

# Wandaufbau Grübl Öko Plus 160 Holzschalung Holzfaser

Außenwand  
erstellt am 14.1.2021

## Wärmeschutz

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

Neubau KfW 55\*:  $U < 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

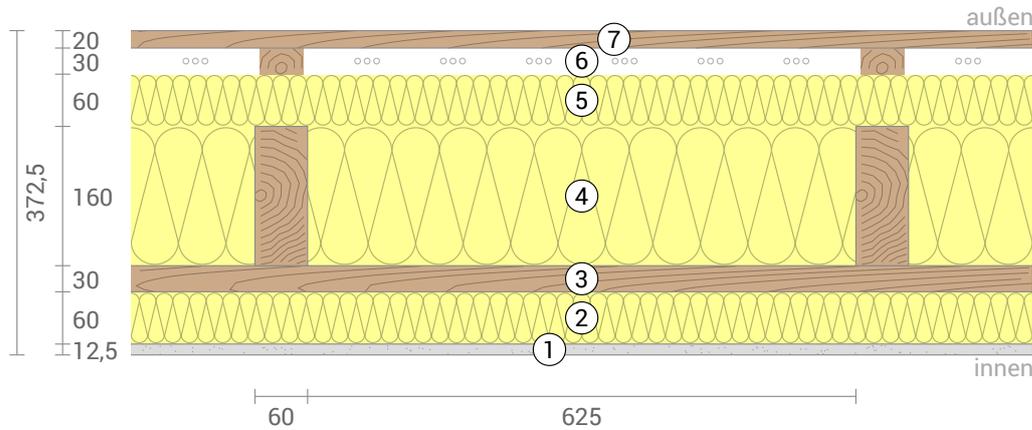


## Feuchteschutz

Trocknungsreserve:  $3574 \text{ g}/\text{m}^2\text{a}$   
Kein Tauwasser

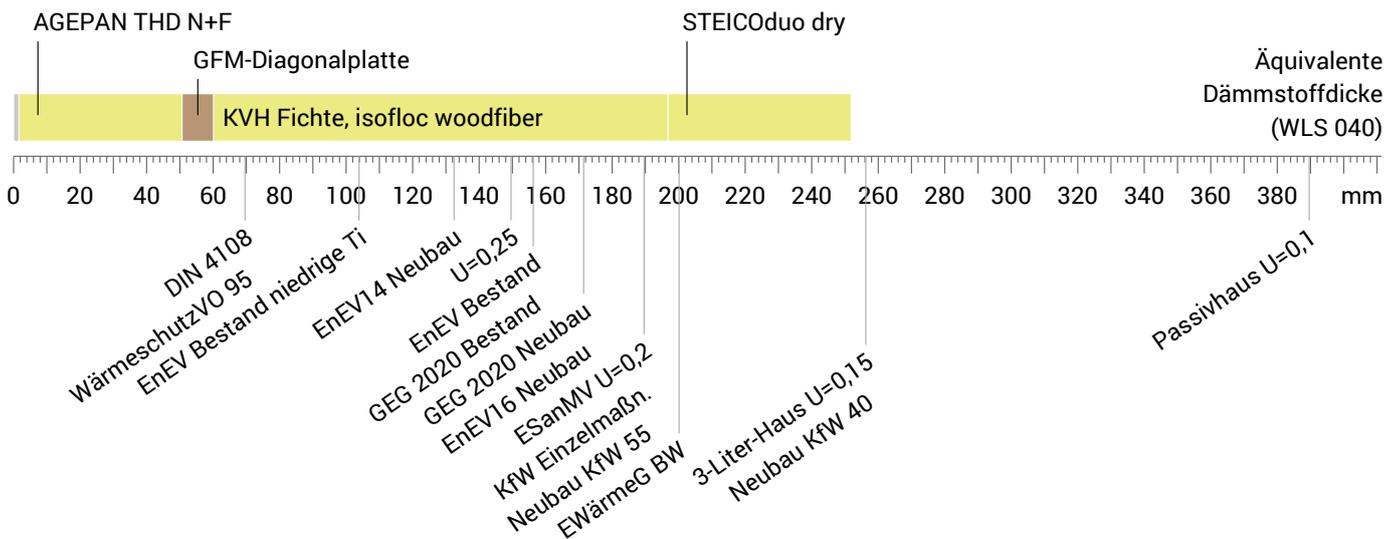
## Hitzeschutz

Temperaturamplitudendämpfung: 98  
Phasenverschiebung: 17,2 h  
Wärmekapazität innen:  $77 \text{ kJ}/\text{m}^2\text{K}$



