

Wärmelehre

<p><u>Temperatur</u></p> <p>Die Temperatur ist ein Maß für die mittlere kinetische Energie der Teilchen eines Körpers.</p> <p>Celsius-Temperatur:  <math>\vartheta</math> (Theta) [ <math>\vartheta</math> ] = 1 °C                      0 °C <math>\triangleq</math> 273 K</p> <p>absolute Temperatur:  T [T] = 1 K (Kelvin)      0 K <math>\triangleq</math> -273 °C</p> <p>Temperaturdifferenz:  <math>\Delta\vartheta = \vartheta_2 - \vartheta_1</math> oder <math>\Delta T = T_2 - T_1</math></p>	<p>Wie viel Kelvin sind -12 °C?  -12 °C <math>\triangleq</math> (-12 + 273) K = 261 K</p> <p>Wie viel Grad Celsius sind 180 K?  180 K <math>\triangleq</math> (180 - 273) °C = -93 °C</p> <p>Wie groß ist die Temperaturdifferenz <math>\Delta\vartheta</math> zwischen -12 °C und 24 °C?  <math>\Delta\vartheta = 24 \text{ °C} - (-12 \text{ °C}) = 36 \text{ °C} = 36 \text{ K}</math></p>
<p><u>Wärme</u></p> <p>Die Wärme gibt an, wie viel thermische Energie von einem Körper auf einen anderen Körper übertragen wird.</p> <p><math>W_{\text{th}}</math> [ <math>W_{\text{th}}</math> ] = 1 J (Joule)</p>	<p>Die Heizplatte eines Wasserkochers gibt Wärme an das kalte Wasser ab.</p>
<p><u>Längen- und Volumenänderung</u></p> <p>Längenänderung fester Körper:  <math>\Delta l = \alpha \cdot l_0 \cdot \Delta\vartheta</math>  <math>\alpha</math> = Längenausdehnungskoeffizient  <math>l_0</math> = Anfangslänge</p> <p>Volumenänderung fester Körper und flüssiger Körper:  <math>\Delta V = \gamma \cdot V_0 \cdot \Delta\vartheta</math>  <math>\gamma</math> = Volumenausdehnungskoeffizient  Für feste Körper gilt: <math>\gamma \approx 3\alpha</math>  <math>V_0</math> = Anfangsvolumen</p>	<p>Wie groß ist die Längenänderung einer 1,8 m langen Eisenstange bei einem Temperaturanstieg von 12 °C auf 28 °C?  <math>\Delta l = \alpha \cdot l_0 \cdot \Delta\vartheta = 0,012 \frac{\text{mm}}{\text{m} \cdot \text{°C}} \cdot 1,8 \text{ m} \cdot 16 \text{ °C}</math>  = 0,35 mm</p> <p>Um wie viel ml nimmt das Volumen von 1,0 l Wasser bei Erwärmung von 17 °C auf 98 °C zu?  <math>\Delta V = \gamma \cdot V_0 \cdot \Delta\vartheta = 0,21 \frac{\text{cm}^3}{\text{dm}^3 \cdot \text{°C}} \cdot 1,0 \text{ l} \cdot 81 \text{ °C}</math>  = 17 cm<sup>3</sup> = 17 ml</p>
<p><u>Allgemeines Gasgesetz</u></p> $\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2}$ <p>Bei konstanter Temperatur gilt das Gesetz von Boyle-Mariotte:  <math>p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2</math></p> <p>Bei konstantem Druck gilt das Gesetz von Gay-Lussac:  <math>\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}</math></p>	<p>Eine abgeschlossene Gasmenge hat bei einer Temperatur von 17 °C und einem Druck von 1,0 bar ein Volumen von 2,5 l. Wie verändert sich der Druck, wenn die Temperatur auf 95 °C steigt und sich das Volumen auf 2,7 l erhöht?</p> $\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2} \Rightarrow p_2 = \frac{p_1 \cdot V_1 \cdot T_2}{T_1 \cdot V_2}$ $p_2 = \frac{1,0 \text{ bar} \cdot 2,5 \text{ dm}^3 \cdot 368 \text{ K}}{290 \text{ K} \cdot 2,7 \text{ dm}^3} = 1,2 \text{ bar}$

