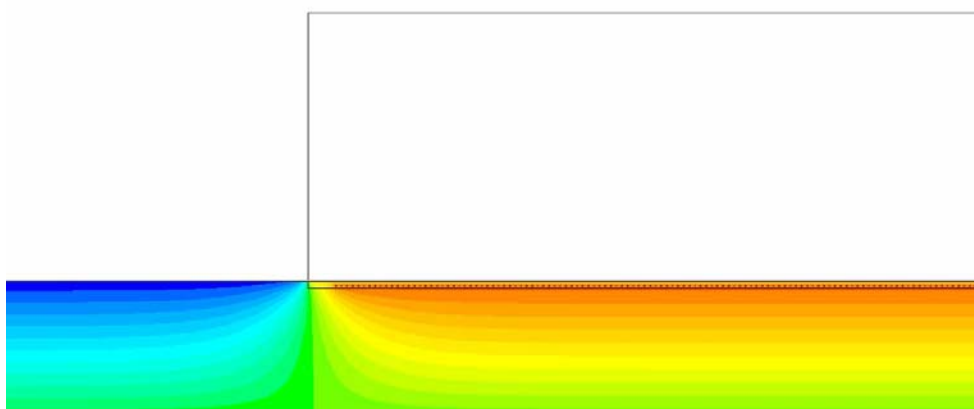


Bericht Nr. H.0906.S.633.EMCP-k

Beheizung von Industriehallen - Rechnerischer Vergleich der Wärmeströme ins Erdreich bei Beheizung mit Deckenstrahlplatten oder Industrieflächenheizungen

Auftragnehmer: HLK Stuttgart GmbH
Pfaffenwaldring 6A
70550 Stuttgart

Auftraggeber: EMCP
Gartenstraße 69
64823 Groß-Umstadt



Stuttgart, den 18.8.2009

M. Schmidt

Prof. Dr.-Ing. M. Schmidt



Chr. Beck

Dr.-Ing. Chr. Beck



Inhaltsverzeichnis

1 Aufgabenstellung	3
2 Randbedingungen	3
2.1 Produktionshalle	3
2.2 Wetterdaten	4
2.3 Bodenaufbau / Erdreich.....	4
3 Ergebnisse der Berechnungen	5
3.1 Industrieflächenheizung	5
3.2 Deckenstrahlplattenheizung	6
4 Zusammenfassung	8
5 Anhang	9

1 Aufgabenstellung

Für eine Industriehalle sollen die Wärmeströme ins Erdreich und die Wärmeströme durch das Erdreich an die Umgebung ermittelt werden. Die Halle wird dabei zum einen mit Deckenstrahlplatten und alternativ über Industrie-Fußbodenheizung beheizt. Die Berechnungen dieser Wärmeverluste durch die Bodenplatte werden für verschiedene Annahmen hinsichtlich des Erdreichs unter der Halle durchgeführt.

2 Randbedingungen

2.1 Produktionshalle

Die ausgewählte Produktionshalle ist in Bild 1 dargestellt. Die geforderte Raumtemperatur beträgt 18°C an Werktagen.

