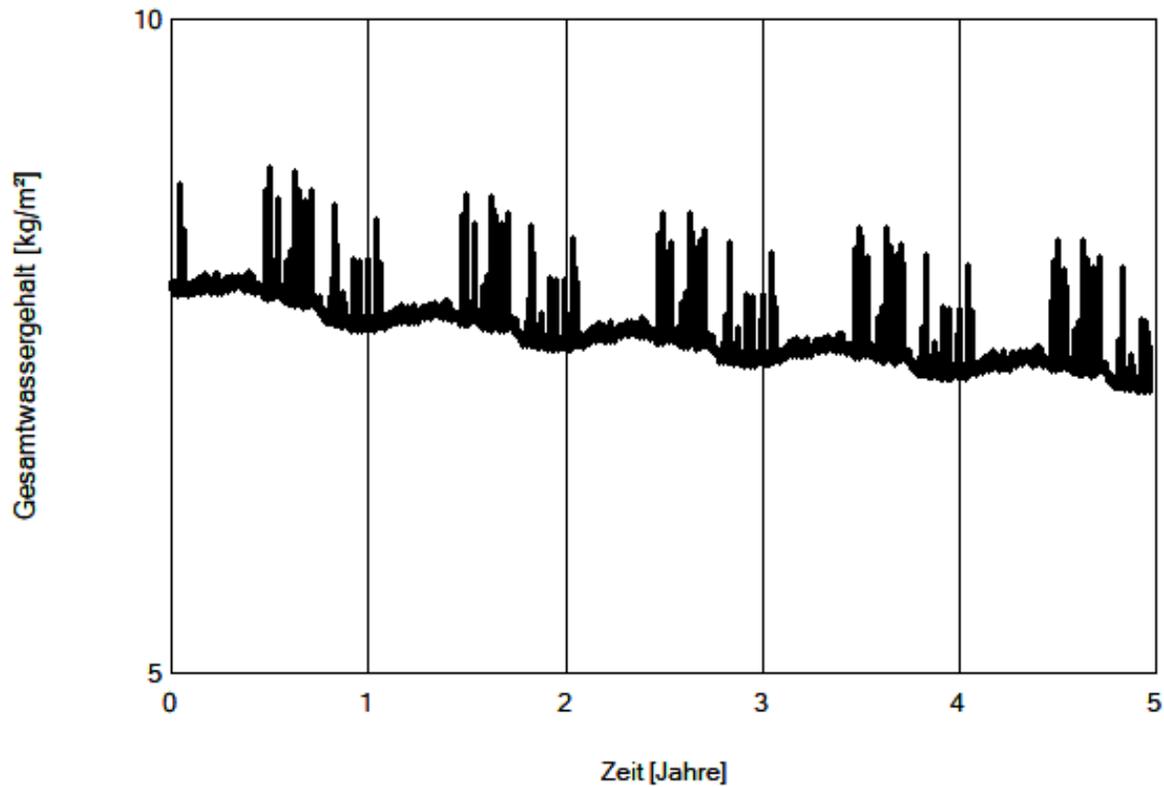
Objektstandort: Ulrichen

Bauteil: Aussenwand