<p><u>Erwärmungsgesetz</u></p> $W_{th} = c \cdot m \cdot \Delta\vartheta$ <p> <math>W_{th}</math> = thermische Energie  <math>c</math> = spezifische Wärmekapazität  <math>\Delta\vartheta</math> = Temperaturdifferenz </p>	<p>Wie viel Energie ist notwendig, um 0,75 l Wasser von 17 °C auf 98 °C zu erwärmen?</p> $W_{th} = c \cdot m \cdot \Delta\vartheta = 4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 0,75 \text{ kg} \cdot 81 ^\circ\text{C}$ $= 26 \cdot 10 \text{ kJ}$
<p><u>Leistung einer Wärmequelle</u></p> <p>Die Leistung P einer Wärmequelle gibt an, wie viel Energie sie pro Sekunde abgibt.</p> $P = \frac{W_{th}}{t} \quad [P] = 1 \text{ W} = 1 \frac{\text{J}}{\text{s}}$	<p>Ein Wasserkocher hat eine Leistung von 2,2 kW. Wie viel thermische Energie gibt er in 60 s an das Wasser ab?</p> $W_{th} = P \cdot t = 2,2 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{s}} \cdot 60 \text{ s} = 132 \cdot 10^3 \text{ J}$ $= 1,3 \cdot 10^2 \text{ kJ}$
<p><u>Wirkungsgrad</u></p> $\eta = \frac{E_{nutz.}}{E_{auf}} = \frac{P_{nutz.}}{P_{auf}}$ <p> <math>E_{nutz.}</math> = genutzte (abgegebene) Energie  <math>E_{auf}</math> = aufgewendete (zugeführte) Energie </p>	<p>Ein Tauchsieder nimmt eine elektrische Leistung von 0,30 kW auf. Davon werden 0,25 kW an das Wasser beim Erwärmen abgegeben. Wie groß ist der Wirkungsgrad der Energieübertragung?</p> $\eta = \frac{P_{nutz.}}{P_{auf}} = \frac{0,25 \text{ kW}}{0,30 \text{ kW}} = 0,83 = 83 \%$
<p><u>spezifischer Heizwert</u></p> <p>Der spezifische Heizwert H gibt an, wie viel Energie beim Verbrennen von 1 kg eines Stoffes freigesetzt wird.</p> $H = \frac{W_{th}}{m} \quad [H] = 1 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}$	<p>Trockenes Holz hat einen Heizwert von <math>15 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}</math>.</p> <p>Wie viel Energie wird beim Verbrennen von 2,5 kg Holz freigesetzt?</p> $W_{th} = H \cdot m = 15 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}} \cdot 2,5 \text{ kg} = 38 \text{ MJ}$
<p><u>Aggregatzustandsänderungen</u></p> $W_S = w_S \cdot m$ <p> <math>W_S</math> = Schmelzenergie  <math>w_S</math> = spezifische Schmelzenergie  <math>m</math> = Masse des geschmolzenen Körpers </p> $W_V = w_V \cdot m$ <p> <math>W_V</math> = Verdampfungsenergie  <math>w_V</math> = spezifische Verdampfungsenergie  <math>m</math> = Masse der verdampften Flüssigkeit </p> <p>Die beim Schmelzen bzw. Verdampfen aufgenommene Energie wird beim Erstarren bzw. Kondensieren wieder abgegeben.</p>	<p>Wie viel Energie muss zugeführt werden, um 2,5 kg Eis mit einer Temperatur von 0 °C vollständig zu schmelzen?</p> $W_S = w_S \cdot m = 334 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \cdot 2,5 \text{ kg} = 8,4 \cdot 10^2 \text{ kJ}$ <p>Um 1,2 kg Wasser mit einer Temperatur von 100 °C vollständig zu verdampfen, muss eine Energie von 2,7 MJ zugeführt werden. Berechne die spezifische Verdampfungsenergie.</p> $w_V = \frac{W_V}{m} = \frac{2,7 \cdot 10^3 \text{ kJ}}{1,2 \text{ kg}} = 2,3 \cdot 10^3 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

<p><u>Erster Hauptsatz der Wärmelehre</u></p> <p>Die einem System in Form von Wärme zugeführte Energie ist gleich der Summe der von ihm verrichteten Volumenarbeit und der Änderung seiner inneren Energie.</p> <p><math>W_{th} = \Delta E_i + W_{Vol}</math></p> <p><math>W_{th}</math> = durch Wärme zugeführte Energie  <math>\Delta E_i</math> = Änderung der inneren Energie  <math>W_{Vol}</math> = Volumenarbeit</p> <p><math>W_{Vol} = p \cdot \Delta V</math></p> <p><math>p</math> = äußerer Druck  <math>\Delta V</math> = Volumenänderung</p>	<p>Beim Verdampfen entstehen aus 1,0 l Wasser von 100 °C <math>1,7 \cdot 10^3</math> l Wasserdampf von 100 °C. Dabei muss eine Energie von 2260 kJ zugeführt werden. Berechne die Änderung der inneren Energie bei normalem Luftdruck von 1,0 bar.</p> <p><math>W_{Vol} = p \cdot \Delta V = 1,0 \cdot 10^3 \frac{N}{dm^2} \cdot 1,7 \cdot 10^3 dm^3</math>  <math>= 1,7 \cdot 10^6 Ndm = 1,7 \cdot 10^5 Nm</math>  <math>= 1,7 \cdot 10^2 kJ</math></p> <p><math>\Delta E_i = W_{th} - W_{Vol} = 2260 kJ - 1,7 \cdot 10^2 kJ</math>  <math>= 2,1 \cdot 10^3 kJ</math></p>
<p><u>Wärmekraftmaschinen</u></p> <p>Wärmekraftmaschinen wandeln thermische Energie in mechanische Energie um.</p>	<p>Beispiele für Wärmekraftmaschinen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dampfmaschine (<math>\eta &lt; 20 \%</math>)</li> <li>- Ottomotor (<math>\eta &lt; 35 \%</math>)</li> <li>- Dieselmotor (<math>\eta &lt; 45 \%</math>)</li> <li>- Dampfturbine (<math>\eta &lt; 50 \%</math>)</li> </ul>