

KIGA-Future - House

Außenwand
erstellt am 17.3.2022

Wärmeschutz

$U = 0,12 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

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



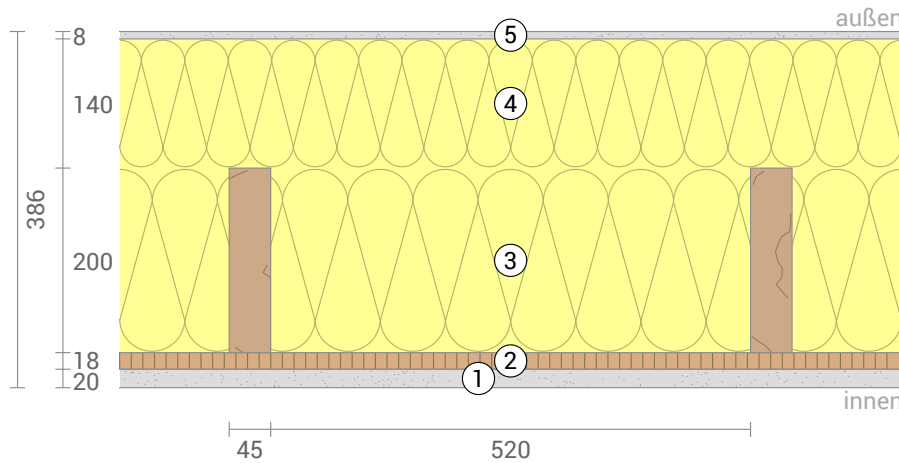
Feuchteschutz

Trocknungsreserve: $2876 \text{ g/m}^2\text{a}$
Kein Tauwasser



Hitzeschutz

Temperaturamplitudendämpfung: >100
Phasenverschiebung: nicht relevant
Wärmekapazität innen: $78 \text{ kJ/m}^2\text{K}$

