

Außenwand EG  
 $k = 0,64 \text{ W/m}^2\text{K}$

- von innen  
 1 Putzmörtel aus Gips  
 2 Normalbeton 2400  
 3 Extrudierter PS-Schaum 040  
 4 Kalkzementputz

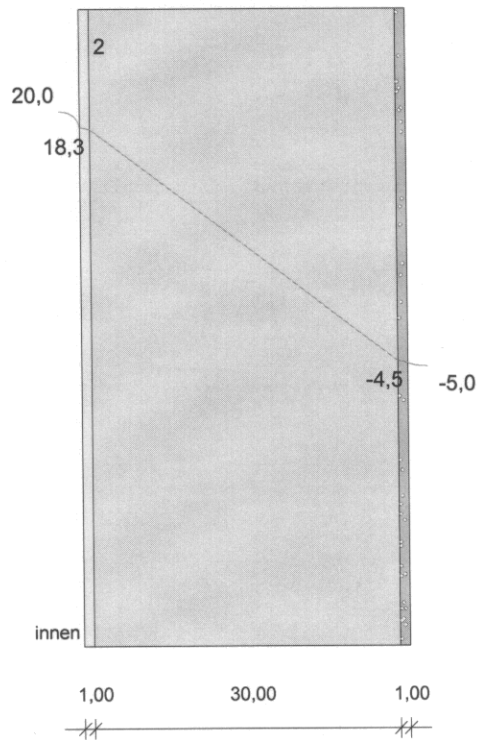
**Querschnitt**

von innen	s [cm]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	[kg/m <sup>2</sup> ]	$\lambda$ [W/mK]	$1/\alpha, d/\lambda$ [m <sup>2</sup> K/W]
$1/\alpha_i$					0,13
01 Putzmörtel aus Gips	1,000	1400	14,0	0,700	0,014
02 Normalbeton 2400	24,000	2400	576,0	2,100	0,114
03 Extrudierter PS-Schaum 040	5,000	15	0,8	0,040	1,250
04 Kalkzementputz	1,000	1800	18,0	0,870	0,011
$1/\alpha_a$					0,04
d = 31,000      G = 608,8      1/k = 1,56					

k-Wert = 0,64 W/m<sup>2</sup>K

**Wärmeschutznachweis nach DIN 4108-2:1981 für beheizte Aufenthaltsräume (veraltet)**

k      0,64 ≤ 1,39    erfüllt die Anforderungen nach DIN 4108, T2.



