



Dreidimensionale
Wärmestromsimulation
zur Bestimmung von

Wärmebrückenverlustkoeffizienten von Installationsdosen in Wärmedämmverbundsystemen

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.

Oktober 2024

1 Einleitung

Im Auftrag der Kaiser GmbH & Co.KG hat das Passivhaus Institut die Wärmebrückenverlustkoeffizienten von Installationsdosen in Wärmedämmverbundsystemen (WDVS) und die raumseitigen Oberflächentemperaturen ermittelt. Als Referenzwandaufbau zur Ermittlung der Wärmeverluste diente hierzu die vom Auftraggeber angegebenen Vorgaben.

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]	ε [-]	θ [°C]	h [W/m²K]	q [W/m²]
	MATERIAL		Ersatzmaterial Kabel		100.00	NORMAL	15.000				
	MATERIAL		Schrauben (nichttr. Stahl)		100.00	NORMAL	17.000				
	MATERIAL		Innenputz		100.00	NORMAL	0.350				
	MATERIAL		Außenputz		100.00	NORMAL	0.700				
	MATERIAL		WLG035		100.00	NORMAL	0.035				
	MATERIAL		HLZ		100.00	NORMAL	0.500				
	MATERIAL		Thermoplast		100.00	NORMAL	0.250				
	BC_SIMPL	NIHIL			100.00	NORMAL			-10.0	25.00	0
	BC_SIMPL	HL_NORML	interior (normal), horizontal heat flow		100.00	NORMAL			20.0	7.70	0

Tabelle 1- Verwendete Materialien, Wärmeleitfähigkeiten und Farbzuoordnung

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 Werkzeugzeichnungen modelliert und in ein FEM-Wärmestrommodell übersetzt. Der Wandaufbau wurde vom Auftraggeber vorgegeben.

1 Hochlochziegel T24 - WDVS Steinwolle						
Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung						
Wärmeübergangswiderstand [m²K/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
1. Innenputz	0,350					Dicke [mm]
2. T24	0,590					10
3. Steinwolle	0,035					240
4. Außenputz	0,700					200
5.						10
6.						
7.						
8.						
Flächenanteil Teilfläche 2						Summe
Flächenanteil Teilfläche 3						46,0 cm
U-Wert: 0,15620 W/(m²K)						

Abbildung 1: Wandaufbau - Ermittlung des eindimensionalen Wärmedurchgangskoeffizienten

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. 3200000 Knotenpunkte.

Die Wärmebrückenverlustkoeffizienten berechnen sich aus der Differenz des eindimensionalen Wärmedurchgangs Φ_{1D} des ungestörten Modells und dem simulierten Wärmestrom des Wärmedämmverbundsystems mit Installationsdose Φ_{3D} .

Abbildung 2 zeigt den exemplarischen Systemaufbau als modelliertes FEM-Simulationsmodell.

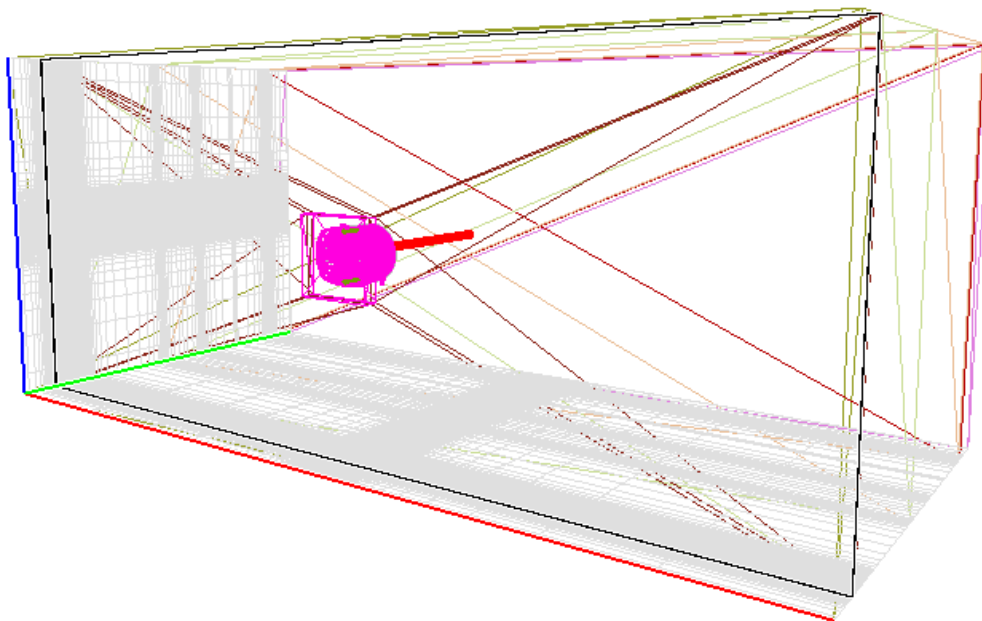


Abbildung 2 – Modellaufbau und Gridstruktur FEM

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:

- 0,97 (19,19 °C) bei einer Dämmstärke von 200 mm ermittelt werden.