- ① Fermacell Gipsfaser-Platte 12,5mm (12,5 mm)
- ④ isofloc woodfiber (160 mm)
- ⑦ Lärche (20 mm)
- ② AGEPAN THD N+F (60 mm)
- ⑤ STEICOduo dry (60 mm)
- ⑥ Hinterlüftung (30 mm)
- ③ GFM-Diagonalplatte (30 mm)

## Dämmwirkung einzelner Schichten und Vergleich mit Richtwerten



Raumluft:  $20,0^\circ\text{C} / 50\%$   
 Außenluft:  $-5,0^\circ\text{C} / 80\%$   
 Oberflächentemp.:  $18,9^\circ\text{C} / -4,8^\circ\text{C}$

sd-Wert: 2,0 m  
 Trocknungsreserve:  $3574 \text{ g}/\text{m}^2\text{a}$

Dicke: 37,2 cm  
 Gewicht:  $75 \text{ kg}/\text{m}^2$   
 Wärmekapazität:  $120 \text{ kJ}/\text{m}^2\text{K}$

- KfW 55 (EnEV14)
  BEG Einzelm.
  BEG Effizienzhaus 40
  BEG Effizienzhaus 55

Wandaufbau Grübl Öko Plus 160 Holzschalung Holzfaser,  $U=0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

## 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	Fermacell Gipsfaser-Platte 12,5mm	1,25	0,320	0,039
2	AGEPAN THD N+F	6,00	0,050	1,200
3	GFM-Diagonalplatte	3,00	0,130	0,231
4	isofloc woodfiber	16,00	0,040	4,000
	KVH Fichte (8,8%)	16,00	0,130	1,231
5	STEICOduo dry	6,00	0,045	1,333
	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  $R_{\text{tot,upper}} = 6,686 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$ .

Unterer Grenzwert des Wärmedurchgangswiderstandes  $R_{\text{tot,lower}} = 6,405 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$ .

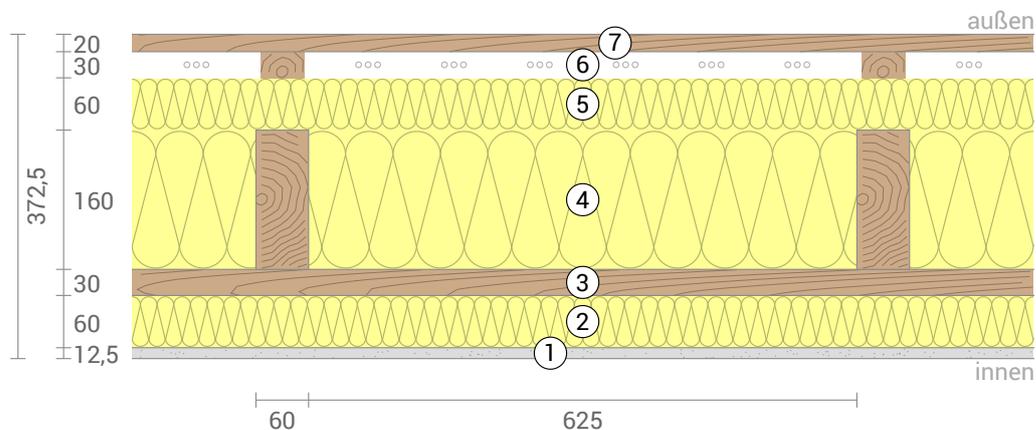
Prüfe Anwendbarkeit:  $R_{\text{tot,upper}} / R_{\text{tot,lower}} = 1,044$  (maximal erlaubt: 1,5)

Das Verfahren darf angewendet werden.