Außenwand 1.OG

$k = 0,48 \text{ W/m}^2\text{K}$

von innen

1 Putzmörtel aus Gips

2 Ytong PPW 4 - 0,5

3 Kalkzementputz

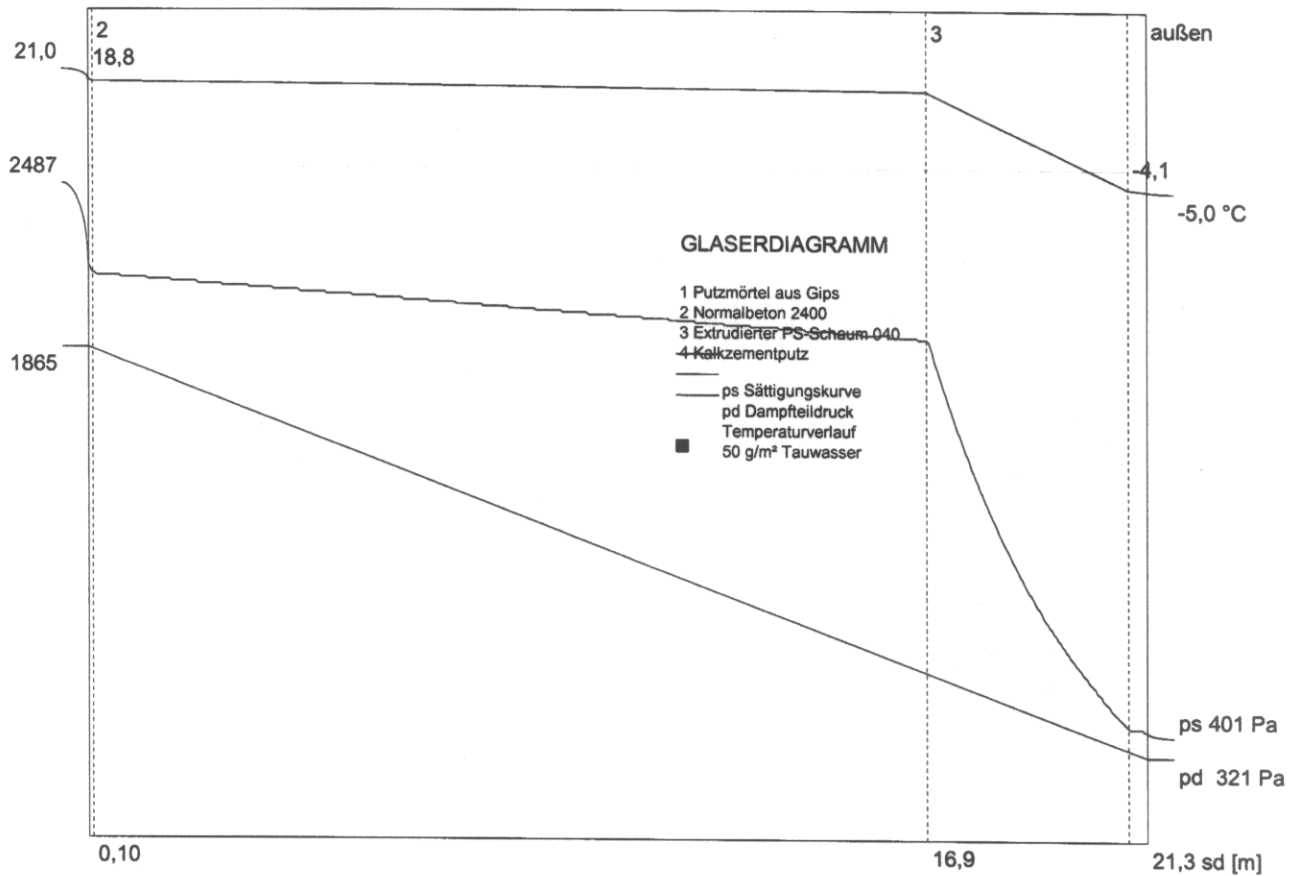
### Querschnitt

von innen	s [cm]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	[kg/m <sup>2</sup> ]	$\lambda$ [W/mK]	$1/\alpha, d/\lambda$ [m <sup>2</sup> K/W]	
$1/\alpha_i$					0,13	
01 Putzmörtel aus Gips	1,000	1400	14,0	0,700	0,014	
02 Ytong PPW 4 - 0,5	30,000	550	165,0	0,160	1,875	
03 Kalkzementputz	1,000	1800	18,0	0,870	0,011	
$1/\alpha_a$					0,04	
$d = 32,000$					$G = 197,0$	$1/k = 2,07$

k-Wert = 0,48 W/m<sup>2</sup>K

Wärmeschutznachweis nach DIN 4108-2:1981 für beheizte Aufenthaltsräume (veraltet)

k 0,48 ≤ 1,30 erfüllt die Anforderungen nach DIN 4108, T2 (leichte Bauart).



Tauperiode	Außenklima	-5,0 °C	$\varphi = 80 \%$
1440 Stunden	Innenklima	21,0 °C	$\varphi = 75 \%$
Verdunstungsperiode	Außenklima	12,0 °C	$\varphi = 70 \%$
2160 Stunden	Innenklima	12,0 °C	$\varphi = 70 \%$

### Grenzschichttemperaturen und Sättigungsdampfdrücke

von innen vor der Schichtgrenze	Tauperiode		
	$T_{gr}$ [°C]	$p_s$ [Pa]	$p_d$ [Pa]
Raumluft	21,0	2487	1865
1 Putzmörtel aus Gips	18,8	2172	1865
2 Normalbeton 2400	18,6	2145	1858
3 Extrudierter PS-Schaum 040	16,7	1901	637
4 Kalkzementputz	-4,1	433	346
Außenluft	-4,3	426	321
	-5,0	401	321

### Diffusionswiderstände

Schicht	$\mu_{min}$ [-]	$\mu_{max}$ [-]	$\mu_{min} \cdot s$ [m]	$\mu_{max} \cdot s$ [m]	$s_d$ [m]
1 Putzmörtel aus Gips	10	10	0,10	0,10	0,10
2 Normalbeton 2400	70	150	16,80	36,00	-> 16,80
3 Extrudierter PS-Schaum 040	80	250	4,00	12,50	-> 4,00
4 Kalkzementputz	15	35	0,15	0,35	<- 0,35
					-----
				$\Sigma \mu \cdot s =$	21,25

Klimabedingter Feuchteschutz nach DIN 4108-3:2001

**Vermeidung kritischer Feuchte auf Innenoberflächen (A.5)**

$R_{\min} = 1,45 \geq 1,39 \text{ m}^2\text{K/W} = R_{\text{vorh}}$ , nicht zulässig nach DIN 4108-3, A.12

Mindest-Wärmedurchlasswiderstand  $R_{\min} = R_{\text{si}} \cdot ((\theta_i - \theta_e) / (\theta_i - \theta_s)) - (R_{\text{si}} + R_{\text{se}})$

Gl. A.12 mit  $R_{\text{si}} / R_{\text{se}} = 0.25 / 0.04 \text{ m}^2\text{K/W}$  und  $\theta_i / \theta_e = 20 / -5 \text{ °C}$  nach DIN 4108-2 Abs.6.2

**Tauwasserbildung im Inneren von Bauteilen (A.2)**

Keine Tauwasserbildung im Bauteil.

