

Müller Dachaufbau Martelenbergerweg 14a

Außenwand
erstellt am 19.6.2023

Wärmeschutz

$U = 0,14 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

GEG 2020 Bestand*: $U < 0,24 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$



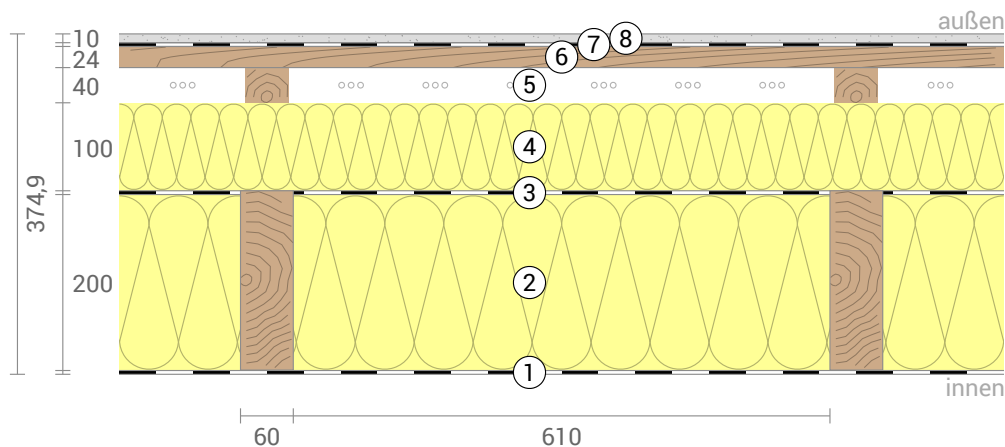
Feuchteschutz

Trocknungsreserve: $3752 \text{ g}/\text{m}^2\text{a}$
Kein Tauwasser



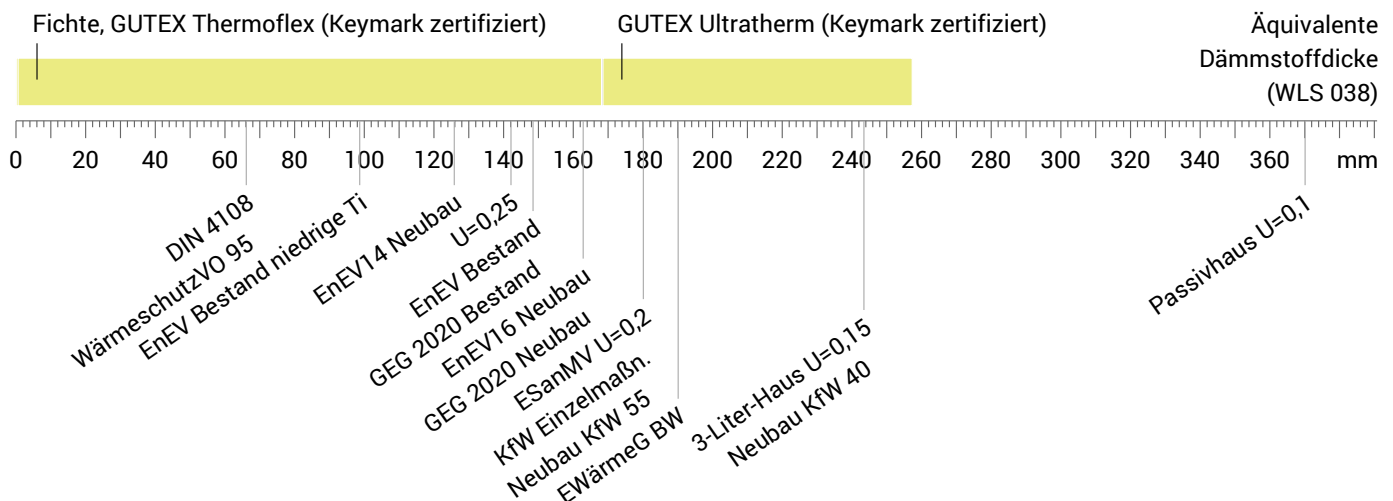
Hitzeschutz

Temperaturamplitudendämpfung: 17
Phasenverschiebung: 14,3 h
Wärmekapazität innen: $29 \text{ kJ}/\text{m}^2\text{K}$