Wärmedurchgangswiderstand  $R_{\text{tot}} = (R_{\text{tot,upper}} + R_{\text{tot,lower}})/2 = 6,545 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$

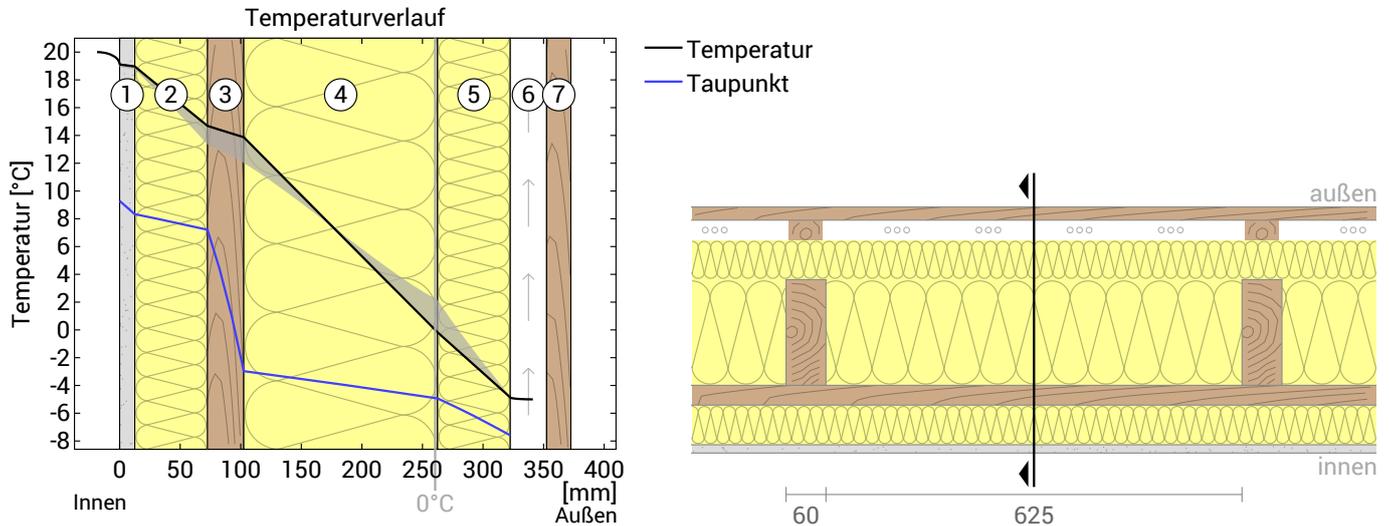
Abschätzung des maximalen relativen Fehlers nach Absatz 6.7.2.5: 2,1%

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



Wandaufbau Grübl Öko Plus 160 Holzschalung Holzfaser,  $U=0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

## Temperaturverlauf



- ① Fermacell Gipsfaser-Platte 12,5mm...      ④ isofloc woodfiber (160 mm)      ⑦ Lärche (20 mm)
- ② AGEPAN THD N+F (60 mm)                      ⑤ STEICOduo dry (60 mm)
- ③ GFM-Diagonalplatte (30 mm)                  ⑥ Hinterlüftung (30 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	$\lambda$ [W/mK]	R [m <sup>2</sup> K/W]	Temperatur [°C]		Gewicht [kg/m <sup>2</sup> ]
				min	max	
	Wärmeübergangswiderstand*		0,250	18,9	20,0	
1	1,25 cm Fermacell Gipsfaser-Platte 12,5mm	0,320	0,039	18,8	19,1	14,4
2	6 cm AGEPAN THD N+F	0,050	1,200	13,3	19,0	13,8
3	3 cm GFM-Diagonalplatte	0,130	0,231	12,0	14,7	13,5
4	16 cm isofloc woodfiber	0,040	4,000	-0,2	13,9	6,6
	16 cm KVH Fichte (8,8%)	0,130	1,231	2,1	12,3	6,6
5	6 cm STEICOduo dry	0,045	1,333	-4,9	2,2	10,8
	Wärmeübergangswiderstand*		0,040	-5,0	-4,8	
6	3 cm Hinterlüftung (Außenluft)			-5,0	-5,0	0,0
7	2 cm Lärche			-5,0	-5,0	9,2
37,25 cm Gesamtes Bauteil			6,543			74,8

\*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):      18,9°C    19,0°C    19,1°C  
 Oberflächentemperatur außen (min / mittel / max):      -4,9°C    -4,8°C    -4,8°C

Wandaufbau Grübl Öko Plus 160 Holzschalung Holzfaser,  $U=0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

## Feuchteschutz

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

Unter den angenommenen Bedingungen bildet sich kein Tauwasser.