Diffusionsstromdichte =  $0,048 \text{ g/m}^2\text{h}$

**Vermeidung kritischer Oberflächenfeuchte nach EN ISO 13788:2001**

Berechnung des Temperaturfaktors  $f_{\text{Rsi}}$  der raumseitigen Bauteiloberfläche

"unter Verwendung von raumseitigen Luftfeuchteklassen nach Anhang B.1""

raumseitige Luftfeuchteklasse = 2,5 (normal, Tab.A.1)

Außentemperatur  $\theta_e$  und relative Luftfeuchte  $\varphi_e$  für Karlsruhe

$p_{\text{sat}}$  nach EN ISO 13788 Tabelle E.1 (interpoliert)

Monat	$\theta_e$ °C	$\varphi_e$	$p_e$ Pa	$\Delta p$ Pa	$p_i$ Pa	$p_{\text{sat}}$ Pa	$\theta_{\text{si,min}}$ °C	$\theta_i$ °C	$f_{\text{Rsi}}$
Januar	1,0	0,84	551	641	1256	1571	13,7	20,0	0,670
Februar	2,4	0,80	581	594	1234	1543	13,5	20,0	0,628
März	5,6	0,75	682	486	1217	1521	13,2	20,0	0,531
April	9,6	0,70	837	351	1223	1528	13,3	20,0	0,357
Mai	14,3	0,70	1141	192	1352	1691	14,9	20,0	0,101
Juni	17,4	0,71	1411	88	1508	1884	16,6	20,0	
Juli	19,1	0,72	1591	30	1625	2031	17,8	20,0	
August	18,1	0,75	1557	64	1628	2035	17,8	20,0	
September	14,5	0,81	1337	186	1541	1927	16,9	20,0	0,440
Oktober	9,6	0,84	1004	351	1390	1737	15,3	20,0	0,548
November	5,0	0,85	741	506	1298	1623	14,2	20,0	0,616
Dezember	2,2	0,86	615	601	1276	1595	14,0	20,0	0,661

Der kritische Monat ist "Januar" mit  $f_{\text{Rsi,max}} = 0,670$

vorh  $f_{\text{Rsi,1D}} = (1 / U - R_{\text{si}}) \cdot U = 0,851 > 0,670 = f_{\text{Rsi,max}}$ , erfüllt EN ISO 13788, 5.3

**Tauwasserbildung im Bauteilinneren nach EN ISO 13788:2001**

Außentemperatur  $\theta_e$  [°C] und relative Luftfeuchte  $\varphi_e$  [%] für Karlsruhe

Raumtemperatur  $\theta_i$  [°C] und relative Luftfeuchte  $\varphi_i$  [%] für Wohnraum

$p_{\text{sat}}$  nach EN ISO 13788 Tabelle E.1 (interpoliert)

	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
h	744	672	744	720	744	720	744	744	720	744	720	744
$\theta_i$ °C	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
$\theta_e$ °C	1,0	2,4	5,6	9,6	14,3	17,4	19,1	18,1	14,5	9,6	5,0	2,2
$\varphi_i$ %	50	50	60	65	70	70	70	70	65	60	50	50
$\varphi_e$ %	84	80	75	70	70	71	72	75	81	84	85	86
$p_i$ Pa	1169	1169	1402	1519	1636	1636	1636	1636	1519	1402	1169	1169
$p_e$ Pa	551	581	682	837	1141	1411	1591	1557	1337	1004	741	615
	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez

Eine Tauwasserbildung wird für keine Grenzfläche und keinen Monat vorhergesagt.  
Das Bauteil ist frei von Tauwasserbildung im Bauteilinneren.

