

DENZLERSTRASSE 36 | 8004 ZÜRICH

WÄRMEDÄMMUNGEN



Denzlerstrasse 36, Zürich, Schweiz

U-WERT | FEUCHTIGKEIT / DAMPDIFFUSION | WIRTSCHAFTLICHKEIT

büro heinz baumann  
dipl. architekt ht| eth swb  
ch-8004

zürich  
3. lehrjahr

linus hirschi  
hochbauzeichner

BAUPHYSIK

hirschbaum  
12 / 2011



WOGENO GENOSSENSCHAFT

ZÜRICH

# INHALTSVERZEICHNIS

## DACHBODEN

VORSICHTSMASSNAHMEN FEUCHTIGKEIT	
ÜBERSCHLAGSRECHNUNG WIRTSCHAFTLICHKEIT .....	3

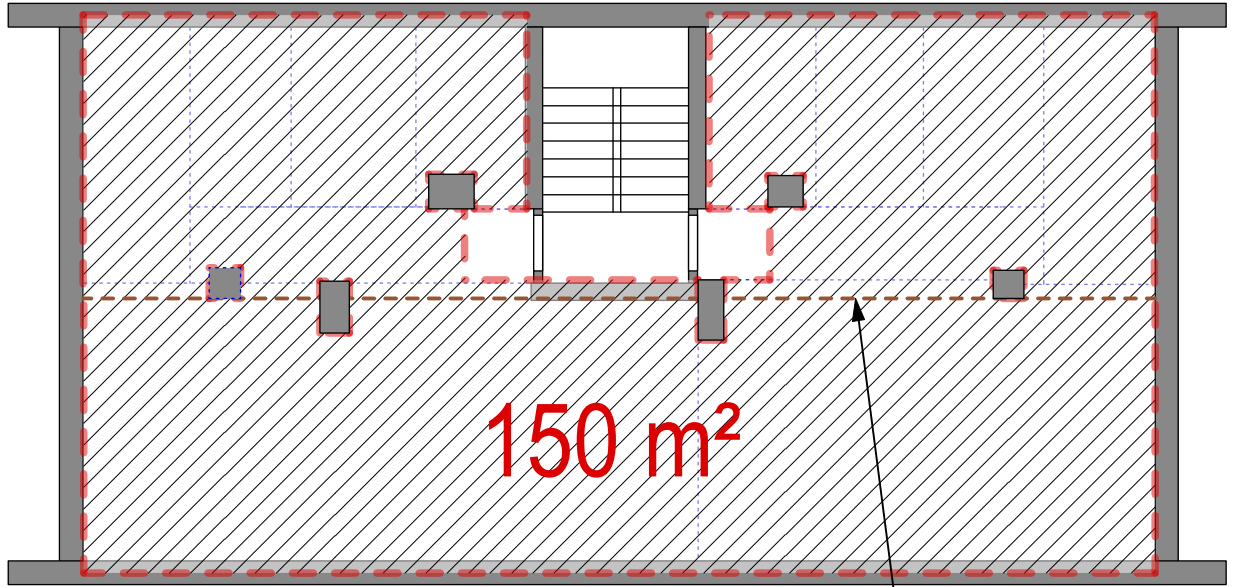
## KELLER

GEDÄMMTER / UNGEDÄMMTER BEREICH E-BEZUGSFLÄCHE .....	4
ÜBERSCHLAGSRECHNUNG WIRTSCHAFTLICHKEIT	

..... 5

## INHALTSVERZEICHNIS ANHANG

Denzlerstrasse 36  
GRUNDRISS DACHBODEN  
ENERGIEBEZUGSFLÄCHE

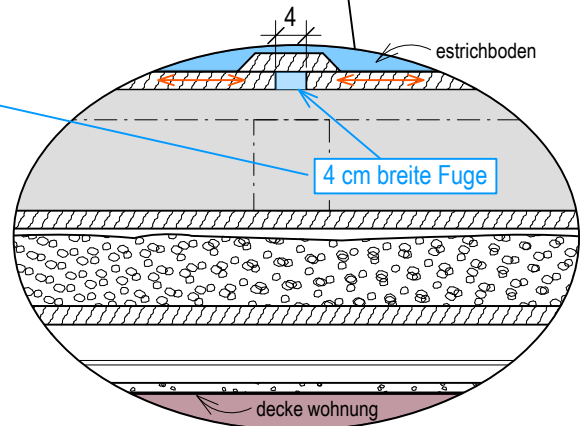


-3.6° C

Temperatur auf Kaltseite der Dämmung

Feuchtigkeit:

Durch eine Fuge in der Mitte des Raumes wird verhindert, dass, im Falle eines aufquellens der Bretter die Ausdehnung derselben erheblichen Druck auf angrenzende Konstruktionen ausübt. Ein Verzicht auf eine solche Fuge kann zu schwerwiegenden Schäden an der Bausubstanz führen.



