



# Inhalt

1. Berechnungsverfahren .....	3
1.1 Allgemeine Angaben.....	3
1.2 Erläuterung der verwendeten und errechneten Größen .....	4
1.3 Strahlungsmodell.....	5
2. Beschreibung des zu untersuchenden Bauteils .....	6
2.1 Allgemeine Angaben.....	6
2.2 Materialgeometrie und Wärmeleitfähigkeit .....	6
2.3 Klima- und Temperaturrendbedingungen .....	10
3. Simulationsergebnisse .....	10
4. Fazit.....	11

## 1. Berechnungsverfahren

### 1.1 Allgemeine Angaben

Die Berechnung erfolgt gemäß der DIN EN ISO 10211 - Wärmebrücken im Hochbau - Wärmeströme und Oberflächentemperaturen - Detaillierte Berechnungen (ISO 10211:2007); Deutsche Fassung EN ISO 10211:2007. Das verwendete Berechnungsprogramm, entspricht dem Berechnungsverfahren der Klasse A. Das Berechnungsmodell entspricht DIN EN ISO 10211 mit dynamischen Temperaturen:

„Das geometrische Modell wird in eine Anzahl von Zellen mit je einem charakteristischen Punkt (der als Knotenpunkt bezeichnet wird) unterteilt. Durch Anwendung des Gesetzes der Erhaltung der Energie ( $\text{div } q = 0$ ) und des Fourierschen Gesetzes ( $q = -\lambda \times \text{grad } \theta$ ) und unter Beachtung der Randbedingungen erhält man ein Gleichungssystem, das eine Funktion der Temperaturen in den Knotenpunkten darstellt. Die Lösung dieses Systems entweder mit Hilfe eines direkten Lösungsverfahrens oder durch ein Iterationsverfahren liefert die Knotenpunkt-Temperaturen, aufgrund derer das Temperaturfeld bestimmt werden kann. Aus der Temperaturverteilung lassen sich durch Anwendung des Fourierschen Gesetzes die Wärmeströme berechnen..“<sup>1</sup>

Zur Untersuchung einer Konstruktion wird das Bauteil so elementiert, daß die Grenzen mit der charakteristischen Oberfläche übereinstimmen. Die Mittelpunkte der Elemente stellen die Knotentemperaturen dar. Zur Lösung der unbekanntenen Knotentemperaturen wird eine Matrix von der Ordnung der Knotenanzahl  $n$  erstellt. Die Knotentemperaturen werden iterativ errechnet. Die Berechnung wird beendet, wenn die Temperaturdifferenz von zwei Berechnungsschritten an jedem Knoten kleiner als  $0,00001^\circ$  Celsius ist. Nach DIN ISO EN 10211-1 beträgt die maximale Temperaturdifferenz, bei der die Berechnung beendet werden darf,  $0,005^\circ$  Celsius.

Die Einteilung der Elemente erfolgt nach den Vorgaben der DIN EN ISO 10211, Kapitel 5 – Modellhafte Abbildung der Konstruktion. Das Modell wurde entsprechend den Vorgaben hinreichend genau in Konstruktions- und Hilfsebenen unterteilt.

Die Berechnung erfolgt mit dem Programm VOLTRA<sup>®</sup> der Firma Physibel<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> DIN EN ISO 10211 Wärmebrücken im Hochbau; Wärmeströme und Oberflächentemperaturen – Detaillierte Berechnungen (ISO 10211:2007); Deutsche Fassung EN ISO 10211:2007. Ausgabe April 2008. Berechnungsverfahren Beuth Verlag; Hrsg DIN

<sup>2</sup> VOLTRA<sup>®</sup> - computer program to calculate 3D&2D transient heat transfer in objects described in a rectangular grid using the energy balance technique - user licence : Krämer-Evers

## 1.2 Erläuterung der verwendeten und errechneten Größen

### Bestimmung der Temperatur an der Innenoberfläche

Die Oberflächentemperatur für den Ort  $x,y,z$  wird mit Hilfe der Temperaturgewichtungs-faktoren ermittelt:

$$\theta_{si}(x,y,z) = g_1(x,y,z) \times \theta_1 + g_2(x,y,z) \times \theta_2 \dots + g_n(x,y,z) \times \theta_n$$

dabei ist :

$$g_1(x,y,z) + g_2(x,y,z) + \dots + g_n(x,y,z) = 1$$

$\theta_{si}$	Oberflächentemperatur innen
$g$	Temperaturgewichtungs-faktor (gibt den relativen Einfluß der Lufttemperaturen in den wärmetechnisch verkoppelten Räumen, bezogen auf die Oberflächentemperatur in dem betrachteten Punkt an)

Die Innenoberflächentemperatur  $\theta_{si}$  für den interessierenden Ort wird durch Einsetzen der berechneten Werte  $g_i$  und der tatsächlichen Temperatur-Randbedingungen  $\theta_i$  in die obige Gleichung berechnet.



### **1.3 Strahlungsmodell**

Zur Strahlungsberechnung wird die Radiosity Methode, eine Lösung des „global illumination model“, verwendet. Diese dient zur Berechnung der diffusen Verteilung und Reflexion von Licht in einer dreidimensionalen Umgebung.