- | | | |
|------------------------------------|-----------------------------|---------------------|
| ① pro clima RB | ④ GUTEX Ultratherm (100 mm) | ⑦ DELTA®-FOXX PLUS |
| ② GUTEX Thermoflex (200 mm) | ⑤ Hinterlüftung (40 mm) | ⑧ Aluminium (10 mm) |
| ③ pro clima DASAPLANO 0,01 connect | ⑥ Fichte (24 mm) | |

Dämmwirkung einzelner Schichten und Vergleich mit Richtwerten



Raumluft: $20,0^\circ\text{C} / 50\%$	sd-Wert: 0,8 m	Dicke: 37,5 cm
Außenluft: $-5,0^\circ\text{C} / 80\%$	Trocknungsreserve: $3752 \text{ g}/\text{m}^2\text{a}$	Gewicht: $74 \text{ kg}/\text{m}^2$
Oberflächentemp.: $18,2^\circ\text{C} / -4,9^\circ\text{C}$		Wärmekapazität: $70 \text{ kJ}/\text{m}^2\text{K}$

☒ GEG 2020 Bestand ☒ BEG Einzelmaßn. ☒ GEG 2020 Neubau ☒ DIN 4108

Müller Dachaufbau Martelenbergerweg 14a, $U=0,14 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

U-Wert-Berechnung nach DIN EN ISO 6946

#	Material	Dicke [cm]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]
	Wärmeübergangswiderstand innen (Rsi)			0,130
1	pro clima RB	0,01	0,040	0,003
2	GUTEX Thermoflex (Keymark zertifiziert)	20,00	0,038	5,263
	Fichte (Breite: 6 cm)	20,00	0,130	1,538
3	pro clima DASAPLANO 0,01 connect	0,05	0,040	0,013
4	GUTEX Ultratherm (Keymark zertifiziert)	10,00	0,044	2,273
	Wärmeübergangswiderstand außen (Rse)			0,130

Die Wärmeübergangswiderstände wurden gemäß DIN 6946 Tabelle 7 gewählt.

Rsi: Wärmestromrichtung horizontal

Rse: Wärmestromrichtung horizontal, außen: Hinterlüftungsebene

Oberer Grenzwert des Wärmedurchgangswiderstandes $R_{\text{tot;upper}} = 7,222 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$.

Unterer Grenzwert des Wärmedurchgangswiderstandes $R_{\text{tot;lower}} = 6,873 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$.

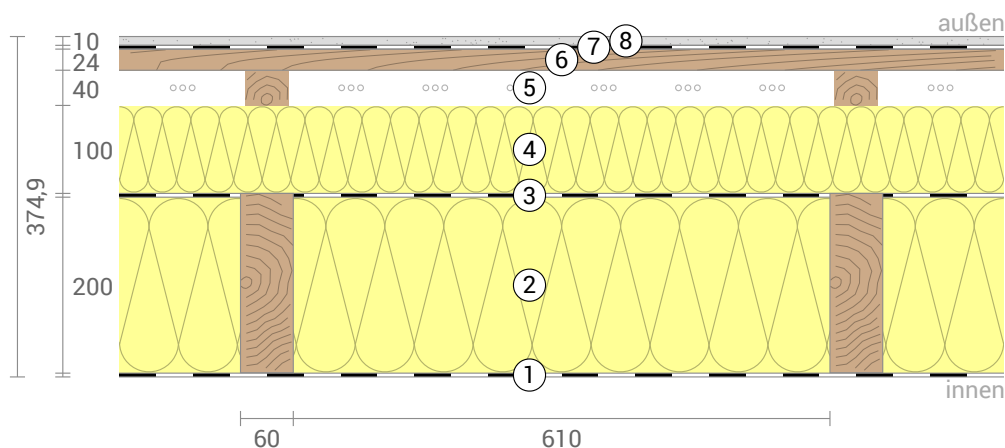
Prüfe Anwendbarkeit: $R_{\text{tot;upper}} / R_{\text{tot;lower}} = 1,051$ (maximal erlaubt: 1,5)

Das Verfahren darf angewendet werden.

