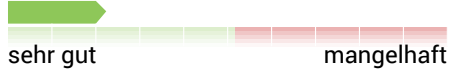


GHB-Norm-Dach-010

Wärmeschutz

U = 0,10 W/(m²K)

MuKEn14 Umbau*: U < 0,25 W/(m²K)



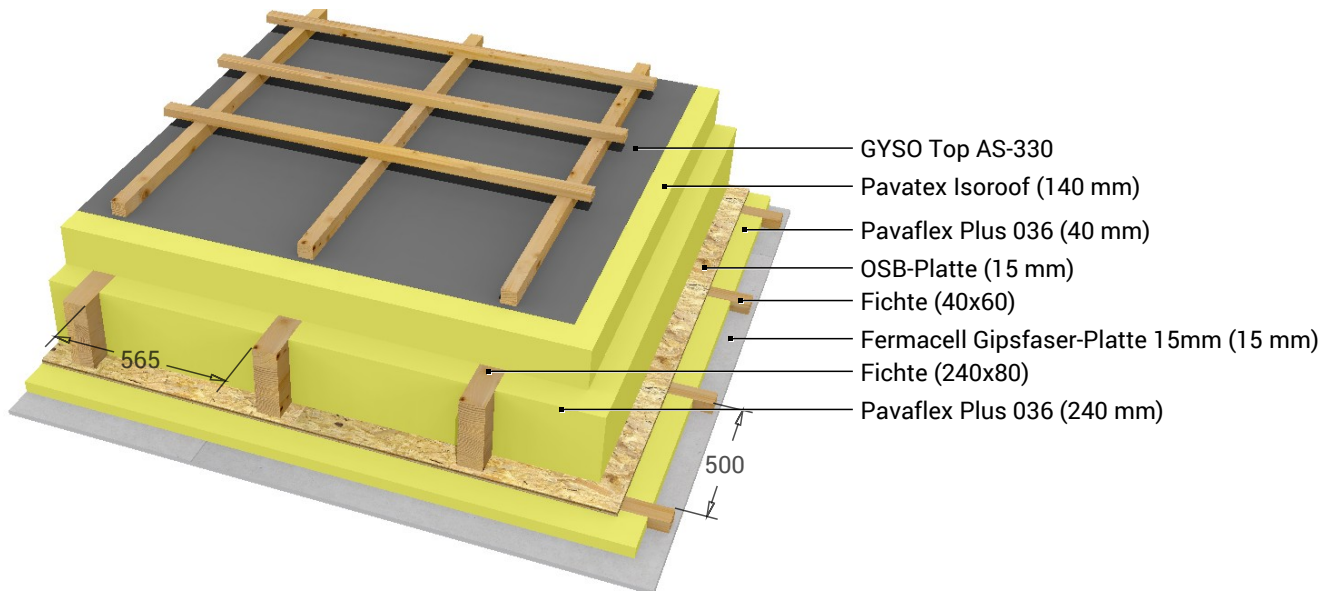
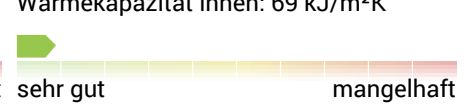
Feuchteschutz

