

Teil B Wärmeübertragung

Aufgabe B.1

Eine ebene Wand mit der Dicke $d = 0,48 \text{ m}$ besteht aus feuerfesten Steinen, deren Wärmeleitfähigkeit von der Temperatur abhängt. Mit ϑ als Celsiusstemperatur gilt zwischen 0°C und 800°C : $\lambda(\vartheta) = \lambda_0 / (1 - b\vartheta)$ mit $\lambda_0 = 0,237 \text{ W / Km}$ und $b = 4,41 \times 10^{-4} \text{ K}^{-1}$.

Die Oberflächentemperaturen sind $\vartheta_1 = 750^\circ\text{C}$ und $\vartheta_2 = 150^\circ\text{C}$. Man berechne die Wärmestromdichte und den Temperaturverlauf in der Wand.

Aufgabe B.2

Bier in einer zylindrischen Dose von 150 mm Höhe und 60 mm Durchmesser hat eine Temperatur von 27°C und soll in einem Kühlschrank, dessen Lufttemperatur 4°C beträgt, gekühlt werden.

- a) Geben Sie die Wärmeübergangskoeffizienten am Zylindermantel für die waagrechte und die senkrechte Lage der Dose an.
- b) Geben Sie den Wärmekoeffizienten an Boden und Deckel für die waagrechte Lage an.

Stoffdaten (nach VDI – Wärmeatlas):

$$\text{Pr} = 0,716$$

$$g = 9,81 \text{ m s}^{-2}$$

$$\beta = 3,48 \times 10^{-3} \text{ K}^{-1}$$

$$\nu = \eta/\rho = 148,9 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$a = 208,0 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\lambda = 25,31 \times 10^{-3} \text{ W/ Km}$$

Aufgabe B.3

Die Außenwand eines Kellerraums (Ziegelwand : Dicke $d_z = 15 \text{ cm}$, $\lambda_z = 0,87 \text{ W/mK}$) wird innen isoliert ($d_{\text{Iso}} = 5 \text{ cm}$, $\lambda_{\text{Iso}} = 0,03 \text{ W/mK}$). An der Außenseite ist die Wand vollständig mit Erdbreich bedeckt und es stellt sich an der Wand annähernd die Bodentemperatur mit $\vartheta_a = 5 \text{ °C}$ ein. Ein Kellerraum wird als Wohnraum benutzt und auf $\vartheta_i = 22 \text{ °C}$ beheizt. Der Wärmeübergangskoeffizient zwischen der Innenseite der (isolierten) Wand und der Raumluft beträgt $\alpha_i = 7,85 \text{ W/m}^2\text{K}$.

- a) Berechnen Sie den Wärmestrom \dot{Q}/A , den der Raum durch die Außenwand verliert und stellen Sie den Temperaturverlauf durch die Wand dar.
- b) Wie hoch darf die Luftfeuchtigkeit im Raum höchstens sein, damit zwischen Wand und Isolierung keine Luftfeuchtigkeit auskondensiert? Schlagen Sie eine Gegenmaßnahme vor.

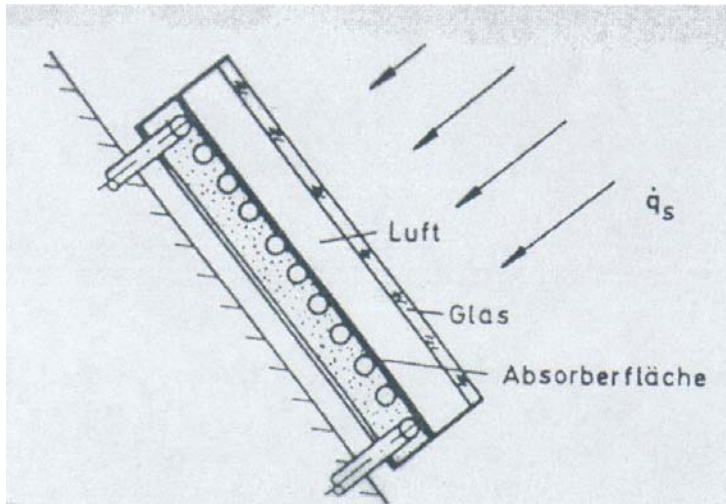
Hinweise:

