

Hinterlüftete Fassade ohne Dämmung

Außenwand
erstellt am 6.11.2023

Wärmeschutz

$U = 0,427 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

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

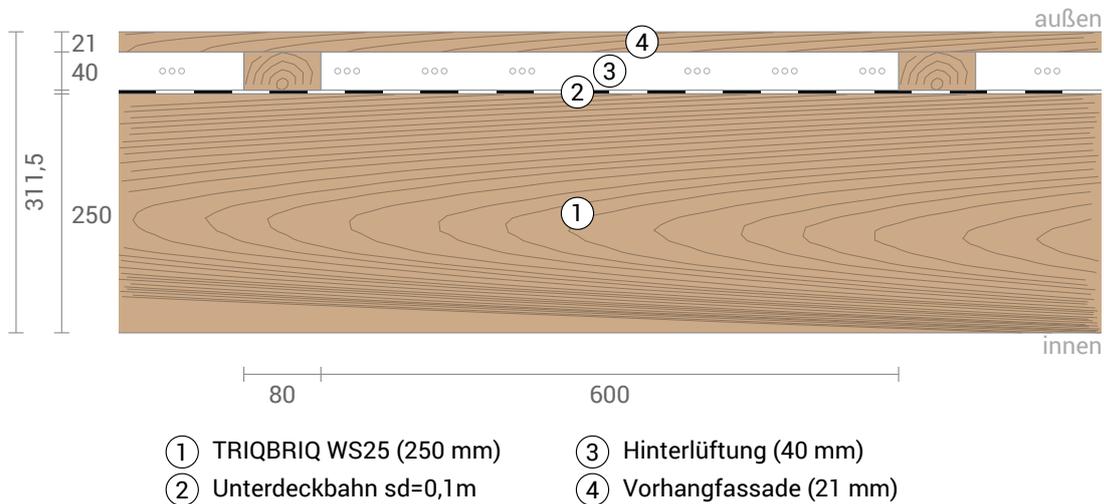
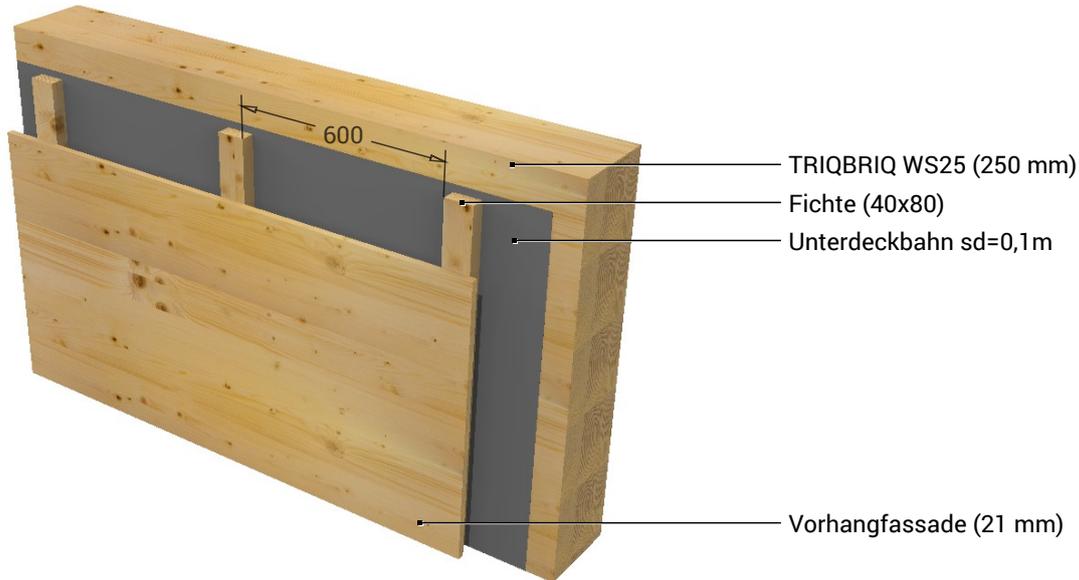


Feuchteschutz

Trocknungsreserve: $951 \text{ g}/\text{m}^2\text{a}$
Kein Tauwasser

Hitzeschutz

Temperaturamplitudendämpfung: 22
Phasenverschiebung: 14,0 h
Wärmekapazität innen: $88 \text{ kJ}/\text{m}^2\text{K}$



Raumluft:	20,0°C / 50%	sd-Wert:	5,1 m	Dicke:	31,2 cm
Außenluft:	-5,0°C / 80%	Trocknungsreserve:	$951 \text{ g}/\text{m}^2\text{a}$	Gewicht:	$124 \text{ kg}/\text{m}^2$
Oberflächentemp.:	17,4°C / -4,6°C	Wärmekapazität:	$180 \text{ kJ}/\text{m}^2\text{K}$		

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)			0,130
1	TRIQBRIQ WS25	25,00	0,120	2,083
2	Unterdeckbahn sd=0,1m	0,05	0,500	0,001
	Wärmeübergangswiderstand außen (Rse)			0,130

Die Wärmeübergangswiderstände wurden gemäß DIN 6946 Tabelle 7 gewählt.

Rsi: Wärmestromrichtung horizontal

Rse: Wärmestromrichtung horizontal, außen: Hinterlüftungsebene

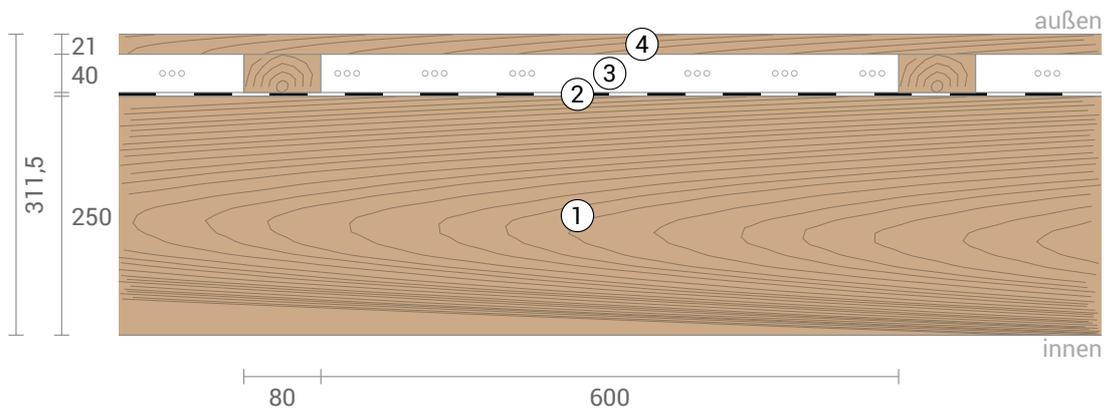
Oberer Grenzwert des Wärmedurchgangswiderstandes $R_{\text{tot,upper}} = 2,344 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$.

Unterer Grenzwert des Wärmedurchgangswiderstandes $R_{\text{tot,lower}} = 2,344 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$.

Prüfe Anwendbarkeit: $R_{\text{tot,upper}} / R_{\text{tot,lower}} = 1,000$ (maximal erlaubt: 1,5)

Wärmedurchgangswiderstand $R_{\text{tot}} = 2,344 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1/R_{\text{tot}} = 0,43 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$



Ökobilanz

Wärmeverlust: $33 \text{ kWh}/\text{m}^2$ pro Heizperiode



Wärmemenge, die durch einen Quadratmeter dieses Bauteils während der Heizperiode entweicht. Bitte beachten: Wegen interner und solarer Gewinne ist der Heizwärmebedarf geringer als der Wärmeverlust.

Primärenergie (nicht erneuerbar): $103 \text{ kWh}/\text{m}^2$



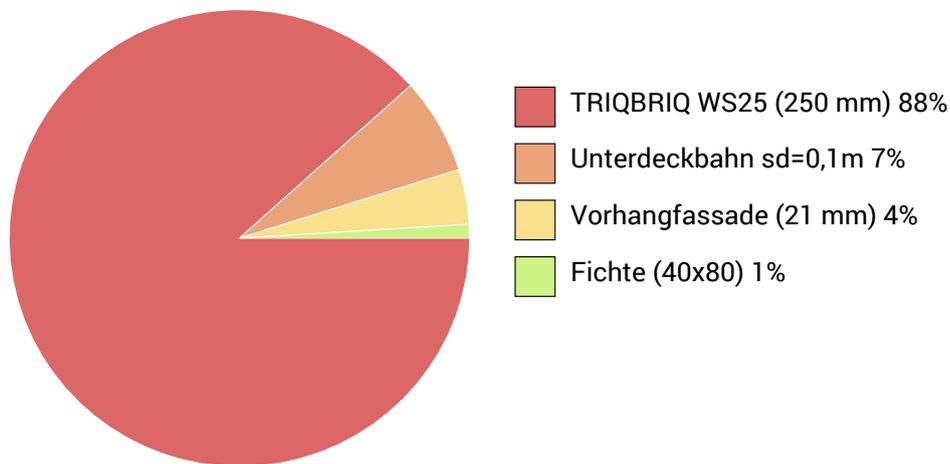
Nicht erneuerbare Primärenergie (=Energie aus fossilen Brennstoffen und Kernenergie) die zur Produktion der verwendeten Baustoffe aufgewendet wurde ("cradle to gate").

Treibhauspotential: $-145 \text{ kg CO}_2 \text{ Äqv.}/\text{m}^2$

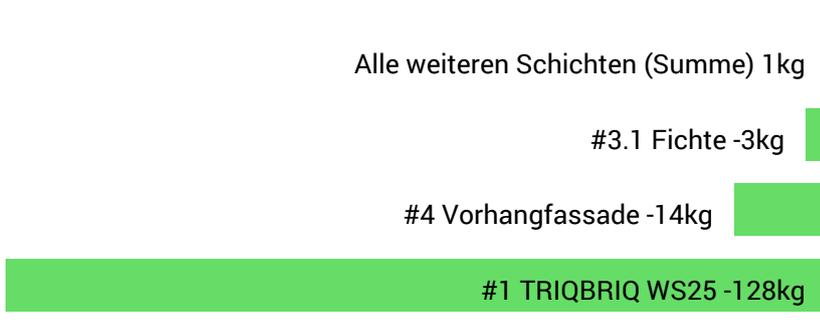


Sehr gut: Für die Produktion der verwendeten Baustoffe wurden der Atmosphäre insgesamt mehr Treibhausgase entzogen als zugeführt.

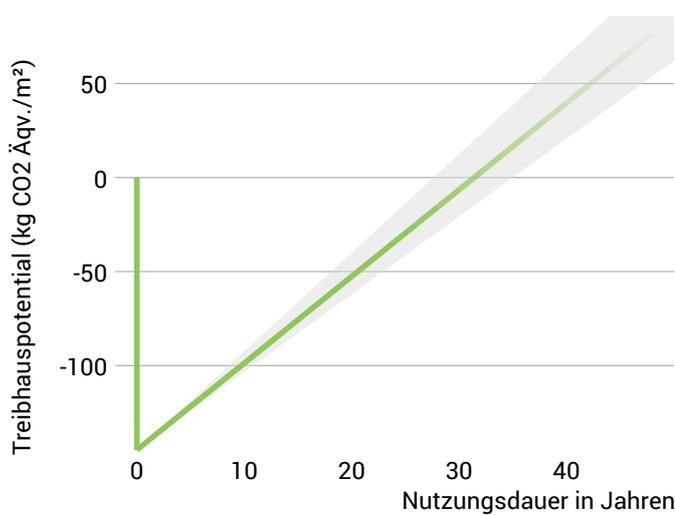
Zusammensetzung des nicht erneuerbaren Primärenergieaufwands der Herstellung:



Zusammensetzung des Treibhauspotentials der Herstellung:



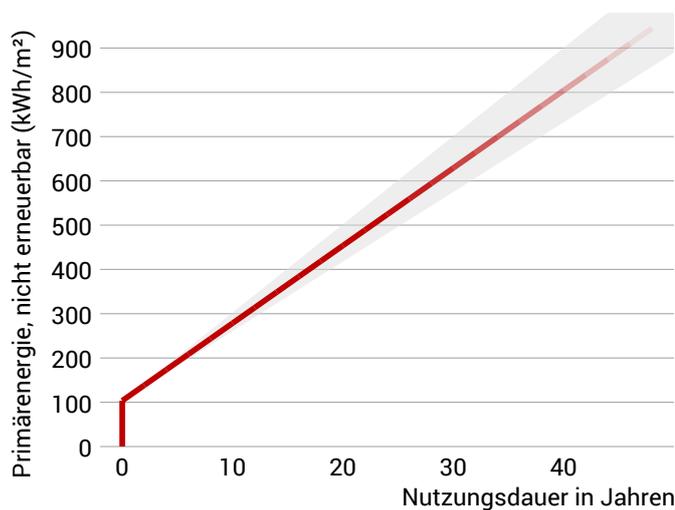
Treibhauspotential und Primärenergie für Bau und Nutzung



Die **Abbildung links** zeigt im senkrechten Teil der Kurve das Treibhauspotential der Herstellung des Bauteils. Die während der Nutzung des Gebäudes entstehenden Treibhausgasemissionen (durch die Beheizung) sind durch die schräg nach oben verlaufende Kurve dargestellt.

Die **Abbildung links unten** zeigt im senkrechten Teil der Kurve den nicht erneuerbaren Primärenergieaufwand für die Herstellung des Bauteils. Die während der Nutzung des Gebäudes benötigte Primärenergie (durch die Beheizung) ist durch die schräg nach oben verlaufende Kurve dargestellt.

Je länger das Bauteil unverändert genutzt wird, umso umweltfreundlicher ist es, weil der Herstellungsaufwand weniger zu den Gesamtemissionen beiträgt (angedeutet durch die Farbe der Kurve).



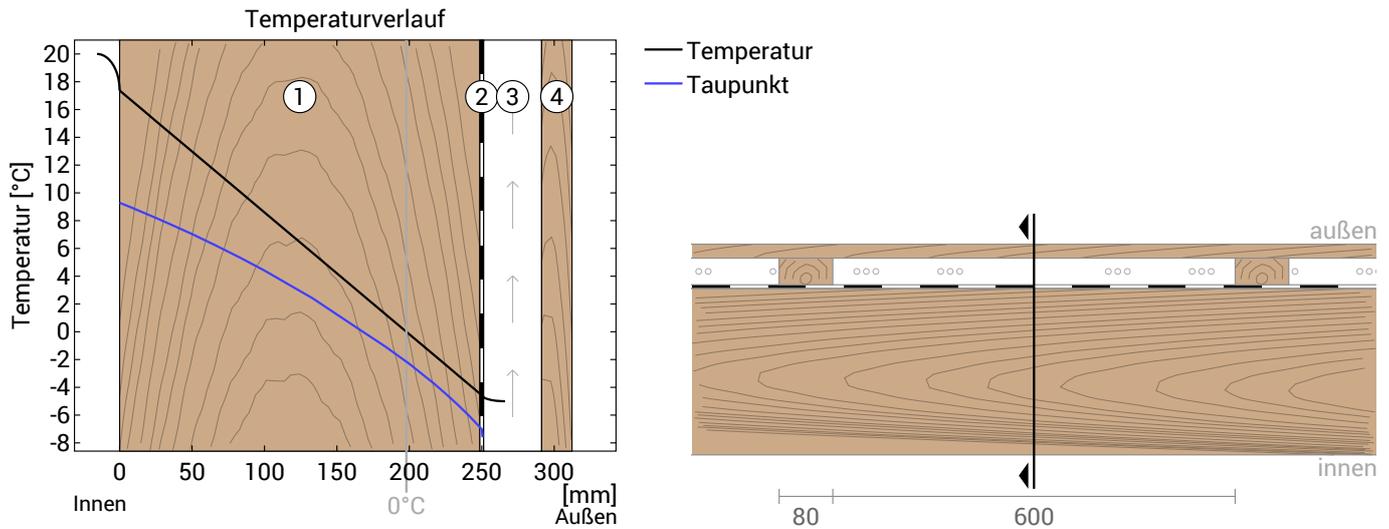
Wegen unbekannter solarer und interner Gewinne kann der Heizwärmebedarf nur geschätzt werden. Dementsprechend sind Primärenergieaufwand und Treibhauspotential während der Nutzungsphase nur ungenau bekannt. Für die Abschätzung wurde angenommen, dass solare und interne Gewinne mit $4 \text{ kWh}/\text{a}/\text{m}^2$ Bauteilfläche beitragen. Die hellgrauen Fläche kennzeichnen den Bereich, in dem die Kurve mit großer Sicherheit liegt. Für die Wärmeerzeugung wurde ein Primärenergieaufwand von $0,60 \text{ kWh}$ pro kWh Wärme und ein Treibhauspotential von $0,16 \text{ kg CO}_2 \text{ Äqv}/\text{m}^2$ pro kWh Wärme angesetzt. Wärmequelle: Wärmepumpe (Luft).

Hinweise

Berechnet für den Standort DIN V 18599, Heizperiode von Mitte Oktober bis Ende April. Die Berechnung basiert auf monatlichen Temperatur-Mittelwerten. Quelle: DIN V 18599-10:2007-02

Die dieser Berechnung zugrunde liegenden Klima- und Energiedaten können zum Teil starke Schwankungen aufweisen und im Einzelfall erheblich vom tatsächlichen Wert abweichen.

Temperaturverlauf



- ① TRIQBRIQ WS25 (250 mm)
- ② Unterdeckbahn $sd=0,1\text{m}$
- ③ Hinterlüftung (40 mm)
- ④ Vorhangfassade (21 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	17,4	20,0	
1	25 cm TRIQBRIQ WS25	0,120	2,083	-4,6	17,4	112,5
2	0,05 cm Unterdeckbahn $sd=0,1\text{m}$	0,500	0,001	-4,6	-4,6	0,4
	Wärmeübergangswiderstand*		0,040	-5,0	-4,6	
3	4 cm Hinterlüftung (Außenluft)			-5,0	-5,0	0,0
4	2,1 cm Vorhangfassade			-5,0	-5,0	9,5
	31,15 cm Gesamtes Bauteil		2,344			124,4

*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): 17,4°C 17,4°C 17,4°C
 Oberflächentemperatur außen (min / mittel / max): -4,6°C -4,6°C -4,6°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.

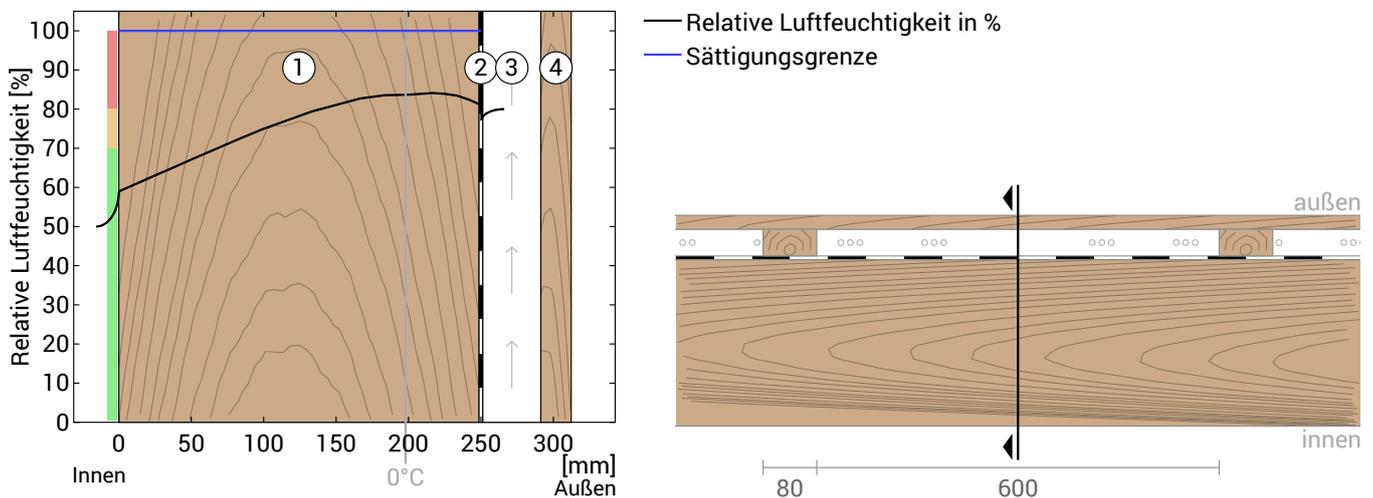
Trocknungsreserve gemäß DIN 4108-3:2018: $951 \text{ g}/(\text{m}^2\text{a})$
 Von der DIN 68800-2 mindestens gefordert: $100 \text{ g}/(\text{m}^2\text{a})$

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser		Gewicht [kg/m ²]
			[kg/m ²]	[Gew.-%]	
1	25 cm TRIQBRIQ WS25	5,00	-	-	112,5
2	0,05 cm Unterdeckbahn $sd=0,1\text{m}$	0,10	-	-	0,4
	31,15 cm Gesamtes Bauteil	5,10	0		124,4

Luftfeuchtigkeit

Die Oberflächentemperatur auf der Raumseite beträgt $17,4^\circ\text{C}$ was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 59% führt. Unter diesen Bedingungen sollte nicht mit Schimmelbildung zu rechnen sein.

Das folgende Diagramm zeigt die relative Luftfeuchtigkeit innerhalb des Bauteils.



- ① TRIQBRIQ WS25 (250 mm)
- ② Unterdeckbahn $sd=0,1\text{m}$
- ③ Hinterlüftung (40 mm)
- ④ Vorhangfassade (21 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]	Σ sd [m]
Wärmeübergangswiderstand			0,250					
1	25 cm TRIQBRIQ WS25	0,120	2,083	5	450	17,37	1983	0
2	0,05 cm Unterdeckbahn sd=0,1m	0,500	0,001	0,1	700	-4,57	417	5
Wärmeübergangswiderstand			0,040			-4,58	416	5,1

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

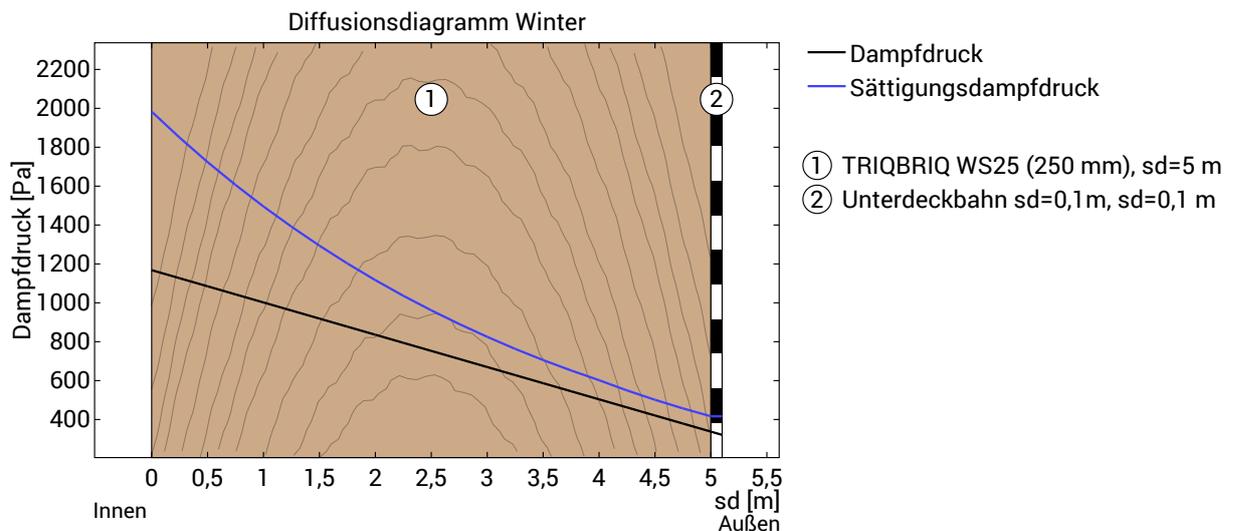
Luftfeuchte an der Bauteiloberfläche

Die relative Luftfeuchtigkeit auf der raumseitigen Bauteiloberfläche beträgt 59%. 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)	$s_{de} = 5,10 \text{ m}$



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:

$s_d=3,75 \text{ m}$; $p_s=652 \text{ Pa}$, innerhalb Schicht TRIQBRIQ WS25:

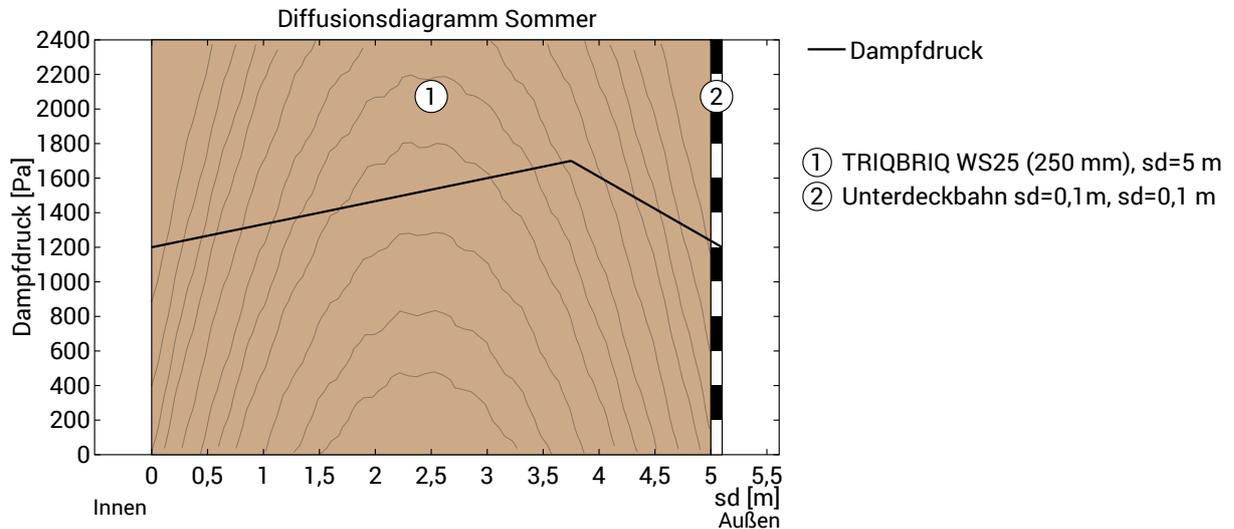
$$m_{ev, \text{Tauperiode}} = t_c \cdot \delta_0 \cdot ((p_s - p_i) / s_{d_{ev}} + (p_s - p_e) / (s_{d_e} - s_{d_{ev}})) = \mathbf{0,168 \text{ kg/m}^2}$$

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 $s_d=3,75 \text{ m}$, innerhalb Schicht TRIQBRIQ WS25:

Verdunstungsmenge: $M_{ev} = \delta_0 \cdot t_{ev} \cdot \left[\frac{(p_s - p_i)}{s_d} + \frac{(p_s - p_e)}{(s_{de} - s_d)} \right] = 0,78 \text{ kg}/\text{m}^2$



Trocknungsreserve (DIN 68800-2)

Tauwasserfreies Bauteil: Das Verdunstungspotential der Tauperiode wird ebenfalls berücksichtigt.

Trocknungsreserve: $M_r = (M_{ev} + M_{ev, \text{Tauperiode}}) \cdot 1000 = 951 \text{ g}/\text{m}^2/\text{a}$

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



Bewertung gemäß DIN 4108-3

Das Bauteil ist diffusionstechnisch zulässig.

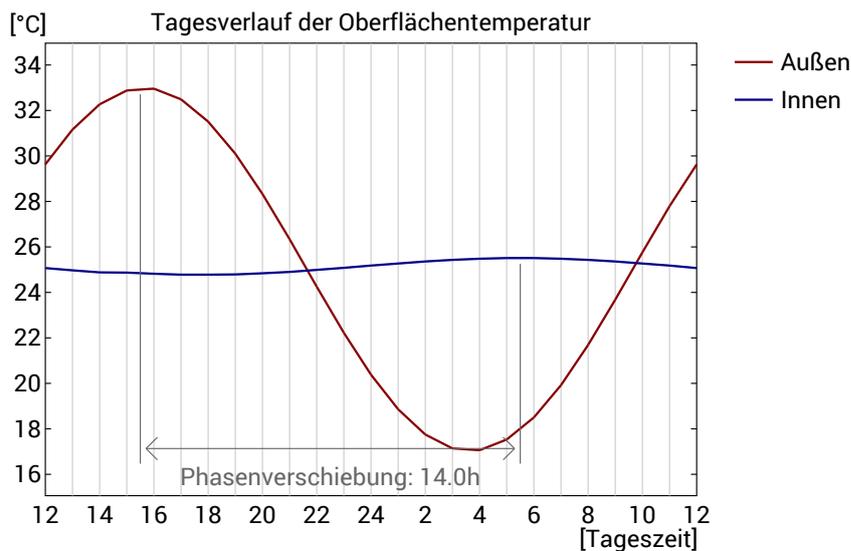
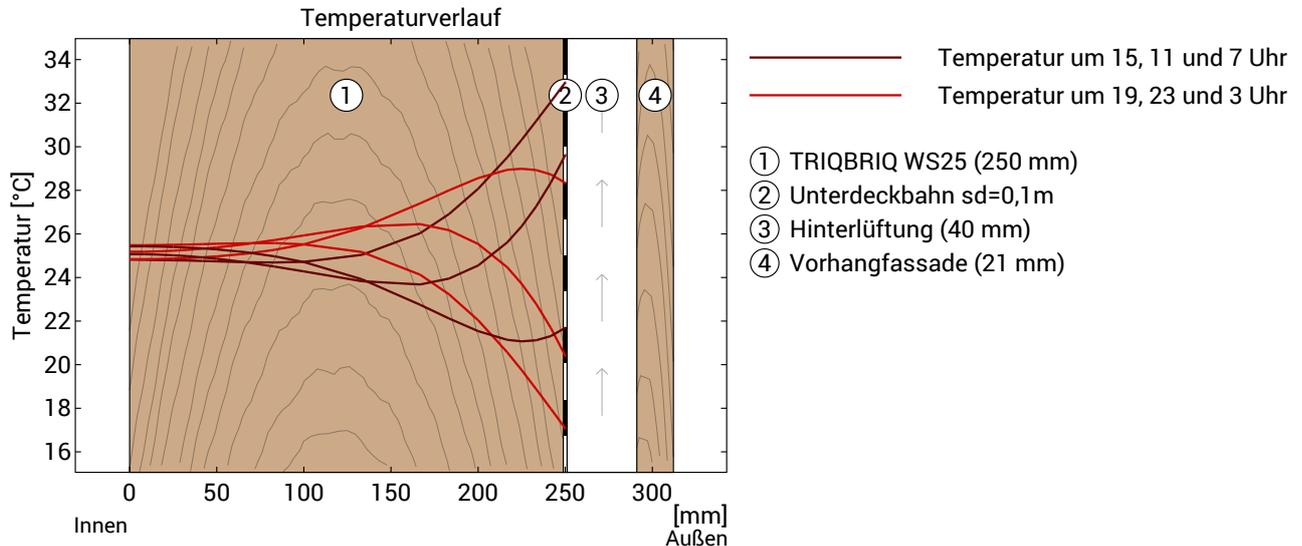
Hinweise

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

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

Hitzeschutz

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



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

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

Phasenverschiebung*	14,0 h	Wärmespeicherkapazität (gesamtes Bauteil):	180 kJ/m ² K
Amplitudendämpfung**	21,6	Wärmespeicherkapazität der inneren Schichten:	88 kJ/m ² K
TAV***	0,046		

* 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.

Wärmeschutz

$U = 0,155 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

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



Feuchteschutz

Trocknungsreserve: $1033 \text{ g}/\text{m}^2\text{a}$

Trocknet 1 Tage

Tauwasser: $1,8 \text{ g}/\text{m}^2$

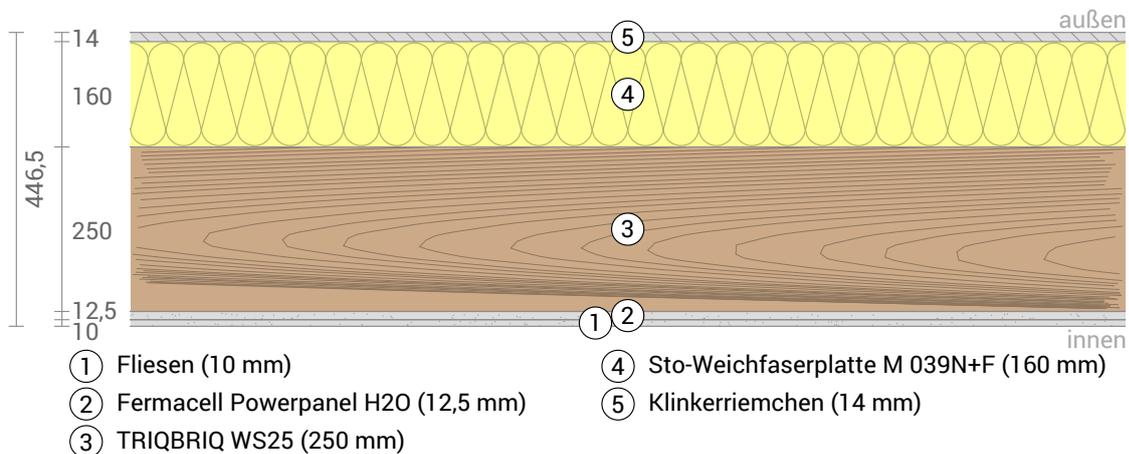
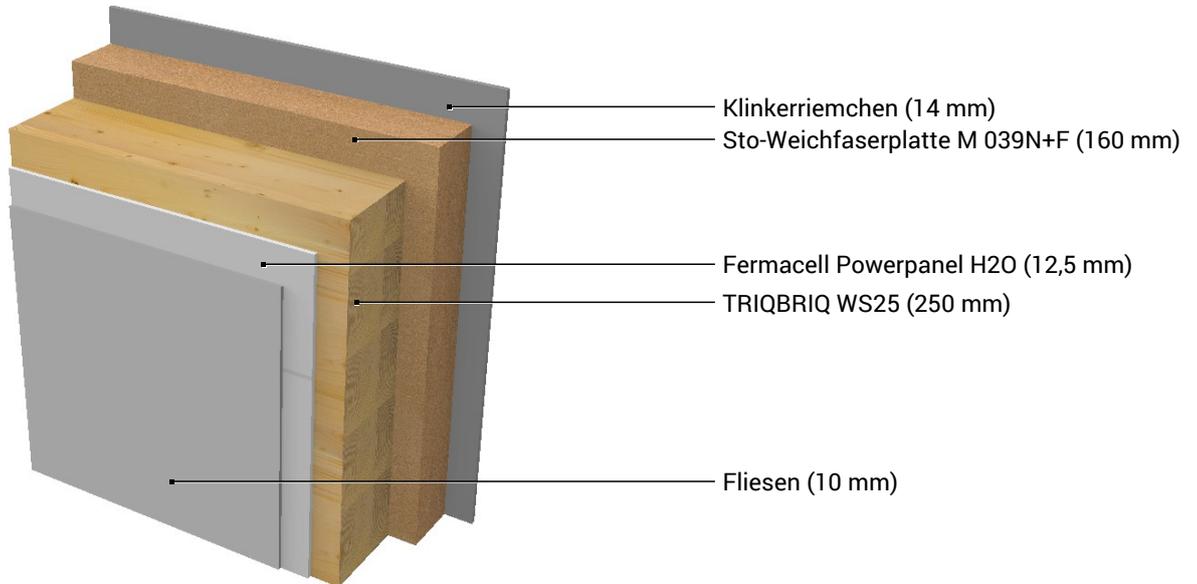


Hitzeschutz

Temperaturamplitudendämpfung: >100

Phasenverschiebung: nicht relevant

Wärmekapazität innen: $195 \text{ kJ}/\text{m}^2\text{K}$



Raumluft:	20,0°C / 50%	sd-Wert:	8,0 m	Dicke:	44,6 cm
Außenluft:	-5,0°C / 80%	Trocknungsreserve:	$1033 \text{ g}/\text{m}^2\text{a}$	Gewicht:	$201 \text{ kg}/\text{m}^2$
Oberflächentemp.:	19,0°C / -4,8°C	Wärmekapazität:	$294 \text{ kJ}/\text{m}^2\text{K}$		

- 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)			0,130
1	Fliesen	1,00	1,050	0,010
2	Fermacell Powerpanel H2O	1,25	0,250	0,050
3	TRIQBRIQ WS25	25,00	0,120	2,083
4	Sto-Weichfaserplatte M 039N+F	16,00	0,039	4,103
5	Klinkerriemchen	1,40	0,810	0,017
	Wärmeübergangswiderstand außen (Rse)			0,040

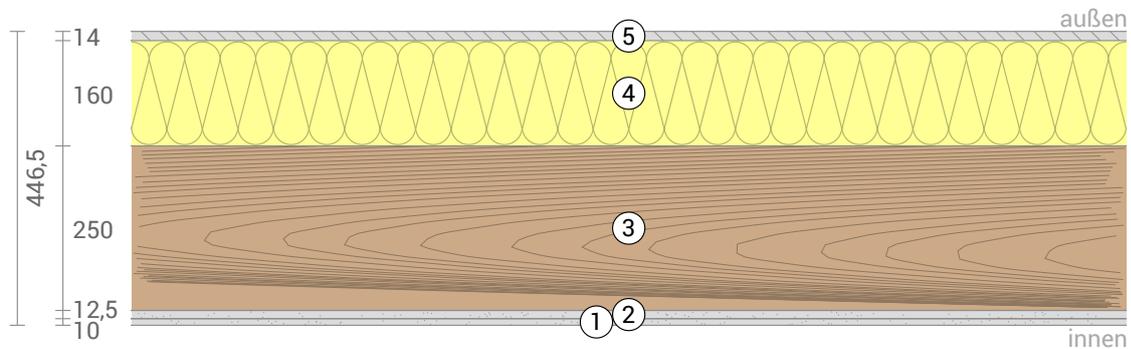
Die Wärmeübergangswiderstände wurden gemäß DIN 6946 Tabelle 7 gewählt.

Rsi: Wärmestromrichtung horizontal

Rse: Wärmestromrichtung horizontal, außen: Direkter Übergang zur Außenluft

Wärmedurchgangswiderstand $R_{\text{tot}} = 6,433 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1/R_{\text{tot}} = 0,16 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$



Ökobilanz

Wärmeverlust: 12 kWh/m² pro Heizperiode



Wärmemenge, die durch einen Quadratmeter dieses Bauteils während der Heizperiode entweicht. Bitte beachten: Wegen interner und solarer Gewinne ist der Heizwärmebedarf geringer als der Wärmeverlust.

Primärenergie (nicht erneuerbar): >190 kWh/m²



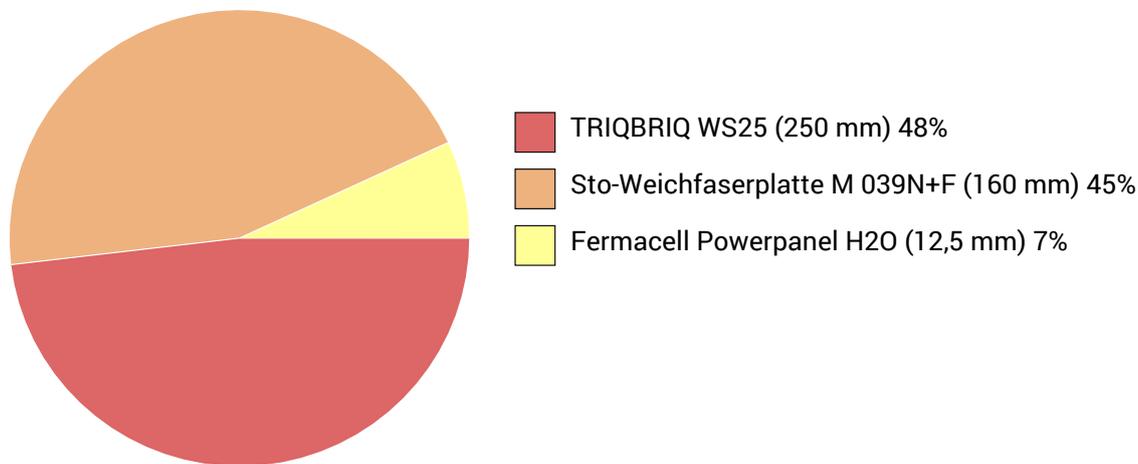
Nicht erneuerbare Primärenergie (=Energie aus fossilen Brennstoffen und Kernenergie) die zur Produktion der verwendeten Baustoffe aufgewendet wurde ("cradle to gate").

Treibhauspotential: -149 (?) kg CO2 Äqv./m²

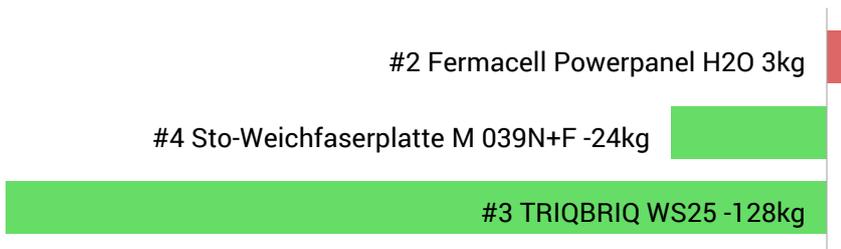


Sehr gut: Für die Produktion der verwendeten Baustoffe wurden der Atmosphäre insgesamt mehr Treibhausgase entzogen als zugeführt.

Zusammensetzung des nicht erneuerbaren Primärenergieaufwands der Herstellung:

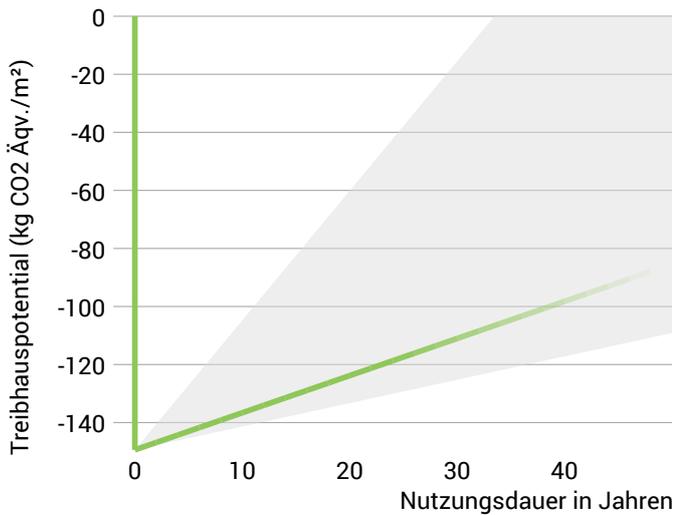


Zusammensetzung des Treibhauspotentials der Herstellung:



Achtung: Mindestens eine Schicht konnte nicht berücksichtigt werden, weil deren Primärenergieinhalt und/oder Treibhauspotential unbekannt ist.

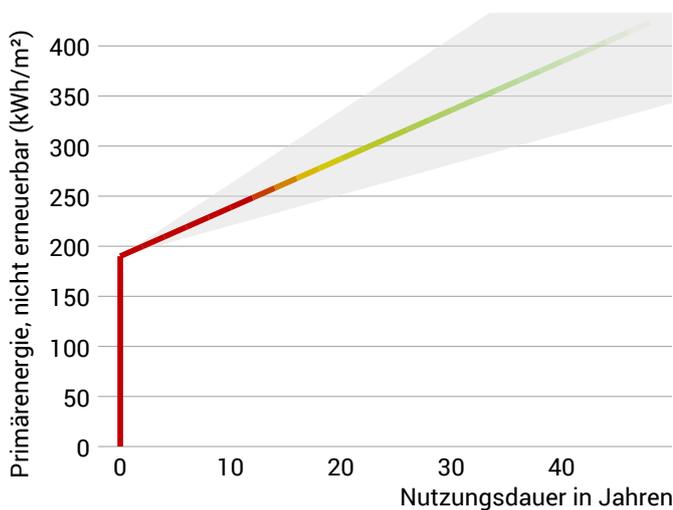
Treibhauspotential und Primärenergie für Bau und Nutzung



Die **Abbildung links** zeigt im senkrechten Teil der Kurve das Treibhauspotential der Herstellung des Bauteils. Die während der Nutzung des Gebäudes entstehenden Treibhausgasemissionen (durch die Beheizung) sind durch die schräg nach oben verlaufende Kurve dargestellt.

Die **Abbildung links unten** zeigt im senkrechten Teil der Kurve den nicht erneuerbaren Primärenergieaufwand für die Herstellung des Bauteils. Die während der Nutzung des Gebäudes benötigte Primärenergie (durch die Beheizung) ist durch die schräg nach oben verlaufende Kurve dargestellt.

Je länger das Bauteil unverändert genutzt wird, umso umweltfreundlicher ist es, weil der Herstellungsaufwand weniger zu den Gesamtemissionen beiträgt (angedeutet durch die Farbe der Kurve).



Wegen unbekannter solarer und interner Gewinne kann der Heizwärmebedarf nur geschätzt werden. Dementsprechend sind Primärenergieaufwand und Treibhauspotential während der Nutzungsphase nur ungenau bekannt. Für die Abschätzung wurde angenommen, dass solare und interne Gewinne mit $4 \text{ kWh}/\text{a}/\text{m}^2$ Bauteilfläche beitragen. Die hellgrauen Fläche kennzeichnen den Bereich, in dem die Kurve mit großer Sicherheit liegt. Für die Wärmeerzeugung wurde ein Primärenergieaufwand von $0,60 \text{ kWh}$ pro kWh Wärme und ein Treibhauspotential von $0,16 \text{ kg CO}_2 \text{ Äqv}/\text{m}^2$ pro kWh Wärme angesetzt. Wärmequelle: Wärmepumpe (Luft).

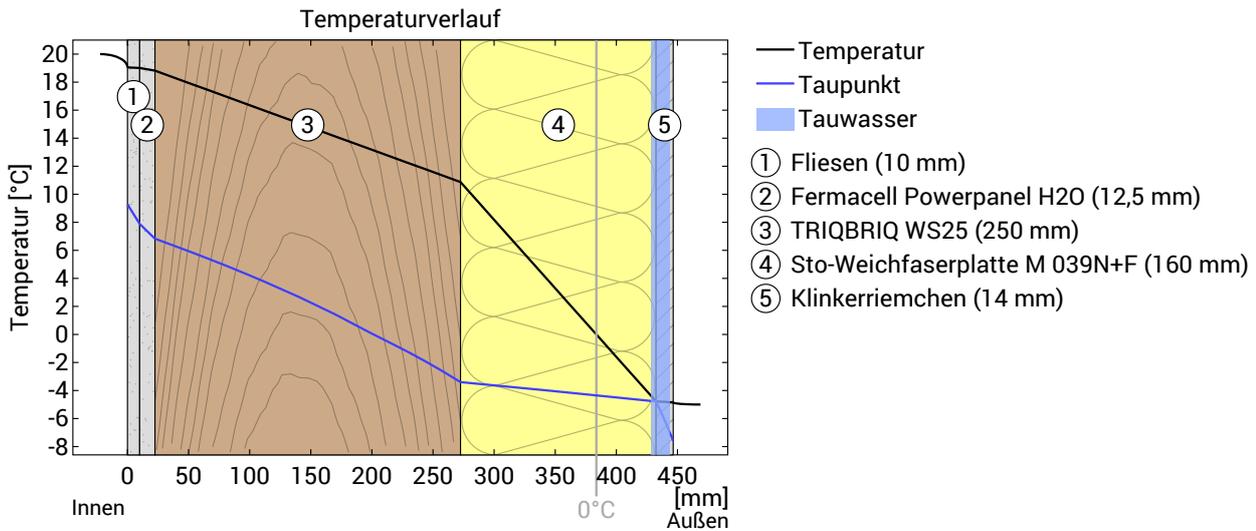
Hinweise

Achtung: Mindestens eine Schicht konnte nicht berücksichtigt werden, weil deren Primärenergieinhalt und/oder Treibhauspotential unbekannt ist.

