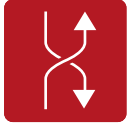


Wissenschaftliche Untersuchungen zur Entwicklung von
„Do It Yourself“-Maßnahmen

zur schnellen und andauernden Reduktion des Heizwärmebedarfes
im Allgemeinen und zur Verringerung der Abhängigkeit von fossi-
len Energielieferungen im Speziellen

**Wirtschaftlichkeit von
Kellerdeckendämmung als
Do-it-yourself-Maßnahme**



Autor: Prof. Dr.-Ing. Benjamin Krick im September 2023



Inhalt

1	Zusammenfassung.....	3
1.1	Abstract	3
1.2	Die Studie	4
1.3	Dämmung mit EPS.....	4
1.4	Dämmung mit gedübelten Mineralfaserplatten	4
1.5	Dämmung mit PU-Platten	5
2	Kosten von Kellerdeckendämmung	6
3	Wärmebrücken von Kellerdeckendämmung	7
3.1	Wärmebrücken Innenwand - Kellerdecke.....	7
3.2	Wärmebrücken Außenwand - Kellerdecke	9
4	Parameterstudie zur Wirtschaftlichkeit von Kellerdeckendämmung	12
5	Ergebnisse	13
5.1	Bestand.....	13
5.2	Gebäude, saniert zu Mittlerer thermischer Qualität	15
5.3	EnerPHit.....	16

1 Zusammenfassung

1.1 Abstract

Um die verbindlich vereinbarten Klimaschutzziele zu erreichen, ist in der Regel die Sanierung Bestehender Gebäude auf ein hoch energieeffizientes Niveau (hierfür steht „EnerPHit“ beispielhaft) notwendig. Langfristig ausschlaggebend ist daher die Wirtschaftlichkeit der Kellerdeckendämmung im Kontext hoch energieeffizient sanierter Gebäude.

Dies vorausgesetzt, sind alle hier untersuchten Dämmstoffe (EPS (Expandiertes Polystyrol), Mineralfaserdämmung und PU (Polyurethan hier mit Aluminiumkaschierung)) als Kellerdeckendämmung mit Dämmstärken zwischen 8 und 12 cm bei Gebäuden, welche vor Mitte der 1980er Jahre errichtet wurden, sowohl als DIY-Maßnahme als auch unter Einbeziehung von Arbeitskosten auch ohne Fördermittel, wirtschaftlich empfehlenswert, vgl. Tabelle 1).

Bei neueren Gebäuden, die bis Mitte der 1990er Jahre errichtet wurden, sind Dämmstärken in EPS oder Mineralfasern zwischen 4 und 8 cm, sowohl in DIY, als auch inklusive Arbeitskosten wirtschaftlich sinnvoll. Inklusive Förderung sind durchgehend 8 cm die wirtschaftlichste Option. Aufgrund der höheren Investitionskosten lohnt sich der Dämmstoff PU bei diesen neueren Gebäuden nicht.

Wird die Dämmung durch Fachkräfte verbaut, lohnen sich dünne Dämmstärken weniger als dicke, da die Arbeitskosten für die dünneren Dämmschichten gleich angesetzt wurden, diese jedoch weniger Energie und damit Kosten einsparen. Gleichzeitig sinkt der monetäre Gesamtgewinn durch die insgesamt höheren Kosten.

Tabelle 1: Überblick der Wirtschaftlichkeit von Kellerdeckendämmung

Baualter			Sehr alt	Bis Ende der 1970er	Bis Mitte der 1980er	Bis Mitte der 1990er
Original-U-Wert [W/(m²K)]			1,35	1,00	0,80	0,55
DIY	EPS	ohne Förderung				
		Mit Förderung				
	Mineralfaser	ohne Förderung				
		Mit Förderung				
	PU	ohne Förderung				
		Mit Förderung				
Mit Fachkräften	EPS	ohne Förderung				
		Mit Förderung				
	Mineralfaser	ohne Förderung				
		Mit Förderung				
	PU	ohne Förderung				
		Mit Förderung				
Wirtschaftlich			Teilweise nicht wirtschaftlich	Ausnahmefälle wirtschaftlich		

1.2 Die Studie

Zur Ermittlung der Wirksamkeit und Wirtschaftlichkeit von Kellerdeckendämmungen wurde mit dem PHPP 9.5 unter Annahme des GEG-Referenzklimas eine Parameterstudie erstellt. Die Maßnahmen wurden mit den in Abschnitt 2 ermittelten Kosten belegt. Die in Abschnitt 3 dargestellten Wärmebrückenverlustkoeffizienten wurden in die Modellierung integriert. Variiert wird:

- Der Wärmeschutzstandard des Gebäudes:
 - Bestand,
 - Saniert auf mittlere Qualität („MQ“ in Anlehnung an das GEG 2023),
 - Hocheffizient saniert (EnerPHit).
- Der U-Wert der bestehenden Kellerdecke:
 - 1,35 W/(m²K): Sehr altes Gebäude,
 - 1,00 W/(m²K): Erbaut bis Ende der 1970er Jahre,
 - 0,80 W/(m²K) Erbaut ab Ende der 1980er Jahre,
 - 0,55 W/(m²K) Erbaut ab Mitte der 1980er Jahre).
- Aufbauend auf diesen Basisvarianten wurden die Kellerdecken mit unterschiedlichen (Dämmungen EPS, PU, Mineralfaser) in 3 verschiedenen Stärken (EPS und Mineralfaser 40, 80, 120 mm, PU 27, 55, 82 mm (äquivalent zum jeweiligen R-Wert der EPS- und Mineralfaserdämmung)) versehen.
- Die Wirtschaftlichkeit wurde ohne Förderungen und inklusive Förderung nach dem BEG-Programm Einzelmaßnahmen mit 15% und 20% der Investitionskosten berücksichtigt. Die Förderung kann mit entsprechendem Nachweis auch für die Materialkosten von DIY-Maßnahmen beantragt werden. 20% Förderung werden gezahlt, wenn ein Sanierungsfahrplan vorliegt (Stand August 2023).
- Für alle Varianten Zusätzlich wurde die Wirtschaftlichkeit auch mit Arbeitskosten betrachtet. Hier wurden die Zeitansätze aus den DIY-Maßnahmen bei einem Stundensatz von 30 € zu Grunde gelegt. Davon ausgehend, dass Fachkräfte die Arbeit in der halben Zeit erledigen können, resultiert ein realistischer Stundensatz von 60 €.

1.3 Dämmung mit EPS

Im Rahmen einer DIY-Maßnahme ist die Dämmung mit 12 cm empfehlenswert. Eine Ausnahme bilden hoch effizient sanierte neuere Gebäude (ab Mitte der 1980er Jahre, ursprünglicher U-Wert der Kellerdecke 0,55 W/(m²K)). Hier können Dämmstärken von 8 cm empfohlen werden.

Wird die Maßnahme durch Fachkräfte ausgeführt, steigen die Investitionskosten. Dies beeinflusst die Wirtschaftlichkeit negativ: Die Maßnahmen werfen dann einen geringeren Gewinn ab. An den oben genannten Empfehlungen für die Dämmstärke ändert dies jedoch nichts.

1.4 Dämmung mit gedübelten Mineralfaserplatten

Mineralfaserplatten sind etwas teurer, als EPS-Platten. Dies beeinflusst die Wirtschaftlichkeit negativ, Sie sollten daher nur eingesetzt werden, wenn dies z.B. aus Brandschutzgründen notwendig ist. Als DIY-Maßnahme sind hier ohne Zuschüsse bei Gebäuden, welche ab Mitte der 1980er Jahre erbaut wurden, 4 cm Wärmedämmung das ökonomische Optimum. Ansonsten gilt das bereits für die EPS-Dämmung geschriebene.

Die Umsetzung durch Fachkräfte beeinflusst die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme weiter negativ. Ohne Zuschüsse ist die Dämmung im Bestand und bei Sanierung auf mittlere Qualität bei Gebäuden,

welche ab Ende der 1970er Jahre errichtet wurden (ursprünglicher U-Wert der Kellerdecke 0,80 W/(m²K)) in einigen Fällen nicht wirtschaftlich.

1.5 Dämmung mit PU-Platten

PU-Platten verursachen vergleichsweise hohe Investitionskosten. Sie sollten nur eingesetzt werden, wenn dies erforderlich ist, z.B. bei begrenzter Raumhöhe.

Als DIY-Maßnahme, angewendet in vor der Mitte der 1980er Jahre errichteten Gebäuden ist dennoch eine Dämmstärke von 80 mm (Ausnahme: EnerPHit ohne Förderung, hier 50-60 mm) wirtschaftlich optimal. Bei neueren Gebäuden ist die PU-Dämmung auch mit Zuschüssen nur in Ausnahmefällen wirtschaftlich.

Mit Arbeitskosten ist die PU-Dämmung auch bei älteren Gebäuden (mit Ausnahme hoch effizienter Sanierungen) wirtschaftlich nicht sinnvoll. Die Wirtschaftlichkeit sollte im Einzelfall geprüft werden.

Genaueres kann den folgenden Kapiteln, sowie dem Anhang dieses Dokumentes entnommen werden.



2 Kosten von Kellerdeckendämmung

Im DIY-Bereich sind die Kosten für Dämmmaßnahmen alleine von den Materialkosten abhängig. Die Materialkosten für Endverbraucher wurden in unterschiedlichen Online-Quellen im August 2023 recherchiert. Sie unterscheiden sich im Wesentlichen durch die Kosten des Dämmstoffes. Hinzu kommen die Kosten für Verklebung und ggf. weitere Befestigungsmittel wie Dübel. Während der Preis für Dämmstoffe wie EPS oder Mineralwolle annähernd linear mit der Dämmstärke ansteigt, weisen andere Dämmstoffe wie beschichtete PU-Platten einen höheren „Sockelbetrag“ auf, denn die Kosten für die Beschichtung entstehen unabhängig von der Dämmstärke.

Die Flankendämmung verursacht zusätzliche Kosten. In den folgenden Tabellen sind die recherchierten Investitionskosten mit- und ohne Flankendämmung inklusive Kleber, Kleinteilen und Befestigungsmittel für einen quadratischen Raum mit einer Fläche von 11 m² dargestellt.

Styropor und Mineralfaser weisen bei gleicher Schichtdicke den gleichen Wärmeschutz auf, jener der PU-Dämmstoffe ist etwa um ein viertel geringer.

Table 1: Investitionskosten von Kellerdeckendämmung unterschiedlicher Materialien und Dämmstärken ohne Flankendämmung.

Investitionskosten der Maßnahme ohne Flankendämmung [€/m ²]					
Dämmstärke [cm]	Styropor	PU mit Öko-Edelputz	PU mit Alu, weiß	Mineralfaser Geklebt	Mineralfaser Gedübelt
0,05	12 €	59 €	55 €	17 €	16 €
0,06	13 €	63 €	60 €	20 €	20 €
0,08	17 €	69 €	72 €	26 €	27 €
0,10	20 €	76 €	83 €	32 €	34 €
0,12	24 €	82 €	94 €	39 €	41 €

Table 2: Investitionskosten von Kellerdeckendämmung unterschiedlicher Materialien und Dämmstärken mit Flankendämmung.

Investitionskosten der Maßnahme inkl. Flankendämmung [€/m ²]					
Dämmstärke [cm]	Styropor	PU mit Öko-Edelputz	PU mit Alu, weiß	Mineralfaser Geklebt	Mineralfaser Gedübelt
0,05	19 €	101 €	91 €	31 €	31 €
0,06	21 €	104 €	97 €	34 €	34 €
0,08	25 €	111 €	108 €	40 €	41 €
0,10	28 €	118 €	120 €	47 €	48 €
0,12	32 €	124 €	131 €	53 €	55 €

3 Wärmebrücken von Kellerdeckendämmung

Wird die Kellerdecke gedämmt, entstehen zwangsläufig hohe Wärmebrücken durch die einbindenden Innen- und Außenwände, welche den Effekt der Dämmung mindern. Die Wärmebrücken können durch die empfohlene Begleitdämmung reduziert werden. Im Rahmen dieser Studie wurden in Summe über 100 Wärmebrücken mit dem Programm Flixo 8.1 pro der Firma Infomind nach DIN EN ISO 10211 berechnet. Die Ergebnisse werden folgend tabellarisch und grafisch, sowie im Anhang 2 vollständig dargestellt.



3.1 Wärmebrücken Innenwand - Kellerdecke

Die Wärmebrückenverlustkoeffizienten wurden für Kellerdecken mit 4 unterschiedlichen U-Werten (1,34 W/(m²K), sehr altes Gebäude; 1,0 W/(m²K) Gebäude erbaut bis Ende der 1970er Jahre; 0,8 W/(m²K), erbaut bis Ende der 1980er Jahre; 0,55 W/(m²K), erbaut ab Mitte der 1990er Jahre), jeweils mit den Dämmstärken 4, 8 und 12 cm, jeweils mit- und ohne Flankendämmung, berechnet.

Die nebenstehende Abbildung zeigt den prinzipiellen Aufbau des Modells, die folgende Tabelle zeigt die Ergebnisse.

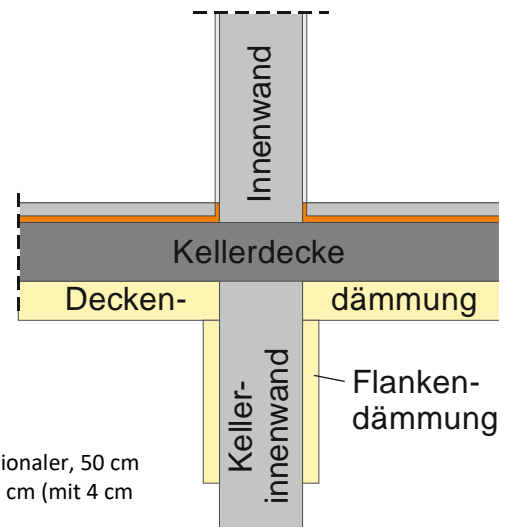


Abbildung 1: Prinzipskizze Berechnungsmodell Kellerdeckendämmung mit (optionaler, 50 cm langer) Flankendämmung. Dämmstärken: 4 cm (mit 3 cm Flankendämmung), 8 cm (mit 4 cm Flankendämmung), 12 cm (mit 5 cm Flankendämmung). © PHI

Tabelle 1: Wärmebrückenverlustkoeffizienten Innenwand-Kellerdecke

Ψ-Werte Innenwand-Decke alter, sowie verbesserter Kellerdecken mit und ohne Flankendämmung		Zusätzliche Kellerdeckendämmung (λ = 0,35 W/(mK))			
		0 cm	4 cm	8 cm	12 cm
U-Wert	W/(m ² K)	1,34	0,53	0,33	0,24
Ψ-Wert ohne Flankendämmung	W/(mK)	0,238	0,416	0,445	0,431
Ψ-Wert mit Flankendämmung	W/(mK)		0,203	0,231	0,232
U-Wert	W/(m ² K)	1,00	0,45	0,30	0,23
Ψ-Wert ohne Flankendämmung	W/(mK)	0,343	0,329	0,413	0,403
Ψ-Wert mit Flankendämmung	W/(mK)		0,213	0,224	0,223
U-Wert	W/(m ² K)	0,80	0,42	0,28	0,21
Ψ-Wert ohne Flankendämmung	W/(mK)	0,395	0,381	0,394	0,384
Ψ-Wert mit Flankendämmung	W/(mK)		0,223	0,222	0,218
U-Wert	W/(m ² K)	0,55	0,34	0,24	0,19
Ψ-Wert ohne Flankendämmung	W/(mK)	0,441	0,367	0,363	0,352
Ψ-Wert mit Flankendämmung	W/(mK)		0,243	0,222	0,212

Durch die Flankendämmung sinken die Wärmebrückenverlustkoeffizienten um etwa ein Drittel bis zur Hälfte ab. Dabei ist die Reduktion bei Decken mit schlechterem Wärmeschutz besser, als bei Decken mit besserem Wärmeschutz, da die Dämmung an sich schon wie eine Art Flankendämmung wirkt.

Die beiden folgenden Diagramme stellen die Wärmebrückenverlustkoeffizienten der Innenwandbindung mit und ohne Flankendämmung grafisch dar.

Im Diagramm „Ohne Flankendämmung“ ist zunächst erkennbar, dass der Wärmebrückenverlustkoeffizient bei besser werdender ursprünglicher Decke zunimmt. Das ist ein oft beobachteter Effekt. Der Wärmebrückenverlustkoeffizient ist ein Korrekturfaktor, der „Störungen“ im ungestörten Bauteil bewertet. Bei ohnehin schlechtem Bauteil bewirkt eine Störung eine geringere Verschlechterung, als bei einem besseren Bauteil.

Werden die Bauteile dann aber verbessert, wirkt sich die Störung bei dem ursprünglich schlechtesten Bauteil gravierender aus, als bei den ursprünglich besseren.

Die Flankendämmung reduziert die Wärmebrückenwirkung insgesamt, auch auf ein gleichmäßigeres Niveau zwischen 0,20 und 0,25 W/(mK). (bei Null cm Dämmstärke ist auch keine Flankendämmung vorhanden).

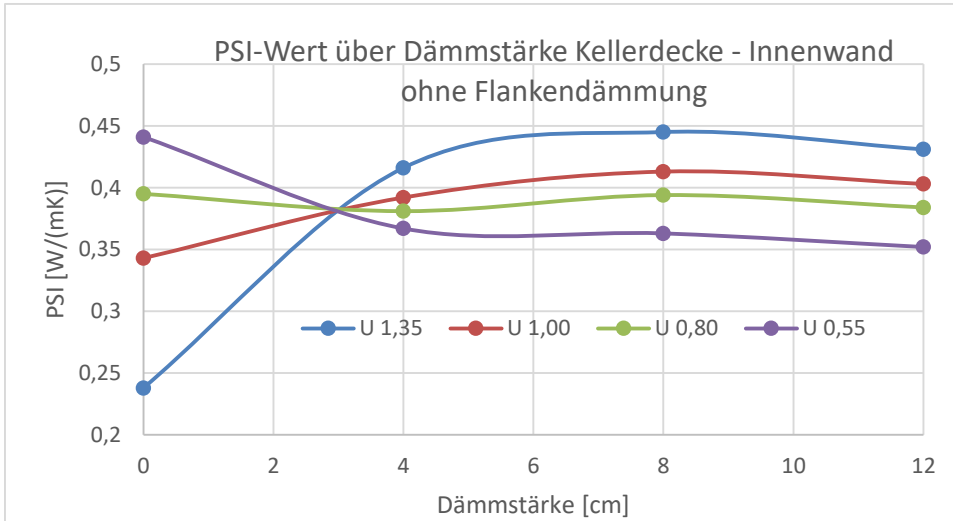


Abbildung 2: Wärmebrückenverlustkoeffizienten der in die Kellerdecke einbindenden Innenwand ohne Flankendämmung.

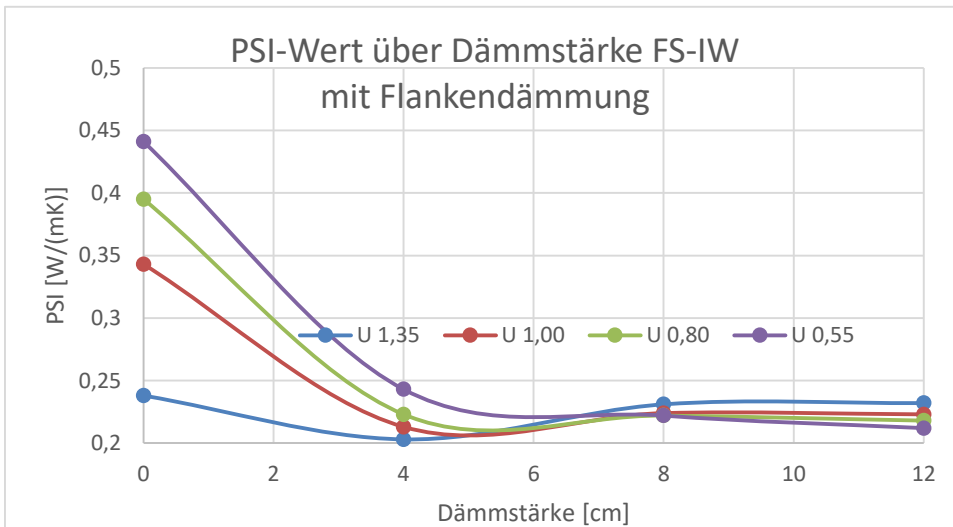


Abbildung 3: Wärmebrückenverlustkoeffizienten der in die Kellerdecke einbindenden Innenwand ohne Flankendämmung.

3.2 Wärmebrücken Außenwand - Kellerdecke

Für die Wärmebrücken an der Schnittstelle von Decke und Kelleraußenwand sind neben den bereits bei der Wärmebrücke Innenwand - Kellerdecke berücksichtigten U-Werten der alten Decken, der zusätzlichen Dämmstärken und der Flankendämmung auch das Wärmeschutzniveau der Außenwand sowie das Vorhandensein einer Sockeldämmung relevant.

Die Wärmebrückenverlustkoeffizienten wurden für folgende Varianten ermittelt:

- Kellerdecken mit 4 unterschiedlichen U-Werten (1,34 W/(m²K), sehr altes Gebäude; 1,0 W/(m²K) Gebäude erbaut bis Ende der 1970er Jahre; 0,8 W/(m²K), erbaut bis Ende der 1980er Jahre; 0,55 W/(m²K), erbaut ab Mitte der 1990er Jahre),
- jeweils mit den Dämmstärken 4, 8 und 12 cm,
- Jeweils für das Wärmeschutzniveau der Außenwand
 - „Bestand“ (U-Wert 1,5 W/(m²K)),
 - „mittlere Qualität“ (MQ, U-Wert 0,24 W/(m²K), 11 cm Wärmedämmung) und
 - „EnerPHit“ (U-Wert 0,15 W/(m²K), 20 cm Wärmedämmung mit Flankendämmung)
- Jeweils mit- und ohne Sockeldämmung

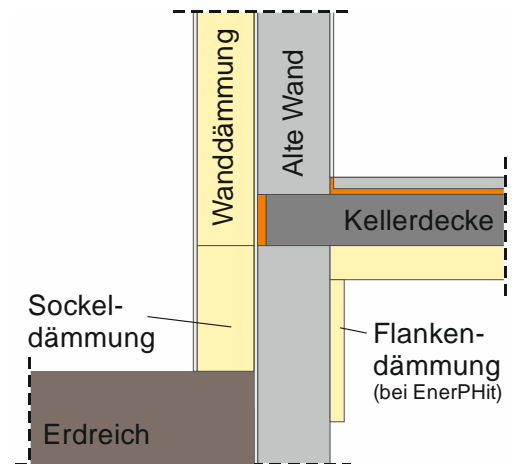


Abbildung 4: Prinzipskizze Berechnungsmodell Kellerdeckendämmung mit (optionaler, 50 cm langer) Flankendämmung, optionaler Wanddämmung, und optionaler Sockeldämmung
© Passivhaus Institut

Die nebenstehende Abbildung zeigt den prinzipiellen Aufbau des Modells, die folgenden, Tabellen zeigen die Ergebnisse.

Tabelle 2: Wärmebrückenverlustkoeffizienten nicht verbesserte Außenwand-Kellerdecke bei unterschiedlichen Ausgangs-U-Werten der Kellerdecke sowie unterschiedlichen zusätzlichen Dämmstärken.

Ψ-Werte Außenwand-Decke alter, sowie verbesserter Kellerdecken mit und ohne Sockeldämmung Bestand: Wand-U-Wert 1,5 W/(m ² K)		Zusätzliche Kellerdeckendämmung (λ = 0,35 W/(mK))			
		0 cm	4 cm	8 cm	12 cm
U-Wert	W/(m ² K)	1,34	0,53	0,33	0,24
Ψ-Wert ohne Sockeldämmung	W/(mK)	-0,480	-0,116	-0,121	-0,132
U-Wert	W/(m ² K)	1,00	0,45	0,30	0,23
Ψ-Wert ohne Sockeldämmung	W/(mK)	-0,408	-0,210	-0,176	-0,187
U-Wert	W/(m ² K)	0,80	0,42	0,28	0,21
Ψ-Wert ohne Sockeldämmung	W/(mK)	-0,374	-0,239	-0,215	-0,229
U-Wert	W/(m ² K)	0,55	0,34	0,24	0,19
Ψ-Wert ohne Sockeldämmung	W/(mK)	-0,347	-0,29	-0,283	-0,302

Im Wärmeschutzniveau „Bestand“ ist keine Außendämmung vorhanden, folglich auch keine Sockeldämmung. Aufgrund des geometrischen Effekts (durch den Außenmaßbezug wird der Wärmeverlust systematisch überschätzt) haben alle Wärmebrücken negative Wärmebrückenverlustkoeffizienten. Bei den nicht verbesserten Decken sinkt der Wärmebrückenverlustkoeffizient aufgrund der Flankendämmwirkung des Dämmstoffs an der Außenwand mit verbessertem Ausgangs-U-Wert.

Durch die zusätzliche Dämmung sinkt der Wärmebrückenverlustkoeffizient zunächst, steigt dann aber wieder an. Hier überlagern sich die beschriebenen Effekte der Flankendämmwirkung und des „Korrekturfaktors: Schlechter Wärmeschutz, nur wenig Verschlechterung durch Störung“.

Tabelle 3: Wärmebrückenverlustkoeffizienten Außenwand-Kellerdecke, verbessert auf „mittlere Qualität“ bei unterschiedlichen Ausgangs-U-Werten der Kellerdecke sowie unterschiedlichen zusätzlichen Dämmstärken mit und ohne Sockeldämmung.

Ψ-Werte Außenwand-Decke alter, sowie verbesserter Kellerdecken mit und ohne Sockeldämmung Mittlere Qualität: Wand-U-Wert 0,24 W/(m²K)		Zusätzliche Kellerdeckendämmung (λ = 0,35 W/(mK))			
		0 cm	4 cm	8 cm	12 cm
U-Wert	W/(m²K)	1,34	0,53	0,33	0,24
Ψ-Wert ohne Sockeldämmung	W/(mK)	-0,093	0,260	0,350	0,385
Ψ-Wert mit Sockeldämmung	W/(mK)	-0,196	0,203	0,231	0,232
U-Wert	W/(m²K)	1,00	0,45	0,30	0,23
Ψ-Wert ohne Sockeldämmung	W/(mK)	0,023	0,245	0,321	0,354
Ψ-Wert mit Sockeldämmung	W/(mK)	-0,071	0,095	0,149	0,165
U-Wert	W/(m²K)	0,80	0,42	0,28	0,21
Ψ-Wert ohne Sockeldämmung	W/(mK)	0,083	0,239	0,301	0,331
Ψ-Wert mit Sockeldämmung	W/(mK)	-0,005	0,097	0,139	0,154
U-Wert	W/(m²K)	0,55	0,34	0,24	0,19
Ψ-Wert ohne Sockeldämmung	W/(mK)	0,151	0,224	0,269	0,293
Ψ-Wert mit Sockeldämmung	W/(mK)	0,072	0,102	0,126	0,135

Auch hier, bei der Verbesserung der Außenwand auf „mittlere Qualität“ sind, aufgrund des geometrischen Effekts, die Werte der Wärmebrückenverlustkoeffizienten ohne Kellerdeckendämmung zunächst negativ, der geometrische Effekt überwiegt. Mit zunehmender thermischer Qualität der Kellerdecke verschieben sich die Wärmebrückenverlustkoeffizienten jedoch erwartungsgemäß ins Positive.

Die Sockeldämmung bewirkt eine deutliche Reduktion der Wärmebrückenverlustkoeffizienten, teilweise um bis zu 60 %.

Tabelle 4 Wärmebrückenverlustkoeffizienten Außenwand-Kellerdecke, verbessert auf „EnerPHit“ bei unterschiedlichen Ausgangs-U-Werten der Kellerdecke sowie unterschiedlichen zusätzlichen Dämmstärken mit und ohne Sockeldämmung.

Ψ-Werte Außenwand-Decke alter, sowie verbesserter Kellerdecken mit und ohne Sockeldämmung EnerPHit: U-Wand: 0,15 W/(m²K) mit Flankendämmung		Zusätzliche Kellerdeckendämmung (λ = 0,35 W/(mK))			
		0 cm	4 cm	8 cm	12 cm
U-Wert	W/(m²K)	1,34	0,53	0,33	0,24
Ψ-Wert ohne Sockeldämmung	W/(mK)	-0,128	0,264	0,376	0,426
Ψ-Wert mit Sockeldämmung	W/(mK)	-0,244	0,026	0,110	0,144
U-Wert	W/(m²K)	1,00	0,45	0,30	0,23
Ψ-Wert ohne Sockeldämmung	W/(mK)	0,011	0,258	0,352	0,398
Ψ-Wert mit Sockeldämmung	W/(mK)	-0,095	0,014	0,107	0,136
U-Wert	W/(m²K)	0,80	0,42	0,28	0,21
Ψ-Wert ohne Sockeldämmung	W/(mK)	0,083	0,256	0,336	0,378
Ψ-Wert mit Sockeldämmung	W/(mK)	-0,016	0,054	0,106	0,131
U-Wert	W/(m²K)	0,55	0,34	0,24	0,19
Ψ-Wert ohne Sockeldämmung	W/(mK)	0,168	0,225	0,311	0,345
Ψ-Wert mit Sockeldämmung	W/(mK)	0,079	0,077	0,107	0,125

Relevant für das nachhaltige Sanieren ist das vollständig umgesetzte EnerPHit-Niveau, in diesem Fall der adäquate Wärmeschutz der Außenwand mit 0,15 W/(m²K), mit Sockel- und Flankendämmung. Diese Kombination weist auch regelmäßig niedrigere Wärmebrückenverlustkoeffizienten auf, als die Verbesserung auf das nicht zielführende Niveau der „mittleren Qualität“.

In Abbildung 5 sind die ermittelten Wärmebrückenverlustkoeffizienten des Anschlusses Außenwand-Kellerdecke grafisch dargestellt.

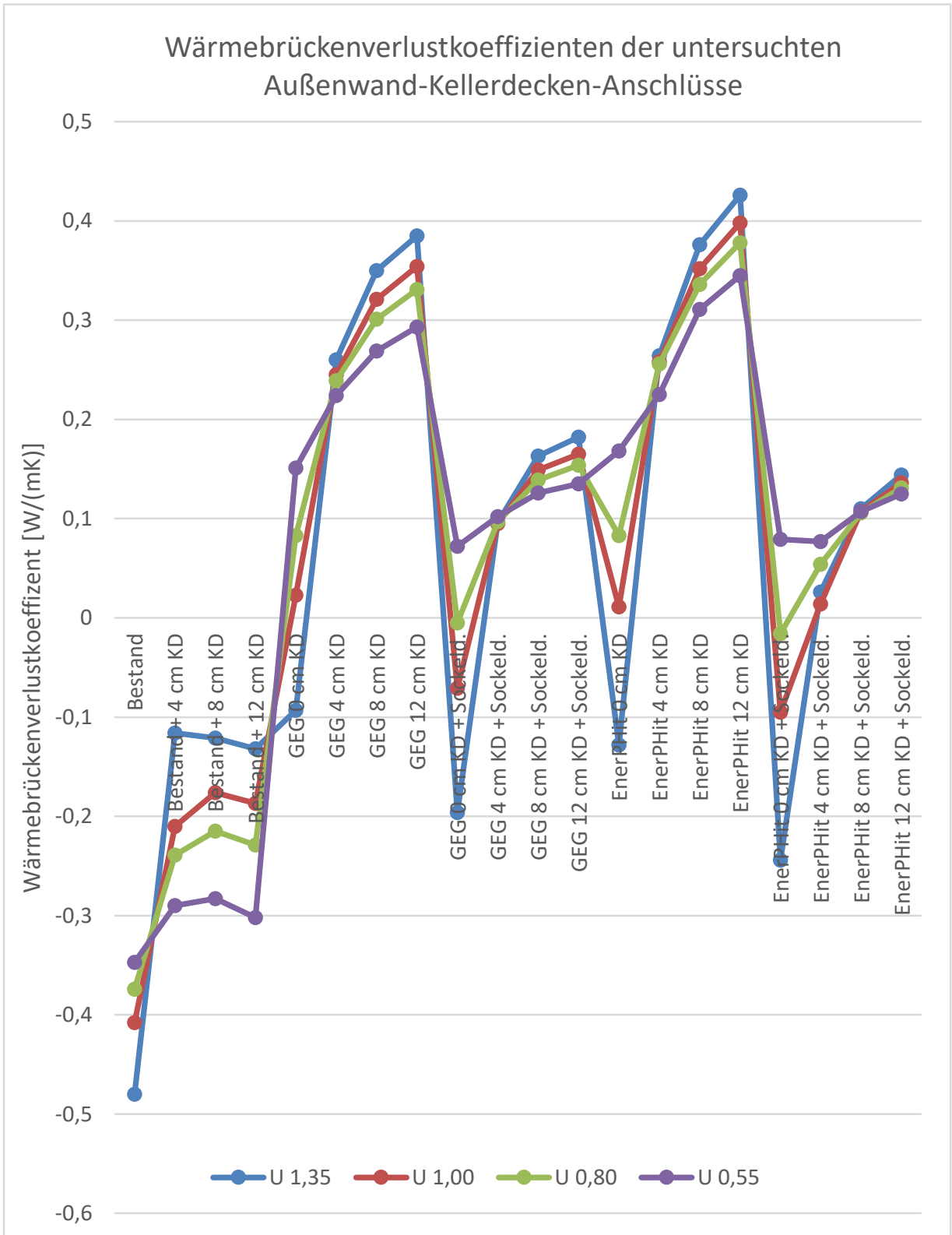


Abbildung 5: Grafische Darstellung der Wärmebrückenverlustkoeffizienten der untersuchten Anschlüsse Außenwand-Kellerdecke. KD = Kellerdeckendämmung, Sockeld. = Sockeldämmung. EnerPHit mit Flankendämmung. © Passivhaus Institut

4 Parameterstudie zur Wirtschaftlichkeit von Kellerdeckendämmung

Zur Ermittlung der Wirtschaftlichkeit und Wirksamkeit von Kellerdeckendämmung wurde mit dem Passivhaus Projektierungspaket (PHPP 9.5)¹ eine Parameterstudie erstellt, in der die Wirkung unterschiedlicher Kellerdeckendämmung auf den Wärmebedarf eines beispielhaften Reihenendhaus (3 Geschosse mit Pultdach, Hauptfassade nach Süden gerichtet, 156 m² Energiebezugsfläche, Fläche der Kellerdecke 64 m², Luftwechsel im Keller: 0,2 1/h) im Referenzklima des GEG, mit unterschiedlichen Wärmeschutzstandards und unterschiedlichen U-Werten der bestehenden Kellerdecke untersucht wurden. Vgl. auch Tabelle 1 und Anhang:

- 1) Altbau, errichtet vor der 1. Wärmeschutzverordnung, Mitteltemperatur 17,5 °C
- 2) Gebäude saniert auf mittlere Qualität (MQ), entsprechend GEG 2023, Anl. 7, Mitteltemp. 19 °C
 - a) Ohne Sockeldämmung
 - b) Mit Sockeldämmung (die Kellerdecke befindet sich 60 cm über Geländeoberkante, Dicke der Sockeldämmung: 11 cm, WL 035).
- 3) Gebäude saniert mit Passivhaus-Komponenten (EnerPHit), Mitteltemperatur 20 °C
 - a) Ohne Sockeldämmung
 - b) Mit Sockeldämmung Heizwärmebedarf (die Kellerdecke befindet sich 60 cm über Geländeoberkante, Dicke der Sockeldämmung: 20 cm, WL 035).

Der U-Wert der Kellerdecke im Bestand wurde variiert: 1,35 W/(m²K): Sehr altes Gebäude, 1,00 W/(m²K): Erbaut bis Ende der 1970er Jahre, 0,80 W/(m²K) Erbaut ab Ende der 1980er Jahre, 0,55 W/(m²K) Erbaut ab Mitte der 1990er Jahre).

Das Gebäude hat in allen Basis-Varianten zunächst keine zusätzliche Kellerdeckendämmung. Diese wird in weiteren Varianten mit jeweils 4, 8 und 12 cm EPS, WL 035, ausgeführt. Bei den EnerPHit-Varianten kommt eine an der Innenseite der Außenwände und an den Innenwänden angebrachte Flankendämmung von 50 cm Länge hinzu.

Für den Kellerdeckenanschluss an die Außenwand, sowie die einbindenden Kellerwände, wurden die Wärmebrücken ermittelt und in die Berechnung einbezogen.

Der Heizwärmebedarf der jeweils ansonsten gleichen Varianten mit Kellerdeckendämmung wurde vom Heizwärmebedarf ohne Kellerdeckendämmung subtrahiert und auf die zu dämmende Kellerdeckenfläche bezogen, um auf diese Weise die Energieeinsparung durch die Kellerdeckendämmung zu ermitteln.

Die jährlichen Einsparungen wurden dann durch Multiplikation mit einem Wärmepreis von 0,12€/kWh monetarisiert und unter der Annahme einer Nutzungsdauer von 40 Jahren mit einem Realzins von 2,5% zum Barwert der eingesparten Energiekosten kapitalisiert (Barwertfaktor: 25). Durch Subtraktion der Investitionskosten wurde sodann die Netto-Kapitalwert-Einsparung berechnet.

Tabelle 1: Gebäudedaten der Varianten

¹ Das PHPP verwendet ein Monatsverfahren. Durch die Verbesserung der Gebäudehülle kommt es zu einer Verkürzung der Heizzeit, welche monatsweise gestaffelt ist. Hierdurch kann es zu nicht Linearitäten beim Energiebedarf kommen.

	Bestand	Mittlere Qualität	EnerPHit	Einheit
U-Wert Wand	1,47	0,24	0,14	W/(m²K)
U-Wert Dach	0,82	0,20	0,11	W/(m²K)
U-Wert Kellerdecke	1,35 1,00 0,80 0,55			W/(m²K)
U-Wert Fensterrahmen	2,50	1,30	0,75	W/(m²K)
U-Wert Glas	2,80	1,10	0,52	W/(m²K)
g-Wert	78%	64%	52%	%
Glasanteil	68%	68%	68%	%
Luftdichtheit n50	10,0	3,0	1,0	1/h
Wärmebereitstellungsgrad Lüftung	0%	0%	90%	%
Mittlere Innentemperatur in der Heizzeit	17,5	19,0	20,0	°C

Förderungen wurden nach dem Programm BEG EM 5.1 inkludiert, wenn der U-Wert der Kellerdecke kleinergleich 0,25 W/(m²K) ist. Bei entsprechendem Nachweis werden 15% der Investitionskosten rückerstattet. Liegt ein Sanierungsfahrplan vor, zusätzliche 5%.

Die EPS-Dämmung und die PU-Dämmung wurden von uns in einem praktischen Anwendungsfall selbst als DIY-Maßnahme durchgeführt. Bei der EPS-Dämmung betrug die von uns bei dieser Prototyp-Ausführung benötigte Arbeitszeit (mit Flankendämmung) 40 Minuten pro Quadratmeter, bei der PU-Dämmung 45 Minuten pro Quadratmeter. Da auch die Mineralfaserdämmung gedübelt wird, wurde dieser Zeiteinsatz auf die gedübelte Mineralfaserdämmung übertragen. Der Stundensatz wurde mit 30 €/h angesetzt. Für diesen Satz werden Fachkräfte in der Regel nicht arbeiten. Diese arbeiten jedoch aufgrund ihrer Expertise schneller, sodass sich etwa gleiche Gesamtkosten für die Arbeit ergeben.

5 Ergebnisse

5.1 Bestand

Die Tabellen im Anhang zeigen links die Ergebnisse für das unsanierte Gebäude. Durch die Kellerdeckendämmung sinkt der Heizwärmebedarf in der Summe im Absolutwert von 228 kWh/(m²a) bei der nicht gedämmten Decke mit einem U-Wert von 1,35 W/(m²K) auf 217 W/(m²K) mit 12 cm Wärmedämmung um 11 kWh/(m²a) messbar, aber prozentual mit 5 % nicht durchschlagend. Durch die zunehmende Dämmung an der Kellerdecke wird der Keller aus dem warmen Innenraum weniger aufgeheizt und damit kälter. Dies wirkt sich in der PHPP-Bilanz auch korrekt in einem mit der Dämmstärke ansteigenden Temperaturgewichtungsfaktor aus. Aus diesem Grund, und wegen der mit zunehmender Dämmstärke ansteigenden Wärmebrückenverlustkoeffizienten bei der Deckeneinbindung in Außen- und Innenwänden, verdoppelt sich die Energieeinsparung nicht bei Verdoppelung der Dämmstärke.

Die jährlichen Heizkosteneinsparungen bewegen sich zwischen gut 1 €/m²a bei der 4 cm starken Wärmedämmung aus EPS bei einem Ursprünglichen U-Wert der Kellerdecke von 0,55 W/(m²K) und knapp 3,4 €/m²a bei der 12 cm starken Wärmedämmung aus EPS bei einem Ursprünglichen U-Wert der Kellerdecke von 1,35 W/(m²K), jeweils bei einem Wärmepreis von 0,12 €/kWh. Die Barwerte der eingesparten Energie belaufen sich (über einen angenommenen Nutzungszeitraum von 40 und bei einem Realzins von 2,5 %) auf 35 €/m² bei der 4 cm starken Dämmung (U = 0,55 W/(m²K)) und 84 € bei 12 cm (U = 1,35 W/(m²K)). Erwartungsgemäß spart die zusätzliche Wärmedämmung bei geringeren ursprünglichen U-Werten der Kellerdecke weniger Wärme und damit auch weniger Energiekosten ein. Die Wirtschaftlichkeit ist weniger gut, je besser die Decke im Ausgangszustand ist.

Bei einem Ausgangs-U-Wert der Kellerdecke von 1,35 W/(m²K) bleibt bei der 4 cm starken EPS-Dämmung abzüglich der Investitionskosten eine Einsparung von 38 €, bei 8 cm 53 € und bei 12 cm 59 €/m²

(Barwert). Damit ist die 12 cm starke EPS-Dämmung hier die wirtschaftlichste Wahl², denn hier werden die größten Gesamteinsparungen erreicht. Der U-Wert von kleiner gleich $0,25 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ wird hier nur bei einer Dämmstärke von 12 cm erreicht. Bei 15% Förderung erhöht sich der Barwert der Einsparungen auf 63 €/m^2 , bei 20% auf 64 €/m^2 .

Bei einem Ausgangs-U-Wert der Kellerdecke von $0,55 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ bleibt bei der 4 cm starken EPS-Dämmung abzüglich der Investitionskosten eine Einsparung von 15 €, bei 8 cm 22 € und bei 12 cm 25 €/m² (Barwert). Damit ist die 12 cm starke EPS-Dämmung auch hier die wirtschaftlichste Wahl. Die Förderungsschwelle von $0,25 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ wird hier schon bei 8 cm Wärmedämmung erreicht. Durch die Förderung erhöhen sich die Einsparungen zwischen 3 und 5 €.

Für die Mineralfaserdämmung ergibt sich bis zu einem U-Wert von einschließlich $0,80 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ für die Dämmstärke von 8 cm der hier ökonomisch beste Wert ohne Zuschüsse, mit Zuschüssen bei 12 cm. Für den Ausgangs-U-Wert von $0,55 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ sind 4 cm Mineralfaserdämmung das ökonomische Optimum, mit Zuschüssen 8 cm. Es ist darum empfehlenswert, Mineralfaserdämmung dann einzusetzen, wenn Dämmstoffe mit geringeren Investitionskosten z.B. aufgrund von Brandschutzanforderungen nicht möglich sind.

Die Polyurethandämmung verursacht höhere Investitionskosten. Hier wurden die gleichen U-Werte angesetzt, wie für EPS und Mineralfasern. Aufgrund der geringeren Wärmeleitfähigkeit der PU-Dämmung sind dann die Dämmstärken geringer. Die höheren Dämmstoffkosten sowie die bereits angesprochenen Wärmebrücken und der geringere thermische Nutzen des jeweils nächsten Zentimeters Wärmedämmung führen zu einer verringerten Wirtschaftlichkeit der PU-Dämmung und führt dazu, dass die Dämmung ab einem U-Wert der nicht verbesserten Kellerdecke von $0,80 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ohne Zuschüsse nicht mehr wirtschaftlich ist.

Werden Arbeitskosten in die Berechnung inkludiert, verschieben sich die ökonomischen Optima nicht. Es werden nur die Gewinne kleiner, bzw. die Verluste Größer. Neben der PU-Dämmung ist nun auch die Mineralfaserdämmung zunächst nicht mehr wirtschaftlich.