Trocknungsreserve: 2686 g/m²a
Kein Tauwasser



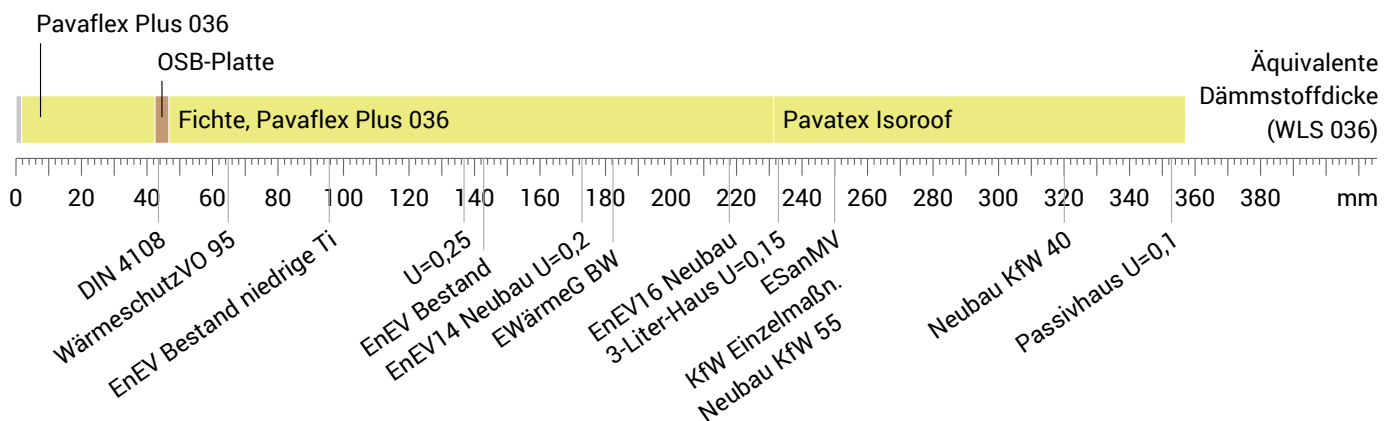
Hitzeschutz

Temperaturamplitudendämpfung: >100
Phasenverschiebung: nicht relevant
Wärmekapazität innen: 69 kJ/m²K



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 0,036 W/mK.



Raumluft:	20,0°C / 50%	sd-Wert:	1,9 m	Dicke:	60,4 cm
Außenluft:	-5,0°C / 80%	Trocknungsreserve:	2686 g/m²a	Gewicht:	141 kg/m²
Oberflächentemp.:	19,2°C / -4,9°C			Wärmekapazität:	140 kJ/m²K

- MuKEn14 Umbauten ESanMV EnEV16 Neubau EnEV14 Neubau

GHB-Norm-Dach-010, U=0,10 W/(m²K)

U-Wert-Berechnung nach DIN EN ISO 6946

#	Material	Dicke [cm]	λ [W/mK]	R [m²K/W]
	Wärmeübergangswiderstand innen (Rsi)			0,100
1	Fermacell Gipsfaser-Platte 15mm	1,50	0,320	0,047
2	Pavaflex Plus 036	4,00	0,036	1,111
	Fichte (11%)	4,00	0,130	0,308
3	OSB-Platte	1,50	0,130	0,115
4	Pavaflex Plus 036	24,00	0,036	6,667
	Fichte (12%)	24,00	0,130	1,846
5	Pavatex Isorooft	14,00	0,041	3,415
6	GYSO Top AS-330	0,09	0,200	0,005
	Wärmeübergangswiderstand außen (Rse)			0,100
	Gesamtes Bauteil	60,39		

Die Wärmeübergangswiderstände wurden gemäß DIN 6946 Tabelle 7 gewählt.

Rsi: Wärmestromrichtung aufwärts

Rse: Wärmestromrichtung aufwärts, außen: Hinterlüftungsebene

Oberer Grenzwert des Wärmedurchgangswiderstandes $R_{\text{tot};\text{upper}} = 10,520 \text{ m}^2\text{K/W}$.

Unterer Grenzwert des Wärmedurchgangswiderstandes $R_{\text{tot};\text{lower}} = 9,685 \text{ m}^2\text{K/W}$.

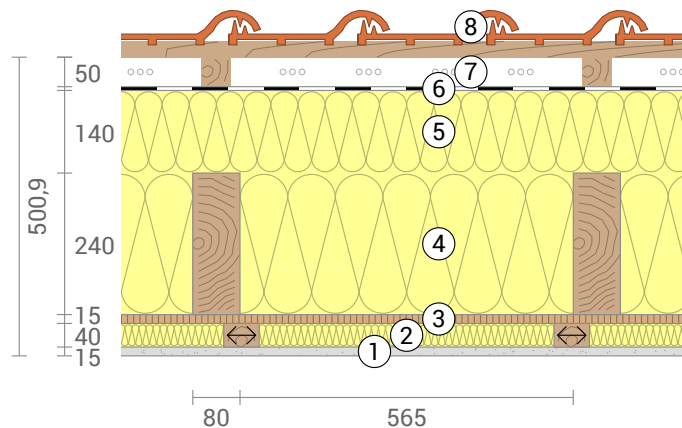
Prüfe Anwendbarkeit: $R_{\text{tot};\text{upper}} / R_{\text{tot};\text{lower}} = 1,086$ (maximal erlaubt: 1,5)

Das Verfahren darf angewendet werden.