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

Mit	θ_{si} :	Min. Innenoberflächentemperatur aus Wärmestromsimulation [°C]
	θ_e :	Außentemperatur aus Wärmestromsimulation [°C]
	θ_i :	Innentemperatur aus Wärmestromsimulation [°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 [W/(m²K)]
- A = Bezugsfläche [m²]
- Φ_{3D} = Wärmestrom Simulation [W/K]
- Δ_T = Temperaturdifferenz [K]

200 mm Dämmstärke WLG035 HLZ T24	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]	2,91754
T_{min, WB} [°C]	19,19
U_{Wand} [W/(m²K)]	0,1562
χ_{WB} [W/K]	0,00353
Φ₀ [W/K]	2,8116

Tabelle 2 - Ergebnisübersicht Modell 1

Nachfolgend sind die Isothermendarstellungen und Temperaturverläufe dargestellt.

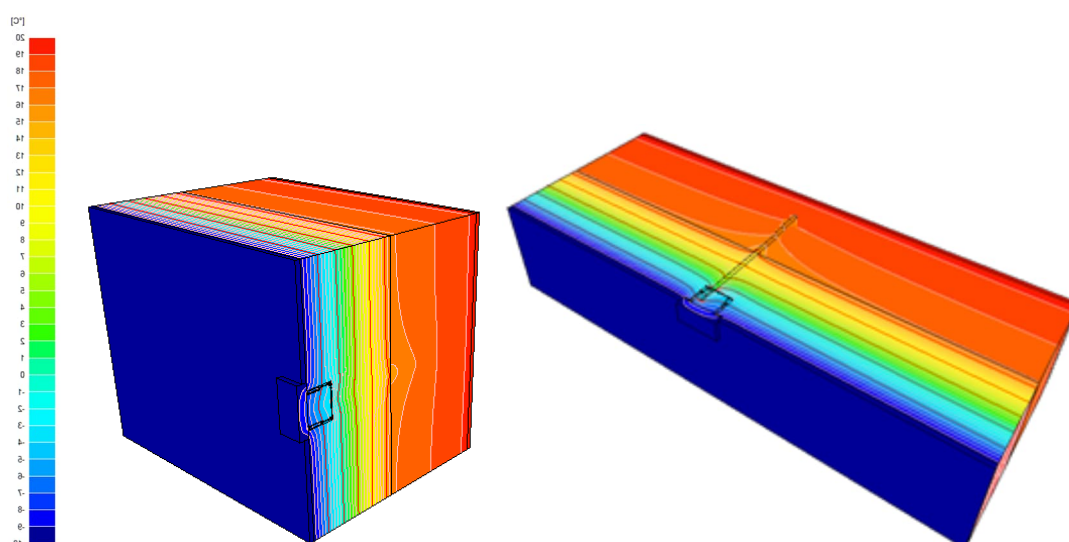


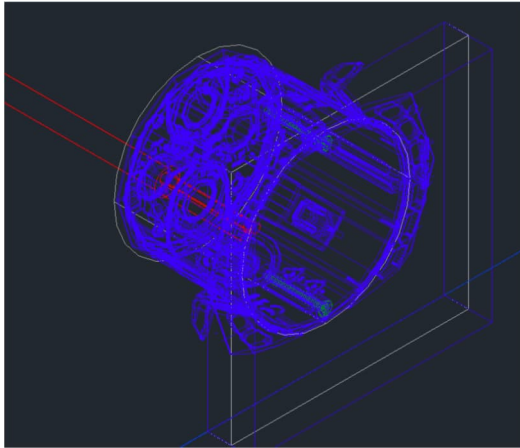
Abbildung 3 - Temperaturverlauf und Isothermendarstellung – Schnitt Senkrecht und Waagerecht Simulationsmodell

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. 0,004 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 > 19 °C an der kältesten Stelle.

