

Außenwand

Außenwand
erstellt am 21.6.2023

Wärmeschutz

$U = 0,45 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

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

sehr gut mangelhaft

Feuchteschutz

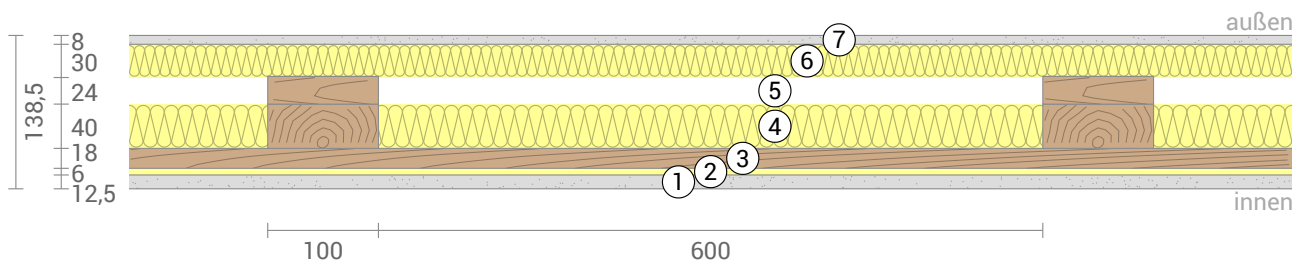
Tauwasser: $1,50 \text{ kg}/\text{m}^2$
Trocknet 42 Tage
Trocknungsreserve: $1676 \text{ g}/\text{m}^2\text{a}$

sehr gut mangelhaft

Hitzeschutz

Temperaturamplitudendämpfung: 3,8
Phasenverschiebung: 6,2 h
Wärmekapazität innen: $26 \text{ kJ}/\text{m}^2\text{K}$

sehr gut mangelhaft



- | | | |
|------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|
| ① Gipskartonplatte (12,5 mm) | ④ Mineralwolle (40 mm) | ⑦ Asbest-Zementplatten gepreßt (8 mm) |
| ② GUTEX Multiplex-top (6 mm) | ⑤ Luftschicht (24 mm) | |
| ③ Fichte (18 mm) | ⑥ Holzfaserdämmplatte (30 mm) | |

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 $0,040 \text{ W}/\text{mK}$.

Gipskartonplatte Holzfaserdämmplatte

GUTEX Multiplex-top (Keymark zertifiziert)

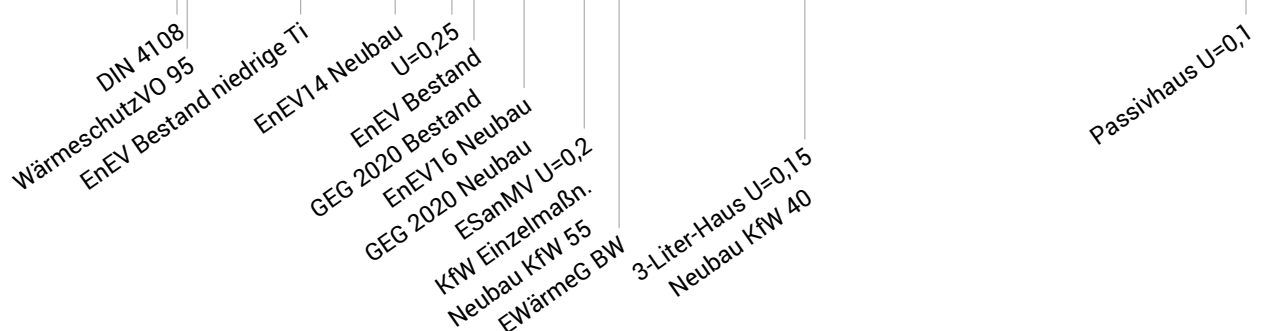
Fichte Fichte, Luftschicht (ruhend)

Fichte, Mineralwolle

Asbest-Zementplatten gepreßt

Äquivalente
Dämmstoffdicke
(WLS 040)

0 20 40 60 80 100 120 140 160 180 200 220 240 260 280 300 320 340 360 380 mm



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

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

Oberflächentemp.: $16,6^\circ\text{C} / -4,6^\circ\text{C}$

sd-Wert: 1,0 m

Trocknungsreserve: $1676 \text{ g}/\text{m}^2\text{a}$

Dicke: 13,9 cm

Gewicht: $43 \text{ kg}/\text{m}^2$

Wärmekapazität: $56 \text{ kJ}/\text{m}^2\text{K}$

☐ GEG 2020 Bestand

☐ BEG Einzelmaßn.