Wärmedurchgangswiderstand $R_{\text{tot}} = (R_{\text{tot};\text{upper}} + R_{\text{tot};\text{lower}})/2 = 10,10 \text{ m}^2\text{K/W}$

Abschätzung des maximalen relativen Fehlers nach Absatz 6.7.2.5: 4,1%

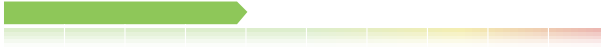
Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1/R_{\text{tot}} = 0,10 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$



GHB-Norm-Dach-010, U=0,10 W/(m²K)

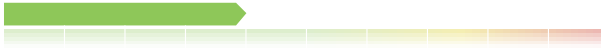
Jahreswärmeverlust und Klimaschutz

Wärmeverlust: 8 kWh/m² pro Heizperiode



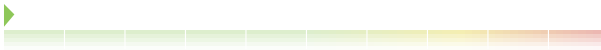
Wärmemenge, die durch einen Quadratmeter dieses Bauteils während der Heizperiode entweicht. Bitte beachten: Wegen interner und solarer Gewinne ist der Heizwärmebedarf geringer als der Wärmeverlust.

Primärenergie (nicht erneuerbar): >134 kWh/m²



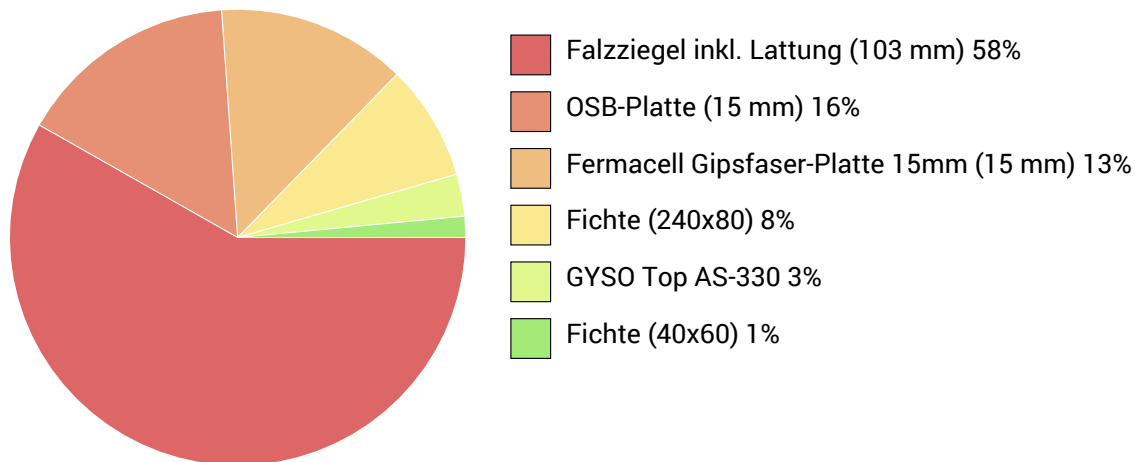
Nicht erneuerbare Primärenergie (=Energie aus fossilen Brennstoffen und Kernenergie) die zur Produktion der verwendeten Baustoffe aufgewendet wurde ("cradle to gate").

