



# Zwischensparrendämmung

Dachkonstruktion,  $U=0,192 \text{ W/m}^2\text{K}$   
erstellt am 24.3.2016

## Wärmeschutz

$U = 0,192 \text{ W/m}^2\text{K}$

EnEV Bestand\*:  $U < 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$



mangelhaft

## Feuchteschutz

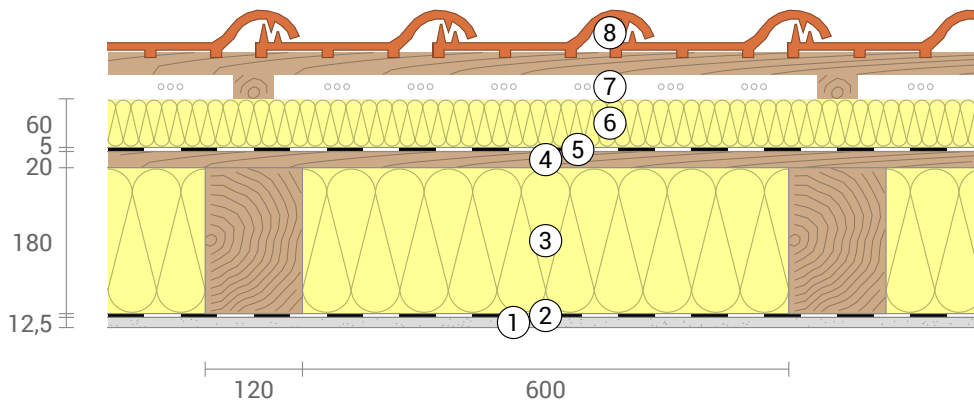
Tauwasser:  $72 \text{ g/m}^2$   
Feuchtegehalt Holz:  $+0,8\%$   
Trocknet 53 Tage



mangelhaft

## Hitzeschutz

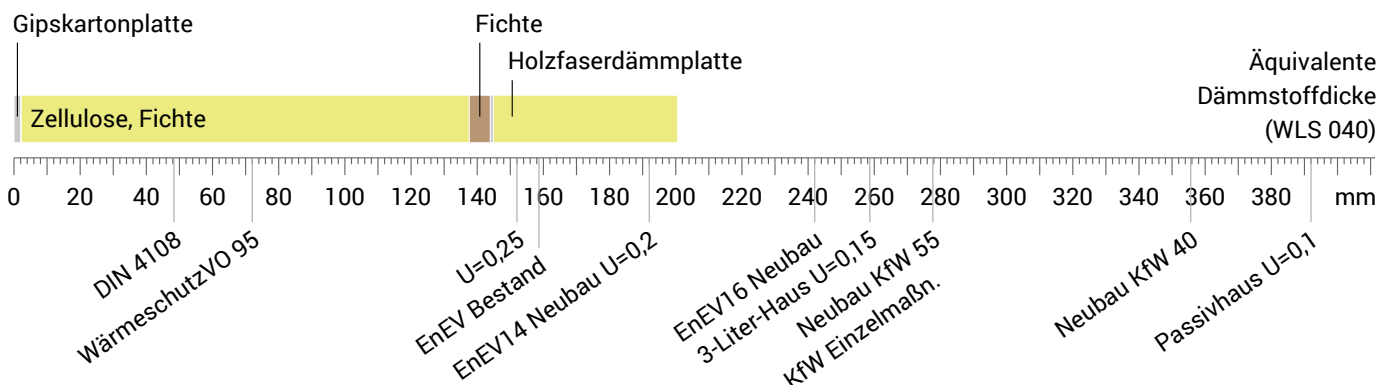
Temperaturamplitudendämpfung: 21  
Phasenverschiebung: 13,7 h  
Wärmekapazität innen:  $40 \text{ kJ/m}^2\text{K}$



- ① Gipskartonplatte (12,5 mm)
- ② Dampfbremse  $s_d=10$  (0,5 mm)
- ③ Zellulose (180 mm)
- ④ Fichte (20 mm)
- ⑤ Dachbahn, Bitumen (5 mm)
- ⑥ Holzfaserdämmplatte (60 mm)
- ⑦ Hinterlüftung
- ⑧ Falzziegel inkl. Lattung

## Dämmwirkung einzelner Schichten und Vergleich mit Richtwerten

Für die folgende Abbildung wurden die Wärmedurchgangswiderstände (d.h. die Dämmwirkung) der einzelnen Schichten in Millimeter Dämmstoff umgerechnet. Die Skala bezieht sich auf einen Dämmstoff der Wärmeleitfähigkeit  $0,040 \text{ W/mK}$ .



