

Energie: Energie ist eine physikalische Größe. Mit Energie können Körper bewegt, verformt, erwärmt oder zur Aussendung von Licht angeregt werden.

Einheiten der Energie : 1 J (Joule) = 1 Nm

$$1 \text{ J} = 1 \frac{\text{kgm}^2}{\text{s}^2}$$

Energieformen:

Höhenenergie oder potentielle Energie:

$$E_h = m \cdot g \cdot h$$

Ein Körper mit der Masse m hat Höhenenergie, wenn er sich in der Höhe h über dem Bezugsniveau befindet.

Beispiele:

- Höhenenergie eines Turmspringers (m=45 kg) in 5m Höhe.

$$E_h = 45 \text{ kg} \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 5,0 \text{ m} = 2205 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} \approx 2,2 \text{ kJ}$$

- Bewegungsenergie eines Pkws (m=1,27t) mit v = 70 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$

$$E_{\text{kin}} = 0,5 \cdot 1270 \text{ kg} \cdot \left(\frac{70 \text{ m}}{3,6 \text{ s}} \right)^2 = 240085 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} \approx 0,24 \text{ MJ}$$

Bewegungsenergie oder kinetische Energie:

$$E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

Ein Körper mit der Masse m hat Bewegungsenergie, wenn er sich mit der Geschwindigkeit v bewegt.

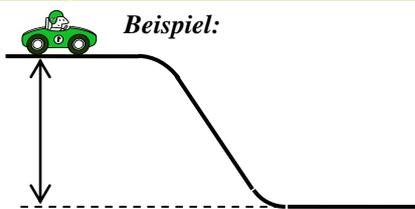
Bem.: Geschwindigkeiten immer in $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ umwandeln!

Energieerhaltungssatz:

Ohne Eingriff von Außen ändert sich die Gesamtenergie eines Systems nicht. Energie kann weder erzeugt noch vernichtet werden, sondern nur von einer Energieform in eine andere umgewandelt werden.

Goldene Regel der Mechanik:

Bei reibungsfreien Vorgängen ist die Arbeit unabhängig vom Weg. Kraftwandler ändern das Produkt aus Kraft und Weg nicht.



Beispiel:

Ein Wagen ohne eigenen Antrieb (m = 1235kg) startet in der Höhe h = 3,5m über dem Bezugsniveau. Mit welcher Geschwindigkeit erreicht er das Ziel? (Ohne Reibung!)

Höhenenergie wird in kinetische Energie umgewandelt!

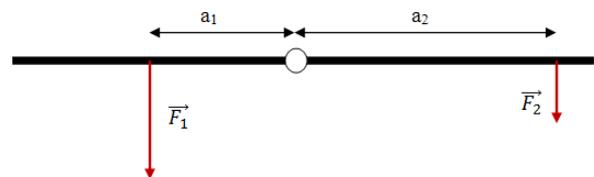
$$E_h = E_{\text{kin}}$$

$$m \cdot g \cdot h = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \quad | \cdot 2 : m$$

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} = \sqrt{2 \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 3,5 \text{ m}} = 8,287 \frac{\text{m}}{\text{s}} \approx 8,3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Die Endgeschwindigkeit hängt nicht von der Masse ab!

Beispiel: Hebelgesetz $F_1 \cdot a_1 = F_2 \cdot a_2$



An der linken Seite des Hebels wirkt im Abstand $a_1 = 5,0 \text{ cm}$ eine Kraft von 2,8 N. Wie weit vom Drehpunkt entfernt muss eine Masse m = 100 g angebracht werden, damit der Hebel im Gleichgewicht ist?

$$F_1 \cdot a_1 = F_2 \cdot a_2$$

$$F_1 \cdot a_1 = m \cdot g \cdot a_2$$

$$a_2 = \frac{F_1 \cdot a_1}{m \cdot g} = \frac{2,8 \text{ N} \cdot 0,050 \text{ m}}{0,100 \text{ kg} \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 0,1429 \text{ m} \approx 14 \text{ cm}$$

