

Müller, Thermoflex Martelenbergerweg 14a (13.06.2023 Neuer Aufbau)

Außenwand
erstellt am 14.6.2023

Wärmeschutz

$U = 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

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



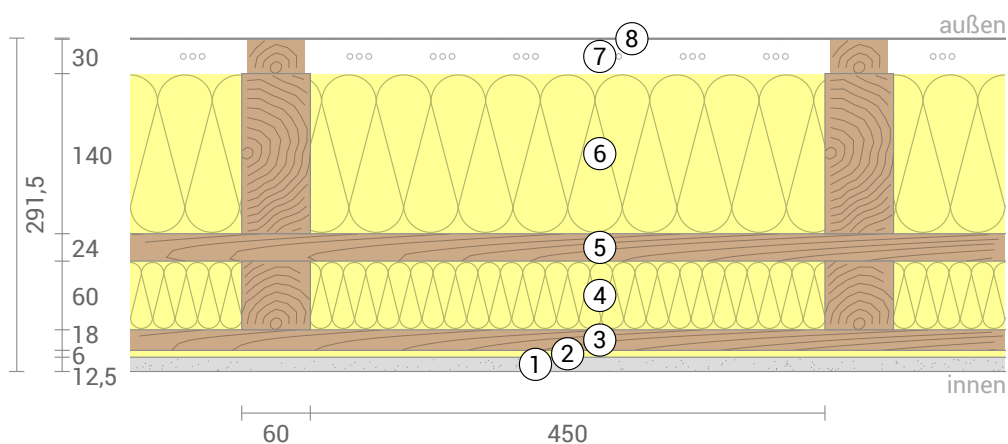
Feuchteschutz

Trocknungsreserve: $2630 \text{ g}/\text{m}^2\text{a}$
Kein Tauwasser



Hitzeschutz

Temperaturamplitudendämpfung: 28
Phasenverschiebung: 12,5 h
Wärmekapazität innen: $49 \text{ kJ}/\text{m}^2\text{K}$



- ① Gipskartonplatte (12,5 mm)
- ② GUTEX Multiplex-top (6 mm)
- ③ Fichte (18 mm)

- ④ GUTEX Thermoflex (60 mm)
- ⑤ Fichte (24 mm)
- ⑥ Flexible Holzfaserdämmplatte (140 mm)

- ⑦ Hinterlüftung (30 mm)
- ⑧ Aluminium (1 mm)

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

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

Oberflächentemp.: $18,3^\circ\text{C} / -4,8^\circ\text{C}$

sd-Wert: 1,9 m

Trocknungsreserve: $2630 \text{ g}/\text{m}^2\text{a}$

Dicke: 29,2 cm

Gewicht: $51 \text{ kg}/\text{m}^2$

Wärmekapazität: $77 \text{ kJ}/\text{m}^2\text{K}$

☒ GEG 2020 Bestand

☒ BEG Einzelmaßn.

☒ GEG 2020 Neubau

☒ DIN 4108

Müller, Thermoflex Martelenbergerweg 14a (13.06.2023 Neuer Aufbau, $U=0,20 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$)

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	Gipskartonplatte	1,25	0,250	0,050
2	GUTEX Multiplex-top (Keymark zertifiziert)	0,60	0,047	0,128
3	Fichte	1,80	0,130	0,138
4	GUTEX Thermoflex (Keymark zertifiziert)	6,00	0,038	1,579
	Fichte (12%)	6,00	0,130	0,462
5	Fichte	2,40	0,130	0,185
6	Flexible Holzfaserdämmplatte	14,00	0,039	3,590
	Fichte (12%)	14,00	0,130	1,077
	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 $R_{\text{tot;upper}} = 5,001 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$.

Unterer Grenzwert des Wärmedurchgangswiderstandes $R_{\text{tot;lower}} = 4,806 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$.

