

Lotterra Passivhaus hat ein neuartiges Passivhauskonzept auf Basis von Containermodulen entwickelt.

Ziel ist es dabei, die Vorteile eines Passivhauses mit denen von Erdhäusern zu verbinden. Das Konzept orientiert sich an den Passiv-Erdhäusern von Robert Sengotta und stellt eine ökologische Weiterentwicklung dieser Gebäude dar.



Seit 2007 rentabel und voll funktionsfähig:
Passiv-Erdhaus von Robert Sengotta in Günzburg

Warum Passiv-Erdhäuser ?

Obwohl Erdhäuser noch ein Nischendasein pflegen, besitzen sie deutliche Vorteile gegenüber gewöhnlichen Häusern:

Durch die anliegende Erdschicht an der Fassade und einem Übergang in eine Dachbegrünung wird das Haus vor Extremwetter effektiv geschützt. Neben dem Witterungsschutz schützt die Erde außerdem Hauswand und Abdichtung vor Temperaturschwankungen. Dies verlängert die Haltbarkeit der erwähnten Bauteile und trägt sowohl im Sommer als auch im Winter zu einer gleichbleibenden Wohnraumtemperatur bei. Die Begrünung sorgt für eine Kompensation der versiegelten Fläche und leitet Regenwasser auf natürliche Art und Weise ab. Sie verringert zudem Kosten für die Fassadeninstandhaltung. Der Bewuchs kann zudem Lebensgrundlage für Tiere bieten und CO² aufnehmen.

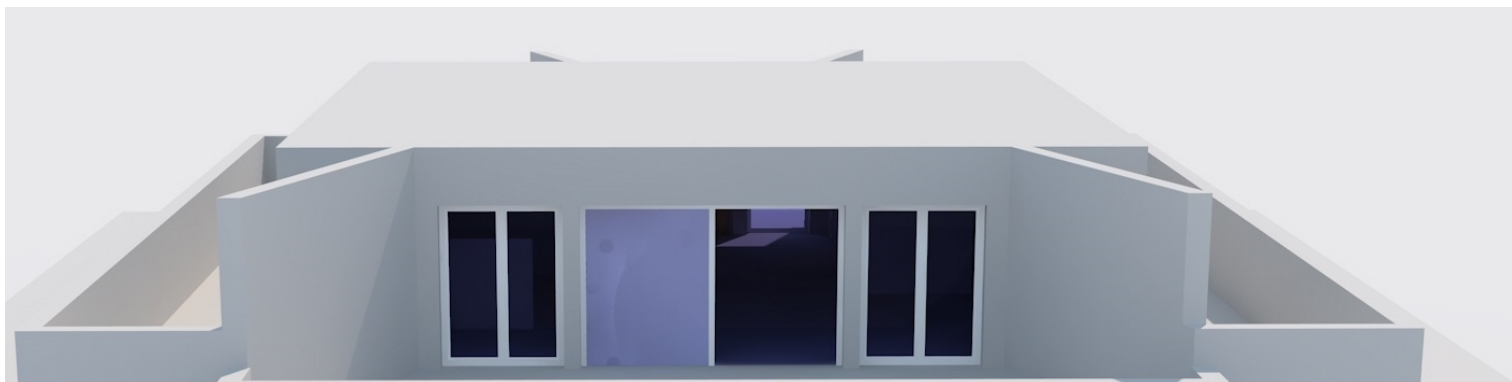
Passivverdhäuser sind die effizienteren Passivhäuser:

Neben der typischen Dämmung isoliert die Erde zusätzlich Dach und Wandfläche und erhöht den Schallschutz. Im Falle eines Passivhauses bietet sich die Möglichkeit, die Ansaugluft des Wärmetauschers durch das Erdreich zu führen. Dies sorgt ebenfalls im Sommer für natürliche Kühlung und für einen geringeren Heizbedarf bei niedrigen Temperaturen im Winter.

Infolge des gleichbleibenden Wohnraumklimas wird das Wohngefühl in einem Erdhaus als behaglich und geborgen beschrieben.



Lotterra Passivhaus, Skizze und Grundstruktur



Aufbau

Robuster Glasschaumschotter aus recyceltem Altglas bildet eine tragende Grundlage für eine gewöhnliche Bodenplatte oder umgibt ein Streifenfundament.