☐ GEG 2020 Neubau

☒ DIN 4108

Außenwand, $U=0,45 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

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	Mineralwolle	4,00	0,040	1,000
	Fichte (14%)	4,00	0,130	0,308
5	Luftschicht (ruhend)	2,40	0,134	0,179
	Fichte (Breite: 10 cm)	2,50	0,130	0,192
6	Holzfaserdämmplatte	3,00	0,044	0,682
7	Asbest-Zementplatten gepreßt	0,80	0,349	0,023
	Wärmeübergangswiderstand außen (Rse)			0,040

Die Wärmeübergangswiderstände wurden gemäß DIN 6946 Tabelle 7 gewählt.

Rsi: Wärmestromrichtung horizontal

Rse: Wärmestromrichtung horizontal, außen: Direkter Übergang zur Außenluft

Wärmedurchlasswiderstände von ruhenden Luftschichten wurden wie folgt berechnet:

Schicht 5.1: Dicke 2.4 cm, Breite 60 cm, DIN EN ISO 6946 Tabelle 8, Wärmestromrichtung horizontal

Oberer Grenzwert des Wärmedurchgangswiderstandes $R_{\text{tot;upper}} = 2,236 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$.

Unterer Grenzwert des Wärmedurchgangswiderstandes $R_{\text{tot;lower}} = 2,122 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$.

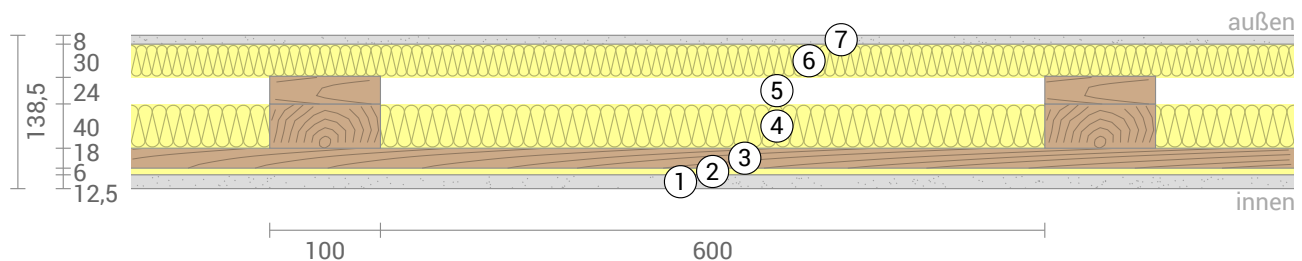
Prüfe Anwendbarkeit: $R_{\text{tot;upper}} / R_{\text{tot;lower}} = 1,053$ (maximal erlaubt: 1,5)

Das Verfahren darf angewendet werden.

Wärmedurchgangswiderstand $R_{\text{tot}} = (R_{\text{tot;upper}} + R_{\text{tot;lower}})/2 = 2,179 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$