Berechnet für den Standort DIN V 18599, Heizperiode von Mitte Oktober bis Ende April. Die Berechnung basiert auf monatlichen Temperatur-Mittelwerten. Quelle: DIN V 18599-10:2007-02

Die dieser Berechnung zugrunde liegenden Klima- und Energiedaten können zum Teil starke Schwankungen aufweisen und im Einzelfall erheblich vom tatsächlichen Wert abweichen.

Temperaturverlauf



Verlauf von Temperatur und Taupunkt innerhalb des Bauteils. Der Taupunkt kennzeichnet die Temperatur, bei der Wasserdampf kondensieren und Taufwasser entstehen würde. Solange die Temperatur des Bauteils an jeder Stelle über der Taupunkttemperatur liegt, entsteht kein Taufwasser. Falls sich die beiden Kurven berühren, fällt an den Berührungspunkten Taufwasser aus.

Schichten (von innen nach außen)

#	Material	λ [W/mK]	R [m²K/W]	Temperatur [°C]		Gewicht [kg/m²]
				min	max	
	Wärmeübergangswiderstand*		0,250	19,0	20,0	
1	1 cm Fliesen	1,050	0,010	19,0	19,0	20,0
2	1,25 cm Fermacell Powerpanel H2O	0,250	0,050	18,8	19,0	12,5
3	25 cm TRIQBRIQ WS25	0,120	2,083	10,9	18,8	112,5
4	16 cm Sto-Weichfaserplatte M 039N+F	0,039	4,103	-4,8	10,9	25,6
5	1,4 cm Klinkerriemchen	0,810	0,017	-4,8	-4,8	30,8
	Wärmeübergangswiderstand*		0,040	-5,0	-4,8	
44,65 cm Gesamtes Bauteil			6,433			201,4

*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): -4,8°C -4,8°C -4,8°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 0,0018 kg Tauwasser pro Quadratmeter an. Diese Menge trocknet im Sommer innerhalb von 1 Tagen ab (Verdunstungsperiode gemäß DIN 4108-3:2018-10).

Trocknungsreserve gemäß DIN 4108-3:2018: 1033 g/(m²a)
 Von der DIN 68800-2 mindestens gefordert: 100 g/(m²a)

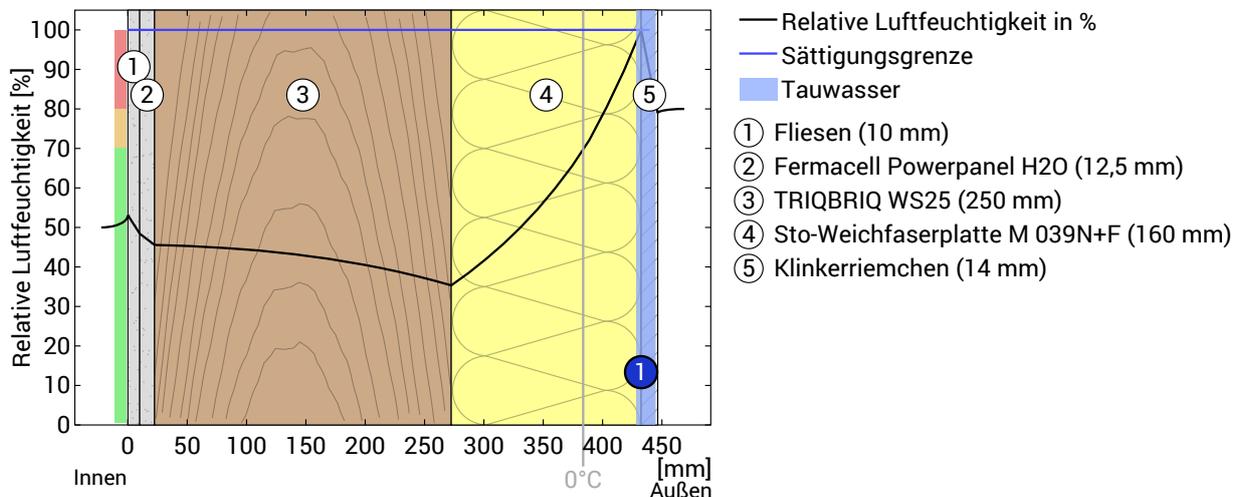
#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser		Gewicht [kg/m²]
			[kg/m²]	[Gew.-%]	
1	1 cm Fliesen	1,00	-		20,0
2	1,25 cm Fermacell Powerpanel H2O	0,70	-		12,5
3	25 cm TRIQBRIQ WS25	5,00	-	-	112,5
4	16 cm Sto-Weichfaserplatte M 039N+F	0,48	0,0018		25,6
5	1,4 cm Klinkerriemchen	0,84	0,0018		30,8
	44,65 cm Gesamtes Bauteil	8,02	0,0018		201,4

Tauwasserebenen

- ① Tauwasser: 0,002 kg/m² Betroffene Schichten: Klinkerriemchen, Sto-Weichfaserplatte M 039N+F

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 [m²K/W]	sd [m]	ρ [kg/m³]	T [°C]	ps [Pa]	Σ sd [m]
Wärmeübergangswiderstand			0,250					
1	1 cm Fliesen	1,050	0,010	1	2000	19,05	2203	0
2	1,25 cm Fermacell Powerpanel H2O	0,250	0,050	0,7	1000	19,01	2197	1
3	25 cm TRIQBRIQ WS25	0,120	2,083	5	450	18,82	2172	1,7
4	16 cm Sto-Weichfaserplatte M 039N+F	0,039	4,103	0,48	160	10,87	1301	6,7
5	1,4 cm Klinkerriemchen	0,810	0,017	0,84	2200	-4,78	409	7,18
Wärmeübergangswiderstand			0,040			-4,85	406	8,02

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

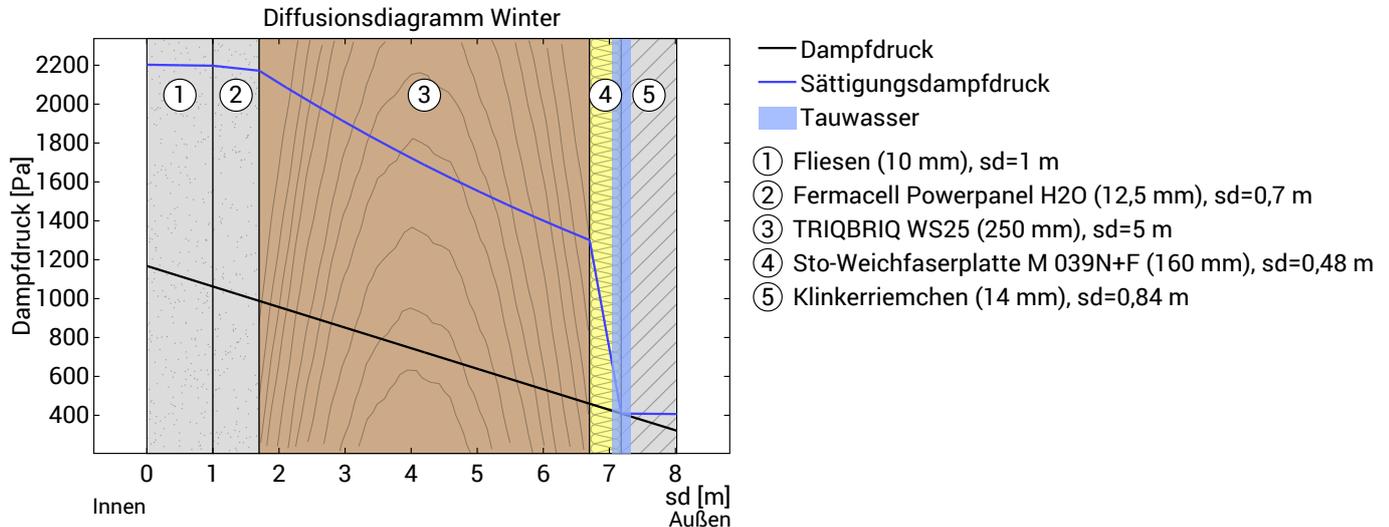
Luftfeuchte an der Bauteiloberfläche

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



Tauperiode (Winter)

Randbedingungen	
Dampfdruck innen bei 20°C und 50% Luftfeuchtigkeit	$p_i = 1168$ Pa
Dampfdruck außen bei -5°C und 80% Luftfeuchtigkeit	$p_e = 321$ Pa
Dauer Tauperiode (90 Tage)	$t_c = 7776000$ s
Wasserdampf-Diffusionsleitkoeffizient in ruhender Luft	$\delta_0 = 2.0E-10$ kg/(m*s*Pa)
sd-Wert (gesamtes Bauteil)	$s_{de} = 8,02$ m



Tauwasserebene c_1 : Schichtgrenze zwischen Sto-Weichfaserplatte M 039N+F und Klinkerriemchen bei $s_{d,c1}=7,18$ m; $p_{c1}=409$ Pa; $x_1=43,25$ cm

Tauwassermenge: $M_c = t_c * \delta_0 * ((p_i - p_{c1}) / s_{d,c1} - (p_{c1} - p_e) / (s_{de} - s_{d,c1})) = 0,001$ kg/m²

Für Schicht Sto-Weichfaserplatte M 039N+F wurde noch kein Wasseraufnahmekoeffizient hinterlegt. Es wird deshalb angenommen, dass mindestens eine Schicht nicht kapillar wasseraufnahmefähig ist.

Für Schicht Klinkerriemchen wurde noch kein Wasseraufnahmekoeffizient hinterlegt. Es wird deshalb angenommen, dass mindestens eine Schicht nicht kapillar wasseraufnahmefähig ist.

Die maximal erlaubte Tauwassermenge beträgt mindestens 0,5 kg/m².

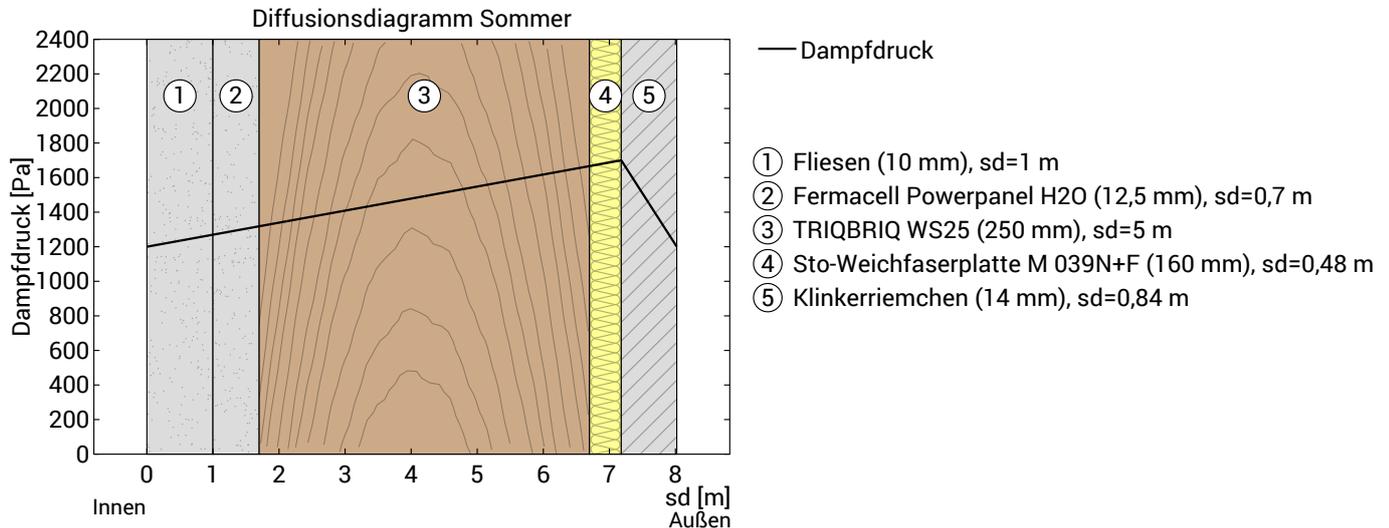
Tauwasser insgesamt: $M_c = 0,001$ kg/m²



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:

$$M_{ev} = t_c \cdot \delta_0 \cdot ((p_s - p_i) / s_{d_{c1}} + (p_s - p_e) / (s_{d_e} - s_{d_{c1}})) = 1,034 \text{ kg/m}^2$$

Die Tauwassermenge von $0,001 \text{ kg/m}^2$ kann vollständig trocknen.



Trocknungsreserve (DIN 68800-2)

$$\text{Trocknungsreserve: } M_r = (M_{ev} - M_c) \cdot 1000 = 1033 \text{ g/m}^2/\text{a}$$

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



Bewertung gemäß DIN 4108-3

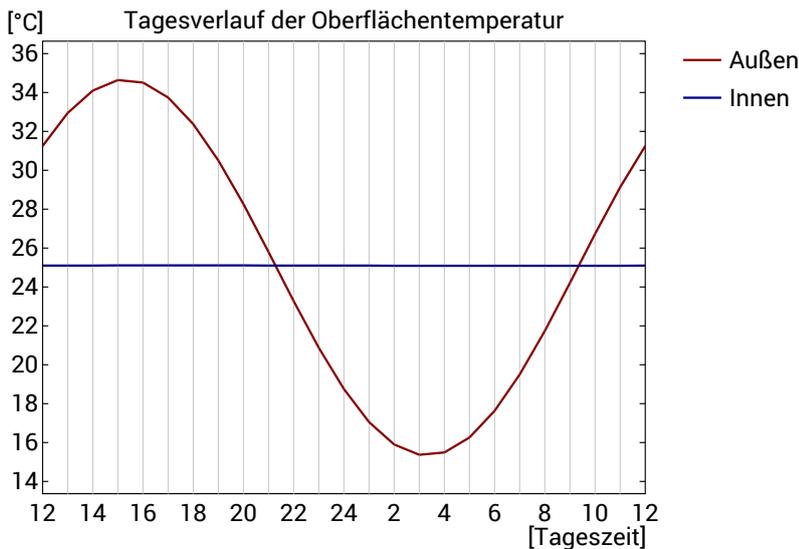
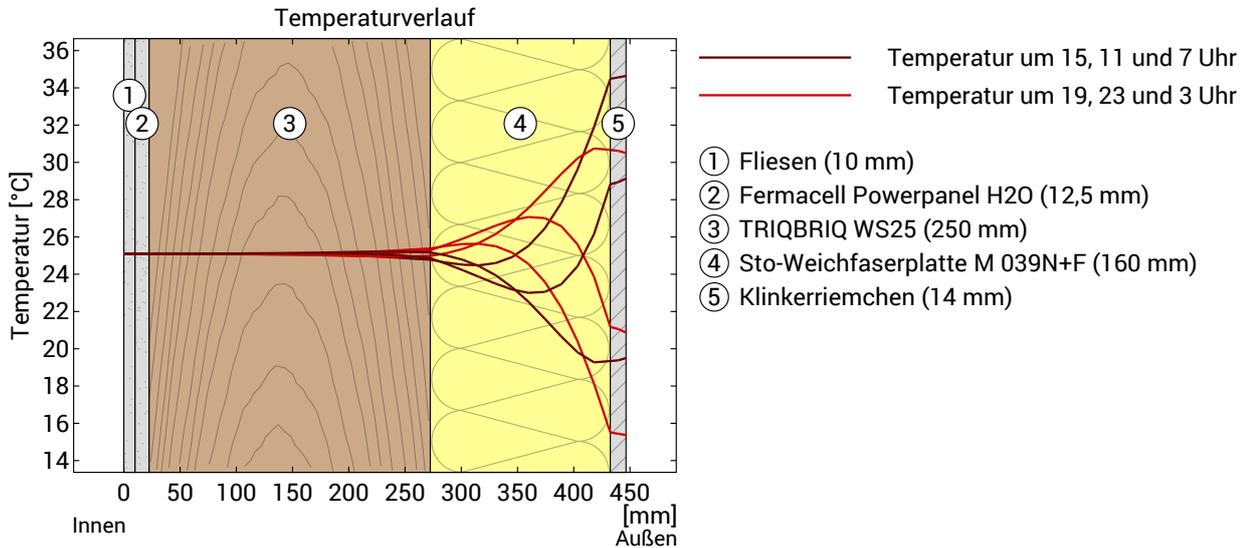
Das Bauteil ist diffusionstechnisch zulässig.

Hinweise

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	Wärmespeicherefähigkeit (gesamtes Bauteil):	294 kJ/m²K
Amplitudendämpfung**	>100	Wärmespeicherefähigkeit der inneren Schichten:	195 kJ/m²K
TAV***	0,001		

* 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/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.

Hinweise

Es sind keine Hinweise zu dieser Berechnung vorhanden.

AW WS25 Dämmung beidseitig (mit Installationsebene)

Außenwand
erstellt am 24.8.2023

Wärmeschutz

$U = 0,239 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

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

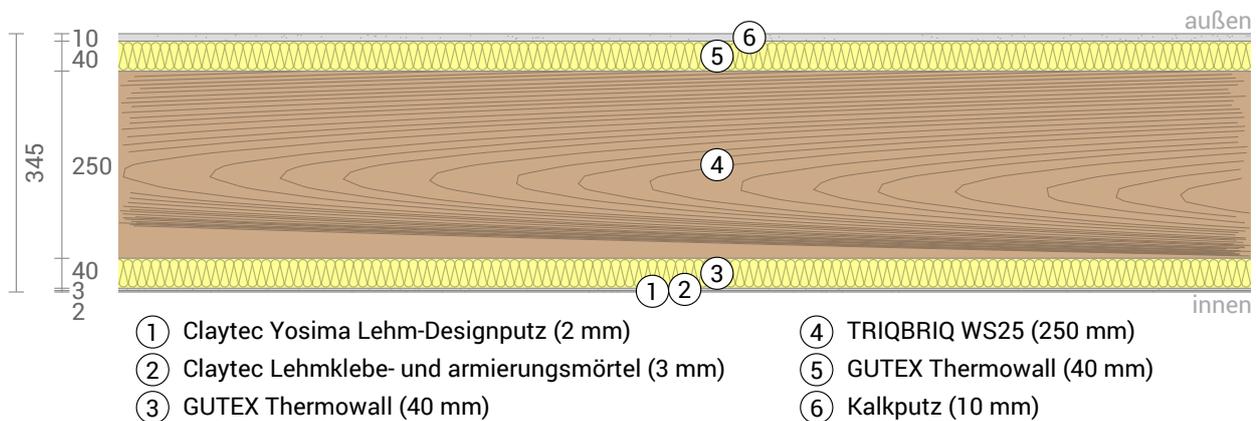
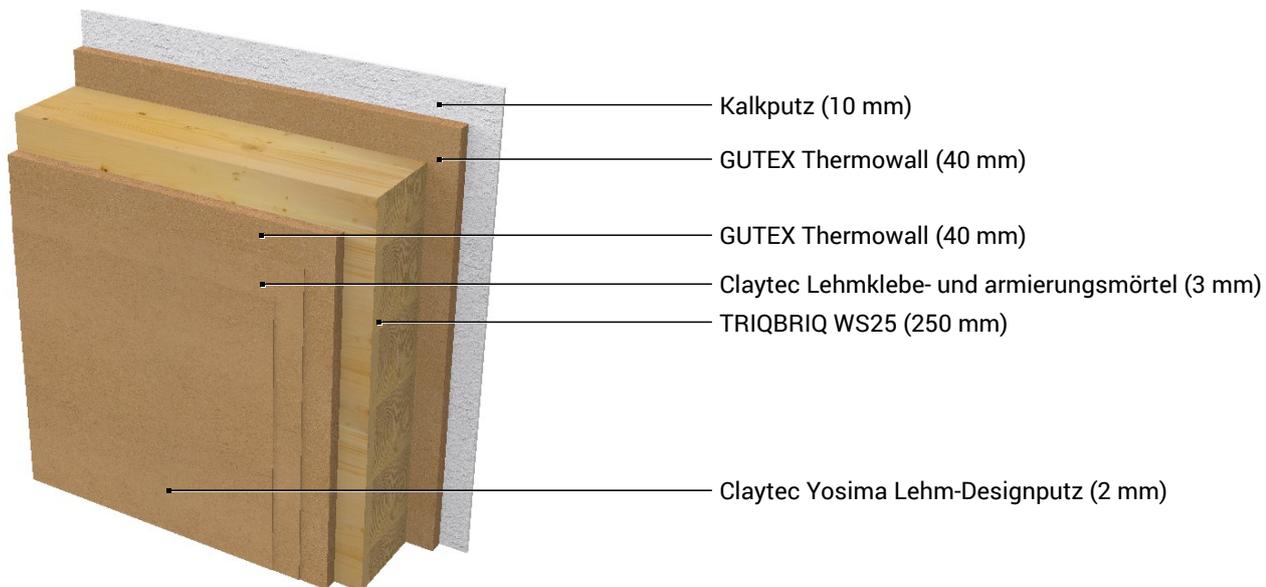


Feuchteschutz

Trocknungsreserve: 851 g/m²a
Kein Tauwasser

Hitzeschutz

Temperaturamplitudendämpfung: >100
Phasenverschiebung: nicht relevant
Wärmekapazität innen: 111 kJ/m²K



Raumluft: 20,0°C / 50%

Außenluft: -5,0°C / 80%

Oberflächentemp.: 18,5°C / -4,8°C

sd-Wert: 5,4 m

Trocknungsreserve: 851 g/m²a

Dicke: 34,5 cm

Gewicht: 148 kg/m²

Wärmekapazität: 230 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	Claytec Yosima Lehm-Designputz	0,20	0,910	0,002
2	Claytec Lehmklebe- und armierungsmörtel	0,30	0,820	0,004
3	GUTEX Thermowall (Keymark zertifiziert)	4,00	0,042	0,952
4	TRIQBRIQ WS25	25,00	0,120	2,083
5	GUTEX Thermowall (Keymark zertifiziert)	4,00	0,042	0,952
6	Kalkputz	1,00	0,870	0,011
	Wärmeübergangswiderstand außen (Rse)			0,040

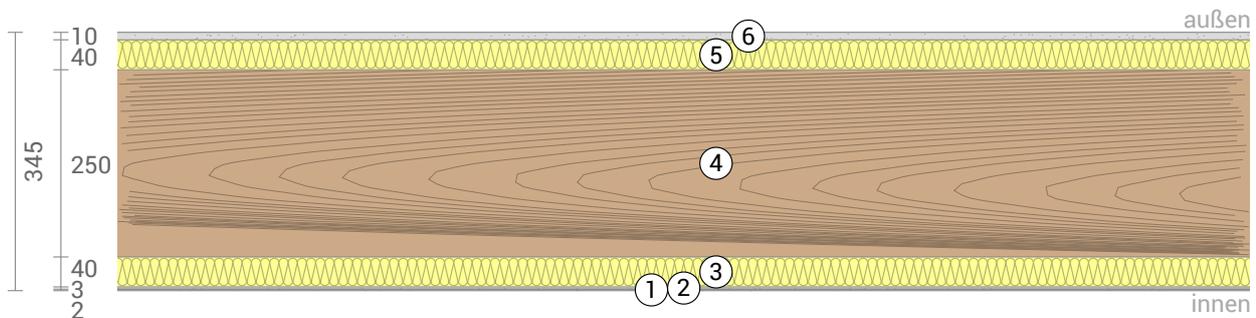
Die Wärmeübergangswiderstände wurden gemäß DIN 6946 Tabelle 7 gewählt.

Rsi: Wärmestromrichtung horizontal

Rse: Wärmestromrichtung horizontal, außen: Direkter Übergang zur Außenluft

Wärmedurchgangswiderstand $R_{\text{tot}} = 4,175 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1/R_{\text{tot}} = 0,24 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$



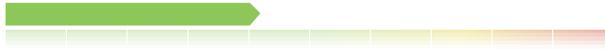
Ökobilanz

Wärmeverlust: 19 kWh/m² pro Heizperiode



Wärmemenge, die durch einen Quadratmeter dieses Bauteils während der Heizperiode entweicht. Bitte beachten: Wegen interner und solarer Gewinne ist der Heizwärmebedarf geringer als der Wärmeverlust.

Primärenergie (nicht erneuerbar): 141 kWh/m²



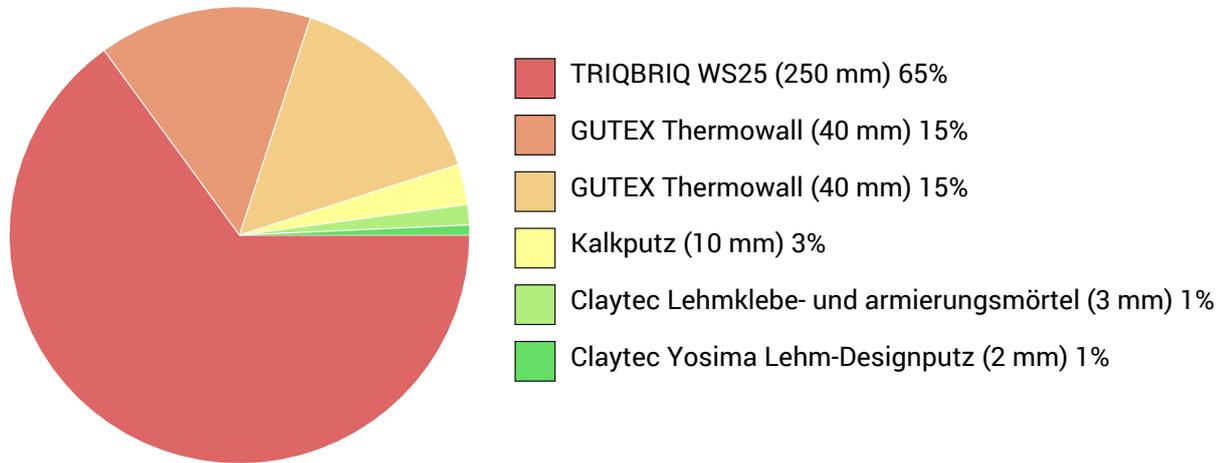
Nicht erneuerbare Primärenergie (=Energie aus fossilen Brennstoffen und Kernenergie) die zur Produktion der verwendeten Baustoffe aufgewendet wurde ("cradle to gate").

Treibhauspotential: -136 kg CO2 Äqv./m²

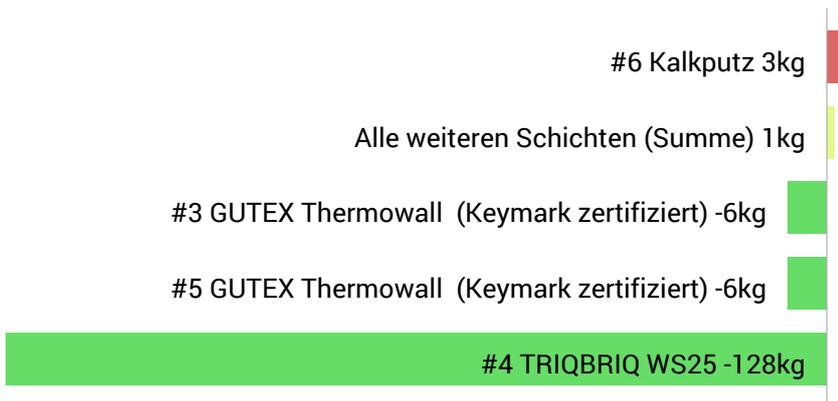


Sehr gut: Für die Produktion der verwendeten Baustoffe wurden der Atmosphäre insgesamt mehr Treibhausgase entzogen als zugeführt.

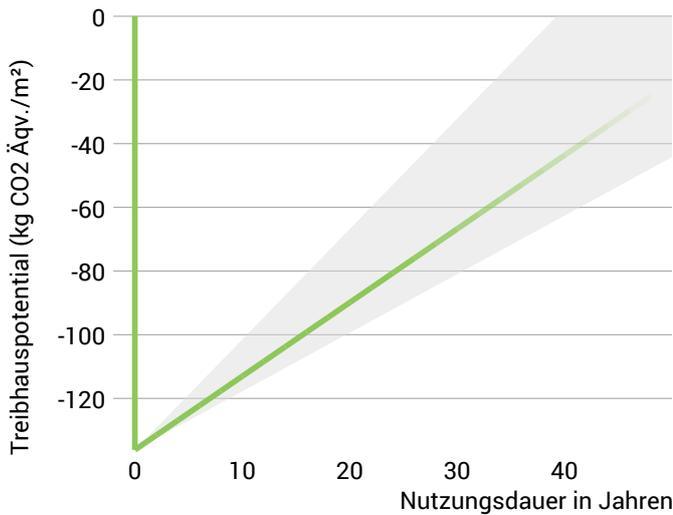
Zusammensetzung des nicht erneuerbaren Primärenergieaufwands der Herstellung:



Zusammensetzung des Treibhauspotentials der Herstellung:



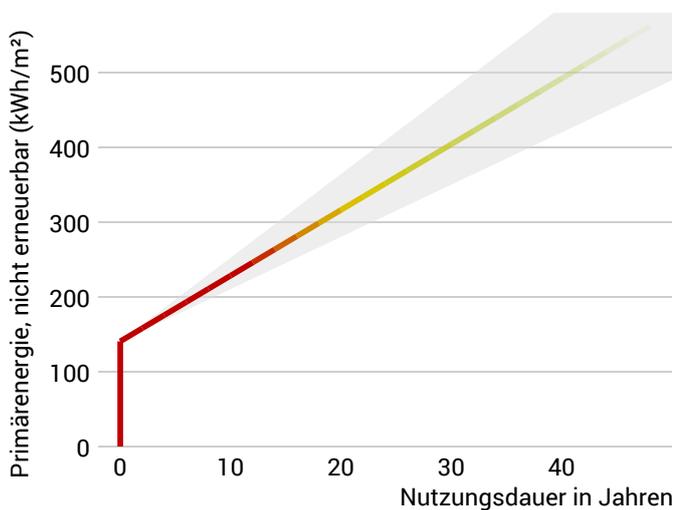
Treibhauspotential und Primärenergie für Bau und Nutzung



Die **Abbildung links** zeigt im senkrechten Teil der Kurve das Treibhauspotential der Herstellung des Bauteils. Die während der Nutzung des Gebäudes entstehenden Treibhausgasemissionen (durch die Beheizung) sind durch die schräg nach oben verlaufende Kurve dargestellt.

Die **Abbildung links unten** zeigt im senkrechten Teil der Kurve den nicht erneuerbaren Primärenergieaufwand für die Herstellung des Bauteils. Die während der Nutzung des Gebäudes benötigte Primärenergie (durch die Beheizung) ist durch die schräg nach oben verlaufende Kurve dargestellt.

Je länger das Bauteil unverändert genutzt wird, umso umweltfreundlicher ist es, weil der Herstellungsaufwand weniger zu den Gesamtemissionen beiträgt (angedeutet durch die Farbe der Kurve).



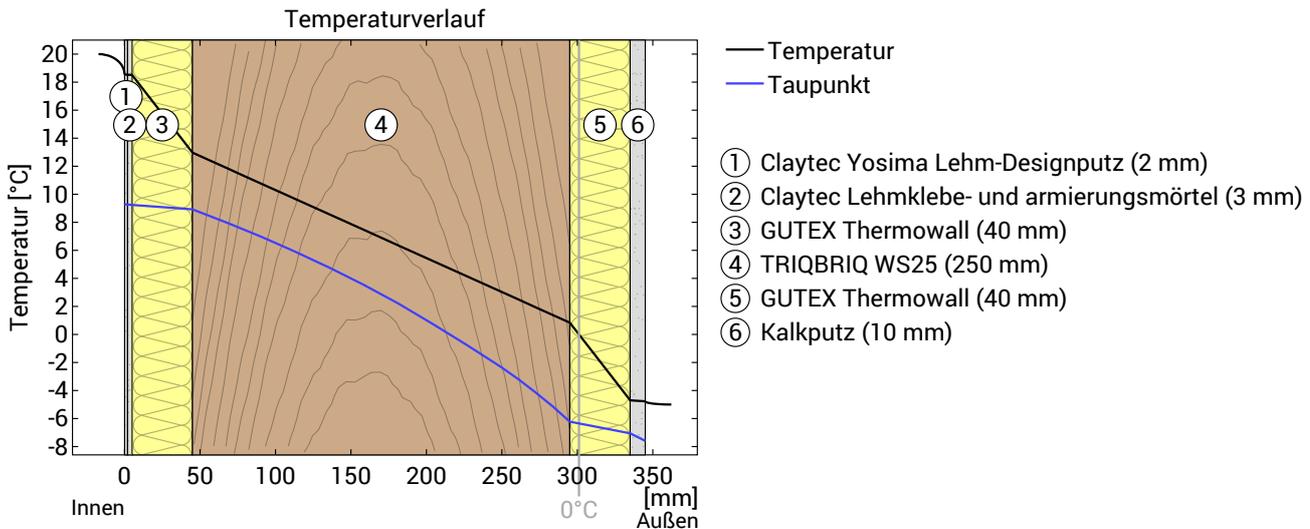
Wegen unbekannter solarer und interner Gewinne kann der Heizwärmebedarf nur geschätzt werden. Dementsprechend sind Primärenergieaufwand und Treibhauspotential während der Nutzungsphase nur ungenau bekannt. Für die Abschätzung wurde angenommen, dass solare und interne Gewinne mit $4 \text{ kWh}/\text{a}/\text{m}^2$ Bauteilfläche beitragen. Die hellgrauen Fläche kennzeichnen den Bereich, in dem die Kurve mit großer Sicherheit liegt. Für die Wärmeerzeugung wurde ein Primärenergieaufwand von $0,60 \text{ kWh}$ pro kWh Wärme und ein Treibhauspotential von $0,16 \text{ kg CO}_2 \text{ Äqv}/\text{m}^2$ pro kWh Wärme angesetzt. Wärmequelle: Wärmepumpe (Luft).

Hinweise

Berechnet für den Standort DIN V 18599, Heizperiode von Mitte Oktober bis Ende April. Die Berechnung basiert auf monatlichen Temperatur-Mittelwerten. Quelle: DIN V 18599-10:2007-02

Die dieser Berechnung zugrunde liegenden Klima- und Energiedaten können zum Teil starke Schwankungen aufweisen und im Einzelfall erheblich vom tatsächlichen Wert abweichen.

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	18,5	20,0	
1	0,2 cm Claytec Yosima Lehm-Designputz	0,910	0,002	18,5	18,5	3,6
2	0,3 cm Claytec Lehmklebe- und armierungsmörtel	0,820	0,004	18,5	18,5	5,1
3	4 cm GUTEX Thermowall (Keymark zertifiziert)	0,042	0,952	13,0	18,5	6,4
4	25 cm TRIQBRIQ WS25	0,120	2,083	0,8	13,0	112,5
5	4 cm GUTEX Thermowall (Keymark zertifiziert)	0,042	0,952	-4,7	0,8	6,4
6	1 cm Kalkputz	0,870	0,011	-4,8	-4,7	14,0
	Wärmeübergangswiderstand*		0,040	-5,0	-4,8	
34,5 cm Gesamtes Bauteil			4,175			148,0

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

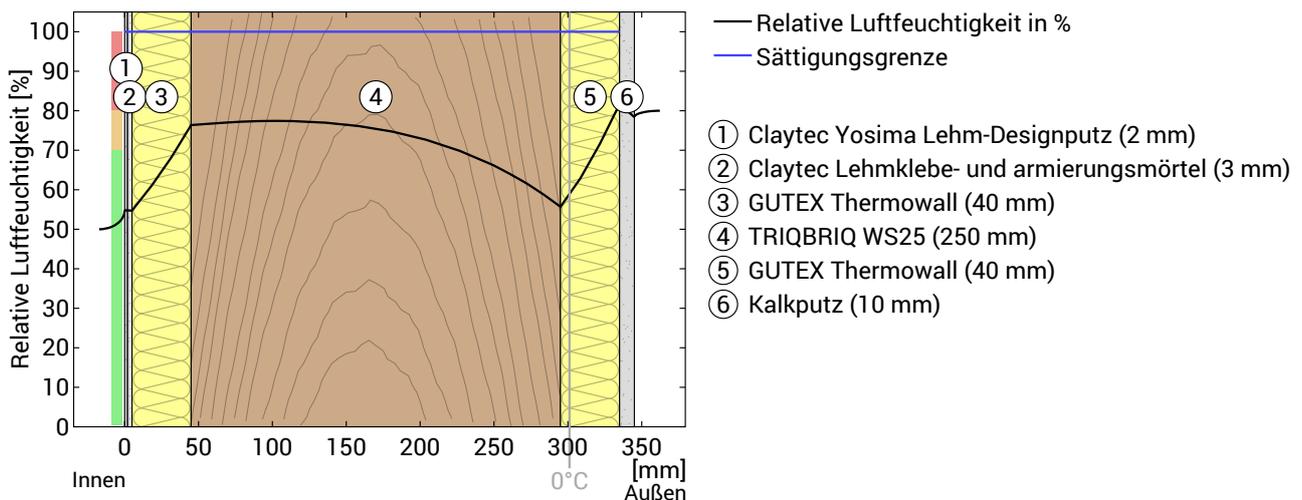
Trocknungsreserve gemäß DIN 4108-3:2018: 851 g/(m²a)
 Von der DIN 68800-2 mindestens gefordert: 100 g/(m²a)

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser [kg/m ²] [Gew.-%]	Gewicht [kg/m ²]
1	0,2 cm Claytec Yosima Lehm-Designputz	0,01	-	3,6
2	0,3 cm Claytec Lehmklebe- und armierungsmörtel	0,02	-	5,1
3	4 cm GUTEX Thermowall (Keymark zertifiziert)	0,16	-	6,4
4	25 cm TRIQBRIQ WS25	5,00	-	112,5
5	4 cm GUTEX Thermowall (Keymark zertifiziert)	0,16	-	6,4
6	1 cm Kalkputz	0,10	-	14,0
34,5 cm Gesamtes Bauteil		5,45	0	148,0

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

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

Bitte beachten Sie die Hinweise am Ende dieser Feuchteschutzberechnungen.

#	Material	λ [W/mK]	R [m²K/W]	sd [m]	ρ [kg/m³]	T [°C]	ps [Pa]	Σ sd [m]
	Wärmeübergangswiderstand		0,250					
1	0,2 cm Claytec Yosima Lehm-Designputz	0,910	0,002	0,01	1800	18,54	2135	0
2	0,3 cm Claytec Lehmklebe- und armierungsmörtel	0,820	0,004	0,02	1700	18,53	2134	0,01
3	4 cm GUTEX Thermowall (Keymark zertifiziert)	0,042	0,952	0,16	160	18,51	2131	0,03
4	25 cm TRIQBRIQ WS25	0,120	2,083	5	450	12,97	1494	0,19
5	4 cm GUTEX Thermowall (Keymark zertifiziert)	0,042	0,952	0,16	160	0,84	649	5,19
6	1 cm Kalkputz	0,870	0,011	0,1	1400	-4,70	412	5,35
	Wärmeübergangswiderstand		0,040			-4,77	409	5,45

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 55%. Anforderungen zur Vermeidung von Baustoffkorrosion hängen von Material und Beschichtung ab und wurden nicht untersucht.

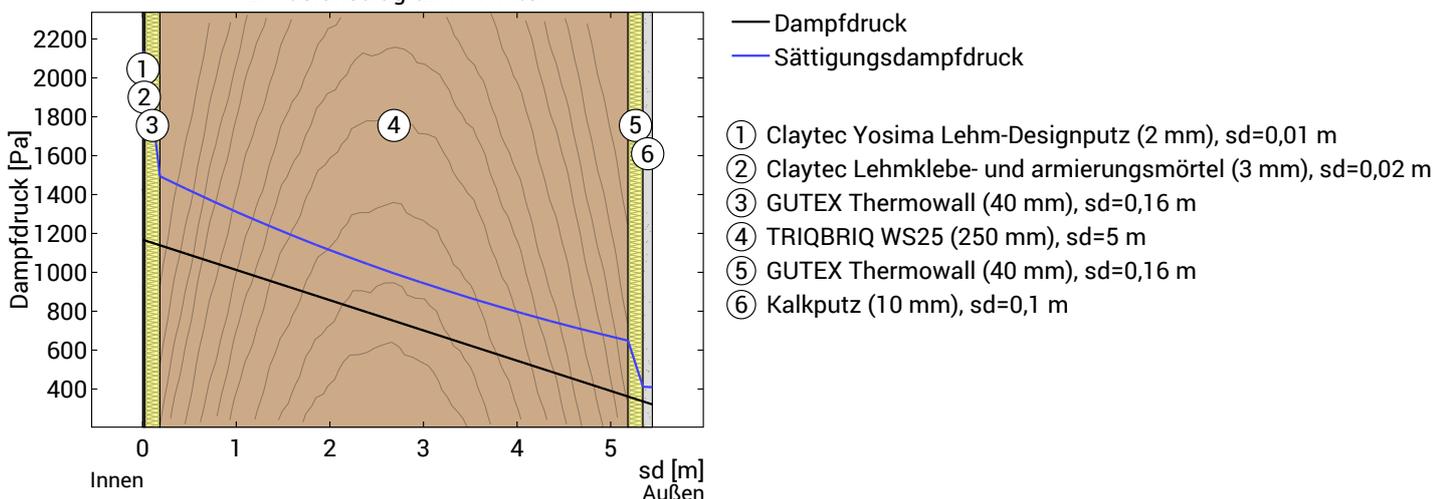


Tauperiode (Winter)

Randbedingungen

Dampfdruck innen bei 20°C und 50% Luftfeuchtigkeit	$p_i = 1168$ Pa
Dampfdruck außen bei -5°C und 80% Luftfeuchtigkeit	$p_e = 321$ Pa
Dauer Tauperiode (90 Tage)	$t_c = 7776000$ s
Wasserdampf-Diffusionsleitkoeffizient in ruhender Luft	$\delta_0 = 2.0E-10$ kg/(m*s*Pa)
sd-Wert (gesamtes Bauteil)	$s_{de} = 5,45$ m

Diffusionsdiagramm Winter



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:

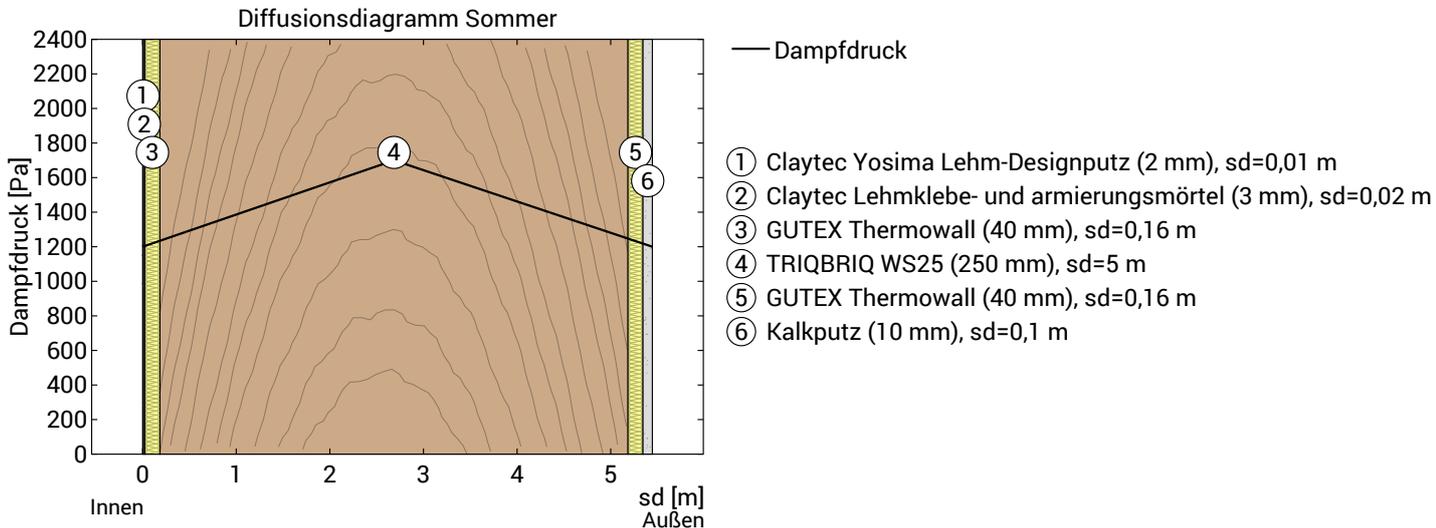
sd=2,69 m; ps=995 pa, innerhalb Schicht TRIQBRIQ WS25:

$$M_{ev, \text{Tauperiode}} = t_c * \delta_0 * ((p_s - p_i) / s_{d_{ev}} + (p_s - p_e) / (s_{d_e} - s_{d_{ev}})) = \mathbf{0,279 \text{ kg/m}^2}$$

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 $sd=2,69 \text{ m}$, innerhalb Schicht TRIQBRIQ WS25:

Verdunstungsmenge: $M_{ev} = \delta_0 \cdot t_{ev} \cdot \left[\frac{(p_s - p_i)}{sd} + \frac{(p_s - p_e)}{(s_{de} - sd)} \right] = 0,57 \text{ kg/m}^2$

Trocknungsreserve (DIN 68800-2)

Tauwasserfreies Bauteil: Das Verdunstungspotential der Tauperiode wird ebenfalls berücksichtigt.