Wärmedurchgangswiderstand $R_{\text{tot}} = (R_{\text{tot;upper}} + R_{\text{tot;lower}})/2 = 7,047 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$

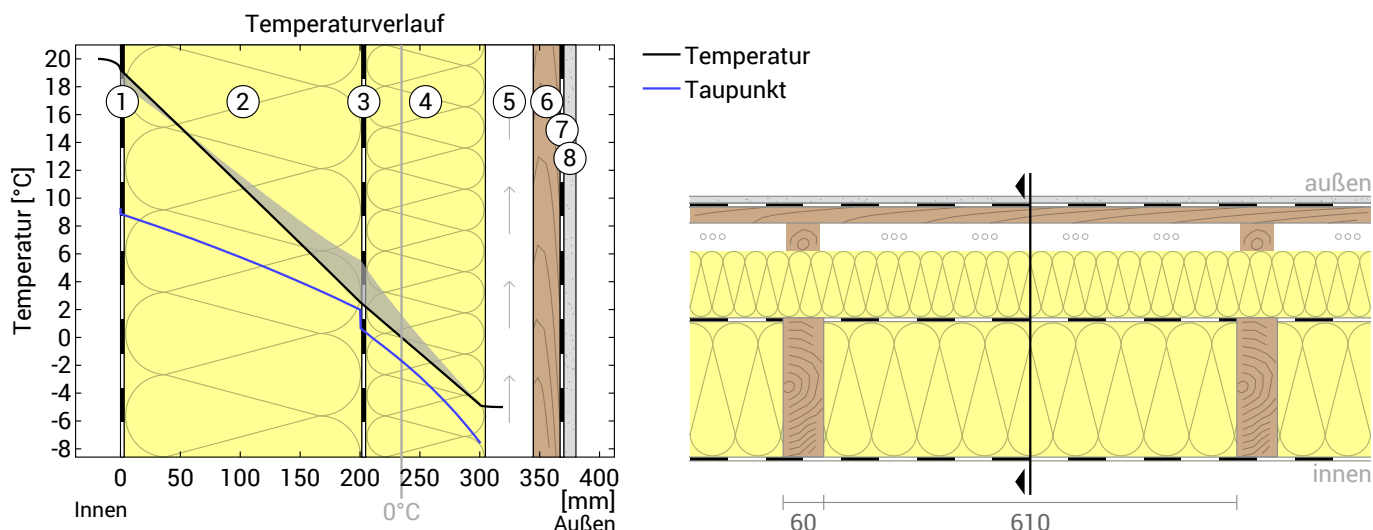
Abschätzung des maximalen relativen Fehlers nach Absatz 6.7.2.5: 2,5%

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1/R_{\text{tot}} = 0,14 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$



Müller Dachaufbau Martelenbergerweg 14a, U=0,14 W/(m²K)

Temperaturverlauf



- | | | |
|------------------------------------|-----------------------------|---------------------|
| ① pro clima RB | ④ GUTEX Ultratherm (100 mm) | ⑦ DELTA®-FOXX PLUS |
| ② GUTEX Thermoflex (200 mm) | ⑤ Hinterlüftung (40 mm) | ⑧ Aluminium (10 mm) |
| ③ pro clima DASAPLANO 0,01 connect | ⑥ Fichte (24 mm) | |

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	λ [W/mK]	R [m²K/W]	Temperatur [°C]		Gewicht [kg/m²]
				min	max	
	Wärmeübergangswiderstand*		0,250	18,2	20,0	
1	0,01 cm pro clima RB	0,040	0,003	18,2	19,2	0,0
2	20 cm GUTEX Thermoflex (Keymark zertifiziert)	0,038	5,263	2,5	19,2	9,1
	20 cm Fichte (Breite: 6 cm)	0,130	1,538	5,2	18,4	8,1
3	0,05 cm pro clima DASAPLANO 0,01 connect	0,040	0,013	2,5	5,2	0,1
4	10 cm GUTEX Ultratherm (Keymark zertifiziert)	0,044	2,273	-4,9	5,6	18,0
	Wärmeübergangswiderstand*		0,040	-5,0	-4,8	
5	4 cm Hinterlüftung (Außenluft)			-5,0	-5,0	0,0
6	2,4 cm Fichte			-5,0	-5,0	10,8
7	0,03 cm DELTA®-FOXX PLUS			-5,0	-5,0	0,3
8	1 cm Aluminium			-5,0	-5,0	28,0
	37,49 cm Gesamtes Bauteil		7,017			74,4