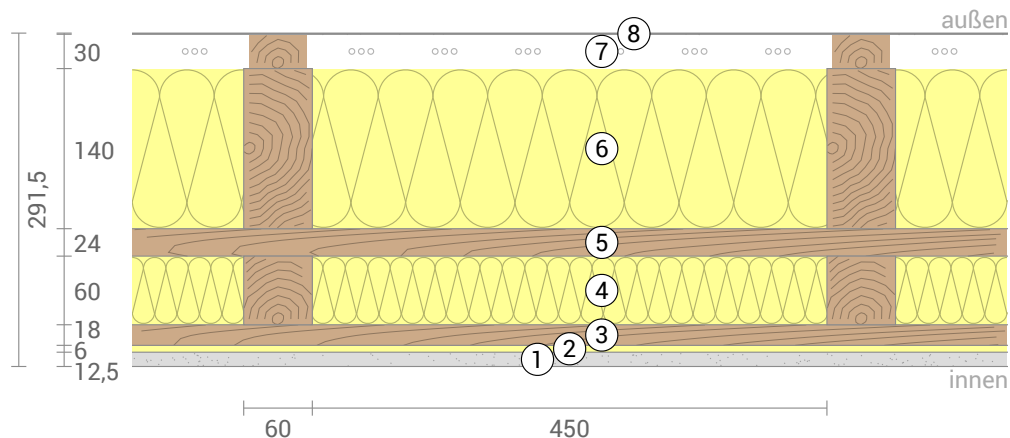
Prüfe Anwendbarkeit: $R_{\text{tot;upper}} / R_{\text{tot;lower}} = 1,040$ (maximal erlaubt: 1,5)

Das Verfahren darf angewendet werden.

Wärmedurchgangswiderstand $R_{\text{tot}} = (R_{\text{tot;upper}} + R_{\text{tot;lower}})/2 = 4,903 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$

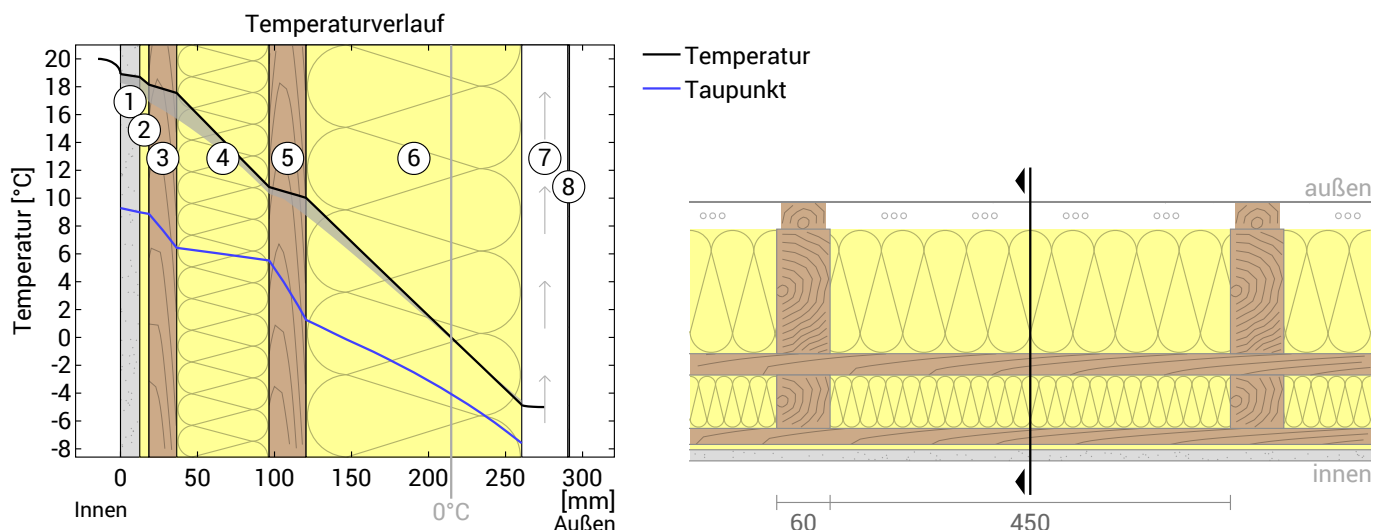
Abschätzung des maximalen relativen Fehlers nach Absatz 6.7.2.5: 2,0%