Blockbau m. Innendämmung Anwendungsbeispiel

Ausrichtung: Süd



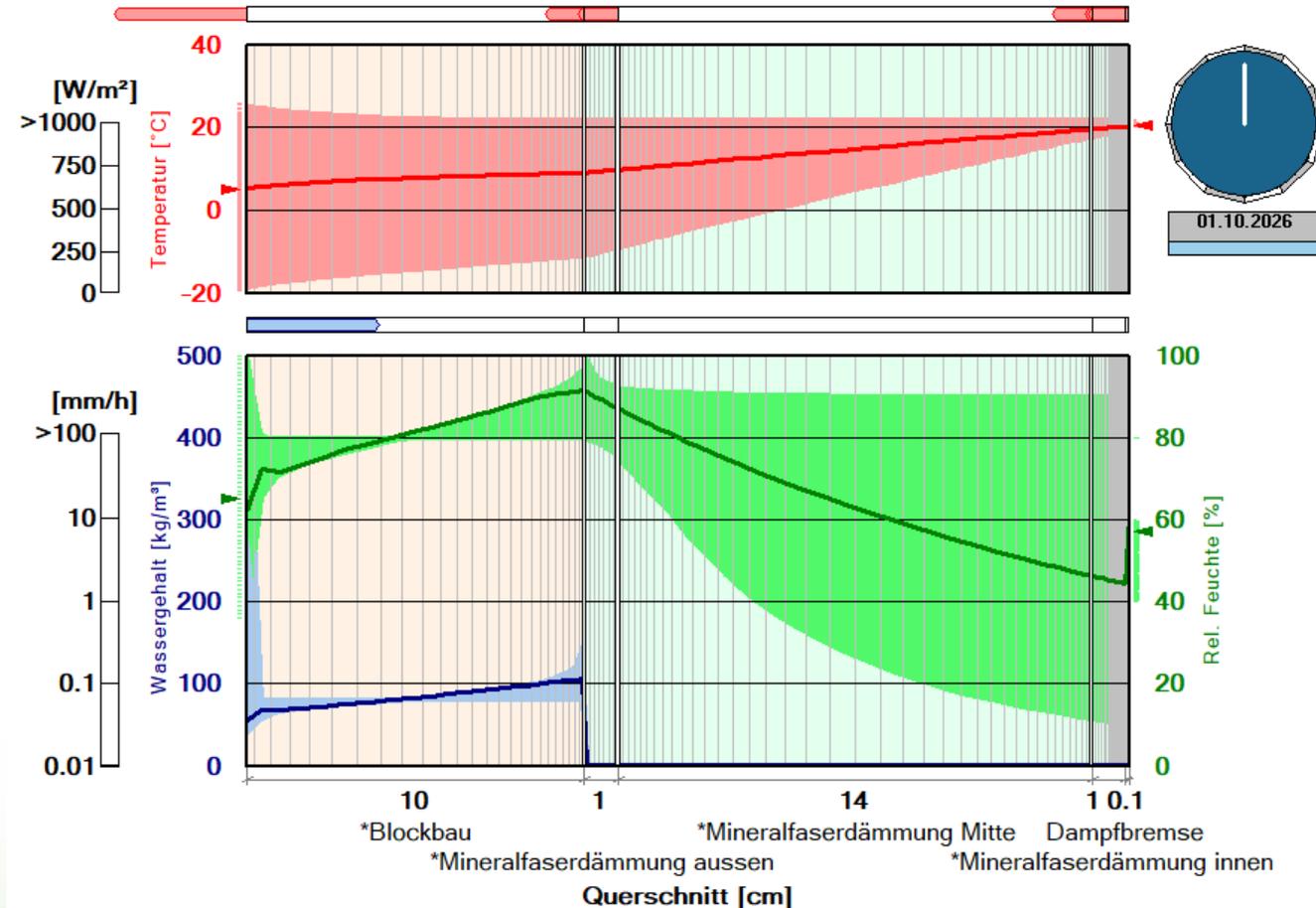
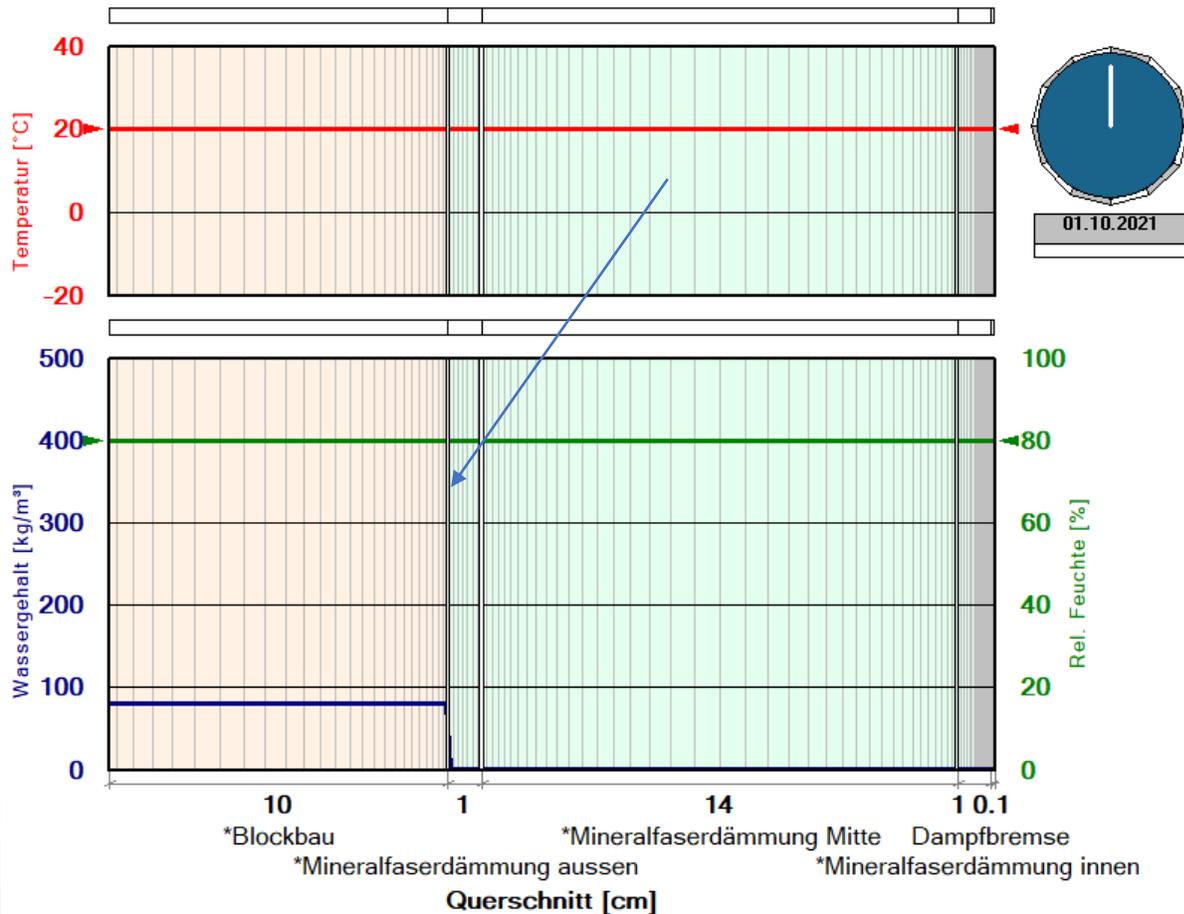
Anwendungsbeispiel



