

Dachdämmung mit 240 mm Sparren z.B. Taunus

Dachkonstruktion
erstellt am 8.1.2020

Wärmeschutz

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

EnEV16 Neubau*: $U < 0,16 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

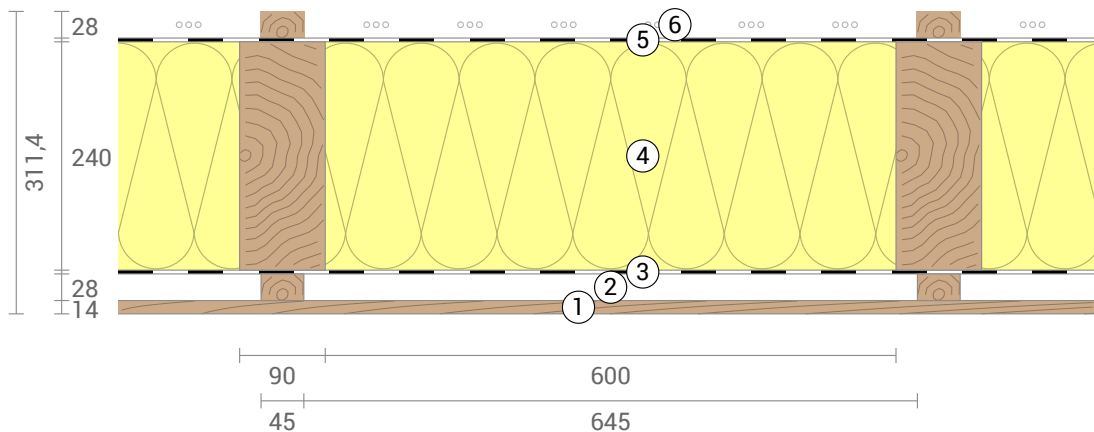


Feuchteschutz

Trocknungsreserve: 9078 g/m²a
Kein Tauwasser

Hitzeschutz

Temperaturamplitudendämpfung: 6,8
Phasenverschiebung: 6,9 h
Wärmekapazität innen: 23 kJ/m²K

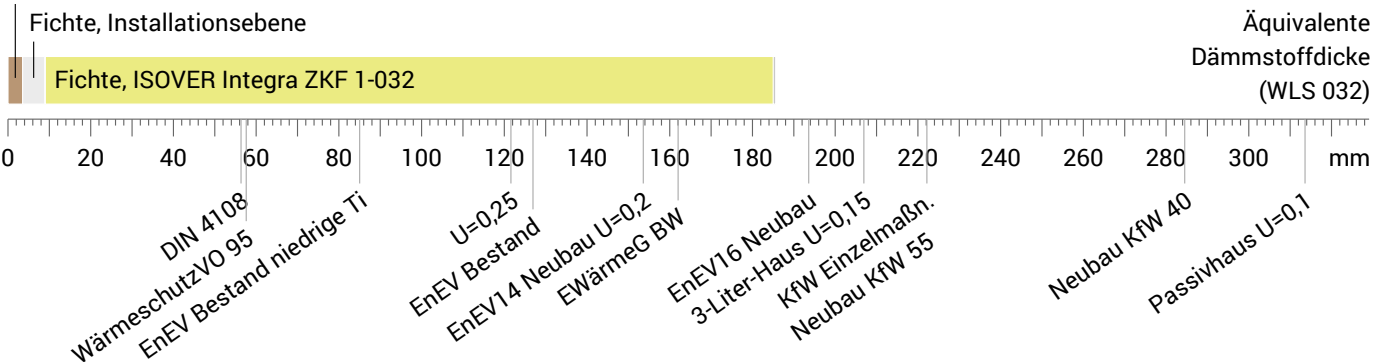


- ① Fichte (14 mm)
- ② Installationsebene (28 mm)
- ③ Adolf Würth, Wütop DB 20 Sanierung 2SK
- ④ ISOVER Integra ZKF 1-032 (240 mm)
- ⑤ Adolf Würth, Wütop Trio/ Trio 2SK
- ⑥ Hinterlüftung (28 mm)

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 0,032 W/mK.

