

## Wärmeschutz

$U = 0,36 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

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



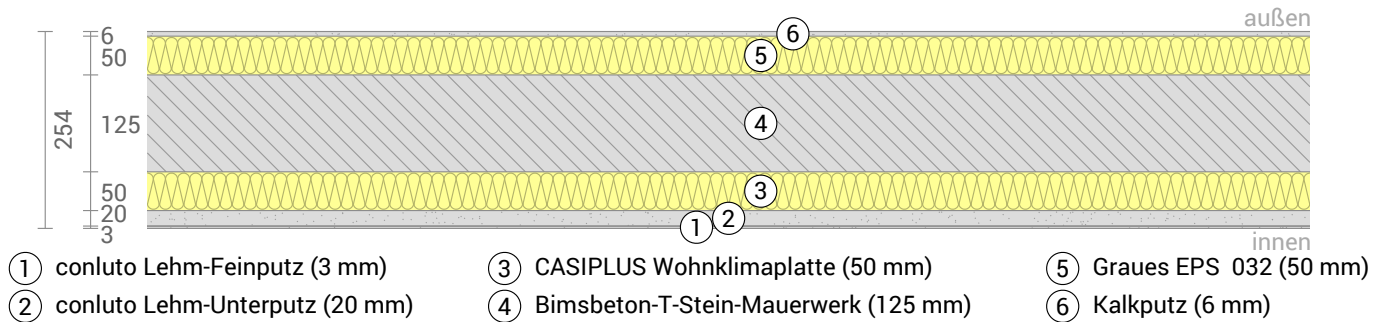
## Feuchteschutz

Tauwasser:  $65 \text{ g/m}^2$   
Trocknet 5 Tage



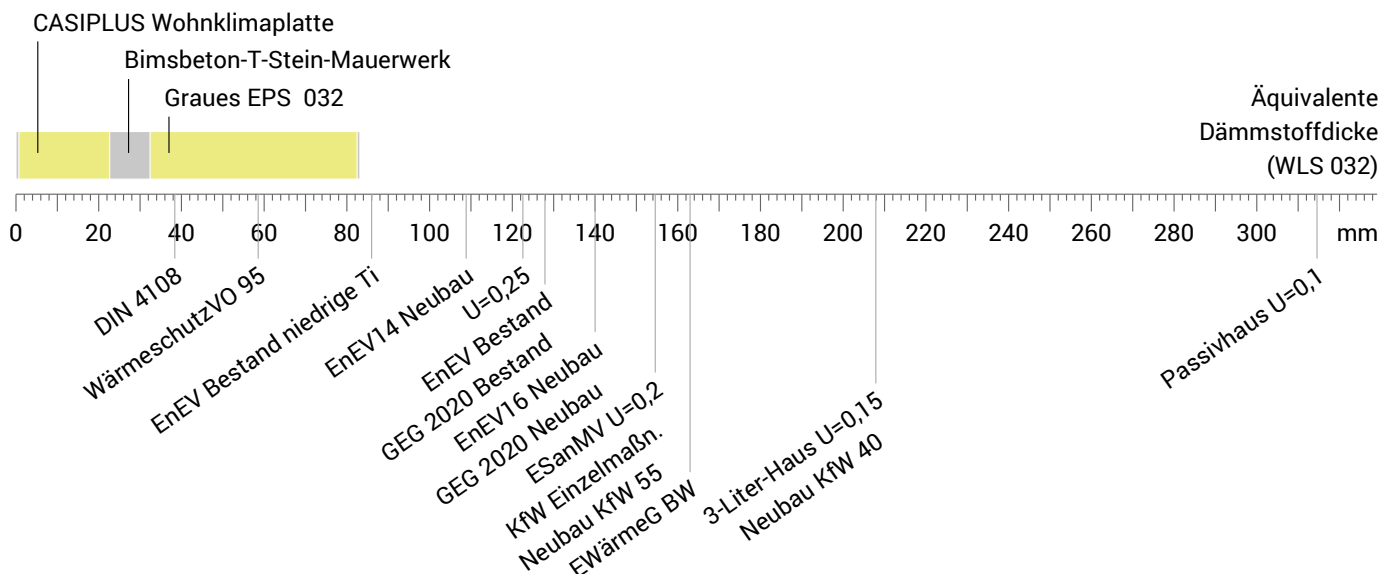
## Hitzeschutz

Temperaturamplitudendämpfung: 51  
Phasenverschiebung: 12,2 h  
Wärmekapazität innen:  $131 \text{ kJ/m}^2\text{K}$



## Dämmwirkung einzelner Schichten und Vergleich mit Richtwerten

Für die folgende Abbildung wurden die Wärmedurchgangswiderstände (d.h. die Dämmwirkung) der einzelnen Schichten in Millimeter Dämmstoff umgerechnet. Die Skala bezieht sich auf einen Dämmstoff der Wärmeleitfähigkeit  $0,032 \text{ W/mK}$ .