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

Oberflächentemperatur innen (min / mittel / max): 18,2°C 19,1°C 19,2°C
Oberflächentemperatur außen (min / mittel / max): -4,9°C -4,9°C -4,8°C

Müller Dachaufbau Martelenbergerweg 14a, U=0,14 W/(m²K)

Feuchteschutz

Für die Berechnung der Tauwassermenge wurde das Bauteil 90 Tage lang dem folgenden konstanten Klima ausgesetzt:
innen: 20°C und 50% Luftfeuchtigkeit; außen: -5°C und 80% Luftfeuchtigkeit. Dieses Klima entspricht DIN 4108-3.

Unter den angenommenen Bedingungen bildet sich kein Tauwasser.

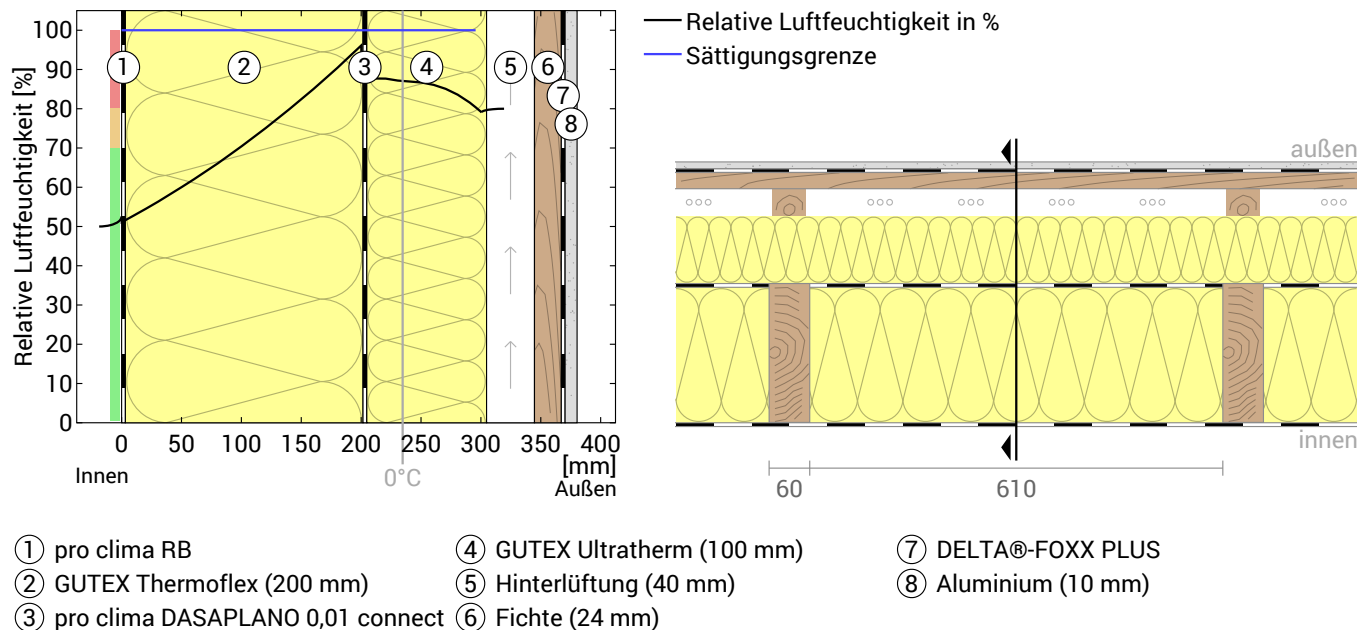
Trocknungsreserve gemäß DIN 4108-3:2018: 3752 g/(m²a)
Von der DIN 68800-2 mindestens gefordert: 100 g/(m²a)

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser [kg/m²] [Gew.-%]	Gewicht [kg/m²]
1	0,01 cm pro clima RB	0,03	-	0,0
2	20 cm GUTEX Thermoflex (Keymark zertifiziert)	0,40	-	9,1
	20 cm Fichte (Breite: 6 cm)	4,00	-	8,1
3	0,05 cm pro clima DASAPLANO 0,01 connect	0,06	-	0,1
4	10 cm GUTEX Ultratherm (Keymark zertifiziert)	0,30	-	18,0
	37,49 cm Gesamtes Bauteil	0,85	0	74,4

Luftfeuchtigkeit

Die Oberflächentemperatur auf der Raumseite beträgt 18,2 °C was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 56% führt. Unter diesen Bedingungen sollte nicht mit Schimmelbildung zu rechnen sein.