## **2. Beschreibung des zu untersuchenden Bauteils**

### **2.1 Allgemeine Angaben**

Das Produkt Sorp 10<sup>®</sup> der Firma Max Frank GmbH & Co. KG ist ein Abstandhalter mit integriertem Akustikstreifen. Es soll simuliert werden welchen Einfluss das Produkt auf die Kühl- und Heizleistungen bei kernaktivierten Bauteilen hat.

Die Max Frank GmbH & Co. KG, Mitterweg 1 aus 94339 Leibfing hat mit der Durchführung der Simulation die Krämer-Evers Bauphysik GmbH & Co. KG beauftragt.

Grundlage des Modells waren die Angaben aus der Mail vom 22.10.2012.

### **2.2 Materialgeometrie und Wärmeleitfähigkeit**

Es wurden 2 Varianten für den Aufbau mit je sechs Wassertemperaturen berechnet:

Varianten Modellaufbau:

Variante 1:      Geschosstrenndecke mit Bauteilaktivierung

Variante 2:      Geschosstrenndecke mit Bauteilaktivierung und Sorp 10<sup>®</sup>

Modell:

Fläche: 1 m<sup>2</sup>

Rasterung: 5 mm

Deckenaufbau:

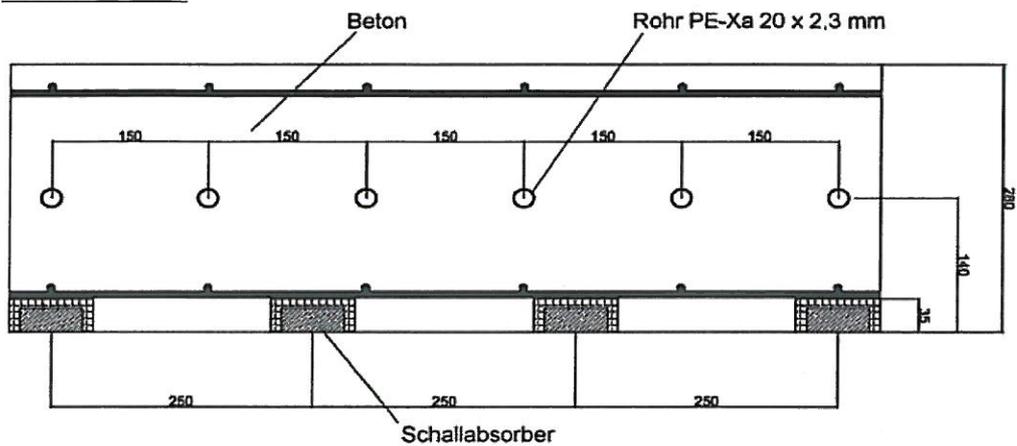


Abbildung 1: Deckenaufbau mit Bemaßung

Über der Betondecke befindet sich zusätzlich ein Fußboden bestehend aus

- 6 cm Wärmedämmung
- 6 cm Estrich

Für die Berechnungen wurden folgende Materialparameter angesetzt :

Material	Rohdichte in kg/m <sup>3</sup>	Rechenwert der Wärmeleitfähigkeit $\lambda R$ in W/(m*K)
Estrich	1600	1,600
Wärmedämmung WLG 040	25	0,040
Stahlbeton	2300	2,300
Faserbeton-U-Schiene	2400	2,400
Reapor Füllung	200	0,077
PE-Rohr	1000	0,420

Tabelle 1: Wärmeleitfähigkeit der Materialien

Der Aufbau des Modells sah folgendermaßen aus:

Variante 1:

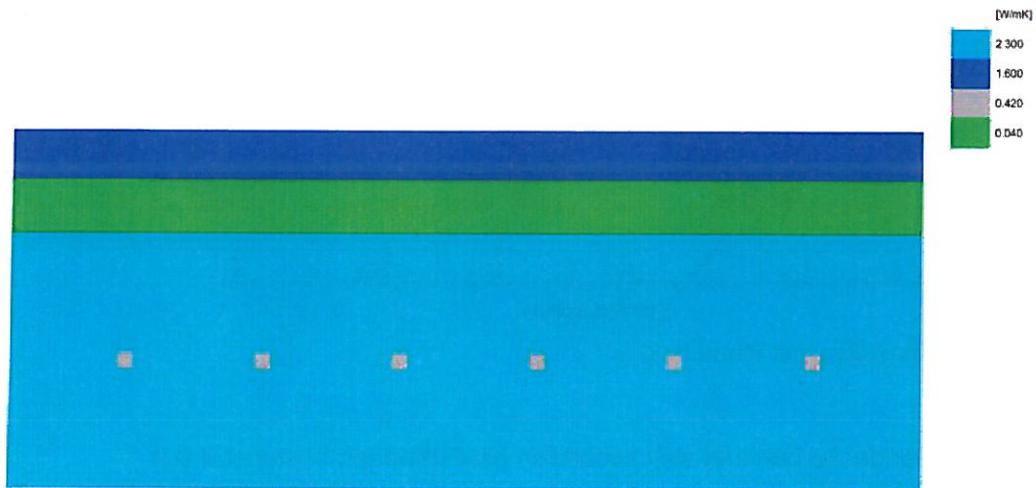


Abbildung 2: Aufbau Variante 1

Variante 2:

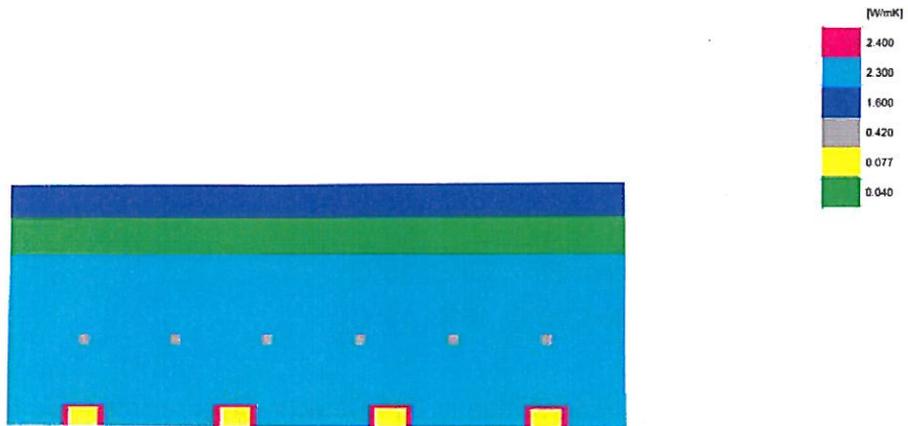


Abbildung 3: Aufbau Variante 2

## 2.3 Klima- und Temperaturrendbedingungen

Für die Temperatur über und unterhalb der Decke wurde eine konstante Temperatur von 20°C angenommen.

Die Berechnungen wurden für den Heiz- und Kühlfall mit jeweils drei Wassertemperaturen berechnet.

- Heizen: 27°C, 29°C, 35°C
- Kühlen: 10°C, 16°C, 18°C

Die Wärmeübergangswiderstände in den Berechnungen wurden wie folgt angenommen:

- Heizen, abwärts: 0,17 m<sup>2</sup>K/W
- Heizen, aufwärts: 0,10 m<sup>2</sup>K/W
- Kühlen, abwärts: 0,10 m<sup>2</sup>K/W
- Kühlen, aufwärts: 0,17 m<sup>2</sup>K/W

## 3. Simulationsergebnisse

Die Berechnungen ergaben, dass für die Anwendung Heizen eine Leistungsreduzierung von 7,5 % anzusetzen ist. Für den Kühlfall ist mit einer 8,3 %igen Kühlleistungsminderung zu rechnen.

Betriebsart	Leistung Decke [W]	Leistung mit Absorbern [W]	Minderung [%]
Heizen 35°C	58,69	54,31	7,46
Heizen 29°C	35,22	32,59	7,47
Heizen 27°C	27,39	25,34	7,48
Kühlen 10°C	53,24	48,85	8,25
Kühlen 16°C	21,30	19,54	8,26
Kühlen 18°C	10,65	9,77	8,26

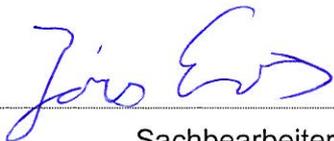
#### 4. Fazit

Das Produkt Sorp 10<sup>®</sup> der Firma Max Frank GmbH & Co. KG ist ein Abstandhalter mit integriertem Akustikstreifen. Es wurde simuliert welchen Einfluss das Produkt auf die Kühl- und Heizleistungen bei kernaktivierten Bauteilen hat.

Die Berechnungen haben gezeigt, dass mit einer geringfügigen Leistungsreduzierung, von 7,5% im Heizbetrieb und 8,3% im Kühlbetrieb zu rechnen ist.

aufgestellt:

Hasbergen, im Februar



Sachbearbeiter  
Dipl.-Ing. J. Evers



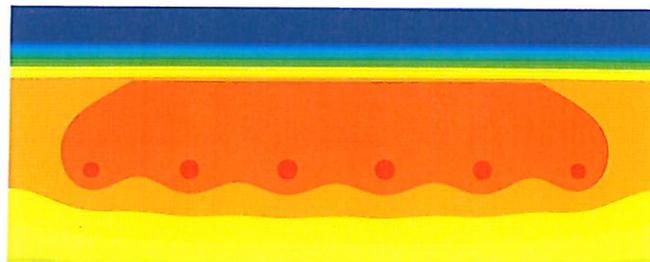
Dipl.-Ing. W. Krämer-Evers

Anlagen:

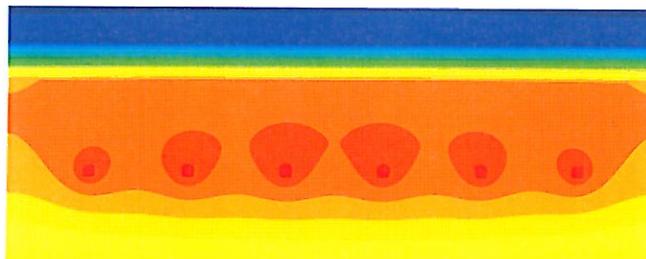
- Temperaturverläufe
- Programmeingabe

## Anlagen

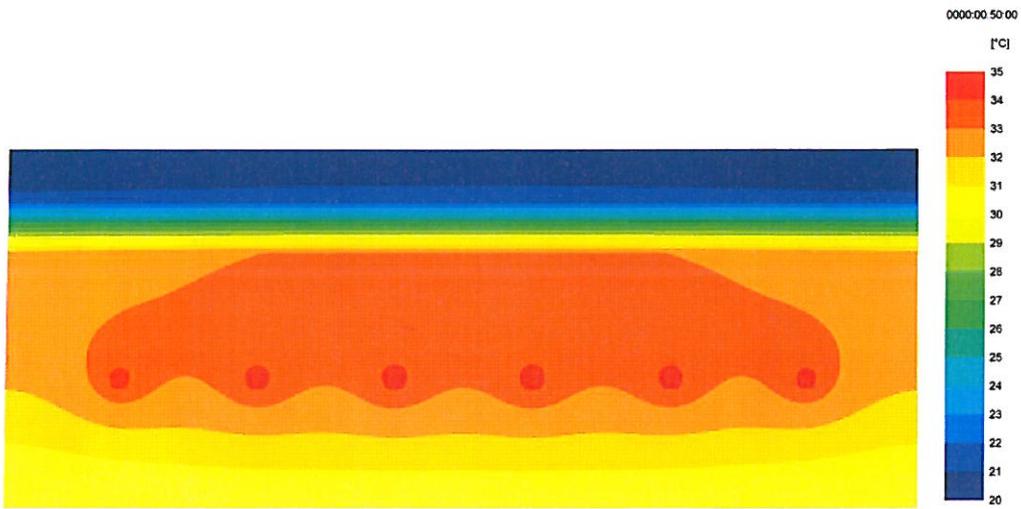
Berechnungen ohne Sorp 10®



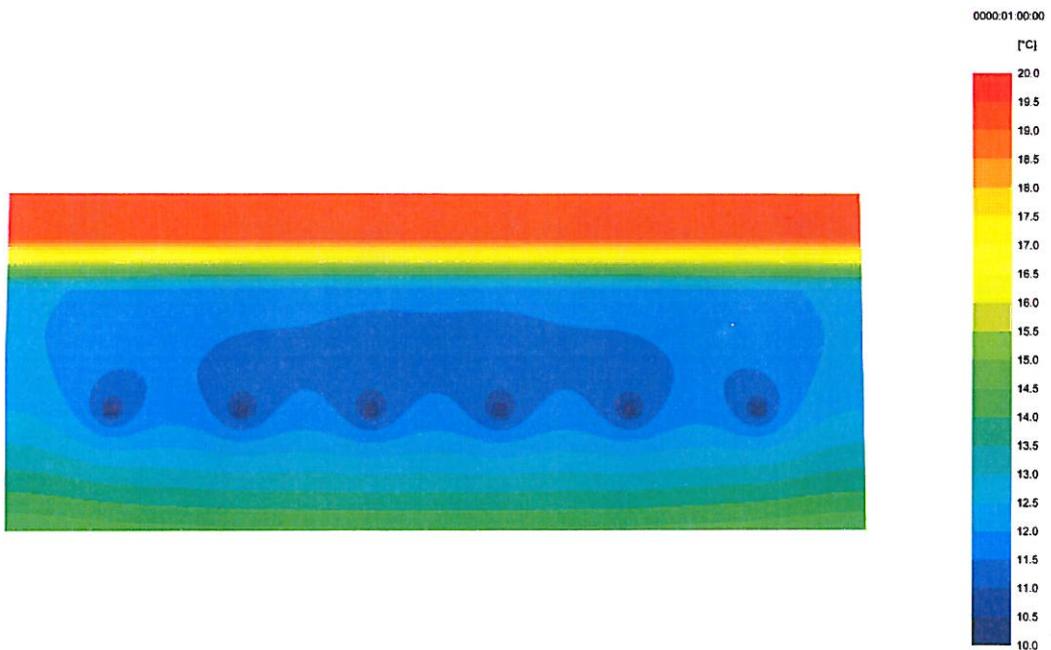
Heizen 27°C



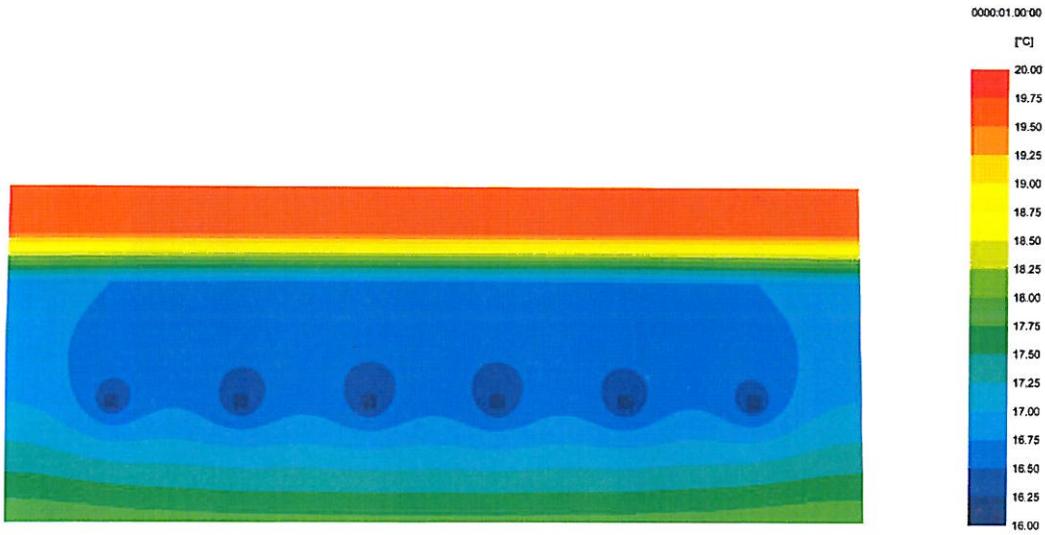
