

## Physik \* Jahrgangsstufe 8 \* Spezifische Wärmekapazität

Um die Temperatur eines Gegenstands der Masse  $m$  um  $\Delta\vartheta$  zu erhöhen, wird die Arbeit  $W$  benötigt. Es gilt:

$$W = c \cdot m \cdot \Delta\vartheta$$

$c$  ist hierbei eine Stoffkonstante, die man spezifische Wärmekapazität nennt.

Material	Wasser	Alkohol	Aluminium	Eisen	Kupfer
$c$ in der Einheit $J/(g \cdot ^\circ C)$	4,19	2,4	0,896	0,452	0,385

### 1. Große - kleine spezifische Wärmekapazität?

Bei welchem (welchen) der folgenden Beispiele aus der Technik verwendet man Materialien mit möglichst hoher bzw. möglichst kleiner spezifischer Wärmekapazität?

- Kühlflüssigkeit bei Automotoren
- Iosliergefäße (z.B. Thermoskanne)
- Elektrische Nachtspeicheröfen

Begründe deine Antwort!

### 2. "Der Hammer von Wetten-Dass"

Bei der Sendung "Wetten Dass" brachte ein Schmied ein Stück Eisen ( $m_{\text{Eisen}} = 150 \text{ g}$ ) durch Hammerschläge ( $m_{\text{Hammer}} = 1400 \text{ g}$ ) zum Glühen ( $\vartheta \approx 500 \text{ }^\circ\text{C}$ ). Der Hammer prallte dabei jedes Mal mit einer Geschwindigkeit von  $30 \text{ m/s}$  auf das Eisenstück. [ $c_{\text{Eisen}} = 0,46 \text{ J/(g} \cdot \text{ }^\circ\text{C)}$ ]

- Wie oft musste der Schmied hämmern, um das Eisen zum Glühen zu bringen?  
Gehe davon aus, dass ca. 80% der Bewegungsenergie des Hammers in innere Energie des Eisenstückes umgewandelt werden.
- Warum konnte sich der Schmied für diesen Vorgang nicht beliebig viel Zeit lassen?

### 3. Erwärmung von Bremstrommeln

Ein Auto ( $m = 1,0 \text{ t}$ ) mit der Geschwindigkeit  $v = 72 \text{ km/h}$  bremst bis zum Stillstand ab. 90% der Bewegungsenergie erwärmen dabei die Bremstrommel des Rades.

- Um wie viel Grad Celsius würde sich die Bremstrommel [ $m_{\text{BT}} = 8,0 \text{ kg}$ ,  $c = 0,45 \text{ J/(g} \cdot \text{ }^\circ\text{C)}$ ] erwärmen, wenn keine Kühlung stattfinden würde?
- Wie groß wäre die entsprechende Temperaturerhöhung bei doppelter Geschwindigkeit?

### 4. Abseilen beim Bergsteigen

Wenn beim Klettern das Gelände zu schwierig für freies Abklettern ist, dann seilt man ab. Das Seil wird bis zur Hälfte durch einen Abseilhaken gefädelt. Die Seilenden wirft man nach unten. Der Kletterer ist über einen Abseilachter mit dem Seil verbunden. Die Reibung des Seils im Abseilachter ist so groß, dass der Bergsteiger am Seil kontrolliert nach unten gleitet. Ein Bergsteiger der Masse  $70 \text{ kg}$  seilt mit konstanter Geschwindigkeit über eine  $20 \text{ m}$  hohe Felswand ab. Der Abseilachter hat die Masse  $90 \text{ g}$ .

- Berechne die Reibungsarbeit, die das Seil während des Abseilens verrichtet.
- Wie heiß wird dabei ein Abseilachter aus Aluminium, wenn er vorher die Temperatur  $24^\circ\text{C}$  hatte?
- Erreicht der Abseilachter beim Abseilen tatsächlich die in b) berechnete Temperatur? Begründe deine Antwort!
- Welche Rolle spielt die Abseilgeschwindigkeit bei der Erwärmung des Abseilachters?



