

## Übung 26                      Wärme Temperaturskalen, Energie, Mischvorgänge

### Lernziele

- den Zusammenhang zwischen den verschiedenen Temperaturskalen kennen und verstehen.
- experimentell ermittelte Daten auswerten können.
- den Zusammenhang zwischen ausgetauschter Energie und Temperaturänderung in konkreten Problemstellungen anwenden können.
- Mischvorgänge in der Energiedarstellung analysieren können.
- einen neuen Sachverhalt analysieren können.

### Aufgaben

- Leiten Sie eine Formel her, die es erlaubt, Temperaturen ...
  - ... von °F (Grad Fahrenheit) in °C (Grad Celsius) umzurechnen.  
Hinweise:
    - Nehmen Sie das Blatt "Temperatur-Skalen" zu Hilfe (vgl. Unterricht).
    - Der Zusammenhang  $^{\circ}\text{F}$   $^{\circ}\text{C}$  kann durch eine lineare Funktion ausgedrückt werden. Die gesuchte Formel ist die Funktionsgleichung dieser Funktion.
    - Skizzieren Sie den Zusammenhang  $^{\circ}\text{F}$   $^{\circ}\text{C}$  in einem kartesischen Koordinatensystem, indem Sie  $^{\circ}\text{F}$  auf der Abszisse ("x-Achse") und  $^{\circ}\text{C}$  auf der Ordinate ("y-Achse") auftragen.
  - ... von °C in °F umzurechnen.  
Hinweis:
    - Der Zusammenhang  $^{\circ}\text{C}$   $^{\circ}\text{F}$  ist die Umkehrfunktion der in a) betrachteten linearen Funktion.
- In einem Unterrichts-Experiment wurden 3 Liter Wasser mit einem Tauchsieder der Leistung 1.0 kW erwärmt.
  - Bestimmen Sie mit Hilfe der Messdaten die spezifische Energiekapazität von Wasser.  
Hinweis:  
Für Berechnungen können Sie einen Rechner verwenden.
  - Geben Sie eine Erklärung für eine mögliche Abweichung des in a) bestimmten Wertes gegenüber dem tabellierten Wert von  $c = 4.18 \cdot 10^3 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$
- Bestimmen Sie, wie lange es dauert, um einen halben Liter Leitungswasser der Temperatur 10 °C mit einem Tauchsieder der Leistung 1.0 kW zum Sieden zu bringen.  
Benützen Sie für die spezifische Energiekapazität von Wasser den Wert  $c = 4 \cdot 10^3 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$
- Beurteilen Sie, wie viel Energie eingespart werden kann, wenn man statt eines Vollbades eine Dusche nimmt.  
Drücken Sie die Energieersparnis durch die Zeitspanne aus, in welcher man mit der eingesparten Energie eine 100-Watt-Glühlampe betreiben könnte.
- Man vermischt 7.0 dl Wasser der Temperatur 27 °C mit 3.0 dl Wasser der Temperatur 77 °C.  
Bestimmen Sie die Mischtemperatur, die sich nach einiger Zeit einstellt.

6. Ein heisses Eisenstück der Masse 5.0 kg und der Temperatur 1000 °C wird in 5.0 Liter Wasser der Temperatur 20 °C geworfen.
- a) Man möchte wissen, auf welche Temperatur sich das Wasser erwärmt.  
Stellen Sie dazu ein vollständiges Gleichungssystem auf, welches die gesuchte Mischtemperatur als Unbekannte enthält.  
Hinweis:  
Nehmen Sie an, dass die spezifische Energiekapazität  $c_{Fe}$  von Eisen eine bekannte Grösse sei.
- b) Würde man das unter a) aufgestellte Gleichungssystem auflösen, so ergäbe sich für die gesuchte Mischtemperatur  $T_m = 388 \text{ K}$  bzw.  $t_m = 115 \text{ °C}$ .  
Beurteilen Sie dieses Ergebnis im Hinblick auf die Gegebenheiten in der Natur.
- c) Aus b) folgt, dass beim vorliegenden Mischvorgang mindestens ein Teil des Wassers verdampft. Die in a) gestellte Frage nach der Mischtemperatur wird also hinfällig.  
Nach welcher Grösse macht es nun Sinn zu fragen?  
Geben Sie diese Grösse an, und stellen Sie ein vollständiges Gleichungssystem auf, welches diese Grösse als Unbekannte enthält.
- d) Formulieren Sie mögliche Fragestellungen für den Fall, dass das Auflösen des unter c) aufgestellten Gleichungssystems  $m_D > 5.0 \text{ kg}$  ergeben würde.
7. Mit einem Stück Eis aus dem - 20 °C kalten Gefrierfach soll im Sommer ein 2 dl - Drink von 25 °C auf 10 °C abgekühlt werden. Man möchte wissen, welche Eismenge dafür nötig ist.
- a) Stellen Sie ein vollständiges Gleichungssystem auf, welches die gesuchte Eismenge als Unbekannte enthält.
- b) Lösen Sie das unter a) aufgestellte Gleichungssystem algebraisch nach der gesuchten Eismenge auf.
- c) Setzen Sie die konkreten Zahlenwerte in die unter b) bestimmte algebraische Lösung ein, und rechnen Sie die gesuchte Eismenge aus.  
Hinweise:  
- Für Berechnungen können Sie einen Rechner verwenden.  
- Nehmen Sie an, dass der Drink die gleiche spezifische Energiekapazität besitzt wie Wasser.  
- Die spezifische Energiekapazität von Wasser beträgt  $c_W = 4.18 \cdot 10^3 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$   
- Die spezifische Energiekapazität von Eis beträgt  $c_E = 2.09 \cdot 10^3 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$   
- Die spezifische Schmelzenergie für den Übergang Eis → Wasser beträgt  $q_s = 3.34 \cdot 10^5 \text{ J/kg}$

**Lösungen**

1. a)  ${}^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9} ({}^{\circ}\text{F} - 32)$

b)  ${}^{\circ}\text{F} = \frac{9}{5} {}^{\circ}\text{C} + 32$

2. a)  $W_a = W_{el}$   
 $W_a = c \cdot m \cdot T$   
 $W_{el} = P_{el} \cdot t$

-----  
 $c = \frac{P_{el} \cdot t}{m \cdot T} = \frac{1.0 \text{ kW} \cdot t}{3 \text{ kg} \cdot T} = \dots \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$  ( t und T aus Messdaten herauslesen)

b) ...