Treibhauspotential: -14 (?) kg CO2 Äqv./m²

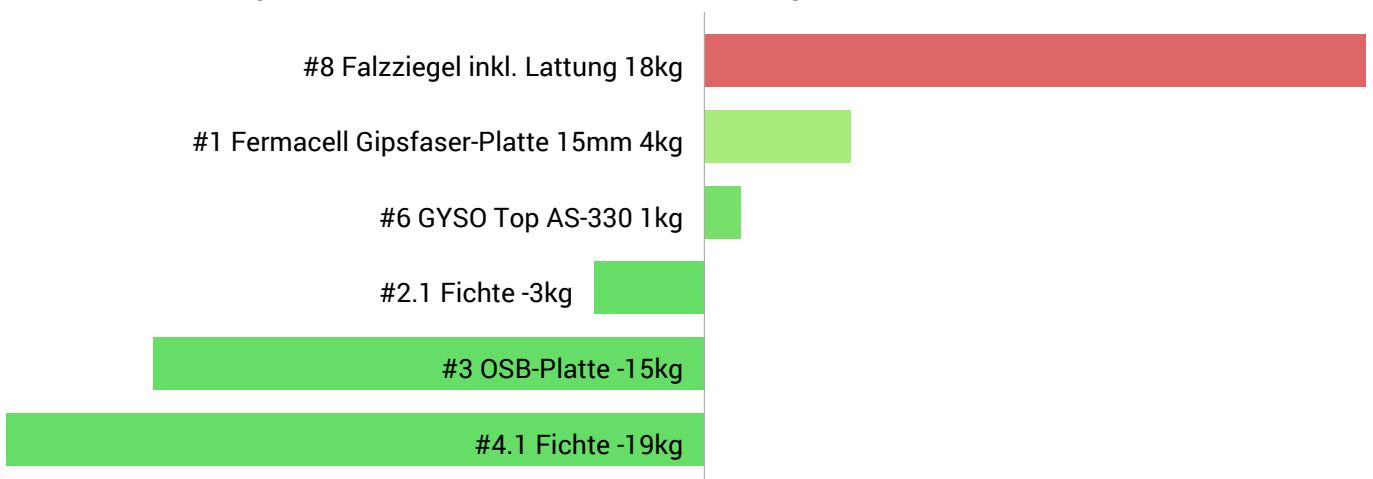


Sehr gut: Für die Produktion der verwendeten Baustoffe wurden der Atmosphäre insgesamt mehr Treibhausgase entzogen als zugeführt.

Zusammensetzung des nicht erneuerbaren Primärenergieaufwands der Herstellung:



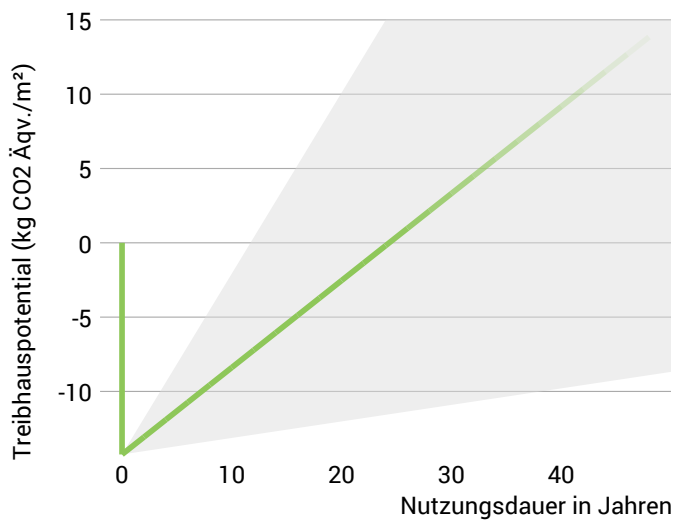
Zusammensetzung des Treibhauspotentials der Herstellung:



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

GHB-Norm-Dach-010, U=0,10 W/(m²K)

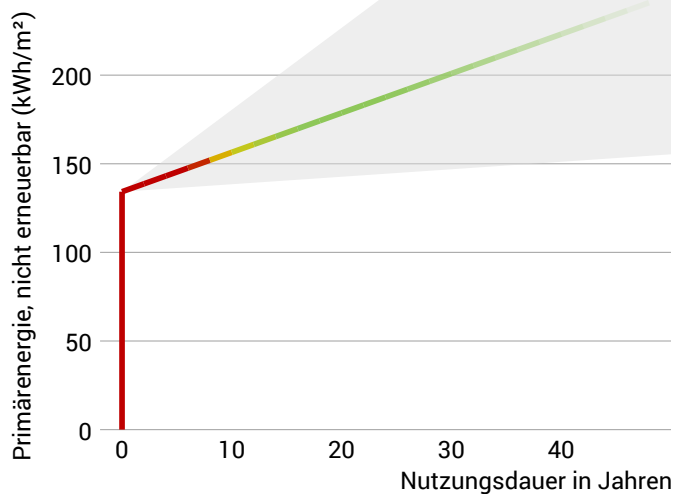
Treibhauspotential und Primärenergie für Bau und Nutzung