Trocknungsreserve: $M_r = (M_{ev} + M_{ev, \text{Tauperiode}}) \cdot 1000 = 851 \text{ g/m}^2/\text{a}$

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



Bewertung gemäß DIN 4108-3

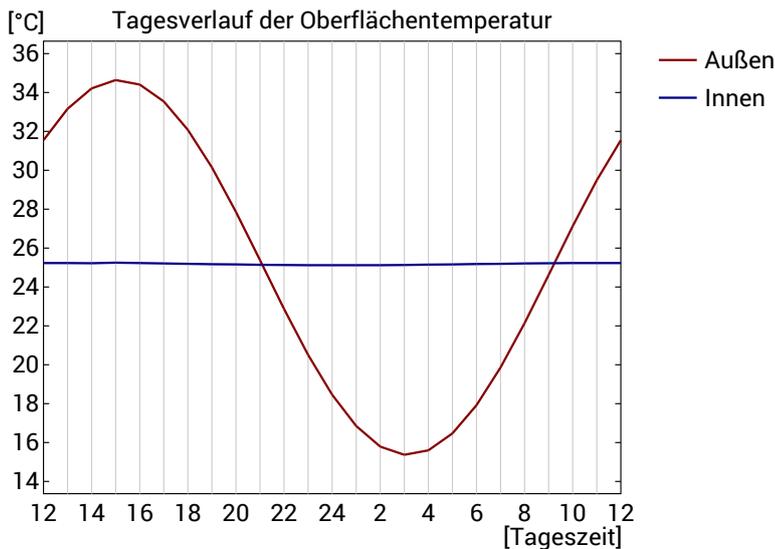
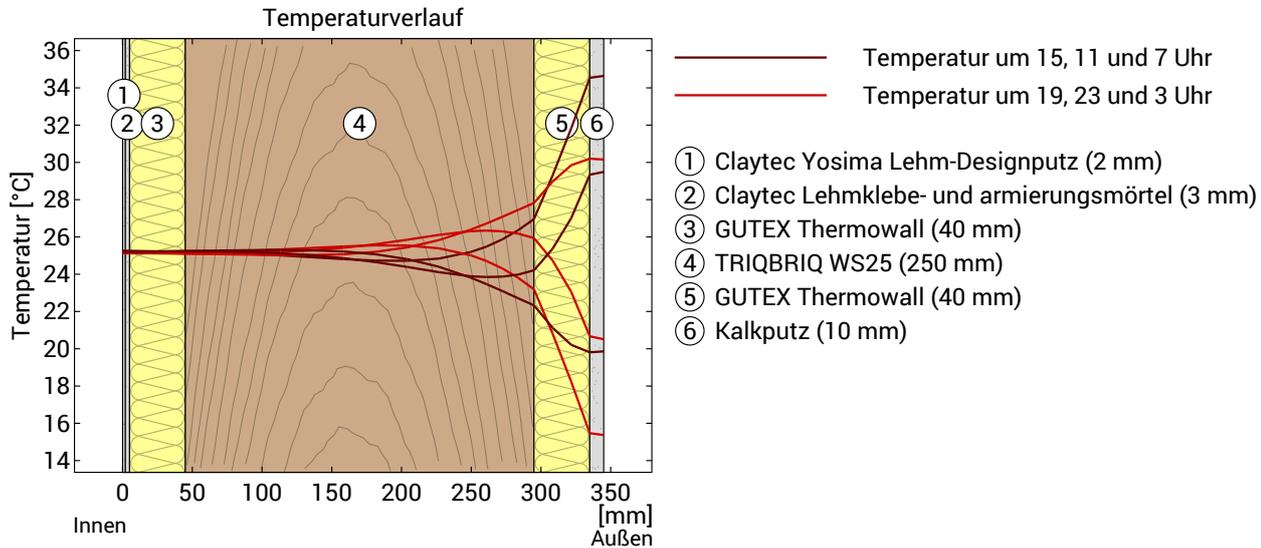
Das Bauteil ist diffusionstechnisch zulässig.

Hinweise

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	Wärmespeicherefähigkeit (gesamtes Bauteil):	230 kJ/m²K
Amplitudendämpfung**	>100	Wärmespeicherefähigkeit der inneren Schichten:	111 kJ/m²K
TAV***	0,007		

* 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/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.

Hinweise

Es sind keine Hinweise zu dieser Berechnung vorhanden.

AW WS25 hinterlüftete Fassade

Außenwand
erstellt am 31.1.2024

Wärmeschutz

$U = 0,232 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

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



Feuchteschutz

Trocknungsreserve: $1324 \text{ g}/\text{m}^2\text{a}$
Kein Tauwasser



Hitzeschutz

Temperaturamplitudendämpfung: >100
Phasenverschiebung: nicht relevant
Wärmekapazität innen: $137 \text{ kJ}/\text{m}^2\text{K}$



sehr gut

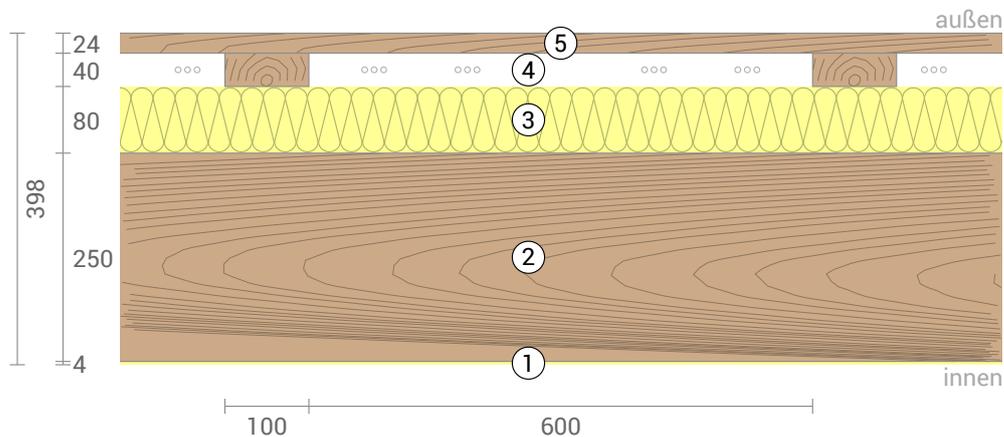
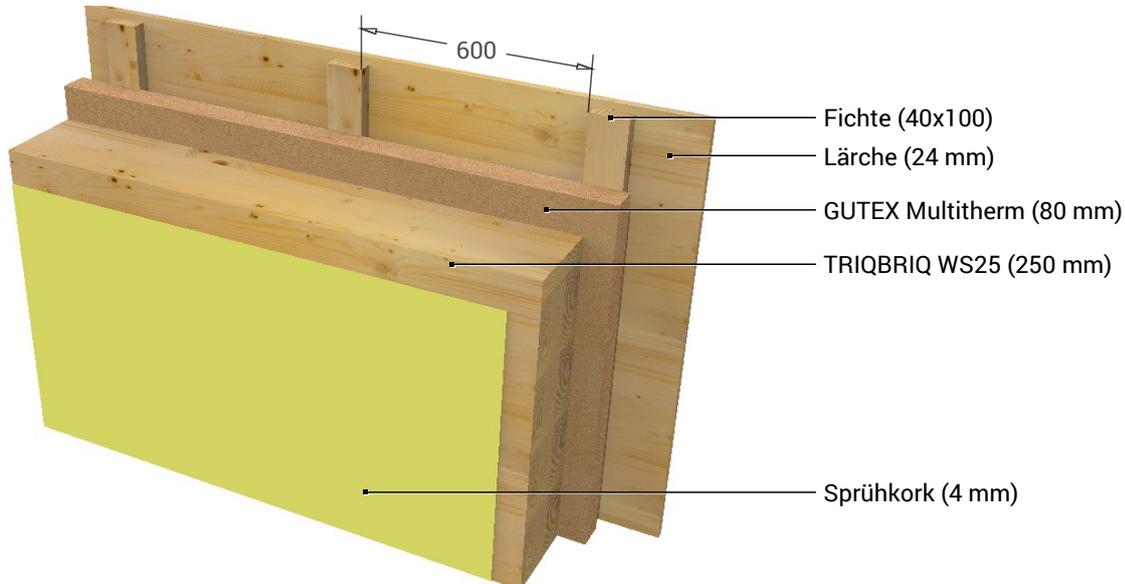
mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft



- ① Sprühkork (4 mm)
- ② TRIQBRIQ WS25 (250 mm)
- ③ GUTEX Multitherm (80 mm)
- ④ Hinterlüftung (40 mm)
- ⑤ Lärche (24 mm)

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

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

Oberflächentemp.: $18,6^\circ\text{C} / -4,8^\circ\text{C}$

sd-Wert: $5,3 \text{ m}$

Trocknungsreserve: $1324 \text{ g}/\text{m}^2\text{a}$

Dicke: $39,8 \text{ cm}$

Gewicht: $140 \text{ kg}/\text{m}^2$

Wärmekapazität: $208 \text{ kJ}/\text{m}^2\text{K}$

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)			0,130
1	Sprühkork	0,40	0,059	0,068
2	TRIQBRIQ WS25	25,00	0,120	2,083
3	GUTEX Multitherm (Keymark zertifiziert)	8,00	0,042	1,905
	Wärmeübergangswiderstand außen (Rse)			0,130

Die Wärmeübergangswiderstände wurden gemäß DIN 6946 Tabelle 7 gewählt.

Rsi: Wärmestromrichtung horizontal

Rse: Wärmestromrichtung horizontal, außen: Hinterlüftungsebene

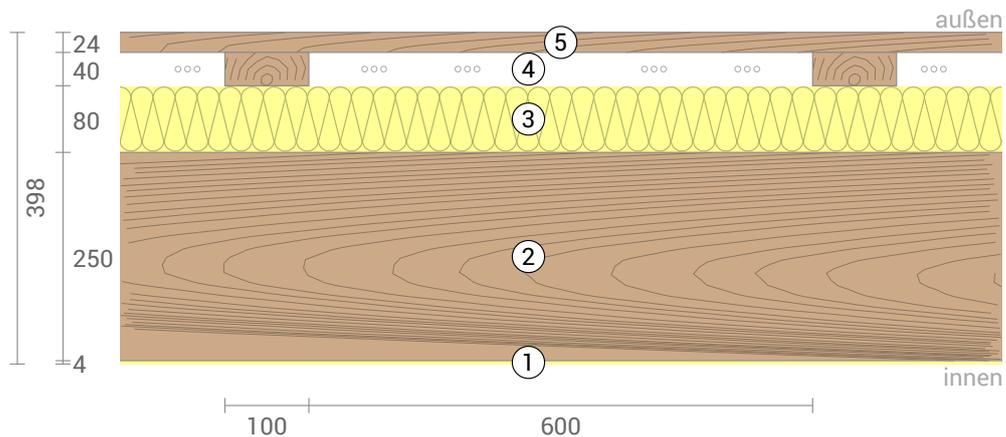
Oberer Grenzwert des Wärmedurchgangswiderstandes $R_{\text{tot,upper}} = 4,316 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$.

Unterer Grenzwert des Wärmedurchgangswiderstandes $R_{\text{tot,lower}} = 4,316 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$.

Prüfe Anwendbarkeit: $R_{\text{tot,upper}} / R_{\text{tot,lower}} = 1,000$ (maximal erlaubt: 1,5)

Wärmedurchgangswiderstand $R_{\text{tot}} = 4,316 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1/R_{\text{tot}} = 0,23 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$



Ökobilanz

Wärmeverlust: 18 kWh/m² pro Heizperiode



Wärmemenge, die durch einen Quadratmeter dieses Bauteils während der Heizperiode entweicht. Bitte beachten: Wegen interner und solarer Gewinne ist der Heizwärmebedarf geringer als der Wärmeverlust.

Primärenergie (nicht erneuerbar): >135 kWh/m²



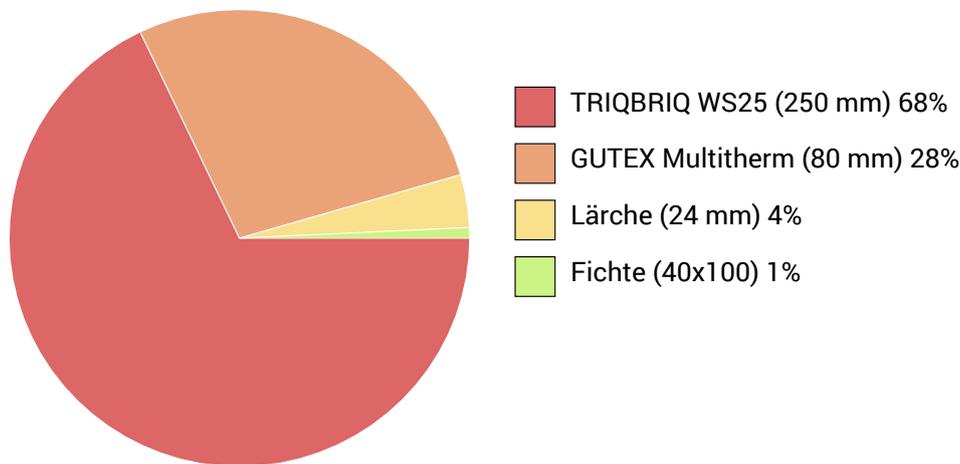
Nicht erneuerbare Primärenergie (=Energie aus fossilen Brennstoffen und Kernenergie) die zur Produktion der verwendeten Baustoffe aufgewendet wurde ("cradle to gate").

Treibhauspotential: -160 (?) kg CO2 Äqv./m²

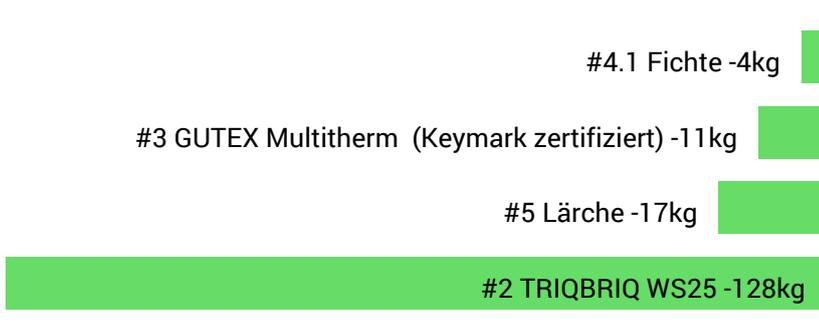


Sehr gut: Für die Produktion der verwendeten Baustoffe wurden der Atmosphäre insgesamt mehr Treibhausgase entzogen als zugeführt.

Zusammensetzung des nicht erneuerbaren Primärenergieaufwands der Herstellung:

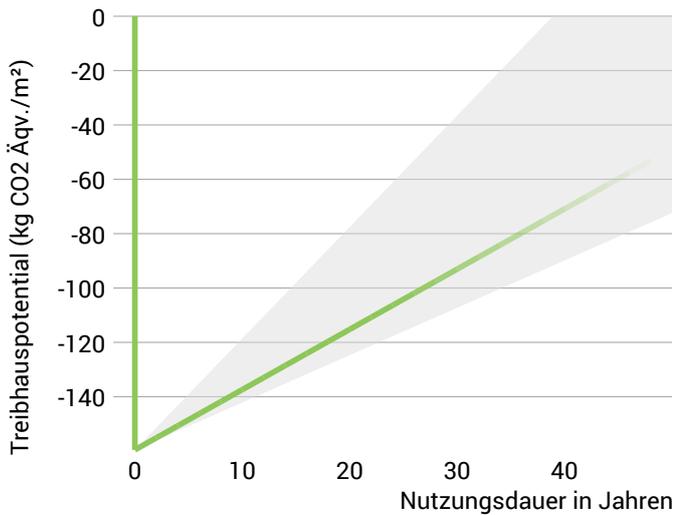


Zusammensetzung des Treibhauspotentials der Herstellung:



Achtung: Mindestens eine Schicht konnte nicht berücksichtigt werden, weil deren Primärenergieinhalt und/oder Treibhauspotential unbekannt ist.

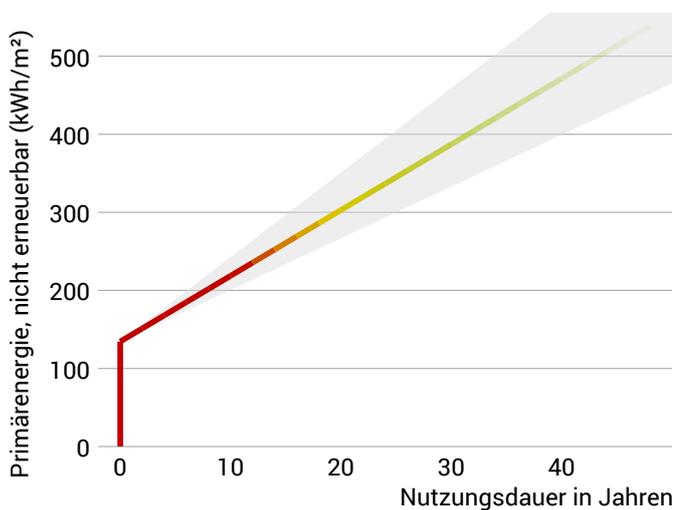
Treibhauspotential und Primärenergie für Bau und Nutzung



Die **Abbildung links** zeigt im senkrechten Teil der Kurve das Treibhauspotential der Herstellung des Bauteils. Die während der Nutzung des Gebäudes entstehenden Treibhausgasemissionen (durch die Beheizung) sind durch die schräg nach oben verlaufende Kurve dargestellt.

Die **Abbildung links unten** zeigt im senkrechten Teil der Kurve den nicht erneuerbaren Primärenergieaufwand für die Herstellung des Bauteils. Die während der Nutzung des Gebäudes benötigte Primärenergie (durch die Beheizung) ist durch die schräg nach oben verlaufende Kurve dargestellt.

Je länger das Bauteil unverändert genutzt wird, umso umweltfreundlicher ist es, weil der Herstellungsaufwand weniger zu den Gesamtemissionen beiträgt (angedeutet durch die Farbe der Kurve).



Wegen unbekannter solarer und interner Gewinne kann der Heizwärmebedarf nur geschätzt werden. Dementsprechend sind Primärenergieaufwand und Treibhauspotential während der Nutzungsphase nur ungenau bekannt. Für die Abschätzung wurde angenommen, dass solare und interne Gewinne mit $4 \text{ kWh}/\text{a}/\text{m}^2$ Bauteilfläche beitragen. Die hellgrauen Fläche kennzeichnen den Bereich, in dem die Kurve mit großer Sicherheit liegt. Für die Wärmeerzeugung wurde ein Primärenergieaufwand von $0,60 \text{ kWh}$ pro kWh Wärme und ein Treibhauspotential von $0,16 \text{ kg CO}_2 \text{ Äqv}/\text{m}^2$ pro kWh Wärme angesetzt. Wärmequelle: Wärmepumpe (Luft).

Hinweise

Achtung: Mindestens eine Schicht konnte nicht berücksichtigt werden, weil deren Primärenergieinhalt und/oder Treibhauspotential unbekannt ist.

Berechnet für den Standort DIN V 18599, Heizperiode von Mitte Oktober bis Ende April. Die Berechnung basiert auf monatlichen Temperatur-Mittelwerten. Quelle: DIN V 18599-10:2007-02

Die dieser Berechnung zugrunde liegenden Klima- und Energiedaten können zum Teil starke Schwankungen aufweisen und im Einzelfall erheblich vom tatsächlichen Wert abweichen.

Feuchteschutz

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

Unter den angenommenen Bedingungen bildet sich kein Tauwasser.

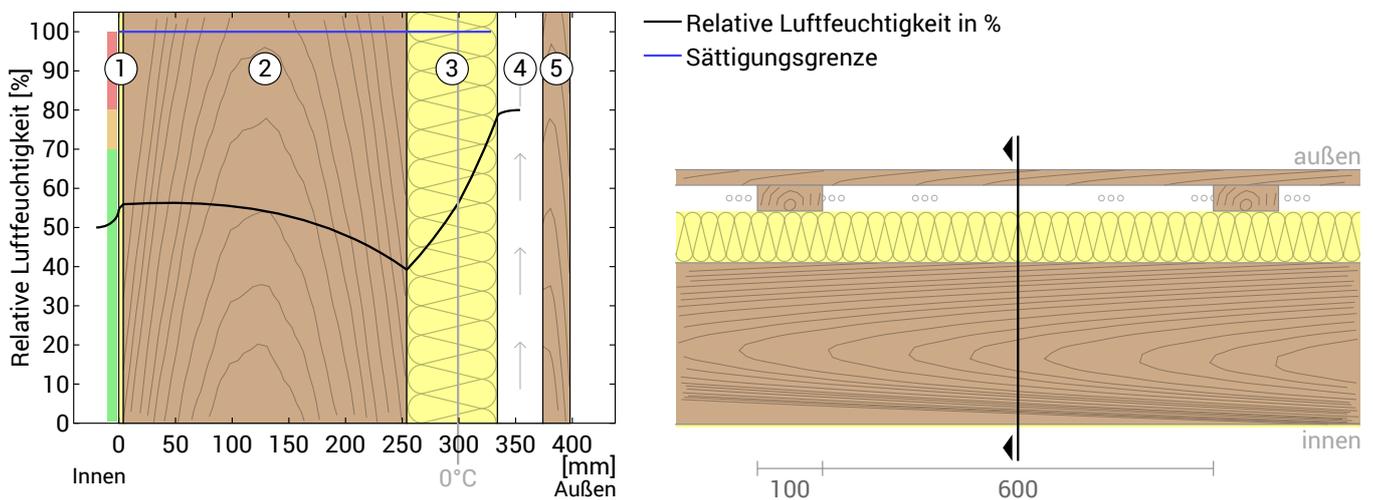
Trocknungsreserve gemäß DIN 4108-3:2018: $1324 \text{ g}/(\text{m}^2\text{a})$
 Von der DIN 68800-2 mindestens gefordert: $100 \text{ g}/(\text{m}^2\text{a})$

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser		Gewicht [kg/m ²]
			[kg/m ²]	[Gew.-%]	
1	0,4 cm Sprühhork	0,02	-	-	2,9
2	25 cm TRIQBRIQ WS25	5,00	-	-	112,5
3	8 cm GUTEX Multitherm (Keymark zertifiziert)	0,32	-	-	11,2
	39,8 cm Gesamtes Bauteil	5,34	0		140,2

Luftfeuchtigkeit

Die Oberflächentemperatur auf der Raumseite beträgt $18,6^\circ\text{C}$ 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.



- ① Sprühhork (4 mm)
- ② TRIQBRIQ WS25 (250 mm)
- ③ GUTEX Multitherm (80 mm)
- ④ Hinterlüftung (40 mm)
- ⑤ Lärche (24 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 [m²K/W]	sd [m]	ρ [kg/m³]	T [°C]	ps [Pa]	Σ sd [m]
Wärmeübergangswiderstand			0,250					
1	0,4 cm Sprühkork	0,059	0,068	0,02	730	18,56	2138	0
2	25 cm TRIQBRIQ WS25	0,120	2,083	5	450	18,17	2086	0,02
3	8 cm GUTEX Multitherm (Keymark zertifiziert)	0,042	1,905	0,32	140	6,19	947	5,02
Wärmeübergangswiderstand			0,040			-4,77	409	5,34

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

Luftfeuchte an der Bauteiloberfläche

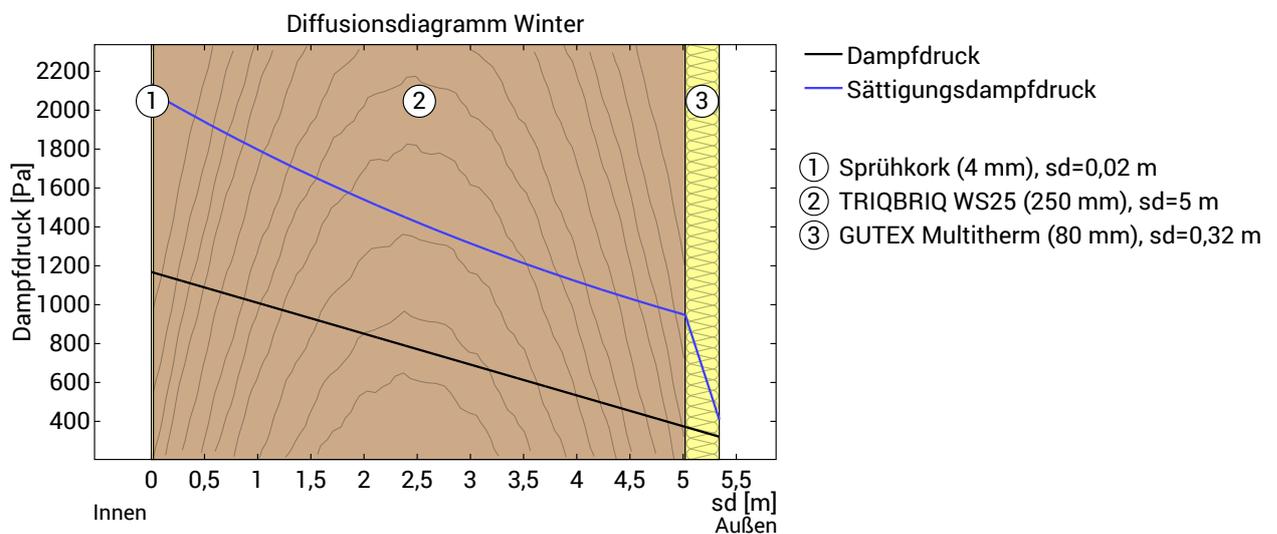
Die relative Luftfeuchtigkeit auf der raumseitigen Bauteiloberfläche beträgt 55%. Anforderungen zur Vermeidung von Baustoffkorrosion hängen von Material und Beschichtung ab und wurden nicht untersucht.



Tauperiode (Winter)

Randbedingungen

Dampfdruck innen bei 20°C und 50% Luftfeuchtigkeit	$p_i = 1168$ Pa
Dampfdruck außen bei -5°C und 80% Luftfeuchtigkeit	$p_e = 321$ Pa
Dauer Tauperiode (90 Tage)	$t_c = 7776000$ s
Wasserdampf-Diffusionsleitkoeffizient in ruhender Luft	$\delta_0 = 2.0E-10$ kg/(m*s*Pa)
sd-Wert (gesamtes Bauteil)	$s_{de} = 5,34$ m



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



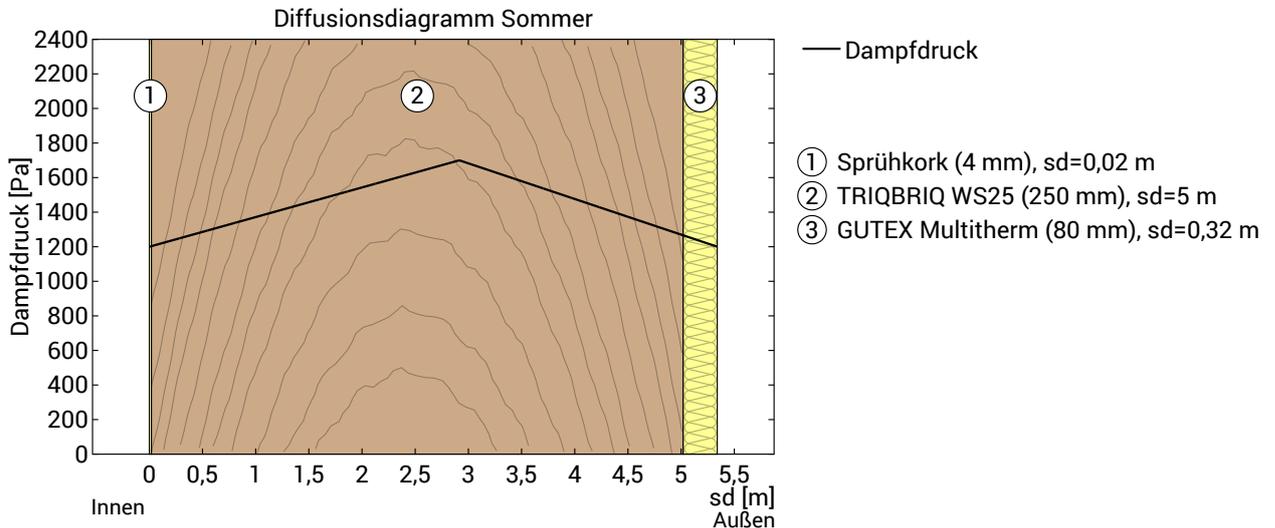
Berechne Verdunstungspotential für die Trocknungsreserve in der Tauperiode für die Ebene mit dem geringsten Verdunstungspotential:

sd=2,91 m; ps=1333 pa, innerhalb Schicht TRIQBRIQ WS25:

$$M_{ev, Tauperiode} = t_c \cdot \delta_0 \cdot ((p_s - p_i) / s_{d_{ev}} + (p_s - p_e) / (s_{d_e} - s_{d_{ev}})) = 0,737 \text{ kg/m}^2$$

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 $s_d=2,91 \text{ m}$, innerhalb Schicht TRIQBRIQ WS25:

Verdunstungsmenge: $M_{ev} = \delta_0 \cdot t_{ev} \cdot \left[\frac{(p_s - p_i)}{s_d} + \frac{(p_s - p_e)}{(s_{de} - s_d)} \right] = 0,59 \text{ kg/m}^2$

Trocknungsreserve (DIN 68800-2)

Tauwasserfreies Bauteil: Das Verdunstungspotential der Tauperiode wird ebenfalls berücksichtigt.

Trocknungsreserve: $M_r = (M_{ev} + M_{ev, \text{Tauperiode}}) \cdot 1000 = 1324 \text{ g/m}^2/\text{a}$

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



Bewertung gemäß DIN 4108-3

Das Bauteil ist diffusionstechnisch zulässig.

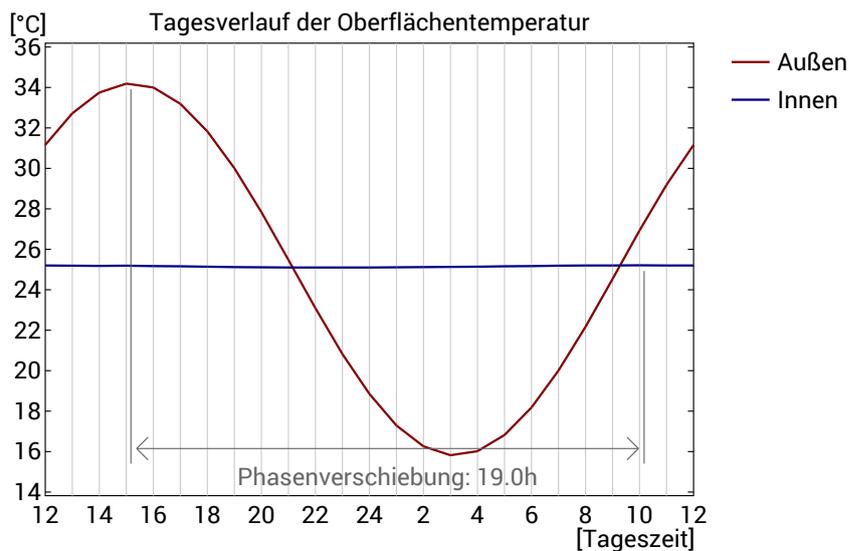
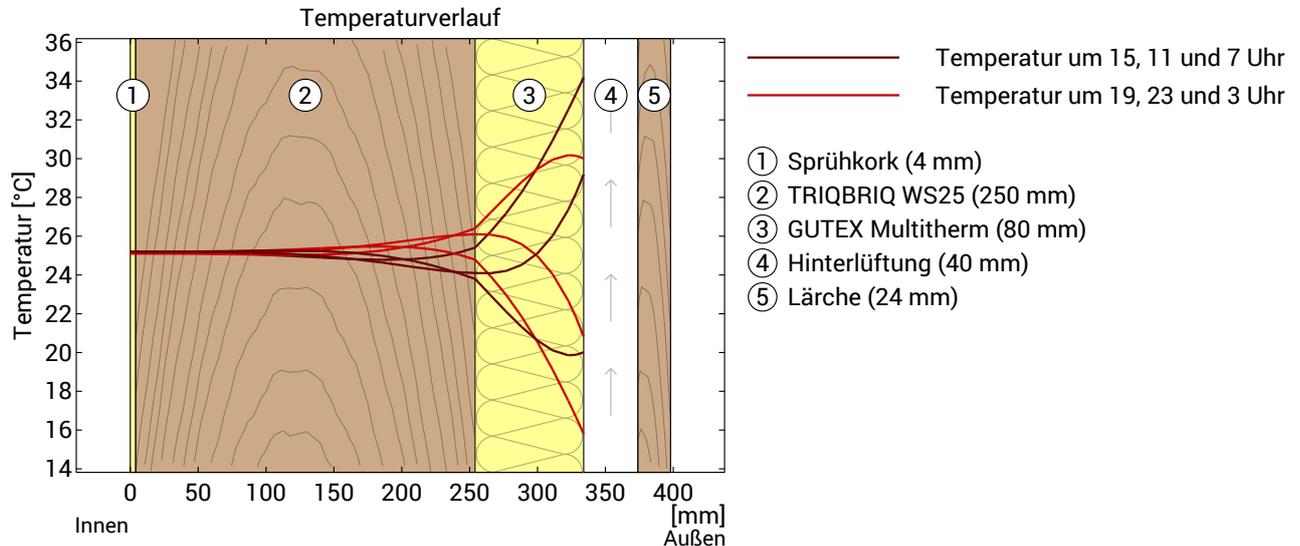
Hinweise

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

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

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	Wärmespeicherefähigkeit (gesamtes Bauteil):	208 kJ/m ² K
Amplitudendämpfung**	>100	Wärmespeicherefähigkeit der inneren Schichten:	137 kJ/m ² K
TAV***	0,006		

* 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.

AW WS25 hinterlüftete Fassade 140mm

Außenwand
erstellt am 31.1.2024

Wärmeschutz

$U = 0,176 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

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

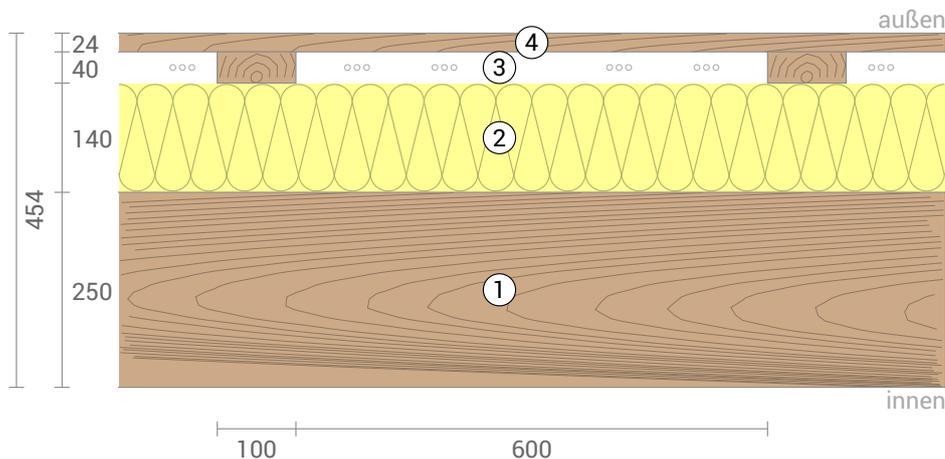
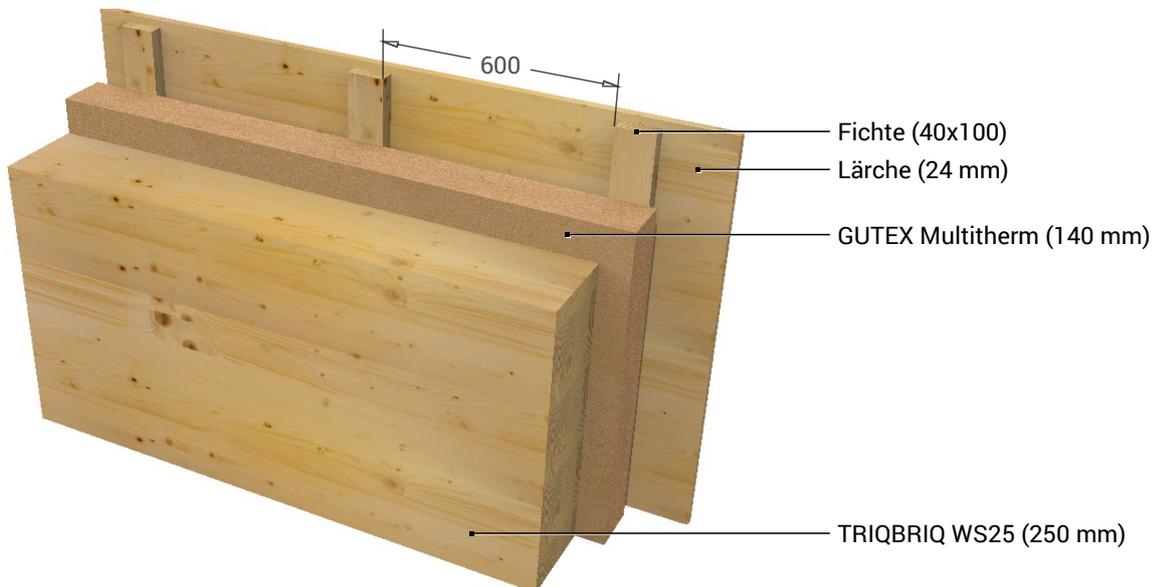


Feuchteschutz

Trocknungsreserve: $1500 \text{ g}/\text{m}^2\text{a}$
Kein Tauwasser

Hitzeschutz

Temperaturamplitudendämpfung: >100
Phasenverschiebung: nicht relevant
Wärmekapazität innen: $155 \text{ kJ}/\text{m}^2\text{K}$



- ① TRIQBRIQ WS25 (250 mm)
- ② GUTEX Multitherm (140 mm)
- ③ Hinterlüftung (40 mm)
- ④ Lärche (24 mm)

Raumluft:	20,0°C / 50%	sd-Wert:	5,6 m	Dicke:	45,4 cm
Außenluft:	-5,0°C / 80%	Trocknungsreserve:	$1500 \text{ g}/\text{m}^2\text{a}$	Gewicht:	$146 \text{ kg}/\text{m}^2$
Oberflächentemp.:	18,9°C / -4,8°C			Wärmekapazität:	$221 \text{ kJ}/\text{m}^2\text{K}$

- 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 [m²K/W]
	Wärmeübergangswiderstand innen (Rsi)			0,130
1	TRIQBRIQ WS25	25,00	0,120	2,083
2	GUTEX Multitherm (Keymark zertifiziert)	14,00	0,042	3,333
	Wärmeübergangswiderstand außen (Rse)			0,130

Die Wärmeübergangswiderstände wurden gemäß DIN 6946 Tabelle 7 gewählt.

Rsi: Wärmestromrichtung horizontal

Rse: Wärmestromrichtung horizontal, außen: Hinterlüftungsebene

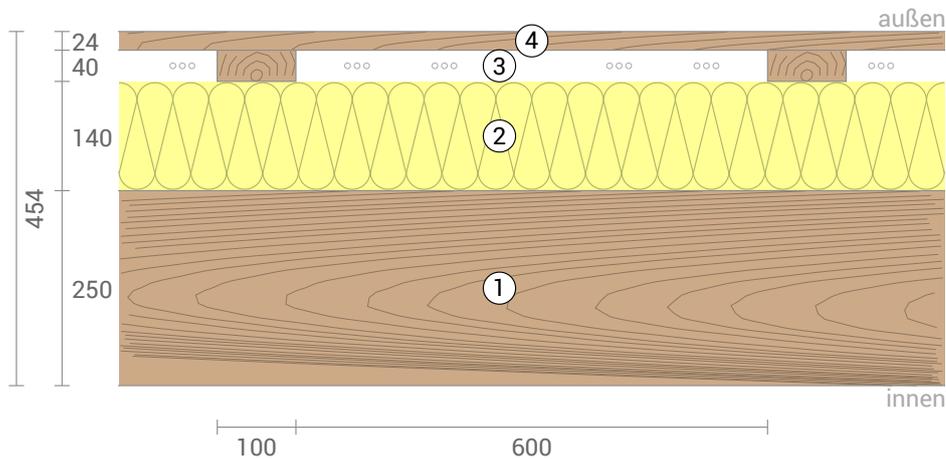
Oberer Grenzwert des Wärmedurchgangswiderstandes $R_{\text{tot,upper}} = 5,677 \text{ m}^2\text{K/W}$.

Unterer Grenzwert des Wärmedurchgangswiderstandes $R_{\text{tot,lower}} = 5,677 \text{ m}^2\text{K/W}$.

Prüfe Anwendbarkeit: $R_{\text{tot,upper}} / R_{\text{tot,lower}} = 1,000$ (maximal erlaubt: 1,5)

Wärmedurchgangswiderstand $R_{\text{tot}} = 5,677 \text{ m}^2\text{K/W}$

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1/R_{\text{tot}} = 0,18 \text{ W/(m}^2\text{K)}$



Ökobilanz

Wärmeverlust: 14 kWh/m² pro Heizperiode



Wärmemenge, die durch einen Quadratmeter dieses Bauteils während der Heizperiode entweicht. Bitte beachten: Wegen interner und solarer Gewinne ist der Heizwärmebedarf geringer als der Wärmeverlust.

Primärenergie (nicht erneuerbar): 163 kWh/m²



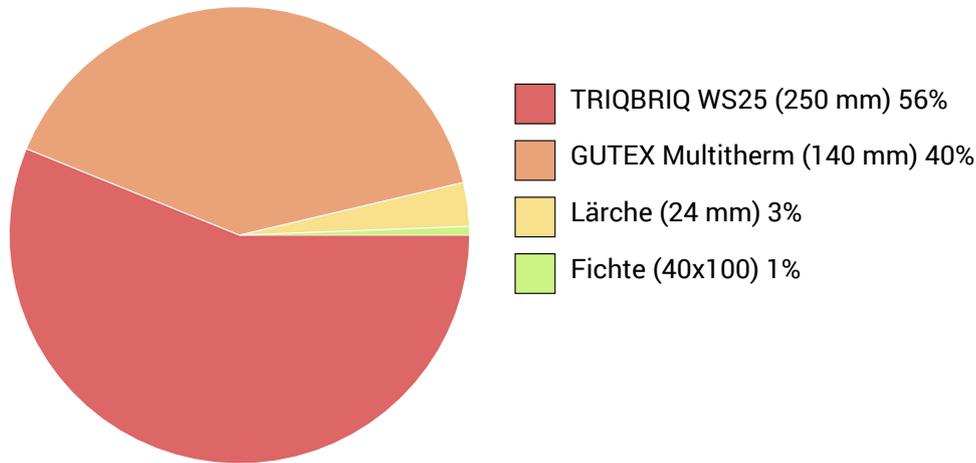
Nicht erneuerbare Primärenergie (=Energie aus fossilen Brennstoffen und Kernenergie) die zur Produktion der verwendeten Baustoffe aufgewendet wurde ("cradle to gate").

Treibhauspotential: -168 kg CO2 Äqv./m²

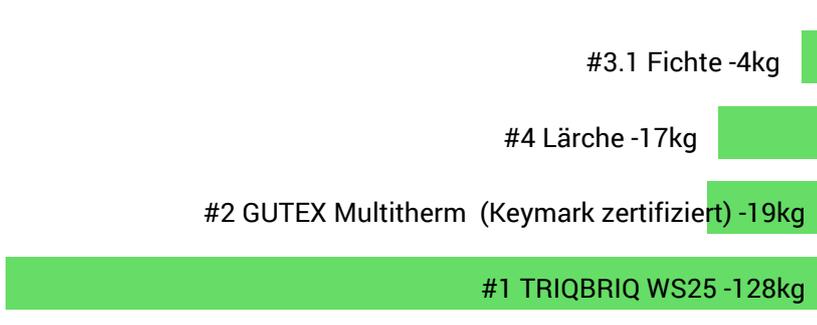


Sehr gut: Für die Produktion der verwendeten Baustoffe wurden der Atmosphäre insgesamt mehr Treibhausgase entzogen als zugeführt.

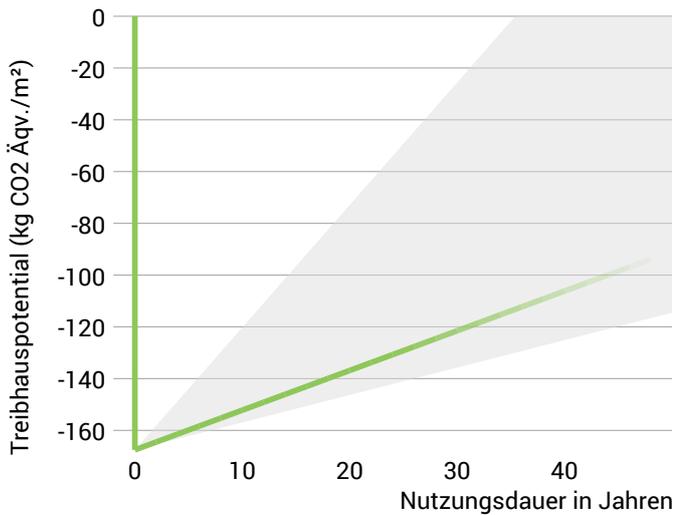
Zusammensetzung des nicht erneuerbaren Primärenergieaufwands der Herstellung:



Zusammensetzung des Treibhauspotentials der Herstellung:



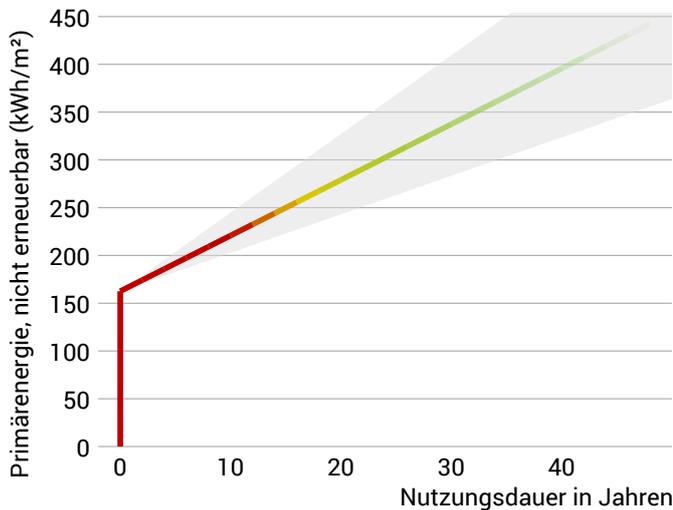
Treibhauspotential und Primärenergie für Bau und Nutzung



Die **Abbildung links** zeigt im senkrechten Teil der Kurve das Treibhauspotential der Herstellung des Bauteils. Die während der Nutzung des Gebäudes entstehenden Treibhausgasemissionen (durch die Beheizung) sind durch die schräg nach oben verlaufende Kurve dargestellt.

Die **Abbildung links unten** zeigt im senkrechten Teil der Kurve den nicht erneuerbaren Primärenergieaufwand für die Herstellung des Bauteils. Die während der Nutzung des Gebäudes benötigte Primärenergie (durch die Beheizung) ist durch die schräg nach oben verlaufende Kurve dargestellt.

Je länger das Bauteil unverändert genutzt wird, umso umweltfreundlicher ist es, weil der Herstellungsaufwand weniger zu den Gesamtemissionen beiträgt (angedeutet durch die Farbe der Kurve).



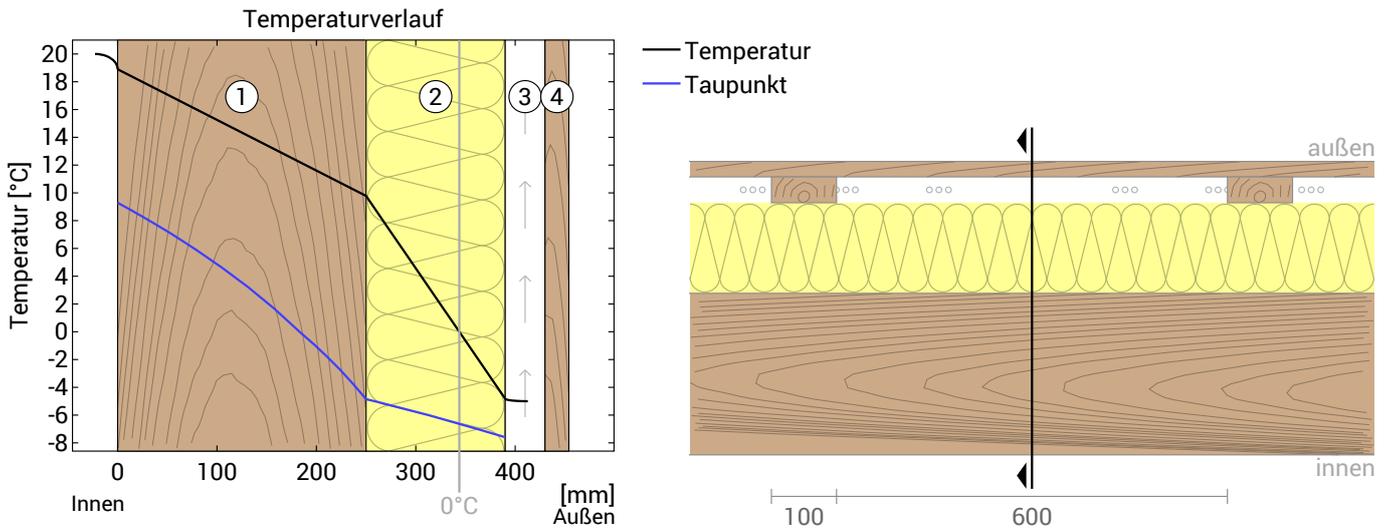
Wegen unbekannter solarer und interner Gewinne kann der Heizwärmebedarf nur geschätzt werden. Dementsprechend sind Primärenergieaufwand und Treibhauspotential während der Nutzungsphase nur ungenau bekannt. Für die Abschätzung wurde angenommen, dass solare und interne Gewinne mit 4 kWh/a/m² Bauteilfläche beitragen. Die hellgrauen Fläche kennzeichnen den Bereich, in dem die Kurve mit großer Sicherheit liegt. Für die Wärmeerzeugung wurde ein Primärenergieaufwand von 0,60 kWh pro kWh Wärme und ein Treibhauspotential von 0,16 kg CO₂ Äqv./m² pro kWh Wärme angesetzt. Wärmequelle: Wärmepumpe (Luft).

