

Wärme- und Stoffübertragung

Sommersemester 2016

1. Aufgabe

Bei der Herstellung von Schokolade muss die flüssige Schokoladenschmelze in einem Doppelrohr-Gegenstrom-Wärmeübertrager abgekühlt werden. Der Wärmeübertrager ist isoliert und die Wärmeverluste bleiben unberücksichtigt.

Gegebene Größen und Stoffwerte:

Gegenstrom-Wärmeübertrager:

Wärmeübergangskoeffizient innen	α_i	=	42,4	W/m ² K
Wärmeübergangskoeffizient außen	α_a	=	332	W/m ² K

Innenrohr:

Wärmeleitfähigkeit	λ_S	=	15	W/(mK)
--------------------	-------------	---	----	--------

Schokoladenschmelze

Eintrittstemperatur	T_h	=	48	°C
Austrittstemperatur	T'_h	=	30	°C
Wärmekapazität	$c_{p,h}$	=	2100	J/kgK
Massenstrom	m_h	=	100,2	kg/h

Kühlwasser

Eintrittstemperatur	T_c	=	20	°C
Wärmekapazität	$c_{p,c}$	=	4185	J/kgK
Massenstrom	m_c	=	226	kg/h

1.1 Welcher Wärmestrom wird im Wärmeübertrager übertragen? (Notfallwert 1000W, ?P)

1.2 Bestimmen Sie die Austrittstemperatur des Kühlwassers. (Notfallwert: 25°C, 2P)

1.3 Bestimmen Sie den auf die Innenoberfläche des inneren Rohres bezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten. (Notfallwert: 40 W/m²K, 4P)

1.4 Bestimmen Sie die Länge des Gegenstrom-Wärmeübertragers. (Notfallwert: 10m, 4P)

2. Aufgabe

Im Inneren einer kleinen kugelförmigen Raumstation mit einem Außendurchmesser von $d_a = 10\text{m}$ herrscht eine konstante Lufttemperatur von $T_L = 20^\circ\text{C}$. Der Wärmeübergangskoeffizient auf der Innenseite der Raumstation beträgt $\alpha_i = 1,5\text{ W/m}^2\text{K}$.

Die Außenhülle der Raumstation besteht (von innen kommend) zunächst aus einer 40 cm dicken Isolierschicht ($\lambda_{Al} = 237\text{ W/mK}$). Die Oberfläche der Aluminiumhülle hat einen Emissionskoeffizienten von $\epsilon_{Al} = 0,05$.

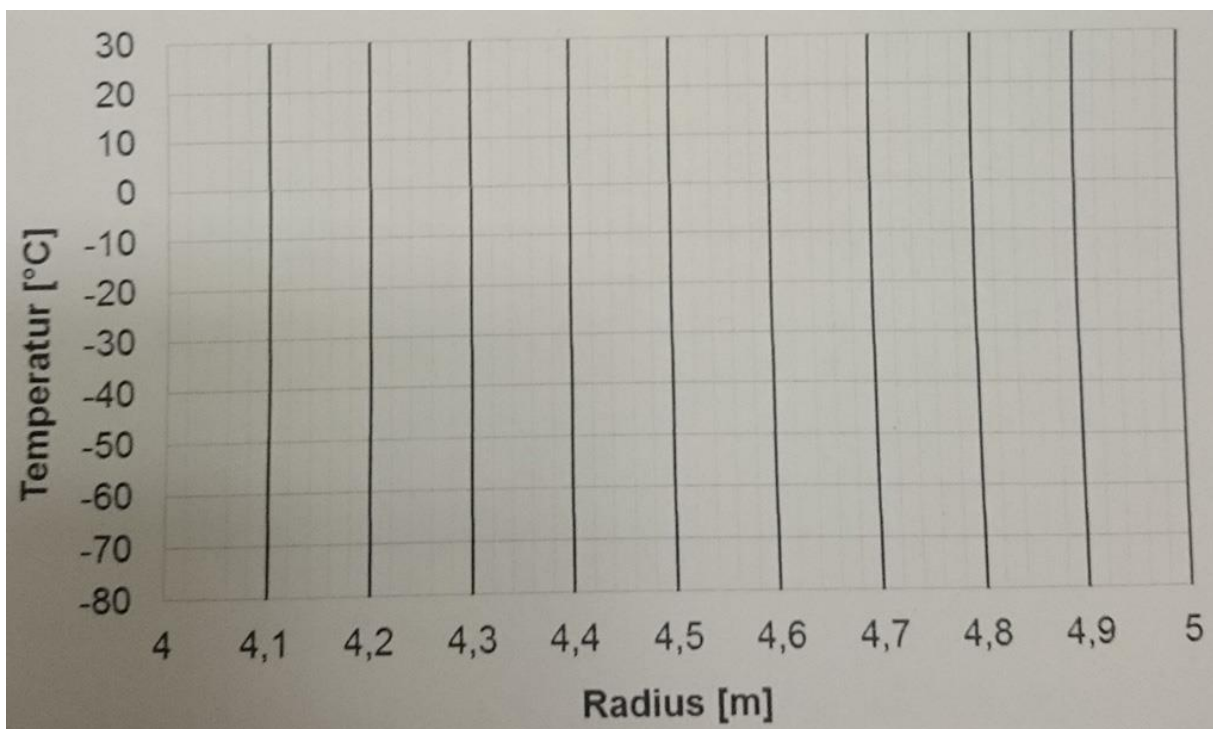
Gehen Sie davon aus, dass die unendlichen Weiten des Weltraums eine Temperatur von $T_{All} = 3\text{K}$ haben. Solarstrahlung soll nicht berücksichtigt werden.

