

Berechnungen zum Wärmeschutz, Feuchteschutz und Hitzeschutz

erstellt am 11.5.2023 12:49

Inhalt

Bauteil	U-Wert W/m ² K	Tauwasser kg	TA- Dämpfung	Dicke cm	Gewicht kg/m ²	Seite
1 RW Lu Aussenwand	0,21	-	303,0	52,00	602,0	2
2 RW LU Aussenwand Erdreich	0,2	-	204,1	45,00	581,6	10
3 RW Lu Dach	0,15	0,020	400,0	49,92	751,7	16
4 RW LU Bodenplatte UG	0,21	0,003	1250,0	65,07	1083,0	24
5 RW LU Decke über Fahrzeughalle	0,3	0,035	666,7	51,07	882,9	30
6 RW LU Boden Fahrzeughalle	0,31	0,024	140,8	46,00	839,5	37
7 RW Lu Aussenwand Fahrzeughalle Flankendämmung	0,16	-	285,7	56,00	596,7	43

Vergleich mit verschiedenen Höchstwerten*

Bauteil	GEG 2020 Bestand	BEG Einzelmaßn.	GEG 2020 Neubau	DIN 4108
RW Lu Aussenwand	✓		✓	✓
RW LU Aussenwand Erdreich	✓	✓	✓	✓
RW Lu Dach	✓		✓	✓
RW LU Bodenplatte UG	✓	✓	✓	✓
RW LU Decke über Fahrzeughalle	✓			✓
RW LU Boden Fahrzeughalle				✓
RW Lu Aussenwand Fahrzeughalle Flankendämmung	✓	✓	✓	✓

RW Lu Aussenwand

Wärmeschutz

$U = 0,21 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

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



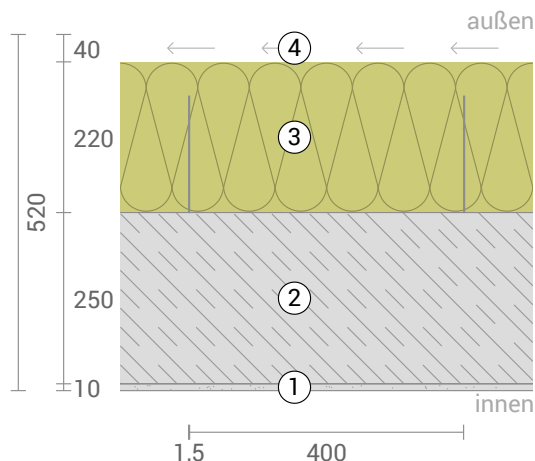
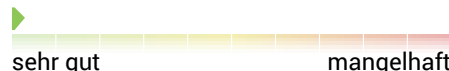
Feuchteschutz

Kein Tauwasser



Hitzeschutz

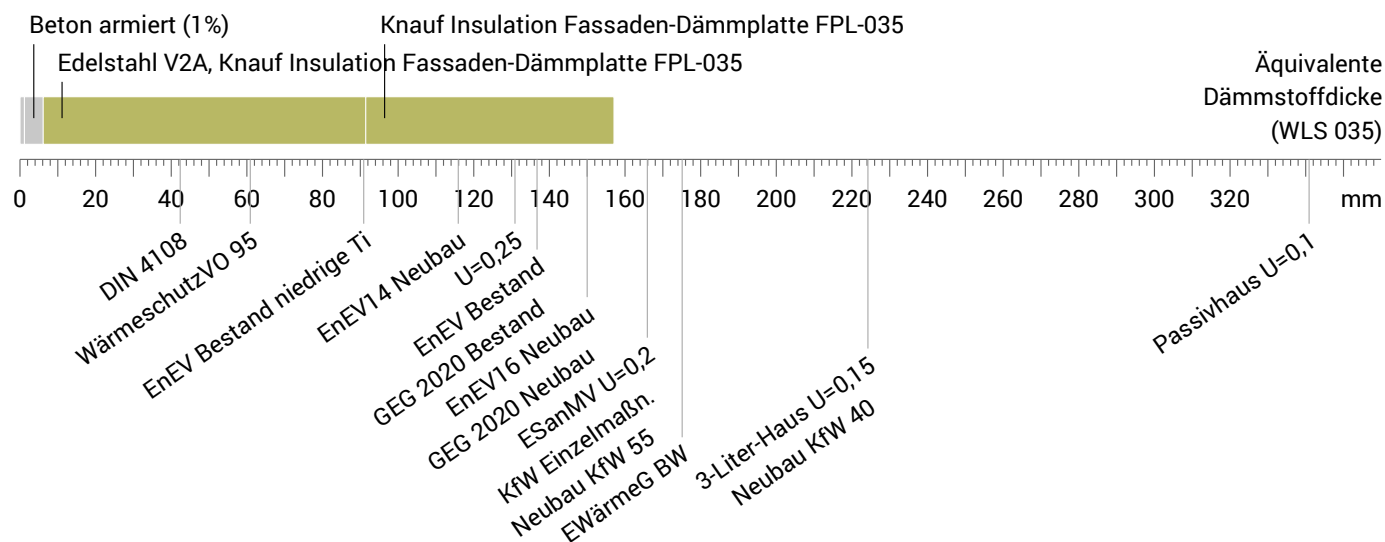
Temperaturamplitudendämpfung: >100
Phasenverschiebung: nicht relevant
Wärmekapazität innen: 491 kJ/m²K



- ① Knauf Gipsmaschinenputz MP 75 (10 mm)
- ② Beton armiert (250 mm)
- ③ Knauf Insulation Fassaden-Dämmplatte FPL-035 (220 mm)
- ④ Hinterlüftung (40 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 0,035 W/mK.



Raumluft: 20,0°C / 50%
Außenluft: -5,0°C / 80%
Oberflächentemp.: 18,7°C / -4,8°C

sd-Wert: 20,3 m
Trocknungsreserve: 583 g/m²a

Dicke: 52,0 cm
Gewicht: 602 kg/m²
Wärmekapazität: 532 kJ/m²K

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

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	Knauf Gipsmaschinenputz MP 75	1,00	0,390	0,026
2	Beton armiert (1%)	25,00	2,300	0,109
3	Knauf Insulation Fassaden-Dämmplatte FPL-035	22,00	0,035	6,286
	Edelstahl V2A (Breite: 0,15 cm)	17,00	15,000	0,011
	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 $R_{\text{tot},\text{upper}} = 6,615 \text{ m}^2\text{K/W}$.

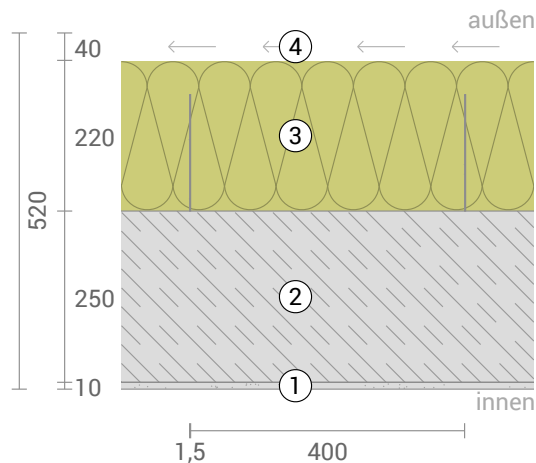
Unterer Grenzwert des Wärmedurchgangswiderstandes $R_{\text{tot},\text{lower}} = 3,693 \text{ m}^2\text{K/W}$.

Prüfe Anwendbarkeit: $R_{\text{tot},\text{upper}} / R_{\text{tot},\text{lower}} = 1,791$ (maximal erlaubt: 1,5)

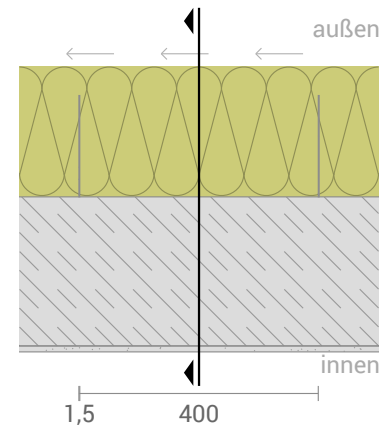
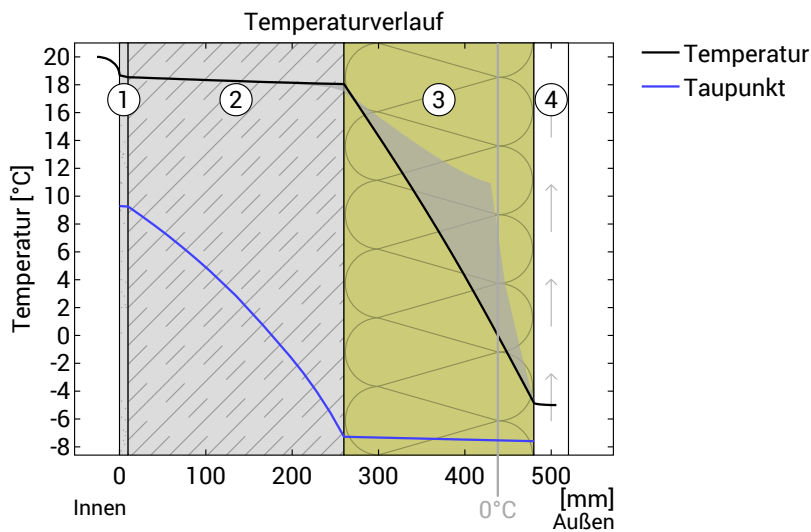
DIN 6946 darf nicht angewendet werden weil das Verhältnis des oberen Grenzwertes des Wärmedurchgangswiderstandes zum unteren Grenzwert des Wärmedurchgangswiderstandes mehr als 1,5 beträgt.

Wärmedurchgangskoeffizient aus dem Finite-Elemente-Verfahren **$U = 0,211 \text{ W/(m}^2\text{K)}$**

Numerische Unsicherheit ~0,87%



Temperaturverlauf



- ① Knauf Gipsmaschinenputz MP 75 ... ③ Knauf Insulation Fassaden-Dämmpl...
② Beton armiert (250 mm) ④ Hinterlüftung (40 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	18,7	20,0	
1	1 cm Knauf Gipsmaschinenputz MP 75	0,390	0,026	18,5	18,7	11,0
2	25 cm Beton armiert (1%)	2,300	0,109	17,5	18,5	575,0
3	22 cm Knauf Insulation Fassaden-Dämmplatte FPL-035	0,035	6,286	-4,8	18,0	11,0
	17 cm Edelstahl V2A (Breite: 0,15 cm)	15,000	0,011	10,9	17,5	5,0
	Wärmeübergangswiderstand*		0,040	-5,0	-4,7	
4	4 cm Hinterlüftung (Außenluft)			-5,0	-5,0	0,0
	52 cm Gesamtes Bauteil		4,734			602,0

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

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.

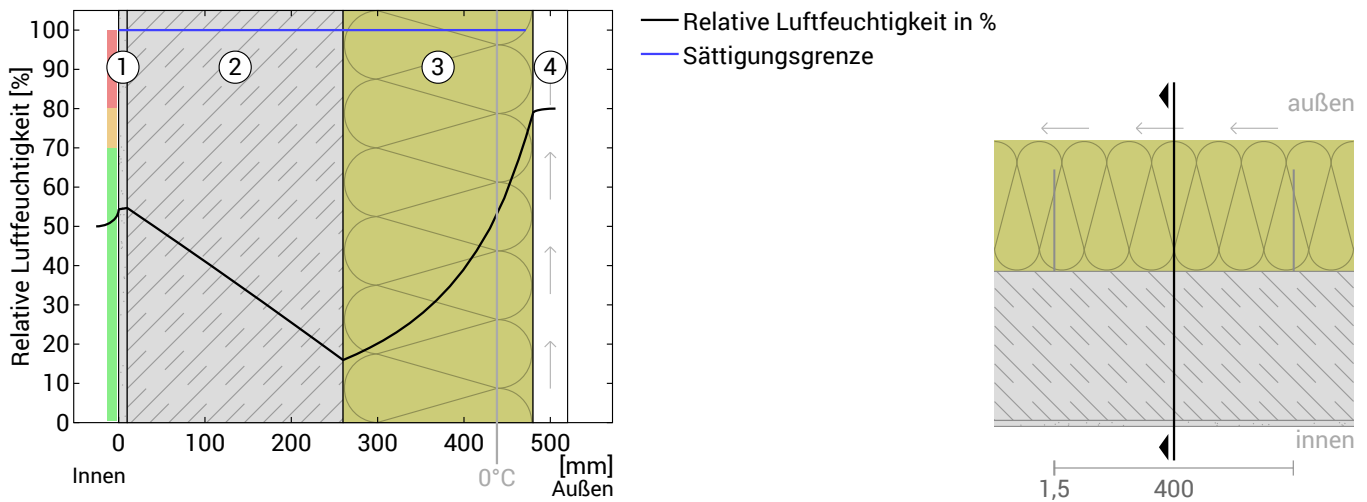
Unter den angenommenen Bedingungen bildet sich kein Tauwasser.

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser [kg/m ²] [Gew.-%]	Gewicht [kg/m ²]
1	1 cm Knauf Gipsmaschinenputz MP 75	0,06	-	11,0
2	25 cm Beton armiert (1%)	20,00	-	575,0
3	22 cm Knauf Insulation Fassaden-Dämmplatte FPL-035	0,22	-	11,0
	17 cm Edelstahl V2A (Breite: 0,15 cm)	750,00	-	5,0
	52 cm Gesamtes Bauteil	20,33	0	602,0

Luftfeuchtigkeit

Die Oberflächentemperatur auf der Raumseite beträgt 18,7 °C was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 54% führt. Unter diesen Bedingungen sollte nicht mit Schimmelbildung zu rechnen sein.

Das folgende Diagramm zeigt die relative Luftfeuchtigkeit innerhalb des Bauteils.



- ① Knauf Gipsmaschinenputz MP 75 ... ③ Knauf Insulation Fassaden-Dämmpl...
② Beton armiert (250 mm) ④ Hinterlüftung (40 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.

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 cm Knauf Gipsmaschinenputz MP 75	0,390	0,026	0,06	1100	19,07	2206	0
2	25 cm Beton armiert (1%)	2,300	0,109	20	2300	18,97	2192	0,06
3	22 cm Knauf Insulation Fassaden-Dämmplatte FPL-035	0,035	6,286	0,22	50	18,57	2139	20,1
Wärmeübergangswiderstand			0,040			-4,85	406	20,3

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

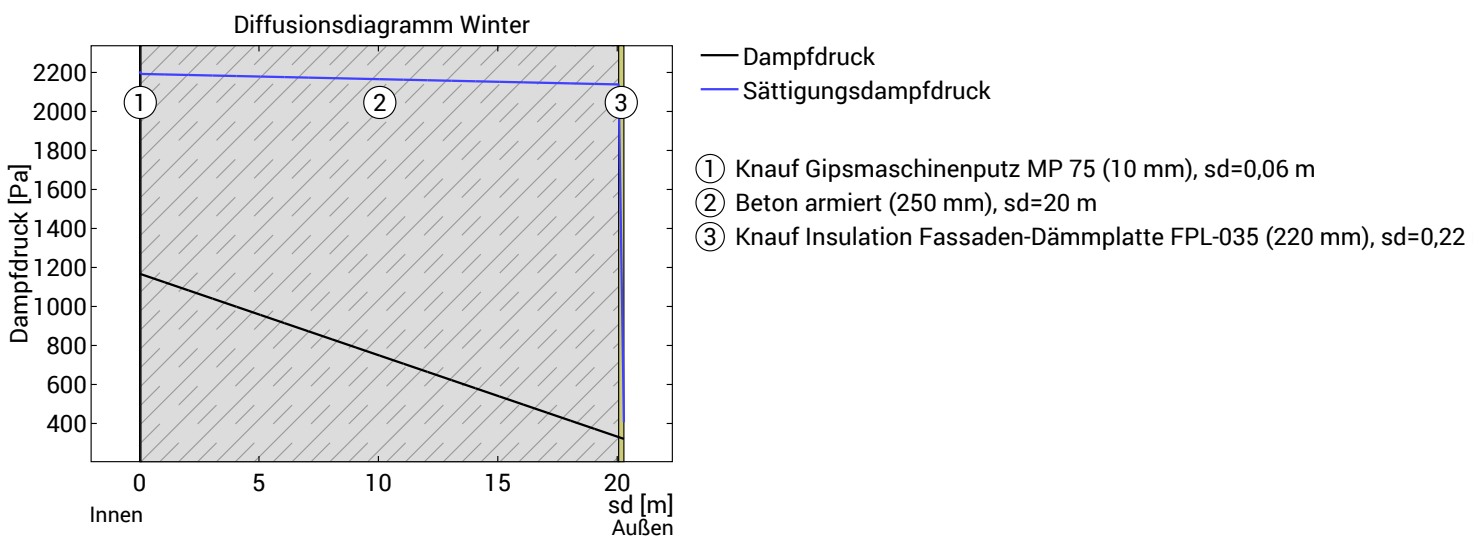
Luftfeuchte an der Bauteiloberfläche

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-Diffusionsleitkoeffizient in ruhender Luft	$\delta_0 = 2.0E-10 \text{ kg/(m*s*Pa)}$
sd-Wert (gesamtes Bauteil)	$s_{de} = 20,28 \text{ m}$