Fichte



Raumluft:	20,0°C / 50%	sd-Wert:	21,4 m	Dicke:	31,1 cm
Außenluft:	-5,0°C / 80%	Trocknungsreserve:	9078 g/m ² a	Gewicht:	0 kg/m ²
Oberflächentemp.:	18,3°C / -4,8°C			Wärmekapazität:	38 kJ/m ² K

EnEV16 Neubau
 EnEV14 Neubau
 EnEV Bestand
 EnEV Bestand (Nichtwohngeb.)

Dachdämmung mit 240 mm Sparren z.B. Taunus, $U=0,17 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

U-Wert-Berechnung nach DIN EN ISO 6946

#	Material	Dicke [cm]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]
Wärmeübergangswiderstand innen (Rsi)				0,100
1	Fichte	1,40	0,130	0,108
2	Installationsebene	2,80	0,175	0,160
	Fichte (6,5%)	2,80	0,130	0,215
3	Adolf Würth, Wüttop DB 20 Sanierung 2SK	0,07	0,150	0,005
4	ISOVER Integra ZKF 1-032	24,00	0,032	7,500
	Fichte (13%)	24,00	0,130	1,846
5	Adolf Würth, Wüttop Trio/ Trio 2SK	0,07	0,150	0,005
Wärmeübergangswiderstand außen (Rse)				0,100
Gesamtes Bauteil		31,14		

Die Wärmeübergangswiderstände wurden gemäß DIN 6946 Tabelle 7 gewählt.

Rsi: Wärmestromrichtung aufwärts

Rse: Wärmestromrichtung aufwärts, außen: Hinterlüftungsebene

Oberer Grenzwert des Wärmedurchgangswiderstandes $R_{\text{tot,upper}} = 6,079 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$.

Unterer Grenzwert des Wärmedurchgangswiderstandes $R_{\text{tot,lower}} = 5,839 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$.

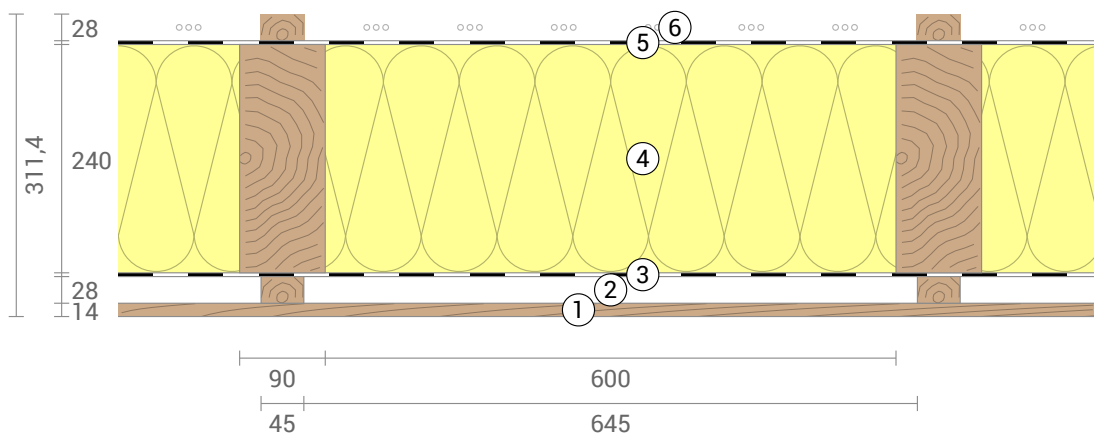
Prüfe Anwendbarkeit: $R_{\text{tot,upper}} / R_{\text{tot,lower}} = 1,041$ (maximal erlaubt: 1,5)

Das Verfahren darf angewendet werden.

Wärmedurchgangswiderstand $R_{\text{tot}} = (R_{\text{tot,upper}} + R_{\text{tot,lower}})/2 = 5,959 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$

Abschätzung des maximalen relativen Fehlers nach Absatz 6.7.2.5: 2,0%

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



Dachdämmung mit 240 mm Sparren z.B. Taunus, $U=0,17 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

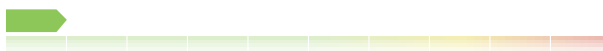
Jahreswärmeverlust und Klimaschutz

Wärmeverlust: $13 \text{ kWh}/\text{m}^2$ 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): $29 \text{ kWh}/\text{m}^2$



