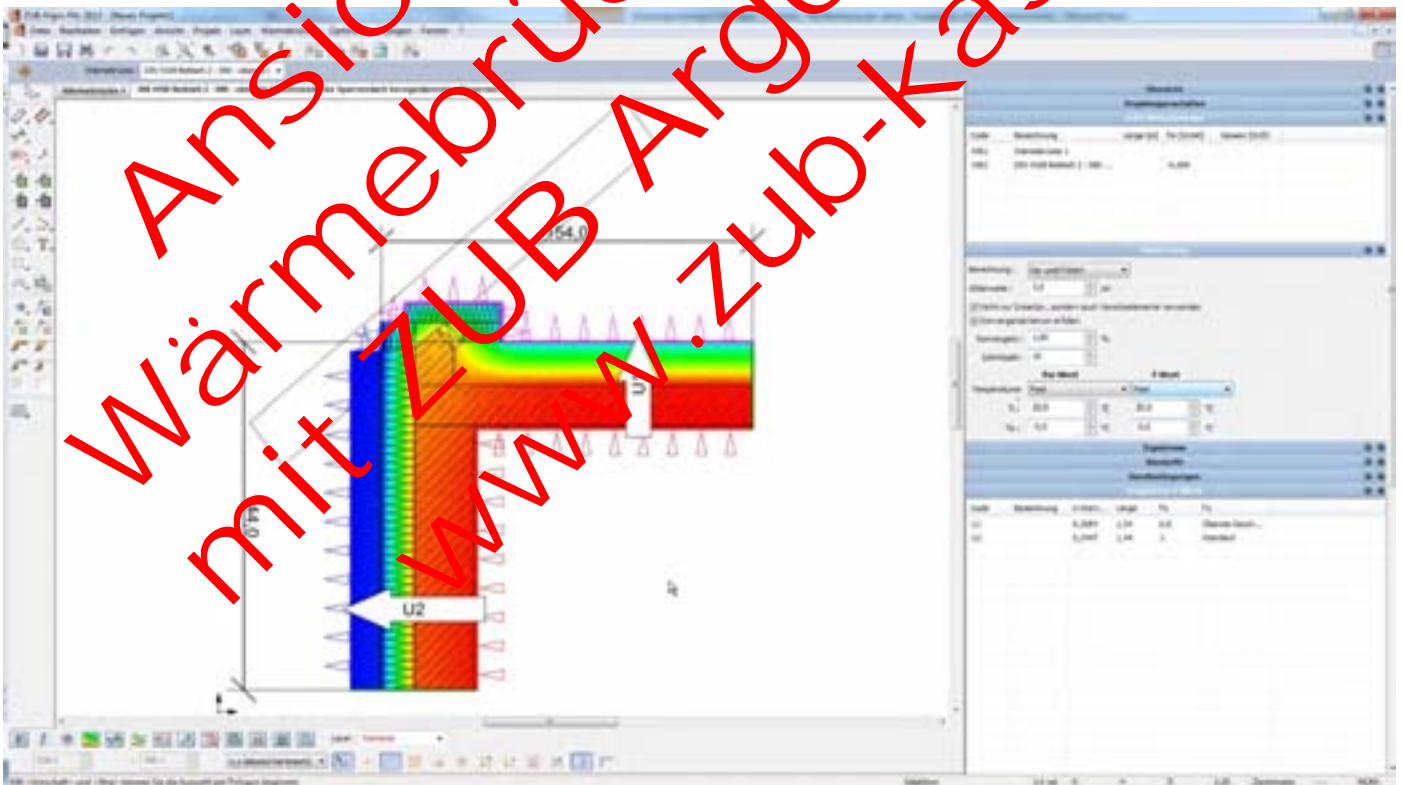


# Praxisworkshop Wärmebrücken mit ZUB Argos 2012

Psi- und f-Wert-Berechnung am Beispiel mit ZUB Argos 2012 Pro

Praxisworkshop – Kommentierte Übungen



# Praxisworkshop Wärmebrücken mit ZUB Argos 2012

Psi-und f-Wert-Berechnung am Beispiel mit ZUB Argos 2012 Pro

## Praxisworkshop – Kommentierte Übungen

Die vorliegenden Unterlagen wurden nach bestem Wissen und mit größtmöglicher Sorgfalt zusammengestellt. Da Fehler jedoch nie auszuschließen sind, kann keine Gewähr für Vollständigkeit und Richtigkeit der Angaben übernommen werden. Insbesondere die Fortschreibung technischer Bestimmungen und Normen sowie deren Auslegung bedarf der eigenständigen und kritischen Prüfung. Die Autorenschaft ist für konstruktive Kritik und fachliche Diskussion jederzeit dankbar.

Grundlage für reale Projekte müssen ausschließlich eigene Planungen und Berechnungen gemäß den jeweils geltenden rechtlichen und normativen Bestimmungen sein. Eine Haftung des Verfassers dieser Unterlagen für unsachgemäße, unvollständige oder falsche Angaben und aller daraus entstehenden Schäden wird grundsätzlich ausgeschlossen.

Bitte respektieren Sie die Leistung der Autoren, indem Sie keine Raubkopien in Umlauf bringen. Danke!

Das Urheberrecht liegt ausschließlich bei der ZUB Systems GmbH. Eine Weiterverwendung der Unterlagen oder Teile der Unterlagen z.B. als Seminarunterlage oder Kopiervorlage für andere Veranstaltungen ist ebenso wie die Einspeicherung in elektronische Medien ohne ausdrückliche Zustimmung nicht gestattet!

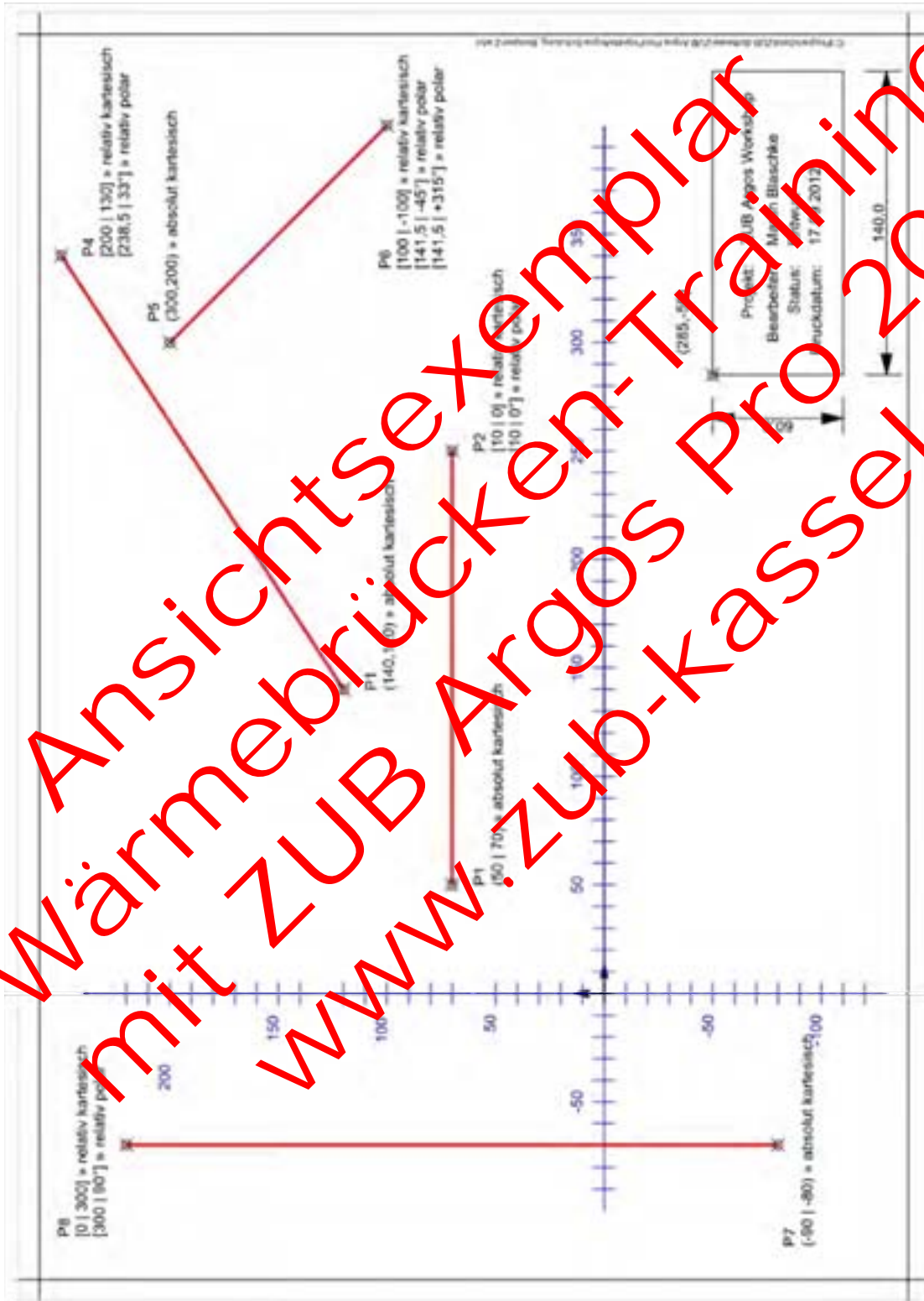
Kassel, 2012

[www.zub-kassel.de](http://www.zub-kassel.de)

## IX. Übungs-Beispiele (Grundlagen)

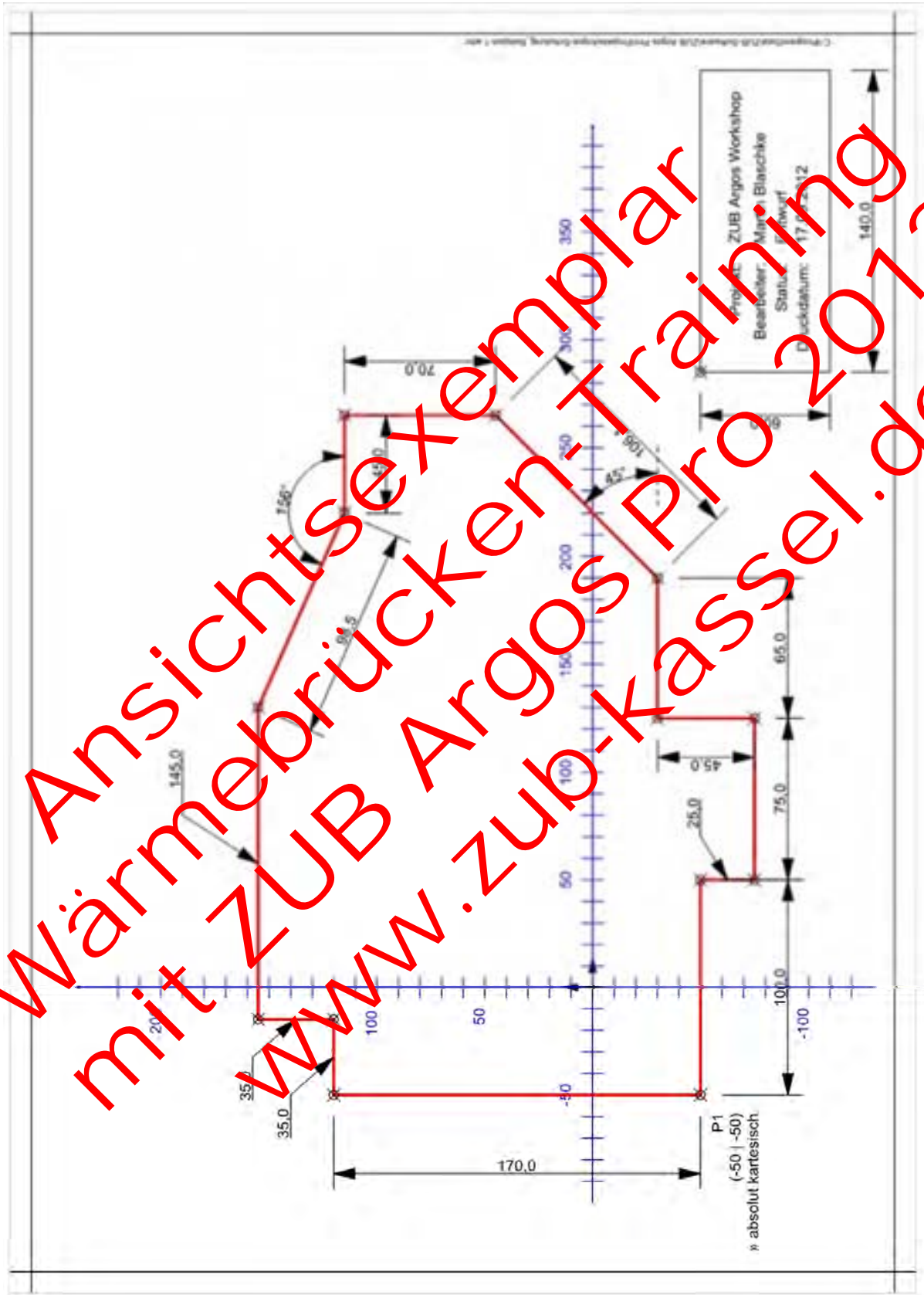
### 9.1 Fingerübung: Eingabe von Koordinaten

Die Startpunkte P1, P3, P5 und P7 sind als Absolutkoordinaten eingetragen, die Endpunkte P2, P4, P6 und P8 als Relativkoordinaten und als Polarkoordinaten.

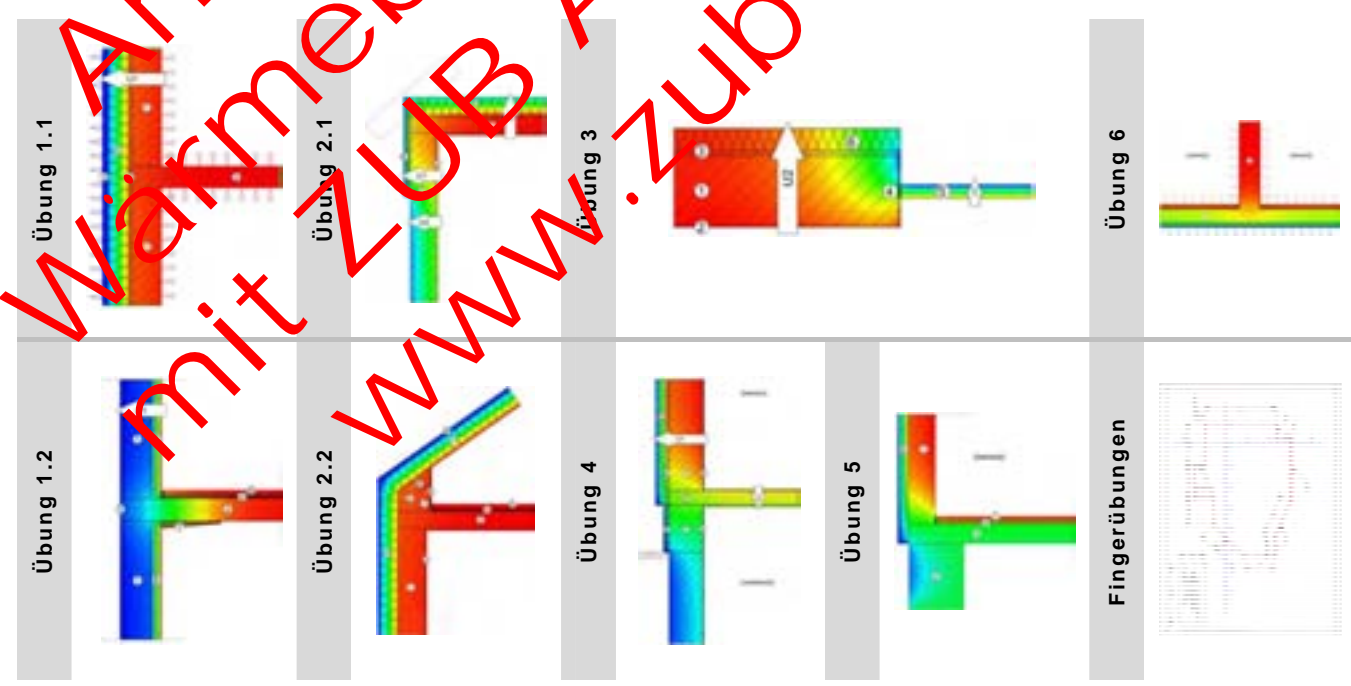
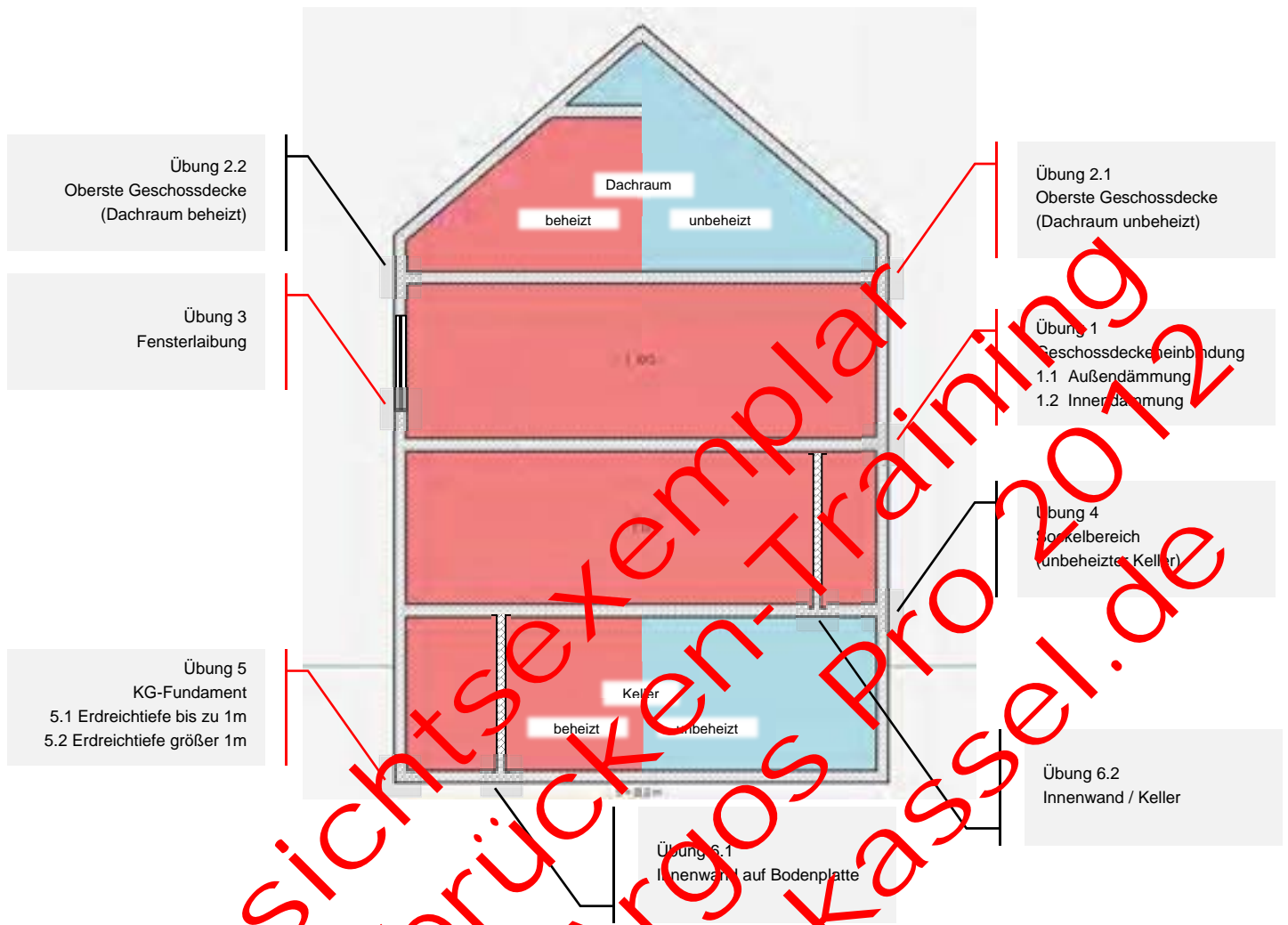


## 9.2 Fingerübung: Numerische Eingaben

Zeichnen Sie die Kontur beginnend am Punkt P1.



### 9.3 Wärmebrücke zur Übung in der Übersicht



Praxisworkshop mit ZUB Argos 2012 | © 2012

## 9.4 Übung 1.1 - Geschosdeckeneinbindung mit Außendämmung ( $\psi$ - und $f$ -Berechnung – Gleichwertigkeitsnachweis DIN 4108 Bbl. 2)

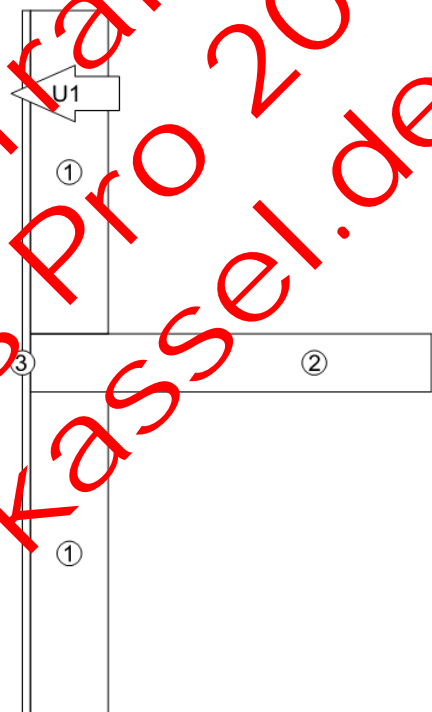
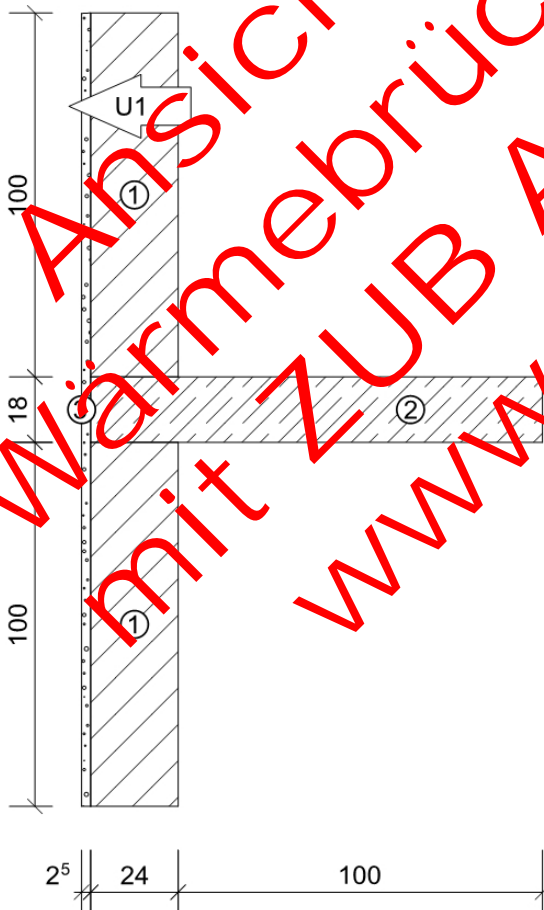
### Vorgehen:

1. Schritt: Elemente Zeichnen
2. Schritt: Baustoff Zuordnen
3. Schritt: Randbedingungen setzen
4. Schritt: U-Wert des Regelquerschnitts bestimmen mit Wirklänge
5. Schritt:  $\psi$ -Wert berechnen
6. Schritt:  $f$ -Wert berechnen

### 1 Schritt: Elemente zeichnen

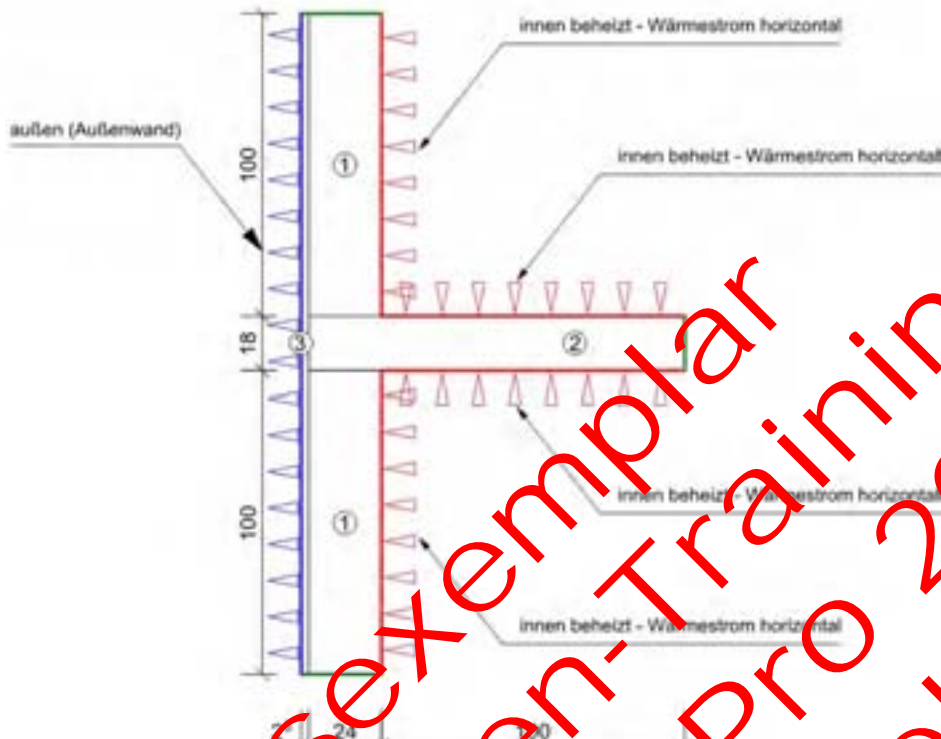
- 1 Kalksandstein 24 cm,  $\lambda=1,30$  W/mK
- 2 Stahlbeton 18 cm,  $\lambda=2,30$  W/mK
- 3 Putzmörtel 2,5 cm,  $\lambda=0,70$  W/mK

### 2. Schritt: Baustoff zuordnen





### 3. Schritt: Randbedingungen setzen



#### Hinweis

Für den Gleichwertigkeitsnachweis im Sinne der DIN 4108, Beiblatt 2 sind die Randbedingungen im Abschnitt 7 maßgeblich.

### 4. Schritt: U-Wert der Regelausschnitte bestimmen mit Angabe der Wirklänge



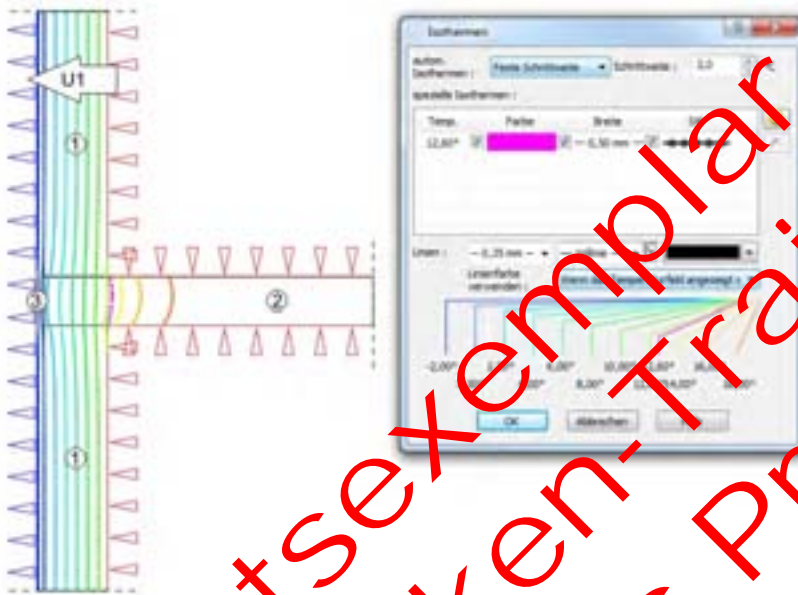
#### Hinweis

Die Wirklängen korrespondieren mit den Systemgrenzen der wärmeübertragenden Hüllfläche des Bilanzierungsverfahrens. Bei der Wahl der Wirklänge im Rahmen von EnEV-Nachweisen sind die Außenmaße anzusetzen.