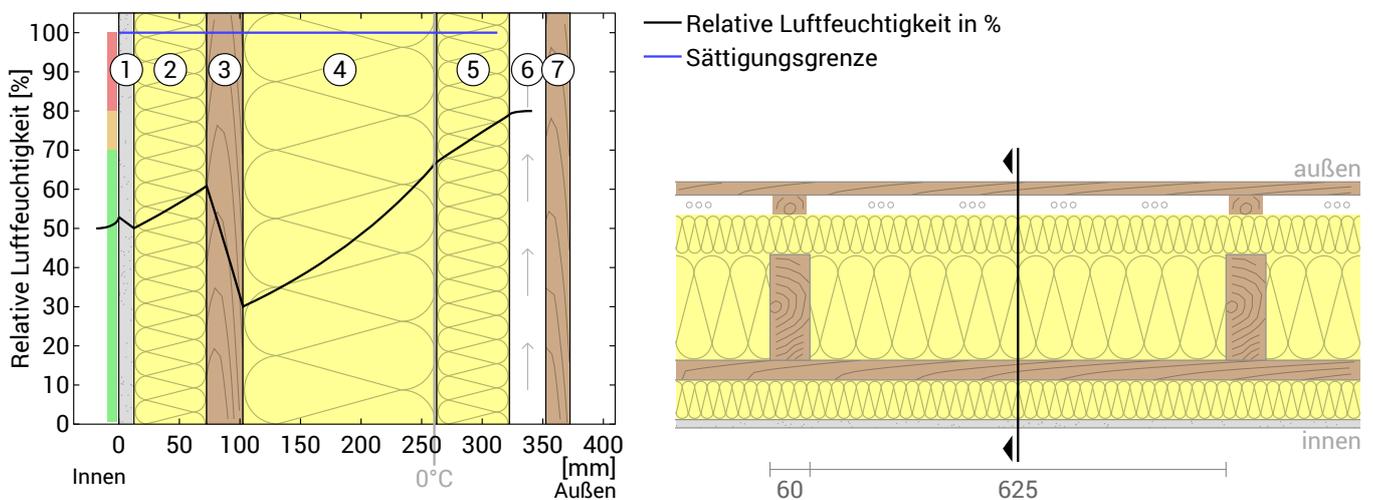
Trocknungsreserve gemäß DIN 4108-3:2014: 3574 g/(m<sup>2</sup>a)  
 Von der DIN 68800-2 mindestens gefordert: 100 g/(m<sup>2</sup>a)

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser		Gewicht [kg/m <sup>2</sup> ]
			[kg/m <sup>2</sup> ]	[Gew.-%]	
1	1,25 cm Fermacell Gipsfaser-Platte 12,5mm	0,16	-		14,4
2	6 cm AGEPAN THD N+F	0,18	-		13,8
3	3 cm GFM-Diagonalplatte	1,20	-	-	13,5
4	16 cm isofloc woodfiber	0,16	-		6,6
	16 cm KVH Fichte (8,8%)	6,40	-	-	6,6
5	6 cm STEICOduo dry	0,18	-		10,8
	37,25 cm Gesamtes Bauteil	1,99			74,8

## 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 Fermacell Gipsfaser-Platte 12,5mm... ④ isofloc woodfiber (160 mm) ⑦ Lärche (20 mm)  
 ② AGEPAN THD N+F (60 mm) ⑤ STEICOduo dry (60 mm)  
 ③ GFM-Diagonalplatte (30 mm) ⑥ Hinterlüftung (30 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.