Raumluft:  $20,0^\circ\text{C} / 50\%$

Außenluft:  $-5,0^\circ\text{C} / 80\%$

Oberflächentemp.:  $17,9^\circ\text{C}$

$s_d$ -Wert: 261,4 m

Dicke: 41,1 cm

Gewicht:  $106 \text{ kg/m}^2$

Wärmekapazität:  $84 \text{ kJ/m}^2\text{K}$

- EnEV Bestand
- EnEV16 Neubau
- EnEV14 Neubau
- KfW Einzelm.

\*Vergleich des U-Werts mit den Höchstwerten aus EnEV 2014 Anlage 3 Tabelle 1 (EnEV Bestand); 80% des U-Werts der Referenzausführung aus EnEV 2014 Anlage 1 Tabelle 1 (EnEV16 Neubau); der Referenzausführung aus EnEV 2014 Anlage 1 Tabelle 1 (EnEV14 Neubau); den techn. Mindestanforderungen für KfW Einzelmaßnahmen



Zwischensparrendämmung,  $U=0,192 \text{ W/m}^2\text{K}$

## U-Wert-Berechnung nach DIN EN ISO 6946

#	Material	Dicke [cm]	$\lambda$ [W/mK]	R [m <sup>2</sup> K/W]
	Wärmeübergangswiderstand innen (Rsi)			0,100
1	Gipskartonplatte	1,25	0,250	0,050
2	Dampfbremse sd=10	0,05	0,220	0,002
3	Zellulose	18,00	0,040	4,500
	Fichte (17%)	18,00	0,130	1,385
4	Fichte	2,00	0,130	0,154
5	Dachbahn, Bitumen	0,50	0,230	0,022
6	Holzfaserdämmplatte	6,00	0,045	1,333
	Wärmeübergangswiderstand außen (Rse)			0,100
	Gesamtes Bauteil	41,1		

Die Wärmeübergangswiderstände wurden gemäß DIN 6946 Tabelle 1 gewählt.

Rsi: Wärmestromrichtung aufwärts

Rse: Wärmestromrichtung aufwärts, außen: Hinterlüftete Dachhaut

Oberer Grenzwert des Wärmedurchgangswiderstandes  $R'_T = 5,374 \text{ m}^2\text{K/W}$ .

Unterer Grenzwert des Wärmedurchgangswiderstandes  $R''_T = 5,034 \text{ m}^2\text{K/W}$ .

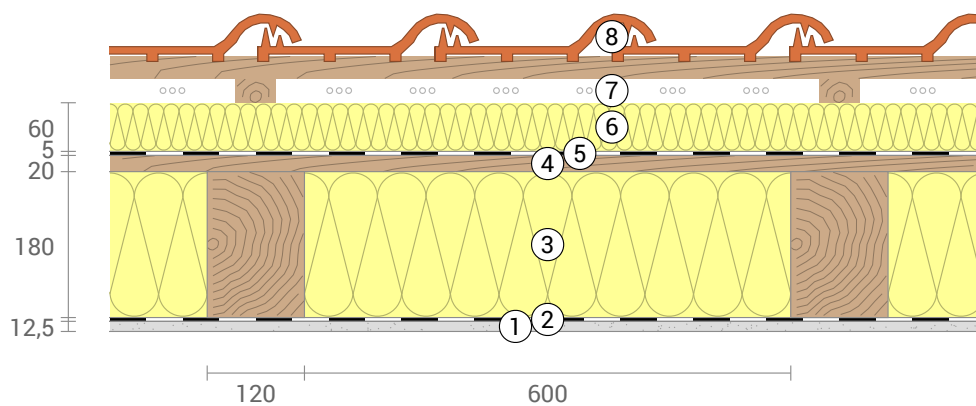
Prüfe Anwendbarkeit:  $R'_T / R''_T = 1,068$  (maximal erlaubt: 1,5)

DIN 6946 darf angewendet werden.