### 5. Schritt: psi-Wert berechnen

Als Ergebnis der Wärmebrückenberechnung erhalten Sie

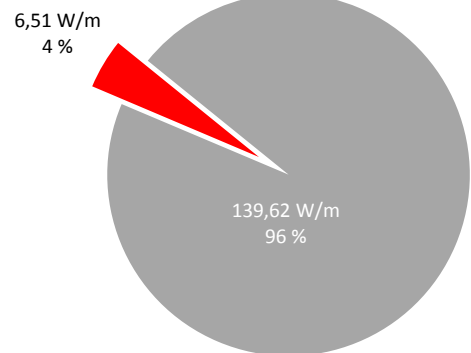
- die Temperaturverteilung im Bauteil (z.B. als Isothermen oder Temperaturfeld) und die Temperaturverläufe auf der Bauteiloberfläche



- den durch die Wärmebrücke verursachten zusätzlichen Wärmeverlust (als längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten  $\psi$ )



Wärmestrom [W/m]  
 ■ Regelquerschnitt ■ Wärmebrücke



Psi-Wert				
T <sub>e</sub>	-5,0			
T <sub>i</sub>	20,0			
$\Delta T = T_i - T_e$	25,0 = 20,0 - (-5,0)			
Q	146,14234			
$L_{Si} = Q / \Delta T$	5,845705 = 146,14234 / 25,0			
$\Psi = L_{Si} - 0,26089$	5,584805 = 5,845705 - (2,561833 * 1,0 * 2,18)			
EndV:	Konvergenz: 0,0006			
Schritt	rel. Güterweite [%]	Elemente	Wärmestrom [W/m]	Konvergenz [%]
1	100,0	945	146,14234	
2	96,3	2011	146,14234	0,0006



### 6. Schritt: f-Wert berechnen

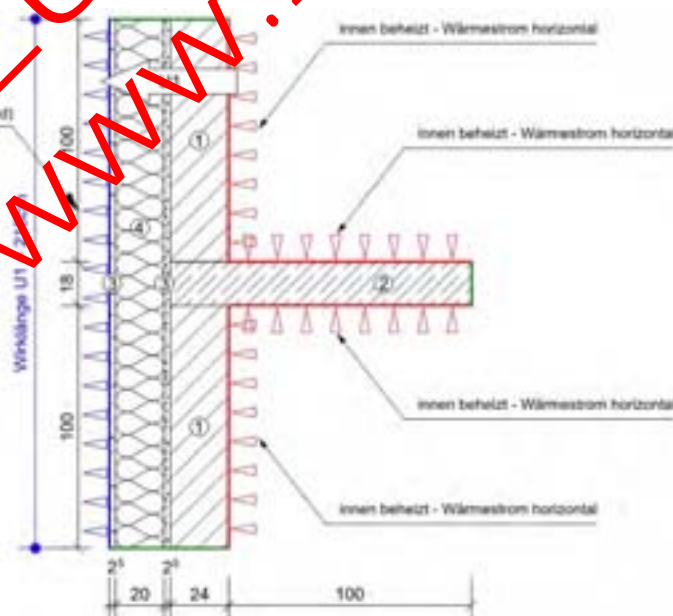
Als Ergebnis der Berechnung der Oberflächentemperatur erhalten Sie

- die Temperaturverteilung im Bauteil (z.B. als Isothermen oder Temperaturfeld) und die Temperaturverläufe auf der Bauteiloberfläche
- den  $f_{Rsi}$ -Wert nach den Randbedingungen der DIN 4108 Bbl. 2, Abschnitt 7

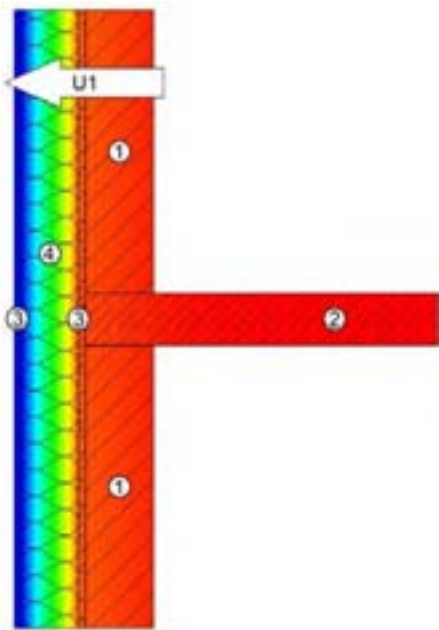


Aufgabe: Ergänzen Sie ihr Modell um eine Außenwanddämmung (d = 20 cm)

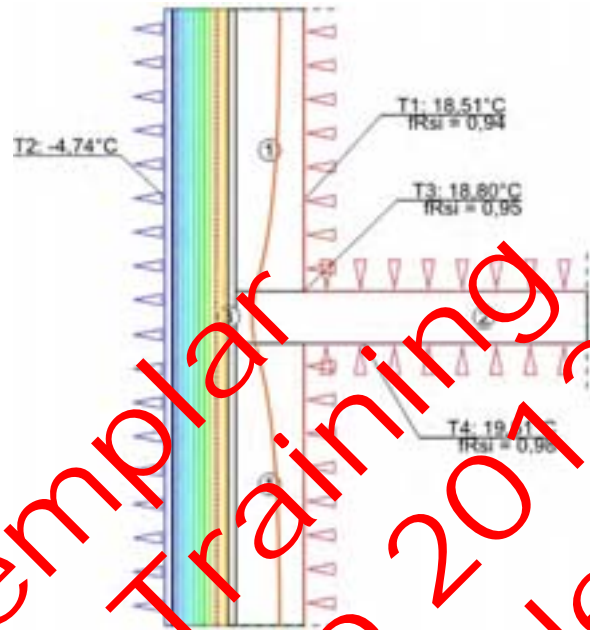
4 Außenwanddämmung 20 cm,  $\lambda = 0,060 \text{ W/mK}$  (z.B. EPS NW 0,050 Kategorie I)



5. psi-Wert berechnen

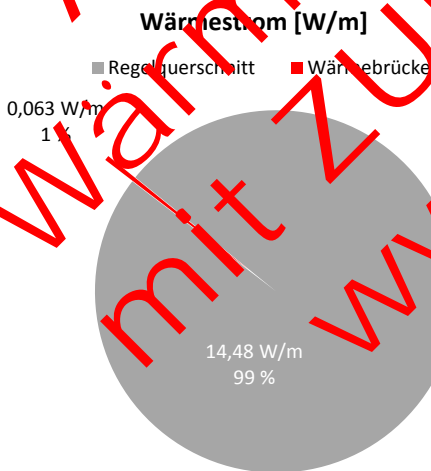


6. f-Wert berechnen



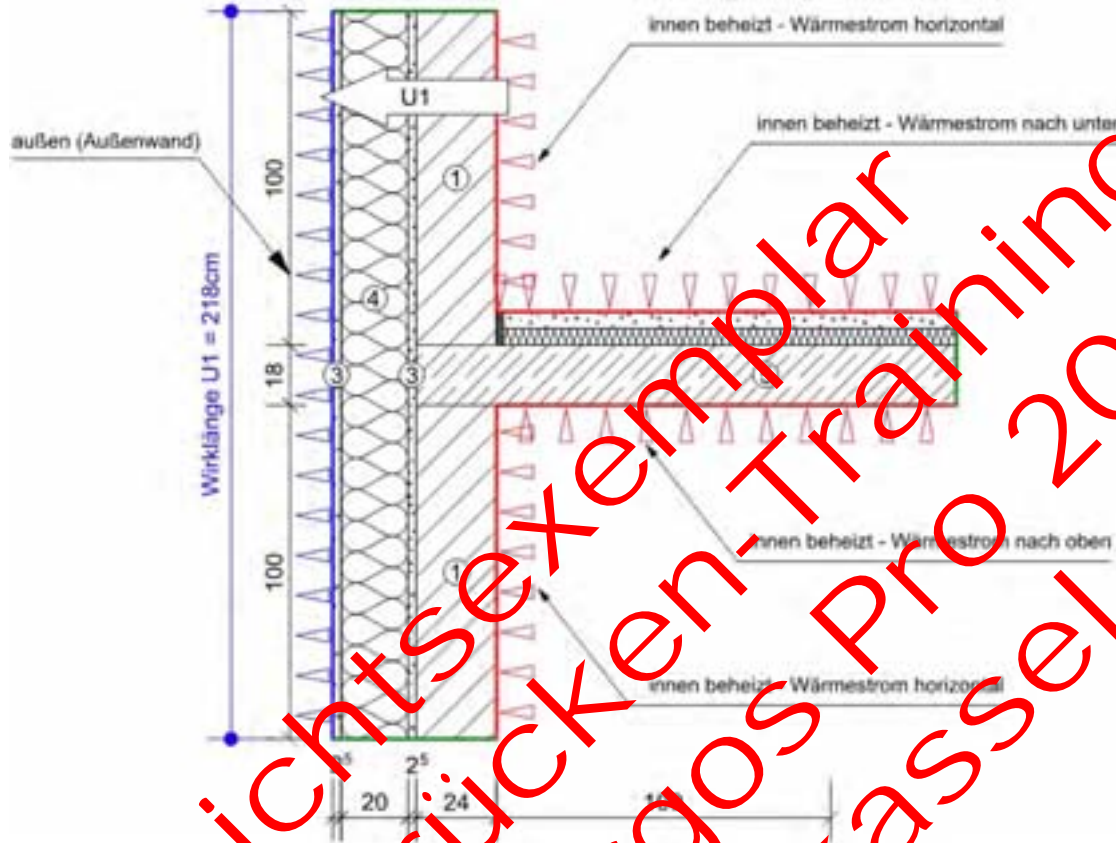
Psi-Wert				
Te:	-5,0			
Ti:	20,0			
$\Delta T = T_i - T_e$ :	25,0 = 20,0 - (-5,0)			
Q:	14,559246			
$U_{2D} = Q/\Delta T$ :	0,582366 = 14,559246/25,0			
$\Psi_{si} = U_{2D} \cdot R_{si}$ :	0,002482 = 0,582366 \cdot (0,214003 \cdot 1,0 \cdot 2,18)			
Entf:				
Konvergenz:	0,0009			
Schritt	rel. Güterweite [%]	Elemente	Wärmestrom [W/m]	Konvergenz [%]
1	100,0	1607	14,16728	0,0009
2	64,1	3333	14,16728	0,0009

f-Wert				
Te:	-5,0			
Ti:	20,0			
$\Delta T = T_i - T_e$ :	25,0 = 20,0 - (-5,0)			
Q:	14,559246			
$f_{si} = Q/\Delta T$ :	0,582366 = 14,559246/25,0			
Konvergenz:	0,0013			
Schritt	rel. Güterweite [%]	Elemente	Wärmestrom [W/m]	Konvergenz [%]
1	100,0	1607	14,16728	0,0013
2	6,5	3333	14,16728	0,0013



Aufgabe: Ersetzen Sie die Stahlbetondecke durch die Konstruktion „dena 1984-1994 Betondecke 5cm Trittschall“ aus der Konstruktionsdatenbank.

5 Konstruktion „dena 1984-1994 Betondecke 5cm Trittschall“ d = 28 cm



5. psi-Wert

6. f-Wert



psi-Wert				
ts:	-5.0			
ti:	20.0			
$\Delta T = T_i - T_e$ :	25.0 = 20.0 - (-5.0)			
Q:	14.4728			
$U_{\text{psi}} = Q/\Delta T$ :	0.578928 = 14.4728/25.0			
psi = U <sub>psi</sub> · A <sub>psi</sub> :	0.000958 = 0.578928 · (0.166002² · 1.0² · 2.18)			
EnEV:				
Konvergenz:	0.003			
Schicht	rel. Stärke [%]	Elemente	Wärmestrom [W/m²]	Konvergenz [%]
1	20.0	1883	14.4728	
2	80.0	3928	14.4728	0.003

f-Wert				
ts:	-5.0			
ti:	20.0			
$\Delta T = T_i - T_e$ :	25.0 = 20.0 - (-5.0)			
Q:	14.0998			
f:	0.935795			
EnEV:				
Konvergenz:	0.004			
Schicht	rel. Stärke [%]	Elemente	Wärmestrom [W/m²]	Konvergenz [%]
1	20.0	1883	14.0998	
2	80.0	3928	14.0998	0.004

## 9.5 Übung 1.2 - Geschosdeckeneinbindung mit Innendämmung ( $\psi$ - und $f$ -Berechnung – Gleichwertigkeitsnachweis DIN 4108 Bbl. 2)

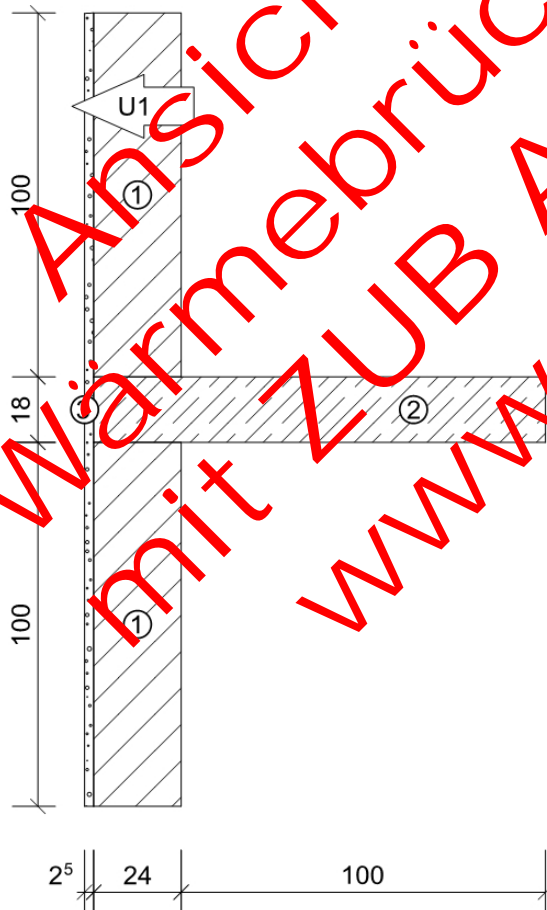
### Vorgehen:

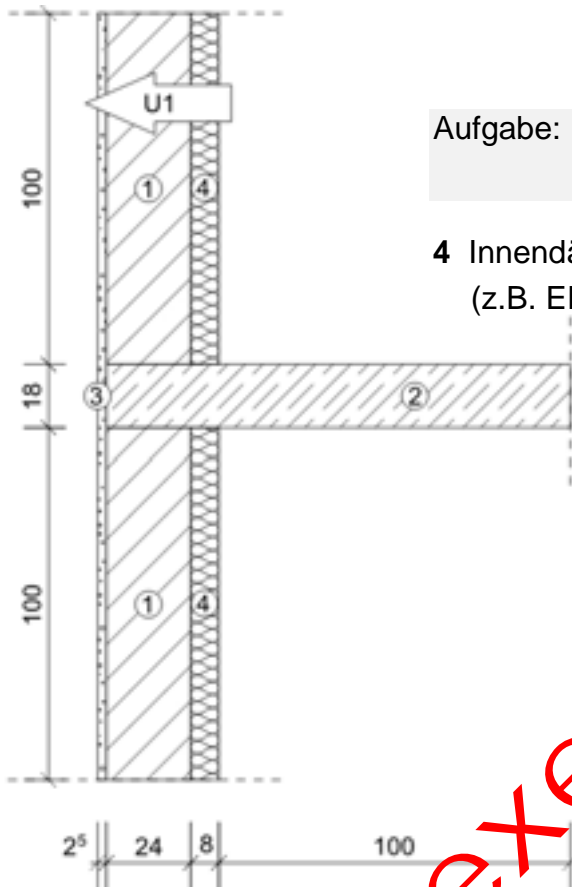
1. Schritt: Elemente Zeichnen
2. Schritt: Baustoff Zuordnen
3. Schritt: Randbedingungen setzen
4. Schritt: U-Wert des Regelquerschnitts bestimmen mit Wirklänge
5. Schritt:  $\psi$ -Wert berechnen
6. Schritt:  $f$ -Wert berechnen

### 1 Schritt: Elemente zeichnen

- 1 Kalksandstein 24 cm,  $\lambda=1,30$  W/mK
- 2 Stahlbeton 18 cm,  $\lambda=2,30$  W/mK
- 3 Putzmörtel 2,5 cm,  $\lambda=0,70$  W/mK

### 2. Schritt: Baustoff zuordnen





Aufgabe: Ergänzen Sie ihr Modell um eine Innendämmung ( $d = 8 \text{ cm}$ )

4 Innendämmung 8 cm,  $\lambda = 0,035 \text{ W/mK}$   
(z.B. EPS GW 0,0338 Kategorie II)

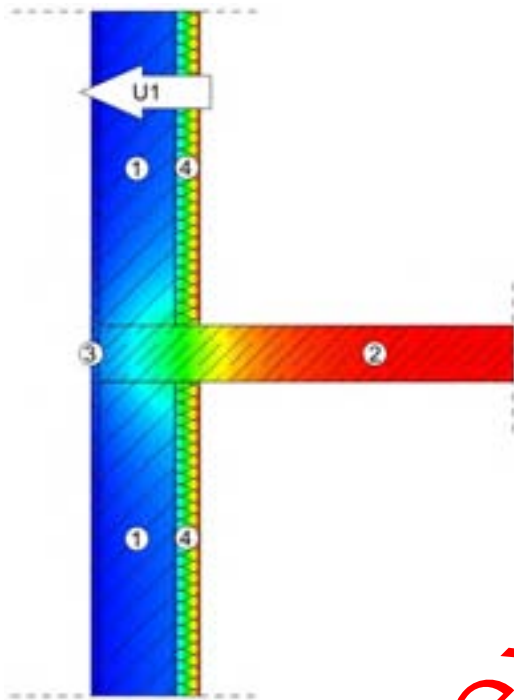
3. Schritt: Randbedingungen setzen

4. Schritt: U-Wert der Regelquerschnitte bestimmen mit Angabe der Wirklänge

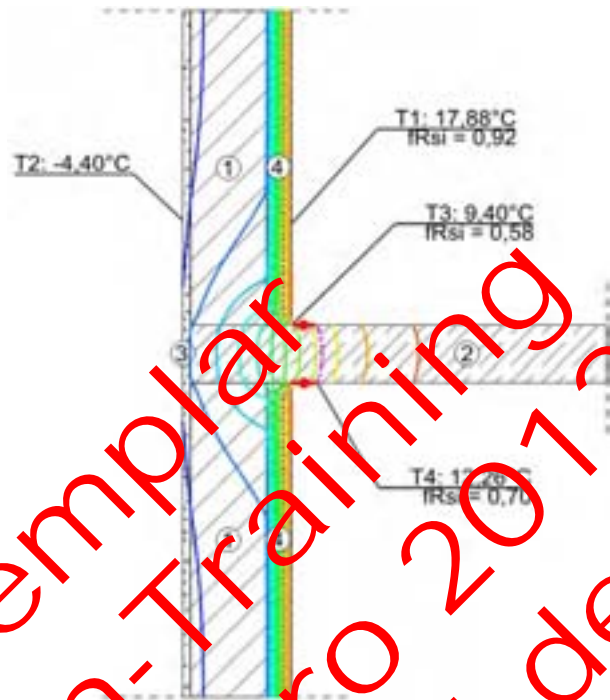




5. psi-Wert berechnen

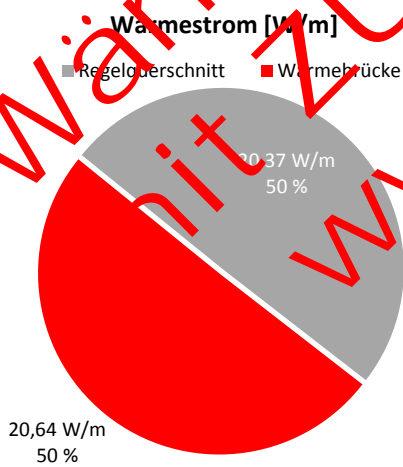


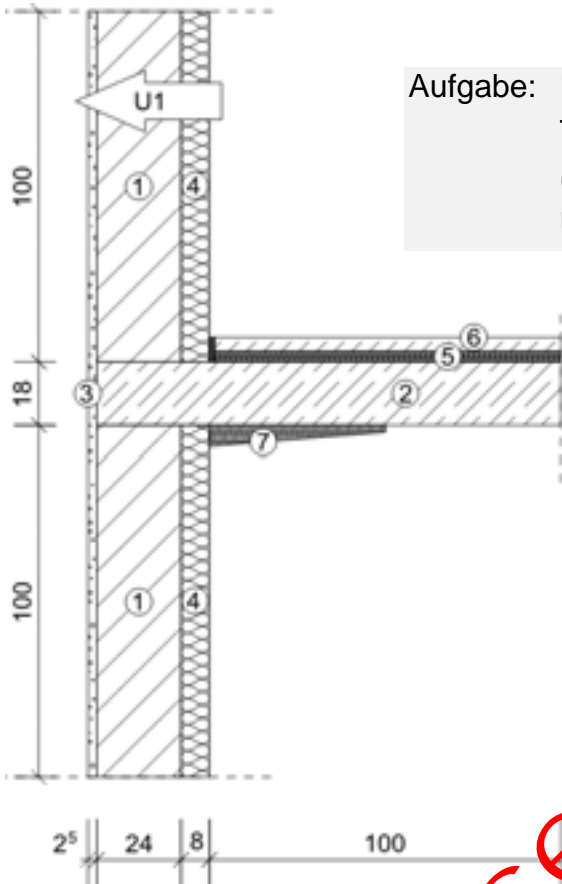
6. f-Wert berechnen



Psi Wert				
Te:	-5,0			
Ti:	20,0			
$\Delta T = T_i - T_e$ :	25,0 = 20,0 - (-5,0)			
Q:	40,943256			
$L_{\text{sd}} = Q \cdot \Delta T$ :	1,0235814			
$\Psi_{\text{si}} = L_{\text{sd}} / \Delta T$ :	0,82211256			
EntV:				
Konvergenz:				
St.	rel. Gewichte [%]	Densität	Wärmeleitfähigkeit [W/mK]	Konvergenz [%]
1	100,0	1209	40,943256	0,2574
2	73,69	2225	40,943256	0,2574

f-Wert				
Te:	-5,0			
Ti:	20,0			
$\Delta T = T_i - T_e$ :	25,0 = 20,0 - (-5,0)			
Q:	37,43116			
T1:	17,88			
T2:	-4,40			
T3:	9,40			
T4:	12,40			
Konvergenz:	0,2574			
St.	rel. Gewichte [%]	Densität	Wärmeleitfähigkeit [W/mK]	Konvergenz [%]
1	100,0	1209	37,529804	0,2574
2	73,69	2225	37,433186	0,2574



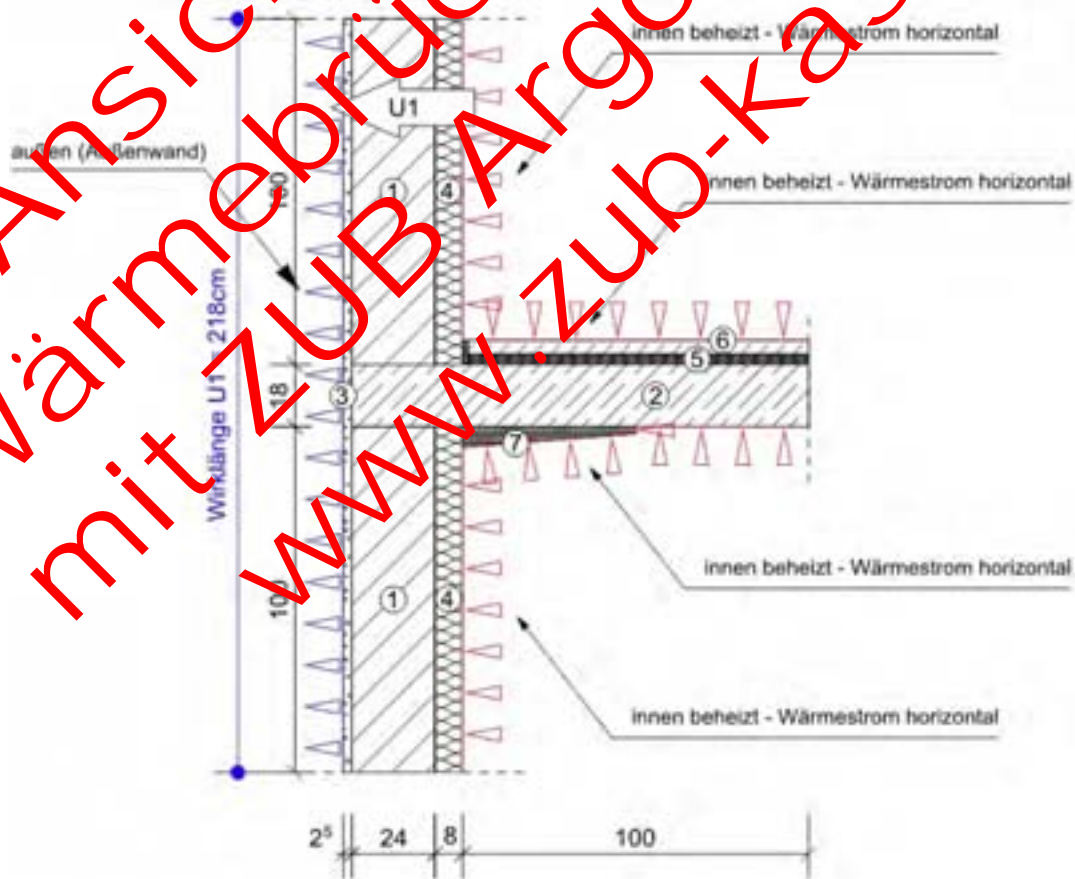


Aufgabe: Ergänzen Sie ihr Modell um eine Trittschalldämmung ( $d = 3 \text{ cm}$ ) und Estrich-Schicht ( $d = 4 \text{ cm}$ ) auf sowie einem Dämmkeil auf der Unterseite der Decken

- 5 Trittschalldämmung 3 cm,  $\lambda = 0,040 \text{ W/mK}$
- 6 Zement-Estrich 4 cm,  $\lambda = 1,400 \text{ W/mK}$
- 7 Dämmkeil 50 cm,  $d = 6/2 \text{ cm}$ ,  $\lambda = 0,030 \text{ W/mK}$

