

Dienstgebäude: Mies-van-der-Rohe-Str. 1  
52074 Aachen

Telefon: +49-(0)241-80-25177

Telefax: +49-(0)241-80-22140

E-Mail: [stb@stb.rwth-aachen.de](mailto:stb@stb.rwth-aachen.de)

Internet: [www.stb.rwth-aachen.de](http://www.stb.rwth-aachen.de)

**Bestimmung der Wärmebrückenwirkung  
der mechanischen Befestigungselemente  
für ausgewählte Bemo-Dachkonstruktionen**

**im Auftrag der Maas Profile GmbH & Co KG**

*M. Kuhnhenne*

Dr.-Ing. M. Kuhnhenne

Aachen, 29. Februar 2012

<b>Inhalt</b>	<b>Seite</b>
<b>1 Allgemeines</b>	<b>3</b>
<b>2 Verwendete Unterlagen</b>	<b>3</b>
<b>3 Berechnungen</b>	<b>3</b>
3.1 Allgemeines	3
3.2 Randbedingungen	3
3.3 Wärmeleitfähigkeit der Materialien	4
<b>4 Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten</b>	<b>5</b>
4.1 Abmessungen	5
4.2 Bestimmung des Wärmedurchgangs im ungestörten Regelbereich	7
4.3 Ergebnisse der numerischen Berechnungen	8
<b>5 Normen / Literatur</b>	<b>15</b>

# 1 Allgemeines

Im Rahmen des Projektes wird der Bemessungswert des Wärmedurchgangskoeffizienten unterschiedlicher Dachkonstruktionen bestimmt.

Dazu werden mit Hilfe von dreidimensionalen numerischen FEM-Berechnungen die Wärmeströme im thermischen Einflussbereich der mechanischen Befestigungselemente (punkt- und linienförmig) bestimmt.

Die Abmessungen, Materialeigenschaften und thermischen Randbedingungen werden in Abstimmung mit dem Auftraggeber festgelegt.

## 2 Verwendete Unterlagen

- Zeichnungen Dachkonstruktionen, Bemo
- Zeichnungen Bemo-GFK- bzw. Bemo-Aluminium-Halter, Bemo

## 3 Berechnungen

### 3.1 Allgemeines

Im thermischen Einflussbereich der mechanischen Befestigungselemente der zu untersuchenden zweischaligen Dachkonstruktionen entstehen erhöhte Wärmeströme, die bei der Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten  $U$  berücksichtigt werden müssen.

Im Rahmen des Projektes wird der Wärmetransfer im thermischen Einflussbereich der punkt- und linienförmigen Befestigungselemente mit Hilfe von dreidimensionalen numerischen Verfahren nach DIN EN ISO 10211 ermittelt. Dabei werden die in Tabelle 3.1 und Tabelle 3.2 aufgeführten Randbedingungen verwendet.

### 3.2 Randbedingungen

#### 3.2.1 Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten

Für die Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten werden die Randbedingungen nach DIN EN ISO 6946 verwendet (siehe Tabelle 3.1 und Tabelle 3.2).

<b>Innen</b>	20,0
<b>Aussen</b>	0,0

Tabelle 3.1: Temperatur  $\theta$  [°C]

	Richtung des Wärmestroms		
	Aufwärts	Horizontal	Abwärts
<b>Innen</b>	0,10	0,13	0,17
<b>Aussen</b>	0,04	0,04	0,04

Tabelle 3.2: Wärmeübergangswiderstand  $R_s$  [ $m^2 \cdot K/W$ ]

### 3.3 Wärmeleitfähigkeit der Materialien

Folgende Materialeigenschaften werden bei den numerischen Berechnungen verwendet:

Material	Wärmeleitfähigkeit $\lambda$ [ $W/(m \cdot K)$ ]	Quelle
Aluminium	160,0	DIN EN ISO 10456
Stahl	50,0	DIN EN ISO 10456
GFK	0,3	DIN EN ISO 10456
Schrauben	17,0	DIN EN ISO 10456
Wärmedämmung 035	0,035	DIN EN ISO 10456
Wärmedämmung 040	0,040	DIN EN ISO 10456
Distanzkappe (Polyamid)	0,25	Bemo Systems

Tabelle 3.3: Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$  [ $W/(m \cdot K)$ ]

Die Berechnung der Wärmeleitfähigkeit der Lufträume erfolgt nach DIN EN ISO 6946 bzw. DIN EN ISO 10077-2.

## 4 Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten

### 4.1 Abmessungen

Bild 4.1 zeigt die Darstellung der bei den Untersuchungen berücksichtigten Bemo-Halter incl. Halterkopf und Halterfuß.