## Physik \* Jahrgangsstufe 8 \* Spezifische Wärmekapazität \* Lösungen

1. a) Kühlflüssigkeit bei Automotoren:  
hohe spezifische Wärmekapazität, da die Kühlflüssigkeit möglichst viel Wärme aufnehmen soll, ohne dabei zu heiß zu werden.
- b) Materialien für Isoliergefäße:  
kleine Wärmekapazität, da die eingefüllte Flüssigkeit möglichst wenig Wärme an das Gefäß abgeben soll.
- c) Materialien für elektrische Nachtspeicheröfen:  
hohe spezifische Wärmekapazität, da möglichst viel Wärme gespeichert werden soll.

2. a) Energie eines Hammerschlags:  $E_{\text{HS}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot 1,400 \text{ kg} \cdot \left(30 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 = 630 \text{ J}$

Benötigte Energie, um das Eisen zum Glühen zu bringen:

$$E_{\text{E}} = c_{\text{E}} \cdot m_{\text{E}} \cdot \Delta\vartheta = 0,46 \frac{\text{J}}{\text{g} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 150 \text{ g} \cdot (500 - 20) ^\circ\text{C} \approx 33 \text{ kJ}$$

$$n \cdot 0,80 \cdot E_{\text{HS}} = E_{\text{E}} \Rightarrow n = \frac{E_{\text{E}}}{0,80 \cdot E_{\text{HS}}} \approx \frac{33 \text{ kJ}}{0,80 \cdot 0,63 \text{ kJ}} = 65$$

Der Schmied muss etwa 65-mal hämmern.

- b) Der Schmied muss zügig arbeiten, weil das heiße Eisenstück Wärme an die Umgebung abgibt und dadurch abkühlt.

3. a) 90% der kin. Energie sind  $0,90 \cdot \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = 0,90 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1000 \text{ kg} \cdot \left(\frac{72}{3,6} \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 = 180 \text{ kJ}$ .

$$180 \text{ kJ} = c \cdot m_{\text{BT}} \cdot \Delta\vartheta \Rightarrow \Delta\vartheta = \frac{180 \text{ kJ}}{c \cdot m_{\text{BT}}} = \frac{180000 \text{ J}}{0,45 \frac{\text{J}}{\text{g} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 8000 \text{ g}} = 50 ^\circ\text{C}$$

Die Bremsstrommel erwärmt sich also um  $50 ^\circ\text{C}$ .

- b) Bei doppelter Geschwindigkeit ist die kinetische Energie 4-mal so groß, d.h. die Temperaturerhöhung ist ebenfalls 4-mal so hoch!  
Die Bremsstrommel erwärmt sich daher um  $200 ^\circ\text{C}$ .

4. a)  $W_{\text{Reib}} = E_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot h = 70 \text{ kg} \cdot 9,8 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 20 \text{ m} = 13720 \text{ J} \approx 14 \text{ kJ}$

b)  $13720 \text{ J} = c \cdot m \cdot \Delta\vartheta \Rightarrow \Delta\vartheta = \frac{13720 \text{ J}}{c \cdot m} = \frac{13720 \text{ J}}{0,896 \frac{\text{J}}{\text{g} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 90 \text{ g}} = 170 ^\circ\text{C}$

Die Temperatur des Abseilachters erhöht sich um  $170 ^\circ\text{C}$ , beträgt als dann  $24 ^\circ\text{C} + 170 ^\circ\text{C} = 194 ^\circ\text{C}$ .

- c) Auch das Seil wird erwärmt, die Temperatur des Abseilachters ist daher geringer!
- d) Beim langsamen Abseilen kommt der Abseilachter lange Zeit mit dem Seil in Kontakt. Er kann daher mehr Energie an das Seil abgeben als beim schnellen Abseilen und wird deshalb nicht ganz so warm werden.