Definition der mechanischen Arbeit:

Wirkt auf einen Körper eine konstante Kraft längs der Weges s , so ändert sich seine Gesamtenergie, da er beschleunigt, verformt oder angehoben wird. Diese Energiedifferenz bezeichnet man als Arbeit.

$$W = \Delta E = E_{\text{nachher}} - E_{\text{vorher}}$$

$$\text{Arbeit} = \text{Kraft} \cdot \text{Weg}$$

$$W = F \cdot s$$

Bsp.: Hubarbeit erhöht die potentielle Energie eines Körpers. Ein Körper der Masse $m = 12\text{kg}$ wird um $2,5\text{m}$ angehoben. Dabei nimmt seine Höhenenergie zu. Die verrichtete Arbeit beträgt:

$$W = F_G \cdot s = m \cdot g \cdot s = 12\text{kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 2,5\text{m} = 294,3 \text{ J} \approx 0,29\text{kJ}$$

Definition der Leistung:

Die Leistung gibt an, in welcher Zeit eines bestimmte Arbeit erbracht wird:

$$P = \frac{\text{Arbeit}}{\text{Zeit}} = \frac{W}{\Delta t}$$

Einheit der Leistung:

$$1 \text{ Watt} = 1\text{W} = 1 \frac{\text{J}}{\text{s}} = 1 \frac{\text{Nm}}{\text{s}}$$

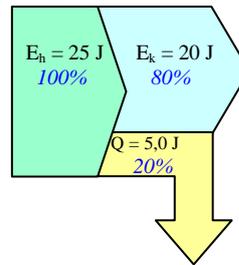
$$1 \text{ PS} = 736 \text{ W}$$

Definition des Wirkungsgrades:

Bei einer Energieumwandlung gibt der Quotient aus nutzbarer Energie und aufgewandter Energie den Wirkungsgrad an.

$$\eta = \frac{E_{\text{Nutz}}}{E_{\text{auf}}} = \frac{P_{\text{Nutz}}}{P_{\text{auf}}}$$

Bsp.: Höhenenergie $E_h = 25\text{J}$ wird in kinetische Energie $E_k = 20\text{J}$ umgewandelt. Durch Reibung wird ein Teil der Energie in nicht nutzbare innere Energie Q umgewandelt.



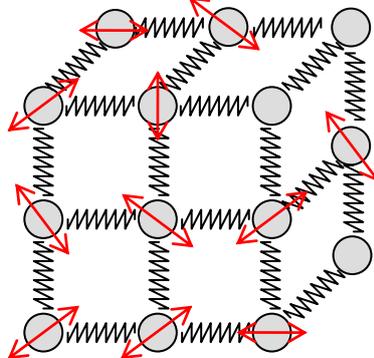
$$\eta = \frac{20\text{J}}{25\text{J}} = 0,80 = 80\%$$

Teilchenmodell und Inneren Energie:

Materie kommt in festem, flüssigem oder gasförmigem Zustand vor.

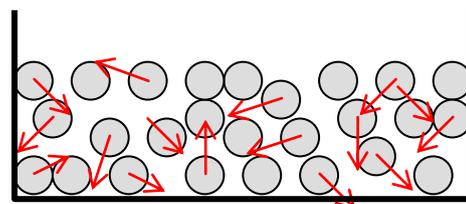
Beim Festkörper sind die Atome durch starke Bindungskräfte an ihre Gitterplätze gebunden. Sie schwingen aber um die Ruhelage. Führt man dem Festkörper Energie zu, dann nimmt die Bewegung der Atome zu und die Temperatur steigt an; man sagt die Innere Energie des Festkörpers nimmt zu. Wenn die Schwingungen der Atome zu heftig werden, brechen die Bindungen zwischen den Atomen auf und der Festkörper schmilzt.

Die Energie, die zum Aufbrechen der Bindungen im Festkörper benötigt wird, heißt spezifische Schmelzenergie.