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



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

$sd=9,06 \text{ m}$; $ps=2168 \text{ Pa}$, innerhalb Schicht Beton armiert (1%):

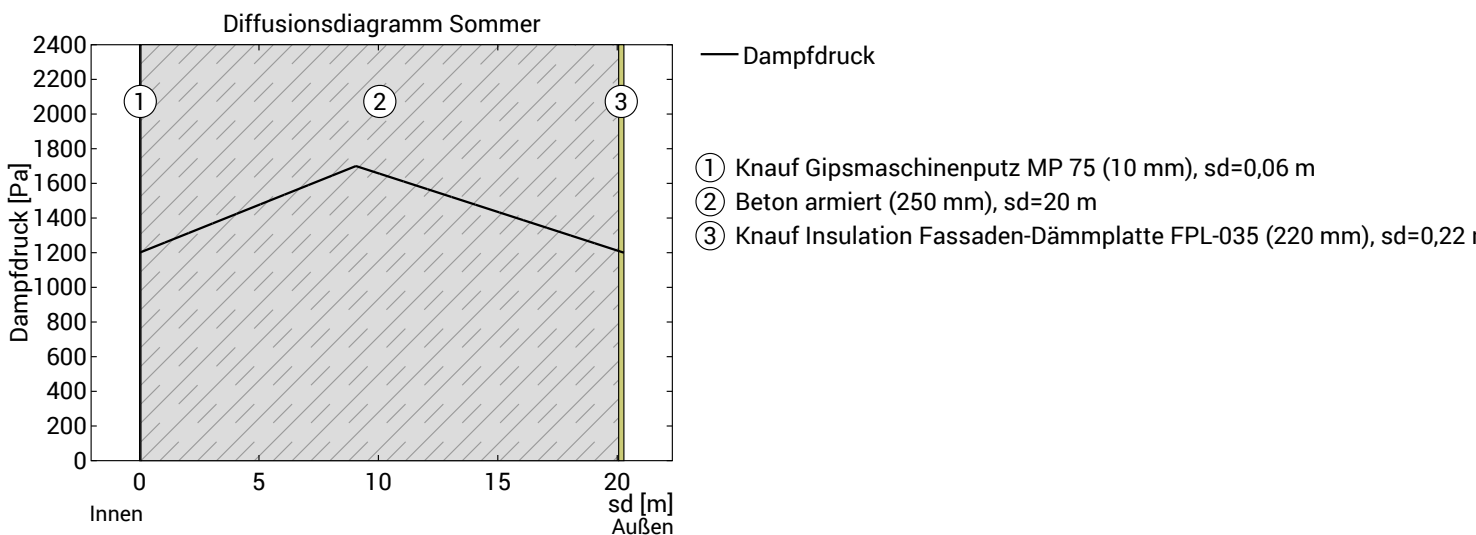
$$M_{ev, \text{Tauperiode}} = t_c \cdot \delta_0 \cdot ((p_s - p_i) / s_{d_{ev}} + (p_s - p_e) / (s_{d_e} - s_{d_{ev}})) = 0,428 \text{ kg/m}^2$$

RW Lu Aussenwand, $U=0,21 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

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 $s_d=9,06 \text{ m}$, innerhalb Schicht Beton armiert (1%):

Verdunstungsmenge: $M_{ev} = \delta_0 \cdot t_{ev} \cdot [(p_s - p_i)/s_d + (p_s - p_e)/(s_d - s_d)] = 0,16 \text{ kg/m}^2$

Trocknungsreserve (DIN 68800-2)

Tauwasserfreies Bauteil: Das Verdunstungspotential der Tauperiode wird ebenfalls berücksichtigt.

Trocknungsreserve: $M_r = (M_{ev} + M_{ev, \text{Tauperiode}}) \cdot 1000 = 583 \text{ g/m}^2/\text{a}$

Für Bauteile die kein Holz enthalten besteht keine Mindestanforderung an die Trocknungsreserve.

Bewertung gemäß DIN 4108-3

Das Bauteil ist diffusionstechnisch zulässig.

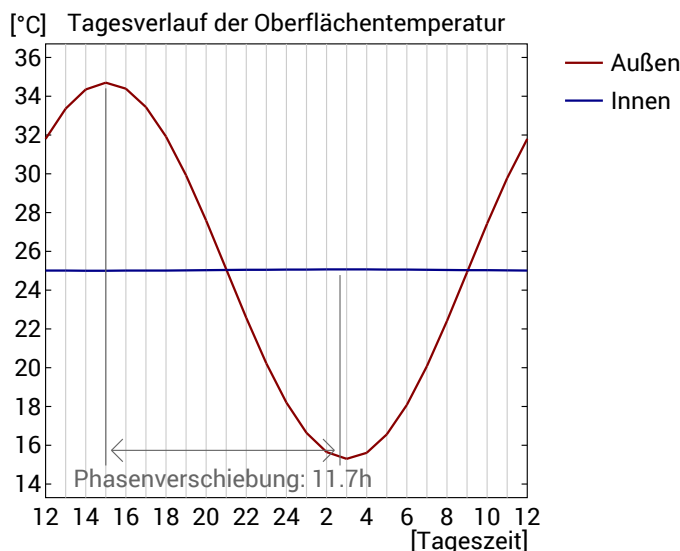
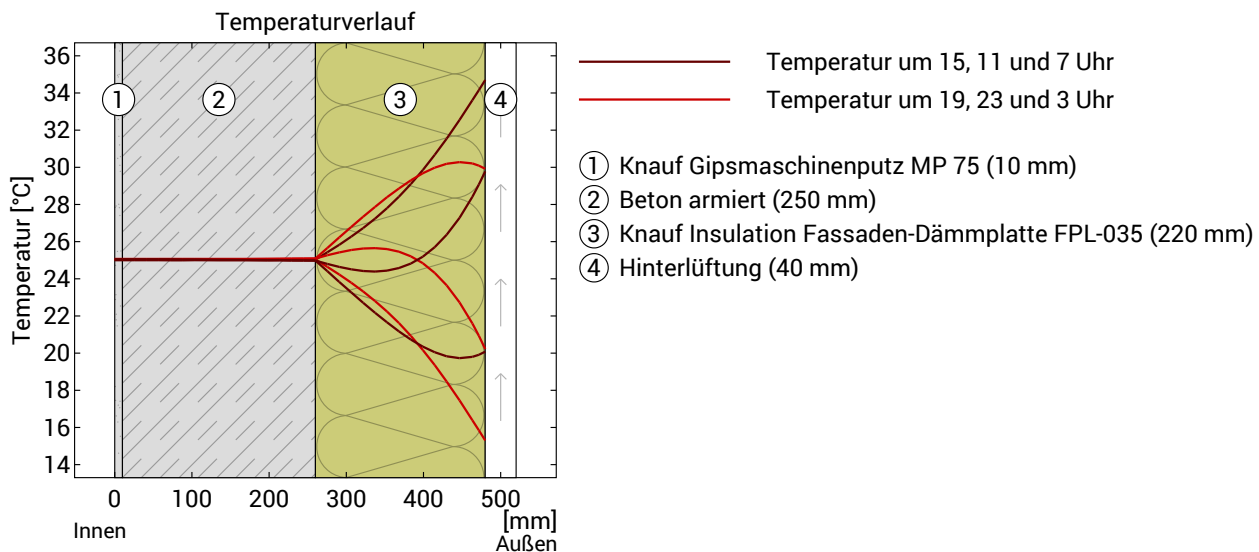
Hinweise

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.

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*	nicht relevant	Wärmespeicherfähigkeit (gesamtes Bauteil):	532 kJ/m ² K
Amplitudendämpfung**	>100	Wärmespeicherfähigkeit der inneren Schichten:	491 kJ/m ² K
TAV***	0,003		

* 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.

Hinweise

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.

RW LU Aussenwand Erdreich

Wärmeschutz

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

GEG 2020 Bestand*: $U < 0,3 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

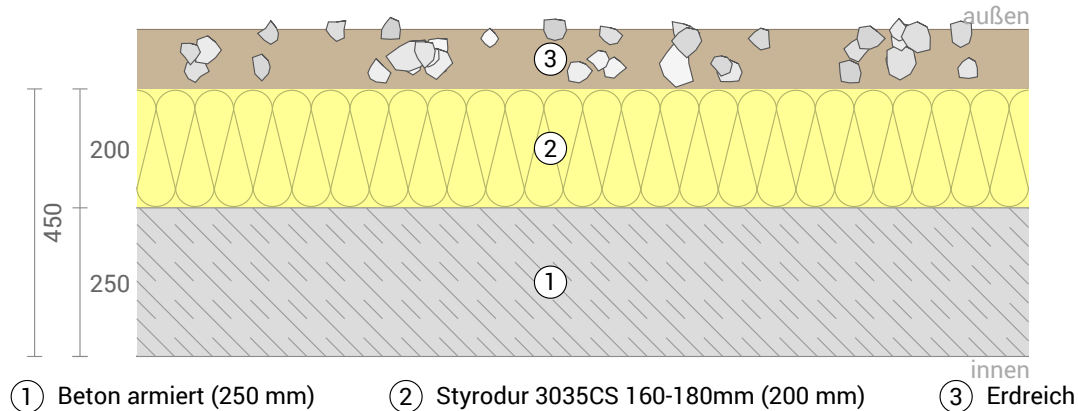


Feuchteschutz

Kein Tauwasser

Hitzeschutz

Bauteil grenzt an Erdreich:
TAV und Phase nicht relevant.
Wärmekapazität innen: $477 \text{ kJ/m}^2\text{K}$

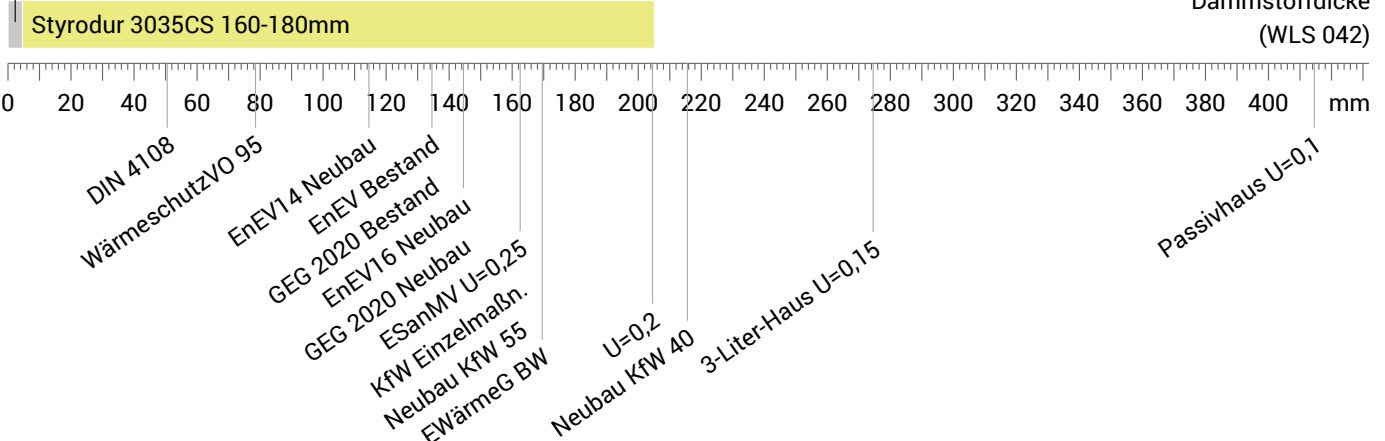


Dämmwirkung einzelner Schichten und Vergleich mit Richtwerten

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 $0,042 \text{ W/mK}$.

Beton armiert (1%)

Äquivalente
Dämmstoffdicke
(WLS 042)



Raumluft: $20,0^\circ\text{C} / 50\%$
Erdreich: $0,0^\circ\text{C} / 100\%$
Oberflächentemp.: $19,0^\circ\text{C} / 0,2^\circ\text{C}$

sd-Wert: 50,0 m

Dicke: 45,0 cm
Gewicht: 582 kg/m^2
Wärmekapazität: $506 \text{ kJ/m}^2\text{K}$

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

U-Wert-Berechnung

#	Material	Dicke [cm]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]
	Wärmeübergangswiderstand innen (Rsi)			0,130
1	Beton armiert (1%)	25,00	2,300	0,109
2	Styrodur 3035CS 160-180mm	20,00	0,042	4,762
	Wärmeübergangswiderstand außen (Rse)			0,000

Die Wärmeübergangswiderstände wurden gemäß DIN 6946 Tabelle 7 gewählt.

Rsi: Wärmestromrichtung horizontal

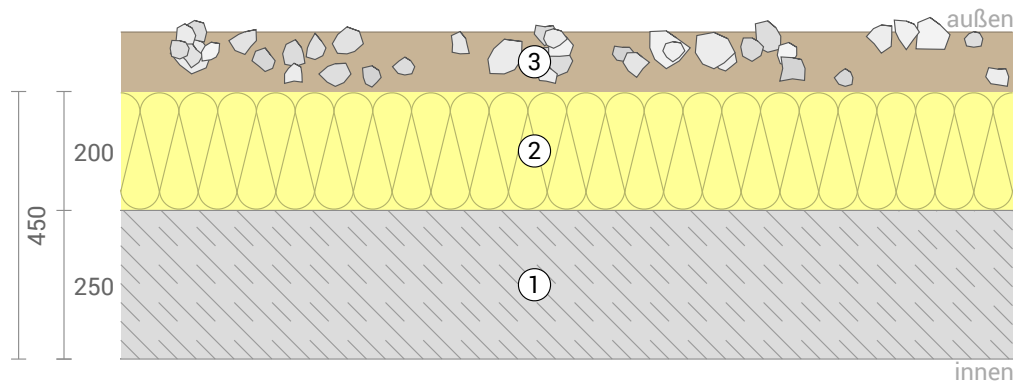
Rse: Wärmestromrichtung horizontal, außen: Erdreich

Wärmedurchgangswiderstand $R_{\text{tot}} = 5,002 \text{ m}^2\text{K/W}$

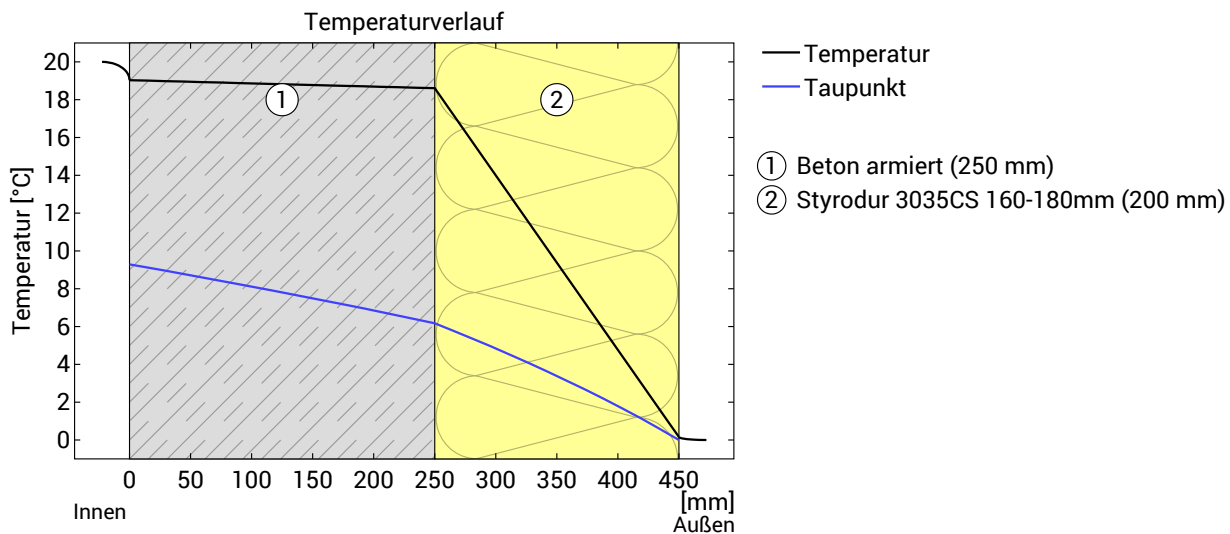
DIN 6946 darf nicht angewendet werden weil das Bauteil an Erdreich grenzt. Für das alternative Verfahren aus DIN V 4108-6 Anhang E fehlen jedoch die benötigten Angaben zu Größe und Lage dieses Bauteils.

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

Berechnet wurde der konstruktive U-Wert. Wärmeverluste über Erdreich oder Keller wurden nicht berücksichtigt weil die dazu notwendigen Angaben fehlen.



Temperaturverlauf



Verlauf von Temperatur und Taupunkt innerhalb des Bauteils. 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.

Schichten (von innen nach außen)

#	Material	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	Temperatur [°C]		Gewicht [kg/m ²]
	Wärmeübergangswiderstand*		0,250	min	max	
1	25 cm Beton armiert (1%)	2,300	0,109	19,0	20,0	575,0
2	20 cm Styrodur 3035CS 160-180mm	0,042	4,762	18,6	19,0	6,6
	Wärmeübergangswiderstand*		0,040	0,2	18,6	
3	Erdreich			0,0	0,2	76,5
	45 cm Gesamtes Bauteil		5,002			581,6

*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): 19,0°C 19,0°C 19,0°C
Oberflächentemperatur außen (min / mittel / max): 0,2°C 0,2°C 0,2°C

Feuchteschutz

Für die Berechnung der Tauwassermenge wurde das Bauteil 90 Tage lang dem folgenden konstanten Klima ausgesetzt:
innen: 20°C und 50% Luftfeuchtigkeit; außen: 0°C und 100% Luftfeuchtigkeit (Klima gemäß Benutzereingabe).