Da jedoch erwartet werden kann, dass auch der Wärmeschutz der anderen Bauteile des Gebäudes im Lauf der Zeit verbessert wird, und der hier betrachtete Zustand nur ein Übergang sein kann, wird die Wirtschaftlichkeit künftig (außer bei der PU-Dämmung) erreicht. Die Wirtschaftlichkeit kann auch durch längeren Nutzungsdauern oder höhere Energiepreise unabhängig vor der weiteren Sanierung gegeben sein.

Abbildung 1 zeigt die Barwerte der Kosteneinsparung für die unterschiedlichen Varianten.

² Eine geringere Dämmstärke führt zu kürzeren Amortisationszeiten, die aber alle kürzer als die Nutzungsdauer bleiben – alle Varianten sind daher wirtschaftlich und eine Bewertung anhand der Amortisationszeiten wäre irreführend.

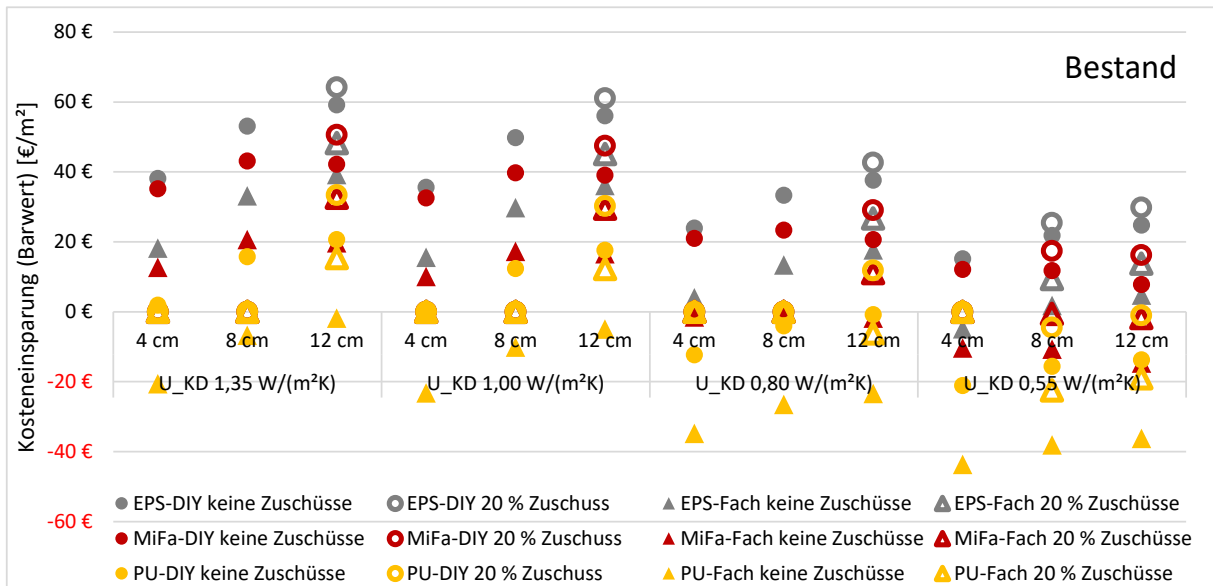


Abbildung 1: Barwert der Kosteneinsparung der unterschiedlichen Varianten im Bestand. Liegt eine Markierung einer Variante „20% Zuschuss“ exakt auf der Nulllinie, so erreicht diese Variante den Schwellenwert für die Förderung $\leq 0,25 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ nicht.

5.2 Gebäude, saniert zu Mittlerer thermischer Qualität

In der Mitte der Tabellen im Anhang werden die Ergebnisse für das ansonsten schon auf mittlere Qualität sanierte Gebäude, berechnet für die Untervarianten ohne und mit Sockeldämmung gezeigt. Hier liegt der Heizwärmebedarf bei einem Decken-U-Wert von $1,35 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ bei $73 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$. Ohne Sockeldämmung bleibt die absolute Einsparung an Heizwärme bei 12 cm Wärmedämmung mit $10 \text{ kWh}/(\text{m}^2)$ etwa gleich hoch wie bei der unsanierten Variante. Durch den geringeren Gesamtheizwärmebedarf ist die prozentuale Einsparung mit etwa 13 % deutlich auffälliger. Die Aussagen zur Wirtschaftlichkeit gelten hier ebenso wie für die unsanierte Variante. Eine weitere Sanierung der anderen Bauteile des Gebäudes beeinflusst die Wirtschaftlichkeit der Kellerdeckendämmung nicht negativ.

Die Sockeldämmung bewirkt, dass der Keller weniger stark auskühlt. Dies zeigt sich in den im Vergleich zur Variante ohne Sockeldämmung reduzierten Temperaturgewichtungsfaktoren. Es fließt also weniger Wärme in den Keller ab, der Heizwärmebedarf ist im Vergleich zur Variante ohne Sockeldämmung reduziert. Die Einsparungen durch die Sockeldämmung liegen bei den Decken mit ursprünglichen U-Werten von $1,35 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ zwischen 1 und 3 $\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$. Dabei entspricht die Reduzierung des Heizwärmebedarfes etwa einer zusätzlichen Kellerdeckendämmstärke am Beispiel der Decke mit $1,35 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ 9 mm. Bei der Decke mit ursprünglich $0,55 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ steigt die Einsparung bei 8 und 12 cm Dämmstärke auf ca. $17 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ deutlich an. Dies liegt an einer Eigenart des Monatsverfahrens: Die Heizzeit verkürzt sich durch die verbesserte Dämmung um einen Monat, es kommt zu einer sprunghaften Veränderung. Die äquivalente Dämmstärke dieser Einsparung liegt bei für den Fall der 12 cm Dämmung bei 10 cm

Wegen der höheren Temperaturen mit Sockeldämmung im Keller ist die mögliche Einsparung durch die Kellerdeckendämmung geringer. Bis zu einem U-Wert der alten Kellerdecke von $0,8 \text{ W}/(\text{m}^2)$ bleibt die 12 cm Dämmung mit Ausnahme der Mineralfaser ohne Zuschüsse (8 cm) die jeweils wirtschaftlich beste Option.

Für die PU Dämmung ergeben sich allerdings bei der Ausführung durch Fachkräfte überwiegend negative Kosteneinsparungen, also Mehrkosten durch die Dämmung, die Investitionskosten werden während der angesetzten Nutzungszeit durch die Energiekosteneinsparung nicht kompensiert. Dieser Effekt tritt .neueren Gebäude mit U-Werten von 0,55 W/(m²K) und darunter auch bei DIY-Projekten auf, vgl. Abbildung 2.

Die PU-Dämmung wird insbesondere eingesetzt, weil sie eine gute Dämmwirkung bereits bei geringeren Dämmstärken bewirkt. Gerade im Keller ist aus Platzgründen in vielen Fällen nichts anderes möglich. Kann die Dämmung nicht in Eigenleistung ausgeführt werden, oder hat die bestehende Decke bereits einen guten U-Wert sollte die Wirtschaftlichkeit in einer Einzelfallbetrachtung geklärt werden.

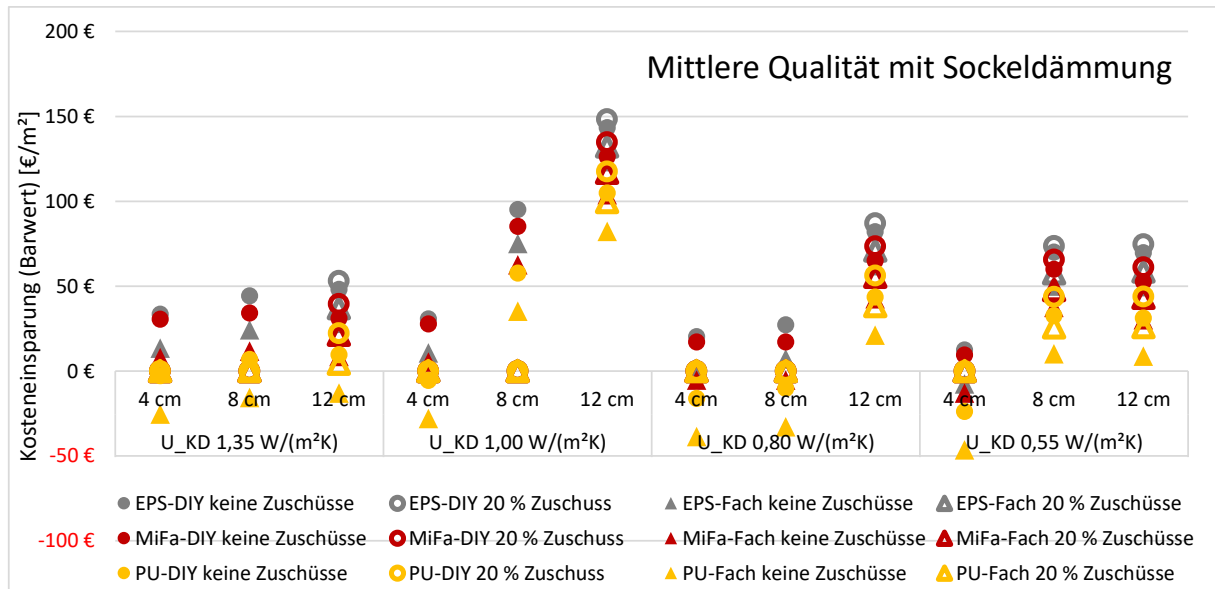


Abbildung 2: Barwert der Kosteneinsparung der unterschiedlichen Varianten saniert auf mittlere Qualität inkl. Sockeldämmung. Liegt eine Markierung einer Variante „20% Zuschuss“ exakt auf der Nulllinie, so erreicht diese Variante den Schwellenwert für die Förderung $\leq 0,25$ W/(m²K) nicht.

5.3 EnerPHit

Bei den hoch energieeffizient auf einen nachhaltigen Wärmeschutz sanierten EnerPHit-Varianten beträgt der Jahresheizwärmebedarf ohne Sockeldämmung bei einem U-Wert der Kellerdecke von 1,35 W/(m²K) nur noch 28 kWh/(m²a). Hier kommt bei der Kellerdeckendämmung stets eine Flankendämmung zum Einsatz. Dies bewirkt im Vergleich zu den anderen Varianten eine deutliche Steigerung der Investitionskosten, dafür aber eine Reduktion der Wärmebrücken und damit höhere Energieeinsparungen. Vor allem durch den sehr geringen Gesamtenergiebedarf dieser Varianten macht die Einsparung durch die Kellerdeckendämmung im Falle des ursprünglichen Keller-U-Wertes 1,35 W/(m²K) beinahe 1/3 des gesamten Heizwärmebedarfes aus. Der Heizwärmebedarf beträgt dann (ohne Sockeldämmung) nur noch 19 kWh/(m²a). Dieser hohe Anteil am Gesamtenergiebedarf bewirkt eine Verkürzung der Heizperiode und damit eine deutlich höhere Heizwärmeeinsparung bezogen auf den Quadratmeter Kellerdecke. 8 oder 12 Dämmung ist hier bei EPS und Mineralwolle die empfehlenswerte Wahl. Für die PU-Dämmung gilt das bereits zur „Mittleren Qualität“ geschriebene.

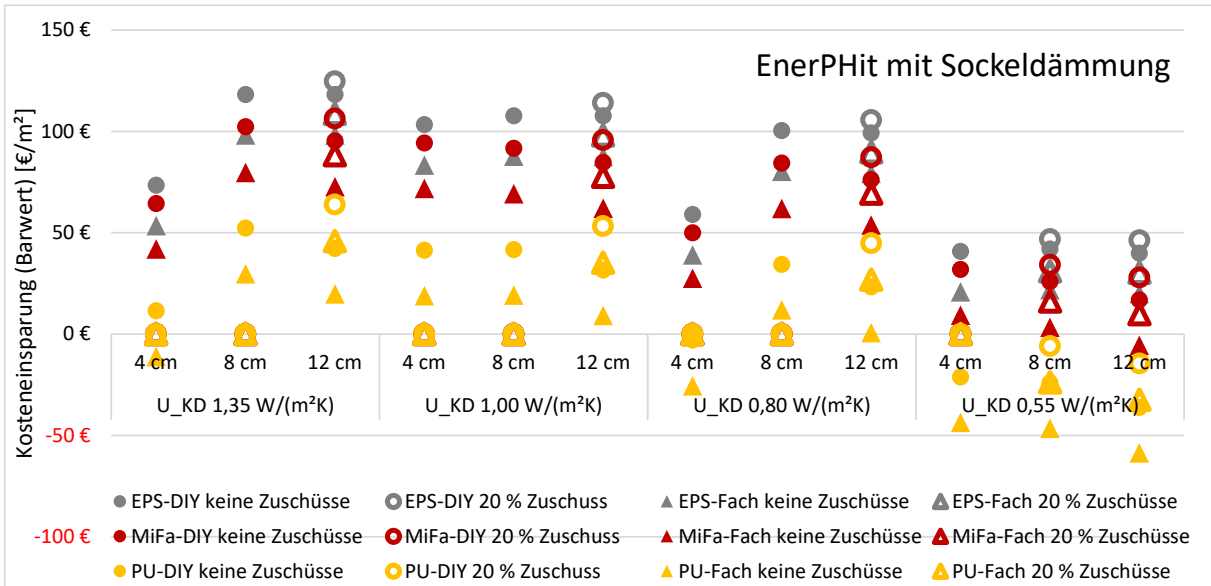


Abbildung 3: Barwert der Kosteneinsparung der unterschiedlichen Varianten hocheffizient saniert inkl. Sockeldämmung. Liegt eine Markierung einer Variante „20% Zuschuss“ exakt auf der Nulllinie, so erreicht diese Variante den Schwellenwert für die Förderung $\leq 0,25 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ nicht.

Anhang 1

Tabellen zur Parameterstudie. Rote Zahlen: Negative Barwerte. Dämmung lohnt sich unter den gegebenen Randbedingungen nicht. Grüne Hinterlegung: Wirtschaftlichste Option der jeweiligen Variante.

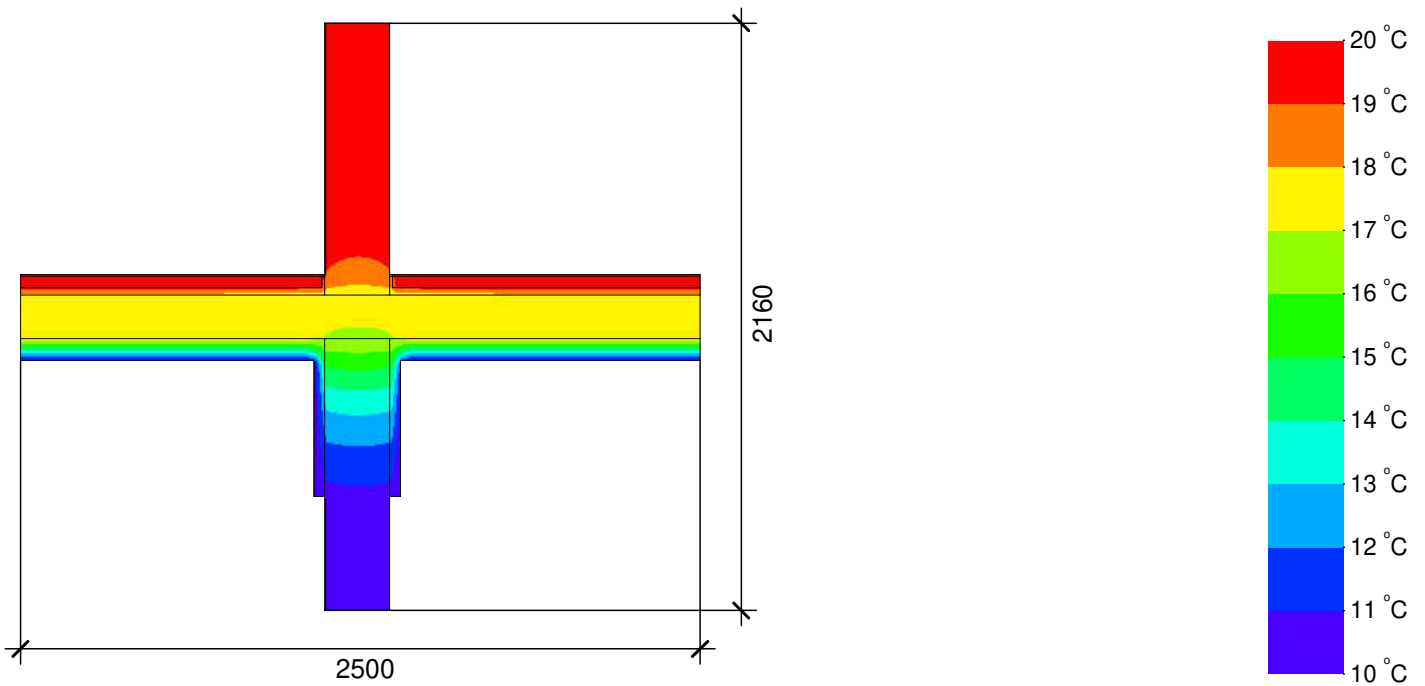
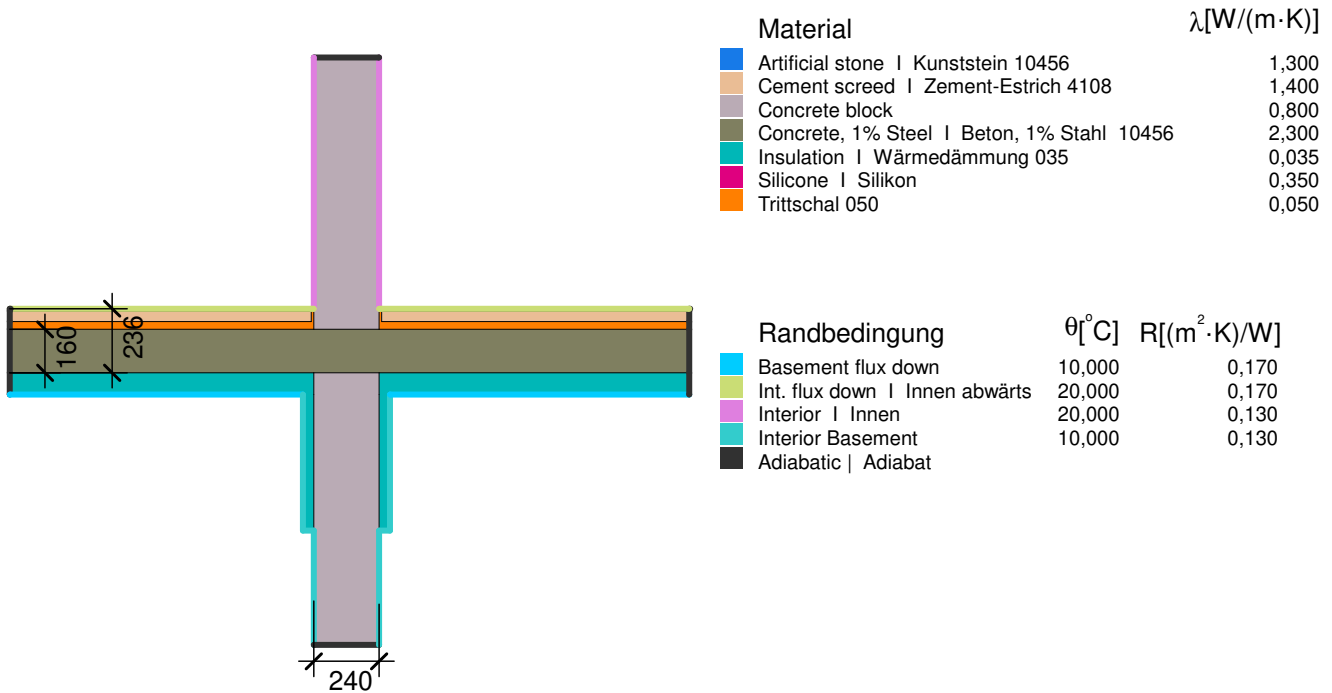
U-Wert ohne neue Dämmung [W/(m²K)]		1,35	Bestand				Mittlere Qualität (MQ)								EnerPHit								
			Kellerdeckendämmung U-Wert der Kellerdecke [W/(m²K)]				Ohne Sockeldämmung				Mit Sockeldämmung				Ohne Sockeldämmung				Mit Sockeldämmung				
			Ohne	4 cm	8 cm	12 cm	Ohne	4 cm	8 cm	12 cm	Ohne	4 cm	8 cm	12 cm	Ohne	4 cm	8 cm	12 cm	Ohne	4 cm	8 cm	12 cm	
Temperaturgewichtungsfaktor Kellerdecke (Jahresverfahren)		[-]	0,36	0,49	0,54	0,57	0,36	0,48	0,52	0,54	0,32	0,44	0,49	0,52	0,37	0,51	0,56	0,58	0,33	0,48	0,54	0,58	
Energieeinsparung durch die KD-Dämmung (pro m² KD)		kWh/(m²a)		16	24	28		17	23	27		15	21	24		33	38	53		30	48	50	
Jährliche Heizkosteneinsparung bei 0,12 €/kWh		€/m²a)		1,96 €	2,83 €	3,36 €		2,03 €	2,79 €	3,23 €		1,77 €	2,48 €	2,91 €		3,99 €	4,57 €	6,40 €		3,64 €	5,71 €	5,99 €	
Barwert der eingesparten Energie		€/m²		49 €	71 €	84 €		51 €	70 €	81 €		44 €	62 €	73 €		100 €	115 €	161 €		91 €	143 €	150 €	
Wirtschaftlichkeit (PU-Dämmung: U-Wert wie EPS und Mineralfaser, es resultieren geringere Dämmstärken: 4 cm --> 2,7 cm; 8 cm --> 5,5 cm; 12 cm --> 8,2 cm)																							
EPS	Investitionskosten		€/m²		11 €	18 €	25 €		11 €	18 €	25 €		11 €	18 €	25 €		18 €	25 €	32 €		18 €	25 €	32 €
	Netto Einsparung (Barwert)	Kein Zuschuss	€/m²		38 €	53 €	59 €		40 €	52 €	56 €		33 €	44 €	48 €		82 €	90 €	129 €		73 €	118 €	118 €
		15%					63 €				60 €				52 €				134 €				123 €
		20%					64 €				61 €					53 €				135 €			
PU	Investitionskosten		€/m²		47 €	55 €	64 €		47 €	55 €	64 €		47 €	55 €	64 €		80 €	91 €	108 €		80 €	91 €	108 €
	Netto Einsparung (Barwert)	Kein Zuschuss	€/m²		2 €	16 €	21 €		4 €	15 €	18 €		-3 €	7 €	10 €		20 €	24 €	53 €		11 €	52 €	42 €
		15%					30 €				27 €				19 €				69 €				58 €
		20%					33 €				30 €					22 €				74 €			
Mineralfaser gedübelt	Investitionskosten		€/m²		14 €	28 €	42 €		14 €	28 €	42 €		14 €	28 €	42 €		27 €	41 €	55 €		27 €	41 €	55 €
	Netto Einsparung (Barwert)	Kein Zuschuss	€/m²		35 €	43 €	42 €		37 €	42 €	39 €		30 €	34 €	31 €		73 €	74 €	106 €		64 €	102 €	95 €
		15%					49 €				45 €				37 €				114 €				104 €
		20%					51 €				47 €					39 €				117 €			
Wirtschaftlichkeit inkl. Arbeitskosten (30 €/h) (PU-Dämmung: U-Wert wie EPS und Mineralfaser --> geringere Dämmstärken)																							
EPS	Arbeitszeit		h/m²		2/3	2/3	2/3		2/3	2/3	2/3		2/3	2/3	2/3		2/3	2/3	2/3		2/3	2/3	2/3
	Investitionskosten		€/m²		31 €	38 €	45 €		31 €	38 €	45 €		31 €	38 €	45 €		38 €	45 €	52 €		38 €	45 €	52 €
	Netto Einsparung (Barwert)	Kein Zuschuss	€/m²		18 €	33 €	39 €		20 €	32 €	36 €		13 €	24 €	28 €		62 €	70 €	109 €		53 €	98 €	98 €
		15%					46 €				43 €				35 €				117 €				106 €
20%						48 €				45 €					37 €				119 €				109 €
PU	Arbeitszeit		h/m²		3/4	3/4	3/4		3/4	3/4	3/4		3/4	3/4	3/4		3/4	3/4	3/4		3/4	3/4	3/4
	Investitionskosten		€/m²		70 €	78 €	86 €		70 €	78 €	86 €		70 €	78 €	86 €		103 €	114 €	131 €		103 €	114 €	131 €
	Netto Einsparung (Barwert)	Kein Zuschuss	€/m²		-21 €	-7 €	-2 €		-19 €	-8 €	-5 €		-25 €	-16 €	-13 €		-2 €	1 €	30 €		-11 €	30 €	20 €
		15%					11 €				8 €				-0 €				50 €				39 €
20%						15 €				12 €					4 €				56 €				46 €
Mineralfaser gedübelt	Arbeitszeit		h/m²		3/4	3/4	3/4		3/4	3/4	3/4		3/4	3/4	3/4		3/4	3/4	3/4		3/4	3/4	3/4
	Investitionskosten		€/m²		37 €	51 €	65 €		37 €	51 €	65 €		37 €	51 €	65 €		50 €	64 €	78 €		50 €	64 €	78 €
	Netto Einsparung (Barwert)	Kein Zuschuss	€/m²		13 €	21 €	20 €		15 €	19 €	17 €		8 €	12 €	9 €		51 €	51 €	83 €		42 €	80 €	73 €
		15%					29 €				26 €				18 €				95 €				84 €
20%						33 €				29 €					21 €				99 €				88 €

U-Wert ohne neue Dämmung [W/(m²K)]		1,00	Bestand				Mittlere Qualität (MQ)								EnerPHit								
			Kellerdeckendämmung U-Wert der Kellerdecke [W/(m²K)]				Ohne Sockeldämmung				Mit Sockeldämmung				Ohne Sockeldämmung				Mit Sockeldämmung				
			Ohne	4 cm	8 cm	12 cm	Ohne	4 cm	8 cm	12 cm	Ohne	4 cm	8 cm	12 cm	Ohne	4 cm	8 cm	12 cm	Ohne	4 cm	8 cm	12 cm	
Temperaturgewichtungsfaktor Kellerdecke (Jahresverfahren)	[-]	0,43	0,55	0,60	0,63	0,42	0,53	0,57	0,59	0,38	0,50	0,55	0,58	0,44	0,55	0,59	0,62	0,39	0,53	0,58	0,61		
Energieeinsparung durch die KD-Dämmung (pro m² KD)	kWh/(m²a)		15	23	27		15	22	43		14	38	56		29	46	49		40	44	46		
Jährliche Heizkosteneinsparung bei 0,12 €/kWh	€/m²a		1,86 €	2,70 €	3,23 €		1,84 €	2,60 €	5,12 €		1,66 €	4,50 €	6,70 €		3,50 €	5,56 €	5,83 €		4,83 €	5,29 €	5,56 €		
Barwert der eingesparten Energie	€/m²		47 €	68 €	81 €		46 €	65 €	129 €		42 €	113 €	168 €		88 €	140 €	146 €		121 €	133 €	140 €		
Wirtschaftlichkeit (PU-Dämmung: U-Wert wie EPS und Mineralfaser, es resultieren geringere Dämmstärken: 4 cm --> 2,7 cm; 8 cm --> 5,5 cm; 12 cm --> 8,2 cm)																							
EPS	Investitionskosten	€/m²		11 €	18 €	25 €		11 €	18 €	25 €		11 €	18 €	25 €		18 €	25 €	32 €		18 €	25 €	32 €	
	Netto Einsparung (Barwert)	Kein Zuschuss	€/m²		36 €	50 €	56 €		35 €	47 €	104 €		31 €	95 €	143 €		70 €	115 €	114 €		103 €	108 €	108 €
		15%				60 €				107 €				147 €				119 €				112 €	
		20%				61 €				109 €				148 €				121 €				114 €	
PU	Investitionskosten	€/m²		47 €	55 €	64 €		47 €	55 €	64 €		47 €	55 €	64 €		80 €	91 €	108 €		80 €	91 €	108 €	
	Netto Einsparung (Barwert)	Kein Zuschuss	€/m²		-1 €	12 €	18 €		-1 €	10 €	65 €		-6 €	58 €	105 €		8 €	49 €	38 €		41 €	42 €	32 €
		15%				27 €				75 €				114 €				54 €				48 €	
		20%				30 €				78 €				117 €				60 €				53 €	
Mineralfaser gedübelt	Investitionskosten	€/m²		14 €	28 €	42 €		14 €	28 €	42 €		14 €	28 €	42 €		27 €	41 €	55 €		27 €	41 €	55 €	
	Netto Einsparung (Barwert)	Kein Zuschuss	€/m²		33 €	40 €	39 €		32 €	37 €	87 €		28 €	85 €	126 €		61 €	99 €	91 €		94 €	92 €	85 €
		15%				45 €				93 €				133 €				100 €				93 €	
		20%				48 €				95 €				135 €				102 €				96 €	
Wirtschaftlichkeit inkl. Arbeitskosten (30 €/h) (PU-Dämmung: U-Wert wie EPS und Mineralfaser --> geringere Dämmstärken)																							
EPS	Arbeitszeit	h/m²		2/3	2/3	2/3		2/3	2/3	2/3		2/3	2/3	2/3		2/3	2/3	2/3		2/3	2/3	2/3	
	Investitionskosten	€/m²		31 €	38 €	45 €		31 €	38 €	45 €		31 €	38 €	45 €		38 €	45 €	52 €		38 €	45 €	52 €	
	Netto Einsparung (Barwert)	Kein Zuschuss	€/m²		16 €	30 €	36 €		15 €	27 €	84 €		11 €	75 €	123 €		50 €	95 €	94 €		83 €	88 €	88 €
		15%				43 €				90 €				130 €				102 €				95 €	
20%					45 €				93 €				132 €				105 €				98 €		
PU	Arbeitszeit	h/m²		3/4	3/4	3/4		3/4	3/4	3/4		3/4	3/4	3/4		3/4	3/4	3/4		3/4	3/4	3/4	
	Investitionskosten	€/m²		70 €	78 €	86 €		70 €	78 €	86 €		70 €	78 €	86 €		103 €	114 €	131 €		103 €	114 €	131 €	
	Netto Einsparung (Barwert)	Kein Zuschuss	€/m²		-23 €	-10 €	-5 €		-24 €	-13 €	43 €		-28 €	35 €	82 €		-15 €	26 €	16 €		19 €	19 €	9 €
		15%				8 €				56 €				95 €				35 €				29 €	
20%					12 €				60 €				99 €				42 €				35 €		
Mineralfaser gedübelt	Arbeitszeit	h/m²		3/4	3/4	3/4		3/4	3/4	3/4		3/4	3/4	3/4		3/4	3/4	3/4		3/4	3/4	3/4	
	Investitionskosten	€/m²		37 €	51 €	65 €		37 €	51 €	65 €		37 €	51 €	65 €		50 €	64 €	78 €		50 €	64 €	78 €	
	Netto Einsparung (Barwert)	Kein Zuschuss	€/m²		10 €	17 €	17 €		10 €	15 €	64 €		5 €	63 €	104 €		38 €	76 €	69 €		72 €	69 €	62 €
		15%				26 €				74 €				113 €				80 €				74 €	
20%					30 €				77 €				117 €				84 €				78 €		

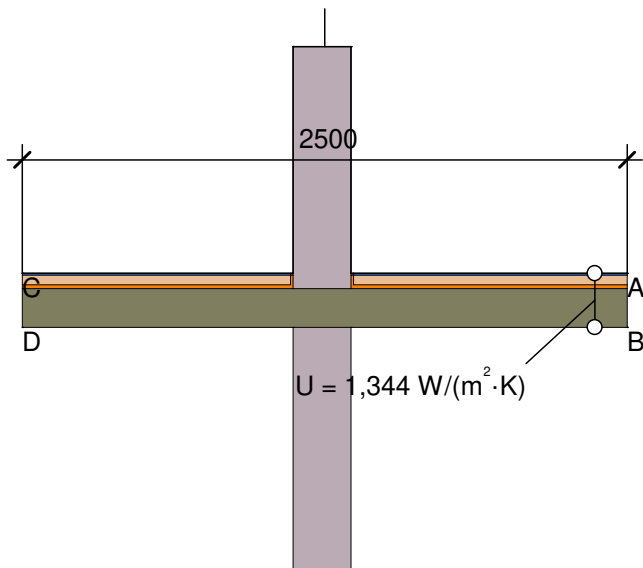
U-Wert ohne neue Dämmung [W/(m²K)]		0,80	Bestand				Mittlere Qualität (MQ)								EnerPHit							
			Kellerdeckendämmung U-Wert der Kellerdecke [W/(m²K)]				Ohne Sockeldämmung				Mit Sockeldämmung				Ohne Sockeldämmung				Mit Sockeldämmung			
			Ohne	4 cm	8 cm	12 cm	Ohne	4 cm	8 cm	12 cm	Ohne	4 cm	8 cm	12 cm	Ohne	4 cm	8 cm	12 cm	Ohne	4 cm	8 cm	12 cm
Temperaturgewichtungsfaktor Kellerdecke (Jahresverfahren)	[-]	0,45	0,53	0,57	0,60	0,43	0,51	0,54	0,56	0,39	0,48	0,52	0,54	0,45	0,55	0,58	0,60	0,40	0,52	0,56	0,59	
Energieeinsparung durch die KD-Dämmung (pro m² KD)	kWh/(m²a)		12	17	21		11	16	19		10	15	36		27	44	46		26	42	44	
Jährliche Heizkosteneinsparung bei 0,12 €/kWh	€/m²a		1,39 €	2,05 €	2,50 €		1,37 €	1,95 €	2,31 €		1,24 €	1,80 €	4,26 €		3,26 €	5,24 €	5,47 €		3,07 €	4,99 €	5,23 €	
Barwert der eingesparten Energie	€/m²		35 €	51 €	63 €		34 €	49 €	58 €		31 €	45 €	107 €		82 €	132 €	137 €		77 €	125 €	131 €	
Wirtschaftlichkeit (PU-Dämmung: U-Wert wie EPS und Mineralfaser, es resultieren geringere Dämmstärken: 4 cm --> 2,7 cm; 8 cm --> 5,5 cm; 12 cm --> 8,2 cm)																						
EPS	Investitionskosten	€/m²		11 €	18 €	25 €		11 €	18 €	25 €		11 €	18 €	25 €		18 €	25 €	32 €		18 €	25 €	32 €
	Netto Einsparung (Barwert)	Kein Zuschuss €/m²		24 €	33 €	38 €		23 €	31 €	33 €		20 €	27 €	82 €		64 €	107 €	105 €		59 €	100 €	99 €
			15%			41 €			37 €			86 €			110 €				104 €			
			20%			43 €			38 €			87 €			112 €				106 €			
PU	Investitionskosten	€/m²		47 €	55 €	64 €		47 €	55 €	64 €		47 €	55 €	64 €		80 €	91 €	108 €		80 €	91 €	108 €
	Netto Einsparung (Barwert)	Kein Zuschuss €/m²		-12 €	-4 €	-1 €		-13 €	-6 €	-6 €		-16 €	-10 €	44 €		2 €	41 €	29 €		-3 €	34 €	23 €
			15%			9 €			4 €			53 €			46 €				39 €			
			20%			12 €			7 €			56 €			51 €				45 €			
Mineralfaser gedübelt	Investitionskosten	€/m²		14 €	28 €	42 €		14 €	28 €	42 €		14 €	28 €	42 €		27 €	41 €	55 €		27 €	41 €	55 €
	Netto Einsparung (Barwert)	Kein Zuschuss €/m²		21 €	23 €	21 €		20 €	21 €	16 €		17 €	17 €	65 €		55 €	91 €	82 €		50 €	84 €	76 €
			15%			27 €			22 €			71 €			91 €				84 €			
			20%			29 €			24 €			73 €			93 €				87 €			
Wirtschaftlichkeit inkl. Arbeitskosten (30 €/h) (PU-Dämmung: U-Wert wie EPS und Mineralfaser --> geringere Dämmstärken)																						
EPS	Arbeitszeit	h/m²		2/3	2/3	2/3		2/3	2/3	2/3		2/3	2/3	2/3		2/3	2/3	2/3		2/3	2/3	2/3
	Investitionskosten	€/m²		31 €	38 €	45 €		31 €	38 €	45 €		31 €	38 €	45 €		38 €	45 €	52 €		38 €	45 €	52 €
	Netto Einsparung (Barwert)	Kein Zuschuss €/m²		4 €	13 €	18 €		3 €	11 €	13 €		0 €	7 €	62 €		44 €	87 €	85 €		39 €	80 €	79 €
			15%			24 €			20 €			69 €			93 €				87 €			
20%					27 €			22 €			71 €			96 €				90 €				
PU	Arbeitszeit	h/m²		3/4	3/4	3/4		3/4	3/4	3/4		3/4	3/4	3/4		3/4	3/4	3/4		3/4	3/4	3/4
	Investitionskosten	€/m²		70 €	78 €	86 €		70 €	78 €	86 €		70 €	78 €	86 €		103 €	114 €	131 €		103 €	114 €	131 €
	Netto Einsparung (Barwert)	Kein Zuschuss €/m²		-35 €	-27 €	-23 €		-35 €	-29 €	-28 €		-39 €	-33 €	21 €		-21 €	18 €	7 €		-25 €	12 €	1 €
			15%			-10 €			-15 €			34 €			26 €				20 €			
20%					-6 €			-11 €			38 €			33 €				27 €				
Mineralfaser gedübelt	Arbeitszeit	h/m²		3/4	3/4	3/4		3/4	3/4	3/4		3/4	3/4	3/4		3/4	3/4	3/4		3/4	3/4	3/4
	Investitionskosten	€/m²		37 €	51 €	65 €		37 €	51 €	65 €		37 €	51 €	65 €		50 €	64 €	78 €		50 €	64 €	78 €
	Netto Einsparung (Barwert)	Kein Zuschuss €/m²		-1 €	1 €	-2 €		-2 €	-2 €	-7 €		-5 €	-5 €	43 €		32 €	68 €	60 €		28 €	62 €	54 €
			15%			8 €			3 €			52 €			71 €				65 €			
20%					11 €			6 €			55 €			75 €				69 €				

U-Wert ohne neue Dämmung [W/(m²K)]		0,55	Bestand				Mittlere Qualität (MQ)								EnerPHit								
			Kellerdeckendämmung U-Wert der Kellerdecke [W/(m²K)]				Ohne Sockeldämmung				Mit Sockeldämmung				Ohne Sockeldämmung				Mit Sockeldämmung				
			Ohne	4 cm	8 cm	12 cm	Ohne	4 cm	8 cm	12 cm	Ohne	4 cm	8 cm	12 cm	Ohne	4 cm	8 cm	12 cm	Ohne	4 cm	8 cm	12 cm	
			0,55	0,34	0,24	0,19	0,55	0,34	0,24	0,19	0,55	0,34	0,24	0,19	0,55	0,34	0,24	0,19	0,55	0,34	0,24	0,19	
Temperaturgewichtungsfaktor Kellerdecke (Jahresverfahren)		[-]	0,50	0,57	0,60	0,62	0,48	0,54	0,56	0,57	0,44	0,51	0,54	0,56	0,50	0,57	0,60	0,61	0,46	0,54	0,58	0,61	
Energieeinsparung durch die KD-Dämmung (pro m² KD)		kWh/(m²a)		9	13	17		8	12	15		8	29	31		8	23	24		20	22	24	
Jährliche Heizkosteneinsparung bei 0,12 €/kWh		€/m²a)		1,04 €	1,59 €	1,98 €		1,00 €	1,46 €	1,76 €		0,93 €	3,50 €	3,77 €		0,91 €	2,74 €	2,93 €		2,34 €	2,66 €	2,86 €	
Barwert der eingesparten Energie		€/m²		26 €	40 €	50 €		25 €	37 €	44 €		23 €	88 €	95 €		23 €	69 €	74 €		59 €	67 €	72 €	
Wirtschaftlichkeit (PU-Dämmung: U-Wert wie EPS und Mineralfaser, es resultieren geringere Dämmstärken: 4 cm --> 2,7 cm; 8 cm --> 5,5 cm; 12 cm --> 8,2 cm)																							
EPS	Investitionskosten		€/m²		11 €	18 €	25 €		11 €	18 €	25 €		11 €	18 €	25 €		18 €	25 €	32 €		18 €	25 €	32 €
	Netto Einsparung (Barwert)	Kein Zuschuss	€/m²		15 €	22 €	25 €		14 €	19 €	19 €		12 €	70 €	70 €		5 €	44 €	42 €		41 €	42 €	40 €
		15%				25 €	29 €			22 €	23 €			74 €	73 €			49 €	46 €			47 €	45 €
		20%				25 €	30 €			22 €	24 €			74 €	75 €			49 €	48 €			47 €	46 €
PU	Investitionskosten		€/m²		47 €	55 €	64 €		47 €	55 €	64 €		47 €	55 €	64 €		80 €	91 €	108 €		80 €	91 €	108 €
	Netto Einsparung (Barwert)	Kein Zuschuss	€/m²		-21 €	-16 €	-14 €		-22 €	-19 €	-19 €		-24 €	33 €	31 €		-57 €	-22 €	-34 €		-21 €	-24 €	-36 €
		15%				-7 €	-4 €			-10 €	-10 €			41 €	41 €			-9 €	-18 €			-10 €	-20 €
		20%				-4 €	-1 €			-8 €	-7 €			44 €	44 €			-4 €	-13 €			-6 €	-15 €
Mineralfaser gedübelt	Investitionskosten		€/m²		14 €	28 €	42 €		14 €	28 €	42 €		14 €	28 €	42 €		27 €	41 €	55 €		27 €	41 €	55 €
	Netto Einsparung (Barwert)	Kein Zuschuss	€/m²		12 €	12 €	8 €		11 €	9 €	2 €		9 €	60 €	53 €		-4 €	28 €	19 €		32 €	26 €	17 €
		15%				16 €	14 €			13 €	9 €			64 €	59 €			34 €	27 €			32 €	25 €
		20%				17 €	16 €			14 €	11 €			66 €	61 €			36 €	30 €			34 €	28 €
Wirtschaftlichkeit inkl. Arbeitskosten (30 €/h) (PU-Dämmung: U-Wert wie EPS und Mineralfaser --> geringere Dämmstärken)																							
EPS	Arbeitszeit		h/m²		2/3	2/3	2/3		2/3	2/3	2/3		2/3	2/3	2/3		2/3	2/3	2/3		2/3	2/3	2/3
	Investitionskosten		€/m²		31 €	38 €	45 €		31 €	38 €	45 €		31 €	38 €	45 €		38 €	45 €	52 €		38 €	45 €	52 €
	Netto Einsparung (Barwert)	Kein Zuschuss	€/m²		-5 €	2 €	5 €		-6 €	-1 €	-1 €		-8 €	50 €	50 €		-15 €	24 €	22 €		21 €	22 €	20 €
		15%				8 €	12 €			4 €	6 €			56 €	56 €			30 €	29 €			29 €	28 €
20%					9 €	14 €			6 €	8 €			58 €	59 €			33 €	32 €			31 €	30 €	
PU	Arbeitszeit		h/m²		3/4	3/4	3/4		3/4	3/4	3/4		3/4	3/4	3/4		3/4	3/4	3/4		3/4	3/4	3/4
	Investitionskosten		€/m²		70 €	78 €	86 €		70 €	78 €	86 €		70 €	78 €	86 €		103 €	114 €	131 €		103 €	114 €	131 €
	Netto Einsparung (Barwert)	Kein Zuschuss	€/m²		-44 €	-38 €	-36 €		-45 €	-41 €	-42 €		-46 €	10 €	9 €		-80 €	-45 €	-57 €		-44 €	-47 €	-59 €
		15%				-26 €	-23 €			-30 €	-29 €			22 €	22 €			-28 €	-37 €			-30 €	-39 €
20%					-22 €	-19 €			-26 €	-25 €			26 €	26 €			-22 €	-31 €			-24 €	-33 €	
Mineralfaser gedübelt	Arbeitszeit		h/m²		3/4	3/4	3/4		3/4	3/4	3/4		3/4	3/4	3/4		3/4	3/4	3/4		3/4	3/4	3/4
	Investitionskosten		€/m²		37 €	51 €	65 €		37 €	51 €	65 €		37 €	51 €	65 €		50 €	64 €	78 €		50 €	64 €	78 €
	Netto Einsparung (Barwert)	Kein Zuschuss	€/m²		-10 €	-11 €	-15 €		-11 €	-14 €	-20 €		-13 €	37 €	30 €		-27 €	5 €	-4 €		9 €	3 €	-6 €
		15%				-3 €	-5 €			-6 €	-11 €			45 €	40 €			15 €	8 €			13 €	6 €
20%					-1 €	-2 €			-4 €	-7 €			48 €	43 €			18 €	12 €			16 €	10 €	

