

## Allgemeines:

1. Wie lautet die Formel, mit der man die Wärme  $W$  bestimmen kann, die benötigt wird, um einen Körper von der Temperatur  $\vartheta_1$  auf die Temperatur  $\vartheta_2$  zu erhitzen?
2. Was ist der Unterschied zwischen der Wärme  $W$  und der inneren Energie  $U$ ?
3. Fasse kurz zusammen, wie man die spezifische Wärmekapazität eines Festkörpers bestimmen kann.

## Etwas zum Rechnen und Erinnern:

4. Wie viel Energie benötige ich, um 1,5 Liter Wasser ( $\rho_{\text{Wasser}} = 1 \text{ g/cm}^3$ ) von  $20^\circ\text{C}$  auf  $95^\circ\text{C}$  zu erhitzen? Wie lange dauert dieser Vorgang, wenn man einen elektrischen Wasserkocher verwendet, der eine Nennleistung von  $600 \text{ W}$  hat?
5. 2 Liter Wasser und 2 Liter Alkohol ( $\rho_{\text{Alk.}} = 0,8 \text{ g/cm}^3$ ) werden jeweils mit einem Tauchsieder ( $P = 500 \text{ W}$ ) erhitzt. Welche Flüssigkeit wird zuerst eine Temperatur von  $75^\circ\text{C}$  bei einer Ausgangstemperatur von  $15^\circ\text{C}$  erreichen?
  - a) Schreibe zunächst Deine Vermutung mit einer kurzen Begründung auf.
  - b) Berechne die benötigte Wärme für die beiden Flüssigkeiten.
  - c) Bestimme die Zeit, die benötigt wird, um die beiden Flüssigkeiten jeweils auf die angegebene Temperatur zu erhitzen.
  - d) Angenommen es sind nun 2 Liter Wasser und 4 Liter Alkohol zu erhitzen. Welcher Flüssigkeit erreicht zuerst die angegebene Temperatur?

## Mischtemperaturen:

Schau Dir dazu im Dorn-Barder Physik, Sek. I, auf Seite 232 und 233 das Kapitel Mischtemperaturen und das zugehörige Beispiel an.

6. 500 Gramm Wasser von  $16^\circ\text{C}$  werden mit 400 Gramm Wasser von  $60^\circ\text{C}$  gemischt. Welche Mischtemperatur ergibt sich?
7. Um grünen Tee zuzubereiten, lässt man ihn bei etwa  $70^\circ\text{C}$  ziehen. Eine Tee-Verkäuferin gab mir mal den Tipp, dass man die  $70^\circ\text{C}$  schnell erreichen kann, indem man heißes Wasser ( $100^\circ\text{C}$ ) mit Leitungswasser (etwa  $15^\circ\text{C}$ ) im Verhältnis 3 zu 1 (also  $\frac{3}{4}$  zu  $\frac{1}{4}$ ) mischt. Stimmt das?
8. Eine Porzellantasse ( $m = 125 \text{ g}$ ) mit einer spezifischen Wärmekapazität von  $c = 0,8 \frac{\text{J}}{\text{g}\cdot\text{K}}$  hat eine Temperatur von  $20^\circ\text{C}$ . Welche Endtemperatur ergibt sich, wenn man  $125 \text{ g}$  Tee (Wasser) von  $80^\circ\text{C}$  in die Tasse hineingießt, vorausgesetzt, dass keine Wärme an die Umgebung abgegeben wird?

## Lösungen:

Quelle: Dorn, Barder, Physik Sek. I, Seite 230-233

### Aufg. 1:

$$W = c \cdot m \cdot \Delta \vartheta = c \cdot m \cdot (\vartheta_2 - \vartheta_1) \quad \text{mit } \vartheta_2 > \vartheta_1$$

Mit:

Wärme	$[W] = J$
Spezifische Wärmekapazität	$[c] = \frac{J}{g \cdot K}$
Masse	$[m] = g$
Temperatur	$[\vartheta] = ^\circ C$

### Aufg. 2:

Die innere Energie ist die Energie, die in einem Körper gespeichert ist. Wärme hingegen ist die Energie, die infolge eines Temperaturunterschieds vom wärmeren Körper auf den kühleren Körper übertragen wird.