Wärmedurchgangswiderstand  $R_T = (R'_T + R''_T)/2 = 5,204 \text{ m}^2\text{K/W}$

Abschätzung des maximalen relativen Fehlers nach Absatz 6.2.5: 3,3%

Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 1/R_T = 0,19 \text{ W/m}^2\text{K}$





Zwischensparrendämmung,  $U=0,192 \text{ W/m}^2\text{K}$

## Jahreswärmeverlust

Wärmeverlust durch dieses Bauteil: 15,0 kWh pro  $\text{m}^2$  und Heizperiode (ca. 1,48 Liter Heizöl pro  $\text{m}^2$ )

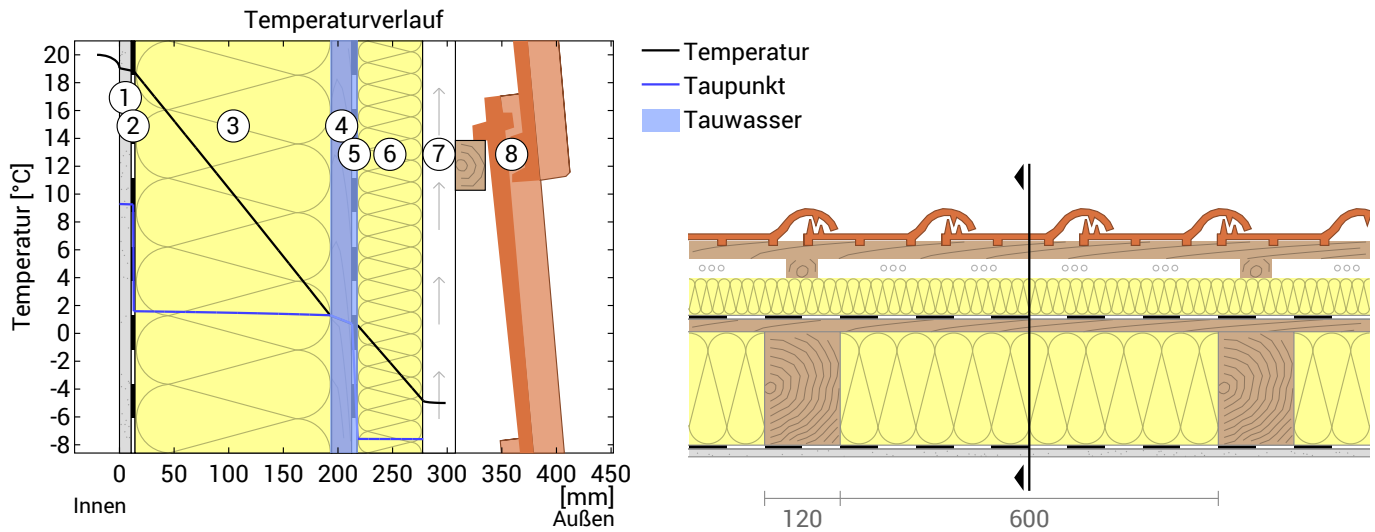
Berechnet für den Standort Deutschland, Heizperiode von Anfang Oktober bis Ende April.

Hinweis: Die dieser Berechnung zugrunde liegenden Klima- und Energiedaten können zum Teil starke Schwankungen aufweisen und im Einzelfall erheblich vom tatsächlichen Wert abweichen.



Zwischensparrendämmung,  $U=0,192 \text{ W/m}^2\text{K}$

## Temperaturverlauf



- ① Gipskartonplatte (12,5 mm)
- ② Dampfbremse  $sd=10$  (0,5 mm)
- ③ Zellulose (180 mm)
- ④ Fichte (20 mm)
- ⑤ Dachbahn, Bitumen (5 mm)
- ⑥ Holzfaserdämmplatte (60 mm)
- ⑦ Hinterlüftung
- ⑧ Falzziegel inkl. Lattung

**Links:** Verlauf von Temperatur und Taupunkt an der in der rechten Abbildung markierten Stelle. Der Taupunkt kennzeichnet die Temperatur, bei der Wasserdampf kondensieren und Tauwasser entstehen würde. Solange die Temperatur des Bauteils an jeder Stelle über der Taupunkttemperatur liegt, entsteht kein Tauwasser. Falls sich die beiden Kurven berühren, fällt an den Berührungspunkten Tauwasser aus.