Auf dieses Betonelement werden modifizierte Seecontainer

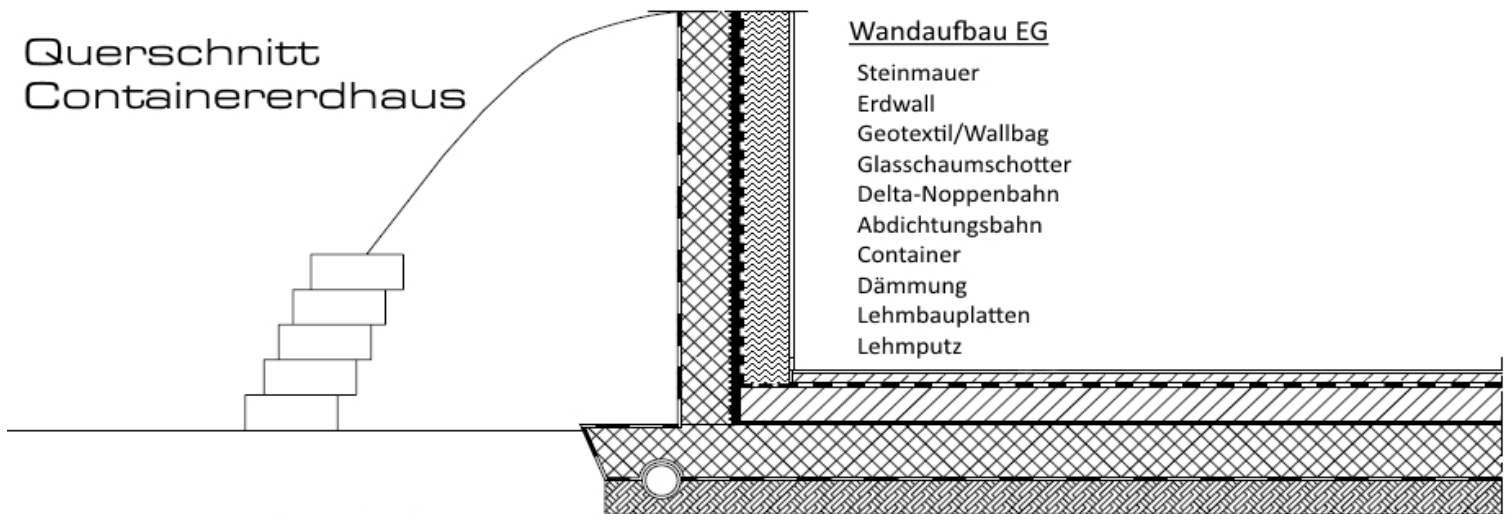
gesetzt. Diese werden durch eine Folienbahn vor äußeren Einflüssen abgedichtet. Auch die Dachbahn besteht aus einer Folie und wird mit der seitlichen Abdichtung verbunden. Eine Noppenbahn schützt die Abdichtung vor Reibungen oder Punktlasten der weiteren Glasschaumschotterdämmung, welche auch an der Fassade zum Einsatz kommt. Diese seitliche Schüttung wird durch Wallbags oder ein gewöhnliches Geotextil gehalten und Gemeinsam mit dem Erdwall aufgefüllt. Der Erdwall selbst wird durch eine Steinmauer stabilisiert.

Auf der anderen Seite des Containers ergänzen ökologische Innendämmungen den weiteren Dämmbau. Der diffusionsfähige Aufbau ermöglicht die Anwendung von Dämmung im Innenbereich. Eventuell anfallendes Tauwasser wird verteilt und wieder in den Innenraum abgegeben. Besonders Lehmputzplatten mit aufgetragenen Lehmputz erfüllen dabei gemeinsam mit Innenwänden aus Lehmsteinen die Funktion eines Feuchtigkeitspuffers und speichern Wärme. Damit soll ein ausgeglichenes Wohnklima sichergestellt werden.

Die Wanddämmung geht nahtlos in die Dachdämmung über, um Wärmebrücken, damit die Schimmelbildung zu verhindern. Aus dem gleichen Grund umgibt der Glasschaumschotter mit Ausnahme der Fensterseite auch das gesamte Gebäude als dichte Hülle. Der Verbund aus Innen- und Außendämmung ergibt einen U-Wert im Passivhausstandard ($0,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$) >> Siehe folgende Wandberechnungen auf den nächsten Seiten.

Eine Konstruktion aus Stahlträgern und Holzbalken bildet die Grundlage für den Flachdachaufbau. Das Dach besitzt eine Neigung von 2° , um überschüssiges Regenwasser abfließen zu lassen. Regen vom Dach und seitlich auftreffender, versickerter Regen wird am äußeren Rand der seitlichen Glasschaumschotterdämmung zügig nach unten in die Drainage abgeleitet und verteilt sich zudem gleichmäßig unter dem Haus, wo es ebenfalls problemlos versickern kann.