Raumluft:  $20,0^\circ\text{C} / 50\%$   
Außenluft:  $-10,0^\circ\text{C} / 80\%$   
Oberflächentemp.:  $17,4^\circ\text{C} / -9,6^\circ\text{C}$

sd-Wert: 3,4 m  
Trocknungsreserve:  $1043 \text{ g/m}^2\text{a}$

Dicke: 25,4 cm  
Gewicht:  $199 \text{ kg/m}^2$   
Wärmekapazität:  $198 \text{ kJ/m}^2\text{K}$

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

Tauwasser,  $U=0,36 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

## U-Wert-Berechnung nach DIN EN ISO 6946

#	Material	Dicke [cm]	$\lambda$ [W/mK]	R [m <sup>2</sup> K/W]
	Wärmeübergangswiderstand innen (Rsi)			0,130
1	conluto Lehm-Feinputz	0,30	0,910	0,003
2	conluto Lehm-Unterputz	2,00	0,910	0,022
3	CASIPLUS Wohnklimaplatte	5,00	0,073	0,685
4	Bimsbeton-T-Stein-Mauerwerk	12,50	0,410	0,305
5	Graues EPS 032	5,00	0,032	1,563
6	Kalkputz	0,60	0,870	0,007
	Wärmeübergangswiderstand außen (Rse)			0,040

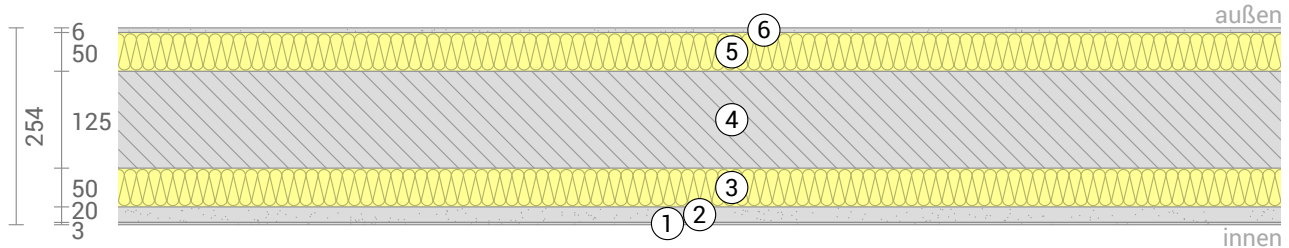
Die Wärmeübergangswiderstände wurden gemäß DIN 6946 Tabelle 7 gewählt.

Rsi: Wärmestromrichtung horizontal

Rse: Wärmestromrichtung horizontal, außen: Direkter Übergang zur Außenluft

Wärmedurchgangswiderstand  $R_{\text{tot}} = 2,754 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$

Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 1/R_{\text{tot}} = 0,36 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$



Tauwasser,  $bU=0,36 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

## Ökobilanz

Wärmeverlust: 28 kWh/m<sup>2</sup> pro Heizperiode



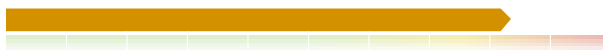
Wärmemenge, die durch einen Quadratmeter dieses Bauteils während der Heizperiode entweicht. Bitte beachten: Wegen interner und solarer Gewinne ist der Heizwärmebedarf geringer als der Wärmeverlust.