Bsp.: spez. Schmelzenergie Eis (Wasser): $334 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

Bei Flüssigkeiten werden die Atome nur noch durch sehr schwache Kräfte zusammengehalten. Die Teilchen haben keine festen Gitterplätze mehr; sie können sich leicht gegeneinander verschieben.

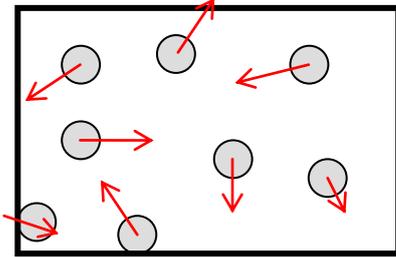


Die Innere Energie steckt bei Flüssigkeiten in der Bewegungsenergie der Teilchen. Bei Energiezufuhr bewegen sich die Teilchen schneller und die Temperatur der Flüssigkeit steigt an. Bewegen sich die Atome zu schnell, dann werden die schwachen Bindungen zwischen den Teilchen überwunden und die Flüssigkeit verdampft.

Die Energie zum Überwinden der Bindungskräfte in der Flüssigkeit heißt spezifische Verdampfungsenergie.

Bsp.: spez. Verdampfungsenergie Wasser $2256 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

Bei Gasen können sich alle Teilchen frei bewegen. Es gibt keine Kräfte zwischen den Atomen. Die Atome nehmen den gesamten zur Verfügung stehenden Raum ein.



Bei Energiezufuhr steigt die mittlere kinetische Energie der Atome an, die Innere Energie des Gases und die Temperatur nehmen zu.

Merke: Bei allen Aggregatzuständen der Materie gilt: Die Innere Energie eines Stoffes steckt in der kinetischen und potentiellen Energie (Bindungsenergie) seiner Atome und Moleküle.

Definition der Temperatur:
Die mittlere kinetische Energie, die in der ungeordneten Bewegung der Teilchen eines Stoffes steckt, ist ein Maß für die Temperatur eines Körpers.

Absoluter Temperaturnullpunkt: Körper die Innere Energie verlieren, da sie Wärme an andere Körper abgeben oder mechanische Arbeit verrichten, kühlen ab. Einige Experimente haben gezeigt, dass bei -273°C die ungeordnete Bewegung der Atome und Moleküle zur Ruhe kommt. \Rightarrow man kann Körper nicht unter -273°C abkühlen, da bei dieser Temperatur alle Teilchen in Ruhe sind.

-273°C ist der Nullpunkt der absoluten Temperatur (Kelvinskala)
 $0\text{ K} \hat{=} -273^{\circ}\text{C} \quad 273\text{K} \hat{=} 0^{\circ}\text{C}$

Die Zahlenwerte bei der Kelvinskala und der Celsiuskala unterscheiden sich um 273. Temperaturdifferenzen sind in beiden Skalen gleich groß.

Merke: Wärme ist Innere Energie, die vom einem Körper auf einen anderen übertragen wird!

Spezifische Wärmekapazität: Jedem Körper muss Energie zugeführt werden, damit er sich erwärmt. Die spez. Wärmekapazität gibt an, wie viel Energie (in kJ) man benötigt, um 1kg eines Stoffes um 1K zu erwärmen.

Bsp.: spez. Wärmekapazität Wasser $4,19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$

Zusammenhang zwischen Temperaturänderung und Wärme:
 $\Delta E_i = c \cdot m \cdot \Delta u$

Flüssigkeiten und Festkörper dehnen sich in der Regel bei Erwärmung aus. Das Ausdehnungsverhalten ist dabei stoffabhängig.

Alle Gase zeigen gleiches Ausdehnungsverhalten. Bei konstantem Druck ist das Volumen direkt proportional zur Kelvintemperatur.