Querschnitt Containererdhaus



Bodenaufbau EG:

- Baugrund
- Geotextil (mit Drainagerohr)
- Glasschaumschotter
- Trennfolie
- Bodenplatte/Streifenfundament
- Container, ggf. weitere Trennlage
- Bodendämmung
- Bodenbelag

Containerhaus Fassade

Außenwand
erstellt am 5.1.2023

Wärmeschutz

$U = 0,11 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

GEG 2020 Bestand*: $U < 0,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

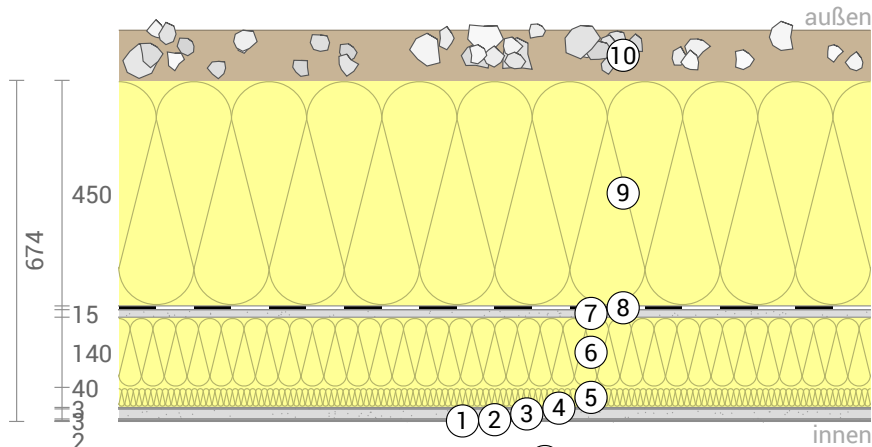


Feuchteschutz

Tauwasser: $255 \text{ g}/\text{m}^2$
Trocknet 22 Tage

Hitzeschutz

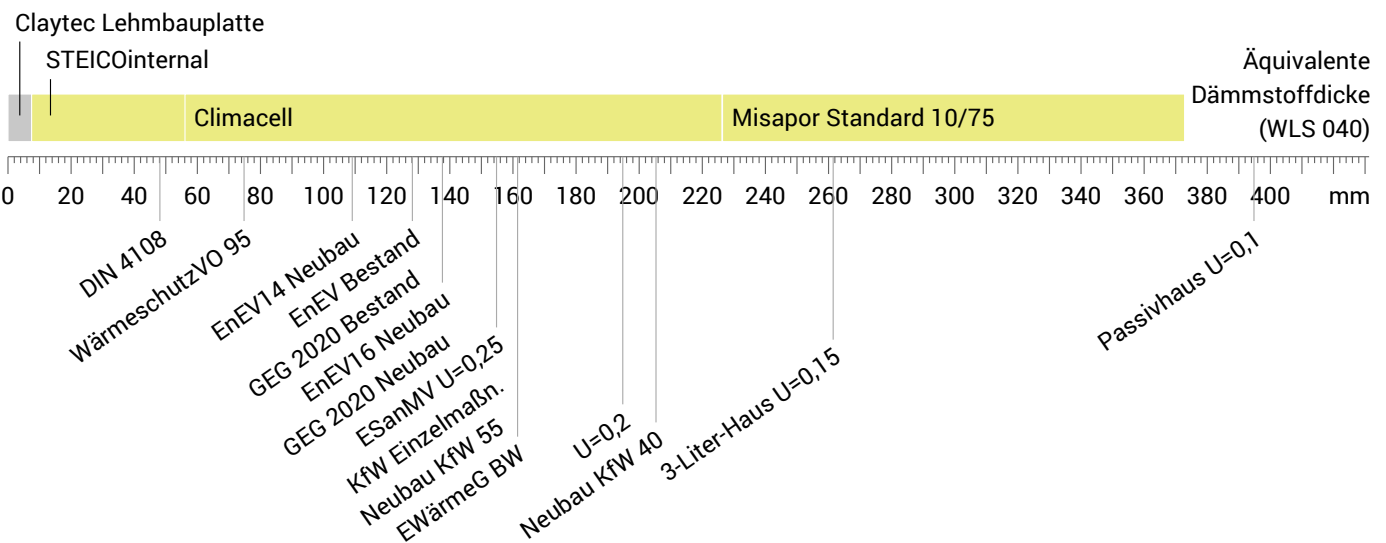
Bauteil grenzt an Erdreich:
TAV und Phase nicht relevant.
Wärmekapazität innen: $82 \text{ kJ}/\text{m}^2\text{K}$