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

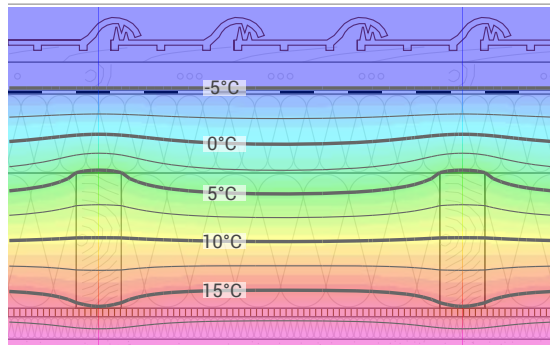
Achtung: Mindestens eine Schicht konnte nicht berücksichtigt werden, weil deren Primärenergieinhalt und/oder Treibhauspotential unbekannt ist.

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

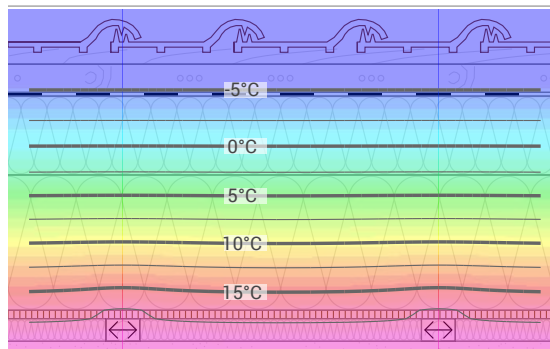
Die dieser Berechnung zugrunde liegenden Klima- und Energiedaten können zum Teil starke Schwankungen aufweisen und im Einzelfall erheblich vom tatsächlichen Wert abweichen.

GHB-Norm-Dach-010, U=0,10 W/(m²K)

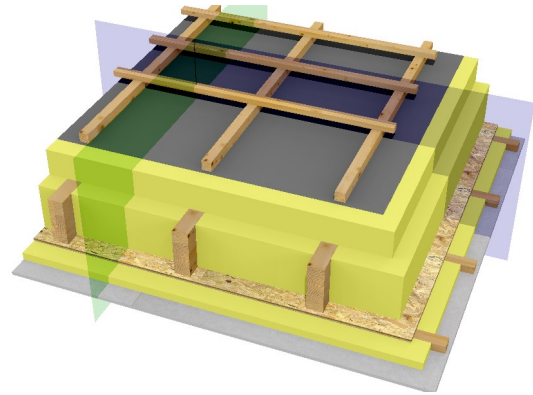
Temperaturverlauf



80 565



60 500



Links oben: Temperaturverlauf in der blauen Schnittebene (siehe rechte Abbildung). Links unten: Temperaturverlauf in der grünen Schnittebene.

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	1,5 cm Fermacell Gipsfaser-Platte 15mm	0,320	0,047	19,1	19,5	17,3
2	4 cm Pavaflex Plus 036	0,036	1,111	15,4	19,4	2,1
	4 cm Fichte (11%)	0,130	0,308			1,9
3	1,5 cm OSB-Platte	0,130	0,115	15,0	17,0	9,8
4	24 cm Pavaflex Plus 036	0,036	6,667	2,7	16,8	12,6
	24 cm Fichte (12%)	0,130	1,846	5,2	15,3	13,4
5	14 cm Pavatex Isorooft	0,041	3,415	-4,9	5,3	32,2
6	0,09 cm GYSO Top AS-330	0,200	0,005	-4,9	-4,9	0,2
	Wärmeübergangswiderstand*		0,040	-5,0	-4,9	
7	5 cm Hinterlüftung (Außenluft)			-5,0	-5,0	0,0
8	10,3 cm Falzziegel inkl. Lattung			-5,0	-5,0	51,5
	60,39 cm Gesamtes Bauteil		10,102			141,0

*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): 19,2°C 19,4°C 19,5°C
Oberflächentemperatur außen (min / mittel / max): -4,9°C -4,9°C -4,9°C

GHB-Norm-Dach-010, U=0,10 W/(m²K)

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.