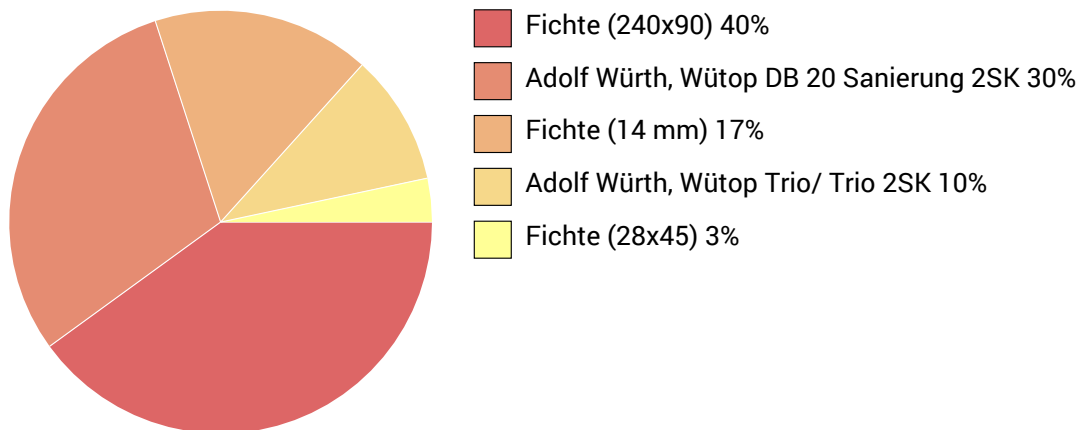
Nicht erneuerbare Primärenergie (=Energie aus fossilen Brennstoffen und Kernenergie) die zur Produktion der verwendeten Baustoffe aufgewendet wurde ("cradle to gate").

Treibhauspotential: $-28 \text{ kg CO}_2 \text{ Äqv.}/\text{m}^2$

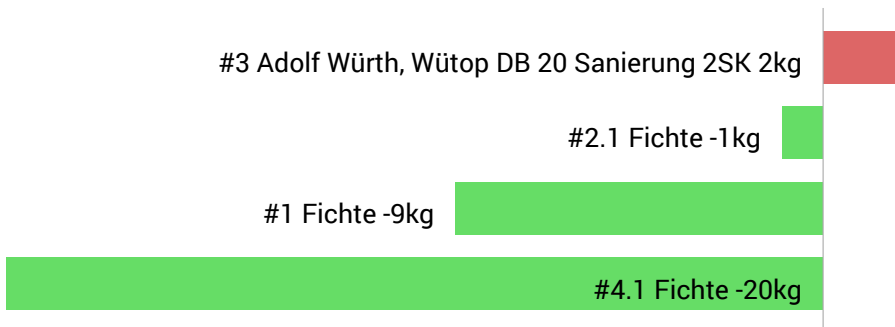


Sehr gut: Für die Produktion der verwendeten Baustoffe wurden der Atmosphäre insgesamt mehr Treibhausgase entzogen als zugeführt.

Zusammensetzung des nicht erneuerbaren Primärenergieaufwands der Herstellung:

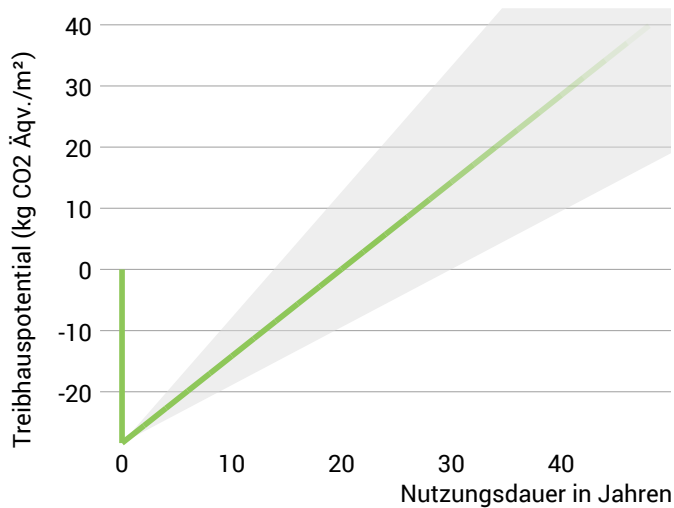


Zusammensetzung des Treibhauspotentials der Herstellung:



Dachdämmung mit 240 mm Sparren z.B. Taunus, $U=0,17 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

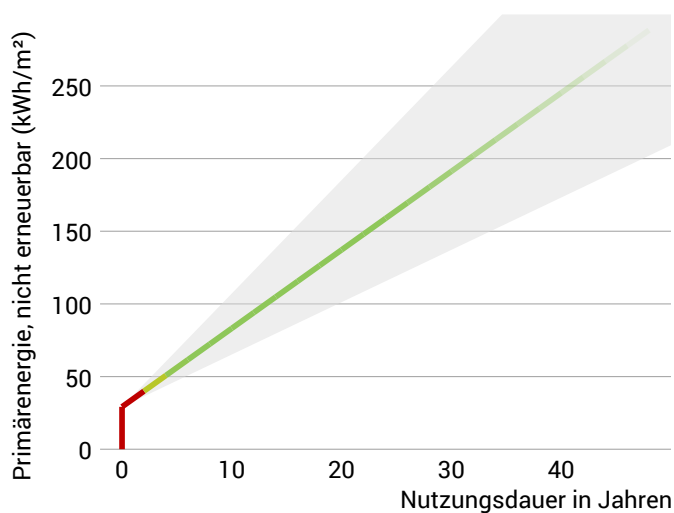
Treibhauspotential und Primärenergie für Bau und Nutzung



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

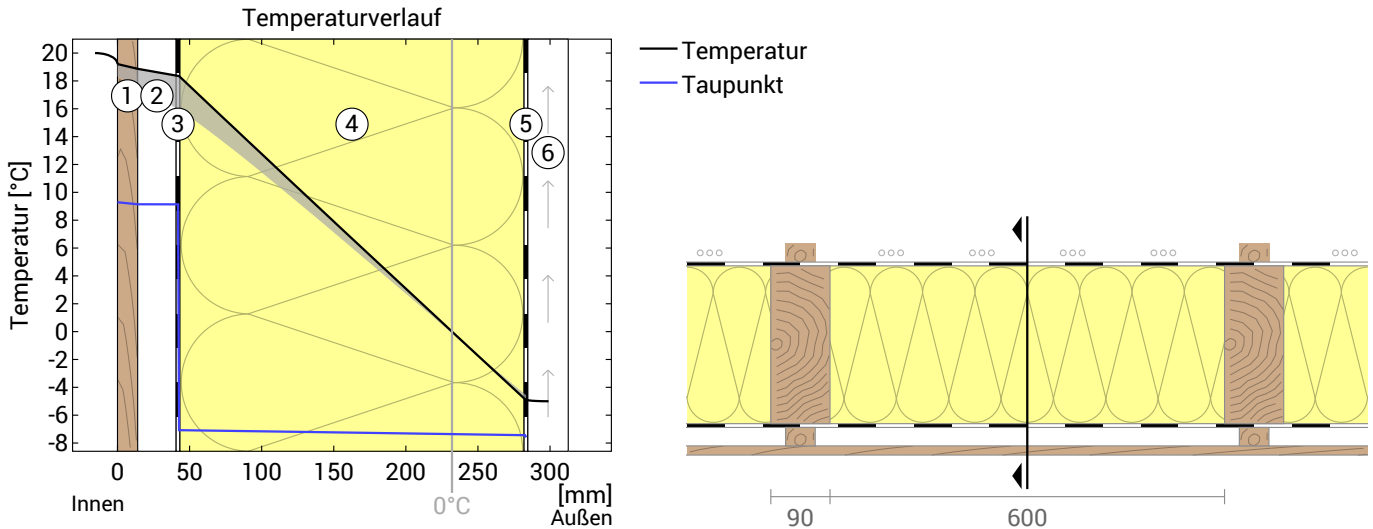
Hinweise

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.

Dachdämmung mit 240 mm Sparren z.B. Taunus, $U=0,17 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Temperaturverlauf



① Fichte (14 mm)

② Installationsebene (28 mm)

③ Adolf Würth, Wüttop DB 20 Sanieru...

