

Grundwissen Physik Jahrgangsstufe 8

Energie als Erhaltungsgröße

Definition: Die Energie E ist eine physikalische Zustandsgröße.
Mit Energie können Körper *bewegt, verformt, erwärmt* oder zur *Lichtaussendung angeregt* werden.
Einheit: $[E] = 1 \text{ J (Joule)} = 1 \text{ Nm} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2$

Eigenschaften:

- Energie kann in verschiedenen Formen vorliegen, z.B. als Höhenenergie, Bewegungsenergie, Spannenergie, elektrische Energie, chemische Energie, Lichtenergie oder innere Energie.
- Energie kann von einer Energieform in eine andere umgewandelt werden.
- Energie kann transportiert und von einem Körper auf einen anderen übertragen werden.
- Energie ist in Energieträgern (z.B. Heizstoffen, Nahrungsmitteln ...) gespeichert.
- **Energieerhaltungssatz:** In einem abgeschlossenen System ist die Summe aller Energien konstant.

Energieformeln in der Mechanik:

- **Höhen- oder Lageenergie (potentielle Energie):** $E_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot h$
Beispiel: Ein 4,0 kg schwerer Rucksack wird zunächst auf einen 90 cm hohen Tisch gehoben und von dort auf ein 1,2 m hohes Regalbrett gelegt.
auf dem Tisch: $E_{H1} = m \cdot g \cdot h_1 = 4 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2 \cdot 0,9 \text{ m} = 36 \text{ J}$ (im Vergleich zum Boden)
auf dem Regal: $E_{H2} = m \cdot g \cdot h_2 = 4 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2 \cdot 1,2 \text{ m} = 48 \text{ J}$ (im Vergleich zum Boden)
bzw. $E_{H12} = m \cdot g \cdot h_{12} = 4 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2 \cdot 0,3 \text{ m} = 12 \text{ J}$ (im Vergleich zum Tisch)
- **Bewegungsenergie (kinetische Energie):** $E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$ (v in der Einheit m/s einsetzen)
Beispiel: Ein 60 g schwerer Tennisball springt mit 54 km/h vom Rahmen des Schlägers unglücklich senkrecht nach oben weg. Berechne die maximal erreichbare Höhe.
 $v_{\text{unten}} = (54 : 3,6) \text{ m/s} = 15 \text{ m/s}$; $E_{\text{kin,unten}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot 0,060 \text{ kg} \cdot (15 \text{ m/s})^2 = 6,75 \text{ J}$
 $E_{\text{pot,oben}} = m \cdot g \cdot h = E_{\text{kin,unten}}$ (Energieerhaltungssatz)
 $0,060 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2 \cdot h = 6,75 \text{ J}$; $h = 6,75 \text{ J} : (0,060 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2) = 11 \text{ m}$ (TR: 11,25 m)

Mechanische Arbeit:

Definition: Mechanische Arbeit $W = \text{Kraft} \cdot \text{Weg} = F \cdot s$
(falls die **Kraft F konstant** ist und **in Richtung des Weges s** wirkt)
Einheit: $[W] = 1 \text{ Nm} = 1 \text{ J}$

Arbeit und Energieänderung:

- Verrichtet ein Körper mechanische Arbeit, so gibt er Energie ab. Wird an einem Körper mechanische Arbeit verrichtet, so nimmt er Energie auf; als Formel $W = \Delta E = E_{\text{nach}} - E_{\text{vor}}$
- Arten: Hubarbeit W_H ; Reibungsarbeit W_R ; Beschleunigungsarbeit W_B

Beispiel: Ein 1,2 t schwerer PKW wird bei einer Vollbremsung durch eine Bremskraft von 9,2 kN aus der Geschwindigkeit 54 km/h zum Stillstand abgebremst. Berechne die Länge des Bremswegs.
Kinetische Energie des PKW: $E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot 1200 \text{ kg} \cdot (15 \text{ m/s})^2 = 135 \text{ kJ}$
Energieänderung durch Arbeit: $W = F \cdot s = \Delta E_{\text{kin}}$; $9,2 \text{ kN} \cdot s = 135 \text{ kJ}$;
 $s = 135 \text{ kJ} : 9,2 \text{ kN} = 15 \text{ m}$ (TR: 14,67...)