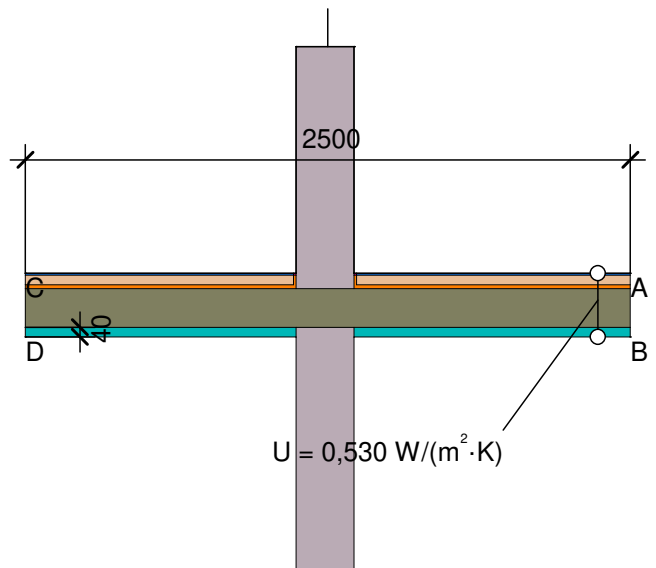
Anhang 2: Wärmebrückenberechnungen



$$\Phi_{A-C} = 35,96666 \text{ W/m}$$



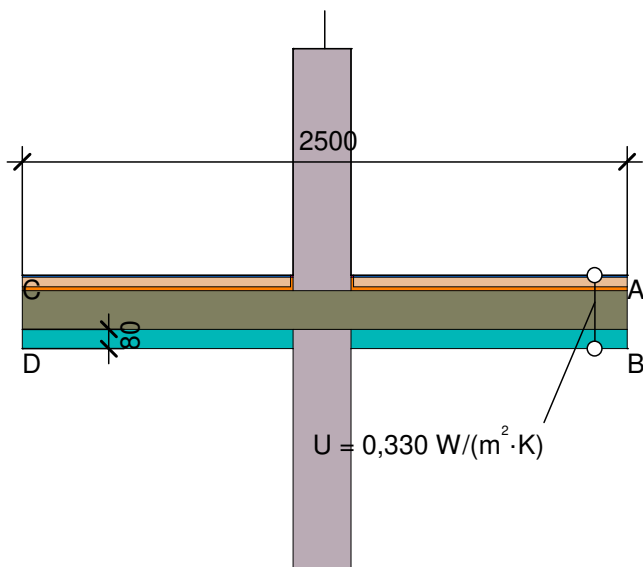
$$\Phi_{A-C} = 17,40486 \text{ W/m}$$



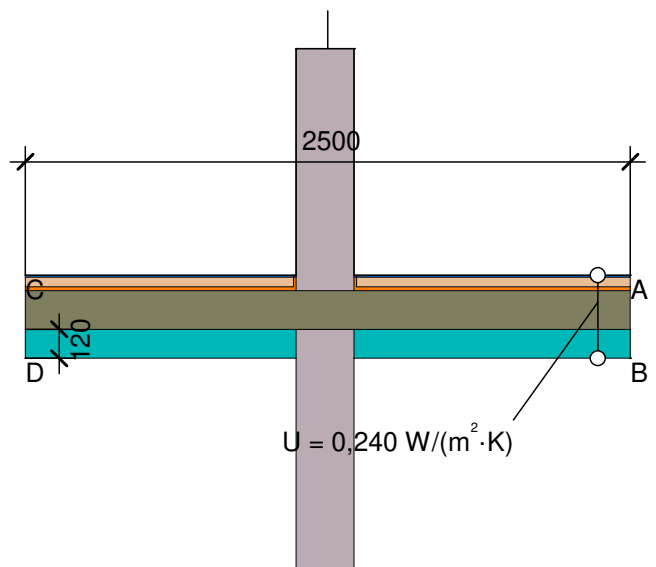
$$\Psi_{A-C} = \frac{\Phi}{\Delta T} - U_1 \cdot b_1 = \frac{35,967}{10,000} - 1,344 \cdot 2,500 = 0,238 \text{ W/(m·K)}$$

$$\Psi_{A-C} = \frac{\Phi}{\Delta T} - U_1 \cdot b_1 = \frac{17,405}{10,000} - 0,530 \cdot 2,500 = 0,416 \text{ W/(m·K)}$$

$$\Phi_{A-C} = 12,70193 \text{ W/m}$$



$$\Phi_{A-C} = 10,30011 \text{ W/m}$$



$$\Psi_{A-C} = \frac{\Phi}{\Delta T} - U_1 \cdot b_1 = \frac{12,702}{10,000} - 0,330 \cdot 2,500 = 0,445 \text{ W/(m·K)}$$

$$\Psi_{A-C} = \frac{\Phi}{\Delta T} - U_1 \cdot b_1 = \frac{10,300}{10,000} - 0,240 \cdot 2,500 = 0,431 \text{ W/(m·K)}$$

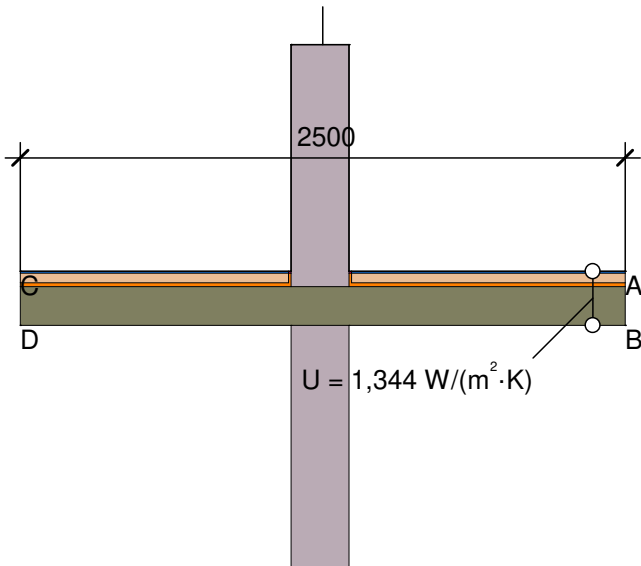
U-Wert alte Kellerdecke: 1,34 W/(m²K)

IW15

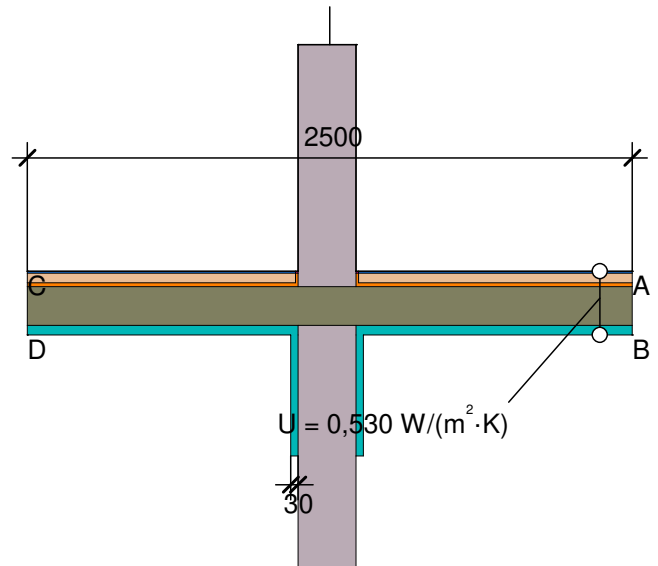
Zusätzliche Dämmung: 4, 8, 12 cm

FS1 IW1: FLOOR SLAB-INTERNAL WALL | BODENPLATTE-INNENWAND

$$\Phi_{A-C} = 35,96666 \text{ W/m}$$



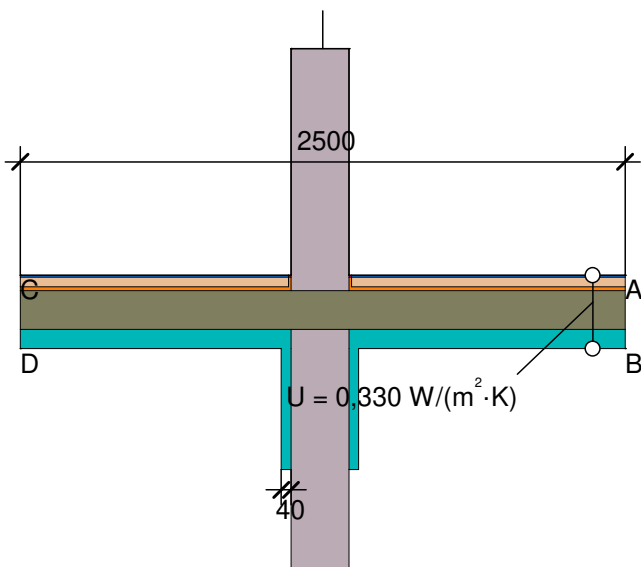
$$\Phi_{A-C} = 15,27757 \text{ W/m}$$



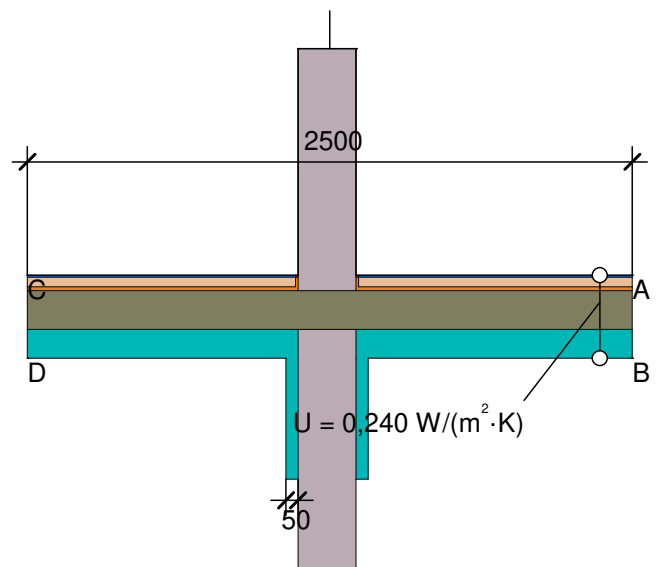
$$\Psi_{A-C} = \frac{\Phi}{\Delta T} - U_1 \cdot b_1 = \frac{15,278}{10,000} - 0,530 \cdot 2,500 = 0,203 \text{ W/(m·K)}$$

$$\Psi_{A-C} = \frac{\Phi}{\Delta T} - U_1 \cdot b_1 = \frac{35,967}{10,000} - 1,344 \cdot 2,500 = 0,238 \text{ W/(m·K)}$$

$$\Phi_{A-C} = 10,55850 \text{ W/m}$$



$$\Phi_{A-C} = 8,30614 \text{ W/m}$$



$$\Psi_{A-C} = \frac{\Phi}{\Delta T} - U_1 \cdot b_1 = \frac{8,306}{10,000} - 0,240 \cdot 2,500 = 0,232 \text{ W/(m·K)}$$

$$\Psi_{A-C} = \frac{\Phi}{\Delta T} - U_1 \cdot b_1 = \frac{10,559}{10,000} - 0,330 \cdot 2,500 = 0,231 \text{ W/(m·K)}$$

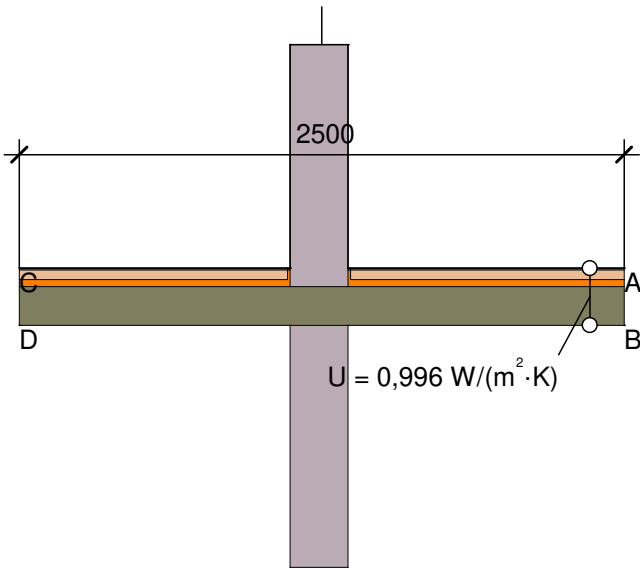
U-Wert alte Kellerdecke: 1,35 W/(m²K) mit Flankendämmung

IW15-Flanke Zusätzliche Dämmung: 4 (3 Flanke), 8 (4 Flanke), 12 (5 Flanke) cm

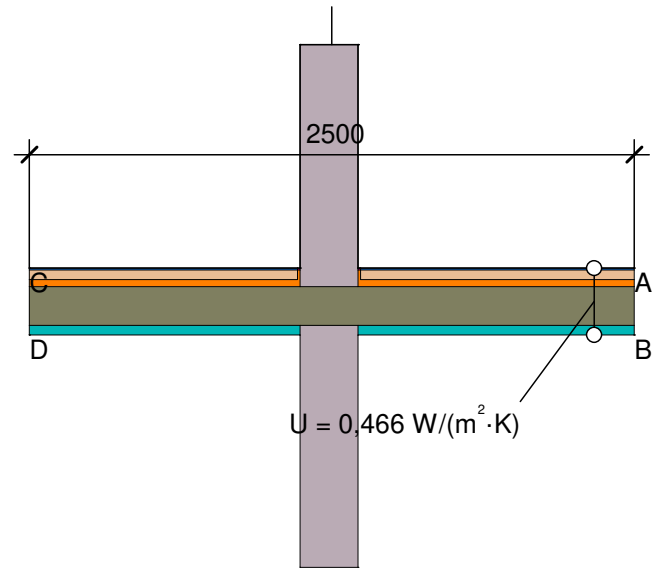
FS1 IW1: FLOOR SLAB-INTERNAL WALL | BODENPLATTE-INNENWAND



$$\Phi_{A-C} = 28,32571 \text{ W/m}$$



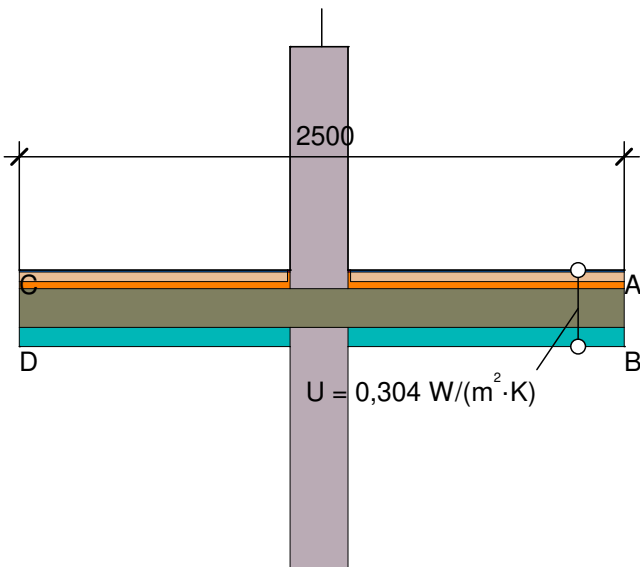
$$\Phi_{A-C} = 15,56609 \text{ W/m}$$



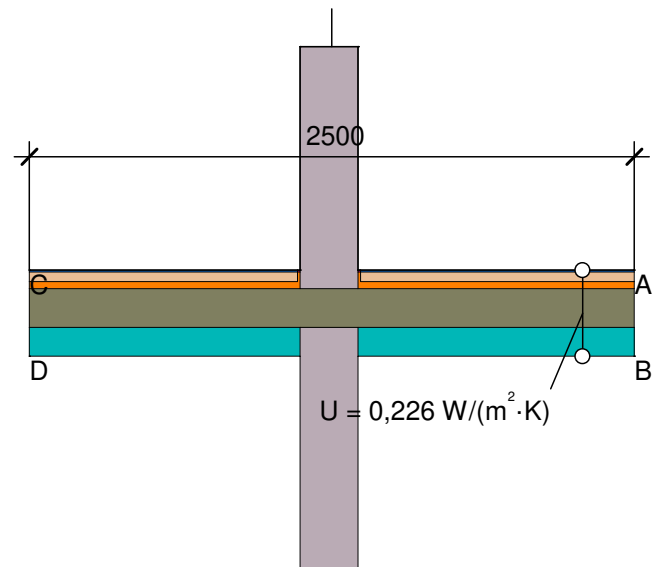
$$\Psi_{A-C} = \frac{\Phi}{\Delta T} - U_1 \cdot b_1 = \frac{15,566}{10,000} - 0,466 \cdot 2,500 = 0,392 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$$

$$\Psi_{A-C} = \frac{\Phi}{\Delta T} - U_1 \cdot b_1 = \frac{28,326}{10,000} - 0,996 \cdot 2,500 = 0,343 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$$

$$\Phi_{A-C} = 11,73353 \text{ W/m}$$



$$\Phi_{A-C} = 9,66702 \text{ W/m}$$



$$\Psi_{A-C} = \frac{\Phi}{\Delta T} - U_1 \cdot b_1 = \frac{11,734}{10,000} - 0,304 \cdot 2,500 = 0,413 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$$

$$\Psi_{A-C} = \frac{\Phi}{\Delta T} - U_1 \cdot b_1 = \frac{9,667}{10,000} - 0,226 \cdot 2,500 = 0,403 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$$

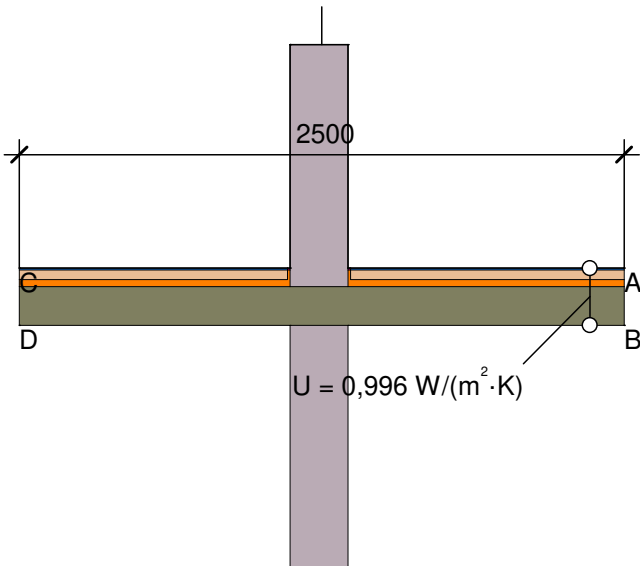
U-Wert alte Kellerdecke: 1,0 W/(m²K)

IW28

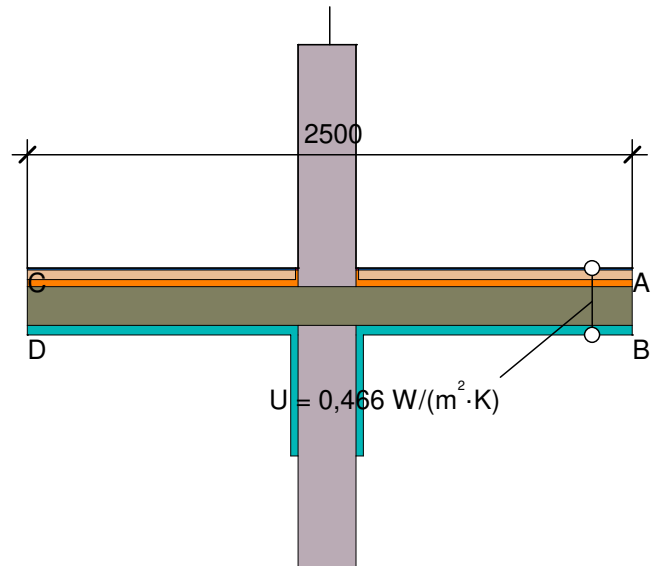
Zusätzliche Dämmung: 4, 8, 12 cm

FS1 IW1: FLOOR SLAB-INTERNAL WALL | BODENPLATTE-INNENWAND

$$\Phi_{A-C} = 28,32571 \text{ W/m}$$



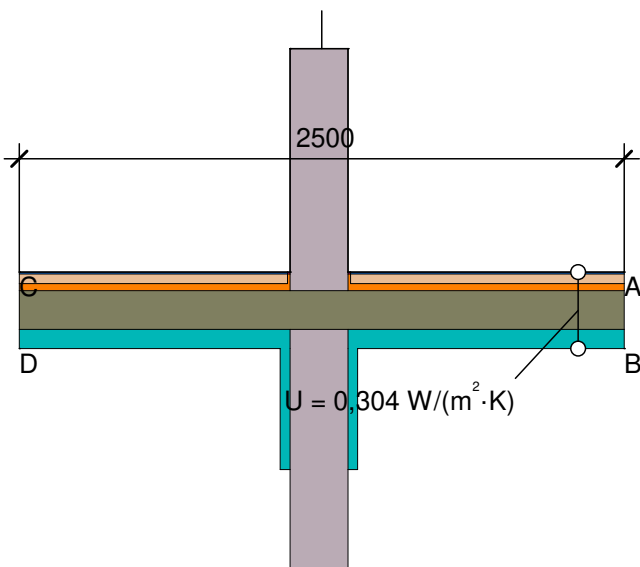
$$\Phi_{A-C} = 13,76862 \text{ W/m}$$



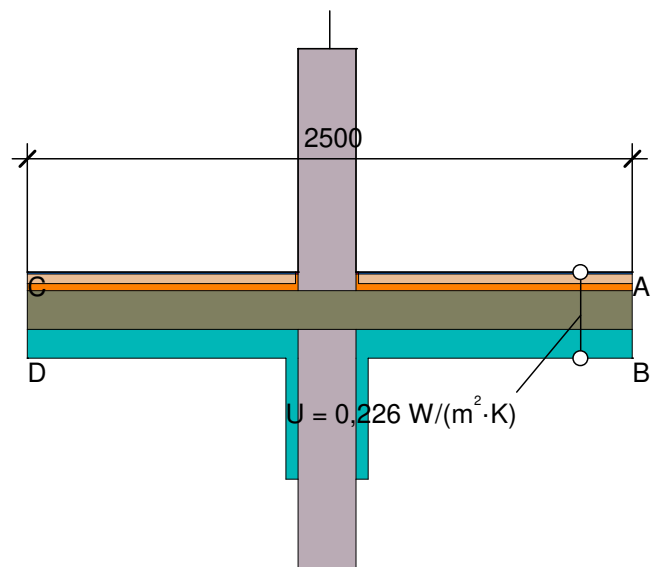
$$\psi_{A-C} = \frac{\Phi}{\Delta T} - U_1 \cdot b_1 = \frac{28,326}{10,000} - 0,996 \cdot 2,500 = 0,343 \text{ W/(m·K)}$$

$$\psi_{A-C} = \frac{\Phi}{\Delta T} - U_1 \cdot b_1 = \frac{13,769}{10,000} - 0,466 \cdot 2,500 = 0,213 \text{ W/(m·K)}$$

$$\Phi_{A-C} = 9,84287 \text{ W/m}$$



$$\Phi_{A-C} = 7,86771 \text{ W/m}$$



$$\psi_{A-C} = \frac{\Phi}{\Delta T} - U_1 \cdot b_1 = \frac{9,843}{10,000} - 0,304 \cdot 2,500 = 0,224 \text{ W/(m·K)}$$

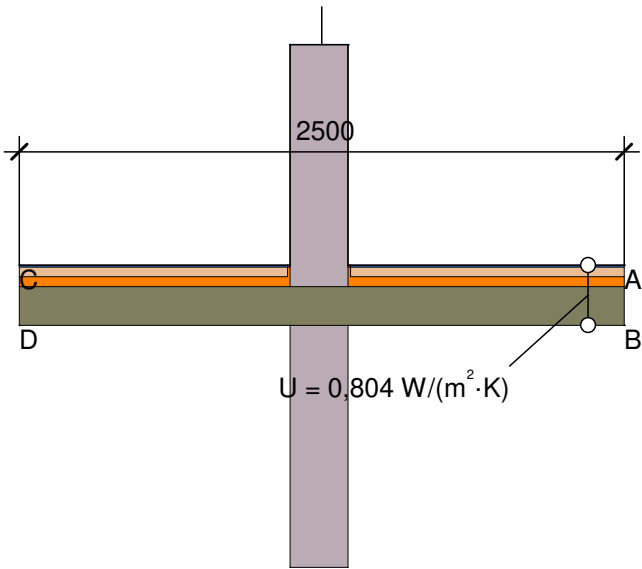
$$\psi_{A-C} = \frac{\Phi}{\Delta T} - U_1 \cdot b_1 = \frac{7,868}{10,000} - 0,226 \cdot 2,500 = 0,223 \text{ W/(m·K)}$$

U-Wert alte Kellerdecke: 1,00 W/(m²K) mit Flankendämmung

IW28-Flanke Zusätzliche Dämmung: 4 (3 Flanke), 8 (4 Flanke), 12 (5 Flanke) cm

FS1 IW1: FLOOR SLAB-INTERNAL WALL | BODENPLATTE-INNENWAND

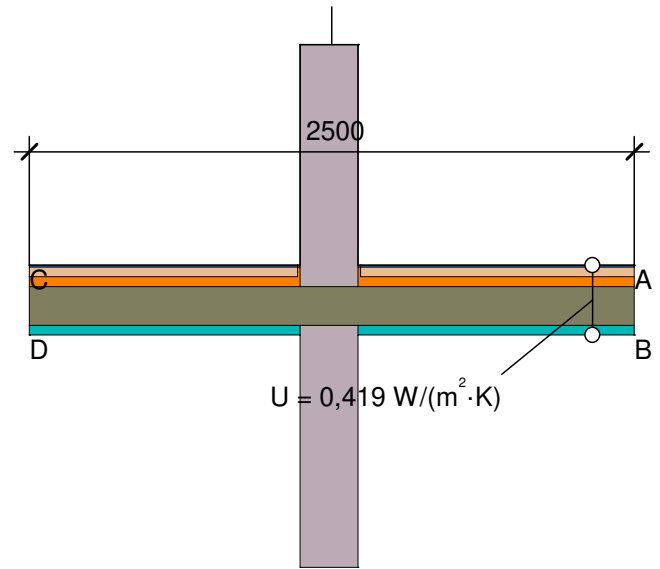
$$\Phi_{A-C} = 24,04370 \text{ W/m}$$



$$U = 0,804 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

$$\Psi_{A-C} = \frac{\Phi}{\Delta T} - U_1 \cdot b_1 = \frac{24,044}{10,000} - 0,804 \cdot 2,500 = 0,395 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

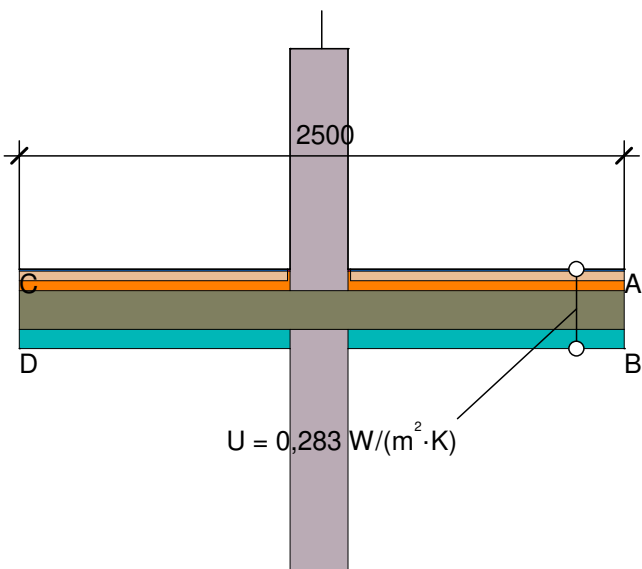
$$\Phi_{A-C} = 14,28496 \text{ W/m}$$



$$U = 0,419 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

$$\Psi_{A-C} = \frac{\Phi}{\Delta T} - U_1 \cdot b_1 = \frac{14,285}{10,000} - 0,419 \cdot 2,500 = 0,381 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

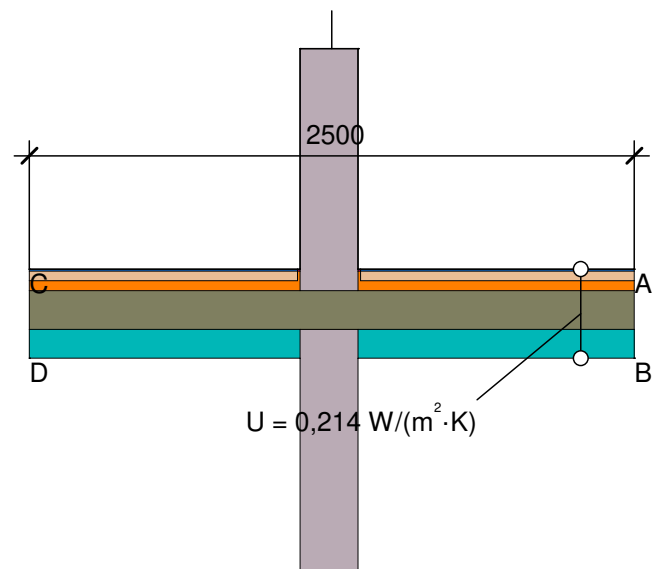
$$\Phi_{A-C} = 11,01879 \text{ W/m}$$



$$U = 0,283 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

$$\Psi_{A-C} = \frac{\Phi}{\Delta T} - U_1 \cdot b_1 = \frac{11,019}{10,000} - 0,283 \cdot 2,500 = 0,394 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

$$\Phi_{A-C} = 9,18791 \text{ W/m}$$



$$U = 0,214 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

$$\Psi_{A-C} = \frac{\Phi}{\Delta T} - U_1 \cdot b_1 = \frac{9,188}{10,000} - 0,214 \cdot 2,500 = 0,384 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

U-Wert alte Kellerdecke: 0,80 W/(m²K)

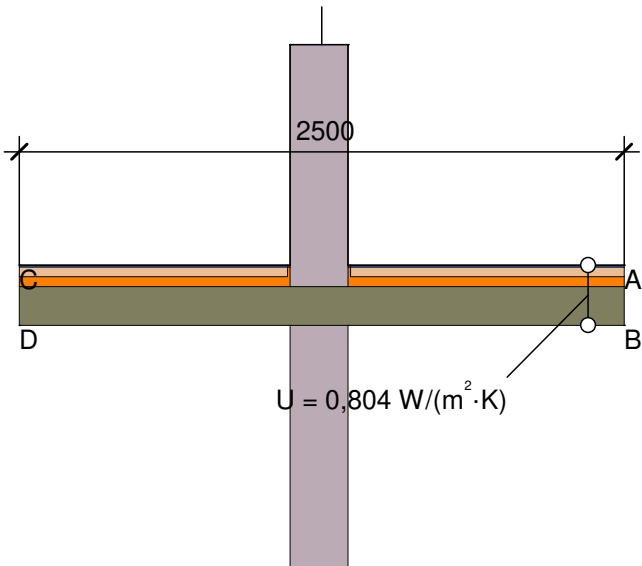
IW40

Zusätzliche Dämmung: 4, 8, 12 cm

FS1 IW1: FLOOR SLAB-INTERNAL WALL | BODENPLATTE-INNENWAND

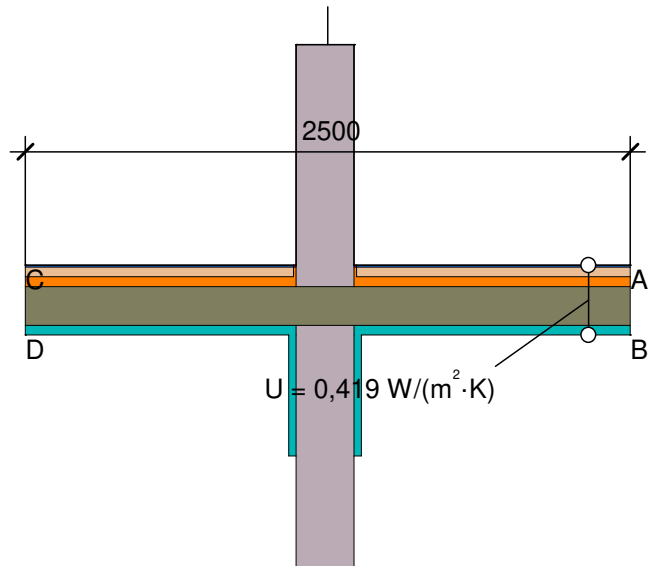


$$\Phi_{A-C} = 24,04370 \text{ W/m}$$



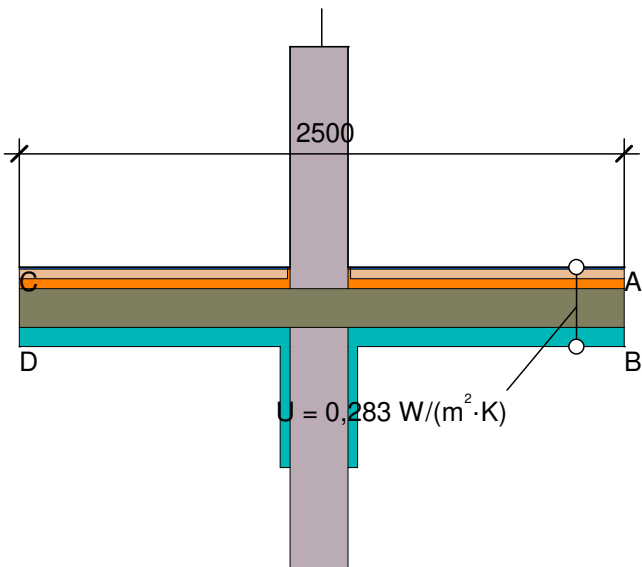
$$\Psi_{A-C} = \frac{\Phi}{\Delta T} - U_i \cdot b_1 = \frac{24,044}{10,000} - 0,804 \cdot 2,500 = 0,395 \text{ W/(m·K)}$$

$$\Phi_{A-C} = 12,70413 \text{ W/m}$$



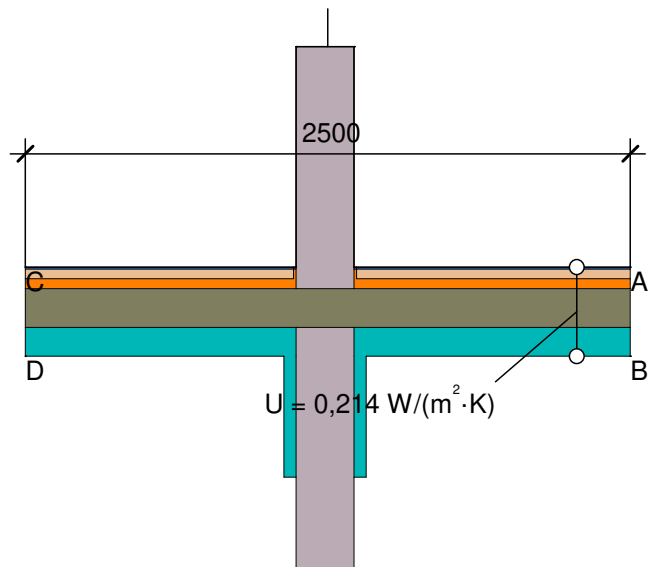
$$\Psi_{A-C} = \frac{\Phi}{\Delta T} - U_i \cdot b_1 = \frac{12,704}{10,000} - 0,419 \cdot 2,500 = 0,223 \text{ W/(m·K)}$$

$$\Phi_{A-C} = 9,30660 \text{ W/m}$$



$$\Psi_{A-C} = \frac{\Phi}{\Delta T} - U_i \cdot b_1 = \frac{9,307}{10,000} - 0,283 \cdot 2,500 = 0,222 \text{ W/(m·K)}$$

$$\Phi_{A-C} = 7,52968 \text{ W/m}$$



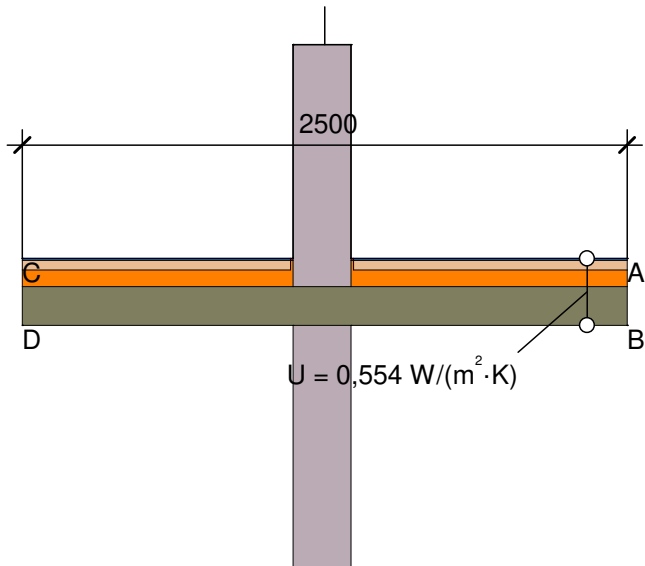
$$\Psi_{A-C} = \frac{\Phi}{\Delta T} - U_i \cdot b_1 = \frac{7,530}{10,000} - 0,214 \cdot 2,500 = 0,218 \text{ W/(m·K)}$$

U-Wert alte Kellerdecke: 0,80 W/(m²K) mit Flankendämmung

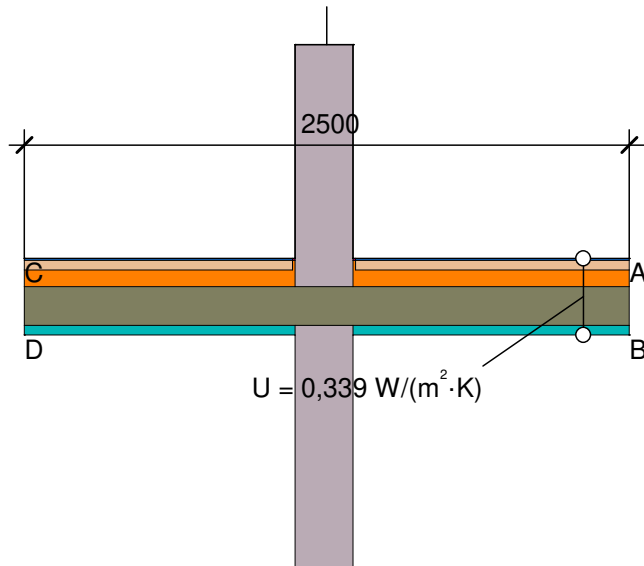
IW40-Flanke Zusätzliche Dämmung: 4 (3 Flanke), 8 (4 Flanke), 12 (5 Flanke) cm

FS1 IW1: FLOOR SLAB-INTERNAL WALL | BODENPLATTE-INNENWAND

$$\Phi_{A-C} = 18,26461 \text{ W/m}$$



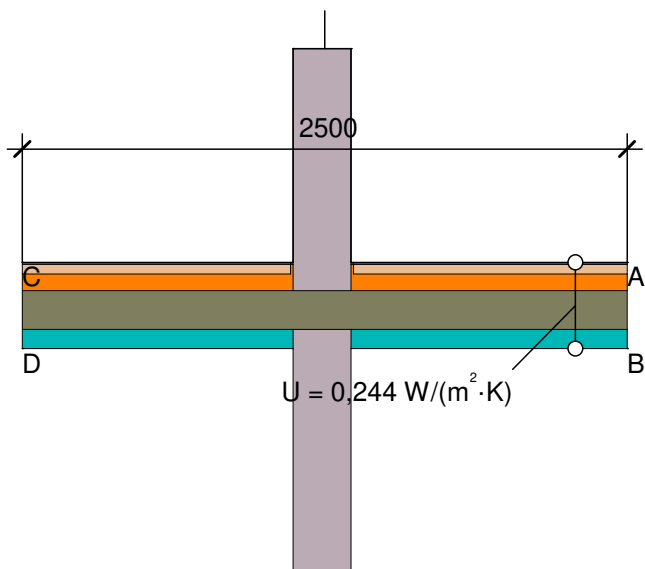
$$\Phi_{A-C} = 12,15186 \text{ W/m}$$



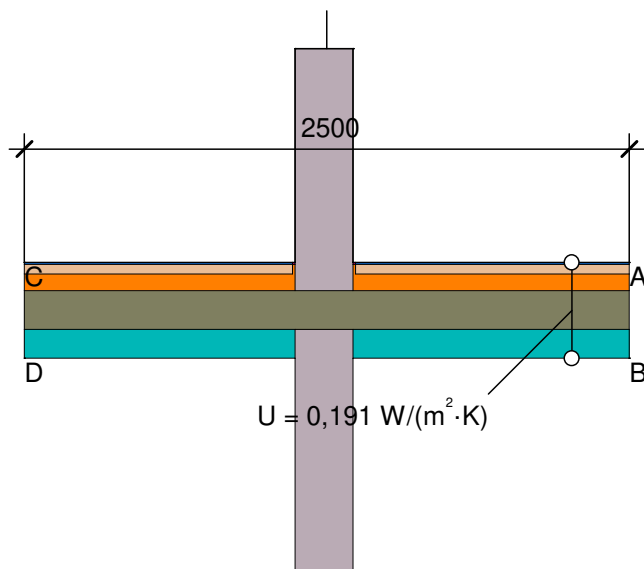
$$\Psi_{A-C} = \frac{\Phi}{\Delta T} - U_i \cdot b_i = \frac{18,265}{10,000} - 0,554 \cdot 2,500 = 0,441 \text{ W/(m·K)}$$

$$\Psi_{A-C} = \frac{\Phi}{\Delta T} - U_i \cdot b_i = \frac{12,152}{10,000} - 0,339 \cdot 2,500 = 0,367 \text{ W/(m·K)}$$

$$\Phi_{A-C} = 9,74422 \text{ W/m}$$



$$\Phi_{A-C} = 8,29943 \text{ W/m}$$



$$\Psi_{A-C} = \frac{\Phi}{\Delta T} - U_i \cdot b_i = \frac{9,744}{10,000} - 0,244 \cdot 2,500 = 0,363 \text{ W/(m·K)}$$

$$\Psi_{A-C} = \frac{\Phi}{\Delta T} - U_i \cdot b_i = \frac{8,299}{10,000} - 0,191 \cdot 2,500 = 0,352 \text{ W/(m·K)}$$

U-Wert alte Kellerdecke: 0,55 W/(m²K)

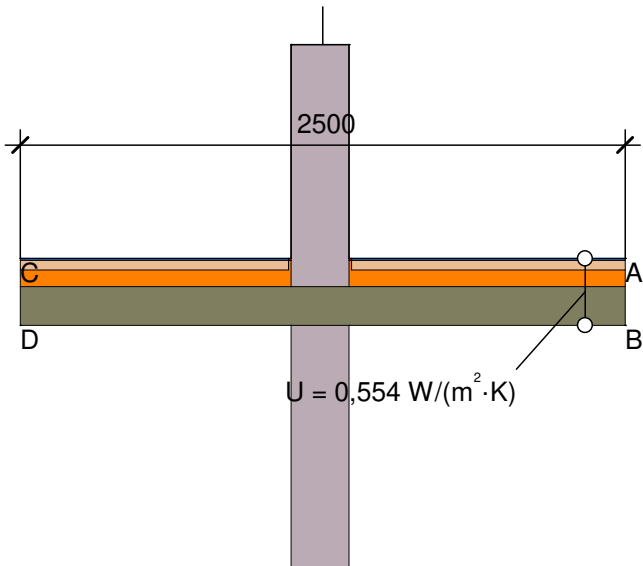
IW68

Zusätzliche Dämmung: 4, 8, 12 cm

FS1 IW1: FLOOR SLAB-INTERNAL WALL | BODENPLATTE-INNENWAND



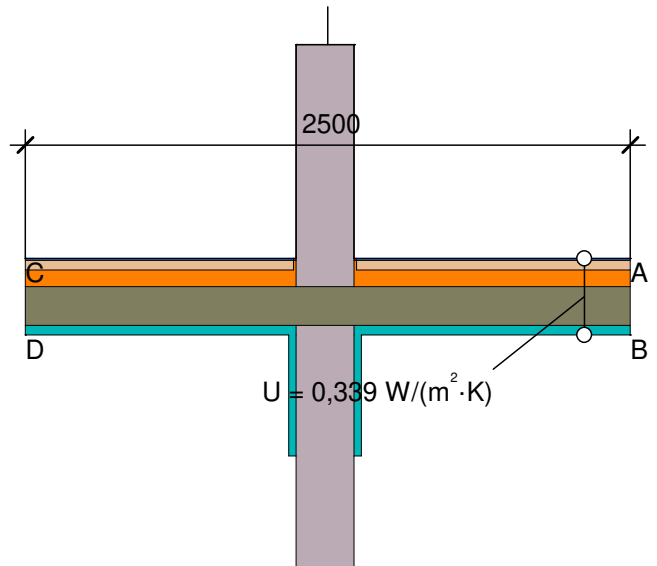
$$\Phi_{A-C} = 18,26461 \text{ W/m}$$



$$U = 0,554 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

$$\Psi_{A-C} = \frac{\Phi}{\Delta T} - U_1 \cdot b_1 = \frac{18,265}{10,000} - 0,554 \cdot 2,500 = 0,441 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

