



Dreidimensionale
Wärmestromsimulation
zur Bestimmung von

Wärmebrückenverlustkoeffizienten von Installationsdosen in Holzbauwänden in Ständerbauweise

Im Auftrag der Firma

Kaiser GmbH & Co.KG

Ramsloh 4

D-58579 Schalksmühle

Dokumentation der Simulationen

1159-55 Geräte-Verbindungsdose ECON® Iso +

Autor:
Adrian Muskatewitz, M.Eng.

Juni 2018

1 Einleitung

Im Auftrag der Kaiser GmbH & Co.KG hat das Passivhaus Institut Dr. Wolfgang Feist die Wärmebrückenverlustkoeffizienten von Außensteckdosen in Holzbauwänden in Ständerbauweise und die raumseitigen Oberflächentemperaturen ermittelt. Als Referenzwandaufbau zur Ermittlung der Wärmeverluste diente hierzu die vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten exemplarischen Wandaufbauten. Der Auftraggeber stellte hierfür die erforderlichen Unterlagen zur Verfügung (s.Anhang).

Passivhäuser stellen aufgrund der Möglichkeit auf ein separates Heizsystem zu verzichten, hohe Anforderungen an die Qualität der verwendeten Bauteile. Neben einer exzellenten Wärmedämmung, hoher Luftdichtheit, hocheffizienter Wärmerückgewinnung und Passivhausfenstern ist die Wärmebrückenfreiheit der thermischen Hülle von herausragender Bedeutung für die Funktionsfähigkeit des Passivhauses.

2 Vorgaben zur Wärmestromberechnung

Die Berechnungen wurden mit der Software SOLIDO der Firma Physibel, Belgien durchgeführt.

Tabelle 1 listet die in der Berechnung verwendeten Materialien und deren Wärmeleitfähigkeiten in Verbindung mit denen für die Darstellung gewählten Farbe auf. Quellen für die Wärmeleitfähigkeiten sind einschlägige Normen und die vom Hersteller zur Verfügung gestellte Datenblätter.






	Type	CEN-rule	Name	Pat.	Mesh [mm]	Raster	λ [W/mK]
	MATERIAL		Nichtrostender Stahl		100.00	NORMAL	17.000
	MATERIAL		Holz 500 kg/m ³		100.00	NORMAL	0.130
	MATERIAL		Gispkarton		100.00	NORMAL	0.250
	MATERIAL		Aussenputz		100.00	NORMAL	0.700
	MATERIAL		Kabel - Ersatzmaterial		100.00	NORMAL	15.000
	MATERIAL		Thermoplast		100.00	NORMAL	0.250
	MATERIAL		Thermowall		100.00	NORMAL	0.042
	MATERIAL		Thermoflex		100.00	NORMAL	0.038

Tabelle 1- Verwendete Materialien, Wärmeleitfähigkeiten und Farbuordnung

Es wurden die folgenden Randbedingungen angesetzt:

Außentemperatur: -10 °C
 Wärmeübergangswiderstand außen: 0,04 m²K/W
 Innentemperatur: 20 °C)
 Wärmeübergangswiderstand innen: 0,13 m²K/W

3 Modellbildung

Die Systemaufbauten wurden mit vom Hersteller zur Verfügung gestellten dreidimensionalen Modellen und Werkzeichnungen modelliert und in ein FEM-Wärmestrommodell übersetzt. Die verschiedenen Varianten für den Referenzaufbau der Außenwand wurden vom Hersteller vorgegeben. Insgesamt wurden drei Referenzwandaufbauten untersucht. Diese unterscheiden sich hinsichtlich der Dämmstärke der regulären Dämmebene und der einhergehenden Maßänderung des Ständerwerks, sowie der Schichtstärke der Holzweichfaserplatte. Diese Modelle haben die Abmessungen von $h \cdot b$ von $0,50 \text{ m} \cdot 1,20 \text{ m}$ – die Tiefe variiert je nach Stärke der Dämmung.