### Aufg. 3:

Beschreibung auf Seite 232 im Dorn-Barder

### Aufg. 4:

Umrechnung Liter in $cm^3$ :	$1 l = 1 dm^3 = 1000 cm^3$
Masse $m$ bei gegebener Dichte $\rho$ :	$m = \rho \cdot V$
Volumen Wasser:	$V = 1,5 l = 1500 cm^3$
Dichte Wasser	$\rho = 1 g/cm^3$
Masse von 1,5 Liter Wasser:	$m = \rho \cdot V = 1 \frac{g}{cm^3} \cdot 1500 cm^3 = 1500 g$
Temperaturdifferenz:	$\Delta \vartheta = 95^\circ C - 20^\circ C = 75^\circ C \Leftrightarrow 75 K$
Spezifische Wärmekapazität von Wasser:	$c = 4,2 \frac{J}{g \cdot K}$
Wärme:	$W = c \cdot m \cdot \Delta \vartheta = 4,2 \frac{J}{g \cdot K} \cdot 75 K \cdot 1500 g = \underline{\underline{472,5 kJ}}$
Leistung Wasserkocher	$P = 600 W = 600 J/s$
Dauer	$t = \frac{W}{P} = \frac{472,5 kJ}{600 J/s} = 787,5 s \Rightarrow 13 \text{ Min}, 8s$

### Aufg. 5:

Spezifische Wärmekapazität von Wasser:	$c_w = 4,2 \frac{J}{g \cdot K}$
Spezifische Wärmekapazität von Alkohol:	$c_A = 2,4 \frac{J}{g \cdot K}$
Masse Wasser:	$m_w = \rho_w \cdot V_w = 1 g/cm^3 \cdot 2000 cm^3 = 2000 g$
Masse Alkohol:	$m_A = \rho_A \cdot V_A = 0,8 g/cm^3 \cdot 2000 cm^3 = 1600 g$
Temperaturdifferenz:	$\Delta \vartheta = 75^\circ C - 15^\circ C = 60^\circ C \Leftrightarrow 60 K$
Wärme Alkohol:	$W_A = c_A \cdot m_A \cdot \Delta \vartheta = 230,4 kJ$

Wärme Wasser:  $W_w = c_w \cdot m_w \cdot \Delta \vartheta = 504 \text{ kJ}$

Da  $W_A < W_w$  ist, heißt das, dass bei konstanter Energiezufuhr Alkohol schneller die genannte Temperatur erreicht.

Zeiten bei einer Leistung von  $P = 500 \text{ W}$ :

$$t_A = \frac{W_A}{P} = 460,8 \text{ s (7:40 Min.)} \quad t_w = \frac{W_w}{P} = 1010 \text{ s (16:50 Min.)}$$

Für 4 Liter Alkohol:

$$W_A = c_A \cdot m_A \cdot \Delta \vartheta = 460,8 \text{ kJ} \quad (\text{Verdopplung der Wärme bei Verdopplung der Masse!})$$

$$t_A = \frac{W_A}{P} = 921,6 \text{ s (15:22 Min.)}$$

### Aufg. 6:

Unter der Voraussetzung, dass keine Energie aus dem System entweicht, muss die Wärme, die der kühleren Körper aufnimmt der Wärmemenge entsprechen, die der wärmere Körper abgibt.