Primärenergie (nicht erneuerbar): 114 kWh/m<sup>2</sup>



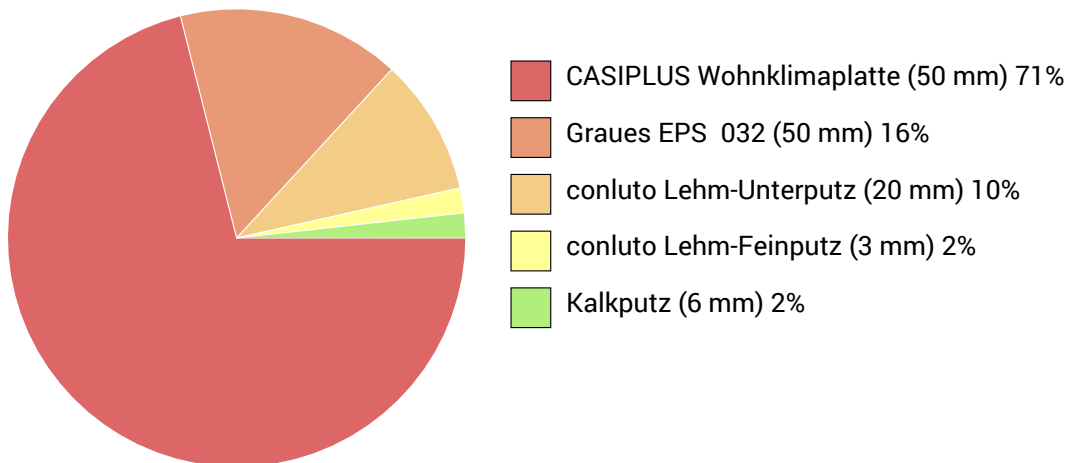
Nicht erneuerbare Primärenergie (=Energie aus fossilen Brennstoffen und Kernenergie) die zur Produktion der verwendeten Baustoffe aufgewendet wurde ("cradle to gate").

Treibhauspotential: 33 kg CO<sub>2</sub> Äqv./m<sup>2</sup>

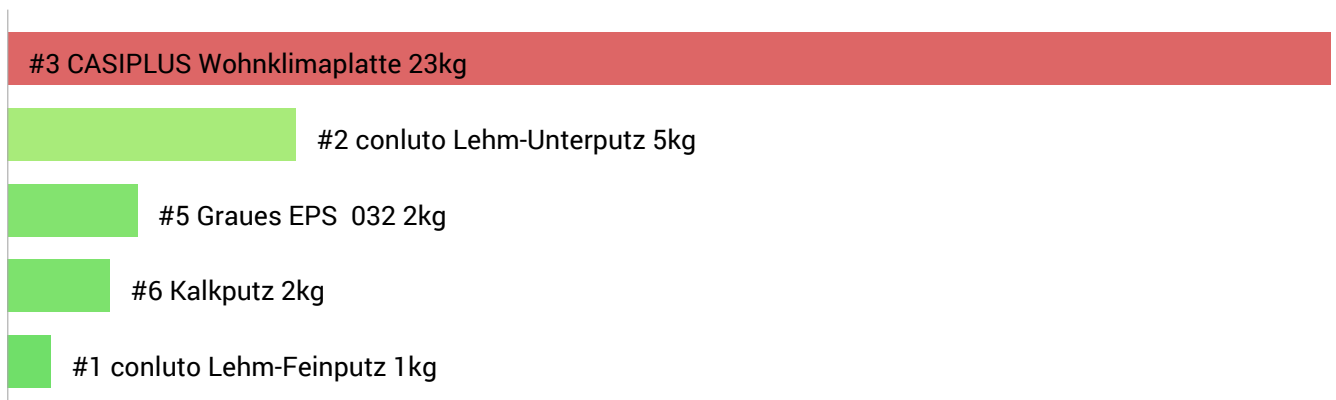


Menge an freigesetzten Treibhausgasen bei der Produktion der verwendeten Baustoffe ("cradle to gate").

Zusammensetzung des nicht erneuerbaren Primärenergieaufwands der Herstellung:

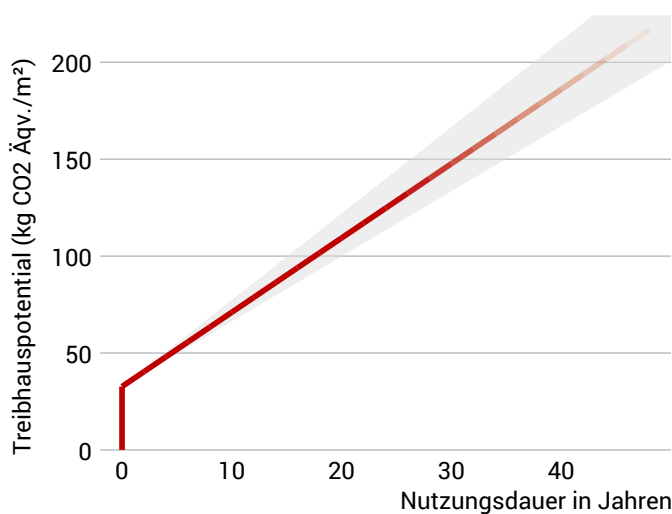


Zusammensetzung des Treibhauspotentials der Herstellung:



Tauwasser,  $bU=0,36 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

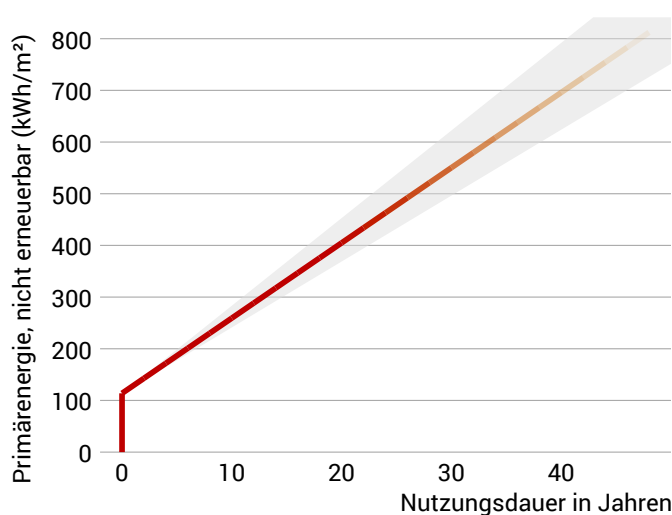
## Treibhauspotential und Primärenergie für Bauteil und Nutzung



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  $4 \text{ kWh/a/m}^2$  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  $\text{kWh}$  Wärme und ein Treibhauspotential von  $0,16 \text{ kg CO}_2 \text{ Äqv./m}^2$  pro  $\text{kWh}$  Wärme angesetzt. Wärmequelle: Wärmepumpe (Luft).

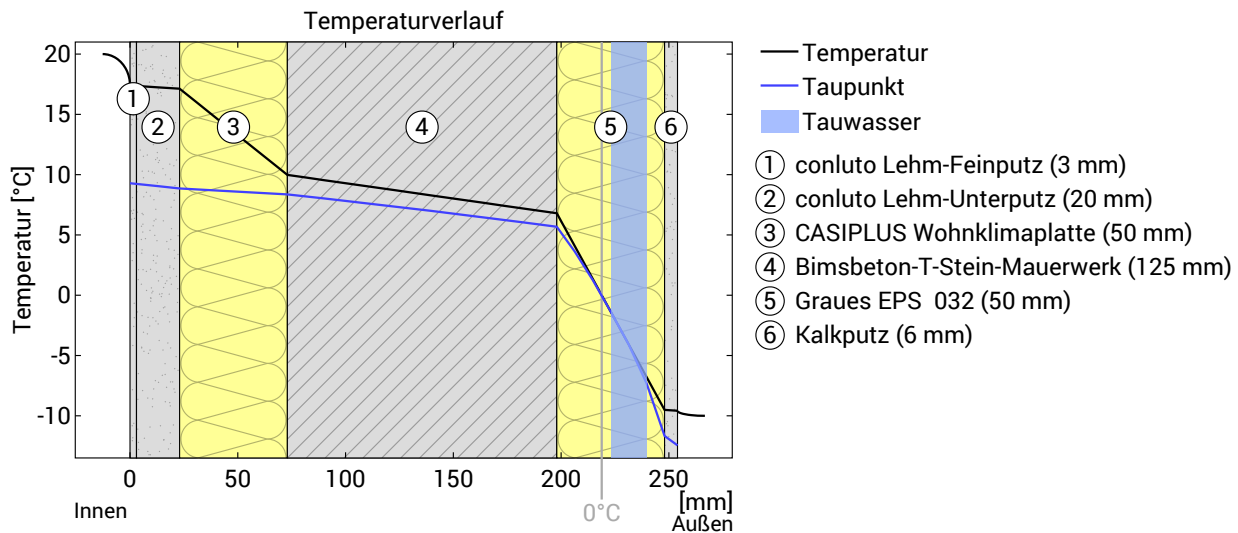
### Hinweise

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.

Tauwasser,  $bU=0,36 \text{ bW}/(\text{m}^2\text{K})$

## Temperaturverlauf



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

## Schichten (von innen nach außen)

#	Material	$\lambda$ [W/mK]	R [m <sup>2</sup> K/W]	Temperatur [°C]		Gewicht [kg/m <sup>2</sup> ]
				min	max	
	Wärmeübergangswiderstand*		0,250	17,4	20,0	
1	0,3 cm conluto Lehm-Feinputz	0,910	0,003	17,4	17,4	5,4
2	2 cm conluto Lehm-Unterputz	0,910	0,022	17,1	17,4	36,0
3	5 cm CASIPLUS Wohnklimaplatte	0,073	0,685	10,0	17,1	11,3
4	12,5 cm Bimsbeton-T-Stein-Mauerwerk	0,410	0,305	6,8	10,0	137,5
5	5 cm Graues EPS 032	0,032	1,563	-9,5	6,8	0,8
6	0,6 cm Kalkputz	0,870	0,007	-9,6	-9,5	8,4
	Wärmeübergangswiderstand*		0,040	-10,0	-9,6	
	25,4 cm Gesamtes Bauteil		2,754			199,3