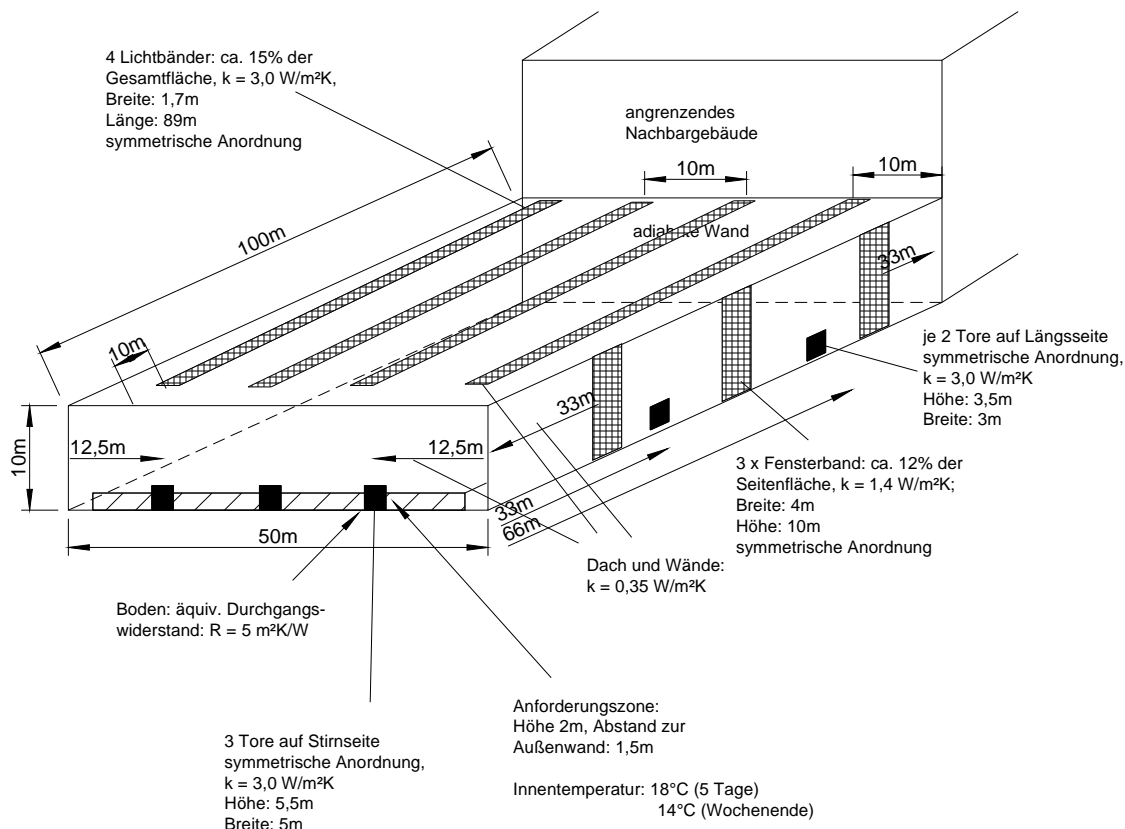


Bild 1: Produktionshalle

2.2 Wetterdaten

Die Auslegungstemperatur für die Umgebung wird mit -12°C angenommen.

2.3 Bodenaufbau / Erdreich

Bild 2 zeigt den prinzipiellen Aufbau des Bodens der Produktionshalle. Die Berechnungen werden dabei

- A) ohne Dämmung (6cm)
- B) mit Dämmung (6cm)

unterhalb der Bodenplatte durchgeführt. Für das Erdreich sowie den Abstand zum Grundwasser werden zunächst Annahmen getroffen (siehe Tabelle 1). Diese werden dann in einem 2. Schritt variiert. So kann der Einfluss dieser Größen auf das Ergebnis beurteilt werden. Die Oberflächentemperatur der Bodenfläche zur Halle hin ergibt sich im Fall der Industrieflächenheizung aufgrund der erforderlichen Wärmeabgabe. Für den Fall der Beheizung mit Deckenstrahlplatten wird der Wert auf 20°C (Hallentemperatur: 18°C) gesetzt. Dieser gegenüber der Hallentemperatur erhöhte Wert berücksichtigt die Zustrahlung der Deckenstrahlplatten auf den Hallenboden.