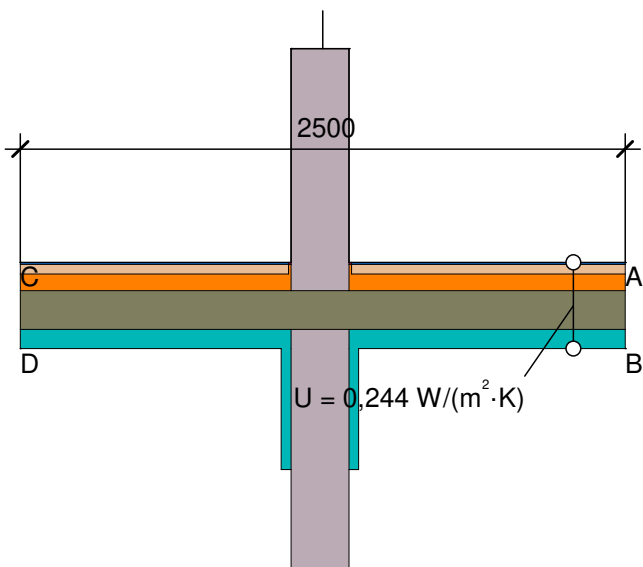
$$\Phi_{A-C} = 10,91418 \text{ W/m}$$



$$U = 0,339 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

$$\Psi_{A-C} = \frac{\Phi}{\Delta T} - U_1 \cdot b_1 = \frac{10,914}{10,000} - 0,339 \cdot 2,500 = 0,243 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

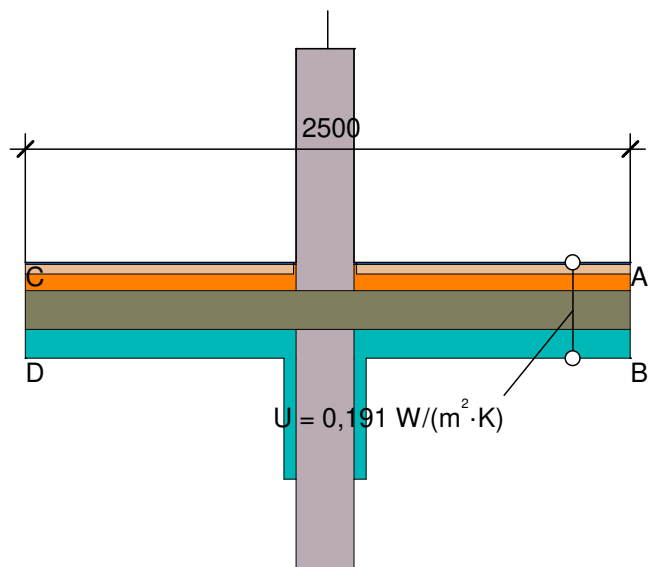
$$\Phi_{A-C} = 8,33645 \text{ W/m}$$



$$U = 0,244 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

$$\Psi_{A-C} = \frac{\Phi}{\Delta T} - U_1 \cdot b_1 = \frac{8,336}{10,000} - 0,244 \cdot 2,500 = 0,222 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

$$\Phi_{A-C} = 6,89394 \text{ W/m}$$



$$U = 0,191 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

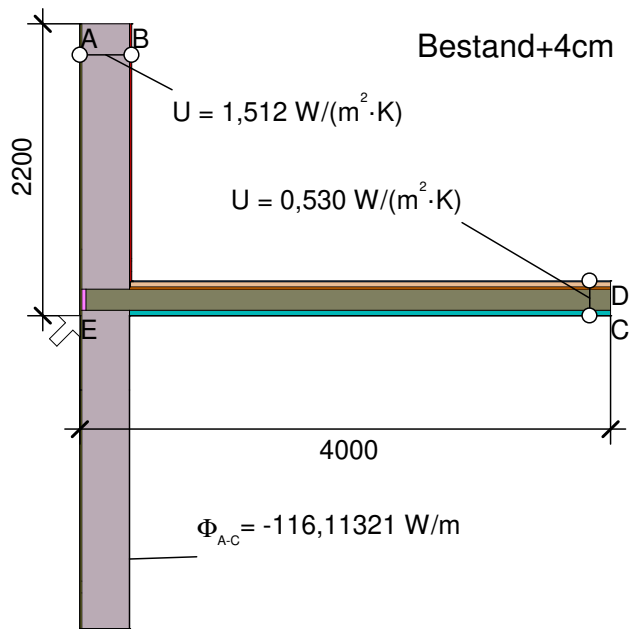
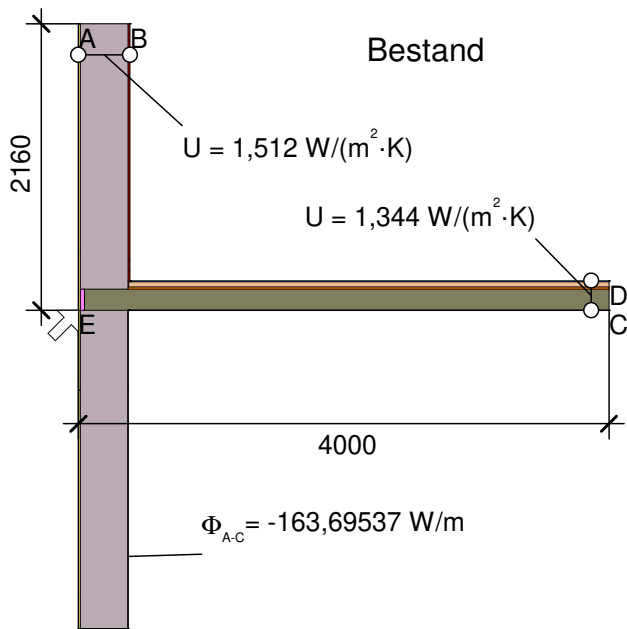
$$\Psi_{A-C} = \frac{\Phi}{\Delta T} - U_1 \cdot b_1 = \frac{6,894}{10,000} - 0,191 \cdot 2,500 = 0,212 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

U-Wert alte Kellerdecke: 0,55 W/(m²K) mit Flankendämmung

IW68-Flanke Zusätzliche Dämmung: 4 (3 Flanke), 8 (4 Flanke), 12 (5 Flanke) cm

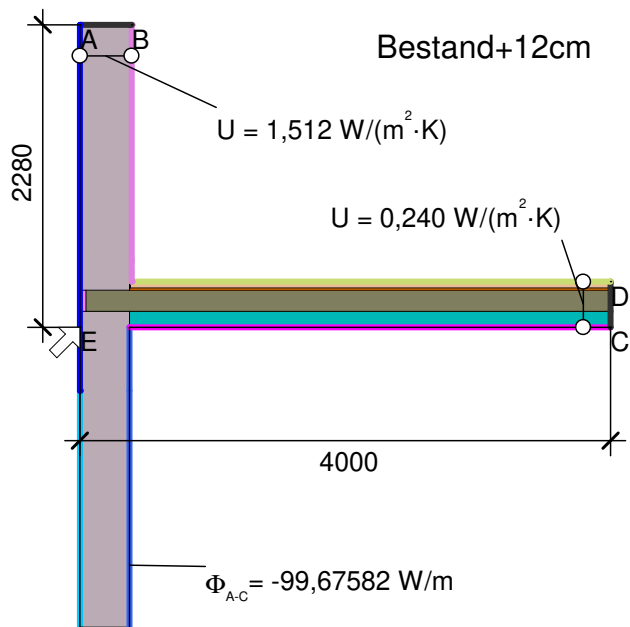
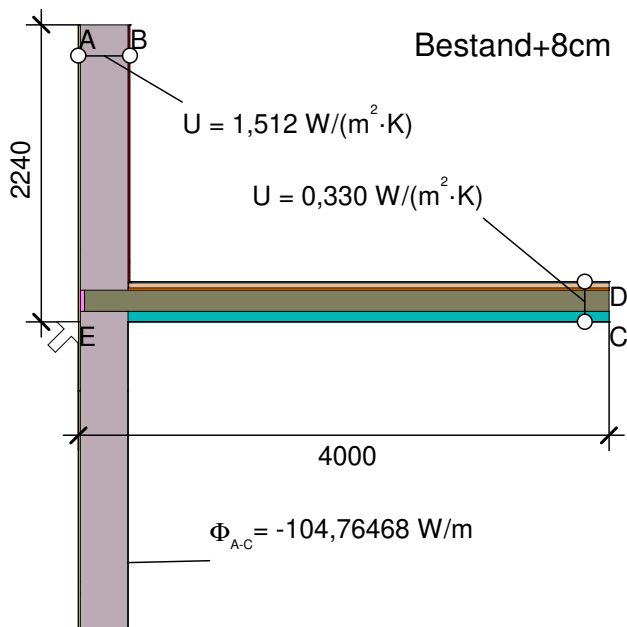
FS1 IW1: FLOOR SLAB-INTERNAL WALL | BODENPLATTE-INNENWAND





$$\psi_{A-E-C} = \frac{\Phi - U_1 \cdot b_1 \cdot \Delta T_1 - U_2 \cdot b_2 \cdot \Delta T_2}{\Delta T} = \frac{163,695 - 1,512 \cdot 2,160 \cdot 25,000 - 1,344 \cdot 4,000 \cdot 17,500}{25,000} = -0,480 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$$

$$\psi_{A-E-C} = \frac{\Phi - U_1 \cdot b_1 \cdot \Delta T_1 - U_2 \cdot b_2 \cdot \Delta T_2}{\Delta T} = \frac{116,113 - 1,512 \cdot 2,200 \cdot 25,000 - 0,530 \cdot 4,000 \cdot 17,500}{25,000} = -0,166 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$$

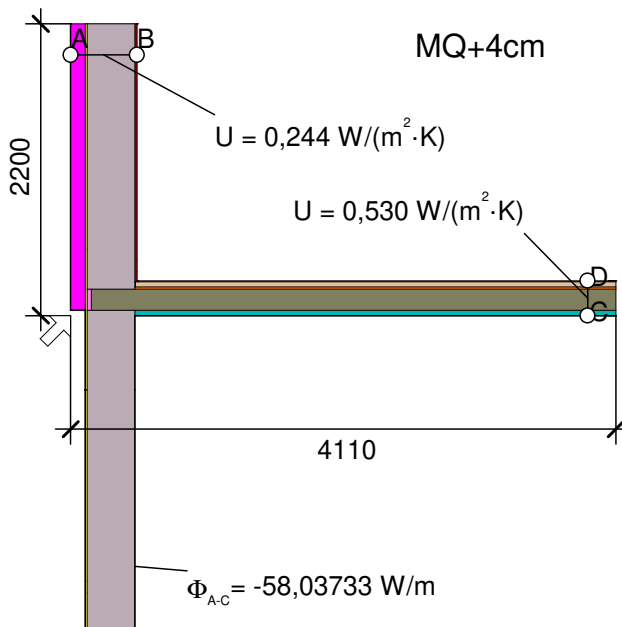
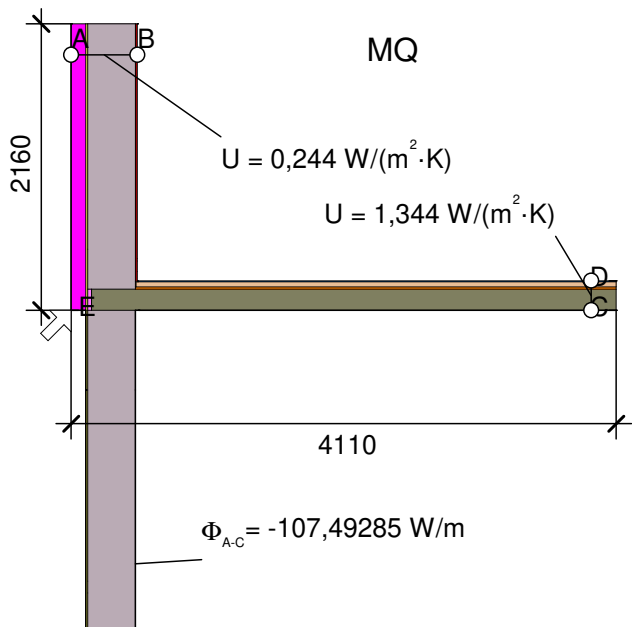


$$\psi_{A-E-C} = \frac{\Phi - U_1 \cdot b_1 \cdot \Delta T_1 - U_2 \cdot b_2 \cdot \Delta T_2}{\Delta T} = \frac{104,765 - 1,512 \cdot 2,240 \cdot 25,000 - 0,330 \cdot 4,000 \cdot 17,500}{25,000} = -0,121 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$$

$$\psi_{A-E-C} = \frac{\Phi - U_1 \cdot b_1 \cdot \Delta T_1 - U_2 \cdot b_2 \cdot \Delta T_2}{\Delta T} = \frac{99,676 - 1,512 \cdot 2,280 \cdot 25,000 - 0,240 \cdot 4,000 \cdot 17,500}{25,000} = -0,132 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$$

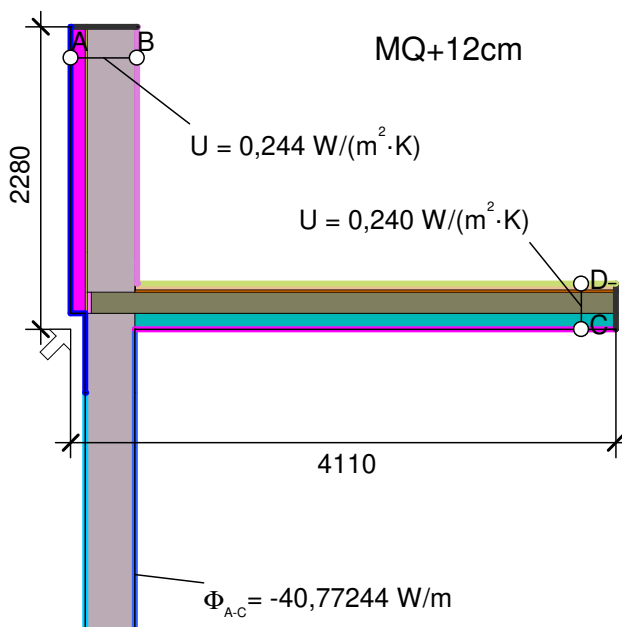
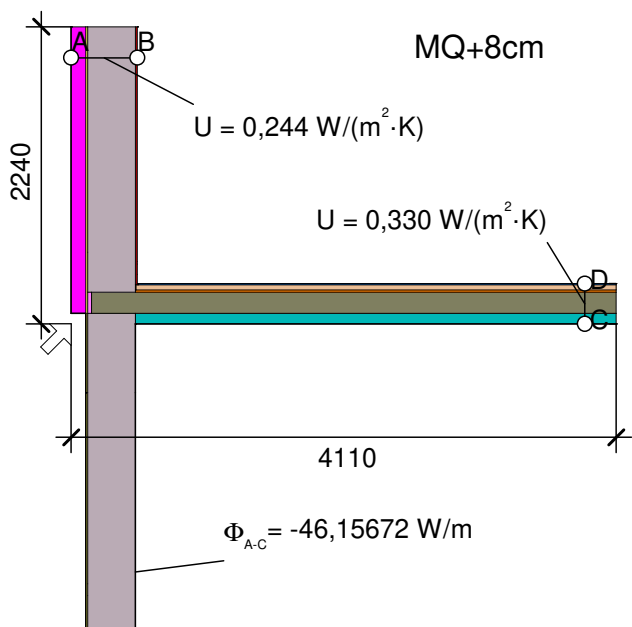
Material	λ [W/(m·K)]
Artificial stone Kunststein 10456	1,300
Cement screed Zement-Estrich 4108	1,400
Concrete block	0,800
Concrete, 1% Steel Beton, 1% Stahl 10456	2,300
Insulation Wärmedämmung 035	0,035
Insulation Wärmedämmung 040	0,040
Interior plaster Gipsputz 10456	0,570
Kalkzementputz	1,000
Purenit 500 M	0,086
Silicone Silikon	0,350
Trittschal 050	0,050

Randbedingung	θ [°C]	R [(m²·K)/W]
Exterior Erdr < 1 m -5 0.04	-5,000	0,040
Exterior Außen	-5,000	0,040
Int. flux down Innen abwärts	20,000	0,170
Interior Innen	20,000	0,130
Unheated auf 2.5 0.17	2,500	0,170
Unheated hori 2.5 0.13	2,500	0,130
Adiabatic Adiatat		



$$\psi_{A-E-C} = \frac{\Phi - U_1 \cdot b_1 \cdot \Delta T_1 - U_2 \cdot b_2 \cdot \Delta T_2}{\Delta T} = \frac{107,493 - 0,244 \cdot 2,160 \cdot 25,000 - 1,344 \cdot 4,110 \cdot 17,500}{25,000} = -0,093 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$$

$$\psi_{A-E-C} = \frac{\Phi - U_1 \cdot b_1 \cdot \Delta T_1 - U_2 \cdot b_2 \cdot \Delta T_2}{\Delta T} = \frac{58,037 - 0,244 \cdot 2,200 \cdot 25,000 - 0,530 \cdot 4,110 \cdot 17,500}{25,000} = 0,260 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$$

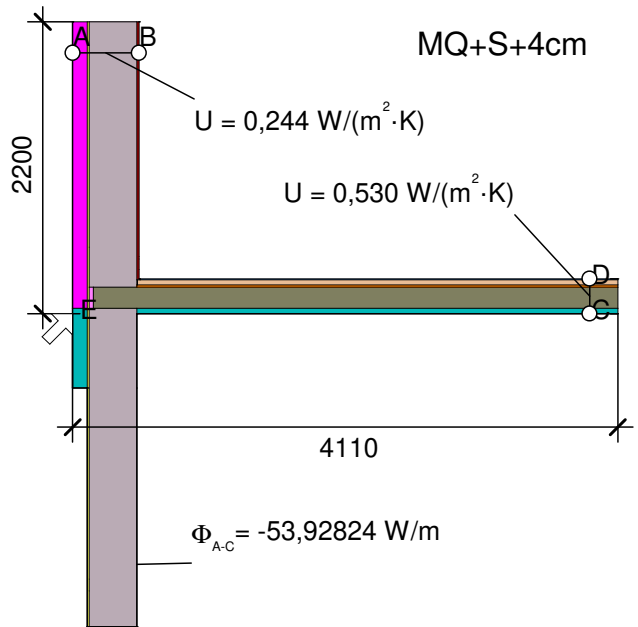
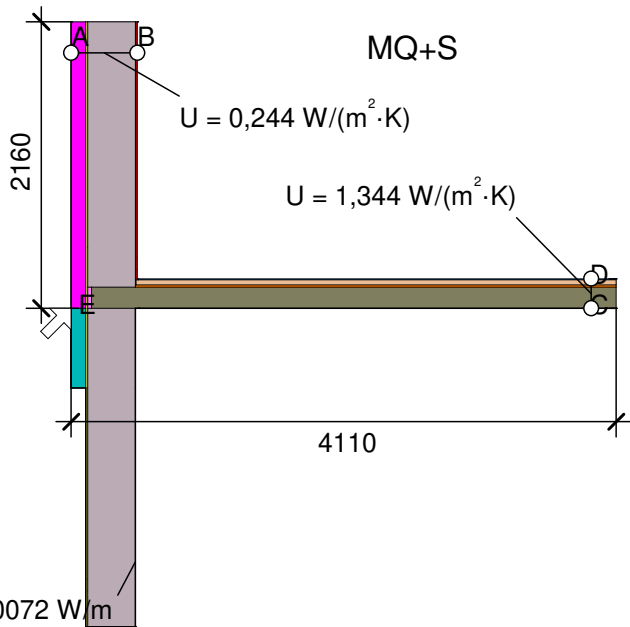


$$\psi_{A-E-C} = \frac{\Phi - U_1 \cdot b_1 \cdot \Delta T_1 - U_2 \cdot b_2 \cdot \Delta T_2}{\Delta T} = \frac{46,157 - 0,244 \cdot 2,240 \cdot 25,000 - 0,330 \cdot 4,110 \cdot 17,500}{25,000} = 0,350 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$$

$$\psi_{A-E-C} = \frac{\Phi - U_1 \cdot b_1 \cdot \Delta T_1 - U_2 \cdot b_2 \cdot \Delta T_2}{\Delta T} = \frac{40,772 - 0,244 \cdot 2,280 \cdot 25,000 - 0,240 \cdot 4,110 \cdot 17,500}{25,000} = 0,385 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$$

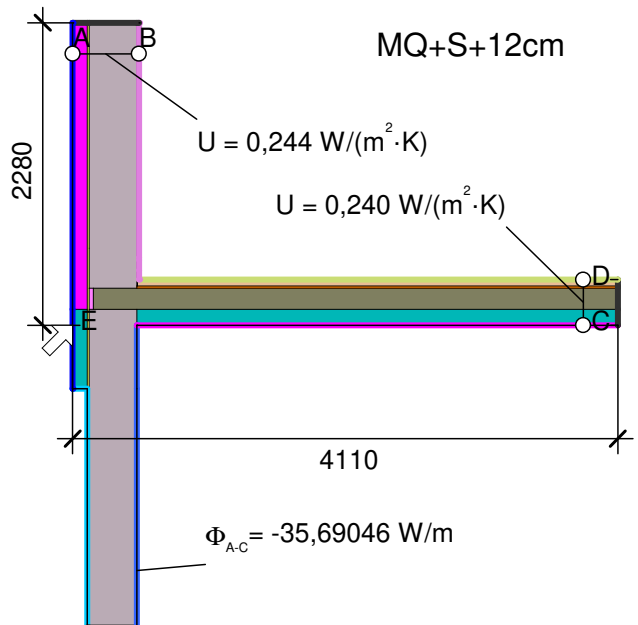
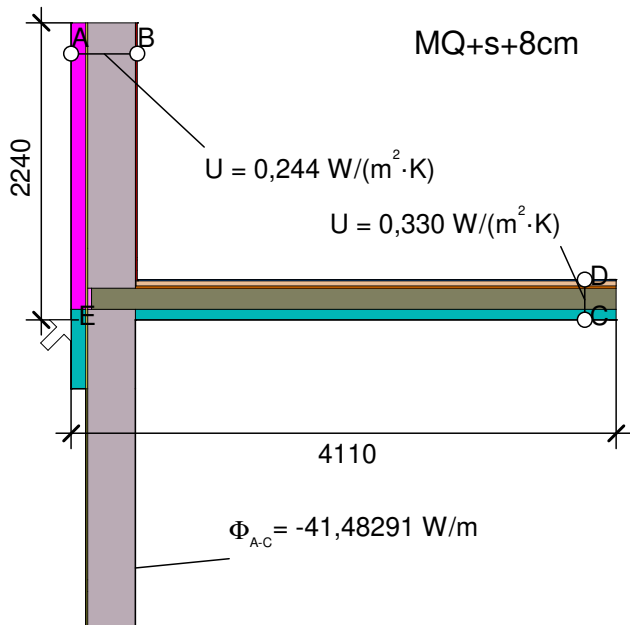
Material	λ [W/(m·K)]
Artificial stone Kunststein 10456	1,300
Cement screed Zement-Estrich 4108	1,400
Concrete block	0,800
Concrete, 1% Steel Beton, 1% Stahl 10456	2,300
Insulation Wärmedämmung 035	0,035
Insulation Wärmedämmung 040	0,040
Insulation Wärmedämmung 032	0,032
Interior plaster Gipsputz 10456	0,570
Kalkzementputz	1,000
Purenit 500 M	0,086
Silicone Silikon	0,350
Trittschal 050	0,050

Randbedingung	θ [°C]	R [(m²·K)/W]
Exterior Erdr < 1 m -5 0.04	-5,000	0,040
Exterior Außen	-5,000	0,040
Int. flux down Innen abwärts	20,000	0,170
Interior Innen	20,000	0,130
Unheated auf 2.5 0.17	2,500	0,170
Unheated hori 2.5 0.13	2,500	0,130
Adiabatic Adiatat		



$$\psi_{A-E-C} = \frac{\Phi - U_1 \cdot b_1 \cdot \Delta T_1 - U_2 \cdot b_2 \cdot \Delta T_2}{\Delta T} = \frac{104,901 - 0,244 \cdot 2,160 \cdot 25,000 - 1,344 \cdot 4,110 \cdot 17,500}{25,000} = -0,196 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$$

$$\psi_{A-E-C} = \frac{\Phi - U_1 \cdot b_1 \cdot \Delta T_1 - U_2 \cdot b_2 \cdot \Delta T_2}{\Delta T} = \frac{53,928 - 0,244 \cdot 2,200 \cdot 25,000 - 0,530 \cdot 4,110 \cdot 17,500}{25,000} = 0,096 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$$

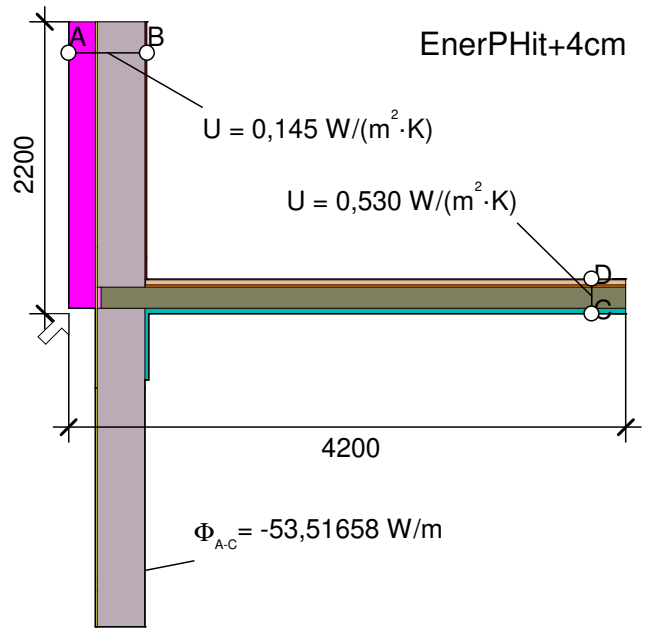
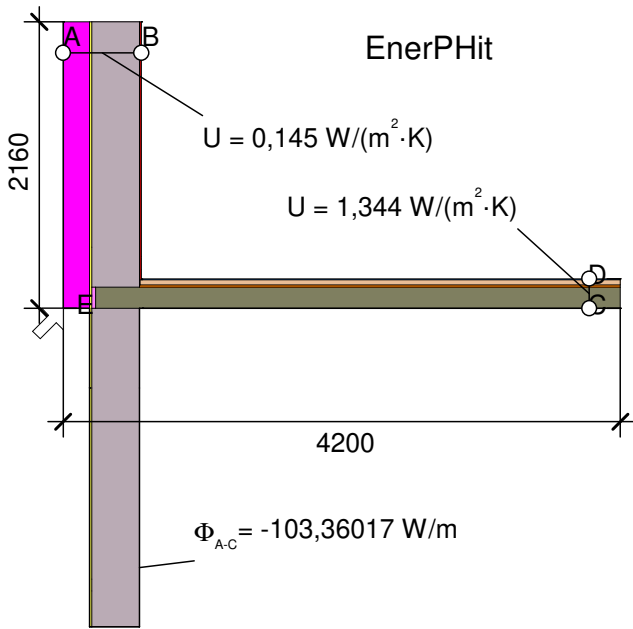


$$\psi_{A-E-C} = \frac{\Phi - U_1 \cdot b_1 \cdot \Delta T_1 - U_2 \cdot b_2 \cdot \Delta T_2}{\Delta T} = \frac{41,483 - 0,244 \cdot 2,240 \cdot 25,000 - 0,330 \cdot 4,110 \cdot 17,500}{25,000} = 0,163 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$$

$$\psi_{A-E-C} = \frac{\Phi - U_1 \cdot b_1 \cdot \Delta T_1 - U_2 \cdot b_2 \cdot \Delta T_2}{\Delta T} = \frac{35,690 - 0,244 \cdot 2,280 \cdot 25,000 - 0,240 \cdot 4,110 \cdot 17,500}{25,000} = 0,182 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$$

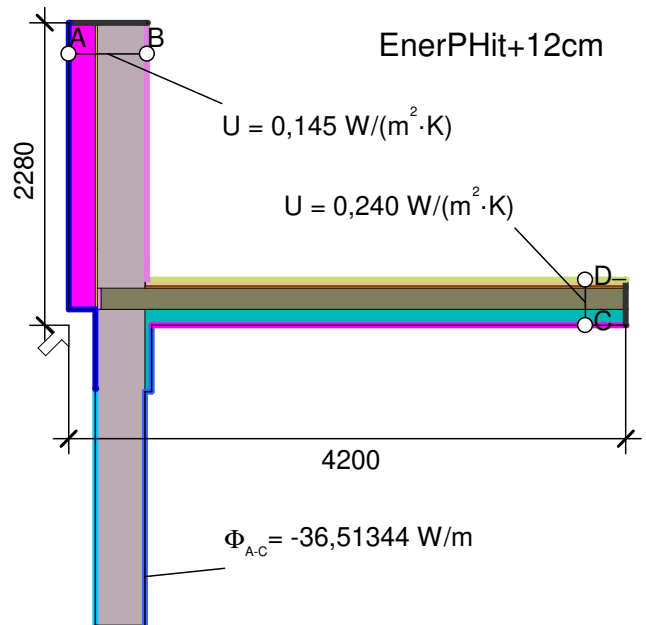
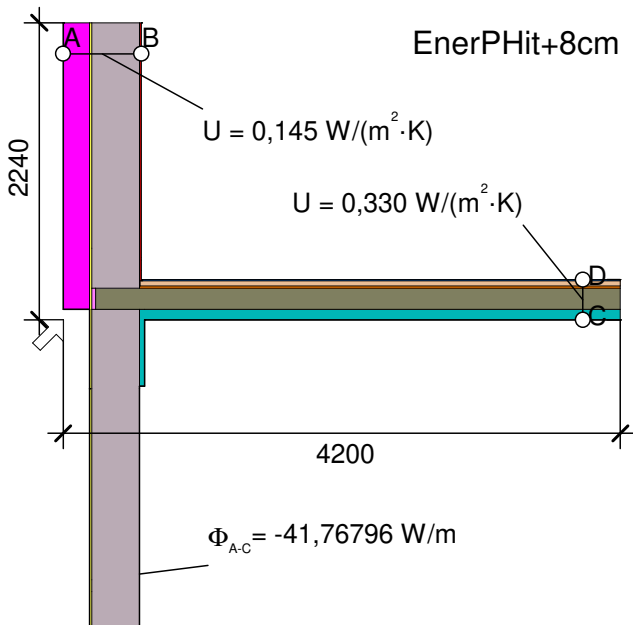
Material	λ [W/(m·K)]
Artificial stone Kunststein 10456	1,300
Cement screed Zement-Estrich 4108	1,400
Concrete block	0,800
Concrete, 1% Steel Beton, 1% Stahl 10456	2,300
Insulation Wärmedämmung 035	0,035
Insulation Wärmedämmung 040	0,040
Insulation Wärmedämmung 032	0,032
Interior plaster Gipsputz 10456	0,570
Kalkzementputz	1,000
Purenit 500 M	0,086
Silicone Silikon	0,350
Trittschal 050	0,050

Randbedingung	θ [°C]	R [(m²·K)/W]
Exterior Erdr < 1 m -5 0.04	-5,000	0,040
Exterior Außen	-5,000	0,040
Int. flux down Innen abwärts	20,000	0,170
Interior Innen	20,000	0,130
Unheated auf 2.5 0.17	2,500	0,170
Unheated hori 2.5 0.13	2,500	0,130
Adiabatic Adiatat		



$$\psi_{A-E-C} = \frac{\Phi - U_1 \cdot b_1 \cdot \Delta T_1 - U_2 \cdot b_2 \cdot \Delta T_2}{\Delta T} = \frac{103,360 - 0,145 \cdot 2,160 \cdot 25,000 - 1,344 \cdot 4,200 \cdot 17,500}{25,000} = -0,128 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$$

$$\psi_{A-E-C} = \frac{\Phi - U_1 \cdot b_1 \cdot \Delta T_1 - U_2 \cdot b_2 \cdot \Delta T_2}{\Delta T} = \frac{53,517 - 0,145 \cdot 2,200 \cdot 25,000 - 0,530 \cdot 4,200 \cdot 17,500}{25,000} = 0,264 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$$

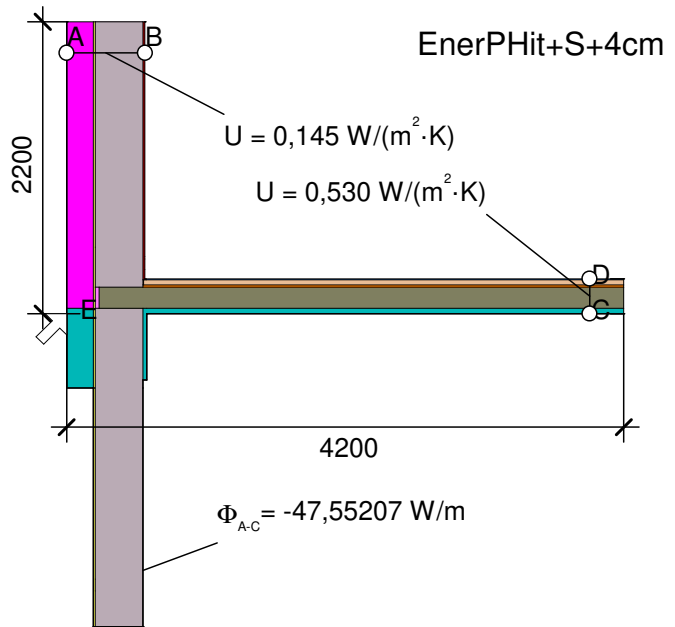
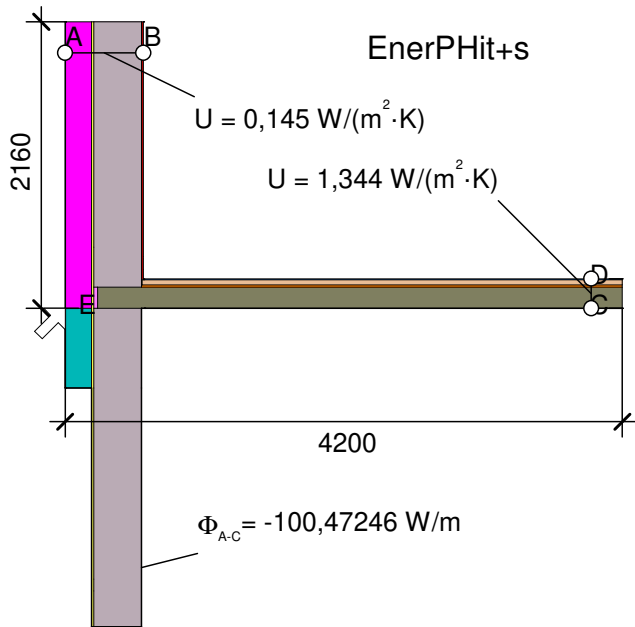


$$\psi_{A-E-C} = \frac{\Phi - U_1 \cdot b_1 \cdot \Delta T_1 - U_2 \cdot b_2 \cdot \Delta T_2}{\Delta T} = \frac{41,768 - 0,145 \cdot 2,240 \cdot 25,000 - 0,330 \cdot 4,200 \cdot 17,500}{25,000} = 0,376 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$$

$$\psi_{A-E-C} = \frac{\Phi - U_1 \cdot b_1 \cdot \Delta T_1 - U_2 \cdot b_2 \cdot \Delta T_2}{\Delta T} = \frac{36,513 - 0,145 \cdot 2,280 \cdot 25,000 - 0,240 \cdot 4,200 \cdot 17,500}{25,000} = 0,426 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$$

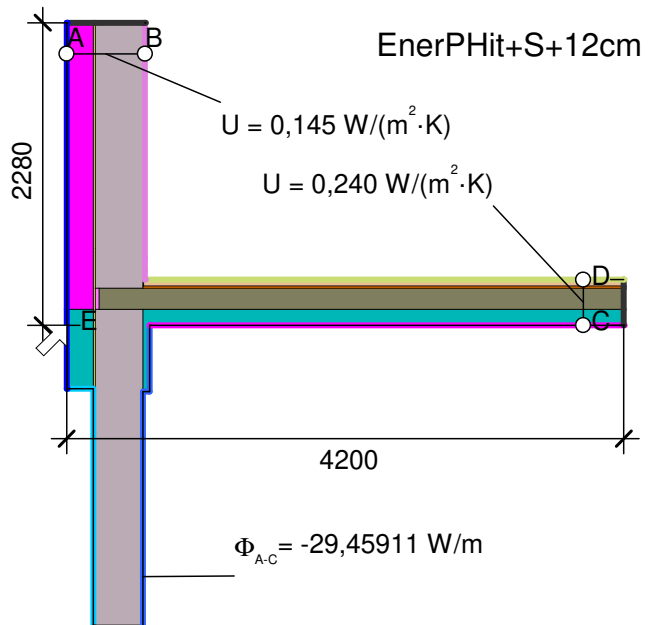
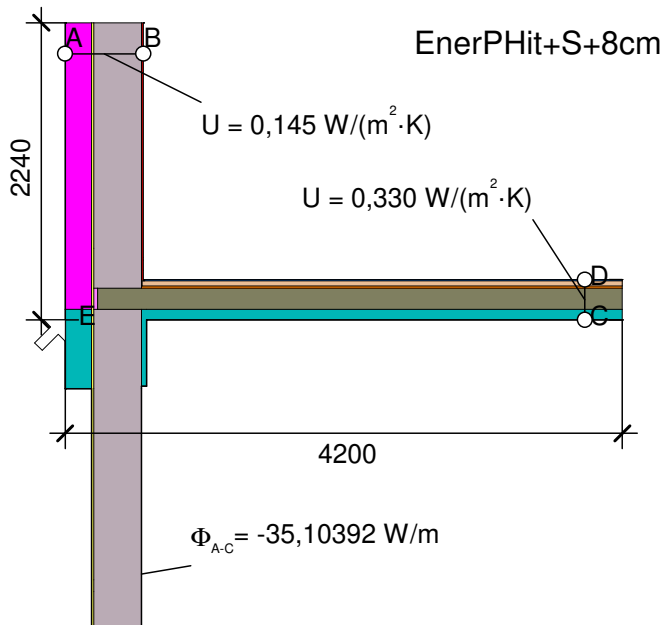
Material	λ [W/(m·K)]
Artificial stone Kunststein 10456	1,300
Cement screed Zement-Estrich 4108	1,400
Concrete block	0,800
Concrete, 1% Steel Beton, 1% Stahl 10456	2,300
Insulation Wärmedämmung 035	0,035
Insulation Wärmedämmung 040	0,040
Insulation Wärmedämmung 032	0,032
Interior plaster Gipsputz 10456	0,570
Kalkzementputz	1,000
Purenit 500 M	0,086
Silicone Silikon	0,350
Trittschal 050	0,050

Randbedingung	θ [°C]	R [(m²·K)/W]
Exterior Erdr < 1 m -5 0.04	-5,000	0,040
Exterior Außen	-5,000	0,040
Int. flux down Innen abwärts	20,000	0,170
Interior Innen	20,000	0,130
Unheated auf 2.5 0.17	2,500	0,170
Unheated hori 2.5 0.13	2,500	0,130
Adiabatic Adiatat		



$$\psi_{A-E-C} = \frac{\Phi - U_1 \cdot b_1 \cdot \Delta T_1 - U_2 \cdot b_2 \cdot \Delta T_2}{\Delta T} = \frac{100,472 - 0,145 \cdot 2,160 \cdot 25,000 - 1,344 \cdot 4,200 \cdot 17,500}{25,000} = -0,244 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

$$\psi_{A-E-C} = \frac{\Phi - U_1 \cdot b_1 \cdot \Delta T_1 - U_2 \cdot b_2 \cdot \Delta T_2}{\Delta T} = \frac{47,552 - 0,145 \cdot 2,200 \cdot 25,000 - 0,530 \cdot 4,200 \cdot 17,500}{25,000} = 0,026 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

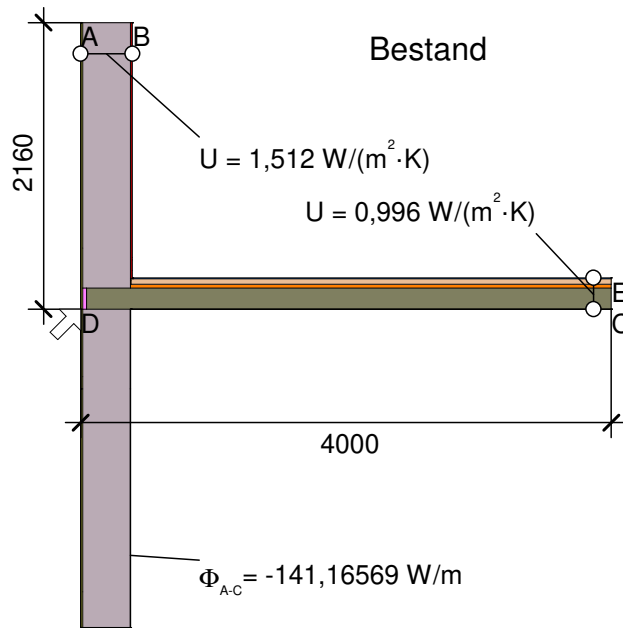


$$\psi_{A-E-C} = \frac{\Phi - U_1 \cdot b_1 \cdot \Delta T_1 - U_2 \cdot b_2 \cdot \Delta T_2}{\Delta T} = \frac{35,104 - 0,145 \cdot 2,240 \cdot 25,000 - 0,330 \cdot 4,200 \cdot 17,500}{25,000} = 0,110 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

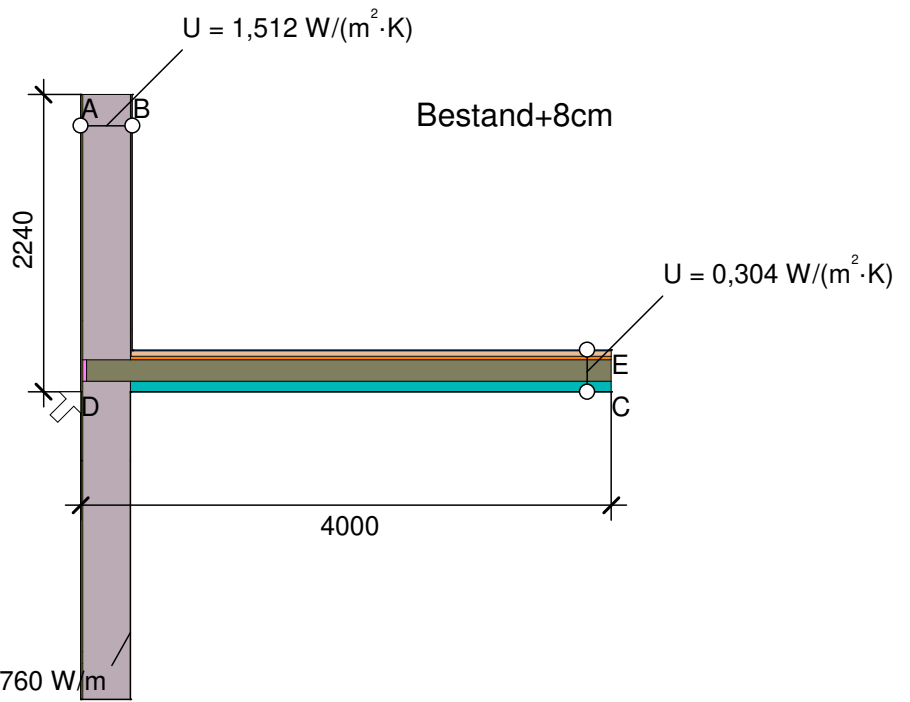
$$\psi_{A-E-C} = \frac{\Phi - U_1 \cdot b_1 \cdot \Delta T_1 - U_2 \cdot b_2 \cdot \Delta T_2}{\Delta T} = \frac{29,459 - 0,145 \cdot 2,280 \cdot 25,000 - 0,240 \cdot 4,200 \cdot 17,500}{25,000} = 0,144 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

