

INGENIEURBÜRO FÜR ANGEWANDTE BAUPHYSIK

BERATUNG ■ GUTACHTEN ■ SANIERUNG

Dreidimensionale wärmetechnische Untersuchung von Oberflächentemperaturen nach DIN EN ISO 10211-1

zum SITA Attikagully mit Rechteckrohr

Bericht Nr.: 200503201A

Datum: 15. März 2005

Auftraggeber :

SITA Bauelemente GmbH

Brocker Straße 29

33442 Herzebrock-Clarholz

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Allgemeine Angaben	3
1.1 Vorbemerkungen	3
1.2 Problemstellung	3
1.3 Grundlagen	4
2. Berechnungsverfahren	4
3. Beschreibung des zu untersuchenden Bauteils	6
3.1 Materialgeometrie und Wärmeübergangswiderstände	6
3.2 Temperaturreandbedingungen	9
4. Berechnungsergebnisse	10
5. Bewertung der Ergebnisse	14
Anlagen	
A Graphische Darstellung der Berechnungsergebnisse	16
B Knotentemperaturen	23
C Originalzeichnungen SITA	25
D Rasterdaten	27

1. Allgemeine Angaben

1.1 Vorbemerkungen

Das Produkt „Attikagully mit Rechteckrohr“ der Firma SITA Bauelemente GmbH, Brocker Straße 29 aus 33442 Herzebrock-Clarholz soll wärmetechnisch untersucht werden.

Es handelt sich um ein Ablaufsystem für Flachdächer, das in die Dachfläche eingebaut wird.

Die Firma SITA hat mit der Durchführung der Untersuchung das Ingenieurbüro für angewandte Bauphysik aus Osnabrück beauftragt.

1.2 Problemstellung

Vereinbarungsgemäß sollen folgende Fragestellungen beantwortet werden:

1. Welche Temperaturverteilung ergibt sich durch den Einbau des Attikagullys im Bauteil sowie im Dachaufbau ?
2. Werden die Anforderungen der DIN 4108, Teil 2 an den Temperaturreduktionsfaktor sowie an die geringste raumseitige Oberflächentemperatur eingehalten ?
3. Welche maximale Raumluftheuchte darf bei den errechneten Temperaturen nicht überschritten werden ?
4. Welcher Wärmedurchgangskoeffizient ist im Bereich des Attikagullys vorhanden ?

Es wurden in verschiedenen Berechnungsvarianten unterschiedliche Dämmstoffstärken, Bauteilaufbauten sowie Temperaturbedingungen untersucht.

1.3 Grundlagen

Grundlage der Untersuchungen sind vom Auftraggeber zur Verfügung gestellte Planunterlagen (s. Anlage C).

Die Berechnung der Wärmeströme und die Bewertung der Temperaturverteilung erfolgt nach den folgenden Regelwerke:

- DIN 4108 – Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden -, Teil 2 – Mindestanforderungen an den Wärmeschutz -, Ausgabe Juli 2003
- DIN EN ISO 10211–1 - Wärmebrücken im Hochbau; Wärmeströme und Oberflächentemperaturen -, Teil 1 : Allgemeine Berechnungsverfahren; Deutsche Fassung EN ISO 10211–1, Ausgabe August 1995

2. Berechnungsverfahren

Die Berechnung erfolgt gemäß der DIN EN ISO 10211-1 Wärmebrücken im Hochbau; Wärmeströme und Oberflächentemperaturen; Teil 1 : Allgemeine Berechnungsverfahren; Deutsche Fassung EN ISO 10 211 – 1 : 1995 mittels eines Berechnungsprogramms, das dem Berechnungsverfahren der Klasse A entspricht. Das Berechnungsmodell entspricht DIN EN ISO 10211-1 :

„Das geometrische Modell wird in eine Anzahl von Zellen mit je einem charakteristischen Punkt (genannt Knotenpunkt) 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 wird ein Gleichungssystem, das eine Funktion der Temperaturen in den Knotenpunkten darstellt, gewonnen. Die Lösung dieses Systems entweder mittels eines direkten Lösungsverfahrens oder durch ein Iterationsverfahren liefern die Knotenpunkt-Temperaturen, aufgrund derer das Temperaturfeld be-

stimmt werden kann. Aus der Temperaturverteilung können die Wärmeströme mittels des Fourierschen Gesetzes berechnet werden.“¹

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 unbekannten 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 10211-1, Kapitel 5 – Modellhafte Abbildung der Konstruktion. Das Modell wurde entsprechend den Vorgaben hinreichend genau in Konstruktions- und Hilfsebenen unterteilt.

Die Oberflächentemperatur für den Ort x,y,z wird mit Hilfe der Temperaturgewichtungsfaktoren 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 :

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

θ_{si} Oberflächentemperatur innen

g Temperaturgewichtungsfaktor

(gibt den relativen Einfluss der Lufttemperaturen in den wärmetechnisch verkoppelten Räumen, bezogen auf die Oberflächentemperatur in dem betrachteten Punkt an)

¹ DIN EN ISO 10211 – 1 Wärmebrücken im Hochbau; Wärmeströme und Oberflächentemperaturen; Teil 1 : Allgemeine Berechnungsverfahren; Deutsche Fassung EN ISO 10211 – 1 : 1995; 7. Berechnungsverfahren Beuth Verlag; Hrsg DIN

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

Die Berechnung erfolgt mit dem Programm TRISCO® der Firma Physibel².

3. Beschreibung des zu untersuchenden Bauteils

3.1 Materialgeometrie und Wärmeleitfähigkeit

Der zu prüfende Aufbau ist in der Anlage C dargestellt (Originalzeichnung des Auftraggebers).

Der Attikagully besteht aus einem Kasten mit einem um 3 ° geneigten Rechteckrohr. Die zusätzlichen Elemente wie Anstauflansch, Schraubverbindungen etc. sind wärmetechnisch nicht relevant und sind im Untersuchungsmodell nicht enthalten. Das Bauelement besteht aus Edelstahl in einer Stärke von 2,5 mm.

Bei dem verwendeten Berechnungsprogramm ist ausschließlich die Eingabe rechtwinkliger Materialbegrenzungen möglich. Deswegen wird die Höhe des Gullykastens von 60 mm auf 69,5 mm erhöht. Die Differenz ergibt sich aus dem mittleren Höhenunterschied des Rohres bei einer Länge des Rohres bis zur Attika von 360 mm. Das Rechteckrohr verläuft im Berechnungsmodell ohne Gefälle, aber 9,5 mm tiefer als in der Realität. Durch die erforderlichen rechtechnischen Anpassungen ist das Simulationsmodell ungünstiger als die konkrete Einbausituation. Hierdurch sind in den Berechnungen Sicherheiten enthalten.

Vorberechnungen haben ergeben, dass eine Dämmung des Rechteckrohres in der Attikadurchführung einen positiven Einfluss auf die Temperaturverteilung hat. In den Berechnungen wurde eine entsprechende Wärmedämmung in einer Stärke von 2 cm und der Wärmeleitfähigkeitsgruppe 040 durchgängig angesetzt.

² TRISCO® - computer program to calculate three-dimensional steady heat transfer in objects described in a beam shaped grid using the energy balance technique - user licence : Krämer-Evers

Für die Berechnungen wurden folgende wärmetechnischen Materialkennwerte gemäß der DIN 4108 bzw. der DIN EN 12524 – Baustoffe und –produkte – Eigenschaften – Tabellierte Bemessungswerte; Deutsche Fassung EN 12524:2000 angesetzt :

Material	Rohdichte in kg/m^3	Rechenwert der Wärmeleitfähigkeit λ_R in $\text{W/(m}\cdot\text{K)}$
Stahlbeton	2400	2,000
Wärmedämmung WLG 040	-	0,040
Stahl	7800	50,000
Edelstahl	7900	17,000
Kunststoff-Dachbahn (PVC)	-	0,170

Tabelle 1: Wärmeleitfähigkeit der Materialien

Es wurden insgesamt 24 Berechnungsvarianten für zwei Innentemperaturen, drei Einbausituationen sowie vier Dämmstoffstärken im Dachaufbau untersucht. Die Bezeichnung der Varianten ist in der nachfolgenden Tabelle dargestellt:

Einbausituation		Dämmstoffstärke			
		a	b	c	d
		80 mm	100 mm	120 mm	140 mm
1	Fassade: Stahlbeton, d = 150 mm	I1a	I1b	I1c	I1d
	Dach: Stahlbeton, d = 150 mm	II1a	II1b	II1c	II1d
2	Fassade: Stahlbeton, d = 150 mm	I2a	I2b	I2c	I2d
	Dach: Stahl-Trapezblech, d = 0,75 mm	II2a	II2b	II2c	II2d
3	Fassade: Sandwichpaneel, WD 80 mm	I3a	I3b	I3c	I3d
	Dach: Stahl-Trapezblech, d = 0,75 mm	II3a	II3b	II3c	II3d

I – Innentemperatur T = 20 °C; II – Innentemperatur T = 15 °C

Tabelle 2 - Berechnungsvarianten

In der Anlage D ist die Einteilung des geometrischen Modells sowie die Lage der Materialien im Rastermodell für die Variante I2b dokumentiert.