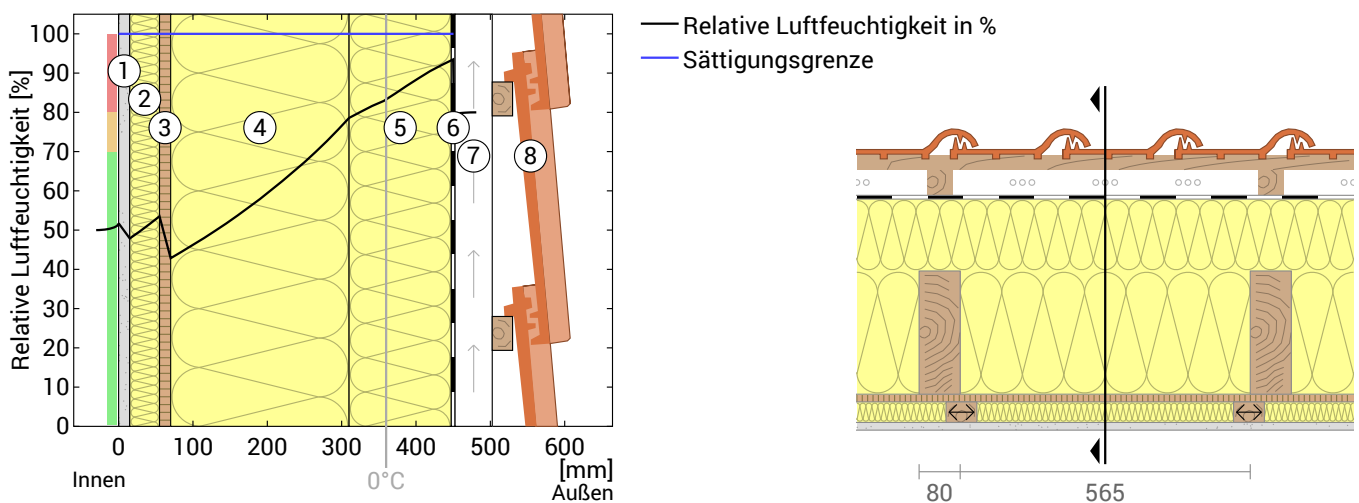
Unter den angenommenen Bedingungen bildet sich kein Tauwasser.

Trocknungsreserve gemäß DIN 4108-3:2018: 2686 g/(m²a)
Von der DIN 68800-2 mindestens gefordert: 250 g/(m²a)

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser [kg/m²] [Gew.-%]	Gewicht [kg/m²]
1	1,5 cm Fermacell Gipsfaser-Platte 15mm	0,20	-	17,3
2	4 cm Pavaflex Plus 036	0,08	-	2,1
	4 cm Fichte (11%)		-	1,9
3	1,5 cm OSB-Platte	0,45	-	9,8
4	24 cm Pavaflex Plus 036	0,48	-	12,6
	24 cm Fichte (12%)	4,80	-	13,4
5	14 cm Pavatex Isorooft	0,42	-	32,2
6	0,09 cm GYSO Top AS-330	0,12	-	0,2
	60,39 cm Gesamtes Bauteil	1,90		141,0

Luftfeuchtigkeit

Die Oberflächentemperatur der Wandinnenseite 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.