④ ISOVER Integra ZKF 1-032 (240 mm)

⑤ Adolf Würth, Wüttop Trio/ Trio 2SK

⑥ Hinterlüftung (28 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	18,3	20,0	
1	1,4 cm Fichte	0,130	0,108	17,6	19,2	6,3
2	2,8 cm Installationsebene	0,175	0,160	16,1	18,9	0,0
	2,8 cm Fichte (6,5%)	0,130	0,215	16,0	17,6	0,8
3	0,07 cm Adolf Würth, Wüttop DB 20 Sanierung 2SK	0,150	0,005	15,9	18,4	0,2
4	24 cm ISOVER Integra ZKF 1-032	0,032	7,500	-4,9	18,3	k.A.
	24 cm Fichte (13%)	0,130	1,846	-4,5	16,6	14,1
5	0,07 cm Adolf Würth, Wüttop Trio/ Trio 2SK	0,150	0,005	-4,9	-4,5	0,1
	Wärmeübergangswiderstand*		0,040	-5,0	-4,6	
6	2,8 cm Hinterlüftung (Außenluft)			-5,0	-5,0	0,0
	31,14 cm Gesamtes Bauteil		5,986			>22

*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): 18,3°C 19,0°C 19,2°C
Oberflächentemperatur außen (min / mittel / max): -4,9°C -4,8°C -4,6°C

Dachdämmung mit 240 mm Sparren z.B. Taunus, $U=0,17 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

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.

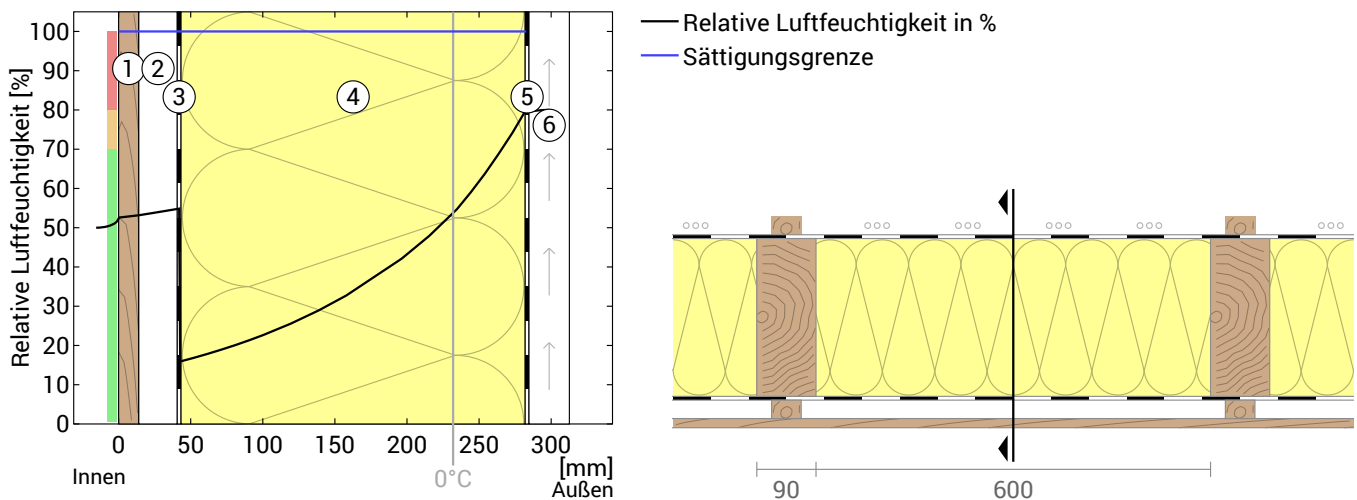
Trocknungsreserve gemäß DIN 4108-3:2018: $9078 \text{ g}/(\text{m}^2\text{a})$
 Von der DIN 68800-2 mindestens gefordert: $250 \text{ g}/(\text{m}^2\text{a})$

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser [kg/m ²]	Gewicht [kg/m ²]
1	1,4 cm Fichte	0,28	-	6,3
2	2,8 cm Installationsebene	0,01	-	0,0
	2,8 cm Fichte (6,5%)	0,56	-	0,8
3	0,07 cm Adolf Würth, Wütop DB 20 Sanierung 2SK	20,00	-	0,2
4	24 cm ISOVER Integra ZKF 1-032	0,24	-	k.A.
	24 cm Fichte (13%)	12,00	-	14,1
5	0,07 cm Adolf Würth, Wütop Trio/ Trio 2SK	0,10	-	0,1
31,14 cm Gesamtes Bauteil		21,41		>22

Luftfeuchtigkeit

Die Oberflächentemperatur der Wandinnenseite beträgt $18,3^\circ\text{C}$ was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 56% führt. Unter diesen Bedingungen sollte nicht mit Schimmelbildung zu rechnen sein.