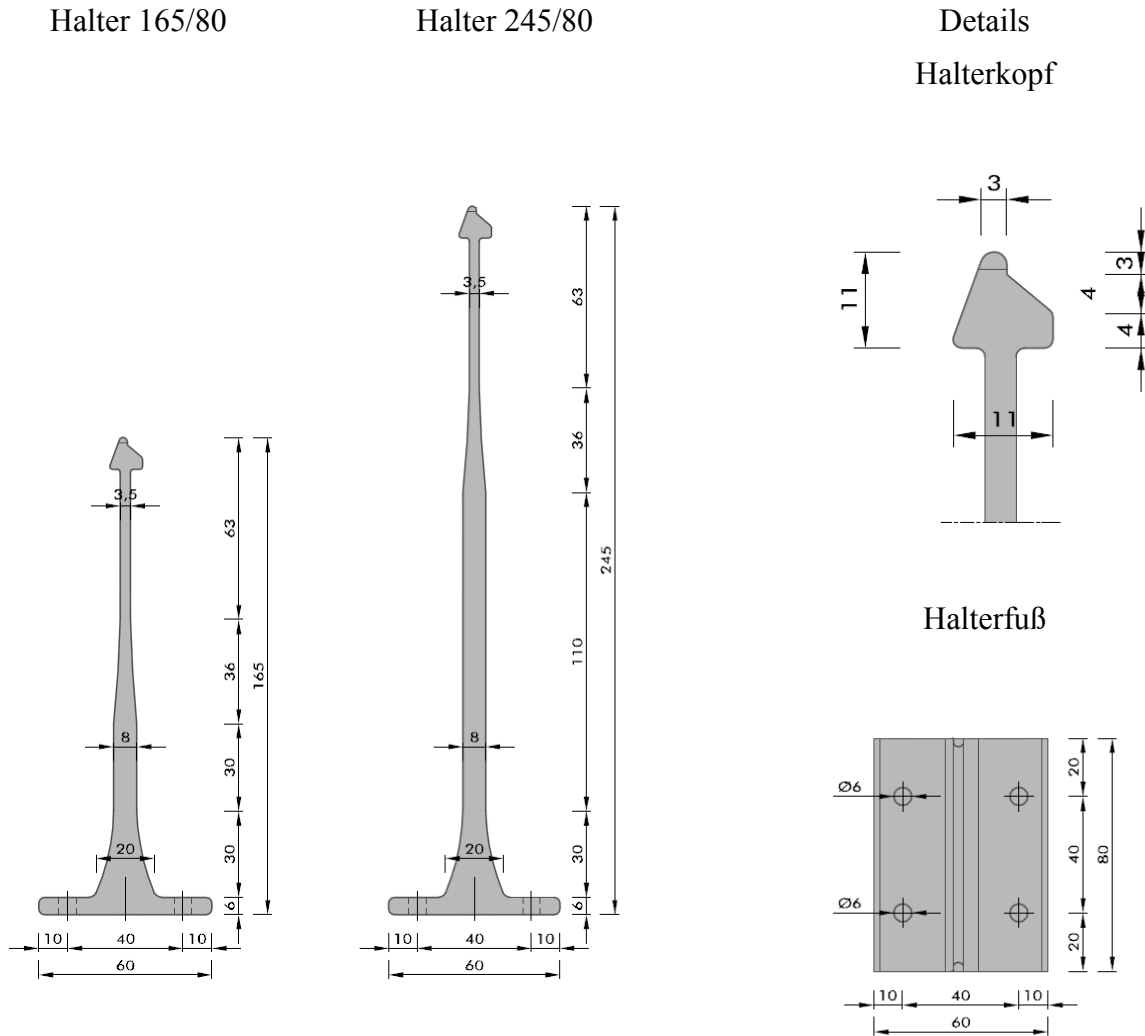
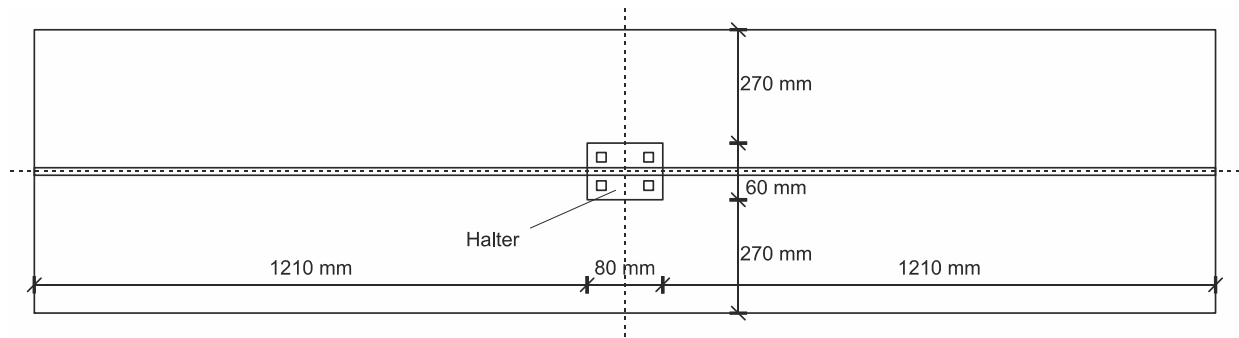
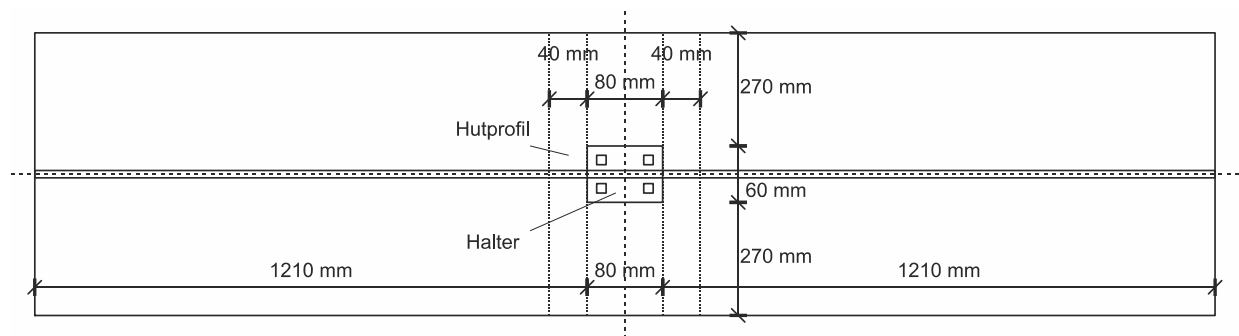