Kraftwandler:

Definition: Ein Kraftwandler ist ein Gerät (System), das *mindestens eines* der drei Bestimmungsstücke einer Kraft (Betrag, Richtung, Angriffspunkt) ändert.
z. B. Seil, lose Rolle, Flaschenzug, schiefe Ebene, Hebel

Goldene Regel der Mechanik:

Kraftwandler ändern bei Vernachlässigung der Reibung das Produkt aus Kraft F und Weg s nicht.
„Was man an Kraft spart, muss man an Weg zusetzen.“ (symbolisch: $F_1 \cdot s_1 = F_2 \cdot s_2$)

Mechanische Leistung:

Die mechanische Leistung P ist der Quotient aus der verrichteten mechanischen Arbeit W und der dafür benötigten Zeit Δt ; als Formel $P = W / \Delta t$
Einheit: $[P] = 1 \text{ J/s} = 1 \text{ W (Watt)}$

Wirkungsgrad:

Der Wirkungsgrad η eines Geräts gibt an, welcher Anteil der zugeführten Energie in nutzbringende Energie umgewandelt wird;

$$\text{als Formel } \eta = \frac{E_{\text{nutz}}}{E_{\text{zu}}} = \frac{W_{\text{nutz}}}{W_{\text{zu}}}$$

η ist eine Zahl und wird meist in Prozent angegeben (ideal $\eta = 1 = 100\%$; real $\eta < 100\%$)

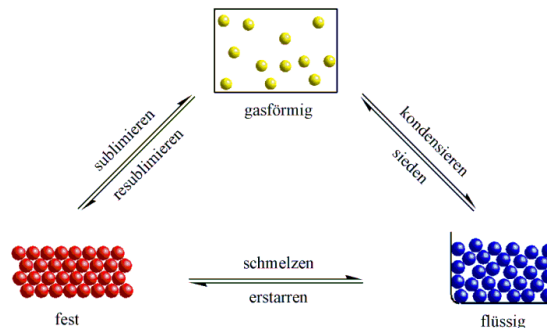
Wärmelehre

Aufbau der Materie:

- Jede Materie besteht aus sehr kleinen Teilchen, **Atomen** oder **Molekülen**.
- Die Teilchen in einer Materie befinden sich in ständiger, ungeordneter Bewegung (der sog. **Brownschen Molekularbewegung**), die umso heftiger ist, je höher die Temperatur des Stoffes ist.
- Jede Materie kann in den **Aggregatzuständen** (Zustandsformen) **fest**, **flüssig** und **gasförmig** vorkommen.
Beispiel: Eis – Wasser – Wasserdampf

Aggregatzustände im Teilchenmodell:

Die Anordnung der Teilchen bestimmt den Aggregatzustand.



Bildnachweis: <http://www.scio-online.de/E-Learning/Grafiken/A/aggreat.gif>

In **festen Körpern** liegen die Teilchen eng beieinander und haben einen bestimmten Platz, um den sie hin- und herschwingen. Feste Körper haben eine bestimmte Form und ein bestimmtes Volumen.

In **Flüssigkeiten** liegen die Teilchen eng beieinander, haben aber keinen bestimmten Platz, sondern sind gegeneinander verschiebbar. Flüssigkeiten haben ein bestimmtes Volumen, nehmen immer die Form des Gefäßes an.

Bei einem **Gas** haben die Teilchen einen relativ großen Abstand voneinander. Gasteilchen bewegen sich frei im Raum. Gase füllen immer das Gefäß (-volumen) aus, in dem sie sich befinden.

Temperatur und Innere Energie:

- Je größer (kleiner) die mittlere kinetische Energie der Teilchen ist, desto größer (kleiner) ist die Temperatur des Körpers, d.h. die **Temperatur** ist ein direktes Maß für die mittlere kinetische Energie eines Körpers.
- Die Energie, die sich aus der Bewegungsenergie der Teilchen und ihrer potentiellen Energie durch die gegenseitige Anziehung zusammensetzt, bezeichnet man als **thermische Energie** des Körpers.
- Als **innere Energie** eines Körpers bezeichnet man alle Energieformen, die im Inneren von Körpern stecken. Neben der thermischen Energie sind dies die chemische Energie in den Bindungen der Atome zu Molekülen und die Kernenergie im Atomkern.