Material	λ [W/(m·K)]
Artificial stone Kunststein 10456	1,300
Cement screed Zement-Estrich 4108	1,400
Concrete block	0,800
Concrete, 1% Steel Beton, 1% Stahl 10456	2,300
Insulation Wärmedämmung 035	0,035
Insulation Wärmedämmung 040	0,040
Insulation Wärmedämmung 032	0,032
Interior plaster Gipsputz 10456	0,570
Kalkzementputz	1,000
Purenit 500 M	0,086
Silicone Silikon	0,350
Trittschal 050	0,050

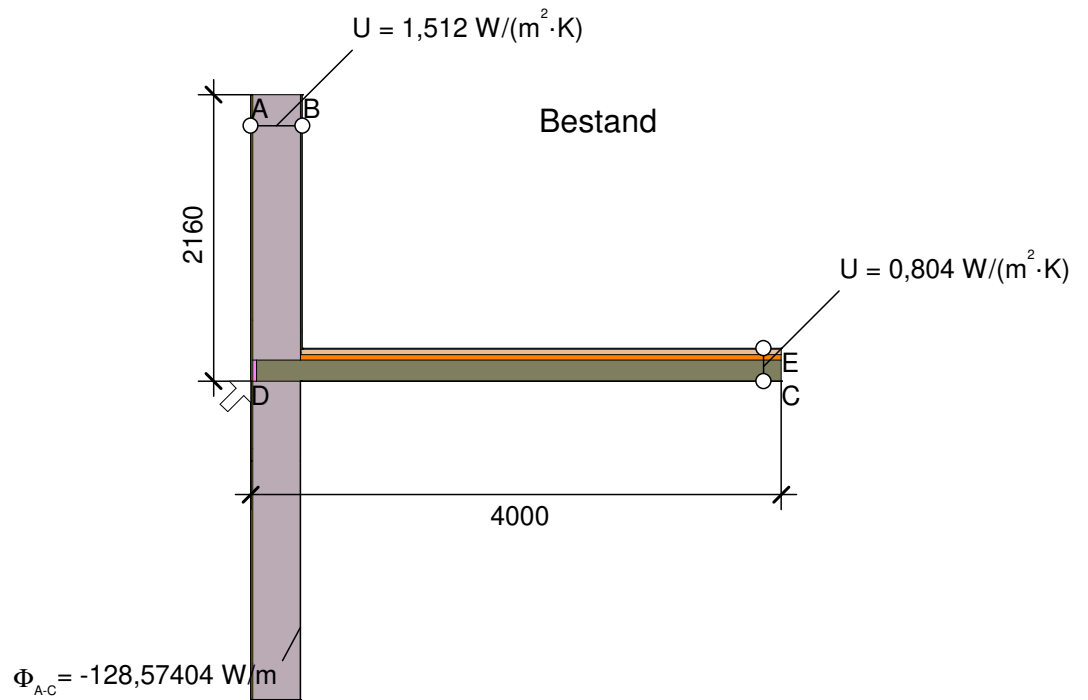
Randbedingung	θ [°C]	R [(m²·K)/W]
Exterior Erdr < 1 m -5 0.04	-5,000	0,040
Exterior Außen	-5,000	0,040
Int. flux down Innen abwärts	20,000	0,170
Interior Innen	20,000	0,130
Unheated auf 2.5 0.17	2,500	0,170
Unheated hori 2.5 0.13	2,500	0,130
Adiabatic Adiatat		



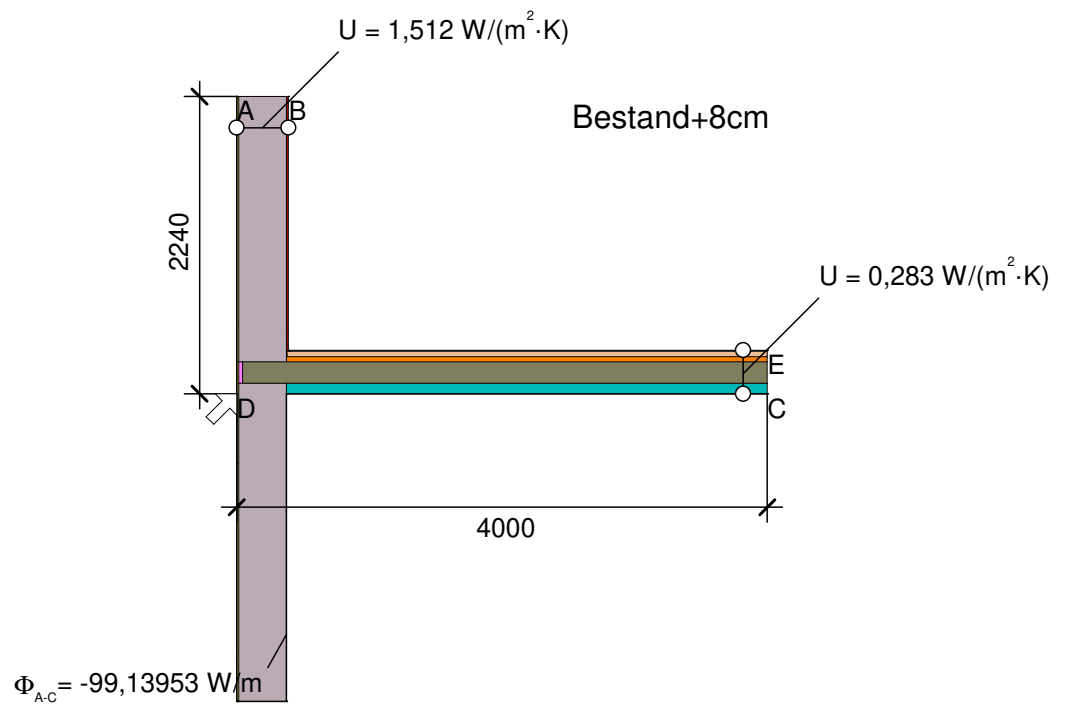
$$\psi_{A-D-C} = \frac{\Phi - U_1 \cdot b_1 \cdot \Delta T_1 - U_2 \cdot b_2 \cdot \Delta T_2}{\Delta T} = \frac{141,166 - 1,512 \cdot 2,160 \cdot 25,000 - 0,996 \cdot 4,000 \cdot 17,500}{25,000} = -0,408 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$$



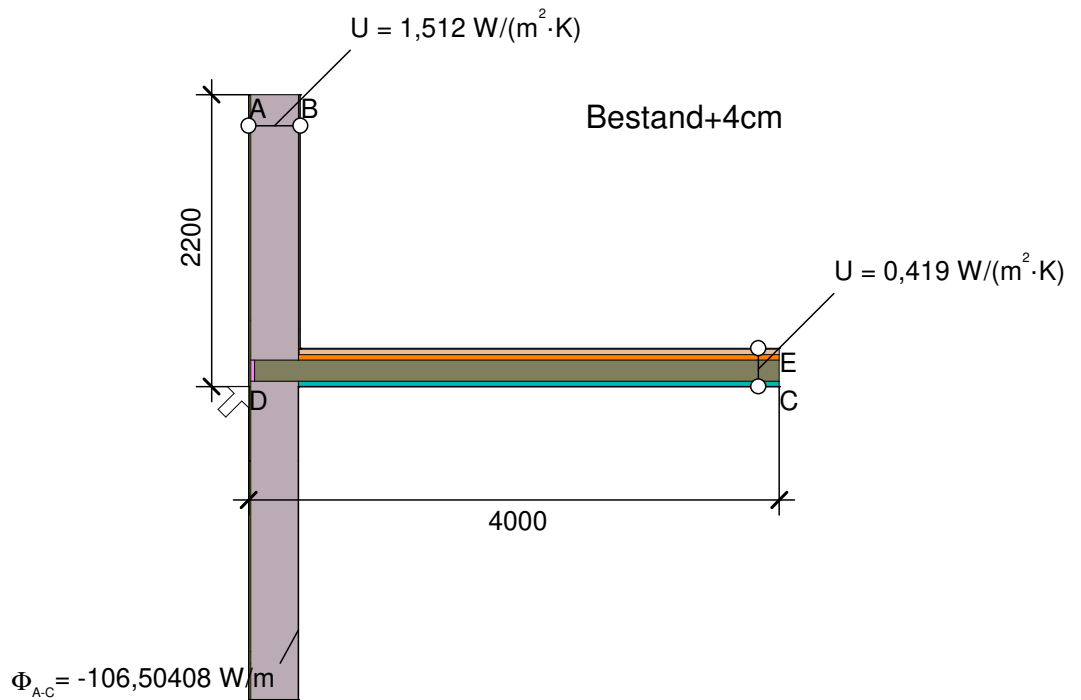
$$\psi_{A-D-C} = \frac{\Phi - U_1 \cdot b_1 \cdot \Delta T_1 - U_2 \cdot b_2 \cdot \Delta T_2}{\Delta T} = \frac{101,568 - 1,512 \cdot 2,240 \cdot 25,000 - 0,304 \cdot 4,000 \cdot 17,500}{25,000} = -0,176 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$$



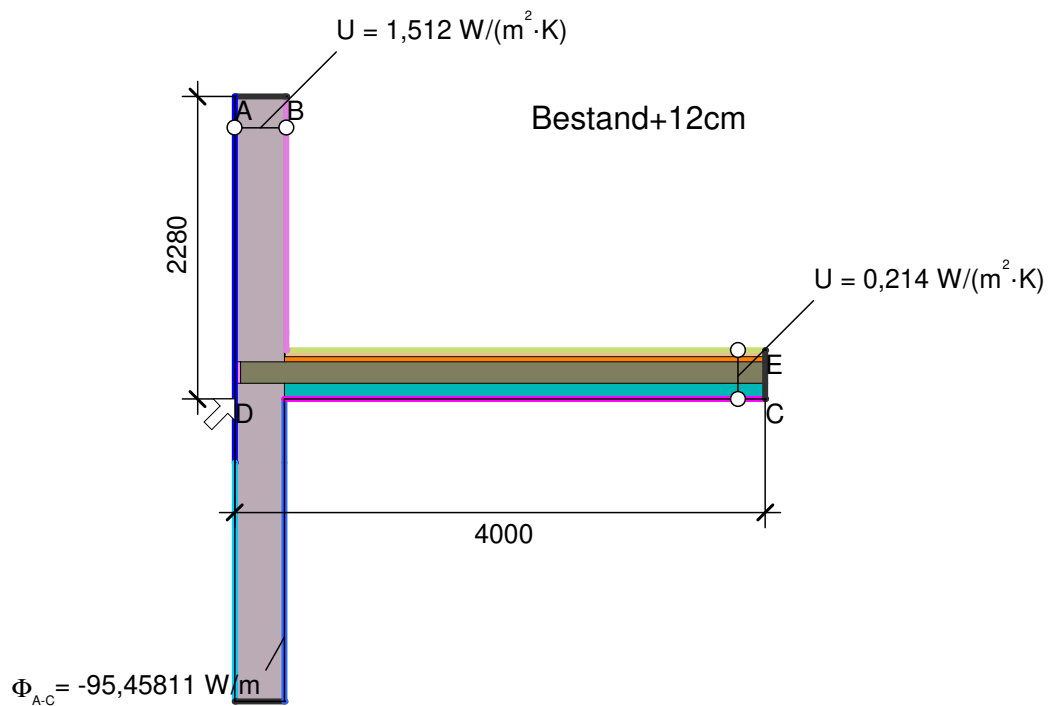
$$\Psi_{A-D-C} = \frac{\Phi - U_1 \cdot b_1 \cdot \Delta T_1 - U_2 \cdot b_2 \cdot \Delta T_2}{\Delta T} = \frac{128,574 - 1,512 \cdot 2,160 \cdot 25,000 - 0,804 \cdot 4,000 \cdot 17,500}{25,000} = -0,374 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$$



$$\Psi_{A-D-C} = \frac{\Phi - U_1 \cdot b_1 \cdot \Delta T_1 - U_2 \cdot b_2 \cdot \Delta T_2}{\Delta T} = \frac{99,140 - 1,512 \cdot 2,240 \cdot 25,000 - 0,283 \cdot 4,000 \cdot 17,500}{25,000} = -0,215 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

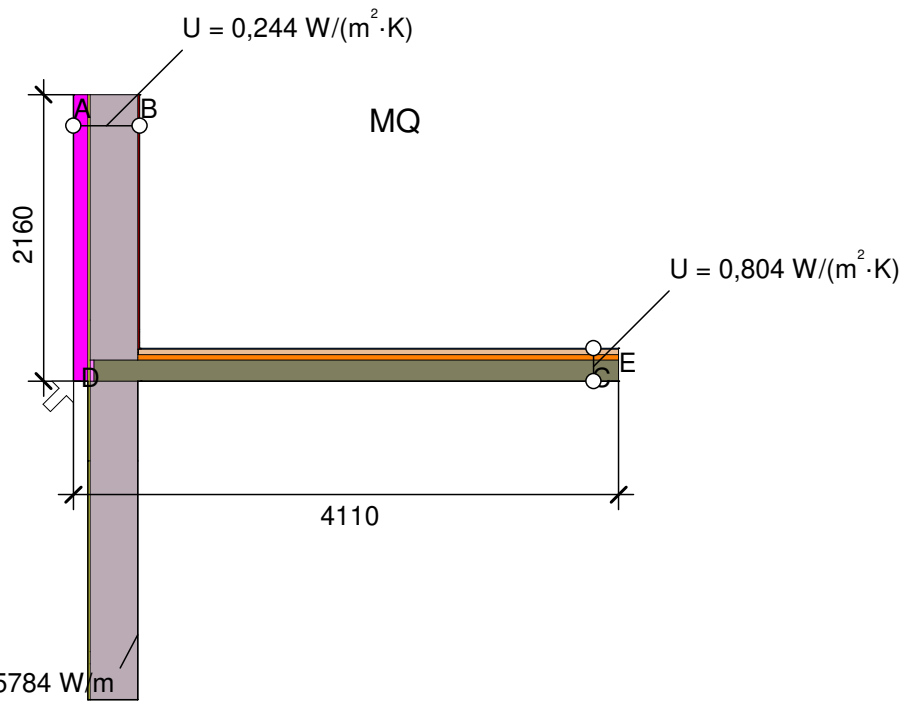


$$\Psi_{A-D-C} = \frac{\Phi - U_1 \cdot b_1 \cdot \Delta T_1 - U_2 \cdot b_2 \cdot \Delta T_2}{\Delta T} = \frac{106,504 - 1,512 \cdot 2,200 \cdot 25,000 - 0,419 \cdot 4,000 \cdot 17,500}{25,000} = -0,239 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

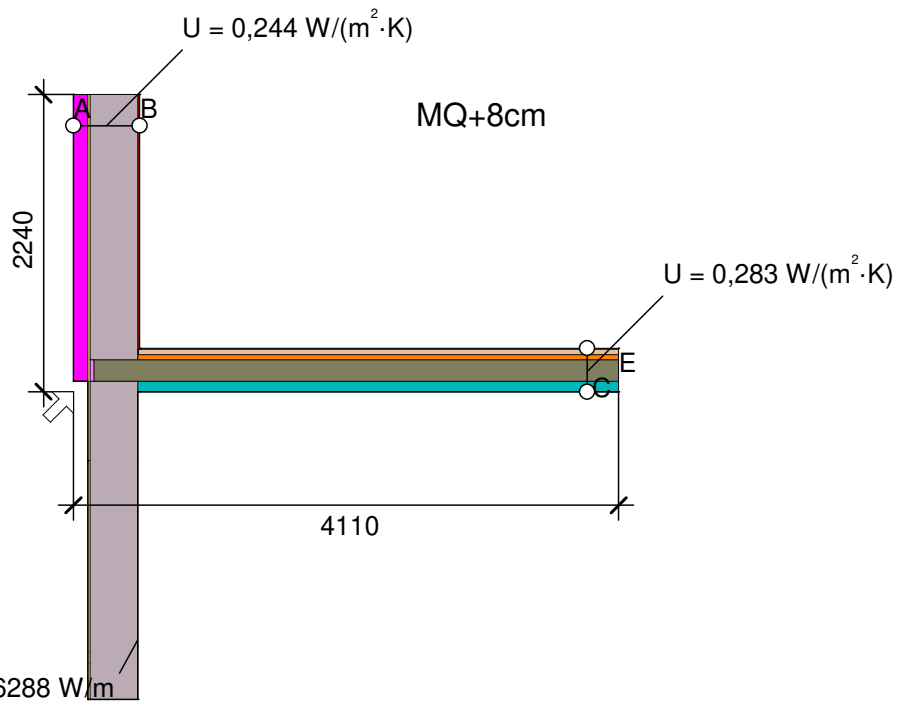


$$\Psi_{A-D-C} = \frac{\Phi - U_1 \cdot b_1 \cdot \Delta T_1 - U_2 \cdot b_2 \cdot \Delta T_2}{\Delta T} = \frac{95,458 - 1,512 \cdot 2,280 \cdot 25,000 - 0,214 \cdot 4,000 \cdot 17,500}{25,000} = -0,229 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

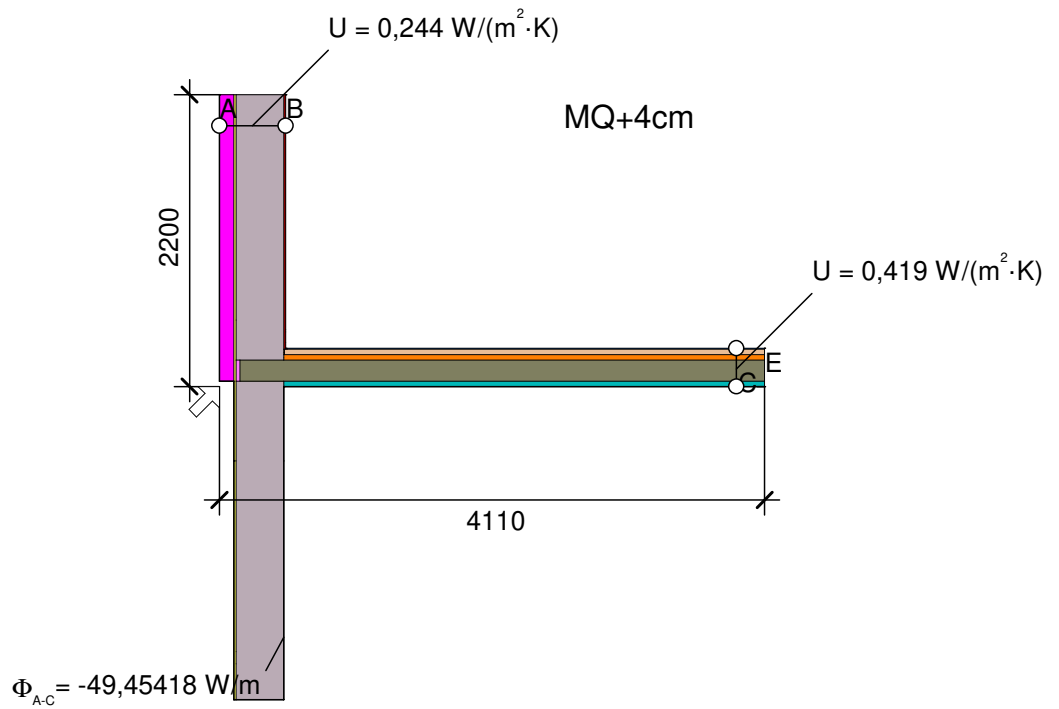
Material	λ [W/(m·K)]	Randbedingung	θ [°C]	R [(m²·K)/W]
Artificial stone Kunststein 10456	1,300	Exterior Erdr < 1 m -5 0.04	-5,000	0,040
Cement screed Zement-Estrich 4108	1,400	Exterior Außen	-5,000	0,040
Concrete block	0,800	Int. flux down Innen abwärts	20,000	0,170
Concrete, 1% Steel Beton, 1% Stahl 10456	2,300	Interior Innen	20,000	0,130
Insulation Wärmedämmung 035	0,035	Unheated auf 2.5 0.17	2,500	0,170
Insulation Wärmedämmung 040	0,040	Unheated hori 2.5 0.13	2,500	0,130
Interior plaster Gipsputz 10456	0,570	Adiabatic Adiatat		
Kalkzementputz	1,000			
Purenit 500 M	0,086			
Silicone Silikon	0,350			
Trittschal 050	0,050			



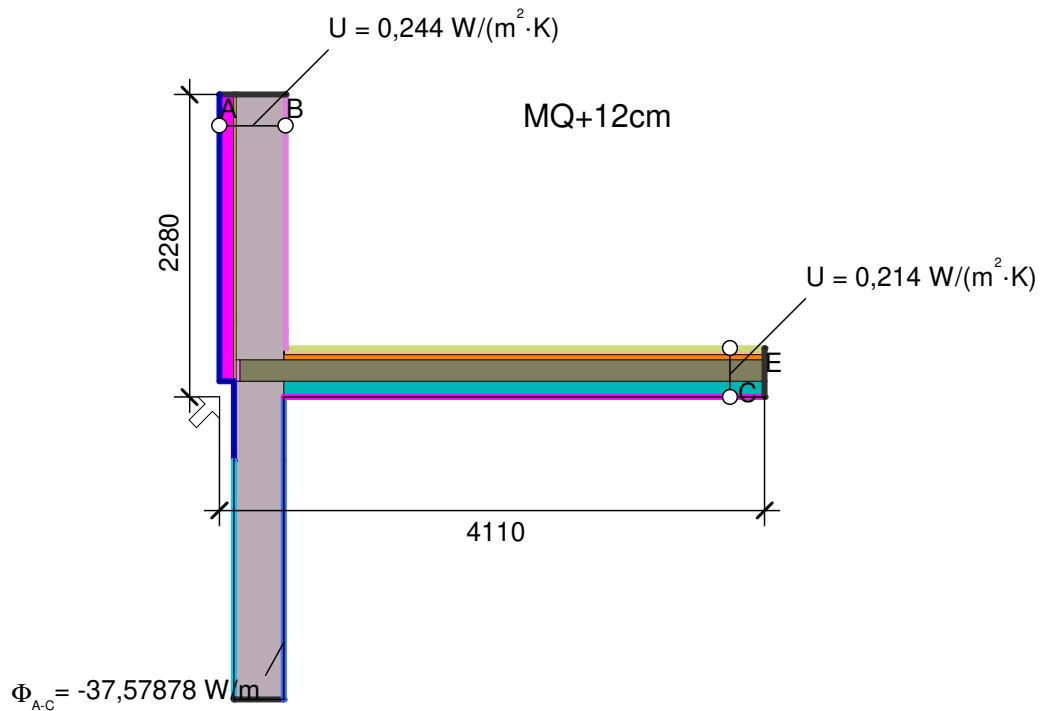
$$\Psi_{A-D-C} = \frac{\Phi - U_1 \cdot b_1 \cdot \Delta T_1 - U_2 \cdot b_2 \cdot \Delta T_2}{\Delta T} = \frac{73,058 - 0,244 \cdot 2,160 \cdot 25,000 - 0,804 \cdot 4,110 \cdot 17,500}{25,000} = 0,083 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$$



$$\Psi_{A-D-C} = \frac{\Phi - U_1 \cdot b_1 \cdot \Delta T_1 - U_2 \cdot b_2 \cdot \Delta T_2}{\Delta T} = \frac{41,563 - 0,244 \cdot 2,240 \cdot 25,000 - 0,283 \cdot 4,110 \cdot 17,500}{25,000} = 0,301 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

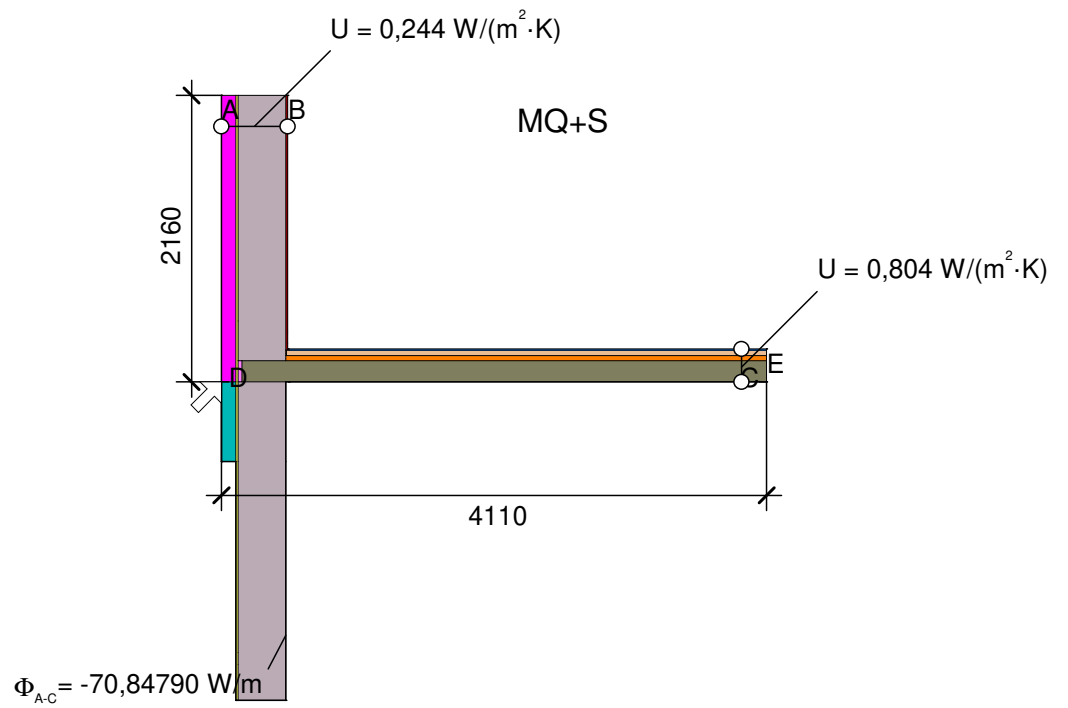


$$\psi_{A-D-C} = \frac{\Phi - U_1 \cdot b_1 \cdot \Delta T_1 - U_2 \cdot b_2 \cdot \Delta T_2}{\Delta T} = \frac{49,454 - 0,244 \cdot 2,200 \cdot 25,000 - 0,419 \cdot 4,110 \cdot 17,500}{25,000} = 0,236 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$$

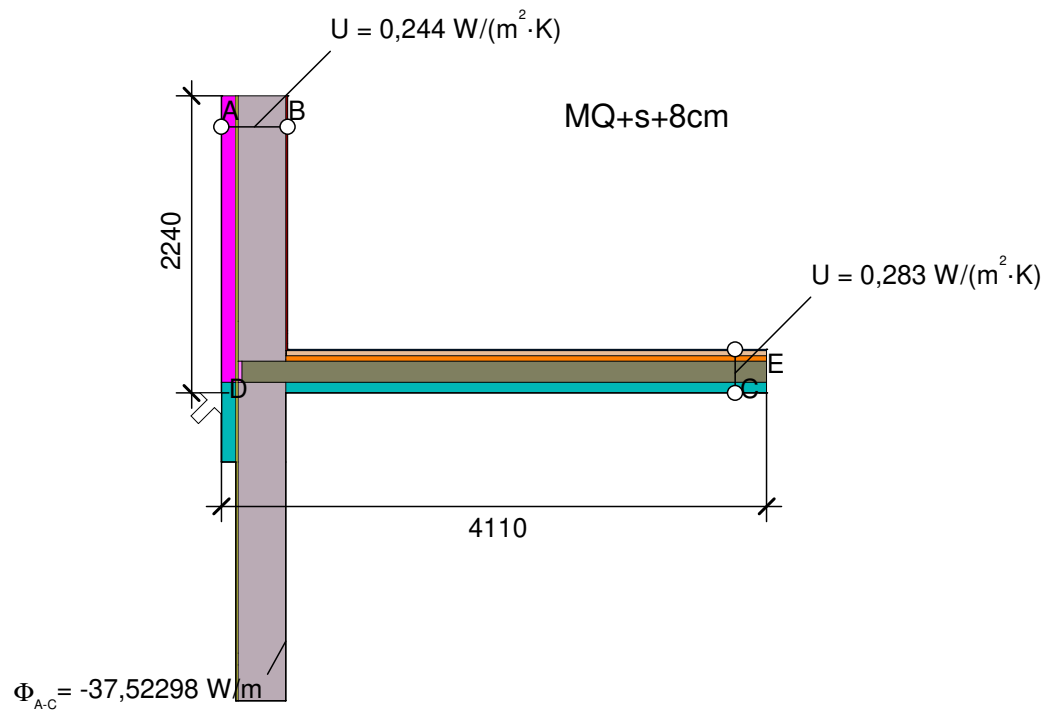


$$\psi_{A-D-C} = \frac{\Phi - U_1 \cdot b_1 \cdot \Delta T_1 - U_2 \cdot b_2 \cdot \Delta T_2}{\Delta T} = \frac{37,579 - 0,244 \cdot 2,280 \cdot 25,000 - 0,214 \cdot 4,110 \cdot 17,500}{25,000} = 0,331 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$$

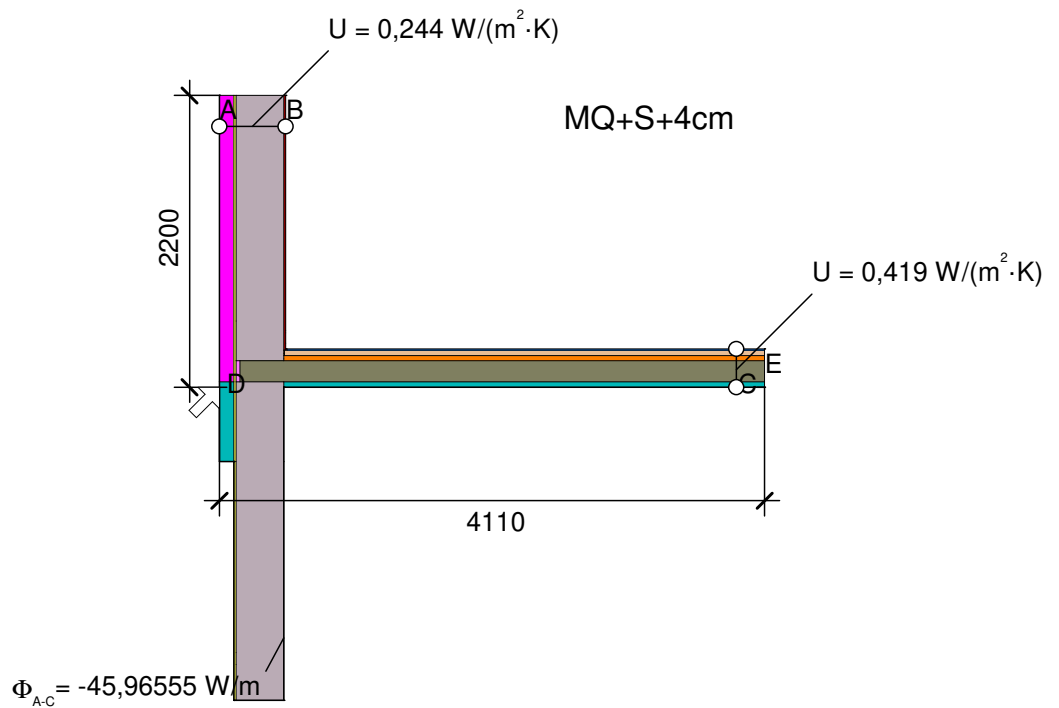
Material	λ [W/(m·K)]	Randbedingung	θ [°C]	R [(m ² ·K)/W]
Artificial stone Kunststein 10456	1,300	Exterior Erdr < 1 m -5 0.04	-5,000	0,040
Cement screed Zement-Estrich 4108	1,400	Exterior Außen	-5,000	0,040
Concrete block	0,800	Int. flux down Innen abwärts	20,000	0,170
Concrete, 1% Steel Beton, 1% Stahl 10456	2,300	Interior Innen	20,000	0,130
Insulation Wärmedämmung 035	0,035	Unheated auf 2.5 0.17	2,500	0,170
Insulation Wärmedämmung 040	0,040	Unheated hori 2.5 0.13	2,500	0,130
Insulation Wärmedämmung 032	0,032	Adiabatic Adiatat		
Interior plaster Gipsputz 10456	0,570			
Kalkzementputz	1,000			
Purenit 500 M	0,086			
Silicone Silikon	0,350			
Trittschal 050	0,050			



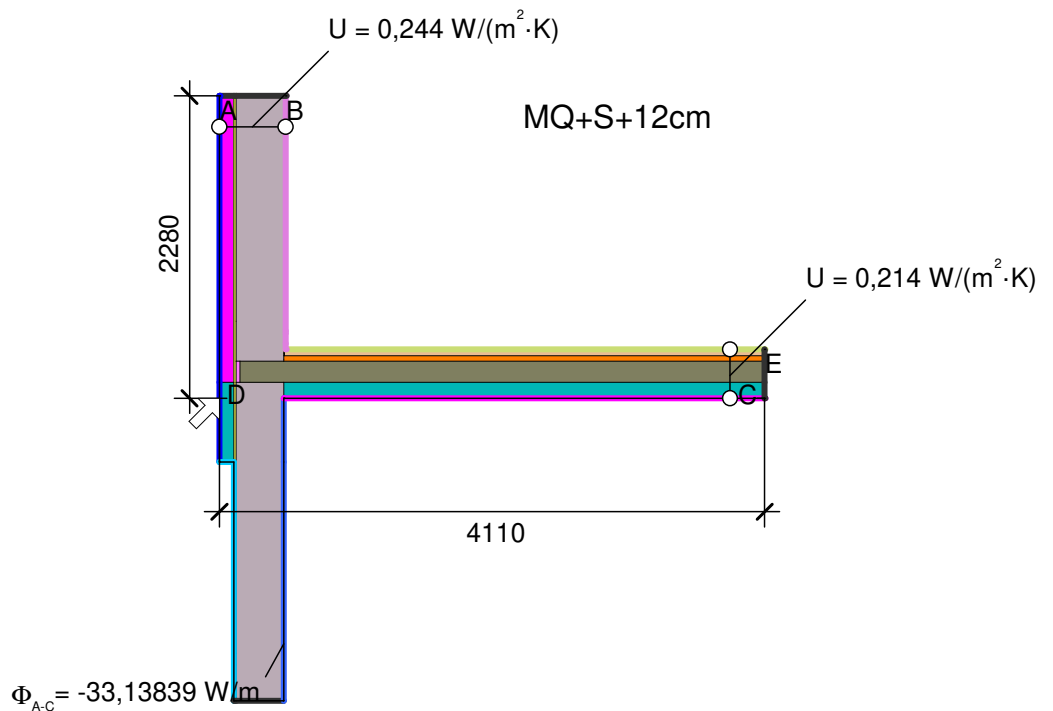
$$\psi_{A-D-C} = \frac{\Phi - U_1 \cdot b_1 \cdot \Delta T_1 - U_2 \cdot b_2 \cdot \Delta T_2}{\Delta T} = \frac{70,848 - 0,244 \cdot 2,160 \cdot 25,000 - 0,804 \cdot 4,110 \cdot 17,500}{25,000} = -0,005 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$$



$$\psi_{A-D-C} = \frac{\Phi - U_1 \cdot b_1 \cdot \Delta T_1 - U_2 \cdot b_2 \cdot \Delta T_2}{\Delta T} = \frac{37,523 - 0,244 \cdot 2,240 \cdot 25,000 - 0,283 \cdot 4,110 \cdot 17,500}{25,000} = 0,139 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

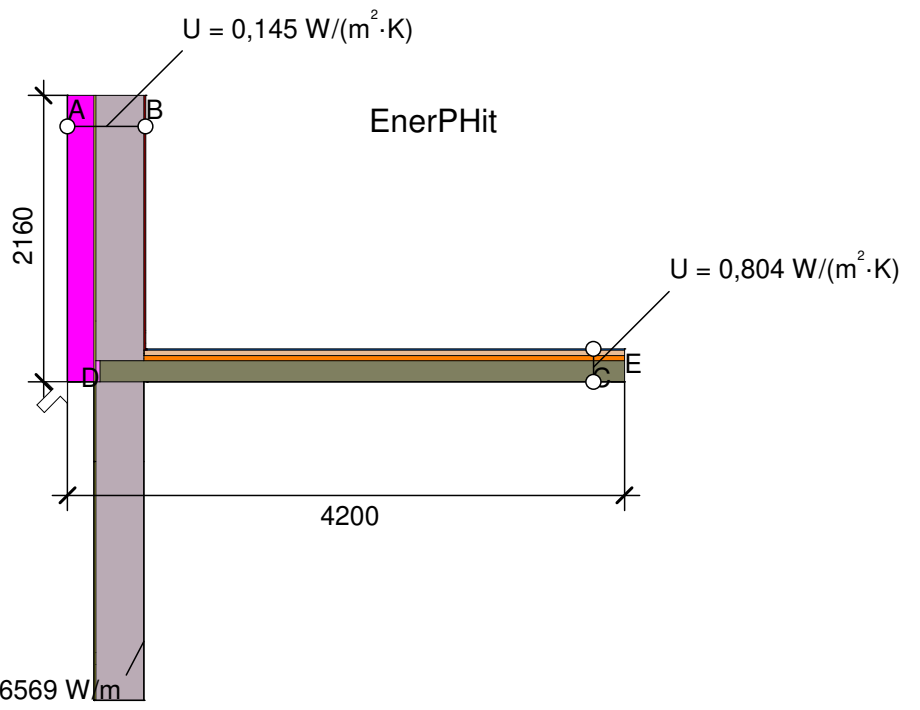


$$\psi_{A-D-C} = \frac{\Phi - U_1 \cdot b_1 \cdot \Delta T_1 - U_2 \cdot b_2 \cdot \Delta T_2}{\Delta T} = \frac{45,966 - 0,244 \cdot 2,200 \cdot 25,000 - 0,419 \cdot 4,110 \cdot 17,500}{25,000} = 0,097 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$$

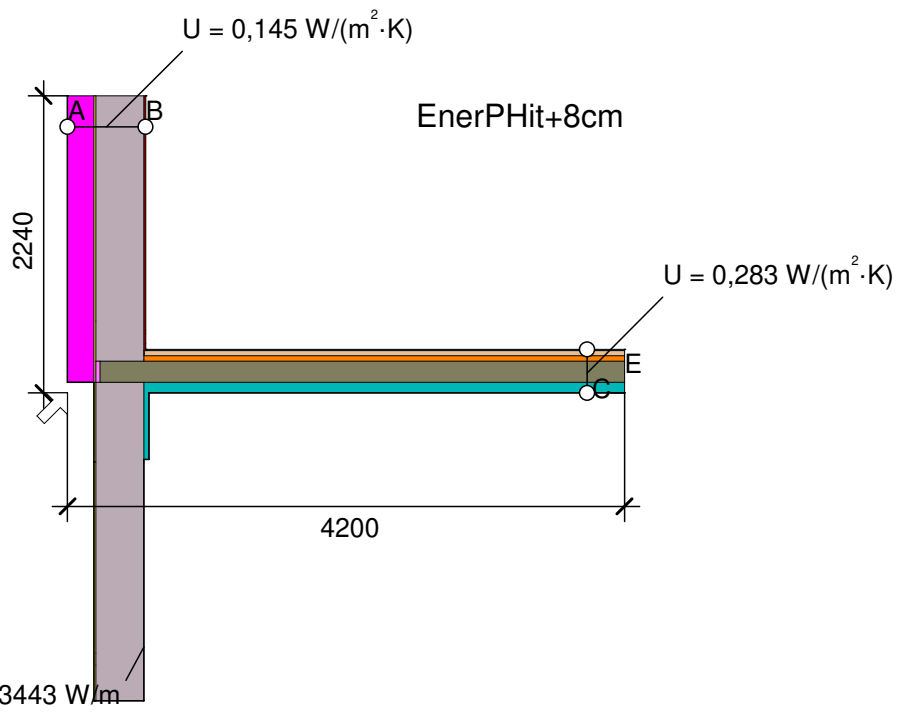


$$\psi_{A-E-C} = \frac{\Phi - U_1 \cdot b_1 \cdot \Delta T_1 - U_2 \cdot b_2 \cdot \Delta T_2}{\Delta T} = \frac{33,138 - 0,244 \cdot 2,280 \cdot 25,000 - 0,214 \cdot 4,110 \cdot 17,500}{25,000} = 0,154 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$$

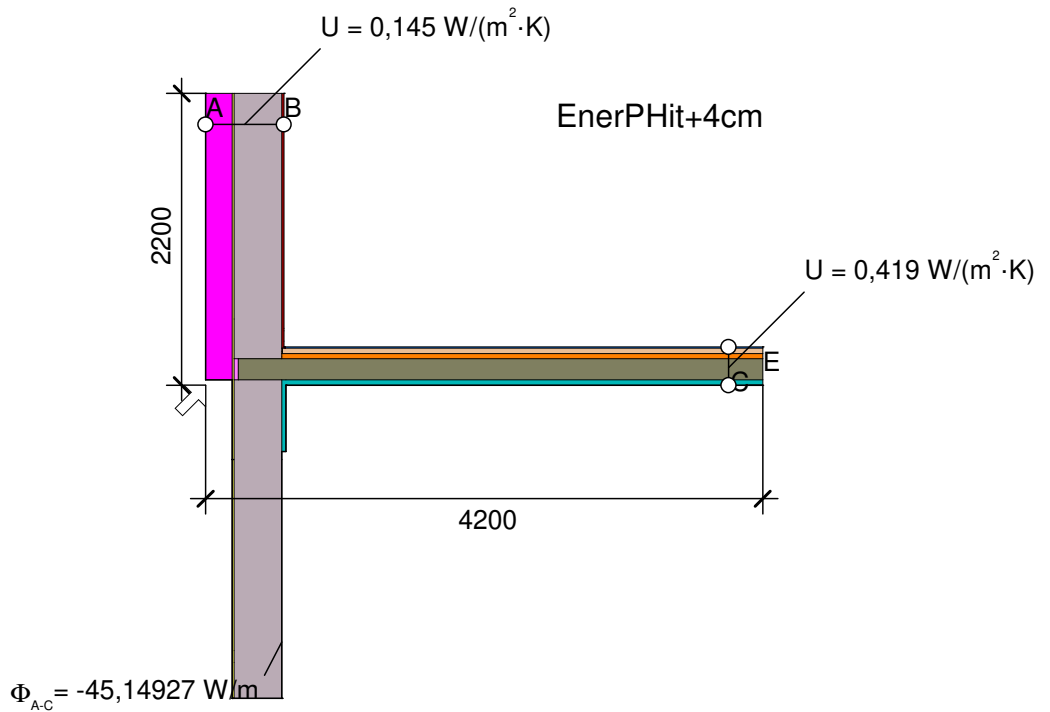
Material	λ[W/(m·K)]	Randbedingung	θ[°C]	R[(m ² ·K)/W]
Artificial stone Kunststein 10456	1,300	Exterior Erdr < 1 m -5 0.04	-5,000	0,040
Cement screed Zement-Estrich 4108	1,400	Exterior Außen	-5,000	0,040
Concrete block	0,800	Int. flux down Innen abwärts	20,000	0,170
Concrete, 1% Steel Beton, 1% Stahl 10456	2,300	Interior Innen	20,000	0,130
Insulation Wärmedämmung 035	0,035	Unheated auf 2.5 0.17	2,500	0,170
Insulation Wärmedämmung 040	0,040	Unheated hori 2.5 0.13	2,500	0,130
Insulation Wärmedämmung 032	0,032	Adiabatic Adiat		
Interior plaster Gipsputz 10456	0,570			
Kalkzementputz	1,000			
Purenit 500 M	0,086			
Silicone Silikon	0,350			
Trittschal 050	0,050			