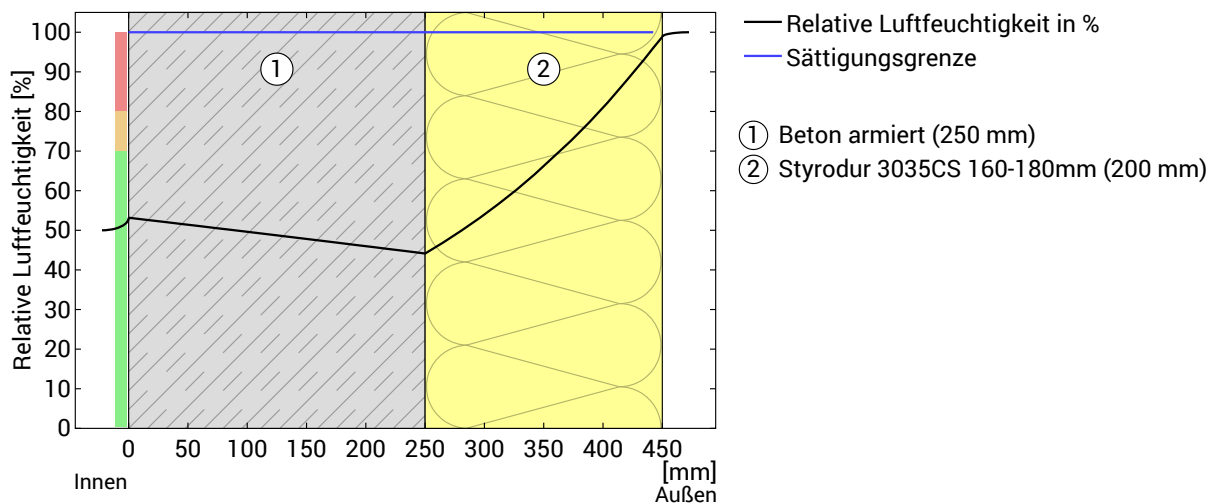
Unter den angenommenen Bedingungen bildet sich kein Tauwasser.

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser [kg/m ²] [Gew.-%]	Gewicht [kg/m ²]
1	25 cm Beton armiert (1%)	20,00	-	575,0
2	20 cm Styrodur 3035CS 160-180mm	30,00	-	6,6
	45 cm Gesamtes Bauteil	50,00	0	581,6

Luftfeuchtigkeit

Die Oberflächentemperatur auf der Raumseite beträgt 19,0 °C was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 53% 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.

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

Feuchteschutz nach DIN 4108-3:2018 Anhang A

DIN 4108-3 ist bei erdberührten Bauteilen nicht anwendbar.

Hinweise

Erdberührende Bauteile

Bei erdberührenden Bauteilen müssen besondere Vorkehrungen getroffen werden, die das Eindringen von Feuchtigkeit bzw. Wasser verhindern. Die Berechnung zum Feuchteschutz berücksichtigt nur die Wasserdampfdiffusion.

Berechnet wurde der konstruktive U-Wert. Wärmeverluste über Erdreich oder Keller wurden nicht berücksichtigt weil die dazu notwendigen Angaben fehlen. Klicken Sie auf der Eingabe-Seite auf das Stift-Symbol in der Zeile 'Außen:' um die benötigten Parameter festzulegen.

Erdreichtemperatur

Die voreingestellte Erdreichtemperatur von 0°C stellt einen ungünstigen Fall dar, der z.B. am Rand einer Bodenplatte ohne Randdämmung auftreten kann. Die Temperatur des Erdreichs liegt in der Tiefe oder weit innerhalb einer Bodenplatte meist mehrere Grad über dem voreingestellten Wert. Falls die Berechnung Tauwasser aufweist, prüfen Sie, ob eine Erhöhung der Erdreichtemperatur im Eingabeformular gerechtfertigt ist.

RW Lu Dach

Wärmeschutz

$U = 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

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



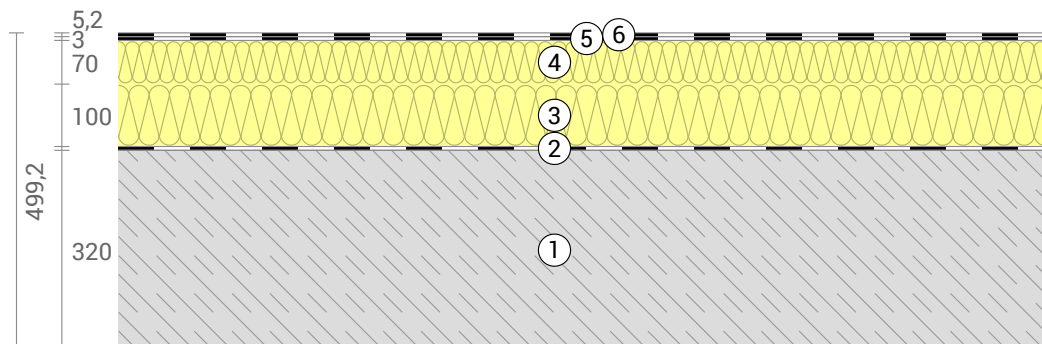
Feuchteschutz

Trocknet 96 Tage
Tauwasser: $20 \text{ g}/\text{m}^2$



Hitzeschutz

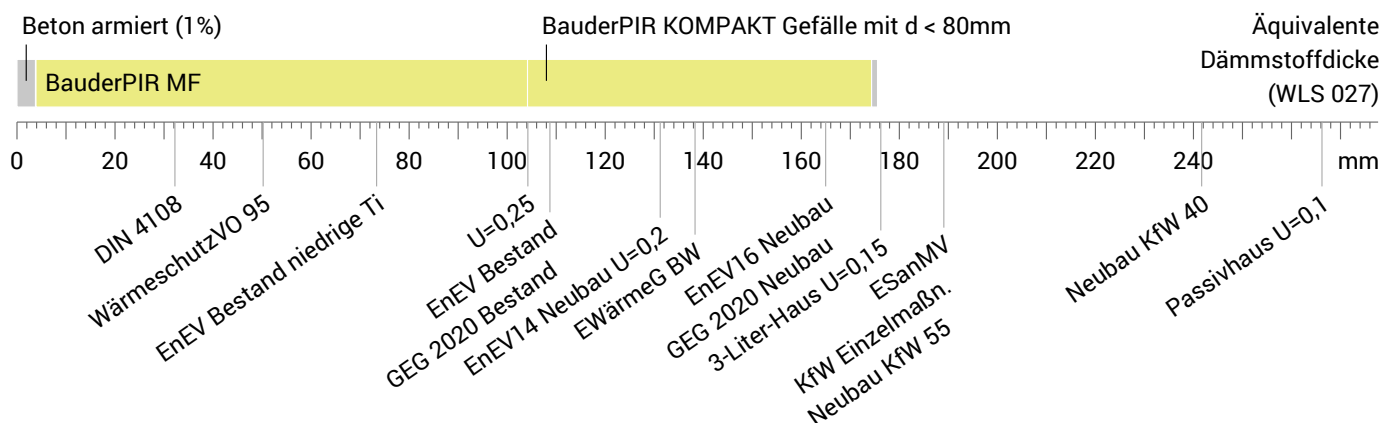
Temperaturamplitudendämpfung: >100
Phasenverschiebung: nicht relevant
Wärmekapazität innen: $623 \text{ kJ}/\text{m}^2\text{K}$



- | | |
|--------------------------|---|
| ① Beton armiert (320 mm) | ④ BauderPIR KOMPAKT Gefälle mit $d < 80\text{mm}$ (70 mm) |
| ② Folie, EPDM | ⑤ BauderTEC KSA DUO |
| ③ BauderPIR MF (100 mm) | ⑥ BauderDIAMANT |

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 $0,027 \text{ W}/\text{mK}$.



Raumluft: $20,0^\circ\text{C} / 50\%$	sd-Wert: 221,1 m	Dicke: 49,9 cm
Außenluft: $-5,0^\circ\text{C} / 80\%$	Trocknungsreserve: $0 \text{ g}/\text{m}^2\text{a}$	Gewicht: $752 \text{ kg}/\text{m}^2$
Oberflächentemp.: $19,1^\circ\text{C} / -4,9^\circ\text{C}$		Wärmekapazität: $672 \text{ kJ}/\text{m}^2\text{K}$

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

U-Wert-Berechnung nach DIN EN ISO 6946

#	Material	Dicke [cm]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]
	Wärmeübergangswiderstand innen (Rsi)			0,100
1	Beton armiert (1%)	32,00	2,300	0,139
2	Folie, EPDM	0,10	0,250	0,004
3	BauderPIR MF	10,00	0,027	3,704
4	BauderPIR KOMPAKT Gefälle mit d < 80mm	7,00	0,027	2,593
5	BauderTEC KSA DUO	0,30	0,170	0,018
6	BauderDIAMANT	0,52	0,170	0,031
	Wärmeübergangswiderstand außen (Rse)			0,040

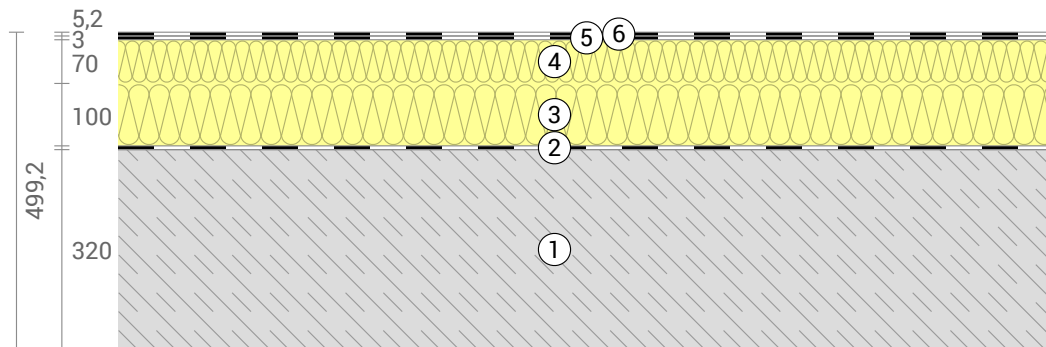
Die Wärmeübergangswiderstände wurden gemäß DIN 6946 Tabelle 7 gewählt.

Rsi: Wärmestromrichtung aufwärts

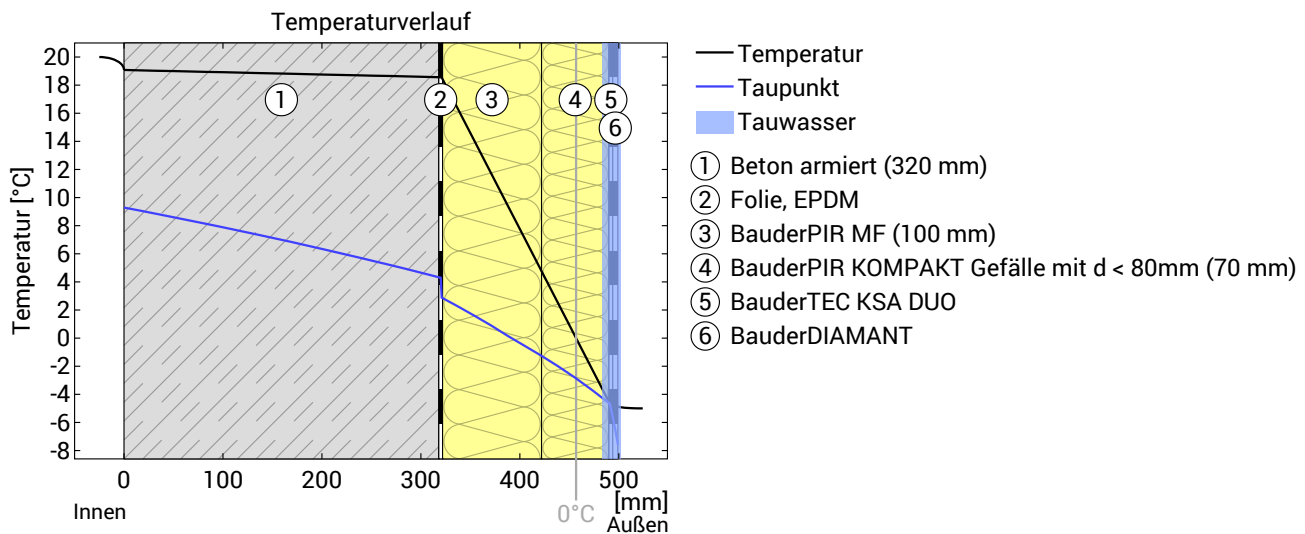
Rse: Wärmestromrichtung aufwärts, außen: Direkter Übergang zur Außenluft

Wärmedurchgangswiderstand $R_{\text{tot}} = 6,628 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1/R_{\text{tot}} = 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$



Temperaturverlauf



Verlauf von Temperatur und Taupunkt innerhalb des Bauteils. 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.

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	19,1	20,0	
1	32 cm Beton armiert (1%)	2,300	0,139	18,6	19,1	736,0
2	0,1 cm Folie, EPDM	0,250	0,004	18,5	18,6	1,2
3	10 cm BauderPIR MF	0,027	3,704	4,9	18,5	3,0
4	7 cm BauderPIR KOMPAKT Gefälle mit $d < 80\text{mm}$	0,027	2,593	-4,7	4,9	2,5
5	0,3 cm BauderTEC KSA DUO	0,170	0,018	-4,7	-4,7	3,3
6	0,52 cm BauderDIAMANT	0,170	0,031	-4,9	-4,7	5,7
	Wärmeübergangswiderstand*		0,040	-5,0	-4,9	
	49,92 cm Gesamtes Bauteil		6,628			751,7

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

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

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 $0,020 \text{ kg}$ Tauwasser pro Quadratmeter an. Diese Menge würde im Sommer 96 Tage zum Trocknen benötigen (Verdunstungsperiode gemäß DIN 4108-3:2018-10). Das sind mehr, als die von der DIN erlaubten 90 Tage, und es muss damit gerechnet werden, dass das Bauteil in der warmen Jahreszeit nicht vollständig austrocknet!

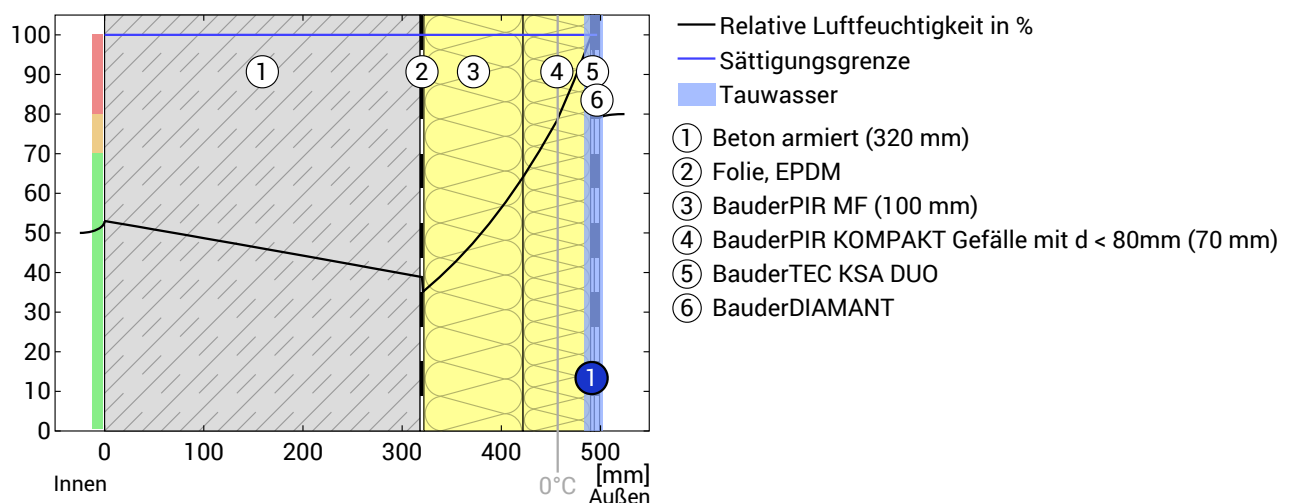
#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser [kg/m ²] [Gew.-%]	Gewicht [kg/m ²]
1	32 cm Beton armiert (1%)	25,60	-	736,0
2	0,1 cm Folie, EPDM	6,00	-	1,2
3	10 cm BauderPIR MF	15,00	-	3,0
4	7 cm BauderPIR KOMPAKT Gefälle mit $d < 80\text{mm}$	10,50	0,020	2,5
5	0,3 cm BauderTEC KSA DUO	60,00	-	3,3
6	0,52 cm BauderDIAMANT	104,00	-	5,7
	49,92 cm Gesamtes Bauteil	221,10	0,020	751,7

Tauwasserebenen

- ① Tauwasser: $0,02 \text{ kg/m}^2$ Betroffene Schichten: BauderTEC KSA DUO, BauderPIR KOMPAKT Gefälle mit $d < 80\text{mm}$

Luftfeuchtigkeit

Die Oberflächentemperatur auf der Raumseite beträgt $19,1^\circ\text{C}$ was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 53% 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.