- ① Claytec Yosima Lehm-Designputz (2 mm)
- ⑥ Climacell (140 mm)
- ② Claytec Lehm-Oberputz fein 06 (3 mm)
- ⑦ Stahl (15 mm)
- ③ Claytec Lehmbauplatte (20 mm)
- ⑧ Folie, EPDM
- ④ Claytec Lehmkleber (3 mm)
- ⑨ Misapor Standard 10/75 (450 mm)
- ⑤ STEICOinternal (40 mm)
- ⑩ Erdreich

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 $0,040 \text{ W}/\text{mK}$.

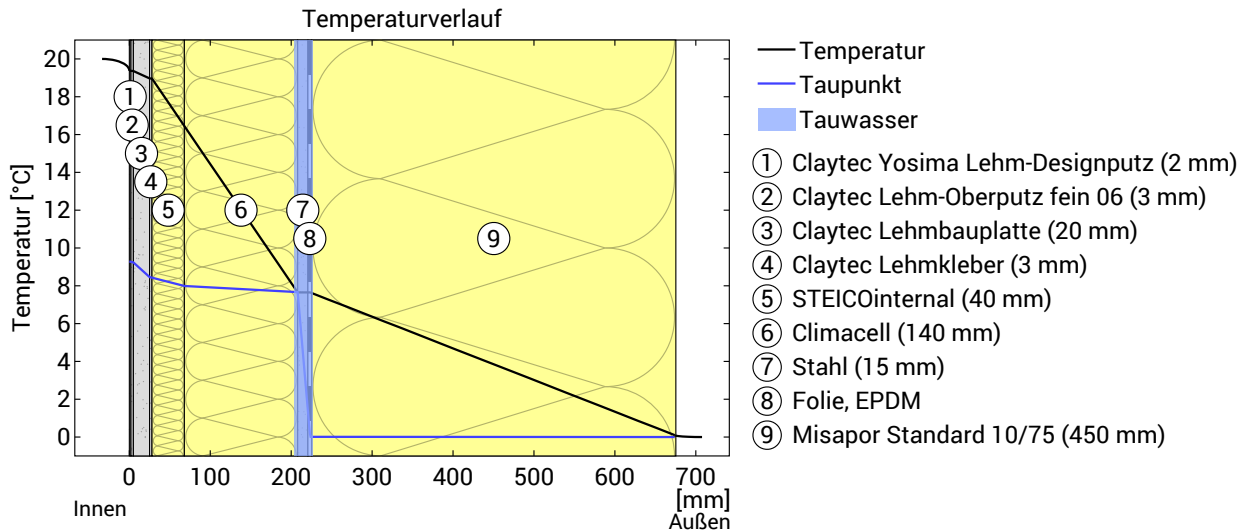


Raumluft:	20,0°C / 50%		Dicke:	67,4 cm
Erdreich:	0,0°C / 100%	sd-Wert: 1534,5 m	Gewicht:	221 kg/m ²
Oberflächentemp.:	19,4°C / 0,1°C		Wärmekapazität:	165 kJ/m ² K

*Vergleich mit dem Höchstwert gemäß GEG 2020 für erstmaligen Einbau, Ersatz oder Erneuerung von Wänden gegen unbeheizte Räume oder Erdreich (Anlage 7, Zeile 6a,6b).

Containerhaus Fassade, $U=0,11 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

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	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	Temperatur [°C]		Gewicht [kg/m ²]
				min	max	
	Wärmeübergangswiderstand*		0,130	19,4	20,0	
1	0,2 cm Claytec Yosima Lehm-Designputz	0,910	0,002	19,4	19,4	3,6
2	0,3 cm Claytec Lehm-Oberputz fein 06	0,910	0,003	19,4	19,4	5,4
3	2 cm Claytec Lehmbauplatte	0,130	0,154	19,0	19,4	14,0
4	0,3 cm Claytec Lehmkleber	0,910	0,003	19,0	19,0	5,4
5	4 cm STEICOinternal	0,040	1,000	16,4	19,0	6,4
6	14 cm Climacell	0,040	3,500	7,7	16,4	7,0
7	1,5 cm Stahl	50,000	0,000	7,7	7,7	117,0
8	0,1 cm Folie, EPDM	0,250	0,004	7,6	7,7	1,2
9	45 cm Misapor Standard 10/75	0,150	3,000	0,1	7,6	60,8
	Wärmeübergangswiderstand*		0,000	0,0	0,1	
10	Erdreich			0,0	0,0	114,6
	67,4 cm Gesamtes Bauteil		7,798			220,8

*Wärmeübergangswiderstände gemäß DIN 6946 für die U-Wert-Berechnung. Für Feuchteschutz und Temperaturverlauf wurden $R_{si}=0,25$ und $R_{se}=0,04$ gemäß DIN 4108-3 verwendet.