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen die Lage der einzelnen Materialien im 3-D-Modell für ausgewählte Berechnungsvarianten:

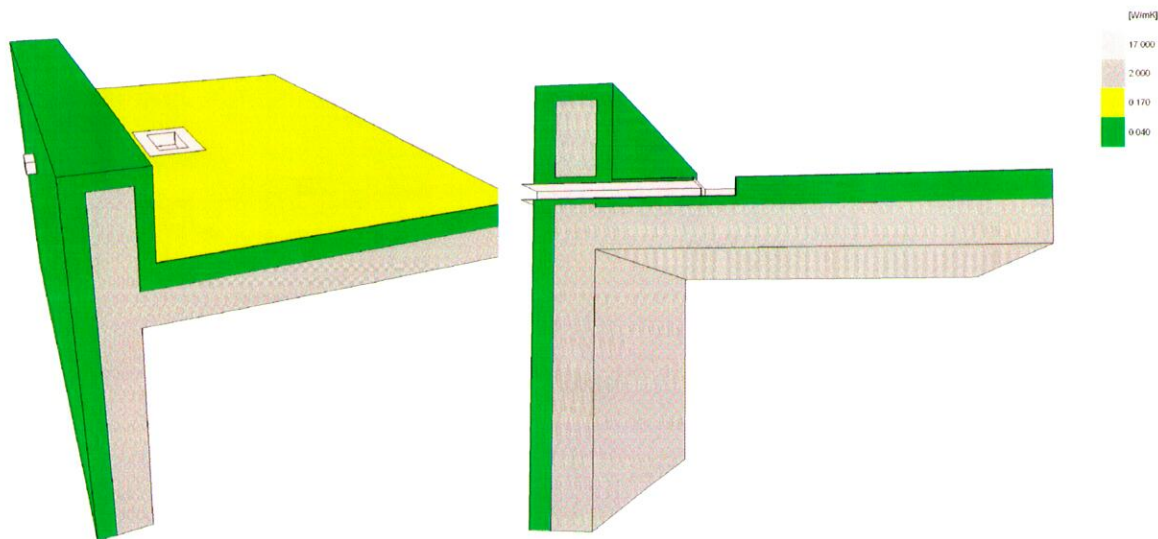


Abbildung 1 – Materialgeometrie I1b, Perspektive / Schnittperspektive

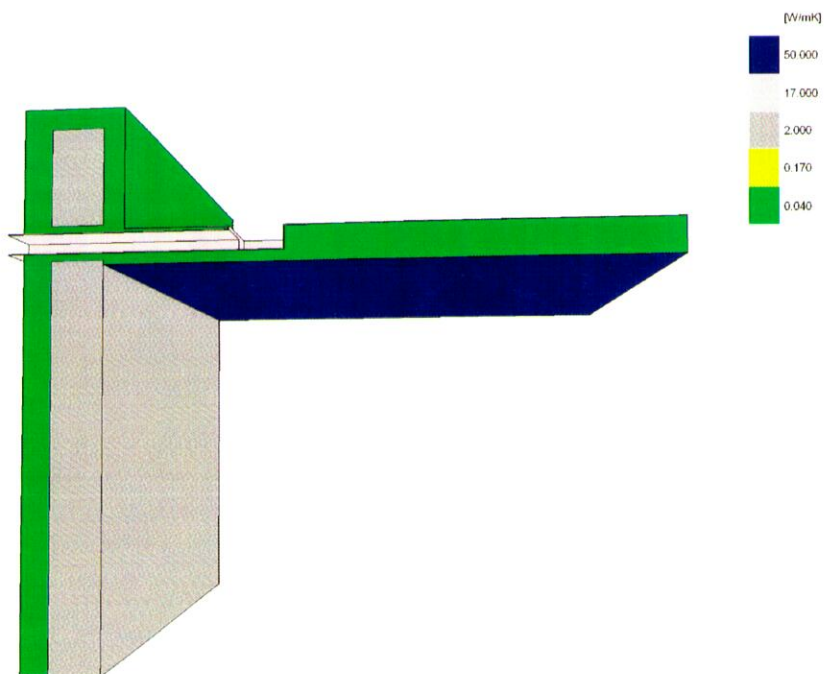


Abbildung 2 – Materialgeometrie I2b, Schnittperspektive

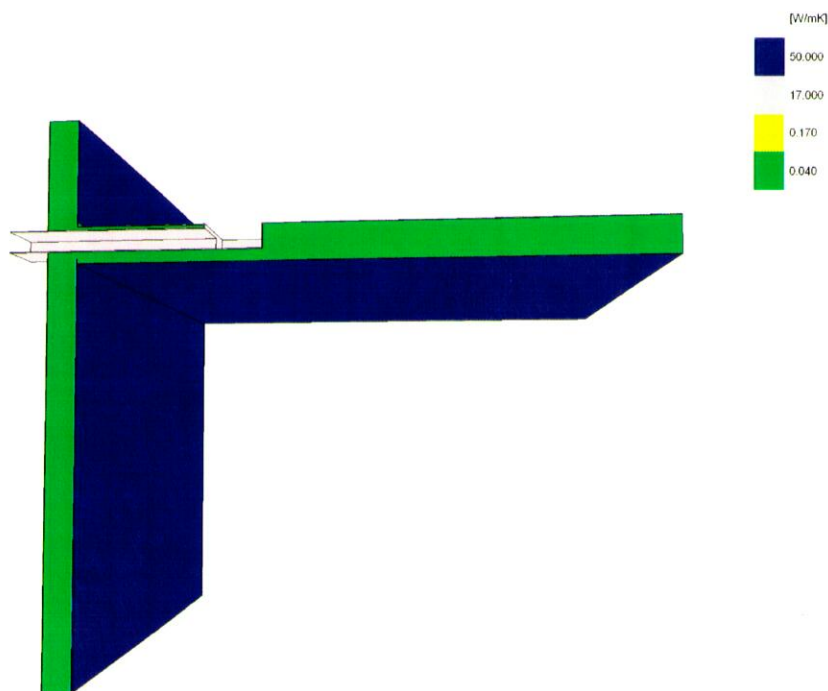


Abbildung 3 – Materialgeometrie I3b, Schnittperspektive

2.3 Temperaturrendbedingungen

Die Berechnung erfolgt gemäß DIN EN ISO 10211–1 - Wärmebrücken im Hochbau, Ausgabe August 1995.

Zur Berechnung der Temperaturverteilung wurde die Berechnungen mit folgenden Randbedingungen nach DIN EN ISO 10211–1, Kap. 6.1.2, Tabelle 3, bzw. DIN 4108 durchgeführt:

Temperaturrendbedingung	Temperatur °C	Wärmeübergangs- koeffizient ³ W/m ² *K	Wärmestrom W/m ²
Außen	-15	25	0
Innen	20	7,7	0

Tabelle 3 - Randbedingungen

³ Der Wärmeübergangswiderstand ist der Kehrwert des Wärmeübergangskoeffizienten. Da das verwendete Berechnungsprogramm die Eingabe des Wärmeübergangskoeffizienten verlangt, werden die Vorgaben der DIN 4108-2 entsprechend umgerechnet wiedergegeben.

Die Berechnung von Wärmeströmen und Oberflächentemperaturen erfolgt üblicherweise mit einer Außentemperatur von $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Im vorliegenden Fall wurde eine Temperatur von $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ gewählt, um auch extreme Klimabedingungen zu berücksichtigen. Auf die abgeleiteten thermischen Größen (Wärmedurchgangskoeffizient U , Temperaturfaktor f_{Rsi} , s.u.) hat die Außentemperatur keinen Einfluss.

Die folgenden Abbildungen zeigen die Temperaturrendbedingungen und die Wärmeübergangskoeffizienten beispielhaft für die Variante I1b:

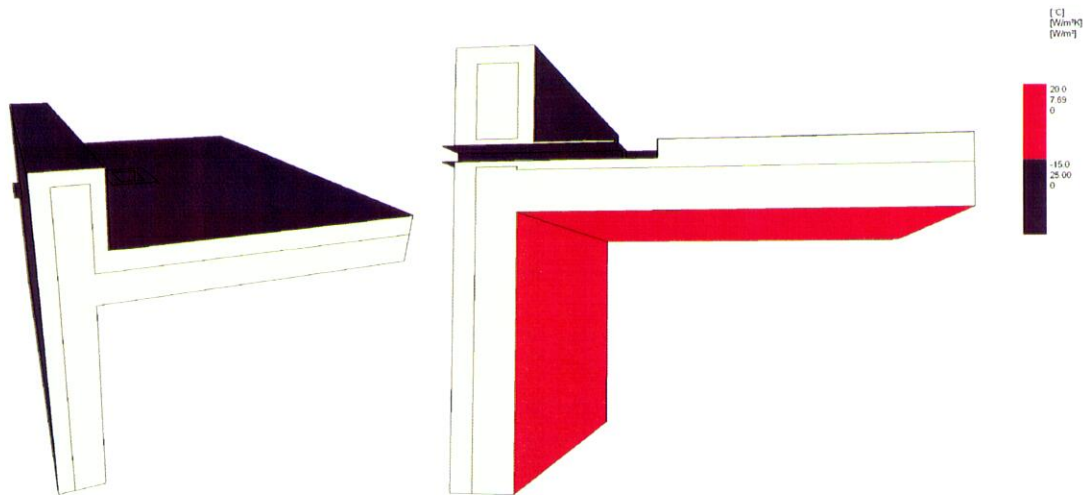


Abbildung 4 - Randbedingungen I1b, Perspektive / Schnittperspektive

4. Berechnungsergebnisse

In der Anlage A sind die Temperaturverteilungen für alle 24 Berechnungsvarianten dargestellt.