Aufgenommene Wärme:  $W_{\text{Auf}} = c_k \cdot m_k \cdot (\vartheta_m - \vartheta_k)$

Abgegebene Wärme:  $W_{\text{Ab}} = c_w \cdot m_w \cdot (\vartheta_w - \vartheta_m)$

$$W_{\text{Auf}} = W_{\text{Ab}}$$

$$c_k \cdot m_k \cdot (\vartheta_m - \vartheta_k) = c_w \cdot m_w \cdot (\vartheta_w - \vartheta_m)$$

$$c_k \cdot m_k \cdot \vartheta_m - c_k \cdot m_k \cdot \vartheta_k = c_w \cdot m_w \cdot \vartheta_w - c_w \cdot m_w \cdot \vartheta_m$$

Gleichsetzen:  $c_k \cdot m_k \cdot \vartheta_m + c_w \cdot m_w \cdot \vartheta_m = c_w \cdot m_w \cdot \vartheta_w + c_k \cdot m_k \cdot \vartheta_k$

$$(c_k \cdot m_k + c_w \cdot m_w) \cdot \vartheta_m = c_w \cdot m_w \cdot \vartheta_w + c_k \cdot m_k \cdot \vartheta_k$$

$$\vartheta_m = \frac{c_w \cdot m_w \cdot \vartheta_w + c_k \cdot m_k \cdot \vartheta_k}{c_k \cdot m_k + c_w \cdot m_w}$$

Damit lautet die Formel zur Berechnung der Mischtemperatur  $\vartheta_m = \frac{c_w \cdot m_w \cdot \vartheta_w + c_k \cdot m_k \cdot \vartheta_k}{c_k \cdot m_k + c_w \cdot m_w}$

Eingesetzt für Wasser ( $c_w = c_k = c$ ):

$$\vartheta_m = \frac{c_w \cdot m_w \cdot \vartheta_w + c_k \cdot m_k \cdot \vartheta_k}{c_k \cdot m_k + c_w \cdot m_w} = \frac{m_w \cdot \vartheta_w + m_k \cdot \vartheta_k}{m_k + m_w} = \frac{500 \text{ g} \cdot 16^\circ \text{C} + 400 \text{ g} \cdot 60^\circ \text{C}}{900 \text{ g}} = 35,56^\circ \text{C}$$

### Aufg. 7:

$$\vartheta_m = \frac{3/4 \cdot 100^\circ \text{C} + 1/4 \cdot 15^\circ \text{C}}{1} = 78,75^\circ \text{C}$$

Besser wäre bei den Temperaturen ein Verhältnis von 2:1 ( $\vartheta_m \approx 71^\circ \text{C}$ .)

### Aufg. 8:

$$\vartheta_m = \frac{c_w \cdot m_w \cdot \vartheta_w + c_k \cdot m_k \cdot \vartheta_k}{c_k \cdot m_k + c_w \cdot m_w} = \frac{0,8 \frac{\text{J}}{\text{g} \cdot \text{K}} \cdot 125 \text{ g} \cdot 20^\circ \text{C} + 4,2 \frac{\text{J}}{\text{g} \cdot \text{K}} \cdot 125 \text{ g} \cdot 80^\circ \text{C}}{0,8 \frac{\text{J}}{\text{g} \cdot \text{K}} \cdot 125 \text{ g} + 4,2 \frac{\text{J}}{\text{g} \cdot \text{K}} \cdot 125 \text{ g}} = 70,4^\circ \text{C}$$

$$\vartheta_m = \frac{c_w \cdot m_w \cdot \vartheta_w + c_k \cdot m_k \cdot \vartheta_k}{c_k \cdot m_k + c_w \cdot m_w} = \frac{0,8 \frac{\text{J}}{\text{g} \cdot \text{K}} \cdot 125 \text{ g} \cdot 293,15 \text{ K} + 4,2 \frac{\text{J}}{\text{g} \cdot \text{K}} \cdot 125 \text{ g} \cdot 353,15 \text{ K}}{0,8 \frac{\text{J}}{\text{g} \cdot \text{K}} \cdot 125 \text{ g} + 4,2 \frac{\text{J}}{\text{g} \cdot \text{K}} \cdot 125 \text{ g}} = 343,55 \text{ K} \equiv 70,4^\circ \text{C}$$