ÜBERSCHLAGSRECHNUNG

	von Seite 3	oben auf dieser Seite	Erfahrungswert	=	ENERGIEVERBRAUCH
	U-WERT	E-BEZUGSFLÄCHE	ΔT × ZEIT		in Kilowattstunden
Einheit	$\frac{W}{m^2 K}$	$m^2$	$K \times h$	⇒	$\frac{Wh}{1000} \frac{m^2 K}{m^2 K} = kWh$
Werte alt	0.91	150	16.2*×5500**	=	12'150 kWh
Werte neu	0.18	150	16.2*×5500**	=	2'400 kWh

Erfahrungswert

Diese beiden Werte oder vielmehr deren Produkt stellen einen realistischen Näherungswert dar, angelehnt an die HGT (Heizgradtage) und die innerhalb dieses Zeitraumes auftretende mittlere Temperaturdifferenz.

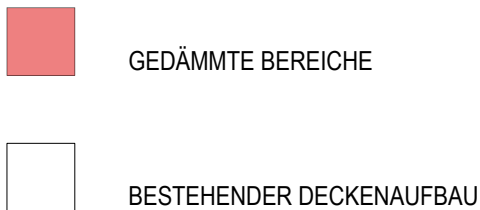
ΔT\* [K, Kelvin] bezeichnet die mittlere Differenz zwischen Innen- und Aussentemperatur, welche durch Heizen (oder Kühlen) ausgeglichen werden muss.

Zeit\*\* bzw. t [h, Stunden] meint die Anzahl Stunden, während welcher die mittlere Differenz zwischen Innen- und Aussentemperatur ausgeglichen werden muss.

Jahresbedarf Boden bestehend	⇒	12'150 kWh
- Jahresbedarf Boden neu (gedämmt)	⇒	2'400 kWh
= Minderung Jahresbedarf	⇒	9'750 kWh
Einsparung fossile Brennstoffe	⇒	975 Liter Heizöl

1 liter Heizöl entspricht in etwa 10 kWh.

Denzlerstrasse 36  
GRUNDRISS KELLER  
ENERGIEBEZUGSFLÄCHEN



ÜBERSCHLAGSRECHNUNG

	von Seite 3	oben auf dieser Seite		Erfahrungswert*	=	ENERGIEVERBRAUCH
	U-WERT	x	E-BEZUGSFLÄCHE	x	$\Delta T \times ZEIT$	in Kilowattstunden
Einheit	$\frac{W}{m^2 \cdot K}$	x	$m^2$	x	$\frac{K \times h}{1 \times 1}$	$\frac{Wh}{1000} = kWh$
Werte alt	0.91		150		$10^* \times 5500^{**}$	7'500 kWh
Werte neu	0.28		Flächenanteil gedämmt 48+24		$10^* \times 5500^{**}$	1'100 kWh
Werte alt	0.91		Flächenanteil ungedämmt 78		$10^* \times 5500^{**}$	3'900 kWh

**Erfahrungswert**  
Diese beiden Werte oder vielmehr deren Produkt stellen einen realistischen Näherungswert dar, angelehnt an die HGT (Heizgradtage) und die innerhalb dieses Zeitraumes auftretende mittlere Temperaturdifferenz.

$\Delta T^*$  [K, Kelvin] bezeichnet die mittlere Differenz zwischen Innen- und Aussentemperatur, welche durch Heizen (oder Kühlen) ausgeglichen werden muss.

**Zeit\*\*** bzw. t [h, Stunden] meint die Anzahl Stunden, während welcher die mittlere Differenz zwischen Innen- und Aussentemperatur ausgeglichen werden muss.

Jahresbedarf ganze Kellerdecke bestehend  $\Rightarrow$  **7'500 kWh**

- Jahresbedarf ganze Kellerdecke neu (teilgedämmt)  $\Rightarrow$  **5'000 kWh**

= Minderung Jahresbedarf  $\Rightarrow$  **2'500 kWh**

**Einsparung fossile Brennstoffe  $\Rightarrow$  250 Liter Heizöl**

1 liter Heizöl entspricht in etwa 10 kWh.