In den nachfolgenden Tabellen sind die minimalen Oberflächentemperaturen auf der Raumseite aufgeführt:

I - Minimale raumseitige Oberflächentemperatur bei Innentemperatur T = 20 °C					
Einbausituation		Dämmstoffstärke			
		a	b	c	d
		80 mm	100 mm	120 mm	140 mm
1	Fassade: Stahlbeton, d = 150 mm Dach: Stahlbeton, d = 150 mm	13,42 °C	14,07 °C	14,31 °C	14,46 °C
2	Fassade: Stahlbeton, d = 150 mm Dach: Stahl-Trapezblech, d = 0,75 mm	11,09 °C	12,56 °C	12,73 °C	12,96 °C
3	Fassade: Sandwichpaneel, WD 80 mm Dach: Stahl-Trapezblech, d = 0,75 mm	9,80 °C	10,93 °C	11,67 °C	12,26 °C

Tabelle 4 – Oberflächentemperaturen bei 20 °C

II - Minimale raumseitige Oberflächentemperatur bei Innentemperatur T = 15 °C					
Einbausituation		Dämmstoffstärke			
		a	b	c	d
		80 mm	100 mm	120 mm	140 mm
1	Fassade: Stahlbeton, d = 150 mm Dach: Stahlbeton, d = 150 mm	9,36 °C	9,92 °C	10,13 °C	10,25 °C
2	Fassade: Stahlbeton, d = 150 mm Dach: Stahl-Trapezblech, d = 0,75 mm	7,36 °C	8,63 °C	8,77 °C	8,97 °C
3	Fassade: Sandwichpaneel, WD 80 mm Dach: Stahl-Trapezblech, d = 0,75 mm	6,26 °C	7,22 °C	7,85 °C	8,36 °C

Tabelle 5 – Oberflächentemperaturen bei 15 °C

Zur Vermeidung von Tauwasserbildung ist es erforderlich, dass die minimale Oberflächentemperatur höher ist als die Taupunkttemperatur der vorhandenen Luftmasse. Die Taupunkttemperatur ist abhängig von der Lufttemperatur sowie der relativen Luftfeuchtigkeit. In den nachfolgenden Grafiken ist die maximal zulässige relative Luftfeuchtigkeit für die verschiedenen Berechnungsvarianten dargestellt:

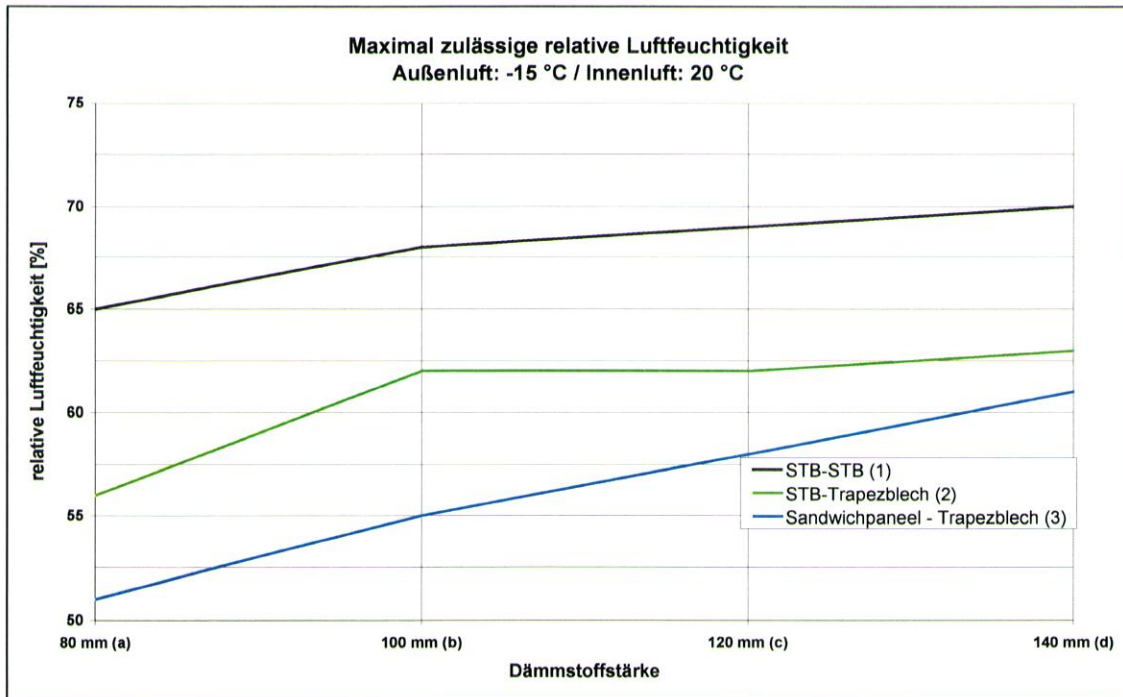


Abbildung 5 – maximal zulässige Luftfeuchtigkeit bei 20 °C

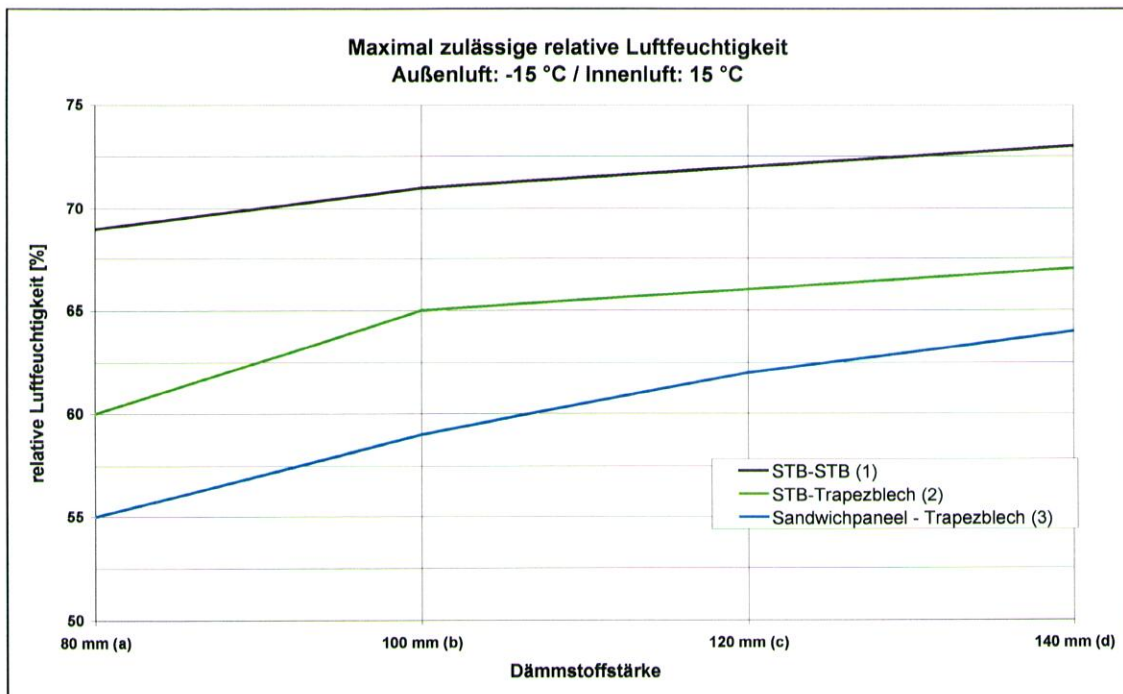


Abbildung 6 – maximal zulässige Luftfeuchtigkeit bei 15 °C

Zur Vermeidung von Schimmelpilzen wird nach DIN 4108-2 ein Temperaturfaktor f_{Rsi} an der ungünstigsten Stelle von $f_{Rsi} \geq 0,70$ gefordert.

Der Temperaturfaktor f_{Rsi} berechnet sich nach E DIN EN ISO 10211-2 nach folgender Formel:

$$f_{Rsi} = \frac{\theta_{si} - \theta_e}{\theta_i - \theta_e}$$

Dabei ist:

θ_{si} = die raumseitige Oberflächentemperatur

θ_i = die Innenlufttemperatur

θ_e = die Außenlufttemperatur.

Hierdurch ist die auf der sicheren Seite liegende kritische Luftfeuchte nach E DIN EN ISO 13788 für Schimmelpilzbildung auf der Baustoffoberfläche von $\phi_{si} = 80\%$ berücksichtigt.