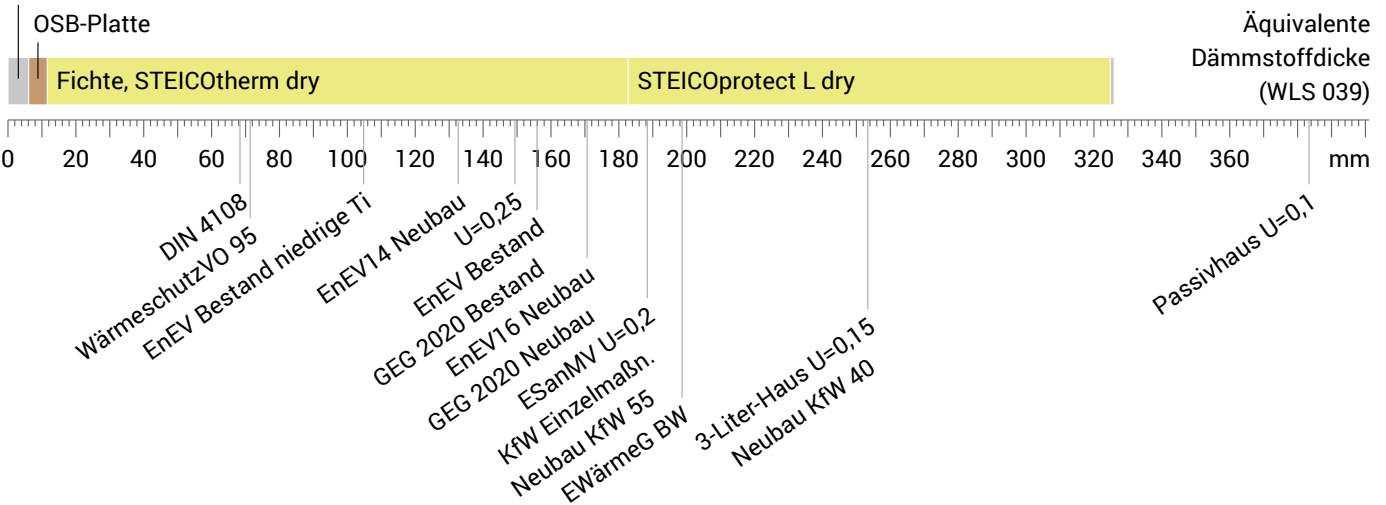


- ① Claytec Lehmbauplatte (20 mm)
- ② OSB-Platte (18 mm)
- ③ STEICOtherm dry (200 mm)
- ④ STEICOprotect L dry (140 mm)
- ⑤ SM 700 Klebe- und Armiermörtel (8 mm)

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 $0,039 \text{ W/mK}$.

Claytec Lehmbauplatte



Raumluft:	20,0°C / 50%	sd-Wert:	2,1 m	Dicke:	38,6 cm
Außenluft:	-5,0°C / 80%	Trocknungsreserve:	2876 g/m ² a	Gewicht:	80 kg/m ²
Oberflächentemp.:	19,0°C / -4,9°C			Wärmekapazität:	131 kJ/m ² K

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

*Vergleich des U-Werts mit den Höchstwerten aus GEG 2020 Anlage 7 (GEG 2020 Bestand); den techn. Mindestanforderungen für BEG Einzelmaßnahmen; 80% des U-Werts der Referenzausführung aus GEG 2020 Anlage 1 (GEG20 Neubau); den R-Werten aus DIN 4108-2 Tabelle 3

KIGA-Future - House, $U=0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

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	Claytec Lehm- bauplatte	2,00	0,130	0,154
2	OSB-Platte	1,80	0,130	0,138
3	STEICOtherm dry	20,00	0,039	5,128
	Fichte (8,0%)	20,00	0,130	1,538
4	STEICOprotect L dry	14,00	0,039	3,590
5	SM 700 Klebe- und Armiermörtel	0,80	0,540	0,015
	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

Oberer Grenzwert des Wärmedurchgangswiderstandes $R_{\text{tot,upper}} = 8,749 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$.

Unterer Grenzwert des Wärmedurchgangswiderstandes $R_{\text{tot,lower}} = 8,391 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$.

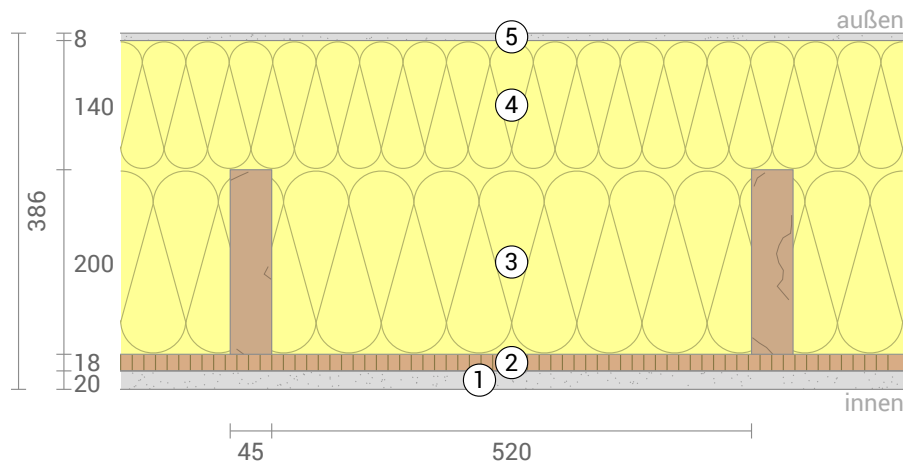
Prüfe Anwendbarkeit: $R_{\text{tot,upper}} / R_{\text{tot,lower}} = 1,043$ (maximal erlaubt: 1,5)

Das Verfahren darf angewendet werden.