## DACHBODEN

### VERGLEICH U-WERTE

AUFBAU BESTEHEND / NEU .....6

### U-WERT BERECHNUNG I SCHICHTTEMPERATUREN

AUFBAU BESTEHEND / NEU .....7

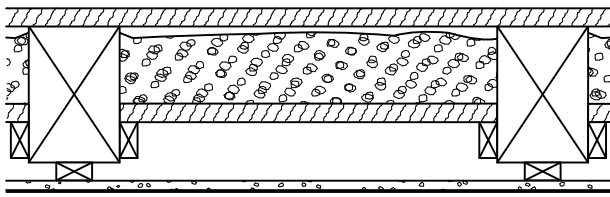
### U-WERT BERECHNUNG II DAMPFDIFFUSION UND KONDENSATIONSRISENEN

.....8-10

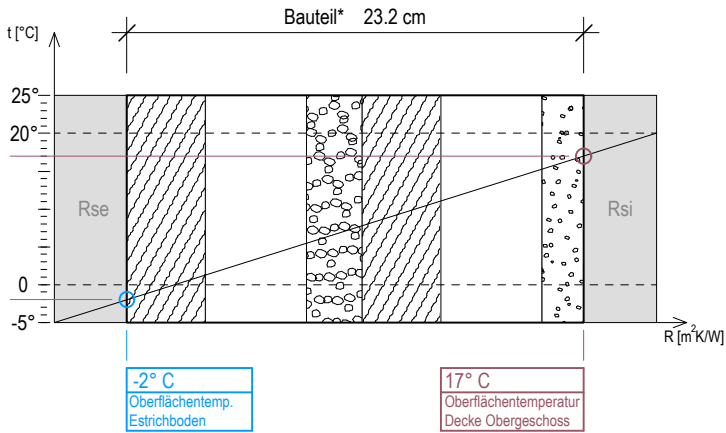
AUFBAU BESTEHEND

.....11-13

AUFBAU NEU



### Temperaturverlauf

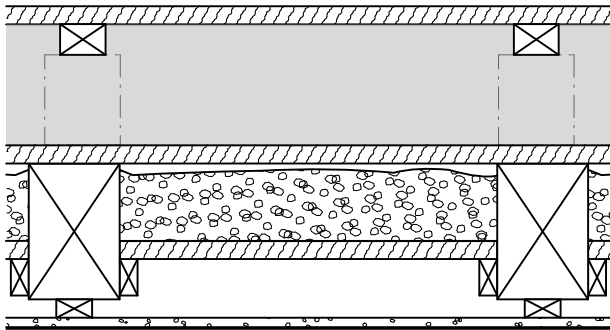


\* Schichtstärken proportional zu ihrem Widerstand dargestellt. Ausschnitt Bauteil um neunzig Grad im Gegenzeigersinn gedreht. Links ist oben/ aussen. Der weniger relevante Schnitt durch Holzbalken und Lattung wird nicht diskutiert.

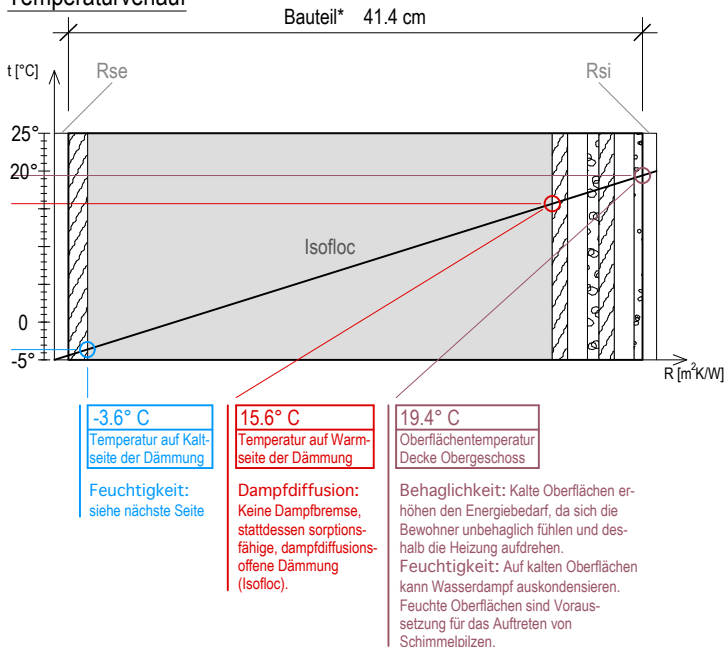
Bodenaufbau best	mm	$\lambda$ [W/mK]	R [ $\text{m}^2\text{K/W}$ ]
Rse	-	-	0.13
Riemenboden	20.0	0.14	0.143
Luftschicht	20.0	0.109	0.183
Hochofenschlacke	70.0	0.65	0.108
Blindboden	20.0	0.14	0.143
Luftschicht	70.0	0.388	0.18
Gipsfaserplatte	30.0	0.4	0.075
Anstrich	2.0	0.2	0.001
Rsi	-	-	0.13
	232		1.093 = $R_{\text{tot}}$
U-Wert = 0.91			= $R_{\text{tot}}^{-1}$

Ein U-Wert von 0.9 ist in einem neu erstellten oder umgebauten Bauteil nicht mehr zulässig!