In den nachfolgenden Tabellen sind die berechneten Temperaturfaktoren aufgeführt⁴:

Temperaturfaktoren f_{Rsi}					
Einbausituation		Dämmstoffstärke			
		a	b	c	d
		80 mm	100 mm	120 mm	140 mm
1	Fassade: Stahlbeton, d = 150 mm Dach: Stahlbeton, d = 150 mm	0,812	0,831	0,838	0,842
2	Fassade: Stahlbeton, d = 150 mm Dach: Stahl-Trapezblech, d = 0,75 mm	0,745	0,788	0,792	0,799
3	Fassade: Sandwichpaneel, WD 80 mm Dach: Stahl-Trapezblech, d = 0,75 mm	0,709	0,741	0,762	0,779

Tabelle 6 – Temperaturfaktoren

⁴ Die Werte gelten gleichermaßen für Innentemperaturen von 20 °C bzw. 15°C.

Der erforderliche Temperaturfaktor von $f_{Rsi} \geq 0,70$ wird in allen Berechnungsvarianten eingehalten.

Die Wärmedurchgangskoeffizienten im Bereich des Attikagullys betragen je nach Dämmstoffstärke:

Wärmedurchgangskoeffizienten U					
Einbausituation		Dämmstoffstärke			
		a	b	c	d
		80 mm	100 mm	120 mm	140 mm
1	Fassade: Stahlbeton, d = 150 mm	1,94	0,99	0,66	0,50
	Dach: Stahlbeton, d = 150 mm	W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K
2	Fassade: Stahlbeton, d = 150 mm	2,27	1,06	0,69	0,52
	Dach: Stahl-Trapezblech, d = 0,75 mm	W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K
3	Fassade: Sandwichpaneel, WD 80 mm	2,27	1,06	0,69	0,52
	Dach: Stahl-Trapezblech, d = 0,75 mm	W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K

5. Bewertung der Ergebnisse

Durch den Einbau des SITA Attikagullys mit Rechteckrohr in den Dachaufbau werden die Mindestanforderungen an den Wärmeschutz gemäß DIN 4108 bei üblichen Wand- und Dachaufbauten eingehalten. Voraussetzung hierfür sind:

- Die Gesamtdämmstoffstärke (neben dem Gully) beträgt $d \geq 80$ mm.
- Die Dämmstoffstärke unter dem Gully beträgt $d \geq 20$ mm
- Das Rechteckrohr wird in der Durchführung durch die Attika wärmegeklärt ($d = 20$ mm)

Bei Einhaltung üblicher relativer Luftfeuchtigkeit ($\leq 50 \%$) ist auch bei sehr geringen Außentemperaturen keine Tauwassergefahr vorhanden. Bei Vorliegen größerer relativer oder absoluter Luftfeuchtigkeiten (Schwimmbäder, Lebensmittelindustrie etc.) muss die Dämmstoffstärke im Dach anhand der Abbildungen 5 und 6 angepasst werden.

aufgestellt:

Osnabrück, im März 2005



Sachbearbeiter



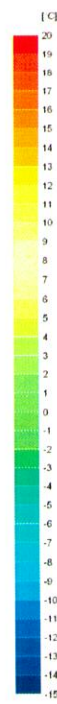
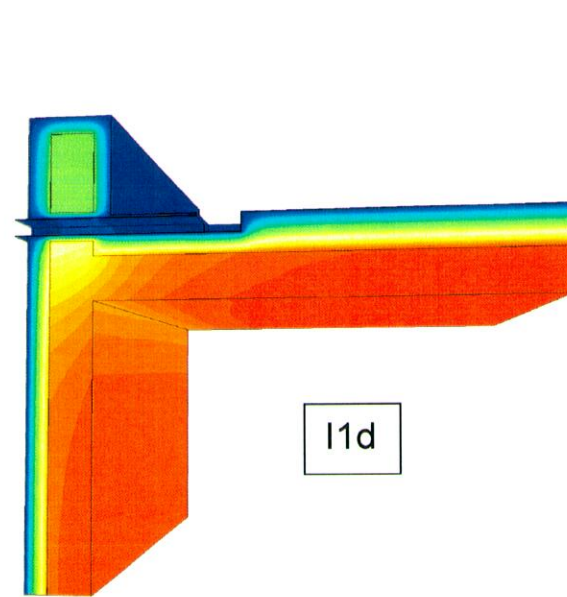
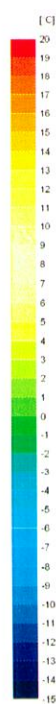
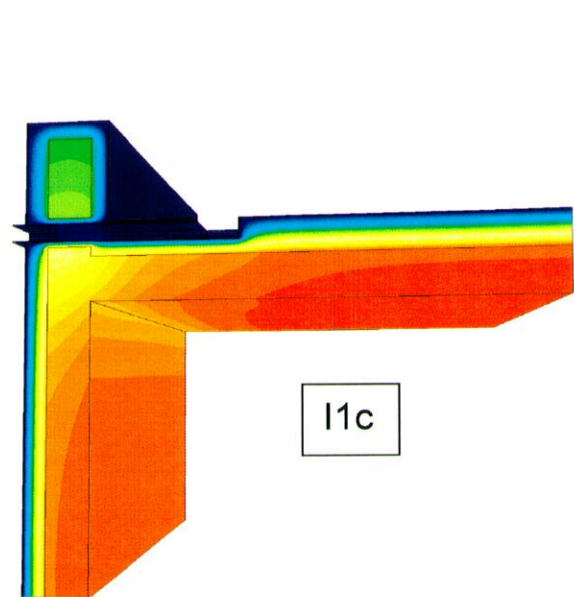
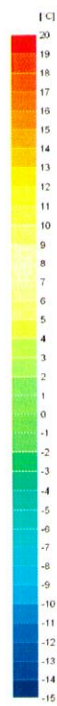
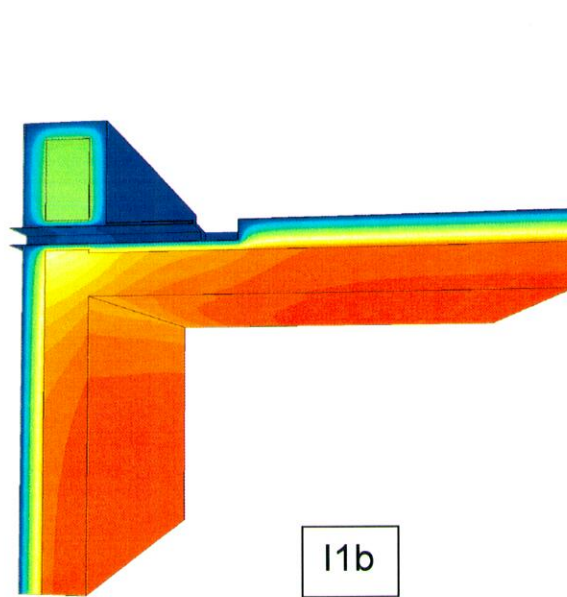
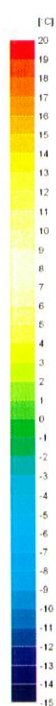
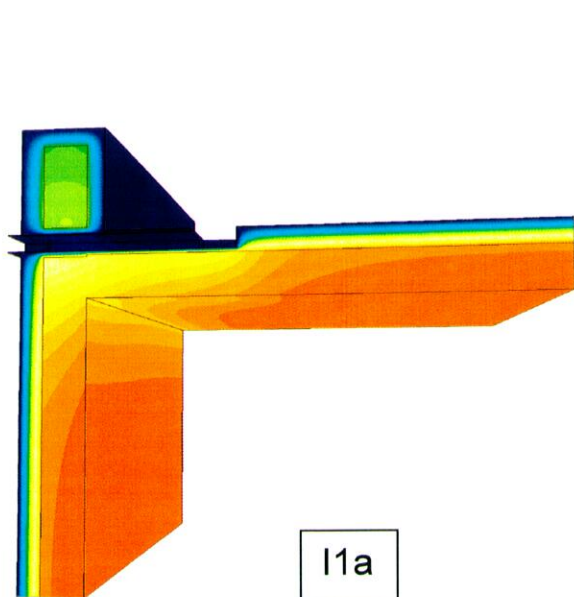
Anlage A