Das folgende Diagramm zeigt die relative Luftfeuchtigkeit innerhalb des Bauteils.



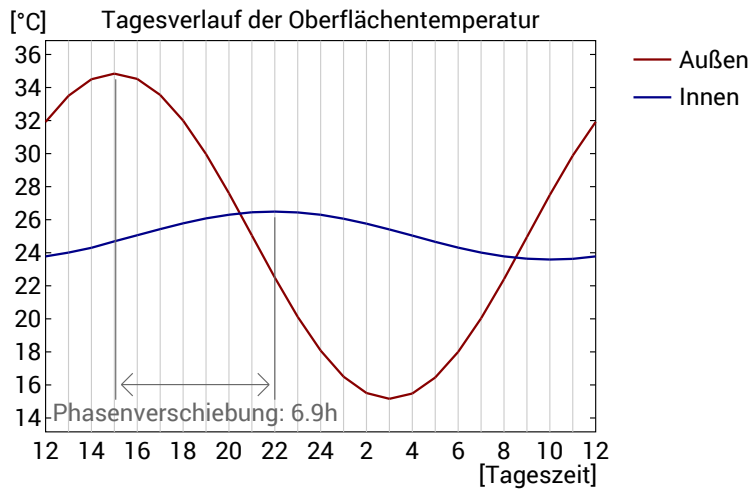
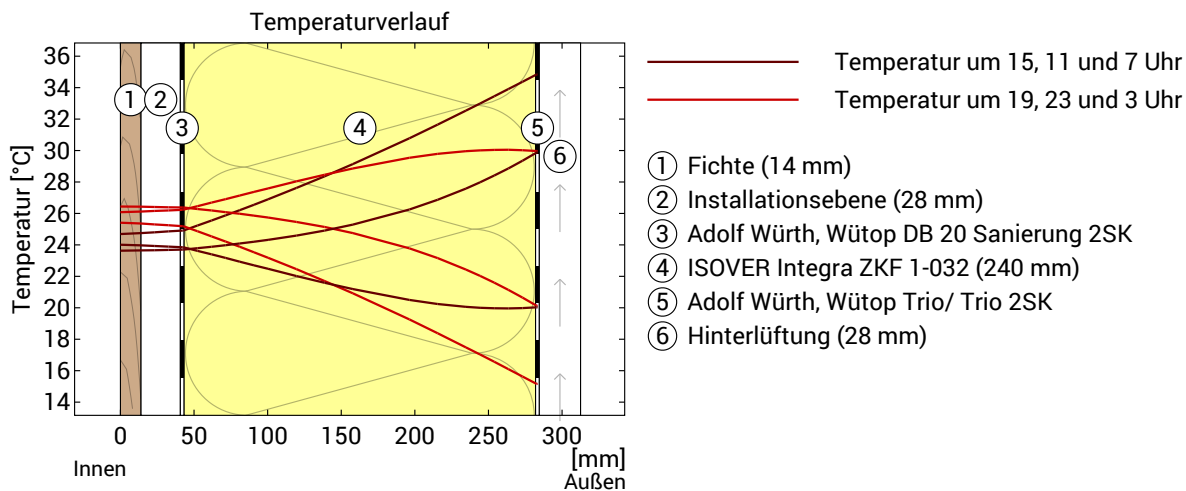
- | | | |
|------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|
| ① Fichte (14 mm) | ③ Adolf Würth, Wütop DB 20 Sanieru... | ⑤ Adolf Würth, Wütop Trio/ Trio 2SK |
| ② Installationsebene (28 mm) | ④ ISOVER Integra ZKF 1-032 (240 mm) | ⑥ Hinterlüftung (28 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.

Dachdämmung mit 240 mm Sparren z.B. Taunus, $U=0,17 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

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*	6,9 h	Wärmespeicherefähigkeit (gesamtes Bauteil):	38 kJ/m ² K
Amplitudendämpfung**	6,8	Wärmespeicherefähigkeit der inneren Schichten:	23 kJ/m ² K
TAV***	0,148		

* 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.