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1/R_{\text{tot}} = 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$



Müller, Thermoflex Martelenbergerweg 14a (13.06.2023 Neuer Aufbau, $U=0,20 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$)

Temperaturverlauf



- | | | |
|------------------------------|---|-------------------------|
| ① Gipskartonplatte (12,5 mm) | ④ GUTEX Thermoflex (60 mm) | ⑦ Hinterlüftung (30 mm) |
| ② GUTEX Multiplex-top (6 mm) | ⑤ Fichte (24 mm) | ⑧ Aluminium (1 mm) |
| ③ Fichte (18 mm) | ⑥ Flexible Holzfaserdämmplatte (140 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 [m ² K/W]	Temperatur [°C]		Gewicht [kg/m ²]
				min	max	
	Wärmeübergangswiderstand*		0,250	18,3	20,0	
1	1,25 cm Gipskartonplatte	0,250	0,050	17,9	18,9	8,5
2	0,6 cm GUTEX Multiplex-top (Keymark zertifiziert)	0,047	0,128	16,9	18,7	1,3
3	1,8 cm Fichte	0,130	0,138	15,7	18,1	8,1
4	6 cm GUTEX Thermoflex (Keymark zertifiziert)	0,038	1,579	10,3	17,5	2,6
	6 cm Fichte (12%)	0,130	0,462	10,7	16,1	3,2
5	2,4 cm Fichte	0,130	0,185	8,7	10,8	10,8
6	14 cm Flexible Holzfaserdämmplatte	0,039	3,590	-4,8	10,0	6,2
	14 cm Fichte (12%)	0,130	1,077	-4,5	9,0	7,4
	Wärmeübergangswiderstand*		0,040	-5,0	-4,5	
7	3 cm Hinterlüftung (Außenluft)			-5,0	-5,0	0,0
8	0,1 cm Aluminium			-5,0	-5,0	2,8
	29,15 cm Gesamtes Bauteil		4,930			50,9

*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): 18,3°C 18,7°C 18,9°C
Oberflächentemperatur außen (min / mittel / max): -4,8°C -4,8°C -4,5°C

Müller, Thermoflex Martelenbergerweg 14a (13.06.2023 Neuer Aufbau, $U=0,20 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$)

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.

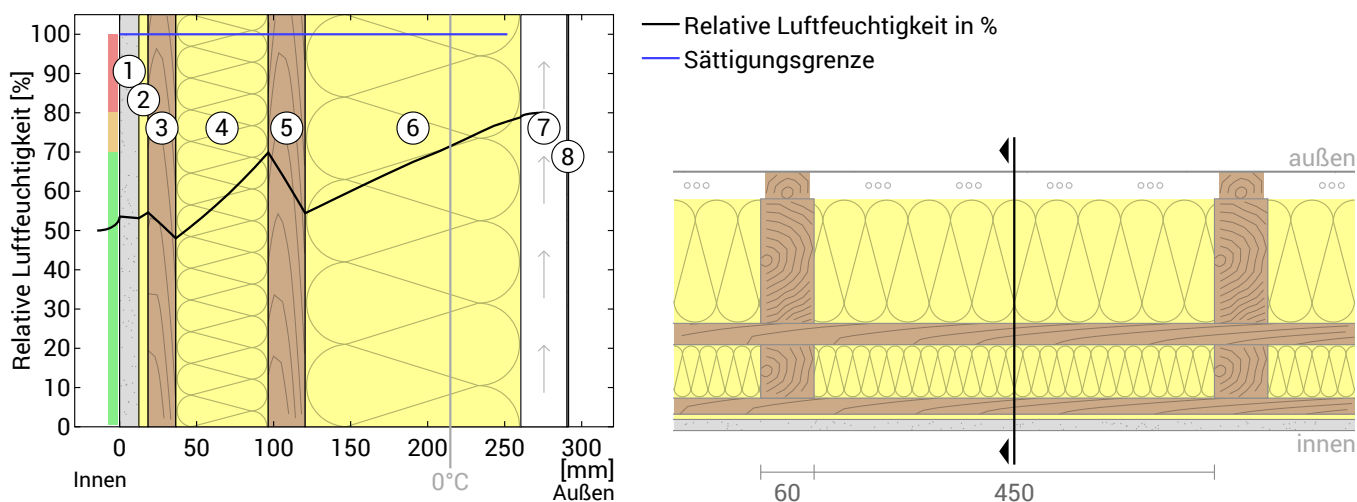
Unter den angenommenen Bedingungen bildet sich kein Tauwasser.