Wärmedurchgangswiderstand $R_{\text{tot}} = (R_{\text{tot,upper}} + R_{\text{tot,lower}})/2 = 8,570 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$

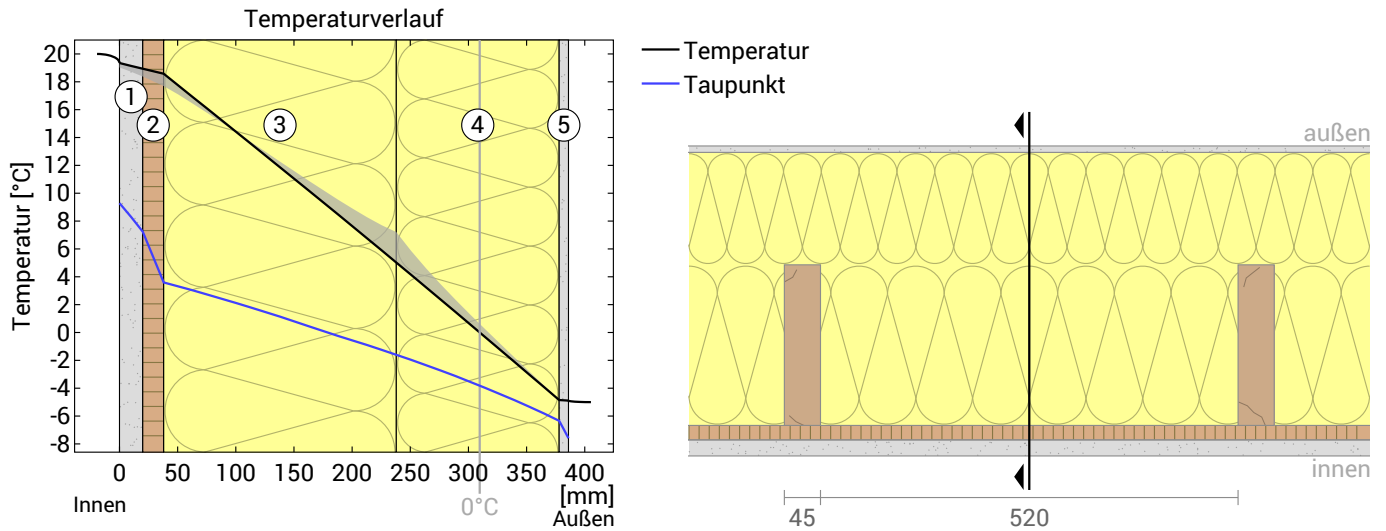
Abschätzung des maximalen relativen Fehlers nach Absatz 6.7.2.5: 2,1%

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1/R_{\text{tot}} = 0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$



KIGA-Future - House, $U=0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Temperaturverlauf



- ① Claytec Lehm- bauplatte (20 mm) ③ STEICOtherm dry (200 mm) ⑤ SM 700 Klebe- und Armiermörtel (8 mm)
 ② OSB-Platte (18 mm) ④ STEICOprotect L dry (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	19,0	20,0	
1	2 cm Claytec Lehm- bauplatte	0,130	0,154	18,4	19,3	14,0
2	1,8 cm OSB-Platte	0,130	0,138	17,7	18,9	11,7
3	20 cm STEICOtherm dry	0,039	5,128	5,0	18,6	20,2
	20 cm Fichte (8,0%)	0,130	1,538	7,2	17,9	7,2
4	14 cm STEICOprotect L dry	0,039	3,590	-4,8	7,2	15,4
5	0,8 cm SM 700 Klebe- und Armiermörtel	0,540	0,015	-4,9	-4,8	11,2
	Wärmeübergangswiderstand*		0,040	-5,0	-4,9	
	38,6 cm Gesamtes Bauteil		8,514			79,7

*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 19,3°C 19,3°C
 Oberflächentemperatur außen (min / mittel / max): -4,9°C -4,9°C -4,9°C

KIGA-Future - House, $U=0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

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.