Bild 4.1: Bemo-Halter

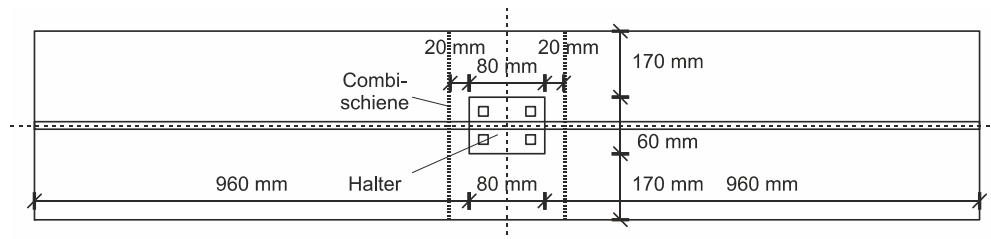
Bild 4.2 und Bild 4.4 zeigen die Draufsicht auf den jeweiligen repräsentativen Bereich mit den mechanischen Befestigungselementen.



**Bild 4.2: Bemo-Halter aus GFK – Draufsicht**



**Bild 4.3: Bemo-Halter aus GFK mit Hutprofil – Draufsicht**



**Bild 4.4: Bemo-Halter aus Aluminium mit Combi-schiene – Draufsicht**

Der Dachaufbau besteht im Regelbereich von außen nach innen aus:

- Aluminiumstehpfalzprofil
  - $t = 0,90$  mm bei Verwendung von Bemo-GFK-Haltern
  - $t = 1,00$  mm bei Verwendung von Bemo-Aluminium-Haltern
- Wärmedämmung:  $d_{wD}$  nach Tabelle 4.1
- Stahltragschale:  $t = 0,88$  mm

	$d_{WD}$ [mm]
GFK-Halter 245	$245 - 65 = 180$
GFK-Halter 165	$165 - 65 = 100$
GFK-Halter 245 + 40 mm Hutprofil 1,5 mm Stahl	$245 - 65 + 40 = 220$
GFK-Halter 245 + 120 mm Hutprofil 1,5 mm Stahl	$245 - 65 + 120 = 300$
GFK-Halter 165 + 20 mm Distanzkappe	$165 - 65 + 20 = 120$
Aluminium-Halter 160 + 5 mm Distanzkappe + 100 mm	$160 - 65 + 5 + 100 = 200$

**Tabelle 4.1: Dicke der Wärmedämmung**

Dabei werden die Abstände der Bemo-Halter nach Absprache mit dem Auftraggeber wie folgt berücksichtigt:

- 600 mm / 2500 mm bei Verwendung von Bemo-GFK-Haltern
- 400 mm / 2000 mm bei Verwendung von Bemo-Aluminium-Haltern

## 4.2 Bestimmung des Wärmedurchgangs im ungestörten Regelbereich

Der Wärmedurchgangskoeffizient für den ungestörten Regelbereich nach DIN EN ISO 6946 der unterschiedlichen Konstruktionen ist in Tabelle 4.2 angegeben.

	$U_{ungestört}$ [W/(m <sup>2</sup> K)]
GFK-Halter 245 Wärmedämmung 035 180 mm	0,189
GFK-Halter 165 Wärmedämmung 035 100 mm	0,334
GFK-Halter 245 + 40 mm Hutprofil 1,5 mm Stahl Wärmedämmung 035 220 mm	0,156
GFK-Halter 245 + 120 mm Hutprofil 1,5 mm Stahl Wärmedämmung 035 300 mm	0,115
GFK-Halter 165 + 20 mm Distanzkappe Wärmedämmung 035 120 mm	0,280
Aluminium-Halter 160 + 5 mm Distanzkappe + 100 mm Wärmedämmung 040 200 mm	0,195

**Tabelle 4.2: Bemessungswert des Wärmedurchgangskoeffizienten im ungestörten Regelbereich**

### 4.3 Ergebnisse der numerischen Berechnungen

#### 4.3.1 Bemessungswert des Wärmedurchgangskoeffizienten

Aus den dreidimensionalen numerischen Berechnungen ergibt sich der Bemessungswert des Wärmedurchgangskoeffizienten  $U_d$  für die jeweilige Konstruktion nach Tabelle 4.3.

	$U_d$ [W/(m <sup>2</sup> K)]
GFK-Halter 245 Wärmedämmung 035 180 mm	0,190
GFK-Halter 165 Wärmedämmung 035 100 mm	0,335
GFK-Halter 245 + 40 mm Hutprofil 1,5 mm Stahl Wärmedämmung 035 220 mm	0,158
GFK-Halter 245 + 120 mm Hutprofil 1,5 mm Stahl Wärmedämmung 035 300 mm	0,121
GFK-Halter 165 + 20 mm Distanzkappe Wärmedämmung 035 120 mm	0,282
Aluminium-Halter 160 + 5 mm Distanzkappe + 100 mm Wärmedämmung 040 200 mm	0,210

**Tabelle 4.3: Bemessungswert des Wärmedurchgangskoeffizienten**

Tabelle 4.4 zeigt den Wärmebrückeneinfluss der mechanischen Befestigungselemente auf den Wärmedurchgangskoeffizienten.