## Vermeidung von Schimmelpilzbildung in Raumecken nach DIN 4108-2

2D-Betrachtung nach EN ISO 10211-2:2001

Randbedingungen für die Berechnung des Temperaturfaktors

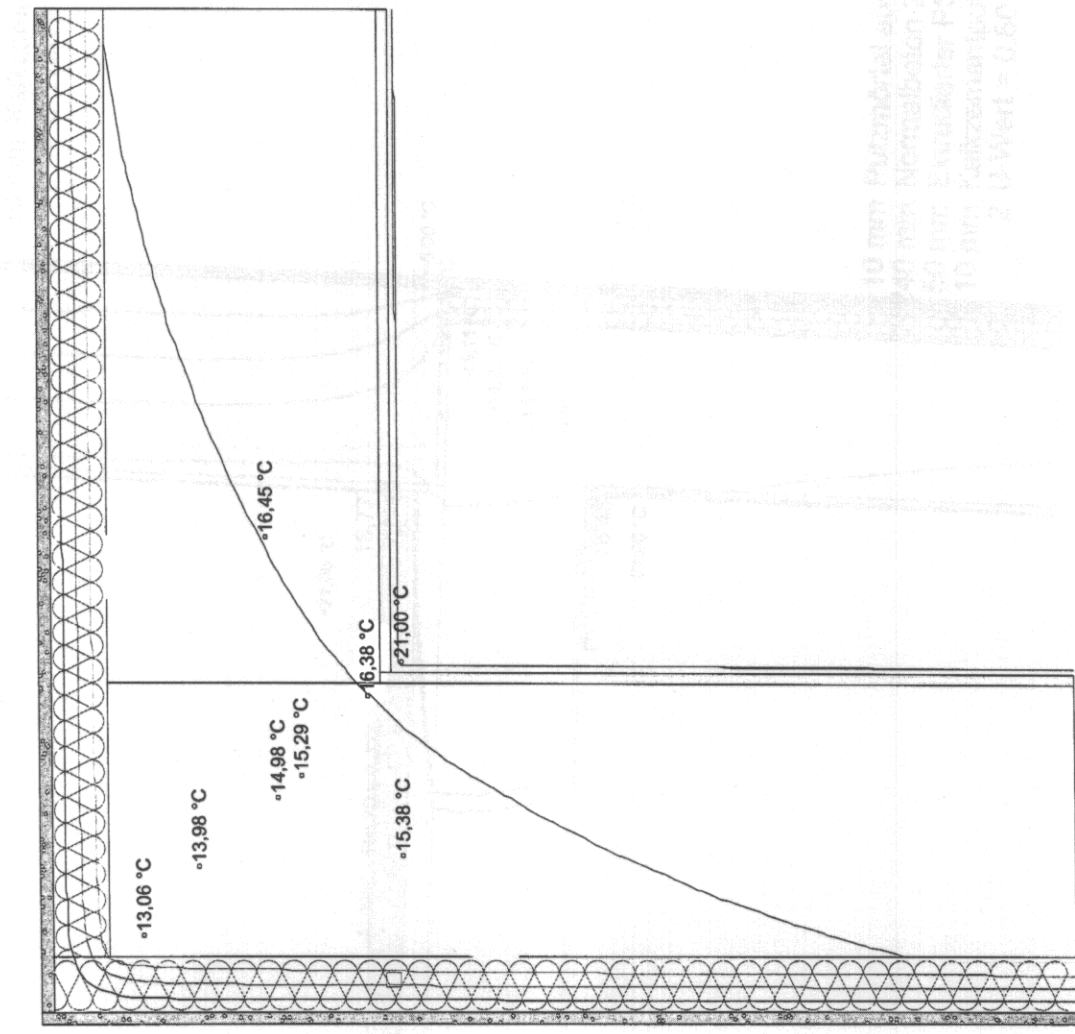
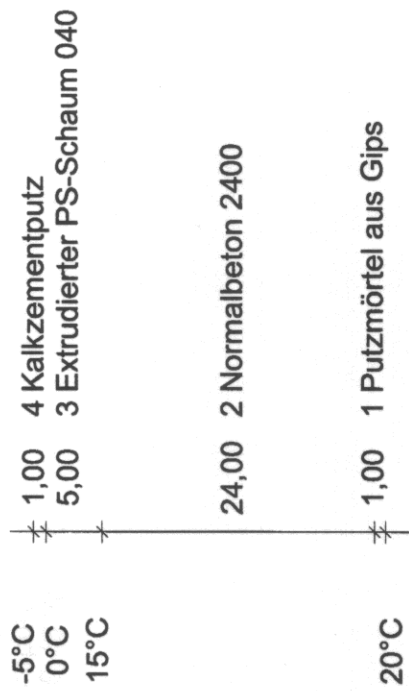
$R_{si} = 0.25$   $R_{se} = 0.04 \text{ m}^2\text{K/W}$   $\vartheta_i = 20 \text{ }^\circ\text{C}$   $\vartheta_e = -5 \text{ }^\circ\text{C}$   $\phi_i = 50\%$  (DIN 4108-2:2003, 6.2)

Hinweis: Die Oberflächentemperatur wurde mit abweichenden Randbedingungen ermittelt

Die Taupunkttemperatur der Raumluft (21,0°C 75%) beträgt  $\theta_s = 16,4 \text{ }^\circ\text{C}$  (DIN 4108-3, Tab A.4)