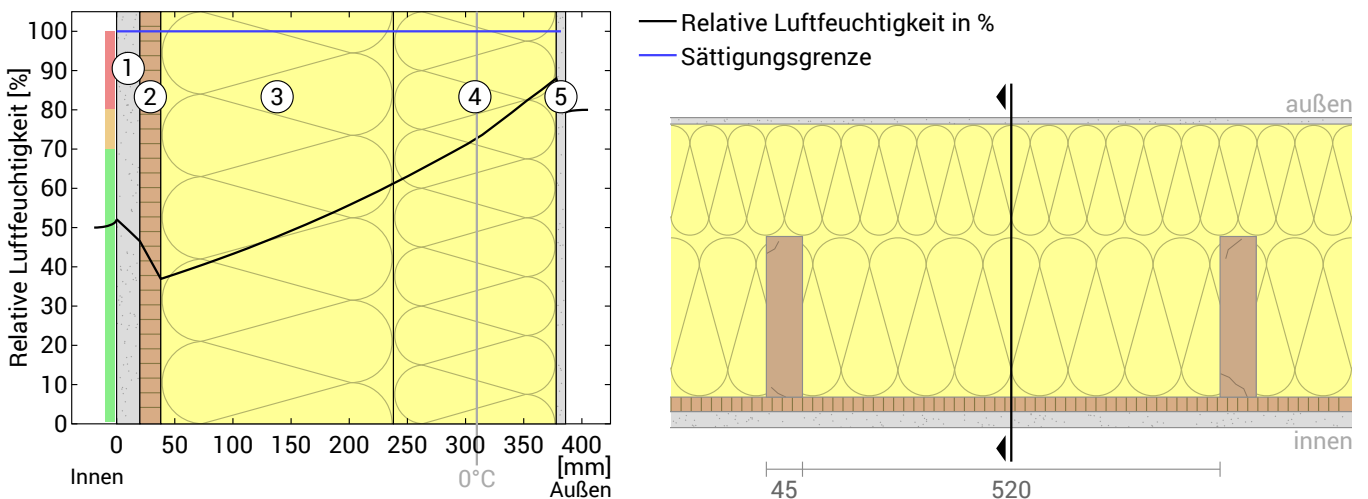
Trocknungsreserve gemäß DIN 4108-3:2014: $2876 \text{ g}/(\text{m}^2\text{a})$
 Von der DIN 68800-2 mindestens gefordert: $100 \text{ g}/(\text{m}^2\text{a})$

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser		Gewicht
			[kg/m ²]	[Gew.-%]	[kg/m ²]
1	2 cm Claytec Lehmbauplatte	0,36	-		14,0
2	1,8 cm OSB-Platte	0,54	-	-	11,7
3	20 cm STEICOtherm dry	0,60	-		20,2
	20 cm Fichte (8,0%)	4,00	-	-	7,2
4	14 cm STEICOprotect L dry	0,42	-		15,4
5	0,8 cm SM 700 Klebe- und Armiermörtel	0,09	-		11,2
	38,6 cm Gesamtes Bauteil	2,10			79,7

Luftfeuchtigkeit

Die Oberflächentemperatur auf der Raumseite beträgt $19,0^\circ\text{C}$ 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.



- ① Claytec Lehmbauplatte (20 mm) ③ STEICOtherm dry (200 mm) ⑤ SM 700 Klebe- und Armiermörtel (8 mm)
 ② OSB-Platte (18 mm) ④ STEICOprotect L dry (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.