Wandaufbau Grübl Öko Plus 160 Holzschalung Holzfaser,  $U=0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

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

Dieser Feuchteschutznachweis ist nur bei **nicht klimatisierten** Wohn- oder wohnähnlich genutzten Gebäuden gültig.  
 Bitte beachten Sie die Hinweise am Ende dieser Feuchteschutzberechnungen.

#	Material	$\lambda$ [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					
1	1,25 cm Fermacell Gipsfaser-Platte 12,5mm	0,320	0,039	0,16	1150	19,12	2213	0
2	6 cm AGEPAN THD N+F	0,050	1,200	0,18	230	18,98	2193	0,16
3	3 cm GFM-Diagonalplatte	0,130	0,231	1,2	450	14,75	1678	0,34
4	16 cm isofloc woodfiber	0,040	4,000	0,16	45	13,94	1592	1,54
5	6 cm STEICOduo dry	0,045	1,333	0,18	180	-0,16	603	1,7
Wärmeübergangswiderstand			0,040			-4,86	406	1,88

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

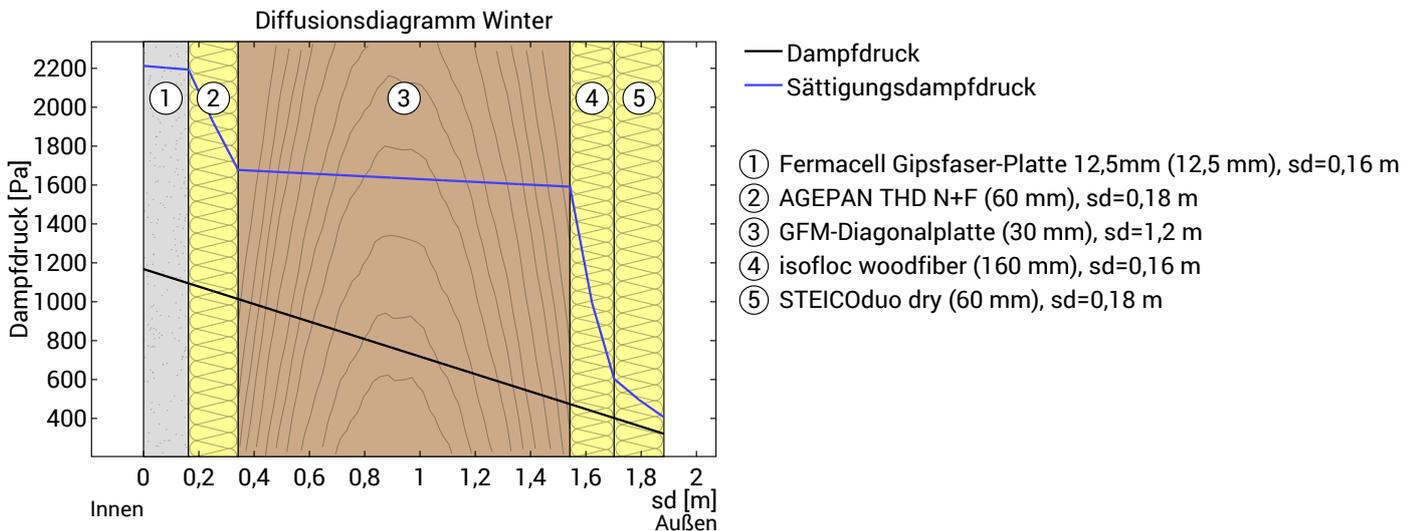
### Luftfeuchte an der Bauteiloberfläche

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



### Tauperiode (Winter)

Randbedingungen	
Dampfdruck innen bei 20°C und 50% Luftfeuchtigkeit	$p_i = 1168 \text{ Pa}$
Dampfdruck außen bei -5°C und 80% Luftfeuchtigkeit	$p_e = 321 \text{ Pa}$
Dauer Tauperiode (90 Tage)	$t_c = 7776000 \text{ s}$
Wasserdampf-Diffusionsleitkoeffizient in ruhender Luft	$\delta_0 = 2.0E-10 \text{ kg}/(\text{m}^2\text{s}\cdot\text{Pa})$
sd-Wert (gesamtes Bauteil)	$s_{de} = 1,88 \text{ m}$