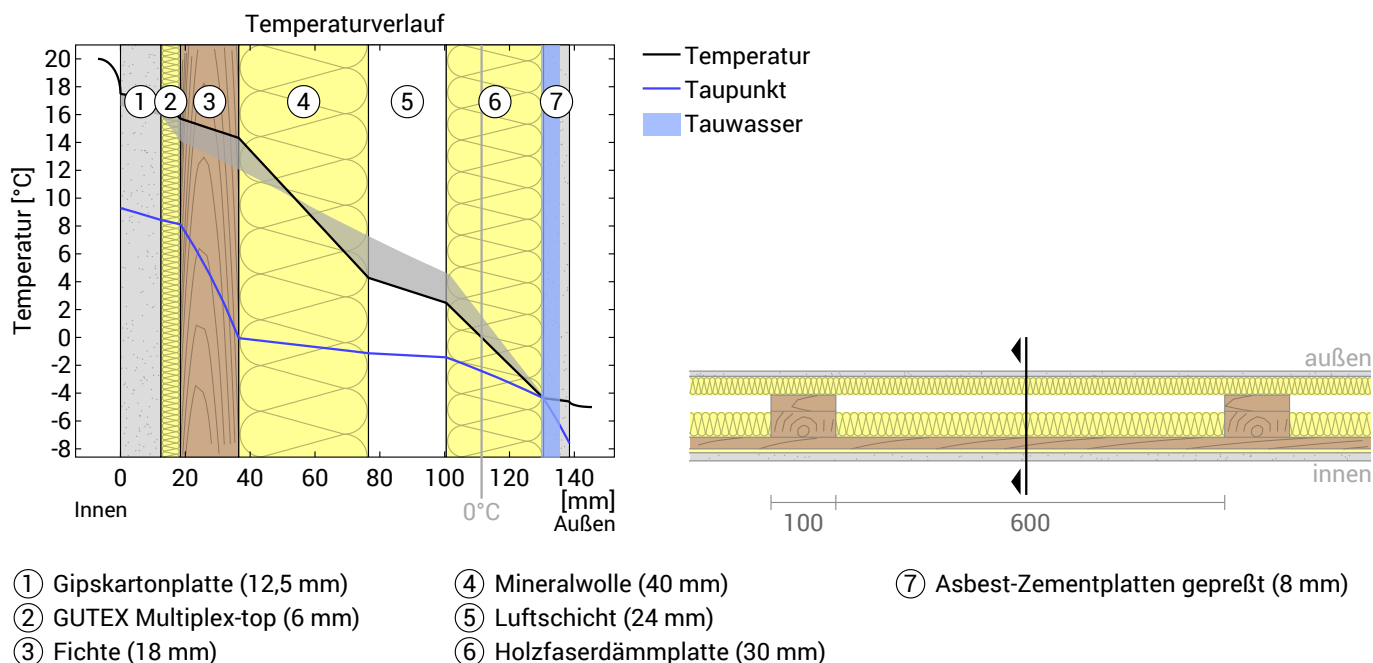
Abschätzung des maximalen relativen Fehlers nach Absatz 6.7.2.5: 2,6%

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1/R_{\text{tot}} = 0,46 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$



Außenwand, $U=0,45 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Temperaturverlauf



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	16,6	20,0	
1	1,25 cm Gipskartonplatte	0,250	0,050	15,9	17,5	8,5
2	0,6 cm GUTEX Multiplex-top (Keymark zertifiziert)	0,047	0,128	14,1	17,0	1,3
3	1,8 cm Fichte	0,130	0,138	12,0	15,7	8,1
4	4 cm Mineralwolle	0,040	1,000	4,3	14,3	0,7
	4 cm Fichte (14%)	0,130	0,308	7,1	12,8	2,6
5	2,4 cm Luftschicht (ruhend)	0,134	0,179	2,5	6,4	0,0
	2,5 cm Fichte (Breite: 10 cm)	0,130	0,192	4,0	7,3	1,6
6	3 cm Holzfaserdämmplatte	0,044	0,682	-4,4	4,5	4,8
7	0,8 cm Asbest-Zementplatten gepreßt	0,349	0,023	-4,6	-4,2	15,2
	Wärmeübergangswiderstand*		0,040	-5,0	-4,5	
	13,85 cm Gesamtes Bauteil		2,211			42,8

*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): 16,6°C 17,3°C 17,5°C

Oberflächentemperatur außen (min / mittel / max): -4,6°C -4,6°C -4,5°C

Außenwand, $U=0,45 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

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 diesen Bedingungen fallen insgesamt $1,5 \text{ kg}$ Tauwasser pro Quadratmeter an. Diese Menge trocknet im Sommer innerhalb von 42 Tagen ab (Verdunstungsperiode gemäß DIN 4108-3:2018-10).