Temperaturmessung:

- Man nutzt die temperaturabhängige Ausdehnung von Flüssigkeiten und Festkörpern zur Anzeige von Temperaturen.
- Temperaturskalen:

Celsiuskala, festgelegt durch die Temperatur des schmelzenden Eises ($\vartheta = 0^\circ\text{C}$) und die Temperatur des siedenden Wassers ($\vartheta = 100^\circ\text{C}$)

Kelvinskala: $T = 0\text{ K}$ (absoluter Nullpunkt) = -273°C

Umrechnung: Die Temperatur in K ist gleich der Temperatur in $^\circ\text{C}$ plus 273.

Änderung der inneren Energie:

- In einem abgeschlossenen System kann die Änderung der inneren Energie durch **Zu- bzw. Abfuhr von Wärme Q und/oder dem Verrichten mechanischer Arbeit W** erfolgen.
- Ändert sich der Aggregatzustand eines Körpers nicht, so lässt sich die von einem Körper abgegebene oder aufgenommene **Wärme Q** über $Q = c \cdot m \cdot \Delta\vartheta$ berechnen.

Dabei gibt die **spezifische Wärmekapazität c** an, welche Energie nötig ist, um 1 g eines Stoffes um 1 °C zu erwärmen.

Wasser ($c = 4,2 \text{ J/g} \cdot \text{°C}$) besitzt die größte Wärmekapazität aller festen und flüssigen Stoffe.

Beispiel: 400 ml (d.h. 400 g) Wasser werden ausgehend von 20 °C durch Zufuhr von 59 kJ erwärmt. Berechne die Endtemperatur.

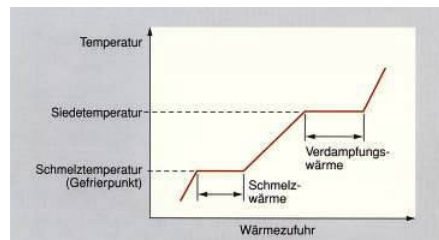
Aufgenommene Wärme: $Q = c \cdot m \cdot \Delta\vartheta$; $59000 \text{ J} = 400 \text{ g} \cdot 4,2 \text{ J/g} \cdot \text{°C} \cdot \Delta\vartheta$

$$\Delta\vartheta = 59000 \text{ J} / (1680 \text{ J/°C}) = 35 \text{ °C (TR: 35,119...)}$$

Endtemperatur: $20 \text{ °C} + 35 \text{ °C} = 55 \text{ °C}$.

Änderung des Aggregatzustands:

- Führt man einem Körper Wärme zu, so steigt seine Temperatur, solange er seinen Aggregatzustand beibehält.
- Beim Übergang von festen zum flüssigen Zustand (Schmelzen) und vom flüssigen zum gasförmigen Zustand (Verdampfen) bleibt die Temperatur konstant, d.h. die zugeführte Energie dient allein dazu die Teilchen auf sehr viel größere Abstände zu bringen.



Bildnachweis: <http://home.foni.net/~michaelbosch/physics/gasphysi/gasph01.jpg>

Volumenausdehnung:

- Festkörper und Flüssigkeiten dehnen sich in der Regel bei Erwärmung aus und ziehen sich bei Abkühlung zusammen.
- Ausnahme: **Anomalie des Wassers**
Wasser dehnt sich beim Gefrieren aus und zieht sich beim Erwärmen von 0 °C auf 4 °C zusammen; Wasser hat seine größte Dichte bei 4 °C im flüssigen Zustand

Elektrische Energie

Elektrische Ladung:

- Die **Ladung Q** werden in der Einheit C (Coulomb) angegeben. Man unterscheidet positive und negative Ladungen. Gleichnamige (ungleichnamige) Ladungen stoßen sich ab (ziehen sich an).
- Die **Elementarladung $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$** ist die kleinstmögliche Ladung. Das Elektron ist negativ geladen und hat die Ladung $-e$. Atomkerne tragen positive Ladungen.
- Alle in der Natur vorkommenden Ladungen sind ganzzahlige Vielfache der Elementarladung, d.h. $Q = n \cdot e$ mit ganzzahligen Werten für n .
Beispiel: 10 Billion Elementarladungen ($n = 10^{13}$) bilden zusammen eine Ladung von $Q = 1,6 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ (1,6 millionstel Coulomb)

Stromstärke und Ladung:

- Fließt durch den Querschnitt eines elektrischen Leiters in einem **Zeitintervall Δt** die **Ladung ΔQ** , dann fließt ein Strom mit der **Stromstärke I** ; als Formel $I = \Delta Q / \Delta t$. Einheit: 1 A (Ampère) = 1 C/s
- Die negativ geladenen Elektronen bewegen sich im Stromkreis vom Minuspol zum Pluspol (entgegen der technischen Stromrichtung).