\*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): 17,4°C 17,4°C 17,4°C  
Oberflächentemperatur außen (min / mittel / max): -9,6°C -9,6°C -9,6°C

Tauwasser,  $bU=0,36 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

## Feuchteschutz

Für die Berechnung der Tauwassermenge wurde das Bauteil 90 Tage lang dem folgenden konstanten Klimabausgesetzt:  
innen:  $b20^\circ\text{C}$  und  $b50\%$  Luftfeuchtigkeit; außen:  $b-10^\circ\text{C}$  und  $b80\%$  Luftfeuchtigkeit (Klimabgemäß Benutzereingabe).

Unter diesen Bedingungen fallen insgesamt  $0,065 \text{ kg}$  Tauwasser pro Quadratmeter an. Diese Menge trocknet im Sommer innerhalb von  $5$  Tagen ab (Verdunstungsperiode gemäß DIN 4108-3:2018-10).

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser [kg/m²] [Gew.-%]	Gewicht [kg/m²]
1	0,3 cm conluto Lehm-Feinputz	0,02	-	5,4
2	2 cm conluto Lehm-Unterputz	0,10	-	36,0
3	5 cm CASIPLUS Wohnklimaplatte	0,13	-	11,3
4	12,5 cm Bimsbeton-T-Stein-Mauerwerk	0,63	-	137,5
5	5 cm Graues EPS 032	2,50	0,065	0,8
6	0,6 cm Kalkputz	0,06	-	8,4
	25,4 cm Gesamtes Bauteil	3,43	0,065	199,3

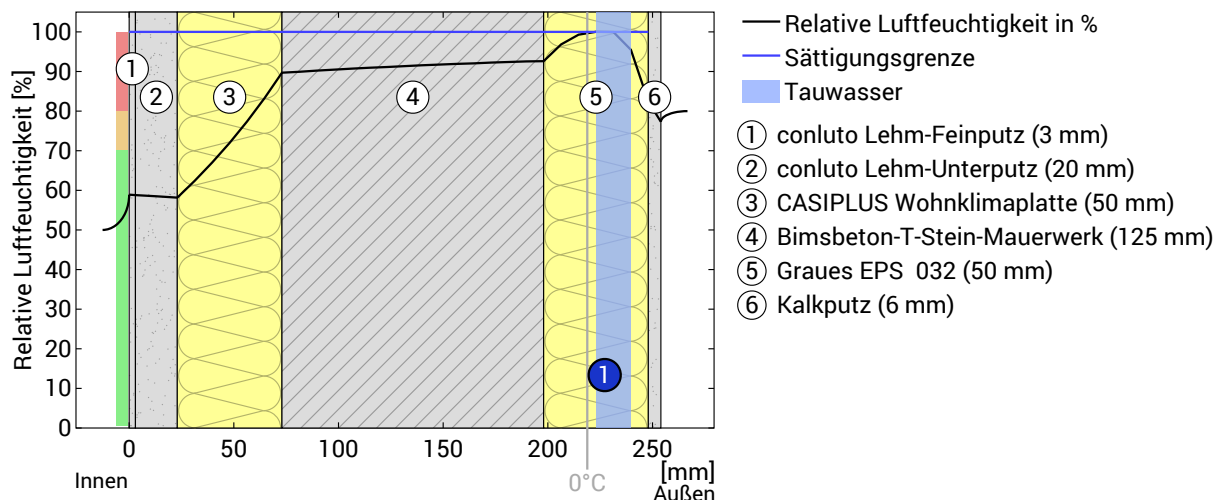
## Tauwasserebenen

- ① Tauwasser:  $0,065 \text{ kg/m}^2$  Betroffene Schichten: Graues EPS 032

## 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.



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.

Tauwasser,  $bU=0,36 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ 

## FeuchteschutznachbDINb4108-3:2014bAnhangbA

Die von Ihnen angegebenen Temperaturen und/oder Luftfeuchtigkeiten entsprechen nicht derbDINb4108-3. Diese Analyse wurde mit den von derbDINb4108-3 fest vorgegebenen Werten durchgeführt:  $20^\circ\text{C}$  bei 50% Luftfeuchtigkeit binnen und  $-5^\circ\text{C}$  bei 80% Luftfeuchtigkeit außen.