Trocknungsreserve gemäß DIN 4108-3:2018: $1676 \text{ g}/(\text{m}^2\text{a})$
Von der DIN 68800-2 mindestens gefordert: $100 \text{ g}/(\text{m}^2\text{a})$

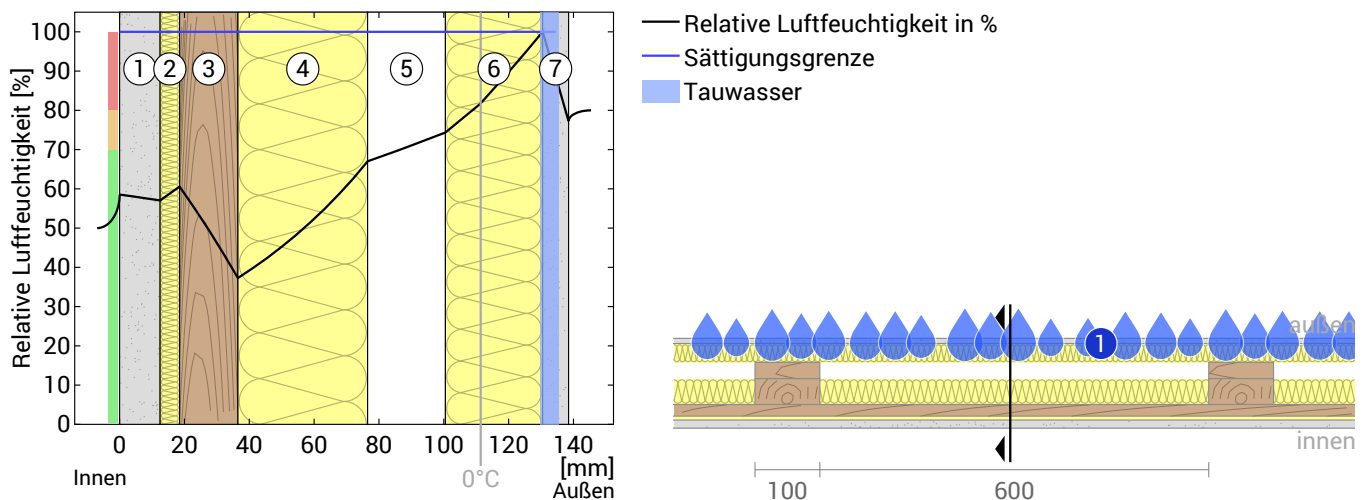
#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser		Gewicht
			[kg/m ²]	[Gew.-%]	[kg/m ²]
1	1,25 cm Gipskartonplatte	0,05	-		8,5
2	0,6 cm GUTEX Multiplex-top (Keymark zertifiziert)	0,02	-		1,3
3	1,8 cm Fichte	0,36	-	-	8,1
4	4 cm Mineralwolle	0,04	-		0,7
	4 cm Fichte (14%)	0,80	-	-	2,6
5	2,4 cm Luftschicht (ruhend)	0,01	-		0,0
	2,5 cm Fichte (Breite: 10 cm)	0,50	-	-	1,6
6	3 cm Holzfaserdämmplatte	0,09	1,5		4,8
7	0,8 cm Asbest-Zementplatten gepreßt	0,40	1,5		15,2
	13,85 cm Gesamtes Bauteil	1,03	1,5 (!)		42,8

Tauwasserebenen

- ① Tauwasser: $1,5 \text{ kg}/\text{m}^2$ Betroffene Schichten: Asbest-Zementplatten gepreßt, Holzfaserdämmplatte

Luftfeuchtigkeit

Die Oberflächentemperatur auf der Raumseite beträgt $16,6^\circ\text{C}$ was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 62% 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 Mineralwolle (40 mm) | ⑦ Asbest-Zementplatten gepreßt (8 mm) |
| ② GUTEX Multiplex-top (6 mm) | ⑤ Luftschicht (24 mm) | |
| ③ Fichte (18 mm) | ⑥ Holzfaserdämmplatte (30 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.

Außenwand, $U=0,45 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

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	17,49	1999	0
2	0,6 cm GUTEX Multiplex-top (Keymark zertifiziert)	0,047	0,128	0,02	220	16,99	1936	0,05
3	1,8 cm Fichte	0,130	0,138	0,36	450	15,71	1784	0,07
4	4 cm Mineralwolle	0,040	1,000	0,04	20	14,32	1631	0,43
5	2,4 cm Luftschicht (ruhend)	0,134	0,179	0,01	1	4,28	829	0,47
6	3 cm Holzfaserdämmplatte	0,044	0,682	0,09	160	2,48	730	0,48
7	0,8 cm Asbest-Zementplatten gepreßt	0,349	0,023	0,4	1900	-4,37	424	0,57
	Wärmeübergangswiderstand		0,040			-4,60	415	0,97