Trocknungsreserve gemäß DIN 4108-3:2018: 2630 g/(m²a)
Von der DIN 68800-2 mindestens gefordert: 100 g/(m²a)

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser [kg/m²] [Gew.-%]	Gewicht [kg/m²]
1	1,25 cm Gipskartonplatte	0,05	-	8,5
2	0,6 cm GUTEX Multiplex-top (Keymark zertifiziert)	0,02	-	1,3
3	1,8 cm Fichte	0,36	-	8,1
4	6 cm GUTEX Thermoflex (Keymark zertifiziert)	0,12	-	2,6
	6 cm Fichte (12%)	1,20	-	3,2
5	2,4 cm Fichte	0,48	-	10,8
6	14 cm Flexible Holzfaserdämmplatte	0,70	-	6,2
	14 cm Fichte (12%)	7,00	-	7,4
	29,15 cm Gesamtes Bauteil	1,88	0	50,9

Luftfeuchtigkeit

Die Oberflächentemperatur auf der Raumseite beträgt 18,3 °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.



- | | | |
|------------------------------|---|-------------------------|
| ① Gipskartonplatte (12,5 mm) | ④ GUTEX Thermoflex (60 mm) | ⑦ Hinterlüftung (30 mm) |
| ② GUTEX Multiplex-top (6 mm) | ⑤ Fichte (24 mm) | ⑧ Aluminium (1 mm) |
| ③ Fichte (18 mm) | ⑥ Flexible Holzfaserdämmplatte (140 mm) | |

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, Thermoflex Martelenbergerweg 14a (13.06.2023 Neuer Aufbau, $U=0,20 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$)

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 [m ² K/W]	sd [m]	ρ [kg/m ³]	T [°C]	ps [Pa]	Σsd [m]
	Wärmeübergangswiderstand		0,250					
1	1,25 cm Gipskartonplatte	0,250	0,050	0,05	680	18,95	2190	0
2	0,6 cm GUTEX Multiplex-top (Keymark zertifiziert)	0,047	0,128	0,02	220	18,74	2162	0,05
3	1,8 cm Fichte	0,130	0,138	0,36	450	18,21	2090	0,07
4	6 cm GUTEX Thermoflex (Keymark zertifiziert)	0,038	1,579	0,12	50	17,63	2016	0,43
5	2,4 cm Fichte	0,130	0,185	1,2	450	11,00	1312	0,55
6	14 cm Flexible Holzfaserdämmplatte	0,039	3,590	0,7	50	10,23	1246	1,75
	Wärmeübergangswiderstand		0,040			-4,83	407	2,45

Temperatur (T), Dampfsättigungsdruck (ps) und die Summe der sd-Werte (Σsd) 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)