Hinweise

Berechnet für den Standort DIN V 18599, Heizperiode von Mitte Oktober bis Ende April. Die Berechnung basiert auf monatlichen Temperatur-Mittelwerten. Quelle: DIN V 18599-10:2007-02

Die dieser Berechnung zugrunde liegenden Klima- und Energiedaten können zum Teil starke Schwankungen aufweisen und im Einzelfall erheblich vom tatsächlichen Wert abweichen.

Temperaturverlauf



- ① TRIQBRIQ WS25 (250 mm)
- ② GUTEX Multitherm (140 mm)
- ③ Hinterlüftung (40 mm)
- ④ Lärche (24 mm)

Links: Verlauf von Temperatur und Taupunkt an der in der rechten Abbildung markierten Stelle. Der Taupunkt kennzeichnet die Temperatur, bei der Wasserdampf kondensieren und Tauwasser entstehen würde. Solange die Temperatur des Bauteils an jeder Stelle über der Taupunkttemperatur liegt, entsteht kein Tauwasser. Falls sich die beiden Kurven berühren, fällt an den Berührungspunkten Tauwasser aus.

Rechts: Maßstäbliche Zeichnung des Bauteils.

Schichten (von innen nach außen)

#	Material	λ [W/mK]	R [m²K/W]	Temperatur [°C]		Gewicht [kg/m²]
				min	max	
	Wärmeübergangswiderstand*		0,250	18,9	20,0	
1	25 cm TRIQBRIQ WS25	0,120	2,083	9,8	18,9	112,5
2	14 cm GUTEX Multitherm (Keymark zertifiziert)	0,042	3,333	-4,8	9,8	19,6
	Wärmeübergangswiderstand*		0,040	-5,0	-4,8	
3	4 cm Hinterlüftung (Außenluft)			-5,0	-5,0	0,0
4	2,4 cm Lärche			-5,0	-5,0	11,0
	45,4 cm Gesamtes Bauteil		5,677			145,7

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

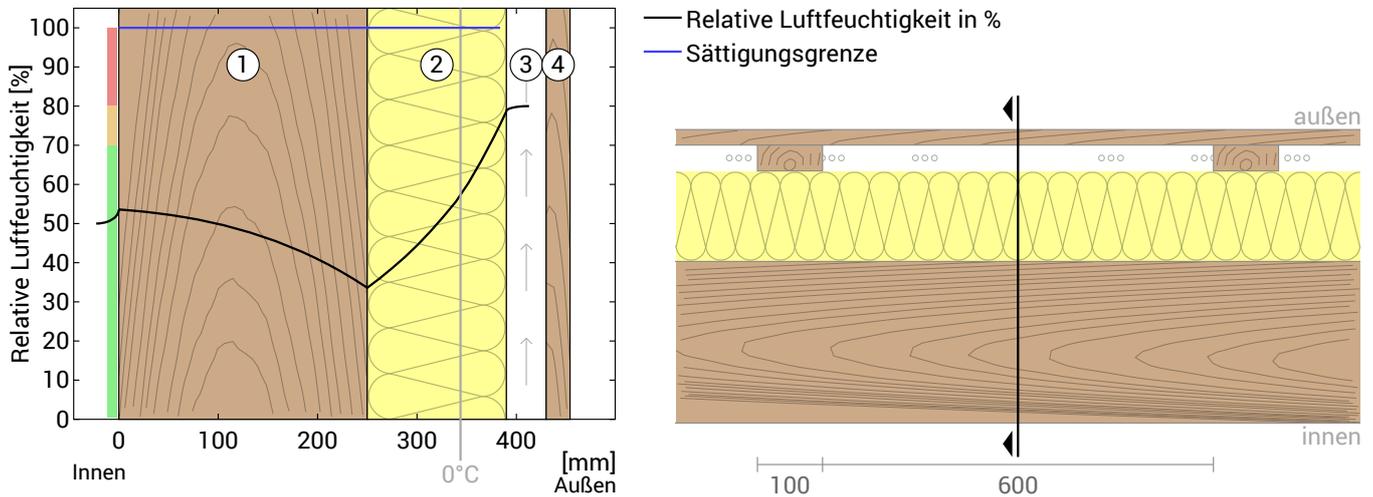
Unter den angenommenen Bedingungen bildet sich kein Tauwasser.

Trocknungsreserve gemäß DIN 4108-3:2018: 1500 g/(m²a)
 Von der DIN 68800-2 mindestens gefordert: 100 g/(m²a)

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser		Gewicht [kg/m²]
			[kg/m²]	[Gew.-%]	
1	25 cm TRIQBRIQ WS25	5,00	-	-	112,5
2	14 cm GUTEX Multitherm (Keymark zertifiziert)	0,56	-	-	19,6
	45,4 cm Gesamtes Bauteil	5,56	0		145,7

Luftfeuchtigkeit

Die Oberflächentemperatur auf der Raumseite beträgt 18,9 °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 TRIQBRIQ WS25 (250 mm)
- ② GUTEX Multitherm (140 mm)
- ③ Hinterlüftung (40 mm)
- ④ Lärche (24 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 [m²K/W]	sd [m]	ρ [kg/m³]	T [°C]	ps [Pa]	Σ sd [m]
	Wärmeübergangswiderstand		0,250					
1	25 cm TRIQBRIQ WS25	0,120	2,083	5	450	18,90	2183	0
2	14 cm GUTEX Multitherm (Keymark zertifiziert)	0,042	3,333	0,56	140	9,78	1209	5
	Wärmeübergangswiderstand		0,040			-4,82	407	5,56

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

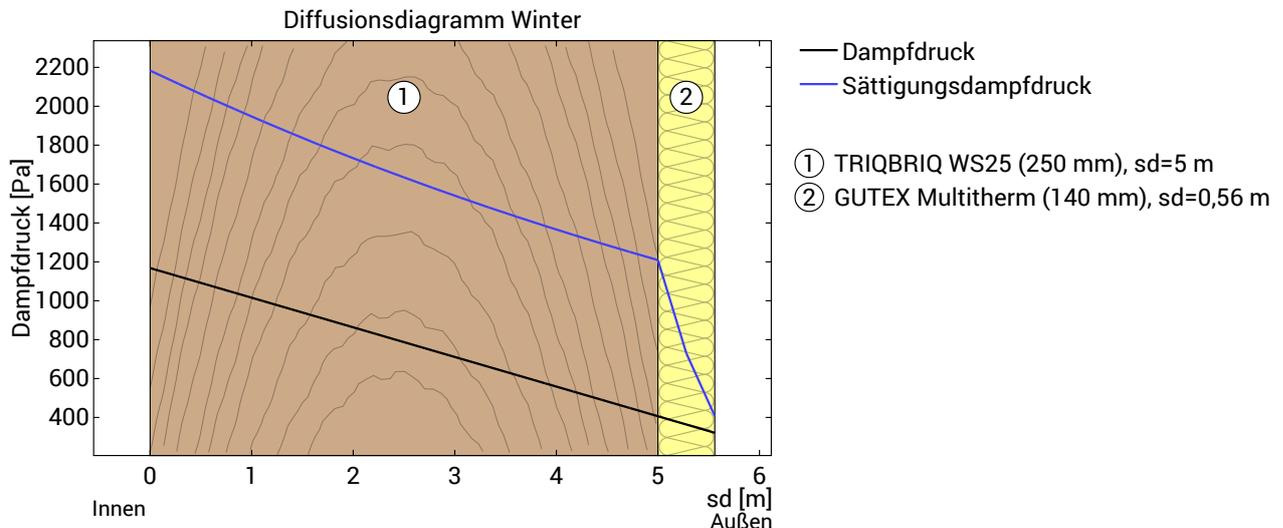
Luftfeuchte an der Bauteiloberfläche

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 = 5,56 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=3,06 m; ps=1530 pa, innerhalb Schicht TRIQBRIQ WS25:

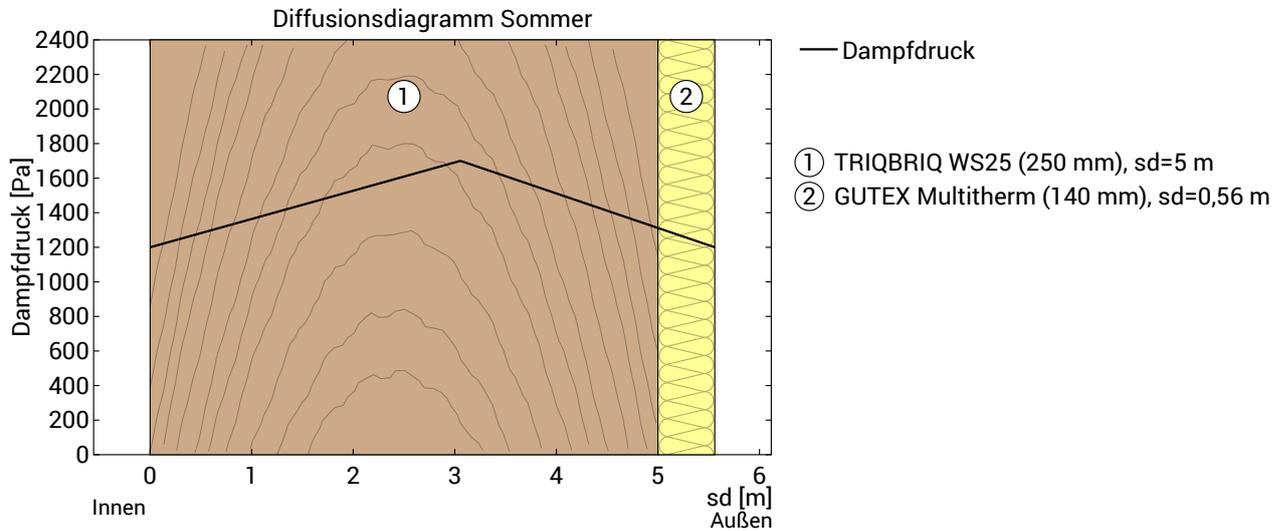
$$M_{ev, Tauperiode} = t_c \cdot \delta_0 \cdot ((p_s - p_i) / s_{d_{ev}} + (p_s - p_e) / (s_{d_e} - s_{d_{ev}})) = 0,935 \text{ kg/m}^2$$

Verdunstungsperiode (Sommer)

Randbedingungen	
Dampfdruck innen	pi = 1200 Pa
Dampfdruck außen	pe = 1200 Pa
Sättigungsdampfdruck in der Tauwasserebene	ps = 1700 Pa
Dauer Verdunstungsperiode (90 Tage)	tev = 7776000 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 $s_d=3,06$ m, innerhalb Schicht TRIQBRIQ WS25:

Verdunstungsmenge: $M_{ev} = \delta_0 \cdot t_{ev} \cdot [(p_s - p_i) / s_d + (p_s - p_e) / (s_{de} - s_d)] = 0,56 \text{ kg/m}^2$



Trocknungsreserve (DIN 68800-2)

Tauwasserfreies Bauteil: Das Verdunstungspotential der Tauperiode wird ebenfalls berücksichtigt.

Trocknungsreserve: $M_r = (M_{ev} + M_{ev, Tauperiode}) \cdot 1000 = 1500 \text{ g/m}^2/\text{a}$

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



Bewertung gemäß DIN 4108-3

Das Bauteil ist diffusionstechnisch zulässig.

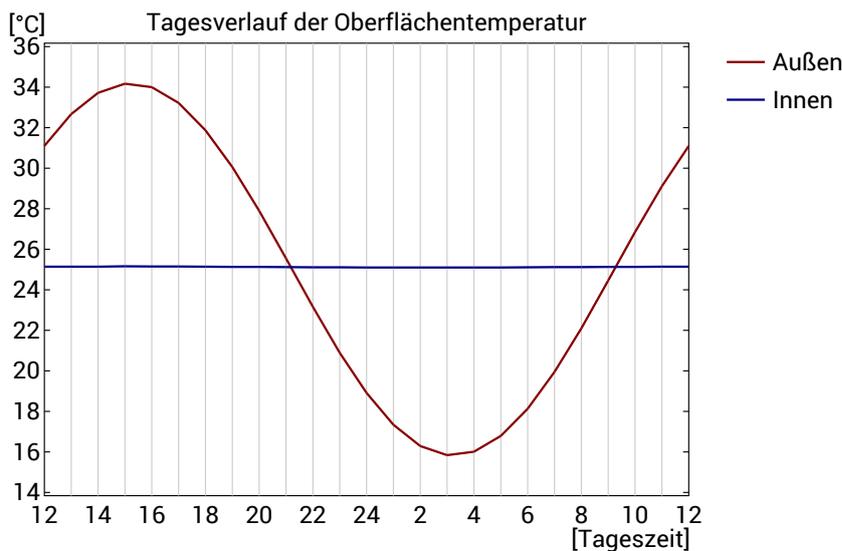
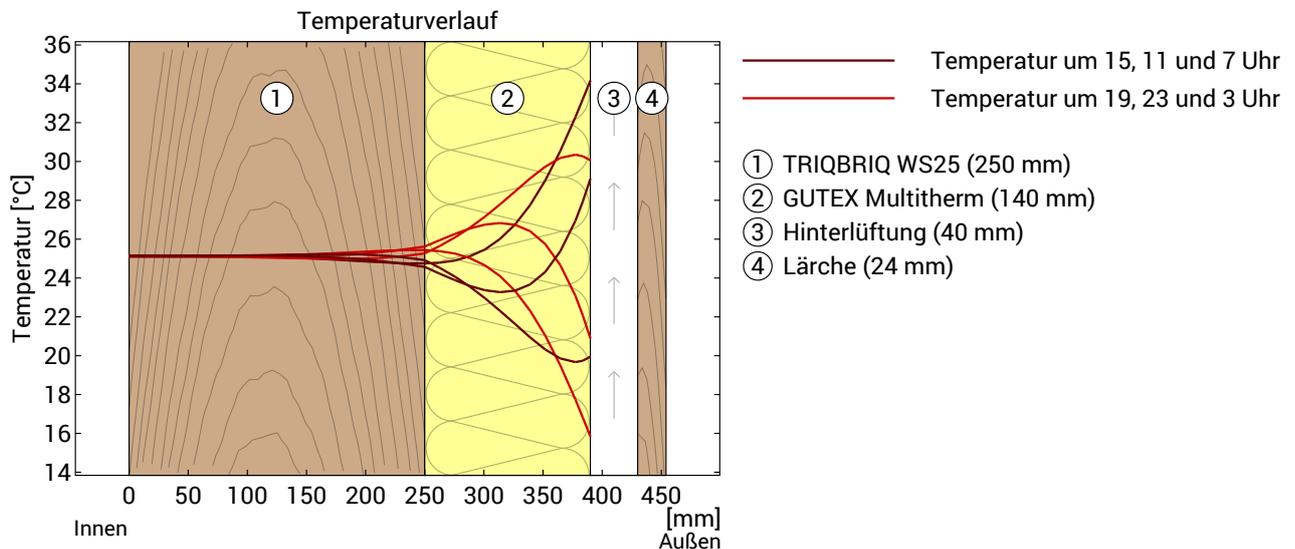
Hinweise

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

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

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	Wärmespeicherefähigkeit (gesamtes Bauteil):	221 kJ/m²K
Amplitudendämpfung**	>100	Wärmespeicherefähigkeit der inneren Schichten:	155 kJ/m²K
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/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.

AW WS25 hinterlüftete Fassade o Kork

Außenwand
erstellt am 31.1.2024

Wärmeschutz

$U = 0,235 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

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



Feuchteschutz

Trocknungsreserve: $1354 \text{ g}/\text{m}^2\text{a}$
Kein Tauwasser



Hitzeschutz

Temperaturamplitudendämpfung: >100
Phasenverschiebung: nicht relevant
Wärmekapazität innen: $135 \text{ kJ}/\text{m}^2\text{K}$



sehr gut

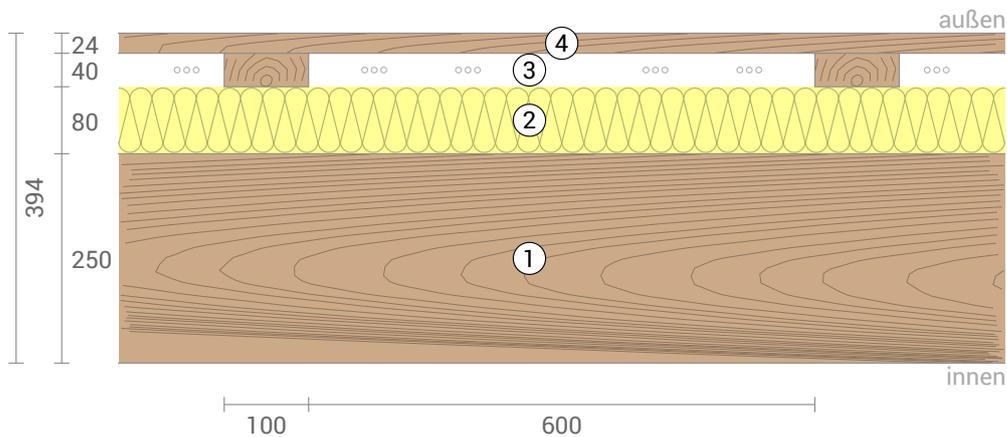
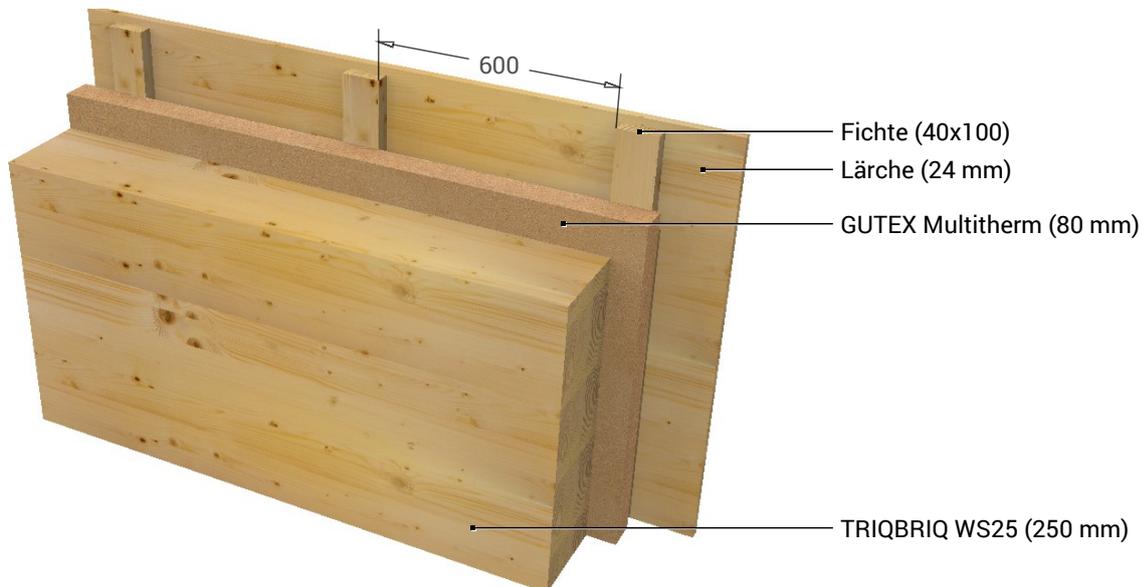
mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft



- ① TRIQBRIQ WS25 (250 mm)
- ② GUTEX Multitherm (80 mm)
- ③ Hinterlüftung (40 mm)
- ④ Lärche (24 mm)

Raumluft: $20,0^\circ\text{C} / 50\%$
Außenluft: $-5,0^\circ\text{C} / 80\%$
Oberflächentemp.: $18,5^\circ\text{C} / -4,8^\circ\text{C}$

sd-Wert: $5,3 \text{ m}$
Trocknungsreserve: $1354 \text{ g}/\text{m}^2\text{a}$

Dicke: $39,4 \text{ cm}$
Gewicht: $137 \text{ kg}/\text{m}^2$
Wärmekapazität: $204 \text{ kJ}/\text{m}^2\text{K}$

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)			0,130
1	TRIQBRIQ WS25	25,00	0,120	2,083
2	GUTEX Multitherm (Keymark zertifiziert)	8,00	0,042	1,905
	Wärmeübergangswiderstand außen (Rse)			0,130

Die Wärmeübergangswiderstände wurden gemäß DIN 6946 Tabelle 7 gewählt.

Rsi: Wärmestromrichtung horizontal

Rse: Wärmestromrichtung horizontal, außen: Hinterlüftungsebene

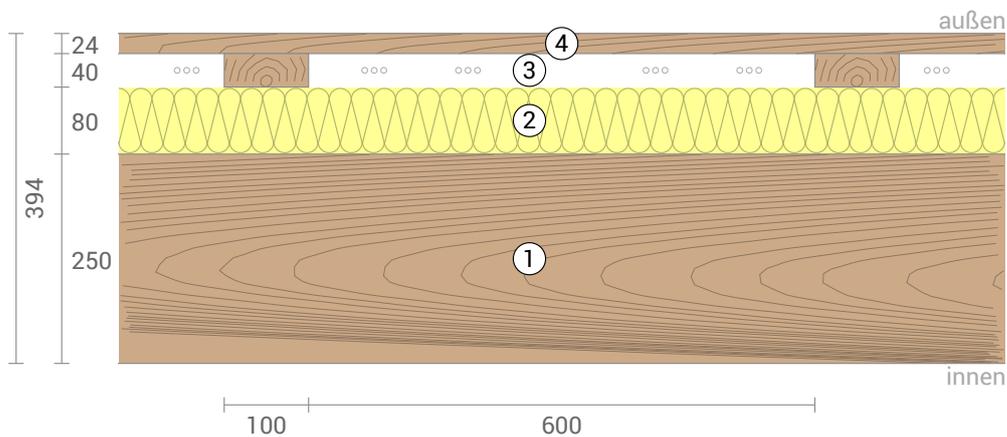
Oberer Grenzwert des Wärmedurchgangswiderstandes $R_{\text{tot;upper}} = 4,248 \text{ m}^2\text{K/W}$.

Unterer Grenzwert des Wärmedurchgangswiderstandes $R_{\text{tot;lower}} = 4,248 \text{ m}^2\text{K/W}$.

Prüfe Anwendbarkeit: $R_{\text{tot;upper}} / R_{\text{tot;lower}} = 1,000$ (maximal erlaubt: 1,5)

Wärmedurchgangswiderstand $R_{\text{tot}} = 4,248 \text{ m}^2\text{K/W}$

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1/R_{\text{tot}} = 0,24 \text{ W/(m}^2\text{K)}$



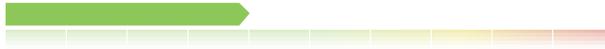
Ökobilanz

Wärmeverlust: 18 kWh/m² pro Heizperiode



Wärmemenge, die durch einen Quadratmeter dieses Bauteils während der Heizperiode entweicht. Bitte beachten: Wegen interner und solarer Gewinne ist der Heizwärmebedarf geringer als der Wärmeverlust.

Primärenergie (nicht erneuerbar): 135 kWh/m²



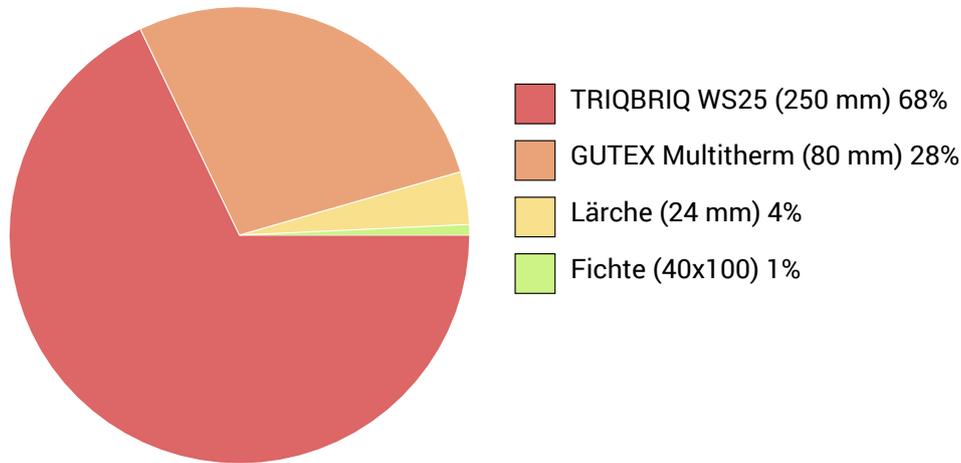
Nicht erneuerbare Primärenergie (=Energie aus fossilen Brennstoffen und Kernenergie) die zur Produktion der verwendeten Baustoffe aufgewendet wurde ("cradle to gate").

Treibhauspotential: -160 kg CO2 Äqv./m²

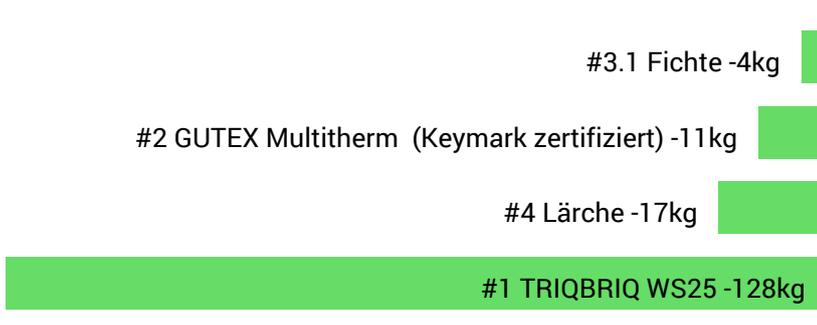


Sehr gut: Für die Produktion der verwendeten Baustoffe wurden der Atmosphäre insgesamt mehr Treibhausgase entzogen als zugeführt.

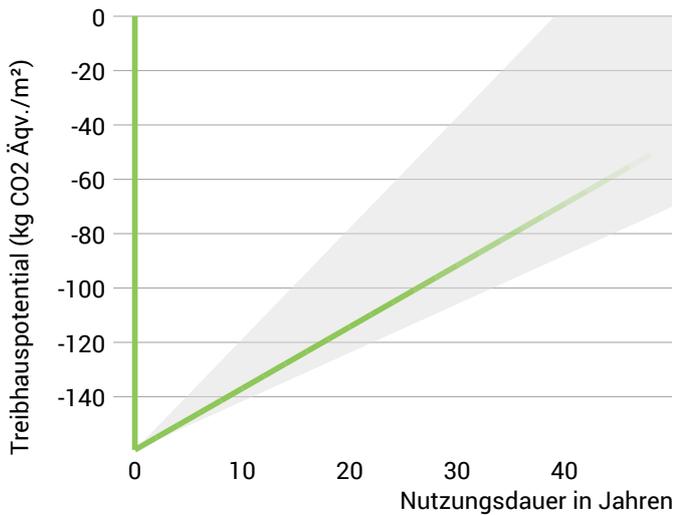
Zusammensetzung des nicht erneuerbaren Primärenergieaufwands der Herstellung:



Zusammensetzung des Treibhauspotentials der Herstellung:



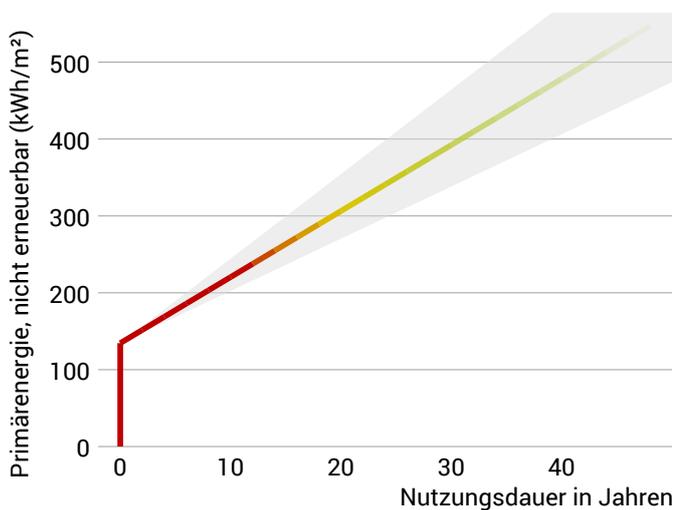
Treibhauspotential und Primärenergie für Bau und Nutzung



Die **Abbildung links** zeigt im senkrechten Teil der Kurve das Treibhauspotential der Herstellung des Bauteils. Die während der Nutzung des Gebäudes entstehenden Treibhausgasemissionen (durch die Beheizung) sind durch die schräg nach oben verlaufende Kurve dargestellt.

Die **Abbildung links unten** zeigt im senkrechten Teil der Kurve den nicht erneuerbaren Primärenergieaufwand für die Herstellung des Bauteils. Die während der Nutzung des Gebäudes benötigte Primärenergie (durch die Beheizung) ist durch die schräg nach oben verlaufende Kurve dargestellt.

Je länger das Bauteil unverändert genutzt wird, umso umweltfreundlicher ist es, weil der Herstellungsaufwand weniger zu den Gesamtemissionen beiträgt (angedeutet durch die Farbe der Kurve).



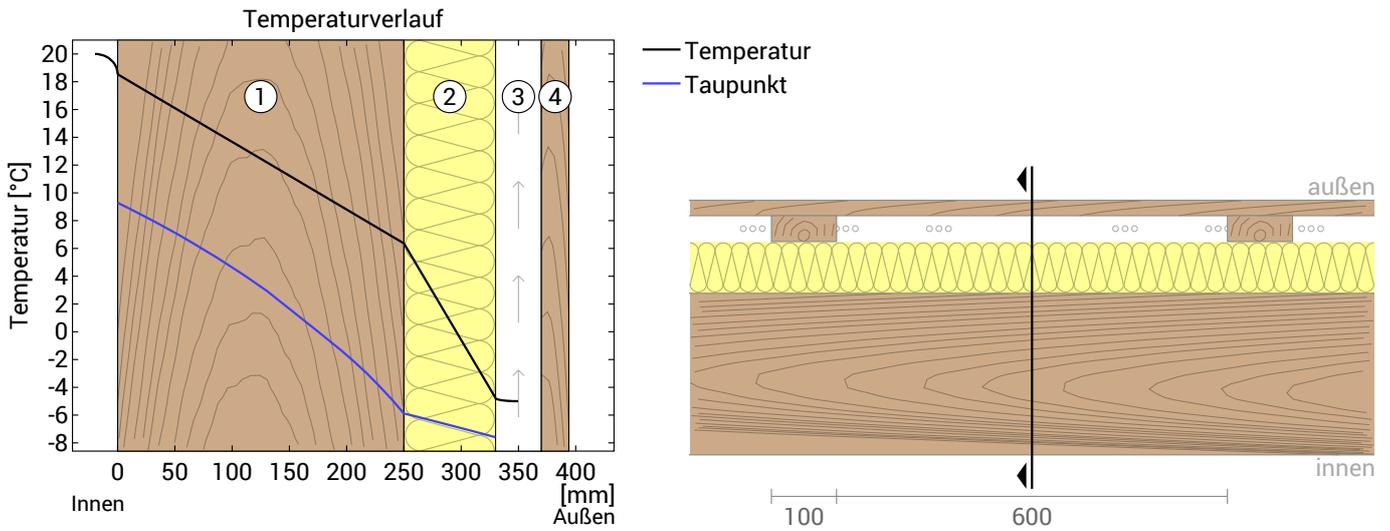
Wegen unbekannter solarer und interner Gewinne kann der Heizwärmebedarf nur geschätzt werden. Dementsprechend sind Primärenergieaufwand und Treibhauspotential während der Nutzungsphase nur ungenau bekannt. Für die Abschätzung wurde angenommen, dass solare und interne Gewinne mit $4 \text{ kWh}/\text{a}/\text{m}^2$ Bauteilfläche beitragen. Die hellgrauen Fläche kennzeichnen den Bereich, in dem die Kurve mit großer Sicherheit liegt. Für die Wärmeerzeugung wurde ein Primärenergieaufwand von $0,60 \text{ kWh}$ pro kWh Wärme und ein Treibhauspotential von $0,16 \text{ kg CO}_2 \text{ Äqv}/\text{m}^2$ pro kWh Wärme angesetzt. Wärmequelle: Wärmepumpe (Luft).

Hinweise

Berechnet für den Standort DIN V 18599, Heizperiode von Mitte Oktober bis Ende April. Die Berechnung basiert auf monatlichen Temperatur-Mittelwerten. Quelle: DIN V 18599-10:2007-02

Die dieser Berechnung zugrunde liegenden Klima- und Energiedaten können zum Teil starke Schwankungen aufweisen und im Einzelfall erheblich vom tatsächlichen Wert abweichen.

Temperaturverlauf



- ① TRIQBRIQ WS25 (250 mm) ③ Hinterlüftung (40 mm)
- ② GUTEX Multitherm (80 mm) ④ Lärche (24 mm)

Links: Verlauf von Temperatur und Taupunkt an der in der rechten Abbildung markierten Stelle. Der Taupunkt kennzeichnet die Temperatur, bei der Wasserdampf kondensieren und Tauwasser entstehen würde. Solange die Temperatur des Bauteils an jeder Stelle über der Taupunkttemperatur liegt, entsteht kein Tauwasser. Falls sich die beiden Kurven berühren, fällt an den Berührungspunkten Tauwasser aus.

Rechts: Maßstäbliche Zeichnung des Bauteils.

Schichten (von innen nach außen)

#	Material	λ [W/mK]	R [m²K/W]	Temperatur [°C]		Gewicht [kg/m²]
				min	max	
	Wärmeübergangswiderstand*		0,250	18,5	20,0	
1	25 cm TRIQBRIQ WS25	0,120	2,083	6,4	18,5	112,5
2	8 cm GUTEX Multitherm (Keymark zertifiziert)	0,042	1,905	-4,8	6,4	11,2
	Wärmeübergangswiderstand*		0,040	-5,0	-4,8	
3	4 cm Hinterlüftung (Außenluft)			-5,0	-5,0	0,0
4	2,4 cm Lärche			-5,0	-5,0	11,0
	39,4 cm Gesamtes Bauteil		4,248			137,3

*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): -4,8°C -4,8°C -4,8°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.

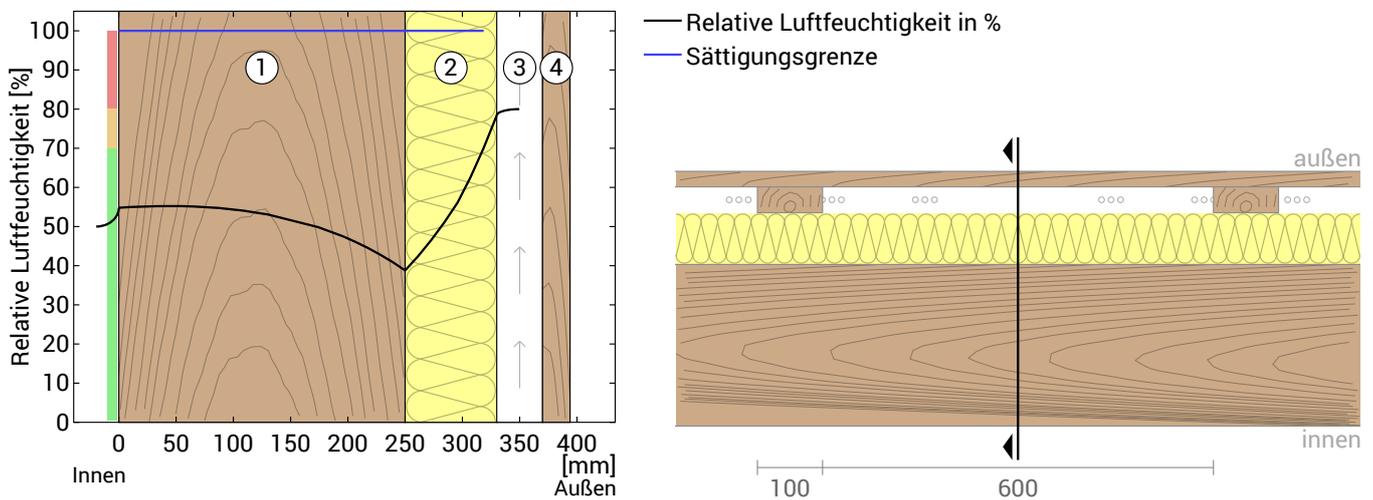
Trocknungsreserve gemäß DIN 4108-3:2018: 1354 g/(m²a)
 Von der DIN 68800-2 mindestens gefordert: 100 g/(m²a)

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser		Gewicht [kg/m²]
			[kg/m²]	[Gew.-%]	
1	25 cm TRIQBRIQ WS25	5,00	-	-	112,5
2	8 cm GUTEX Multitherm (Keymark zertifiziert)	0,32	-	-	11,2
	39,4 cm Gesamtes Bauteil	5,32	0		137,3

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.



- ① TRIQBRIQ WS25 (250 mm)
- ② GUTEX Multitherm (80 mm)
- ③ Hinterlüftung (40 mm)
- ④ Lärche (24 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 [m²K/W]	sd [m]	ρ [kg/m³]	T [°C]	ps [Pa]	Σ sd [m]
	Wärmeübergangswiderstand		0,250					
1	25 cm TRIQBRIQ WS25	0,120	2,083	5	450	18,54	2135	0
2	8 cm GUTEX Multitherm (Keymark zertifiziert)	0,042	1,905	0,32	140	6,36	959	5
	Wärmeübergangswiderstand		0,040			-4,77	409	5,32

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

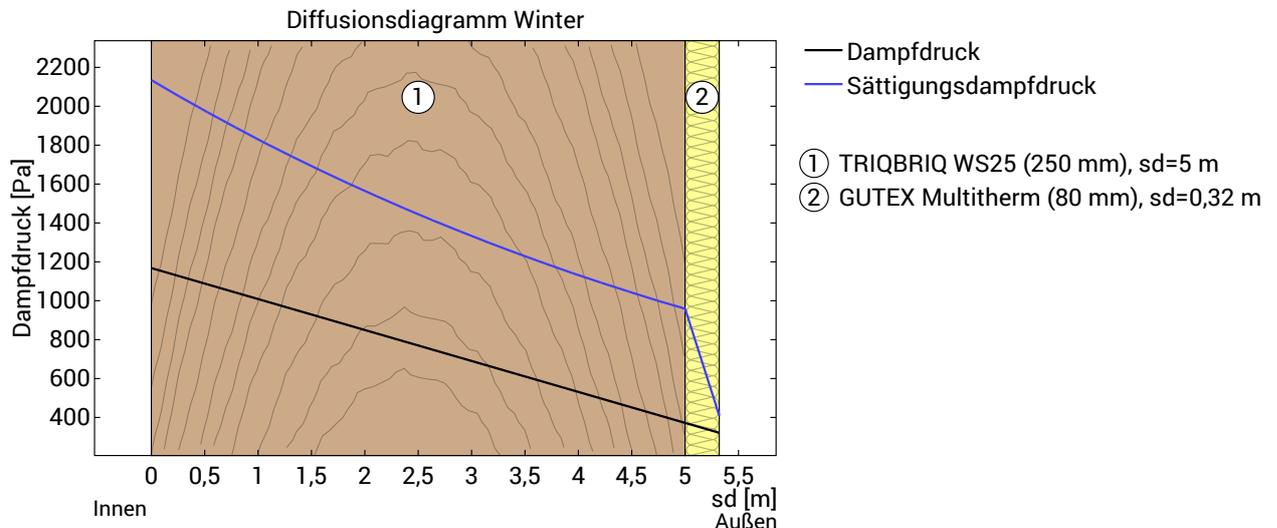
Luftfeuchte an der Bauteiloberfläche

Die relative Luftfeuchtigkeit auf der raumseitigen Bauteiloberfläche beträgt 55%. 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 = 5,32 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=2,89 m; ps=1356 pa, innerhalb Schicht TRIQBRIQ WS25:

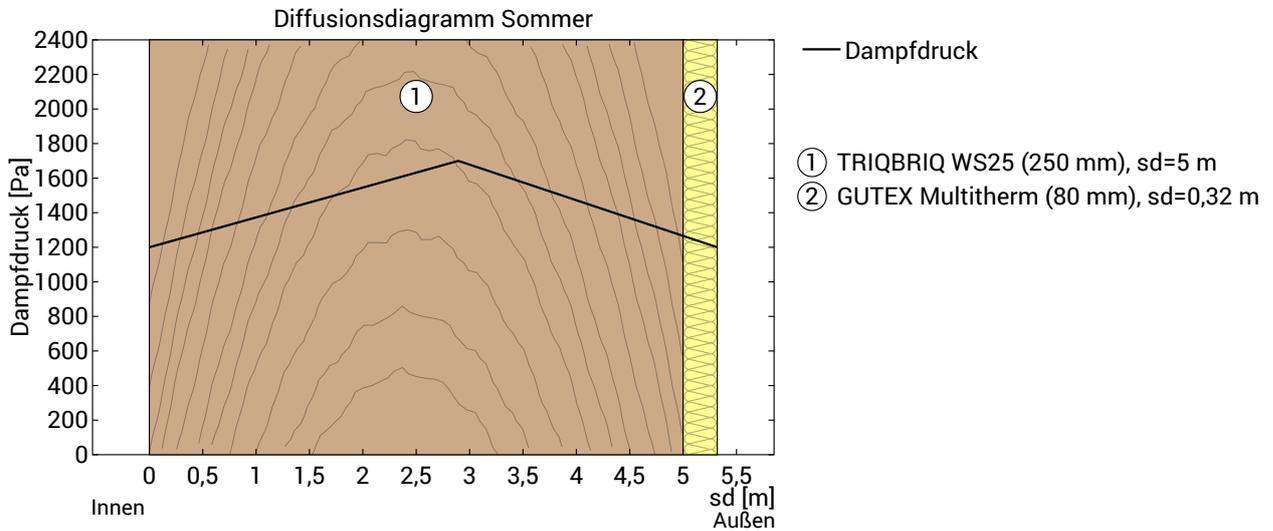
$$M_{ev, \text{Tauperiode}} = t_c \cdot \delta_0 \cdot ((p_s - p_i) / s_{d_{ev}} + (p_s - p_e) / (s_{d_e} - s_{d_{ev}})) = 0,765 \text{ kg/m}^2$$

Verdunstungsperiode (Sommer)

Randbedingungen	
Dampfdruck innen	pi = 1200 Pa
Dampfdruck außen	pe = 1200 Pa
Sättigungsdampfdruck in der Tauwasserebene	ps = 1700 Pa
Dauer Verdunstungsperiode (90 Tage)	tev = 7776000 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 $s_d=2,89$ m, innerhalb Schicht TRIQBRIQ WS25:

Verdunstungsmenge: $M_{ev} = \delta_0 \cdot \tau_{ev} \cdot \left[\frac{(p_s - p_i)}{s_d} + \frac{(p_s - p_e)}{(s_{de} - s_d)} \right] = 0,59 \text{ kg/m}^2$



Trocknungsreserve (DIN 68800-2)

Tauwasserfreies Bauteil: Das Verdunstungspotential der Tauperiode wird ebenfalls berücksichtigt.

Trocknungsreserve: $M_r = (M_{ev} + M_{ev, Tauperiode}) \cdot 1000 = 1354 \text{ g/m}^2/\text{a}$

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



Bewertung gemäß DIN 4108-3

Das Bauteil ist diffusionstechnisch zulässig.

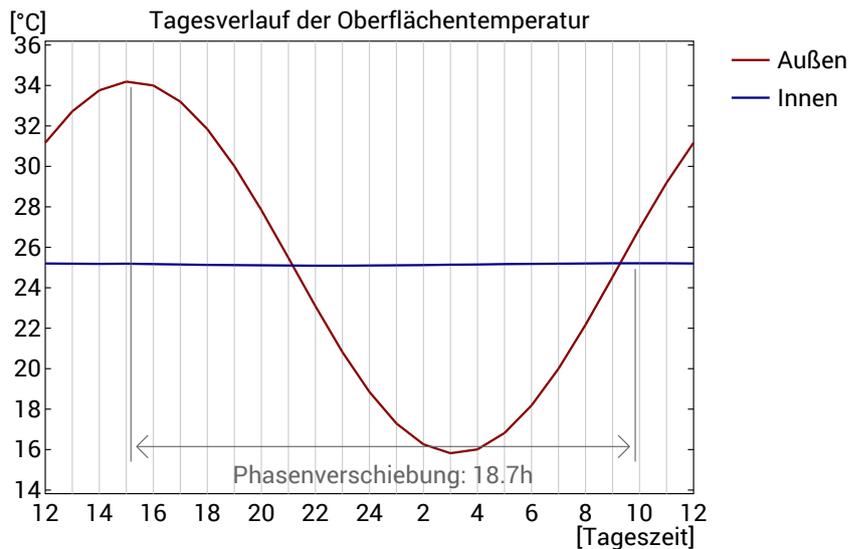
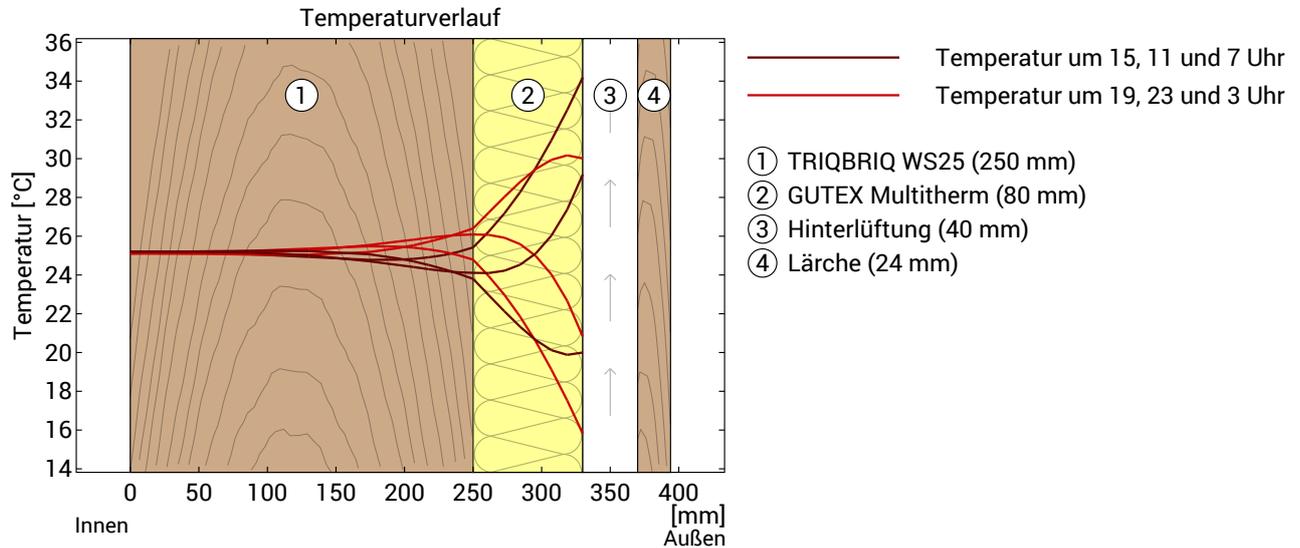
Hinweise

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

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

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	Wärmespeicherkapazität (gesamtes Bauteil):	204 kJ/m²K
Amplitudendämpfung**	>100	Wärmespeicherkapazität der inneren Schichten:	135 kJ/m²K
TAV***	0,006		

* 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/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.