Feuchteschutz nach DIN 4108-3:2018 Anhang A

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

Bei Dachkonstruktionen mit **Plattenbelägen und Holzrosten** darf diese Norm nicht angewendet werden. Ob diese Konstruktion darunter fällt, ist vom Planer zu prüfen.

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	32 cm Beton armiert (1%)	2,300	0,139	25,6	2300	19,08	2207	0
2	0,1 cm Folie, EPDM	0,250	0,004	6	1200	18,56	2138	25,6
3	10 cm BauderPIR MF	0,027	3,704	15	30	18,55	2136	31,6
4	7 cm BauderPIR KOMPAKT Gefälle mit d < 80mm	0,027	2,593	10,5	36	4,89	865	46,6
5	0,3 cm BauderTEC KSA DUO	0,170	0,018	60	1100	-4,67	413	57,1
6	0,52 cm BauderDIAMANT	0,170	0,031	104	1100	-4,74	410	117
Wärmeübergangswiderstand			0,040			-4,85	406	221

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

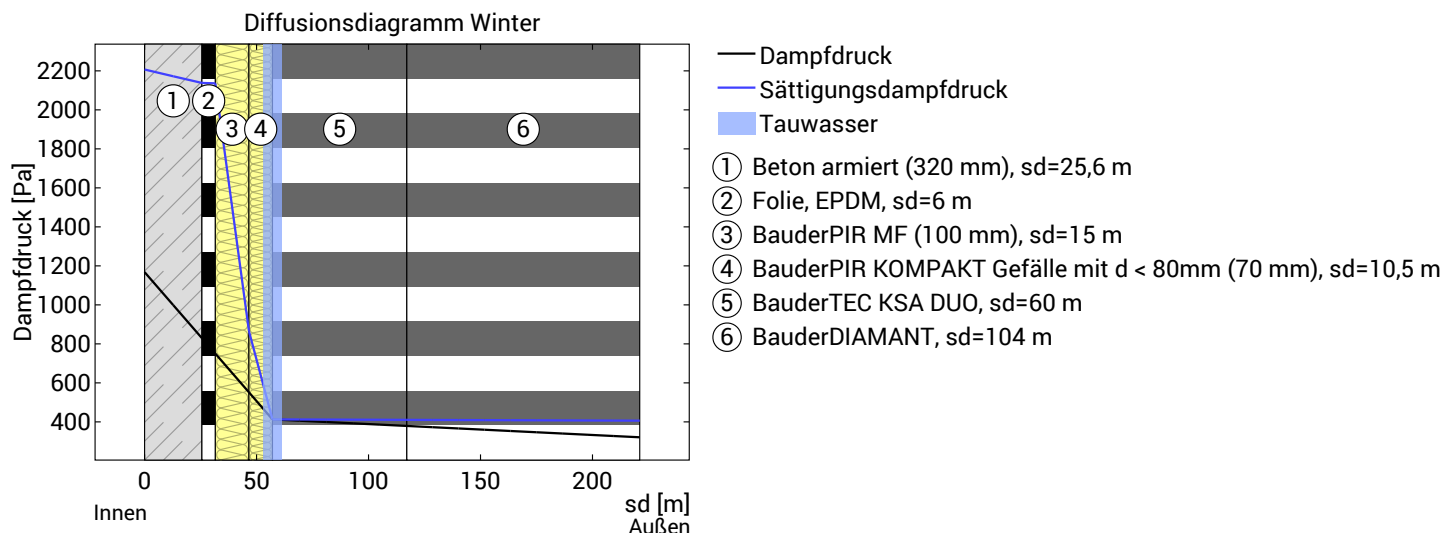
Luftfeuchte an der Bauteiloberfläche

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	pi = 1168 Pa
Dampfdruck außen bei -5°C und 80% Luftfeuchtigkeit	pe = 321 Pa
Dauer Tauperiode (90 Tage)	tc = 7776000 s
Wasserdampf-Diffusionsleitkoeffizient in ruhender Luft	$\delta_0 = 2.0E-10$ kg/(m*s*Pa)
sd-Wert (gesamtes Bauteil)	sde = 221,10 m



Tauwasserebene c₁: Schichtgrenze zwischen BauderPIR KOMPAKT Gefälle mit d < 80mm und BauderTEC KSA DUO bei sd_{c1}=57,10 m; p_{c1}=413 Pa; x₁=49,1 cm

Tauwassermenge: $M_c = t_c * \delta_0 * ((p_i - p_{c1})/sd_{c1} - (p_{c1} - p_e)/(sd_e - sd_{c1})) = 0,020$ kg/m²

Für Schicht BauderPIR KOMPAKT Gefälle mit d < 80mm wurde noch kein Wasseraufnahmekoeffizient hinterlegt. Es wird deshalb angenommen, dass mindestens eine Schicht nicht kapillar Wasseraufnahmefähig ist.

BauderTEC KSA DUO wird als nicht Wasseraufnahmefähig eingestuft weil Aw < 0.1 ist.

Mindestens eine befeuchtete Schicht wird nicht als Wasseraufnahmefähig eingestuft. Die maximal erlaubte Tauwassermenge beträgt deshalb 0.5 kg/m².

Tauwasser insgesamt: $M_c = 0,020$ kg/m²

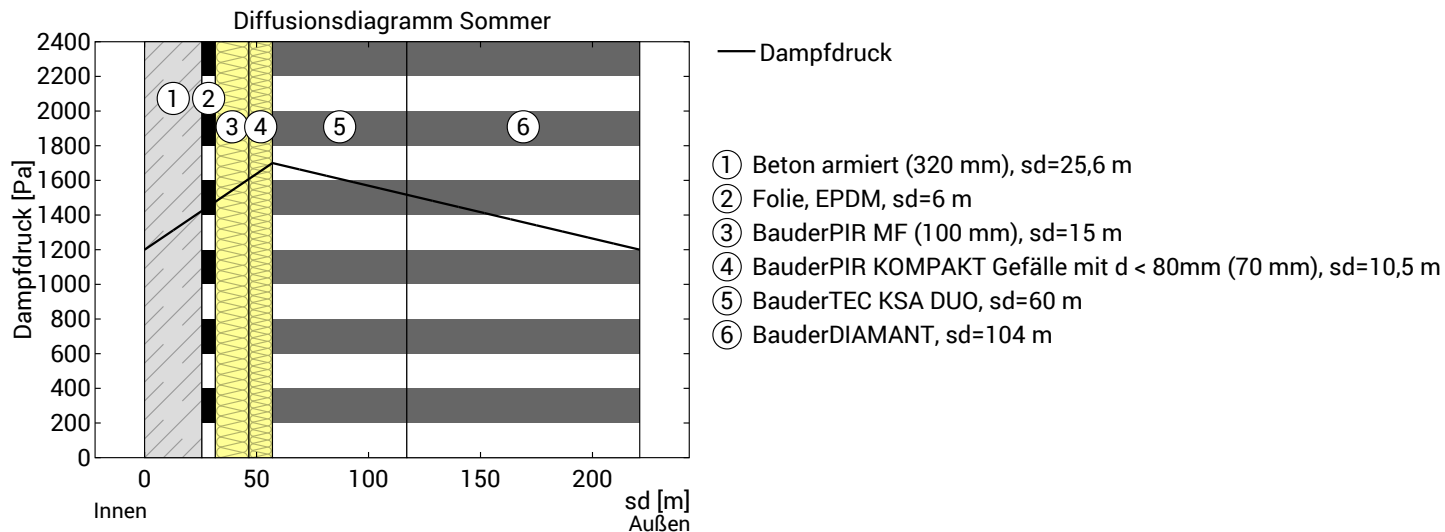


RW Lu Dach, $U=0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

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:

$$M_{ev} = t_c \cdot \delta_0 \cdot ((p_s - p_i)/s_{d_{c1}} + (p_s - p_e)/(s_{d_e} - s_{d_{c1}})) = \mathbf{0,018 \text{ kg/m}^2}$$

Die Tauwassermenge von $0,020 \text{ kg/m}^2$ kann nicht vollständig trocknen.

Anforderung nicht erfüllt!

Trocknungsreserve (DIN 68800-2)

Keine Trocknungsreserve! ($M_{ev} < M_c$)

Für Bauteile die kein Holz enthalten besteht keine Mindestanforderung an die Trocknungsreserve.

Bewertung gemäß DIN 4108-3

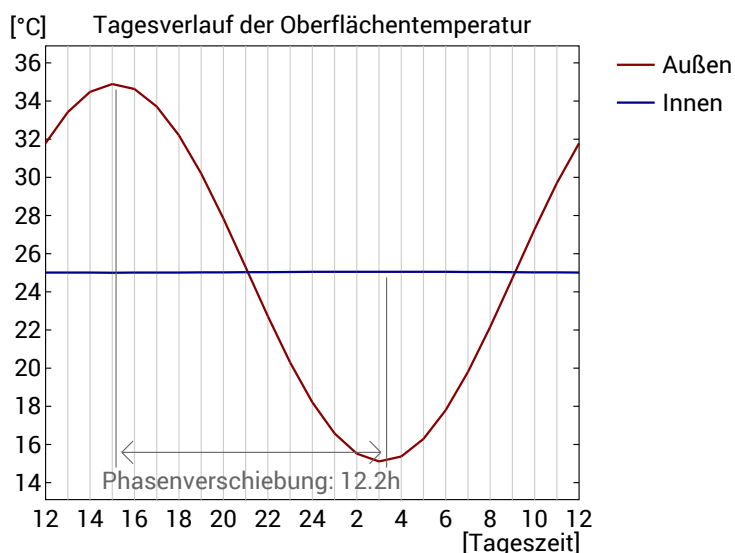
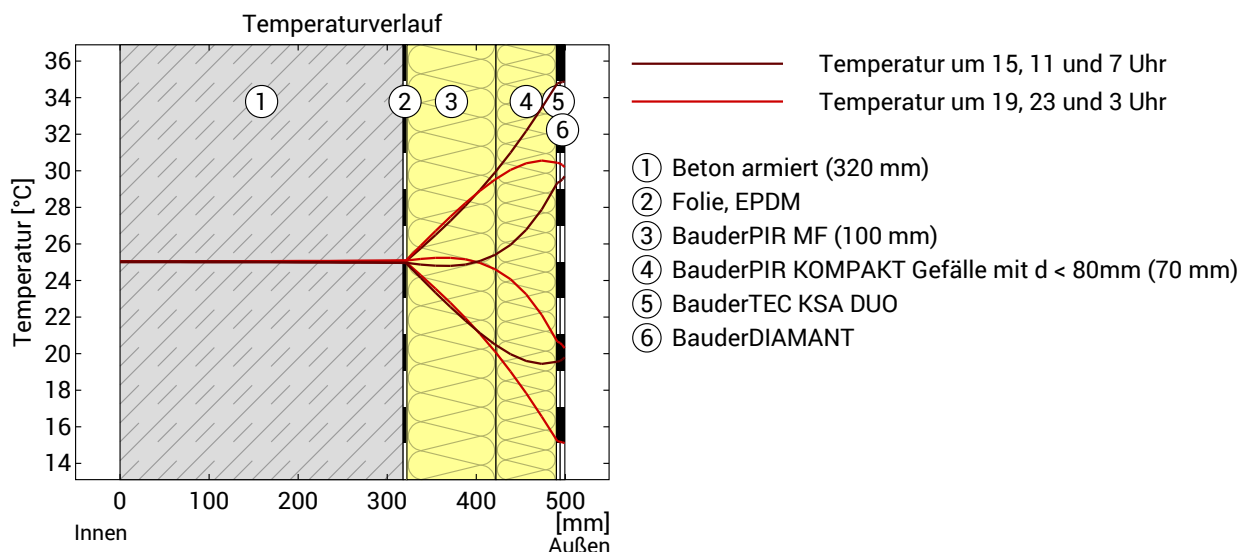
Das Bauteil ist diffusionstechnisch nicht zulässig.

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.

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*	nicht relevant	Wärmespeicherfähigkeit (gesamtes Bauteil):	672 kJ/m ² K
Amplitudendämpfung**	>100	Wärmespeicherfähigkeit der inneren Schichten:	623 kJ/m ² K
TAV***	0,003		

* 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.

RW Lu Dach, $U=0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Hinweise

Es sind keine Hinweise zu dieser Berechnung vorhanden.

RW LU Bodenplatte UG

Fußboden
erstellt am 11.5.2023

Wärmeschutz

$U = 0,21 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

GEG 2020 Bestand*: $U < 0,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$



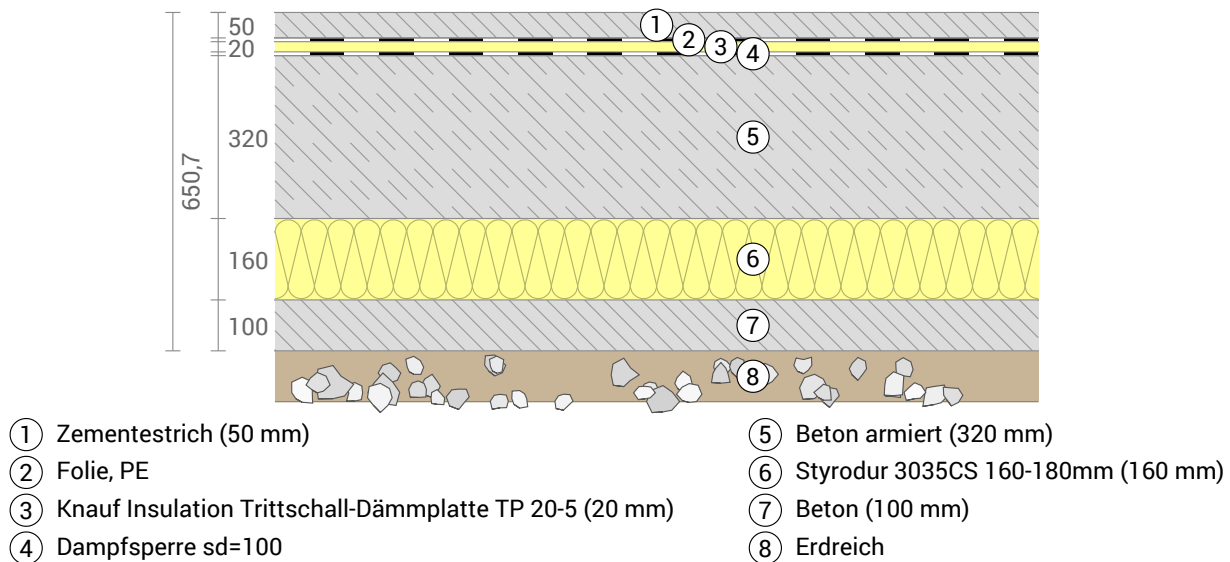
Feuchteschutz

Trocknet 5 Tage
Tauwasser: $3,2 \text{ g}/\text{m}^2$



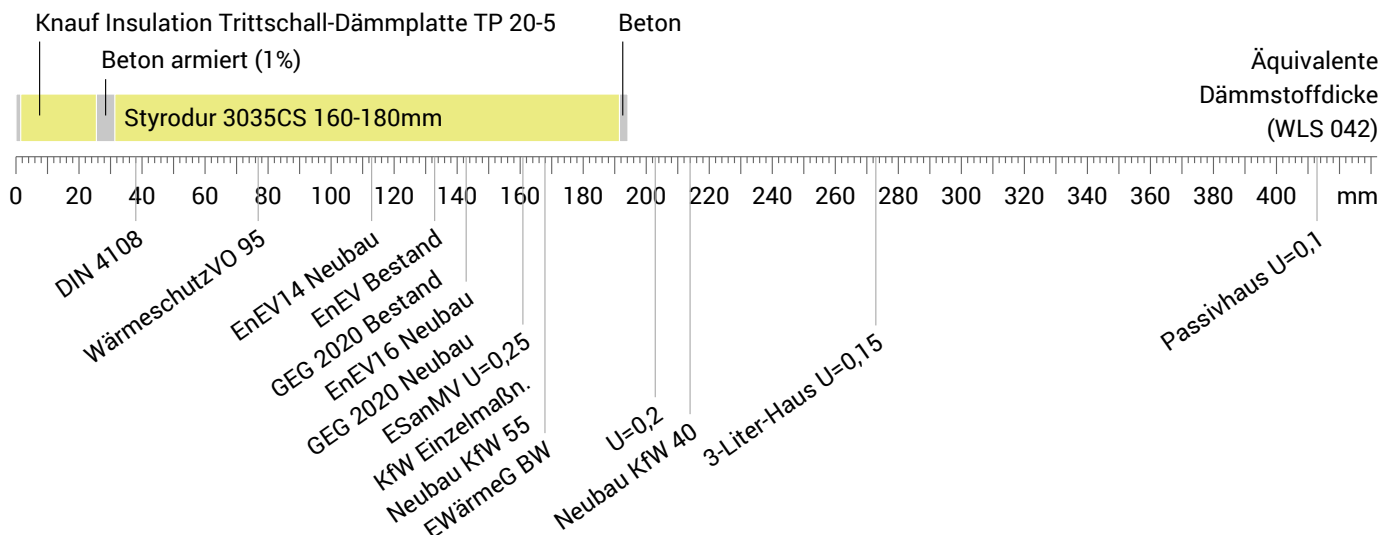
Hitzeschutz

Bauteil grenzt an Erdreich:
TAV und Phase nicht relevant.
Wärmekapazität innen: $626 \text{ kJ}/\text{m}^2\text{K}$



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 $0,042 \text{ W}/\text{mK}$.