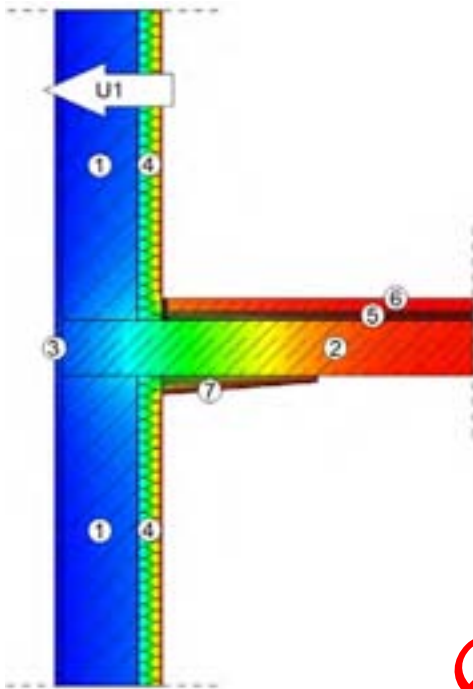
3. Schritt: Randbedingungen setzen

4. Schritt: U-Wert der Regelquerschnitte bestimmen mit Angabe der Wirklänge



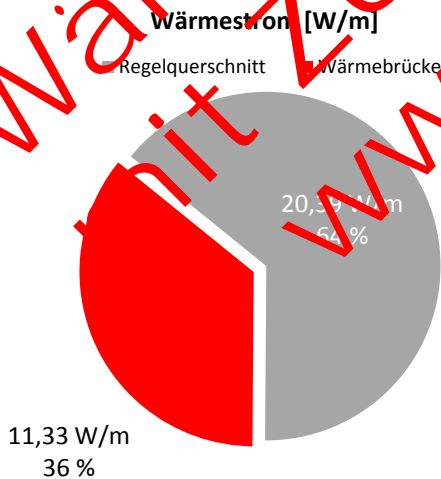
5. psi-Wert berechnen

6. f-Wert berechnen



Psi-Wert			
Te	-5,0		
Ti	20,0		
$\Delta T = T_i - T_e$	25,0 = 20,0 - (-5,0)		
Q	31,896873		
$L_{2d} = Q/\Delta T$	1,307875 = 31,896873/25,0		
Psi = L <sub>2d</sub>	0,453229 = 1,307875 - (0,173886 * 1,0 * 2,18)		
EinE			
Konvergenz	0		
Schritt	rel. Glättete [%]	Elemente	Konvergenz [%]
1		1227	
2	10,0	2086	0,0794

f-Wert			
Te	-5,0		
Ti	20,0		
$\Delta T = T_i - T_e$	25,0 = 20,0 - (-5,0)		
Q	30,280818		
$L_{2d}$	15,6307		
f	0,825229 = 15,6307/25,0		
Konvergenz	0,0794		
Schritt	rel. Glättete [%]	Elemente	Konvergenz [%]
1		1227	
2	10,0	2086	0,0794



Ergebnisübersicht der Anschlussdetails aus Übung 1



**9.6 Übung 2.1 - Oberste Geschossdecke (Dachraum unbeheizt)**  
( $\psi$ - und  $f$ -Berechnung – Gleichwertigkeitsnachweis DIN 4108 Bbl. 2)

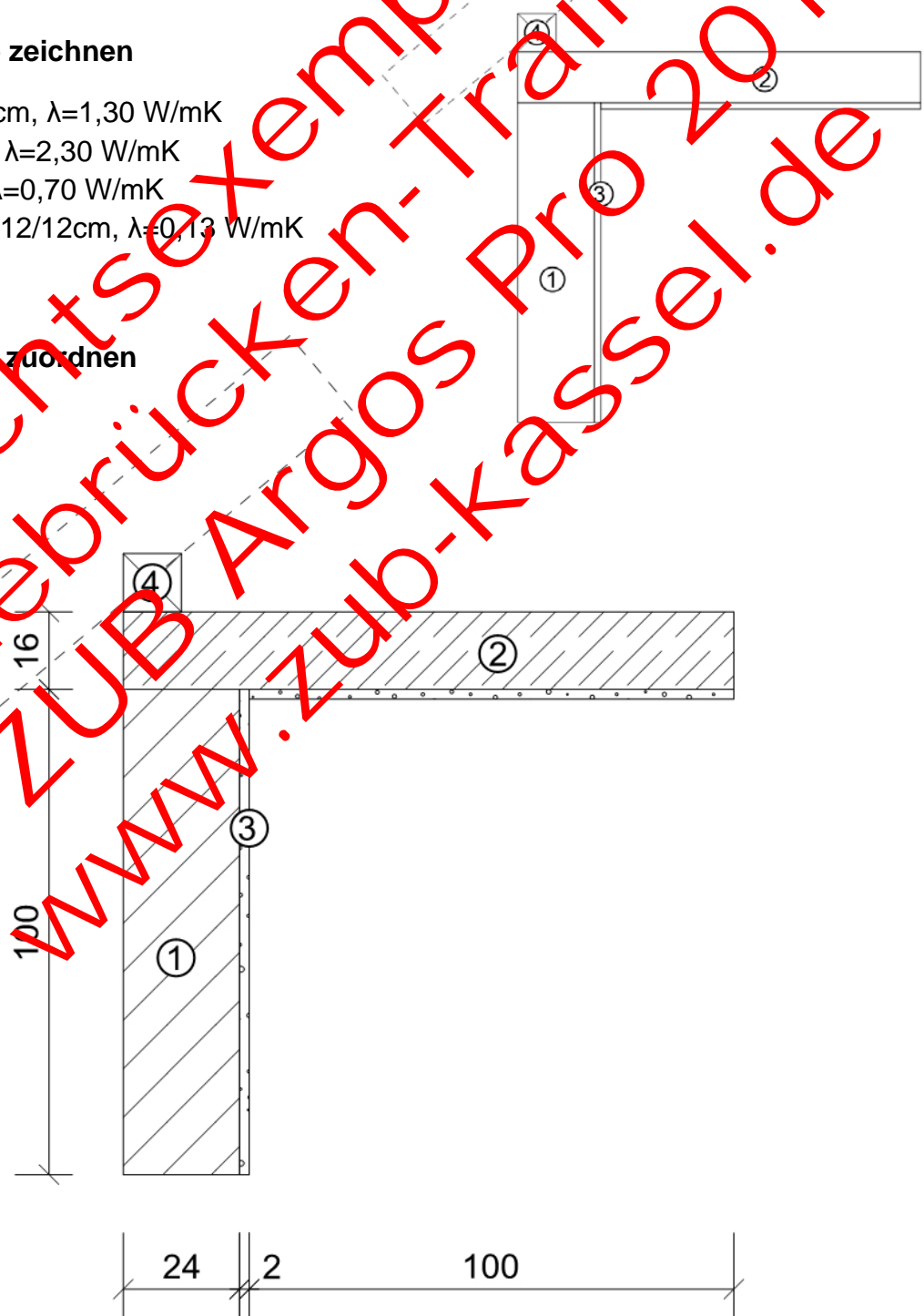
**Vorgehen:**

1. Schritt: Elemente Zeichnen
2. Schritt: Baustoff Zuordnen
3. Schritt: Randbedingungen setzen
4. Schritt: U-Wert des Regelquerschnitts bestimmen mit Wirklänge
5. Schritt:  $\psi$ -Wert berechnen
6. Schritt:  $f$ -Wert berechnen

**1 Schritt: Elemente zeichnen**

- 1 Kalksandstein 24 cm,  $\lambda=1,30$  W/mK
- 2 Stahlbeton 16 cm,  $\lambda=2,30$  W/mK
- 3 Putzmörtel 2 cm,  $\lambda=0,70$  W/mK
- 4 Konstruktionsholz 12/12cm,  $\lambda=0,13$  W/mK

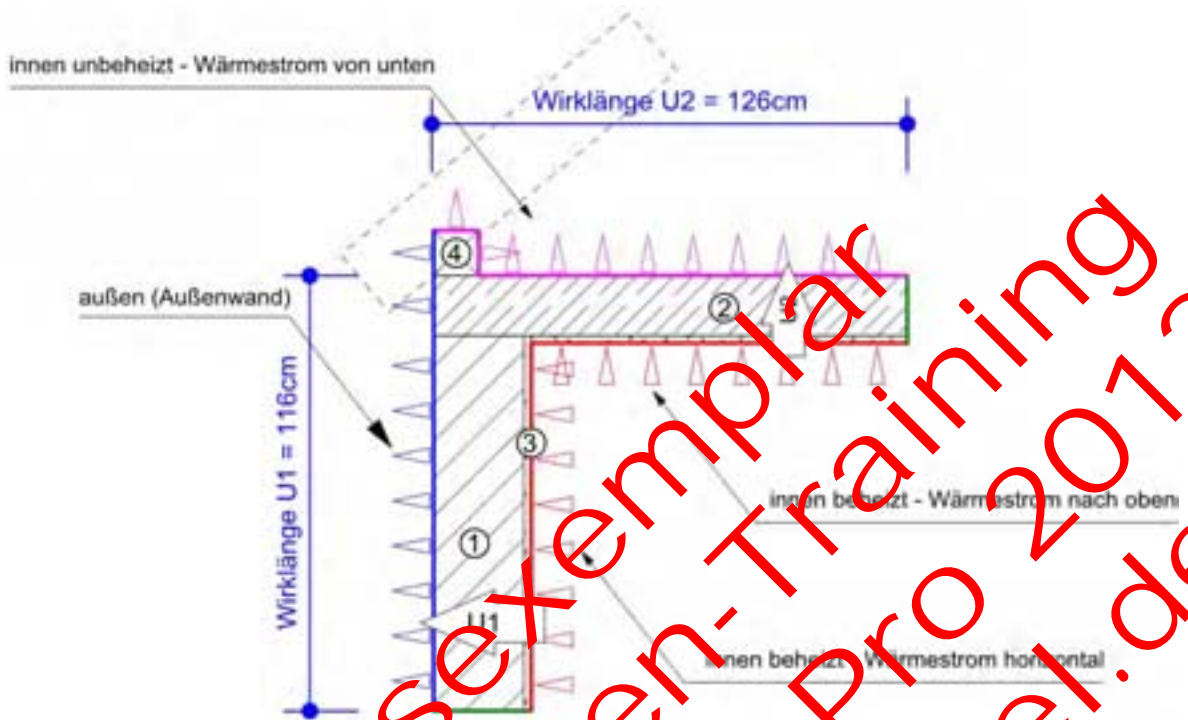
**2. Schritt: Baustoff zuordnen**





3. Schritt: Randbedingungen setzen

4. Schritt: U-Wert der Regelquerschnitte bestimmen mit Angabe der Wirklänge



5. psi-Wert berechnen

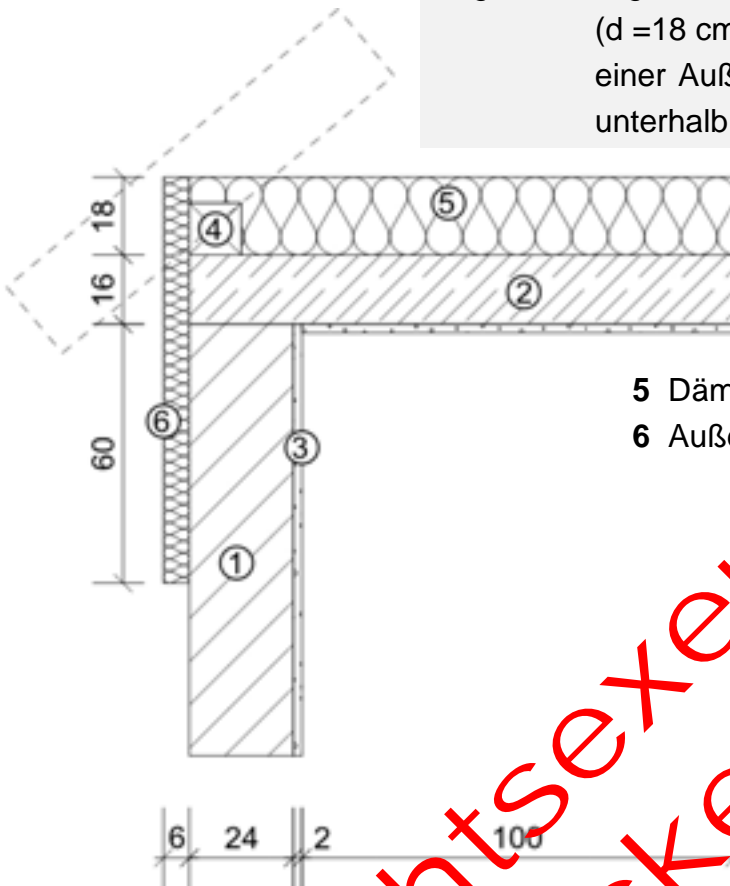
6. f-Wert berechnen



Psi-Wert				
Te:	-5,0			
Ti:	20,0			
dt = Ti - Te:	25,0 = 20,0 - (-5,0)			
Q:	138,337112			
Lsd = Q/dt:	5,533484 = 138,337112/25,0			
Psi = Lsd * (-0,874758 = 5,533484 * (-2,609692 * 1,0 * 1,16 + 3,354167 * 0,8 * 1,2				
EndV:				
Konvergenz:	0,0324			
Schritt	rel. Güterweite [%]	Elemente	Wärmestrom [W/h]	Konvergenz [%]
1	100,0	663	138,337182	
2	66,8	1321	138,332077	0,0324

f-Wert				
Te:	-5,0			
Ti:	20,0			
dt = Ti - Te:	25,0 = 20,0 - (-5,0)			
Q:	108,182373			
fF:	3,1533			
f:	0,326133			
EndV:				
Konvergenz:	0,0089			
Schritt	rel. Güterweite [%]	Elemente	Wärmestrom [W/h]	Konvergenz [%]
1	100,0	663	108,192024	
2	66,8	1321	108,182373	0,0089

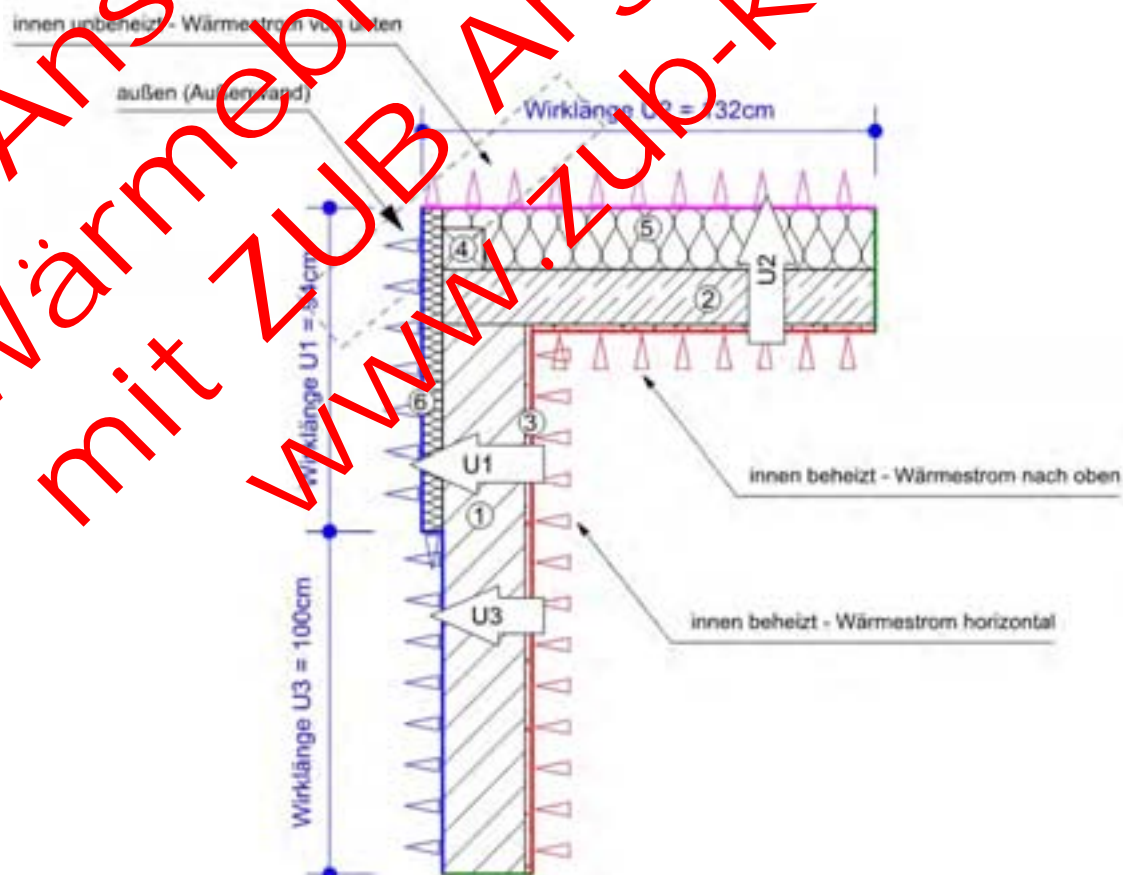
Aufgabe: Ergänzen Sie ihr Modell um eine Dämmung ( $d = 18 \text{ cm}$ ) auf der obersten Geschossdecke und einer Außenwanddämmung ( $d = 6 \text{ cm}$ ) bis 60 cm unterhalb der Rohdecke



- 5 Dämmung 18 cm,  $\lambda = 0,035 \text{ W/mK}$
- 6 Außenwanddämmung 6 cm,  $\lambda = 0,035 \text{ W/mK}$

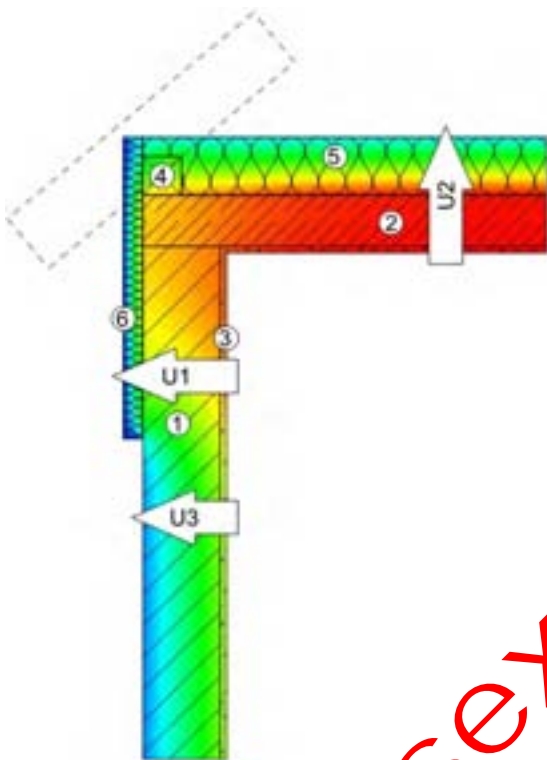
3. Schritt: Randbedingungen setzen

4. Schritt: U-Wert der Regelquerschnitte bestimmen mit Angabe der Wirklänge



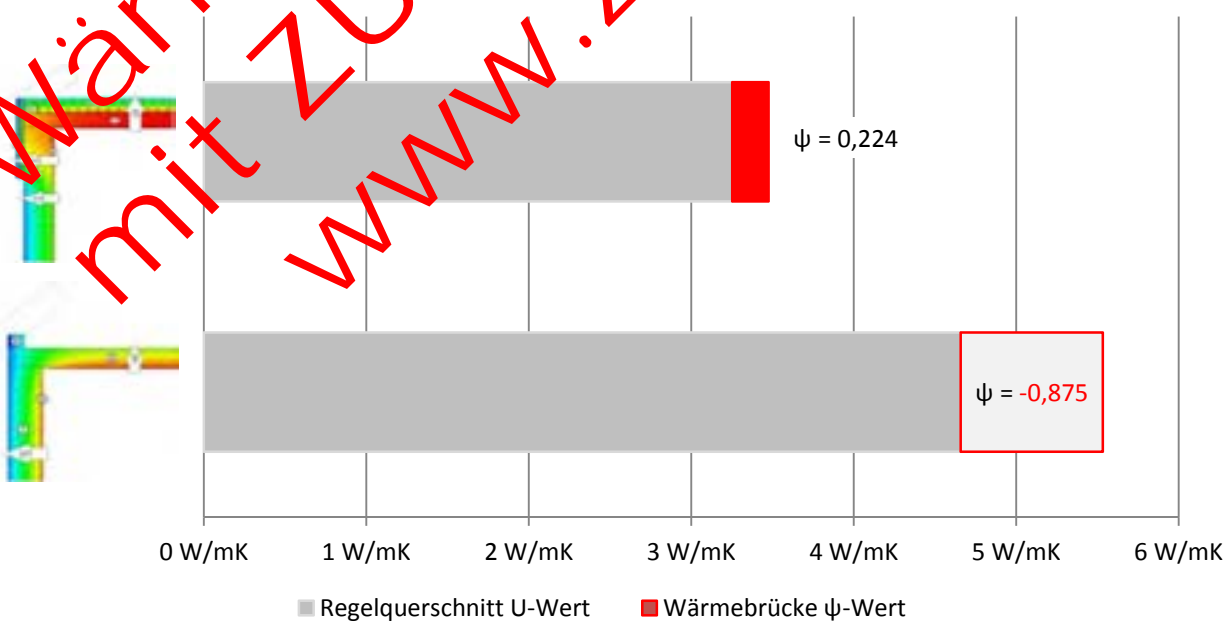
5. psi-Wert berechnen

6. f-Wert berechnen



Psi-Wert				
T <sub>e</sub> :	-5,0			
T <sub>i</sub> :	20,0			
ΔT :	25,0 = 20,0 - (-5,0)			
Q :	86,883794			
L <sub>01</sub> = Q/ΔT :	3,47531 = 86,883794/25,0			
Psi = L <sub>01</sub> - R <sub>si</sub> - R <sub>se</sub> = 3,47531 - 0,81 - 0,50 = 2,16531				
Entf. Konvergenz :	0,000000			
Element	mittlere [%]	Elemente	Wärmestrom [W/m²]	Konvergenz [%]
1	66,5	109	71,07807	
2	66,5	242	71,05285	0,171

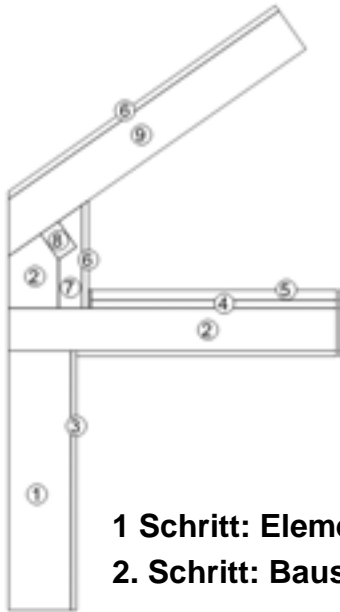
f-Wert				
T <sub>e</sub> :	-5,0			
T <sub>i</sub> :	20,0			
ΔT :	25,0 = 20,0 - (-5,0)			
Q :	71,000000			
T <sub>f</sub> :	7,59			
f :	0,000000			
Element	mittlere [%]	Elemente	Wärmestrom [W/m²]	Konvergenz [%]
1	66,5	109	71,07807	
2	66,5	242	71,05285	0,171



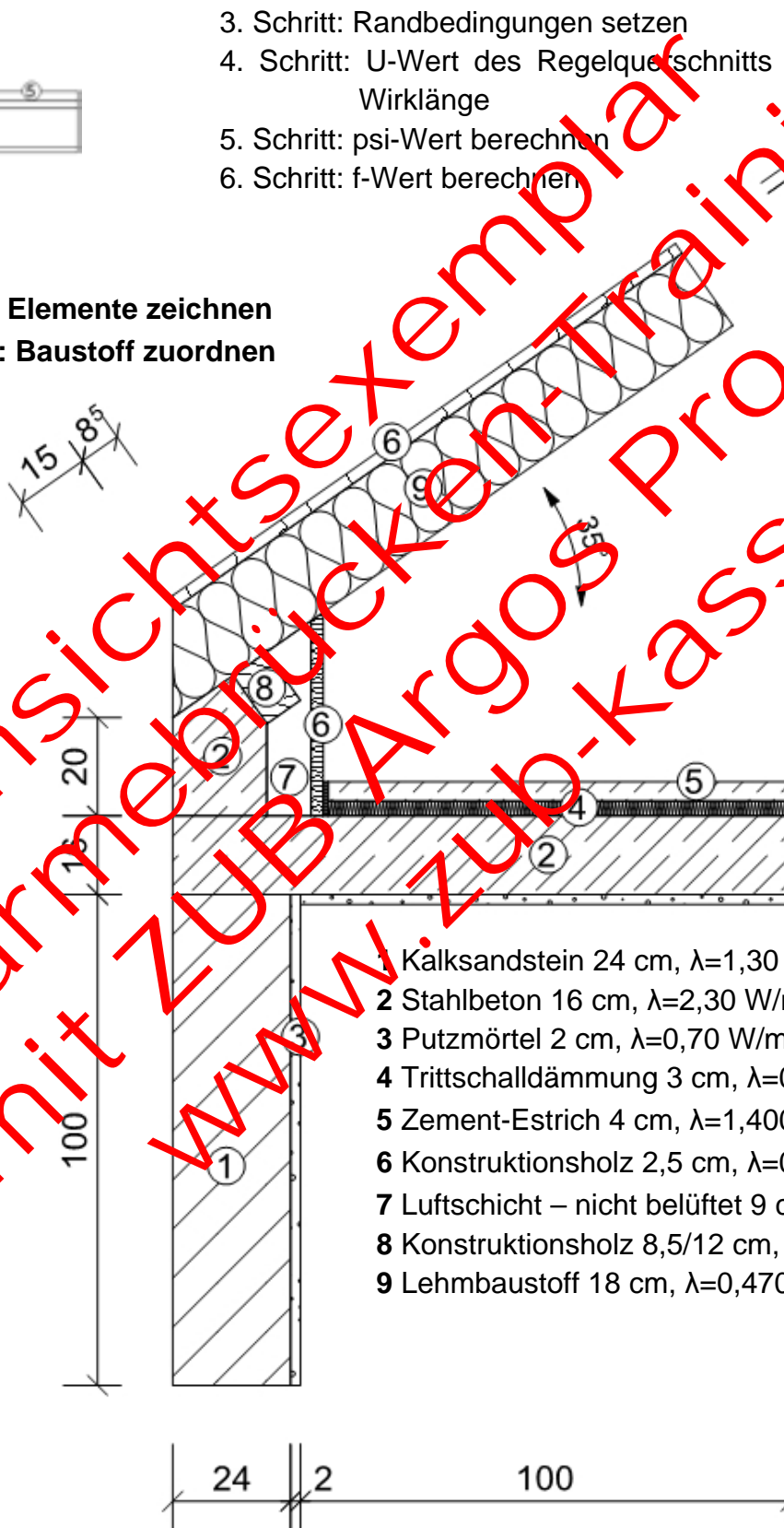
9.7 Übung 2.2 - Oberste Geschossdecke (Dachraum beheizt)  
( $\psi$ - und f-Berechnung – Gleichwertigkeitsnachweis DIN 4108 Bbl. 2)

Vorgehen:

1. Schritt: Elemente Zeichnen
2. Schritt: Baustoff Zuordnen
3. Schritt: Randbedingungen setzen
4. Schritt: U-Wert des Regelquerschnitts bestimmen mit Wirklänge
5. Schritt:  $\psi$ -Wert berechnen
6. Schritt: f-Wert berechnen



