

Aufgaben zur Grundgleichung der Wärmelehre

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

1. Die Grundgleichung der Wärmelehre lautet:

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

Beschreibe ein Experiment, mit dem der Zusammenhang zwischen der zugeführten Wärme und der Temperaturänderung nachgewiesen werden kann.

(konst. Größen, Messgrößen, Messung, Auswertung)

2. Eine Tasse mit heißem Tee steht bei Zimmertemperatur auf einem Tisch und kühlt ab. Nach jeweils 10 min wird die Temperatur gemessen:

t in min	0	10	20	30	40
ϑ in °C	90	55	38	28	24

a) Stelle in einem Diagramm den Zusammenhang zwischen der Zeit und der Temperaturänderung dar.

b) Untersuche, ob zwischen der Zeit und der Temperaturänderung ein proportionaler Zusammenhang besteht. Begründe dein Ergebnis.

c) Vergleiche die Wärme, die der Tee an die Umgebung abgibt in der Zeitspanne von 10 min bis 20 min und von 30 min bis 40 min.

d) Beschreibe den Vorgang des Abkühlens mit den Begriffen thermische Energie, Temperatur und Wärme.

3. Die spezifische Wärmekapazität von Sand ist mit $0,84 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ deutlich kleiner als die von Wasser. Begründe damit die hohen Temperaturschwankungen in Wüstengebieten im Unterschied zu Gebieten am Meer.

4. Ein elektrischer Wasserkocher hat eine Leistung von 2000 W. 70% der Energie, die der Kocher abgibt, werden an der Wasser abgegeben, der Rest geht verloren.

Wie lange dauert es, bis ein halber Liter Wasser von 20°C auf 95°C erhitzt wird?

5. Welche Wärme ist notwendig, um beim Camping 400 ml Wasser auf einem Spirituskocher von 20°C auf 95°C zu erwärmen?

In dem Kocher befinden sich noch 10 ml Spiritus. Reicht diese Menge zum Erwärmen des Wassers aus?

(Heizwert Spiritus 32 MJ/l)

6. Wenn an wolkenlosen Sommertagen die Sonne zehn Stunden lang scheint, dann ist insgesamt eine Energie von 18 MJ pro m^2 eingestrahlt worden. Um wie viel erhöht sich dadurch die Temperatur im Schwimmbecken mit einer Tiefe von 2,5 m und im Planschbecken mit einer Wassertiefe von 40 cm?

Lösungen:

1. konstante Größen: Masse und spez. Wärmekapazität

Messgrößen: Temperatur, Zeit

Messung: Es wird eine bestimmte Menge Wasser erhitzt. Damit sind Masse und Stoff konstant.

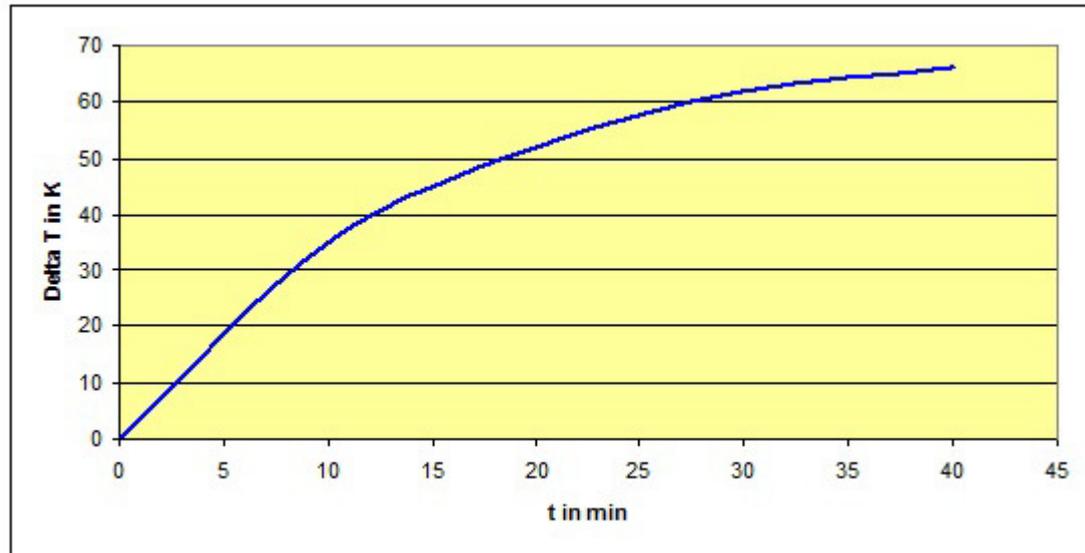
Aus der Zeit lässt sich über die Leistung der Wärmequelle die zugeführte Wärme berechnen:

$$Q = P \cdot t$$

Es werden mehrere Messung vorgenommen.

Die Wärme und die Temperaturänderung werden in ein Diagramm eingetragen. Die Proportionalität sollte erkennbar sein.

2. b) Zwischen der Zeit und der Temperaturänderung besteht kein proportionaler Zusammenhang. Die Kurve verläuft nicht linear, ein Proportionalitätsfaktor ist nicht zu erkennen.



c) Beide Zeitspanne sind gleich groß. In der Zeit von 10 min bis 20 min wird mehr Wärme abgegeben, da sich in dieser Zeit die Temperatur mehr ändert als von 30 min bis 40 min.

Da Masse und spezifische Wärmekapazität in beiden Zeitspannen konstant sind, ist nach

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

die Wärme im zweiten Zeitabschnitt kleiner.

d) Der Tee hat zu Beginn eine deutlich höhere Temperatur als die Umgebung. Dadurch kann er Wärme an die Umgebung abgeben; die thermische Energie des Tees geht an die Umgebung über. Durch diesen Energietransport verliert der Tee thermische Energie, seine Temperatur sinkt. Die Umgebung nimmt diese thermische Energie auf, ihre Temperatur steigt (wenn auch nur unmerkliche).