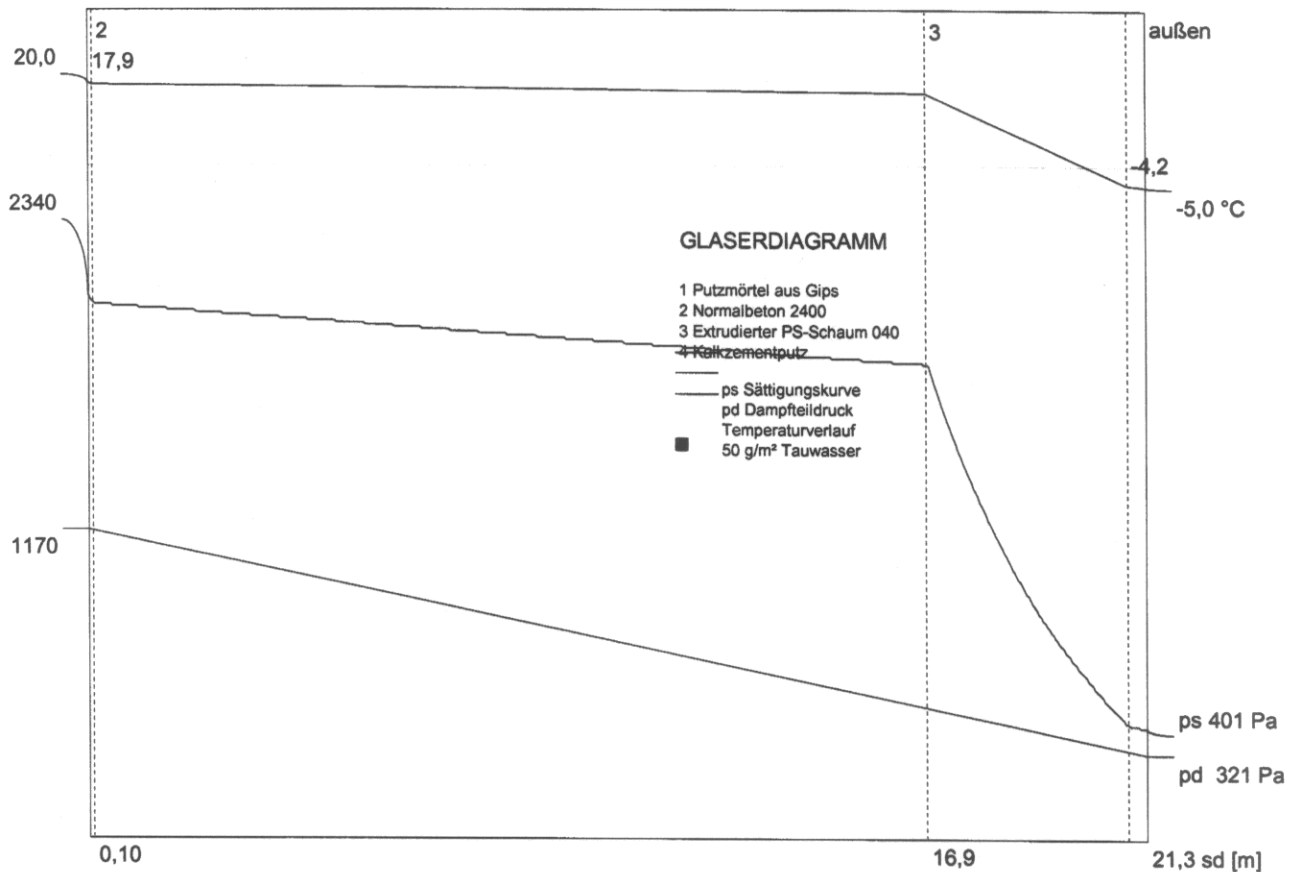
80% relative Luftfeuchte werden bei einer Abkühlung der Raumluft auf 19,9 °C erreicht

Bestimmen Sie den kritischen Eckpunkt der Wärmebrücke (grafisch, Isothermenberechnung)



10 mm Putzmörtel aus Gips  
 40 mm Normalbeton 2400  
 50 mm Extrudierter PS-Schaum 040  
 10 mm Kalkzementputz  
 U-Wert = 0,60 W/m²K

Die Taupunkttemperatur der Raumluft beträgt 16,4°C (21,0°C 75%)  
 80% relative Luftfeuchte werden bei einer Abkühlung der Raumluft auf 19,9°C erreicht  
 $R_{si} / R_{se} = 0,13 / 0,04 \text{ m}^2\text{KW} \quad g_i / g_e = 21,0 / -5,0 \text{ °C}$



Tauperiode	Außenklima	-5,0 °C	$\phi = 80 \%$
1440 Stunden	Innenklima	20,0 °C	$\phi = 50 \%$
Verdunstungsperiode	Außenklima	12,0 °C	$\phi = 70 \%$
2160 Stunden	Innenklima	12,0 °C	$\phi = 70 \%$

#### Grenzschichttemperaturen und Sättigungsdampfdrücke

von innen vor der Schichtgrenze	Tauperiode		
	T <sub>gr</sub> [°C]	p <sub>s</sub> [Pa]	p <sub>d</sub> [Pa]
Raumluft	20,0	2340	1170
1 Putzmörtel aus Gips	17,9	2052	1170
2 Normalbeton 2400	17,7	2027	1166
3 Extrudierter PS-Schaum 040	15,9	1806	495
4 Kalkzementputz	-4,2	430	335
	-4,4	423	321
Außenluft	-5,0	401	321