- 1 Schritt: Elemente zeichnen  
2. Schritt: Baustoff zuordnen

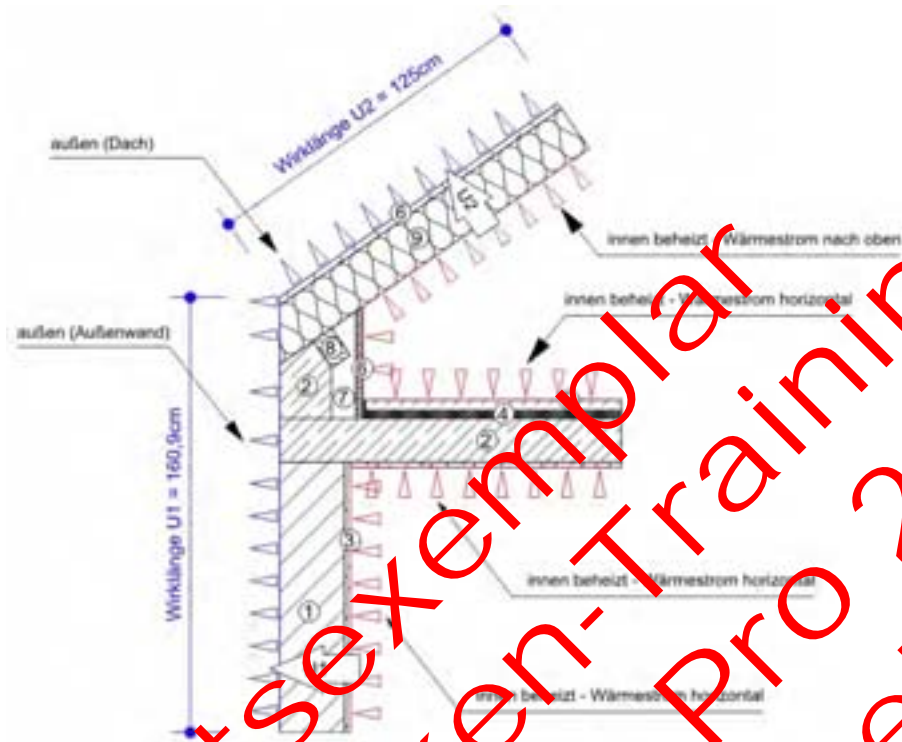


- 1 Kalksandstein 24 cm,  $\lambda=1,30$  W/mK
- 2 Stahlbeton 16 cm,  $\lambda=2,30$  W/mK
- 3 Putzmörtel 2 cm,  $\lambda=0,70$  W/mK
- 4 Trittschalldämmung 3 cm,  $\lambda=0,040$  W/mK
- 5 Zement-Estrich 4 cm,  $\lambda=1,400$  W/mK
- 6 Konstruktionsholz 2,5 cm,  $\lambda=0,13$  W/mK
- 7 Luftschicht – nicht belüftet 9 cm
- 8 Konstruktionsholz 8,5/12 cm,  $\lambda=0,13$  W/mK
- 9 Lehmbaustoff 18 cm,  $\lambda=0,470$  W/mK



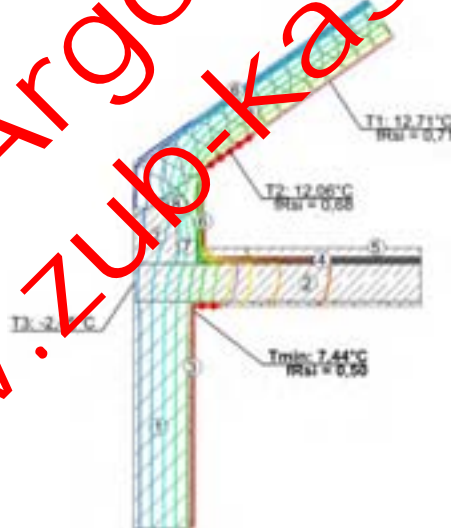
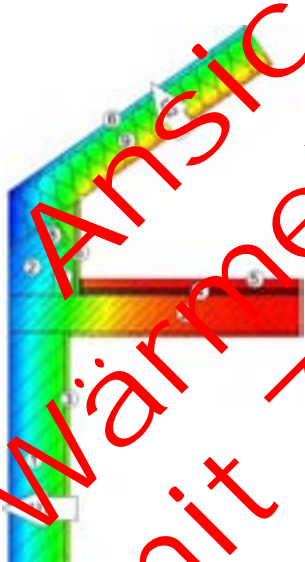
3. Schritt: Randbedingungen setzen

4. Schritt: U-Wert der Regelquerschnitte bestimmen mit Angabe der Wirklänge



5. psi-Wert berechnen

6. f-Wert berechnen



Psi-Wert				
T <sub>e</sub>	-5,0			
T <sub>i</sub>	20,0			
ΔT = T <sub>i</sub> - T <sub>e</sub>	25,0 = 20,0 - (-5,0)			
Q	130,761322			
L <sub>2d</sub> = Q/ΔT	5,230453 = 130,761322/25,0			
Psi = L <sub>2d</sub> · E <sub>int</sub>	-0,597185 = 5,230453 · (-2,609692) + 1,0 · 1,609638 + 1,382779 · 1			
Konvergenz	0,0403			
Schritt	rel. Güterverteilung [%]	Elemente	Wärmestrom [W/m]	Konvergenz [%]
1	100,0	1196	130,814697	
2	66,5	2511	130,761322	0,0408

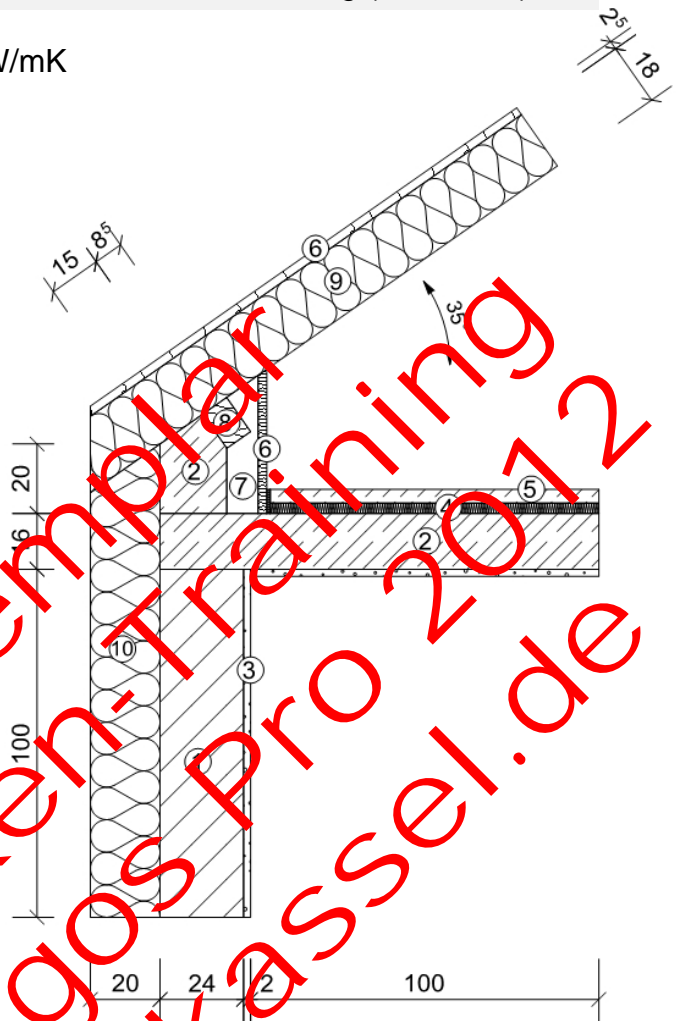
f-Wert				
T <sub>e</sub>	-5,0			
T <sub>i</sub>	20,0			
ΔT = T <sub>i</sub> - T <sub>e</sub>	25,0 = 20,0 - (-5,0)			
Q	107,404987			
f <sub>1</sub>	7,443			
f	0,497721			
Konvergenz	0,0369			
Schritt	rel. Güterverteilung [%]	Elemente	Wärmestrom [W/m]	Konvergenz [%]
1	100,0	1196	107,404987	
2	66,5	2511	107,404987	0,0369



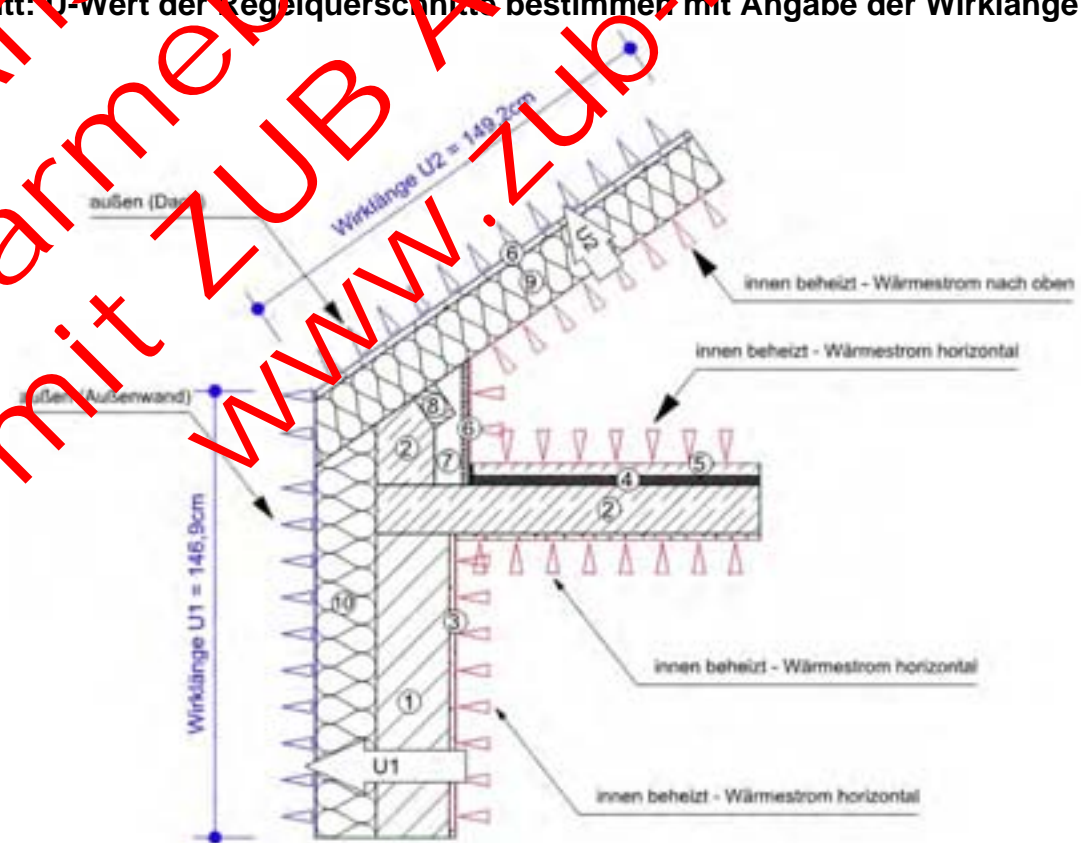
Aufgabe: Ergänzen Sie ihr Modell um eine Außenwanddämmung ( $d = 20 \text{ cm}$ )

10 Außenwanddämmung 20 cm,  $\lambda = 0,040 \text{ W/mK}$

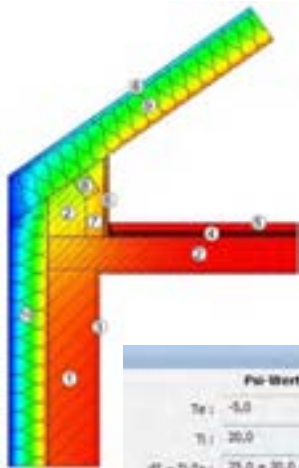
- 1 Schritt: Elemente zeichnen
2. Schritt: Baustoff zuordnen



3. Schritt: Randbedingungen setzen
4. Schritt: U-Wert der Regelquerschnitts bestimmen mit Angabe der Wirklänge

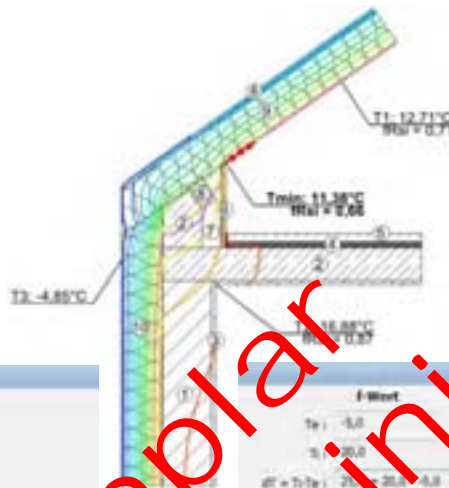


5. psi-Wert berechnen



Psi-Wert				
Te:	-5,0			
Ti:	20,0			
$\Delta T = T_i - T_e$ :	25,0 = 20,0 - (-5,0)			
Q:	52,08239			
$L_{3d} = Q/\Delta T$ :	2,08345 = 52,08239/25,0			
$\Psi_{si} = L_{3d} \cdot \sum_{j=1}^n U_{j,3d}$ :	-0,135983 = 2,08345 \cdot (-0,185764 \cdot 1,0^*1,468997 + 1,300812)			
EnEV:				
Konvergenz:	0,0809			
Schritt	rel. Güterwerte [%]	Elemente	Wärmestrom [W/m²]	Konvergenz [%]
1	100,0	3512	52,1281	
2	66,5	3369	52,0239	0,0809

6. f-Wert berechnen

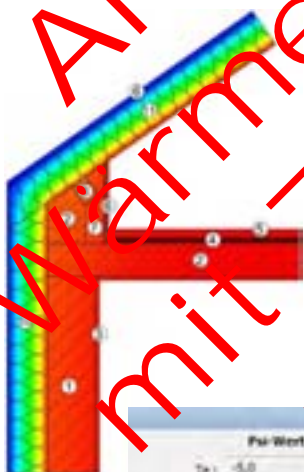


f-Wert				
Te:	-5,0			
Ti:	20,0			
$\Delta T = T_i - T_e$ :	25,0 = 20,0 - (-5,0)			
Q:	52,08239			
f:	11,2178			
$f_{si} = Q/\Delta T$ :	0,655122			
EnEV:				
Konvergenz:	0,0744			
Schritt	rel. Güterwerte [%]	Elemente	Wärmestrom [W/m²]	Konvergenz [%]
1	100,0	3512	47,8334	
2	66,5	3369	47,8334	0,0744

Aufgabe: Ändern Sie den Baustoff der Zwischensparrendämmung

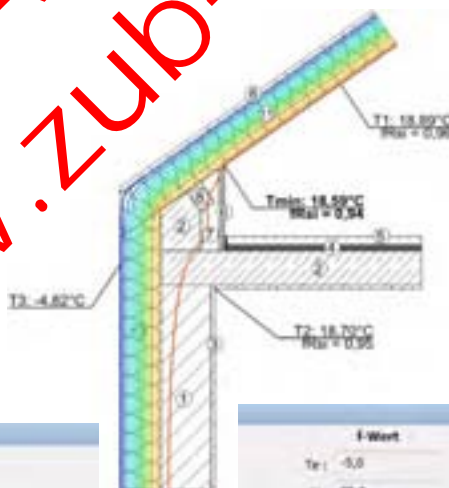
11 Zwischensparrendämmung 18 cm,  $\lambda=0,035$  W/mK

5. psi-Wert berechnen



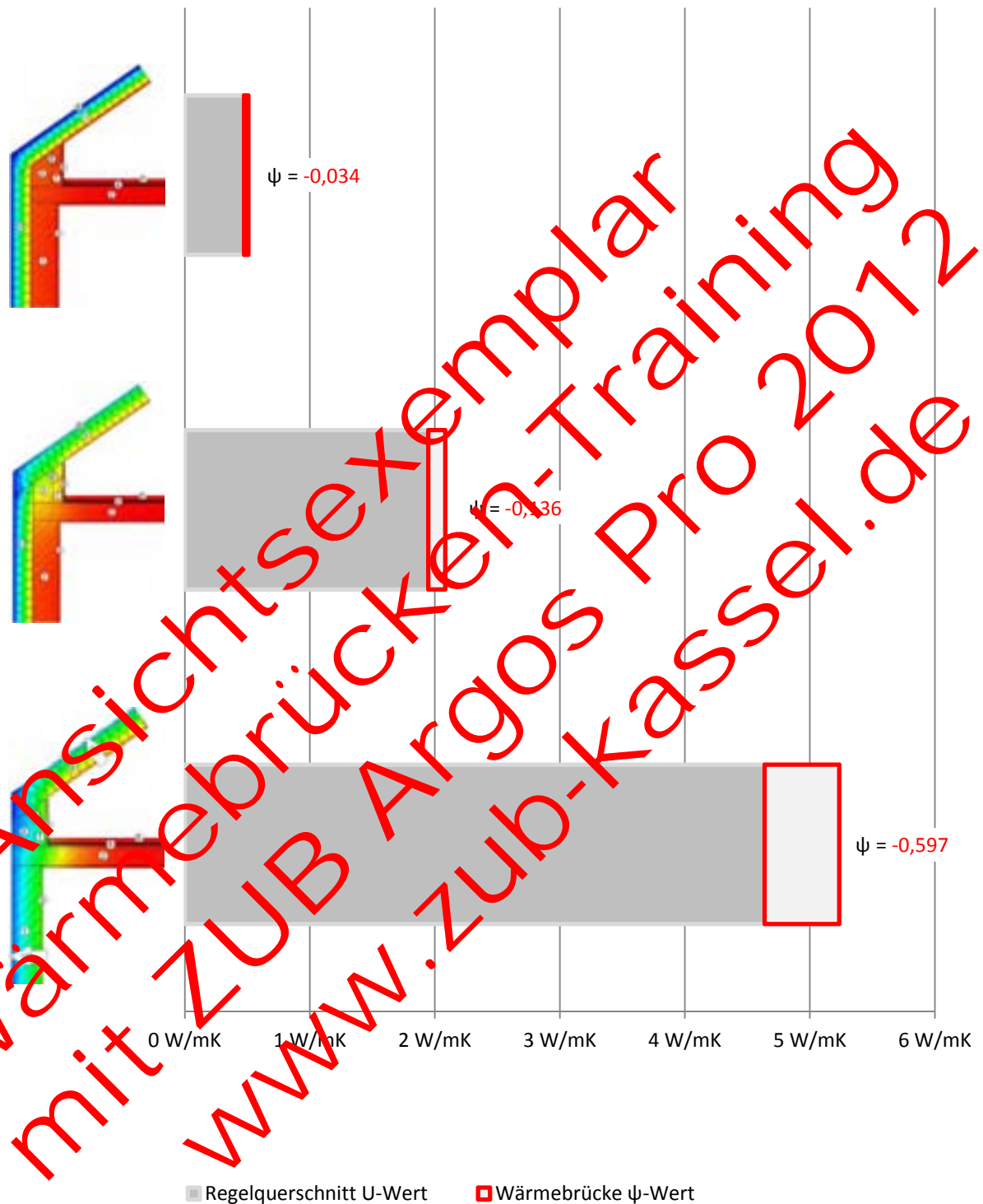
Psi-Wert				
Te:	-5,0			
Ti:	20,0			
$\Delta T = T_i - T_e$ :	25,0 = 20,0 - (-5,0)			
Q:	12,72837			
$L_{3d} = Q/\Delta T$ :	0,508745 = 12,72837/25,0			
$\Psi_{si} = L_{3d} \cdot \sum_{j=1}^n U_{j,3d}$ :	-0,834454 = 0,508745 \cdot (-0,185764 \cdot 1,0^*1,468997 + 0,180915 \cdot 1)			
EnEV:				
Konvergenz:	0,025			
Schritt	rel. Güterwerte [%]	Elemente	Wärmestrom [W/m²]	Konvergenz [%]
1	100,0	3512	12,7181	
2	66,5	3369	12,72837	0,025

6. f-Wert berechnen



f-Wert				
Te:	-5,0			
Ti:	20,0			
$\Delta T = T_i - T_e$ :	25,0 = 20,0 - (-5,0)			
Q:	12,49806			
f:	18,1877			
$f_{si} = Q/\Delta T$ :	0,943508			
EnEV:				
Konvergenz:	0,0217			
Schritt	rel. Güterwerte [%]	Elemente	Wärmestrom [W/m²]	Konvergenz [%]
1	100,0	3515	12,50175	
2	66,5	3374	12,49806	0,0217

Ergebnisübersicht der Anschlussdetails aus Übung 2.2



## 9.8 Übung 3 - Fensterlaibung

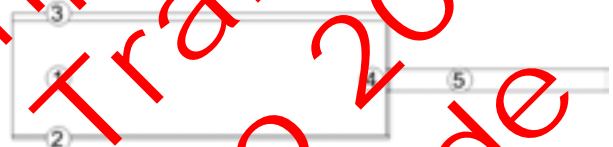
( $\psi$ - und f-Berechnung – Gleichwertigkeitsnachweis DIN 4108 Bbl. 2)

### Vorgehen:

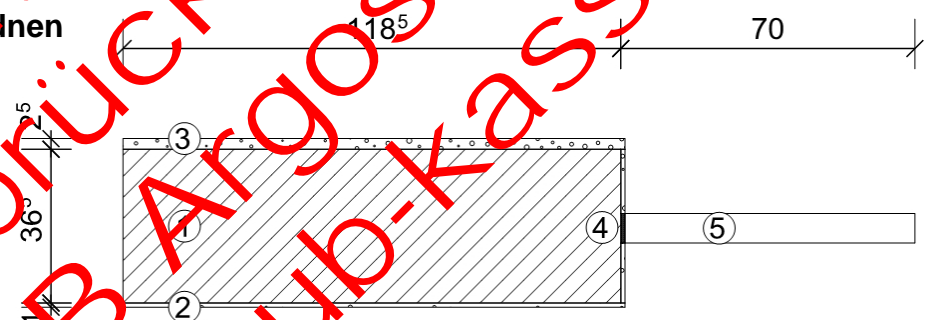
1. Schritt: Elemente Zeichnen
2. Schritt: Baustoff Zuordnen
3. Schritt: Randbedingungen setzen
4. Schritt: U-Wert des Regelquerschnitts bestimmen mit Wirklänge
5. Schritt:  $\psi$ -Wert berechnen
6. Schritt: f-Wert berechnen

### 1 Schritt: Elemente zeichnen

- 1 Kalksandstein 24 cm,  $\lambda=1,30$  W/mK
- 2 Putzmörtel 1 cm,  $\lambda=0,70$  W/mK
- 3 Putzmörtel 2,5 cm,  $\lambda=1,00$  W/mK
- 4 Dämmung 1 cm,  $\lambda=0,040$  W/mK
- 5 Fenster (b=1,40 m) 7 cm,  $\lambda=0,150$  W/mK (mittige Anordnung)

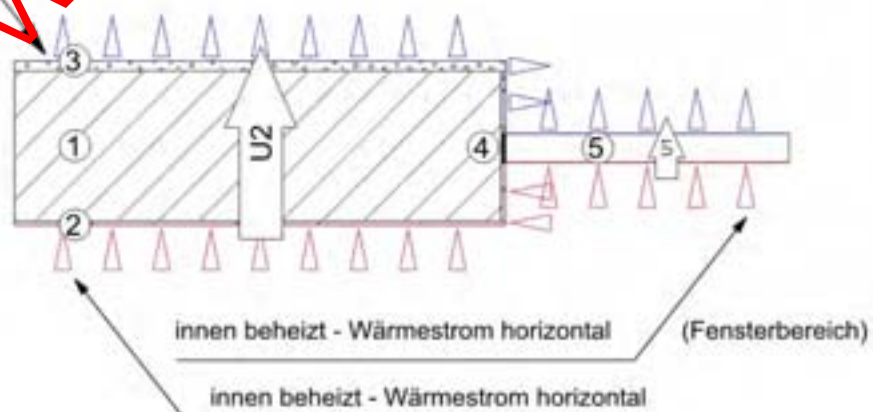
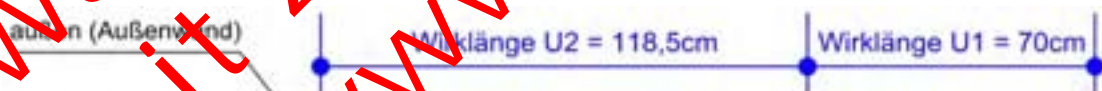


### 2. Schritt: Baustoff Zuordnen



### 3. Schritt: Randbedingungen setzen

### 4. Schritt: U-Wert des Regelquerschnitts bestimmen mit Angabe der Wirklänge

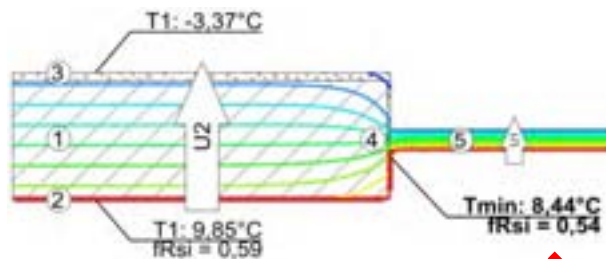


### 5. psi-Wert berechnen



Psi Wert				
Te	-5,0			
Ti	20,0			
dt = Ti-Te	25,0 = 20,0 - -5,0			
Q	90,09403			
L2d = Q/dT	3,603792 = 90,09403/25,0			
Psi = L2d	0,22551 = 3,603792 - (1,41151*1,0*0,7 + 2,017067*1,0*1,185)			
Emf	0,0581			
Konvergenz	0,0581			
Schritt	rel. Güterwerte [%]	Elemente	Wärmestrom [W/m]	Konvergenz [%]
1	100,0	715	90,147171	
2	66,5	1432	90,09403	0,0581

### 6. f-Wert berechnen

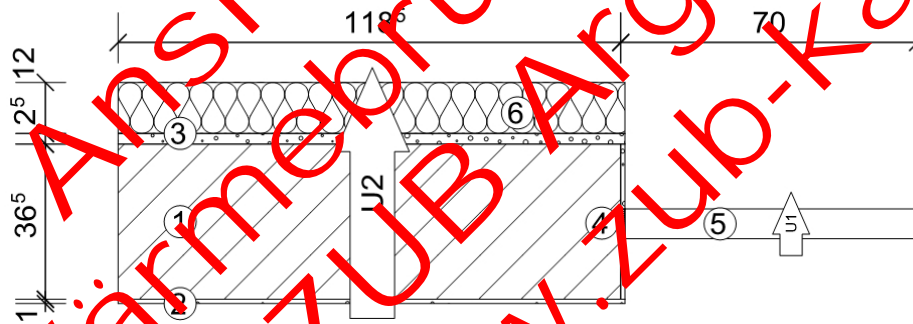


Psi Wert				
Te	-5,0			
Ti	20,0			
dt = Ti-Te	25,0 = 20,0 - -5,0			
Q	90,09403			
L2d = Q/dT	3,603792 = 90,09403/25,0			
Psi = L2d	0,22551 = 3,603792 - (1,41151*1,0*0,7 + 2,017067*1,0*1,185)			
Emf	0,0581			
Konvergenz	0,0581			
Schritt	rel. Güterwerte [%]	Elemente	Wärmestrom [W/m]	Konvergenz [%]
1	100,0	715	90,147171	
2	66,5	1432	90,09403	0,0581

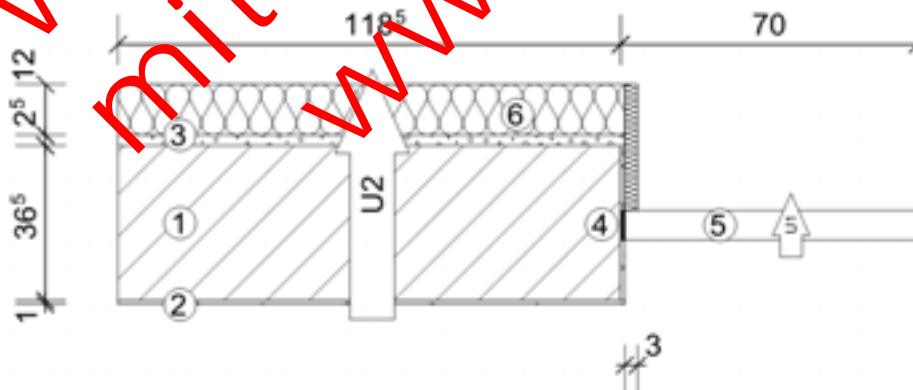
Aufgabe: Ergänzen Sie ihr Modell um eine Außenwanddämmung mit/ohne Überdämmung des Rahmens (d=3cm)