3. Die spezifische Wärmekapazität gibt an, wie viel thermische Energie ein Körper mit 1 kg Masse speichern kann, wenn sich seine Temperatur um 1 K ändert. Bei 1 kg Sand sind das 0,84 kJ und bei 1 kg Wasser 2,49 kJ, also fast dreimal so viel. Dabei ändert sich aber die Temperatur bei beiden Stoffen um den gleichen Wert!

Das heißt, am Tag nimmt Wasser von der vorhandenen Energie dreimal soviel auf wie Sand. Dadurch ist die Temperatur über dem Wasser deutlich niedriger als über dem Sand, da ja ganz viel thermische Energie im Wasser gespeichert ist.

In der Nacht, wenn die Temperatur über Wasser oder Sand niedriger wird, gibt Wasser dreimal soviel Wärme ab wie Sand. Dadurch sinkt die Temperatur über dem Wasser nicht so stark wie über Sand. Wasser kann also am Tage mehr Energie aufnehmen und in der Nacht diese Energie wieder abgeben. Es wirkt als Puffer.

4.

geg.:	$P=2000\text{ W}$ $\eta=70\%$ $\vartheta_1=20^\circ\text{C}$ $\vartheta_2=95^\circ\text{C}$ $V=0,5\text{ l}$ $c=4,19\frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$	ges.:	t
Lösung:	<p>Der Kocher hat einen Wirkungsgrad von 70%. Das heißt, dass von den 2000 W nur 1400 W effektiv zum Erwärmen des Wassers genutzt werden. 1400 W bedeuten, dass dem Wasser pro Sekunde 1400 J Wärme zugeführt werden. Wie viel Energie ist notwendig, um das Wasser auf die geforderte Temperatur zu erwärmen. Dazu benutzt man die Grundgleichung der Wärmelehre: $Q = m \cdot c \cdot \Delta\vartheta$ Die Masse von einem halben Liter Wasser ist 0,5 kg. Damit kann die Wärme berechnet werden: $Q = 0,5\text{ kg} \cdot 4,19\frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}} \cdot 75\text{ K}$ $Q = 157,1\text{ kJ}$ Dem Wasser werden pro Sekunde 1,4 kJ zugeführt. Für die erforderlichen 157,1 kJ sind demnach: $\frac{157,1}{1,4} = 112$ 1,4 Sekunden notwendig. Das sind 1,9 Minuten.</p>		
Antwort:	Der halbe Liter Wasser kocht nach 1,9 Minuten.		

5.

geg.:	$m=0,4\text{ kg}$ $\vartheta_1=20^\circ\text{C}$ $\vartheta_2=95^\circ\text{C}$ $V=10 \cdot 10^{-3}\text{ l}$ $H=32\frac{\text{MJ}}{\text{l}}$	ges.:	Q
Lösung:	<p>a) $Q = m \cdot c \cdot \Delta\vartheta$ $Q = 0,4\text{ kg} \cdot 4,19\text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 75\text{ K}$ $Q = 125,7\text{ kJ}$ b) Wieviel Wärme kann der Spiritus abgeben? $Q_s = H \cdot V$ $Q_s = 32\text{ MJ} \cdot \text{l}^{-1} \cdot 10 \cdot 10^{-3}\text{ l}$ $Q_s = 0,32\text{ MJ}$ $Q_s = 320\text{ kJ}$ Da zum Erwärmen des Wassers nur 126 kJ benötigt werden, reicht die Spiritusmenge aus. Dabei wird aber ein Wirkungsgrad von 100% vorausgesetzt. Ist der Wirkungsgrad kleiner als 40%, reicht es nicht mehr.</p>		
Antwort:	Es ist zum Erwärmen des Wassers eine Wärme von 126 kJ notwendig. Die Spiritusmenge reicht aus.		

6.

geg.:	$Q = 1,8 \text{ MJ}$ $A = 1 \text{ m}^2$ $h_S = 2,5 \text{ m}$ $h_P = 0,4 \text{ m}$	ges.:	$\Delta\vartheta_S$ $\Delta\vartheta_P$
Lösung:	<p>Auf einen Quadratmeter Wasseroberfläche fällt eine Energiemenge von 18 MJ. Diese Energie wird absorbiert (verschluckt) und erwärmt das Wasser. Die Temperaturänderung ist außer von der Menge der Energie auch noch von der Menge des Wasser abhängig, die erwärmt werden soll. Die Wassermasse kann aus dem Volumen bestimmt werden und das ist Grundfläche mal Höhe:</p> $V = A \cdot h$ $V_S = 1 \text{ m}^2 \cdot 2,5 \text{ m}$ $V_S = 2,5 \text{ m}^3$ $V_P = 1 \text{ m}^3$ <p>Da 1 m³ Wasser 1000 kg Masse hat, liegen unter dem Quadratmeter im Schwimmbecken 2500 kg Wasser und im Planschbecken 1000 kg. Damit kann nun die Temperaturerhöhung berechnet werden:</p> $Q = m \cdot c \cdot \Delta\vartheta$ $\Delta\vartheta = \frac{Q}{m \cdot c}$ $\Delta\vartheta_S = \frac{18 \cdot 10^6 \text{ J}}{2500 \text{ kg} \cdot 4,19 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}}$ $\Delta\vartheta_S = 1,7 \text{ K}$ $\Delta\vartheta_P = 4,3 \text{ K}$		
Antwort:	Das Schwimmbecken erwärmt sich um 1,7 K und das Planschbecken um 4,3 K.		