1 Holzständerwand						
Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung						
Wärmeübergangswiderstand [$\text{m}^2\text{K}/\text{W}$] innen R_{si} : 0,13						
außen R_{sa} : 0,04						
Teilfläche 1	λ [$\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$]	Teilfläche 2 (optional)	λ [$\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$]	Teilfläche 3 (optional)	λ [$\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$]	Summe Breite
						Dicke [mm]
1.	Gipskartonplatte	0,250				13
2.	Gutex Thermoflex	0,038	Fichte	0,130		200
3.	Gutex Thermowall	0,042				80
4.	Außenputz	0,700				10
5.						
6.						
7.						
8.						
			Flächenanteil Teilfläche 2	Flächenanteil Teilfläche 3		Summe
			14,0%			30,3 cm
U-Wert: 0,15946 $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$						

Abbildung 1: Wandaufbau Holzständerwand - Ermittlung des eindimensionalen Wärmedurchgangskoeffizienten (Modell 1)

2 Holzständerwand						
Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung						
Wärmeübergangswiderstand [$\text{m}^2\text{K}/\text{W}$] innen R_{si} : 0,13						
außen R_{sa} : 0,04						
Teilfläche 1	λ [$\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$]	Teilfläche 2 (optional)	λ [$\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$]	Teilfläche 3 (optional)	λ [$\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$]	Summe Breite
						Dicke [mm]
1.	Gipskartonplatte	0,250				13
2.	Gutex Thermoflex	0,038	Fichte	0,130		200
3.	Gutex Thermowall	0,042				60
4.	Außenputz	0,700				10
5.						
6.						
7.						
8.						
			Flächenanteil Teilfläche 2	Flächenanteil Teilfläche 3		Summe
			14,0%			28,3 cm
U-Wert: 0,17333 $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$						

Abbildung 2: Wandaufbau Holzständerwand - Ermittlung des eindimensionalen Wärmedurchgangskoeffizienten (Modell 2)

3 Holzständerwand							
Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung		Wärmeübergangswiderstand [m ² K/W]		innen R _{si} :		0,13	
				außen R _{sa} :		0,04	
Teilfläche 1	λ [W/(mK)]	Teilfläche 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Summe Breite	
						Dicke [mm]	
1. Gipskartonplatte	0,250					13	
2. Gutex Thermoflex	0,038	Fichte	0,130			160	
3. Gutex Thermowall	0,042					60	
4. Außenputz	0,700					10	
5.							
6.							
7.							
8.							
		Flächenanteil Teilfläche 2		Flächenanteil Teilfläche 3		Summe	
		14,0%				24,3 cm	
				U-Wert: 0,20140 W/(m ² K)			

Abbildung 3: Wandaufbau Holzständerwand - Ermittlung des eindimensionalen Wärmedurchgangskoeffizienten (Modell 3)

Zur dreidimensionalen Wärmestromberechnung wurde das Modell durch ein dreidimensionales Netz in finite Elemente aufgeteilt. Im Bereich der Durchdringungen beträgt die Maschenweite des Netzes 0,5 x 0,5 x 0,5 mm. Sie nimmt zu den Rändern des Modells hin zu. Insgesamt umfasst das Modell ca. 685000 Knotenpunkte.

Die Wärmebrückenverlustkoeffizienten berechnen sich aus der Differenz des eindimensionalen Wärmedurchgangs Φ_{1D} des ungestörten Modells (vgl. Abb. 1 – 3) und dem simulierten Wärmestrom des Holzständersystems mit Außensteckdose Φ_{3D} .

Abbildung 4 zeigt den exemplarischen Systemaufbau als modelliertes FEM-Simulationsmodell.