6 Außenwanddämmung 12 cm,  $\lambda=0,040$  W/mK

...ohne Überdämmung des Rahmens



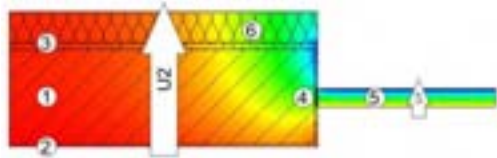
...mit Überdämmung des Rahmens





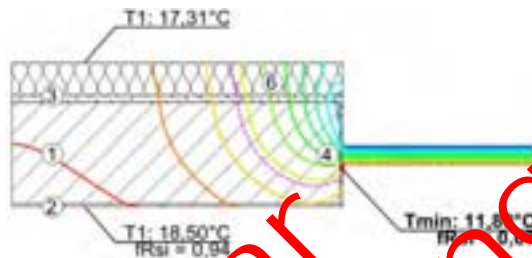
Außenwanddämmung ohne Überdämmung des Fensterrahmens

5. psi-Wert berechnen



Psi-Wert				
T <sub>e</sub> :	-5,0			
T <sub>i</sub> :	20,0			
dt = T <sub>i</sub> - T <sub>e</sub> :	25,0 = 20,0 - (-5,0)			
Q:	44,68326			
L2d = Q/dt:	1,787353 = 44,68326/25,0			
Psi = L2d ·	0,456391 = 1,787353 · (1,41151 · 1,0 <sup>0,7</sup> + 0,289371 · 1,0 <sup>1,185</sup> )			
EntV:				
Konvergenz:	0,183			
Schritt	rel. Güterweite [%]	Elemente	Wärmestrom [W/m <sup>2</sup> ]	Konvergenz [%]
1	100,0	881	44,68326	0,183
2	66,5	1800	44,68326	0,183

6. f-Wert berechnen



f-Wert				
T <sub>e</sub> :	-5,0			
T <sub>i</sub> :	20,0			
dt = T <sub>i</sub> - T <sub>e</sub> :	25,0 = 20,0 - (-5,0)			
Q:	42,89621			
T <sub>f</sub> :	17,958			
f:	0,671831			
EntV:				
Konvergenz:	0,1776			
Schritt	rel. Güterweite [%]	Elemente	Wärmestrom [W/m <sup>2</sup> ]	Konvergenz [%]
1	100,0	881	42,89621	0,1776
2	66,5	1800	42,89621	0,1776

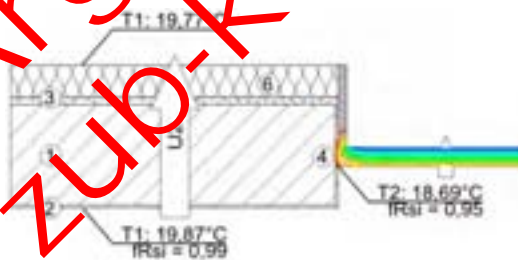
Außenwanddämmung mit Überdämmung des Fensterrahmens

5. psi-Wert berechnen



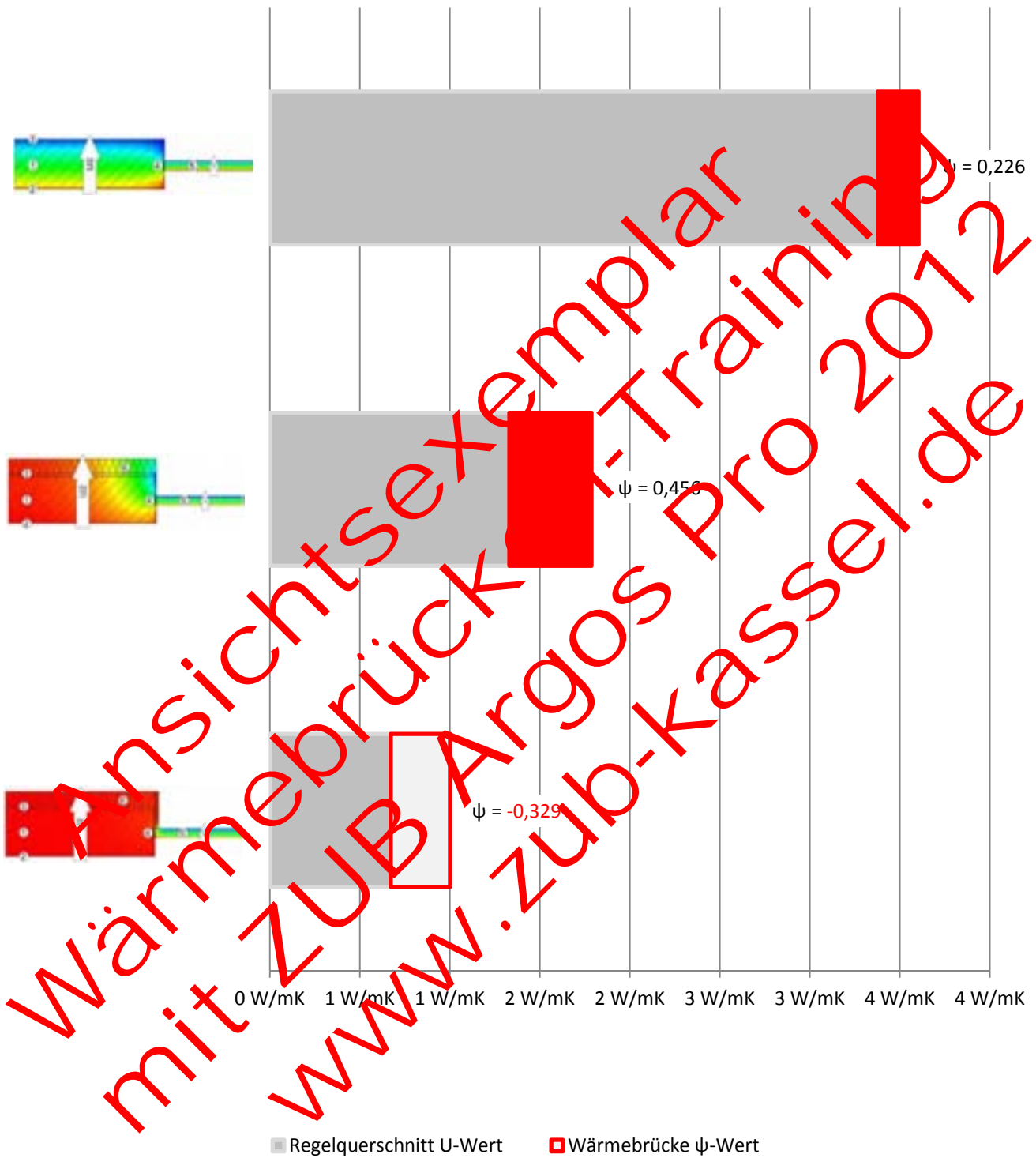
Psi-Wert				
T <sub>e</sub> :	-5,0			
T <sub>i</sub> :	20,0			
dt = T <sub>i</sub> - T <sub>e</sub> :	25,0 = 20,0 - (-5,0)			
Q:	25,03822			
L2d = Q/dt:	1,001551 = 25,03822/25,0			
Psi = L2d ·	0,329497 = 1,001551 · (1,41151 · 1,0 <sup>0,7</sup> + 0,289371 · 1,0 <sup>1,185</sup> )			
EntV:				
Konvergenz:	0,6763			
Schritt	rel. Güterweite [%]	Elemente	Wärmestrom [W/m <sup>2</sup> ]	Konvergenz [%]
1	100,0	894	25,03822	0,6763
2	66,5	1835	25,03822	0,6763

6. f-Wert berechnen



f-Wert				
T <sub>e</sub> :	-5,0			
T <sub>i</sub> :	20,0			
dt = T <sub>i</sub> - T <sub>e</sub> :	25,0 = 20,0 - (-5,0)			
Q:	25,021673			
T <sub>f</sub> :	13,428			
f:	0,818504			
EntV:				
Konvergenz:	0,664			
Schritt	rel. Güterweite [%]	Elemente	Wärmestrom [W/m <sup>2</sup> ]	Konvergenz [%]
1	100,0	894	25,021673	0,664
2	66,5	1835	25,021673	0,664

Ergebnisübersicht der Anschlussdetails aus Übung 3



## 9.9 Übung 4 – Sockelbereich (unbeheizter Keller)

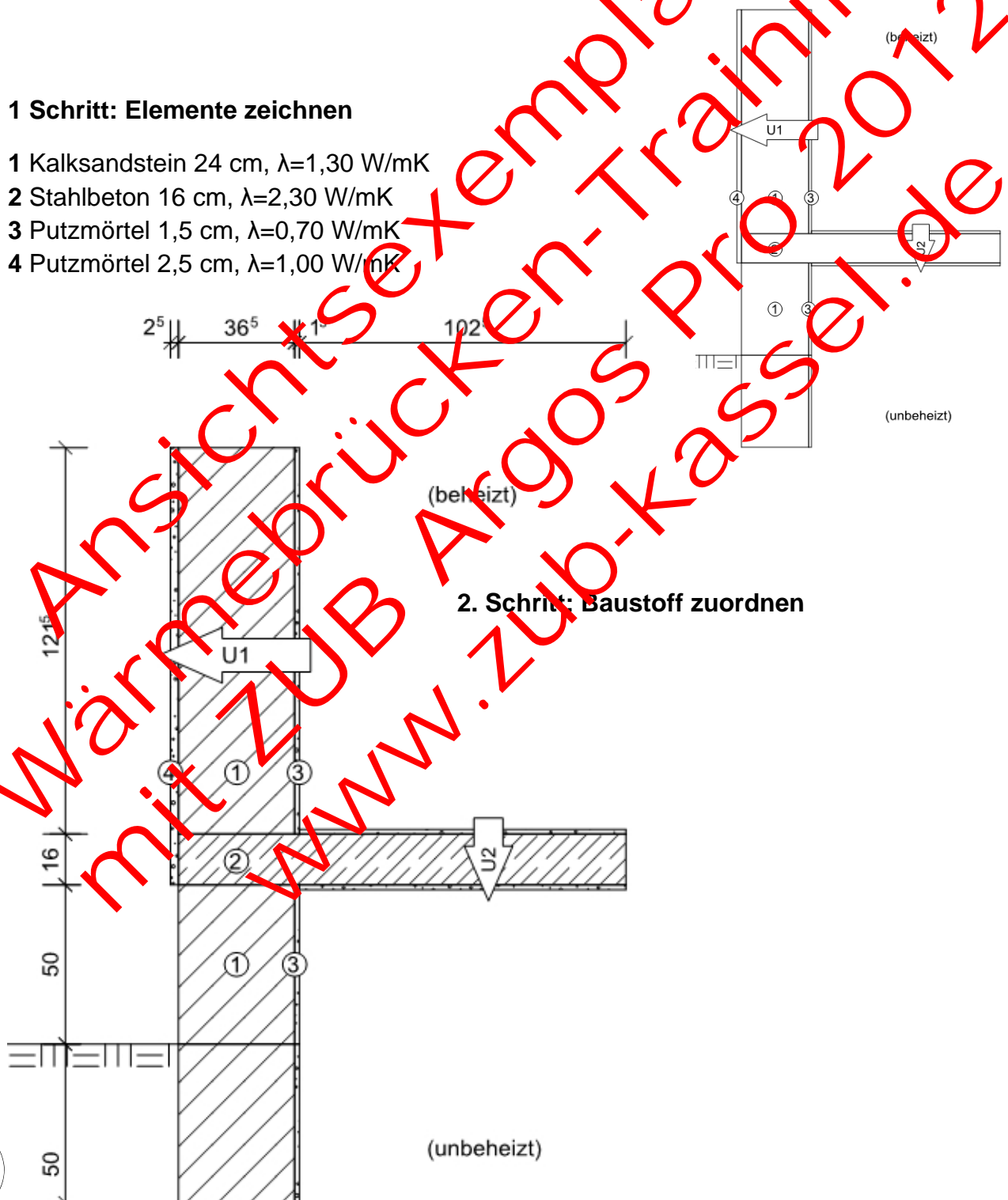
( $\psi$ - und  $f$ -Berechnung – Gleichwertigkeitsnachweis DIN 4108 Bbl. 2)

### Vorgehen:

1. Schritt: Elemente Zeichnen
2. Schritt: Baustoff Zuordnen
3. Schritt: Randbedingungen setzen
4. Schritt: U-Wert des Regelquerschnitts bestimmen mit Wirklänge
5. Schritt:  $\psi$ -Wert berechnen
6. Schritt:  $f$ -Wert berechnen

### 1 Schritt: Elemente zeichnen

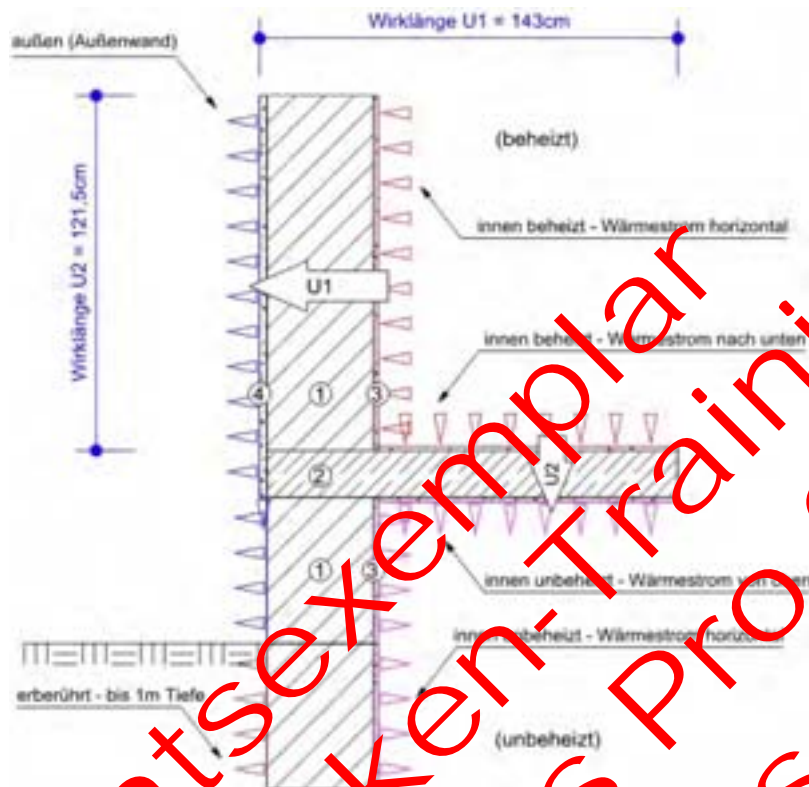
- 1 Kalksandstein 24 cm,  $\lambda=1,30$  W/mK
- 2 Stahlbeton 16 cm,  $\lambda=2,30$  W/mK
- 3 Putzmörtel 1,5 cm,  $\lambda=0,70$  W/mK
- 4 Putzmörtel 2,5 cm,  $\lambda=1,00$  W/mK



### 2. Schritt: Baustoff zuordnen

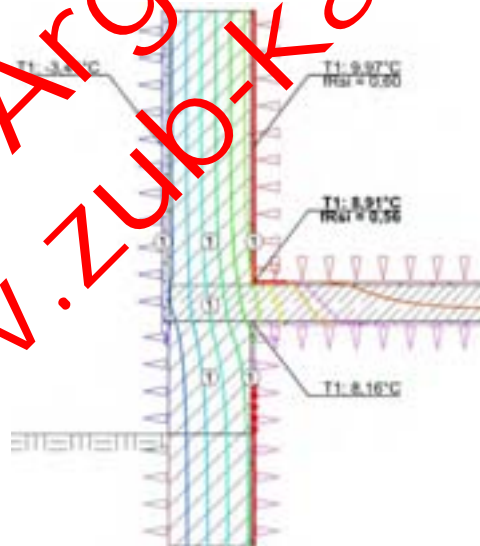
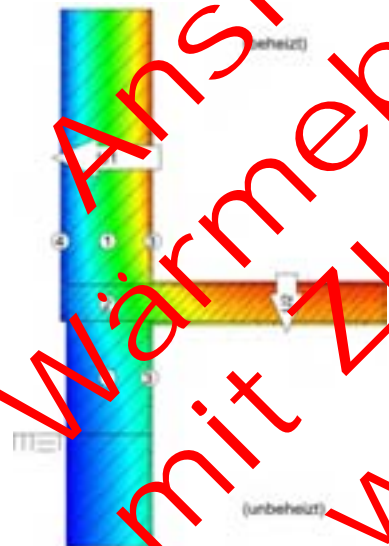
3. Schritt: Randbedingungen setzen

4. Schritt: U-Wert der Regelquerschnitte bestimmen mit Angabe der Wirklänge



5. psi-Wert berechnen

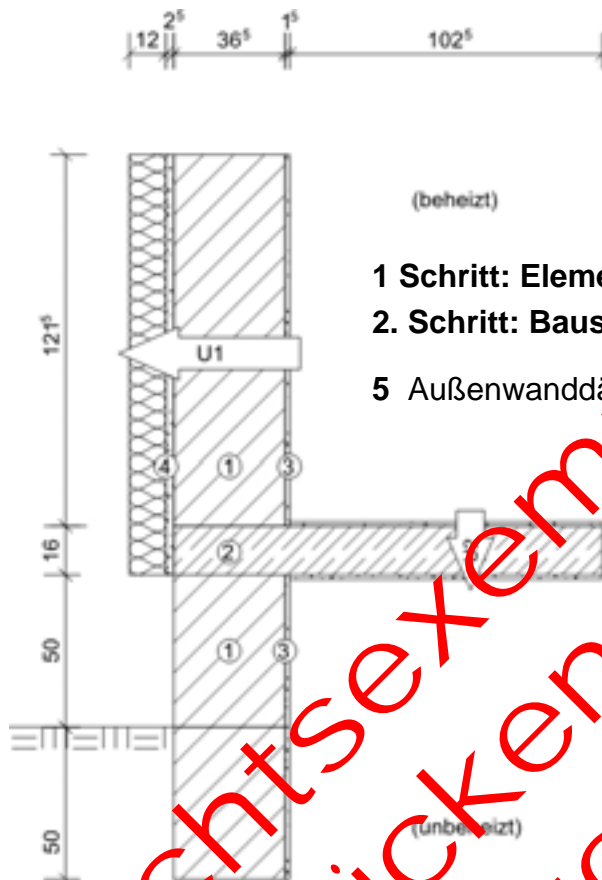
6. f-Wert berechnen



Psi-Wert				
Te	-5,0			
Ti	20,0			
$\Delta T = T_i - T_e$	25,0 = 20,0 - (-5,0)			
Q	100,35928			
$L_{2d} = Q/\Delta T$	4,014157 = 100,35928/25,0			
$\Psi = L_{2d} \cdot \Delta T$	-0,215356 = 4,014157 \cdot (-5,0)			
ErFV				
Konvergenz	0,3736			
Schritt	rel. Güterwerte [%]	Elemente	Wärmestrom [kJ/h]	Konvergenz [%]
1	100,0	1471	117,234989	
2	66,5	3045	117,67263	0,3736

f-Wert				
Te	-5,0			
Ti	20,0			
$\Delta T = T_i - T_e$	25,0 = 20,0 - (-5,0)			
Q	72,34829			
f	8,9018			
$f = Q/\Delta T$	0,558233			
ErFV				
Konvergenz	0,1826			
Schritt	rel. Güterwerte [%]	Elemente	Wärmestrom [kJ/h]	Konvergenz [%]
1	100,0	1471	96,596779	
2	66,5	3045	99,779687	0,1826

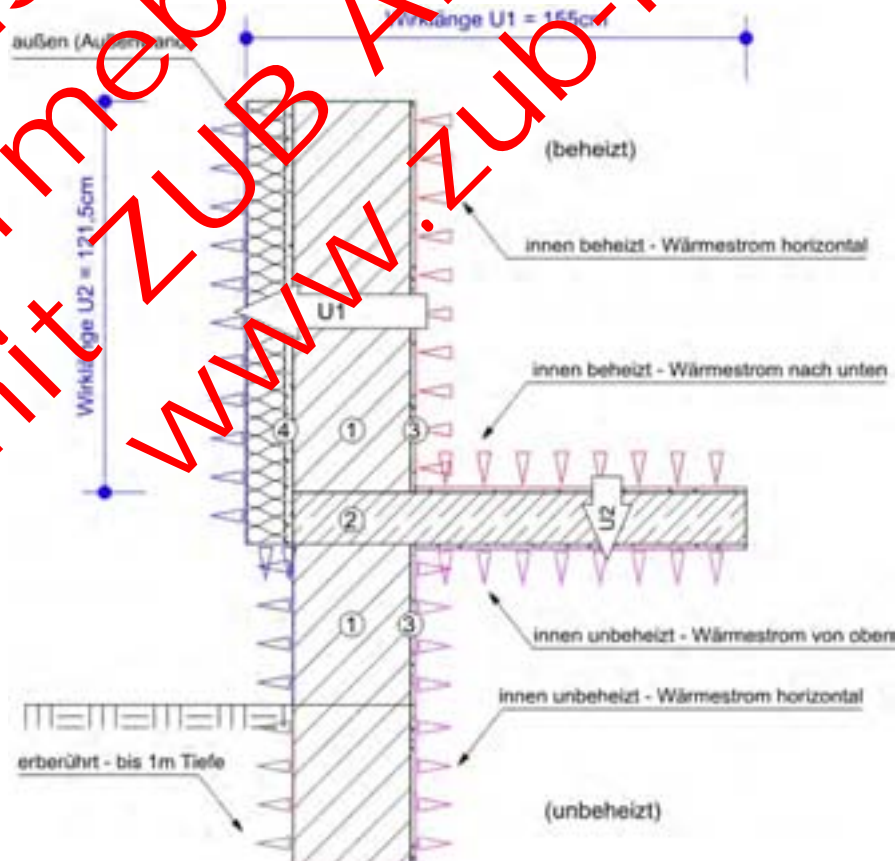
Aufgabe: Ergänzen Sie ihr Modell um eine Außenwanddämmung bis zur UK Bodenplatte



- 1 Schritt: Elemente zeichnen
2. Schritt: Baustoff zuordnen

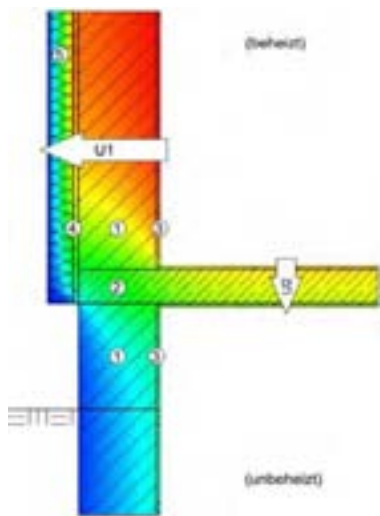
5 Außenwanddämmung 12 cm,  $\lambda=0,040$  W/mK

3. Schritt: Randbedingungen setzen
4. Schritt: U-Wert der Regenquerschnitte bestimmen mit Angabe der Wirklänge

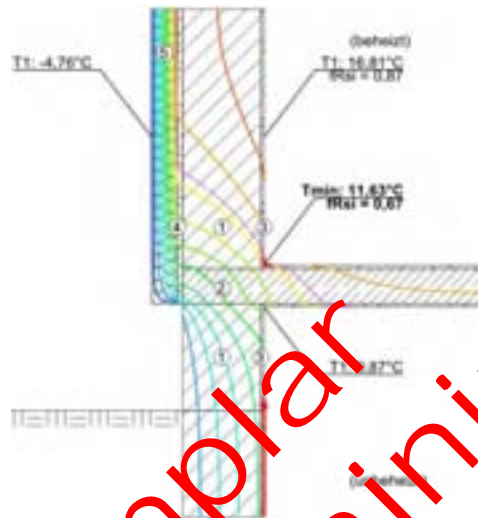




### 5. psi-Wert berechnen

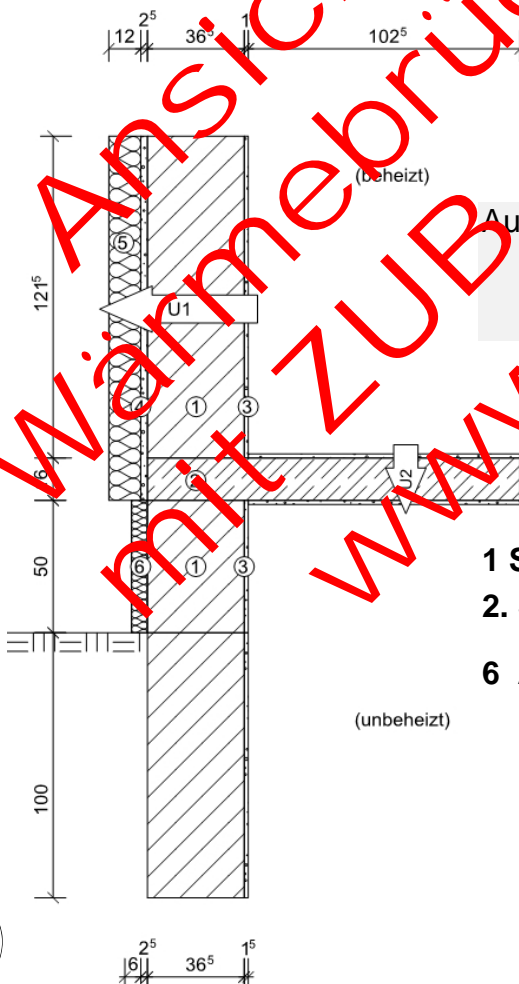


### 6. f-Wert berechnen



Eigenschaften				
<b>psi-Wert</b>				
Tz:	-3,0			
T1:	20,0			
dt = T1-Tz:	23,0 = 20,0 - (-3,0)			
Q:	38,032967			
L2d = Q/dT:	1,653607			
psi = L2d	-0,00581 = 1,653607 * 0,35 * 1,0 + 2,1 * 0,04 * 1,5			
EndV:				
Konvergenz:	0,484			
Schritt	rel. Güterweite [%]	Elemente	Minimale [μm]	Konvergenz [%]
1	100,0	1703	2,9477	
2	66,5	3530	23,273001	0,484

Eigenschaften				
<b>f-Wert</b>				
Tz:	-3,0			
T1:	20,0			
dt = T1-Tz:	23,0 = 20,0 - (-3,0)			
Q:	40,012803			
f:	11,63			
E:	66518			
Konvergenz:	0,1			
Schritt	rel. Güterweite [%]	Elemente	Minimale [μm]	Konvergenz [%]
1	100,0	1703	2,9477	
2	66,5	3530	23,273001	0,1468

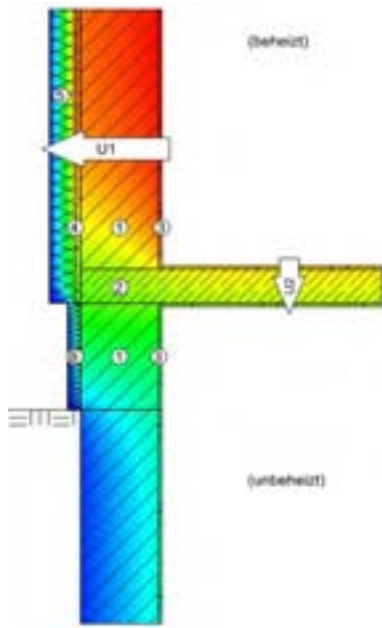


Aufgabe: Ergänzen Sie ihr Modell um eine Begleitdämmung (d=6 cm) von UK Bodenplatte bis zur OK Erdreich