Elektrische Energie:

Fließt in einem Leiter aufgrund einer angelegten **Spannung U** während der **Zeit t** ein Strom mit der **Stromstärke I**, so wird die **elektrische Ladung Q** und damit die **elektrische Energie E_{el}** transportiert; als Formel: $E_{el} = U \cdot Q$ bzw. $E_{el} = U \cdot I \cdot t$; Einheit: $1 \text{ J} = 1 \text{ V} \cdot \text{A} \cdot \text{s}$

Beispiel: Mit Hilfe einer Seilwinde wird ein 50 kg schweres Metallteil in 20 s um 15 m hoch gehoben. Der Motor der Seilwinde ist an das Stromnetz angeschlossen. Berechne die Stärke des dabei fließenden Stromes.
 Höhenenergie: $E_{pot} = m \cdot g \cdot h = 50 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2 \cdot 15 \text{ m} = 7500 \text{ J}$
 Energieerhaltungssatz: $E_{el} = U \cdot I \cdot t = E_{pot}$; $230 \text{ V} \cdot I \cdot 20 \text{ s} = 7500 \text{ J}$;
 $I = 7500 \text{ J} : 4600 \text{ Vs} = 1,6 \text{ A}$ (TR: 1,630...)

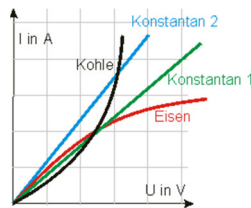
Elektrische Leistung:

Die elektrische **Leistung P_{el}** ist der Quotient aus der transportierten elektrischen Energie E_{el} und der dafür benötigten Zeit t; als Formel $P_{el} = E_{el} / t$ bzw. $P_{el} = U \cdot I$; Einheit: $1 \text{ W} = 1 \text{ V} \cdot \text{A}$

Beispiel: Mit einem 100 W-Tauchsieder werden 500 ml Wasser um 80 °C erwärmt. Berechne die Dauer des Erwärmungsvorgangs, wenn aufgrund von Wärmeverlusten ein Wirkungsgrad von 80% vorausgesetzt werden muss.
 Zuzuführende Wärme: $Q = c \cdot m \cdot \Delta\vartheta = 500 \text{ g} \cdot 4,2 \text{ J/g}^\circ\text{C} \cdot 80^\circ\text{C} = 168 \text{ kJ}$
 benötigte elektrische Energie (Wirkungsgrad): $E_{el} = 168 \text{ kJ} : 0,80 = 210 \text{ kJ}$
 Zeitdauer: $\Delta t = 210 \text{ kJ} : 100 \text{ W} = 2100 \text{ s} = 35 \text{ min}$

Elektrischer Widerstand und Temperatur:

- Bei konstanter Temperatur ist der **Widerstand R** elektrischer Leiter **konstant (Ohm'sches Gesetz)**, d.h. der Quotient aus angelegter Spannung U und fließendem Strom I ist konstant, **U/I = konstant**. Die beiden Größen U und I sind in diesem Fall direkt proportional.
- In der Regel nimmt der Widerstand von Leitern mit wachsender Temperatur zu.
- Die graphische Darstellung der Stromstärke I in Abhängigkeit von der angelegten Spannung U nennt man Kennlinie eines Leiters:



Bildnachweis: <http://kostenlose-schuluebungen.de/Bilder/physikelektro2.bmp>

Schaltungen mit zwei Widerständen:

	Serienschaltung (Reihenschaltung)	Parallelschaltung
Schaltbild		
Spannungen	Die Gesamtspannung ist die Summe der Teilspannungen: $U = U_1 + U_2$	An jedem Zweig herrscht die gleiche Spannung: $U = U_1 = U_2$
Ströme	Die Stromstärke ist im Stromkreis an jeder Stelle gleich groß: $I = I_1 = I_2$	Der Gesamtstrom ist die Summe der Teilströme: $I = I_1 + I_2$
Widerstände	Der Gesamtwiderstand ist die Summe der Einzelwiderstände: $R = R_1 + R_2$ Der Gesamtwiderstand ist größer als der größte Teilwiderstand.	Für den Gesamtwiderstand gilt: $1/R = 1/R_1 + 1/R_2$ Der Gesamtwiderstand ist kleiner als der kleinste Einzelwiderstand.