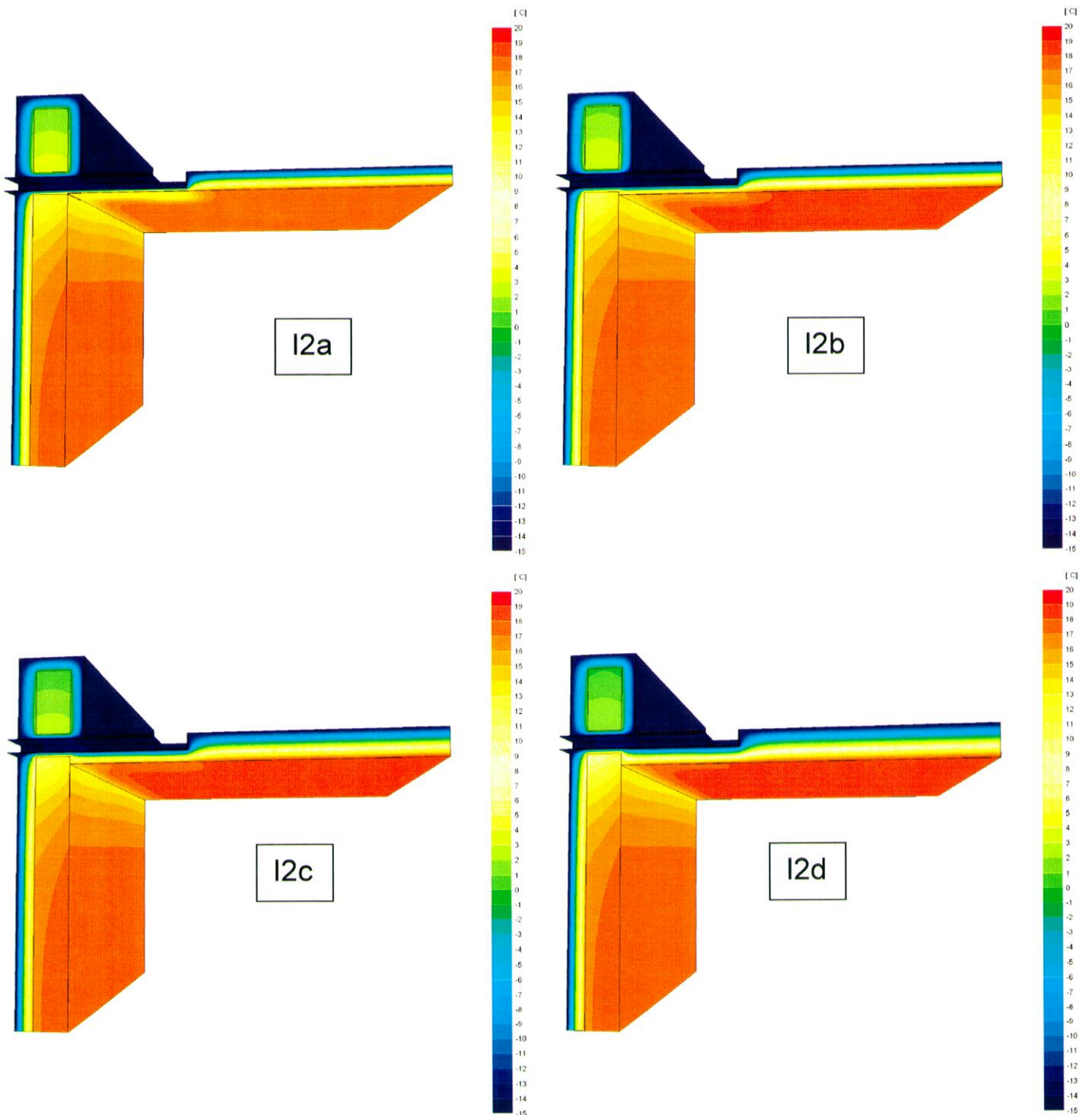
zur

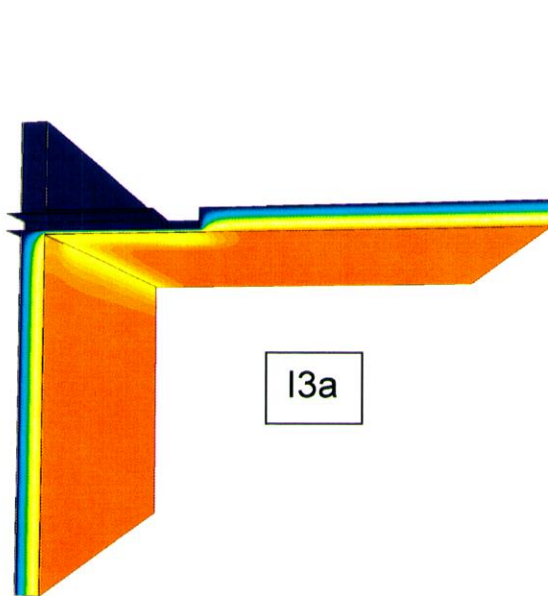
Dreidimensionalen wärmetechnischen Untersuchung
von Oberflächentemperaturen nach DIN EN ISO 10211-1

zum SITA Attikagully mit Rechteckrohr

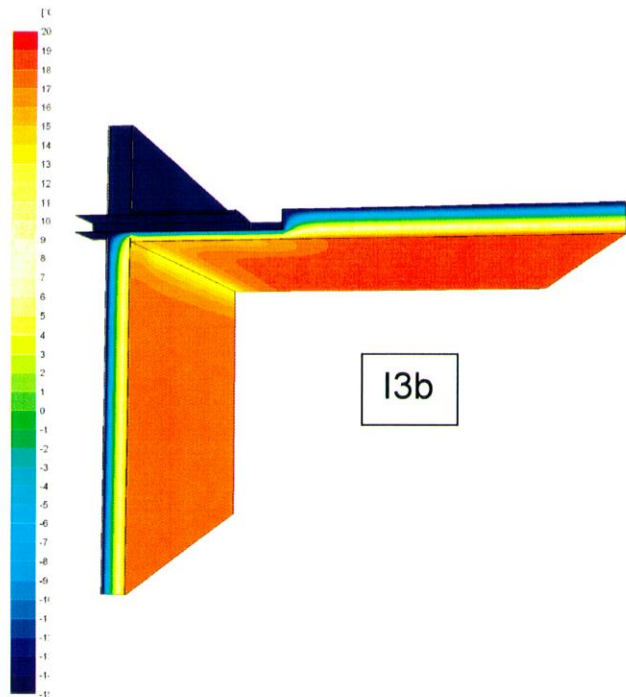
Graphische Darstellung der Berechnungsergebnisse