Dieser Feuchteschutznachweis ist nur für **nicht klimatisierte** Wohn- und Wohnähnlich genutzte Gebäude gültig.

Bitte beachten Sie die Hinweise am Ende dieser Feuchteschutzberechnungen.

#	Material	$\lambda$ [W/mK]	R [m <sup>2</sup> K/W]	sd [m]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	T [°C]	ps [Pa]	$\Sigma sd$ [m]
Wärmeübergangswiderstand			0,250			17,83	2041	0
1	0,3 cm conluto Lehm-Feinputz	0,910	0,003	0,02	1800	17,80	2037	0,02
2	2 cm conluto Lehm-Unterputz	0,910	0,022	0,1	1800	17,61	2013	0,12
3	5 cm CASIPLUS Wohnklimaplatte	0,073	0,685	0,13	225	11,65	1370	0,24
4	12,5 cm Bimsbeton-T-Stein-Mauerwerk	0,410	0,305	0,63	1100	9,00	1147	0,87
5	5 cm Graues EPS 032	0,032	1,563	2,5	15	-4,59	416	3,37
6	0,6 cm Kalkputz	0,870	0,007	0,06	1400	-4,65	414	3,43
Wärmeübergangswiderstand			0,040					

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

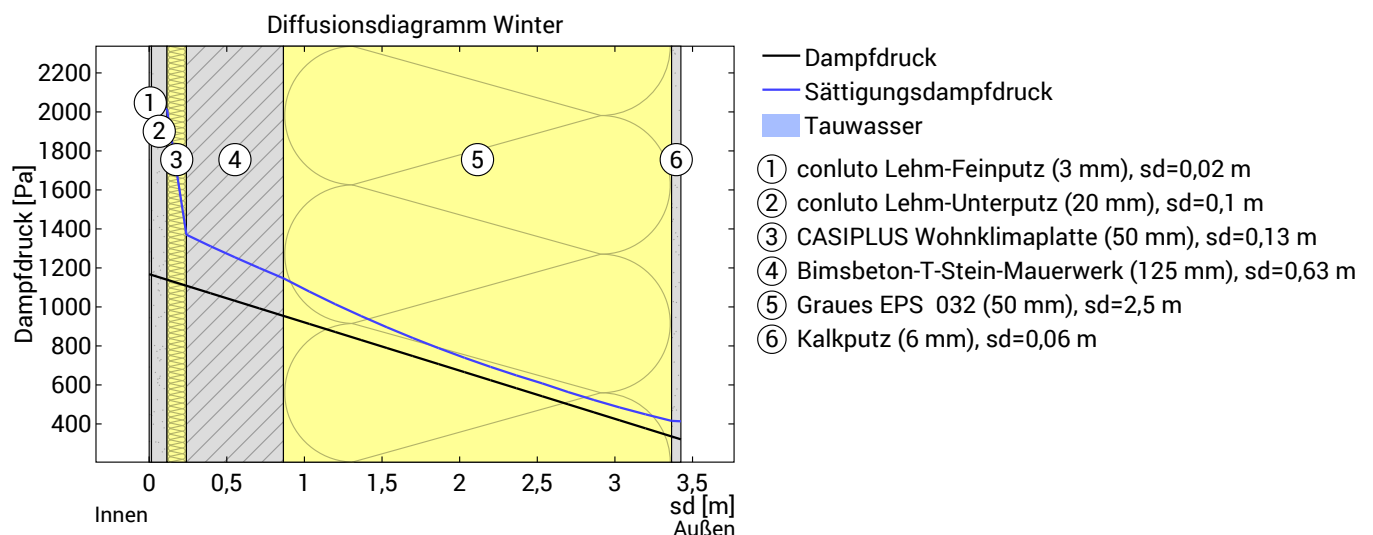
### Luftfeuchte an der Bauteiloberfläche

Die relative Luftfeuchtigkeit auf der raumseitigen Bauteiloberfläche beträgt 57%. Anforderungen zur Vermeidung von Baustoffkorrosion hängen von Material und Beschichtung ab und wurden nicht untersucht.