Heizen 29°C



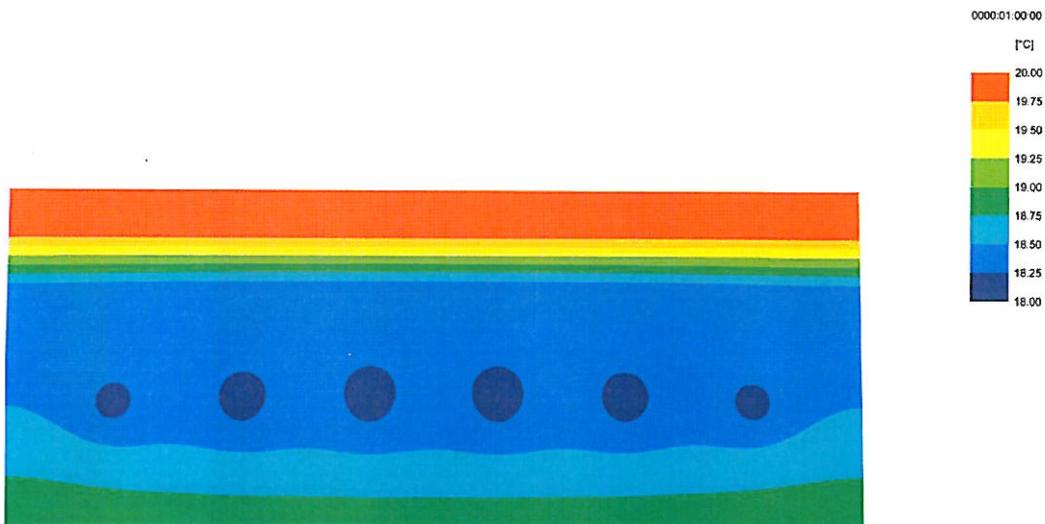
Heizen 35°C



Kühlen 10°C

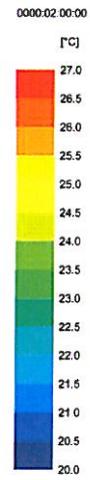
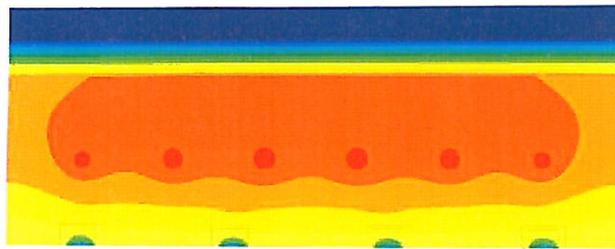


**Kühlen 16°C**

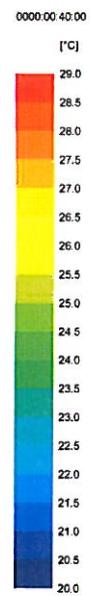
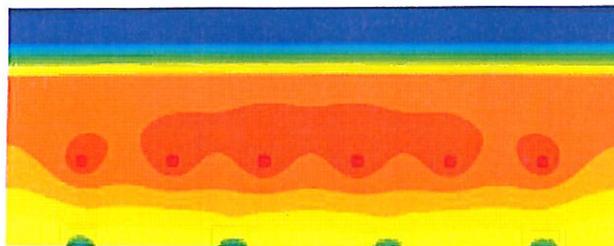