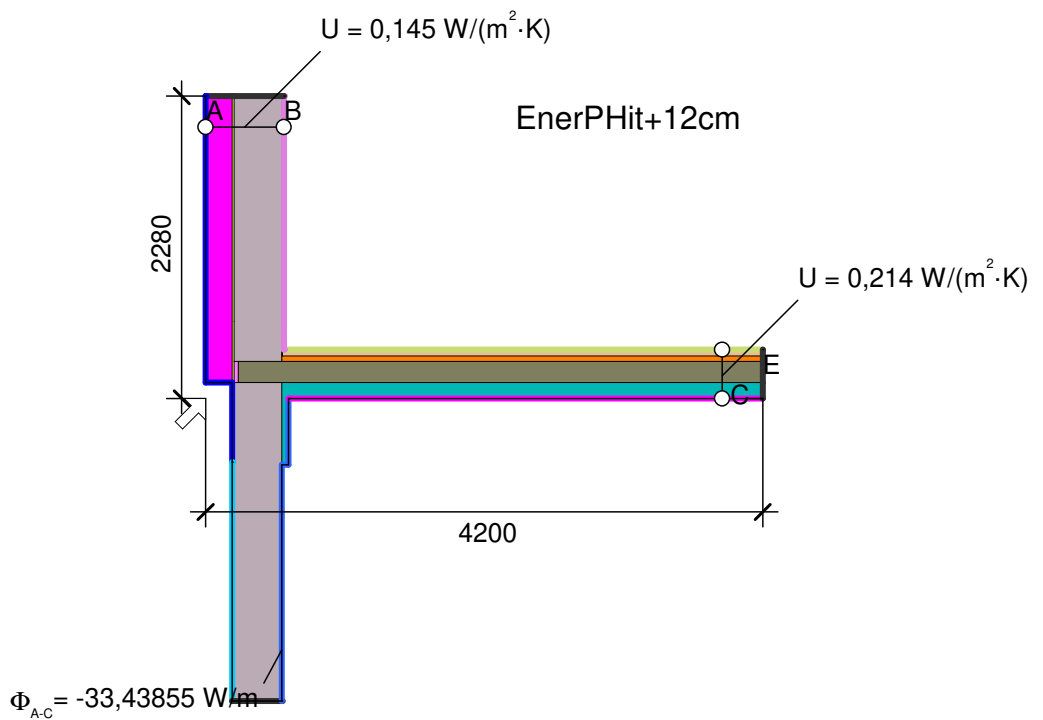
$$\Psi_{A-D-C} = \frac{\Phi - U_1 \cdot b_1 \cdot \Delta T_1 - U_2 \cdot b_2 \cdot \Delta T_2}{\Delta T} = \frac{68,966 - 0,145 \cdot 2,160 \cdot 25,000 - 0,804 \cdot 4,200 \cdot 17,500}{25,000} = 0,083 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$$



$$\Psi_{A-D-C} = \frac{\Phi - U_1 \cdot b_1 \cdot \Delta T_1 - U_2 \cdot b_2 \cdot \Delta T_2}{\Delta T} = \frac{37,334 - 0,145 \cdot 2,240 \cdot 25,000 - 0,283 \cdot 4,200 \cdot 17,500}{25,000} = 0,336 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$$

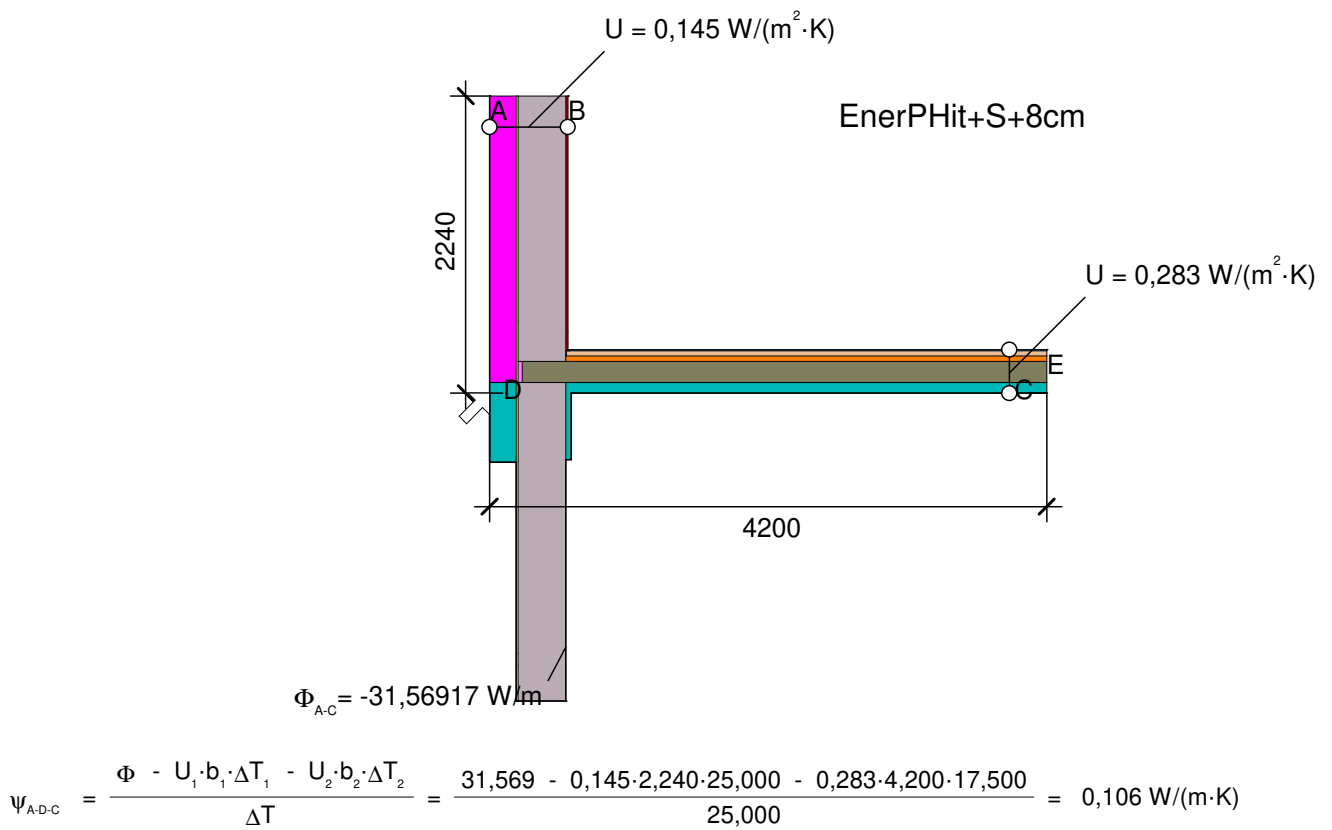
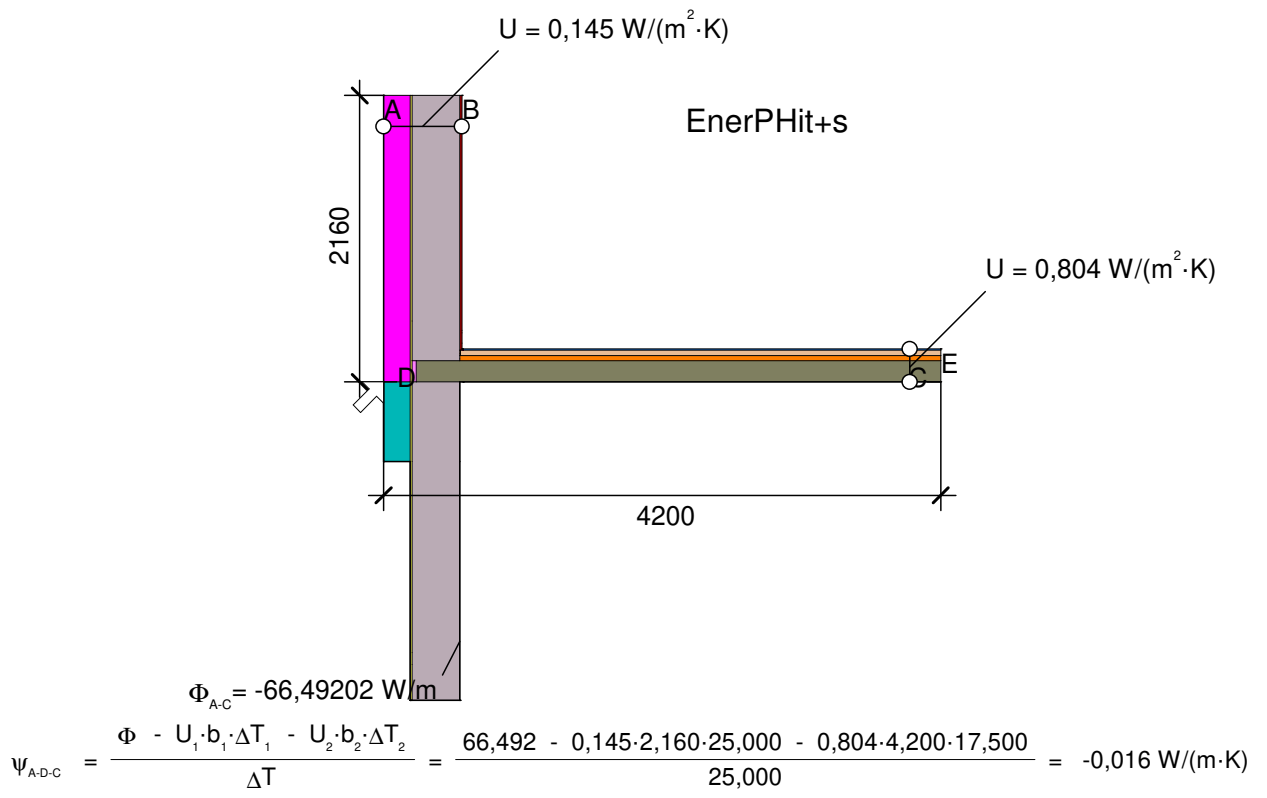


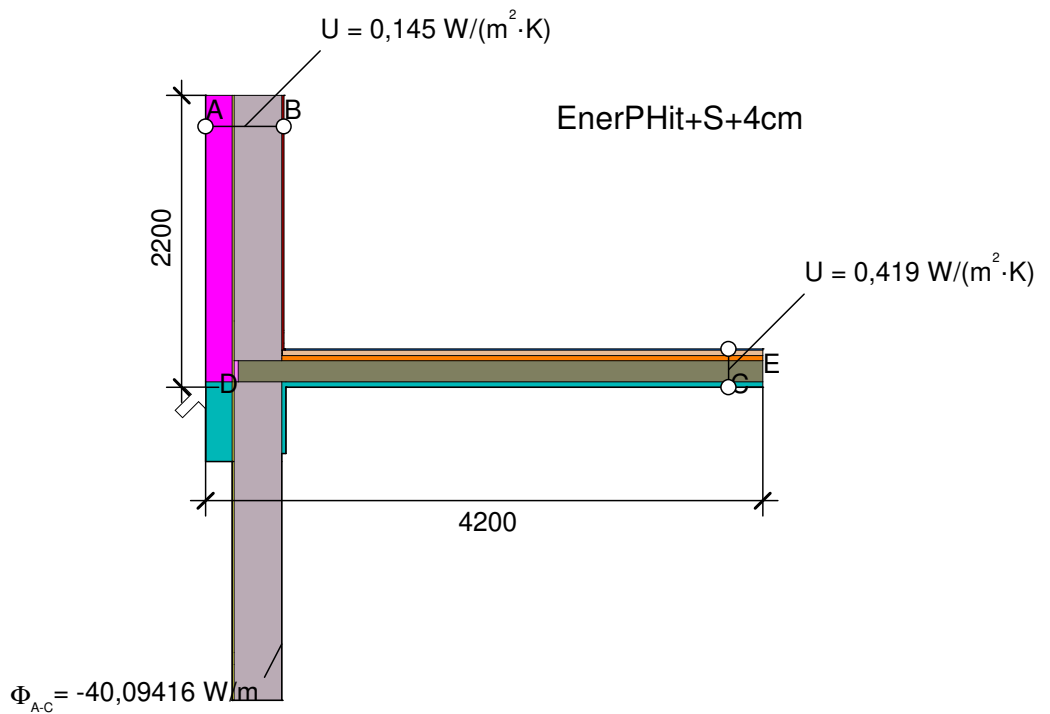
$$\Psi_{A-D-C} = \frac{\Phi - U_1 \cdot b_1 \cdot \Delta T_1 - U_2 \cdot b_2 \cdot \Delta T_2}{\Delta T} = \frac{45,149 - 0,145 \cdot 2,200 \cdot 25,000 - 0,419 \cdot 4,200 \cdot 17,500}{25,000} = 0,256 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$$



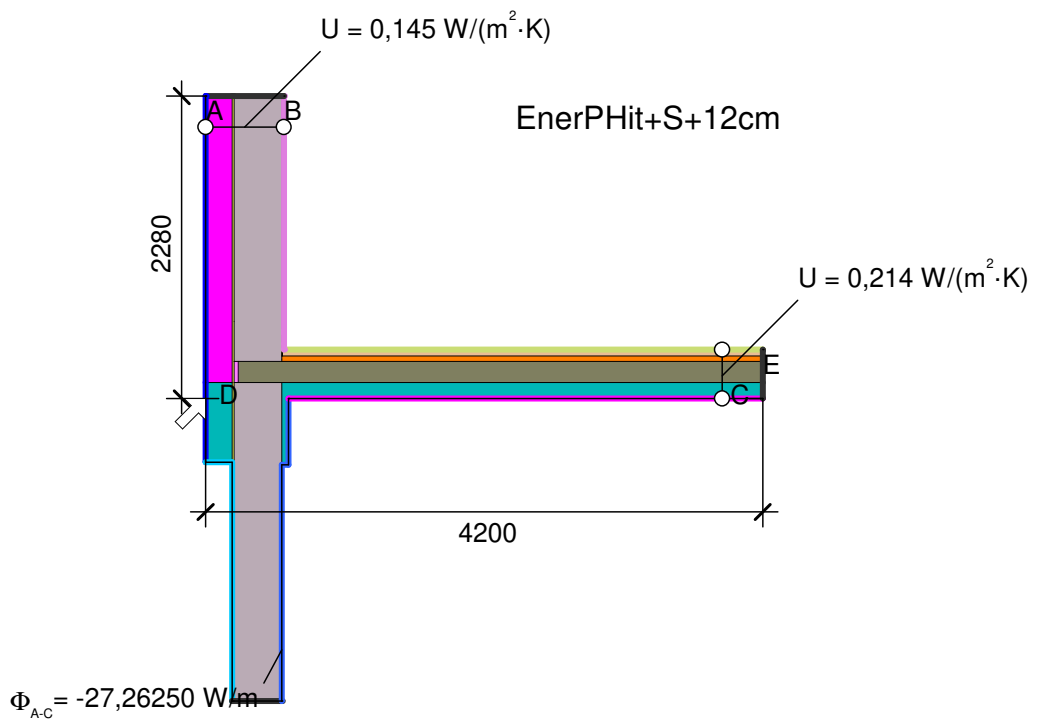
$$\Psi_{A-D-C} = \frac{\Phi - U_1 \cdot b_1 \cdot \Delta T_1 - U_2 \cdot b_2 \cdot \Delta T_2}{\Delta T} = \frac{33,439 - 0,145 \cdot 2,280 \cdot 25,000 - 0,214 \cdot 4,200 \cdot 17,500}{25,000} = 0,378 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$$

Material	λ [W/(m·K)]	Randbedingung	θ [°C]	R [(m ² ·K)/W]
Artificial stone Kunststein 10456	1,300	Exterior Erdr < 1 m -5 0.04	-5,000	0,040
Cement screed Zement-Estrich 4108	1,400	Exterior Außen	-5,000	0,040
Concrete block	0,800	Int. flux down Innen abwärts	20,000	0,170
Concrete, 1% Steel Beton, 1% Stahl 10456	2,300	Interior Innen	20,000	0,130
Insulation Wärmedämmung 035	0,035	Unheated auf 2.5 0.17	2,500	0,170
Insulation Wärmedämmung 040	0,040	Unheated hori 2.5 0.13	2,500	0,130
Insulation Wärmedämmung 032	0,032	Adiabatic Adiat		
Interior plaster Gipsputz 10456	0,570			
Kalkzementputz	1,000			
Purenit 500 M	0,086			
Silicone Silikon	0,350			
Trittschal 050	0,050			



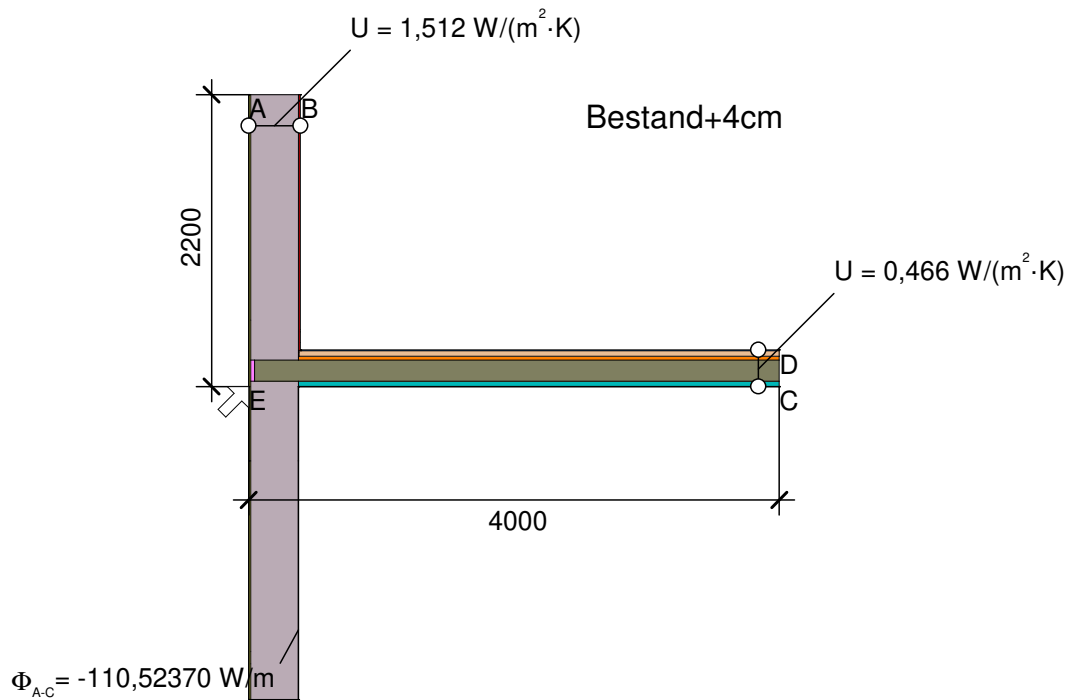


$$\Psi_{A-D-C} = \frac{\Phi - U_1 \cdot b_1 \cdot \Delta T_1 - U_2 \cdot b_2 \cdot \Delta T_2}{\Delta T} = \frac{40,094 - 0,145 \cdot 2,200 \cdot 25,000 - 0,419 \cdot 4,200 \cdot 17,500}{25,000} = 0,054 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$$

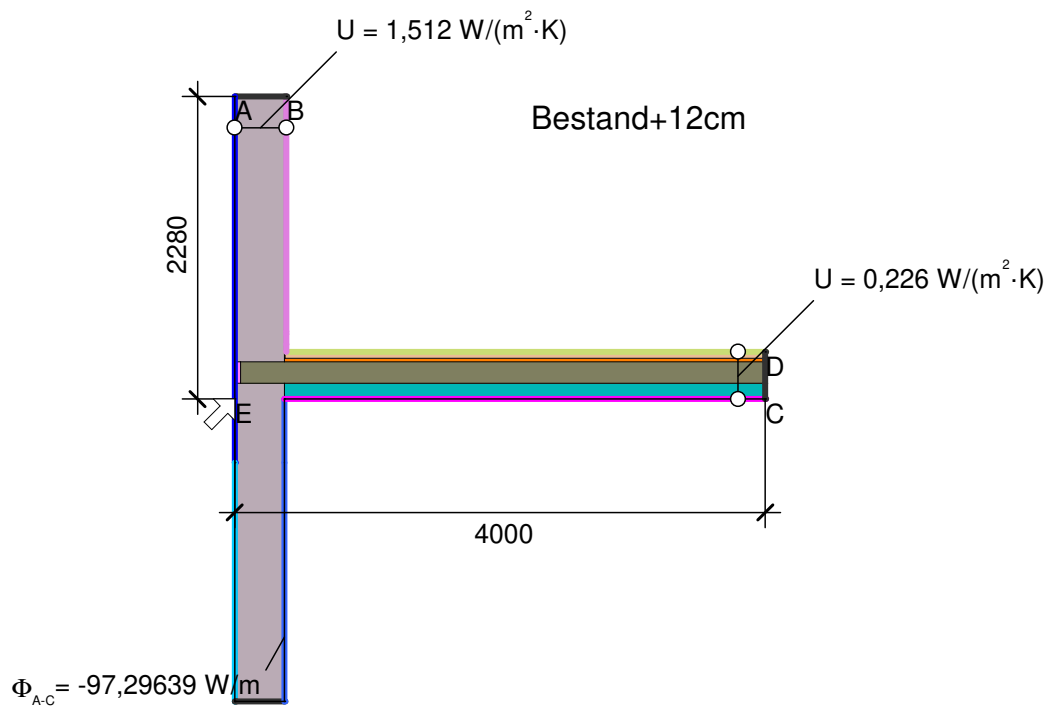


$$\Psi_{A-D-C} = \frac{\Phi - U_1 \cdot b_1 \cdot \Delta T_1 - U_2 \cdot b_2 \cdot \Delta T_2}{\Delta T} = \frac{27,263 - 0,145 \cdot 2,280 \cdot 25,000 - 0,214 \cdot 4,200 \cdot 17,500}{25,000} = 0,131 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$$

Material	λ [W/(m·K)]	Randbedingung	θ [°C]	R[(m²·K)/W]
Artificial stone Kunststein 10456	1,300	Exterior Erdr < 1 m -5 0.04	-5,000	0,040
Cement screed Zement-Estrich 4108	1,400	Exterior Außen	-5,000	0,040
Concrete block	0,800	Int. flux down Innen abwärts	20,000	0,170
Concrete, 1% Steel Beton, 1% Stahl 10456	2,300	Interior Innen	20,000	0,130
Insulation Wärmedämmung 035	0,035	Unheated auf 2.5 0.17	2,500	0,170
Insulation Wärmedämmung 040	0,040	Unheated hori 2.5 0.13	2,500	0,130
Insulation Wärmedämmung 032	0,032	Adiabatic Adiat		
Interior plaster Gipsputz 10456	0,570			
Kalkzementputz	1,000			
Purenit 500 M	0,086			
Silicone Silikon	0,350			
Trittschal 050	0,050			

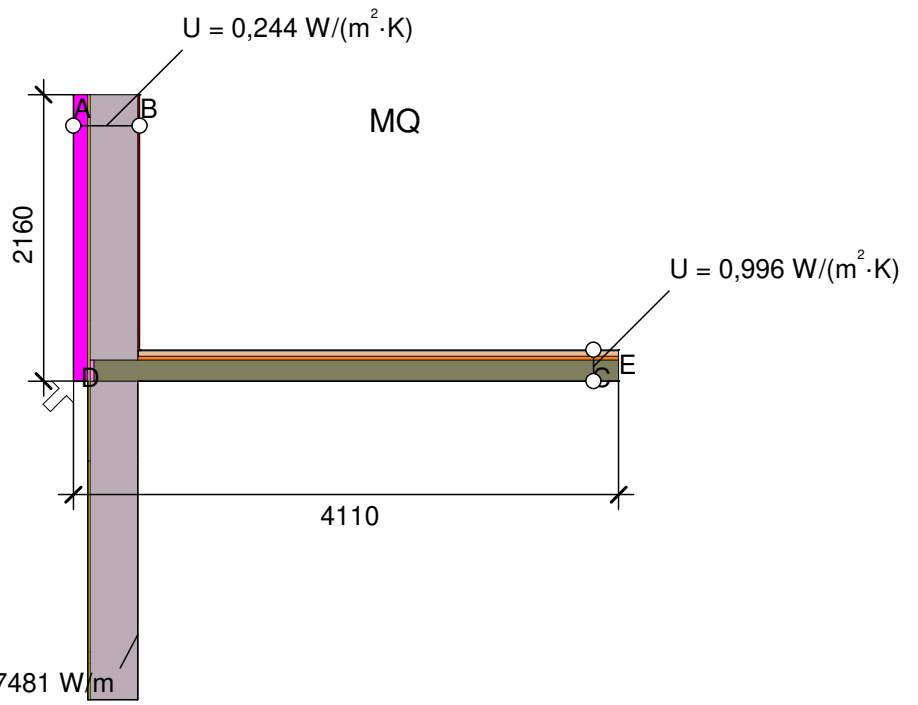


$$\Psi_{A-E-C} = \frac{\Phi - U_1 \cdot b_1 \cdot \Delta T_1 - U_2 \cdot b_2 \cdot \Delta T_2}{\Delta T} = \frac{110,524 - 1,512 \cdot 2,200 \cdot 25,000 - 0,466 \cdot 4,000 \cdot 17,500}{25,000} = -0,210 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

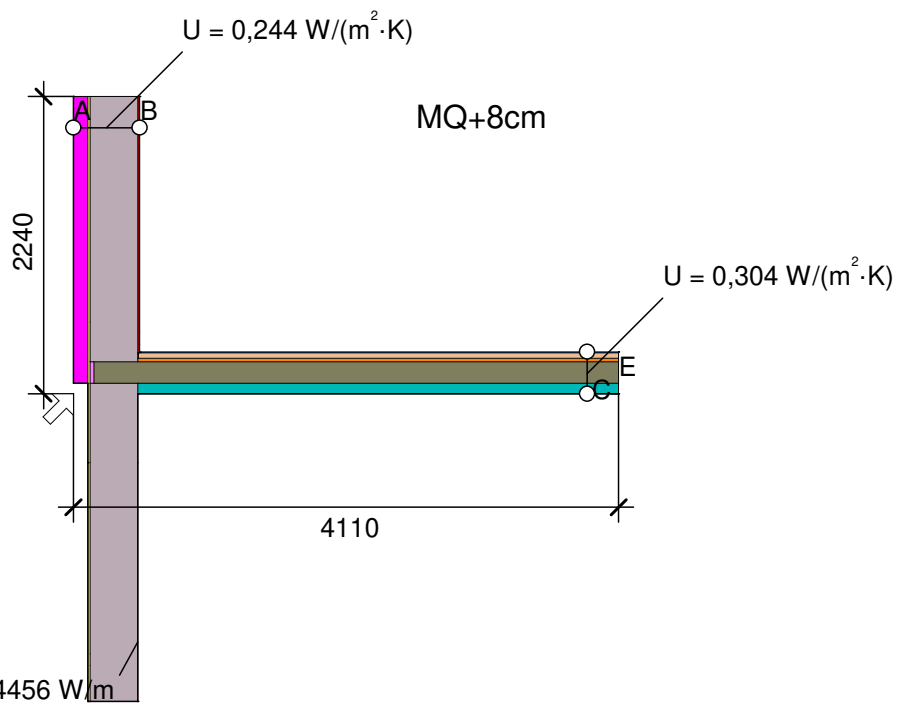


$$\Psi_{A-E-C} = \frac{\Phi - U_1 \cdot b_1 \cdot \Delta T_1 - U_2 \cdot b_2 \cdot \Delta T_2}{\Delta T} = \frac{97,296 - 1,512 \cdot 2,280 \cdot 25,000 - 0,226 \cdot 4,000 \cdot 17,500}{25,000} = -0,187 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

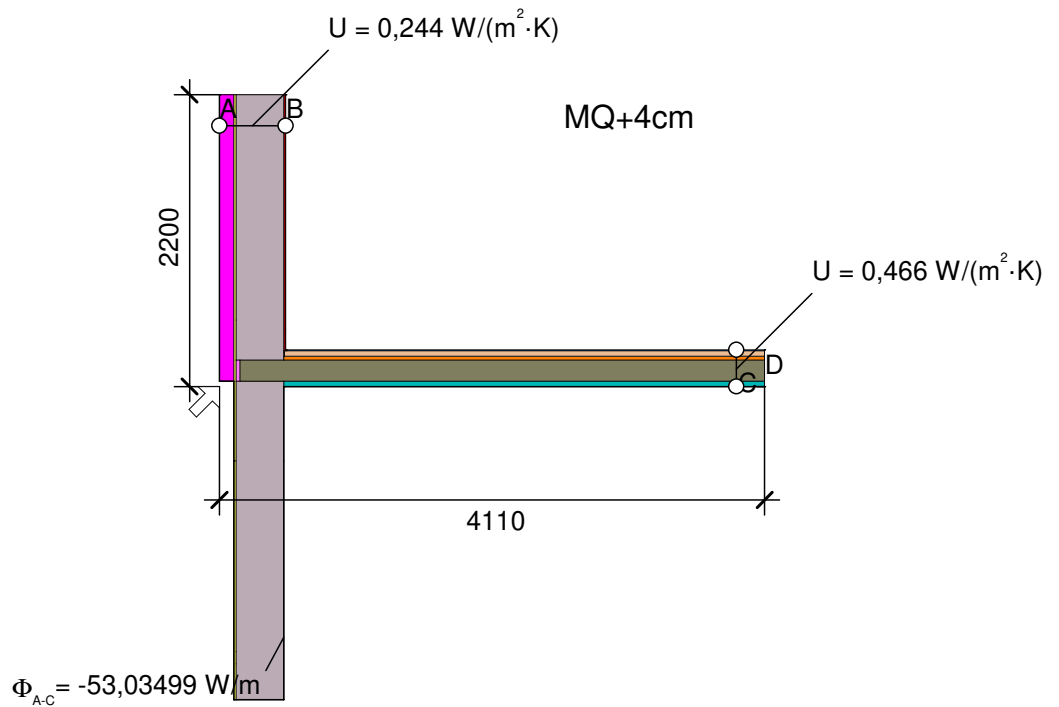
Material	λ [W/(m·K)]	Randbedingung	θ [°C]	R [(m²·K)/W]
Artificial stone Kunststein 10456	1,300	Exterior Erdr < 1 m -5 0.04	-5,000	0,040
Cement screed Zement-Estrich 4108	1,400	Exterior Außen	-5,000	0,040
Concrete block	0,800	Int. flux down Innen abwärts	20,000	0,170
Concrete, 1% Steel Beton, 1% Stahl 10456	2,300	Interior Innen	20,000	0,130
Insulation Wärmedämmung 035	0,035	Unheated auf 2.5 0.17	2,500	0,170
Insulation Wärmedämmung 040	0,040	Unheated hori 2.5 0.13	2,500	0,130
Interior plaster Gipsputz 10456	0,570	Adiabatic Adiatat		
Kalkzementputz	1,000			
Purenit 500 M	0,086			
Silicone Silikon	0,350			
Trittschal 050	0,050			



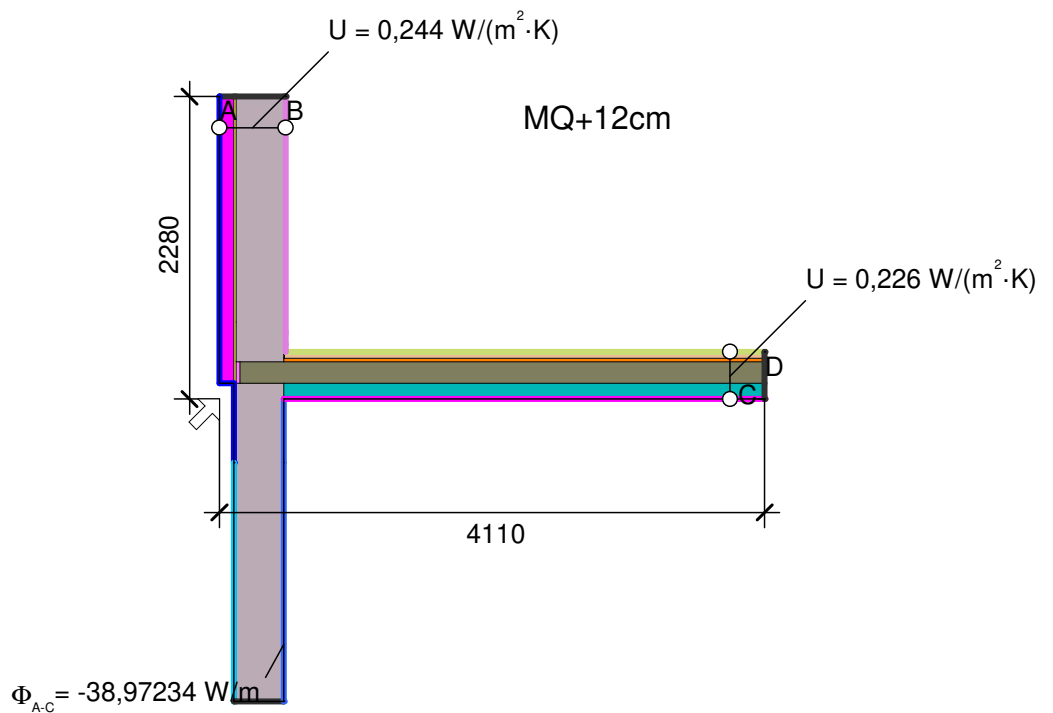
$$\Psi_{A-D-C} = \frac{\Phi - U_1 \cdot b_1 \cdot \Delta T_1 - U_2 \cdot b_2 \cdot \Delta T_2}{\Delta T} = \frac{85,375 - 0,244 \cdot 2,160 \cdot 25,000 - 0,996 \cdot 4,110 \cdot 17,500}{25,000} = 0,023 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$$



$$\Psi_{A-D-C} = \frac{\Phi - U_1 \cdot b_1 \cdot \Delta T_1 - U_2 \cdot b_2 \cdot \Delta T_2}{\Delta T} = \frac{43,545 - 0,244 \cdot 2,240 \cdot 25,000 - 0,304 \cdot 4,110 \cdot 17,500}{25,000} = 0,321 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

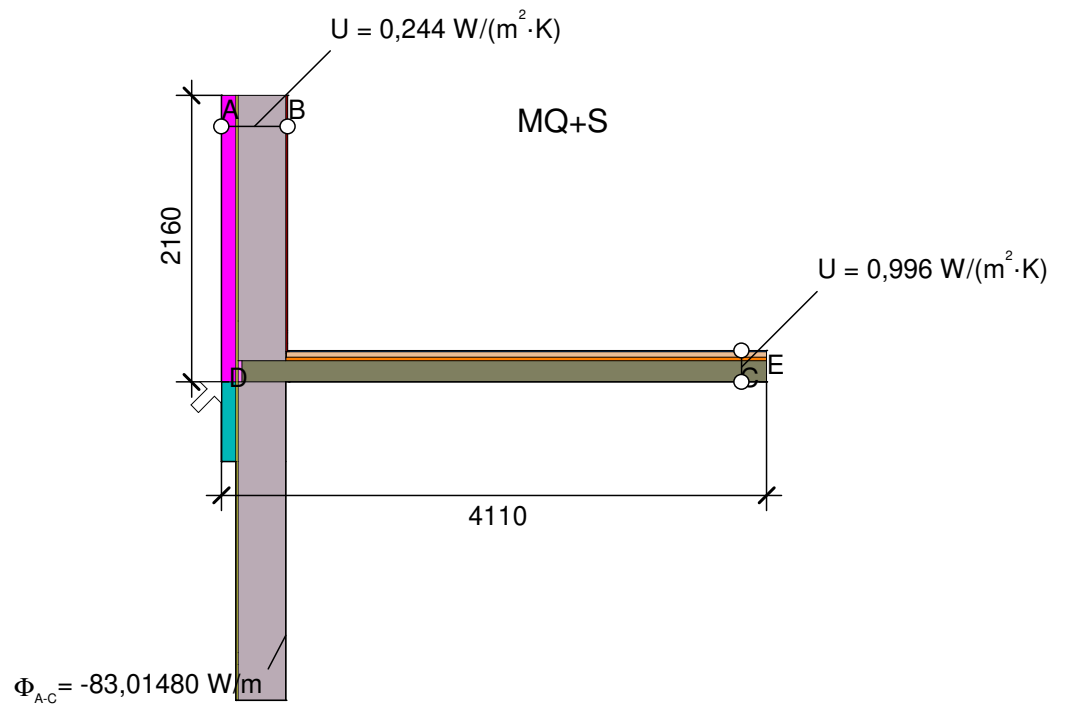


$$\psi_{A-E-C} = \frac{\Phi - U_1 \cdot b_1 \cdot \Delta T_1 - U_2 \cdot b_2 \cdot \Delta T_2}{\Delta T} = \frac{53,035 - 0,244 \cdot 2,200 \cdot 25,000 - 0,466 \cdot 4,110 \cdot 17,500}{25,000} = 0,245 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

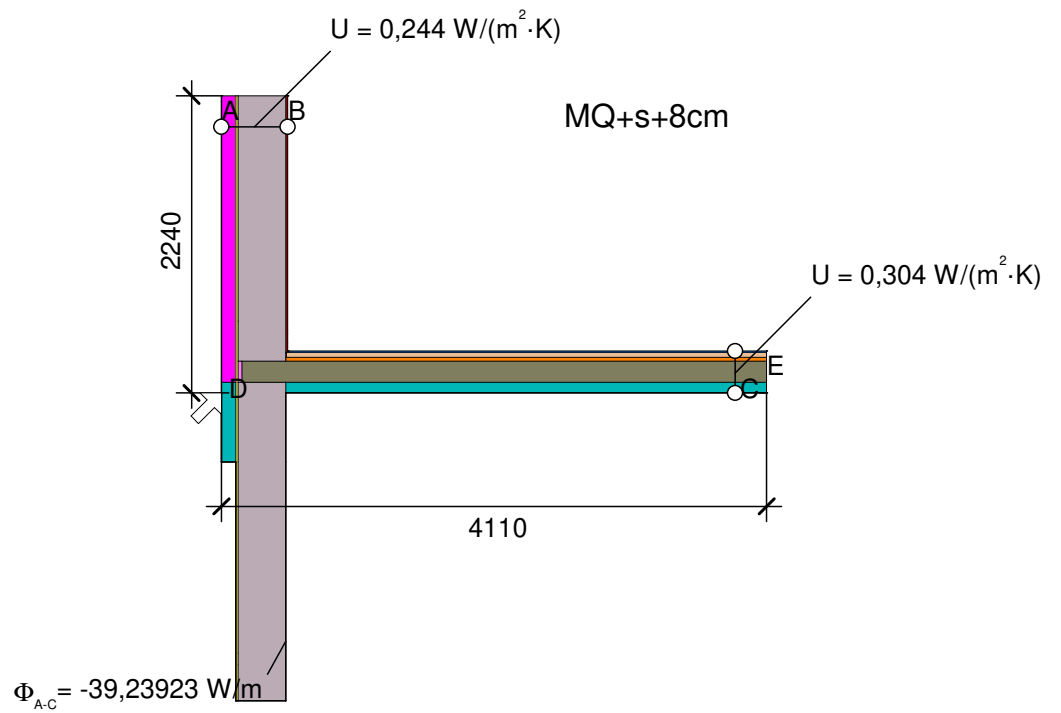


$$\psi_{A-E-C} = \frac{\Phi - U_1 \cdot b_1 \cdot \Delta T_1 - U_2 \cdot b_2 \cdot \Delta T_2}{\Delta T} = \frac{38,972 - 0,244 \cdot 2,280 \cdot 25,000 - 0,226 \cdot 4,110 \cdot 17,500}{25,000} = 0,354 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

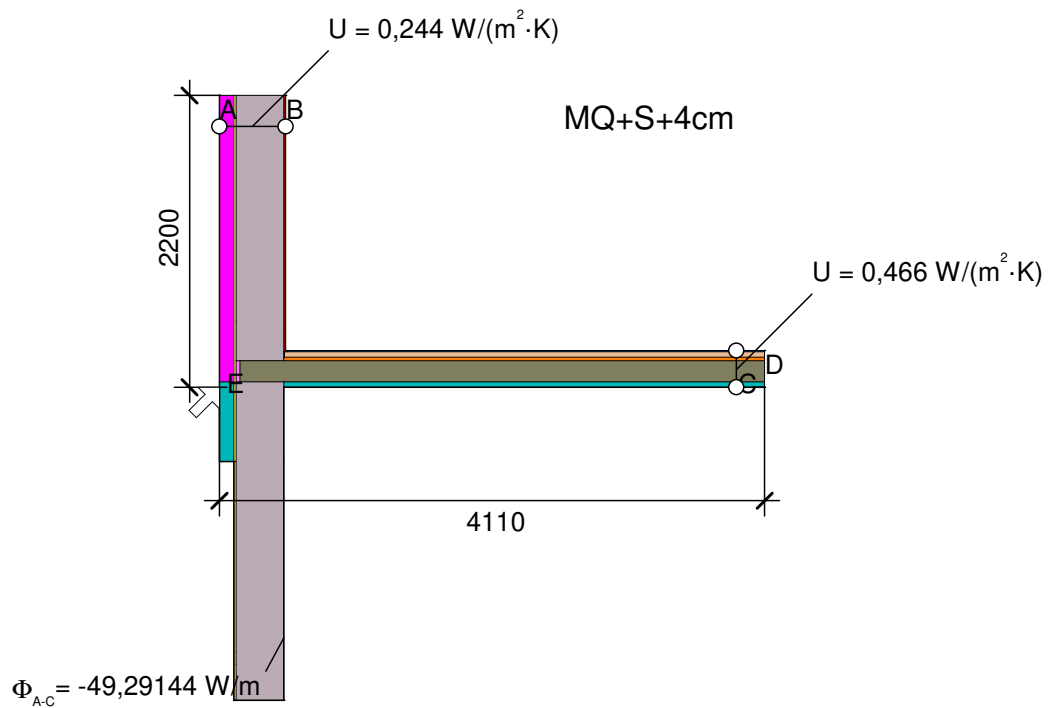
Material	λ [W/(m·K)]	Randbedingung	θ [°C]	R [(m ² ·K)/W]
Artificial stone Kunststein 10456	1,300	Exterior Erdr < 1 m -5 0.04	-5,000	0,040
Cement screed Zement-Estrich 4108	1,400	Exterior Außen	-5,000	0,040
Concrete block	0,800	Int. flux down Innen abwärts	20,000	0,170
Concrete, 1% Steel Beton, 1% Stahl 10456	2,300	Interior Innen	20,000	0,130
Insulation Wärmedämmung 035	0,035	Unheated auf 2.5 0.17	2,500	0,170
Insulation Wärmedämmung 040	0,040	Unheated hori 2.5 0.13	2,500	0,130
Insulation Wärmedämmung 032	0,032	Adiabatic Adiatat		
Interior plaster Gipsputz 10456	0,570			
Kalkzementputz	1,000			
Purenit 500 M	0,086			
Silicone Silikon	0,350			
Trittschal 050	0,050			



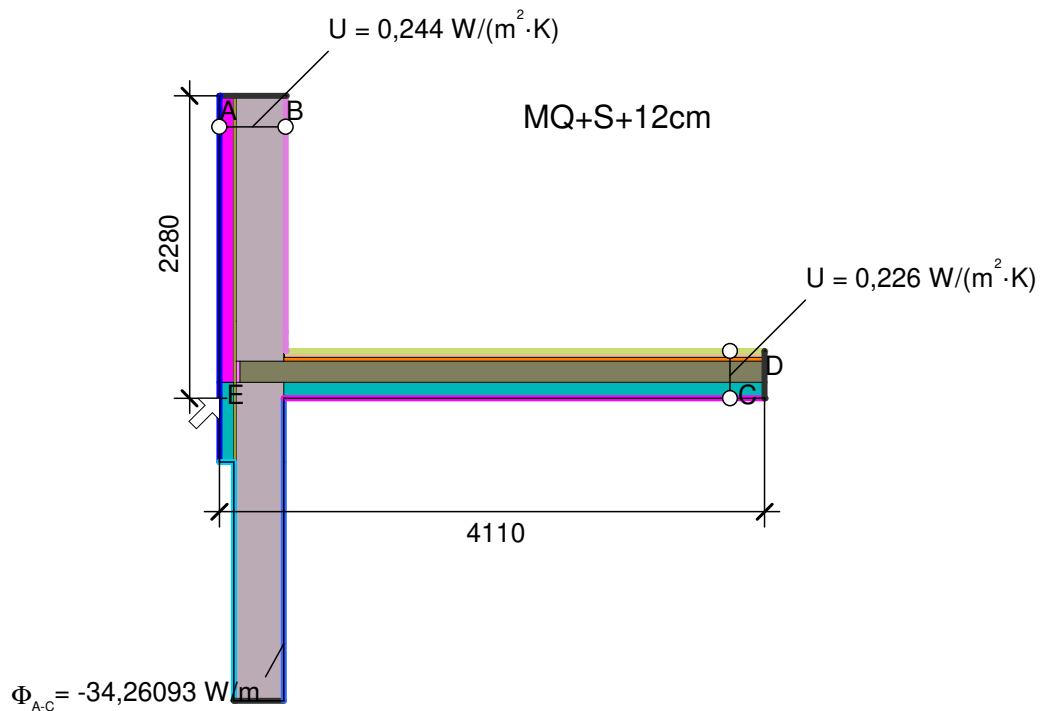
$$\psi_{A-D-C} = \frac{\Phi - U_1 \cdot b_1 \cdot \Delta T_1 - U_2 \cdot b_2 \cdot \Delta T_2}{\Delta T} = \frac{83,015 - 0,244 \cdot 2,160 \cdot 25,000 - 0,996 \cdot 4,110 \cdot 17,500}{25,000} = -0,071 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$$



$$\psi_{A-D-C} = \frac{\Phi - U_1 \cdot b_1 \cdot \Delta T_1 - U_2 \cdot b_2 \cdot \Delta T_2}{\Delta T} = \frac{39,239 - 0,244 \cdot 2,240 \cdot 25,000 - 0,304 \cdot 4,110 \cdot 17,500}{25,000} = 0,149 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