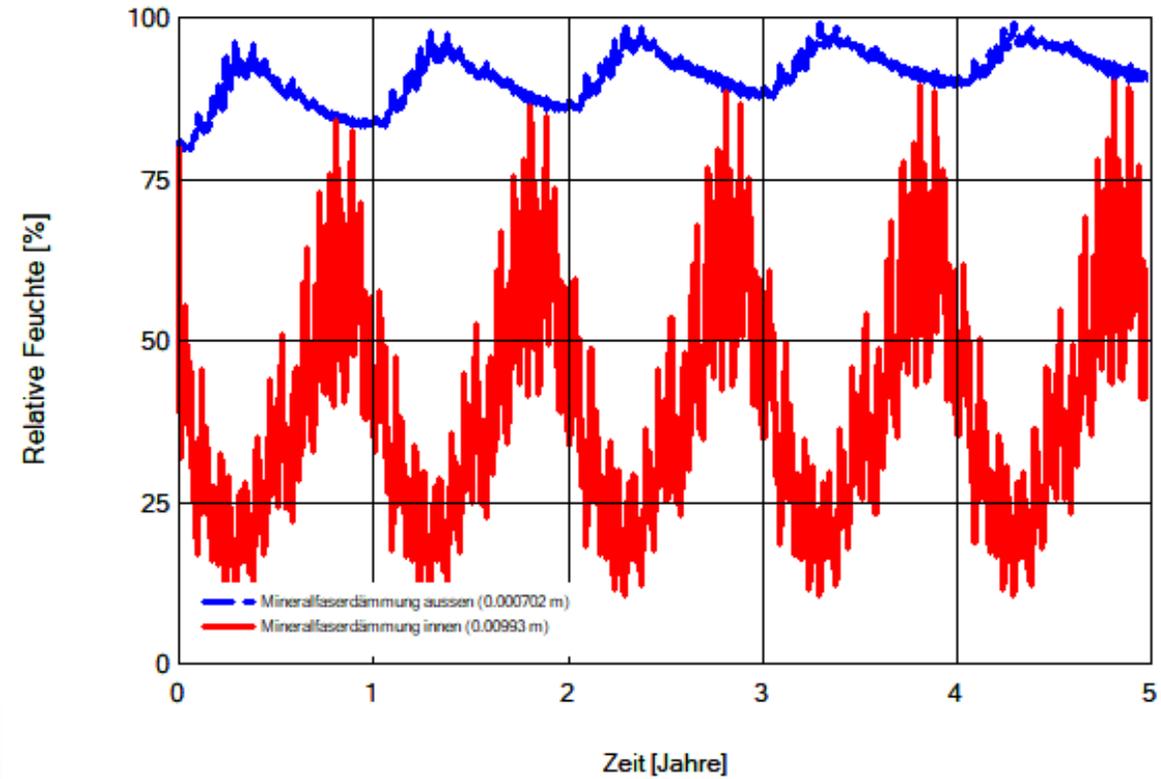
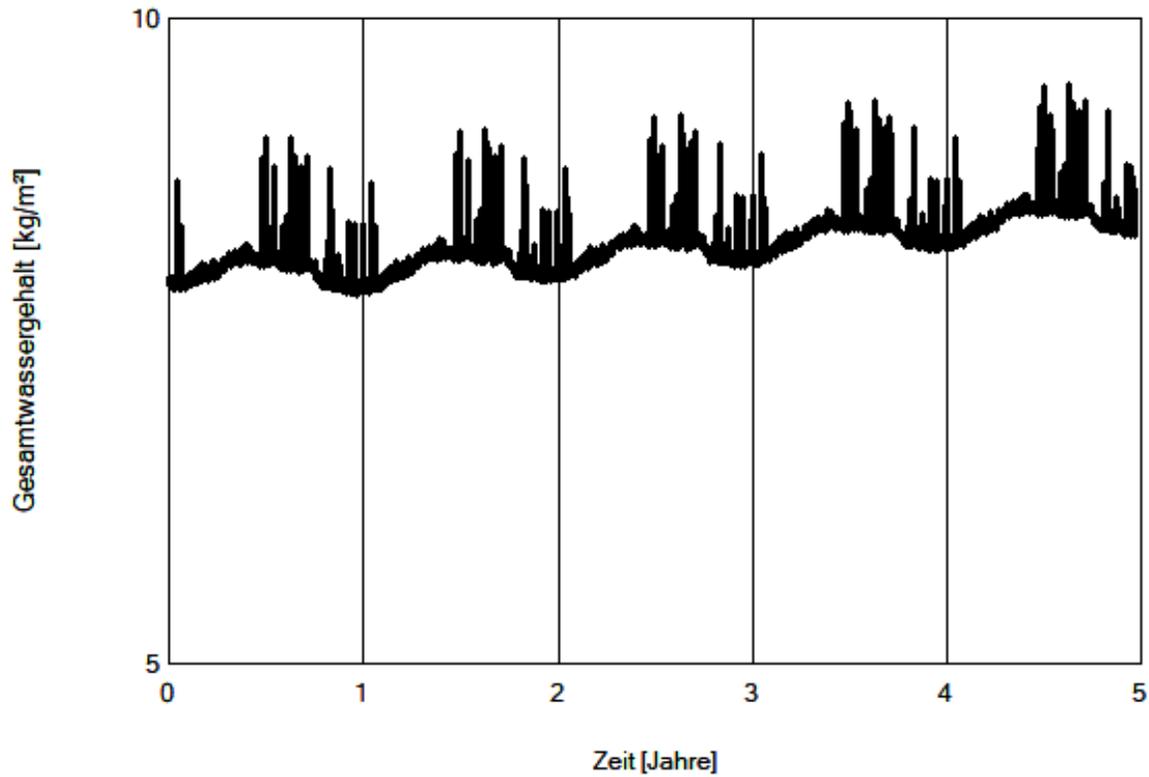
Objektstandort: Ulrichen

