



# Strohballenwand+Lehmputz-innen

Außenwand,  $U=0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$   
erstellt am 11.11.2017

Strohballenwand+Lehmputz-innen-Holzfaser-aussen

## Wärmeschutz

$U = 0,123 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

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

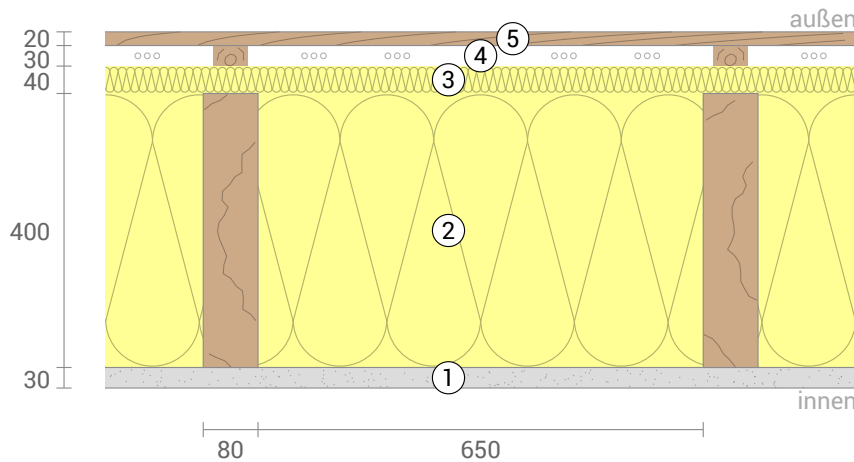


## Feuchteschutz

Trocknungsreserve:  $2907 \text{ g}/\text{m}^2\text{a}$   
Kein Tauwasser

## Hitzeschutz

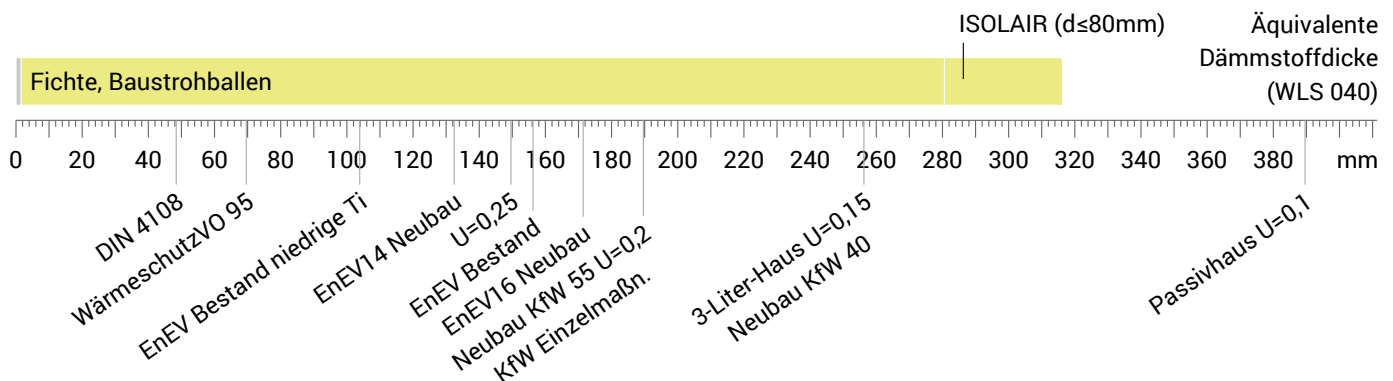
Temperaturamplitudendämpfung:  $>100$   
Phasenverschiebung: nicht relevant  
Wärmekapazität innen:  $111 \text{ kJ}/\text{m}^2\text{K}$



- ① Lehmputz (30 mm)
- ② Baustrohballen (400 mm)
- ③ ISOLAIR (40 mm)
- ④ Hinterlüftung (30 mm)
- ⑤ Lärche (20 mm)

## Dämmwirkung einzelner Schichten und Vergleich mit Richtwerten

Für die folgende Abbildung wurden die Wärmedurchgangswiderstände (d.h. die Dämmwirkung) der einzelnen Schichten in Millimeter Dämmstoff umgerechnet. Die Skala bezieht sich auf einen Dämmstoff der Wärmeleitfähigkeit  $0,040 \text{ W}/\text{mK}$ .