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

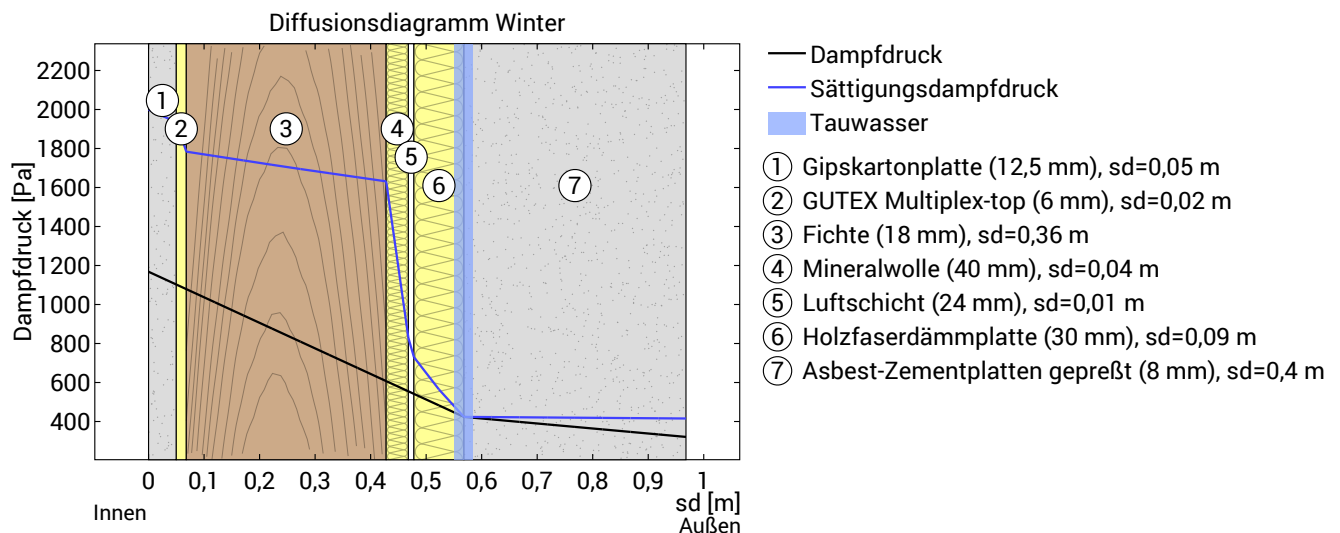
Luftfeuchte an der Bauteiloberfläche

Die relative Luftfeuchtigkeit auf der raumseitigen Bauteiloberfläche beträgt 58%. 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	$\delta_0 = 2.0\text{E-}10 \text{ kg}/(\text{m}^2\text{sPa})$
sd-Wert (gesamtes Bauteil)	$s_{d,e} = 0,97 \text{ m}$



Tauwasserebene c_1 : Schichtgrenze zwischen Holzfaserdämmplatte und Asbest-Zementplatten gepreßt
bei $s_{d,c_1}=0,57 \text{ m}$; $p_{c_1}=424 \text{ Pa}$; $x_1=13,05 \text{ cm}$

Tauwassermenge: $M_c = t_c \cdot \delta_0 \cdot ((p_i - p_{c_1})/s_{d,c_1} - (p_{c_1} - p_e)/(s_{d,e} - s_{d,c_1})) = 1,637 \text{ kg/m}^2$

Holzfaserdämmplatte wird als wasseraufnahmefähig eingestuft weil $A_w \geq 0,1$ ist.

Für Schicht Asbest-Zementplatten gepreßt wurde noch kein Wasseraufnahmekoeffizient hinterlegt. Es wird deshalb

angenommen, dass mindestens eine Schicht nicht kapillar Wasseraufnahmefähig ist.

Die Wasseraufnahmefähigkeit von mindestens einer befeuchteten Schicht ist unbekannt. Es wird deshalb davon ausgegangen, dass nicht alle betroffenen Schichten Wasseraufnahmefähig sind. Die maximal erlaubte Tauwassermenge beträgt deshalb 0,5 kg/m².