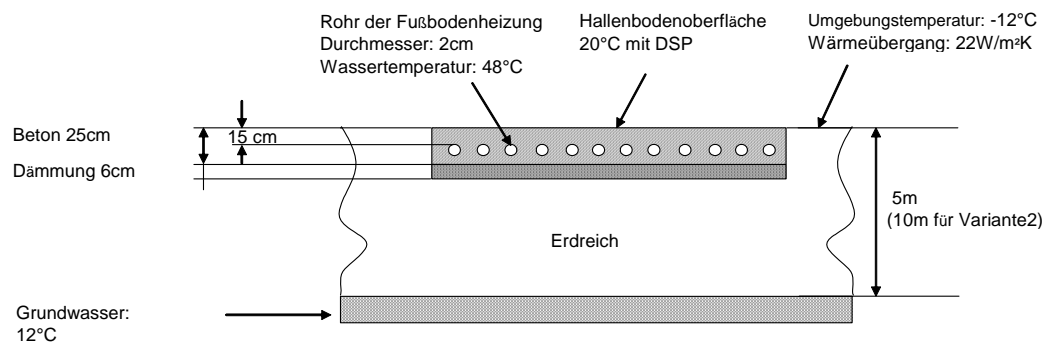


Bild 2: Bodenaufbau der Produktionshalle

	Dichte [kg/m ³]	Wärmekapazität [J/kgK]	Wärmeleitfähigkeit [W/mK]
Beton	2400	1000	2,1
Erdreich	2000	830	2,1 bzw. 1,5
Dämmung(PU)	40	2090	0,031

Tabelle 1: Annahmen für die Stoffwerte der wesentlichen Materialien



3 Ergebnisse der Berechnungen

3.1 Industrieflächenheizung

Tabelle 2 zeigt zunächst die Ergebnisse der Berechnungen für den Wärmestrom ins Erdreich unter den oben definierten Annahmen bzgl. Wassertemperatur (48°C) und Erdreich ($\lambda = 2,1 \text{ W/mK}$). Die Erläuterungen der einzelnen Teil-Wärmeströme findet sich in Bild A5 im Anhang diese Berichtes. Die Wärmeströme an der Seite werden über die Länge von 100m wirksam. Die Wärmeströme an der Stirnseite treten auf der Breite von 50m auf. Die Fläche unter dem Boden beträgt 5.000m².

	FBH mit ungedämmter Bodenplatte (Wassertemperatur im Rohr: 48°C)	FBH mit gedämmter Bodenplatte (Wassertemperatur im Rohr:48°C)
Wärmestrom durch die unteren Fläche des Bodens [W]	76900	39300
Wärmestrom durch die seitlichen Fläche des Bodens (Beton) [W]	9800	10900
Wärmestrom durch die seitlichen Fläche des Bodens (Dämmung) [W]	0	32
Wärmestrom durch Stirnseite des Bodens (Beton) [W]	4900	5450
Wärmestrom durch Stirnseite des Bodens (Dämmung) [W]	0	16
Summe [W]	91600	55698

Tabelle 2: berechneter Wärmestrom ins Erdreich (mit $\lambda = 2,1 \text{ W/mK}$) mit und ohne Wärmedämmung der Bodenplatte für eine Wassertemperatur von 48°C und Abstand zum Grundwasser von 5m

Die Reduzierung des Wärmestroms durch die Dämmung beträgt dabei ca. 40%.

Tabelle 3 zeigt die analogen Werte unter der Annahme, dass der Abstand von der Grundwasserschicht zum Hallenboden hin nun 10m beträgt (vorher 5m) und dass das Erdreich eine geringere Wärmeleitfähigkeit hat ($\lambda = 1,5 \text{ W/mK}$ statt bisher 2,1 W/mK).

Dieser Fall soll zeigen, inwieweit der Aufbau unterhalb der Produktionshalle (Grundwasser, Art des Erdreichs) die Ergebnisse der Berechnungen beeinflusst.

Wie zu erwarten war, reduziert sich der Wärmestrom ins Erdreich auf ca. 50% des ursprünglichen Werts.

Die Reduzierung des Wärmestroms durch die Dämmung beträgt für diesen Fall ca. 20%.



	FBH mit ungedämmter Bodenplatte (Wassertemperatur im Rohr: 48°C)	FBH mit gedämmter Bodenplatte (Wassertemperatur im Rohr:48°C)
Wärmestrom durch die unteren Fläche des Bodens [W]	34800	23600
Wärmestrom durch die seitlichen Fläche des Bodens (Beton) [W]	8500	9400
Wärmestrom durch die seitlichen Fläche des Bodens (Dämmung) [W]	0	34
Wärmestrom durch Stirnseite des Bodens (Beton) [W]	4250	4700
Wärmestrom durch Stirnseite des Bodens (Dämmung) [W]	0	17
Summe [W]	47550	37751

Tabelle 3: berechneter Wärmestrom ins Erdreich (mit $\lambda = 1,5 \text{ W/mK}$) mit und ohne Wärmedämmung der Bodenplatte für eine Wassertemperatur von 48°C und Abstand zum Grundwasser von 10m