#### Diffusionswiderstände

Schicht	$\mu_{\min}$ [-]	$\mu_{\max}$ [-]	$\mu_{\min} \cdot s$ [m]	$\mu_{\max} \cdot s$ [m]	$s_d$ [m]
1 Putzmörtel aus Gips	10	10	0,10	0,10	0,10
2 Normalbeton 2400	70	150	16,80	36,00	-> 16,80
3 Extrudierter PS-Schaum 040	80	250	4,00	12,50	-> 4,00
4 Kalkzementputz	15	35	0,15	0,35	<- 0,35
				$\Sigma \mu \cdot s =$	21,25

Klimabedingter Feuchteschutz nach DIN 4108-3:2001

**Vermeidung kritischer Feuchte auf Innenoberflächen (A.5)**

$R_{min} = 0,29 < 1,39 \text{ m}^2\text{K/W} = R_{vorh}$ , in Ordnung nach DIN 4108-3, A.12

Mindest-Wärmedurchlasswiderstand  $R_{min} = R_{si} * ((\theta_i - \theta_e) / (\theta_i - \theta_s)) - (R_{si} + R_{se})$

Gl. A.12 mit  $R_{si} / R_{se} = 0.25 / 0.04 \text{ m}^2\text{K/W}$  und  $\theta_i / \theta_s = 20 / -5 \text{ °C}$  nach DIN 4108-2 Abs.6.2

**Tauwasserbildung im Inneren von Bauteilen (A.2)**

Keine Tauwasserbildung im Bauteil.

Diffusionsstromdichte =  $0,027 \text{ g/m}^2\text{h}$

**Vermeidung kritischer Oberflächenfeuchte nach EN ISO 13788:2001**

Berechnung des Temperaturfaktors  $f_{Rsi}$  der raumseitigen Bauteiloberfläche

"unter Verwendung von raumseitigen Luftfeuchteklassen nach Anhang B.1""

raumseitige Luftfeuchteklasse = 2,5 (normal, Tab.A.1)

Außentemperatur  $\theta_e$  und relative Luftfeuchte  $\phi_e$  für Karlsruhe

$p_{sat}$  nach EN ISO 13788 Tabelle E.1 (interpoliert)

Monat	$\theta_e$ °C	$\phi_e$	$p_e$ Pa	$\Delta p$ Pa	$p_i$ Pa	$p_{sat}$ Pa	$\theta_{si, min}$ °C	$\theta_i$ °C	$f_{Rsi}$
Januar	1,0	0,84	551	641	1256	1571	13,7	20,0	0,670
Februar	2,4	0,80	581	594	1234	1543	13,5	20,0	0,628
März	5,6	0,75	682	486	1217	1521	13,2	20,0	0,531
April	9,6	0,70	837	351	1223	1528	13,3	20,0	0,357
Mai	14,3	0,70	1141	192	1352	1691	14,9	20,0	0,101
Juni	17,4	0,71	1411	88	1508	1884	16,6	20,0	
Juli	19,1	0,72	1591	30	1625	2031	17,8	20,0	
August	18,1	0,75	1557	64	1628	2035	17,8	20,0	
September	14,5	0,81	1337	186	1541	1927	16,9	20,0	0,440
Oktober	9,6	0,84	1004	351	1390	1737	15,3	20,0	0,548
November	5,0	0,85	741	506	1298	1623	14,2	20,0	0,616
Dezember	2,2	0,86	615	601	1276	1595	14,0	20,0	0,661

Der kritische Monat ist "Januar" mit  $f_{Rsi, max} = 0,670$

vorh  $f_{Rsi, 1D} = (1 / U - R_{si}) * U = 0,851 > 0,670 = f_{Rsi, max}$ , erfüllt EN ISO 13788, 5.3

**Tauwasserbildung im Bauteilinneren nach EN ISO 13788:2001**

Außentemperatur  $\theta_e$  [°C] und relative Luftfeuchte  $\phi_e$  [%] für Karlsruhe

Raumtemperatur  $\theta_i$  [°C] und relative Luftfeuchte  $\phi_i$  [%] für Wohnraum

$p_{sat}$  nach EN ISO 13788 Tabelle E.1 (interpoliert)

	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
h	744	672	744	720	744	720	744	744	720	744	720	744
$\theta_i$ °C	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
$\theta_e$ °C	1,0	2,4	5,6	9,6	14,3	17,4	19,1	18,1	14,5	9,6	5,0	2,2
$\phi_i$ %	50	50	60	65	70	70	70	70	65	60	50	50
$\phi_e$ %	84	80	75	70	70	71	72	75	81	84	85	86
$p_i$ Pa	1169	1169	1402	1519	1636	1636	1636	1636	1519	1402	1169	1169
$p_e$ Pa	551	581	682	837	1141	1411	1591	1557	1337	1004	741	615
	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez

Eine Tauwasserbildung wird für keine Grenzfläche und keinen Monat vorhergesagt.  
Das Bauteil ist frei von Tauwasserbildung im Bauteilinneren.