Raumluft: $20,0^\circ\text{C} / 50\%$	sd-Wert: $1,2 \text{ m}$	Dicke: $52,0 \text{ cm}$
Außenluft: $-5,0^\circ\text{C} / 80\%$	Trocknungsreserve: $2907 \text{ g}/\text{m}^2\text{a}$	Gewicht: $123 \text{ kg}/\text{m}^2$
Oberflächentemp.: $19,0^\circ\text{C} / -4,9^\circ\text{C}$		Wärmekapazität: $174 \text{ kJ}/\text{m}^2\text{K}$

- EnEV Bestand     EnEV16 Neubau     EnEV14 Neubau     EnEV Bestand (Nichtwohgeb.)

Strohballenwand+Lehmputz-innen, U=0,12 W/(m²K)

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

#	Material	Dicke [cm]	$\lambda$ [W/mK]	R [m²K/W]
	Wärmeübergangswiderstand innen (Rsi)			0,130
1	Lehmputz	3,00	0,800	0,038
2	Baustrohballen Fichte (11%)	40,00	0,049	8,163
3	ISOLAIR (d≤80mm)	4,00	0,046	0,870
	Wärmeübergangswiderstand außen (Rse)			0,130
	Gesamtes Bauteil	52		

Die Wärmeübergangswiderstände wurden gemäß DIN 6946 Tabelle 1 gewählt.

Rsi: Wärmestromrichtung horizontal

Rse: Wärmestromrichtung horizontal, außen: Hinterlüftungsebene

Oberer Grenzwert des Wärmedurchgangswiderstandes  $R'_T = 8,247 \text{ m}^2\text{K/W}$ .

Unterer Grenzwert des Wärmedurchgangswiderstandes  $R''_T = 8,078 \text{ m}^2\text{K/W}$ .

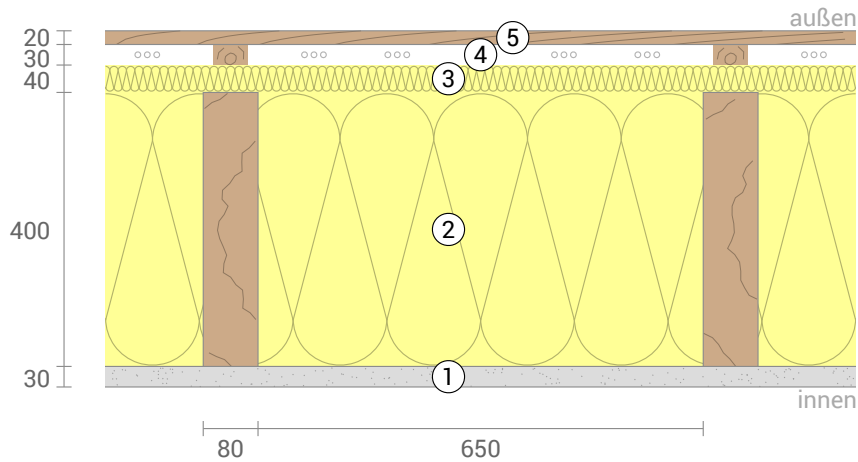
Prüfe Anwendbarkeit:  $R'_T / R''_T = 1,021$  (maximal erlaubt: 1,5)

Das Verfahren darf angewendet werden.

Wärmedurchgangswiderstand  $R_T = (R'_T + R''_T)/2 = 8,163 \text{ m}^2\text{K/W}$

Abschätzung des maximalen relativen Fehlers nach Absatz 6.2.5: 1,0%

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





Strohballenwand+Lehmputz-innen, U=0,12 W/(m²K)

## Feuchteschutz

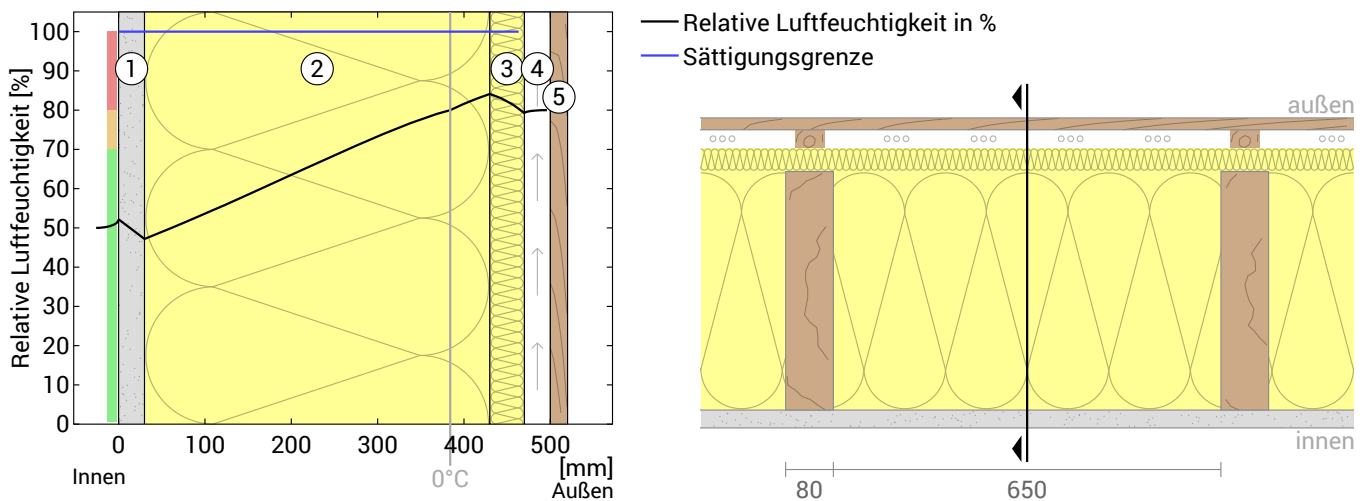
Unter den angenommenen Bedingungen bildet sich kein Tauwasser.