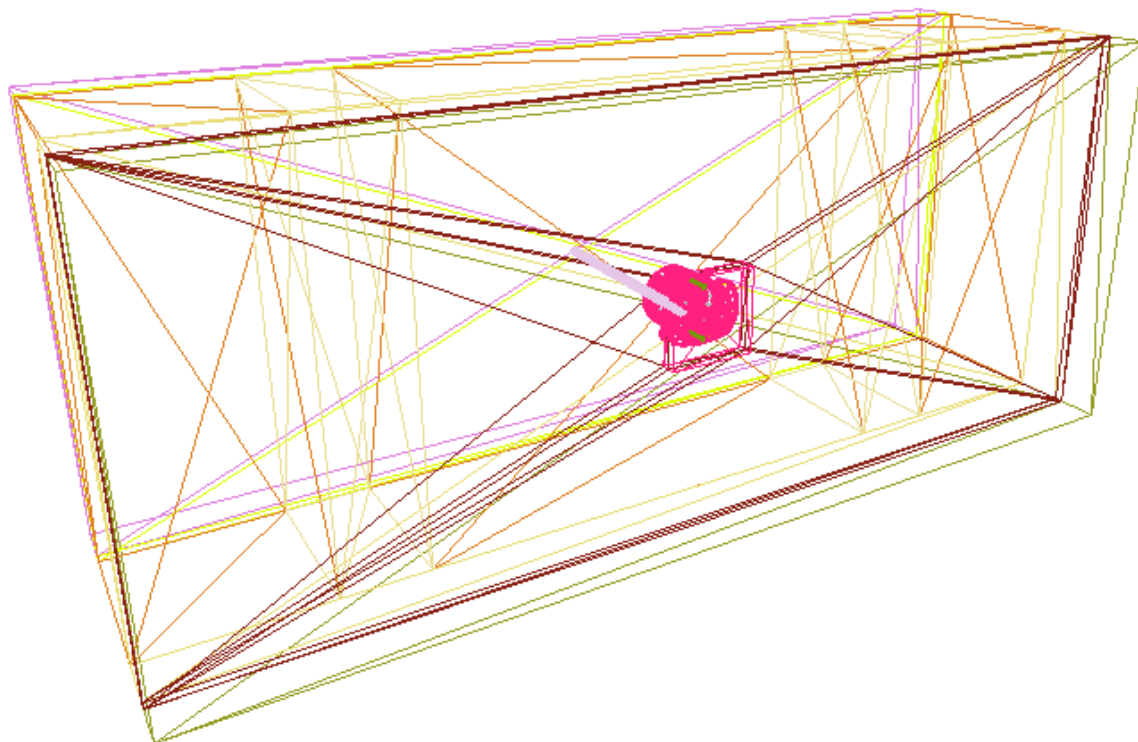


Abbildung 4 - Exemplarischer Modellaufbau

4 Ergebnisse der Wärmestromsimulation

Nachstehend sind die Ergebnisse der Wärmestromsimulation dokumentiert. Neben den Wärmebrückenverlustkoeffizienten wurden auch die minimalen Oberflächentemperaturen T_{\min} ermittelt. Diese sind bei -10°C Außentemperatur und 20°C Raumtemperatur ermittelt.

Beim Einsatz der Geräte-Verbindungsdose ECON® Iso + gem. Herstelleranleitung kann Kondensatbildung an der raumseitigen Wandoberfläche ausgeschlossen werden. Mittels der FEM Simulation konnte ein f_{Rsi} Wert von:

- 0,89 ($16,71^{\circ}\text{C}$) bei einer Dämmstärke von 200 mm und einer Holzweichfaserplattenstärke von 80 mm
- 0,89 ($16,69^{\circ}\text{C}$) bei einer Dämmstärke von 200 mm und einer Holzweichfaserplattenstärke von 60 mm
- 0,87 ($16,27^{\circ}\text{C}$) bei einer Dämmstärke von 160 mm und einer Holzweichfaserplattenstärke von 80 mm

ermittelt werden.

$$f_{Rsi} = \frac{\theta_{si} - \theta_e}{\theta_i - \theta_e}$$

Mit	θ_{si} :	Min. Innenoberflächentemperatur aus Wärmestromsimulation [$^{\circ}\text{C}$]
	θ_e :	Außentemperatur aus Wärmestromsimulation [$^{\circ}\text{C}$]
	θ_i :	Innentemperatur aus Wärmestromsimulation [$^{\circ}\text{C}$]

Zur Ermittlung der punktuellen Wärmebrückenverlustkoeffizienten (X_{WB}) wird der ermittelte Wärmestrom aus den Simulationsmodellen den eindimensionalen spezifischen Transmissionswärmeverlust gegenübergestellt. Die Differenz der spezifischen Wärmeströme unter Einbeziehung der Temperaturdifferenz ergibt den punktuellen Wärmebrückenverlustkoeffizient X_{WB} in W/K .