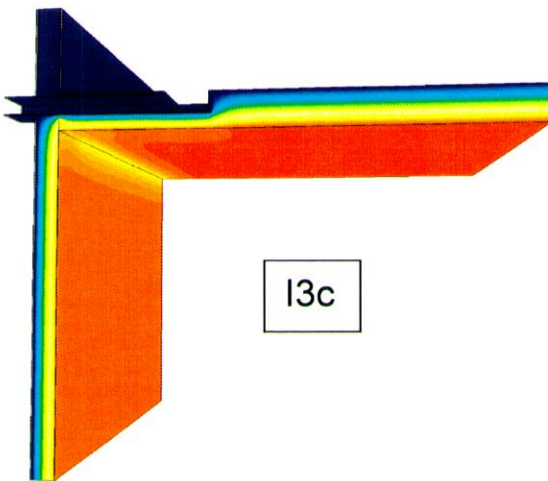




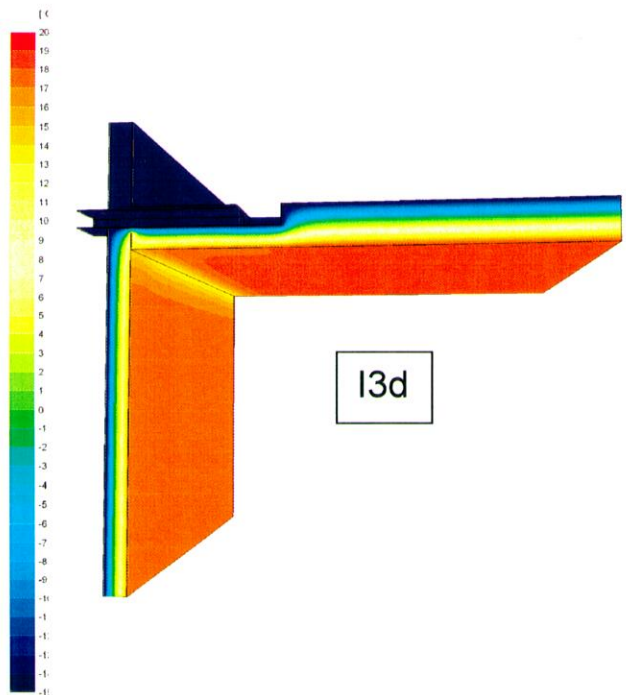
I3a



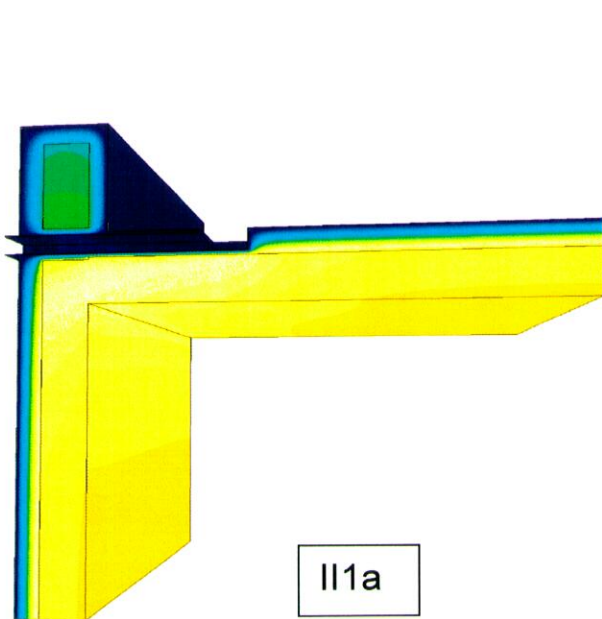
I3b



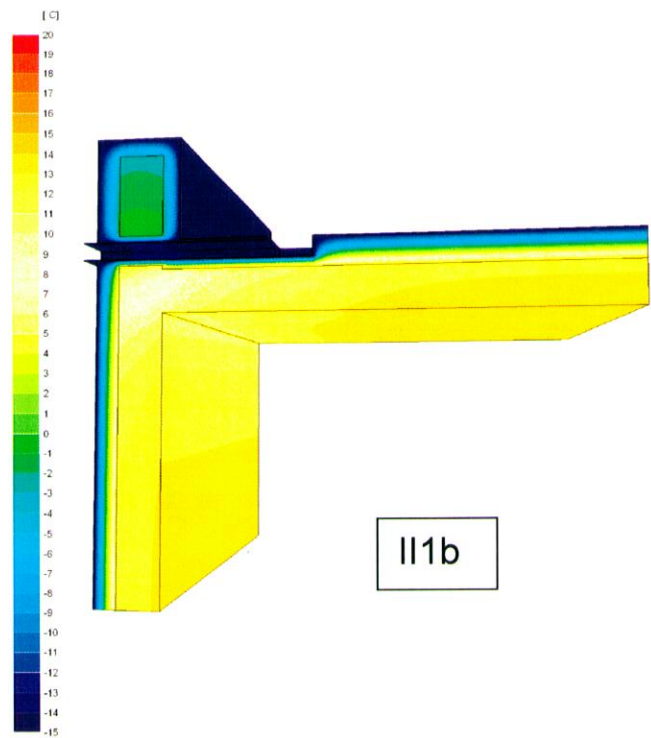
I3c



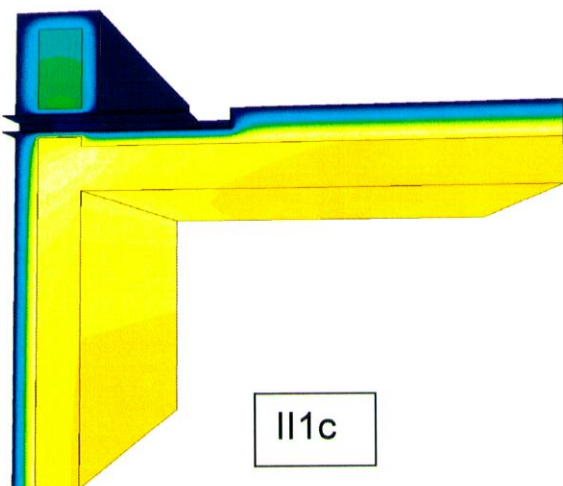
I3d



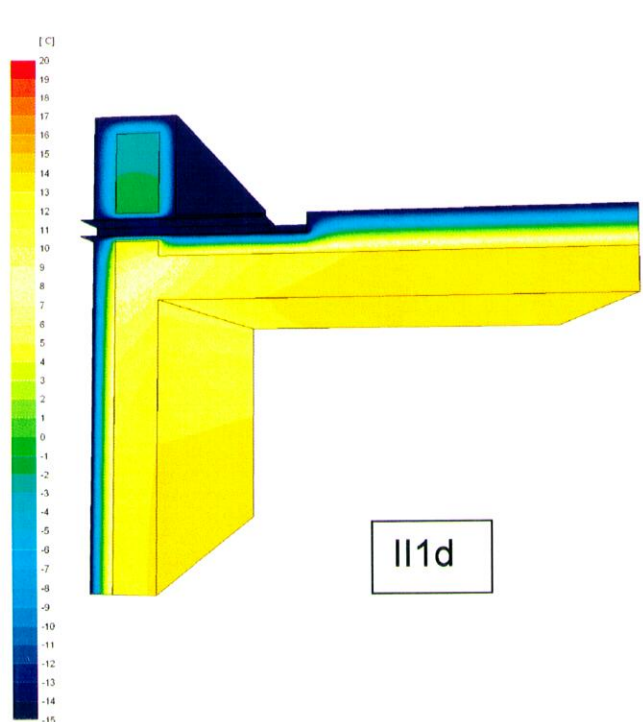
II1a



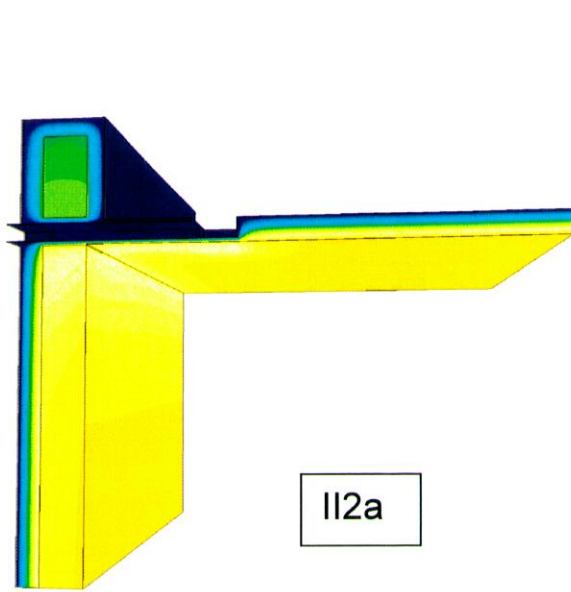
II1b



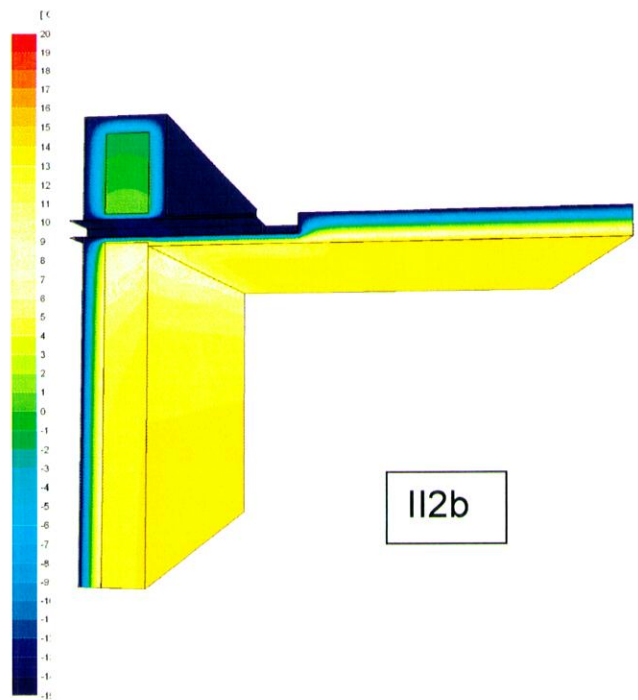
II1c



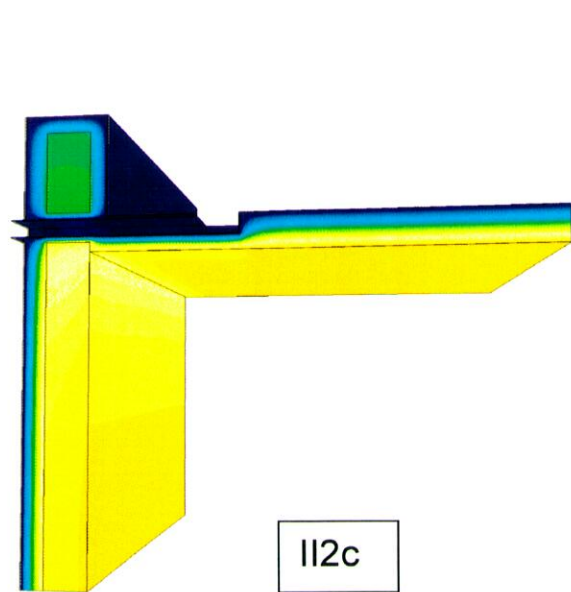
II1d



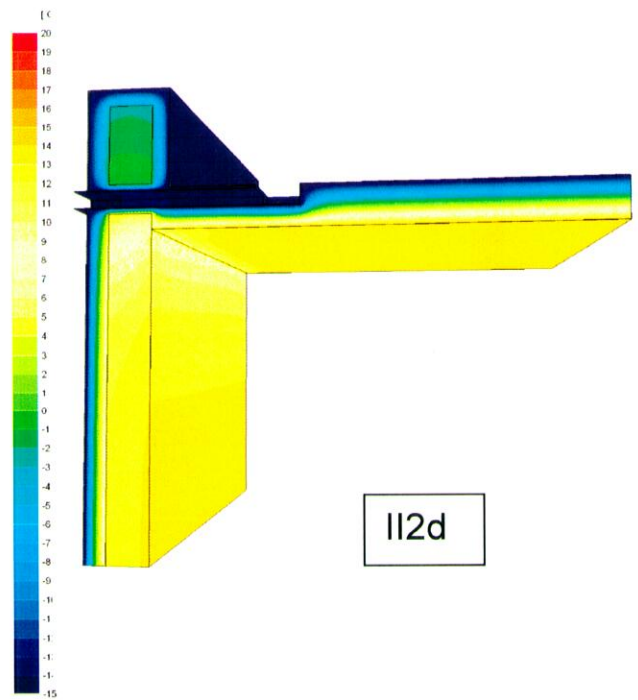
II2a



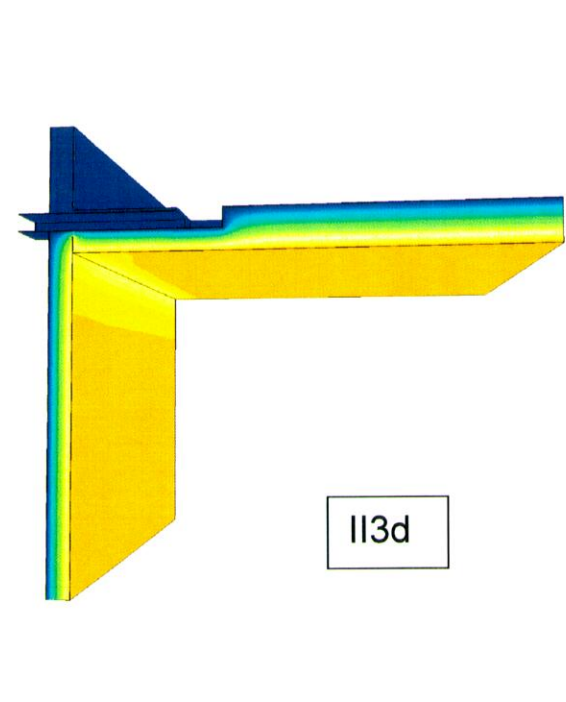
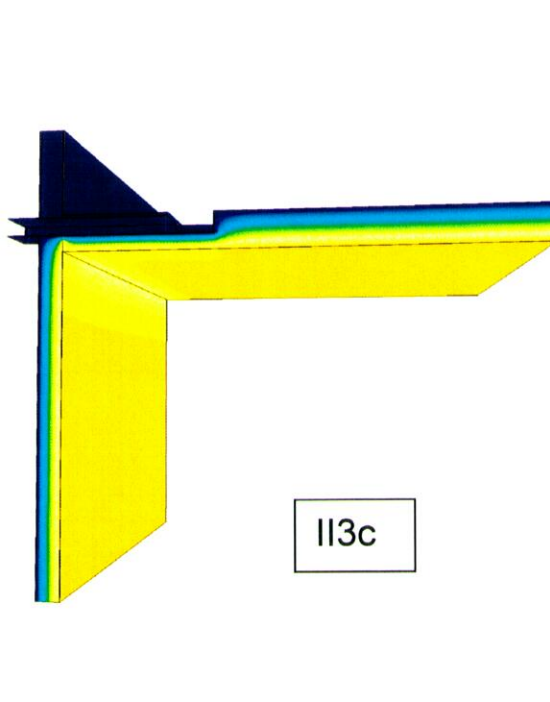
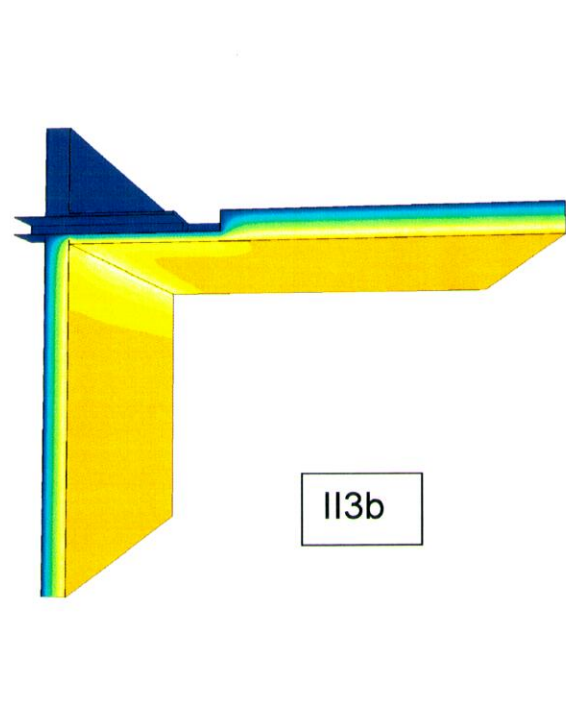
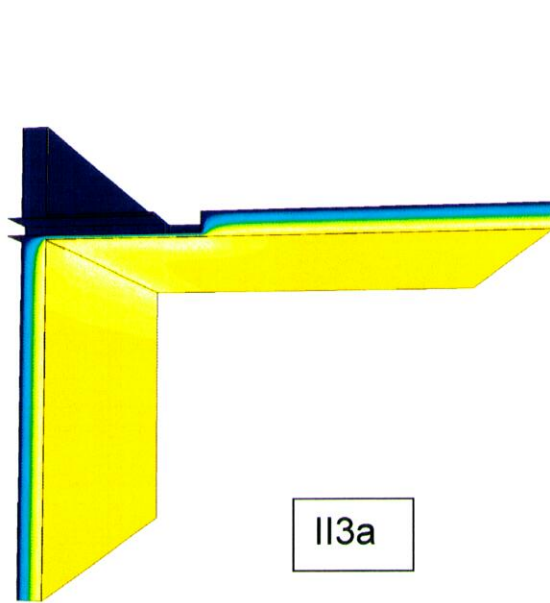
II2b



II2c



II2d



Anlage B

zur

Dreidimensionalen wärmtechnischen Untersuchung
von Oberflächentemperaturen nach DIN EN ISO 10211-1

zum SITA Attikagully mit Rechteckrohr

Knotentemperaturen

Berechnungsvariante I2b**Temperaturen in den Eckknoten:****TRISCO - Berechnungsergebnisse**

