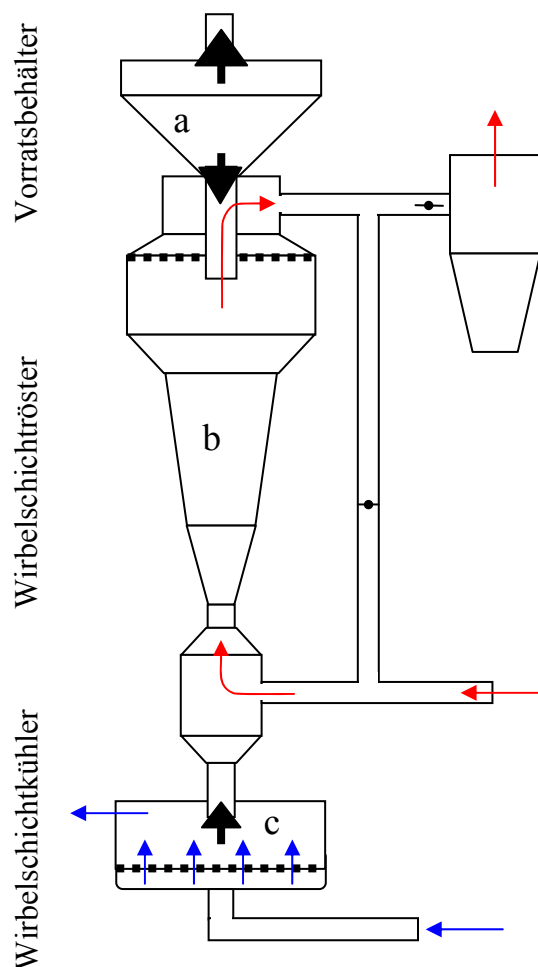


Wärmeübertragung I

12. Übung (Haufwerke und Wirbelschichten)

1. Aufgabe

Prozessbeschreibung: Rösten und Kühlen von Kaffeebohnen



Der Rohkaffe, von dem sich eine abgewogene Menge in dem oben angebrachten Vorratsbehälter (a) befindet (s. Skizze), wird durch Öffnen der Klappe in die Röstkammer (b) eingebracht. Als Trägergas wird heiße Luft mit einer Temperatur von 320°C benutzt. Nach beendeter Röstung wird das Bodenventil zur Kühlkammer (c) geöffnet. Die heißen, gerösteten Kaffeebohnen fallen in die Kühlkammer. Als Trägergas in der Kühlwirbelschicht dient Luft mit einer Temperatur von 20°C . Die Kühlkammer ist so ausgelegt, dass in der für das Rösten einer neuen Charge erforderlichen Zeit die vorhergehende Charge gekühlt werden kann.

Aufgabe:

Berechnen Sie unter Verwendung nachfolgender Daten die Temperatur, mit der das Produkt nach einer Chargendauer von 150 s die Kühlkammer verlässt.

Daten Produkt: (Index „1“)

Anfangstemperatur	$T_{1,A} = 300\text{ °C}$
Dichte	$\rho_1 = 630 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
Wärmekapazität	$c_{p,1} = 1,70 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$
Wärmeleitfähigkeit	$\lambda_1 = 0,1 \frac{\text{W}}{\text{m}\cdot\text{K}}$
Aufgabemenge (bezogen auf die Querschnittsfläche)	$m_1 = 60 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$
Mittlerer Durchmesser der Kaffeebohnen	$d = 6\text{ mm}$

Daten Luft: (Index „2“)

Eintrittstemperatur	$T_{2,\text{ein}} = 20\text{ °C}$
Massenstrom (bezogen auf die Querschnittsfläche)	$\dot{m}_2 = 3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2\cdot\text{s}}$
Dichte	$\rho_2 = 1,0 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
Wärmekapazität	$c_{p,2} = 1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$
Wärmeleitfähigkeit	$\lambda_2 = 0,029 \frac{\text{W}}{\text{m}\cdot\text{K}}$
Kinematische Viskosität	$\nu_2 = 20 \cdot 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$

Hinweise:

- 1) Die Durchmischung des Feststoffes in der Wirbelschicht sei so gut, dass die kalorische Mitteltemperatur der Kaffeebohnen (\approx Kugeln) \bar{T}_1 als unabhängig vom Ort betrachtet werden kann. Für den Luftstrom soll dagegen angenommen werden, dass in ihm keine Rückvermischung auftritt.
- 2) Wärmeverluste und die zeitliche Enthalpieänderung des Gases in der Wirbelschicht sollen vernachlässigt werden ($\dot{Q}_V = 0$; $dH/dt = dH_1/dt$).
- 3) Der mittlere Wärmedurchgangskoeffizient k soll näherungsweise aus dem mittleren inneren Wärmeübergangskoeffizienten α_i für die Abkühlung einer Kugel und dem äußeren Wärmeübergangskoeffizienten α_a für eine Wirbelschicht berechnet werden. Der Wärmeübergangskoeffizient α_a in der Wirbelschicht liegt zwischen dem Wert für das Festbett am Lockerungspunkt (hier bei einer Porosität von $\psi_L = 0,4$ und einer Geschwindigkeit im leer gedachten Querschnitt von $u_L = 1,2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$) und dem Wert für die Einzelkugel am Austragspunkt ($\psi_A \approx 1$, $u_A = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$).