**Kühlen 18°C**

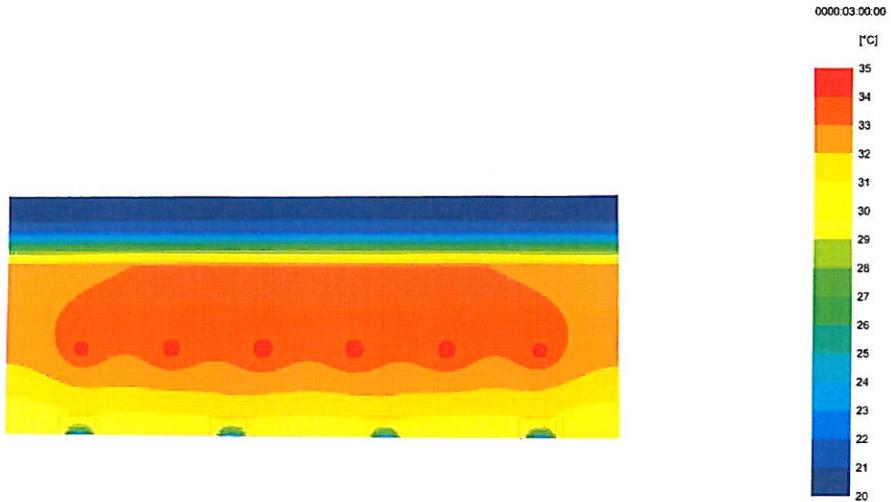
Berechnungen mit Sorp 10<sup>®</sup>



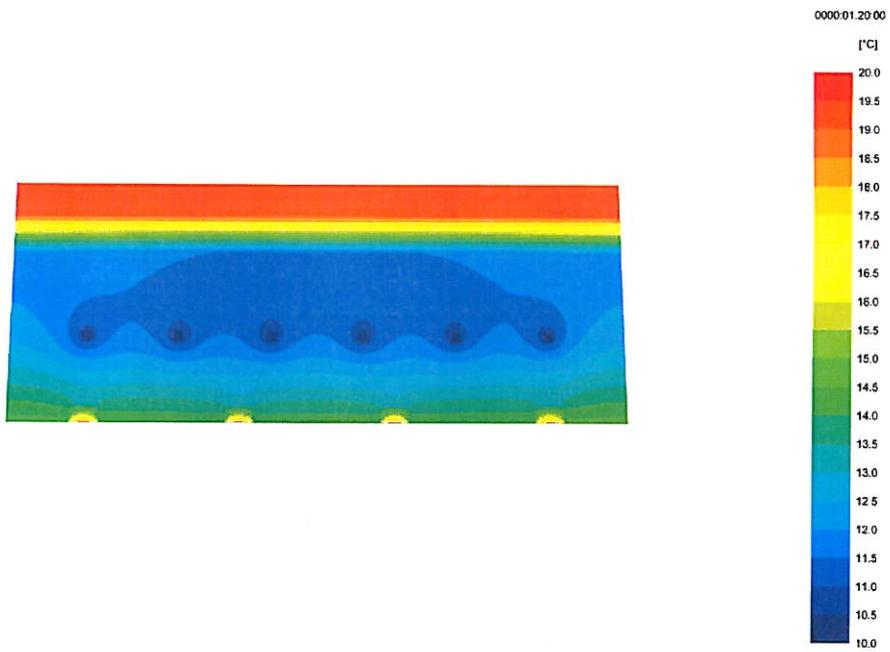
Heizen 27°C



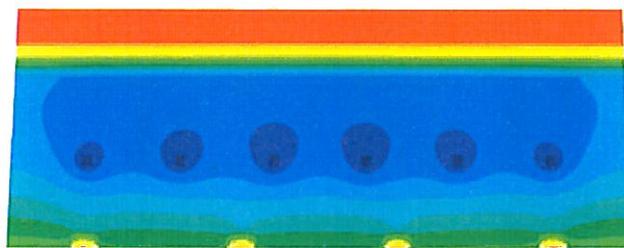
Heizen 29°C



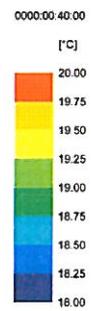
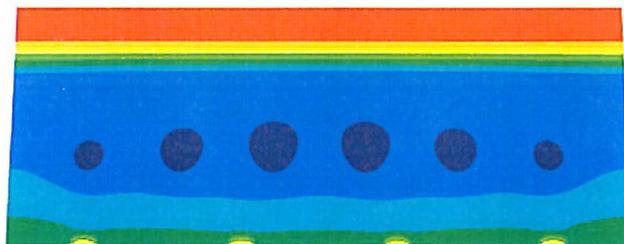
Heizen 35°C



Kühlen 10°C



Kühlen 16°C





## Programmeingabe

### VOLTRA - Eingabedaten Betondecke

VOLTRA Datendatei: V2012348-02 Betondecke Heizen 35.vtr

RASTER

Rastereinheit = 0.001 m

Nr.	X	Y	Z
0-1	1000.000	116.000	10.000
1-2		2.000	131.000
2-3		14.000	2.000
3-4		2.000	14.000
4-5		132.000	2.000
5-6		2.000	131.000
6-7		14.000	60.000
7-8		2.000	55.000
8-9		132.000	10.000
9-10		2.000	
10-11		14.000	
11-12		2.000	
12-13		132.000	
13-14		2.000	
14-15		14.000	
15-16		2.000	
16-17		132.000	
17-18		2.000	
18-19		14.000	
19-20		2.000	
20-21		132.000	
21-22		2.000	
22-23		14.000	
23-24		2.000	
24-25		116.000	
Summe	1000.000	1000.000	415.000