Es gilt: $(U \cdot A - \Phi_{3D}) / \Delta_T$

Mit:

- U = Wärmedurchgangskoeffizient der Außenwand [$\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$]
- A = Bezugsfläche [m^2]
- Φ_{3D} = Wärmestrom Simulation [W/K]
- Δ_T = Temperaturdifferenz [K]

200 mm Dämmstärke + 80 mm HWFP	hsi = 7,69, hse = 25
T_i [°C]	20,0
T_a [°C]	-10,0
Modellhöhe [m]	0,50
Modellbreite [m]	1,20
Φ_{Solido, WB} [W/K]	3,03044
T_{min, WB} [°C]	16,71
U_{Wand} [W/(m²K)]	0,1595
χ_{WB} [W/K]	0,00534
Φ₀ [W/K]	2,87028

Tabelle 2 - Ergebnisübersicht Modell 1

200 mm Dämmstärke + 60 mm HWFP	hsi = 7,69, hse = 25
T_i [°C]	20,0
T_a [°C]	-10,0
Modellhöhe [m]	0,50
Modellbreite [m]	1,20
Φ_{Solido, WB} [W/K]	3,28462
T_{min, WB} [°C]	16,69
U_{Wand} [W/(m²K)]	0,1733
χ_{WB} [W/K]	0,00549
Φ₀ [W/K]	3,11994

Tabelle 3 - Ergebnisübersicht Modell 2

160 mm Dämmstärke + 60 mm HWFP	hsi = 7,69, hse = 25
T_i [°C]	20,0
T_a [°C]	-10,0
Modellhöhe [m]	0,50
Modellbreite [m]	1,20
Φ_{Solido, WB} [W/K]	3,79076
T_{min, WB} [°C]	16,27
U_{Wand} [W/(m²K)]	0,2014
χ_{WB} [W/K]	0,00552
Φ₀ [W/K]	3,6252