Das folgende Diagramm zeigt die relative Luftfeuchtigkeit innerhalb des Bauteils.



Hinweise: Berechnung mittels Ubakus 2D-FE Verfahren. Konvektion und die Kapillarität der Baustoffe wurden nicht berücksichtigt. Die Trocknungsdauer kann unter ungünstigen Bedingungen (Beschattung, feuchte/kühle Sommer) länger dauern als hier berechnet.

Müller Dachaufbau Martelenbergerweg 14a, U=0,14 W/(m²K)

Feuchteschutz nach DIN 4108-3:2018 Anhang A

Dieser Feuchteschutznachweis ist nur bei **nicht klimatisierten** Wohn- oder wohnähnlich genutzten Gebäuden gültig.

Bitte beachten Sie die Hinweise am Ende dieser Feuchteschutzberechnungen.

#	Material	λ [W/mK]	R [m²K/W]	sd [m]	ρ [kg/m³]	T [°C]	ps [Pa]	Σ sd [m]
	Wärmeübergangswiderstand		0,250					
1	0,01 cm pro clima RB	0,040	0,003	0	450	19,20	2225	0
2	20 cm GUTEX Thermoflex (Keymark zertifiziert)	0,038	5,263	0,4	50	19,19	2223	0
3	0,05 cm pro clima DASAPLANO 0,01 connect	0,040	0,013	0,1	290	2,41	727	0,4
4	10 cm GUTEX Ultratherm (Keymark zertifiziert)	0,044	2,273	0,3	180	2,37	724	0,5
	Wärmeübergangswiderstand		0,040			-4,87	406	0,8

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

Luftfeuchte an der Bauteiloberfläche

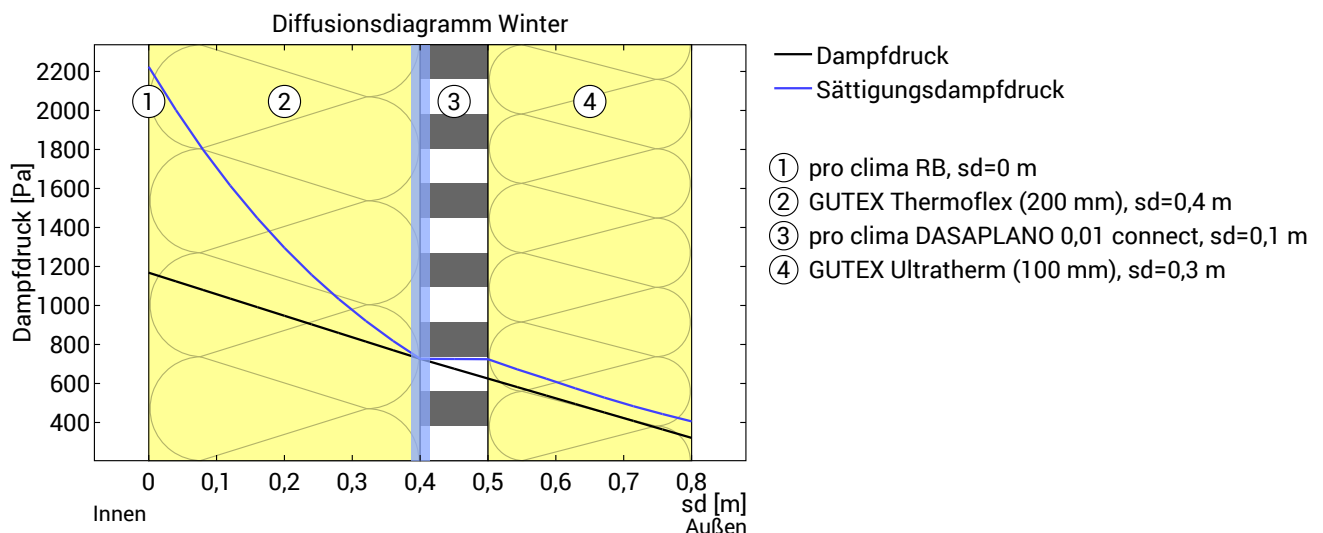
Die relative Luftfeuchtigkeit auf der raumseitigen Bauteiloberfläche beträgt 53%. Anforderungen zur Vermeidung von Baustoffkorrosion hängen von Material und Beschichtung ab und wurden nicht untersucht.