- Der Luftdruck beträgt 1 atm.
- Der Dampfdruck von Wasser im interessierenden Temperaturbereich kann mit folgender Antoine-Gleichung beschrieben werden.

$$\ln(p_s / \text{mbar}) = 19,0160 - 4064,95 / [\vartheta / \text{°C} + 236,25]$$

Aufgabe B.4

Ein einfacher Sonnenkollektor besteht aus der rückseitig isolierten Absorberschicht, die durch eine parallel dazu angeordnete Glasscheibe geschützt wird.



Berechnen Sie die an der Absorberfläche maximal (d.h. für den Fall, dass keine Nutzleistung dem Kollektor entzogen wird) auftretende Temperatur, wenn die Sonneneinstrahlung eine konstante Leistungsdichte von $\bar{q}_s = 750 \text{ W/m}^2$ hat.

Es gelten folgende vereinfachenden Annahmen:

Die Glasscheibe sei für die auftreffende Sonnenstrahlung vollkommen durchlässig, für die von der Absorberfläche ausgehende Wärmestrahlung aber vollkommen undurchlässig. Zur Ermittlung des durch Strahlung zwischen Absorberfläche und Glas ausgetauschten Wärmestromes können beide Körper als schwarze Strahler ($\varepsilon \cong 1$) behandelt werden. Der Raum zwischen der Absorberfläche und der Glasscheibe ist mit Luft gefüllt. Der konvektive Wärmeübergangskoeffizient zwischen der Absorberfläche und der Luft, wie auch der zwischen Luft und der Innenseite der Glasfläche beträgt jeweils $\alpha_k = 3,2 \text{ W/m}^2\text{K}$. Der Strahlungsaustausch zwischen der Glasscheibe und der Umgebung (mit der Temperatur $\vartheta_u = 15 \text{ }^\circ\text{C}$) soll pauschal, d.h. für Konvektion und Strahlung zusammen, durch einen konstanten Wärmeübergangskoeffizienten von $\alpha_a = 23 \text{ W/m}^2\text{K}$ erfasst werden. Der Wärmeleitfähigkeitswiderstand innerhalb der dünnen Glasscheibe kann demgegenüber vernachlässigt werden. Wärmeverluste zur Rückseite oder über die Ränder des Kollektors sind ebenfalls zu vernachlässigen.

Aufgabe B.5

Ein Rohr aus einer Aluminiumlegierung ($\lambda = 205 \text{ W/mK}$) hat den Innendurchmesser $d_1 = 22 \text{ mm}$ und den Außendurchmesser $d_2 = 25 \text{ mm}$. Es wird innen von Wasser mit $\vartheta_1 = 60^\circ\text{C}$ durchströmt, während außen Luft mit $\vartheta_2 = 25^\circ\text{C}$ das Rohr senkrecht zu seiner Achse umströmt. Typische Wärmeübergangszahlen sind $\alpha_1 = 6150 \text{ W/m}^2\text{K}$ und $\alpha_2 = 95 \text{ W/m}^2\text{K}$.

- a) Man berechne den auf die Rohrlänge L bezogenen Wärmestrom \dot{Q}/L .
- b) Wenn in der Vorlesung der Abschnitt B2.2 berippte Wände vorgetragen wurde:

Berechnen Sie den Wärmestrom $\frac{\dot{Q}}{L}$ für den Fall, dass am Rohr Kreisrippen mit einem Durchmesser $d_R = 60 \text{ mm}$, einer Schneidenbreite $\delta_R = 1 \text{ mm}$ und einer Teilung $t_R = 6 \text{ mm}$ angebracht sind.