TRISCO Datendatei: UI2b.trc

Knotenanzahl = 185308

Wärmestrom-Objektdivergenz = 3.84287e-005

Wärmestrom-Knotendivergenz = 0.588322

Frb. Typ	Name	tmin [°C]	R	C	L	tmax [°C]	R	C	L
2	MATERIAL Stahl	12.60	41	71	77	18.30	149	127	79
8	MATERIAL concrete high d	0.32	41	91	13	17.93	41	169	153
45	MATERIAL stainless steel	-14.92	73	91	45	-12.78	33	101	73
50	MATERIAL polyvinylchlori	-14.98	71	91	45	-12.96	49	169	49
141	MATERIAL insulation (0.0	-15.02	49	167	5	18.30	149	127	77
186	BC_SIMPL Aussen	-15.02	49	167	5	-12.86	33	97	69
190	BC_SIMPL Innen	12.56	41	71	81	18.30	149	127	79

Frb. Typ	Name	ta [°C]	Str.ein [W]	Str.aus [W]
186	BC_SIMPL Aussen		0.03	119.32
190	BC_SIMPL Innen		119.28	0.00

Temperaturfaktor (EN ISO 10211-2) = 0.788

hi = 7.69 W/(m².K)

Rsi = 0.13 m².K/W

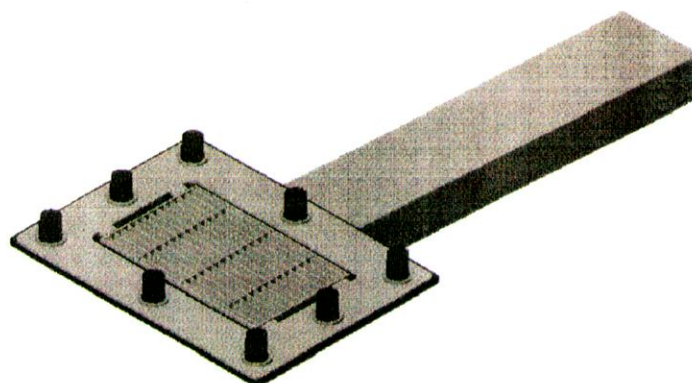
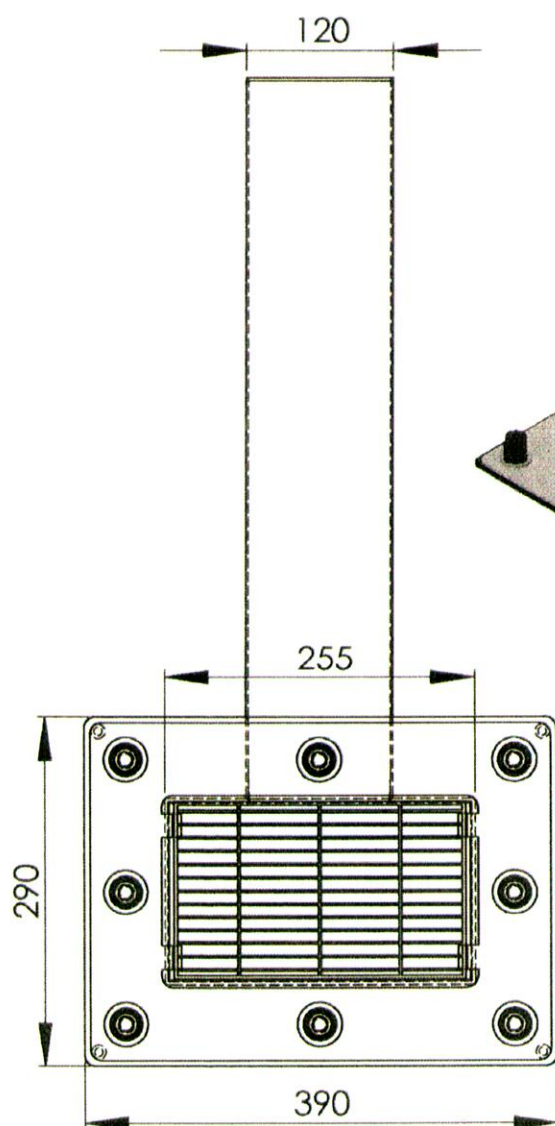
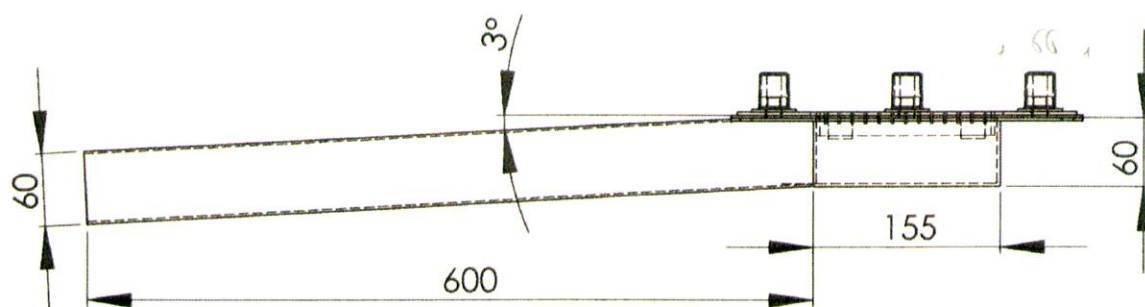
Anlage C