Tauperiode (Winter)

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	$\delta_0 = 2.0E-10 \text{ kg/(m*s*Pa)}$
sd-Wert (gesamtes Bauteil)	$s_{de} = 0,80 \text{ m}$



Tauwasserebene c_1 : Schichtgrenze zwischen GUTEX Thermoflex (Keymark zertifiziert) und pro clima DASAPLANO 0,01 connect

bei $s_{d,c1}=0,40 \text{ m}$; $p_{c1}=727 \text{ Pa}$; $x_1=20,01 \text{ cm}$

Tauwassermenge: $M_c = t_c * \delta_0 * ((p_i - p_{c1})/s_{d,c1} - (p_{c1} - p_e)/(s_{de} - s_{d,c1})) = 0,136 \text{ kg/m}^2$

GUTEX Thermoflex (Keymark zertifiziert) wird als wasseraufnahmefähig eingestuft weil $A_w \geq 0.1$ ist.

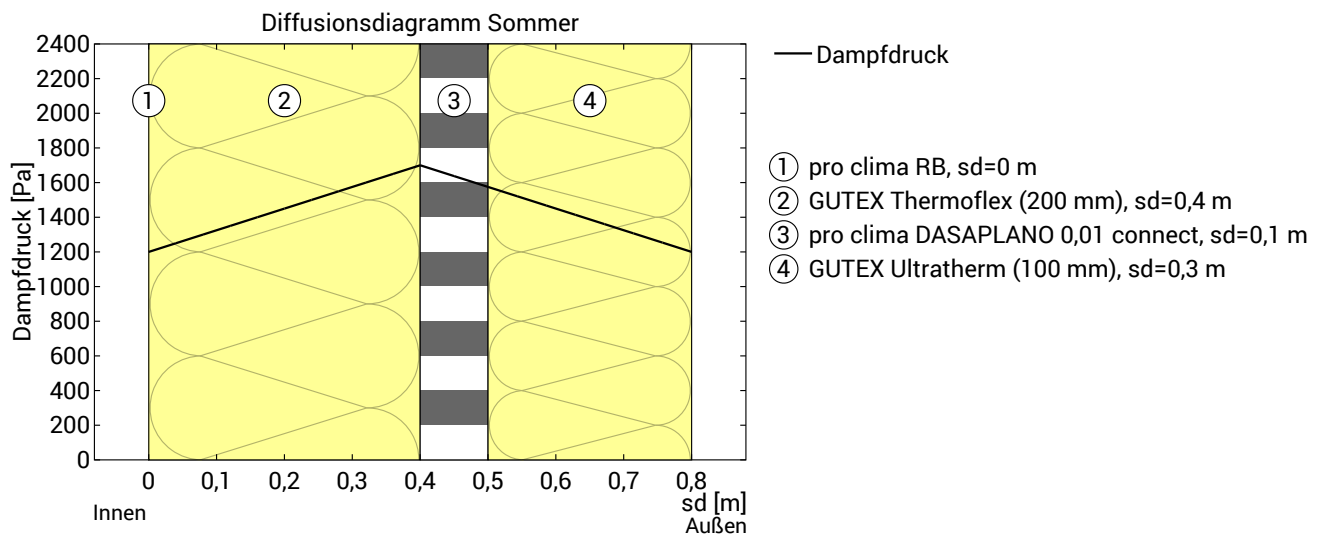
Für Schicht pro clima DASAPLANO 0,01 connect wurde noch kein Wasseraufnahmekoeffizient hinterlegt. Es wird deshalb angenommen, dass mindestens eine Schicht nicht kapillar wasseraufnahmefähig ist.