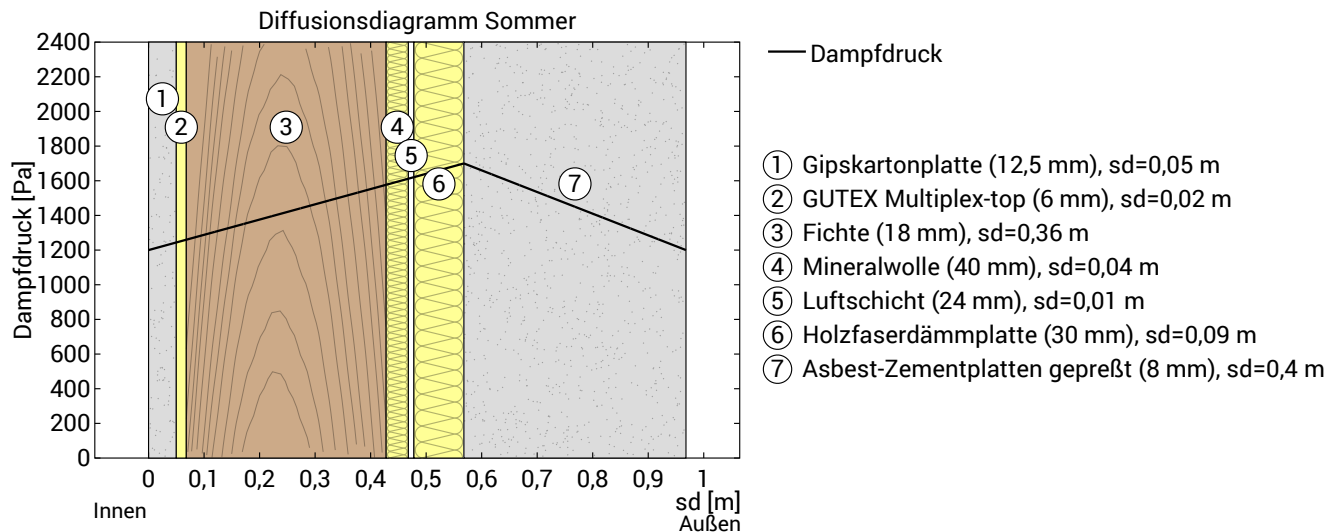
Tauwasser insgesamt: $M_c = 1,637 \text{ kg/m}^2$

Anforderung nicht erfüllt!

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:

$$M_{ev} = t_c \cdot \delta_0 \cdot ((p_s - p_i)/sd_{c1} + (p_s - p_e)/(sd_e - sd_{c1})) = 3,313 \text{ kg/m}^2$$

Die Tauwassermenge von 1,637 kg/m² kann vollständig trocknen.



Trocknungsreserve (DIN 68800-2)

$$M_r = (M_{ev} - M_c) \cdot 1000 = 1676 \text{ g/m}^2/\text{a}$$

Mindestens gefordert bei Wänden und Decken: 100 g/m²/a



Bewertung gemäß DIN 4108-3

Das Bauteil ist diffusionstechnisch nicht zulässig.