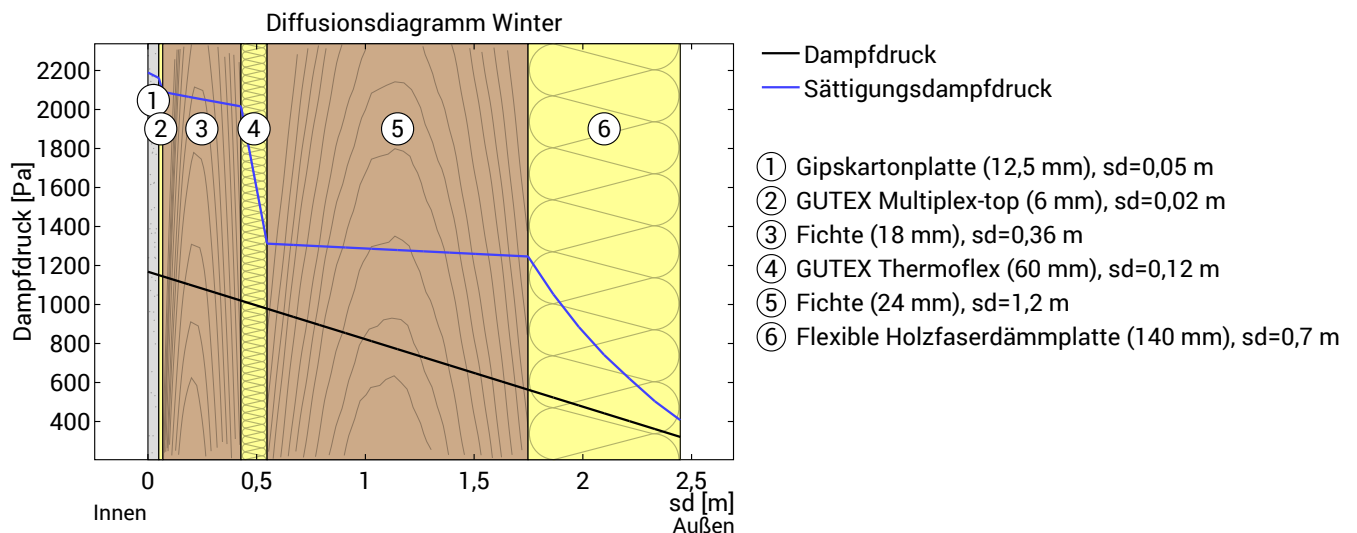
$t_c = 7776000 \text{ s}$

Wasserdampf-Diffusionskoeffizient in ruhender Luft

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

sd-Wert (gesamtes Bauteil)

$s_{de} = 2,45 \text{ m}$



Unter den angenommenen Bedingungen ist der untersuchte Querschnitt frei von Tauwasserbildung im Bauteilinneren.



Müller, Thermoflex Martelenbergerweg 14a (13.06.2023 Neuer Aufbau, $U=0,20 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$)

Berechne Verdunstungspotential für die Trocknungsreserve in der Tauperiode für die Ebene mit dem geringsten

Verdunstungspotential:

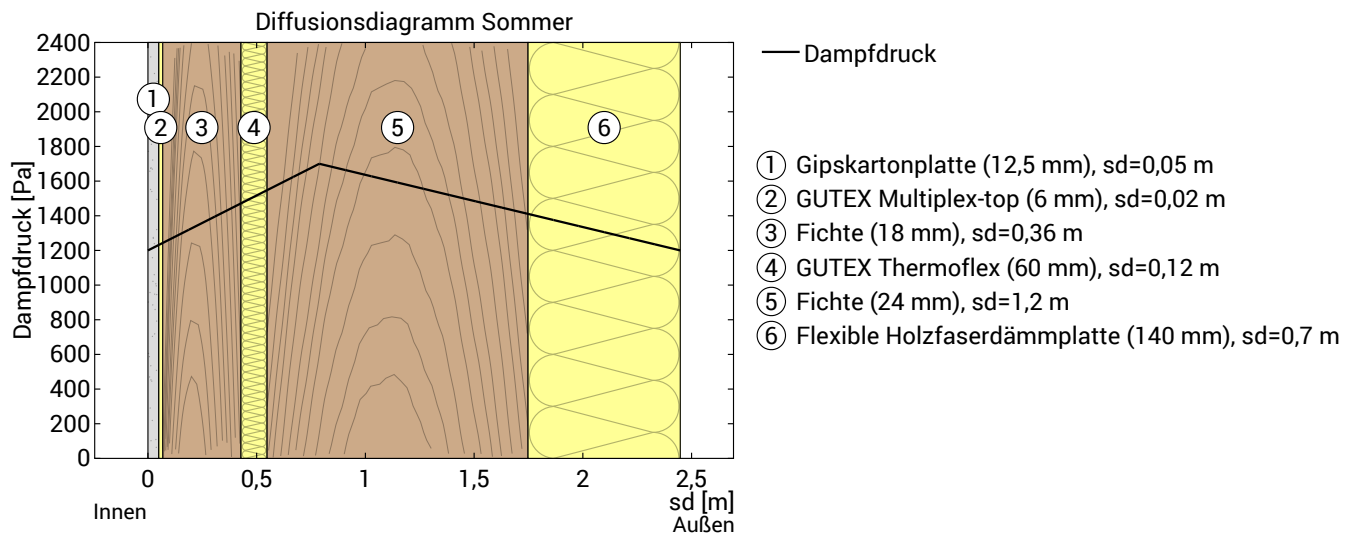
$s_d=0,79 \text{ m}$; $p_s=1299 \text{ Pa}$, innerhalb Schicht Fichte:

$$M_{ev,Tauperiode} = t_c \cdot \delta_0 \cdot ((p_s - p_i)/s_{d_{ev}} + (p_s - p_e)/(s_d - s_{d_{ev}})) = 1,175 \text{ kg/m}^2$$

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.	



Tauwasserfreies Bauteil: Es wird die maximal mögliche Verdunstungsmasse für die Trocknungsreserve berechnet.

Betrachtet wird die Ebene, die in der Tauperiode das geringste Verdunstungspotential aufweist bei $s_d=0,79 \text{ m}$, innerhalb Schicht Fichte:

$$\text{Verdunstungsmenge: } M_{ev} = \delta_0 \cdot t_{ev} \cdot [(p_s - p_i)/s_d + (p_s - p_e)/(s_d - s_d)] = 1,46 \text{ kg/m}^2$$

Trocknungsreserve (DIN 68800-2)

Tauwasserfreies Bauteil: Das Verdunstungspotential der Tauperiode wird ebenfalls berücksichtigt.

$$\text{Trocknungsreserve: } M_r = (M_{ev} + M_{ev,Tauperiode}) \cdot 1000 = 2630 \text{ g/m}^2/\text{a}$$

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.