Begriffsbestimmung Dichte:
Bei Erhöhung der Temperatur dehnen sich viele Stoffe aus, ohne dass sich dabei die Masse des Stoffes ändert. Das bedeutet, dass die einzelnen Moleküle nun einen größeren Abstand voneinander haben. Ein Maß hierfür ist die Dichte eines Körpers:

$$\text{Dichte} = \frac{\text{Masse}}{\text{Volumen}} \quad \rho = \frac{m}{V}$$

Anomalie des Wassers
Wasser verhält sich im Bereich zwischen 0 und 4°C anomal.

1. Anomalie:
Beim Erwärmen von 0°C bis 4°C zieht es sich zusammen und beginnt erst wieder bei 4°C sich auszudehnen. Bei 4°C hat es die größte Dichte.

2. Anomalie:
Wasser dehnt sich beim Gefrieren um 9 % seines Volumens aus.

Bedeutung für die Natur:
 4°C warmes Wasser hat die größte Dichte. Im Winter befindet sich daher 4°C warmes Wasser im untersten Bereich eines Sees. Kältere Schichten (4°C bis 0°C) liegen darüber. Der See friert von oben zu.

Elementarladung: Die kleinste Ladung, die ein Teilchen haben kann heißt Elementarladung e .

Elektron: $q = -e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{As}$

Proton: $q = +e = +1,6 \cdot 10^{-19} \text{As}$

Stromstärke und Stromstärkemessung: Die elektrische Stromstärke I ist ein Maß dafür, welche Ladung ΔQ sich in einem bestimmten Zeitintervall Δt durch eine bestimmte Stelle im Stromkreis bewegt.

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

Einheit: 1 Ampere = 1 A

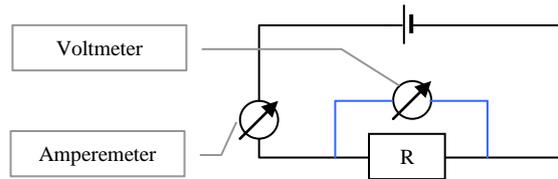
Strommessgeräte werden in Reihe geschaltet!

Spannung und Spannungsmessung: Eine Spannung zwischen zwei Punkten A und B ist die Ursache für einen Stromfluss. Die Spannung gibt an, wie viel potentielle Energie eine Ladung verliert, wenn sie von A nach B fließt.

$$U = \frac{\Delta E}{q}$$

Einheit: 1 Volt = 1 V = 1 $\frac{\text{J}}{\text{As}}$

Spannungsmessgeräte werden parallel geschaltet!



Elektrische Energie (Arbeit):

$$E_{el} = W_{el} = U \cdot I \cdot \Delta t$$

El. Energie = Spannung · Stromstärke · Zeitdauer

Einheit: 1 Joule = 1 J = 1 VAs ; 1 kJ = 1000J; 1 MJ = 10⁶ J

Elektrische Leistung:

$$P_{el} = U \cdot I = \frac{W_{el}}{\Delta t}$$

Spannung · Stromstärke = el. Arbeit pro Zeitintervall

Einheit: 1 Watt = 1 W = 1 VA ; 1 kW = 1000 VA

Eine besondere Einheit der Energie in der Elektrizitätslehre:

Kilowattstunde: 1 kWh = 1000W · 3600s = 3,6 · 10⁶ J

Definition des elektrischen Widerstandes eines Bauteils:

Der Quotient aus Spannung und Stromstärke bestimmt den elektrischen Widerstand. $R = \frac{U}{I}$

Einheit: 1 Ohm = 1 $\Omega = 1 \frac{\text{V}}{\text{A}}$

- **Bsp.:** Eine Haushaltsglühlampe hat die Aufschrift P= 60W bei 230 V. Berechne den Widerstand der Glühlampe!

$$I = \frac{P}{U} = \frac{60\text{VA}}{230\text{V}} = 0,26087 \text{ A} \Rightarrow$$

$$R = \frac{230\text{V}}{0,26087\text{A}} = 881,7 \Omega \approx 0,88 \text{ k}\Omega$$