Raumluft: $20,0^\circ\text{C} / 50\%$
Erdreich: $0,0^\circ\text{C} / 100\%$
Oberflächentemp.: $19,0^\circ\text{C} / 0,2^\circ\text{C}$

sd-Wert: 175,4 m

Dicke: 65,1 cm
Gewicht: $1083 \text{ kg}/\text{m}^2$
Wärmekapazität: $978 \text{ kJ}/\text{m}^2\text{K}$

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

U-Wert-Berechnung

#	Material	Dicke [cm]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]
	Wärmeübergangswiderstand innen (R _{si})			0,170
1	Zementestrich	5,00	1,400	0,036
2	Folie, PE	0,02	0,400	0,001
3	Knauf Insulation Trittschall-Dämmplatte TP 20-5	2,00	0,035	0,571
4	Dampfsperre sd=100	0,05	0,220	0,002
5	Beton armiert (1%)	32,00	2,300	0,139
6	Styrodur 3035CS 160-180mm	16,00	0,042	3,810
7	Beton	10,00	2,000	0,050
	Wärmeübergangswiderstand außen (R _{se})			0,000

Die Wärmeübergangswiderstände wurden gemäß DIN 6946 Tabelle 7 gewählt.

R_{si}: Wärmestromrichtung abwärts

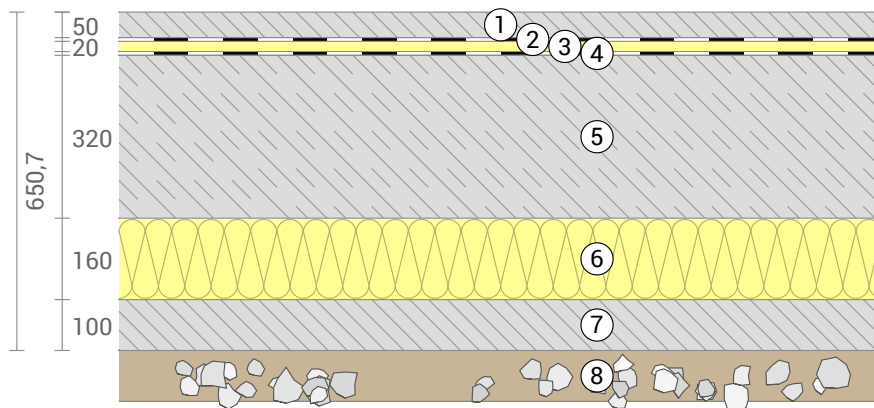
R_{se}: Wärmestromrichtung abwärts, außen: Erdreich

Wärmedurchgangswiderstand $R_{\text{tot}} = 4,780 \text{ m}^2\text{K/W}$

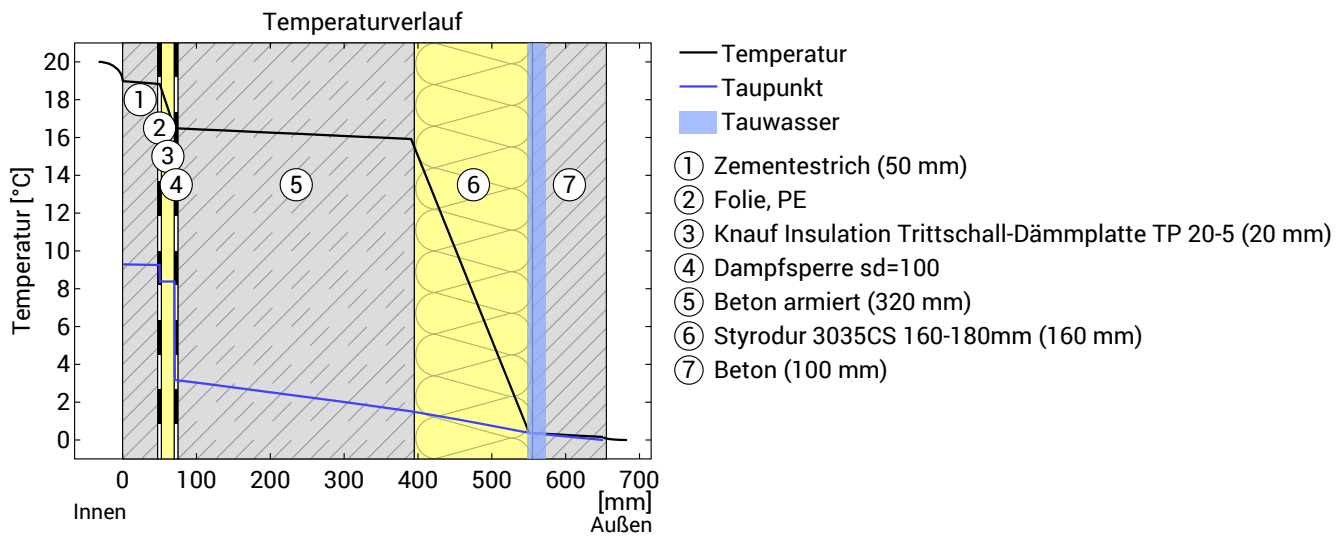
DIN 6946 darf nicht angewendet werden weil das Bauteil an Erdreich grenzt. Für das alternative Verfahren aus DIN V 4108-6 Anhang E fehlen jedoch die benötigten Angaben zu Größe und Lage dieses Bauteils.

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1/R_{\text{tot}} = 0,21 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Berechnet wurde der konstruktive U-Wert. Wärmeverluste über Erdreich oder Keller wurden nicht berücksichtigt weil die dazu notwendigen Angaben fehlen.



Temperaturverlauf



Verlauf von Temperatur und Taupunkt innerhalb des Bauteils. 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.

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	19,0	20,0	
1	5 cm Zementestrich	1,400	0,036	18,8	19,0	100,0
2	0,02 cm Folie, PE	0,400	0,001	18,8	18,8	0,2
3	2 cm Knauf Insulation Trittschall-Dämmplatte TP 20-5	0,035	0,571	16,5	18,8	1,8
4	0,05 cm Dampfsperre $s_d=100$	0,220	0,002	16,5	16,5	0,1
5	32 cm Beton armiert (1%)	2,300	0,139	15,9	16,5	736,0
6	16 cm Styrodur 3035CS 160-180mm	0,042	3,810	0,4	15,9	5,3
7	10 cm Beton	2,000	0,050	0,2	0,4	240,0
	Wärmeübergangswiderstand*		0,040	0,0	0,2	
8	Erdreich			0,0	0,0	110,6
	65,07 cm Gesamtes Bauteil		4,780			1.083,4

*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): 19,0°C 19,0°C 19,0°C
Oberflächentemperatur außen (min / mittel / max): 0,2°C 0,2°C 0,2°C

Feuchteschutz

Für die Berechnung der Tauwassermenge wurde das Bauteil 90 Tage lang dem folgenden konstanten Klima ausgesetzt:
innen: 20°C und 50% Luftfeuchtigkeit; außen: 0°C und 100% Luftfeuchtigkeit (Klima gemäß Benutzereingabe).

Unter diesen Bedingungen fallen insgesamt 0,0032 kg Tauwasser pro Quadratmeter an. Diese Menge trocknet im Sommer innerhalb von 5 Tagen ab (Verdunstungsperiode gemäß DIN 4108-3:2018-10).

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser [kg/m ²] [Gew.-%]	Gewicht [kg/m ²]
1	5 cm Zementestrich	0,75	-	100,0
2	0,02 cm Folie, PE	20,00	-	0,2
3	2 cm Knauf Insulation Trittschall-Dämmplatte TP 20-5	0,02	-	1,8
4	0,05 cm Dampfsperre sd=100	100,00	-	0,1
5	32 cm Beton armiert (1%)	25,60	-	736,0
6	16 cm Styrodur 3035CS 160-180mm	16,00	0,0032	5,3
7	10 cm Beton	13,00	0,0032	240,0
65,07 cm Gesamtes Bauteil		175,37	0,0032	1.083,4

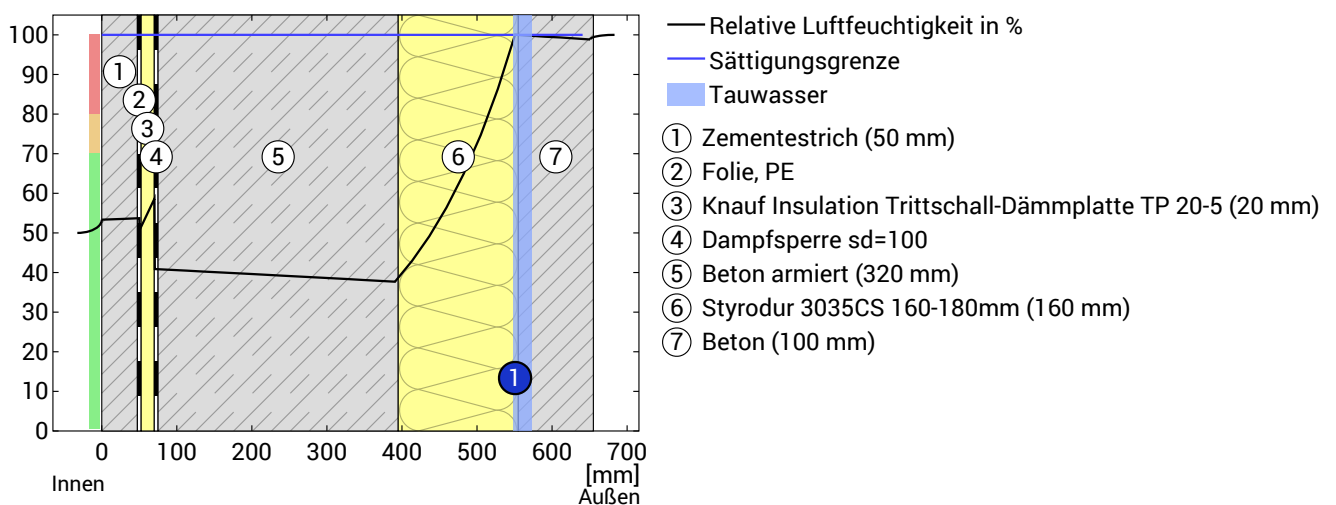
Tauwasserebenen

- ① Tauwasser: 0,003 kg/m² Betroffene Schichten: Beton, Styrodur 3035CS 160-180mm

Luftfeuchtigkeit

Die Oberflächentemperatur auf der Raumseite beträgt 19,0 °C was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 53% 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.

RW LU Bodenplatte UG, $U=0,21 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Feuchteschutz nach DIN 4108-3:2018 Anhang A

DIN 4108-3 ist bei erdberührten Bauteilen nicht anwendbar.

Hinweise

Erdberührende Bauteile

Bei erdberührenden Bauteilen müssen besondere Vorkehrungen getroffen werden, die das Eindringen von Feuchtigkeit bzw. Wasser verhindern. Die Berechnung zum Feuchteschutz berücksichtigt nur die Wasserdampfdiffusion.

Berechnet wurde der konstruktive U-Wert. Wärmeverluste über Erdreich oder Keller wurden nicht berücksichtigt weil die dazu notwendigen Angaben fehlen. Klicken Sie auf der Eingabe-Seite auf das Stift-Symbol in der Zeile 'Außen:' um die benötigten Parameter festzulegen.

Erdreichtemperatur

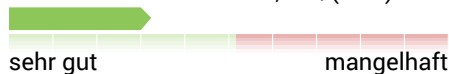
Die voreingestellte Erdreichtemperatur von 0°C stellt einen ungünstigen Fall dar, der z.B. am Rand einer Bodenplatte ohne Randdämmung auftreten kann. Die Temperatur des Erdreichs liegt in der Tiefe oder weit innerhalb einer Bodenplatte meist mehrere Grad über dem voreingestellten Wert. Falls die Berechnung Tauwasser aufweist, prüfen Sie, ob eine Erhöhung der Erdreichtemperatur im Eingabeformular gerechtfertigt ist.

RW LU Decke über Fahrzeughalle

Wärmeschutz

$U = 0,30 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

GEG 2020 Bestand*: $U < 0,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$



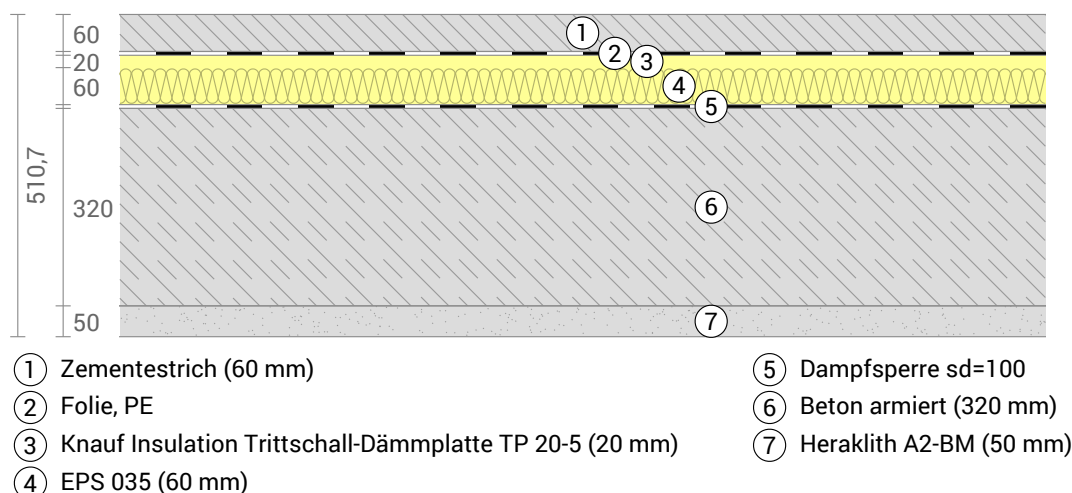
Feuchteschutz

Trocknet 78 Tage
Tauwasser: $35 \text{ g}/\text{m}^2$



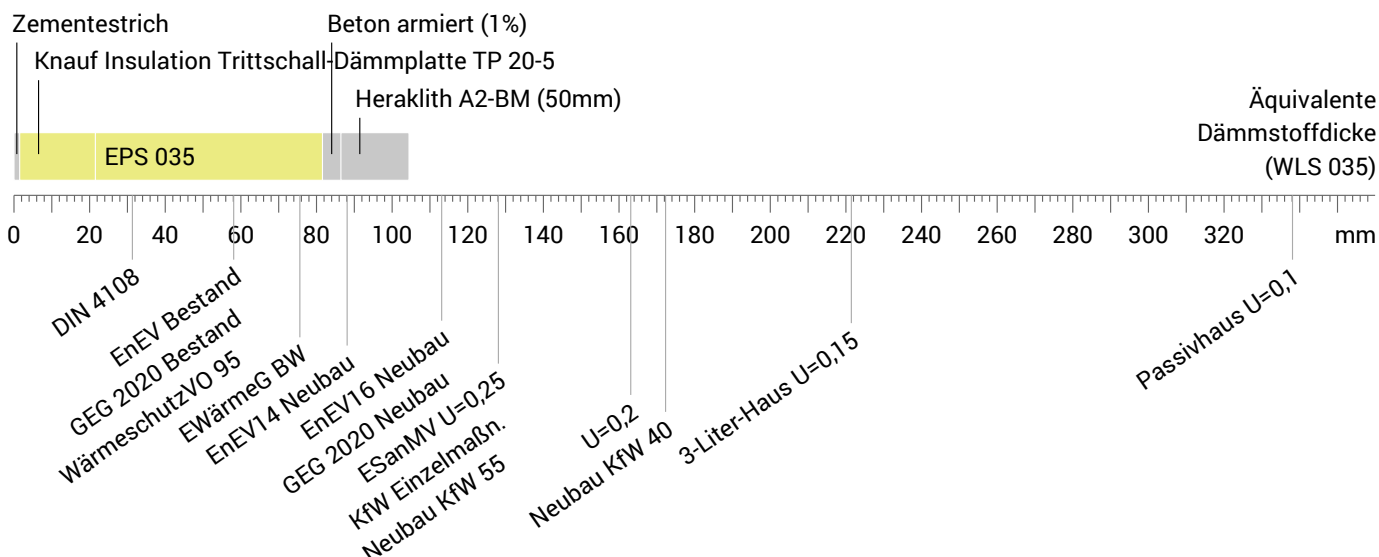
Hitzeschutz

Temperaturamplitudendämpfung: > 100
Phasenverschiebung: nicht relevant
Wärmekapazität innen: $241 \text{ kJ}/\text{m}^2\text{K}$



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 $0,035 \text{ W}/\text{mK}$.