Oberflächentemperatur innen (min / mittel / max): 19,4°C 19,4°C 19,4°C
 Oberflächentemperatur außen (min / mittel / max): 0,1°C 0,1°C 0,1°C

Containerhaus Fassade, $U=0,11 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Feuchteschutz

Für die Berechnung der Tauwassermenge wurde das Bauteil 90 Tage lang dem folgenden konstanten Klima ausgesetzt: innen: 20°C und 50% Luftfeuchtigkeit; außen: 0°C und 100% Luftfeuchtigkeit (Klima gemäß Benutzereingabe).

Unter diesen Bedingungen fallen insgesamt 0,26 kg Tauwasser pro Quadratmeter an. Diese Menge trocknet im Sommer innerhalb von 22 Tagen ab (Verdunstungsperiode gemäß DIN 4108-3:2018-10).

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser [kg/m ²] [Gew.-%]	Gewicht [kg/m ²]
1	0,2 cm Claytec Yosima Lehm-Designputz	0,01	-	3,6
2	0,3 cm Claytec Lehm-Oberputz fein 06	0,02	-	5,4
3	2 cm Claytec Lehmbauplatte	0,36	-	14,0
4	0,3 cm Claytec Lehmkleber	0,02	-	5,4
5	4 cm STEICOinternal	0,20	-	6,4
6	14 cm Climacell	0,14	0,26	7,0
7	1,5 cm Stahl	1500	-	117,0
8	0,1 cm Folie, EPDM	32,00	-	1,2
9	45 cm Misapor Standard 10/75	1,80	-	60,8
67,4 cm Gesamtes Bauteil		1.534,54	0,26	220,8

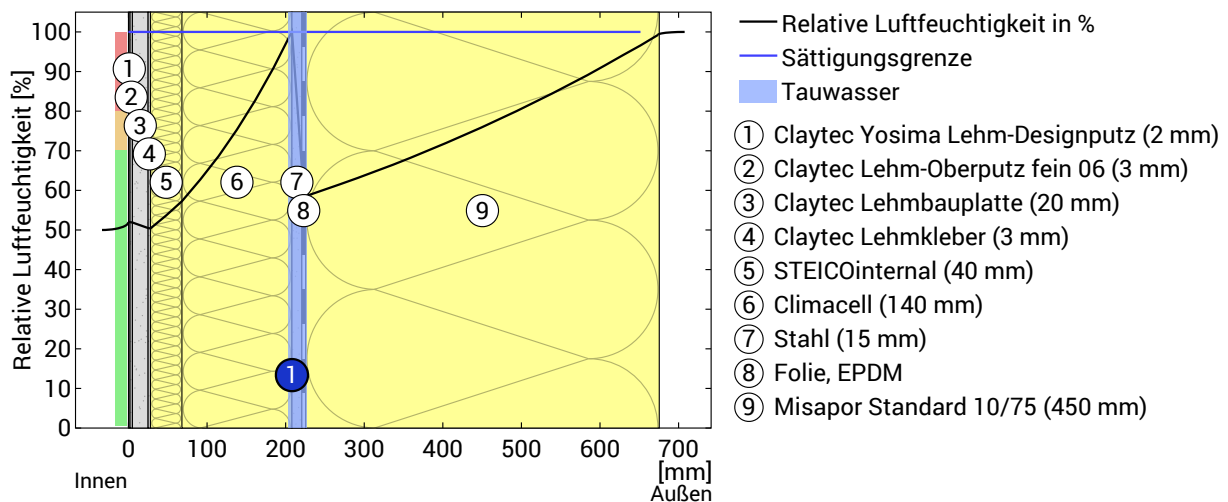
Tauwasserebenen

- ① Tauwasser: 0,26 kg/m² Betroffene Schichten: Stahl, Climacell

Luftfeuchtigkeit

Die Oberflächentemperatur auf der Raumseite beträgt 19,4 °C was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 52% 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.