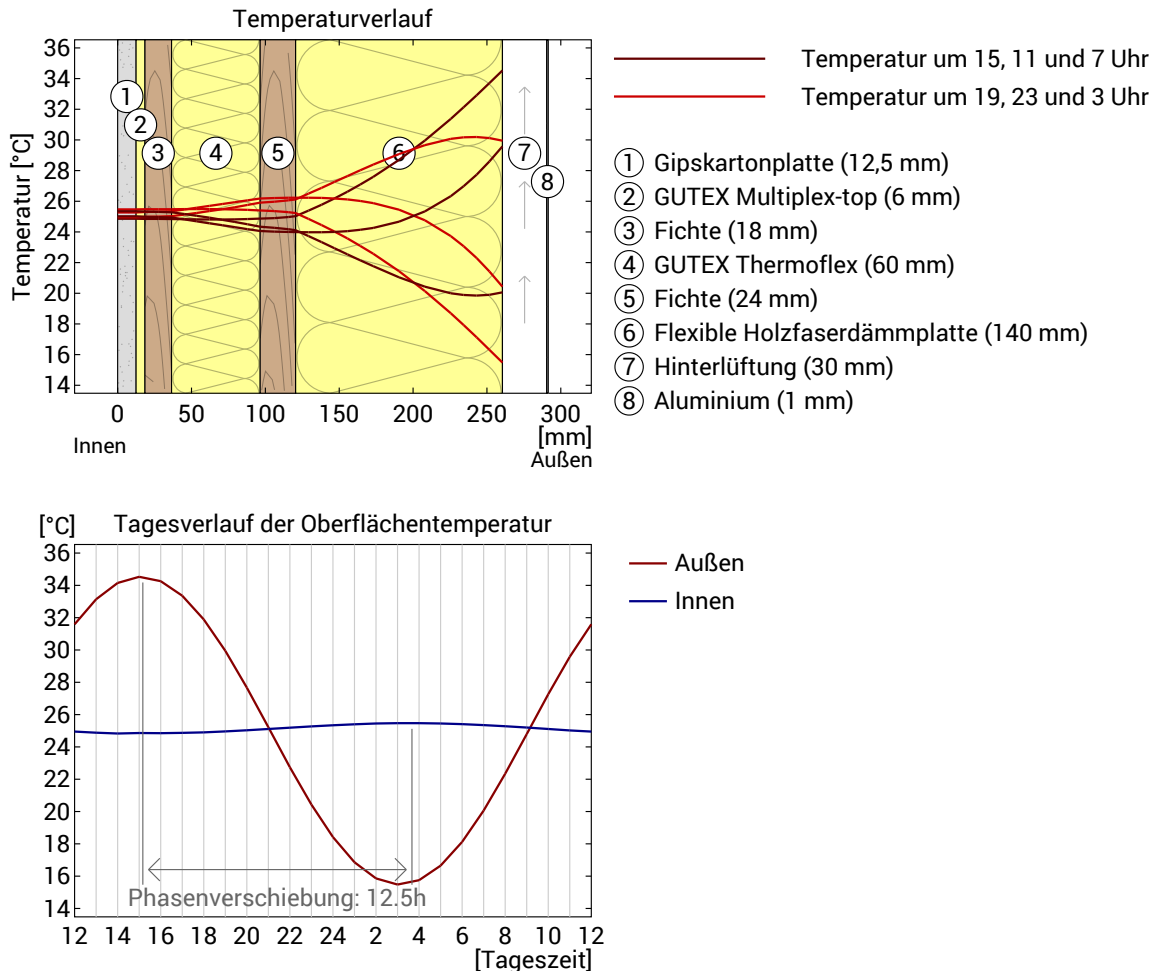
DIN 4108-3 beschreibt in Abschnitt 5.3 Bauteile, für die kein rechnerischer Tauwassernachweis erforderlich ist, da kein Tauwasserrisiko besteht oder das Verfahren für die Beurteilung nicht geeignet ist. Ob das hier untersuchte Bauteil darunter

ist, kann mit den vorliegenden Informationen nicht beurteilt werden.

Müller, Thermoflex Martelenbergerweg 14a (13.06.2023 Neuer Aufbau, $U=0,20 \text{ W/(m}^2\text{K)}$)

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*	12,5 h	Wärmespeicherfähigkeit (gesamtes Bauteil):	77 kJ/m ² K
Amplitudendämpfung**	28,5	Wärmespeicherfähigkeit der inneren Schichten:	49 kJ/m ² K
TAV***	0,035		

* 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, Thermoflex Martelenbergerweg 14a (13.06.2023 Neuer Aufbau, $U=0,20 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$)

Hinweise

Hinterlüftungsebene

Die Stärke der Hinterlüftungsebene beträgt 3 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.