Raumluft: $20,0^\circ\text{C} / 50\%$
Unbeheizter Raum: $-5,0^\circ\text{C} / 80\%$
Oberflächentemp.: $18,1^\circ\text{C} / -4,7^\circ\text{C}$

s_d -Wert: 164,0 m

Dicke: 51,1 cm
Gewicht: $883 \text{ kg}/\text{m}^2$
Wärmekapazität: $821 \text{ kJ}/\text{m}^2\text{K}$

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

U-Wert-Berechnung nach DIN EN ISO 6946

#	Material	Dicke [cm]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]
	Wärmeübergangswiderstand innen (Rsi)			0,170
1	Zementestrich	6,00	1,400	0,043
2	Folie, PE	0,02	0,400	0,001
3	Knauf Insulation Trittschall-Dämmplatte TP 20-5	2,00	0,035	0,571
4	EPS 035	6,00	0,035	1,714
5	Dampfsperre sd=100	0,05	0,220	0,002
6	Beton armiert (1%)	32,00	2,300	0,139
7	Heraklith A2-BM (50mm)	5,00	0,100	0,500
	Wärmeübergangswiderstand außen (Rse)			0,170

Die Wärmeübergangswiderstände wurden gemäß DIN 6946 Tabelle 7 gewählt.

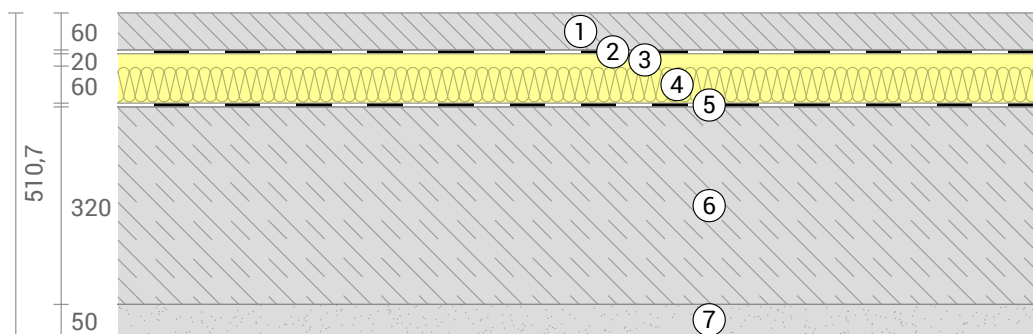
Rsi: Wärmestromrichtung abwärts

Rse: Wärmestromrichtung abwärts, außen: Nicht beheizter Raum

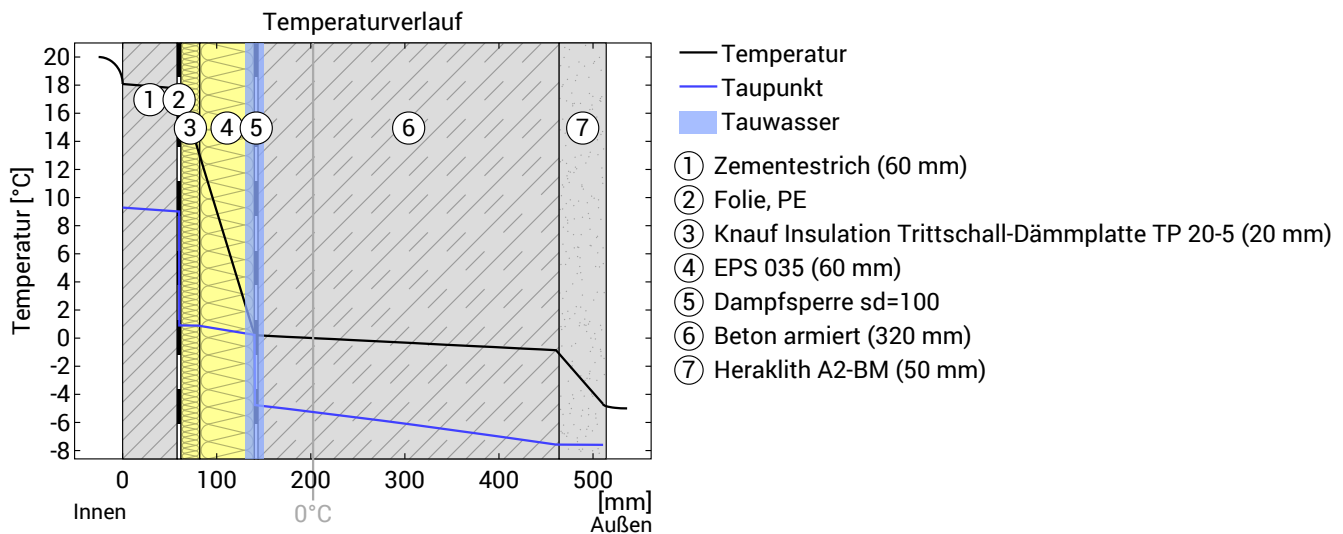
Wärmedurchgangswiderstand $R_{\text{tot}} = 3,310 \text{ m}^2\text{K/W}$

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1/R_{\text{tot}} = 0,30 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Berechnet wurde der konstruktive U-Wert. Wärmeverluste über Erdreich oder Keller wurden nicht berücksichtigt weil die dazu notwendigen Angaben fehlen.



Temperaturverlauf



Verlauf von Temperatur und Taupunkt innerhalb des Bauteils. 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.

Schichten (von innen nach außen)

#	Material	λ [W/mK]	R [m²K/W]	Temperatur [°C]		Gewicht [kg/m²]
				min	max	
	Wärmeübergangswiderstand*		0,250	18,1	20,0	
1	6 cm Zementestrich	1,400	0,043	17,8	18,1	120,0
2	0,02 cm Folie, PE	0,400	0,001	17,8	17,8	0,2
3	2 cm Knauf Insulation Trittschall-Dämmplatte TP 20-5	0,035	0,571	13,4	17,8	1,8
4	6 cm EPS 035	0,035	1,714	0,2	13,4	1,8
5	0,05 cm Dampfsperre $s_d=100$	0,220	0,002	0,2	0,2	0,1
6	32 cm Beton armiert (1%)	2,300	0,139	-0,9	0,2	736,0
7	5 cm Heraklith A2-BM (50mm)	0,100	0,500	-4,7	-0,9	23,0
	Wärmeübergangswiderstand*		0,040	-5,0	-4,7	
	51,07 cm Gesamtes Bauteil		3,310			882,9

*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): 18,1°C 18,1°C 18,1°C
Oberflächentemperatur außen (min / mittel / max): -4,7°C -4,7°C -4,7°C

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 0,035 kg Tauwasser pro Quadratmeter an. Diese Menge trocknet im Sommer innerhalb von 78 Tagen ab (Verdunstungsperiode gemäß DIN 4108-3:2018-10).

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser [kg/m²] [Gew.-%]	Gewicht [kg/m²]
1	6 cm Zementestrich	0,90	-	120,0
2	0,02 cm Folie, PE	20,00	-	0,2
3	2 cm Knauf Insulation Trittschall-Dämmplatte TP 20-5	0,02	-	1,8
4	6 cm EPS 035	1,20	0,035	1,8
5	0,05 cm Dampfsperre sd=100	100,00	-	0,1
6	32 cm Beton armiert (1%)	41,60	-	736,0
7	5 cm Heraklith A2-BM (50mm)	0,25	-	23,0
	51,07 cm Gesamtes Bauteil	163,97	0,035	882,9

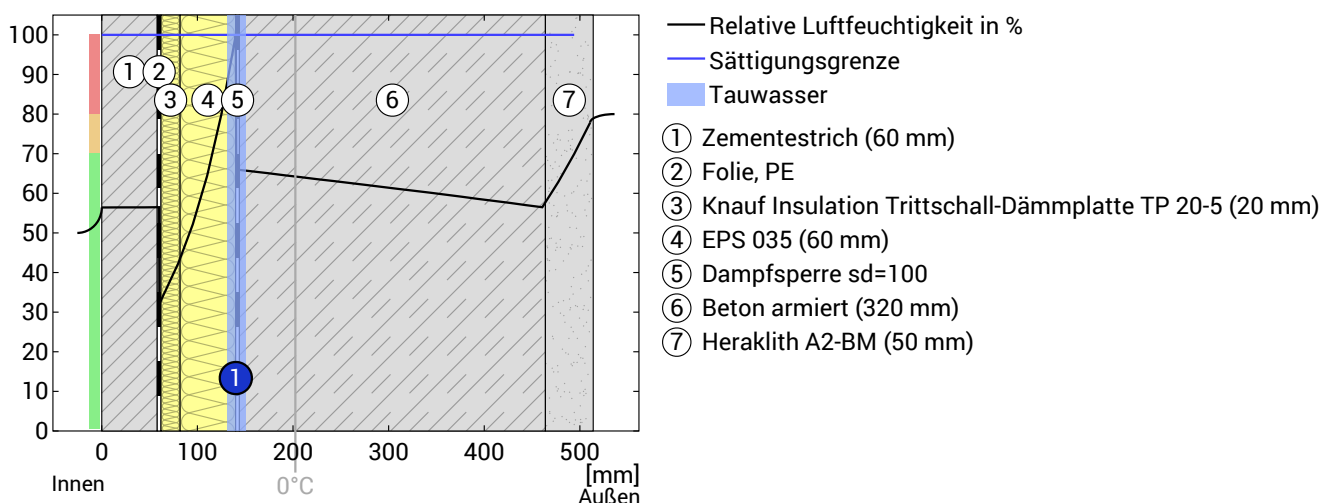
Tauwasserebenen

- ① Tauwasser: 0,035 kg/m² Betroffene Schichten: Dampfsperre sd=100, EPS 035

Luftfeuchtigkeit

Die Oberflächentemperatur auf der Raumseite beträgt 18,1 °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.

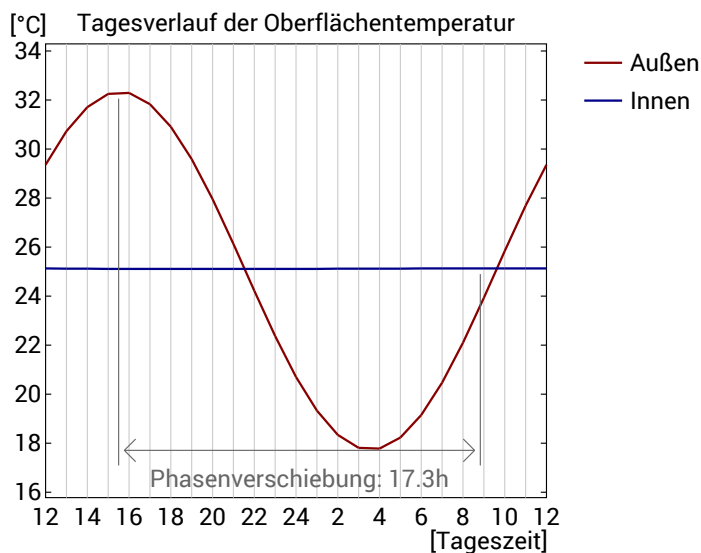
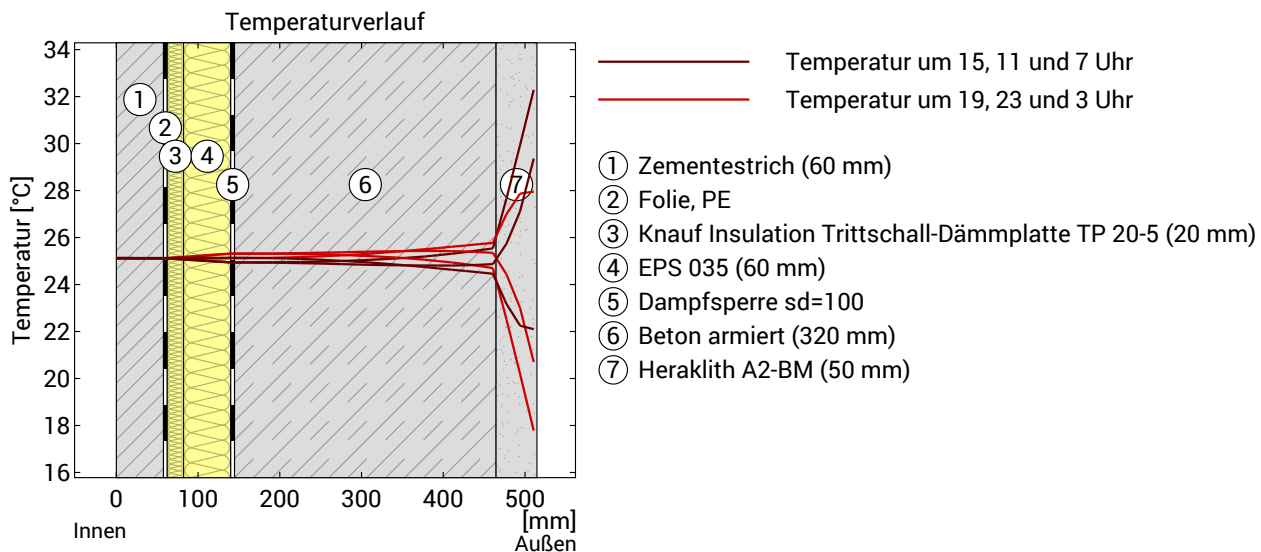
RW LU Decke über Fahrzeughalle, $U=0,30 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Feuchteschutz nach DIN 4108-3:2018 Anhang A

DIN 4108-3 ist bei Bauteilen zu unbeheizten Nebenräumen sowie Kellern nicht anwendbar.

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*	nicht relevant	Wärmespeicherfähigkeit (gesamtes Bauteil):	821 kJ/m ² K
Amplitudendämpfung** TAV***	>100 0,002	Wärmespeicherfähigkeit der inneren Schichten:	241 kJ/m ² K

* 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.

RW LU Decke über Fahrzeughalle, $U=0,30 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Hinweise

Es sind keine Hinweise zu dieser Berechnung vorhanden.

RW LU Boden Fahrzeughalle

Wärmeschutz

$U = 0,31 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

GEG 2020 Bestand*: $U < 0,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$



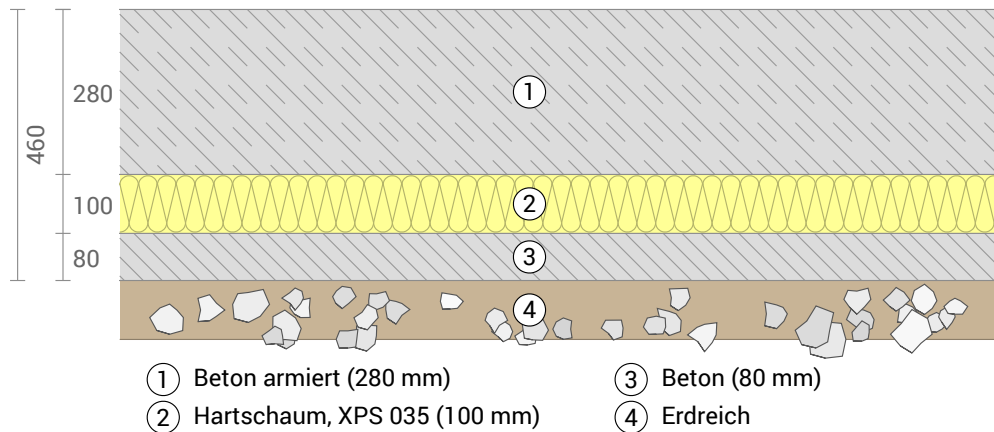
Feuchteschutz

Trocknet 22 Tage
Tauwasser: $24 \text{ g}/\text{m}^2$



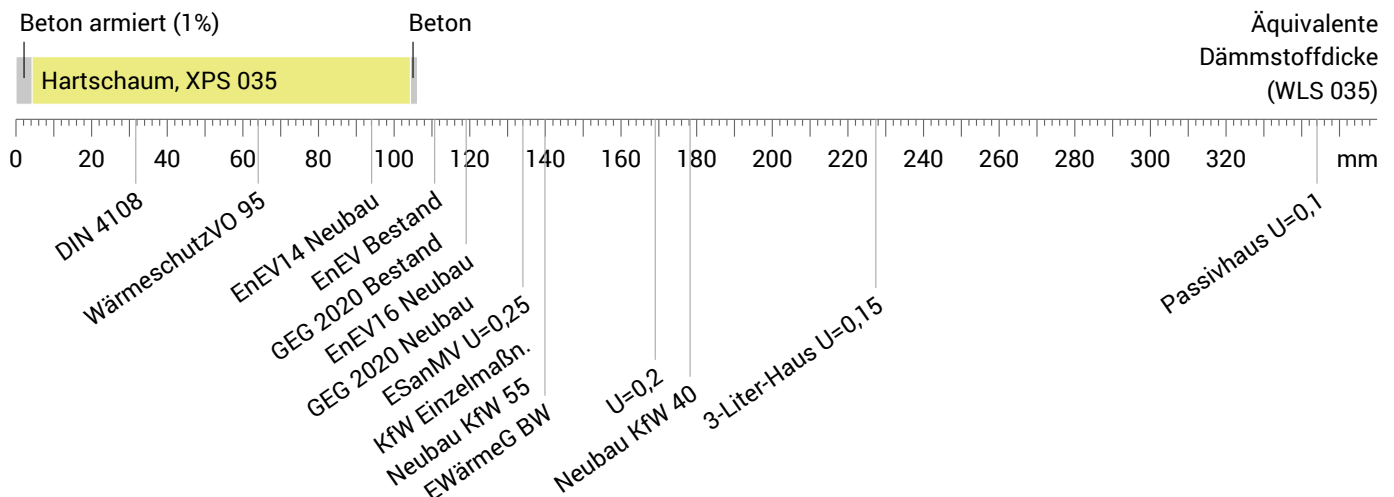
Hitzeschutz

Bauteil grenzt an Erdreich:
TAV und Phase nicht relevant.
Wärmekapazität innen: $520 \text{ kJ}/\text{m}^2\text{K}$



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 $0,035 \text{ W}/\text{mK}$.