3.  $W_a = W_{el}$   
 $W_a = c \cdot m \cdot T$   
 $W_{el} = P_{el} \cdot t$

-----  
 $t = \frac{c \cdot m \cdot T}{P_{el}} = \frac{4 \cdot 10^3 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K}) \cdot 0.5 \text{ kg} \cdot 90 \text{ K}}{1.0 \text{ kW}} = 180 \text{ s} = 3 \text{ min}$

4. Annahmen:

- Zum Duschen werden 50 Liter Wasser benötigt.
- Zum Baden werden 200 Liter Wasser benötigt.
- Beim Duschen müssen also 150 Liter Wasser weniger von 10 °C auf 40 °C aufgeheizt werden als beim Baden.

$W_a = W_{el}$   
 $W_a = c \cdot m \cdot T$   
 $W_{el} = P_{el} \cdot t$

-----  
 $t = \frac{c \cdot m \cdot T}{P_{el}} = \frac{4 \cdot 10^3 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K}) \cdot 150 \text{ kg} \cdot 30 \text{ K}}{100 \text{ W}} = 180'000 \text{ s} = 50 \text{ h}$

5.  $W_{a1} = W_{a2}$   
 $W_{a1} = c \cdot m_1 \cdot T_1$   
 $W_{a2} = c \cdot m_2 \cdot T_2$   
 $T_1 = T_m - T_1$   
 $T_2 = T_2 - T_m$

-----  
 $T_m = \frac{m_1 \cdot T_1 + m_2 \cdot T_2}{m_1 + m_2} = \frac{0.70 \text{ kg} \cdot 300 \text{ K} + 0.30 \text{ kg} \cdot 350 \text{ K}}{0.70 \text{ kg} + 0.30 \text{ kg}} = 315 \text{ K} \hat{=} T_m = 42 \text{ }^{\circ}\text{C}$

6. (siehe Seite 4)

6. a)  $W_{aFe} = W_{aW}$   
 $W_{aFe} = c_{Fe} \cdot m_{Fe} \cdot T_{Fe}$   
 $W_{aW} = c_W \cdot m_W \cdot T_W$   
 $T_{Fe} = T_{Fe} - T_m$   
 $T_W = T_m - T_W$
- b) Eine Mischtemperatur von 115 °C ist unmöglich, da diese Temperatur über der Siedetemperatur von H<sub>2</sub>O (bei Atmosphärendruck) liegt.
- c) Ansatz: Das Wasser wird auf 100 °C erwärmt, und ein Teil des Wassers verdampft. Am Ende des Mischvorganges haben das Eisenstück, der entstandene Wasserdampf sowie das restliche Wasser die Temperatur 100 °C.

Es stellt sich daher die Frage nach der Masse  $m_D$  des verdampften Wassers.

$$W_{aFe} = W_{aW} + W_{av}$$

$$W_{aFe} = c_{Fe} \cdot m_{Fe} \cdot T_{Fe}$$

$$W_{aW} = c_W \cdot m_W \cdot T_W$$

$$W_{av} = q_v \cdot m_D$$

- d) Das Resultat  $m_D > 5.0$  kg würde bedeuten, dass alles Wasser verdampft.

Fragestellung unter der Annahme, dass das Gefäß abgeschlossen ist und der entstandene Wasserdampf nicht entweichen kann:

"Wie hoch ist die gemeinsame (über 100 °C liegende) Mischtemperatur von Eisenstück und Wasserdampf?"

Fragestellung unter der Annahme, dass das Gefäß offen ist und der entstandene Wasserdampf entweicht:

"Welche (über 100 °C liegende) Temperatur hat das Eisenstück noch, nachdem alles Wasser zu Wasserdampf der Temperatur 100 °C geworden ist?"

Ergänzende Bemerkung:

Die Auflösung des unter c) aufgestellten Gleichungssystems würde  $m_D = 0.16$  kg ergeben. Von den 5.0 l Wasser verdampfen also nur 1.6 dl.

7. a)  $W_{aD} = W_{aE} + W_{as} + W_{aW}$   
 $W_{aD} = c_D \cdot m_D \cdot T_D$   
 $W_{aE} = c_E \cdot m_E \cdot T_E$   
 $W_{as} = q_s \cdot m_E$   
 $W_{aW} = c_W \cdot m_E \cdot T_W$
- b)  $m_E = \frac{c_D \cdot m_D \cdot T_D}{c_E \cdot T_E + q_s + c_W \cdot T_W}$
- c)  $m_E = \frac{4.18 \cdot 10^3 \text{ J/(kg} \cdot \text{K)} \cdot 0.2 \text{ kg} \cdot 15 \text{ K}}{2.09 \cdot 10^3 \text{ J/(kg} \cdot \text{K)} \cdot 20 \text{ K} + 3.34 \cdot 10^5 \text{ J/kg} + 4.18 \cdot 10^3 \text{ J/(kg} \cdot \text{K)} \cdot 10 \text{ K}} = 0.030 \text{ kg} = 30 \text{ g}$