Tabelle 4 - Ergebnisübersicht Modell 3

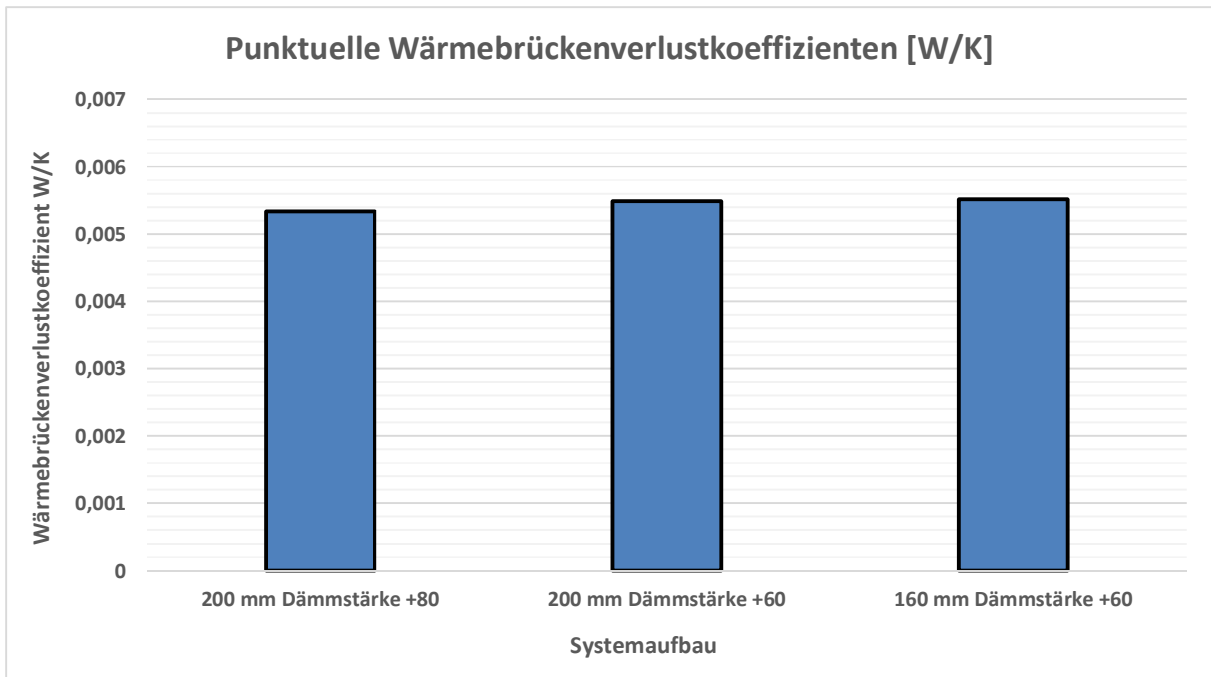


Abbildung 5 - Darstellung der punktuellen Wärmebrückenverlustkoeffizienten

Nachfolgend sind die Isothermendarstellungen und Temperaturverläufe dargestellt.