BLÖCKE

Nr.	Frb.	Xmin	Xmax	Ymin	Ymax	Zmin	Zmax
1	12	0	1	0	25	0	1
2	13	0	1	0	25	8	9
3	5	0	1	0	25	1	6
4	9	0	1	1	4	2	5
5	10	0	1	2	3	3	4
6	9	0	1	5	8	2	5
7	10	0	1	6	7	3	4
8	9	0	1	9	12	2	5
9	10	0	1	10	11	3	4
10	9	0	1	13	16	2	5
11	10	0	1	14	15	3	4
12	9	0	1	17	20	2	5
13	10	0	1	18	19	3	4
14	9	0	1	21	24	2	5
15	10	0	1	22	23	3	4
16	3	0	1	0	25	6	7
17	2	0	1	0	25	7	8



Nr.	Fb.	Xmin	Ymax	Zmin	Xmax	Ymin	Zmax
1	12	0.000	1000.000	0.000	1000.000	0.000	10.000
2	13	0.000	1000.000	0.000	1000.000	405.000	415.000
3	5	0.000	1000.000	0.000	1000.000	10.000	290.000
4	9	0.000	1000.000	116.000	134.000	141.000	159.000
5	10	0.000	1000.000	118.000	132.000	143.000	157.000
6	9	0.000	1000.000	266.000	284.000	141.000	159.000
7	10	0.000	1000.000	268.000	282.000	143.000	157.000
8	9	0.000	1000.000	416.000	434.000	141.000	159.000
9	10	0.000	1000.000	418.000	432.000	143.000	157.000
10	9	0.000	1000.000	566.000	584.000	141.000	159.000
11	10	0.000	1000.000	568.000	582.000	143.000	157.000
12	9	0.000	1000.000	716.000	734.000	141.000	159.000
13	10	0.000	1000.000	718.000	732.000	143.000	157.000
14	9	0.000	1000.000	866.000	884.000	141.000	159.000
15	10	0.000	1000.000	868.000	882.000	143.000	157.000
16	3	0.000	1000.000	0.000	1000.000	290.000	350.000
17	2	0.000	1000.000	0.000	1000.000	350.000	405.000

FARBEN

Frb.	Typ	CEN-Regel	Name	Lambda	Eps	Rho	c
t	h	q		[W/mK]	[-]	[kg/m3]	[J/kgK]
[°C]	[W/m²K]	[W/m²]					
2	MATERIAL		Estrich	1.600		1600.0	1000.0
3	MATERIAL		Trittschall- un	0.040		25.0	1000.0
5	MATERIAL		Stahlbeton	2.300		2300.0	1000.0
9	MATERIAL		PE-Rohr	0.420		1000.0	2300.0
10	BC_SIMPL	NIHIL	Heizung				
35.0	10000.00	0					
12	BC_SIMPL	NIHIL	Raum Unten				
20.0	6.00	0					
13	BC_SIMPL	NIHIL	Raum Oben				
20.0	10.00	0					

Frb.	ta	hc	Pc	tr	C1	C2	C3
Sonne	rs	ts	[W]	[°C]	[-]	[-]	[-]
[-]	[°C]	[W/m²K]					
2							
0.10	0.00						
3							
0.10	0.00						
5							
0.10	0.00						
9							
0.10	0.00						
10							NO
12							NO
13							NO



Berechnungsparameter

Zeitschrittintervall = 0000:00:10:00  
Einstellungsberechnungsdauer = 0000:00:00:00  
Berechnungsdauer = 0000:01:00:00  
Tagesnummer zum Berechnungsanfang = 1  
Maximale Iterationenanzahl = 10000  
Maximale Temperaturdifferenz = 0.0001°C  
Maximale Wärmestrom-Objektdivergenz = 0.001 %  
Maximale Wärmestrom-Knotendivergenz = 1 %  
Knotenanzahl = 35476



**VOLTRA - Eingabedaten Schallabsorberdecke**

VOLTRA Datendatei: V2012348-01 Schallabsorber Heizen 35.vtr

RASTER

Rastereinheit = 0.001 m

Nr.	X	Y	Z
0-1	1000.000	90.000	10.000
1-2		10.000	30.000
2-3		16.000	5.000
3-4		2.000	96.000
4-5		14.000	2.000
5-6		2.000	14.000
6-7		16.000	2.000
7-8		10.000	131.000
8-9		106.000	60.000
9-10		2.000	55.000
10-11		14.000	10.000
11-12		2.000	
12-13		56.000	
13-14		10.000	
14-15		50.000	
15-16		10.000	
16-17		6.000	
17-18		2.000	
18-19		14.000	
19-20		2.000	
20-21		132.000	
21-22		2.000	
22-23		14.000	
23-24		2.000	
24-25		6.000	
25-26		10.000	
26-27		50.000	
27-28		10.000	
28-29		56.000	
29-30		2.000	
30-31		14.000	
31-32		2.000	
32-33		106.000	
33-34		10.000	
34-35		16.000	
35-36		2.000	
36-37		14.000	
37-38		2.000	
38-39		16.000	
39-40		10.000	
40-41		90.000	
Summe	1000.000	1000.000	415.000