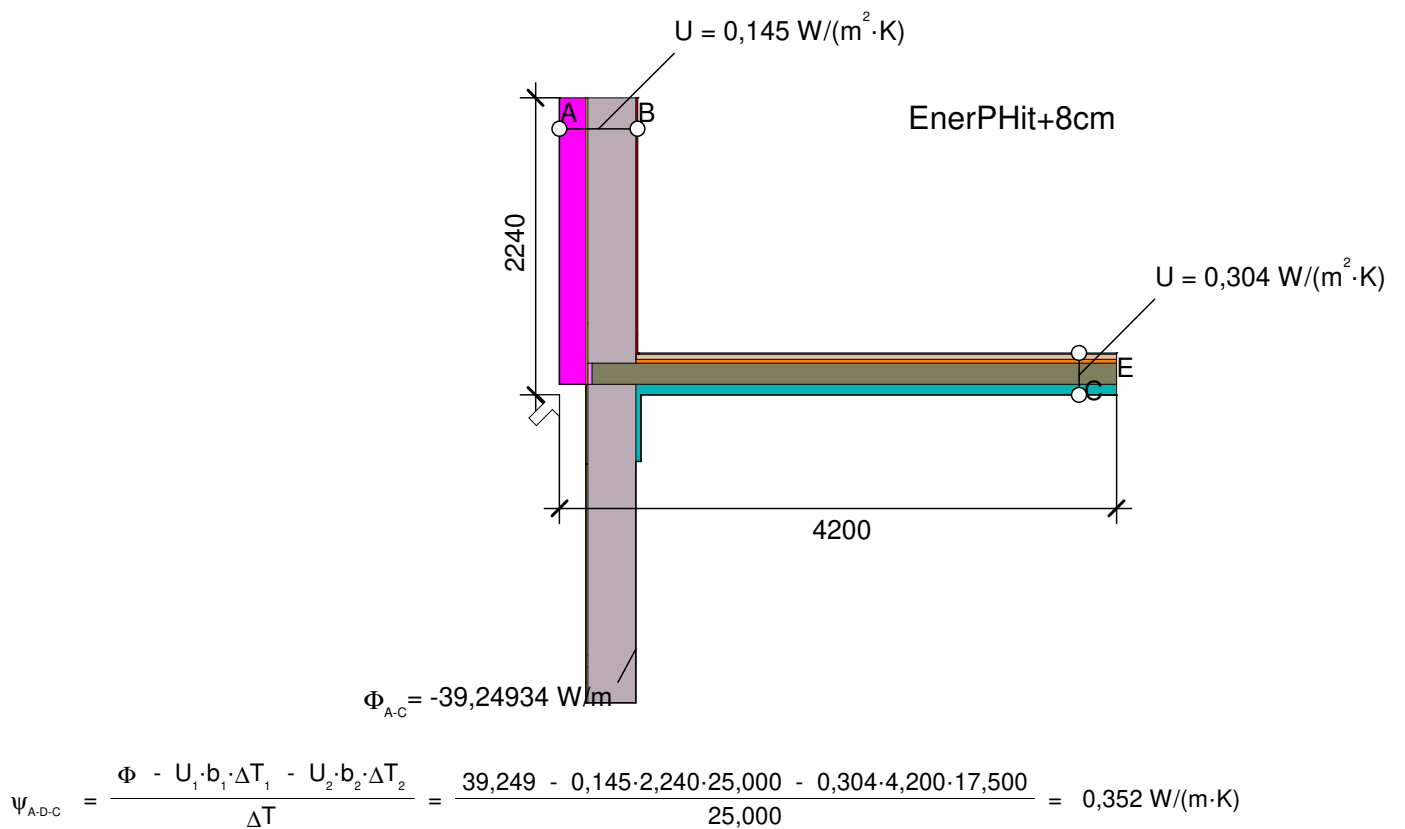
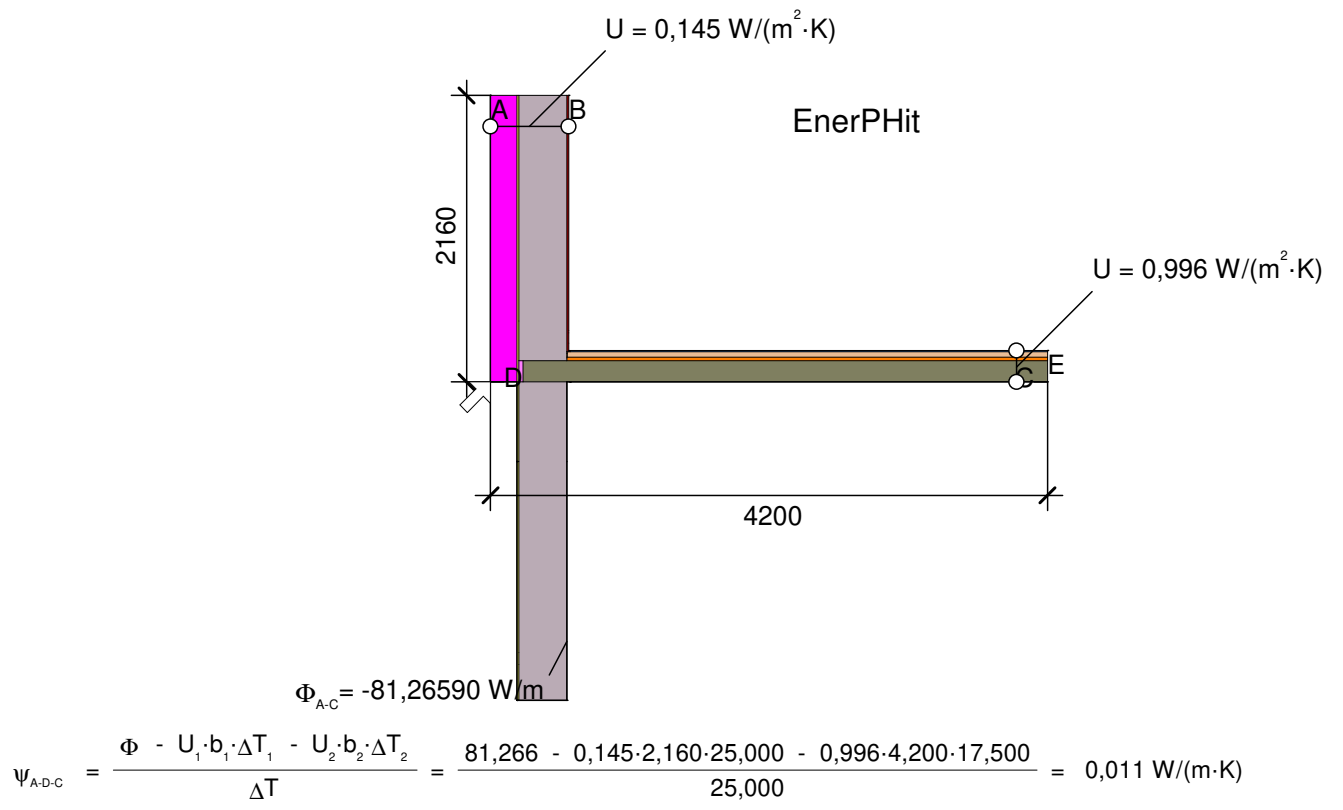


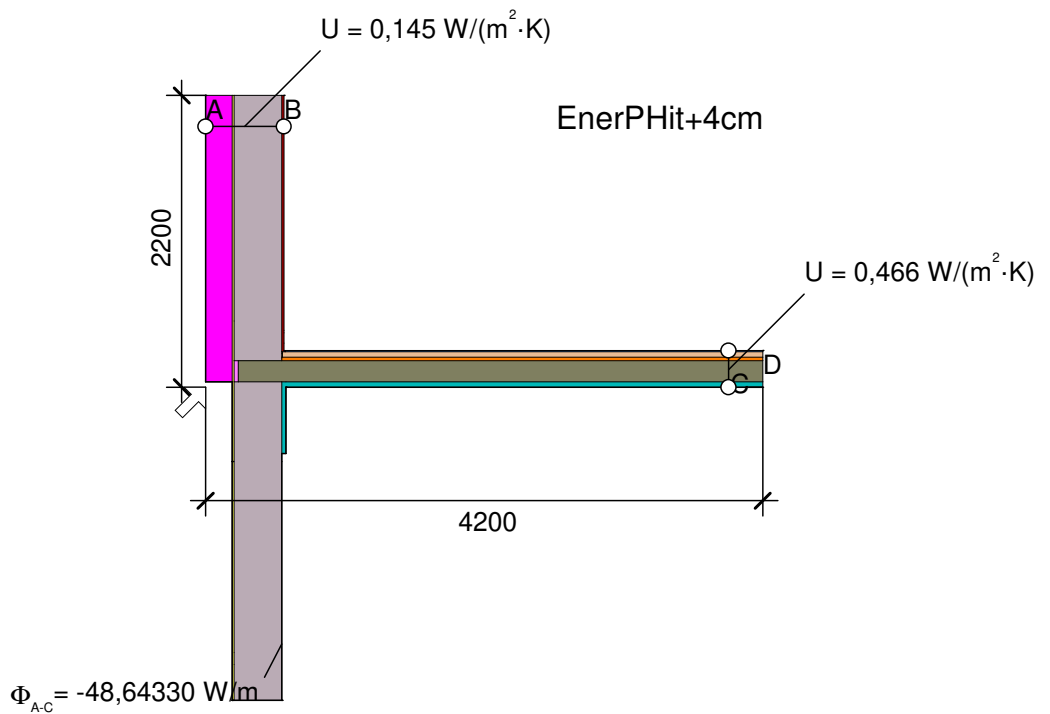
$$\psi_{A-E-C} = \frac{\Phi - U_1 \cdot b_1 \cdot \Delta T_1 - U_2 \cdot b_2 \cdot \Delta T_2}{\Delta T} = \frac{49,291 - 0,244 \cdot 2,200 \cdot 25,000 - 0,466 \cdot 4,110 \cdot 17,500}{25,000} = 0,095 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$$



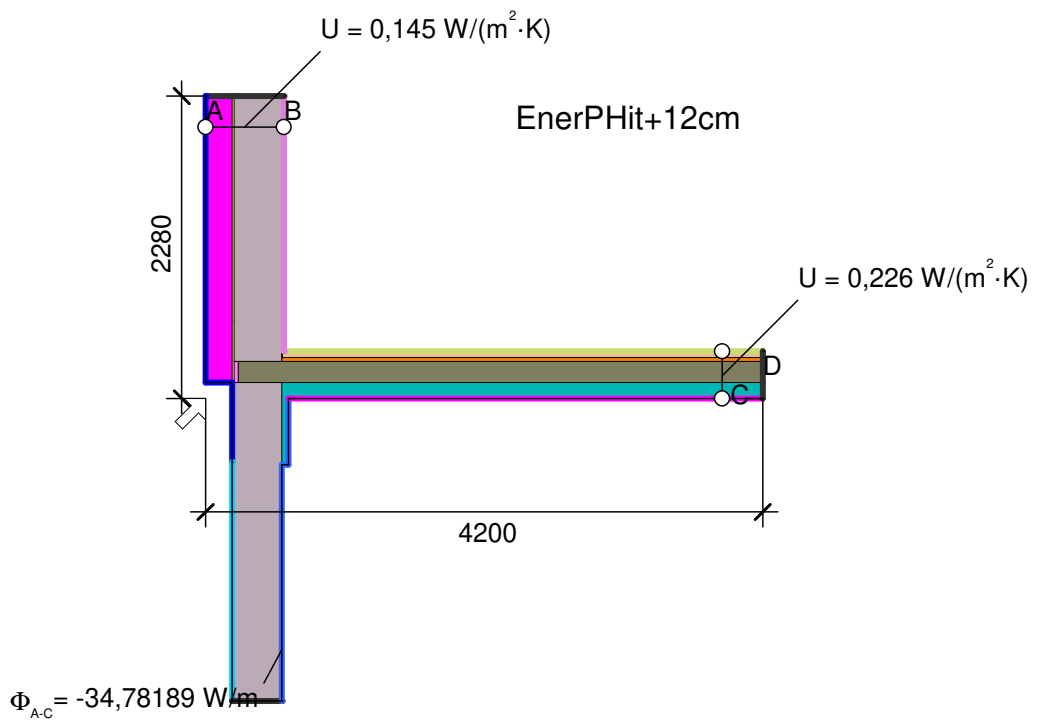
$$\psi_{A-E-C} = \frac{\Phi - U_1 \cdot b_1 \cdot \Delta T_1 - U_2 \cdot b_2 \cdot \Delta T_2}{\Delta T} = \frac{34,261 - 0,244 \cdot 2,280 \cdot 25,000 - 0,226 \cdot 4,110 \cdot 17,500}{25,000} = 0,165 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$$

Material	λ [W/(m·K)]	Randbedingung	θ [°C]	R [(m ² ·K)/W]
Artificial stone Kunststein 10456	1,300	Exterior Erdr < 1 m -5 0.04	-5,000	0,040
Cement screed Zement-Estrich 4108	1,400	Exterior Außen	-5,000	0,040
Concrete block	0,800	Int. flux down Innen abwärts	20,000	0,170
Concrete, 1% Steel Beton, 1% Stahl 10456	2,300	Interior Innen	20,000	0,130
Insulation Wärmedämmung 035	0,035	Unheated auf 2.5 0.17	2,500	0,170
Insulation Wärmedämmung 040	0,040	Unheated hori 2.5 0.13	2,500	0,130
Insulation Wärmedämmung 032	0,032	Adiabatic Adiat		
Interior plaster Gipsputz 10456	0,570			
Kalkzementputz	1,000			
Purenit 500 M	0,086			
Silicone Silikon	0,350			
Trittschal 050	0,050			



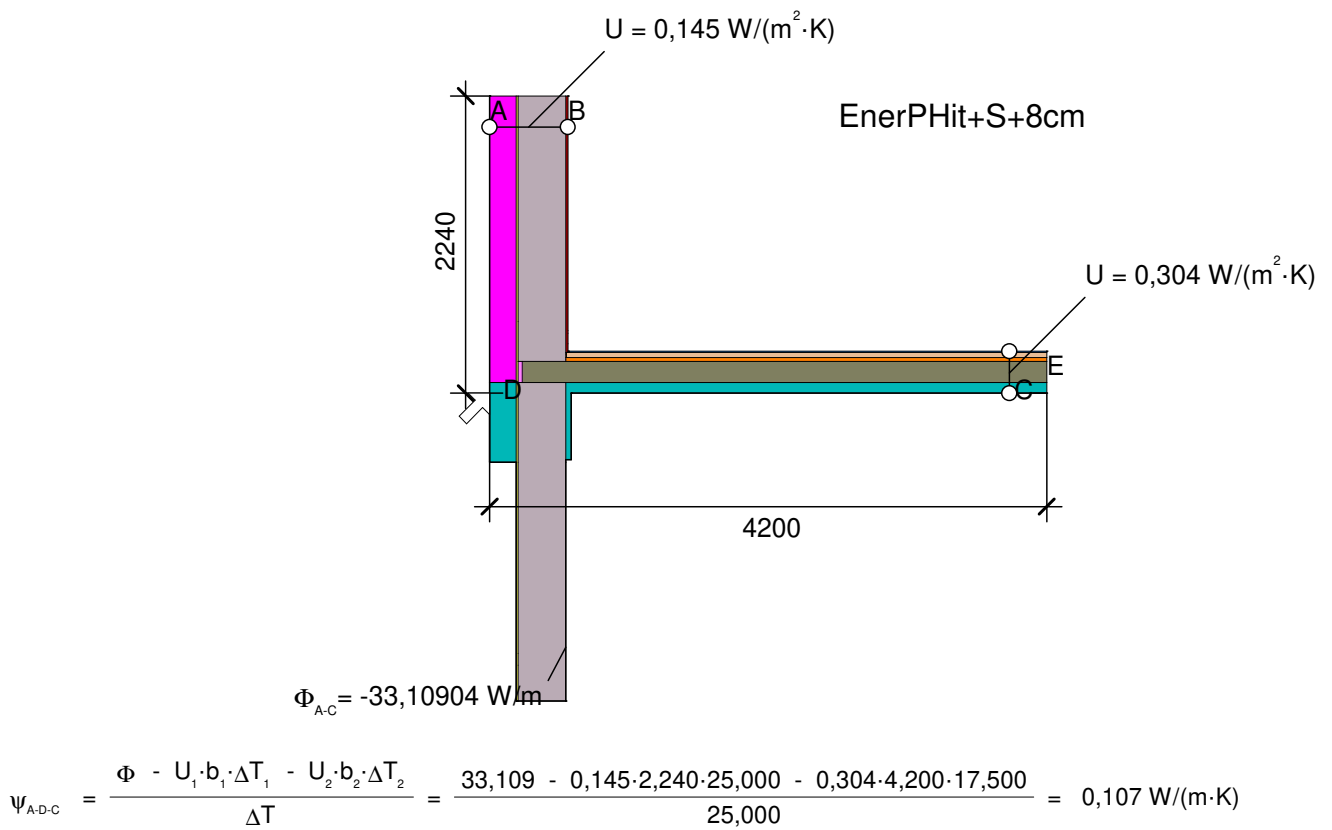
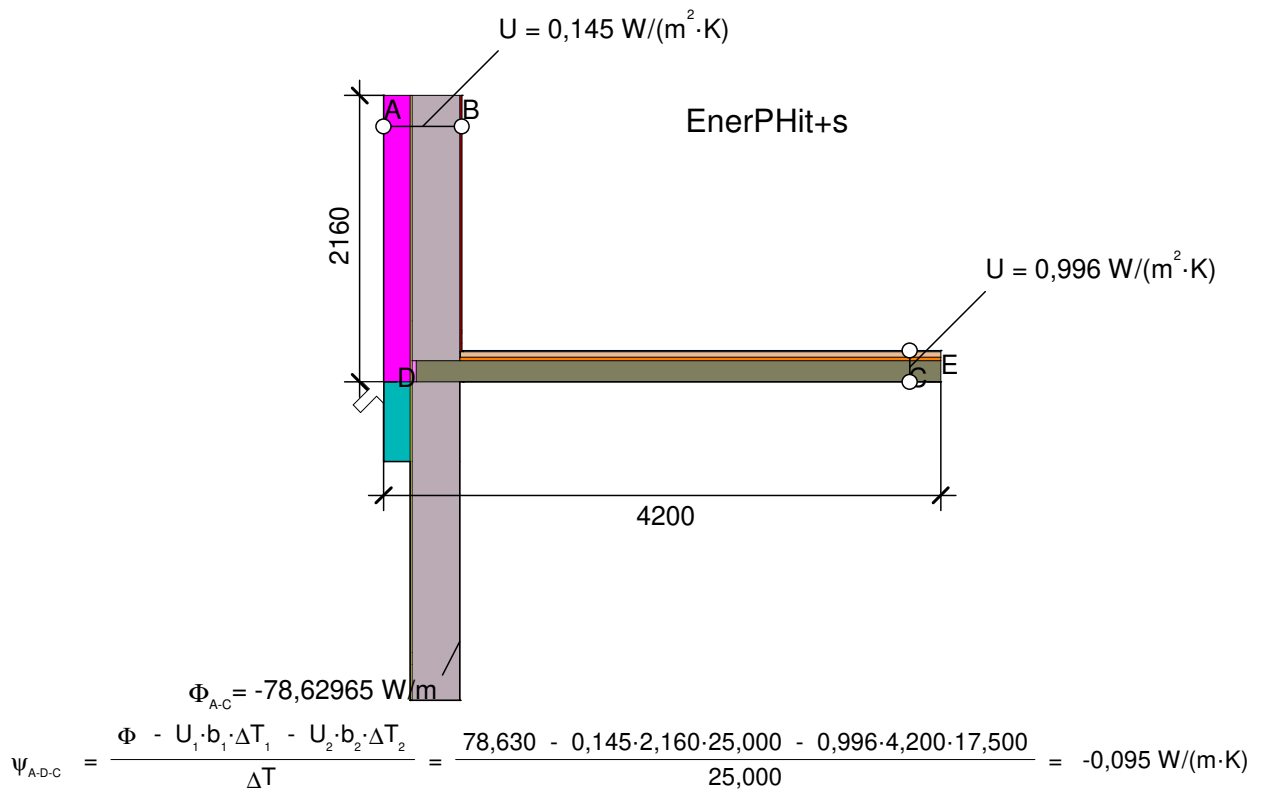


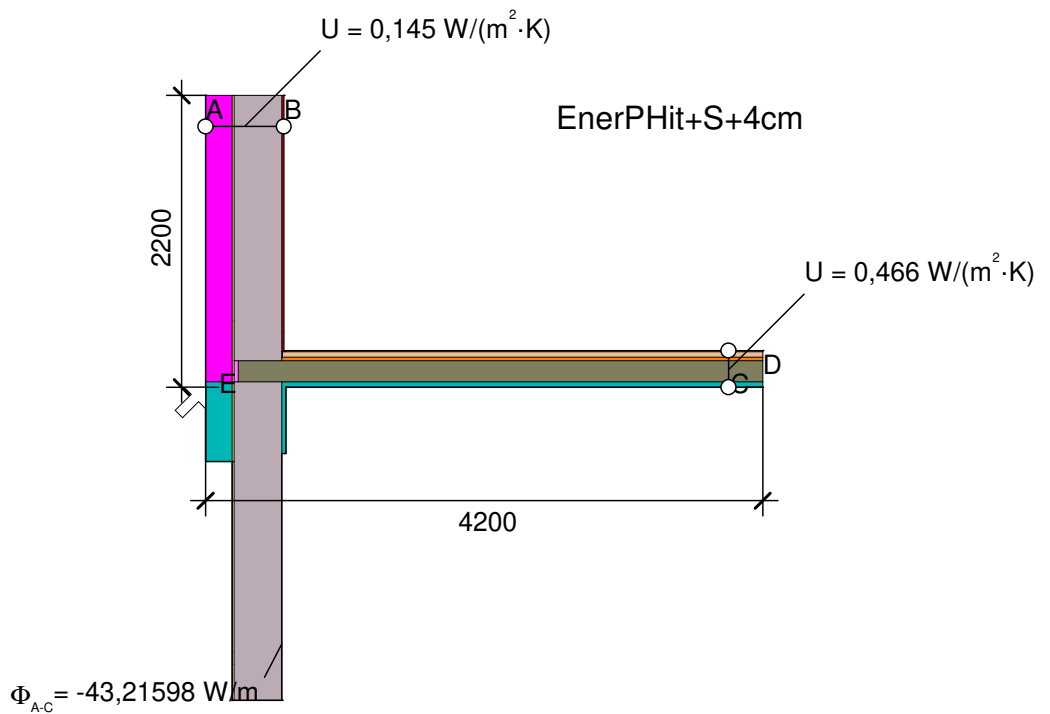
$$\Psi_{A-E-C} = \frac{\Phi - U_1 \cdot b_1 \cdot \Delta T_1 - U_2 \cdot b_2 \cdot \Delta T_2}{\Delta T} = \frac{48,643 - 0,145 \cdot 2,200 \cdot 25,000 - 0,466 \cdot 4,200 \cdot 17,500}{25,000} = 0,258 \text{ W/(m·K)}$$



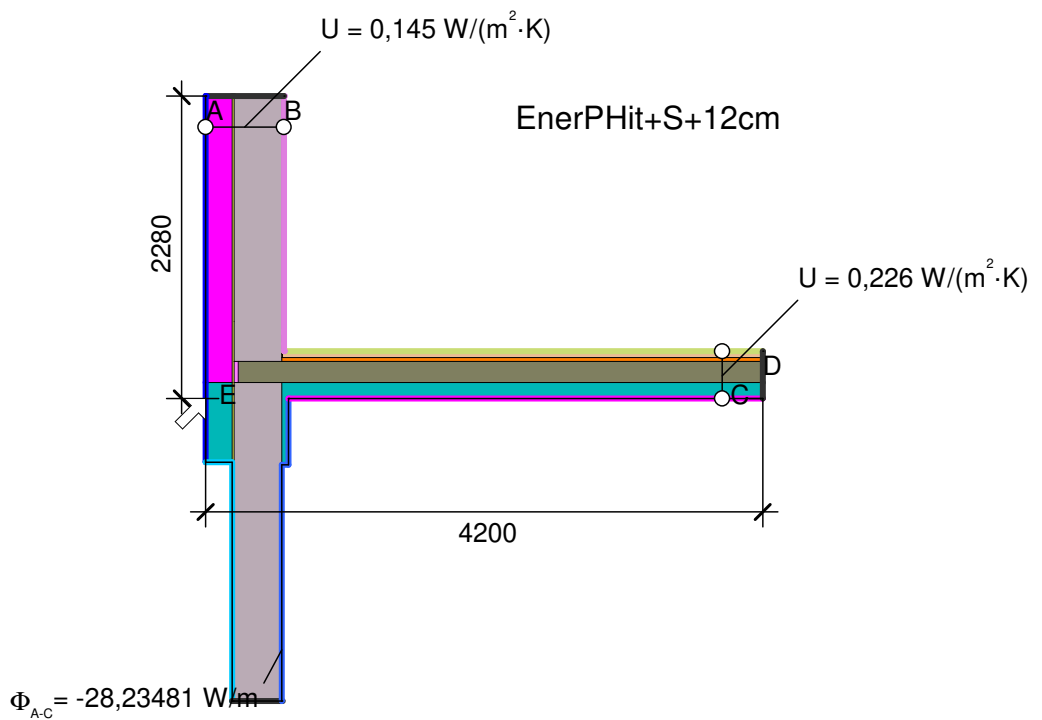
$$\Psi_{A-E-C} = \frac{\Phi - U_1 \cdot b_1 \cdot \Delta T_1 - U_2 \cdot b_2 \cdot \Delta T_2}{\Delta T} = \frac{34,782 - 0,145 \cdot 2,280 \cdot 25,000 - 0,226 \cdot 4,200 \cdot 17,500}{25,000} = 0,398 \text{ W/(m·K)}$$

Material	λ [W/(m·K)]	Randbedingung	θ [°C]	R[(m ² ·K)/W]
Artificial stone Kunststein 10456	1,300	Exterior Erdr < 1 m -5 0.04	-5,000	0,040
Cement screed Zement-Estrich 4108	1,400	Exterior Außen	-5,000	0,040
Concrete block	0,800	Int. flux down Innen abwärts	20,000	0,170
Concrete, 1% Steel Beton, 1% Stahl 10456	2,300	Interior Innen	20,000	0,130
Insulation Wärmedämmung 035	0,035	Unheated auf 2.5 0.17	2,500	0,170
Insulation Wärmedämmung 040	0,040	Unheated hori 2.5 0.13	2,500	0,130
Insulation Wärmedämmung 032	0,032	Adiabatic Adiat		
Interior plaster Gipsputz 10456	0,570			
Kalkzementputz	1,000			
Purenit 500 M	0,086			
Silicone Silikon	0,350			
Trittschal 050	0,050			



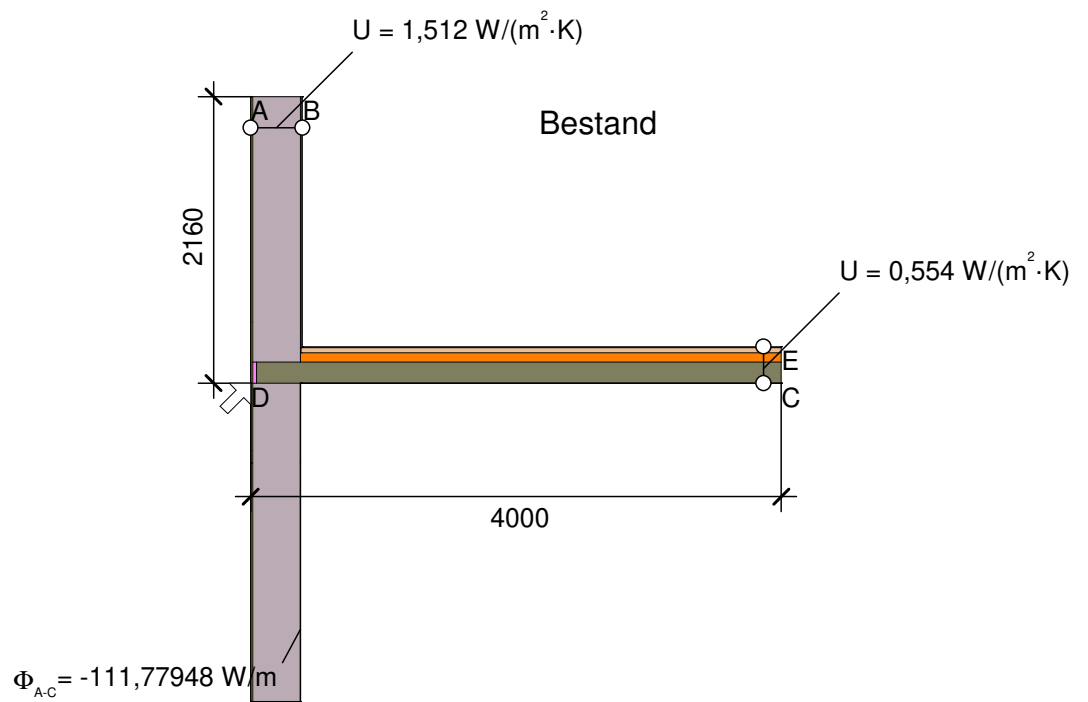


$$\psi_{A-E-C} = \frac{\Phi - U_1 \cdot b_1 \cdot \Delta T_1 - U_2 \cdot b_2 \cdot \Delta T_2}{\Delta T} = \frac{43,216 - 0,145 \cdot 2,200 \cdot 25,000 - 0,466 \cdot 4,200 \cdot 17,500}{25,000} = 0,041 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$$

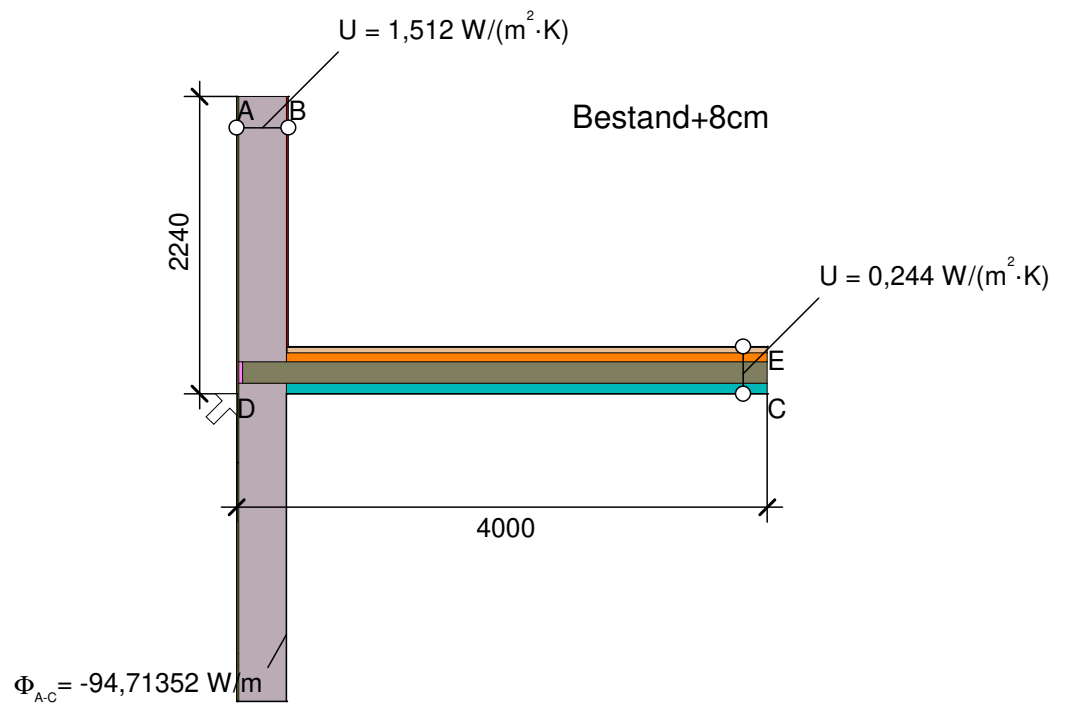


$$\psi_{A-E-C} = \frac{\Phi - U_1 \cdot b_1 \cdot \Delta T_1 - U_2 \cdot b_2 \cdot \Delta T_2}{\Delta T} = \frac{28,235 - 0,145 \cdot 2,280 \cdot 25,000 - 0,226 \cdot 4,200 \cdot 17,500}{25,000} = 0,136 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$$

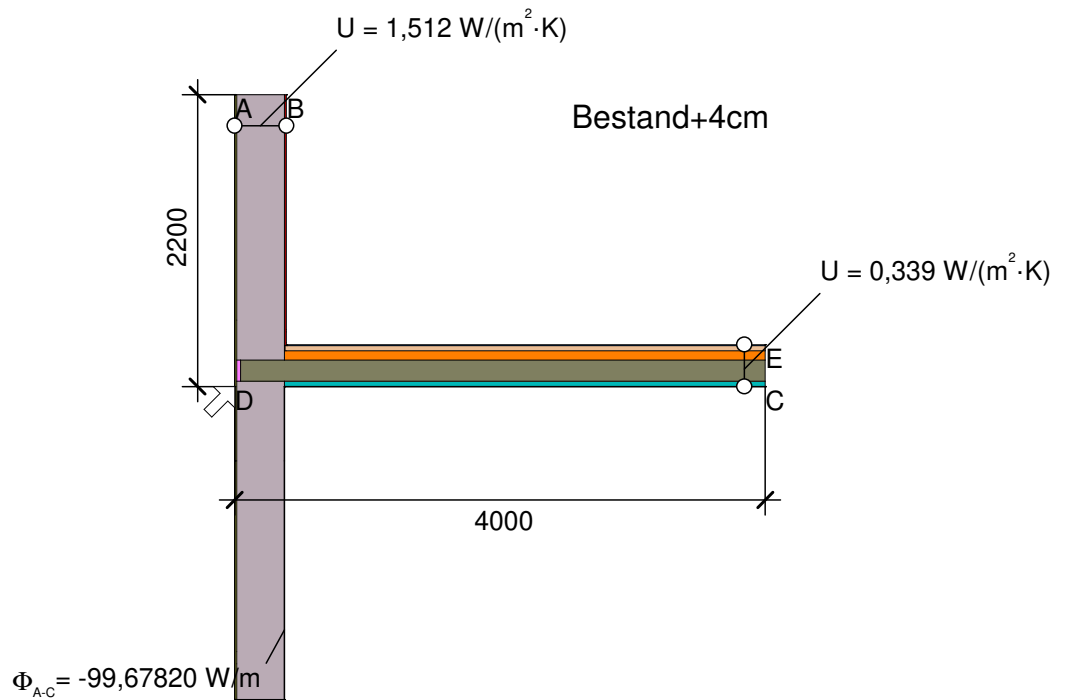
Material	λ [W/(m·K)]	Randbedingung	θ [°C]	R[(m²·K)/W]
Artificial stone Kunststein 10456	1,300	Exterior Erdr < 1 m -5 0.04	-5,000	0,040
Cement screed Zement-Estrich 4108	1,400	Exterior Außen	-5,000	0,040
Concrete block	0,800	Int. flux down Innen abwärts	20,000	0,170
Concrete, 1% Steel Beton, 1% Stahl 10456	2,300	Interior Innen	20,000	0,130
Insulation Wärmedämmung 035	0,035	Unheated auf 2.5 0.17	2,500	0,170
Insulation Wärmedämmung 040	0,040	Unheated hori 2.5 0.13	2,500	0,130
Insulation Wärmedämmung 032	0,032	Adiabatic Adiat		
Interior plaster Gipsputz 10456	0,570			
Kalkzementputz	1,000			
Purenit 500 M	0,086			
Silicone Silikon	0,350			
Trittschal 050	0,050			



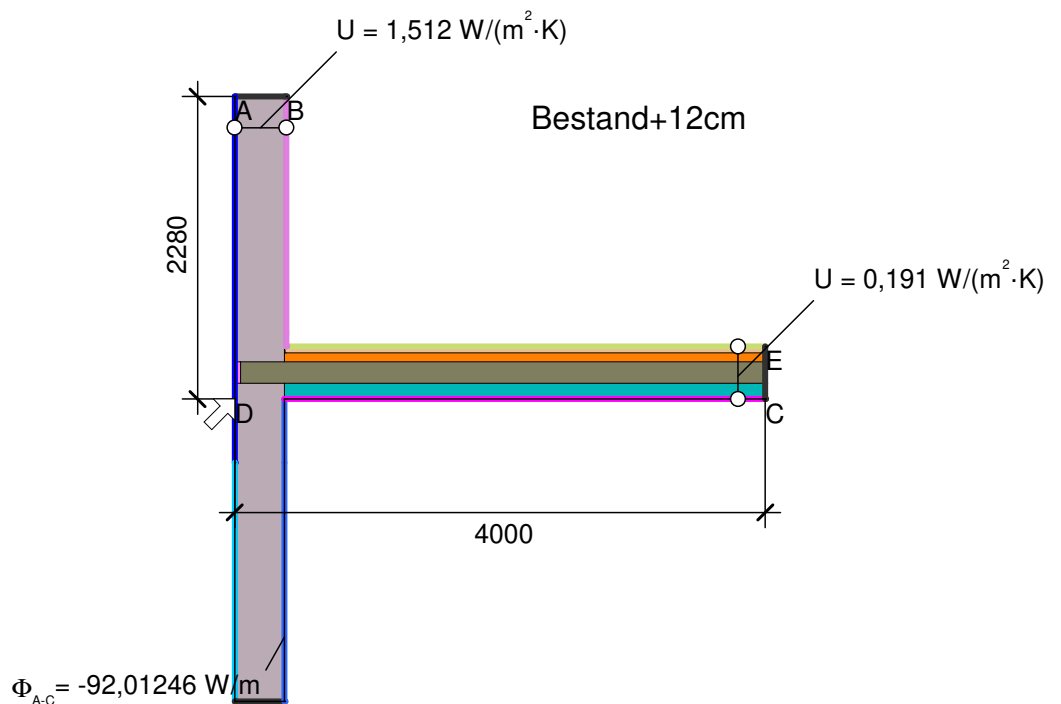
$$\Psi_{A-D-C} = \frac{\Phi - U_1 \cdot b_1 \cdot \Delta T_1 - U_2 \cdot b_2 \cdot \Delta T_2}{\Delta T} = \frac{111,779 - 1,512 \cdot 2,160 \cdot 25,000 - 0,554 \cdot 4,000 \cdot 17,500}{25,000} = -0,347 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$$



$$\Psi_{A-D-C} = \frac{\Phi - U_1 \cdot b_1 \cdot \Delta T_1 - U_2 \cdot b_2 \cdot \Delta T_2}{\Delta T} = \frac{94,714 - 1,512 \cdot 2,240 \cdot 25,000 - 0,244 \cdot 4,000 \cdot 17,500}{25,000} = -0,283 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

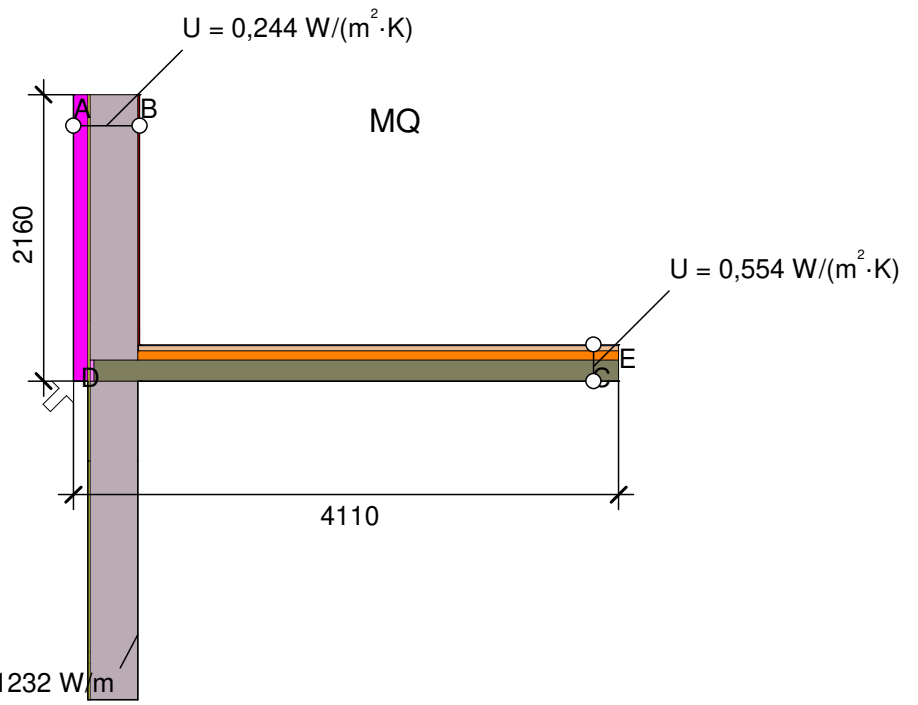


$$\Psi_{A-D-C} = \frac{\Phi - U_1 \cdot b_1 \cdot \Delta T_1 - U_2 \cdot b_2 \cdot \Delta T_2}{\Delta T} = \frac{99,678 - 1,512 \cdot 2,200 \cdot 25,000 - 0,339 \cdot 4,000 \cdot 17,500}{25,000} = -0,290 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$$

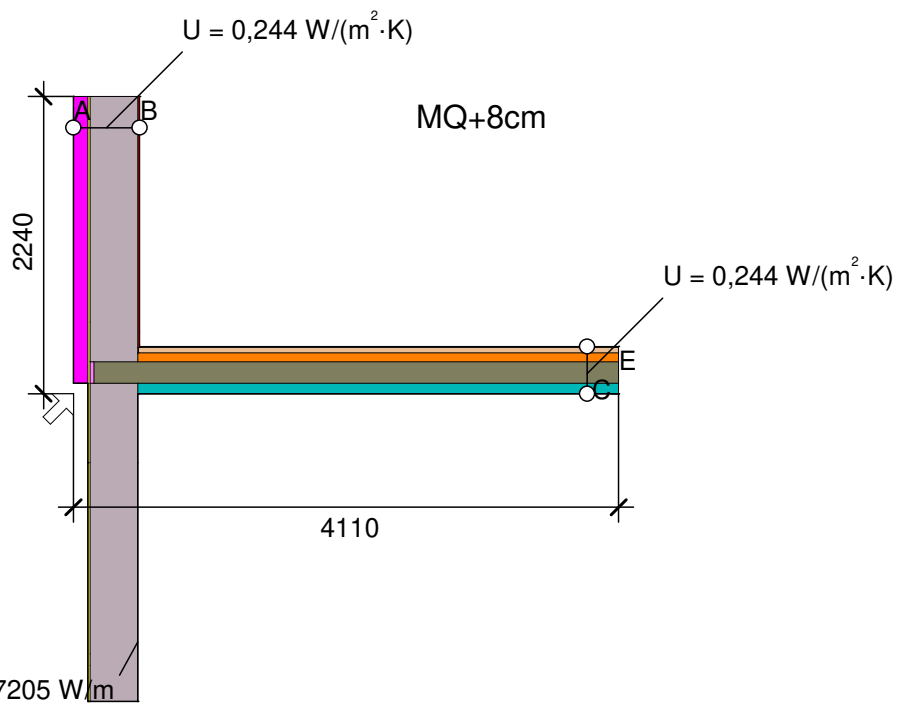


$$\Psi_{A-D-C} = \frac{\Phi - U_1 \cdot b_1 \cdot \Delta T_1 - U_2 \cdot b_2 \cdot \Delta T_2}{\Delta T} = \frac{92,012 - 1,512 \cdot 2,280 \cdot 25,000 - 0,191 \cdot 4,000 \cdot 17,500}{25,000} = -0,302 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$$