### Tauperiode (Winter)

Randbedingungen	
Dampfdruck innen bei $20^\circ\text{C}$ und 50% Luftfeuchtigkeit	$p_i = 1168 \text{ Pa}$
Dampfdruck außen bei $-5^\circ\text{C}$ und 80% Luftfeuchtigkeit	$p_e = 321 \text{ Pa}$
Dauer Tauperiode (90 Tage)	$t_c = 7776000 \text{ s}$
Wasserdampf-Diffusionsleitkoeffizient in ruhender Luft	$\delta_0 = 2.0 \text{ E-}10 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa})$
sd-Wert (gesamtes Bauteil)	$s_{de} = 3,43 \text{ m}$



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:

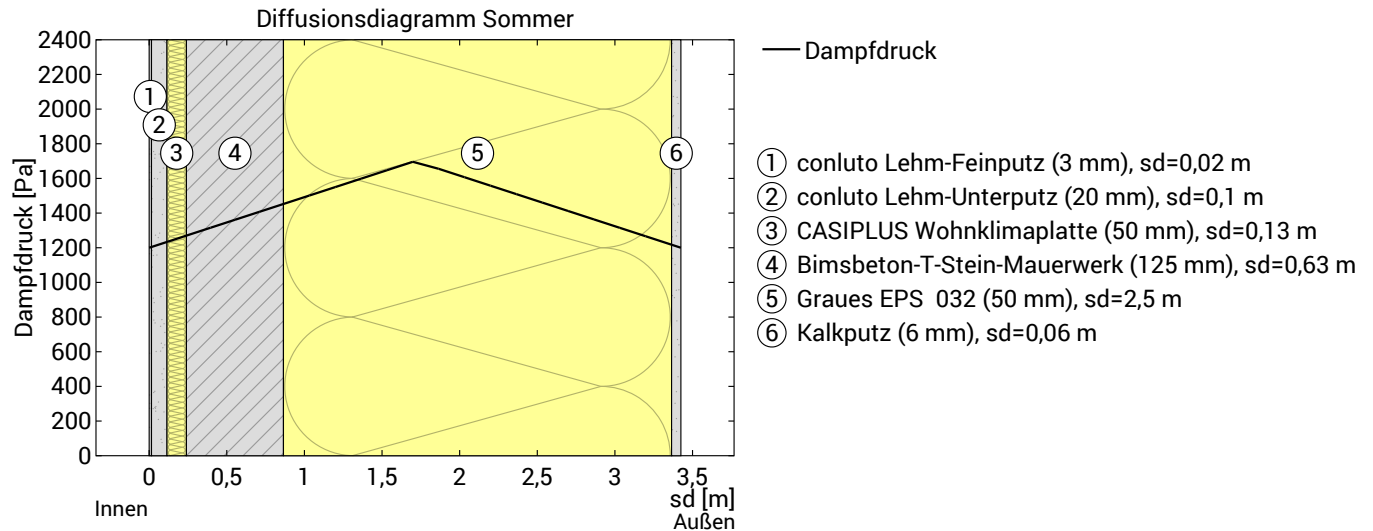
$sd=2,20 \text{ m}$ ;  $ps=693 \text{ Pa}$ , innerhalb Schicht Graues EPS 032:

$$M_{ev, \text{Tauperiode}} = t_c \cdot \delta_0 \cdot ((p_s - p_i)/s_{d_{ev}} + (p_s - p_e)/(s_{de} - s_{d_{ev}})) = 0,135 \text{ kg/m}^2$$

Tauwasser,  $bU=0,36 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  Verdunstungsperiodeb(Sommer)

#### Randbedingungen

Dampfdruck innen	$p_i = 1200 \text{ Pa}$
Dampfdruck außen	$p_e = 1200 \text{ Pa}$
Sättigungsdampfdruck in der Tauwasserebene	$p_s = 1700 \text{ Pa}$
Dauer Verdunstungsperiode (90 Tage)	$t_{ev} = 7776000 \text{ s}$
sd-Werte bleiben unverändert.	



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

Betrachtet wird die Ebene mit der geringsten Verdunstungsmasse:

bei  $sd=1,71 \text{ m}$ , innerhalb Schicht Graues EPS 032:

Verdunstungsmenge:  $M_{ev} = \delta_0 \cdot t_{ev} \cdot [(p_s - p_i)/sd + (p_s - p_e)/(s_{de} - sd)] = 0,91 \text{ kg/m}^2$

#### Bewertung gemäß DIN 4108-3

Das Bauteil ist diffusionstechnisch zulässig.

#### Trocknungsreserve (DIN 68800-2)

Tauwasserfreies Bauteil: Das Verdunstungspotential der Tauperiode wird ebenfalls berücksichtigt.