	$\Delta U$ [W/(m <sup>2</sup> K)]
GFK-Halter 245 Wärmedämmung 035 180 mm	0,001
GFK-Halter 165 Wärmedämmung 035 100 mm	0,002
GFK-Halter 245 + 40 mm Hutprofil 1,5 mm Stahl Wärmedämmung 035 220 mm	0,003
GFK-Halter 245 + 120 mm Hutprofil 1,5 mm Stahl Wärmedämmung 035 300 mm	0,007
GFK-Halter 165 + 20 mm Distanzkappe Wärmedämmung 035 120 mm	0,002
Aluminium-Halter 160 + 5 mm Distanzkappe + 100 mm Wärmedämmung 040 200 mm	0,016

**Tabelle 4.4: Bemessungswert des Wärmedurchgangskoeffizienten**



### 4.3.2 FE-Modelle und Temperaturverteilungen

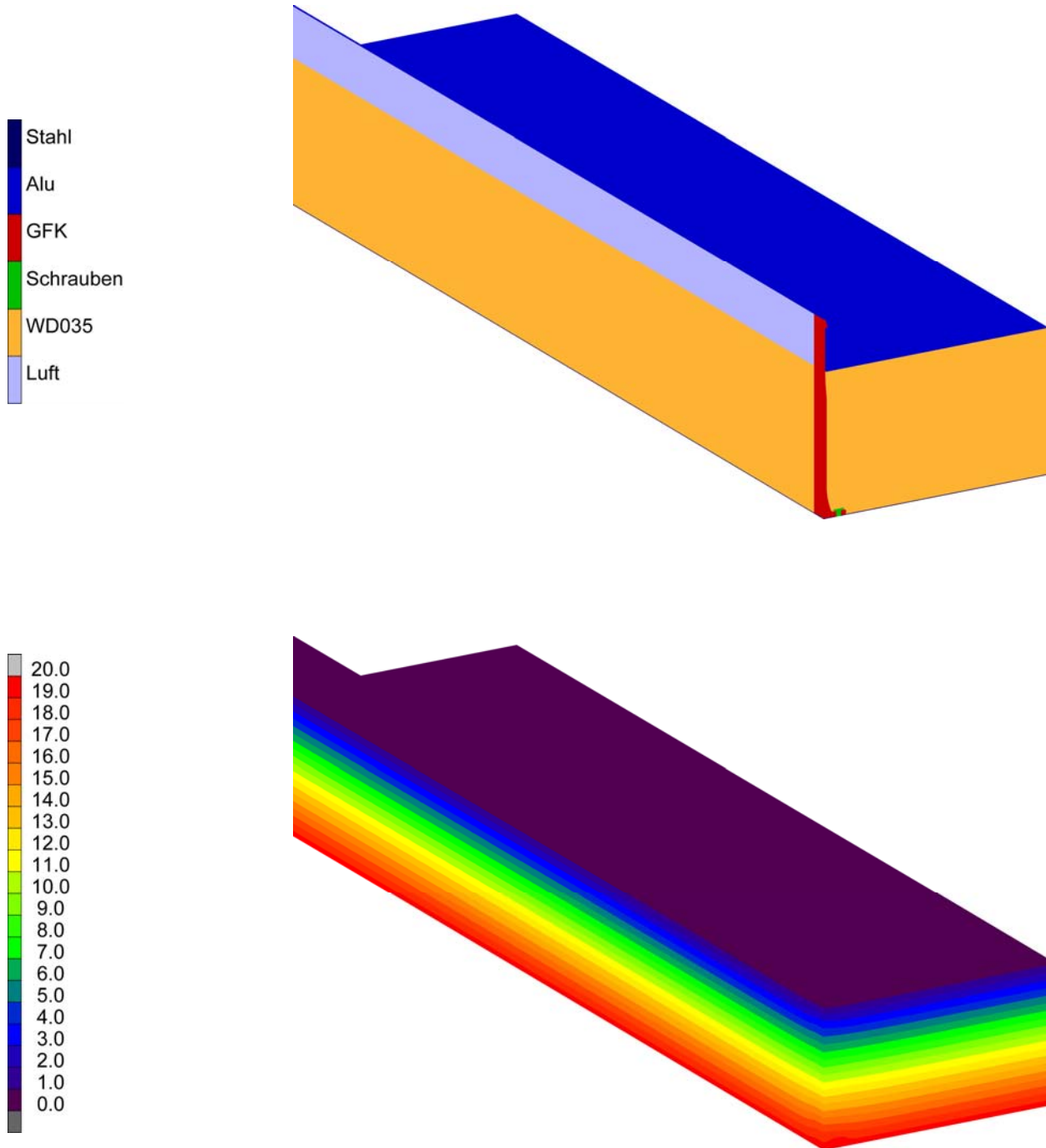


Bild 4.5: FE-Modell und Temperaturverteilung  
GFK-Halter 245 Wärmedämmung 035 180 mm