Containerdach

Außenwand
erstellt am 5.1.2023

Wärmeschutz

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

GEG 2020 Bestand*: $U < 0,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

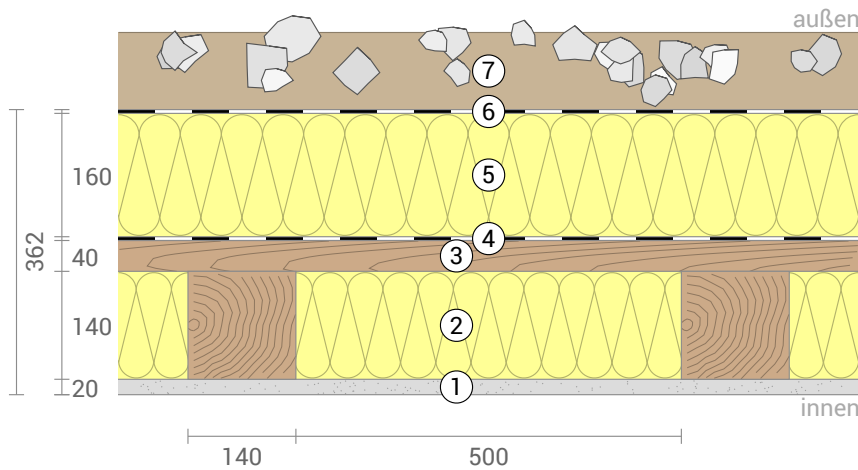


Feuchteschutz

Kein Tauwasser

Hitzeschutz

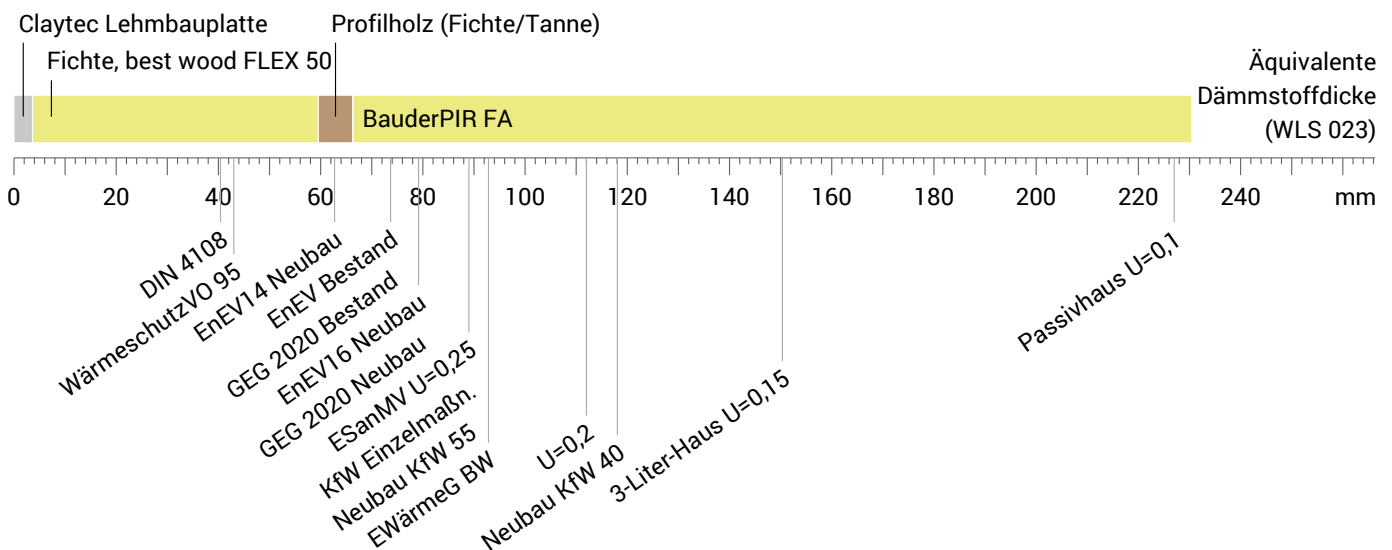
Bauteil grenzt an Erdreich:
TAV und Phase nicht relevant.
Wärmekapazität innen: $66 \text{ kJ}/\text{m}^2\text{K}$



- ① Claytec Lehmbauplatte (20 mm)
- ② best wood FLEX 50 (140 mm)
- ③ Profilholz (40 mm)
- ④ Folie, EPDM
- ⑤ BauderPIR FA (160 mm)
- ⑥ Folie, PP
- ⑦ Erdreich

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 $0,023 \text{ W}/\text{mK}$.