Die maximal erlaubte Tauwassermenge beträgt mindestens $0,5 \text{ kg/m}^2$.
Tauwasser insgesamt: $M_c = 0,136 \text{ kg/m}^2$



Verdunstungsperiode (Sommer)

Randbedingungen	
Dampfdruck innen	$p_i = 1200 \text{ Pa}$
Dampfdruck außen	$p_e = 1200 \text{ Pa}$
Sättigungsdampfdruck in der Tauwasserebene	$p_s = 1700 \text{ Pa}$
Dauer Verdunstungsperiode (90 Tage)	$t_{ev} = 7776000 \text{ s}$
sd-Werte bleiben unverändert.	



Maximal mögliche Verdunstungsmenge:
 $M_{ev} = t_c \cdot \delta_0 \cdot ((p_s - p_i)/sd_{c1} + (p_s - p_e)/(sd_e - sd_{c1})) = 3,888 \text{ kg/m}^2$
Die Tauwassermenge von $0,136 \text{ kg/m}^2$ kann vollständig trocknen.



Trocknungsreserve (DIN 68800-2)

Trocknungsreserve: $M_r = (M_{ev} - M_c) \cdot 1000 = 3752 \text{ g/m}^2/\text{a}$
Mindestens gefordert bei Wänden und Decken: $100 \text{ g/m}^2/\text{a}$



Bewertung gemäß DIN 4108-3

Das Bauteil ist diffusionstechnisch zulässig.

Hinweise

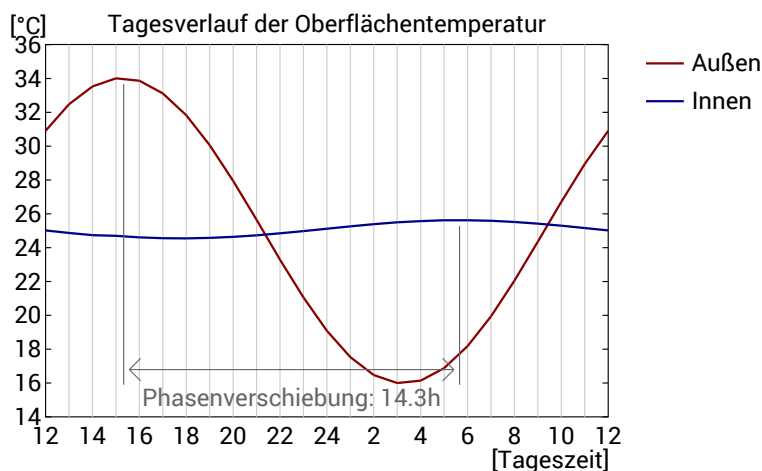
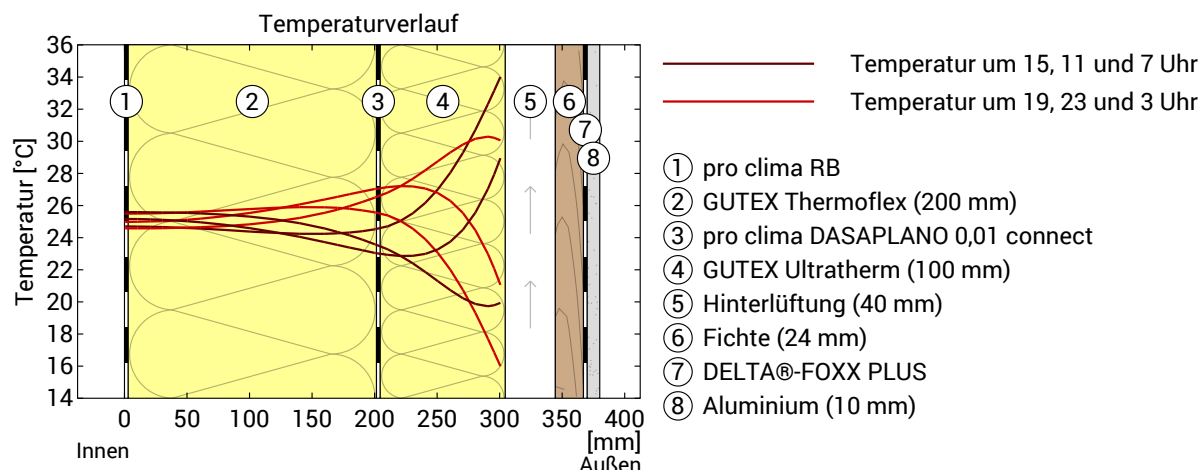
Bei inhomogenen Konstruktionen, wie Skelett-, Ständer- oder Rahmenbauweisen sowie bei Holzbalken-, Sparren- oder Fachwerk-Konstruktionen o.ä. sind die eindimensionalen Diffusionsberechnungen nur für den Gefachbereich nachzuweisen. Ausnahmefälle sind Sonderkonstruktionen, bei denen z.B. die diffusionshemmende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

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.