## Vermeidung von Schimmelpilzbildung in Raumecken nach DIN 4108-2

2D-Betrachtung nach EN ISO 10211-2:2001

Randbedingungen für die Berechnung des Temperaturfaktors

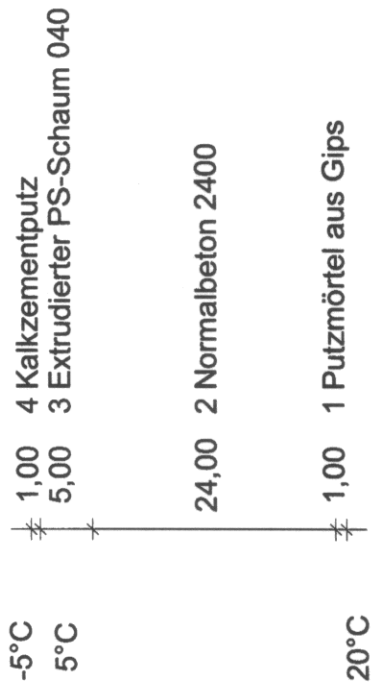
$R_{si} = 0.25$   $R_{se} = 0.04$   $m^2K/W$   $\vartheta_i = 20$  °C  $\vartheta_e = -5$  °C  $\phi_i = 50\%$  (DIN 4108-2:2003, 6.2)

Hinweis: Die Oberflächentemperatur wurde mit abweichenden Randbedingungen ermittelt

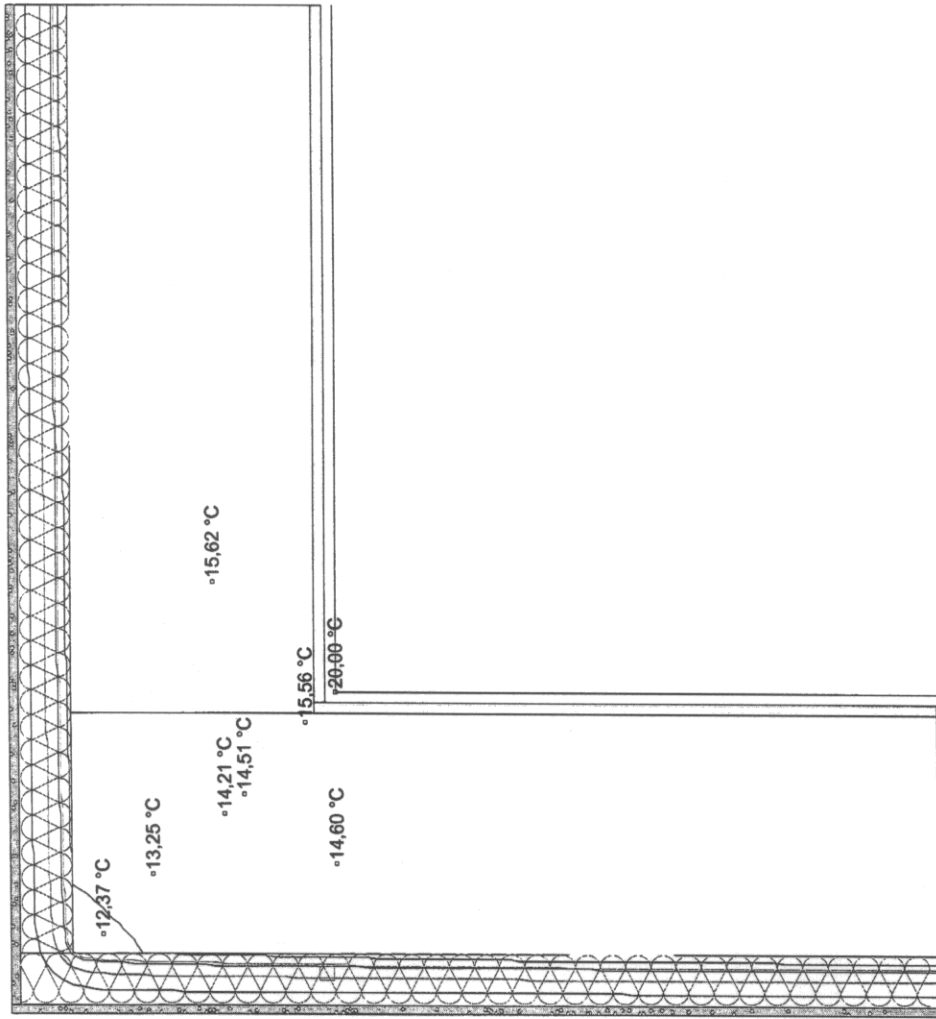
Die Taupunkttemperatur der Raumluft (20,0°C 50%) beträgt  $\theta_s = 9,3$  °C (DIN 4108-3, Tab A.4)

80% relative Luftfeuchte werden bei einer Abkühlung der Raumluft auf 12,6 °C erreicht