zur

Dreidimensionalen wärmtechnischen Untersuchung
von Oberflächentemperaturen nach DIN EN ISO 10211-1

zum SITA Attikagully mit Rechteckrohr

Originalzeichnungen SITA



Stand: 11.2003 Maßstab: 1:6 Gewicht: 9,2 kg



SitaAttikagully
mit Rechteckrohr
Werkstoff: Edelstahl
Werkstoffnummer: 1.4301
Art.-Nr.: 186099

Anlage D

zur

Dreidimensionalen wärmetechnischen Untersuchung
von Oberflächentemperaturen nach DIN EN ISO 10211-1

zum SITA Attikagully mit Rechteckrohr

Rasterdaten

Berechnungsvariante I2b**TRISCO - Eingabedaten**

BV. 2005032 Wärmebrückenberechnung Attikagully Sita
 1.3.05
 Winter

Variante I2b
 STB-Stahl
 WD 10 cm
 MIN

TRISCO Datendatei: UI2b.trc

RASTER

Rastereinheit = 0.001 m

Nr.	R	C	L
1-3	5.000	5.000	5.000
3-5	5.000	5.000	5.000
5-7	11.500	50.000	15.000
7-9	11.500	50.000	15.000
9-11	11.500	50.000	15.000
11-13	11.500	50.000	15.000
13-15	20.000	50.000	27.550
15-17	20.000	50.000	27.550
17-19	20.000	50.000	27.550
19-21	20.000	50.000	27.550
21-23	15.000	50.000	27.550
23-25	15.000	50.000	27.550
25-27	15.000	50.000	27.550
27-29	15.000	50.000	27.550
29-31	15.000	50.000	13.775
31-33	15.000	50.000	13.775
33-35	15.000	50.000	13.775
35-37	15.000	50.000	13.775
37-39	15.000	25.000	4.000
39-41	15.000	25.000	4.000
41-43	15.000	25.000	1.250
43-45	15.000	25.000	1.250
45-47	15.000	25.000	0.750
47-49	15.000	25.000	0.750
49-51	19.500	12.500	0.500
51-53	19.500	12.500	0.500
53-55	19.500	12.500	3.500
55-57	19.500	12.500	3.500
57-59	19.500	16.500	1.250
59-61	19.500	16.500	1.250
61-63	19.500	16.500	13.750
63-65	19.500	16.500	13.750
65-67	19.500	1.250	13.750
67-69	19.500	1.250	13.750
69-71	19.500	11.250	1.250
71-73	19.500	11.250	1.250
73-75	15.000	11.250	20.000
75-77	15.000	11.250	12.000
77-79	15.000	10.000	0.750
79-81	15.000	10.000	4.000
81-83	1.250	1.250	17.750
83-85	1.250	1.250	17.750
85-87	25.000	19.167	17.750
87-89	25.000	19.167	17.750
89-91	25.000	19.167	17.750
91-93	25.000	19.167	17.750
93-95	25.000	19.167	17.750
95-97	25.000	19.167	17.750

INGENIEURBÜRO FÜR ANGEWANDTE BAUPHYSIK

BERATUNG • GUTACHTEN • SANIERUNG

97-99	1.250	1.250	12.500
99-101	1.250	1.250	12.500
101-103	16.500	10.000	12.500
103-105	16.500	10.000	12.500
105-107	16.500	22.500	12.500
107-109	16.500	22.500	12.500
109-111	12.500	1.250	12.500
111-113	12.500	1.250	12.500
113-115	12.500	16.500	25.000
115-117	12.500	16.500	25.000
117-119	25.000	16.500	25.000
119-121	25.000	16.500	25.000
121-123	50.000	12.500	50.000
123-125	50.000	12.500	50.000
125-127	50.000	12.500	50.000
127-129	50.000	12.500	50.000
129-131	50.000	25.000	50.000
131-133	50.000	25.000	50.000
133-135	50.000	50.000	50.000
135-137	50.000	50.000	50.000
137-139	50.000	50.000	50.000
139-141	50.000	50.000	50.000
141-143	50.000	50.000	50.000
143-145	50.000	50.000	50.000
145-147	50.000	50.000	50.000
147-149	50.000	50.000	50.000
149-151	50.000	50.000	50.000
151-153	50.000	50.000	50.000
153-155	50.000	50.000	5.000
155-157	50.000	50.000	5.000
157-159	5.000	50.000	
159-161	5.000	50.000	
161-163		50.000	
163-165		50.000	
165-167		50.000	
167-169		50.000	
169-171		5.000	
171-173		5.000	
Summe	1871.000	2407.000	1614.250

BLÖCKE

Nr.	Frb.	Rmin	Rmax	Cmin	Cmax	Lmin	Lmax
1	186	1	157	5	169	1	153
2	190	41	157	5	169	79	153
3	8	21	41	5	169	13	57
4	8	21	41	5	81	57	73
5	8	21	41	101	169	57	73
6	8	21	41	5	169	73	153
7	2	41	157	5	169	77	79
8	141	41	81	5	81	49	77
9	141	41	81	101	169	49	77
10	141	81	101	5	65	49	77
11	141	41	81	81	101	73	77
12	141	81	101	65	113	73	77
13	141	41	81	81	101	49	57
14	141	81	101	113	169	49	77
15	141	101	157	5	169	49	77
16	50	41	73	5	169	45	49
17	50	73	109	5	57	45	49
18	50	73	109	121	169	45	49
19	50	109	157	5	169	45	49
20	45	73	81	57	121	45	53
21	45	81	101	57	65	45	53
22	45	101	109	57	121	45	53
23	45	81	101	113	121	45	53
24	45	5	85	81	85	57	73

INGENIEURBÜRO FÜR ANGEWANDTE BAUPHYSIK

BERATUNG • GUTACHTEN • SANIERUNG

25	45	5	85	97	101	57	73
26	45	81	85	81	101	45	61
27	45	81	85	65	85	45	73
28	45	81	85	97	113	45	73
29	45	81	101	65	69	45	73
30	45	81	101	109	113	45	73
31	45	97	101	65	113	45	73
32	45	5	85	81	101	69	73
33	45	5	85	81	101	57	61
34	45	85	101	65	113	69	73
35	141	13	21	5	169	13	57
36	141	13	21	5	81	57	73
37	141	13	21	101	169	57	73
38	141	13	21	5	169	73	153
39	141	41	49	5	169	13	57
40	141	13	49	5	169	5	13
41	141	21	41	77	105	73	75
42	141	21	41	77	105	37	57
43	141	21	41	77	81	41	75
44	141	21	41	101	105	41	75

FARBEN

Fr. Typ	CEN-Regel	Name	Lambda [W/mK]	Eps [-]	t [°C]	h [W/m²K]	q [W/m²]
2	MATERIAL	Stahl	50.000				
8	MATERIAL	concrete high d	2.000				
45	MATERIAL	stainless steel	17.000				
50	MATERIAL	polyvinylchlori	0.170				
141	MATERIAL	insulation (0.0	0.040				
186	BC_SIMPL	NIHIL Aussen			-15.0	25.00	0
190	BC_SIMPL	NIHIL Innen			20.0	7.69	0

Berechnungsparameter

Maximale Iterationenanzahl = 10000
 Maximale Temperaturdifferenz = 0.0001°C
 Wärmestrom-Objektdivergenz = 0.001 %
 Maximale Wärmestrom-Knotendivergenz = 1 %