**Rechts:** Maßstäbliche Zeichnung des Bauteils.

## Schichten (von innen nach außen)

#	Material	$\lambda$ [W/mK]	R [m <sup>2</sup> K/W]	Temperatur [°C]		Gewicht [kg/m <sup>2</sup> ]
				min	max	
	Wärmeübergangswiderstand*		0,250	17,9	20,0	
1	1,25 cm Gipskartonplatte	0,250	0,050	17,5	19,0	8,5
2	0,05 cm Dampfbremse $sd=10$	0,220	0,002	17,5	18,9	0,1
3	18 cm Zellulose	0,040	4,500	1,3	18,8	9,0
	18 cm Fichte (17%)	0,130	1,385	4,0	18,0	13,5
4	2 cm Fichte	0,130	0,154	0,7	4,7	9,0
5	0,5 cm Dachbahn, Bitumen	0,230	0,022	0,6	3,6	5,5
6	6 cm Holzfaserdämmplatte	0,045	1,333	-4,8	3,4	9,6
	Wärmeübergangswiderstand*		0,040	-5,0	-4,8	
7	Hinterlüftung (Außenluft)			-5,0	-5,0	0,0
8	Falzziegel inkl. Lattung			-5,0	-5,0	51,5
	41,1 cm Gesamtes Bauteil		5,201			106,7

\*Wärmeübergangswiderstände gemäß DIN 4108-3 für Feuchteschutz und Temperaturverlauf. Die Werte für die U-Wert-Berechnung finden Sie auf der Seite 'U-Wert-Berechnung'.



Zwischensparrendämmung,  $U=0,192 \text{ W/m}^2\text{K}$

## Feuchteschutz

Während der winterlichen Tauperiode von 90 Tagen fallen in diesem Bauteil insgesamt  $0,072 \text{ kg}$  Tauwasser pro Quadratmeter an. Diese Menge trocknet im Sommer innerhalb von 53 Tagen ab (Verdunstungsperiode gemäß DIN 4108-3:2014-11).

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser [kg/m <sup>2</sup> ] [Gew.-%]	Gewicht [kg/m <sup>2</sup> ]
1	1,25 cm Gipskartonplatte	0,05	-	8,5
2	0,05 cm Dampfbremse sd=10	10,00	-	0,1
3	18 cm Zellulose	0,18	0,016	9,0
	18 cm Fichte (17%)	3,60	-	13,5
4	2 cm Fichte	0,40	0,072	9,0
5	0,5 cm Dachbahn, Bitumen	250,00	-	5,5
6	6 cm Holzfaserdämmplatte	0,30	-	9,6
	41,1 cm Gesamtes Bauteil	261,43	0,072	106,7