3.2 Deckenstrahlplattenheizung

Tabelle 4 zeigt zunächst wieder die Werte für den ursprünglichen Bodenaufbau (Abstand zum Grundwasser: 5m, Erdreich $\lambda = 2,1 \text{ W/mK}$)

	DSP mit ungedämmter Bodenplatte (Bodenoberflächentemperatur: 20°C)	DSP mit gedämmter Bodenplatte (Bodenoberflächentemperatur: 20°C)
Wärmestrom durch die unteren Fläche des Bodens [W]	24300	11500
Wärmestrom durch die seitlichen Fläche des Bodens (Beton) [W]	8700	9800
Wärmestrom durch die seitlichen Fläche des Bodens (Dämmung) [W]	0	28
Wärmestrom durch Stirnseite des Bodens (Beton) [W]	4350	4900
Wärmestrom durch Stirnseite des Bodens (Dämmung) [W]	0	14
Summe [W]	37350	26242

Tabelle 4: berechneter Wärmestrom ins Erdreich (mit $\lambda = 2,1 \text{ W/mK}$) mit und ohne Wärmedämmung der Bodenplatte für eine Bodenoberflächentemperatur von 20°C und Abstand zum Grundwasser von 5m



Die berechneten Werte liegen deutlich unterhalb den vergleichbaren Werte für die Industrieflächenheizung. Die Reduzierung des Wärmestroms durch die Dämmung beträgt dabei ca. 30%.

Tabelle 5 zeigt nun abschließend die Werte unter der Annahme, dass der Abstand von der Grundwasserschicht zum Hallenboden hin nun 10m beträgt (vorher 5m) und dass das Erdreich eine geringere Wärmeleitfähigkeit hat ($\lambda = 1,5 \text{ W/mK}$ statt bisher $2,1 \text{ W/mK}$).

Die Werte reduzieren sich gegenüber den obigen Werte – allerdings nicht im vergleichbaren Umfang, wie dies noch bei der Industrieflächenheizung der Fall war.

Die Reduzierung des Wärmestroms durch die Dämmung beträgt für diesen Fall ca. 16%

	DSP mit ungedämmter Bodenplatte (Bodenoberflächentemperatur: 20°C)	DSP mit gedämmter Bodenplatte (Bodenoberflächentemperatur: 20°C)
Wärmestrom durch die unteren Fläche des Bodens [W]	13800	8300
Wärmestrom durch die seitlichen Fläche des Bodens (Beton) [W]	7600	8500
Wärmestrom durch die seitlichen Fläche des Bodens (Dämmung) [W]	0	29
Wärmestrom durch Stirnseite des Bodens (Beton) [W]	3800	4250
Wärmestrom durch Stirnseite des Bodens (Dämmung) [W]	0	14,5
Summe [W]	25200	21094

Tabelle 5: berechneter Wärmestrom ins Erdreich (mit $\lambda = 1,5 \text{ W/mK}$) mit und ohne Wärmedämmung der Bodenplatte für eine Bodenoberflächentemperatur von 20°C und Abstand zum Grundwasser von 10m



4 Zusammenfassung

Die berechneten Wärmeströme variieren zwischen ca. 20 kW und ca. 90 kW je nach Heizsystem und den Eigenschaften des Erdreichs (Wärmeleitfähigkeit bzw. Tiefe des Grundwassers).

Die Ergebnisse zeigen ferner, dass der Wärmestrom ins Erdreich bei einer Beheizung mit Deckenstrahlplatten deutlich niedriger ist, als die entsprechenden Werte für die Beheizung mit Industrieflächenheizungen.

Es zeigt sich, dass selbst ohne Wärmedämmung unterhalb der Bodenplatte die Wärmeströme bei einer Beheizung mit Deckenstrahlplatten niedriger sind, als die entsprechenden Werte für die Industrieflächenheizung mit Dämmung.