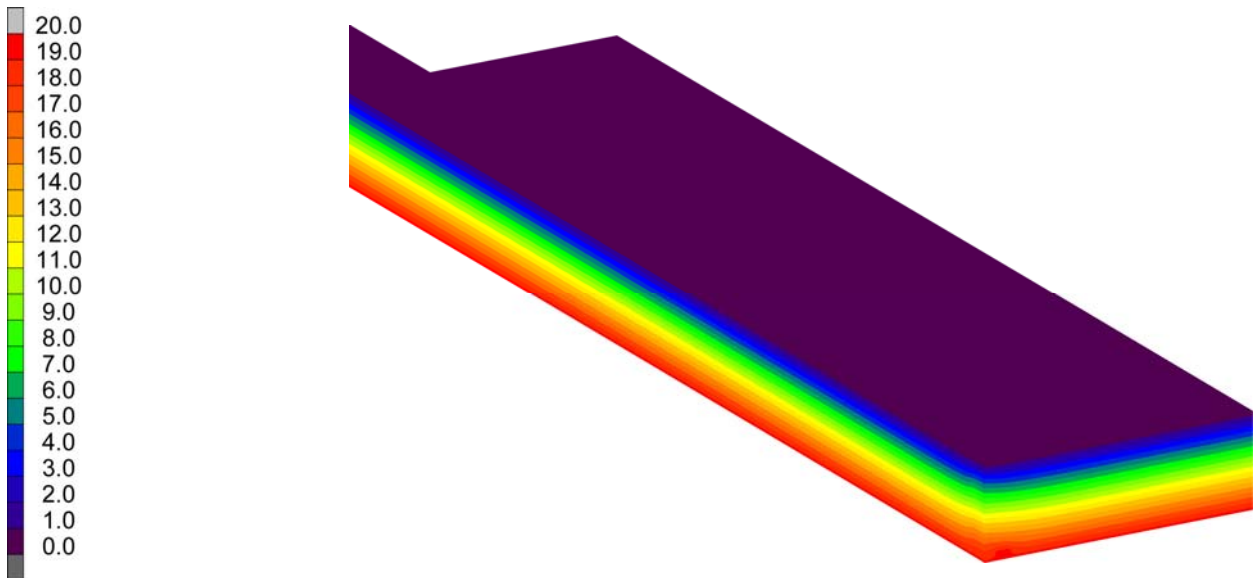
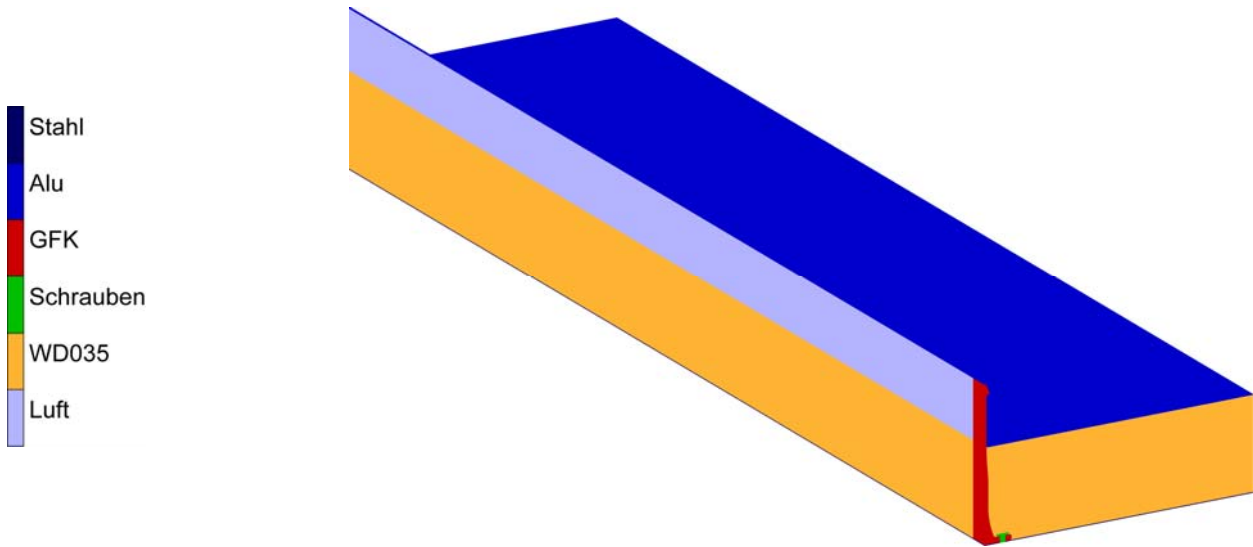


Bild 4.6: FE-Modell und Temperaturverteilung  
GFK-Halter 165 Wärmedämmung 035 100 mm