Müller Dachaufbau Martelenbergerweg 14a, $U=0,14 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Hitzeschutz

Die folgenden Ergebnisse sind Eigenschaften des untersuchten Bauteils allein und machen keine Aussage über den Hitzeschutz des gesamten Raums:



Obere Abbildung: Temperaturverlauf innerhalb des Bauteils zu verschiedenen Zeitpunkten. Jeweils von oben nach unten, braune Linien: um 15, 11 und 7 Uhr und rote Linien um 19, 23 und 3 Uhr morgens.

Untere Abbildung: Temperatur auf der äußeren (rot) und inneren (blau) Oberfläche im Verlauf eines Tages. Die schwarzen Pfeile kennzeichnen die Lage der Temperaturhöchstwerte. Das Maximum der inneren Oberflächentemperatur sollte möglichst während der zweiten Nachthälfte auftreten.

Phasenverschiebung*	14,3 h	Wärmespeicherfähigkeit (gesamtes Bauteil):	70 kJ/m ² K
Amplitudendämpfung**	16,8	Wärmespeicherfähigkeit der inneren Schichten:	29 kJ/m ² K
TAV***	0,059		

* Die Phasenverschiebung gibt die Zeitdauer in Stunden an, nach der das nachmittägliche Hitzemaximum die Bauteilinnenseite erreicht.

** Die Amplitudendämpfung beschreibt die Abschwächung der Temperaturwelle beim Durchgang durch das Bauteil. Ein Wert von 10 bedeutet, dass die Temperatur auf der Außenseite 10x stärker variiert, als auf der Innenseite, z.B. außen 15-35°C, innen 24-26°C.

*** Das Temperaturamplitudenverhältnis TAV ist der Kehrwert der Dämpfung: $TAV = 1/\text{Amplitudendämpfung}$

Hinweis: Der Hitzeschutz eines Raumes wird von mehreren Faktoren beeinflusst, im Wesentlichen aber von der direkten Sonneneinstrahlung durch Fenster und der Gesamtmenge an Speichermasse (darunter auch Fußboden, Innenwände und Einbauten/Möbel). Ein einzelnes Bauteil hat auf den Hitzeschutz des Raumes in der Regel nur einen sehr geringen Einfluss.

Die oben dargestellten Berechnungen wurden für einen 1-dimensionalen Querschnitt des Bauteils erstellt.

Müller Dachaufbau Martelenbergerweg 14a, $U=0,14 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Hinweise

Überschneidungen

Schicht 2.2 (Fichte) durchbricht Schicht 3 (pro clima DASAPLANO 0,01 connect).

Hinterlüftungsebene

Die Stärke der Hinterlüftungsebene beträgt 4 cm. Als Faustwert gilt: Mindestens 3 cm. Ist die Neigung der Hinterlüftungsebene kleiner als 40° , z.B. bei (Flach-)Dächern, muss ein größerer Wert gewählt werden. Gleiches gilt wenn Lufteintritt und Luftaustritt besonders weit auseinander liegen.

Der für die Berechnung relevante Teil Ihres Bauteils endet an der Innenseite der Hinterlüftungsebene. Weiter außen liegende Schichten müssen nicht eingegeben werden.

Balken und Träger, die die Hinterlüftungsebene durchstoßen, werden nur bis zur Innenseite der Hinterlüftungsebene berücksichtigt.

Beachten Sie: Der U-Wert-Rechner geht grundsätzlich davon aus, dass eine Hinterlüftungsebene ausreichend von Außenluft durchströmt wird. Ob dies tatsächlich der Fall ist, hängt nicht nur von der Dicke der Hinterlüftungsebene ab, sondern auch von deren Breite und Länge sowie möglichen Hindernissen am Luft Ein- und Auslass und kann vom U-Wert-Rechner nicht beurteilt werden.