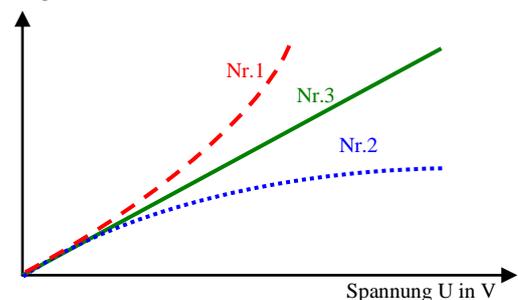
- **Bsp.:** Welche Stromstärke fließt durch einen Widerstand von 0,35k Ω bei einer Spannung von 12V?

$$R = \frac{U}{I} \quad | \cdot I$$

$$R \cdot I = U \quad | :R$$

$$I = \frac{U}{R} = \frac{12\text{V}}{350 \frac{\text{V}}{\text{A}}} = 0,03428\text{A} \approx 34\text{mA}$$

Alle elektrischen Bauteile (Lampen, Motoren, Drähte ...) haben einen elektrischen Widerstand, der im Allgemeinen nicht konstant ist, sondern von der angelegten Spannung abhängt. In einem U-I-Diagramm wird diese Eigenschaft grafisch dargestellt!



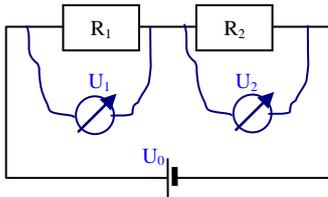
Kennlinie Nr. 1: **Heißeleiter** (Kohlestift); Widerstand nimmt mit zunehmender Spannung und Stromstärke ab.

Kennlinie Nr.2: **Kaltleiter** (Metalle); Widerstand nimmt mit zunehmender Spannung und Stromstärke zu.

Kennlinie Nr.3: **Ohmscher Widerstand**; Der Widerstand ist unabhängig von Spannung und Stromstärke stets konstant!

I ist proportional zu U; $R = \frac{U}{I} = \text{konstant}$

Reihenschaltung zweier Widerstände:



Die Teilspannungen, die an den Widerständen abfallen, addieren sich zur Gesamtspannung U_0 .

$$U_0 = U_1 + U_2$$

Durch jeden Widerstand fließt dieselbe Stromstärke.

$$I_0 = I_1 = I_2$$

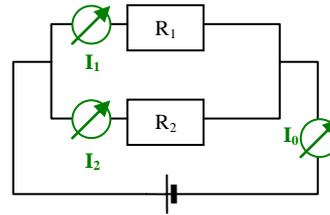
Der Gesamtwiderstand der Reihenschaltung ist die Summe der Einzelwiderstände!

$$R_{\text{Ges}} = R_1 + R_2$$

Bsp.: Ein 50Ω und ein 75Ω Widerstand sind in Serie geschaltet. Berechne den Gesamtwiderstand!

$$R_{\text{Ges}} = R_1 + R_2 = 50\Omega + 75\Omega = 125\Omega \approx 0,13\text{k}\Omega$$

Parallelschaltung zweier Widerstände:



Die Teilströme durch die einzelnen Widerstände addieren sich zur Gesamtstromstärke in den Zuleitungen.

$$I_0 = I_1 + I_2$$

An jedem Widerstand liegt dieselbe Spannung an.

$$U_0 = U_1 = U_2$$

Der Kehrwert des Gesamtwiderstands ist gleich der Summe der Kehrwerte der Einzelwiderstände.

$$\frac{1}{R_{\text{Ges}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

Bsp.: Ein 50Ω und ein 75Ω Widerstand sind parallel geschaltet. Berechne der Gesamtwiderstand!

$$\frac{1}{R_{\text{Ges}}} = \frac{1}{50\Omega} + \frac{1}{75\Omega} = \frac{5}{150\Omega} \Rightarrow R_{\text{Ges}} = 30\Omega$$

Besten Dank an die Fachschaft Physik des Gymnasiums Pfarrkirchen für die freundliche Unterstützung und die Genehmigung zur Weiterverarbeitung ihres Grundwissenskataloges!