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:

$sd=1,70 \text{ m}$ ;  $x=26,25 \text{ cm}$ ;  $ps=603 \text{ pa}$ :

Schichtgrenze zwischen isofloc woodfiber und STEICOduo dry

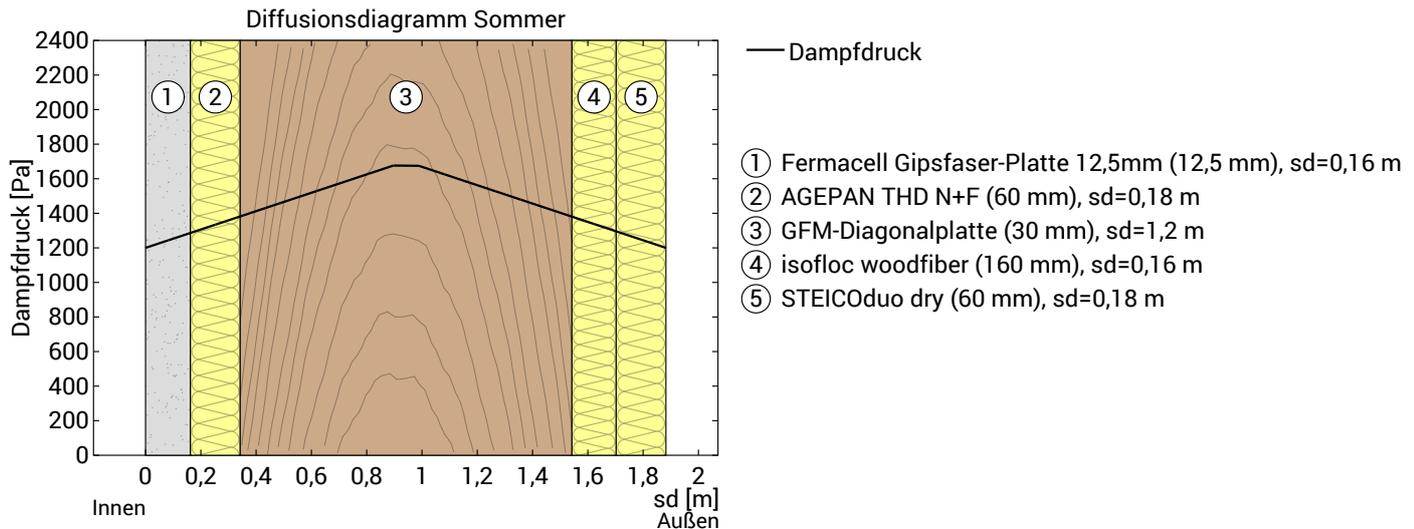
$$M_{ev, \text{Tauperiode}} = t_c \cdot \delta_0 \cdot ((p_s - p_i) / s_{d_{ev}} + (p_s - p_e) / (s_{d_e} - s_{d_{ev}})) = 1,922 \text{ kg/m}^2$$

Wandaufbau Grübl Öko Plus 160 Holzschalung Holzfaser,  $U=0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

## Verdunstungsperiode (Sommer)

### Randbedingungen

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



Tauwasserfreies Bauteil: Es wird die maximal mögliche Verdunstungsmasse für die Trocknungsreserve berechnet. Betrachtet wird die Ebene mit der geringsten Verdunstungsmasse innerhalb des Holz enthaltenden Bereichs: bei  $s_d=0,94 \text{ m}$ , innerhalb Schicht GFM-Diagonalplatte:

Verdunstungsmenge:  $M_{ev} = \delta_0 \cdot t_{ev} \cdot \left[ \frac{(p_s - p_i)}{s_d} + \frac{(p_s - p_e)}{(s_{de} - s_d)} \right] = 1,65 \text{ kg/m}^2$

### Bewertung gemäß DIN 4108-3

Das Bauteil ist diffusionstechnisch zulässig.

### Trocknungsreserve (DIN 68800-2)

Tauwasserfreies Bauteil: Das Verdunstungspotential der Tauperiode wird ebenfalls berücksichtigt.