KIGA-Future - House, $U=0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Feuchteschutz nach DIN 4108-3:2014 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			19,33	2242	0
1	2 cm Claytec Lehmbauplatte	0,130	0,154	0,36	700	18,92	2185	0,36
2	1,8 cm OSB-Platte	0,130	0,138	0,54	650	18,54	2135	0,9
3	20 cm STEICOtherm dry	0,039	5,128	0,6	110	4,78	859	1,5
4	14 cm STEICOprotect L dry	0,039	3,590	0,42	110	-4,85	406	1,92
5	0,8 cm SM 700 Klebe- und Armiermörtel	0,540	0,015	0,09	1400	-4,89	405	2,01
Wärmeübergangswiderstand			0,040					

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

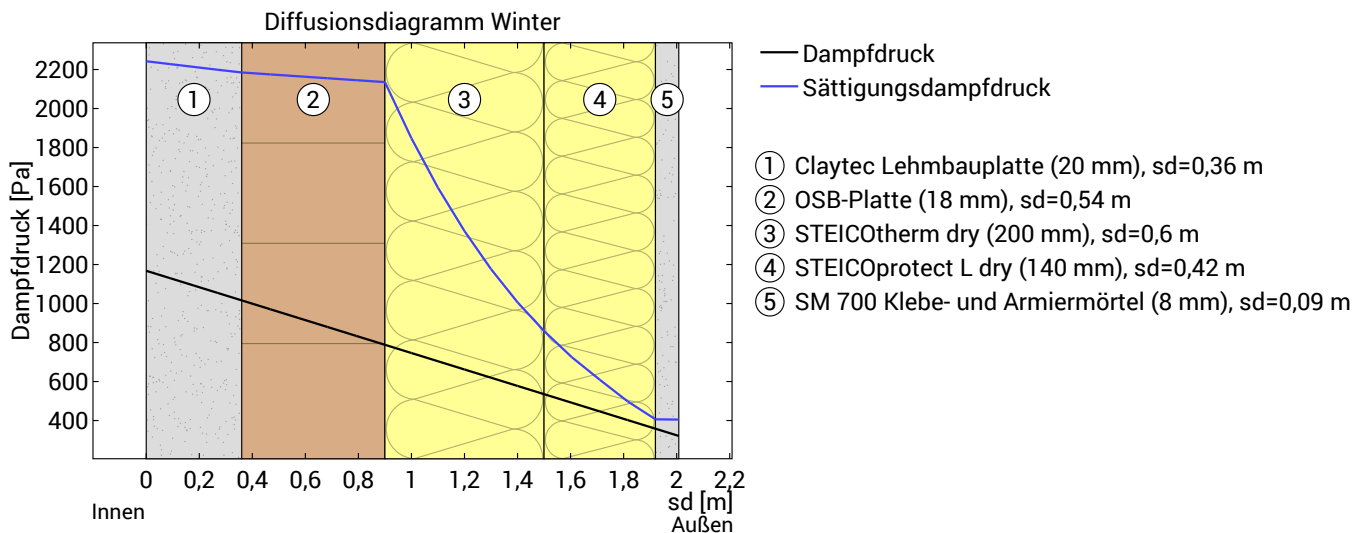
Luftfeuchte an der Bauteiloberfläche

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	$\delta_0 = 2.0\text{E-}10 \text{ kg}/(\text{m}^*\text{s}*\text{Pa})$
sd-Wert (gesamtes Bauteil)	$s_{de} = 2,01 \text{ m}$



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:

 $s_d=1,50 \text{ m}$; $x=23,8 \text{ cm}$; $p_s=859 \text{ pa}$:

Schichtgrenze zwischen STEICOtherm dry und STEICOprotect L dry

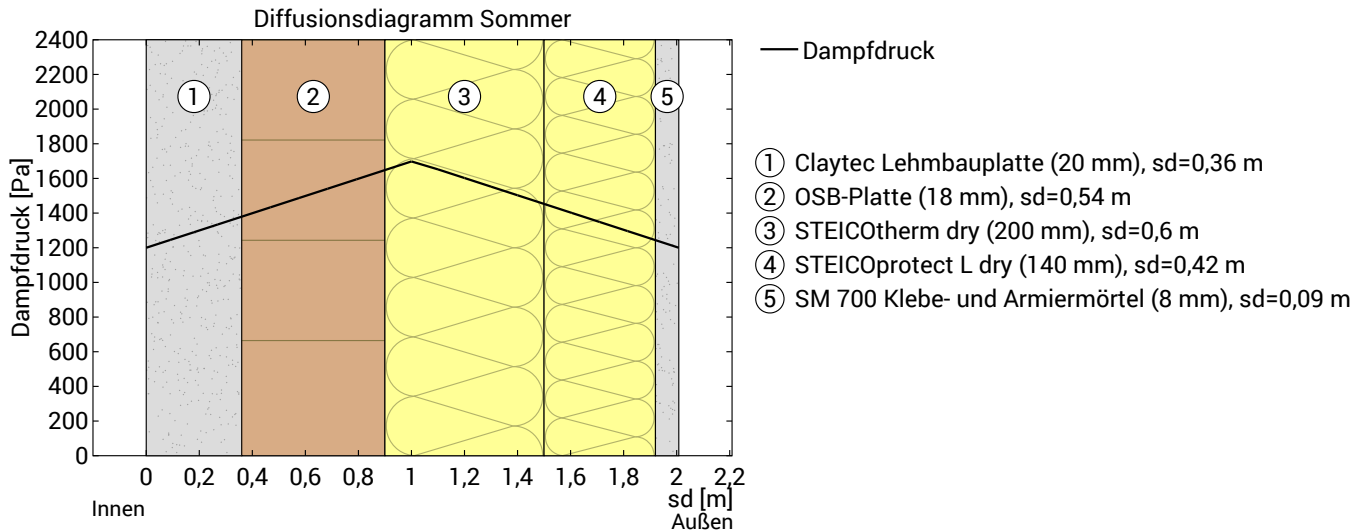
$$M_{ev, \text{Tauperiode}} = t_c * \delta_0 * ((p_s - p_i) / s_{d_{ev}} + (p_s - p_e) / (s_{d_e} - s_{d_{ev}})) = 1,327 \text{ kg/m}^2$$

KIGA-Future - House, U=0,12 W/(m²K)

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 mit der geringsten Verdunstungsmasse innerhalb des Holz enthaltenden Bereichs:

bei $s_d=1,00 \text{ m}$, innerhalb Schicht STEICOtherm dry:

Verdunstungsmenge: $M_{ev} = \delta_0 \cdot t_{ev} \cdot \left[\frac{(p_s - p_i)}{s_d} + \frac{(p_s - p_e)}{(s_{de} - s_d)} \right] = 1,55 \text{ kg/m}^2$

Bewertung gemäß DIN 4108-3

Das Bauteil ist diffusionstechnisch zulässig.

Trocknungsreserve (DIN 68800-2)

Tauwasserfreies Bauteil: Das Verdunstungspotential der Tauperiode wird ebenfalls berücksichtigt.

Trocknungsreserve: $M_r = (M_{ev} + M_{ev, \text{Tauperiode}}) \cdot 1000 = 2876 \text{ g/m}^2/\text{a}$