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser [kg/m²]	Tauwasser [Gew.-%]	Gewicht [kg/m²]
1	3 cm Lehmputz	0,15	-		51,0
2	40 cm Baustrohballen	0,80	-		35,6
	40 cm Fichte (11%)	8,00	-	-	19,7
3	4 cm ISOLAIR (d≤80mm)	0,12	-		8,0
	52 cm Gesamtes Bauteil	1,18			123,5

## Luftfeuchtigkeit

Die Oberflächentemperatur der Wandinnenseite 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.



① Lehmputz (30 mm)

② Baustrohballen (400 mm)

③ ISOLAIR (40 mm)

④ Hinterlüftung (30 mm)

⑤ Lärche (20 mm)

Für die Berechnung der Diffusionsströme wurde ein zweidimensionales Finite-Elemente-Verfahren verwendet. Weitere Hinweise im Eingabeformular unter 'Feuchteschutz'.

Strohballenwand+Lehmputz-innen,  $U=0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

## Feuchteschutz nach DIN 4108-3:2014-11 Anhang A

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			19,33	2243	0
1	3 cm Lehmputz	0,800	0,038	0,15	1700	19,23	2229	0,15
2	40 cm Baustrohballen	0,049	8,163	0,8	100	-2,57	493	0,95
3	4 cm ISOLAIR (d $\leq$ 80mm)	0,046	0,870	0,12	200	-4,89	405	1,07
Wärmeübergangswiderstand			0,040					

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

### Luftfeuchte an der Bauteiloberfläche

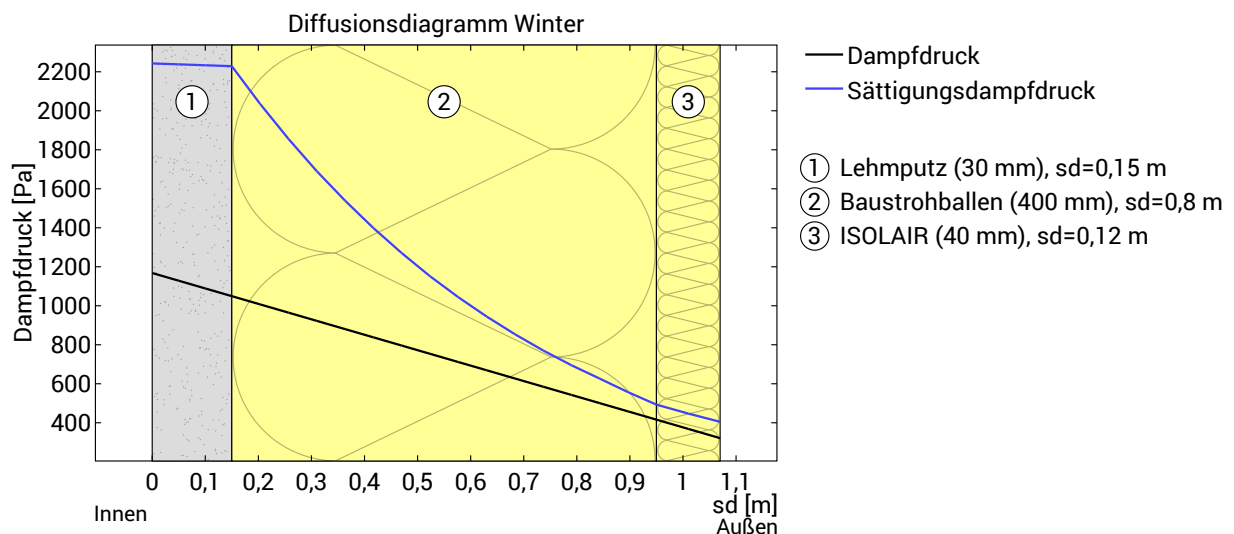
Die relative Luftfeuchtigkeit auf der raumseitigen Bauteiloberfläche beträgt 52%. Anforderungen zur Vermeidung von Baustoffkorrosion hängen von Material und Beschichtung ab und wurden nicht untersucht.