BLÖCKE

Nr.	Frb.	Xmin	Xmax	Ymin	Ymax	Zmin	Zmax
1	12	0	1	0	41	0	1
2	13	0	1	0	41	10	11
3	5	0	1	0	41	1	8
4	6	0	1	1	8	1	3
5	6	0	1	13	16	1	3
6	6	0	1	25	28	1	3
7	6	0	1	33	40	1	3
8	7	0	1	2	7	1	2
9	7	0	1	14	15	1	2
10	7	0	1	26	27	1	2
11	7	0	1	34	39	1	2
12	9	0	1	3	6	4	7
13	10	0	1	4	5	5	6
14	9	0	1	9	12	4	7
15	10	0	1	10	11	5	6
16	9	0	1	17	20	4	7
17	10	0	1	18	19	5	6
18	9	0	1	21	24	4	7
19	10	0	1	22	23	5	6
20	9	0	1	29	32	4	7
21	10	0	1	30	31	5	6
22	9	0	1	35	38	4	7
23	10	0	1	36	37	5	6
24	3	0	1	0	41	8	9
25	2	0	1	0	41	9	10

Nr.	Fb.	Xmin	Ymax	Zmin	Xmax	Ymin	Zmax
1	12	0.000	1000.000	0.000	1000.000	0.000	10.000
2	13	0.000	1000.000	0.000	1000.000	405.000	415.000
3	5	0.000	1000.000	0.000	1000.000	10.000	290.000
4	6	0.000	1000.000	90.000	160.000	10.000	45.000
5	6	0.000	1000.000	340.000	410.000	10.000	45.000
6	6	0.000	1000.000	590.000	660.000	10.000	45.000
7	6	0.000	1000.000	840.000	910.000	10.000	45.000
8	7	0.000	1000.000	100.000	150.000	10.000	40.000
9	7	0.000	1000.000	350.000	400.000	10.000	40.000
10	7	0.000	1000.000	600.000	650.000	10.000	40.000
11	7	0.000	1000.000	850.000	900.000	10.000	40.000
12	9	0.000	1000.000	116.000	134.000	141.000	159.000
13	10	0.000	1000.000	118.000	132.000	143.000	157.000
14	9	0.000	1000.000	266.000	284.000	141.000	159.000
15	10	0.000	1000.000	268.000	282.000	143.000	157.000
16	9	0.000	1000.000	416.000	434.000	141.000	159.000
17	10	0.000	1000.000	418.000	432.000	143.000	157.000
18	9	0.000	1000.000	566.000	584.000	141.000	159.000
19	10	0.000	1000.000	568.000	582.000	143.000	157.000
20	9	0.000	1000.000	716.000	734.000	141.000	159.000
21	10	0.000	1000.000	718.000	732.000	143.000	157.000
22	9	0.000	1000.000	866.000	884.000	141.000	159.000
23	10	0.000	1000.000	868.000	882.000	143.000	157.000
24	3	0.000	1000.000	0.000	1000.000	290.000	350.000
25	2	0.000	1000.000	0.000	1000.000	350.000	405.000



FARBEN

Frb. Typ	CEN-Regel	Name	Lambda	Eps	Rho	c
t	h	q	[W/mK]	[-]	[kg/m3]	[J/kgK]
[°C]	[W/m²K]	[W/m²]				
2	MATERIAL	Estrich	1.600		1600.0	1000.0
3	MATERIAL	Trittschall- un	0.040		25.0	1000.0
5	MATERIAL	Stahlbeton	2.300		2300.0	1000.0
6	MATERIAL	U Schiene	2.400		2400.0	1000.0
7	MATERIAL	Reapor Füllung	0.077		200.0	800.0
9	MATERIAL	PE-Rohr	0.420		1000.0	2300.0
10	BC_SIMPL	NIHIL				
35.0	10000.00	0				
12	BC_SIMPL	NIHIL				
20.0	6.00	0				
13	BC_SIMPL	NIHIL				
20.0	10.00	0				

Frb. Sonne	ta	hc	Pc	tr	C1	C2	C3
	rs	ts					
	[°C]	[W/m²K]	[W]	[°C]	[-]	[-]	[-]
	[-]	[-]					
2							
0.10	0.00						
3							
0.10	0.00						
5							
0.10	0.00						
6							
0.10	0.00						
7							
0.10	0.00						
9							
0.10	0.00						
10							NO
12							NO
13							NO

Berechnungsparameter

Zeitschrittintervall = 0000:00:10:00  
 Einstellungsberechnungsdauer = 0000:00:00:00  
 Berechnungsdauer = 0001:00:00:00  
 Tagesnummer zum Berechnungsanfang = 1  
 Maximale Iterationenanzahl = 10000  
 Maximale Temperaturdifferenz = 0.0001°C  
 Maximale Wärmestrom-Objektdivergenz = 0.001 %  
 Maximale Wärmestrom-Knotendivergenz = 1 %  
 Knotenanzahl = 36140