Mindestens gefordert bei Wänden und Decken: $100 \text{ g/m}^2/\text{a}$



Hinweise

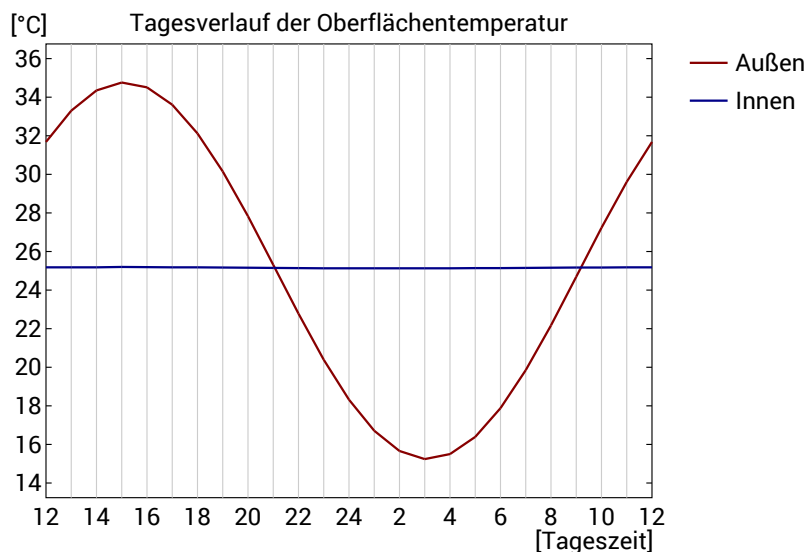
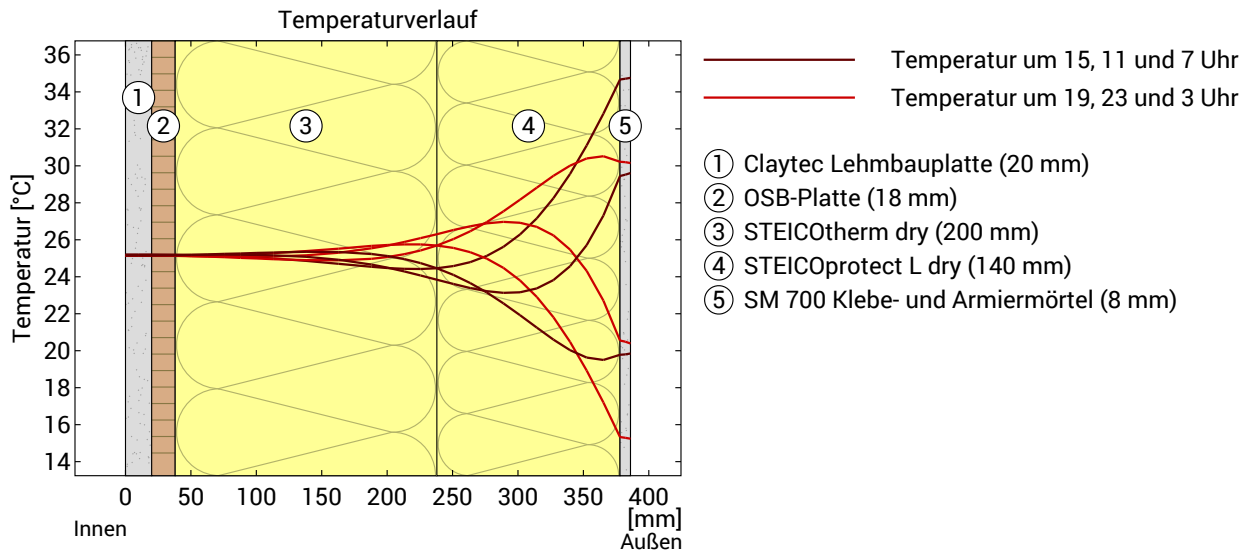
Bei inhomogenen Konstruktionen, wie Skelett-, Ständer- oder Rahmenbauweisen sowie bei Holzbalken-, Sparren- oder Fachwerk-Konstruktionen o.ä. sind die eindimensionalen Diffusionsberechnungen nur für den Gefachbereich nachzuweisen. Ausnahmefälle sind Sonderkonstruktionen, bei denen z.B. die diffusionshemmende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

KIGA-Future - House, $U=0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Hitzeschutz

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



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

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

Phasenverschiebung*	nicht relevant	Wärmespeicherfähigkeit (gesamtes Bauteil):	131 kJ/m ² K
Amplitudendämpfung**	>100	Wärmespeicherfähigkeit der inneren Schichten:	78 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.