- ① Fermacell Gipsfaser-Platte 15mm ...
- ② Pavaflex Plus 036 (40 mm)
- ③ OSB-Platte (15 mm)
- ④ Pavaflex Plus 036 (240 mm)
- ⑤ Pavatex Isorooft (140 mm)
- ⑥ GYSO Top AS-330
- ⑦ Hinterlüftung (50 mm)
- ⑧ Falzziegel inkl. Lattung (103 mm)

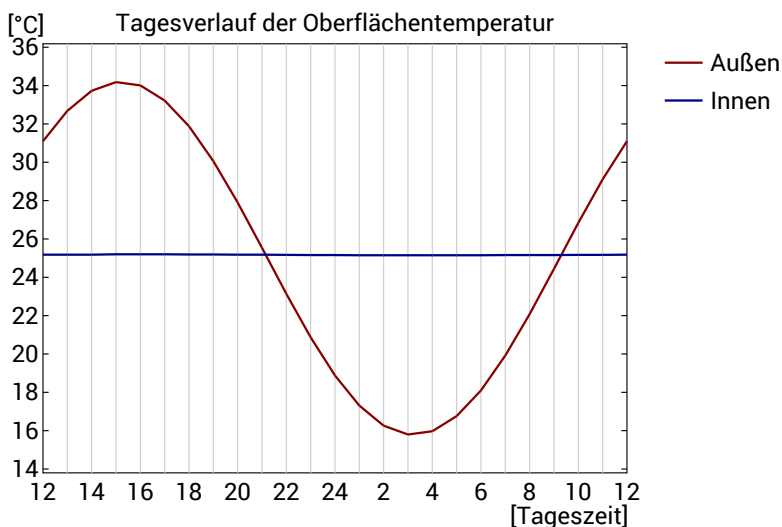
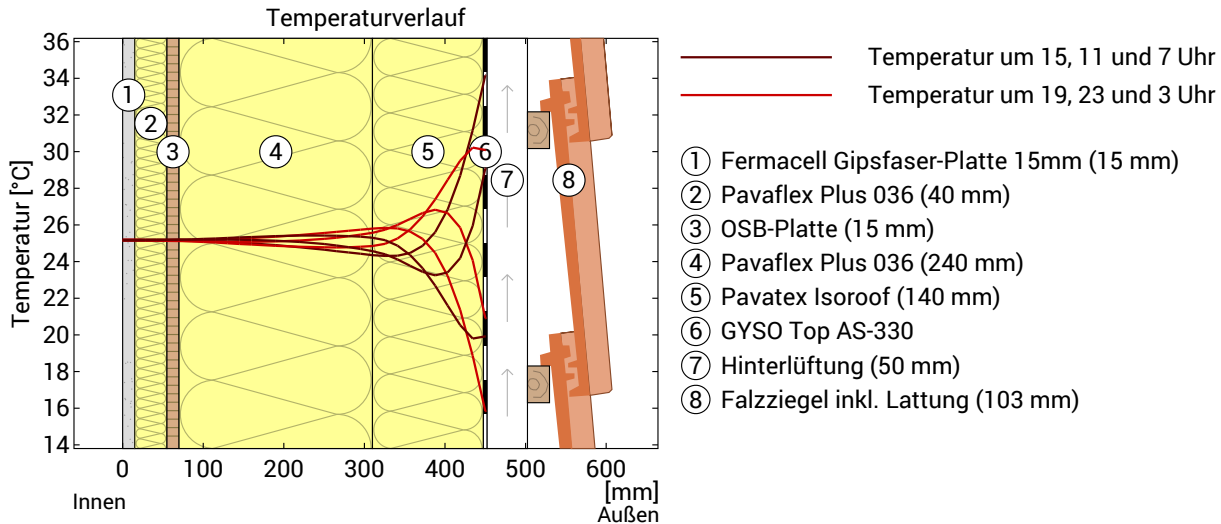
Mit <-> gekennzeichnete (Balken-)Lagen verlaufen parallel zur dargestellten Schnittebene und wurden bei der Feuchteschutzberechnung nicht berücksichtigt.

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.

GHB-Norm-Dach-010, $U=0,10 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Hitzeschutz

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



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

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

Phasenverschiebung*	nicht relevant	Wärmespeicherkapazität (gesamtes Bauteil):	140 kJ/m ² K
Amplitudendämpfung**	>100	Wärmespeicherkapazität der inneren Schichten:	69 kJ/m ² K
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: $TAV = 1/\text{Amplitudendämpfung}$

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.