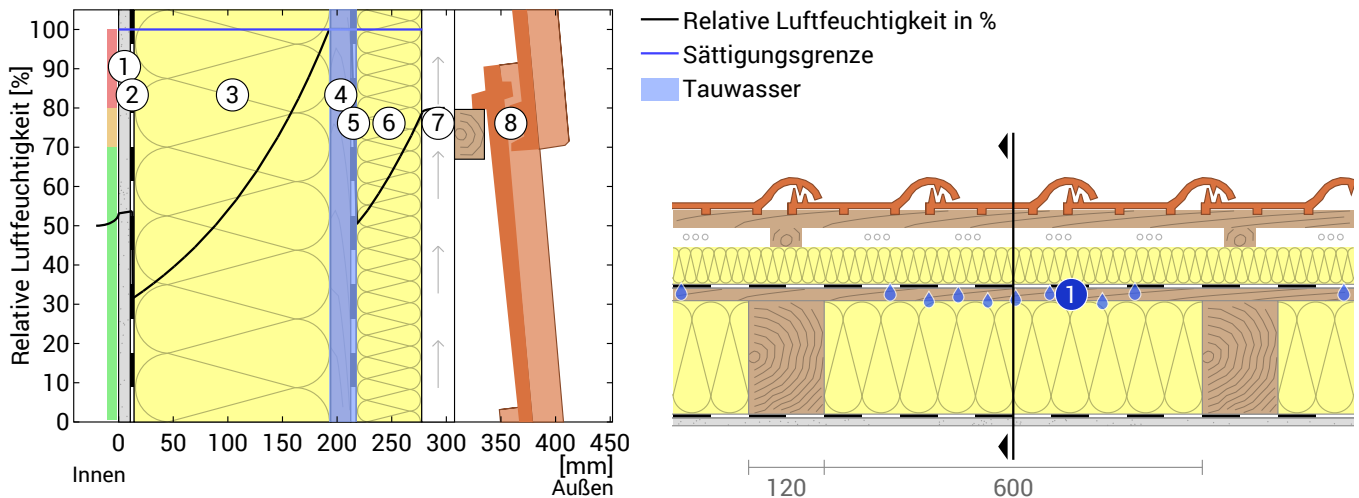
## Tauwasserebenen

- ① Tauwasser:  $0,072 \text{ kg/m}^2$  Trocknungsdauer: 53 Tage  
Betroffene Schichten: Fichte, Zellulose, Dachbahn, Bitumen

## Luftfeuchtigkeit

Die Oberflächentemperatur der Wandinnenseite beträgt  $17,9 \text{ °C}$  was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 57% führt. Unter diesen Bedingungen sollte nicht mit Schimmelbildung zu rechnen sein.

Das folgende Diagramm zeigt die relative Luftfeuchtigkeit innerhalb des Bauteils.



- |                              |                               |                            |
|------------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| ① Gipskartonplatte (12,5 mm) | ④ Fichte (20 mm)              | ⑦ Hinterlüftung            |
| ② Dampfbremse sd=10 (0,5 mm) | ⑤ Dachbahn, Bitumen (5 mm)    | ⑧ Falzziegel inkl. Lattung |
| ③ Zellulose (180 mm)         | ⑥ Holzfaserdämmplatte (60 mm) |                            |

Für die Berechnung der Diffusionsströme wurde ein zweidimensionales Finite-Elemente-Verfahren verwendet. Weitere Hinweise im Eingabeformular unter 'Feuchteschutz'.



Zwischensparrendämmung,  $U=0,192 \text{ W/m}^2\text{K}$

## Feuchteschutz nach DIN 4108-3:2014-11 Anhang A

Achtung: Die Berechnung nach DIN 4108-3 befindet sich momentan im Testbetrieb. Mit kleinen Fehlern und Unstimmigkeiten muss gerechnet werden.

Bitte beachten Sie die Hinweise am Ende dieser Feuchteschutzberechnungen.

#	Material	$\lambda$ [W/mK]	R [m <sup>2</sup> K/W]	sd [m]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	T [°C]	ps [Pa]	$\Sigma$ sd [m]
Wärmeübergangswiderstand			0,250					
1	1,25 cm Gipskartonplatte	0,250	0,050	0,05	680	19,02	2198	0
2	0,05 cm Dampfbremse sd=10	0,220	0,002	10	260	18,82	2172	0,05
3	18 cm Zellulose	0,040	4,500	0,18	60	18,81	2171	10,1
4	2 cm Fichte	0,130	0,154	0,4	450	1,10	661	10,2
5	0,5 cm Dachbahn, Bitumen	0,230	0,022	250	1100	0,49	633	10,6
6	6 cm Holzfaserdämmplatte	0,045	1,333	0,3	160	0,41	629	261
Wärmeübergangswiderstand			0,040			-4,84	407	261

Temperatur (T), Dampfsättigungsdruck (ps) und die Summe der sd-Werte ( $\Sigma$ sd) gelten jeweils an den Schichtgrenzen.

### Berechnung der Tauwassermenge

#### Randbedingungen

Dampfdruck innen bei 20°C und 50% Luftfeuchtigkeit

$p_i = 1168 \text{ Pa}$

Dampfdruck außen bei -5°C und 80% Luftfeuchtigkeit

$p_e = 321 \text{ Pa}$

Dauer Tauperiode (90 Tage)