Trocknungsreserve:  $M_r = (M_{ev} + M_{ev, Tauperiode}) \cdot 1000 = 1043 \text{ g/m}^2/\text{a}$

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

#### Hinweise

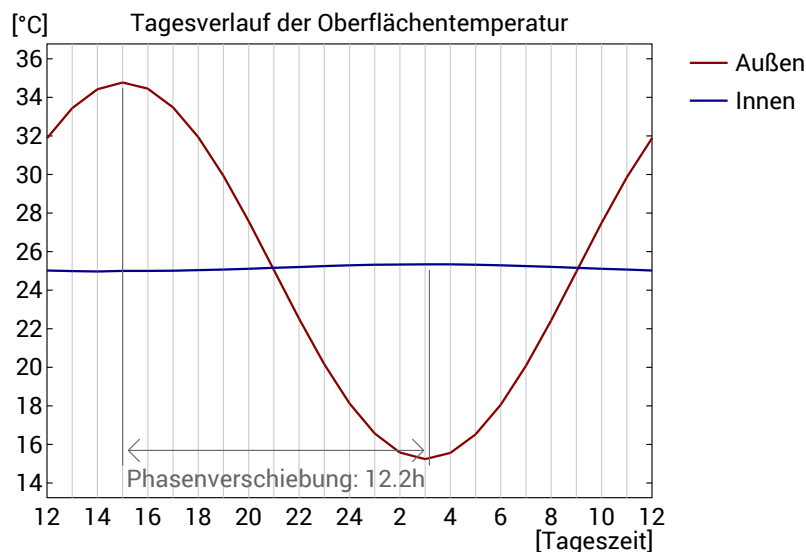
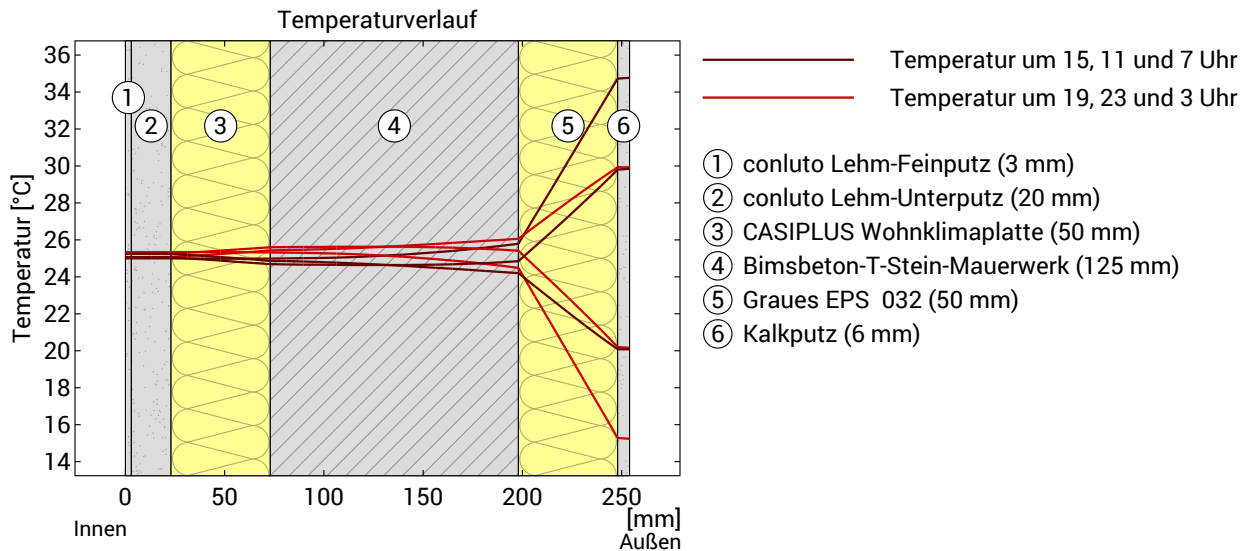
DIN 4108-3 beschreibt in Abschnitt 5.3 Bauteile, für die kein rechnerischer Tauwassernachweis erforderlich ist, da kein Tauwasserrisiko besteht oder das Verfahren für die Beurteilung nicht geeignet ist. Ob das hier untersuchte Bauteil darunter ist, kann mit den vorliegenden Informationen nicht beurteilt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



Tauwasser,  $bU=0,36 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

## Hitzeschutz

Die folgenden Ergebnisse sind die Eigenschaften des untersuchten Bauteils, die in der Tabelle angegeben sind. Die Aussagen über den Hitzeschutz des gesamten Raums:



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

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

Phasenverschiebung*	12,2 h	Wärmespeicherkapazität (gesamtes Bauteil):	198 kJ/m²K
Amplitudendämpfung**	51,0	Wärmespeicherkapazität der inneren Schichten:	131 kJ/m²K
TAV***	0,020		

\* 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.

Tauwasser,  $b_U = 0,36 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

## Hinweise

Es sind keine Hinweise zu dieser Berechnung vorhanden.