Die Schüttung (Hochofenschlacke) besitzt gerade einen Viertel des Widerstandes der beiden Luftschichten zusammen, obwohl diese einen um nur 2 cm grösseren Querschnitt aufweisen. Aus heutiger Sicht ist die Schüttung somit nur mehr eine Schallschutzmassnahme. Stehende Luftschichten stellen den Grossteil der Dämmung. Die Oberflächentemperatur der Decke unter dem Dachstock schwankt deshalb zwischen Sommer und Winter relativ stark. Dadurch ist Behaglichkeit nur bedingt gewährleistet, weil Strahlung von der Decke herab - nicht nur bei niedriger Raumhöhe - sehr gut wahrgenommen wird; man fühlt Kälte.



### Temperaturverlauf



Bodenaufbau neu	mm	$\lambda$ [W/mK]	R [ $\text{m}^2\text{K/W}$ ]
Rse	-	-	0.13
Riemenboden	24.0	0.14	0.171
Isofloc-Ausblasung	160.0	0.038	4.211
Riemenboden	20.0	0.14	0.143
Luftschicht	20.0	0.109	0.183
Hochofenschlacke	70.0	0.65	0.108
Blindboden	20.0	0.14	0.143
Luftschicht	70.0	0.388	0.18
Gipsfaserplatte	30.0	0.4	0.075
Anstrich	2.0	0.2	0.001
Rsi	-	-	0.13
	414		5.475 = $R_{\text{tot}}$
U-Wert = 0.18			= $R_{\text{tot}}^{-1}$

Ein U-Wert von 0.18 erfüllt die Anforderungen an Wände/Böden gemäss MuKEn für Umbauten.

Es muss rechnerisch nachgewiesen werden, dass der U-Wert kleiner oder gleich 0.3 W/m<sup>2</sup>K ist. Eine Untersuchung der Wirtschaftlichkeit dieser Massnahme folgt auf der nächsten Seite. Unlängst ist die Frage, ob ein weiteres Absenken der U-Werte Sinn mache bzw., ob das Berechnungsmodell etwas mit der Realität zu tun habe, zum kontrovers diskutierten Thema geworden. Dazu ein vielsagendes Zitat von Prof. Dr.-Ing. habil. Claus Meier aus Deutschland:

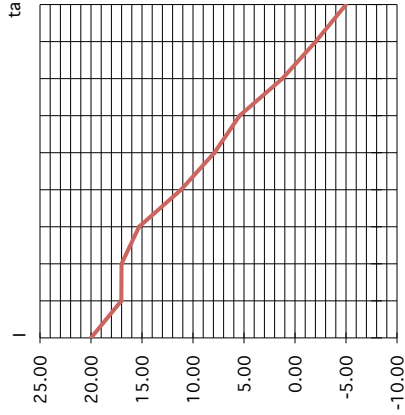
"Wird die U-Wert-Funktion mathematisch analysiert, so ergibt sich eine Hyperbel. Dies heisst im Klartext: Mit doppeltem Aufwand wird der halbe Effekt erzielt - die Effizienz nimmt mit dem Quadrat des U-Wertes ab (...)."

aus SIA-Zeitschrift "tec 21" Nr.37 vom 14. September 2001, S.44.

**u-Wert Berechnung von Einzelbauteilen**  
Dach Denzlerstrasse 36, 8004 Zürich

Bauteil Nr.	Dach bestehend						ti	ta
Skizze	Schicht	Material, Baustoff	d (m)	l ; a (W/mK); (W/m <sup>2</sup> K)	R=d/l ; 1/a (m <sup>2</sup> K/W)	Schichttemperatur Wärmeseitig		
						ti	ta	
	ai	Wärmeübergang innen		7.7	0.130	1.093	20.00	-5.00
	1	Anstrich	0.0002	0.2	0.001	0.963	20.00	
	2	Gipsfaserplatte	0.03	0.4	0.075	0.962	17.03	
	3	Luftschicht	0.07	0.388	0.180	0.887	17.01	
	4	Blindboden	0.02	0.14	0.143	0.707	15.29	
	5	Schläke	0.07	0.65	0.108	0.564	11.17	
	6	Luftschicht	0.02	0.109	0.183	0.456	7.90	
	7	Riemenboden	0.02	0.14	0.143	0.273	5.43	
	aa	Wärmeübergang aussen		7.7	0.130	0.130	-2.03	-5.00
	R (total) =				1.093			
	u-Wert =				1/R			
						<b>0.92</b>		
						(W/m <sup>2</sup> K)		