AW WS25 hinterlüftete Fassade WS 54 cm

Außenwand
erstellt am 22.9.2023

Wärmeschutz

$U = 0,136 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

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

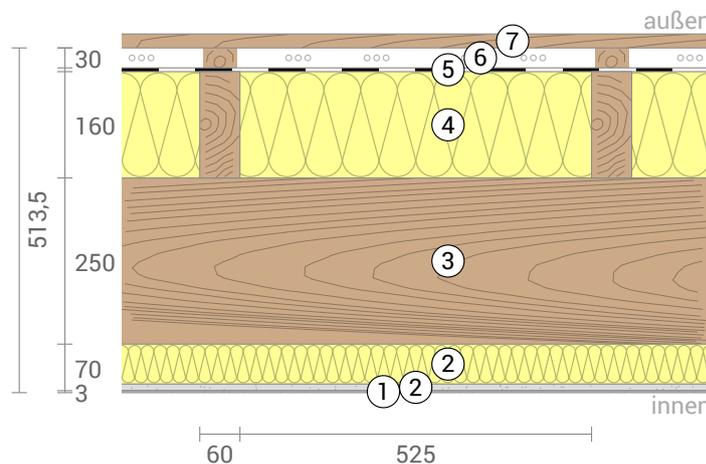
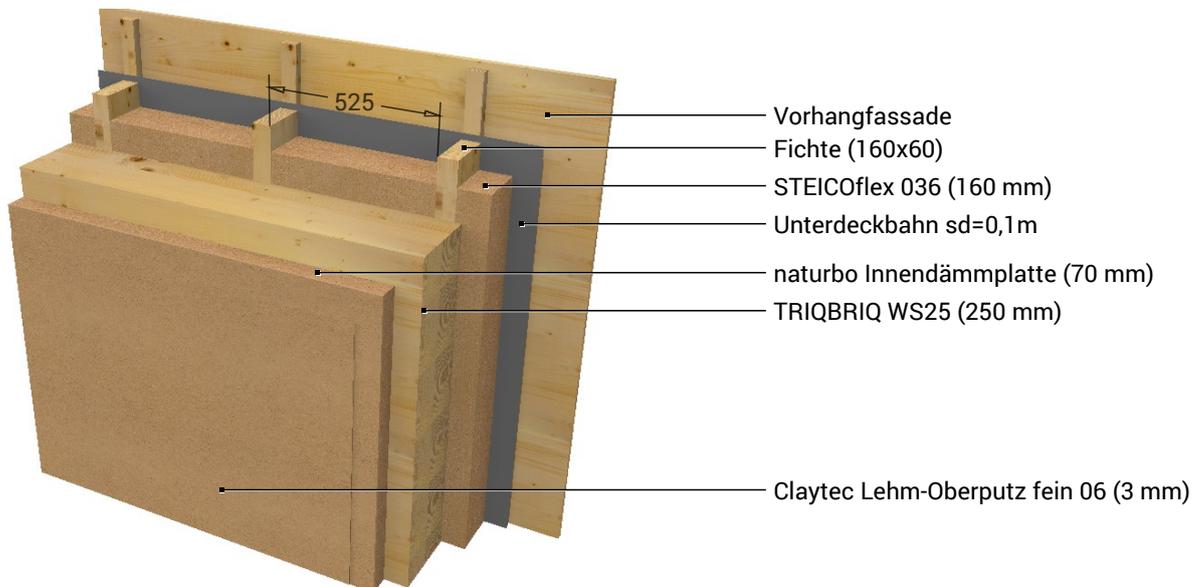


Feuchteschutz

Trocknungsreserve: $1206 \text{ g}/\text{m}^2\text{a}$
Kein Tauwasser

Hitzeschutz

Temperaturamplitudendämpfung: >100
Phasenverschiebung: nicht relevant
Wärmekapazität innen: $163 \text{ kJ}/\text{m}^2\text{K}$



- ① Claytec Lehm-Oberputz fein 06 (3 mm)
- ④ STEICOflex 036 (160 mm)
- ⑦ Vorhangfassade
- ② naturbo Innendämmplatte (70 mm)
- ⑤ Unterdeckbahn $sd=0,1\text{m}$
- ⑥ Hinterlüftung
- ③ TRIQBRIQ WS25 (250 mm)

Raumluft: $20,0^\circ\text{C} / 50\%$	sd-Wert: $5,9 \text{ m}$	Dicke: $53,4 \text{ cm}$
Außenluft: $-5,0^\circ\text{C} / 80\%$	Trocknungsreserve: $1206 \text{ g}/\text{m}^2\text{a}$	Gewicht: $171 \text{ kg}/\text{m}^2$
Oberflächentemp.: $19,1^\circ\text{C} / -4,9^\circ\text{C}$		Wärmekapazität: $254 \text{ kJ}/\text{m}^2\text{K}$

- 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 [m²K/W]
	Wärmeübergangswiderstand innen (Rsi)			0,130
1	Claytec Lehm-Oberputz fein 06	0,30	0,910	0,003
2	naturbo Innendämmplatte: Lehmputz	1,00	0,760	0,013
	naturbo Innendämmplatte: Holzweichfaser	6,00	0,042	1,429
3	TRIQBRIQ WS25	25,00	0,120	2,083
4	STEICOflex 036	16,00	0,038	4,211
	Fichte (10%)	16,00	0,130	1,231
5	Unterdeckbahn sd=0,1m	0,05	0,500	0,001
	Wärmeübergangswiderstand außen (Rse)			0,130

Die Wärmeübergangswiderstände wurden gemäß DIN 6946 Tabelle 7 gewählt.

Rsi: Wärmestromrichtung horizontal

Rse: Wärmestromrichtung horizontal, außen: Hinterlüftete Vorhangfassade

Oberer Grenzwert des Wärmedurchgangswiderstandes $R_{\text{tot;upper}} = 7,541 \text{ m}^2\text{K/W}$.

Unterer Grenzwert des Wärmedurchgangswiderstandes $R_{\text{tot;lower}} = 7,162 \text{ m}^2\text{K/W}$.

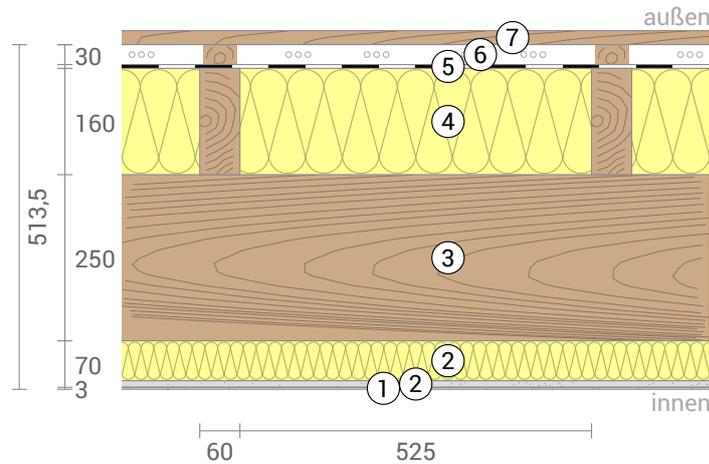
Prüfe Anwendbarkeit: $R_{\text{tot;upper}} / R_{\text{tot;lower}} = 1,053$ (maximal erlaubt: 1,5)

Das Verfahren darf angewendet werden.

Wärmedurchgangswiderstand $R_{\text{tot}} = (R_{\text{tot;upper}} + R_{\text{tot;lower}})/2 = 7,352 \text{ m}^2\text{K/W}$

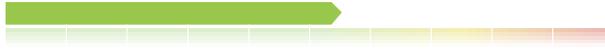
Abschätzung des maximalen relativen Fehlers nach Absatz 6.7.2.5: 2,6%

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



Ökobilanz

Wärmeverlust: 11 kWh/m² pro Heizperiode



Wärmemenge, die durch einen Quadratmeter dieses Bauteils während der Heizperiode entweicht. Bitte beachten: Wegen interner und solarer Gewinne ist der Heizwärmebedarf geringer als der Wärmeverlust.

Primärenergie (nicht erneuerbar): 175 kWh/m²



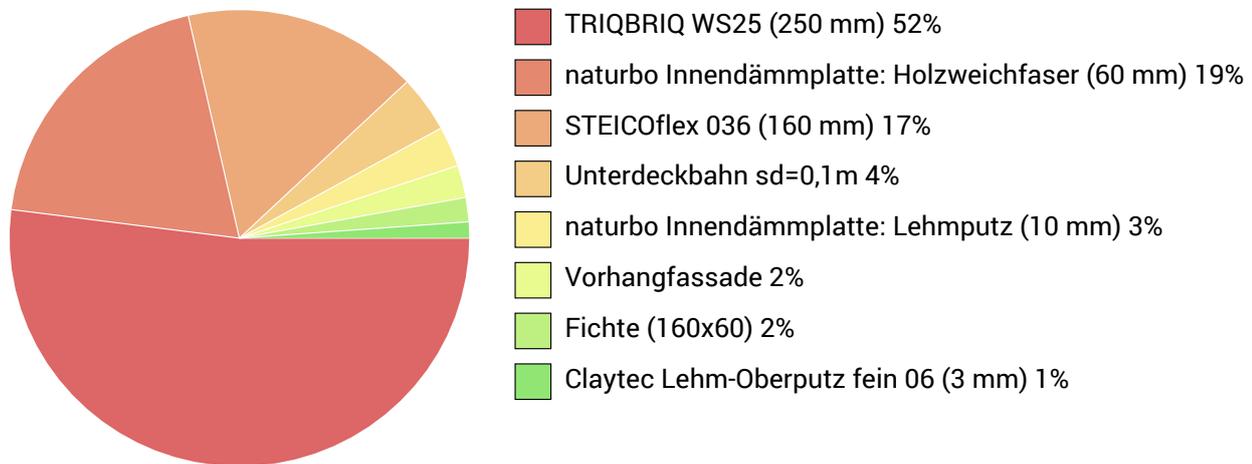
Nicht erneuerbare Primärenergie (=Energie aus fossilen Brennstoffen und Kernenergie) die zur Produktion der verwendeten Baustoffe aufgewendet wurde ("cradle to gate").

Treibhauspotential: -168 kg CO2 Äqv./m²

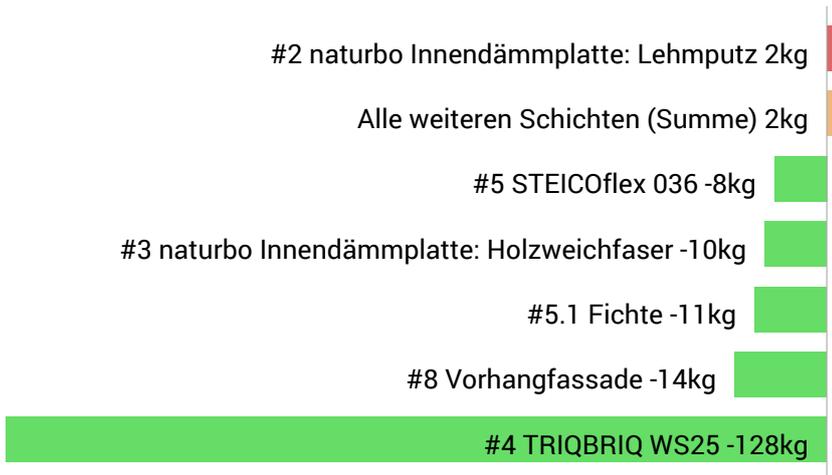


Sehr gut: Für die Produktion der verwendeten Baustoffe wurden der Atmosphäre insgesamt mehr Treibhausgase entzogen als zugeführt.

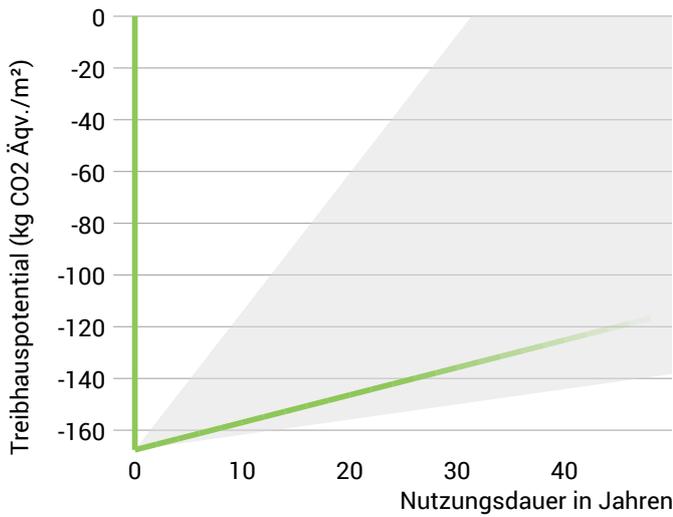
Zusammensetzung des nicht erneuerbaren Primärenergieaufwands der Herstellung:



Zusammensetzung des Treibhauspotentials der Herstellung:



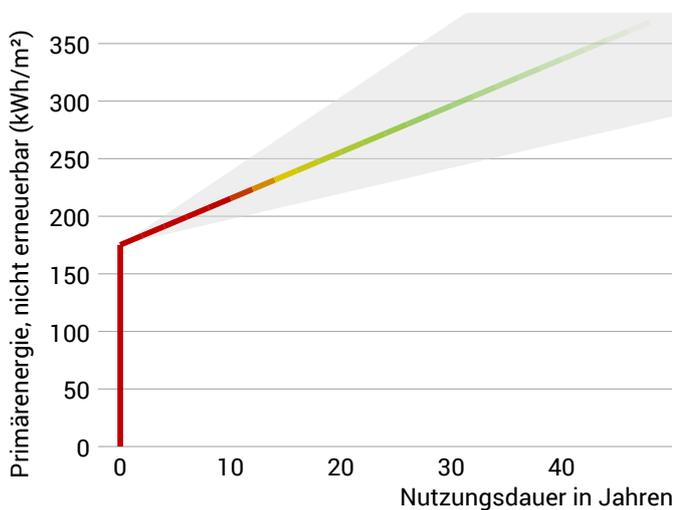
Treibhauspotential und Primärenergie für Bau und Nutzung



Die **Abbildung links** zeigt im senkrechten Teil der Kurve das Treibhauspotential der Herstellung des Bauteils. Die während der Nutzung des Gebäudes entstehenden Treibhausgasemissionen (durch die Beheizung) sind durch die schräg nach oben verlaufende Kurve dargestellt.

Die **Abbildung links unten** zeigt im senkrechten Teil der Kurve den nicht erneuerbaren Primärenergieaufwand für die Herstellung des Bauteils. Die während der Nutzung des Gebäudes benötigte Primärenergie (durch die Beheizung) ist durch die schräg nach oben verlaufende Kurve dargestellt.

Je länger das Bauteil unverändert genutzt wird, umso umweltfreundlicher ist es, weil der Herstellungsaufwand weniger zu den Gesamtemissionen beiträgt (angedeutet durch die Farbe der Kurve).



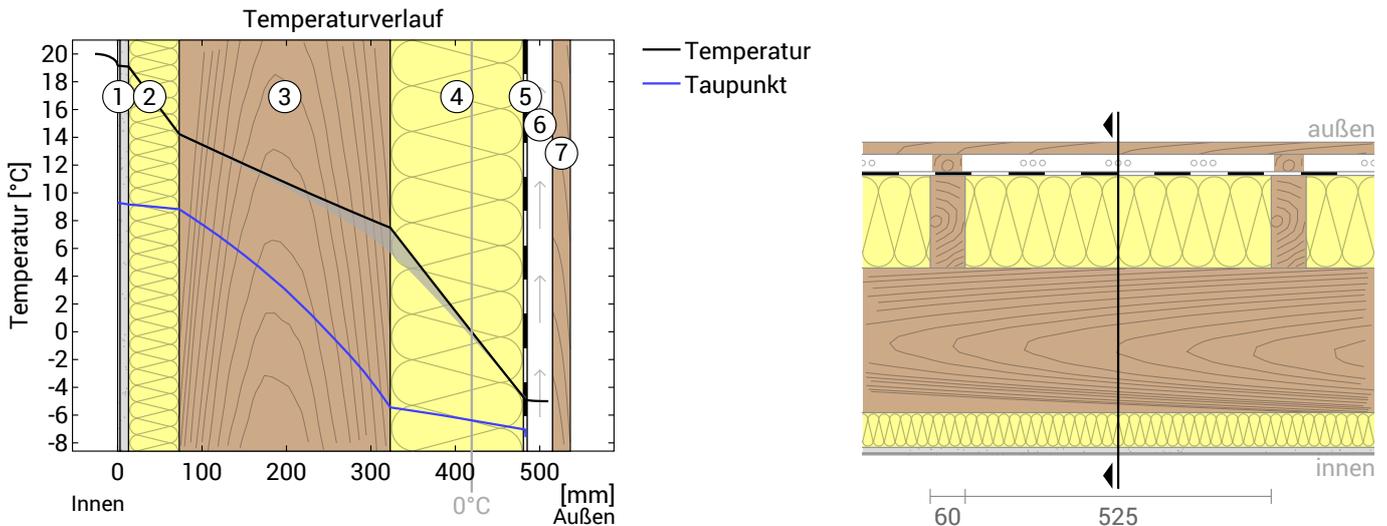
Wegen unbekannter solarer und interner Gewinne kann der Heizwärmebedarf nur geschätzt werden. Dementsprechend sind Primärenergieaufwand und Treibhauspotential während der Nutzungsphase nur ungenau bekannt. Für die Abschätzung wurde angenommen, dass solare und interne Gewinne mit 4 kWh/a/m² Bauteilfläche beitragen. Die hellgrauen Fläche kennzeichnen den Bereich, in dem die Kurve mit großer Sicherheit liegt. Für die Wärmeerzeugung wurde ein Primärenergieaufwand von 0,60 kWh pro kWh Wärme und ein Treibhauspotential von 0,16 kg CO₂ Äqv./m² pro kWh Wärme angesetzt. Wärmequelle: Wärmepumpe (Luft).

Hinweise

Berechnet für den Standort DIN V 18599, Heizperiode von Mitte Oktober bis Ende April. Die Berechnung basiert auf monatlichen Temperatur-Mittelwerten. Quelle: DIN V 18599-10:2007-02

Die dieser Berechnung zugrunde liegenden Klima- und Energiedaten können zum Teil starke Schwankungen aufweisen und im Einzelfall erheblich vom tatsächlichen Wert abweichen.

Temperaturverlauf



- ① Claytec Lehm-Oberputz fein 06 (3 mm)
- ② naturbo Innendämmplatte (70 mm)
- ③ TRIQBRIQ WS25 (250 mm)
- ④ STEICOflex 036 (160 mm)
- ⑤ Unterdeckbahn sd=0,1m
- ⑥ Hinterlüftung

- ⑦ Vorhangfassade

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	19,1	20,0	
1	0,3 cm Claytec Lehm-Oberputz fein 06	0,910	0,003	19,1	19,1	5,4
2	1 cm naturbo Innendämmplatte: Lehmputz	0,760	0,013	19,1	19,1	17,0
	6 cm naturbo Innendämmplatte: Holzweichfaser	0,042	1,429	14,1	19,1	10,2
3	25 cm TRIQBRIQ WS25	0,120	2,083	5,7	14,2	112,5
4	16 cm STEICOflex 036	0,038	4,211	-4,9	7,5	8,6
	16 cm Fichte (10%)	0,130	1,231	-4,7	6,0	7,4
5	0,05 cm Unterdeckbahn sd=0,1m	0,500	0,001	-4,9	-4,7	0,4
	Wärmeübergangswiderstand*		0,040	-5,0	-4,7	
6	Hinterlüftung (Außenluft)			-5,0	-5,0	0,0
7	Vorhangfassade			-5,0	-5,0	9,5
53,45 cm Gesamtes Bauteil			7,262			170,9

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

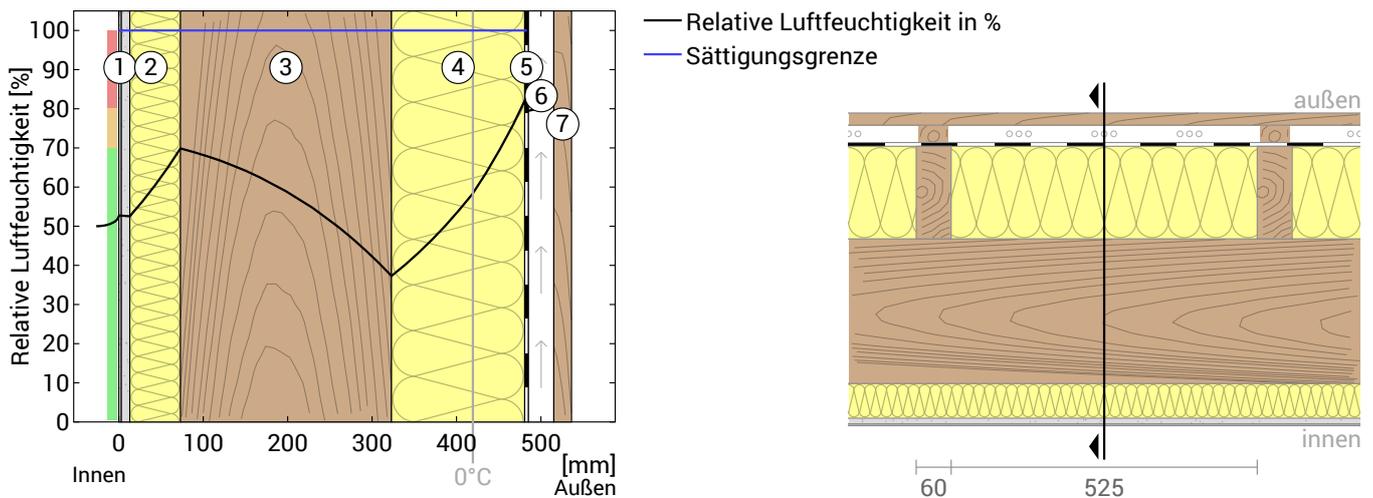
Trocknungsreserve gemäß DIN 4108-3:2018: 1206 g/(m²a)
 Von der DIN 68800-2 mindestens gefordert: 100 g/(m²a)

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser [kg/m²] [Gew.-%]	Gewicht [kg/m²]
1	0,3 cm Claytec Lehm-Oberputz fein 06	0,02	-	5,4
2	1 cm naturbo Innendämmplatte: Lehmputz	0,05	-	17,0
	6 cm naturbo Innendämmplatte: Holzweichfaser	0,18	-	10,2
3	25 cm TRIQBRIQ WS25	5,00	-	112,5
4	16 cm STEICOflex 036	0,32	-	8,6
	16 cm Fichte (10%)	8,00	-	7,4
5	0,05 cm Unterdeckbahn sd=0,1m	0,10	-	0,4
	53,45 cm Gesamtes Bauteil	5,94	0	170,9

Luftfeuchtigkeit

Die Oberflächentemperatur auf der Raumseite beträgt 19,1 °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 Lehm-Oberputz fein 06 (3 mm)
- ② naturbo Innendämmplatte (70 mm)
- ③ TRIQBRIQ WS25 (250 mm)
- ④ STEICOflex 036 (160 mm)
- ⑤ Unterdeckbahn sd=0,1m
- ⑥ Hinterlüftung

⑦ Vorhangfassade

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 [m²K/W]	sd [m]	ρ [kg/m³]	T [°C]	ps [Pa]	Σ sd [m]
Wärmeübergangswiderstand			0,250					
1	0,3 cm Claytec Lehm-Oberputz fein 06	0,910	0,003	0,02	1800	19,22	2227	0
2	1 cm naturbo Innendämmplatte: Lehmputz	0,760	0,013	0,05	1700	19,21	2226	0,02
	6 cm naturbo Innendämmplatte: Holzweichfaser	0,042	1,429	0,18	170	19,17	2220	0,07
3	25 cm TRIQBRIQ WS25	0,120	2,083	5	450	14,72	1675	0,25
4	16 cm STEICoflex 036	0,038	4,211	0,32	60	8,24	1090	5,25
5	0,05 cm Unterdeckbahn sd=0,1m	0,500	0,001	0,1	700	-4,87	406	5,57
Wärmeübergangswiderstand			0,040			-4,88	405	5,67

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

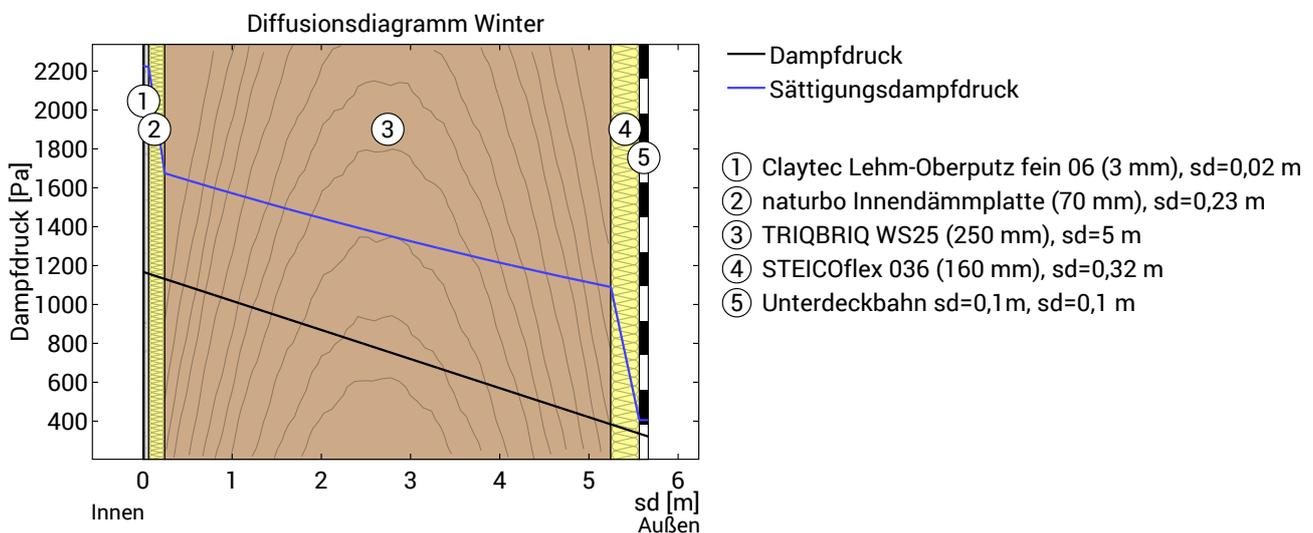
Luftfeuchte an der Bauteiloberfläche

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	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 = 5,67 m



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



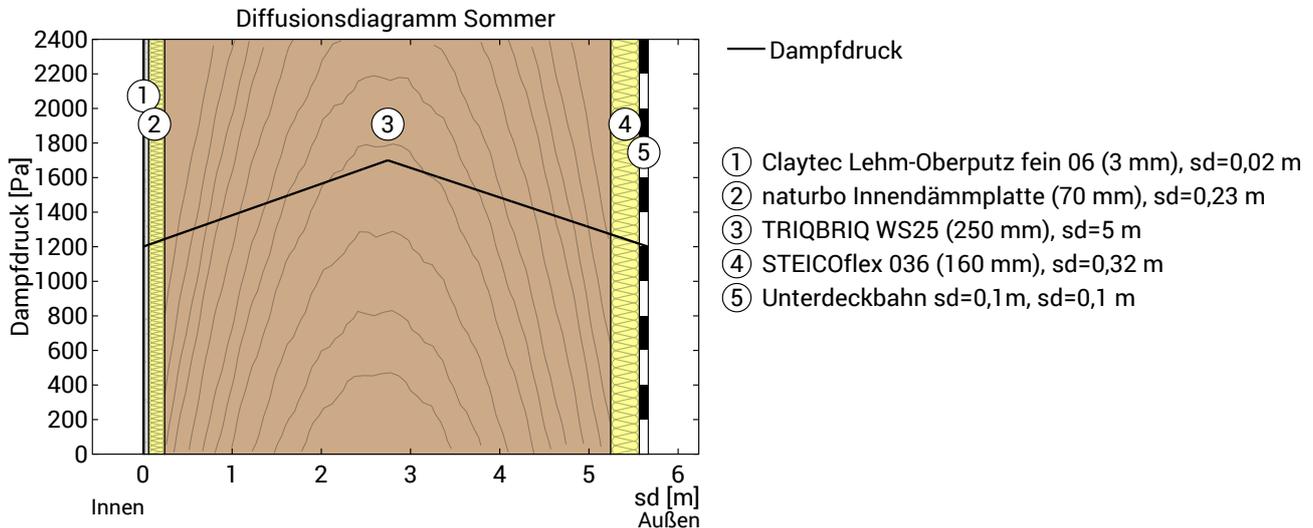
Berechne Verdunstungspotential für die Trocknungsreserve in der Tauperiode für die Ebene mit dem geringsten Verdunstungspotential:

sd=2,75 m; ps=1355 pa, innerhalb Schicht TRIQBRIQ WS25:

$$M_{ev, \text{Tauperiode}} = t_c \cdot \delta_0 \cdot ((p_s - p_i) / s_{d_{ev}} + (p_s - p_e) / (s_{d_e} - s_{d_{ev}})) = \mathbf{0,657 \text{ kg/m}^2}$$

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 $sd=2,75 \text{ m}$, innerhalb Schicht TRIQBRIQ WS25:

$$\text{Verdunstungsmenge: } M_{ev} = \delta_0 \cdot t_{ev} \cdot \left[\frac{(p_s - p_i)}{sd} + \frac{(p_s - p_e)}{(s_{de} - sd)} \right] = 0,55 \text{ kg/m}^2$$

Trocknungsreserve (DIN 68800-2)

Tauwasserfreies Bauteil: Das Verdunstungspotential der Tauperiode wird ebenfalls berücksichtigt.

$$\text{Trocknungsreserve: } M_r = (M_{ev} + M_{ev, \text{Tauperiode}}) \cdot 1000 = 1206 \text{ g/m}^2/\text{a}$$

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



Bewertung gemäß DIN 4108-3

Das Bauteil ist diffusionstechnisch zulässig.

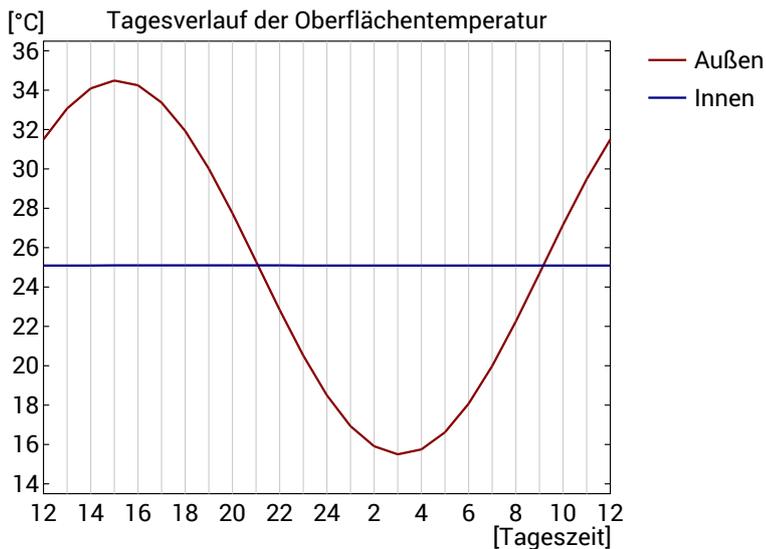
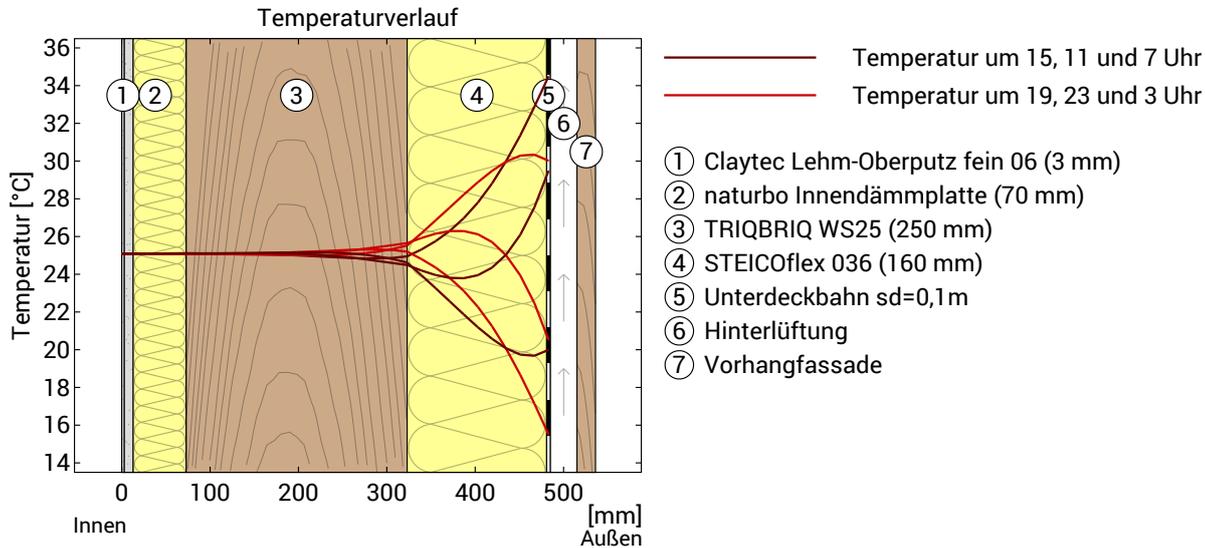
Hinweise

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

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

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	Wärmespeicherefähigkeit (gesamtes Bauteil):	254 kJ/m²K
Amplitudendämpfung**	>100	Wärmespeicherefähigkeit der inneren Schichten:	163 kJ/m²K
TAV***	0,001		

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

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

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

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

AW WS25 hinterlüftete Fassade

Außenwand
erstellt am 22.9.2023

Wärmeschutz

$U = 0,168 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

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

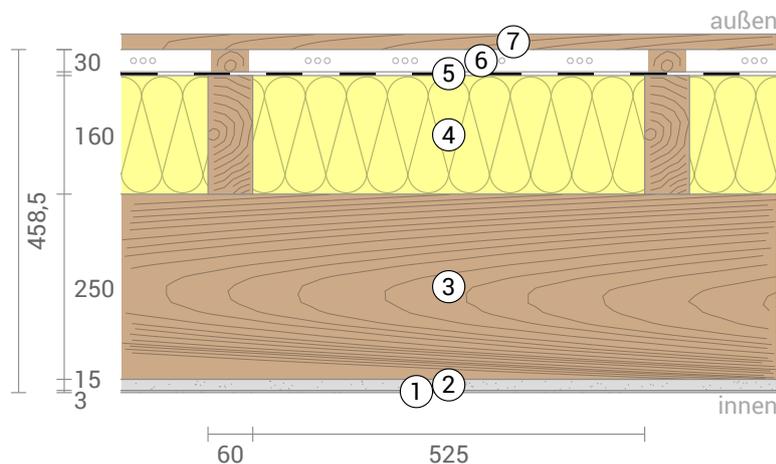
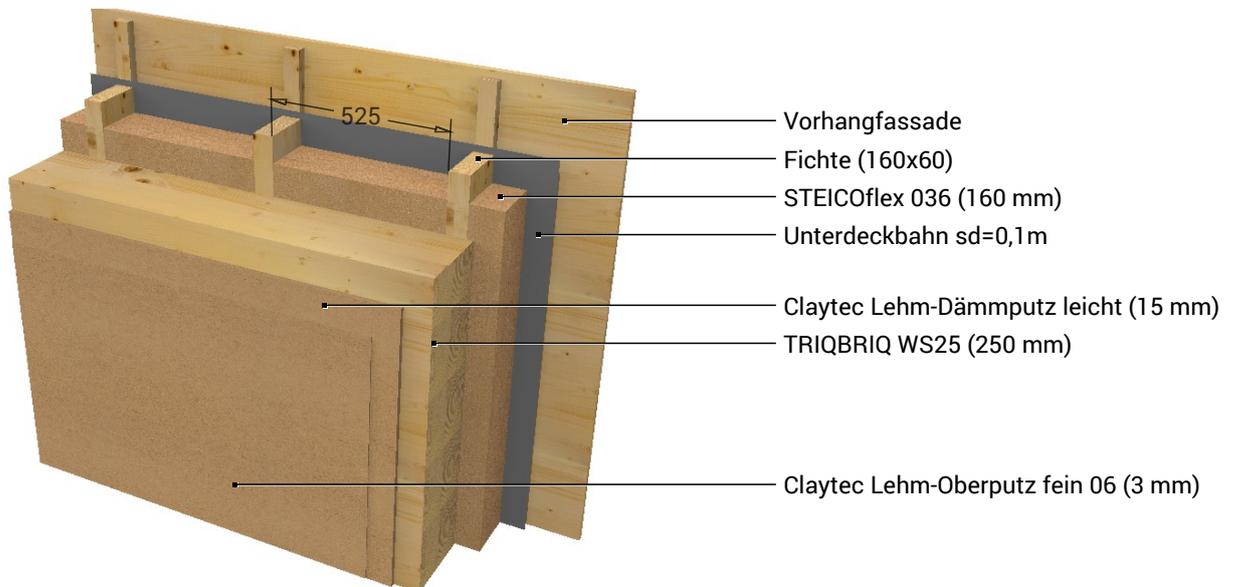


Feuchteschutz

Trocknungsreserve: $1600 \text{ g}/\text{m}^2\text{a}$
Kein Tauwasser

Hitzeschutz

Temperaturamplitudendämpfung: >100
Phasenverschiebung: nicht relevant
Wärmekapazität innen: $169 \text{ kJ}/\text{m}^2\text{K}$



- ① Claytec Lehm-Oberputz fein 06 (3 mm)
- ④ STEICOflex 036 (160 mm)
- ⑦ Vorhangfassade
- ② Claytec Lehm-Dämmputz leicht (15 mm)
- ⑤ Unterdeckbahn $sd=0,1\text{m}$
- ⑥ Hinterlüftung
- ③ TRIQBRIQ WS25 (250 mm)

Raumluft: 20,0°C / 50%	sd-Wert: 5,8 m	Dicke: 47,9 cm
Außenluft: -5,0°C / 80%	Trocknungsreserve: $1600 \text{ g}/\text{m}^2\text{a}$	Gewicht: $158 \text{ kg}/\text{m}^2$
Oberflächentemp.: 18,9°C / -4,8°C		Wärmekapazität: $230 \text{ kJ}/\text{m}^2\text{K}$

- 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)			0,130
1	Claytec Lehm-Oberputz fein 06	0,30	0,910	0,003
2	Claytec Lehm-Dämmputz leicht	1,50	0,190	0,079
3	TRIQBRIQ WS25	25,00	0,120	2,083
4	STEICOflex 036	16,00	0,038	4,211
	Fichte (10%)	16,00	0,130	1,231
5	Unterdeckbahn sd=0,1m	0,05	0,500	0,001
	Wärmeübergangswiderstand außen (Rse)			0,130

Die Wärmeübergangswiderstände wurden gemäß DIN 6946 Tabelle 7 gewählt.

Rsi: Wärmestromrichtung horizontal

Rse: Wärmestromrichtung horizontal, außen: Hinterlüftete Vorhangfassade

Oberer Grenzwert des Wärmedurchgangswiderstandes $R_{\text{tot;upper}} = 6,125 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$.

Unterer Grenzwert des Wärmedurchgangswiderstandes $R_{\text{tot;lower}} = 5,800 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$.

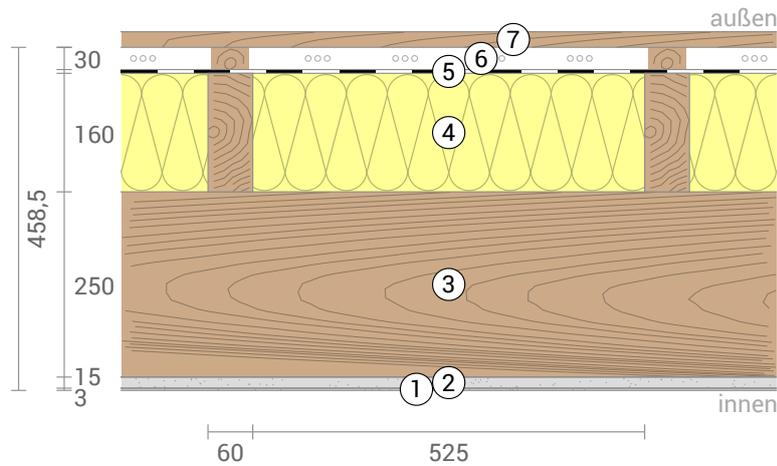
Prüfe Anwendbarkeit: $R_{\text{tot;upper}} / R_{\text{tot;lower}} = 1,056$ (maximal erlaubt: 1,5)

Das Verfahren darf angewendet werden.

Wärmedurchgangswiderstand $R_{\text{tot}} = (R_{\text{tot;upper}} + R_{\text{tot;lower}})/2 = 5,962 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$

Abschätzung des maximalen relativen Fehlers nach Absatz 6.7.2.5: 2,7%

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1/R_{\text{tot}} = 0,17 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$



Ökobilanz

Wärmeverlust: 13 kWh/m² pro Heizperiode



Wärmemenge, die durch einen Quadratmeter dieses Bauteils während der Heizperiode entweicht. Bitte beachten: Wegen interner und solarer Gewinne ist der Heizwärmebedarf geringer als der Wärmeverlust.

Primärenergie (nicht erneuerbar): 140 kWh/m²



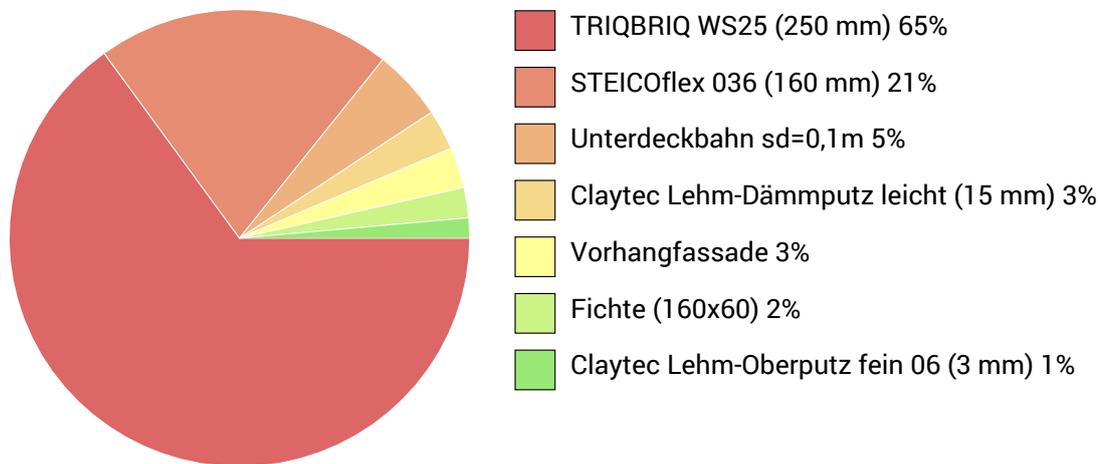
Nicht erneuerbare Primärenergie (=Energie aus fossilen Brennstoffen und Kernenergie) die zur Produktion der verwendeten Baustoffe aufgewendet wurde ("cradle to gate").

Treibhauspotential: -158 kg CO2 Äqv./m²

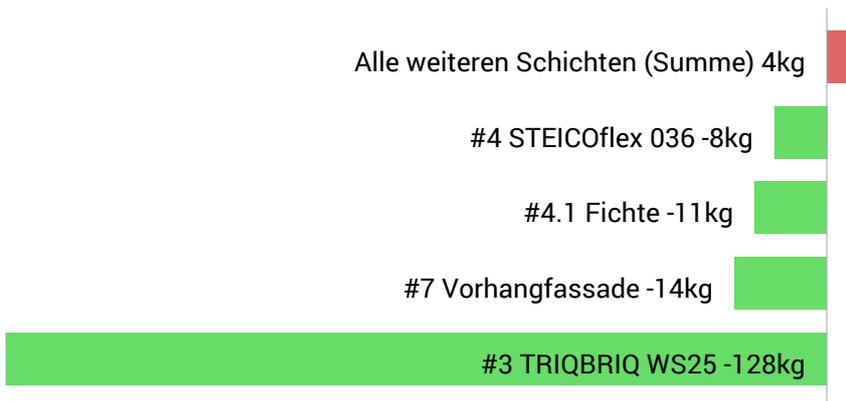


Sehr gut: Für die Produktion der verwendeten Baustoffe wurden der Atmosphäre insgesamt mehr Treibhausgase entzogen als zugeführt.

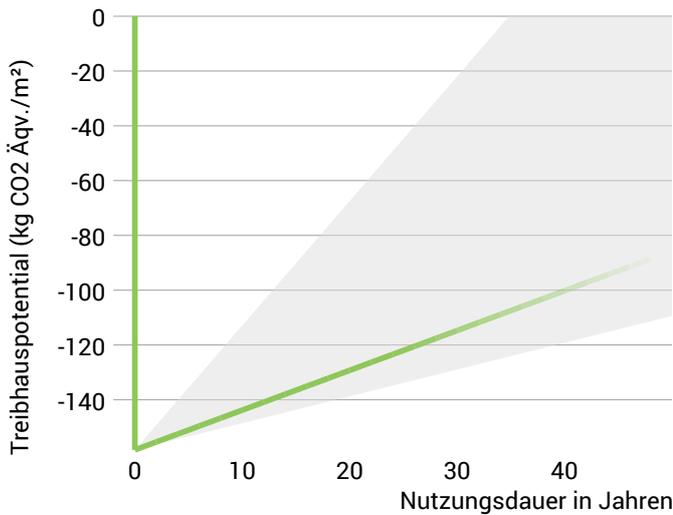
Zusammensetzung des nicht erneuerbaren Primärenergieaufwands der Herstellung:



Zusammensetzung des Treibhauspotentials der Herstellung:



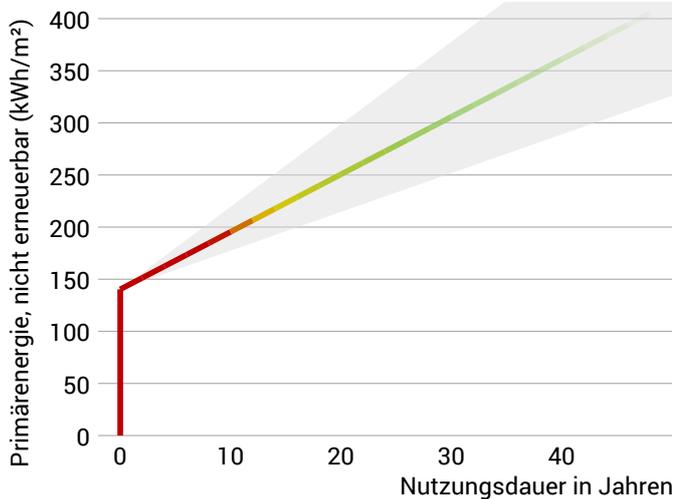
Treibhauspotential und Primärenergie für Bau und Nutzung



Die **Abbildung links** zeigt im senkrechten Teil der Kurve das Treibhauspotential der Herstellung des Bauteils. Die während der Nutzung des Gebäudes entstehenden Treibhausgasemissionen (durch die Beheizung) sind durch die schräg nach oben verlaufende Kurve dargestellt.