Als Beispiel sei der Fall mit typischem Erdreich ($\lambda = 2,1 \text{ W/mK}$) und einer Tiefe der Grundwasserschicht von 5m angegeben:

Beheizung mit Deckenstrahlplatten, bei ungedämmter Bodenplatte: 37350 W

Beheizung mit Industrieflächenheizung, bei gedämmter Bodenplatte: 55698 W

Dies bedeutet - im gewählten Beispiel - trotz zusätzlich gedämmter Bodenplatte bei der Industrieflächenheizung eine Differenz von 18.348 W und damit einen Energie-Mehraufwand der Industrieflächenheizung gegenüber der Beheizung mit Deckenstrahlplatten von ca. 50%.



5 Anhang

- Temperaturen im Erdreich
- Erläuterungen zu Teil-Wärmeströmen am Hallenboden

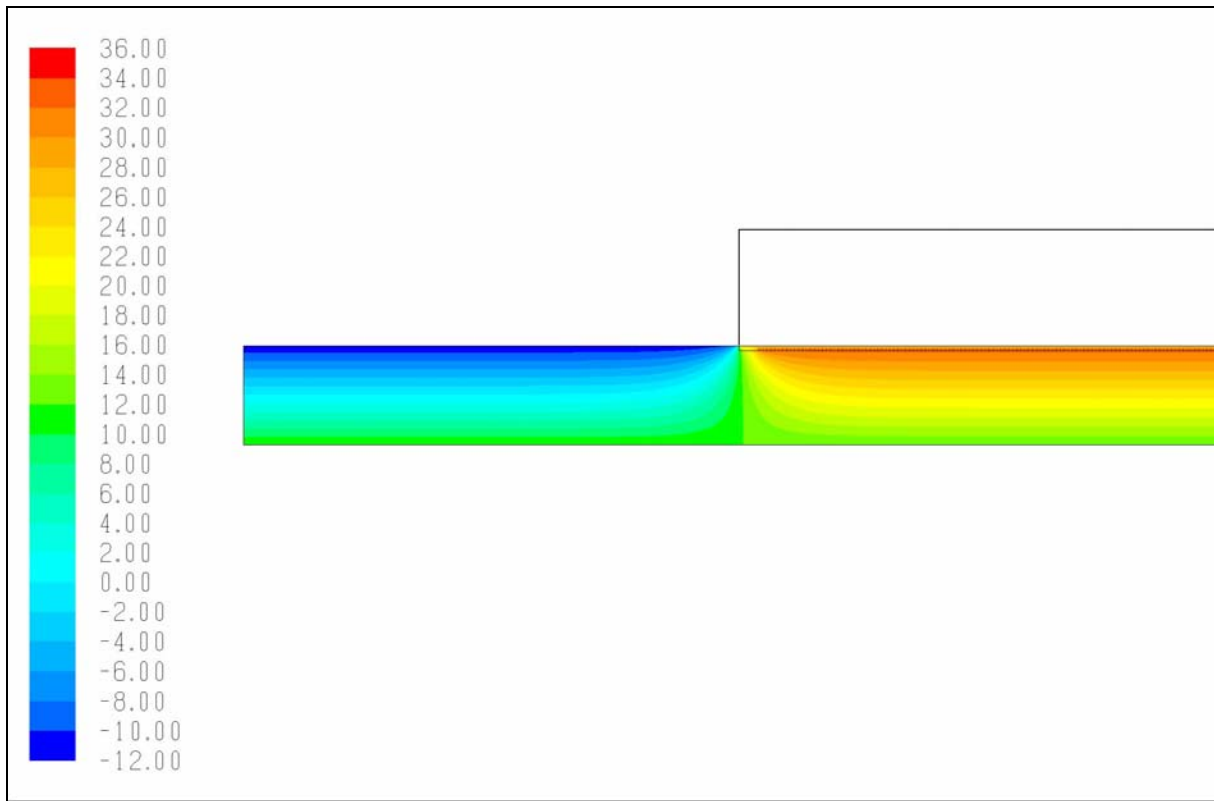


Bild A1: Industrieflächenheizung, Hallenboden ohne Dämmung

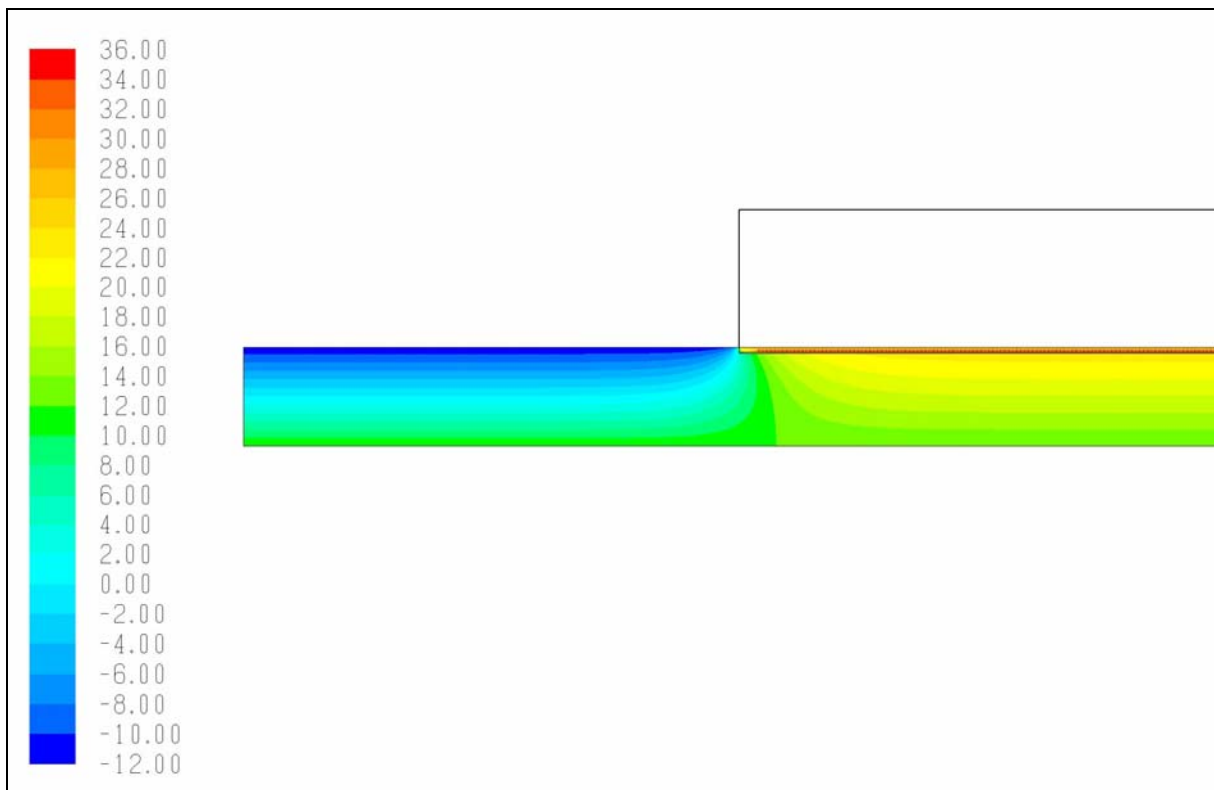


Bild A2: Industrieflächenheizung, Hallenboden mit Dämmung