Raumluft: $20,0^\circ\text{C} / 50\%$
Erdreich: $0,0^\circ\text{C} / 100\%$
Oberflächentemp.: $19,2^\circ\text{C} / 0,1^\circ\text{C}$

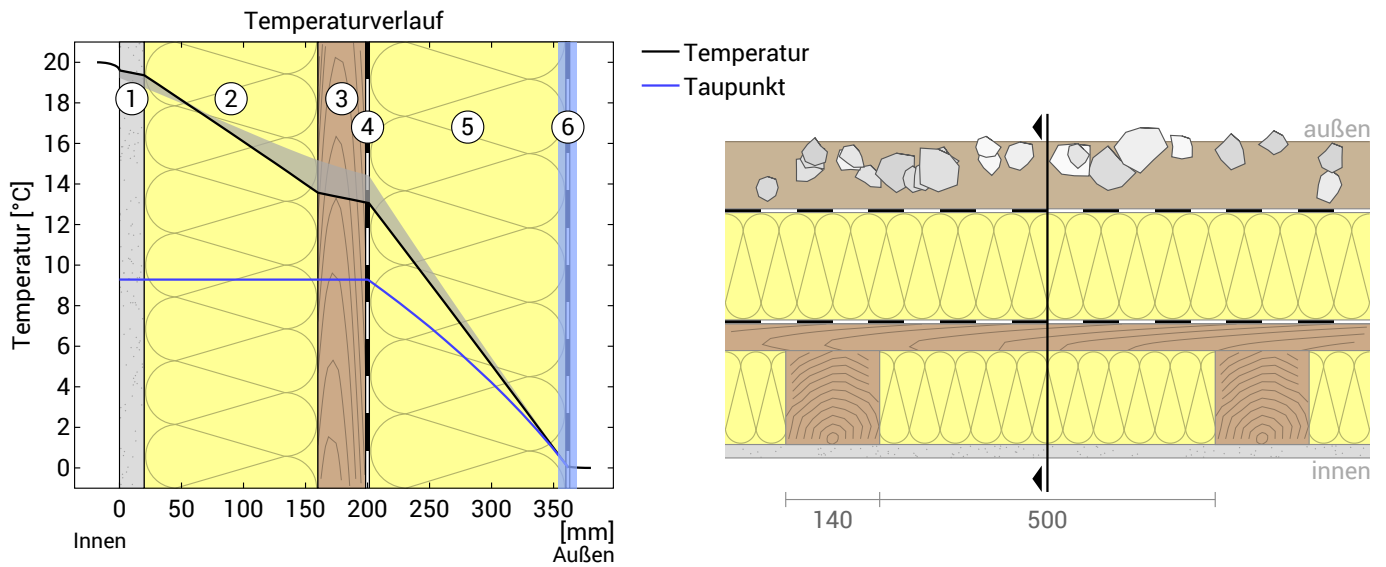
sd-Wert: 1517,6 m

Dicke: 36,2 cm
Gewicht: $58 \text{ kg}/\text{m}^2$
Wärmekapazität: $86 \text{ kJ}/\text{m}^2\text{K}$

*Vergleich mit dem Höchstwert gemäß GEG 2020 für erstmaligen Einbau, Ersatz oder Erneuerung von Wänden gegen unbeheizte Räume oder Erdreich (Anlage 7, Zeile 6a,6b).

Containerdach, $U=0,10 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Temperaturverlauf



- | | | |
|---------------------------------|----------------------|-------------------------|
| ① Claytec Lehmbauplatte (20 mm) | ③ Profilholz (40 mm) | ⑤ BauderPIR FA (160 mm) |
| ② best wood FLEX 50 (140 mm) | ④ Folie, EPDM | ⑥ Folie, PP |

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*		0,130	19,2	20,0	
1	2 cm Claytec Lehmbauplatte	0,130	0,154	18,7	19,6	14,0
2	14 cm best wood FLEX 50	0,039	3,590	13,6	19,4	5,5
	14 cm Fichte (22%)	0,130	1,077	15,0	19,0	13,8
3	4 cm Profilholz (Fichte/Tanne)	0,140	0,286	13,1	15,2	18,0
4	0,1 cm Folie, EPDM	0,250	0,004	13,1	14,4	1,2
5	16 cm BauderPIR FA	0,023	6,957	0,1	14,4	4,8
6	0,1 cm Folie, PP	0,220	0,005	0,1	0,1	0,9
	Wärmeübergangswiderstand*		0,000	0,0	0,1	
7	Erdreich			0,0	0,0	61,5
	36,2 cm Gesamtes Bauteil		10,133			58,2

*Wärmeübergangswiderstände gemäß DIN 6946 für die U-Wert-Berechnung. Für Feuchteschutz und Temperaturverlauf wurden $R_{si}=0,25$ und $R_{se}=0,04$ gemäß DIN 4108-3 verwendet.