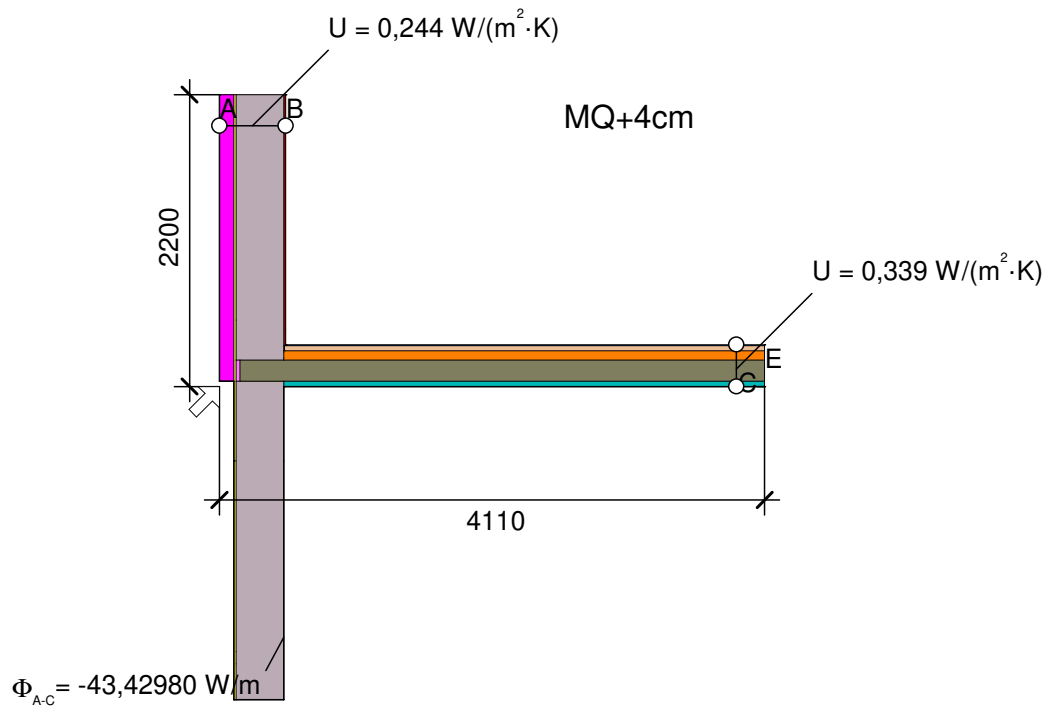
Material	λ [W/(m·K)]	Randbedingung	θ [°C]	R [(m ² ·K)/W]
Artificial stone Kunststein 10456	1,300	Exterior Erdr < 1 m -5 0.04	-5,000	0,040
Cement screed Zement-Estrich 4108	1,400	Exterior Außen	-5,000	0,040
Concrete block	0,800	Int. flux down Innen abwärts	20,000	0,170
Concrete, 1% Steel Beton, 1% Stahl 10456	2,300	Interior Innen	20,000	0,130
Insulation Wärmedämmung 035	0,035	Unheated auf 2.5 0.17	2,500	0,170
Insulation Wärmedämmung 040	0,040	Unheated hori 2.5 0.13	2,500	0,130
Interior plaster Gipsputz 10456	0,570	Adiabatic Adiatat		
Kalkzementputz	1,000			
Purenit 500 M	0,086			
Silicone Silikon	0,350			
Trittschal 050	0,050			



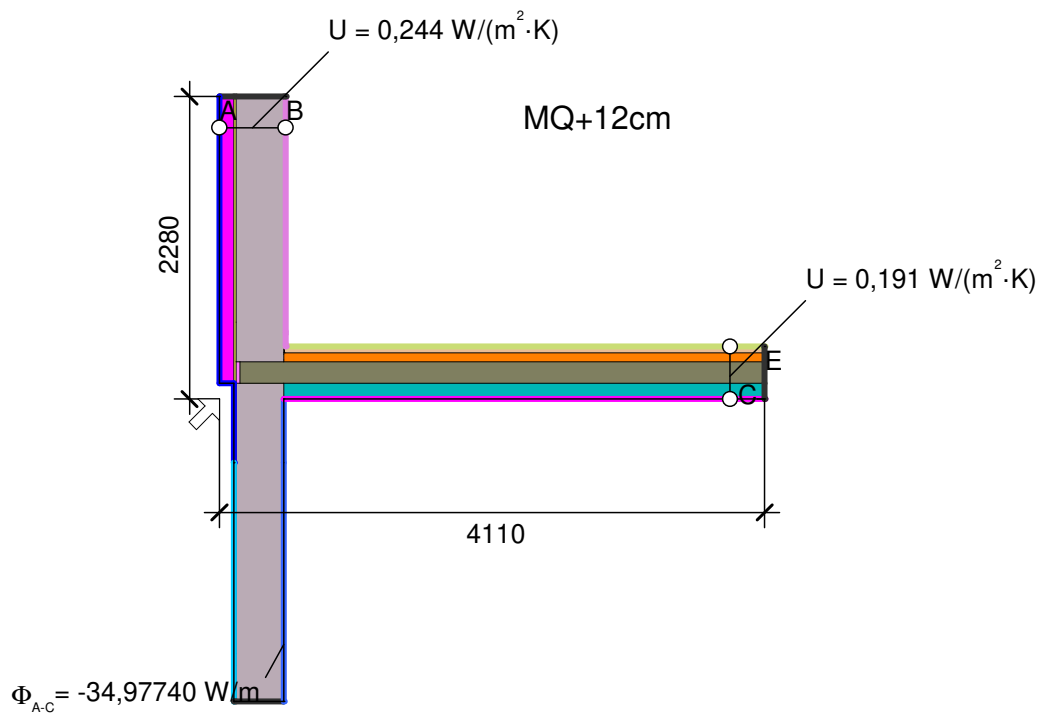
$$\Psi_{A-D-C} = \frac{\Phi - U_1 \cdot b_1 \cdot \Delta T_1 - U_2 \cdot b_2 \cdot \Delta T_2}{\Delta T} = \frac{56,812 - 0,244 \cdot 2,160 \cdot 25,000 - 0,554 \cdot 4,110 \cdot 17,500}{25,000} = 0,151 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$$



$$\Psi_{A-D-C} = \frac{\Phi - U_1 \cdot b_1 \cdot \Delta T_1 - U_2 \cdot b_2 \cdot \Delta T_2}{\Delta T} = \frac{37,972 - 0,244 \cdot 2,240 \cdot 25,000 - 0,244 \cdot 4,110 \cdot 17,500}{25,000} = 0,269 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$$

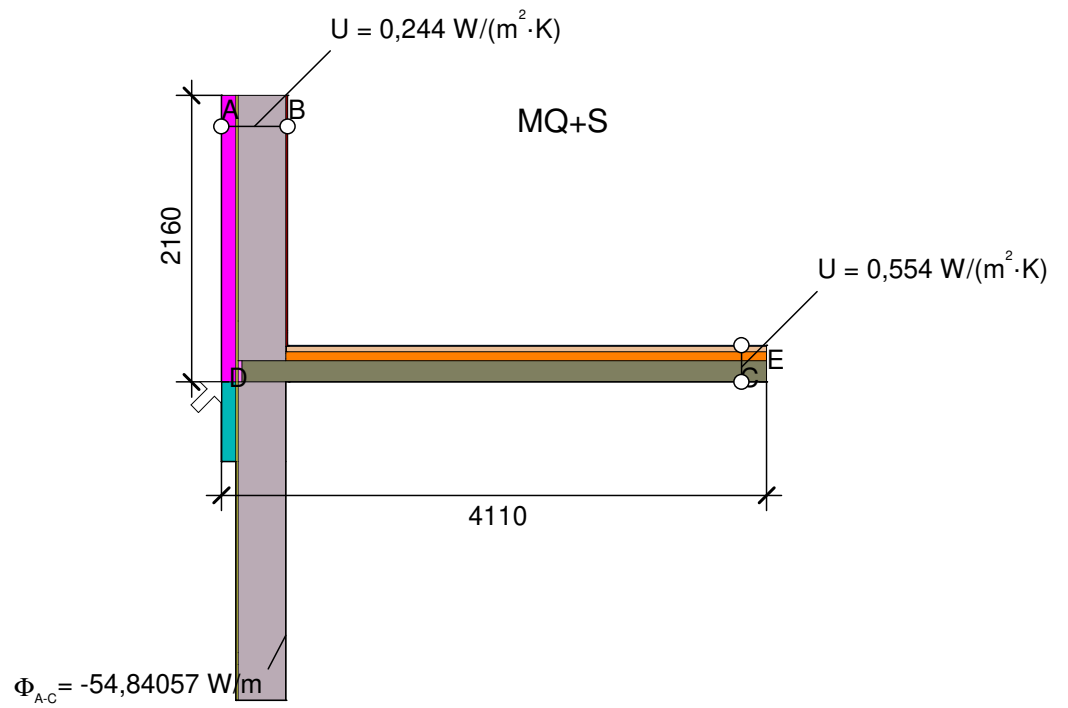


$$\psi_{A-D-C} = \frac{\Phi - U_1 \cdot b_1 \cdot \Delta T_1 - U_2 \cdot b_2 \cdot \Delta T_2}{\Delta T} = \frac{43,430 - 0,244 \cdot 2,200 \cdot 25,000 - 0,339 \cdot 4,110 \cdot 17,500}{25,000} = 0,224 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$$

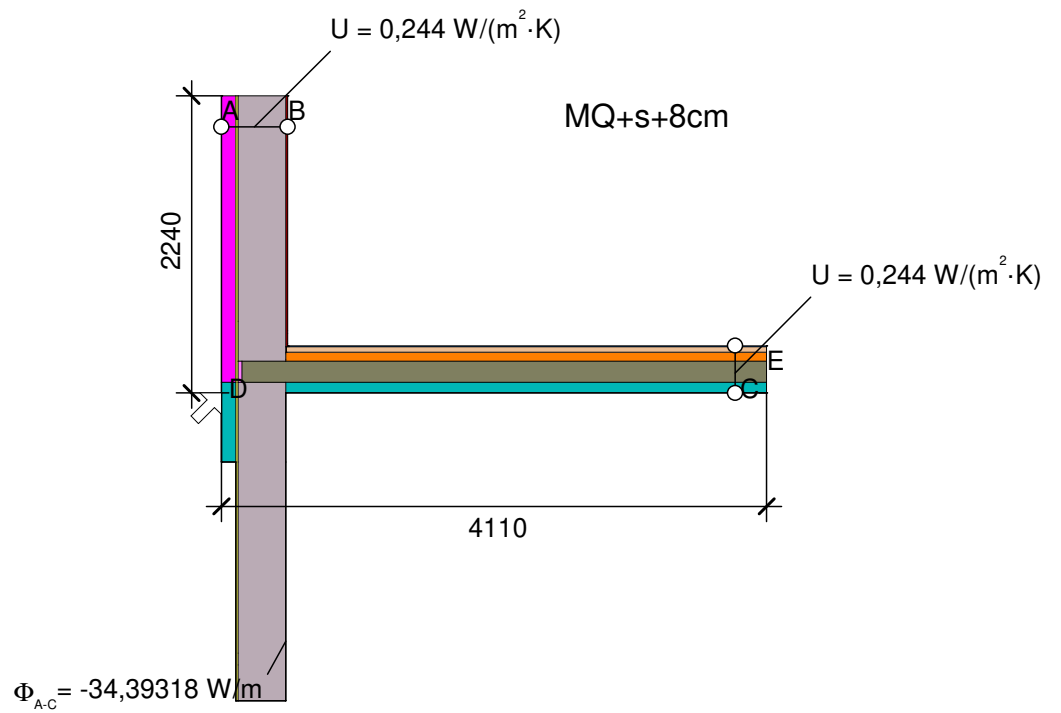


$$\psi_{A-D-C} = \frac{\Phi - U_1 \cdot b_1 \cdot \Delta T_1 - U_2 \cdot b_2 \cdot \Delta T_2}{\Delta T} = \frac{34,977 - 0,244 \cdot 2,280 \cdot 25,000 - 0,191 \cdot 4,110 \cdot 17,500}{25,000} = 0,293 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$$

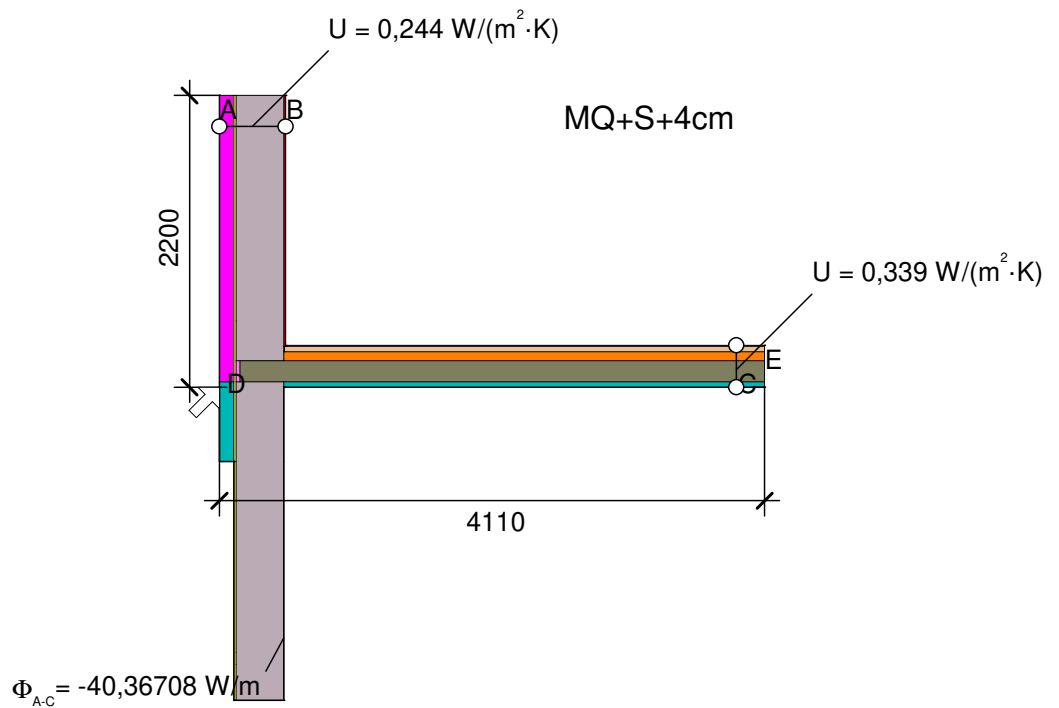
Material	λ [W/(m·K)]	Randbedingung	θ [°C]	R [(m ² ·K)/W]
Artificial stone Kunststein 10456	1,300	Exterior Erdr < 1 m -5 0.04	-5,000	0,040
Cement screed Zement-Estrich 4108	1,400	Exterior Außen	-5,000	0,040
Concrete block	0,800	Int. flux down Innen abwärts	20,000	0,170
Concrete, 1% Steel Beton, 1% Stahl 10456	2,300	Interior Innen	20,000	0,130
Insulation Wärmedämmung 035	0,035	Unheated auf 2.5 0.17	2,500	0,170
Insulation Wärmedämmung 040	0,040	Unheated hori 2.5 0.13	2,500	0,130
Insulation Wärmedämmung 032	0,032	Adiabatic Adiatat		
Interior plaster Gipsputz 10456	0,570			
Kalkzementputz	1,000			
Purenit 500 M	0,086			
Silicone Silikon	0,350			
Trittschal 050	0,050			



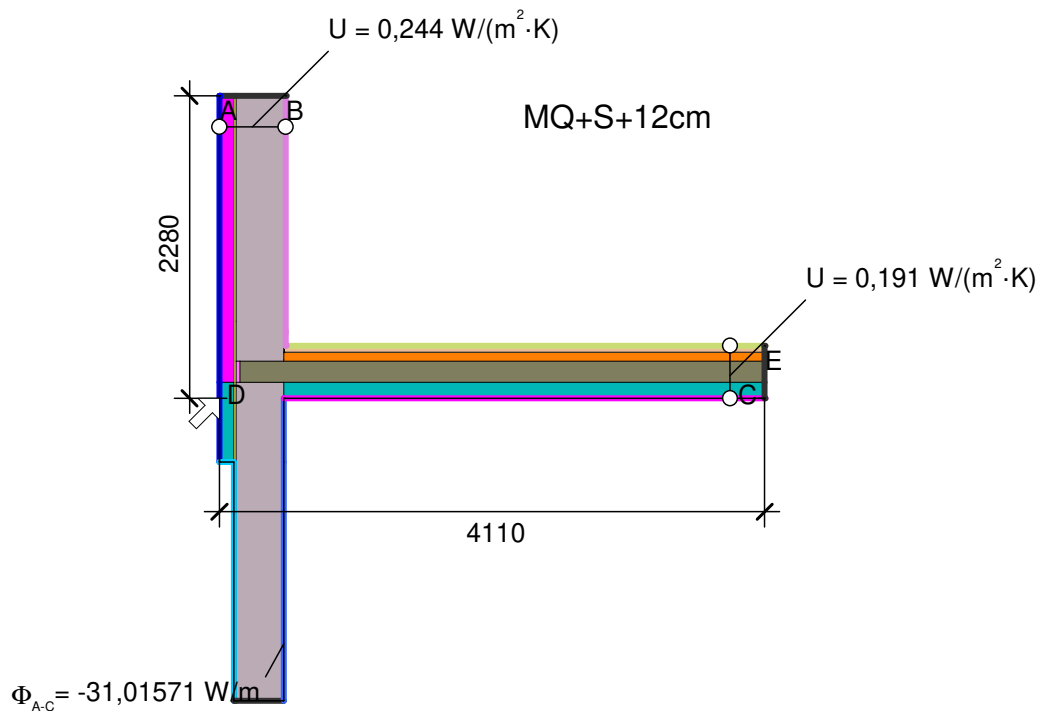
$$\psi_{A-D-C} = \frac{\Phi - U_1 \cdot b_1 \cdot \Delta T_1 - U_2 \cdot b_2 \cdot \Delta T_2}{\Delta T} = \frac{54,841 - 0,244 \cdot 2,160 \cdot 25,000 - 0,554 \cdot 4,110 \cdot 17,500}{25,000} = 0,072 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$$



$$\psi_{A-D-C} = \frac{\Phi - U_1 \cdot b_1 \cdot \Delta T_1 - U_2 \cdot b_2 \cdot \Delta T_2}{\Delta T} = \frac{34,393 - 0,244 \cdot 2,240 \cdot 25,000 - 0,244 \cdot 4,110 \cdot 17,500}{25,000} = 0,126 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

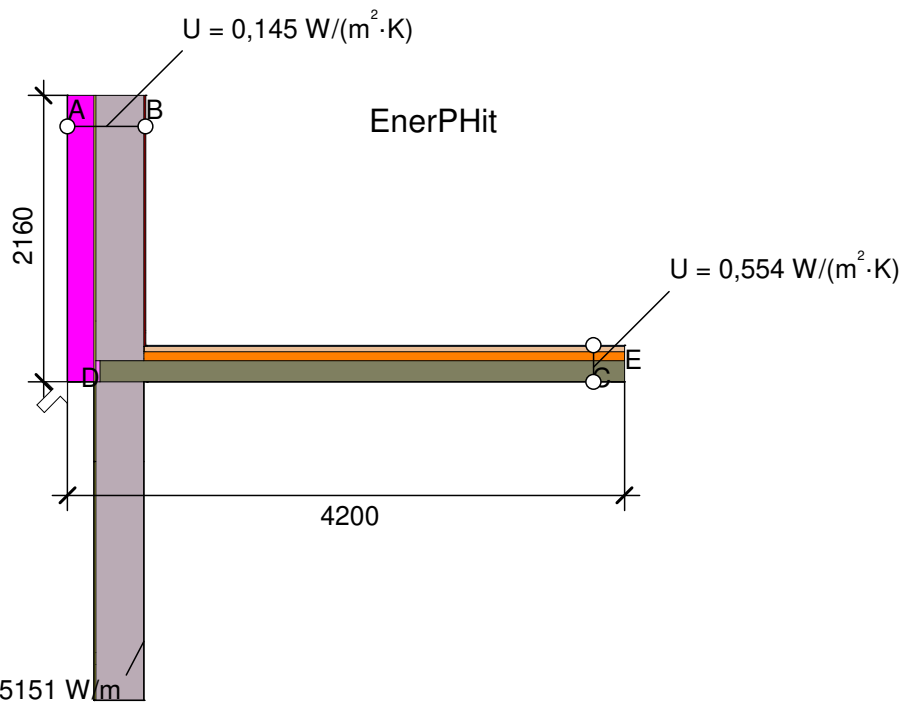


$$\psi_{A-D-C} = \frac{\Phi - U_1 \cdot b_1 \cdot \Delta T_1 - U_2 \cdot b_2 \cdot \Delta T_2}{\Delta T} = \frac{40,367 - 0,244 \cdot 2,200 \cdot 25,000 - 0,339 \cdot 4,110 \cdot 17,500}{25,000} = 0,102 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$$

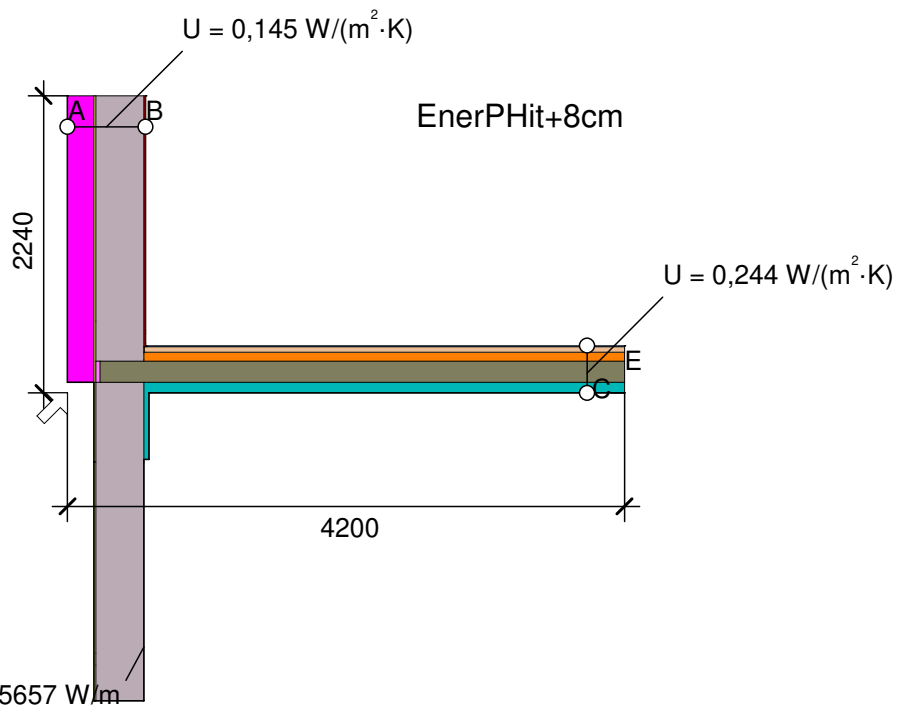


$$\psi_{A-E-C} = \frac{\Phi - U_1 \cdot b_1 \cdot \Delta T_1 - U_2 \cdot b_2 \cdot \Delta T_2}{\Delta T} = \frac{31,016 - 0,244 \cdot 2,280 \cdot 25,000 - 0,191 \cdot 4,110 \cdot 17,500}{25,000} = 0,135 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$$

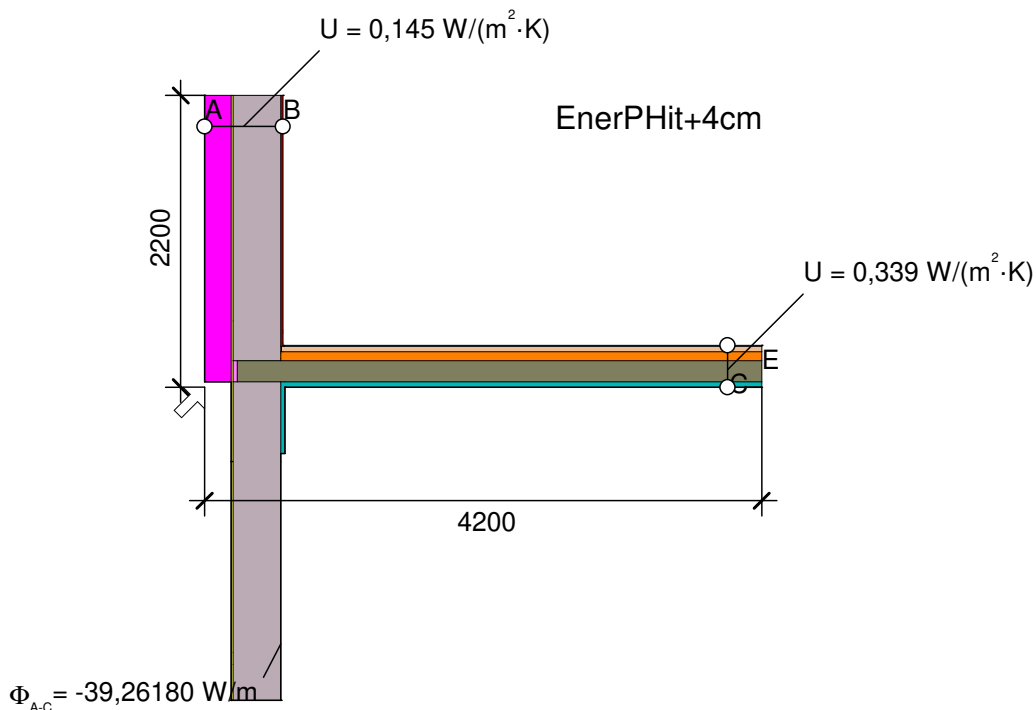
Material	λ[W/(m·K)]	Randbedingung	θ[°C]	R[(m ² ·K)/W]
Artificial stone Kunststein 10456	1,300	Exterior Erdr < 1 m -5 0.04	-5,000	0,040
Cement screed Zement-Estrich 4108	1,400	Exterior Außen	-5,000	0,040
Concrete block	0,800	Int. flux down Innen abwärts	20,000	0,170
Concrete, 1% Steel Beton, 1% Stahl 10456	2,300	Interior Innen	20,000	0,130
Insulation Wärmedämmung 035	0,035	Unheated auf 2.5 0.17	2,500	0,170
Insulation Wärmedämmung 040	0,040	Unheated hori 2.5 0.13	2,500	0,130
Insulation Wärmedämmung 032	0,032	Adiabatic Adiat		
Interior plaster Gipsputz 10456	0,570			
Kalkzementputz	1,000			
Purenit 500 M	0,086			
Silicone Silikon	0,350			
Trittschal 050	0,050			



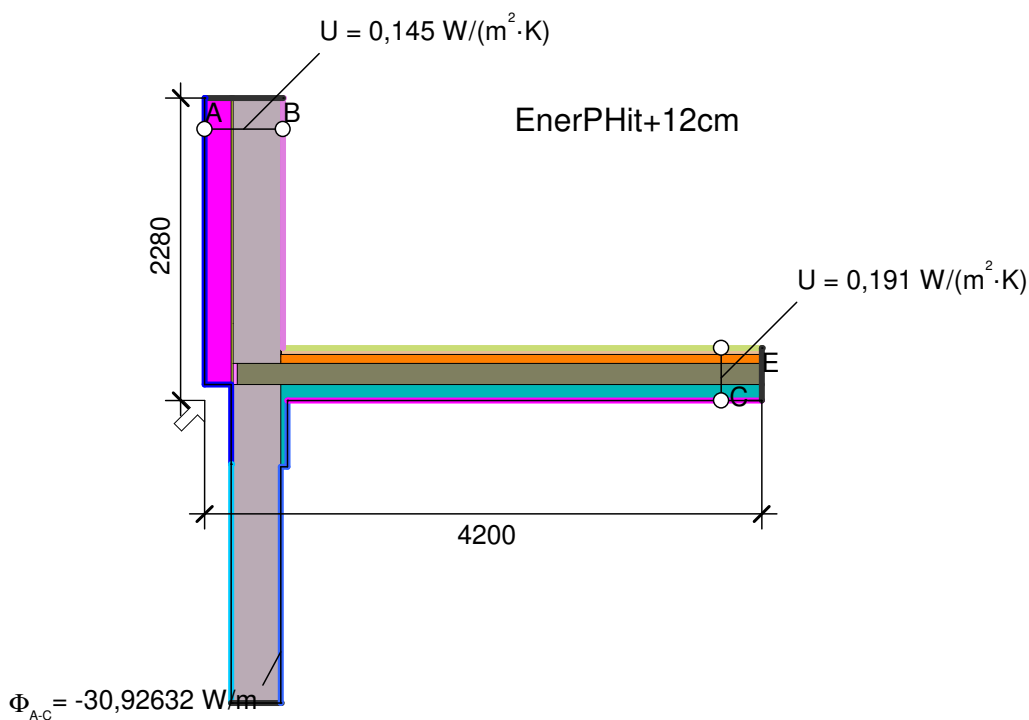
$$\psi_{A-D-C} = \frac{\Phi - U_1 \cdot b_1 \cdot \Delta T_1 - U_2 \cdot b_2 \cdot \Delta T_2}{\Delta T} = \frac{52,752 - 0,145 \cdot 2,160 \cdot 25,000 - 0,554 \cdot 4,200 \cdot 17,500}{25,000} = 0,168 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$$



$$\psi_{A-D-C} = \frac{\Phi - U_1 \cdot b_1 \cdot \Delta T_1 - U_2 \cdot b_2 \cdot \Delta T_2}{\Delta T} = \frac{33,857 - 0,145 \cdot 2,240 \cdot 25,000 - 0,244 \cdot 4,200 \cdot 17,500}{25,000} = 0,311 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$$

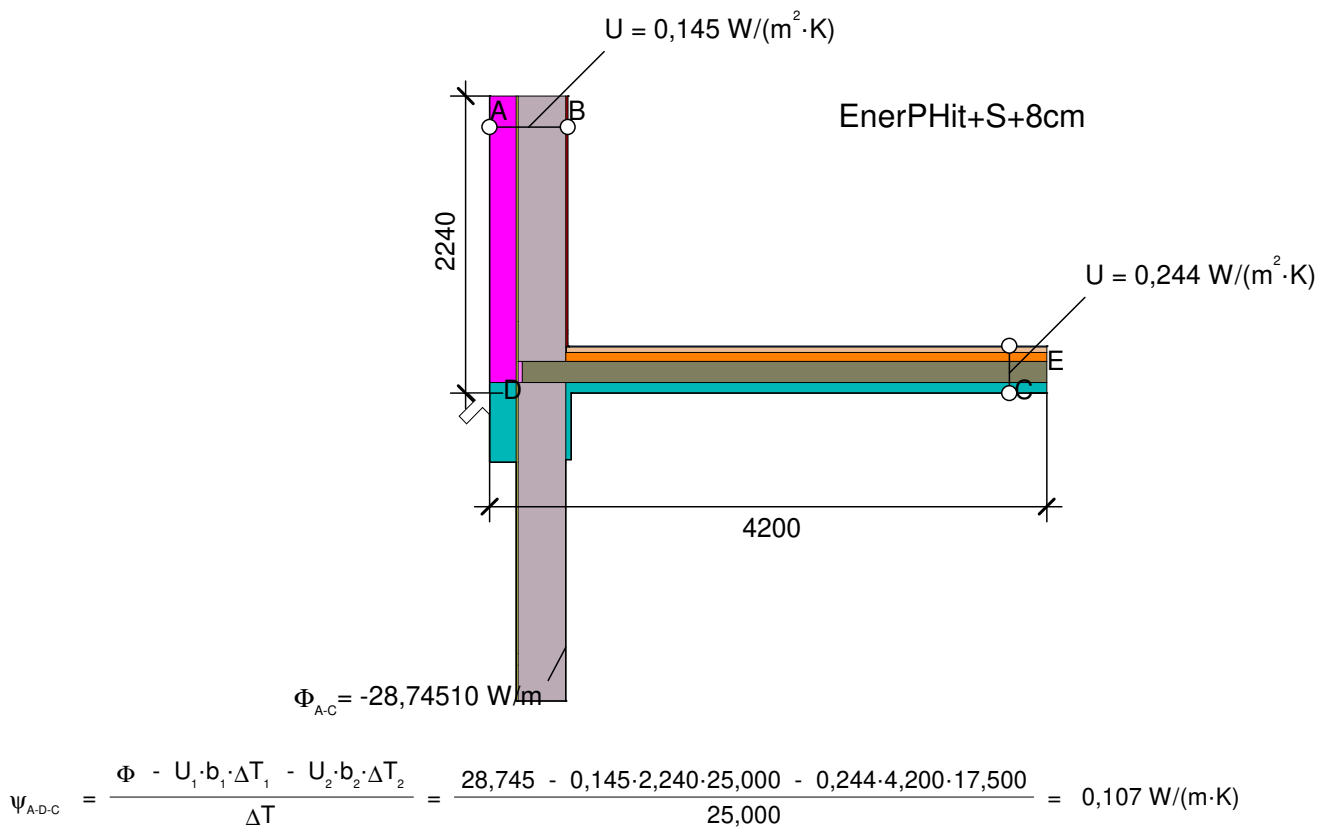
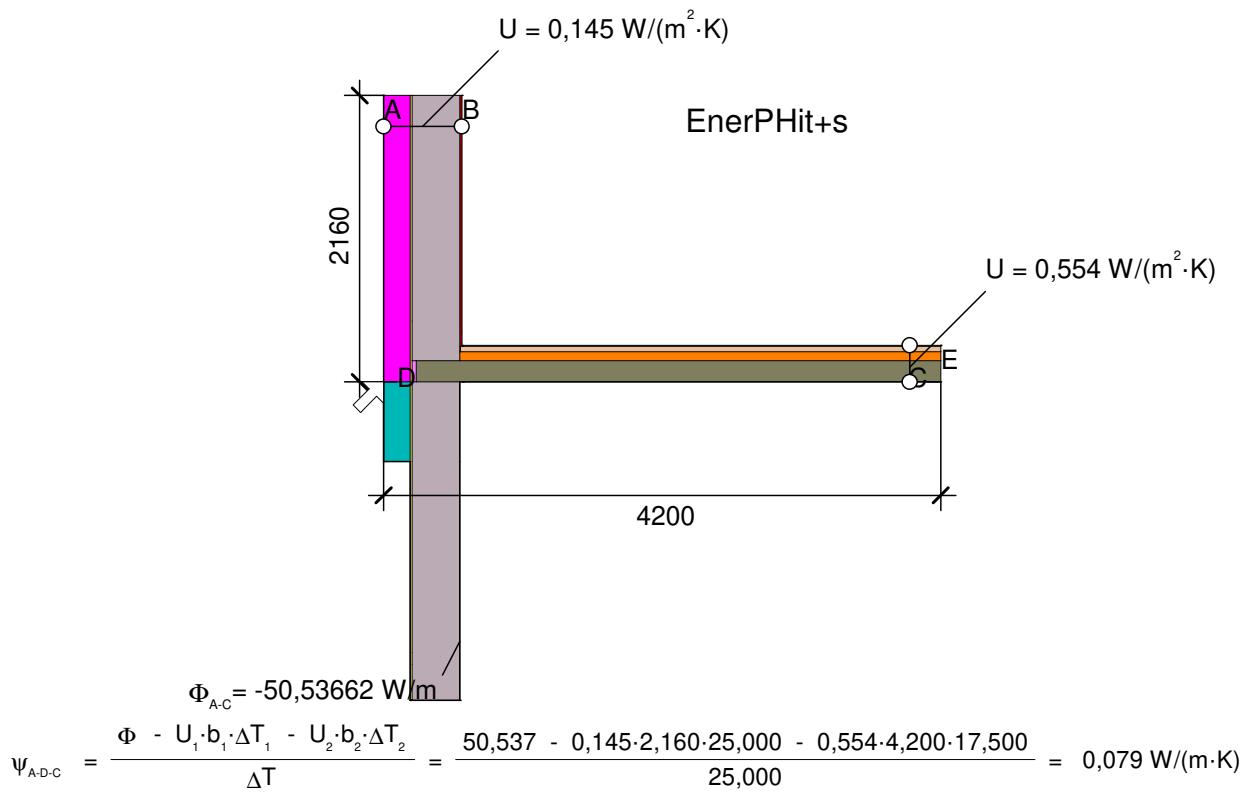


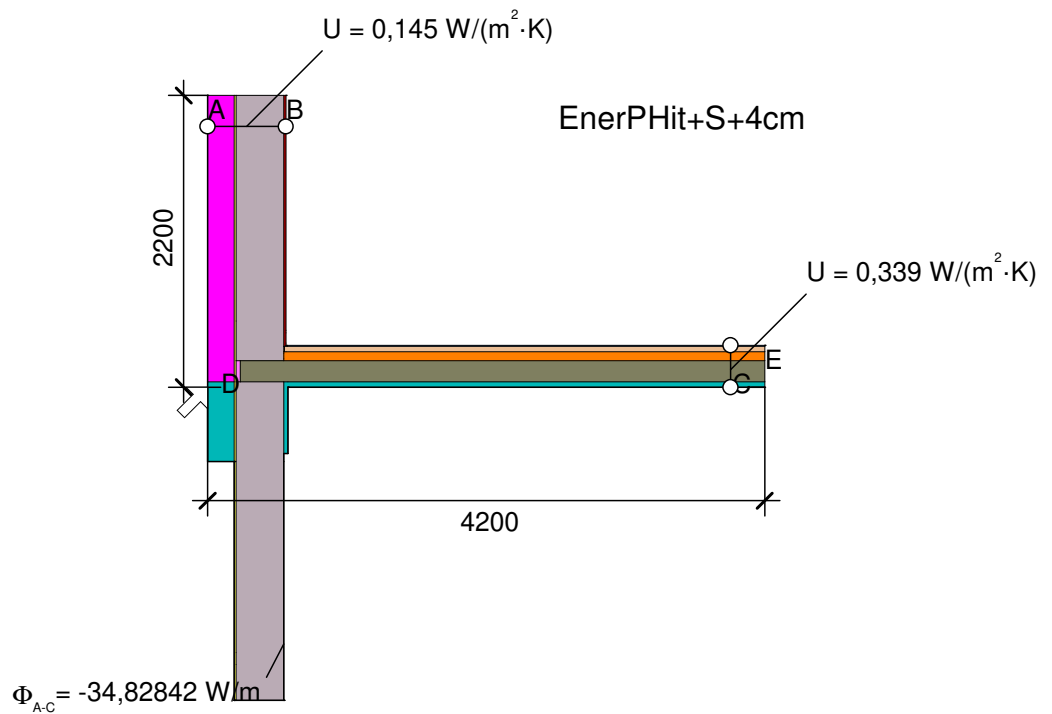
$$\Psi_{A-D-C} = \frac{\Phi - U_1 \cdot b_1 \cdot \Delta T_1 - U_2 \cdot b_2 \cdot \Delta T_2}{\Delta T} = \frac{39,262 - 0,145 \cdot 2,200 \cdot 25,000 - 0,339 \cdot 4,200 \cdot 17,500}{25,000} = 0,255 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$$



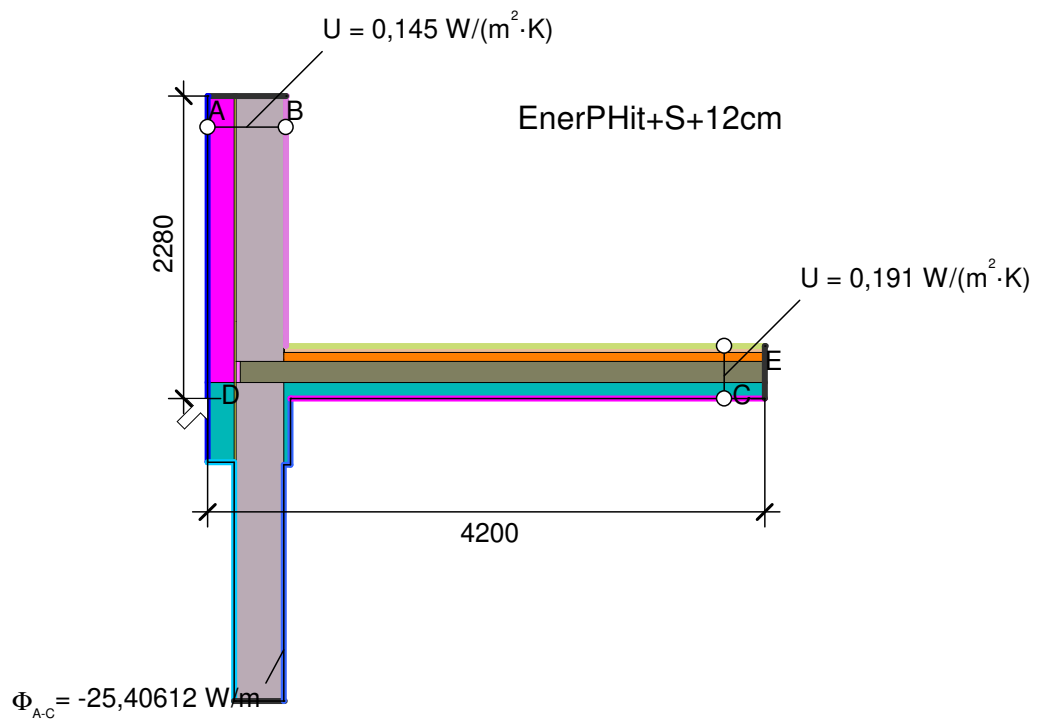
$$\Psi_{A-D-C} = \frac{\Phi - U_1 \cdot b_1 \cdot \Delta T_1 - U_2 \cdot b_2 \cdot \Delta T_2}{\Delta T} = \frac{30,926 - 0,145 \cdot 2,280 \cdot 25,000 - 0,191 \cdot 4,200 \cdot 17,500}{25,000} = 0,345 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$$

Material	λ [W/(m·K)]	Randbedingung	θ [°C]	R [(m²·K)/W]
Artificial stone Kunststein 10456	1,300	Exterior Erdr < 1 m -5 0.04	-5,000	0,040
Cement screed Zement-Estrich 4108	1,400	Exterior Außen	-5,000	0,040
Concrete block	0,800	Int. flux down Innen abwärts	20,000	0,170
Concrete, 1% Steel Beton, 1% Stahl 10456	2,300	Interior Innen	20,000	0,130
Insulation Wärmedämmung 035	0,035	Unheated auf 2.5 0.17	2,500	0,170
Insulation Wärmedämmung 040	0,040	Unheated hori 2.5 0.13	2,500	0,130
Insulation Wärmedämmung 032	0,032	Adiabatic Adiat		
Interior plaster Gipsputz 10456	0,570			
Kalkzementputz	1,000			
Purenit 500 M	0,086			
Silicone Silikon	0,350			
Trittschal 050	0,050			





$$\psi_{A-D-C} = \frac{\Phi - U_1 \cdot b_1 \cdot \Delta T_1 - U_2 \cdot b_2 \cdot \Delta T_2}{\Delta T} = \frac{34,828 - 0,145 \cdot 2,200 \cdot 25,000 - 0,339 \cdot 4,200 \cdot 17,500}{25,000} = 0,077 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$$



$$\psi_{A-D-C} = \frac{\Phi - U_1 \cdot b_1 \cdot \Delta T_1 - U_2 \cdot b_2 \cdot \Delta T_2}{\Delta T} = \frac{25,406 - 0,145 \cdot 2,280 \cdot 25,000 - 0,191 \cdot 4,200 \cdot 17,500}{25,000} = 0,125 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$$

Material	λ [W/(m·K)]	Randbedingung	θ [°C]	R[(m²·K)/W]
Artificial stone Kunststein 10456	1,300	Exterior Erdr < 1 m -5 0.04	-5,000	0,040
Cement screed Zement-Estrich 4108	1,400	Exterior Außen	-5,000	0,040
Concrete block	0,800	Int. flux down Innen abwärts	20,000	0,170
Concrete, 1% Steel Beton, 1% Stahl 10456	2,300	Interior Innen	20,000	0,130
Insulation Wärmedämmung 035	0,035	Unheated auf 2.5 0.17	2,500	0,170
Insulation Wärmedämmung 040	0,040	Unheated hori 2.5 0.13	2,500	0,130
Insulation Wärmedämmung 032	0,032	Adiabatic Adiat		
Interior plaster Gipsputz 10456	0,570			
Kalkzementputz	1,000			
Purenit 500 M	0,086			
Silicone Silikon	0,350			
Trittschal 050	0,050			