Raumluft: $20,0^\circ\text{C} / 50\%$
Erdreich: $0,0^\circ\text{C} / 100\%$
Oberflächentemp.: $18,5^\circ\text{C} / 0,2^\circ\text{C}$

sd-Wert: $40,8 \text{ m}$

Dicke: $46,0 \text{ cm}$
Gewicht: $840 \text{ kg}/\text{m}^2$
Wärmekapazität: $754 \text{ kJ}/\text{m}^2\text{K}$

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

U-Wert-Berechnung

#	Material	Dicke [cm]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]
	Wärmeübergangswiderstand innen (Rsi)			0,170
1	Beton armiert (1%)	28,00	2,300	0,122
2	Hartschaum, XPS 035	10,00	0,035	2,857
3	Beton	8,00	2,000	0,040
	Wärmeübergangswiderstand außen (Rse)			0,000

Die Wärmeübergangswiderstände wurden gemäß DIN 6946 Tabelle 7 gewählt.

Rsi: Wärmestromrichtung abwärts

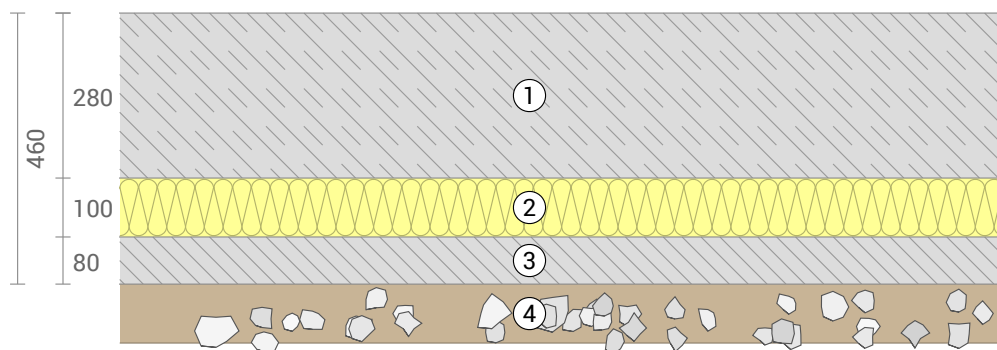
Rse: Wärmestromrichtung abwärts, außen: Erdreich

Wärmedurchgangswiderstand $R_{\text{tot}} = 3,190 \text{ m}^2\text{K/W}$

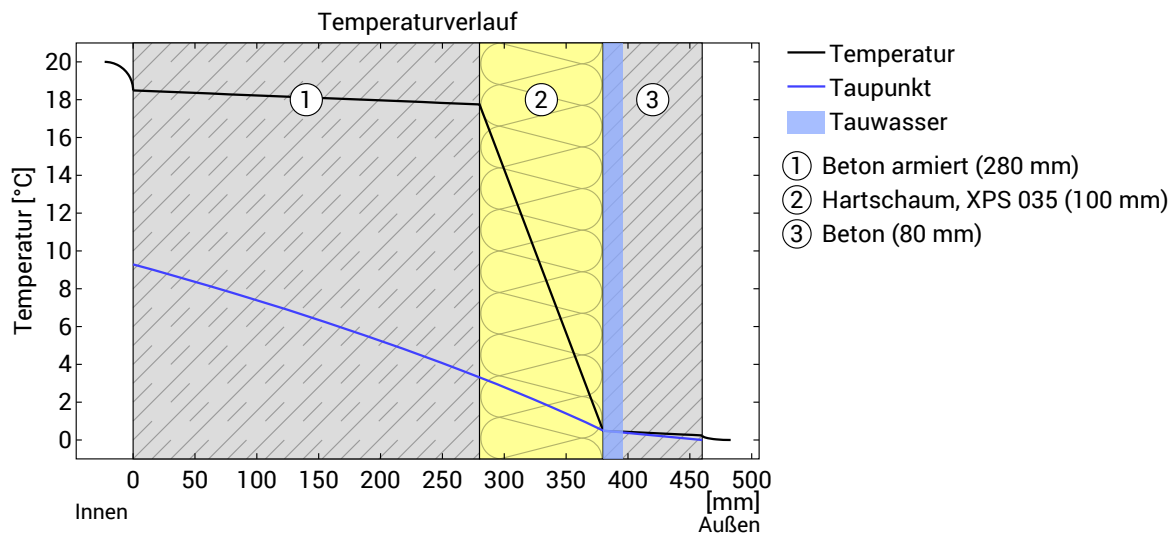
DIN 6946 darf nicht angewendet werden weil das Bauteil an Erdreich grenzt. Für das alternative Verfahren aus DIN V 4108-6 Anhang E fehlen jedoch die benötigten Angaben zu Größe und Lage dieses Bauteils.

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1/R_{\text{tot}} = 0,31 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Berechnet wurde der konstruktive U-Wert. Wärmeverluste über Erdreich oder Keller wurden nicht berücksichtigt weil die dazu notwendigen Angaben fehlen.



Temperaturverlauf



Verlauf von Temperatur und Taupunkt innerhalb des Bauteils. 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.

Schichten (von innen nach außen)

#	Material	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	Temperatur [°C]		Gewicht [kg/m ²]
	Wärmeübergangswiderstand*		0,250	min	max	
1	28 cm Beton armiert (1%)	2,300	0,122	18,5	20,0	644,0
2	10 cm Hartschaum, XPS 035	0,035	2,857	17,8	18,5	3,5
3	8 cm Beton	2,000	0,040	0,5	17,8	192,0
	Wärmeübergangswiderstand*		0,040	0,2	0,5	
4	Erdreich			0,0	0,2	78,2
	46 cm Gesamtes Bauteil		3,190	0,0	0,0	839,5

*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): 18,5°C 18,5°C 18,5°C
Oberflächentemperatur außen (min / mittel / max): 0,2°C 0,2°C 0,2°C

Feuchteschutz

Für die Berechnung der Tauwassermenge wurde das Bauteil 90 Tage lang dem folgenden konstanten Klima ausgesetzt:
innen: 20°C und 50% Luftfeuchtigkeit; außen: 0°C und 100% Luftfeuchtigkeit (Klima gemäß Benutzereingabe).

Unter diesen Bedingungen fallen insgesamt 0,024 kg Tauwasser pro Quadratmeter an. Diese Menge trocknet im Sommer innerhalb von 22 Tagen ab (Verdunstungsperiode gemäß DIN 4108-3:2018-10).

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser [kg/m ²] [Gew.-%]	Gewicht [kg/m ²]
1	28 cm Beton armiert (1%)	22,40	-	644,0
2	10 cm Hartschaum, XPS 035	8,00	0,024	3,5
3	8 cm Beton	10,40	0,024	192,0
	46 cm Gesamtes Bauteil	40,80	0,024	839,5

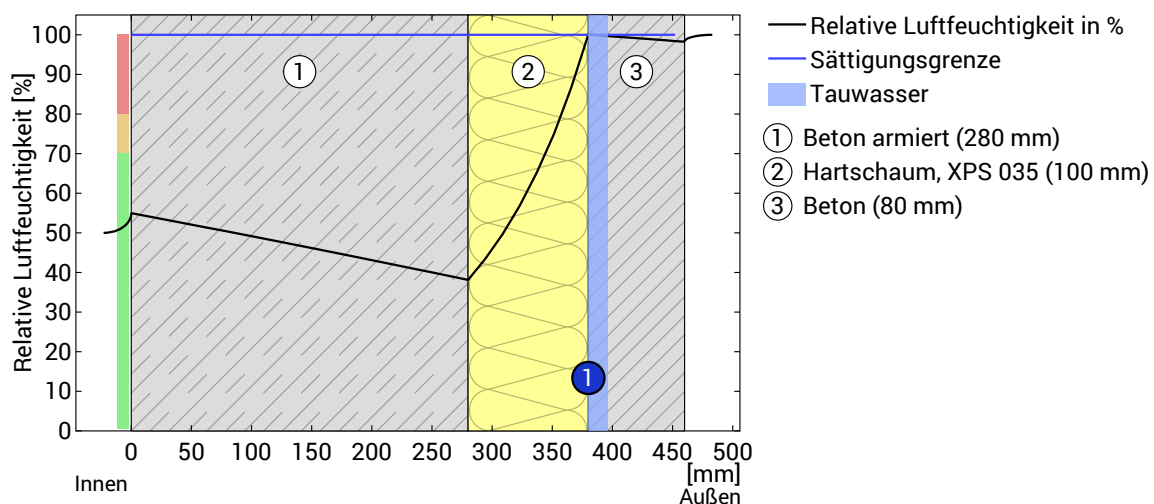
Tauwasserebenen

- ① Tauwasser: 0,024 kg/m² Betroffene Schichten: Beton, Hartschaum, XPS 035

Luftfeuchtigkeit

Die Oberflächentemperatur auf der Raumseite beträgt 18,5 °C was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 55% 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.

Feuchteschutz nach DIN 4108-3:2018 Anhang A

DIN 4108-3 ist bei erdberührten Bauteilen nicht anwendbar.

Hinweise

Erdberührende Bauteile

Bei erdberührenden Bauteilen müssen besondere Vorkehrungen getroffen werden, die das Eindringen von Feuchtigkeit bzw. Wasser verhindern. Die Berechnung zum Feuchteschutz berücksichtigt nur die Wasserdampfdiffusion.

Berechnet wurde der konstruktive U-Wert. Wärmeverluste über Erdreich oder Keller wurden nicht berücksichtigt weil die dazu notwendigen Angaben fehlen. Klicken Sie auf der Eingabe-Seite auf das Stift-Symbol in der Zeile 'Außen:' um die benötigten Parameter festzulegen.

Erdreichtemperatur

Die voreingestellte Erdreichtemperatur von 0°C stellt einen ungünstigen Fall dar, der z.B. am Rand einer Bodenplatte ohne Randdämmung auftreten kann. Die Temperatur des Erdreichs liegt in der Tiefe oder weit innerhalb einer Bodenplatte meist mehrere Grad über dem voreingestellten Wert. Falls die Berechnung Tauwasser aufweist, prüfen Sie, ob eine Erhöhung der Erdreichtemperatur im Eingabeformular gerechtfertigt ist.

RW Lu Aussenwand Fahrzeughalle Flankendämmung

Außenwand
erstellt am 11.5.2023

Wärmeschutz

$U = 0,16 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

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



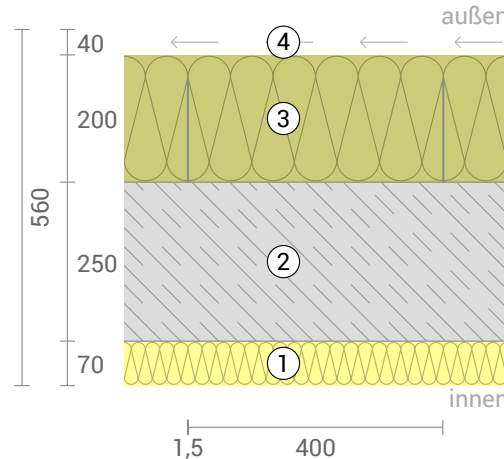
Feuchteschutz

Kein Tauwasser



Hitzeschutz

Temperaturamplitudendämpfung: >100
Phasenverschiebung: nicht relevant
Wärmekapazität innen: 337 kJ/m²K

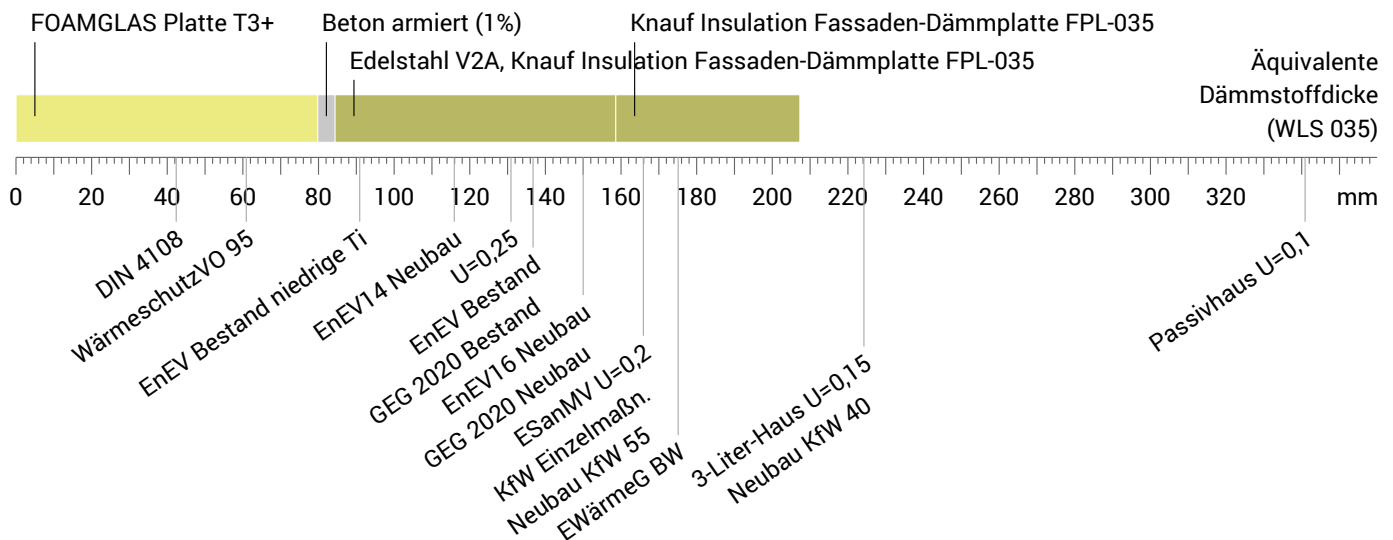


- ① FOAMGLAS Platte T3+ (70 mm)
- ② Beton armiert (250 mm)

- ③ Knauf Insulation Fassaden-Dämmplatte FPL-035 (200 mm)
- ④ Hinterlüftung (40 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 0,035 W/mK.



Raumluft: 20,0°C / 50%
Außenluft: -5,0°C / 80%
Oberflächentemp.: 19,0°C / -4,8°C

sd-Wert: 2826,7 m
Trocknungsreserve: 4 g/m²a

Dicke: 56,0 cm
Gewicht: 597 kg/m²
Wärmekapazität: 525 kJ/m²K

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

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	FOAMGLAS Platte T3+	7,00	0,037	1,892
2	Beton armiert (1%)	25,00	2,300	0,109
3	Knauf Insulation Fassaden-Dämmplatte FPL-035	20,00	0,035	5,714
	Edelstahl V2A (Breite: 0,15 cm)	16,00	15,000	0,011
	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 $R_{\text{tot},\text{upper}} = 7,935 \text{ m}^2\text{K/W}$.

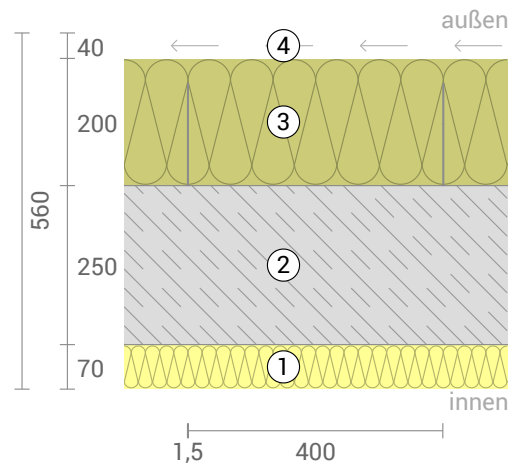
Unterer Grenzwert des Wärmedurchgangswiderstandes $R_{\text{tot},\text{lower}} = 5,163 \text{ m}^2\text{K/W}$.