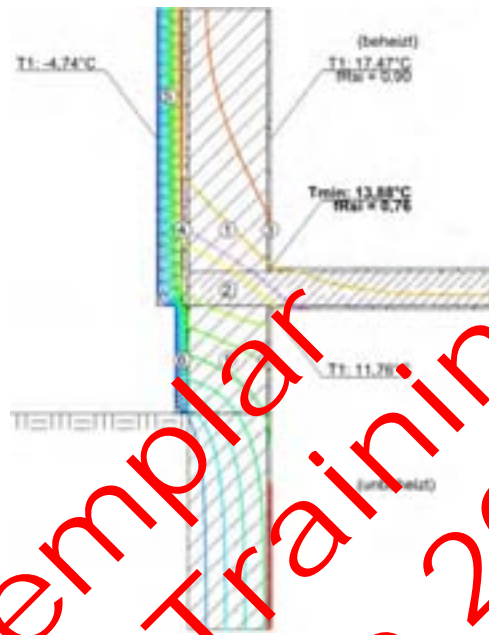
- 1 Schritt: Elemente zeichnen
2. Schritt: Baustoff zuordnen

6 Außenwanddämmung 6 cm,  $\lambda=0,040$  W/mK

5. psi-Wert berechnen



6. f-Wert berechnen

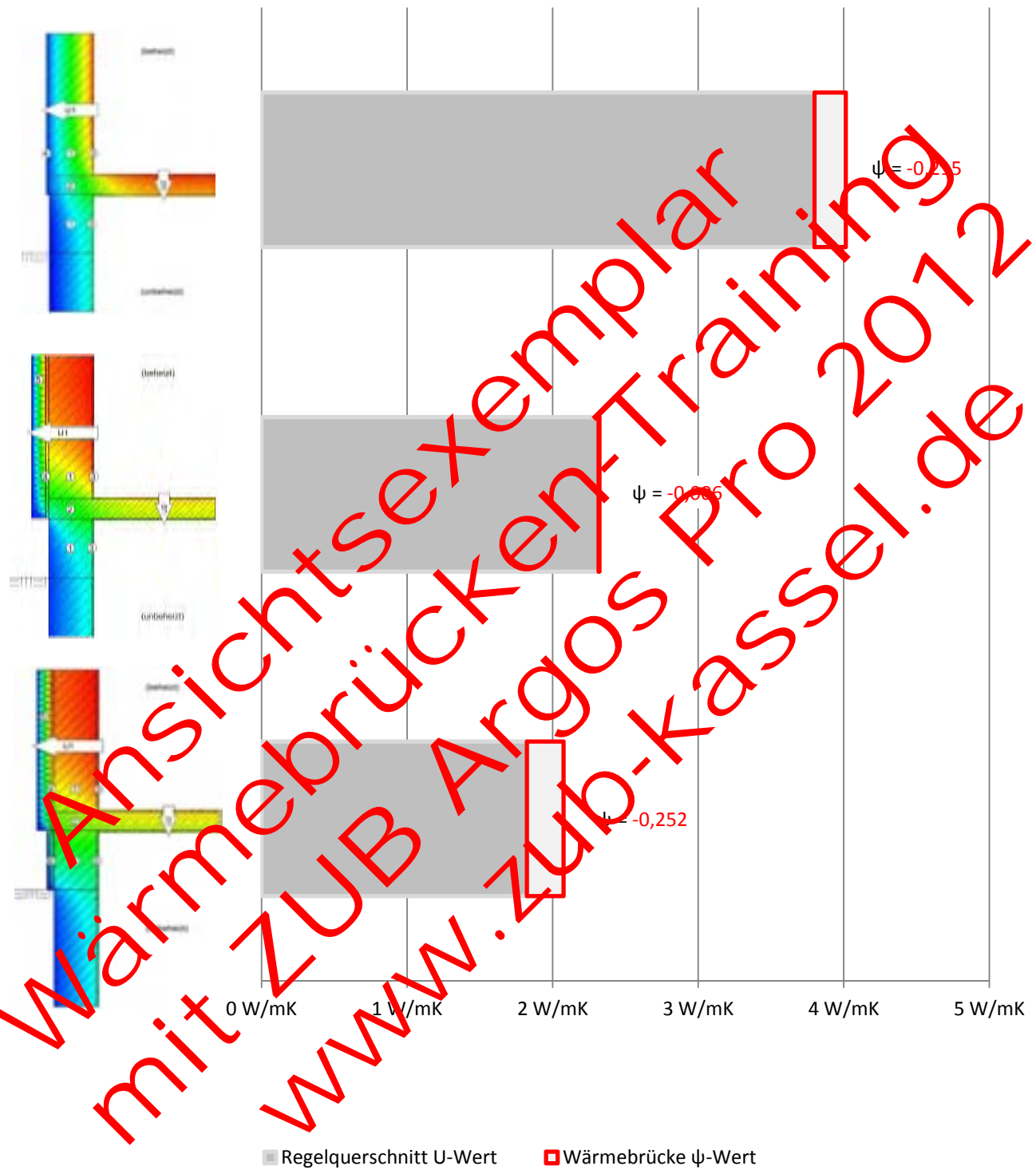


Psi-Wert				
T <sub>e</sub> :	-5,0			
T <sub>i</sub> :	20,0			
dT = T <sub>i</sub> - T <sub>e</sub> :	25,0 = 20,0 - (-5,0)			
Q:	31,876717			
L <sub>0</sub> = Q/dT:	2,075069 = 31,876717/15,5			
Psi = L <sub>0</sub> · U <sub>0</sub>	-0,25206 = 2,075069 · (-0,12144)			
EntV:				
Konvergenz:	0,463			
Schritt	rel. Güterwert [%]	Elemente	Wärmestrom [W/m²]	Konvergenz [%]
1	100,0	1982	71,777942	
2	66,5	4136	72,110791	0,463

f-Wert				
T <sub>e</sub> :	-5,0			
T <sub>i</sub> :	20,0			
dT = T <sub>i</sub> - T <sub>e</sub> :	25,0 = 20,0 - (-5,0)			
Q:	31,938999			
T <sub>f</sub> :	13,883			
f:	0,75532			
Konvergenz:	0,1349			
Schritt	rel. Güterwert [%]	Elemente	Wärmestrom [W/m²]	Konvergenz [%]
1	100,0	1982	64,757963	
2	66,5	4136	64,82531	0,1349

Ansichtsexemplar  
Wärmebrücken-Training  
mit ZUB Argos Pro 2012  
www.zub-kassel.de

### Ergebnisübersicht der Anschlussdetails aus Übung 4



**9.10 Übung 5.1 – KG-Fundament (Erdrreichanschüttung bis zu 1 m)**  
( $\psi$ -Berechnung – Gleichwertigkeitsnachweis DIN 4108 Bbl. 2)

**Vorgehen:**

1. Schritt: Elemente Zeichnen
2. Schritt: Baustoff Zuordnen
3. Schritt: Randbedingungen setzen ( $\psi$ -Berechnung)
4. Schritt: U-Wert des Regelquerschnitts bestimmen mit Wirklänge
5. Schritt:  $\psi$ -Wert berechnen

**1 Schritt: Elemente zeichnen**

- 1 Kalksandstein 24 cm,  $\lambda=1,30$  W/mK
- 2 Streifenfundament b/d = 50/60 cm,  $\lambda=2,00$  W/mK
- 3 Stahlbeton 18 cm,  $\lambda=2,30$  W/mK

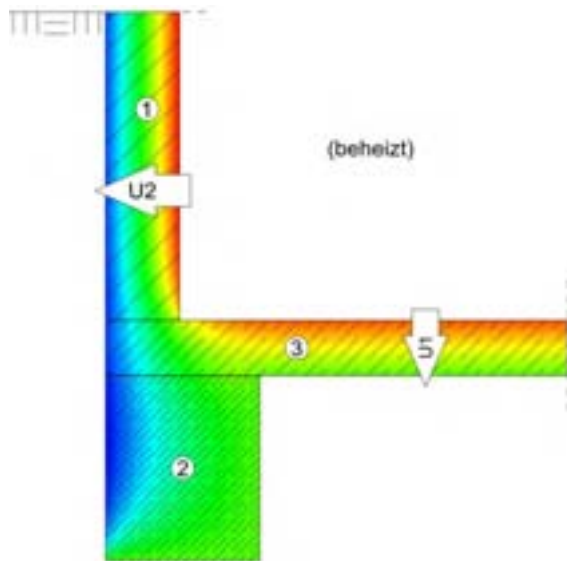
**2. Schritt: Baustoff zuordnen**







5. psi-Wert berechnen



Psi-Wert			
Te :	-5,0		
Ti :	20,0		
dT = Ti - Te :	25,0 = 20,0 - (-5,0)		
Q :	151,351257		
L2d = Q/dT :	6,05405 = 151,351257 / 25,0		
Psi = L2d · (-0,39111) :	-2,368405 = 6,05405 · (-0,39111)		
EnEV :			
Konvergenz :	0,0204		
Schritt	Rel. Glättewerte [%]	Energieverluststrom [W/m]	Konvergenz [%]
1	100,0	151,38208	
2	0,0	151,351257	0,0204

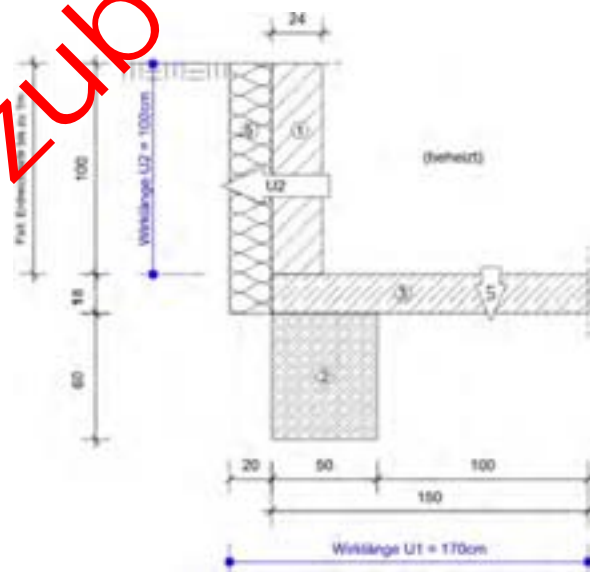
Aufgabe: Ergänzen Sie ihr Modell um eine Außenwanddämmung (mit d=10cm bzw. d=20cm) bis zur UK Bodenplatte. Legen Sie bitte jeweils eine neue Wärmebrücke an.

1 – 4 Schritt:

- 4 Außenwanddämmung 10 cm,  $\lambda=0,045$  W/mK
- 5 Außenwanddämmung 20 cm,  $\lambda=0,045$  W/mK



Übersicht über U-Werte				
Code	U-Wert [W/m²K]	Länge	Fx	Fx
U1	4,028	1,6	0,6	Fußboden auf Erdreich
U2	0,2711	1	1	Standard



Übersicht über U-Werte				
Code	U-Wert [W/m²K]	Länge	Fx	Fx
U1	4,028	1,7	0,6	Fußboden auf Erdreich
U2	0,2084	1	1	Standard

Wie ändert sich der psi-Wert bzw. der Wärmestrom im Vergleich zum Modell ohne Außendämmung? Und warum?

Der psi-Wert wird  größer

kleiner

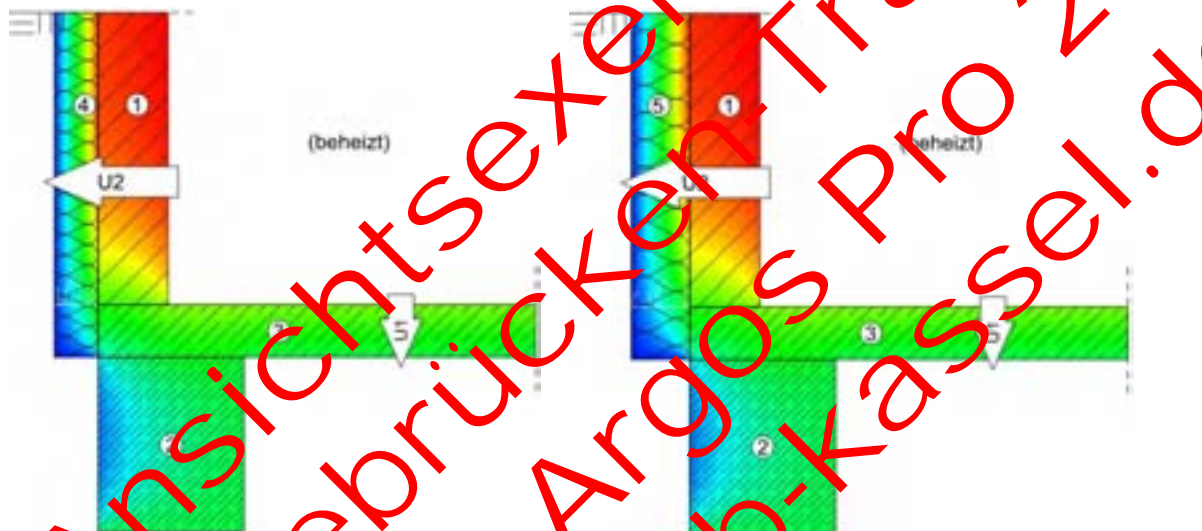
bleibt gleich

Der Wärmestrom wird  größer

kleiner

bleibt gleich

### 5. psi-Wert berechnen



psi-Wert

$T_e = -5,0$   
 $T_i = 20,0$   
 $\Delta T = T_i - T_e = 25,0 - (-5,0) = 30,0$   
 $Q = 95,179489$   
 $U = Q/\Delta T = 3,80718 = 95,179489 / 25,0$   
 $\psi = U_{2d} - 0,738869 = 3,80718 - (4,02802 \cdot 0,6 \cdot 1,0 + 0,27113 \cdot 0,9 \cdot 1,0)$   
Konvergenz: 0,1777

Schritt	rel. Güterwerte [%]	Elemente	Wärmestrom [W/m²]	Konvergenz [%]
1	100,0	1219	95,179489	
2	96,5	2638	91,986290	0,1777

psi-Wert

$T_e = -5,0$   
 $T_i = 20,0$   
 $\Delta T = T_i - T_e = 25,0 - (-5,0) = 30,0$   
 $Q = 95,95841$   
 $U = Q/\Delta T = 3,78224 = 95,95841 / 25,0$   
 $\psi = U_{2d} - 0,558721 = 3,78224 - (4,02802 \cdot 0,6 \cdot 1,7 + 0,268374 \cdot 1,0 \cdot 1,0)$   
Konvergenz: 0,1807

Schritt	rel. Güterwerte [%]	Elemente	Wärmestrom [W/m²]	Konvergenz [%]
1	100,0	1299	95,15641	
2	96,5	2818	93,986290	0,1807

Außenwand auf Bodenplatte mit Außenwanddämmung bis UK-Bodenplatte

Dämmstärke	0 cm	10 cm	20 cm	30 cm
Wärmestrom [W/m]	151,4	95,2	94,0	92,7
$L^{2D}$ [W/mK]	6,054	3,807	3,733	3,709
psi-Wert [W/mK]	-0,391	-0,331	-0,559	-0,784

Mit steigender Außenwanddämmung (> 10cm) nimmt der psi-Wert wieder ab, weil

- die Außenwand kaum mehr zum Wärmestrom der Regelbauteile beiträgt,
- die zunehmende Wirklänge der Bodenplatte den Wärmestrom der Regelbauteile dominiert
- und die zusätzliche Dämmstärke den Wärmestrom aus der FEM-Berechnung



nicht mehr signifikant reduziert.

Abbildung 1 - Der Wärmestrom der ungestörten Regelbauteile mit zunehmender Dämmstärke: Der Wärmestrom der Außenwand konvergiert während der Wärmestrom der Bodenplatte proportional zur steigenden Wirklänge zunimmt.

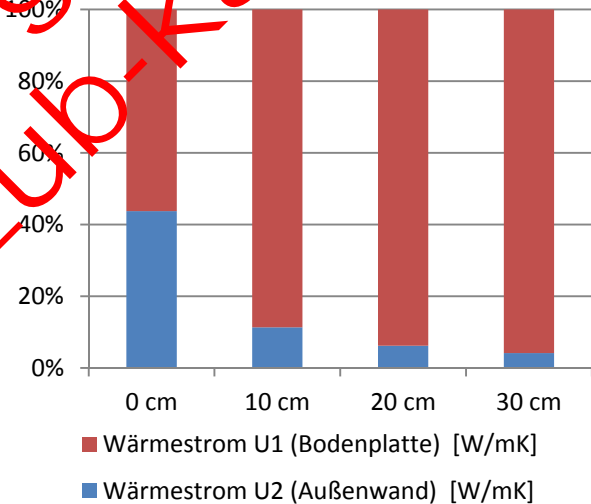


Abbildung 2 - Anteil der Regelbauteilen (Außenwand und Bodenplatte) am Wärmestrom  $L^0$ : Mit zunehmender Dämmstärke der Außenwand (= kleinerem U-Wert) sinkt der Beitrag zum Wärmestrom  $L^0$ . Der Wärmestrom der Regelbauteile

wird von der „schlecht gedämmten“ Bodenplatte dominiert.

**Aufgabe:** Ergänzen Sie ihr Modell (mit 10 cm Außenwanddämmung) um eine Trittschalldämmung und eine Estrichschicht auf der Bodenplatte.

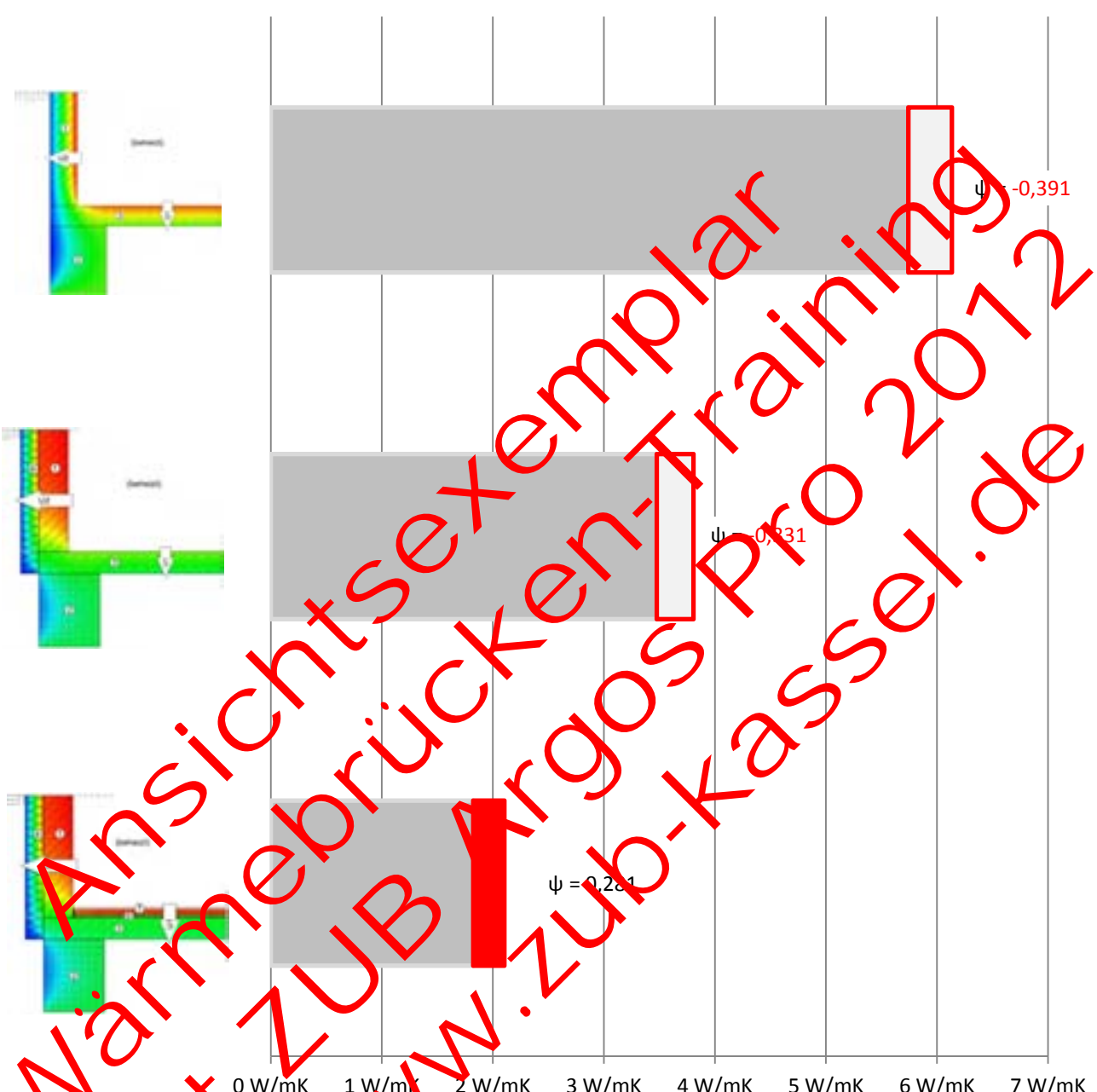
**1 – 4 Schritt:**

**6** Trittschalldämmung 3 cm,  $\lambda=0,040$  W/mK

**7** Zement-Estrich 4 cm,  $\lambda=1,400$  W/mK



**5. psi-Wert berechnen**



Ansichtsexemplar  
mit ZUB Argos Pro 2012  
www.zub-kassel.de

■ Regelquerschnitt U-Wert    ■ Wärmebrücke  $\psi$ -Wert

Ergebnisse				
Psi Wert				
T <sub>e1</sub>	-5,0			
T <sub>i</sub>	20,0			
$\Delta T = T_i - T_{e1}$	25,0 = 20,0 - (-5,0)			
Q	37,18329			
$U_{2d} = Q/\Delta T$	1,487129 = 37,18329/25,0			
$\Psi = U_{2d} \cdot L_{2d} = 1,487329 \cdot (0,973869 \cdot 0,6 + 0,271149 \cdot 1,0 \cdot 1,0)$				
ExEV				
Konvergenz	0,3768			
Schritt	nk. Glitzerteil [%]	Elemente	Wärmestrom [W/m]	Konvergenz [%]
1	20,0	1309	37,136014	
2	20,0	2666	37,225336	8,2098

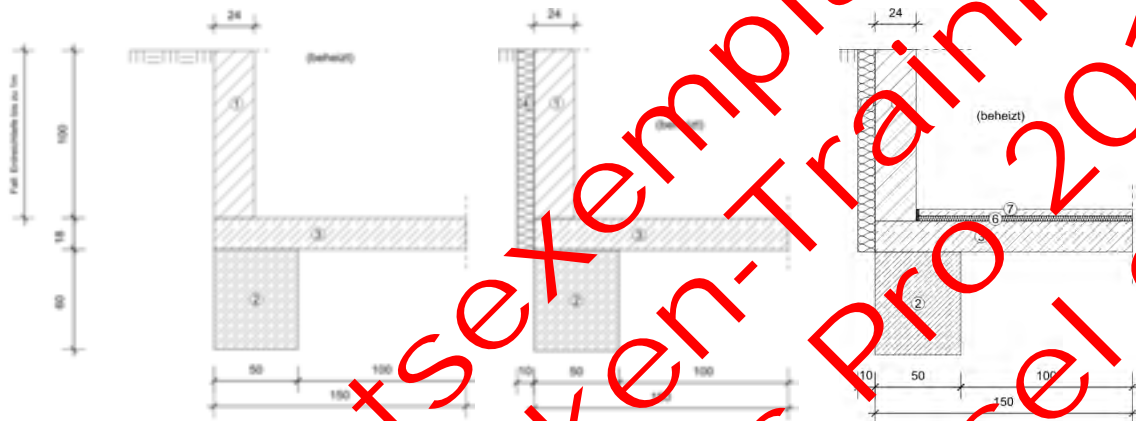


**Übung 5.1 – KG-Fundament (Erdreichanschüttung bis zu 1 m)**  
(f-Berechnung nach DIN 4108 Bbl. 2)

**Vorgehen:**

1. – 2. Schritt: siehe  $\psi$ -Berechnung
3. Schritt: Erdreich im Modell einfügen (f-Berechnung)
4. Schritt: Randbedingungen setzen (f-Berechnung)
5. Schritt: f-Wert berechnen

**1. – 2. Schritt: siehe  $\psi$ -Berechnung**



**3. Schritt: Erdreich in das Modell einfügen (f-Berechnung)**



**8 Erdreich,**  
 $\lambda=2,0 \text{ W/mK}$

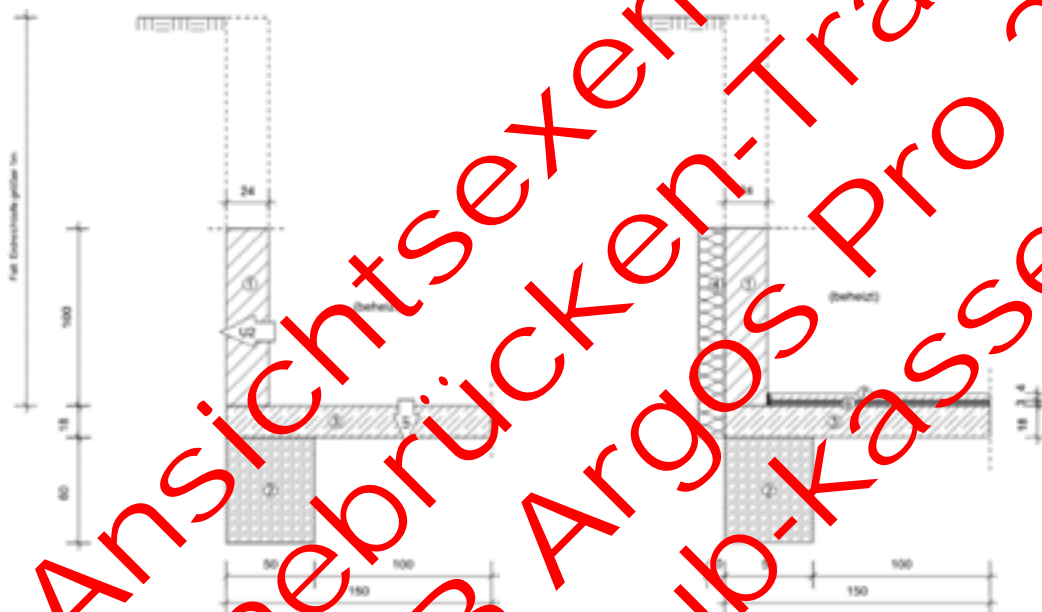


## Übung 5.2 – KG-Fundament (Erdreichanschüttung größer 1 m) ( $\psi$ -Berechnung – Gleichwertigkeitsnachweis DIN 4108 Bbl. 2)

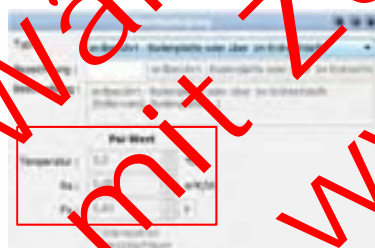
### Vorgehen:

1. Schritt: Elemente Zeichnen
2. Schritt: Baustoff Zuordnen
3. Schritt: Randbedingungen setzen ( $\psi$ -Berechnung)
4. Schritt: U-Wert des Regelquerschnitts bestimmen mit Wirklänge
5. Schritt:  $\psi$ -Wert berechnen