2.1 Bestimmen Sie den Wärmeleitwiderstand der Außenhülle (Isolierung + Aluminiumhülle). Es ist ausreichend, wenn das Ergebnis auf ein Promille genau ist (Notfallwert: 0,06 K/W, 3P)

2.2 Zeigen Sie, dass die Außenseite der Raumstation eine Temperatur von $-71,9^\circ\text{C}$ hat. (Notfallwert: 1500W, 6P)

2.3 Welche Temperatur hat die Innenseite der Isolierschicht, also die innere Oberfläche der Raumstation? (Notfallwert: 16°C , 4P)

2.4 Zeichnen Sie den Temperaturverlauf $T(r)$ von der Raumluft bis zur Außenseite der Station in das Diagramm ein. (2P)

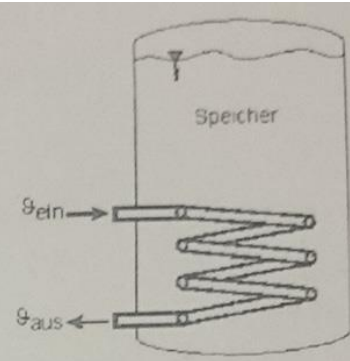


3. Aufgabe

Ein Solarkollektorfeld speist die erzeugte Wärme in einen Warmwasserspeicher ein. Im Wasserspeicher wird zur Wärmeübertragung ein glattes Stahlrohr ($\lambda_{ST} = 52 \text{ W/mK}$, $L = 10 \text{ m}$, $d_a = 26 \text{ mm}$, $d_i = 24 \text{ mm}$) spiralförmig verlegt. Auf ein Grund der geringen Steigung kann das Rohr näherungsweise als einzelnes horizontales Rohr betrachtet werden. Die Solarkreispumpe fördert einen Volumenstrom von $0,4 \text{ m}^3/\text{h}$.

Folgende Stoffwerte sind gegeben:

Kollektorkreis	$\rho = 977,7 \text{ kg/m}^3$ $c_p = 4190 \text{ J/(kgK)}$ $\lambda = 0,6595 \text{ W/(mK)}$ $\nu = 0,414 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ $Pr = 2,57$
Wasser bei 60°C :	$\lambda = 0,6507 \text{ W/(mK)}$ $\nu = 0,475 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ $Pr = 3,0$
Wasser bei 50°C :	$\beta_p = 0,4523 \cdot 10^{-3} \text{ 1/K}$



3.1 Für den Solarkreis werden am Speicher die Eintrittstemperatur $\vartheta_{\text{ein}} = 80^\circ\text{C}$ und die Austrittstemperatur $\vartheta_{\text{aus}} = 60^\circ\text{C}$ gemessen. Berechnen Sie den vom Solarkreis abgegebenen Wärmestrom für diesen Fall (Notfallwert: 9 kW, 2P)

3.2 Berechnen Sie den Wärmeübergangskoeffizienten auf der Innenseite des Stahlrohres. (Notfallwert: 2000 W/m²K, 5P)

3.3 Berechnen Sie den Wärmeübergangskoeffizienten an der Außenseite des Stahlrohres für eine Wassertemperatur im Speicher von 50°C . Zur Festlegung der Bezugstemperatur der Stoffwerte darf eine mittlere äußere Rohrwandtemperatur von 70°C angenommen werden. (Notfallwert: 800 W/m²K, 6P)

3.4 Bestimmen Sie den Wärmedurchgangskoeffizienten für das Stahlrohr im Speicher bezogen auf den Außendurchmesser (Notfallwert: 600 W/m²K, 3P)

3.5 Bestimmen Sie mit Hilfe des Wärmedurchgangskoeffizienten die übertragene Wärmeleistung. (3P)