

Kaffeezubereitung aus physikalischer Sicht

Aufgabe 1

- Durch *Wärmeleitung* wird Energie vom Kaffee zur Tasse übertragen.
- Der Kaffee bzw. die erwärmte Tasse geben Energie durch *Wärmestrahlung* nach allen Seiten ab.
- Durch *Wärmeleitung* wird die Luftschicht oberhalb des Kaffees erwärmt; die Luft dehnt sich aus und steigt auf (*Konvektion*).
- Ein Teil des Kaffees verdunstet und steigt auf (*Konvektion*).

Aufgabe 2

Von der Tasse aufgenommene Wärme:

$$c_T \cdot m_T \cdot (\vartheta_M - \vartheta_T).$$

Vom Kaffee abgegebene Wärme:

$$c_K \cdot m_K \cdot (\vartheta_K - \vartheta_M).$$

Gleichsetzen ergibt:

$$c_T \cdot m_T \cdot (\vartheta_M - \vartheta_T) = c_K \cdot m_K \cdot (\vartheta_K - \vartheta_M)$$

bzw.

$$\vartheta_M = \frac{(c_K \cdot m_K \cdot \vartheta_K + c_T \cdot m_T \cdot \vartheta_T)}{(c_T \cdot m_T + c_K \cdot m_K)} \approx 60^\circ\text{C}$$

mit $c_K = c_{\text{Wasser}} = 4,19 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ und

$$c_T = c_{\text{Porzellan}} = 0,73 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K}).$$

Die Wärmeaufnahme durch die Tasse führt zu einer Verringerung der Temperatur um etwa 8 K. (Die angegebenen Zahlenwerte beziehen sich auf eine Kaffeemaschine des Typs Senseo von Philipps.)

Aufgabe 3

Von zwei Tassen des gleichen Modells wird zunächst eine durch Befüllen mit heißem Wasser vorgewärmt. Im Anschluss wird in beide Tassen Kaffee gegeben und der Temperaturverlauf kontrolliert. Von besonderer Bedeutung ist die Temperatur, ab der die Temperaturabnahme nur noch langsam erfolgt (nun hat sich ein Temperaturgleichgewicht von Kaffee und Tasse eingestellt).

Im beispielhaft durchgeführten Experiment ($m_K = 115 \text{ g}$, $\vartheta_K = 68^\circ\text{C}$, $m_T = 125 \text{ g}$, $\vartheta_T = 20,5^\circ\text{C}$ – Senseo von Philipps) besitzt der Kaffee nach 3 min eine Temperaturdifferenz von 5 K, was größenordnungsmäßig gut mit dem Ergebnis aus **Aufgabe 2** übereinstimmt.

Aufgabe 4

$$\vartheta_M = \frac{(c_E \cdot m_E \cdot \vartheta_E + c_T \cdot m_T \cdot \vartheta_M)}{(c_T \cdot m_T + c_E \cdot m_E)} \approx 45^\circ\text{C}$$

Die Wärmeaufnahme durch die Tasse führt zu einer Verringerung der Temperatur um etwa 15 K. (Die angegebenen Zahlenwerte beziehen sich auf eine Espressomaschine von Delonghi, mit welcher ein Espresso der Marke Nespresso zubereitet wurde.)

Aufgabe 5

- Bezüglich der Fragestellung ist nicht die gesamte Abkühlung des Kaffees von Bedeutung, sondern lediglich die Abkühlung infolge der Wärmeaufnahme durch die Tasse; die Wärmeabgabe an die Umgebung ist bei beiden Tassen näherungsweise gleich.
- Die Crema mindert die Wärmeabgabe durch Konvektion und Wärmeleitung.
- Bei einem von zwei gleichzeitig zubereiteten Kaffees wird die Crema entfernt ($m_K = 115 \text{ g}$, $\vartheta_K = 68^\circ\text{C}$, $m_T = 125 \text{ g}$, $\vartheta_T = 20,5^\circ\text{C}$ – Senseo von Philipps). Der Temperaturverlauf beider Kaffees wird kontrolliert und miteinander verglichen. Im beispielhaft durchgeführten Experiment hatte der Kaffee mit Crema nach 15 min eine Temperatur von 51°C , der Kaffee ohne Crema dagegen nur eine Temperatur von 45°C .

Eine vorsichtige Abnahme der Crema mittels Löffel führt nicht zu einer merklichen Temperatursenkung, sodass der beobachtbare Temperaturunterschied nicht mit einer Wärmeaufnahme durch den Löffel erklärt werden kann.