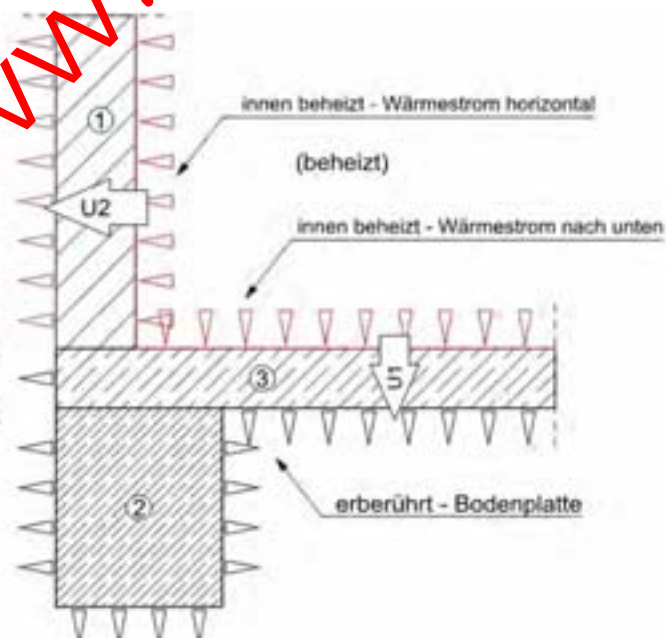
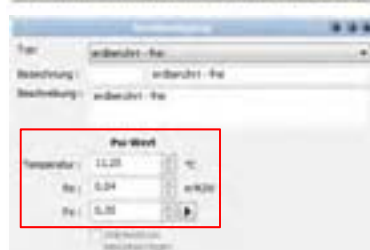
1. – 2.Schritt: siehe  $\psi$ -Berechnung für KG-Fundament , Erdreichanschüttung bis zu 1m



3. Schritt: Randbedingungen setzen ( $\psi$ -Berechnung)



erwärmt - über 1m Erdreichtiefe  
oder  
erwärmt - frei (mit Fx-Wert aus EnEV)





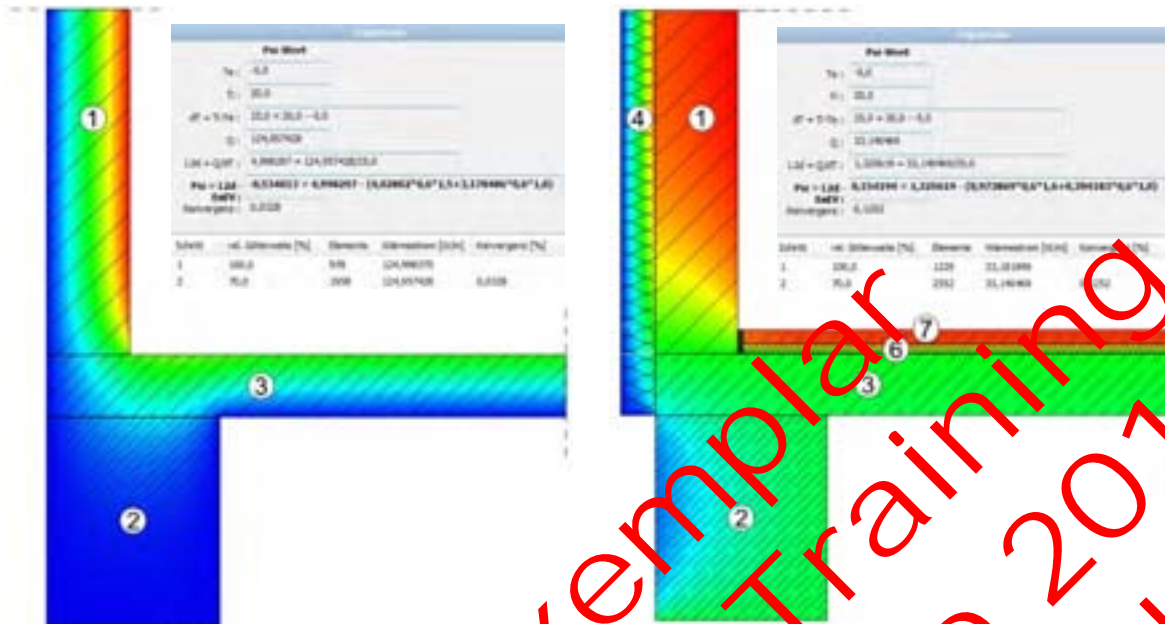
4. Schritt: U-Wert des Regelquerschnitts bestimmen mit Wirklänge

The figure displays four screenshots of a software interface used for calculating the U-value of a building envelope cross-section. Each screenshot shows a cross-section diagram with a corresponding parameter dialog box.

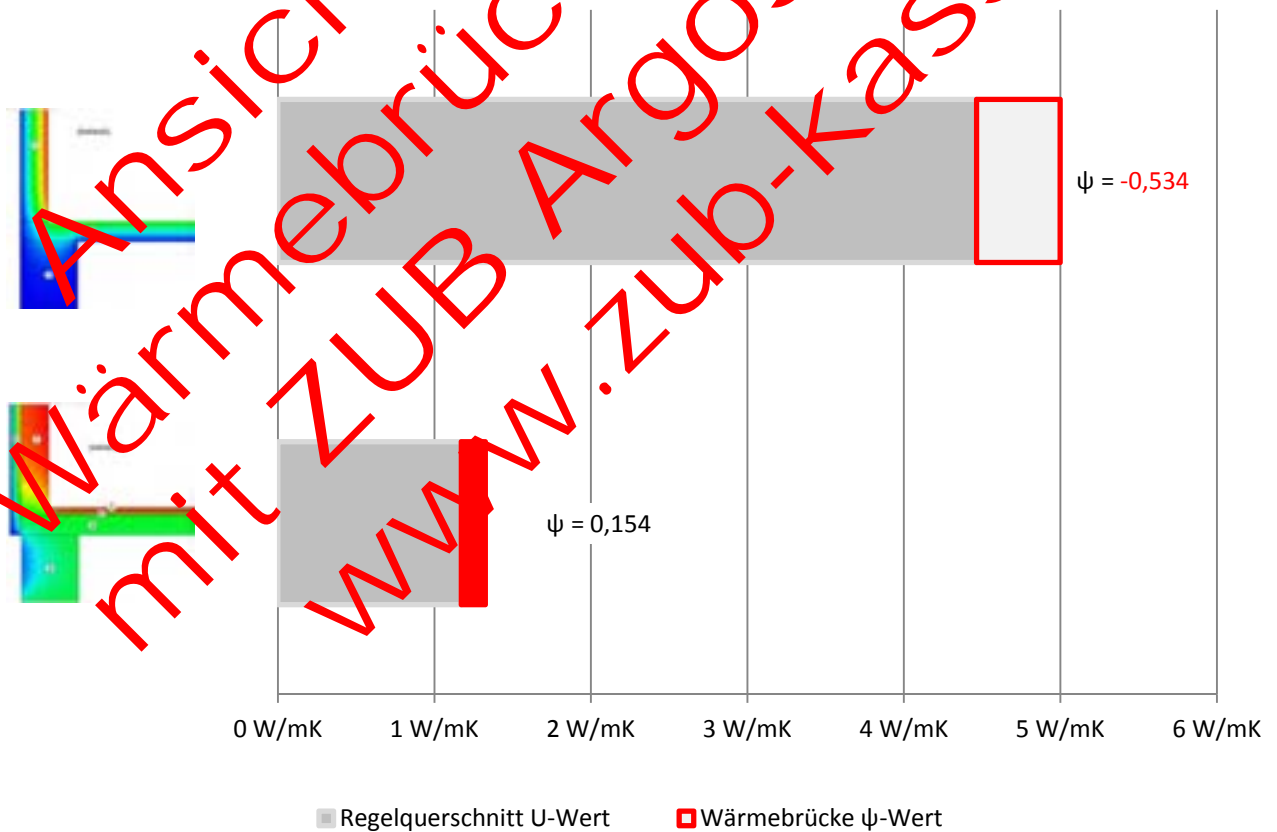
- Top Left:** Shows a wall cross-section with a vertical effective length  $U_2 = 100\text{cm}$  and a horizontal effective length  $U_1 = 150\text{cm}$ . The dialog box for 'U2' (Innenwand) shows a 'Korrekturfaktor' of 1,00 and 'Wirklänge' of 100,0.
- Top Right:** Shows a wall cross-section with a vertical effective length  $U_2 = 100\text{cm}$  and a horizontal effective length  $U_1 = 160\text{cm}$ . The dialog box for 'U2' (Innenwand) shows a 'Korrekturfaktor' of 0,35 and 'Wirklänge' of 100,0.
- Bottom Left:** Shows a floor cross-section with a horizontal effective length  $U_1 = 150\text{cm}$ . The dialog box for 'U1' (Suldenplatte) shows a 'Korrekturfaktor' of 1,00 and 'Wirklänge' of 150,0.
- Bottom Right:** Shows a floor cross-section with a horizontal effective length  $U_1 = 160\text{cm}$ . The dialog box for 'U1' (Suldenplatte) shows a 'Korrekturfaktor' of 1,00 and 'Wirklänge' of 160,0.

Ansichtsexemplar  
 Wärmebrücken-Training  
 mit ZUB Argos Pro 2012  
[www.zub-kassel.de](http://www.zub-kassel.de)

5. Schritt: psi-Wert berechnen



Ergebnisübersicht der Anschlussdetails aus Übung 5.2





**Übung 5.2 – KG-Fundament (Erdreichanschüttung größer 1 m)**  
(f-Berechnung nach DIN 4108 Bbl. 2)

**Vorgehen:**

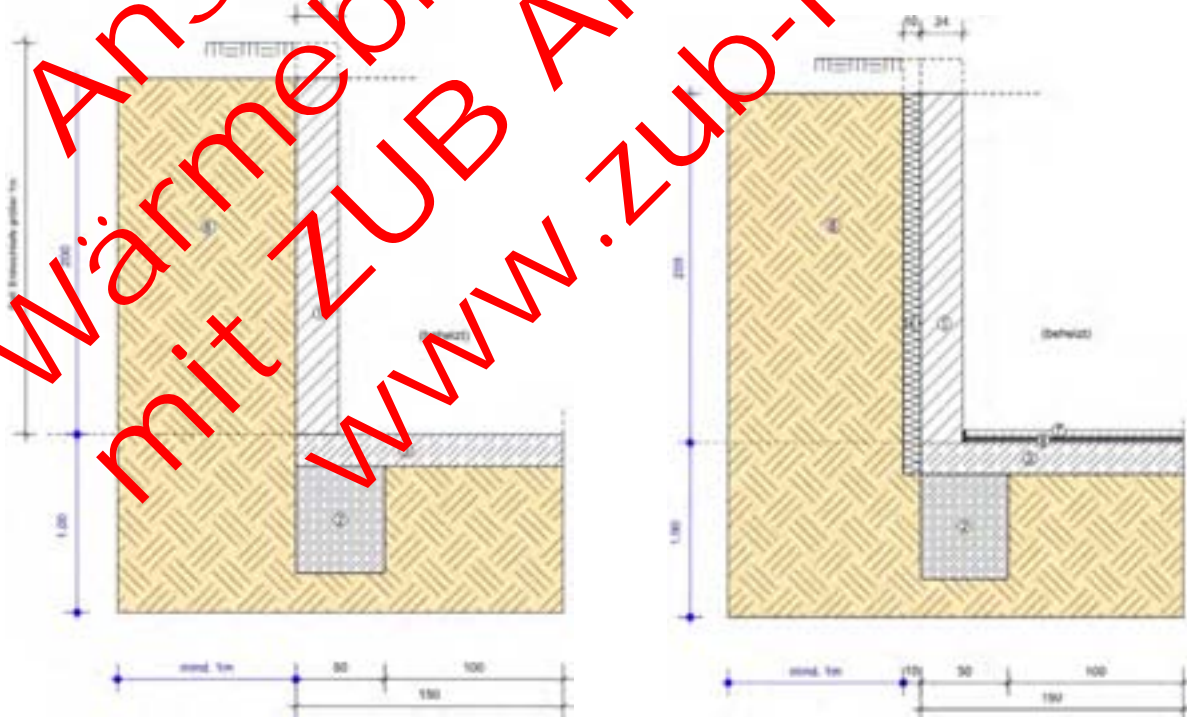
1. – 2. Schritt: siehe  $\psi$ -Berechnung
3. Schritt: Erdreich im Modell einfügen (f-Berechnung)
4. Schritt: Randbedingungen setzen (f-Berechnung)
6. Schritt: f-Wert berechnen

**1. – 2. Schritt: siehe  $\psi$ -Berechnung**

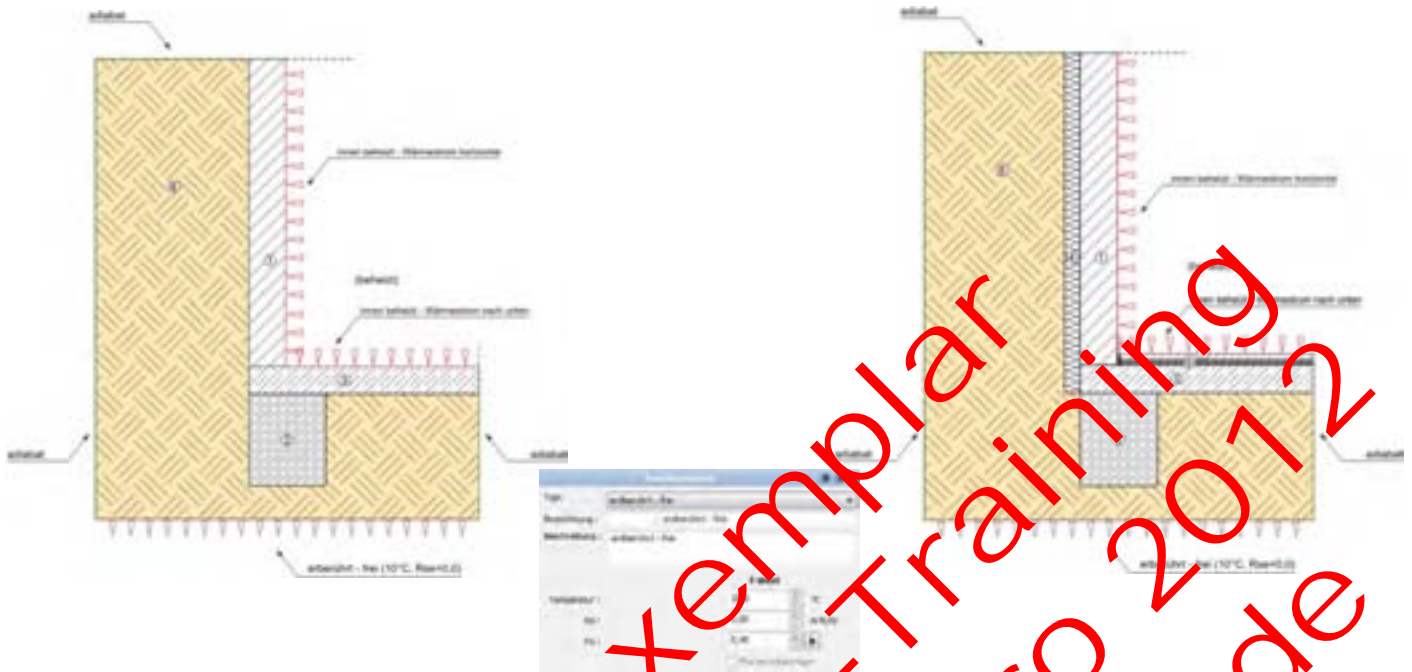


**3. Schritt: Erdreich in das Modell einfügen (f-Berechnung)**

8 Erdreich,  $\lambda=2,0$  W/mK



4. Schritt: Randbedingungen setzen (f-Berechnung)



6. Schritt: f-Wert berechnen



Schritt	rel. Glanzwerte [%]	Elemente	Wärmeleit [W/mK]	Konvergenz [%]
1	100,0	1717	28,807247	
2	70,0	1082	28,808324	0,0032

Schritt	rel. Glanzwerte [%]	Elemente	Wärmeleit [W/mK]	Konvergenz [%]
1	100,0	4218	16,276394	
2	70,0	12751	16,276394	0,0012


## 9.11 Übung 6.1 – Innenwand auf Bodenplatte ( $\psi$ -Berechnung – Randbedingungen nach DIN 4108 Bbl. 2)

### Vorgehen:

1. Schritt: Elemente Zeichnen
2. Schritt: Baustoff Zuordnen
3. Schritt: Randbedingungen setzen ( $\psi$ -Berechnung)
4. Schritt: U-Wert des Regelquerschnitts bestimmen mit Wirklänge
5. Schritt: psi-Wert berechnen


Hinweis: Es findet sich in Tabelle 4 der DIN 4108 Bbl. 2 keine beispielhafte Ausführungsart des Bauteilanschluss „Innenwand auf Bodenplatte“

### 1 Schritt: Elemente zeichnen



Position	Material	Dicke [mm]	Lambda [W/mK]
1	DIN V 4108 4.1 Zement-Estrich	40	1,4
2	DIN V 4108 5.2 Expandierender Polystyrolschaum (GW 0,035) Kategorie II	30	0,04
3	DIN EN ISO 10456 Beton armiert (mit 1% Stahl) 2000	160	2,3
4	DIN V 4108 5.4 Perimeterdämm-Hartschaum (GW 0,035) Kategorie II	70	0,035
gesamt		300	

**1** Estrich 4 cm,  $\lambda=1,40$  W/mK - Trittschalldämmung 3 cm,  $\lambda=0,040$  W/mK - Stahlbeton 16 cm,  $\lambda=2,30$  W/mK - Perimeterdämmung 7 cm,  $\lambda=0,035$  W/mK

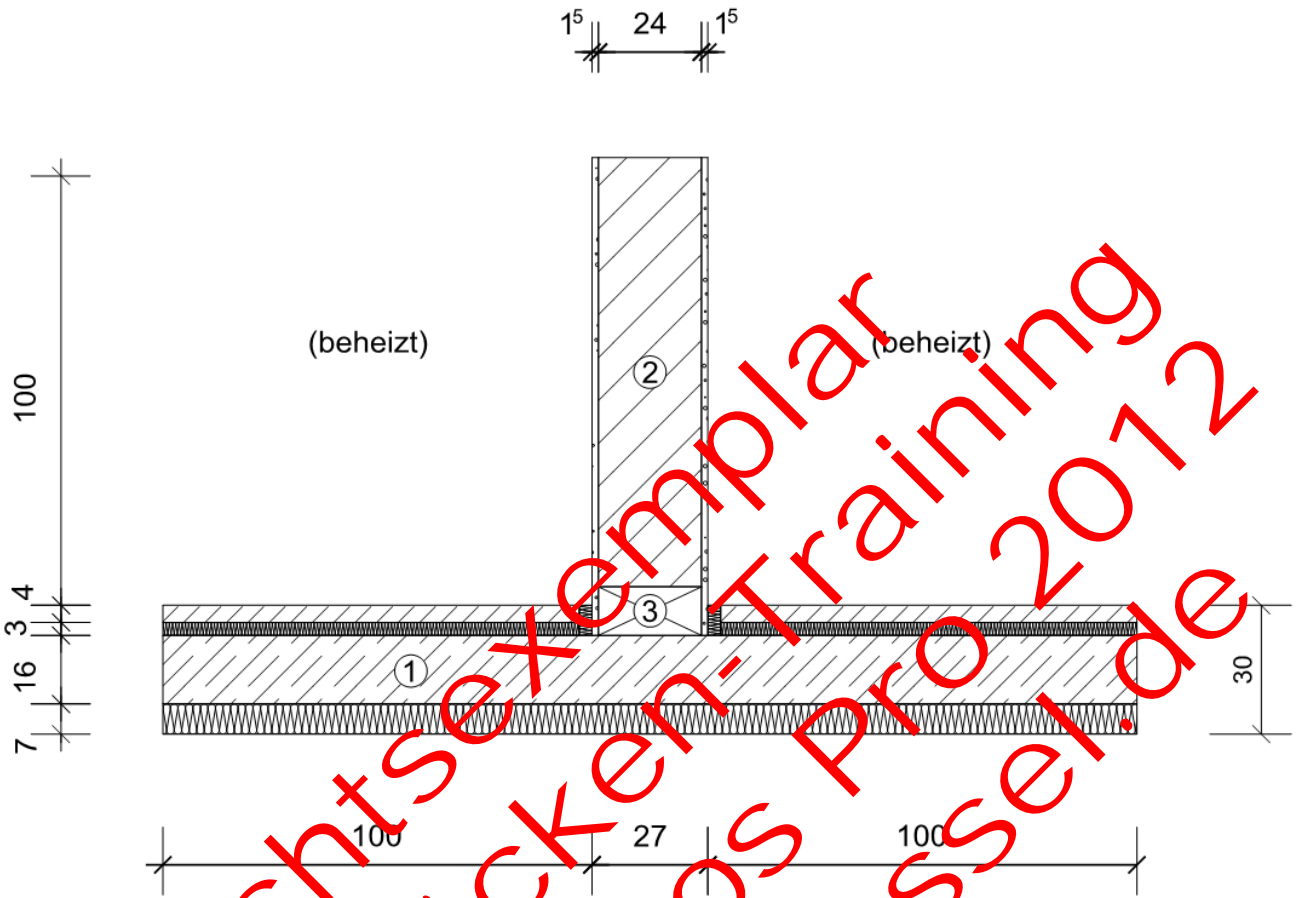


Position	Material	Dicke [mm]	Lambda [W/mK]
1	DIN EN ISO 10456 Putzmittel aus Kalkgips, Anhydrit und Kalkelement	15	0,7
2	DIN V 4108 4.2 Mauerwerk aus Kalksandsteinen 2200	240	1,3
3	DIN V 4108 1.1.2 Putzmittel aus Kalkgips, Gips, Anhydrit und Kalkelement	15	0,7
gesamt		270	

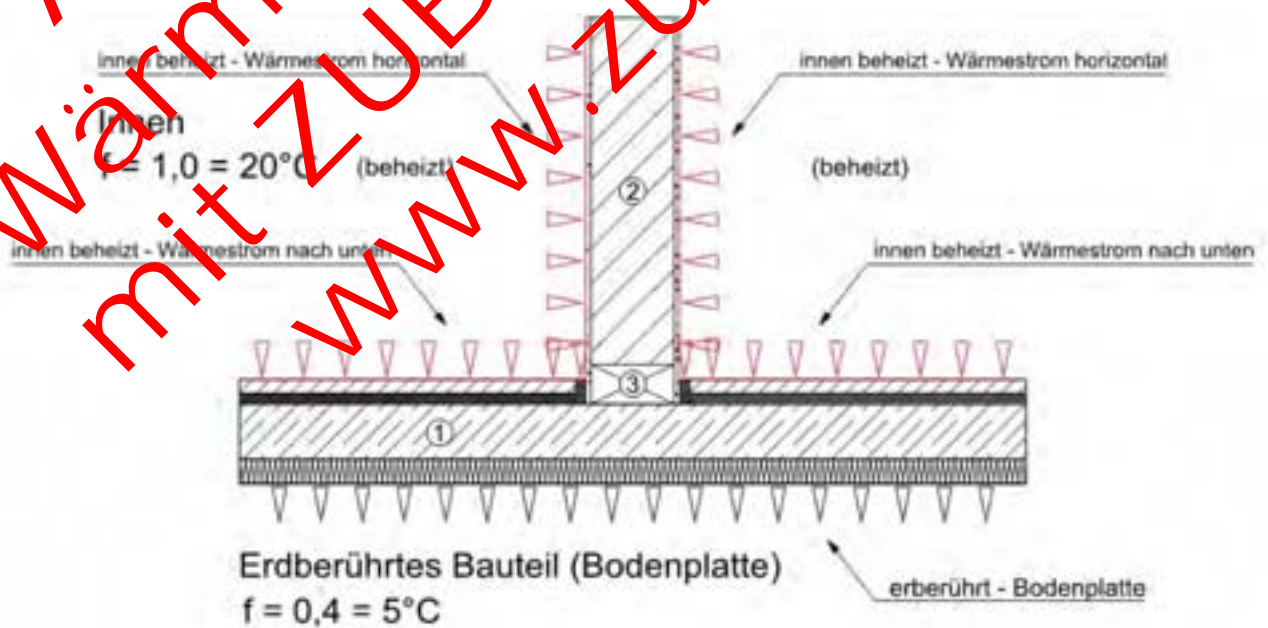
**2** Innenputz 1,5 cm,  $\lambda=1,30$  W/mK - Kalksandstein 24 cm,  $\lambda=1,30$  W/mK - Innenputz 1,5 cm,  $\lambda=1,30$  W/mK

**3** Kimmstein 11,5/24 cm,  $\lambda=0,330$  W/mK

2. Schritt: Baustoff zuordnen

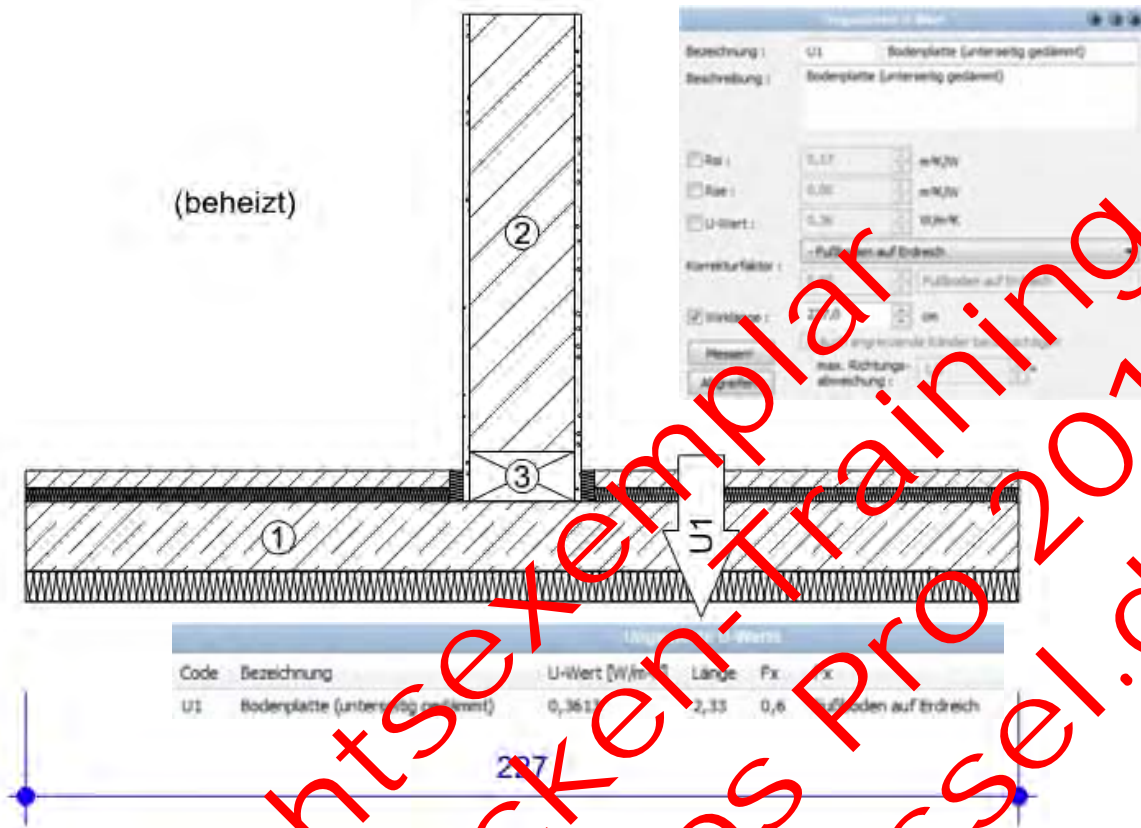


3. Schritt: Randbedingungen setzen





4. Schritt: U-Wert der Regelquerschnitte bestimmen mit Angabe der Wirklänge



5. Schritt: psi-Wert berechnen

(Variante ohne Perimeterdämmung)



psi-Wert

$\psi = 0,0$

$\psi = 0,0$

$\Delta T = t_{i,n} - t_{e,n} = 20,0 - 0,0$

$Q = 124,8702$

$U_{W+GlF} = 4,99027 + 124,8702020$

$\psi = U_{W+GlF} - U_{W+GlF} = 4,99027 + 4,99027 - (4,99027 \cdot 0,6 + 124,8702 \cdot 0,6)$

$\psi = 0,000$

Schicht	dicke [mm]	Material	Wärmeleitfähigkeit [W/mK]	Verzögerung [s]
1	100,0	SB	0,2400000	
2	100,0	SB	0,2400000	0,020

psi-Wert

$\psi = 0,0$

$\psi = 0,0$

$\Delta T = t_{i,n} - t_{e,n} = 20,0 - 0,0$

$Q = 94,8149$

$U_{W+GlF} = 1,99014 + 94,8149020$

$\psi = U_{W+GlF} - U_{W+GlF} = 1,99014 + 1,99014 - (1,99014 \cdot 0,6 + 94,8149 \cdot 0,6)$

$\psi = 0,000$

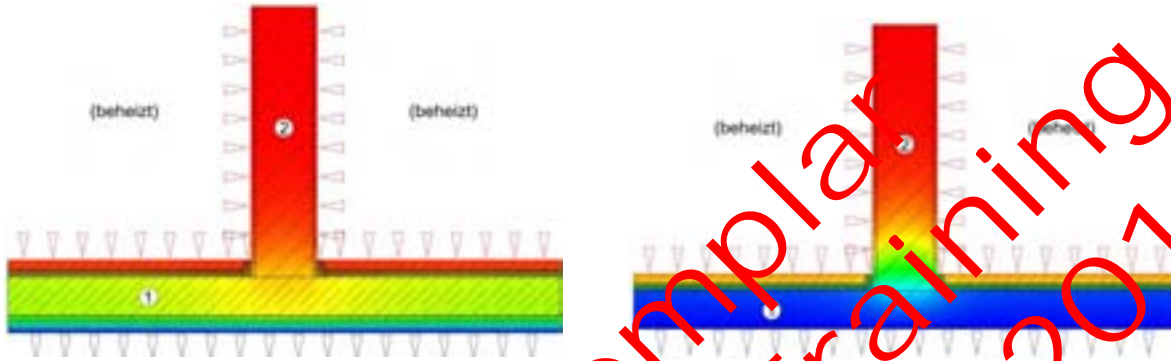
Schicht	dicke [mm]	Material	Wärmeleitfähigkeit [W/mK]	Verzögerung [s]
1	100,0	SB	0,2400000	
2	100,0	SB	0,2400000	0,020



Aufgabe: Entfernen Sie aus ihrem Modell den ISO-Kimmstein und verlängern Sie die Innenwand bis zur Bodenplatte.