Die **Abbildung links unten** zeigt im senkrechten Teil der Kurve den nicht erneuerbaren Primärenergieaufwand für die Herstellung des Bauteils. Die während der Nutzung des Gebäudes benötigte Primärenergie (durch die Beheizung) ist durch die schräg nach oben verlaufende Kurve dargestellt.

Je länger das Bauteil unverändert genutzt wird, umso umweltfreundlicher ist es, weil der Herstellungsaufwand weniger zu den Gesamtemissionen beiträgt (angedeutet durch die Farbe der Kurve).



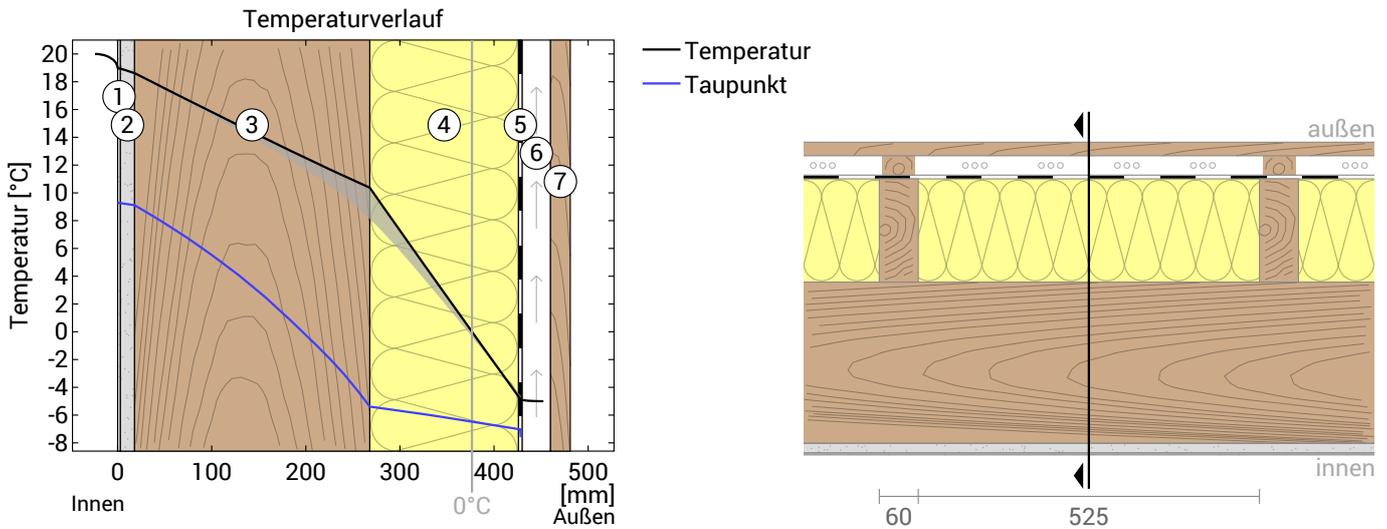
Wegen unbekannter solarer und interner Gewinne kann der Heizwärmebedarf nur geschätzt werden. Dementsprechend sind Primärenergieaufwand und Treibhauspotential während der Nutzungsphase nur ungenau bekannt. Für die Abschätzung wurde angenommen, dass solare und interne Gewinne mit $4 \text{ kWh}/\text{a}/\text{m}^2$ Bauteilfläche beitragen. Die hellgrauen Fläche kennzeichnen den Bereich, in dem die Kurve mit großer Sicherheit liegt. Für die Wärmeerzeugung wurde ein Primärenergieaufwand von $0,60 \text{ kWh}$ pro kWh Wärme und ein Treibhauspotential von $0,16 \text{ kg CO}_2 \text{ Äqv}/\text{m}^2$ pro kWh Wärme angesetzt. Wärmequelle: Wärmepumpe (Luft).

Hinweise

Berechnet für den Standort DIN V 18599, Heizperiode von Mitte Oktober bis Ende April. Die Berechnung basiert auf monatlichen Temperatur-Mittelwerten. Quelle: DIN V 18599-10:2007-02

Die dieser Berechnung zugrunde liegenden Klima- und Energiedaten können zum Teil starke Schwankungen aufweisen und im Einzelfall erheblich vom tatsächlichen Wert abweichen.

Temperaturverlauf



- ① Claytec Lehm-Oberputz fein 06 (3 mm) ④ STEICOflex 036 (160 mm)
- ② Claytec Lehm-Dämmputz leicht (15 mm) ⑤ Unterdeckbahn sd=0,1m
- ③ TRIQBRIQ WS25 (250 mm) ⑥ Hinterlüftung
- ⑦ Vorhangfassade

Links: Verlauf von Temperatur und Taupunkt an der in der rechten Abbildung markierten Stelle. Der Taupunkt kennzeichnet die Temperatur, bei der Wasserdampf kondensieren und Tauwasser entstehen würde. Solange die Temperatur des Bauteils an jeder Stelle über der Taupunkttemperatur liegt, entsteht kein Tauwasser. Falls sich die beiden Kurven berühren, fällt an den Berührungspunkten Tauwasser aus.

Rechts: Maßstäbliche Zeichnung des Bauteils.

Schichten (von innen nach außen)

#	Material	λ [W/mK]	R [m²K/W]	Temperatur [°C]		Gewicht [kg/m²]
				min	max	
	Wärmeübergangswiderstand*		0,250	18,9	20,0	
1	0,3 cm Claytec Lehm-Oberputz fein 06	0,910	0,003	18,9	19,0	5,4
2	1,5 cm Claytec Lehm-Dämmputz leicht	0,190	0,079	18,6	19,0	14,4
3	25 cm TRIQBRIQ WS25	0,120	2,083	8,1	18,6	112,5
4	16 cm STEICOflex 036	0,038	4,211	-4,9	10,4	8,6
	16 cm Fichte (10%)	0,130	1,231	-4,6	8,5	7,4
5	0,05 cm Unterdeckbahn sd=0,1m	0,500	0,001	-4,9	-4,6	0,4
	Wärmeübergangswiderstand*		0,040	-5,0	-4,6	
6	Hinterlüftung (Außenluft)			-5,0	-5,0	0,0
7	Vorhangfassade			-5,0	-5,0	9,5
47,95 cm Gesamtes Bauteil			5,899			158,1

*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): 18,9°C 18,9°C 19,0°C
 Oberflächentemperatur außen (min / mittel / max): -4,9°C -4,8°C -4,6°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.

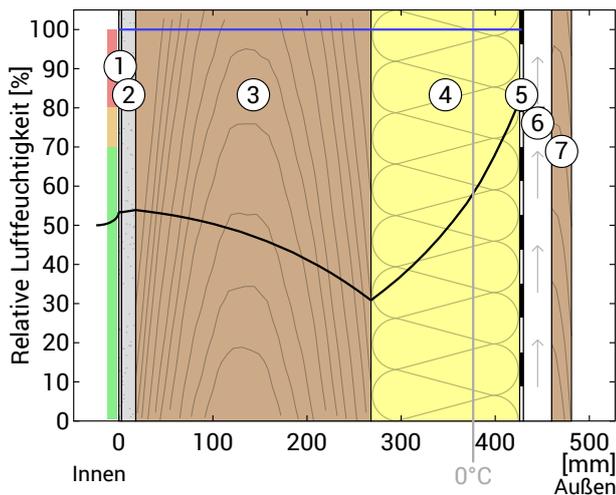
Trocknungsreserve gemäß DIN 4108-3:2018: 1600 g/(m²a)
 Von der DIN 68800-2 mindestens gefordert: 100 g/(m²a)

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser [kg/m²]	Tauwasser [Gew.-%]	Gewicht [kg/m²]
1	0,3 cm Claytec Lehm-Oberputz fein 06	0,02	-		5,4
2	1,5 cm Claytec Lehm-Dämmputz leicht	0,08	-		14,4
3	25 cm TRIQBRIQ WS25	5,00	-	-	112,5
4	16 cm STEICOflex 036	0,32	-	-	8,6
	16 cm Fichte (10%)	8,00	-	-	7,4
5	0,05 cm Unterdeckbahn sd=0,1m	0,10	-	-	0,4
	47,95 cm Gesamtes Bauteil	5,78	0		158,1

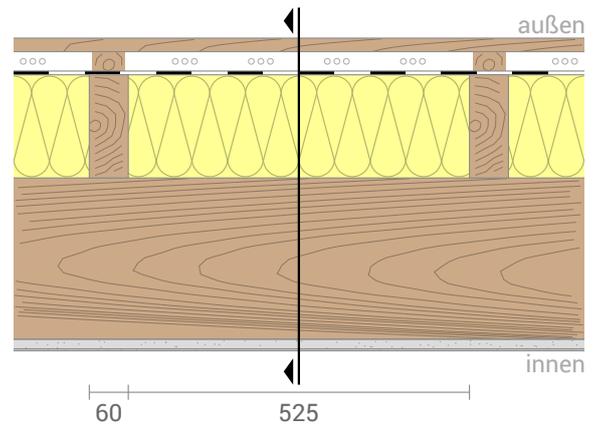
Luftfeuchtigkeit

Die Oberflächentemperatur auf der Raumseite beträgt 18,9 °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.



— Relative Luftfeuchtigkeit in %
 — Sättigungsgrenze



- ① Claytec Lehm-Oberputz fein 06 (3 mm)
- ② Claytec Lehm-Dämmputz leicht (15 mm)
- ③ TRIQBRIQ WS25 (250 mm)
- ④ STEICOflex 036 (160 mm)
- ⑤ Unterdeckbahn sd=0,1m
- ⑥ Hinterlüftung

⑦ Vorhangfassade

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 [m²K/W]	sd [m]	ρ [kg/m³]	T [°C]	ps [Pa]	Σ sd [m]
Wärmeübergangswiderstand			0,250					
1	0,3 cm Claytec Lehm-Oberputz fein 06	0,910	0,003	0,02	1800	19,06	2205	0
2	1,5 cm Claytec Lehm-Dämmputz leicht	0,190	0,079	0,08	960	19,05	2203	0,02
3	25 cm TRIQBRIQ WS25	0,120	2,083	5	450	18,75	2163	0,09
4	16 cm STEICOflex 036	0,038	4,211	0,32	60	10,94	1307	5,09
5	0,05 cm Unterdeckbahn sd=0,1m	0,500	0,001	0,1	700	-4,85	407	5,41
Wärmeübergangswiderstand			0,040			-4,85	406	5,51

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

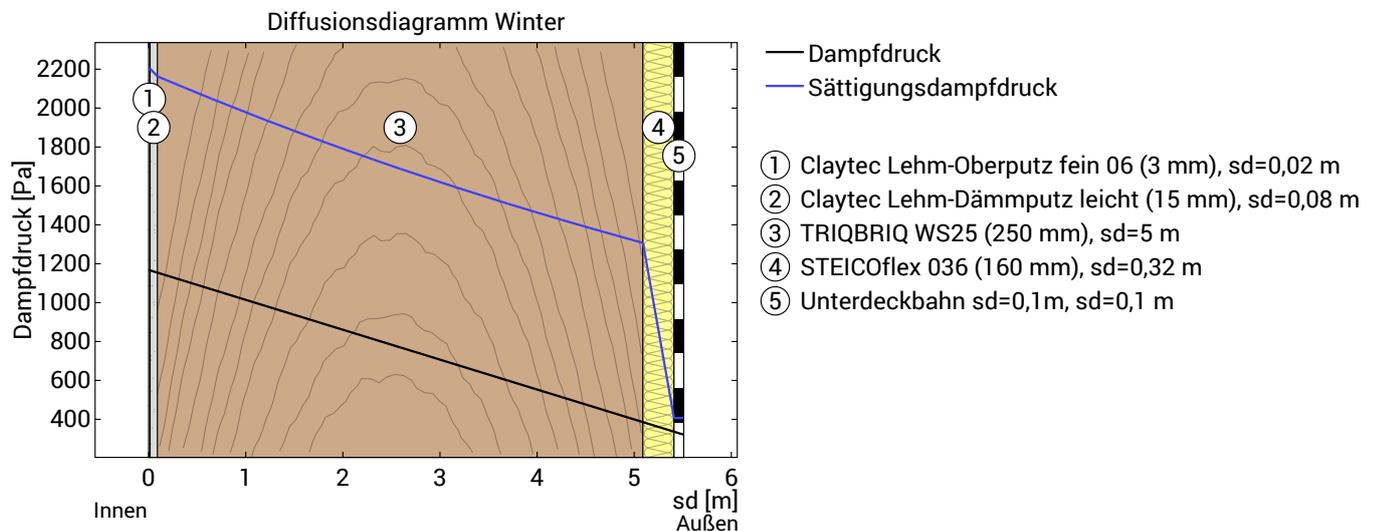
Luftfeuchte an der Bauteiloberfläche

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	$\delta_0 = 2.0E-10 \text{ kg}/(\text{m}^*\text{s}*\text{Pa})$
sd-Wert (gesamtes Bauteil)	sde = 5,51 m



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



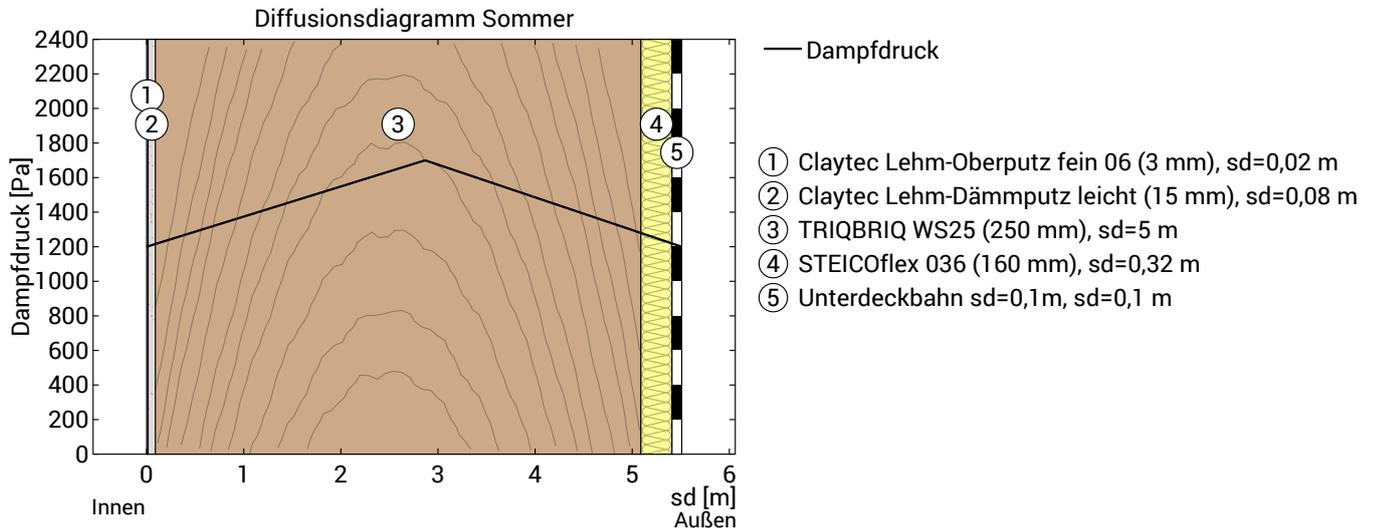
Berechne Verdunstungspotential für die Trocknungsreserve in der Tauperiode für die Ebene mit dem geringsten Verdunstungspotential:

sd=2,87 m; ps=1642 pa, innerhalb Schicht TRIQBRIQ WS25:

$$M_{ev, Tauperiode} = tc * \delta_0 * ((ps-pi)/sd_{ev} + (ps-pe)/(sd_e - sd_{ev})) = 1,034 \text{ kg/m}^2$$

Verdunstungsperiode (Sommer)

Randbedingungen	
Dampfdruck innen	pi = 1200 Pa
Dampfdruck außen	pe = 1200 Pa
Sättigungsdampfdruck in der Tauwasserebene	ps = 1700 Pa
Dauer Verdunstungsperiode (90 Tage)	tev = 7776000 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 sd=2,87 m, innerhalb Schicht TRIQBRIQ WS25:

Verdunstungsmenge: $M_{ev} = \delta_0 \cdot t_{ev} \cdot \left[\frac{(p_s - p_i)}{s_d} + \frac{(p_s - p_e)}{(s_{de} - s_d)} \right] = 0,57 \text{ kg/m}^2$

Trocknungsreserve (DIN 68800-2)

Tauwasserfreies Bauteil: Das Verdunstungspotential der Tauperiode wird ebenfalls berücksichtigt.

Trocknungsreserve: $M_r = (M_{ev} + M_{ev, Tauperiode}) \cdot 1000 = 1600 \text{ g/m}^2/\text{a}$

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



Bewertung gemäß DIN 4108-3

Das Bauteil ist diffusionstechnisch zulässig.

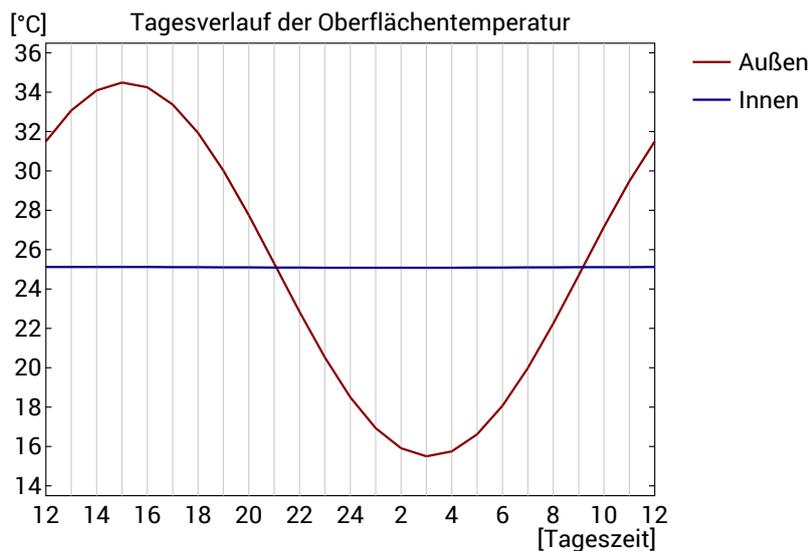
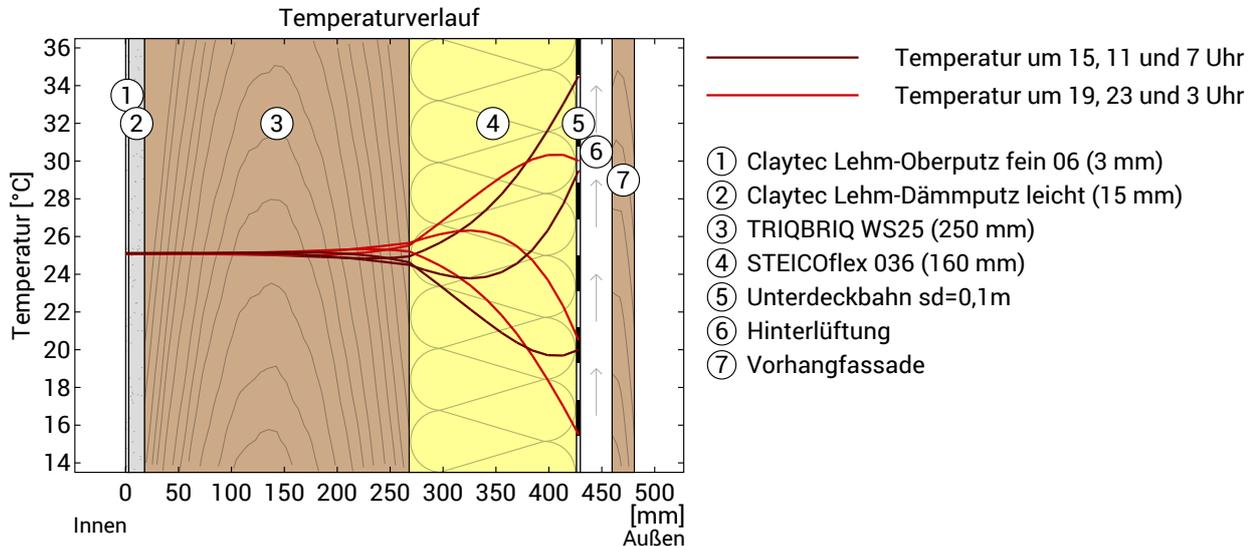
Hinweise

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	Wärmespeicherefähigkeit (gesamtes Bauteil):	230 kJ/m ² K
Amplitudendämpfung**	>100	Wärmespeicherefähigkeit der inneren Schichten:	169 kJ/m ² K
TAV***	0,002		

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

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

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

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

Wärmeschutz

$U = 0,137 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

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

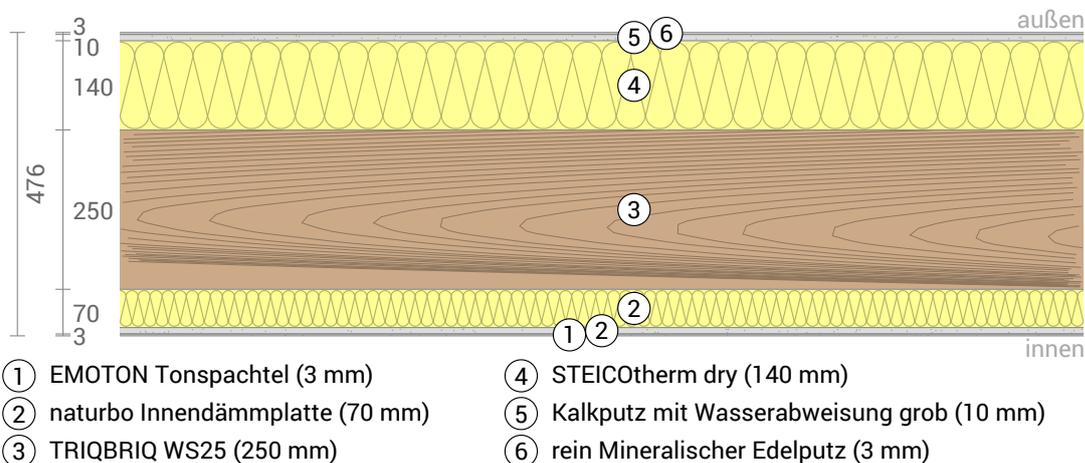
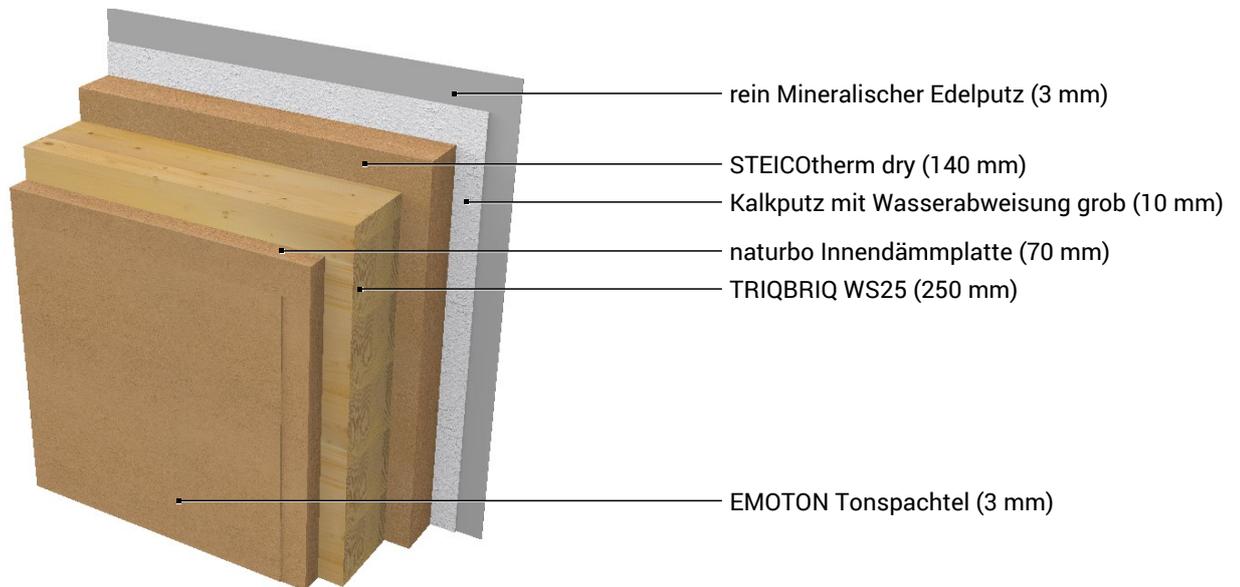


Feuchteschutz

Trocknungsreserve: $1084 \text{ g}/\text{m}^2\text{a}$
Kein Tauwasser

Hitzeschutz

Temperaturamplitudendämpfung: >100
Phasenverschiebung: nicht relevant
Wärmekapazität innen: $164 \text{ kJ}/\text{m}^2\text{K}$



Raumluft:	20,0°C / 50%	sd-Wert:	5,9 m	Dicke:	47,6 cm
Außenluft:	-5,0°C / 80%	Trocknungsreserve:	1084 g/m²a	Gewicht:	182 kg/m²
Oberflächentemp.:	19,2°C / -4,9°C			Wärmekapazität:	277 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	EMOTON Tonspachtel	0,30	0,540	0,006
2	naturbo Innendämmplatte: Lehmputz	1,00	0,760	0,013
	naturbo Innendämmplatte: Holzweichfaser	6,00	0,042	1,429
3	TRIQBRIQ WS25	25,00	0,120	2,083
4	STEICOtherm dry	14,00	0,039	3,590
5	Kalkputz mit Wasserabweisung grob	1,00	0,890	0,011
6	rein Mineralischer Edelputz	0,30	0,700	0,004
	Wärmeübergangswiderstand außen (Rse)			0,040

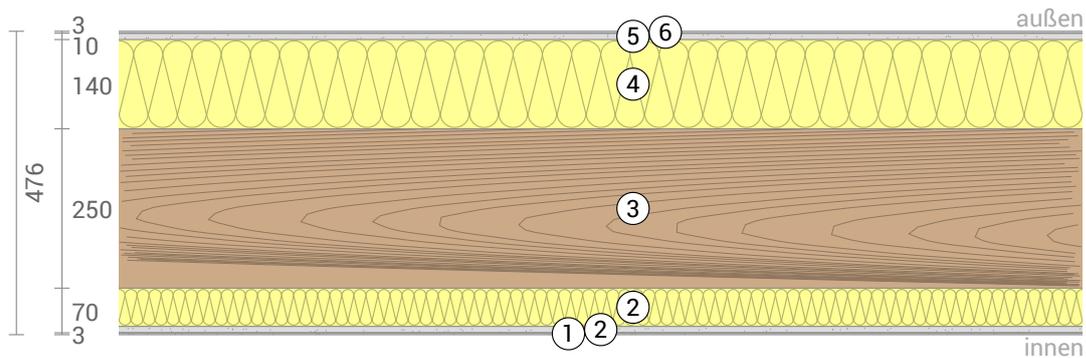
Die Wärmeübergangswiderstände wurden gemäß DIN 6946 Tabelle 7 gewählt.

Rsi: Wärmestromrichtung horizontal

Rse: Wärmestromrichtung horizontal, außen: Direkter Übergang zur Außenluft

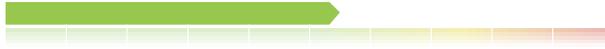
Wärmedurchgangswiderstand $R_{\text{tot}} = 7,306 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$

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



Ökobilanz

Wärmeverlust: 11 kWh/m² pro Heizperiode



Wärmemenge, die durch einen Quadratmeter dieses Bauteils während der Heizperiode entweicht. Bitte beachten: Wegen interner und solarer Gewinne ist der Heizwärmebedarf geringer als der Wärmeverlust.

Primärenergie (nicht erneuerbar): >183 kWh/m²



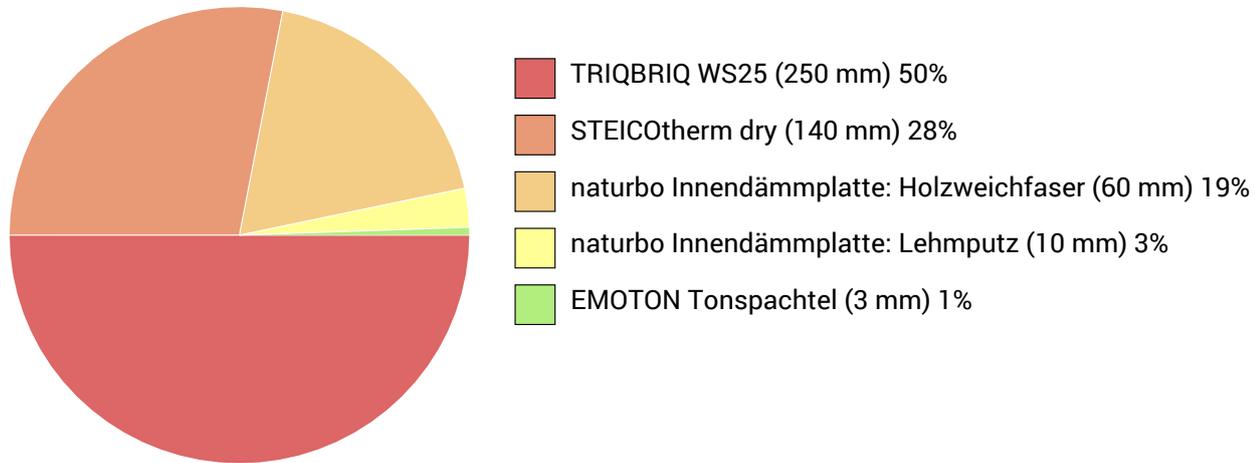
Nicht erneuerbare Primärenergie (=Energie aus fossilen Brennstoffen und Kernenergie) die zur Produktion der verwendeten Baustoffe aufgewendet wurde ("cradle to gate").

Treibhauspotential: -150 (?) kg CO2 Äqv./m²

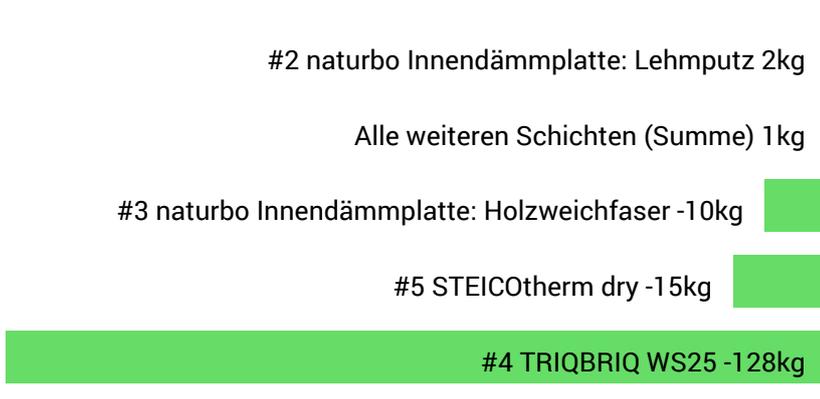


Sehr gut: Für die Produktion der verwendeten Baustoffe wurden der Atmosphäre insgesamt mehr Treibhausgase entzogen als zugeführt.

Zusammensetzung des nicht erneuerbaren Primärenergieaufwands der Herstellung:

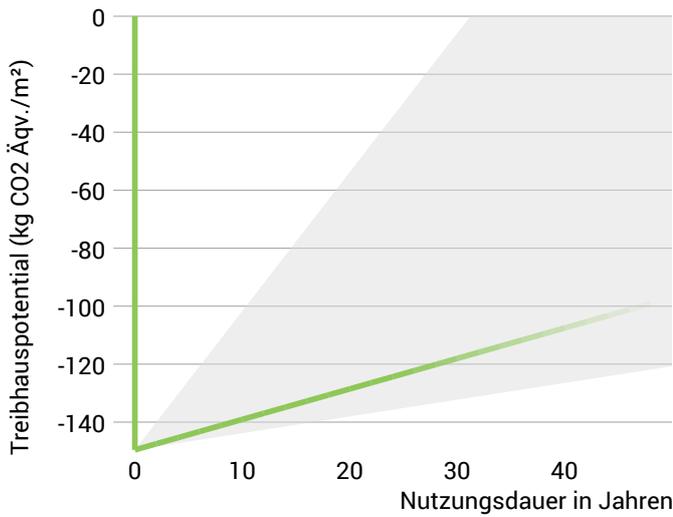


Zusammensetzung des Treibhauspotentials der Herstellung:



Achtung: Mindestens eine Schicht konnte nicht berücksichtigt werden, weil deren Primärenergieinhalt und/oder Treibhauspotential unbekannt ist.

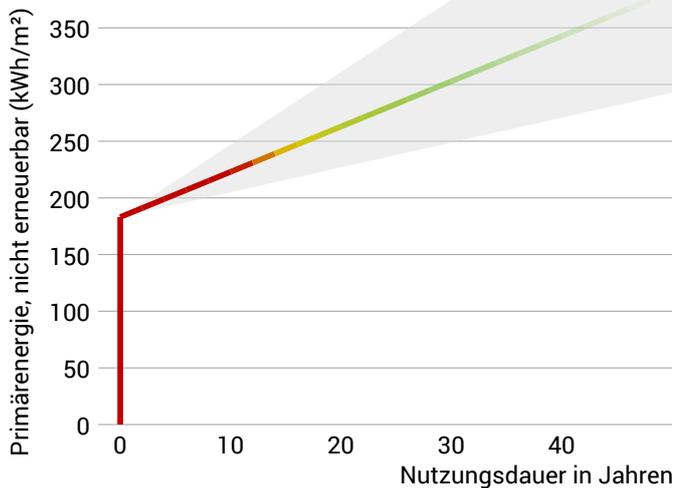
Treibhauspotential und Primärenergie für Bau und Nutzung



Die **Abbildung links** zeigt im senkrechten Teil der Kurve das Treibhauspotential der Herstellung des Bauteils. Die während der Nutzung des Gebäudes entstehenden Treibhausgasemissionen (durch die Beheizung) sind durch die schräg nach oben verlaufende Kurve dargestellt.

Die **Abbildung links unten** zeigt im senkrechten Teil der Kurve den nicht erneuerbaren Primärenergieaufwand für die Herstellung des Bauteils. Die während der Nutzung des Gebäudes benötigte Primärenergie (durch die Beheizung) ist durch die schräg nach oben verlaufende Kurve dargestellt.

Je länger das Bauteil unverändert genutzt wird, umso umweltfreundlicher ist es, weil der Herstellungsaufwand weniger zu den Gesamtemissionen beiträgt (angedeutet durch die Farbe der Kurve).



Wegen unbekannter solarer und interner Gewinne kann der Heizwärmebedarf nur geschätzt werden. Dementsprechend sind Primärenergieaufwand und Treibhauspotential während der Nutzungsphase nur ungenau bekannt. Für die Abschätzung wurde angenommen, dass solare und interne Gewinne mit $4 \text{ kWh}/\text{a}/\text{m}^2$ Bauteilfläche beitragen. Die hellgrauen Fläche kennzeichnen den Bereich, in dem die Kurve mit großer Sicherheit liegt. Für die Wärmeerzeugung wurde ein Primärenergieaufwand von $0,60 \text{ kWh}$ pro kWh Wärme und ein Treibhauspotential von $0,16 \text{ kg CO}_2 \text{ Äqv}/\text{m}^2$ pro kWh Wärme angesetzt. Wärmequelle: Wärmepumpe (Luft).

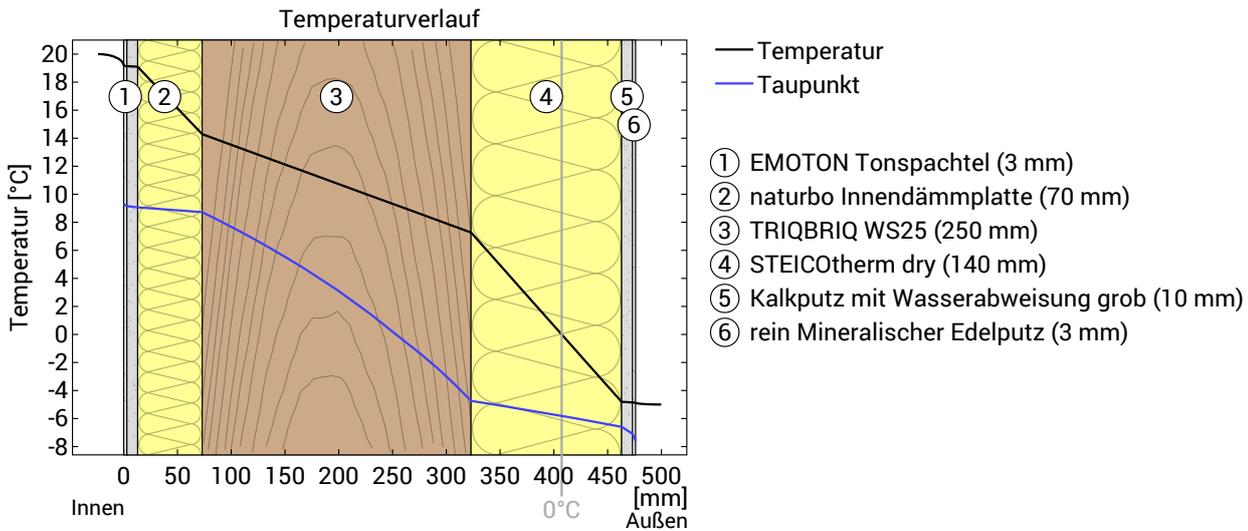
Hinweise

Achtung: Mindestens eine Schicht konnte nicht berücksichtigt werden, weil deren Primärenergieinhalt und/oder Treibhauspotential unbekannt ist.

Berechnet für den Standort DIN V 18599, Heizperiode von Mitte Oktober bis Ende April. Die Berechnung basiert auf monatlichen Temperatur-Mittelwerten. Quelle: DIN V 18599-10:2007-02

Die dieser Berechnung zugrunde liegenden Klima- und Energiedaten können zum Teil starke Schwankungen aufweisen und im Einzelfall erheblich vom tatsächlichen Wert abweichen.

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	19,2	20,0	
1	0,3 cm EMOTON Tonspachtel	0,540	0,006	19,1	19,2	3,8
2	1 cm naturbo Innendämmplatte: Lehmputz	0,760	0,013	19,1	19,1	17,0
	6 cm naturbo Innendämmplatte: Holzweichfaser	0,042	1,429	14,3	19,1	10,2
3	25 cm TRIQBRIQ WS25	0,120	2,083	7,3	14,3	112,5
4	14 cm STEICOtherm dry	0,039	3,590	-4,8	7,3	15,4
5	1 cm Kalkputz mit Wasserabweisung grob	0,890	0,011	-4,9	-4,8	17,5
6	0,3 cm rein Mineralischer Edelputz	0,700	0,004	-4,9	-4,9	5,4
	Wärmeübergangswiderstand*		0,040	-5,0	-4,9	
	47,6 cm Gesamtes Bauteil		7,306			181,8

*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): 19,2°C 19,2°C 19,2°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 den angenommenen Bedingungen bildet sich kein Tauwasser.

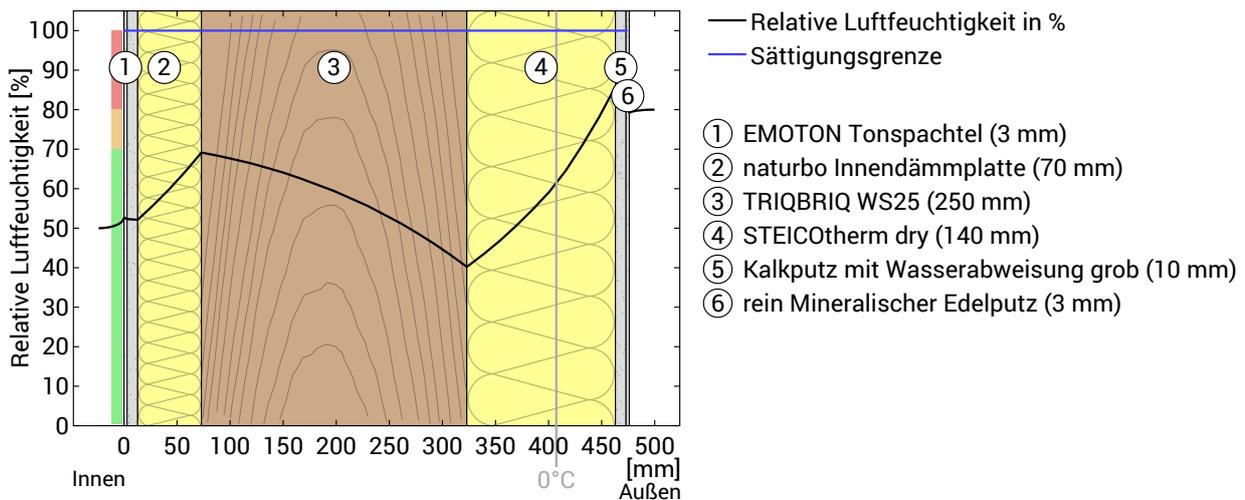
Trocknungsreserve gemäß DIN 4108-3:2018: 1084 g/(m²a)
 Von der DIN 68800-2 mindestens gefordert: 100 g/(m²a)

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser [kg/m ²] [Gew.-%]	Gewicht [kg/m ²]
1	0,3 cm EMOTON Tonspachtel	0,08	-	3,8
2	1 cm naturbo Innendämmplatte: Lehmputz	0,05	-	17,0
	6 cm naturbo Innendämmplatte: Holzweichfaser	0,18	-	10,2
3	25 cm TRIQBRIQ WS25	5,00	-	112,5
4	14 cm STEICOtherm dry	0,42	-	15,4
5	1 cm Kalkputz mit Wasserabweisung grob	0,10	-	17,5
6	0,3 cm rein Mineralischer Edelputz	0,11	-	5,4
	47,6 cm Gesamtes Bauteil	5,93	0	181,8

Luftfeuchtigkeit

Die Oberflächentemperatur auf der Raumseite beträgt 19,2 °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 [m²K/W]	sd [m]	ρ [kg/m³]	T [°C]	ps [Pa]	Σsd [m]
Wärmeübergangswiderstand			0,250					
1	0,3 cm EMOTON Tonspachtel	0,540	0,006	0,08	1250	19,16	2218	0
2	1 cm naturbo Innendämmplatte: Lehmputz	0,760	0,013	0,05	1700	19,14	2216	0,08
	6 cm naturbo Innendämmplatte: Holzweichfaser	0,042	1,429	0,18	170	19,10	2209	0,13
3	25 cm TRIQBRIQ WS25	0,120	2,083	5	450	14,29	1628	0,31
4	14 cm STEICOtherm dry	0,039	3,590	0,42	110	7,27	1020	5,31
5	1 cm Kalkputz mit Wasserabweisung grob	0,890	0,011	0,1	1750	-4,81	408	5,73
6	0,3 cm rein Mineralischer Edelputz	0,700	0,004	0,11	1800	-4,85	406	5,83
Wärmeübergangswiderstand			0,040			-4,87	406	5,93

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.

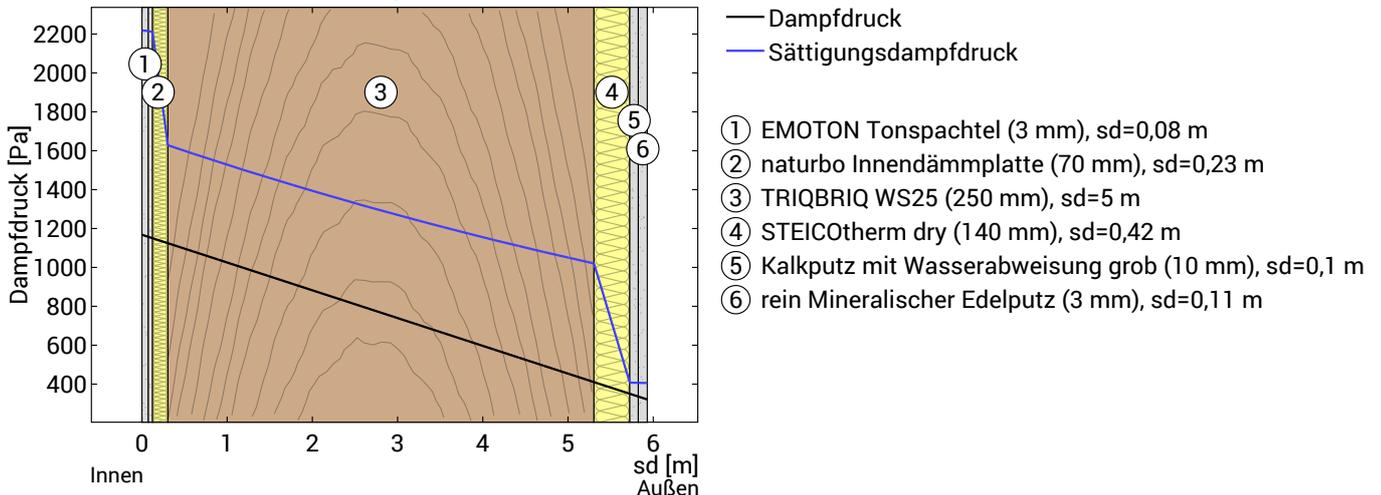


Tauperiode (Winter)

Randbedingungen

Dampfdruck innen bei 20°C und 50% Luftfeuchtigkeit	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	δ0 = 2.0E-10 kg/(m*s*Pa)
sd-Wert (gesamtes Bauteil)	sde = 5,93 m

Diffusionsdiagramm Winter



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:

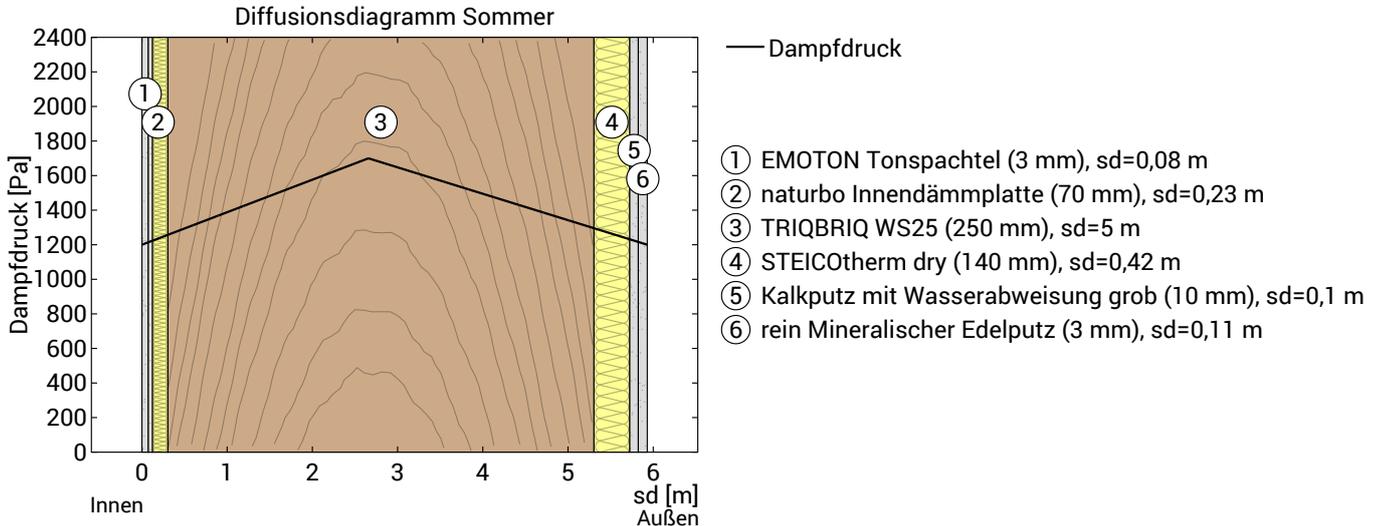
sd=2,66 m; ps=1311 pa, innerhalb Schicht TRIQBRIQ WS25:

$$M_{ev, \text{Tauperiode}} = t_c \cdot \delta_0 \cdot ((p_s - p_i) / s_{d_{ev}} + (p_s - p_e) / (s_{d_e} - s_{d_{ev}})) = 0,554 \text{ kg/m}^2$$

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 $s_d=2,66 \text{ m}$, innerhalb Schicht TRIQBRIQ WS25:

Verdunstungsmenge: $M_{ev} = \delta_0 \cdot t_{ev} \cdot [(p_s - p_i) / s_d + (p_s - p_e) / (s_{de} - s_d)] = 0,53 \text{ kg/m}^2$

Trocknungsreserve (DIN 68800-2)

Tauwasserfreies Bauteil: Das Verdunstungspotential der Tauperiode wird ebenfalls berücksichtigt.