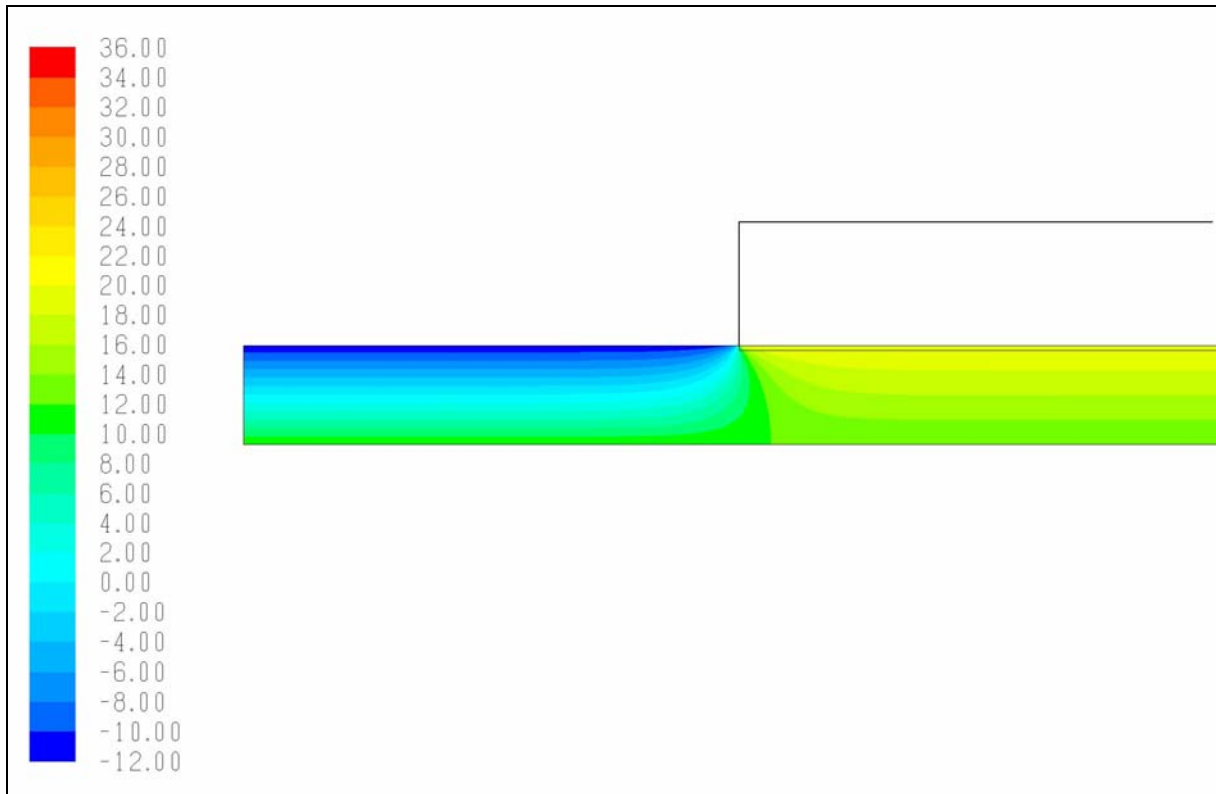


Bild A3: Deckenstrahlplattenheizung, Hallenboden ohne Dämmung

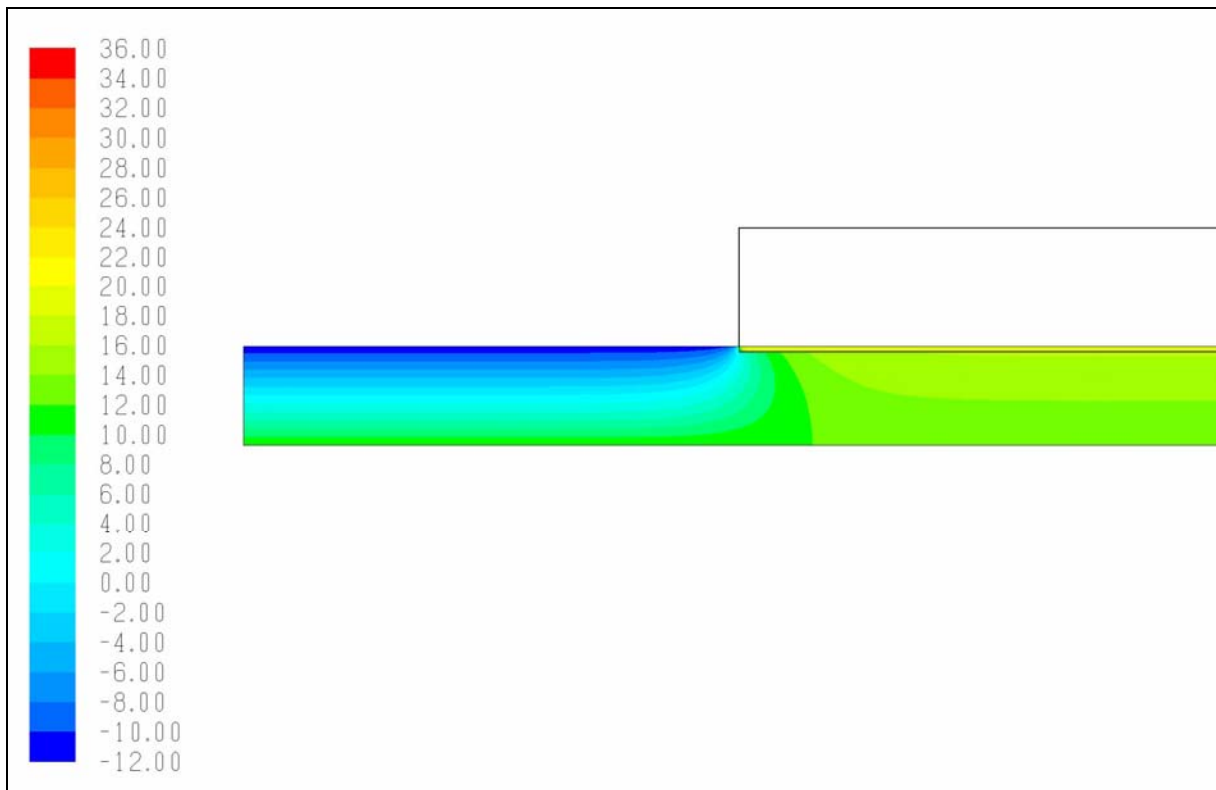


Bild A4: Deckenstrahlplattenheizung, Hallenboden mit Dämmung

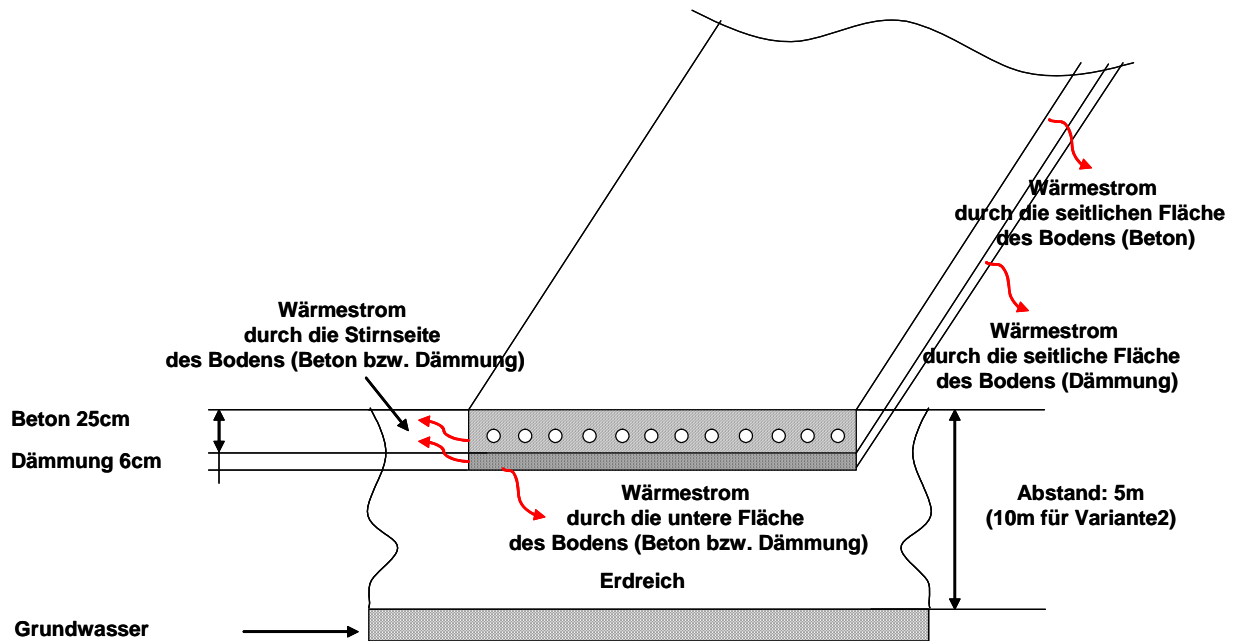


Bild A5: Definition der Teil-Wärmeströme am Hallenboden