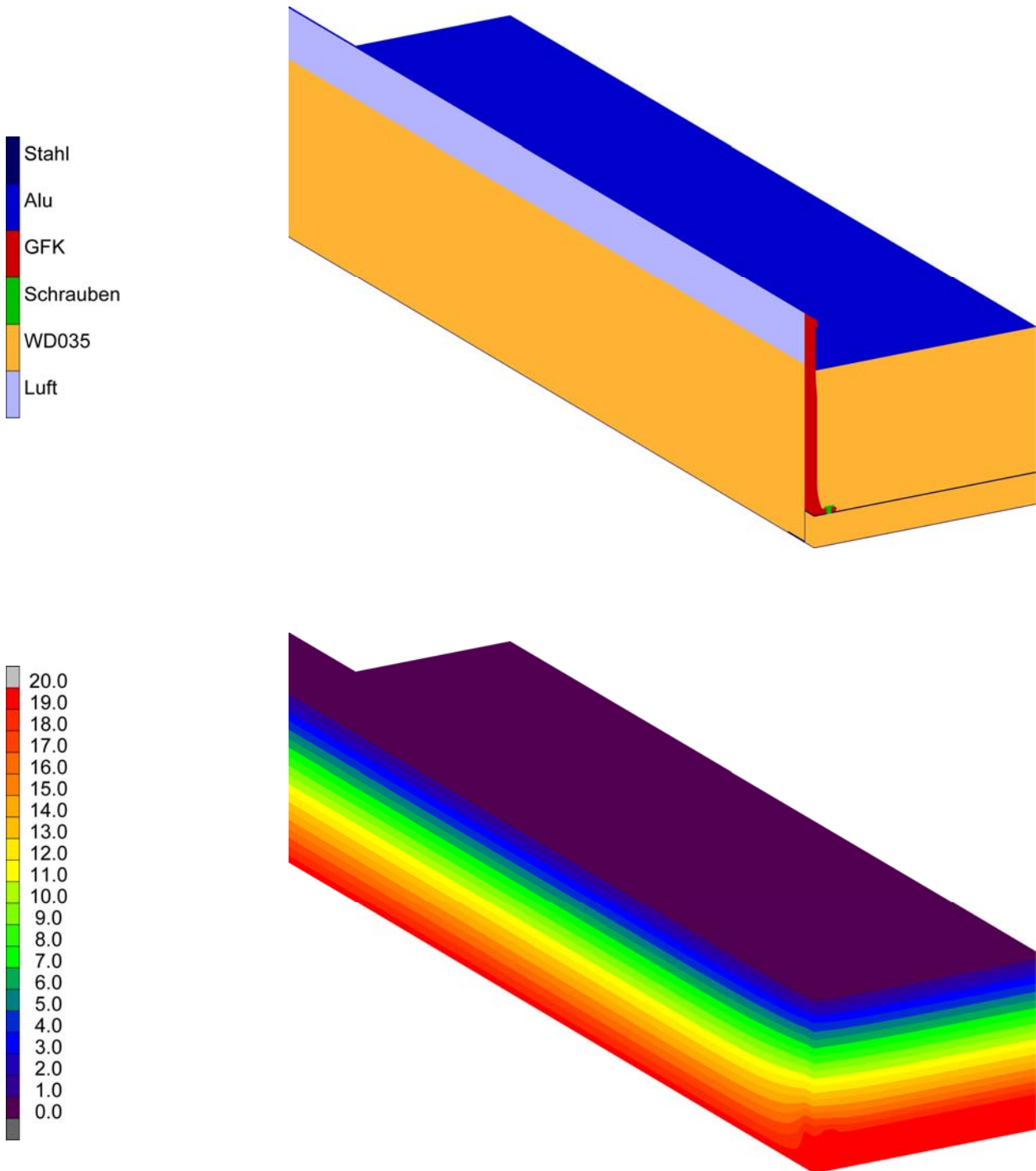
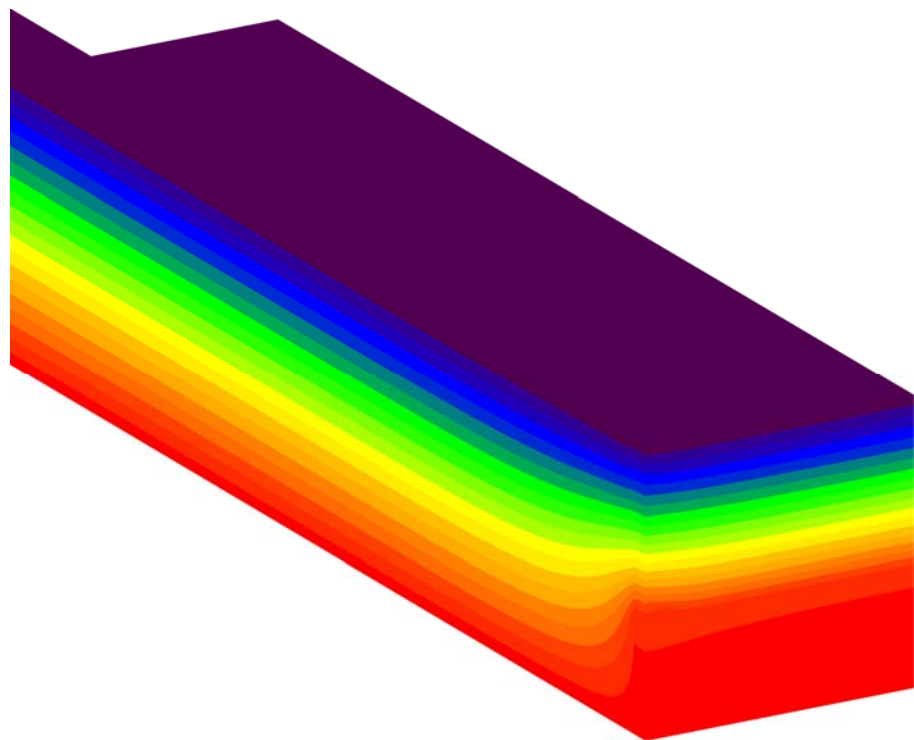
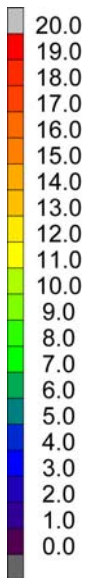
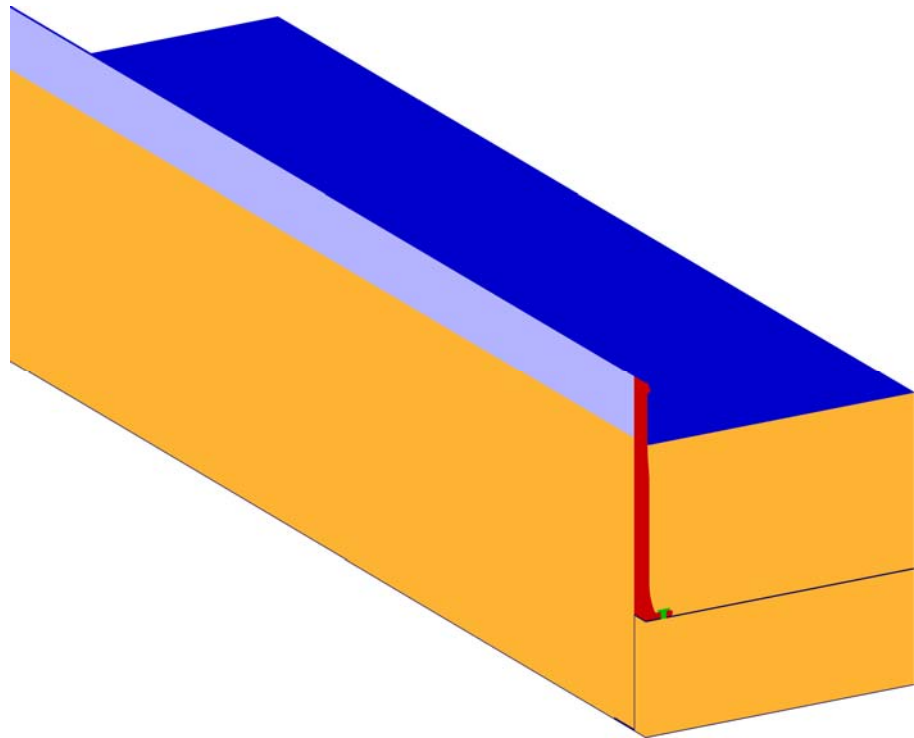