### Berechnung der Tauwassermenge

#### 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)	$s_{de} = 1,07 \text{ m}$



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



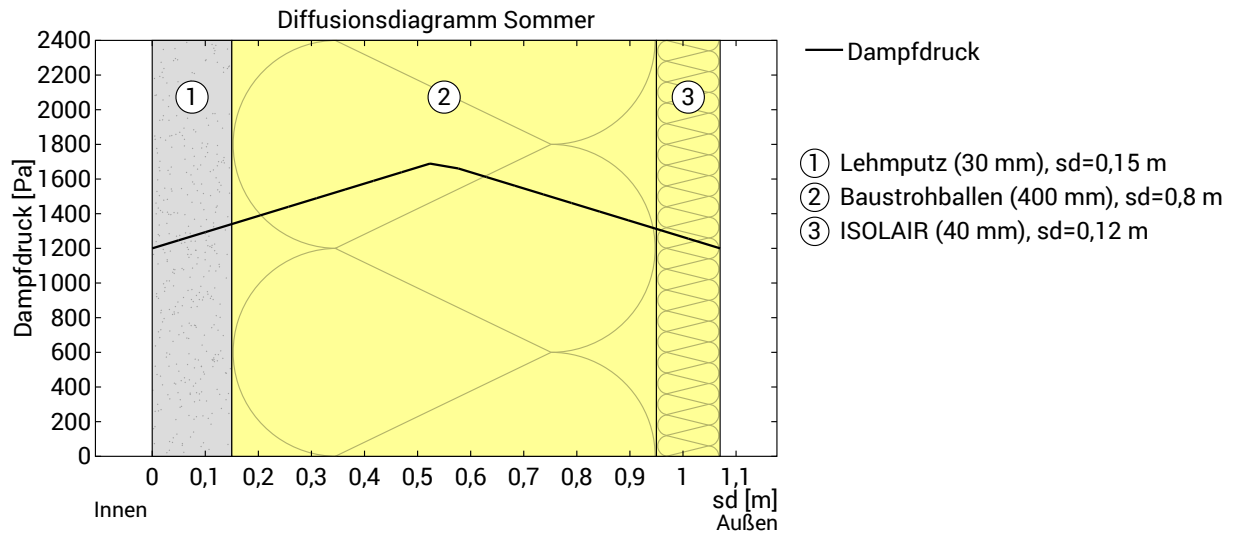
### Berechnung der Verdunstungsmenge

#### Randbedingungen

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

Tauwasserfreies Bauteil: Es wird die maximal mögliche Verdunstungsmasse für die Trocknungsreserve berechnet. Betrachtet wird die Ebene mit der geringsten Verdunstungsmasse innerhalb des Holz enthaltenden Bereichs:  
 Innerhalb Schicht Baustrohballen  
 bei  $s_d=0,54 \text{ m}$

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



### Bewertung gemäß DIN 4108-3

Das Bauteil ist diffusionstechnisch zulässig.