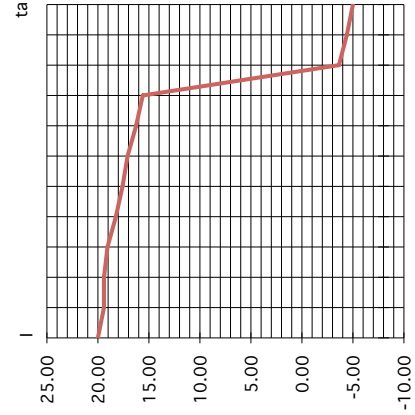
Oa = Oberfläche Aussen



**u-Wert Berechnung von Einzelbauteilen**  
Dach Denzlerstrasse 36, 8004 Zürich

Bauteil Nr.	Dach neu						ti	ta
Skizze	Schicht	Material, Baustoff	d (m)	l ; a (W/mK); (W/m <sup>2</sup> K)	R=d/l ; 1/a (m <sup>2</sup> K/W)	Schichttemperatur Wärmeseitig		
						ti	ta	
	ai	Wärmeübergang innen		7.7	0.130	5.475	20.00	-5.00
	1	Anstrich	0.0002	0.2	0.001	5.345	20.00	
	2	Gipsfaserplatte	0.03	0.4	0.075	5.344	19.41	
	3	Luftschicht	0.07	0.388	0.180	5.269	19.40	
	4	Blindboden	0.02	0.14	0.143	5.089	19.06	
	5	Schläke	0.07	0.65	0.108	4.946	18.24	
	6	Luftschicht	0.02	0.109	0.183	4.838	17.58	
	7	Riemenboden	0.02	0.14	0.143	4.655	17.09	
	8	Isofloc	0.16	0.038	4.211	4.512	16.26	
	9	Riemenboden	0.024	0.14	0.171	0.301	15.60	
	aa	Wärmeübergang aussen		7.7	0.130	0.130	-3.63	-5.00
	R (total) =				5.475			
	u-Wert =				1/R			
						<b>0.18</b>		
						(W/m <sup>2</sup> K)		

Oa = Oberfläche Aussen



### denz36 Estrichboden best

Nutzung: Mauer  
Gegen Zone

**Wärmekapazität**  
[kJ/m²K]

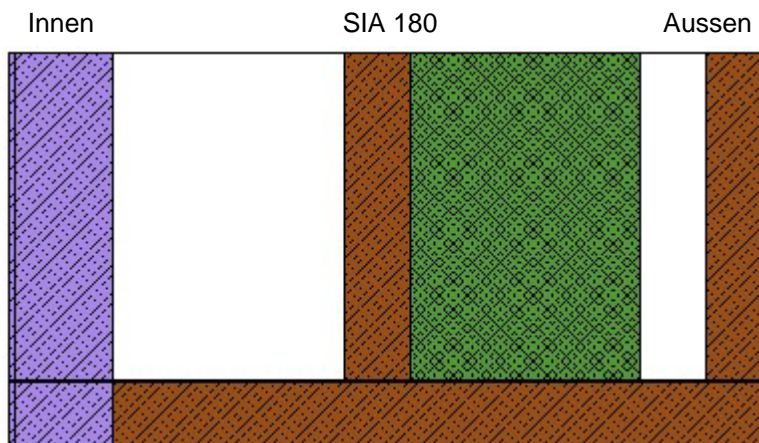
Cm 10cm (24h): 36,6

Cm 3cm (2h): 24,1

Referenz: Custom

**Geometrie**

Dicke [mm]: 230



**U-Wert**  
Statisch  
**0,8737** [W/m²K]

Rse: 0.13 [m²K/W]

**Wetter:** Zürich SMA (CH), Höhe ü. M. des Gebäudes: 556 m

Querschnitt 1 (Proportionen dieses Querschnitts 83%)

Materialname:		Dicke [cm]	Sd [m]	l [W/mK]	m [-]	r [kg/m³]	c [wh/kgK]	R [m²K/W]		
Rsi									0.130	
1	Lesosai : Dispersionsfarbe 2 Schichten	0,02	6	0,2	30000	1100	0.389	0,001		
2	SIA 381/1 : Gips	3	0,225	0,4	7,5	1000	0.222	0,075		
3	CEN : Luftschicht	7	0,01	0,388	1	1,23	0.278	0,18		
4	SIA 381/1 : Fichte-Tanne (Feuchte=15%)	2	0,6	0,14	30	480	0.611	0,143		
5	Lesosai : Hochofenschlacke Beton 400-1400 kg/m³	7	0,42	0,65	6	900	0.278	0,108		
6	CEN : Luftschicht	2	0,01	0,109	1	1,23	0.278	0,183		
7	SIA 381/1 : Fichte-Tanne (Feuchte=15%)	2	0,6	0,14	30	480	0.611	0,143		
Rse									0.130	
dUg= 0 [W/m²K], dUf= 0 [W/m²K]									dR	0
									RT	<b>1,093</b>

frsi = 0.779 [-], frsi,min,cond = 0.723 [-], frsi,min,moist = 0.750 [-]