5. Schritt: psi-Wert berechnen

(Variante ohne Perimeterdämmung)



Psi-Wert			
T <sub>1</sub>	=	15,0	
T <sub>2</sub>	=	20,0	
$\Delta T = T_1 - T_2$	=	5,0	
Q	=	10,0000	
$(\Sigma R + Q)^{-1}$	=	1,0000	
$\Psi = Q \cdot (\Sigma R + Q)^{-1}$	=	10,0000	
Einheit:			
Wertigkeit:			0,000
Schicht	Wärmeleitfähigkeit [W/mK]	Dicke [m]	Wärmeübergangskoeffizient [1/mK]
1	0,02	0,02	10,000
2	0,02	0,02	10,000

Psi-Wert			
T <sub>1</sub>	=	15,0	
T <sub>2</sub>	=	20,0	
$\Delta T = T_1 - T_2$	=	5,0	
Q	=	10,0000	
$(\Sigma R + Q)^{-1}$	=	1,0000	
$\Psi = Q \cdot (\Sigma R + Q)^{-1}$	=	10,0000	
Einheit:			
Wertigkeit:			0,000
Schicht	Wärmeleitfähigkeit [W/mK]	Dicke [m]	Wärmeübergangskoeffizient [1/mK]
1	0,02	0,02	10,000
2	0,02	0,02	10,000

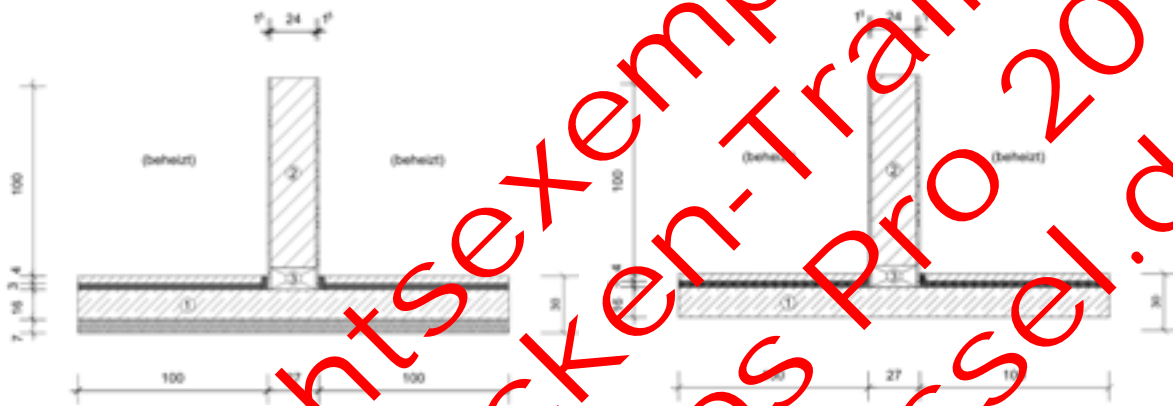
## Übung 6.1 – Innenwand auf Bodenplatte (f-Berechnung nach DIN 4108 Bbl. 2)

### Vorgehen:

1. – 2. Schritt: siehe  $\psi$ -Berechnung
3. Schritt: Erdreich im Modell einfügen (f-Berechnung)
4. Schritt: Randbedingungen setzen (f-Berechnung)
6. Schritt: f-Wert berechnen

### 1. – 2. Schritt: siehe $\psi$ -Berechnung

(Variante ohne Perimeterdämmung und ISO-Kimstein)



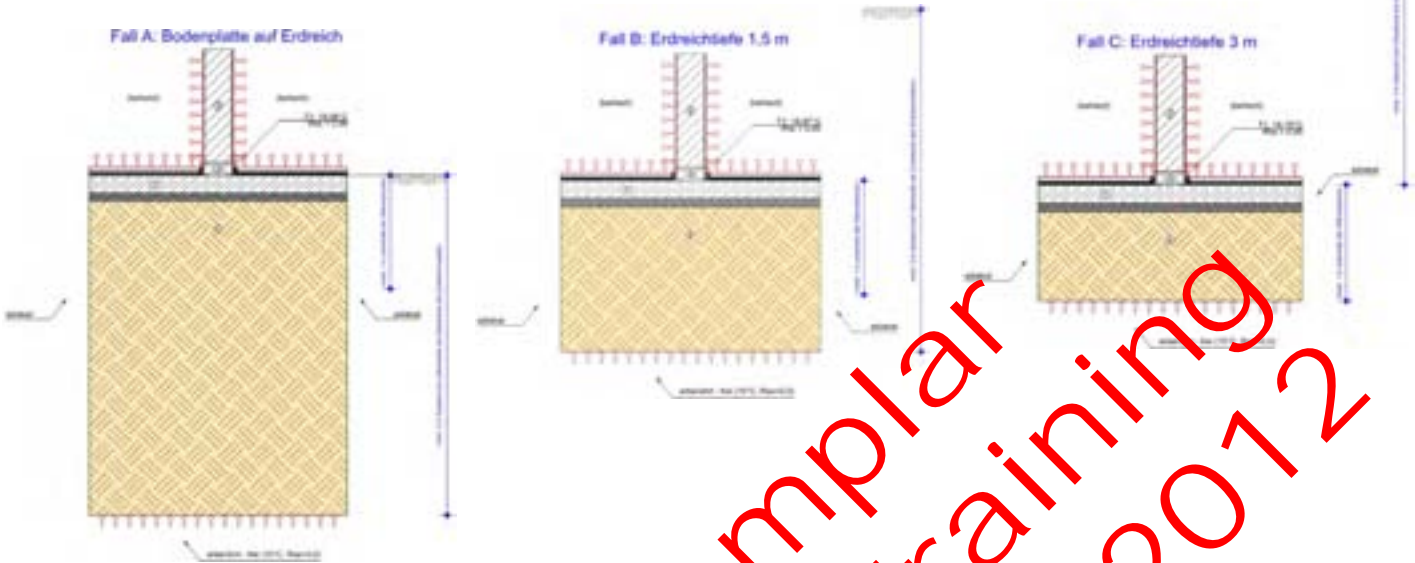
3. Schritt: Erdreich in das Modell einfügen (f-Berechnung)
4. Schritt: Randbedingungen setzen (f-Berechnung)

Die DIN 4108 Bbl.2 gibt kein Hinweis, wie das Erdreich bei Bauteilanschlüsse auf der Bodenplatte (außerhalb der Eckbereiche) zu modellieren ist. Die allgemeinen Hinweise der DIN-ISO 10211 sind jedoch anwendbar:

Vertikaler Abstand zur horizontalen Ebene der Wärmebrücke

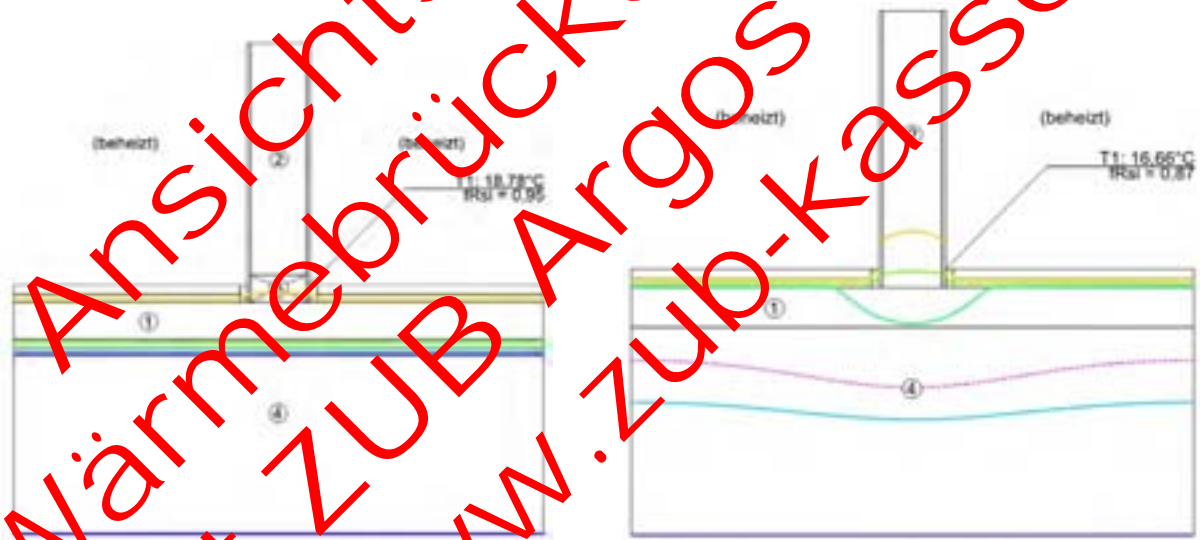
- mindestens 1 m unterhalb der horizontalen Ebene der Wärmebrücke (hier: Oberkante Bodenplatte)
- und
- mindestens 3 m Abstand (von Oberkante bis Unterkante des Erdreichmodells)

4 Erdreich,  $\lambda=2,0$  W/mK



6. Schritt: f-Wert berechnen

(Variante ohne Perimeterdämmung und ISO-Klinkstein)



f-Wert

T<sub>e</sub>: 25,0  
 T<sub>i</sub>: 20,0  
 $\Delta T = T_e - T_i = 25,0 - 20,0 = 5,0$   
 Q: 10,0000  
 T<sub>1</sub>: 18,783  
 f: 0,952233  
 Konvergenz: 0,0946

Schritt	rel. Güterseite [%]	Dicke	Wärmeleit [W/mK]	Konvergenz [%]
1	20,0	3284	7,322711	
2	80,0	7042	7,325628	0,0946

f-Wert

T<sub>e</sub>: 25,0  
 T<sub>i</sub>: 20,0  
 $\Delta T = T_e - T_i = 25,0 - 20,0 = 5,0$   
 Q: 10,0000  
 T<sub>1</sub>: 16,659  
 f: 0,866238  
 Konvergenz: 0,209

Schritt	rel. Güterseite [%]	Dicke	Wärmeleit [W/mK]	Konvergenz [%]
1	20,0	3284	10,115011	
2	80,0	4261	10,09029	0,209

## 9.12 Übung 6.2 – Innenwand / Kellerdecke (unbeheizt)


( $\psi$ - und  $f$ -Berechnung – Randbedingungen nach DIN 4108 Bbl. 2)

### Vorgehen:

1. Schritt: Elemente Zeichnen
2. Schritt: Baustoff Zuordnen
3. Schritt: Randbedingungen setzen ( $\psi$ -Berechnung)
4. Schritt: U-Wert des Regelquerschnitts bestimmen mit Wirklänge
5. Schritt:  $\psi$ -Wert berechnen
6. Schritt:  $f$ -Wert berechnen

### 1 Schritt: Elemente zeichnen

- 1 Estrich 4 cm,  $\lambda=1,40$  W/mK  
Trittschalldämmung 3 cm,  $\lambda=0,040$  W/mK  
Stahlbeton 16 cm,  $\lambda=2,30$  W/mK

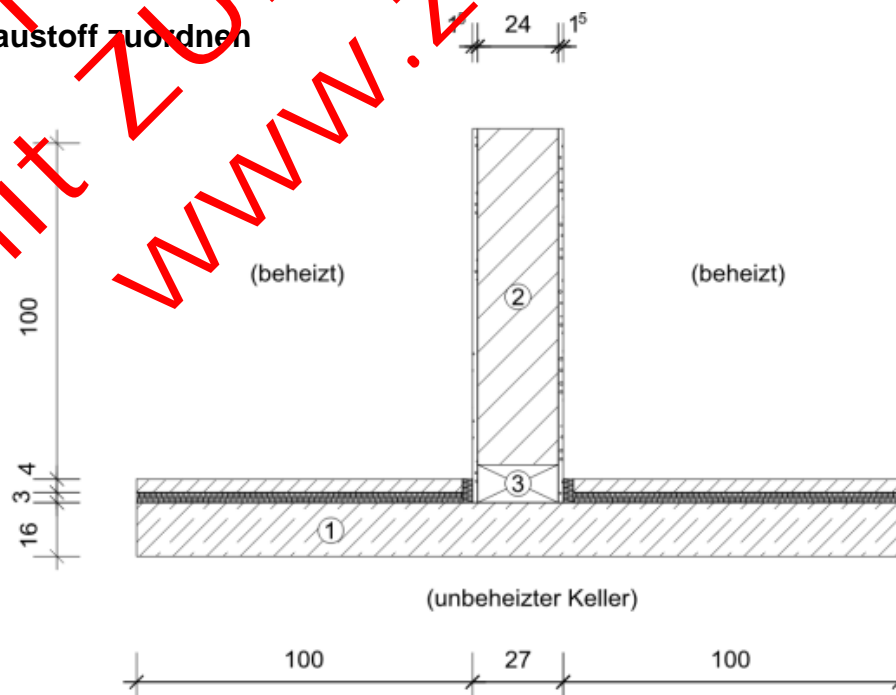


Position	Material	Dicke [mm]	Lambda [W/mK]
1	DIN 4108-2 Putzwerk aus Kalkgips, Anhydrit, Kalkanhydrit	15	0,7
2	DIN V 4108-4.2 Mauerwerk aus Kalksandsteinen Z200	24	1,3
3	DIN 4108-1.1.2 Putzwerk aus Kalkgips, Gips, Anhydrit und Kalkanhydrit	15	0,7
gesamt		270	

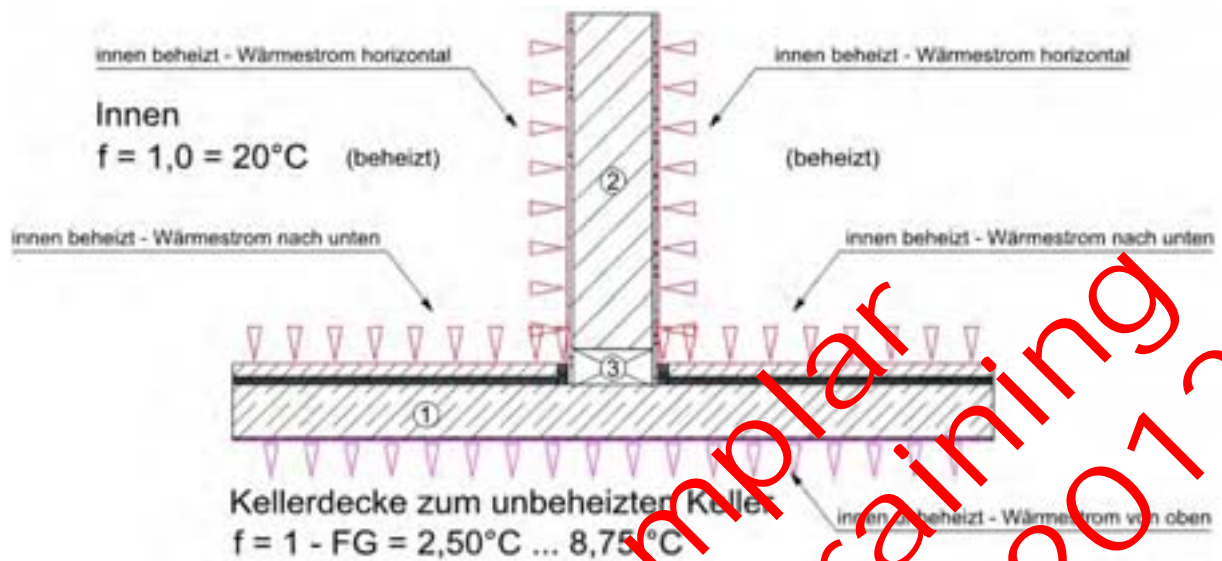
- 2 Innenputz 15 cm,  $\lambda=1,30$  W/mK - Kalksandstein 24 cm,  $\lambda=1,30$  W/mK - Innenputz 15 cm,  $\lambda=1,30$  W/mK

- 3 ISO-Kimmstein 11,5/24 cm,  $\lambda=0,330$  W/mK

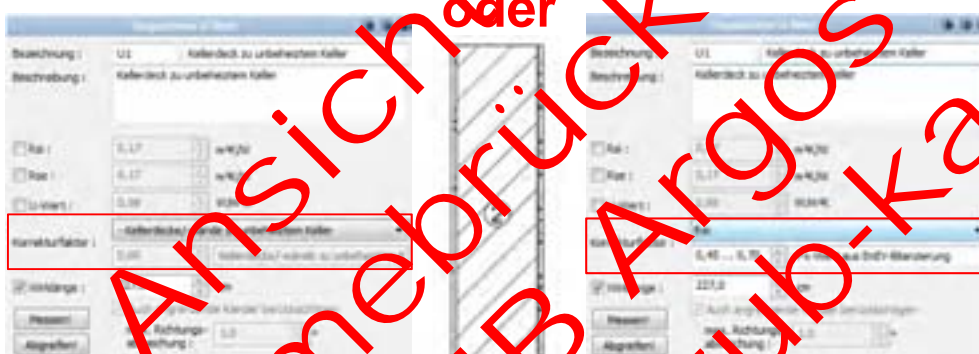
### 2. Schritt: Baustoff zuordnen



### 3. Schritt: Randbedingungen setzen



### 4. Schritt: U-Wert der Regelquerschnitte bestimmen mit Angabe der Wirklänge



Exkurs: Temperatur-Korrekturfaktoren  $F_x$  gem. Tabelle 3, DIN V 4108-6

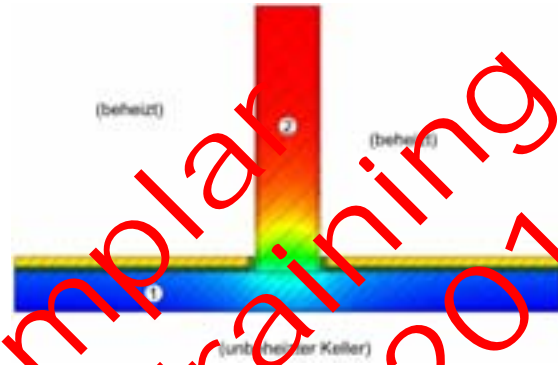
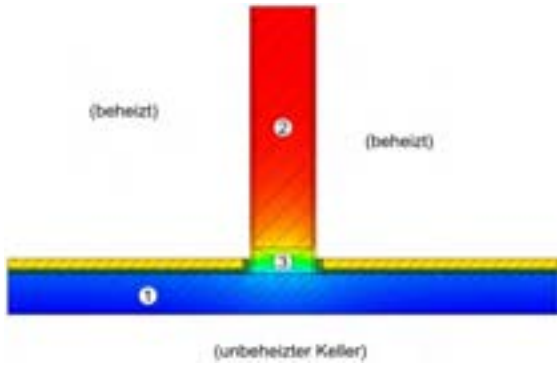
Bauteile des unteren Gebäudeabschnitts		$B^*)$ [m]					
		< 5		5 bis 10		> 10	
		$R_f$ bzw. $R_{w, b)}$	$R_f$ bzw. $R_{w, b)}$	$R_f$ bzw. $R_{w, b)}$	$R_f$ bzw. $R_{w, b)}$	$R_f$ bzw. $R_{w, b)}$	$R_f$ bzw. $R_{w, b)}$
10 Flächen des beheizten Kellers:		$\leq 1$	$> 1$	$\leq 1$	$> 1$	$\leq 1$	$> 1$
11 Fußboden des beheizten Kellers	$F_G = F_{bf}$	0,30	0,45	0,25	0,40	0,20	0,35
Wand des beheizten Kellers	$F_G = F_{bw}$	0,40	0,60	0,40	0,60	0,40	0,60
		$R_f$		$R_f$		$R_f$	
		$\leq 1$	$> 1$	$\leq 1$	$> 1$	$\leq 1$	$> 1$
12 Fußboden <sup>3)</sup> auf dem Erdreich ohne Randstreifen	$F_G = F_{bf}$	0,45	0,6	0,4	0,5	0,25	0,35
13 Fußboden <sup>3)</sup> auf dem Erdreich mit Randstreifen							
14 - 5 m breit, waagrecht	$F_G = F_{bf}$	0,3	0,25	0,2			
- 2 m tief, senkrecht	$F_G = F_{bf}$	0,25	0,2	0,15			
15 Kellerdecke und Kellerinnenwand:							
16 - zum unbeheizten Keller mit Perimeterdämmung	$F_G$	0,55	0,5	0,45			
- zum unbeheizten Keller ohne Perimeterdämmung	$F_G$	0,7	0,65	0,55			
17 Aufgeständerter Fußboden	$F_G$	0,9					
18 Bodenplatte von niedrig beheizten Räumen <sup>4)</sup>	$F_G$	0,2	0,55	0,15	0,5	0,1	0,35



**5. Schritt: psi-Wert berechnen**  
(mit  $F_x=0,60$ )

**6. Schritt: f-Wert berechnen**  
(mit  $F_x=0,60$ )

(Variante ohne ISO-Kimmstein)



psi-Wert

$\psi = 0,2$

$\psi' = 0,2$

$\psi'' = 0,2 - 0,0$

$Q = 0,00002$

$U_{0,20} = 0,19998$

$U_{0,20} = 0,19998$

$U_{0,20} = 0,19998$

$U_{0,20} = 0,19998$

$U_{0,20} = 0,19998$

$U_{0,20} = 0,19998$

Strecke	nl. Dicke [m]	Dichte	Wärmeleitf. [W/mK]	Anteil [%]
1	0,20	200	0,04000	0,200
2	0,20	200	0,04000	0,200

psi-Wert

$\psi = 0,2$

$\psi' = 0,2$

$\psi'' = 0,2 - 0,0$

$Q = 0,00002$

$U_{0,20} = 0,19998$

$U_{0,20} = 0,19998$

$U_{0,20} = 0,19998$

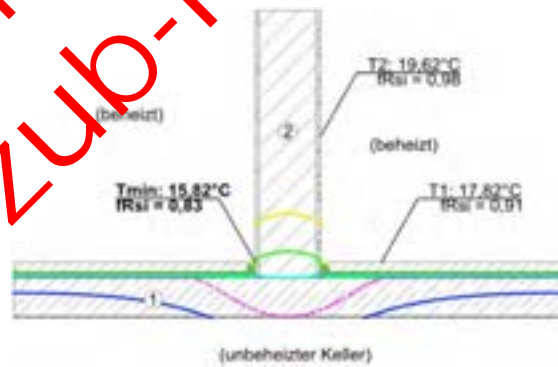
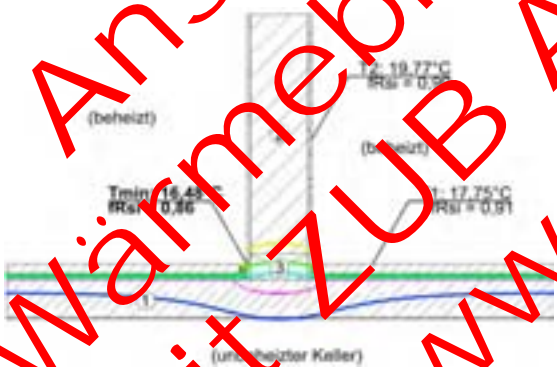
$U_{0,20} = 0,19998$

$U_{0,20} = 0,19998$

$U_{0,20} = 0,19998$

Strecke	nl. Dicke [m]	Dichte	Wärmeleitf. [W/mK]	Anteil [%]
1	0,20	200	0,04000	0,200
2	0,20	200	0,04000	0,200

(Variante ohne ISO-Kimmstein)



f-Wert

$f = 0,2$

$f' = 0,2$

$f'' = 0,2 - 0,0$

$Q = 0,00002$

$U_{0,20} = 0,19998$

$U_{0,20} = 0,19998$

$U_{0,20} = 0,19998$

$U_{0,20} = 0,19998$

$U_{0,20} = 0,19998$

$U_{0,20} = 0,19998$

Strecke	nl. Dicke [m]	Dichte	Wärmeleitf. [W/mK]	Anteil [%]
1	0,20	200	0,04000	0,200
2	0,20	200	0,04000	0,200

f-Wert

$f = 0,2$

$f' = 0,2$

$f'' = 0,2 - 0,0$

$Q = 0,00002$

$U_{0,20} = 0,19998$

$U_{0,20} = 0,19998$

$U_{0,20} = 0,19998$

$U_{0,20} = 0,19998$

$U_{0,20} = 0,19998$

$U_{0,20} = 0,19998$

Strecke	nl. Dicke [m]	Dichte	Wärmeleitf. [W/mK]	Anteil [%]
1	0,20	200	0,04000	0,200
2	0,20	200	0,04000	0,200

Ansichtsexemplar  
Wärmebrücken-Training  
mit ZUB Argos Pro 2012  
[www.zub-kassel.de](http://www.zub-kassel.de)