Bauteil: Aussenwand Blockbau m. Innendämmung Anwendungsbeispiel

Ausrichtung: Süd

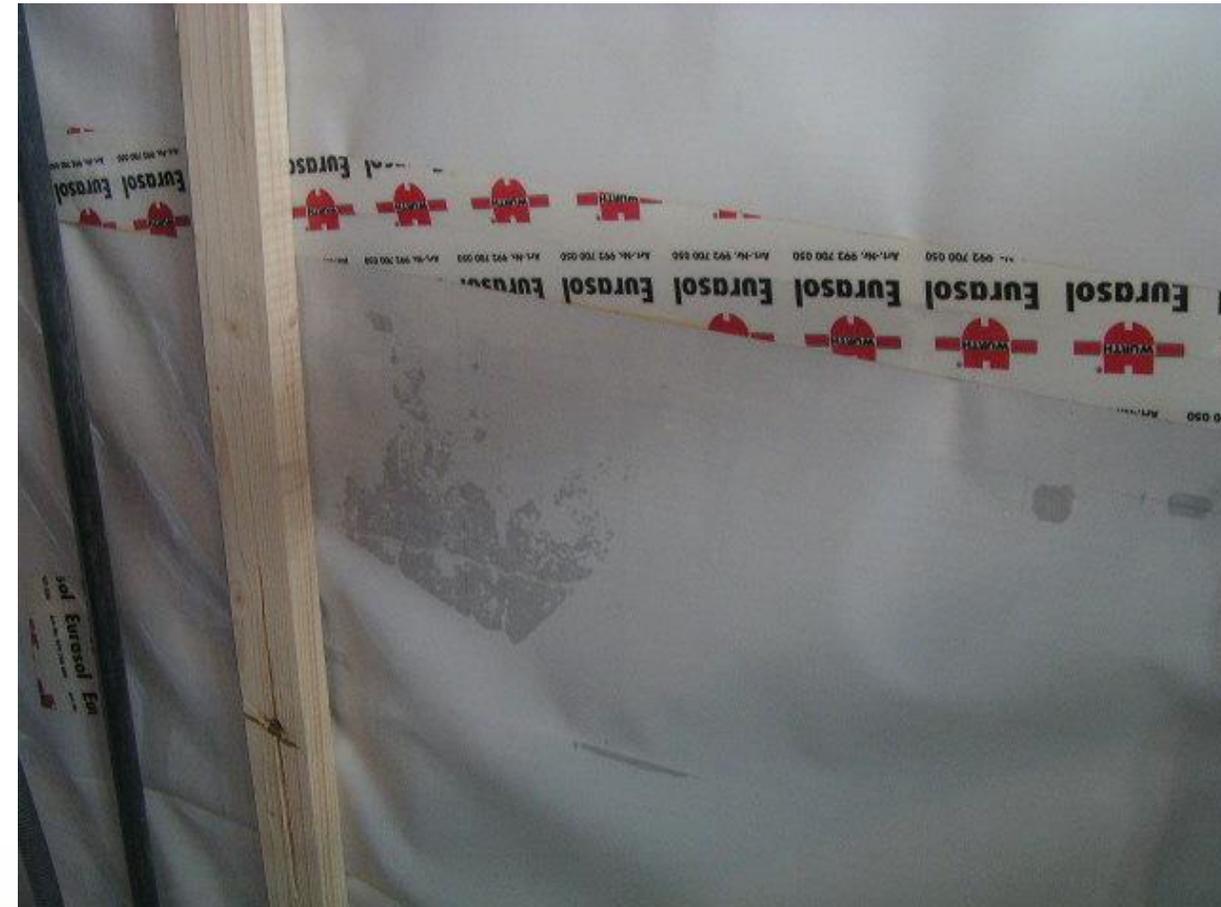


Anwendungsbeispiel





Schadenfall

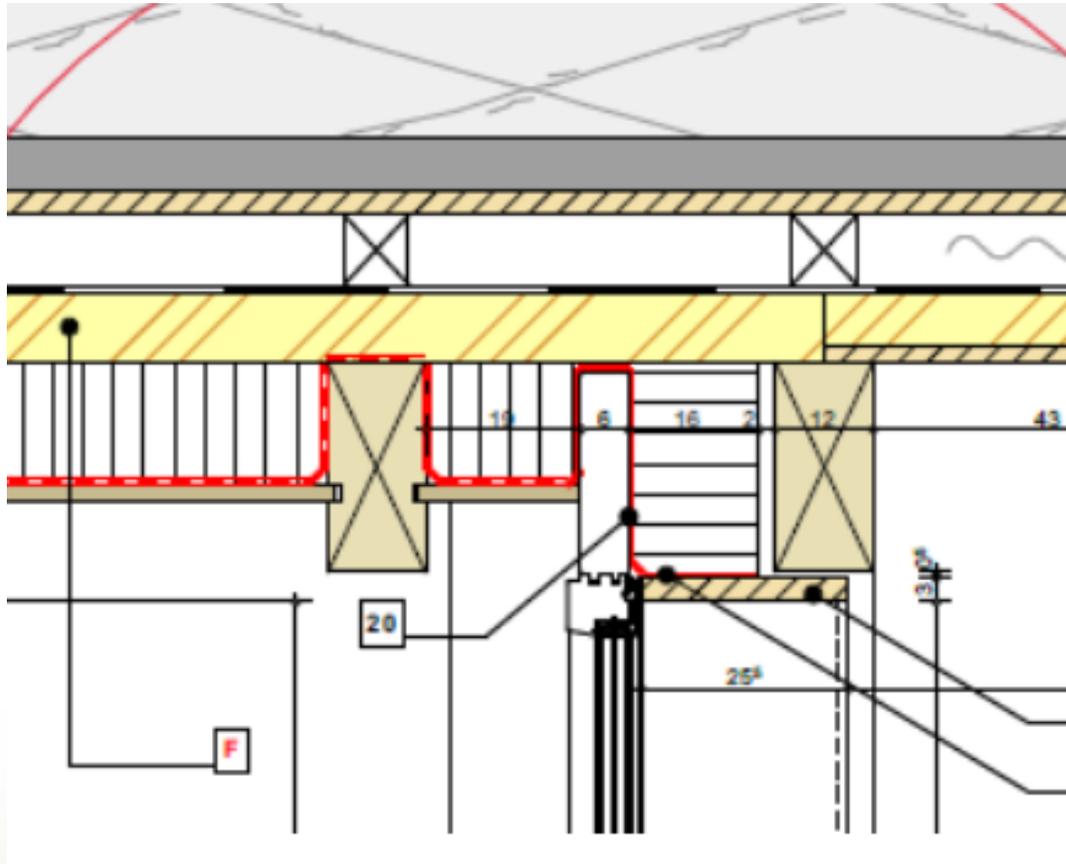


- Standort: Bürchen
- Ortsschau: 20. August 2018

- materialtechnologische Zustandsbeurteilung



- Lage der Dampfbremse bei Überdämmungen im Dach



- Dämmkonzepte:
aufgespritzte und verputzte Altpapiercellulose-Dämmungen
- Problematik: Holzbalkenköpfe
- ...

Haustechnik



... nicht nur Holz

Bausubstanz einfach erneuern

Wir wollen wertvolle alte Gebäude in den Walliser Dorfkernen erhalten und erneuern, aus Altem "VETA" soll Neues "NOVA" entstehen.