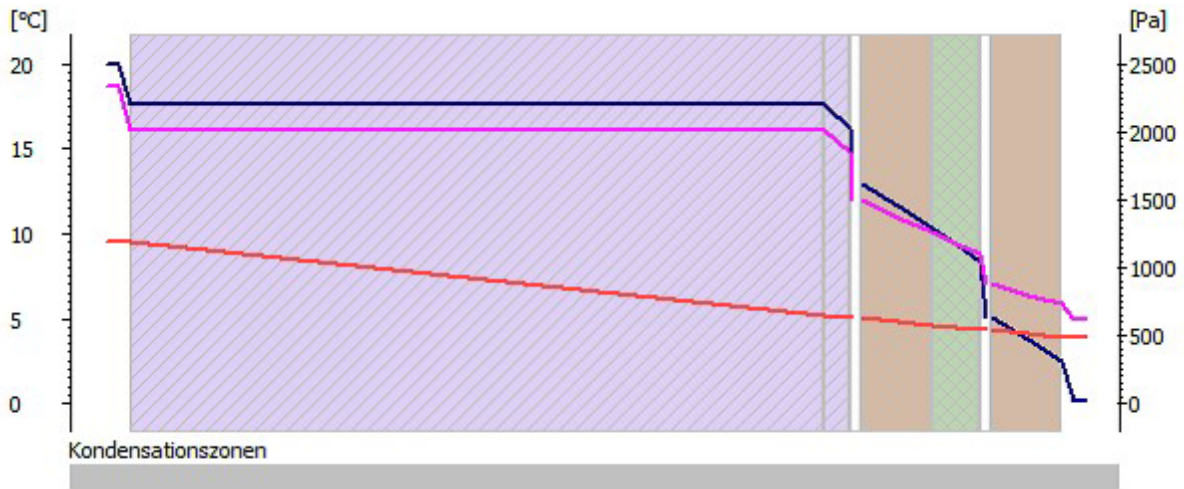
### Hygrothermische Kenngrößen

Erste Monat:	Jan.	Feb.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Sicherheit Austrock
<b>Innen</b>													
Temperatur [°C]	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	-
Relative Feuchtigkeit [%]	50,9	51,2	55,7	59,5	65,7	69,9	75,7	74,7	69,5	63	55,5	52,6	-
<b>Aussen</b>													
Temperatur [°C]	0,1	0,5	4,8	8	12,5	15,2	18,8	18,1	14,5	9,9	4,1	1,6	-
Relative Feuchtigkeit [%]	79,2	76,9	72	70,2	70,7	71,1	69,1	70,9	76	79,9	80,9	80,7	-



Ma: Wasserverdunstungsmenge  
Gc: Tauwassermenge

Grafik Diffusionsäquivalente Luftschichtdicke: Januar



■ Wasserdruck [Pa]                     
 ■ Sättigungsdruck [Pa]                     
 ■ Temperatur [°C]

Totale äquivalente Luftdicke dieses Querschnitts: 7.9 [m]

Keine Kondensation in diesem Abschnitt

Querschnitt 2 (Proportionen dieses Querschnitts 17%)

Materialname:		Dicke [cm]	Sd [m]	l [W/mK]	m [-]	r [kg/m³]	c [wh/kgK]	R [m²K/W]	
Rsi									0.130
1	Lesosai : Dispersionsfarbe 2 Schichten	0,02	6	0,2	30000	1100	0.389	0,001	
2	SIA 381/1 : Gips	3	0,225	0,4	7,5	1000	0.222	0,075	
3	SIA 381/1 : Fichte-Tanne (Feuchte=15%)	20	6	0,14	30	480	0.611	1,429	
Rse									0.130
dUg= 0 [W/m²K], dUf= 0 [W/m²K]							dR	0	
							RT	<b>1,765</b>	

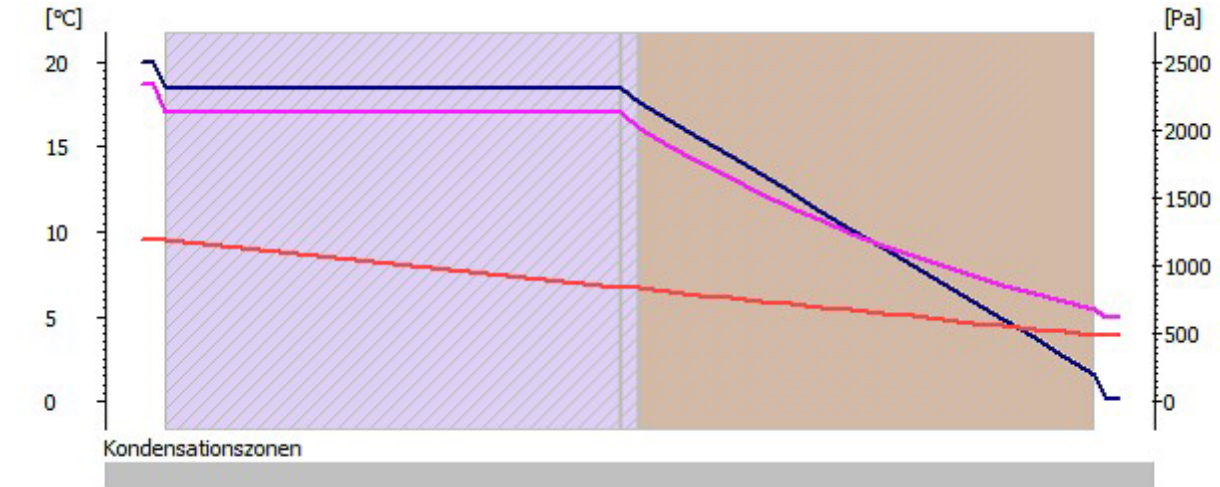
frsi = 0.779 [-], frsi,min,cond = 0.723 [-], frsi,min,moist = 0.750 [-]