Bild 4.7: FE-Modell und Temperaturverteilung  
 GFK-Halter 245 + 40 mm Hutprofil 1,5 mm Stahl  
 Wärmedämmung 035 220 mm



**Bild 4.8: FE-Modell und Temperaturverteilung**  
**GFK-Halter 245 + 120 mm Hutprofil 1,5 mm Stahl**  
**Wärmedämmung 035 300 mm**

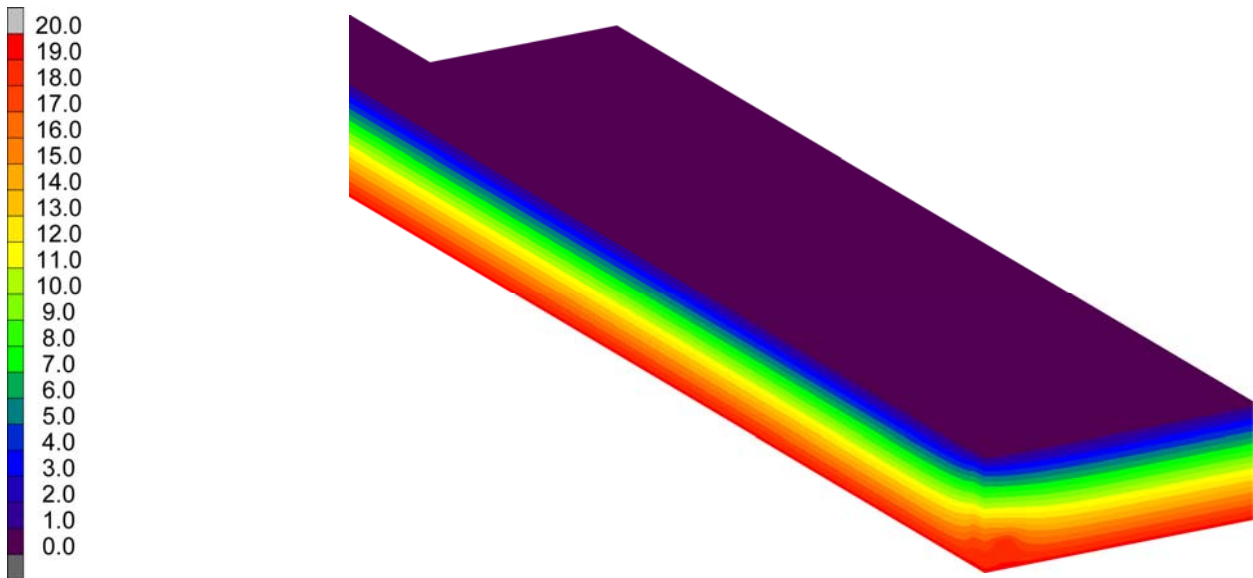
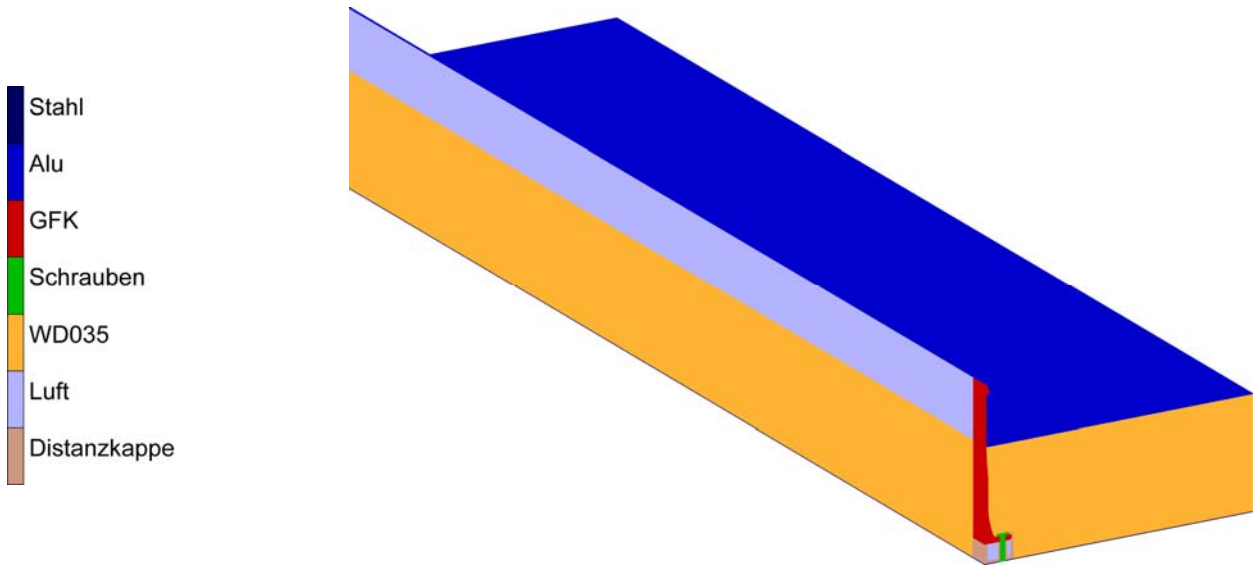
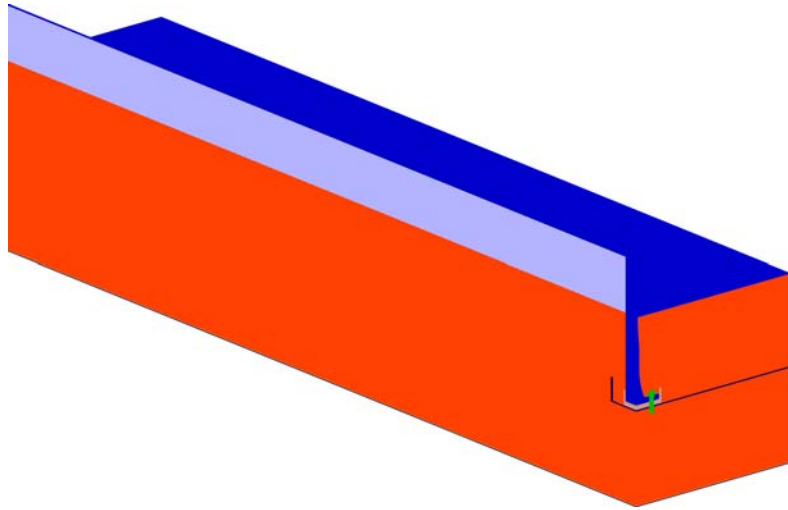
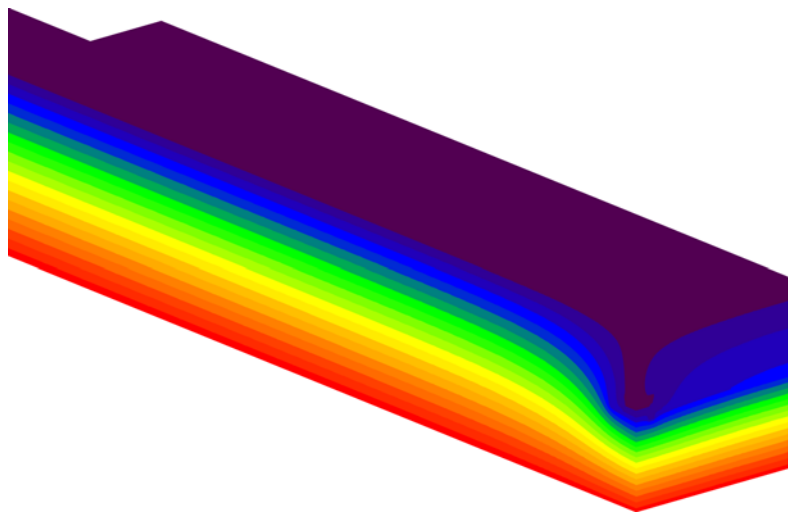


Bild 4.9: FE-Modell und Temperaturverteilung  
 GFK-Halter 165 + 20 mm Distanzkappe  
 Wärmedämmung 035 120 mm

- Alu
- Stahl
- WD040
- Schraube
- Dampfsperre
- Distanzkappe
- Luft



- 20.0
- 19.0
- 18.0
- 17.0
- 16.0
- 15.0
- 14.0
- 13.0
- 12.0
- 11.0
- 10.0
- 9.0
- 8.0
- 7.0
- 6.0
- 5.0
- 4.0
- 3.0
- 2.0
- 1.0
- 0.0



**Bild 4.10: FE-Modell und Temperaturverteilung  
Aluminium-Halter 160 + 5 mm Distanzkappe + 100 mm  
Wärmedämmung 040 200 mm**

## 5 Normen / Literatur

DIN EN ISO 10077-2: August 2008 - Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Anschlüssen - Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten - Teil 2: Numerische Verfahren für Rahmen

DIN EN ISO 10211: April 2008 - Wärmebrücken im Hochbau - Wärmeströme und Oberflächentemperaturen - Detaillierte Berechnungen

DIN EN ISO 6946: April 2008 - Bauteile - Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient - Berechnungsverfahren

DIN EN ISO 10456: Mai 2010 - Baustoffe und Bauprodukte - Wärme- und feuchteschutztechnische Eigenschaften - Tabellierte Bemessungswerte und Verfahren zur Bestimmung der wärmeschutztechnischen Nenn- und Bemessungswerte