Prüfe Anwendbarkeit: $R_{\text{tot},\text{upper}} / R_{\text{tot},\text{lower}} = 1,537$ (maximal erlaubt: 1,5)

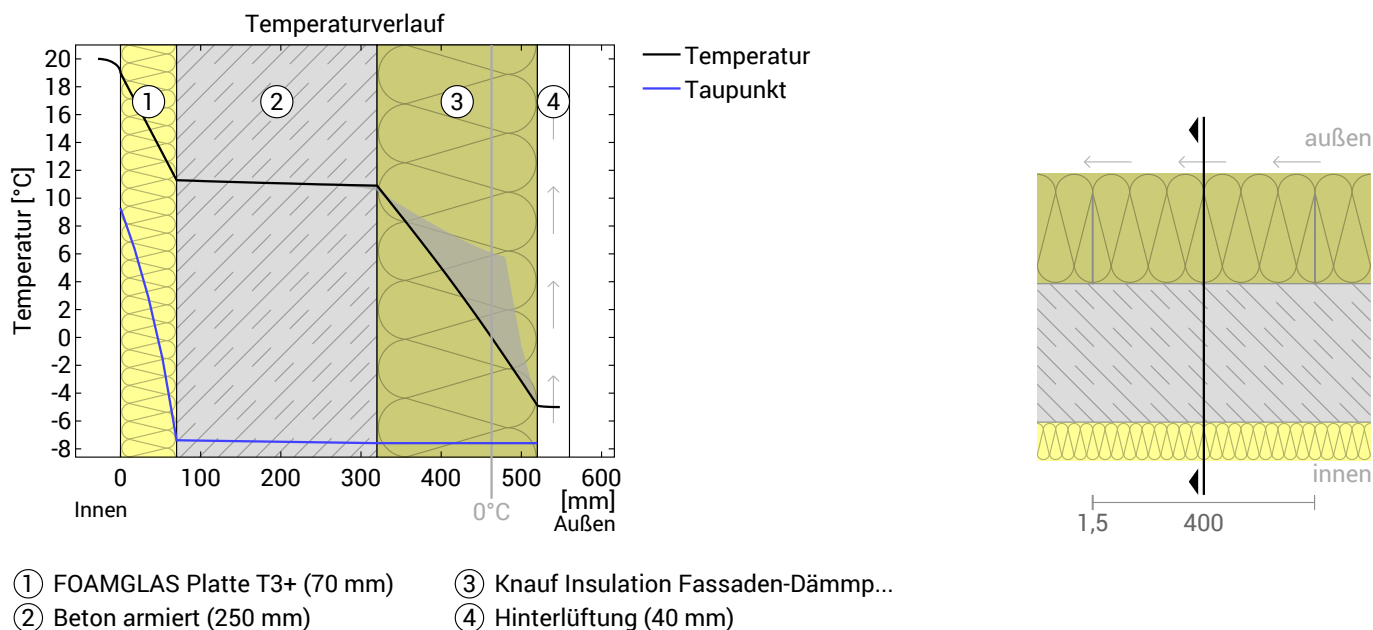
DIN 6946 darf nicht angewendet werden weil das Verhältnis des oberen Grenzwertes des Wärmedurchgangswiderstandes zum unteren Grenzwert des Wärmedurchgangswiderstandes mehr als 1,5 beträgt.

Wärmedurchgangskoeffizient aus dem Finite-Elemente-Verfahren **$U = 0,162 \text{ W/(m}^2\text{K)}$**

Numerische Unsicherheit ~0,79%



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 [m ² K/W]	Temperatur [°C]		Gewicht [kg/m ²]
				min	max	
	Wärmeübergangswiderstand*		0,250	19,0	20,0	
1	7 cm FOAMGLAS Platte T3+	0,037	1,892	11,3	19,0	7,0
2	25 cm Beton armiert (1%)	2,300	0,109	10,5	11,3	575,0
3	20 cm Knauf Insulation Fassaden-Dämmplatte FPL-035	0,035	5,714	-4,9	10,9	10,0
	16 cm Edelstahl V2A (Breite: 0,15 cm)	15,000	0,011	5,8	10,5	4,7
	Wärmeübergangswiderstand*		0,040	-5,0	-4,7	
4	4 cm Hinterlüftung (Außenluft)			-5,0	-5,0	0,0
	56 cm Gesamtes Bauteil		6,169			596,7

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

Oberflächentemperatur innen (min / mittel / max): 19,0°C 19,0°C 19,0°C
Oberflächentemperatur außen (min / mittel / max): -4,9°C -4,8°C -4,7°C

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.

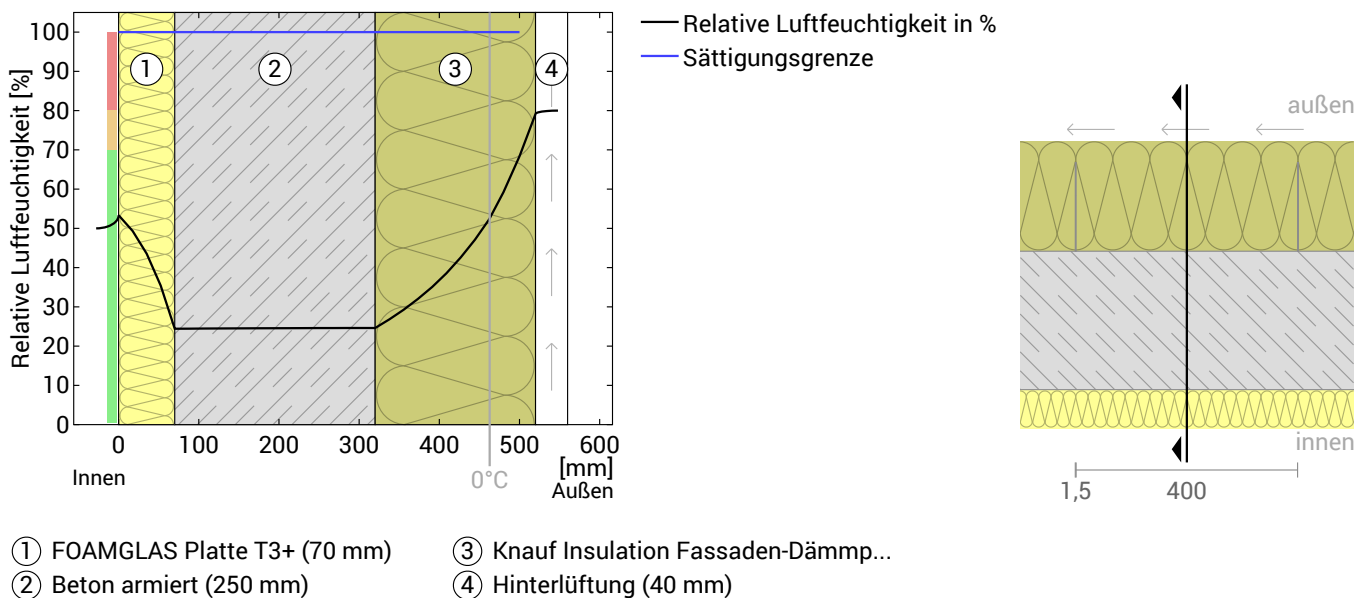
Unter den angenommenen Bedingungen bildet sich kein Tauwasser.

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser [kg/m²] [Gew.-%]	Gewicht [kg/m²]
1	7 cm FOAMGLAS Platte T3+	2800	-	7,0
2	25 cm Beton armiert (1%)	20,00	-	575,0
3	20 cm Knauf Insulation Fassaden-Dämmplatte FPL-035	0,20	-	10,0
	16 cm Edelstahl V2A (Breite: 0,15 cm)	750,00	-	4,7
	56 cm Gesamtes Bauteil	2.826,69	0	596,7

Luftfeuchtigkeit

Die Oberflächentemperatur auf der Raumseite beträgt 19,0 °C was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 53% 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.

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]	Σ sd [m]
Wärmeübergangswiderstand			0,250			19,22	2227	0
1	7 cm FOAMGLAS Platte T3+	0,037	1,892	2800	100	13,31	1528	2800
2	25 cm Beton armiert (1%)	2,300	0,109	32,5	2300	12,97	1494	2832
3	20 cm Knauf Insulation Fassaden-Dämmplatte FPL-035	0,035	5,714	0,2	50	-4,88	405	2833
Wärmeübergangswiderstand			0,040					

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

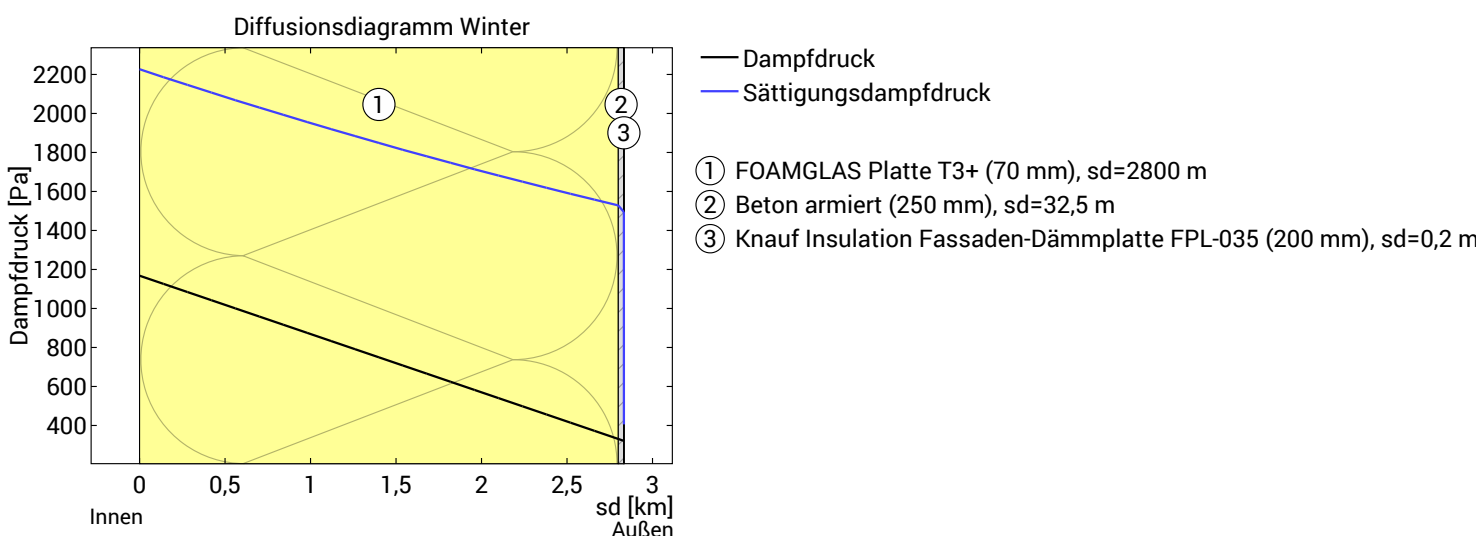
Luftfeuchte an der Bauteiloberfläche

Die relative Luftfeuchtigkeit auf der raumseitigen Bauteiloberfläche beträgt 52%. 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	$\delta_0 = 2.0\text{E-}10 \text{ kg/(m*s*Pa)}$
sd-Wert (gesamtes Bauteil)	$s_{de} = 2.832,70 \text{ m}$



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



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

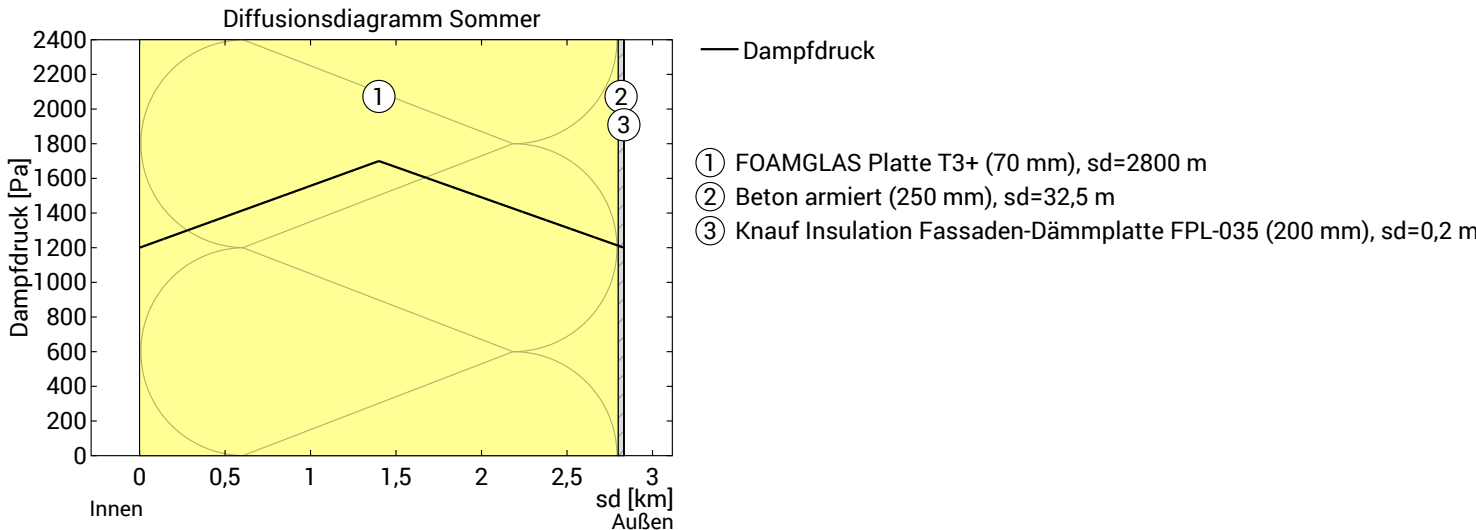
$s_d=1.400,00 \text{ m}$; $p_s=1849 \text{ pa}$, innerhalb Schicht FOAMGLAS Platte T3+:

$$M_{ev, \text{Tauperiode}} = t_c * \delta_0 * ((p_s - p_i) / s_{d_{ev}} + (p_s - p_e) / (s_{de} - s_{d_{ev}})) = 0,002 \text{ kg/m}^2$$

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 $s_d=1.400,00 \text{ m}$, innerhalb Schicht FOAMGLAS Platte T3+:

Verdunstungsmenge: $M_{ev} = \delta_0 \cdot t_{ev} \cdot [(p_s - p_i)/s_d + (p_s - p_e)/(s_{de} - s_d)] = 0,00 \text{ kg/m}^2$

Trocknungsreserve (DIN 68800-2)

Tauwasserfreies Bauteil: Das Verdunstungspotential der Tauperiode wird ebenfalls berücksichtigt.

Trocknungsreserve: $M_r = (M_{ev} + M_{ev, Tauperiode}) \cdot 1000 = 4 \text{ g/m}^2/\text{a}$

Für Bauteile die kein Holz enthalten besteht keine Mindestanforderung an die Trocknungsreserve.

Bewertung gemäß DIN 4108-3

Das Bauteil ist diffusionstechnisch zulässig.

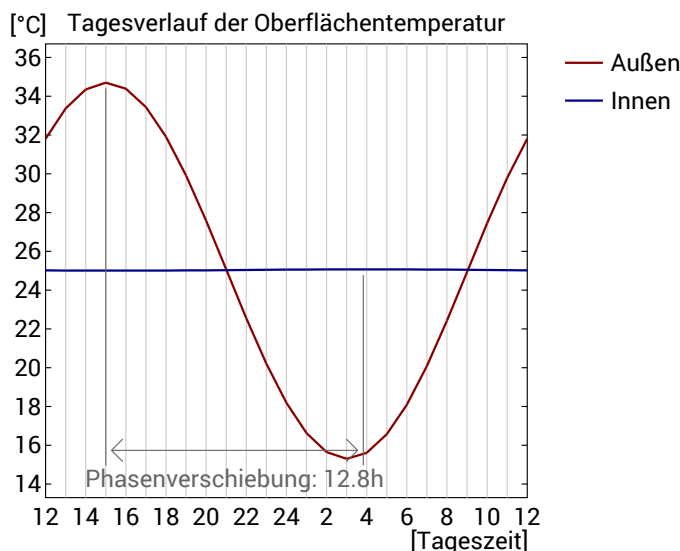
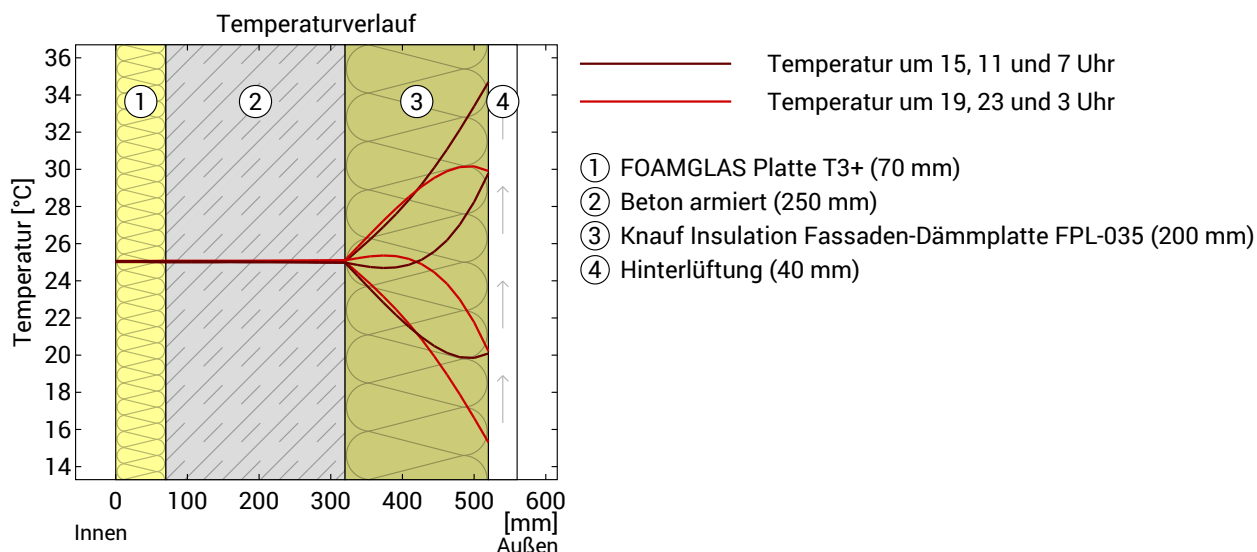
Hinweise

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.

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*	nicht relevant	Wärmespeicherfähigkeit (gesamtes Bauteil):	525 kJ/m ² K
Amplitudendämpfung**	>100	Wärmespeicherfähigkeit der inneren Schichten:	337 kJ/m ² K
TAV***	0,004		

* 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.

Hinweise

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.