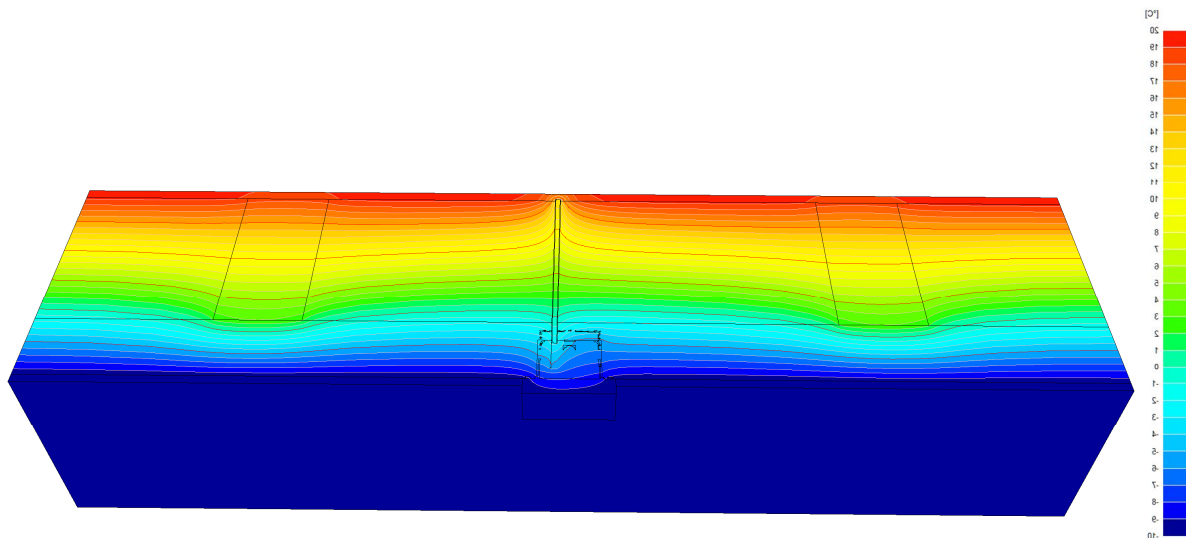


Abbildung 6 - Temperaturverlauf und Isothermendarstellung Modell 1

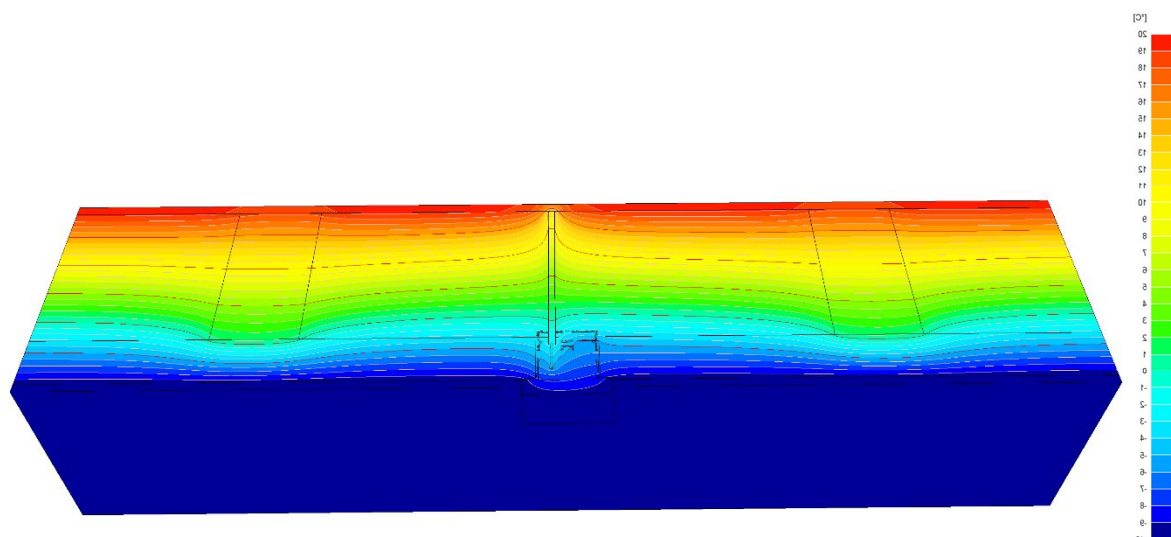


Abbildung 7 - Temperaturverlauf und Isothermendarstellung Modell 2

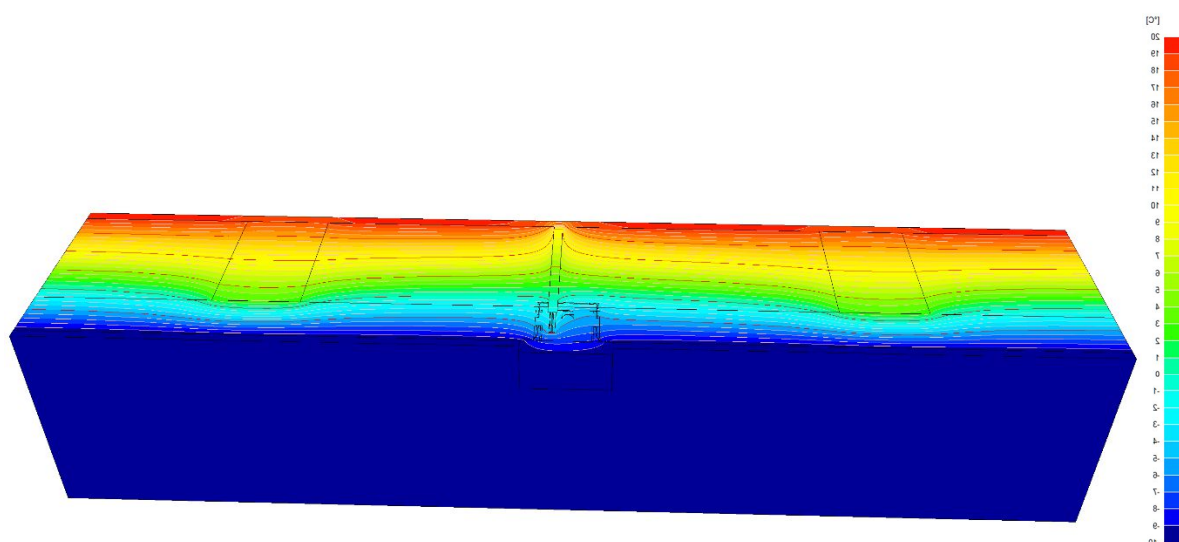


Abbildung 8 - Temperaturverlauf und Isothermendarstellung Modell 3

5 Zusammenfassung

Die Geräte-Verbindungsdose ECON® Iso + der Kaiser GmbH & Co. KG stellt eine gelungene Konstruktion hinsichtlich der geprüften Parameter dar. Die zusätzlichen Wärmeverluste durch die konstruktive Wärmebrücke sind auch im energetisch hochwertigen Neubausegment in der Größenordnung von ca. 0,005 W/K vernachlässigbar bzw. kompensierbar und auch für die Verwendung bei Passivhäusern geeignet. Die Berücksichtigung in der Energiebilanzierung sollte stattfinden, wenn eine verhältnismäßig hohe Anzahl an Installationsdosen eingebaut wird und ggf. Kopplungseffekte durch veränderte Kabelführung zu erwarten sind. Die Wärmebrückenverlustkoeffizienten steigen bei reduzierter Wärmeleitfähigkeit der regulären Dämmebene. Raumseitiges Oberflächenkondensat, sowie Kaltluftabfall durch geringe Oberflächentemperaturen kann für den untersuchten Aufbau ebenfalls ausgeschlossen werden. Die Oberflächentemperaturen liegen bei -10°C Außentemperatur bei ca. $16,8^{\circ}\text{C}$ an der kältesten Stelle.

6 Anhang

Vom Hersteller zur Verfügung gestellte Referenzwandaufbauten:

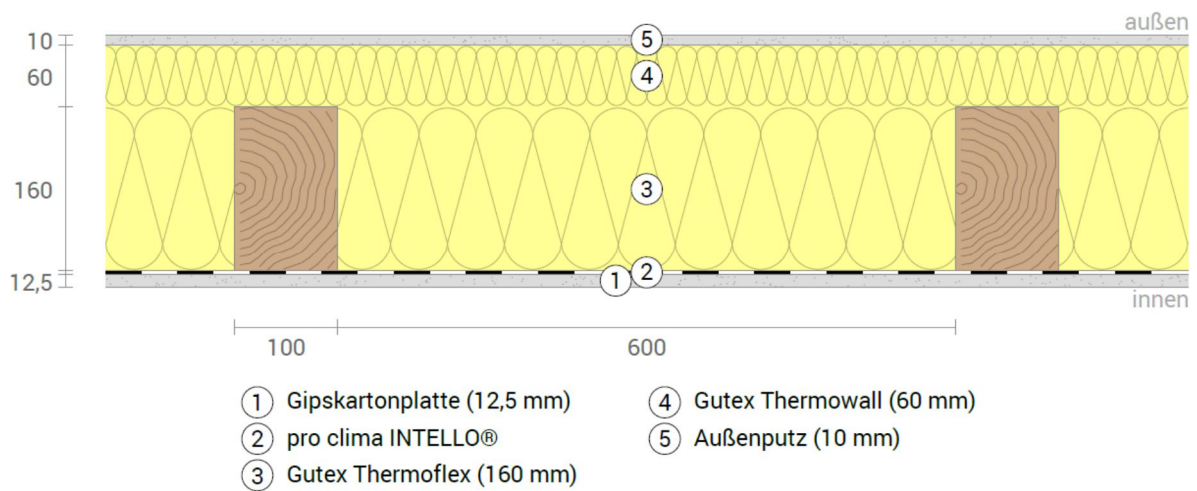


Abbildung 9 - Referenzaufbau 1

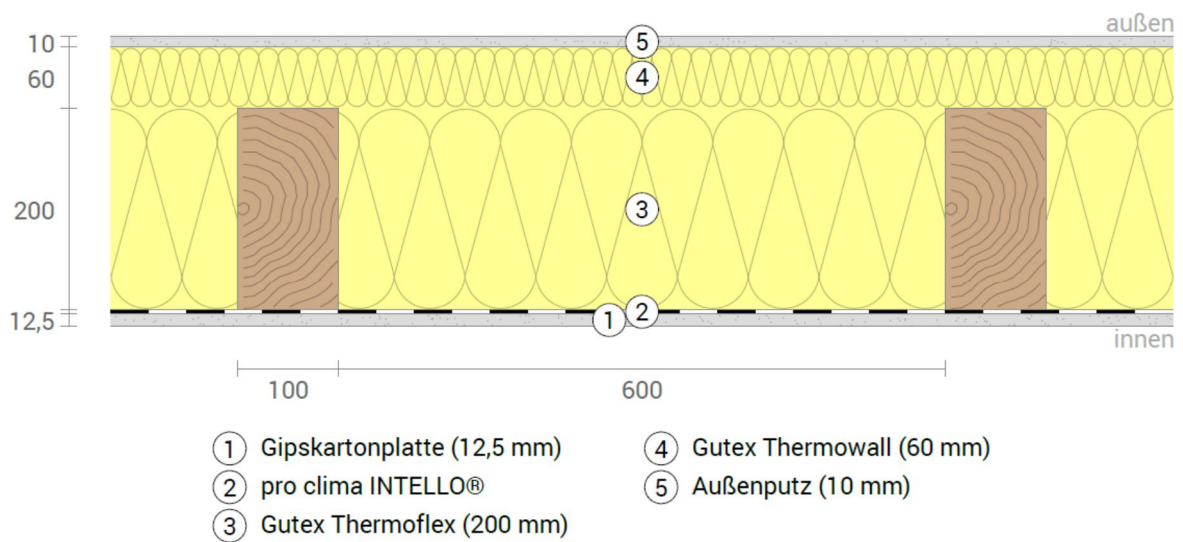


Abbildung 10 - Referenzaufbau 2

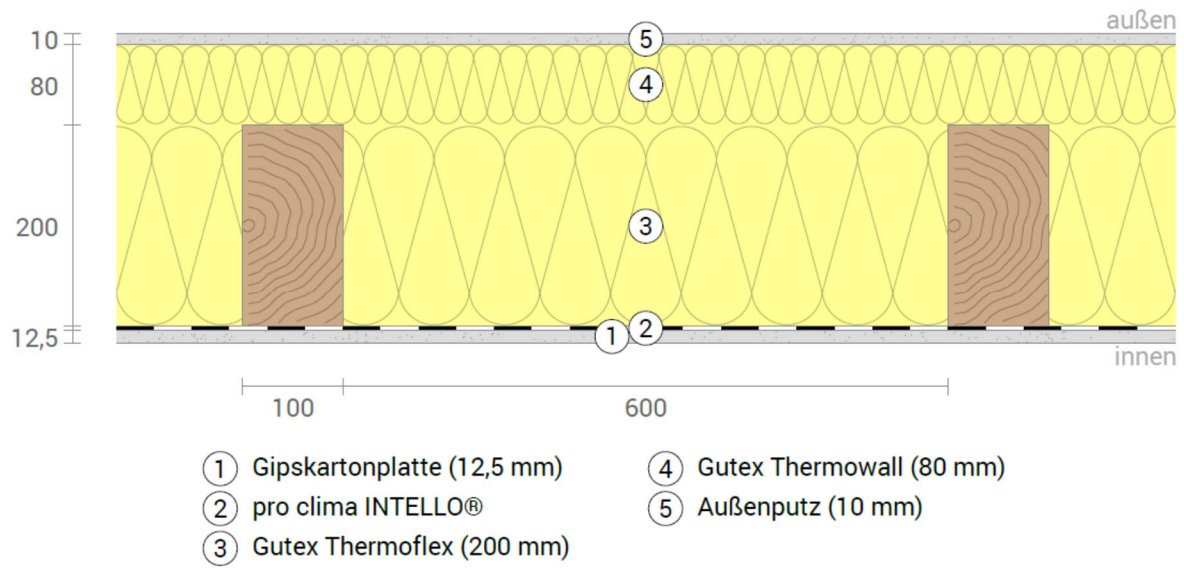


Abbildung 11 - Referenzaufbau 3