

# PRÜFUNG WÄRMELEHRE – Lösungen

## 1. Unterschiedliche Temperaturwahrnehmung (3 Punkte)

**Hypothese:** Die unmittelbare Vorgeschichte resp. die Temperatur der Hand spielt für die Temperaturwahrnehmung des Körpers eine Rolle.

**Physikalische Begründung:** Die Hand, die zuerst im 40 °C-Wasser war, hat sich während einer Minute ziemlich gut aufgewärmt, sodass die Handtemperatur nun nochmals deutlich höher liegt als normal. Sie hat vom warmen Wasser **Wärme** aufgenommen. Ihre **innere Energie** ist damit größer als im Normalfall.

Tauche ich diese Hand nun ins 20 °C-Becken, so wird ein größerer Temperaturunterschied zwischen Hand und Wasser bestehen, als dies normalerweise der Fall wäre  $\Rightarrow$  größere (raschere) **Wärmeabgabe** der Hand beim Versuch das **thermische Gleichgewicht** einzustellen! Genau dieser raschere **Wärmeentzug** dürfte für das Kältegefühl verantwortlich sein.

Umgekehrt funktioniert die Sache ebenfalls: Durch den **thermischen Kontakt** mit dem 1 °C-Wasser wird meine Hand unter ihre Normaltemperatur gekühlt. Sie hat dann oberflächlich vielleicht sogar etwas weniger als 20 °C Temperatur, wenn ich sie ins 20 °C-Wasser halte. Der **thermische Kontakt** zu diesem Wasser führt somit vielleicht sogar zur **Wärmeaufnahme**, ganz bestimmt aber zu einer geringeren **Wärmeabgabe** ans Wasser als im Normalfall oder beim vorangegangenen Versuch. Weil der Hand weniger schnell **Wärme** entzogen wird, kommt mir diesmal das 20 °C-Wasser wärmer vor.

## 2. Energieintensives Aluminium (5 Punkte)

Die Masse von 1000 Dosen beträgt  $m = 16 \text{ kg}$ . (0.5 P)

Diese Masse muss erwärmt und dann geschmolzen werden, wozu die folgenden Wärmemenge benötigt werden: (4.5 P)

$$\text{Erwärmung: } Q_1 \stackrel{0.5}{=} c \cdot m \cdot \Delta\vartheta \stackrel{0.5}{=} 897 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 16 \text{ kg} \cdot (660.2^\circ\text{C} - 20.0^\circ\text{C}) \stackrel{0.5}{=} 9\,188\,150 \text{ J}$$

$$\text{Schmelzen: } Q_2 = L_f \cdot m \stackrel{0.5}{=} 398 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \cdot 16 \text{ kg} \stackrel{0.5}{=} 6\,368 \text{ kJ} \stackrel{0.5}{=} 6\,368\,000 \text{ J}$$

$$\text{Insgesamt: } Q \stackrel{0.5}{=} Q_1 + Q_2 = 9\,188\,150 \text{ J} + 6\,368\,000 \text{ J} \stackrel{0.5}{=} 15\,556\,150 \text{ J} \stackrel{0.5}{\approx} \underline{\underline{4.3 \text{ kWh}}}$$

## 3. Unterstützte Verdunstung (5 Punkte)

(a) Wärmere Herdplatte  $\Rightarrow$  Tropfen besitzt höhere Temperatur und somit im Mittel **mehr kinetische Energie pro Teilchen**. (0.5 P)

**Maxwell-Boltzmann-Geschwindigkeitsverteilung** bei höherer Temperatur  $\Rightarrow$  es gibt mehr Teilchen mit der notwendigen Energie zum Verlassen des Tropfens! (1 P)

$\Rightarrow$  es werden mehr Teilchen pro Zeiteinheit den Tropfen verlassen können. Verdunsten geht schneller. (0.5 P)

(b) **Grund 1:** Verstreichen vergrößert die Tropfenoberfläche  $\Rightarrow$  Wahrscheinlichkeit ist größer, dass sich ein momentan besonders schnelles Wassermolekül zudem an der Tropfengrenze befindet und den Tropfen tatsächlich verlassen kann. (1 P)

**Grund 2:** Verstreichen vergrößert Berührungsfläche zwischen Platte und Tropfen  $\Rightarrow$  thermischer Kontakt ist besser. Es kann mehr Wärme pro Zeitspanne von der Platte an den Tropfen übertragen werden  $\Rightarrow$  Tropfen wird bei Abkühlung durch das Verdunsten besser nachgeheizt. (1 P)

4. *Erwärmung im Kalorimeter (6 Punkte)*

(a) Zunächst berechnen wir die Masse des Olivenöls: (0.5 P)

$$m = \rho \cdot V = 0.917 \frac{\text{kg}}{\text{lit.}} \cdot 0.625 \text{ lit.} = 0.573 \text{ kg}$$

Die über die genannte Heizzeit von 7.80 min = 468 s (0.5 P) zugeführte Wärmemenge beträgt: (1 P)

$$Q \stackrel{0.5}{=} P_{\text{Heiz}} \cdot \Delta t = 154 \text{ W} \cdot 468 \text{ s} \stackrel{0.5}{=} 72\,072 \text{ J}$$

Angenommen, diese Wärme wird ausschliesslich zur Erwärmung des Olivenöls verwendet, so folgt für dessen spezifische Wärmekapazität: (2 P)

$$c = \frac{Q}{m \cdot \Delta\vartheta} = \frac{72\,072 \text{ J}}{0.573 \text{ kg} \cdot (75.7^\circ\text{C} - 22.5^\circ\text{C})} = 2364 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \simeq \underline{\underline{2360 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}}}$$

(b) Wie unter (a) bereits angetönt, wurde bei der Berechnung angenommen, dass die gesamte zugeführte Wärme ins Olivenöl geht. (0.5 P)

Das kann so aber sicher nicht sein, denn auch andere Teile des Kalorimeters werden erwärmt, insbesondere der Innenbehälter, der genau aus diesem Grund möglichst leicht sein und aus einem Material mit geringer spezifischer Wärmekapazität bestehen soll. (0.5 P)

Der unter (a) berechnete Wert von  $c_{\text{Öl}}$  ist somit wohl zu hoch. Der reale Wert liegt etwas darunter, weil bei dem Versuch auch noch Wärme woanders hingehet. (1 P)

5. *“Ä heissi Schoggi” (2 Punkte)*

Der Wasserdampf von 100°C Temperatur enthält im Vergleich mit derselben Menge flüssigen Wassers von 100°C zusätzlich die **Kondensationswärme**, die an Tasse und Milch abgegeben werden kann. Somit steckt in derselben Menge Wasser mehr Energie. Es bräuchte deutlich mehr flüssiges Wasser von 100°C, um bei Milch und Tasse dieselbe Temperaturdifferenz zu erreichen – die Schokolade würde deutlich stärker verwässert.