Hygrothermische Kenngrößen

Erste Monat:	Jan.	Feb.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Sicherheit Austrock
<b>Innen</b>													
Temperatur [°C]	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	-
Relative Feuchtigkeit [%]	50,9	51,2	55,7	59,5	65,7	69,9	75,7	74,7	69,5	63	55,5	52,6	-
<b>Aussen</b>													
Temperatur [°C]	0,1	0,5	4,8	8	12,5	15,2	18,8	18,1	14,5	9,9	4,1	1,6	-
Relative Feuchtigkeit [%]	79,2	76,9	72	70,2	70,7	71,1	69,1	70,9	76	79,9	80,9	80,7	-

Ma: Wasserverdunstungsmenge  
 Gc: Tauwassermenge

Grafik Diffusionsäquivalente Luftschichtdicke: Januar



■ Wasserdruck [Pa]     
 ■ Sättigungsdruck [Pa]     
 ■ Temperatur [°C]

Totale äquivalente Luftdicke dieses Querschnitts: 12.2 [m]

Keine Kondensation in diesem Abschnitt

## denz36 Estrichboden neu

Nutzung: Mauer  
Gegen Zone

Wärmekapazität  
[kJ/m²K]

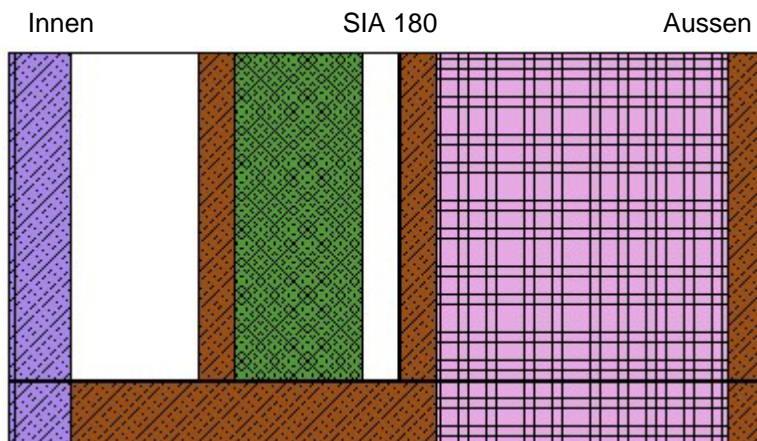
Cm 10cm (24h): 36,6

Cm 3cm (2h): 24,1

Referenz: Project

Geometrie

Dicke [mm]: 414



U-Wert  
Statisch  
**0,1805** [W/m²K]

Rse: 0.13 [m²K/W]

Wetter: Zürich SMA (CH), Höhe ü. M. des Gebäudes: 556 m

Querschnitt 1 (Proportionen dieses Querschnitts 83%)

Materialname:	Dicke [cm]	Sd [m]	l [W/mK]	m [-]	r [kg/m³]	c [wh/kgK]	R [m²K/W]	
Rsi							0.130	
1 Lesosai : Dispersionsfarbe 2 Schichten	0,02	6	0,2	30000	1100	0.389	0,001	
2 SIA 381/1 : Gips	3	0,225	0,4	7,5	1000	0.222	0,075	
3 CEN : Luftschicht	7	0,01	0,388	1	1,23	0.278	0,18	
4 SIA 381/1 : Fichte-Tanne (Feuchte=15%)	2	0,6	0,14	30	480	0.611	0,143	
5 Lesosai : Hochofenschlacke Beton 400-1400 kg/m³	7	0,42	0,65	6	900	0.278	0,108	
6 CEN : Luftschicht	2	0,01	0,109	1	1,23	0.278	0,183	
7 SIA 381/1 : Fichte-Tanne (Feuchte=15%)	2	0,6	0,14	30	480	0.611	0,143	
8 Isofloc AG : isofloc LM eingblasen	16	0,4	0,038	2,5	50	0.598	4,211	
9 SIA 381/1 : Fichte-Tanne (Feuchte=15%)	2,4	0,72	0,14	30	480	0.611	0,171	
Rse							0.130	
dUg= 0 [W/m²K], dUf= 0 [W/m²K]						dR	0	
							RT	<b>5,475</b>