### Trocknungsreserve (DIN 68800-2)

Trocknungsreserve:  $M_r = M_{ev} \cdot 1000 = 2907 \text{ g/m}^2/\text{a}$

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



### Hinweise

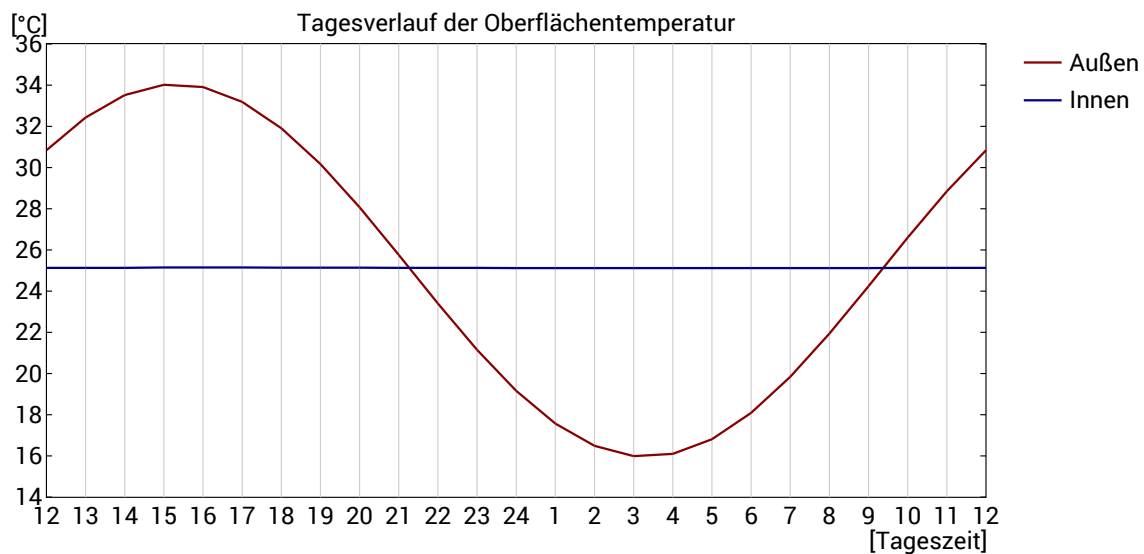
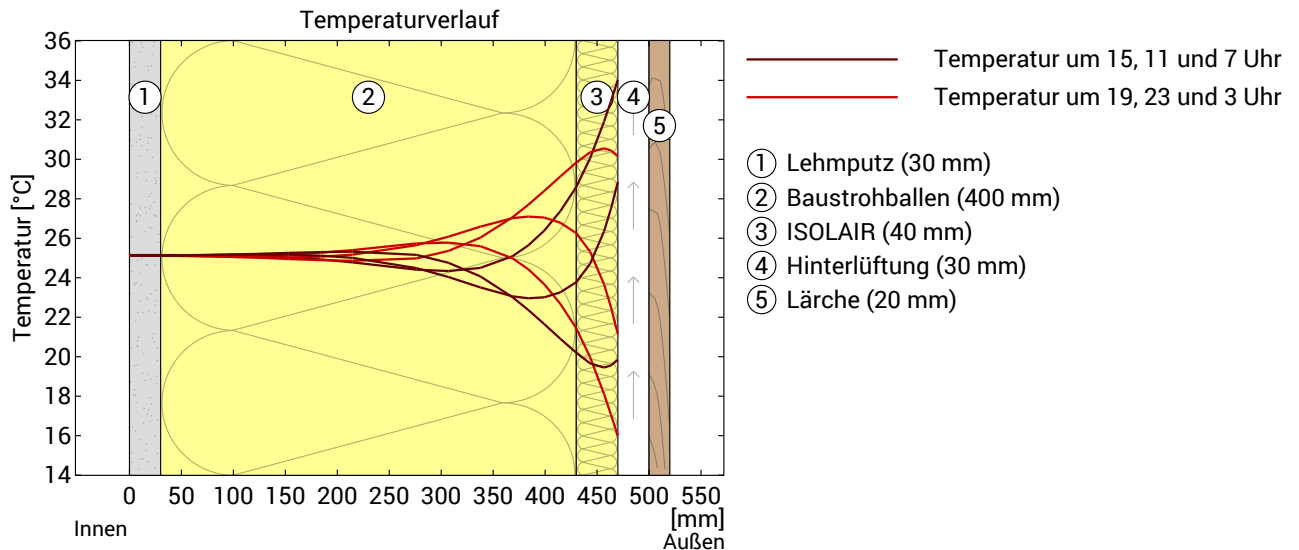
DIN 4108-3 beschreibt in Abschnitt 5.3 Bauteile, für die kein rechnerischer Tauwassernachweis erforderlich ist, da kein Tauwasserrisiko besteht oder das Verfahren für die Beurteilung nicht geeignet ist. Ob das hier untersuchte Bauteil darunter ist, kann mit den vorliegenden Informationen nicht beurteilt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

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.

Strohballenwand+Lehmputz-innen, U=0,12 W/(m²K)

## Hitzeschutz

Für die Analyse des sommerlichen Hitzeschutzes wurden die Temperaturänderungen innerhalb des Bauteils im Verlauf eines heißen Sommertages simuliert:



**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		
Amplitudendämpfung**	>100	Temperaturschwankung auf äußerer Oberfläche:	18,1°C
TAV***	0,002	Temperaturschwankung auf innerer Oberfläche:	0,0°C

\* 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

Die oben dargestellten Berechnungen wurden für einen 1-dimensionalen Querschnitt des Bauteils erstellt.