Oberflächentemperatur innen (min / mittel / max): 19,2°C 19,5°C 19,6°C
 Oberflächentemperatur außen (min / mittel / max): 0,1°C 0,1°C 0,1°C

Containerdach, $U=0,10 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Feuchteschutz

Für die Berechnung der Tauwassermenge wurde das Bauteil 90 Tage lang dem folgenden konstanten Klima ausgesetzt:
innen: 20°C und 50% Luftfeuchtigkeit; außen: 0°C und 100% Luftfeuchtigkeit (Klima gemäß Benutzereingabe).

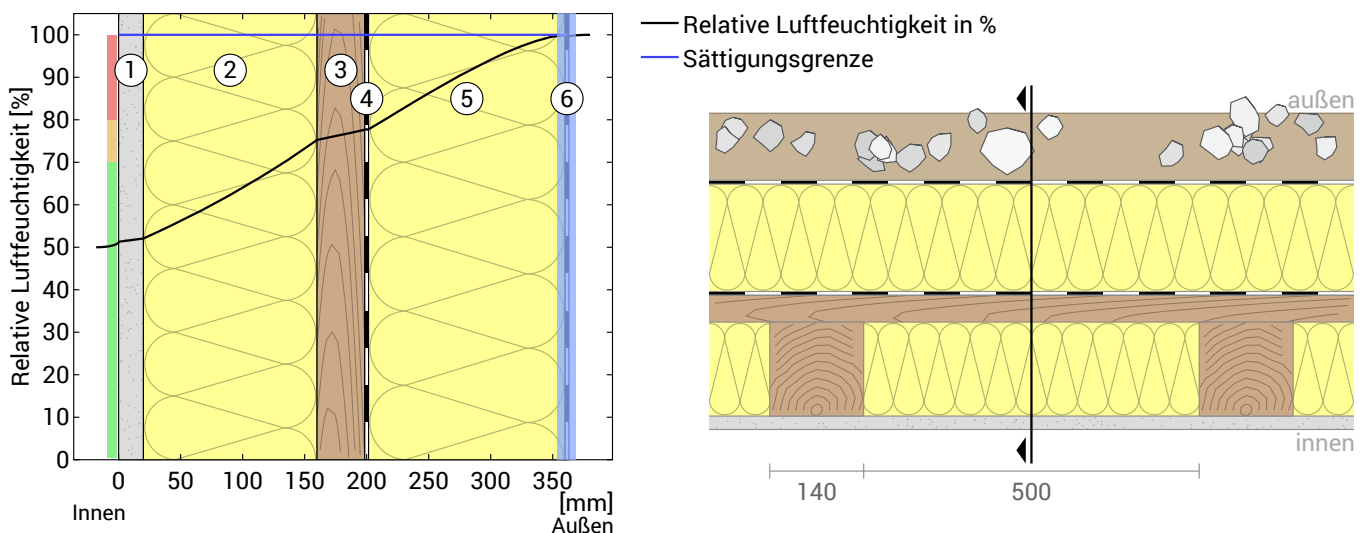
Unter den angenommenen Bedingungen bildet sich kein Tauwasser.

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser [kg/m ²] [Gew.-%]	Gewicht [kg/m ²]
1	2 cm Claytec Lehmbauplatte	0,36	-	14,0
2	14 cm best wood FLEX 50	0,14	-	5,5
	14 cm Fichte (22%)	2,80	-	13,8
3	4 cm Profilholz (Fichte/Tanne)	0,60	-	18,0
4	0,1 cm Folie, EPDM	6,00	-	1,2
5	16 cm BauderPIR FA	1500	-	4,8
6	0,1 cm Folie, PP	10,00	-	0,9
	36,2 cm Gesamtes Bauteil	1.517,61	0	58,2

Luftfeuchtigkeit

Die Oberflächentemperatur auf der Raumseite 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 Claytec Lehmbauplatte (20 mm) | ③ Profilholz (40 mm) | ⑤ BauderPIR FA (160 mm) |
| ② best wood FLEX 50 (140 mm) | ④ Folie, EPDM | ⑥ Folie, PP |

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.