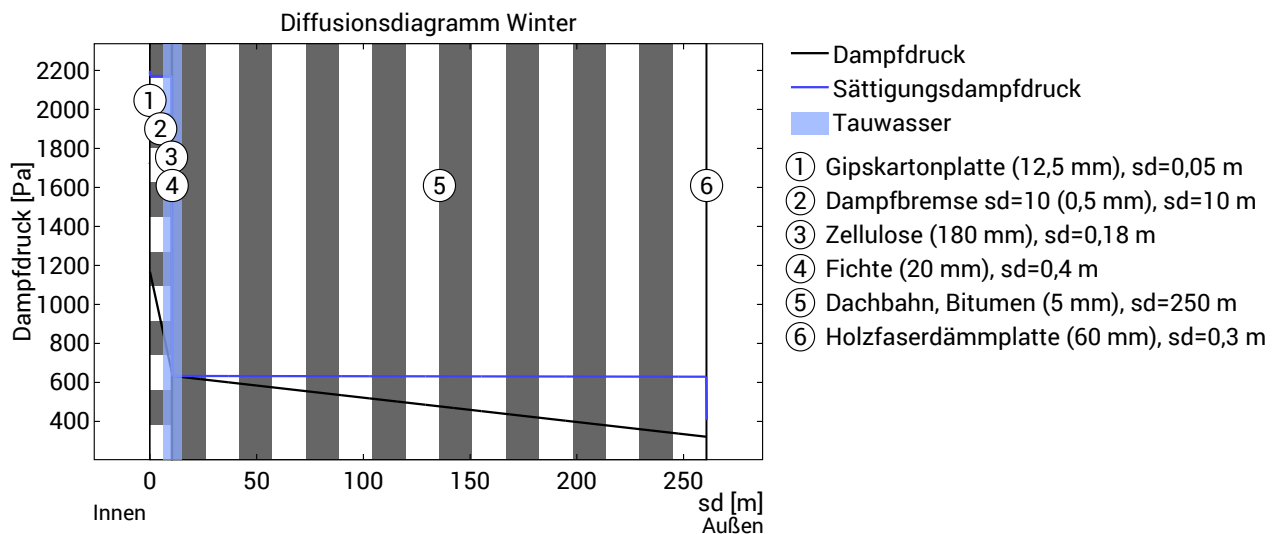
$t_c = 7776000 \text{ s}$

Wasserdampf-Diffusionsleitkoeffizient in ruhender Luft

$\delta_0 = 2.0E-10 \text{ kg/(m}^2\text{s}^2\text{Pa)}$

sd-Wert (gesamtes Bauteil)

$s_{de} = 260,93 \text{ m}$



**Tauwasserebene  $c_1$ :** Schichtgrenze zwischen Fichte und Dachbahn, Bitumen

bei  $s_{d,c_1}=10,63 \text{ m}$ ;  $p_{c_1}=633 \text{ Pa}$ ;  $x_1=21,3 \text{ cm}$

Tauwassermenge:  $M_c = t_c * \delta_0 * ((p_i - p_{c_1})/s_{d,c_1} - (p_{c_1} - p_e)/(s_{de} - s_{d,c_1})) = 0,076 \text{ kg/m}^2$

Fichte wird als wasseraufnahmefähig eingestuft weil  $A_w \geq 0,5$  ist ( $A_w = 2,58 \text{ kg/(m}^2\text{h}^{1/2})$ ).

Dachbahn, Bitumen wird als nicht wasseraufnahmefähig eingestuft weil  $A_w < 0,5$  ist ( $A_w = 0,00006 \text{ kg/(m}^2\text{h}^{1/2})$ ).

Die Wasseraufnahmefähigkeit  $A_w$  von mindestens einer befeuchteten Schicht ist  $< 0,5$ ; mindestens eine Schicht ist somit nicht wasseraufnahmefähig. Die maximal erlaubte Tauwassermenge beträgt deshalb  $0,5 \text{ kg/m}^2$ .

Tauwasser insgesamt:  $M_c = 0,076 \text{ kg/m}^2$



### Erhöhung des Feuchtegehalts bei Holz und Holzwerkstoffen

Unter der Annahme, dass sich das Tauwasser vollständig auf die Schicht 'Fichte' mit der Rohdichte  $\rho = 450 \text{ kg/m}^3$  verteilt, ergibt sich folgende Zunahme des massebezogenen Feuchtegehalts  $\Delta u$  in M.-%:

$\Delta u = M_c / (\rho * d) * 100\% = 0,076 / (450 * 0,02) * 100\% = 0,85\%$

Maximal erlaubte Zunahme bei Holz: 5%

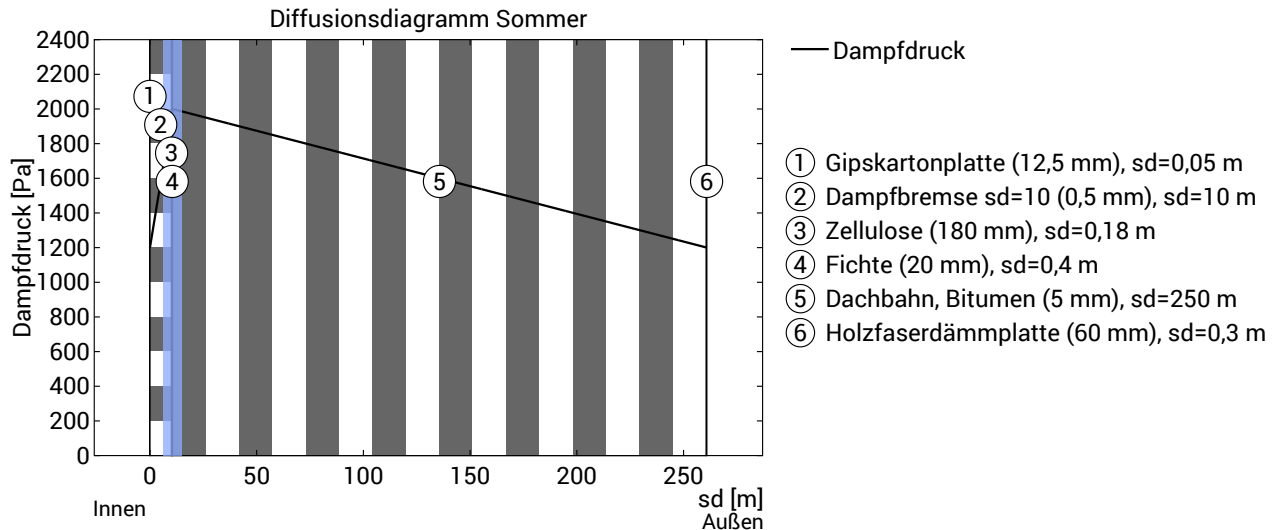




Zwischensparrendämmung,  $U=0,192 \text{ W/m}^2\text{K}$

## Berechnung der Verdunstungsmenge

Randbedingungen	
Dampfdruck innen	$p_i = 1200 \text{ Pa}$
Dampfdruck außen	$p_e = 1200 \text{ Pa}$
Sättigungsdampfdruck in der Tauwasserebene	$p_s = 2000 \text{ Pa}$ (Dach gegen Außenluft)
Dauer Verdunstungsperiode (90 Tage)	$t_{ev} = 7776000 \text{ s}$
sd-Werte bleiben unverändert.	



Maximal mögliche Verdunstungsmenge:

$$M_{ev} = t_c \cdot \delta_0 \cdot \left( \frac{(p_s - p_i)}{s_{d_{c1}}} + \frac{(p_s - p_e)}{(s_{d_e} - s_{d_{c1}})} \right) = \mathbf{0,122 \text{ kg/m}^2}$$

Die Tauwassermenge von  $0,076 \text{ kg/m}^2$  kann vollständig trocknen.



## Bewertung gemäß DIN 4108-3

Das Bauteil ist diffusionstechnisch zulässig.

## Trocknungsreserve (DIN 68800-2)

$$\text{Trocknungsreserve: } M_r = (M_{ev} - M_c) \cdot 1000 = \mathbf{46 \text{ g/m}^2/\text{a}}$$

Mindestens gefordert bei Dächern:  $250 \text{ g/m}^2/\text{a}$

Anforderung nicht erfüllt!

## Hinweise

DIN 4108-3 beschreibt in Abschnitt 5.3 Bauteile, für die kein rechnerischer Tauwassernachweis erforderlich ist, da kein Tauwasserrisiko besteht oder das Verfahren für die Beurteilung nicht geeignet ist. Ob das hier untersuchte Bauteil darunter ist, kann mit den vorliegenden Informationen nicht beurteilt werden.

Bei inhomogenen Konstruktionen, wie Skelett-, Ständer- oder Rahmenbauweisen sowie bei Holzbalken-, Sparren- oder Fachwerk-Konstruktionen o.ä. sind die eindimensionalen Diffusionsberechnungen nur für den Gefachbereich nachzuweisen. Ausnahmefälle sind Sonderkonstruktionen, bei denen z.B. die diffusionshemmende Schicht auch abschnittsweise über den Außenbereich verlegt wird. In diesen Ausnahmefällen ist die hier durchgeführte Berechnung ungültig.