Trocknungsreserve:  $M_r = (M_{ev} + M_{ev, \text{Tauperiode}}) \cdot 1000 = 3574 \text{ g/m}^2/\text{a}$

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



### Hinweise

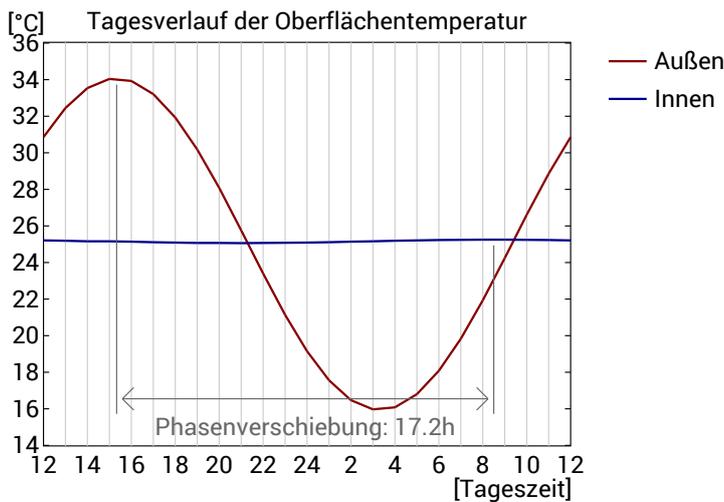
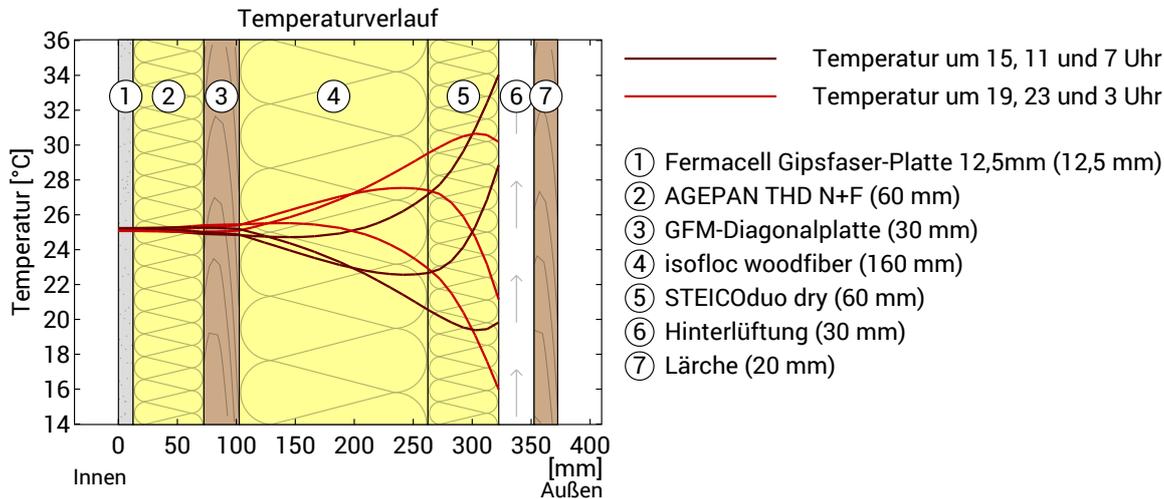
Bei inhomogenen Konstruktionen, wie Skelett-, Ständer- oder Rahmenbauweisen sowie bei Holzbalken-, Sparren- oder Fachwerk-Konstruktionen o.ä. sind die eindimensionalen Diffusionsberechnungen nur für den Gefachbereich nachzuweisen. Ausnahmefälle sind Sonderkonstruktionen, bei denen z.B. die diffusionshemmende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

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

Wandaufbau Grübl Öko Plus 160 Holzschalung Holzfaser,  $U=0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

## Hitzeschutz

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



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

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

Phasenverschiebung*	17,2 h	Wärmespeicherefähigkeit (gesamtes Bauteil):	120 kJ/m <sup>2</sup> K
Amplitudendämpfung**	98,0	Wärmespeicherefähigkeit der inneren Schichten:	77 kJ/m <sup>2</sup> K
TAV***	0,010		

\* 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.