Trocknungsreserve: $M_r = (M_{ev} + M_{ev, Tauperiode}) \cdot 1000 = 1084 \text{ g/m}^2/\text{a}$

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



Bewertung gemäß DIN 4108-3

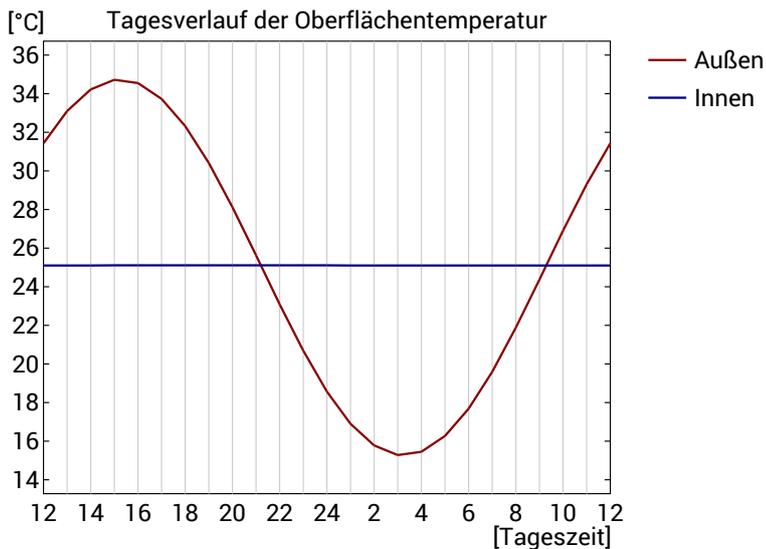
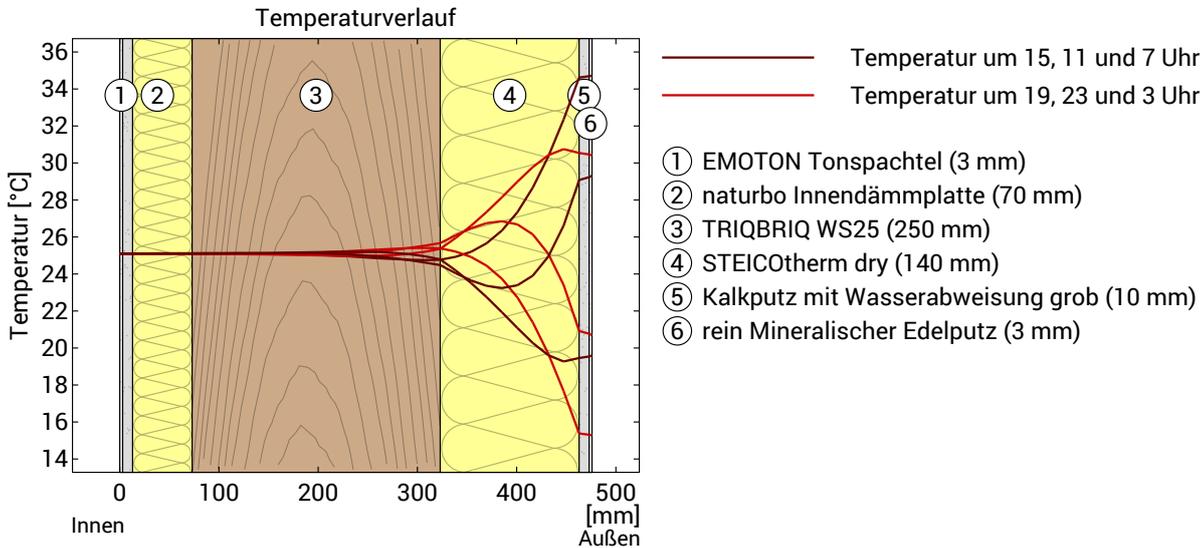
Das Bauteil ist diffusionstechnisch zulässig.

Hinweise

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	Wärmespeicherefähigkeit (gesamtes Bauteil):	277 kJ/m ² K
Amplitudendämpfung**	>100	Wärmespeicherefähigkeit der inneren Schichten:	164 kJ/m ² K
TAV***	0,001		

* 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.

Hinweise

Es sind keine Hinweise zu dieser Berechnung vorhanden.

Wärmeschutz

$U = 0,219 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

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

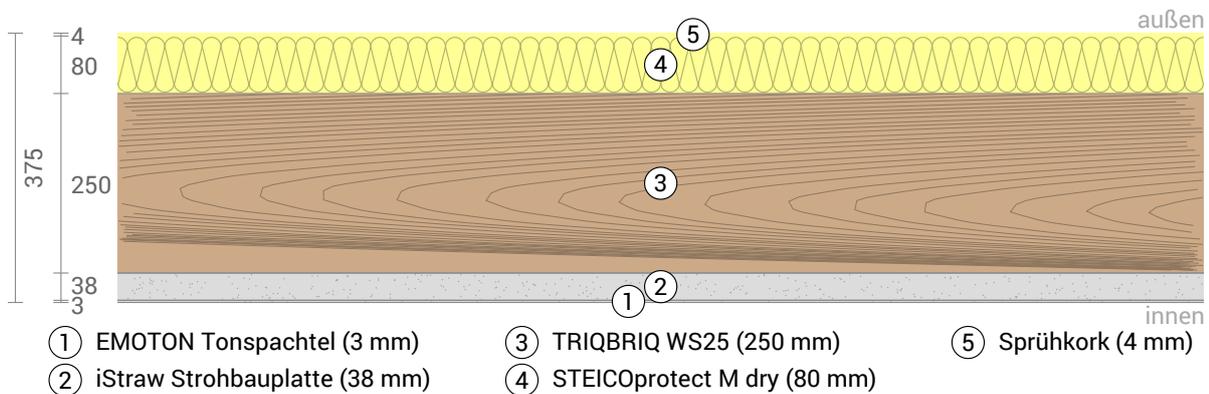
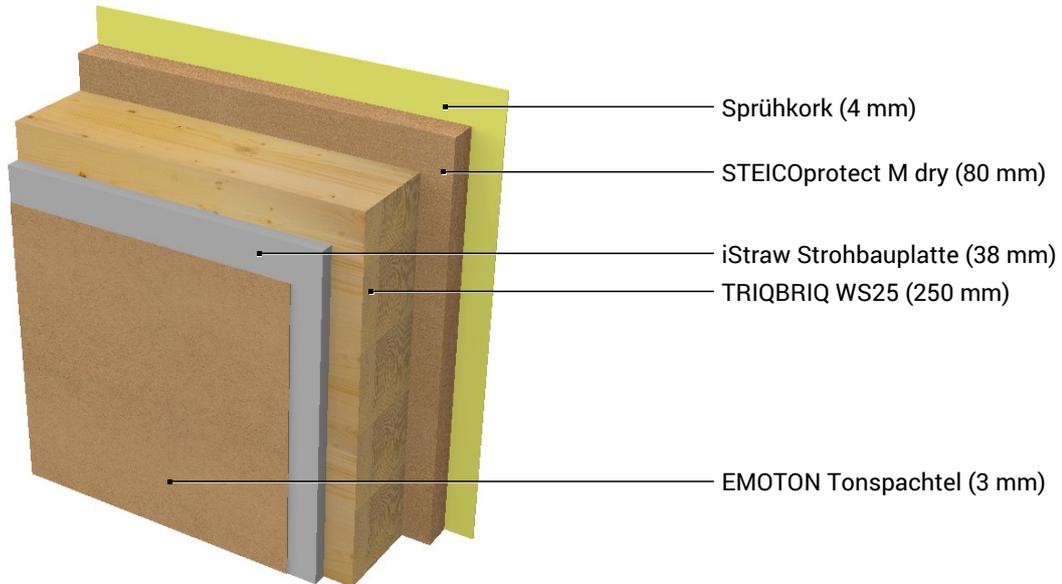


Feuchteschutz

Trocknungsreserve: $1194 \text{ g}/\text{m}^2\text{a}$
Kein Tauwasser

Hitzeschutz

Temperaturamplitudendämpfung: >100
Phasenverschiebung: nicht relevant
Wärmekapazität innen: $158 \text{ kJ}/\text{m}^2\text{K}$



Raumluft:	20,0°C / 50%	sd-Wert:	5,8 m	Dicke:	37,5 cm
Außenluft:	-5,0°C / 80%	Trocknungsreserve:	$1194 \text{ g}/\text{m}^2\text{a}$	Gewicht:	$145 \text{ kg}/\text{m}^2$
Oberflächentemp.:	18,7°C / -4,8°C	Wärmekapazität:	$241 \text{ kJ}/\text{m}^2\text{K}$		

- 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)			0,130
1	EMOTON Tonspachtel	0,30	0,540	0,006
2	iStraw Strohbauplatte	3,80	0,114	0,333
3	TRIQBRIQ WS25	25,00	0,120	2,083
4	STEICOprotect M dry	8,00	0,042	1,905
5	Sprühkork	0,40	0,059	0,068
	Wärmeübergangswiderstand außen (Rse)			0,040

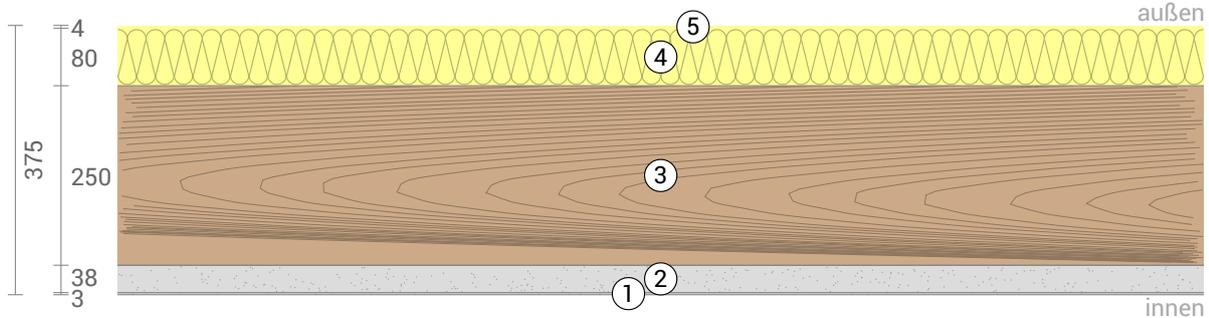
Die Wärmeübergangswiderstände wurden gemäß DIN 6946 Tabelle 7 gewählt.

Rsi: Wärmestromrichtung horizontal

Rse: Wärmestromrichtung horizontal, außen: Direkter Übergang zur Außenluft

Wärmedurchgangswiderstand $R_{\text{tot}} = 4,565 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1/R_{\text{tot}} = 0,22 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$



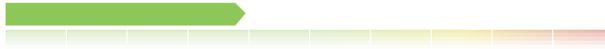
Ökobilanz

Wärmeverlust: 17 kWh/m² pro Heizperiode



Wärmemenge, die durch einen Quadratmeter dieses Bauteils während der Heizperiode entweicht. Bitte beachten: Wegen interner und solarer Gewinne ist der Heizwärmebedarf geringer als der Wärmeverlust.

Primärenergie (nicht erneuerbar): >132 kWh/m²



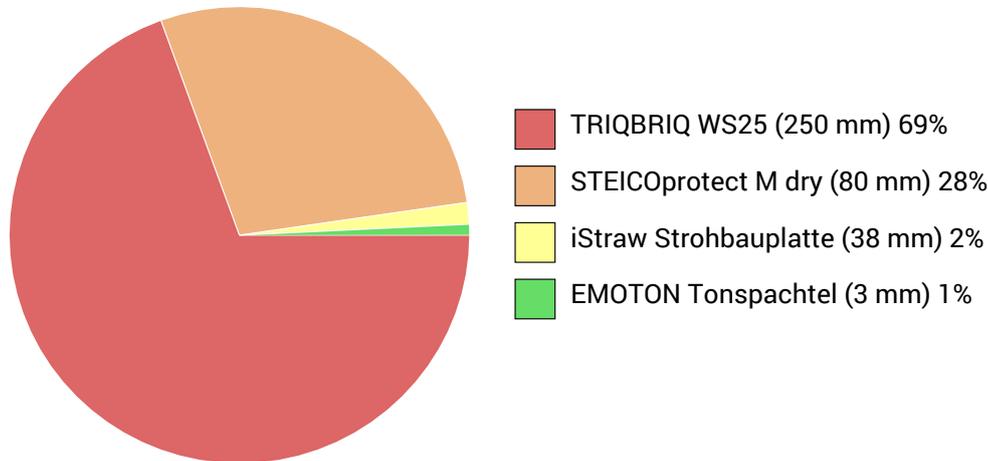
Nicht erneuerbare Primärenergie (=Energie aus fossilen Brennstoffen und Kernenergie) die zur Produktion der verwendeten Baustoffe aufgewendet wurde ("cradle to gate").

Treibhauspotential: -162 (?) kg CO2 Äqv./m²



Sehr gut: Für die Produktion der verwendeten Baustoffe wurden der Atmosphäre insgesamt mehr Treibhausgase entzogen als zugeführt.

Zusammensetzung des nicht erneuerbaren Primärenergieaufwands der Herstellung:

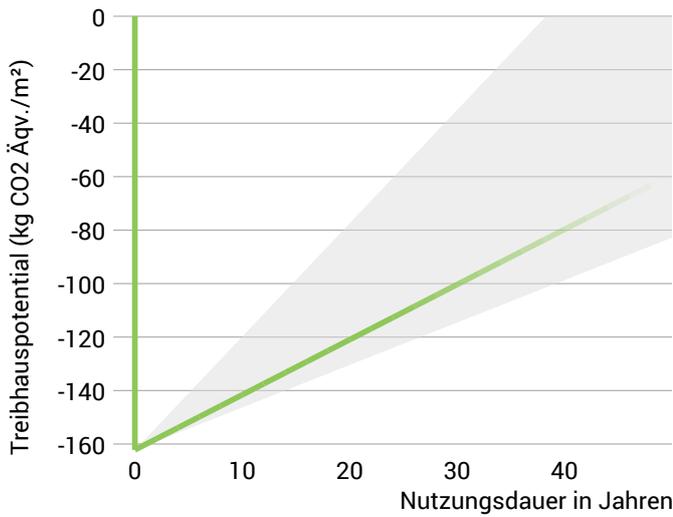


Zusammensetzung des Treibhauspotentials der Herstellung:



Achtung: Mindestens eine Schicht konnte nicht berücksichtigt werden, weil deren Primärenergieinhalt und/oder Treibhauspotential unbekannt ist.

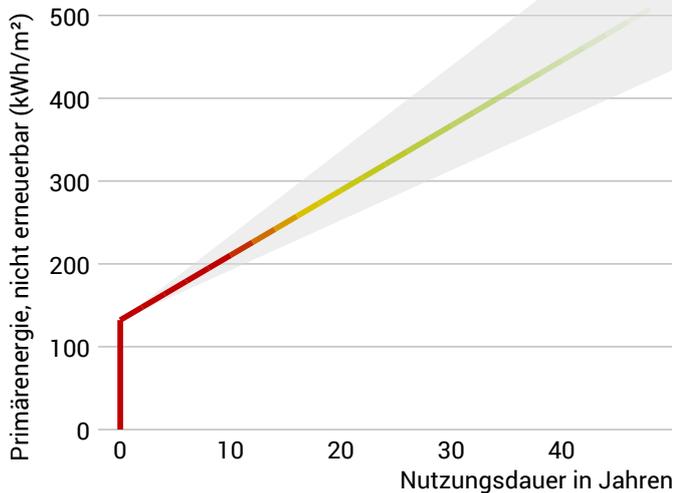
Treibhauspotential und Primärenergie für Bau und Nutzung



Die **Abbildung links** zeigt im senkrechten Teil der Kurve das Treibhauspotential der Herstellung des Bauteils. Die während der Nutzung des Gebäudes entstehenden Treibhausgasemissionen (durch die Beheizung) sind durch die schräg nach oben verlaufende Kurve dargestellt.

Die **Abbildung links unten** zeigt im senkrechten Teil der Kurve den nicht erneuerbaren Primärenergieaufwand für die Herstellung des Bauteils. Die während der Nutzung des Gebäudes benötigte Primärenergie (durch die Beheizung) ist durch die schräg nach oben verlaufende Kurve dargestellt.

Je länger das Bauteil unverändert genutzt wird, umso umweltfreundlicher ist es, weil der Herstellungsaufwand weniger zu den Gesamtemissionen beiträgt (angedeutet durch die Farbe der Kurve).



Wegen unbekannter solarer und interner Gewinne kann der Heizwärmebedarf nur geschätzt werden. Dementsprechend sind Primärenergieaufwand und Treibhauspotential während der Nutzungsphase nur ungenau bekannt. Für die Abschätzung wurde angenommen, dass solare und interne Gewinne mit $4 \text{ kWh}/\text{a}/\text{m}^2$ Bauteilfläche beitragen. Die hellgrauen Fläche kennzeichnen den Bereich, in dem die Kurve mit großer Sicherheit liegt. Für die Wärmeerzeugung wurde ein Primärenergieaufwand von $0,60 \text{ kWh}$ pro kWh Wärme und ein Treibhauspotential von $0,16 \text{ kg CO}_2 \text{ Äqv}/\text{m}^2$ pro kWh Wärme angesetzt. Wärmequelle: Wärmepumpe (Luft).

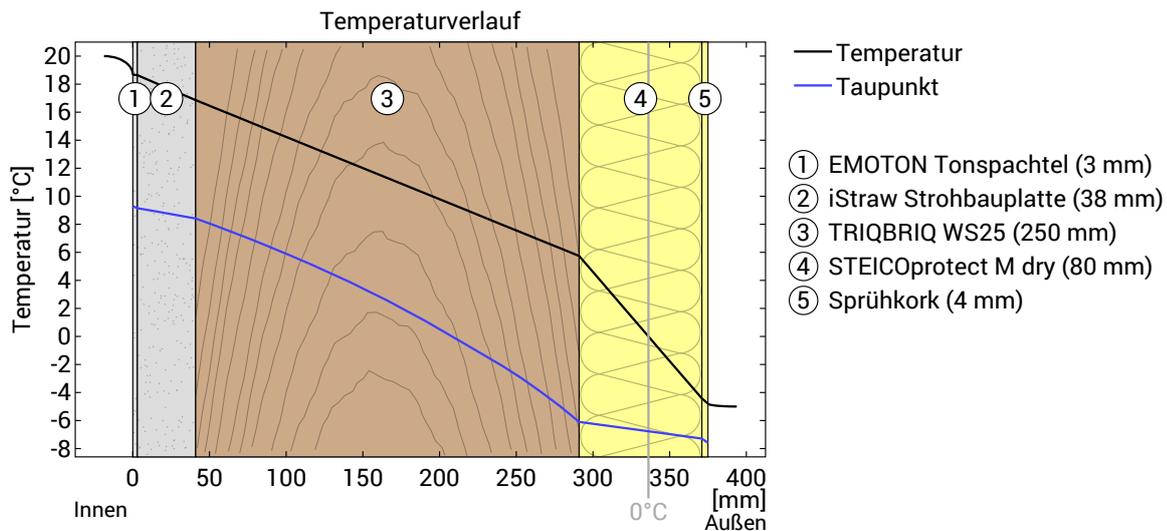
Hinweise

Achtung: Mindestens eine Schicht konnte nicht berücksichtigt werden, weil deren Primärenergieinhalt und/oder Treibhauspotential unbekannt ist.

Berechnet für den Standort DIN V 18599, Heizperiode von Mitte Oktober bis Ende April. Die Berechnung basiert auf monatlichen Temperatur-Mittelwerten. Quelle: DIN V 18599-10:2007-02

Die dieser Berechnung zugrunde liegenden Klima- und Energiedaten können zum Teil starke Schwankungen aufweisen und im Einzelfall erheblich vom tatsächlichen Wert abweichen.

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	18,7	20,0	
1	0,3 cm EMOTON Tonspachtel	0,540	0,006	18,6	18,7	3,8
2	3,8 cm iStraw Strohbauplatte	0,114	0,333	16,9	18,6	14,4
3	25 cm TRIQBRIQ WS25	0,120	2,083	5,7	16,9	112,5
4	8 cm STEICoprotect M dry	0,042	1,905	-4,4	5,7	11,2
5	0,4 cm Sprühkork	0,059	0,068	-4,8	-4,4	2,9
	Wärmeübergangswiderstand*		0,040	-5,0	-4,8	
	37,5 cm Gesamtes Bauteil		4,565			144,8

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

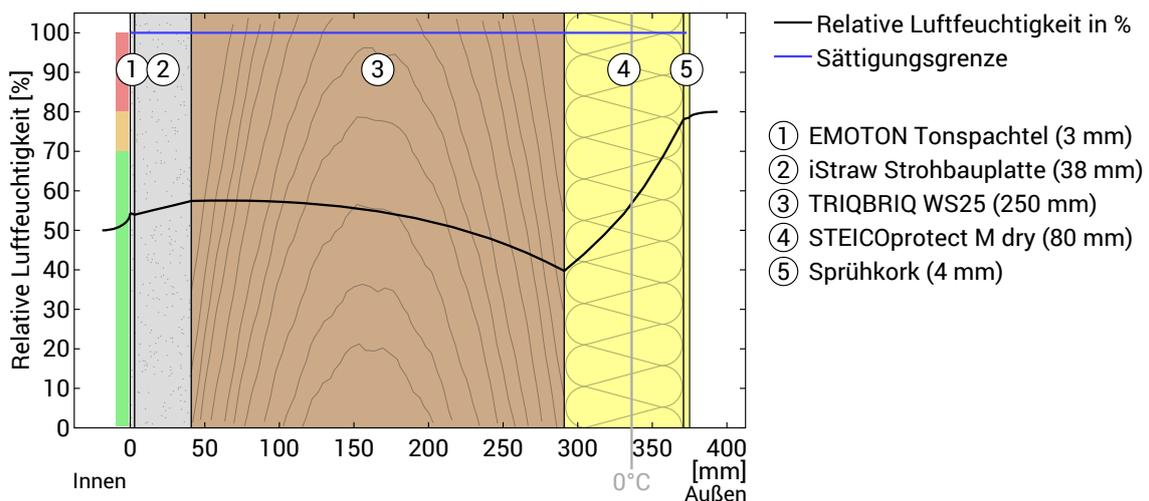
Trocknungsreserve gemäß DIN 4108-3:2018: 1194 g/(m²a)
 Von der DIN 68800-2 mindestens gefordert: 100 g/(m²a)

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser [kg/m²] [Gew.-%]	Gewicht [kg/m²]
1	0,3 cm EMOTON Tonspachtel	0,08	-	3,8
2	3,8 cm iStraw Strohbauplatte	0,38	-	14,4
3	25 cm TRIQBRIQ WS25	5,00	-	112,5
4	8 cm STEICOp Protect M dry	0,24	-	11,2
5	0,4 cm Sprühkork	0,06	-	2,9
	37,5 cm Gesamtes Bauteil	5,76	0	144,8

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.



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 [m²K/W]	sd [m]	ρ [kg/m³]	T [°C]	ps [Pa]	Σ sd [m]
Wärmeübergangswiderstand			0,250					
1	0,3 cm EMOTON Tonspachtel	0,540	0,006	0,08	1250	18,67	2152	0
2	3,8 cm iStraw Strohbauplatte	0,114	0,333	0,38	379	18,64	2148	0,08
3	25 cm TRIQBRIQ WS25	0,120	2,083	5	450	16,86	1920	0,46
4	8 cm STEICOprotect M dry	0,042	1,905	0,24	140	5,74	919	5,46
5	0,4 cm Sprühkork	0,059	0,068	0,06	730	-4,42	422	5,7
Wärmeübergangswiderstand			0,040			-4,79	409	5,76

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

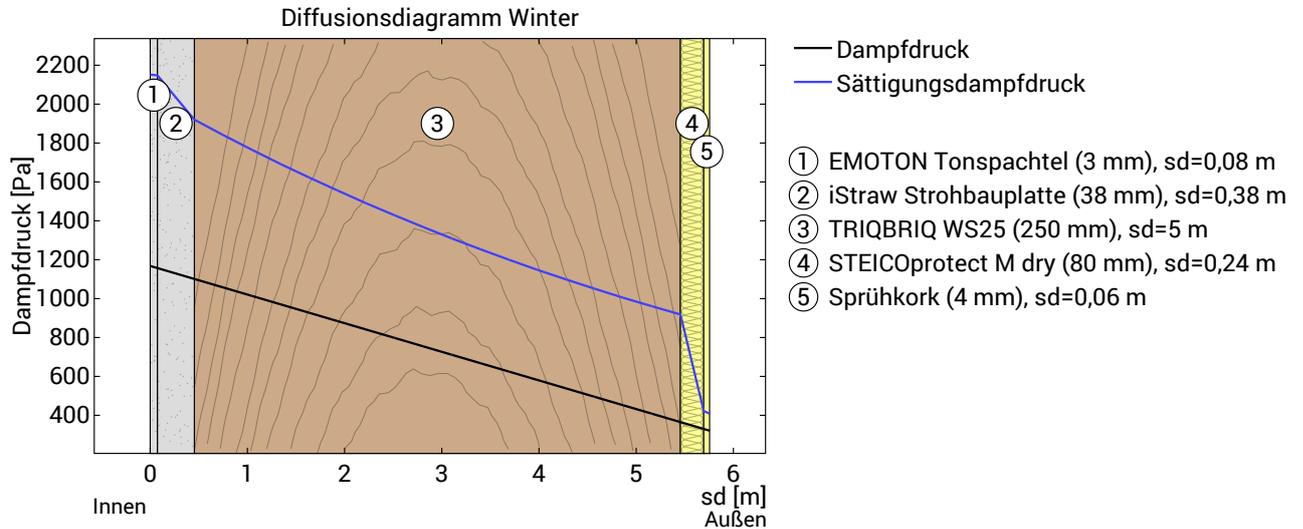
Luftfeuchte an der Bauteiloberfläche

Die relative Luftfeuchtigkeit auf der raumseitigen Bauteiloberfläche beträgt 54%. 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	$\delta_0 = 2.0E-10 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa})$
sd-Wert (gesamtes Bauteil)	sde = 5,76 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:

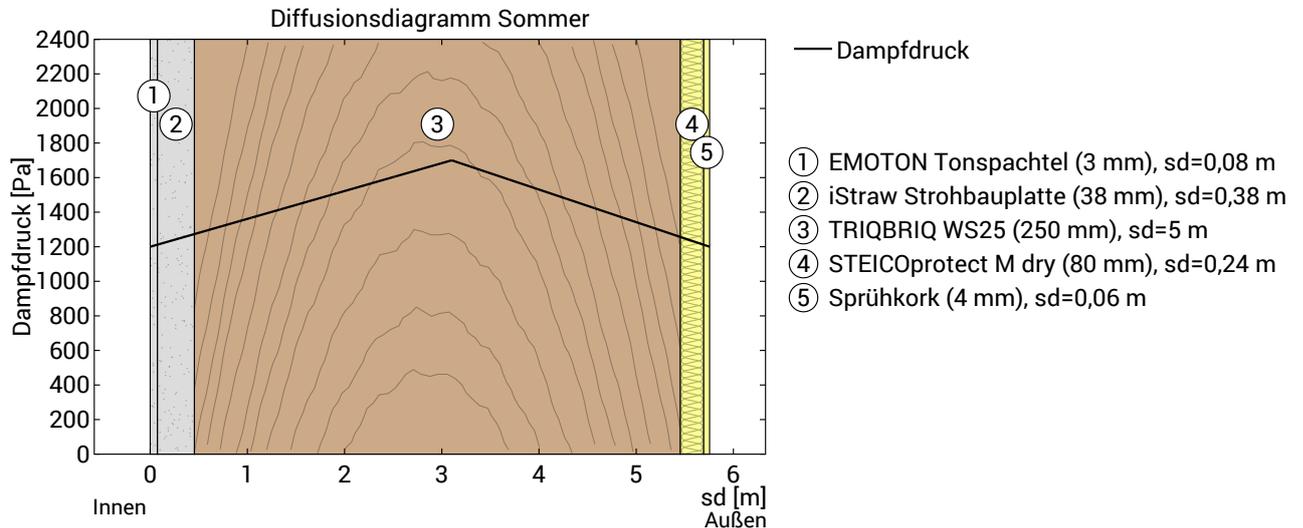
sd=3,10 m; ps=1310 pa, innerhalb Schicht TRIQBRIQ WS25:

$$M_{ev, \text{Tauperiode}} = t_c \cdot \delta_0 \cdot ((p_s - p_i) / s_{d_{ev}} + (p_s - p_e) / (s_{d_e} - s_{d_{ev}})) = 0,651 \text{ kg/m}^2$$

Verdunstungsperiode (Sommer)

Randbedingungen

Dampfdruck innen	pi = 1200 Pa
Dampfdruck außen	pe = 1200 Pa
Sättigungsdampfdruck in der Tauwasserebene	ps = 1700 Pa
Dauer Verdunstungsperiode (90 Tage)	tev = 7776000 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 sd=3,10 m, innerhalb Schicht TRIQBRIQ WS25:

$$\text{Verdunstungsmenge: } M_{ev} = \delta_0 \cdot t_{ev} \cdot \left[\frac{(p_s - p_i)}{s_d} + \frac{(p_s - p_e)}{(s_{de} - s_d)} \right] = 0,54 \text{ kg/m}^2$$

Trocknungsreserve (DIN 68800-2)

Tauwasserfreies Bauteil: Das Verdunstungspotential der Tauperiode wird ebenfalls berücksichtigt.

$$\text{Trocknungsreserve: } M_r = (M_{ev} + M_{ev, \text{Tauperiode}}) \cdot 1000 = 1194 \text{ g/m}^2/\text{a}$$

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



Bewertung gemäß DIN 4108-3

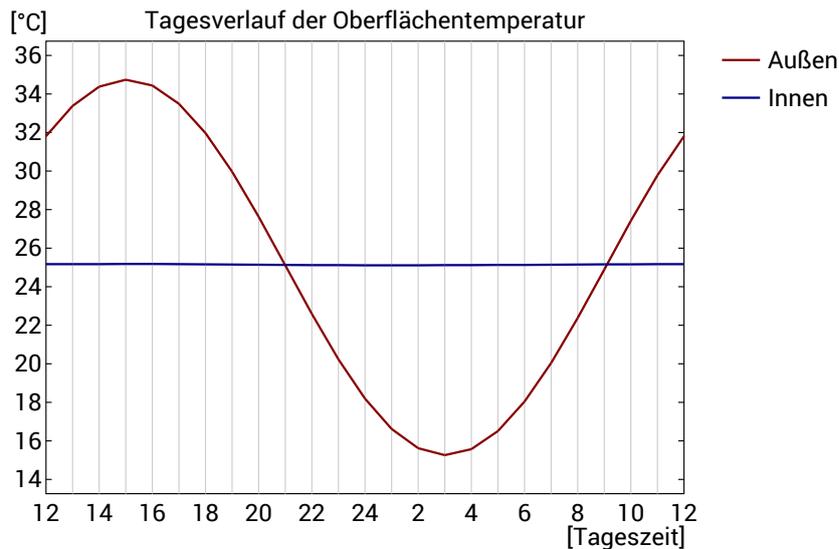
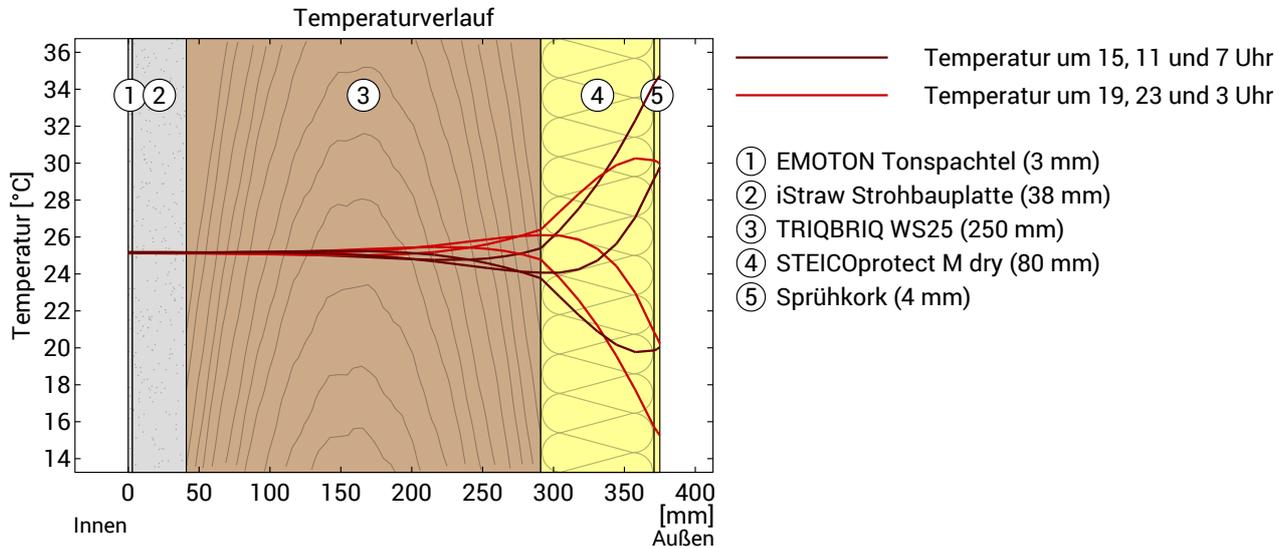
Das Bauteil ist diffusionstechnisch zulässig.

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	Wärmespeicherkapazität (gesamtes Bauteil):	241 kJ/m²K
Amplitudendämpfung**	>100	Wärmespeicherkapazität der inneren Schichten:	158 kJ/m²K
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/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.

Hinweise

Es sind keine Hinweise zu dieser Berechnung vorhanden.

Wärmeschutz

$U = 0,194 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

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



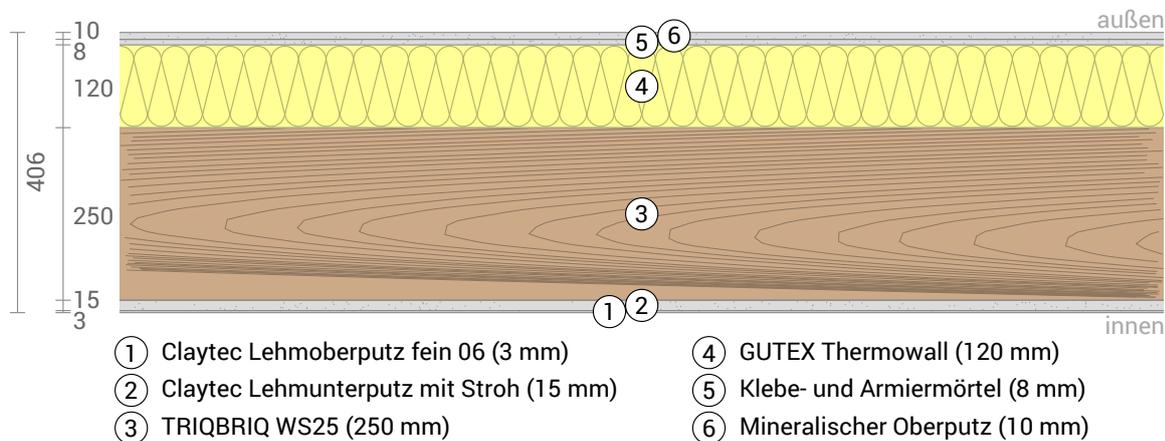
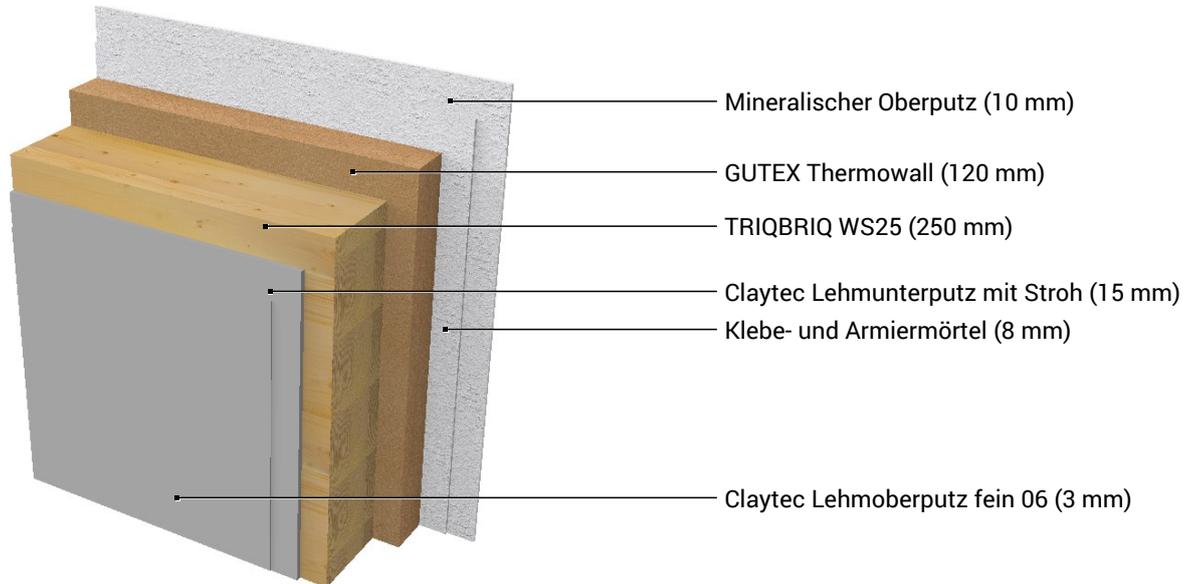
Feuchteschutz

Trocknungsreserve: $1304 \text{ g}/\text{m}^2\text{a}$
Kein Tauwasser



Hitzeschutz

Temperaturamplitudendämpfung: >100
Phasenverschiebung: nicht relevant
Wärmekapazität innen: $182 \text{ kJ}/\text{m}^2\text{K}$



Raumluft:	20,0°C / 50%	sd-Wert:	6,0 m	Dicke:	40,6 cm
Außenluft:	-5,0°C / 80%	Trocknungsreserve:	$1304 \text{ g}/\text{m}^2\text{a}$	Gewicht:	$189 \text{ kg}/\text{m}^2$
Oberflächentemp.:	18,8°C / -4,8°C	Wärmekapazität:	$277 \text{ kJ}/\text{m}^2\text{K}$		

- 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 [m²K/W]
	Wärmeübergangswiderstand innen (Rsi)			0,130
1	Claytec Lehmoberputz fein 06	0,30	0,910	0,003
2	Claytec Lehmunterputz mit Stroh	1,50	0,910	0,016
3	TRIQBRIQ WS25	25,00	0,120	2,083
4	GUTEX Thermowall (Keymark zertifiziert)	12,00	0,042	2,857
5	Klebe- und Armiermörtel	0,80	1,000	0,008
6	Mineralischer Oberputz	1,00	0,450	0,022
	Wärmeübergangswiderstand außen (Rse)			0,040

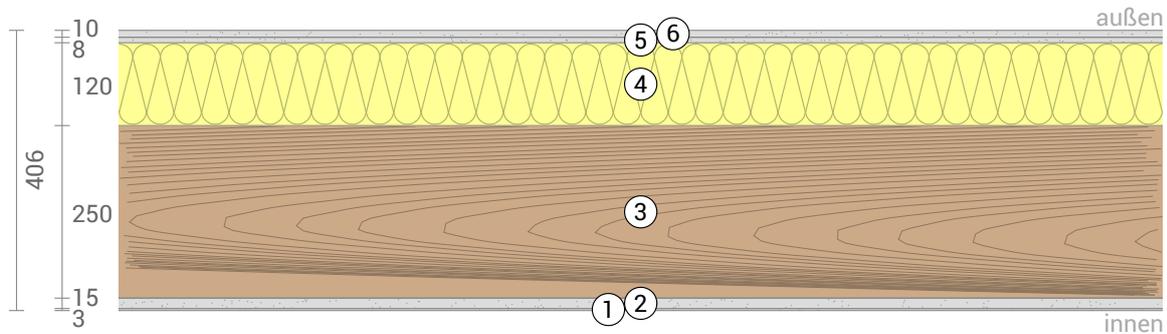
Die Wärmeübergangswiderstände wurden gemäß DIN 6946 Tabelle 7 gewählt.

Rsi: Wärmestromrichtung horizontal

Rse: Wärmestromrichtung horizontal, außen: Direkter Übergang zur Außenluft

Wärmedurchgangswiderstand $R_{tot} = 5,160 \text{ m}^2\text{K/W}$

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1/R_{tot} = 0,19 \text{ W/(m}^2\text{K)}$



Ökobilanz

Wärmeverlust: 15 kWh/m² pro Heizperiode



Wärmemenge, die durch einen Quadratmeter dieses Bauteils während der Heizperiode entweicht. Bitte beachten: Wegen interner und solarer Gewinne ist der Heizwärmebedarf geringer als der Wärmeverlust.

Primärenergie (nicht erneuerbar): >170 kWh/m²



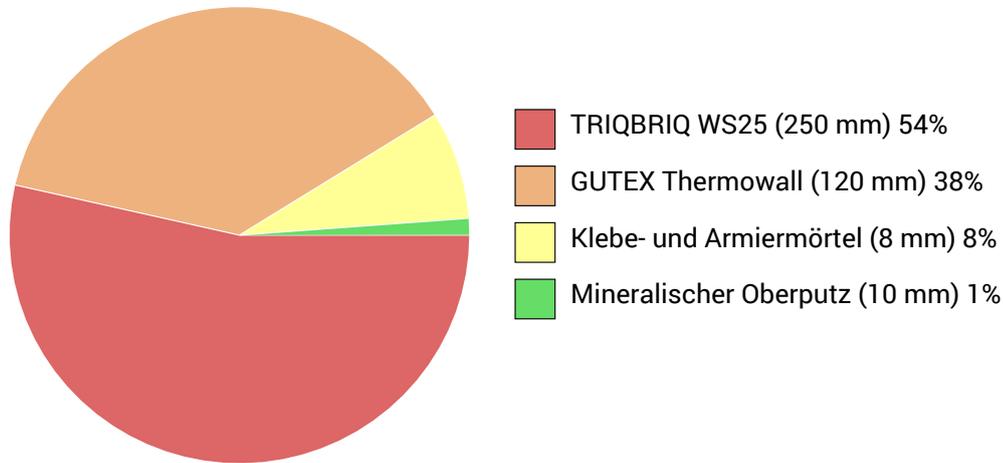
Nicht erneuerbare Primärenergie (=Energie aus fossilen Brennstoffen und Kernenergie) die zur Produktion der verwendeten Baustoffe aufgewendet wurde ("cradle to gate").

Treibhauspotential: -141 (?) kg CO2 Äqv./m²

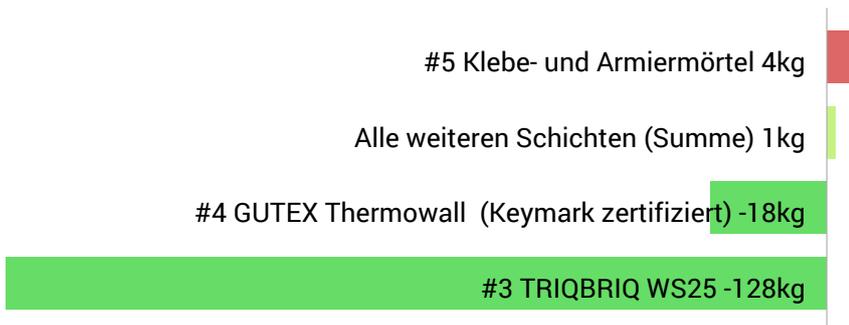


Sehr gut: Für die Produktion der verwendeten Baustoffe wurden der Atmosphäre insgesamt mehr Treibhausgase entzogen als zugeführt.

Zusammensetzung des nicht erneuerbaren Primärenergieaufwands der Herstellung:

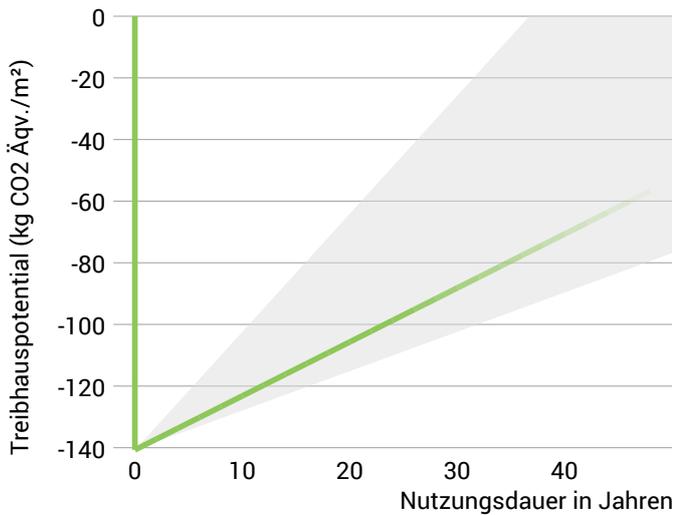


Zusammensetzung des Treibhauspotentials der Herstellung:



Achtung: Mindestens eine Schicht konnte nicht berücksichtigt werden, weil deren Primärenergieinhalt und/oder Treibhauspotential unbekannt ist.