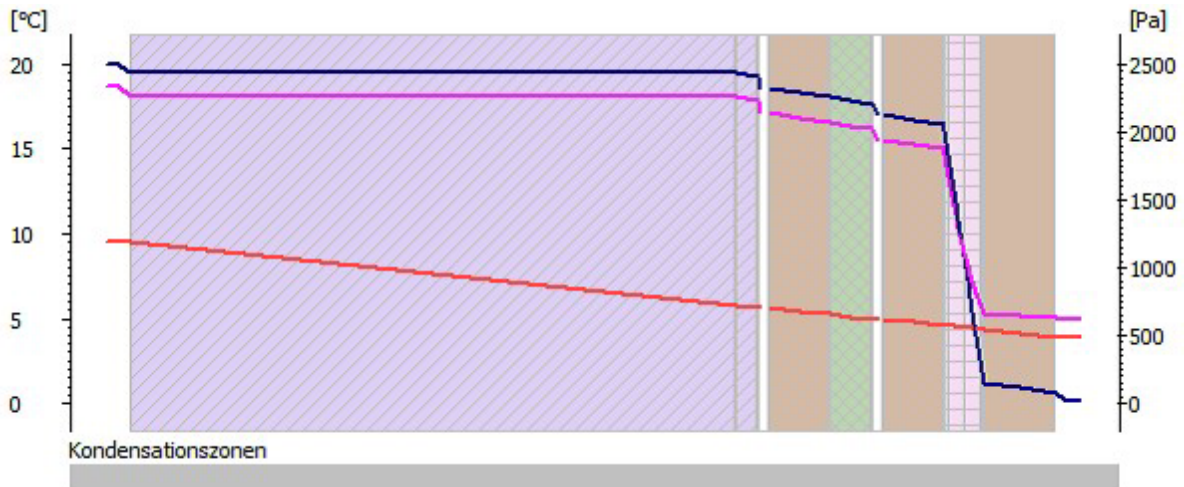
frsi = 0.941 [-], frsi,min,cond = 0.723 [-], frsi,min,moist = 0.750 [-]

### Hygrothermische Kenngrößen

Erste Monat:	Jan.	Feb.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Sicherheit Austrock
Innen													
Temperatur [°C]	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	-
Relative Feuchtigkeit [%]	50,9	51,2	55,7	59,5	65,7	69,9	75,7	74,7	69,5	63	55,5	52,6	-
Aussen													
Temperatur [°C]	0,1	0,5	4,8	8	12,5	15,2	18,8	18,1	14,5	9,9	4,1	1,6	-
Relative Feuchtigkeit [%]	79,2	76,9	72	70,2	70,7	71,1	69,1	70,9	76	79,9	80,9	80,7	-

Ma: Wasserverdunstungsmenge  
Gc: Tauwassermenge

Grafik Diffusionsäquivalente Luftschichtdicke: Januar



■ Wasserdampfdruck [Pa]     
 ■ Sättigungsdampfdruck [Pa]     
 ■ Temperatur [°C]

Totale äquivalente Luftdicke dieses Querschnitts: 9.1 [m]

Keine Kondensation in diesem Abschnitt

Querschnitt 2 (Proportionen dieses Querschnitts 17%)

Materialname:	Dicke [cm]	Sd [m]	l [W/mK]	m [-]	r [kg/m³]	c [wh/kgK]	R [m²K/W]	
Rsi							0.130	
1 Lesosai : Dispersionsfarbe 2 Schichten	0,02	6	0,2	30000	1100	0.389	0,001	
2 SIA 381/1 : Gips	3	0,225	0,4	7,5	1000	0.222	0,075	
3 SIA 381/1 : Fichte-Tanne (Feuchte=15%)	20	6	0,14	30	480	0.611	1,429	
4 Isofloc AG : isofloc LM eingeblasen	16	0,4	0,038	2,5	50	0.598	4,211	
5 SIA 381/1 : Fichte-Tanne (Feuchte=15%)	2,4	0,72	0,14	30	480	0.611	0,171	
Rse							0.130	
dUg= 0 [W/m²K], dUf= 0 [W/m²K]							dR	0
							RT	<b>6,147</b>

frsi = 0.941 [-], frsi,min,cond = 0.723 [-], frsi,min,moist = 0.750 [-]

Hygrothermische Kenngrößen

Erste Monat:	Jan.	Feb.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Sicherheit Austrock
<b>Innen</b>													
Temperatur [°C]	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	-
Relative Feuchtigkeit [%]	50,9	51,2	55,7	59,5	65,7	69,9	75,7	74,7	69,5	63	55,5	52,6	-
<b>Aussen</b>													
Temperatur [°C]	0,1	0,5	4,8	8	12,5	15,2	18,8	18,1	14,5	9,9	4,1	1,6	-
Relative Feuchtigkeit [%]	79,2	76,9	72	70,2	70,7	71,1	69,1	70,9	76	79,9	80,9	80,7	-