Hinweise

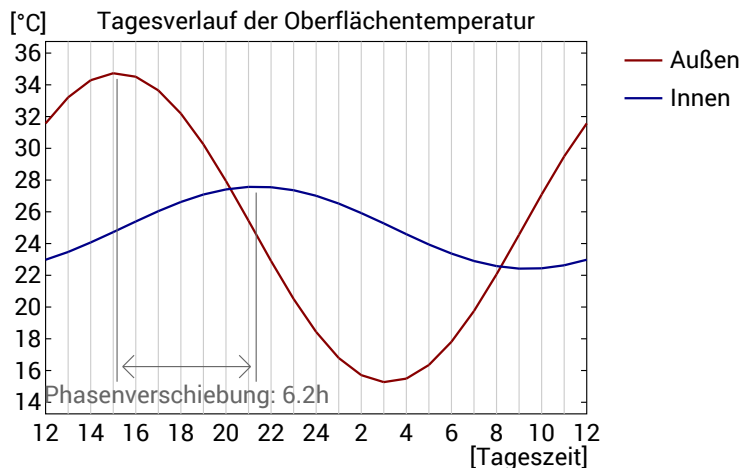
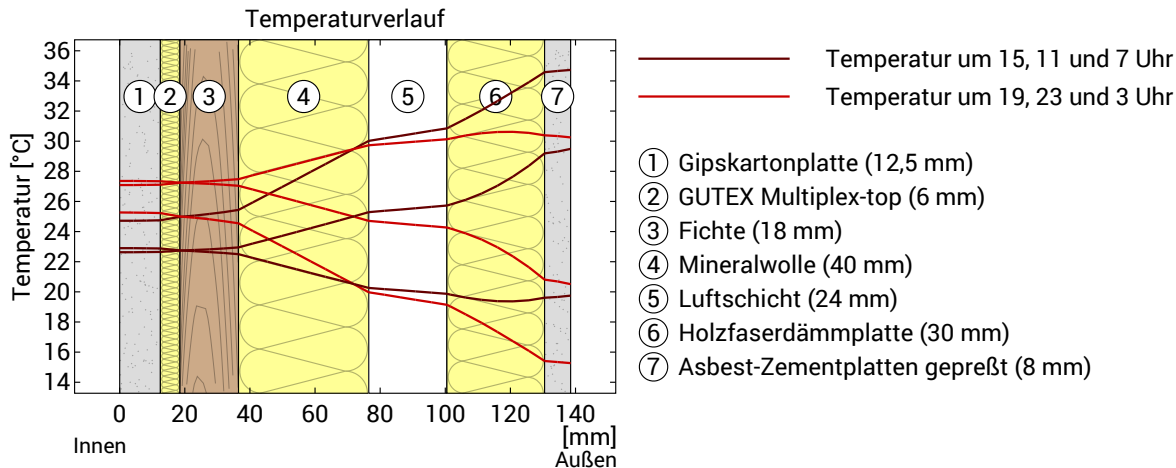
Bei inhomogenen Konstruktionen, wie Skelett-, Ständer- oder Rahmenbauweisen sowie bei Holzbalken-, Sparren- oder Fachwerk-Konstruktionen o.ä. sind die eindimensionalen Diffusionsberechnungen nur für den Gefachbereich nachzuweisen. Ausnahmefälle sind Sonderkonstruktionen, bei denen z.B. die diffusionshemmende 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.

Außenwand, $U=0,45 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

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*	6,2 h	Wärmespeicherfähigkeit (gesamtes Bauteil):	56 kJ/m²K
Amplitudendämpfung**	3,8	Wärmespeicherfähigkeit der inneren Schichten:	26 kJ/m²K
TAV***	0,266		

* 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.

Außenwand, $U=0,45 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Hinweise

Ruhende Luftschichten

Eine ruhende Luftschicht ist ein allseitig umschlossener Hohlraum, der keinerlei Verbindung zur Raum- oder Außenluft hat. Zwei aneinander grenzende Luftschichten werden nur dann korrekt berechnet, wenn kein Luftaustausch zwischen den beiden Schichten möglich ist, z.B. wenn die Luftschichten durch eine dünne Folie voneinander getrennt sind. Andernfalls muss der gesamte Hohlraum als eine einzige Schicht modelliert werden.

Eine Luftschicht als erste oder letzte Schicht eines Bauteils, die somit Verbindung zur Raum- bzw. Außenluft hat, wird nicht als ruhende Luftschicht betrachtet. In diesem Fall versucht der U-Baukasten, die Luftschicht als Hinterlüftungsebene, Raum- oder Außenluft zu behandeln. Das Berechnungsergebnis kann dann jedoch signifikante Unsicherheiten enthalten.

Ruhende Luft hat eine sehr geringe Wärmeleitfähigkeit. Ab einer gewissen Schichtdicke entsteht jedoch Konvektion, die die Isolationswirkung stark reduziert. Beträgt die Schichtdicke mehr als 30 cm, kann die Luftschicht nicht mehr korrekt berücksichtigt werden.

Wenn die Luftschicht Öffnungen zur Außenluft hat, deren Größe 1.500 mm^2 je m Länge für vertikale Luftschichten oder 1.500 mm^2 je m^2 Oberfläche für horizontale Luftschichten übersteigt, handelt es sich um eine Hinterlüftungsebene. Hinterlüftungsebenen finden Sie im Baustoffmenü unter Verschiedenes.