6 Anhang

Simulationsprotokoll SOLIDO



SOLIDO - Calculation Results

SOLIDO data file: mw.sld

Number of nodes = 4101432

Heat flow divergence for total object = 0.000924016 %

Heat flow divergence for worst node = 0.427775 %

Col.	Type	Name	tmin [°C]	Node	tmax [°C]	Node
4	MATERIAL	Ersatzmaterial_	-3.96	1302919	16.91	1390332
11	MATERIAL	stainless_steel	-7.54	2077606	-6.11	2058356
20	MATERIAL	Innenputz	19.19	1417742	19.38	4101277
44	MATERIAL	AP	-9.81	1517174	-9.35	327639
47	MATERIAL	WLG035	-9.75	1445366	16.99	4094569
79	MATERIAL	HLZ	14.25	1533633	19.25	4100185
102	MATERIAL	Thermoplast	-9.94	3751848	1.25	1239066
171	BC_SIMPL		-9.94	3751848	-9.21	1710579
174	BC_SIMPL	interior_(norma	19.33	1394533	19.38	4101277
200	MATERIAL	cavity_non-vent	-8.45	3000607	1.22	1263211

Node	X [mm]	Y [mm]	Z [mm]
1302919	580.02	1116.61	252.23
1390332	581.99	1384.03	255.18
2077606	602.17	1102.41	282.70
2058356	601.12	1126.61	221.02
1417742	582.66	1541.61	249.37
4101277	1200.01	1551.61	0.00
1517174	586.41	1091.61	29.01
327639	550.01	1101.61	249.77
1445366	583.89	1101.61	29.01
4094569	1200.01	1301.61	0.00
1533633	586.64	1301.61	253.84
4100185	1200.01	1541.61	0.00
3751848	650.01	1081.61	300.00
1239066	577.90	1156.21	251.50
3751848	650.01	1081.61	300.00
1710579	592.08	1081.61	249.77
1394533	581.97	1551.61	249.05
4101277	1200.01	1551.61	0.00
3000607	628.02	1101.61	227.96
1263211	578.26	1155.65	252.39

Col.	Type	Name	ta [°C]	Flow in [W]	Flow out [W]
171	BC_SIMPL			0.00000	2.91754
174	BC_SIMPL	interior_(norma		2.91751	0.00000

SOLIDO - Calculation Results

SOLIDO data file: mw.sld

Number of nodes = 4101432

Heat flow divergence for total object = 0.000924016 %

Heat flow divergence for worst node = 0.427775 %

Col.	Type	Name	tmin [°C]	Node	tmax [°C]	Node
4	MATERIAL	Ersatzmaterial_	-3.96	1302919	16.91	1390332
11	MATERIAL	stainless_steel	-7.54	2077606	-6.11	2058356
20	MATERIAL	Innenputz	19.19	1417742	19.38	4101277
44	MATERIAL	AP	-9.81	1517174	-9.35	327639
47	MATERIAL	WLG035	-9.75	1445366	16.99	4094569
79	MATERIAL	HLZ	14.25	1533633	19.25	4100185
102	MATERIAL	Thermoplast	-9.94	3751848	1.25	1239066
171	BC_SIMPL		-9.94	3751848	-9.21	1710579
174	BC_SIMPL	interior_(norma	19.33	1394533	19.38	4101277
200	MATERIAL	cavity_non-vent	-8.45	3000607	1.22	1263211

Node	X [mm]	Y [mm]	Z [mm]
1302919	580.02	1116.61	252.23
1390332	581.99	1384.03	255.18
2077606	602.17	1102.41	282.70
2058356	601.12	1126.61	221.02
1417742	582.66	1541.61	249.37
4101277	1200.01	1551.61	0.00
1517174	586.41	1091.61	29.01
327639	550.01	1101.61	249.77
1445366	583.89	1101.61	29.01
4094569	1200.01	1301.61	0.00
1533633	586.64	1301.61	253.84
4100185	1200.01	1541.61	0.00
3751848	650.01	1081.61	300.00
1239066	577.90	1156.21	251.50
3751848	650.01	1081.61	300.00
1710579	592.08	1081.61	249.77
1394533	581.97	1551.61	249.05
4101277	1200.01	1551.61	0.00
3000607	628.02	1101.61	227.96
1263211	578.26	1155.65	252.39

Col.	Type	Name	ta [°C]	Flow in [W]	Flow out [W]
171	BC_SIMPL			0.00000	2.91754
174	BC_SIMPL	interior_(norma		2.91751	0.00000