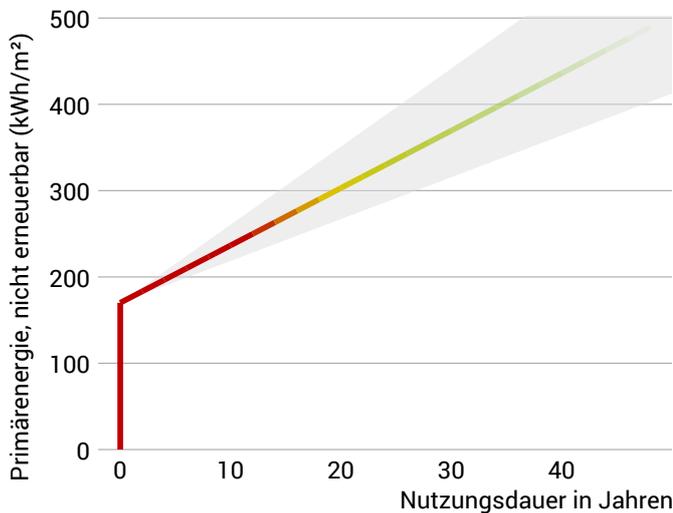
Treibhauspotential und Primärenergie für Bau und Nutzung



Die **Abbildung links** zeigt im senkrechten Teil der Kurve das Treibhauspotential der Herstellung des Bauteils. Die während der Nutzung des Gebäudes entstehenden Treibhausgasemissionen (durch die Beheizung) sind durch die schräg nach oben verlaufende Kurve dargestellt.

Die **Abbildung links unten** zeigt im senkrechten Teil der Kurve den nicht erneuerbaren Primärenergieaufwand für die Herstellung des Bauteils. Die während der Nutzung des Gebäudes benötigte Primärenergie (durch die Beheizung) ist durch die schräg nach oben verlaufende Kurve dargestellt.

Je länger das Bauteil unverändert genutzt wird, umso umweltfreundlicher ist es, weil der Herstellungsaufwand weniger zu den Gesamtemissionen beiträgt (angedeutet durch die Farbe der Kurve).



Wegen unbekannter solarer und interner Gewinne kann der Heizwärmebedarf nur geschätzt werden. Dementsprechend sind Primärenergieaufwand und Treibhauspotential während der Nutzungsphase nur ungenau bekannt. Für die Abschätzung wurde angenommen, dass solare und interne Gewinne mit 4 kWh/a/m² Bauteilfläche beitragen. Die hellgrauen Fläche kennzeichnen den Bereich, in dem die Kurve mit großer Sicherheit liegt. Für die Wärmeerzeugung wurde ein Primärenergieaufwand von 0,60 kWh pro kWh Wärme und ein Treibhauspotential von 0,16 kg CO₂ Äqv./m² pro kWh Wärme angesetzt. Wärmequelle: Wärmepumpe (Luft).

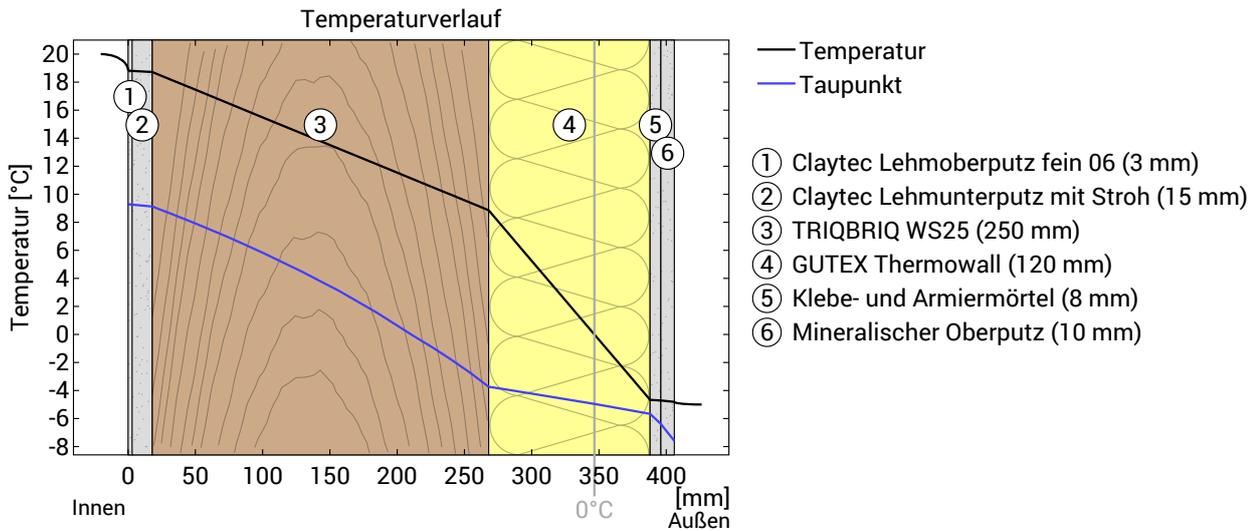
Hinweise

Achtung: Mindestens eine Schicht konnte nicht berücksichtigt werden, weil deren Primärenergieinhalt und/oder Treibhauspotential unbekannt ist.

Berechnet für den Standort DIN V 18599, Heizperiode von Mitte Oktober bis Ende April. Die Berechnung basiert auf monatlichen Temperatur-Mittelwerten. Quelle: DIN V 18599-10:2007-02

Die dieser Berechnung zugrunde liegenden Klima- und Energiedaten können zum Teil starke Schwankungen aufweisen und im Einzelfall erheblich vom tatsächlichen Wert abweichen.

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	18,8	20,0	
1	0,3 cm Claytec Lehmoberputz fein 06	0,910	0,003	18,8	18,8	5,4
2	1,5 cm Claytec Lehmunterputz mit Stroh	0,910	0,016	18,7	18,8	27,0
3	25 cm TRIQBRIQ WS25	0,120	2,083	8,9	18,7	112,5
4	12 cm GUTEX Thermowall (Keymark zertifiziert)	0,042	2,857	-4,7	8,9	19,2
5	0,8 cm Klebe- und Armiermörtel	1,000	0,008	-4,7	-4,7	12,0
6	1 cm Mineralischer Oberputz	0,450	0,022	-4,8	-4,7	12,5
	Wärmeübergangswiderstand*		0,040	-5,0	-4,8	
	40,6 cm Gesamtes Bauteil		5,160			188,6

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

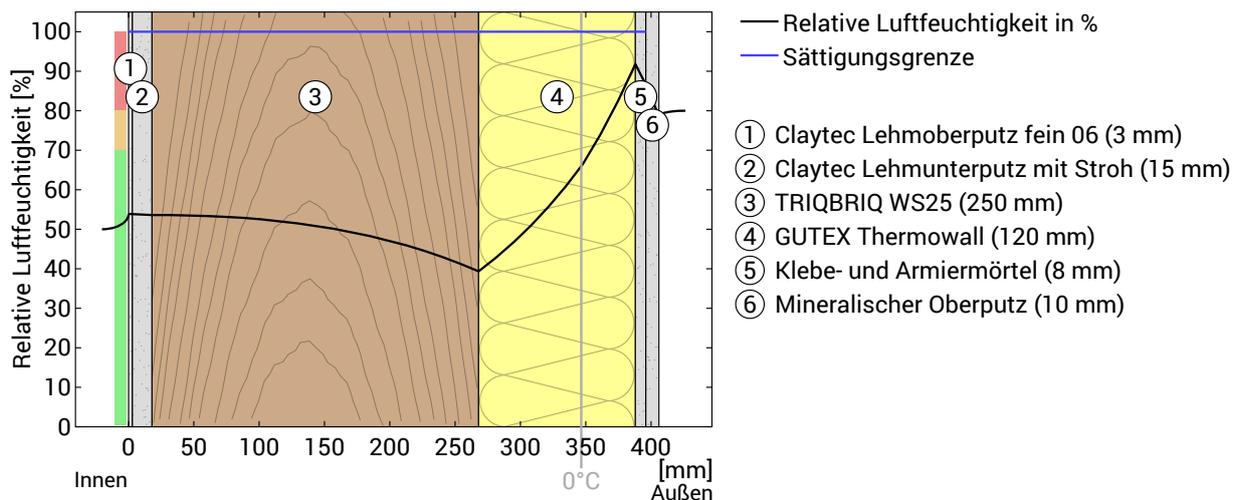
Trocknungsreserve gemäß DIN 4108-3:2018: 1304 g/(m²a)
 Von der DIN 68800-2 mindestens gefordert: 100 g/(m²a)

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser [kg/m²] [Gew.-%]	Gewicht [kg/m²]
1	0,3 cm Claytec Lehmoberputz fein 06	0,02	-	5,4
2	1,5 cm Claytec Lehmunterputz mit Stroh	0,08	-	27,0
3	25 cm TRIQBRIQ WS25	5,00	-	112,5
4	12 cm GUTEX Thermowall (Keymark zertifiziert)	0,48	-	19,2
5	0,8 cm Klebe- und Armiermörtel	0,16	-	12,0
6	1 cm Mineralischer Oberputz	0,25	-	12,5
	40,6 cm Gesamtes Bauteil	5,98	0	188,6

Luftfeuchtigkeit

Die Oberflächentemperatur auf der Raumseite beträgt 18,8 °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.



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 [m²K/W]	sd [m]	ρ [kg/m³]	T [°C]	ps [Pa]	Σ sd [m]
Wärmeübergangswiderstand			0,250					
1	0,3 cm Claytec Lehmoberputz fein 06	0,910	0,003	0,02	1800	18,82	2172	0
2	1,5 cm Claytec Lehmunterputz mit Stroh	0,910	0,016	0,08	1800	18,80	2170	0,02
3	25 cm TRIQBRIQ WS25	0,120	2,083	5	450	18,72	2159	0,09
4	12 cm GUTEX Thermowall (Keymark zertifiziert)	0,042	2,857	0,48	160	8,86	1136	5,09
5	0,8 cm Klebe- und Armiermörtel	1,000	0,008	0,16	1500	-4,67	413	5,57
6	1 cm Mineralischer Oberputz	0,450	0,022	0,25	1250	-4,71	412	5,73
Wärmeübergangswiderstand			0,040			-4,81	408	5,98

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

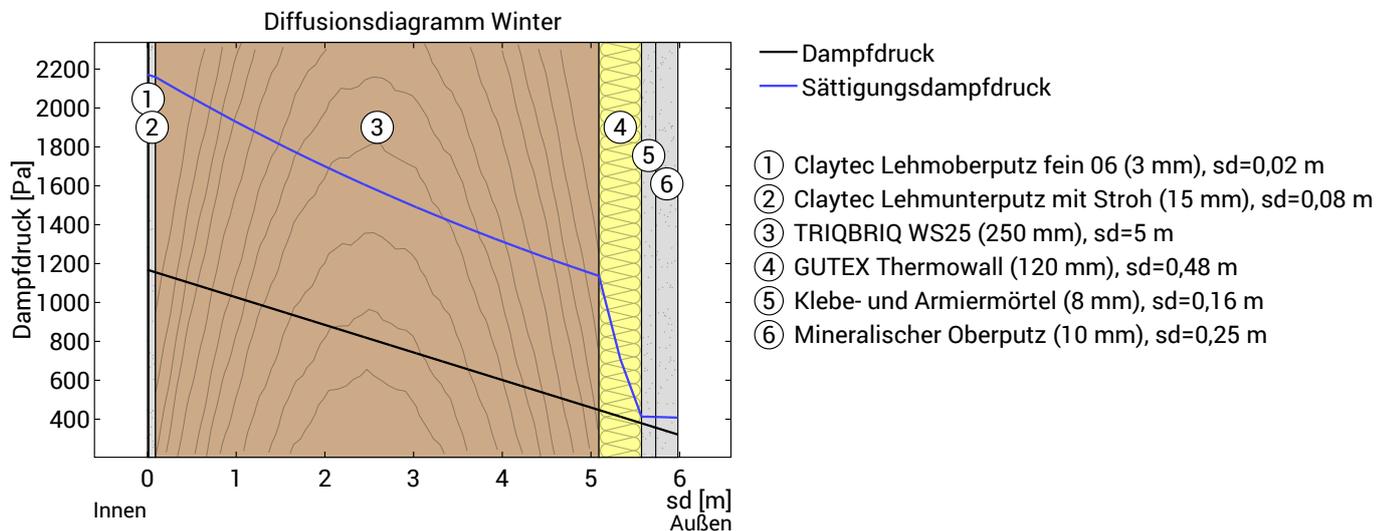
Luftfeuchte an der Bauteiloberfläche

Die relative Luftfeuchtigkeit auf der raumseitigen Bauteiloberfläche beträgt 54%. 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 = 5,98 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:

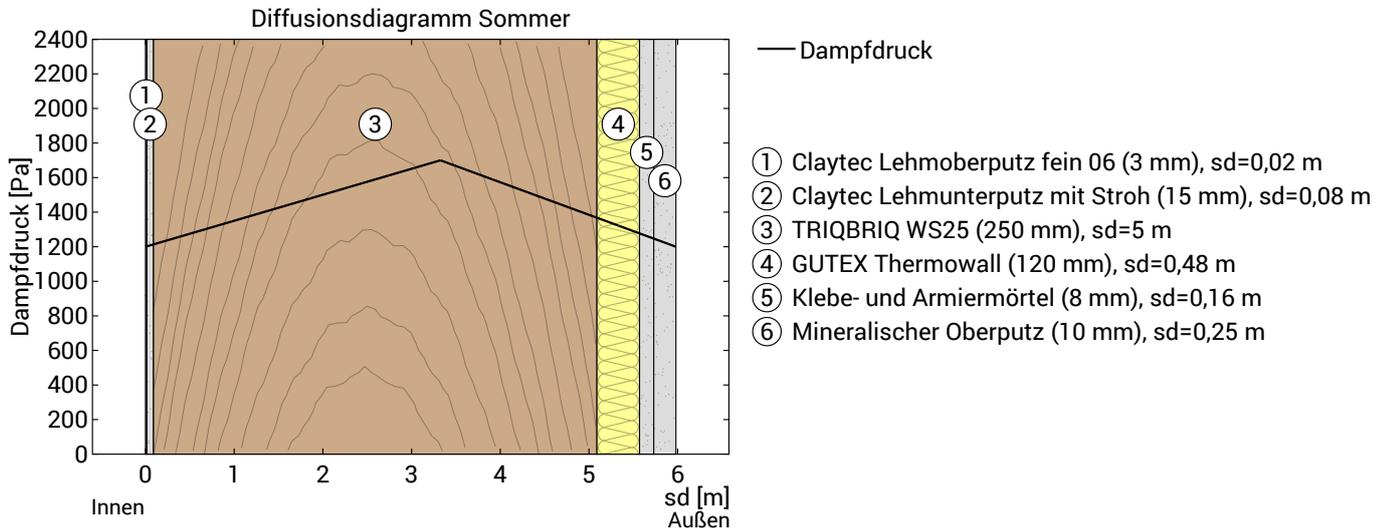
sd=3,33 m; ps=1434 pa, innerhalb Schicht TRIQBRIQ WS25:

$$M_{ev, \text{Tauperiode}} = t_c \cdot \delta_0 \cdot ((p_s - p_i) / s_{d_{ev}} + (p_s - p_e) / (s_{d_e} - s_{d_{ev}})) = 0,777 \text{ kg/m}^2$$

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 $s_d=3,33 \text{ m}$, innerhalb Schicht TRIQBRIQ WS25:

Verdunstungsmenge: $M_{ev} = \delta_0 \cdot t_{ev} \cdot \left[\frac{(p_s - p_i)}{s_d} + \frac{(p_s - p_e)}{(s_{de} - s_d)} \right] = 0,53 \text{ kg/m}^2$

Trocknungsreserve (DIN 68800-2)

Tauwasserfreies Bauteil: Das Verdunstungspotential der Tauperiode wird ebenfalls berücksichtigt.

Trocknungsreserve: $M_r = (M_{ev} + M_{ev, \text{Tauperiode}}) \cdot 1000 = 1304 \text{ g/m}^2/\text{a}$

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



Bewertung gemäß DIN 4108-3

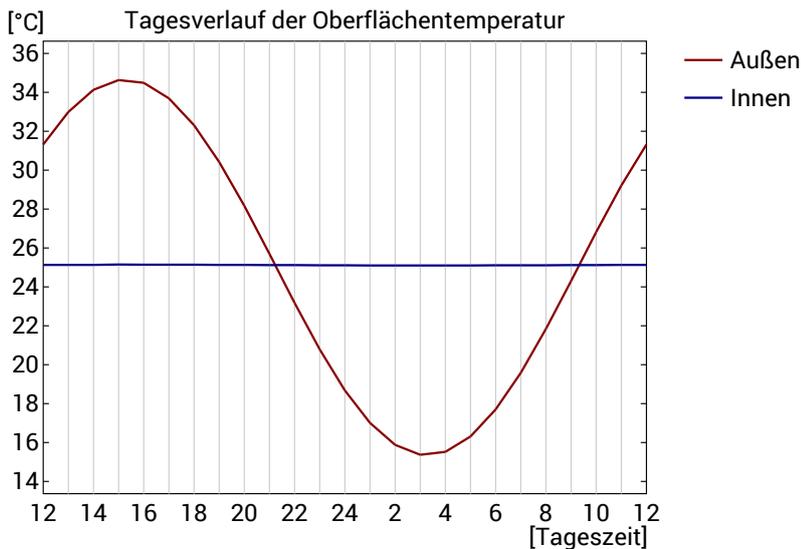
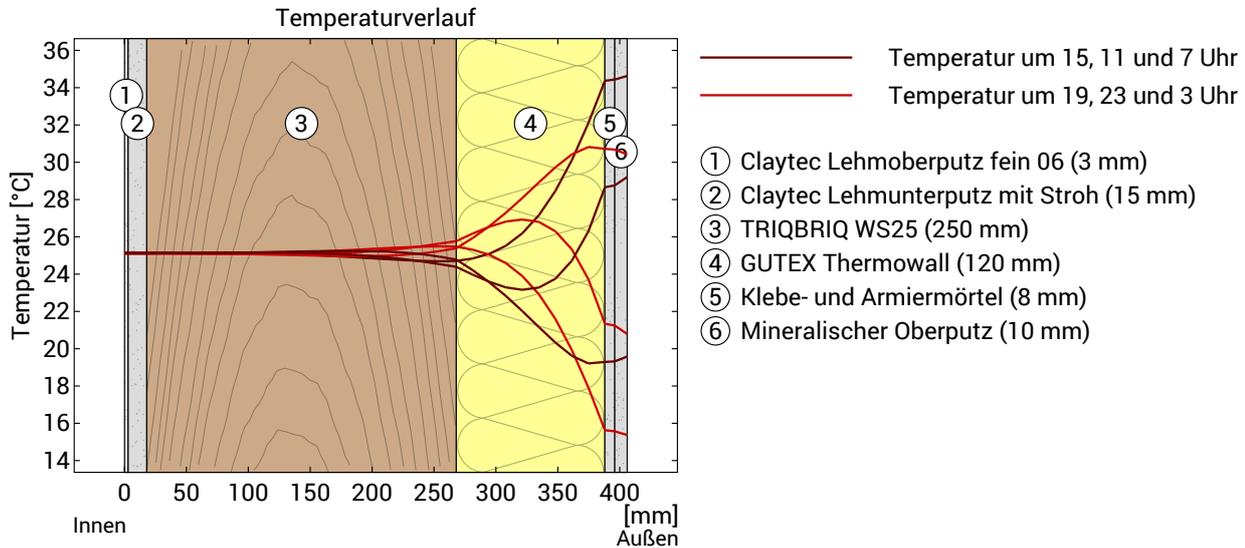
Das Bauteil ist diffusionstechnisch zulässig.

Hinweise

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):	277 kJ/m²K
Amplitudendämpfung**	>100	Wärmespeicherfähigkeit der inneren Schichten:	182 kJ/m²K
TAV***	0,002		

* 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/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.

Hinweise

Es sind keine Hinweise zu dieser Berechnung vorhanden.

AW WS25 Witterungsschutz

Außenwand
erstellt am 24.8.2023

Wärmeschutz

$U = 0,419 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

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

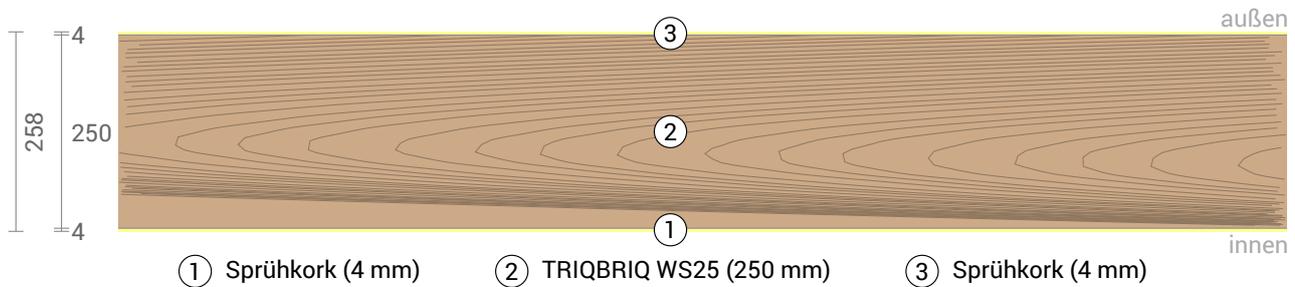
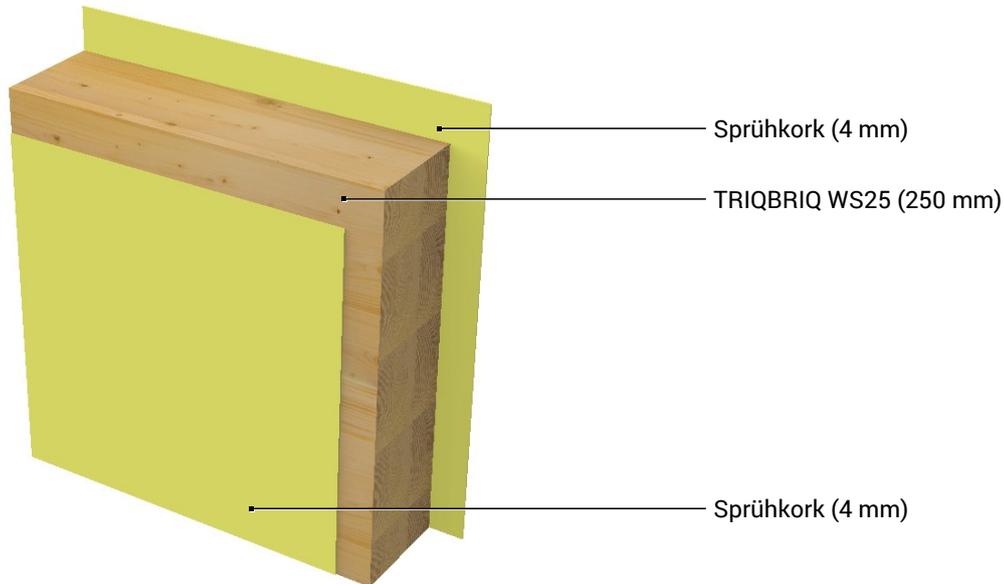


Feuchteschutz

Trocknungsreserve: $920 \text{ g}/\text{m}^2\text{a}$
Kein Tauwasser

Hitzeschutz

Temperaturamplitudendämpfung: 27
Phasenverschiebung: 14,7 h
Wärmekapazität innen: $92 \text{ kJ}/\text{m}^2\text{K}$



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

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

Oberflächentemp.: $17,5^\circ\text{C} / -4,6^\circ\text{C}$

sd-Wert: 5,1 m

Trocknungsreserve: $920 \text{ g}/\text{m}^2\text{a}$

Dicke: 25,8 cm

Gewicht: $118 \text{ kg}/\text{m}^2$

Wärmekapazität: $188 \text{ kJ}/\text{m}^2\text{K}$

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)			0,130
1	Sprühkork	0,40	0,059	0,068
2	TRIQBRIQ WS25	25,00	0,120	2,083
3	Sprühkork	0,40	0,059	0,068
	Wärmeübergangswiderstand außen (Rse)			0,040

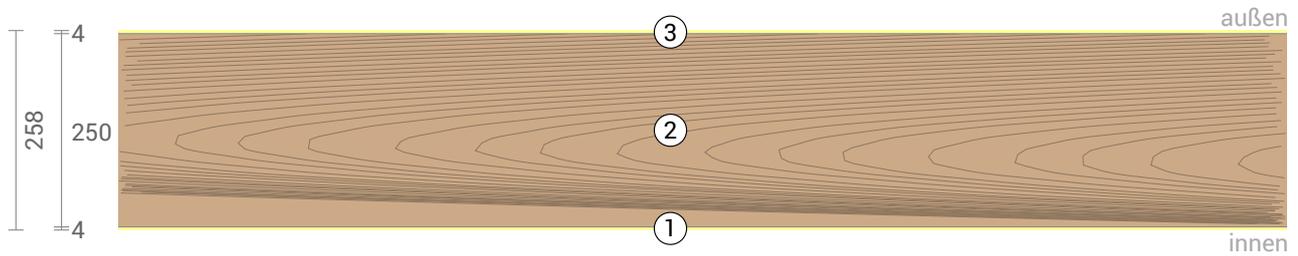
Die Wärmeübergangswiderstände wurden gemäß DIN 6946 Tabelle 7 gewählt.

Rsi: Wärmestromrichtung horizontal

Rse: Wärmestromrichtung horizontal, außen: Direkter Übergang zur Außenluft

Wärmedurchgangswiderstand $R_{\text{tot}} = 2,389 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1/R_{\text{tot}} = 0,42 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$



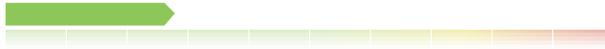
Ökobilanz

Wärmeverlust: 33 kWh/m² pro Heizperiode



Wärmemenge, die durch einen Quadratmeter dieses Bauteils während der Heizperiode entweicht. Bitte beachten: Wegen interner und solarer Gewinne ist der Heizwärmebedarf geringer als der Wärmeverlust.

Primärenergie (nicht erneuerbar): >91 kWh/m²



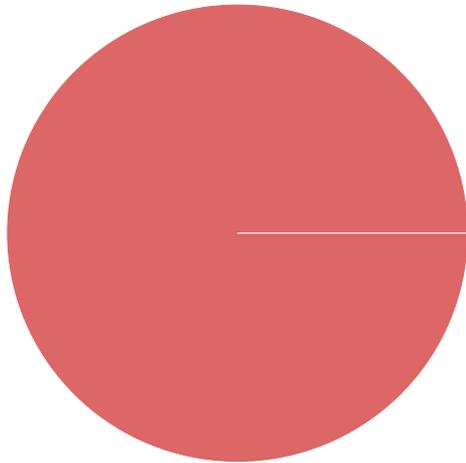
Nicht erneuerbare Primärenergie (=Energie aus fossilen Brennstoffen und Kernenergie) die zur Produktion der verwendeten Baustoffe aufgewendet wurde ("cradle to gate").

Treibhauspotential: -128 (?) kg CO2 Äqv./m²



Sehr gut: Für die Produktion der verwendeten Baustoffe wurden der Atmosphäre insgesamt mehr Treibhausgase entzogen als zugeführt.

Zusammensetzung des nicht erneuerbaren Primärenergieaufwands der Herstellung:



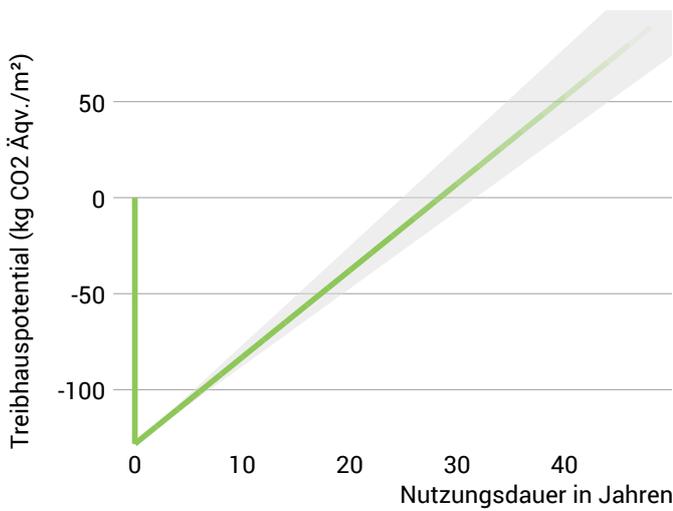
TRIQBRIQ WS25 (250 mm) 100%

Zusammensetzung des Treibhauspotentials der Herstellung:

#2 TRIQBRIQ WS25 -128kg

Achtung: Mindestens eine Schicht konnte nicht berücksichtigt werden, weil deren Primärenergieinhalt und/oder Treibhauspotential unbekannt ist.

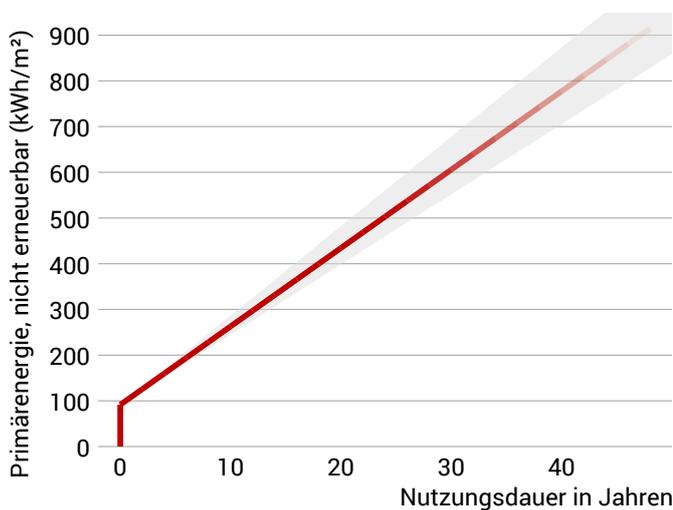
Treibhauspotential und Primärenergie für Bau und Nutzung



Die **Abbildung links** zeigt im senkrechten Teil der Kurve das Treibhauspotential der Herstellung des Bauteils. Die während der Nutzung des Gebäudes entstehenden Treibhausgasemissionen (durch die Beheizung) sind durch die schräg nach oben verlaufende Kurve dargestellt.

Die **Abbildung links unten** zeigt im senkrechten Teil der Kurve den nicht erneuerbaren Primärenergieaufwand für die Herstellung des Bauteils. Die während der Nutzung des Gebäudes benötigte Primärenergie (durch die Beheizung) ist durch die schräg nach oben verlaufende Kurve dargestellt.

Je länger das Bauteil unverändert genutzt wird, umso umweltfreundlicher ist es, weil der Herstellungsaufwand weniger zu den Gesamtemissionen beiträgt (angedeutet durch die Farbe der Kurve).



Wegen unbekannter solarer und interner Gewinne kann der Heizwärmebedarf nur geschätzt werden. Dementsprechend sind Primärenergieaufwand und Treibhauspotential während der Nutzungsphase nur ungenau bekannt. Für die Abschätzung wurde angenommen, dass solare und interne Gewinne mit 4 kWh/a/m^2 Bauteilfläche beitragen. Die hellgrauen Fläche kennzeichnen den Bereich, in dem die Kurve mit großer Sicherheit liegt. Für die Wärmeerzeugung wurde ein Primärenergieaufwand von $0,60 \text{ kWh pro kWh Wärme}$ und ein Treibhauspotential von $0,16 \text{ kg CO}_2 \text{ Äqv./m}^2 \text{ pro kWh Wärme}$ angesetzt. Wärmequelle: Wärmepumpe (Luft).

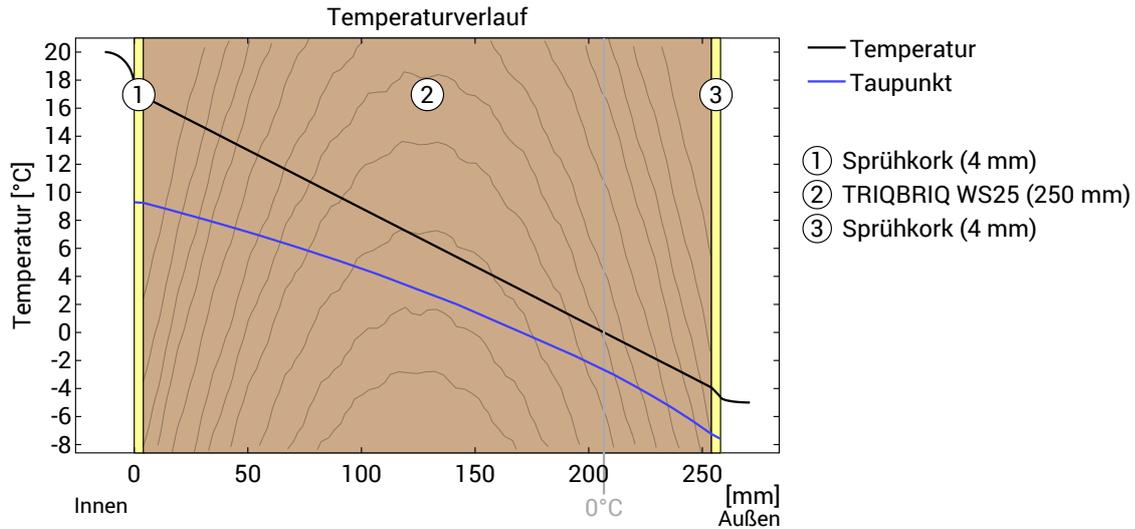
Hinweise

Achtung: Mindestens eine Schicht konnte nicht berücksichtigt werden, weil deren Primärenergieinhalt und/oder Treibhauspotential unbekannt ist.

Berechnet für den Standort DIN V 18599, Heizperiode von Mitte Oktober bis Ende April. Die Berechnung basiert auf monatlichen Temperatur-Mittelwerten. Quelle: DIN V 18599-10:2007-02

Die dieser Berechnung zugrunde liegenden Klima- und Energiedaten können zum Teil starke Schwankungen aufweisen und im Einzelfall erheblich vom tatsächlichen Wert abweichen.

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	17,5	20,0	
1	0,4 cm Sprühkork	0,059	0,068	16,8	17,5	2,9
2	25 cm TRIQBRIQ WS25	0,120	2,083	-3,9	16,8	112,5
3	0,4 cm Sprühkork	0,059	0,068	-4,6	-3,9	2,9
	Wärmeübergangswiderstand*		0,040	-5,0	-4,6	
	25,8 cm Gesamtes Bauteil		2,389			118,3

*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): 17,5°C 17,5°C 17,5°C
Oberflächentemperatur außen (min / mittel / max): -4,6°C -4,6°C -4,6°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.

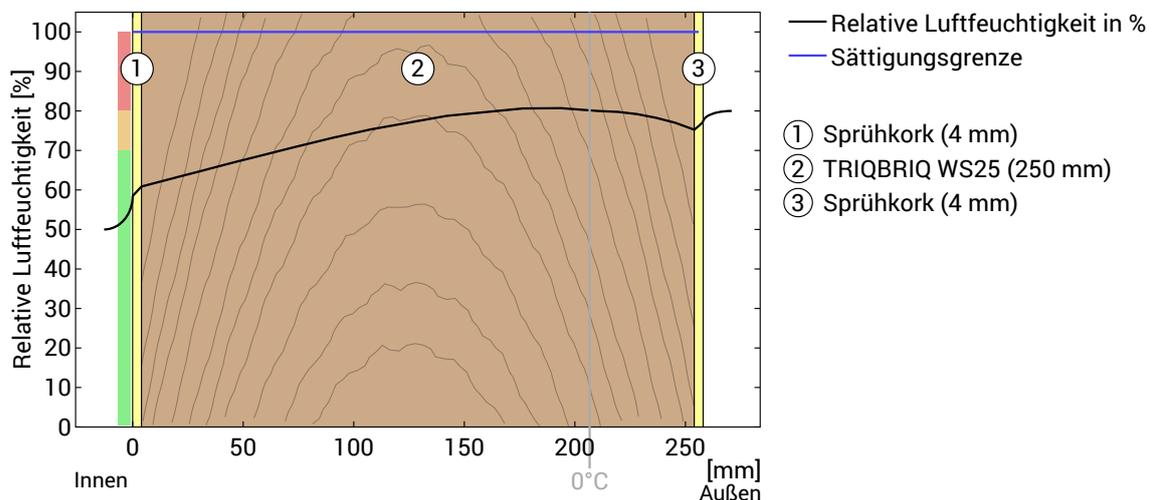
Trocknungsreserve gemäß DIN 4108-3:2018: 920 g/(m²a)
 Von der DIN 68800-2 mindestens gefordert: 100 g/(m²a)

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser [kg/m ²]	Tauwasser [Gew.-%]	Gewicht [kg/m ²]
1	0,4 cm Sprühkork	0,02	-	-	2,9
2	25 cm TRIQBRIQ WS25	5,00	-	-	112,5
3	0,4 cm Sprühkork	0,06	-	-	2,9
	25,8 cm Gesamtes Bauteil	5,08	0		118,3

Luftfeuchtigkeit

Die Oberflächentemperatur auf der Raumseite beträgt 17,5 °C was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 58% 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 [m²K/W]	sd [m]	ρ [kg/m³]	T [°C]	ps [Pa]	Σ sd [m]
Wärmeübergangswiderstand			0,250					
1	0,4 cm Sprühkork	0,059	0,068	0,02	730	17,51	2001	0
2	25 cm TRIQBRIQ WS25	0,120	2,083	5	450	16,83	1917	0,02
3	0,4 cm Sprühkork	0,059	0,068	0,06	730	-3,93	440	5,02
Wärmeübergangswiderstand			0,040			-4,60	415	5,08

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

Luftfeuchte an der Bauteiloberfläche

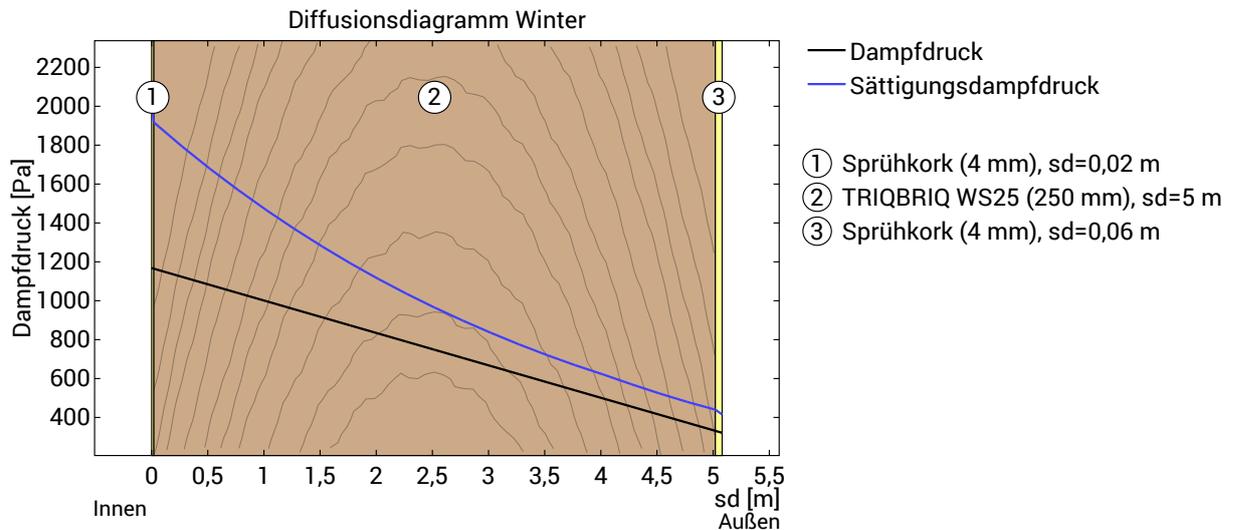
Die relative Luftfeuchtigkeit auf der raumseitigen Bauteiloberfläche beträgt 58%. Anforderungen zur Vermeidung von Baustoffkorrosion hängen von Material und Beschichtung ab und wurden nicht untersucht.



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	$\delta_0 = 2.0E-10 \text{ kg}/(\text{m}^2\cdot\text{s}\cdot\text{Pa})$
sd-Wert (gesamtes Bauteil)	$s_{de} = 5,08 \text{ m}$



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=3,52 m; ps=721 pa, innerhalb Schicht TRIQBRIQ WS25:

$$m_{ev, \text{Tauperiode}} = t_c \cdot \delta_0 \cdot ((p_s - p_i) / s_{d_{ev}} + (p_s - p_e) / (s_{d_e} - s_{d_{ev}})) = 0,201 \text{ kg/m}^2$$

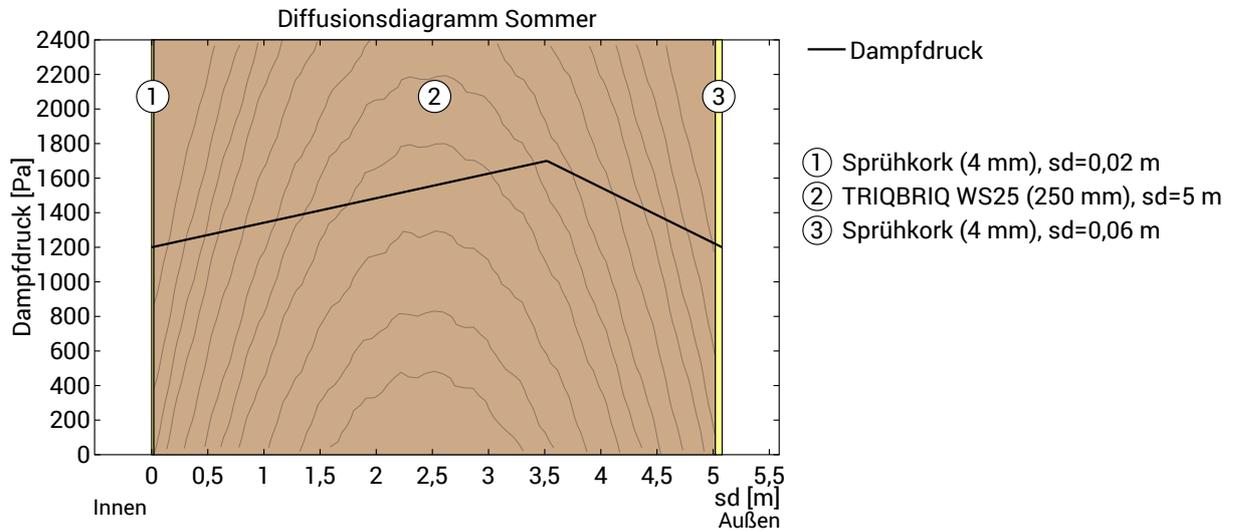
Verdunstungsperiode (Sommer)

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 $s_d=3,52 \text{ m}$, innerhalb Schicht TRIQBRIQ WS25:

Verdunstungsmenge: $M_{ev} = \delta_0 \cdot \tau_{ev} \cdot \left[\frac{(p_s - p_i)}{s_d} + \frac{(p_s - p_e)}{(s_{de} - s_d)} \right] = 0,72 \text{ kg/m}^2$



Trocknungsreserve (DIN 68800-2)

Tauwasserfreies Bauteil: Das Verdunstungspotential der Tauperiode wird ebenfalls berücksichtigt.

Trocknungsreserve: $M_r = (M_{ev} + M_{ev, \text{Tauperiode}}) \cdot 1000 = 920 \text{ g/m}^2/\text{a}$

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



Bewertung gemäß DIN 4108-3

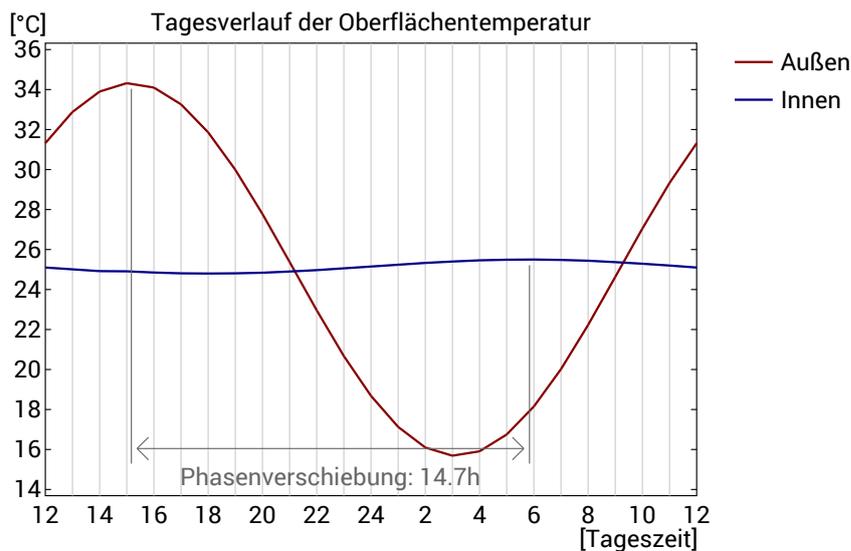
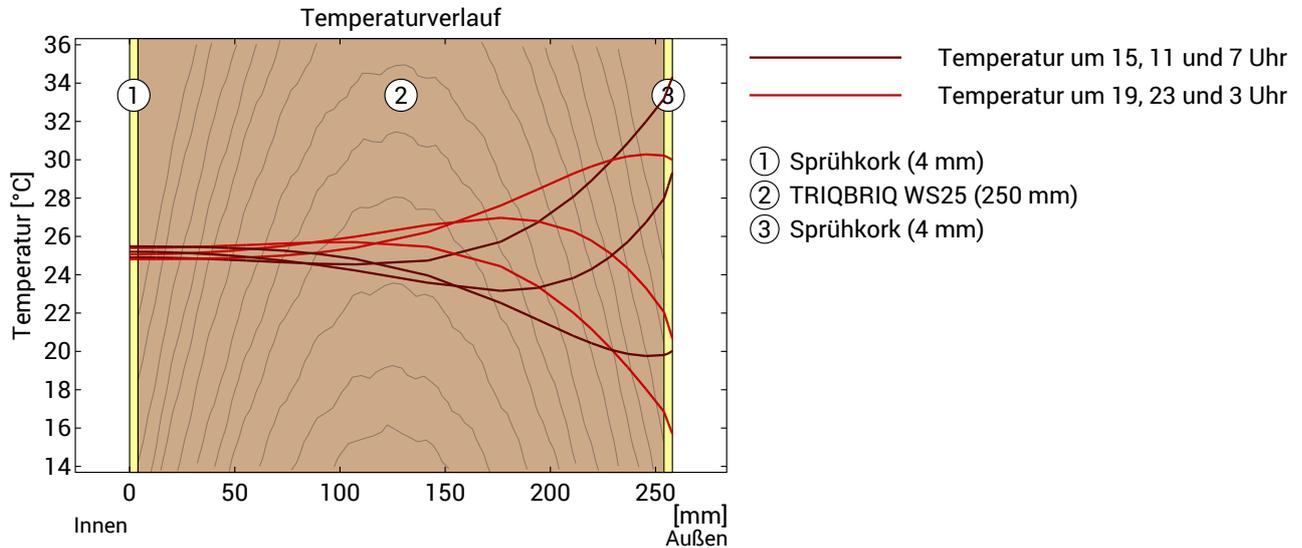
Das Bauteil ist diffusionstechnisch zulässig.

Hinweise

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*	14,7 h	Wärmespeicherefähigkeit (gesamtes Bauteil):	188 kJ/m ² K
Amplitudendämpfung**	26,6	Wärmespeicherefähigkeit der inneren Schichten:	92 kJ/m ² K
TAV***	0,038		

* 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.

Hinweise

Es sind keine Hinweise zu dieser Berechnung vorhanden.