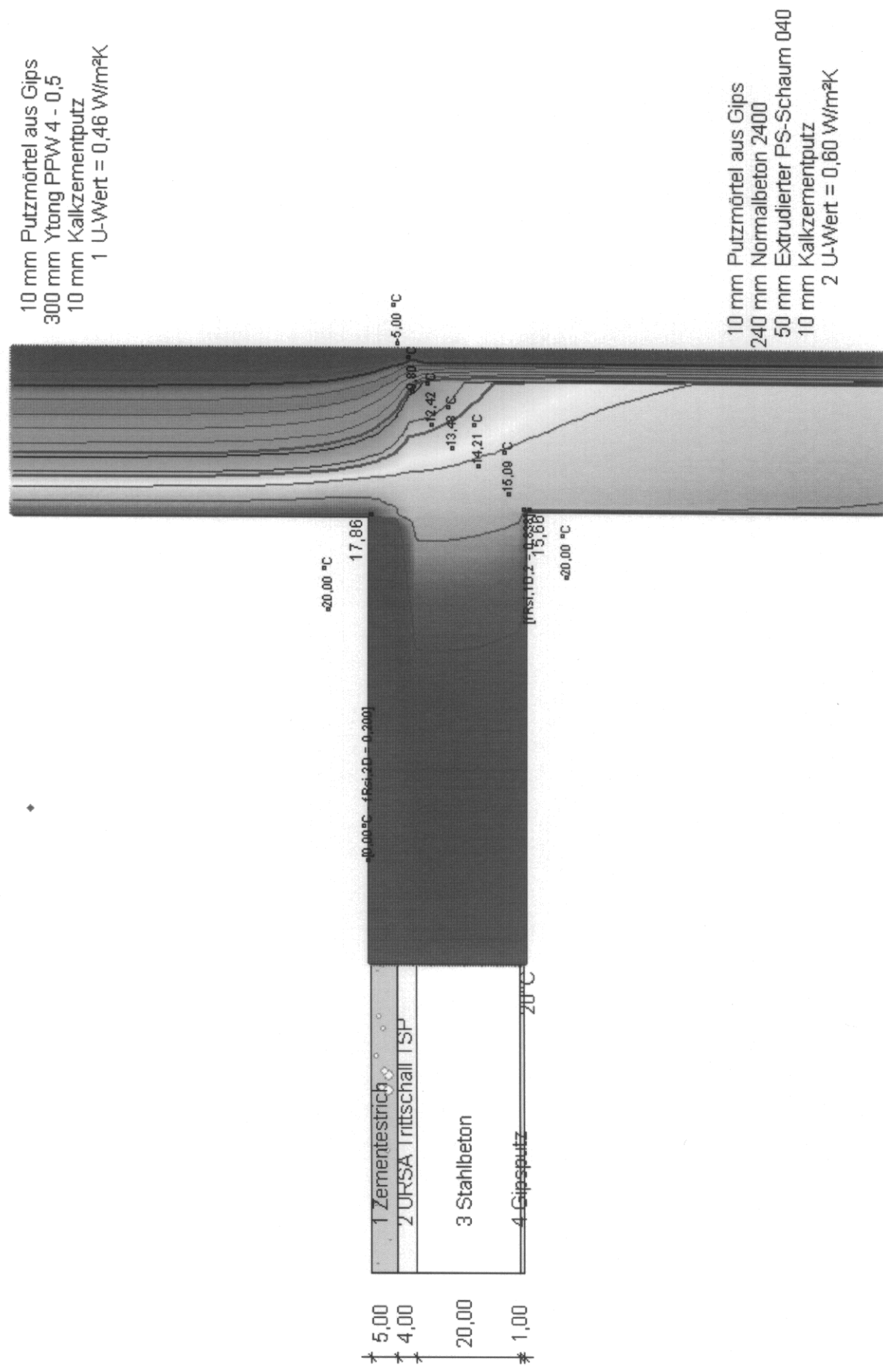
Bestimmen Sie den kritischen Eckpunkt der Wärmebrücke (grafisch, Isothermenberechnung)



-5°C  
 5°C  
 20°C



Die Taupunkttemperatur der Raumluft beträgt 9,3°C (20,0°C 50%)  
 80% relative Luftfeuchte werden bei einer Abkühlung der Raumluft auf 12,6°C erreicht  
 $R_{si} / R_{se} = 0,13 / 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$   $g_i / g_e = 20,0 / -5,0 \text{ °C}$



10 mm Putzmörtel aus Gips  
 300 mm Ytong PPW 4 - 0,5  
 10 mm Kalkzementputz  
 1 U-Wert = 0,46 W/m²K

10 mm Putzmörtel aus Gips  
 240 mm Normalbeton 2400  
 50 mm Extrudierter PS-Schaum 040  
 10 mm Kalkzementputz  
 2 U-Wert = 0,60 W/m²K

Die Taupunkttemperatur der Raumluft beträgt 9,3°C (20,0°C 50%)  
 80% relative Luftfeuchte werden bei einer Abkühlung der Raumluft auf 12,6°C erreicht  
 $R_{si} / R_{se} = 0,25 / 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$   $\phi_i / \phi_e = 20,0 / -5,0 \text{ °C}$