

8.1 Energie als Erhaltungsgröße

Definition: Die Energie E ist eine physikalische Zustandsgröße. Mit Energie können Körper *bewegt, verformt, erwärmt* oder zur *Aussendung von Licht* gebracht werden.

Einheit: $[E] = 1\text{J}$ („Joule“) = $1\text{Nm} = 1\frac{\text{kg}\cdot\text{m}^2}{\text{s}^2}$

Eigenschaften:

- Energie kann in verschiedenen Formen vorliegen.
- Energie kann von einer Energieform in eine andere umgewandelt werden.
- Energie kann transportiert und von einem Körper auf andere übertragen werden.
- Energie ist in Energieträgern (z.B. Heizstoffen, Nahrungsmitteln,..) gespeichert.
- In einem abgeschlossenen System ist die Summe aller Energien konstant. Die Gesamtenergie bleibt stets erhalten, d.h. Energie kann weder erzeugt noch vernichtet werden →

$$\boxed{E_{\text{ges}} = E_1 + E_2 + E_3 + \dots = \text{konstant}} \quad \underline{\text{Energieerhaltungssatz}}$$

- Energie kann entwertet (d.h. in eine minderwertige, für den Menschen nicht nutzbare Form umgewandelt) werden.

Energieformen der Mechanik:

- *Potentielle Energie (Höhen- oder Lageenergie):* $E_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot h$
- *Kinetische Energie (Bewegungsenergie):* $E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m v^2$
- *Spannenergie (Verformungsenergie):* $E_{\text{sp}} = \frac{1}{2} D s^2$

Mechanische Arbeit:

- *Definition:* Mechanische Arbeit $\boxed{W = \text{Kraft} \cdot \text{Weg} = F \cdot \Delta s}$
falls die **Kraft F konstant** ist und längs **des Weges Δs** wirkt!
- *Einheit:* $[W] = 1\text{Nm} = 1\text{J}$ („Joule“)
- Verrichtet ein Körper mechanische Arbeit, so gibt er Energie ab. Wird an einem Körper mechanische Arbeit verrichtet, so **nimmt er Energie auf** →
 $\boxed{W = \Delta E = E_{\text{nach}} - E_{\text{vor}}}$
- *Arten mechanischer Arbeit:*
 - Hubarbeit $W_{\text{Hub}} = \Delta E_{\text{pot}} = F_G \cdot \Delta h = m \cdot g \cdot \Delta h$
 - Beschleunigungsarbeit $W_B = \Delta E_{\text{kin}}$
 - Spannarbeit $W_{\text{sp}} = \Delta E_{\text{sp}}$
 - Reibungsarbeit $W_R = F_R \cdot \Delta s$ (falls F_R konstant)

Kraftwandler:

- *Definition:* Ein Kraftwandler ist ein Gerät (System), das **mindestens eines** der drei Bestimmungsstücke einer Kraft (Angriffspunkt, Richtung, Betrag) ändert.
- *Beispiele für Kraftwandler:* Seil, lose Rolle, Flaschenzug, schiefe Ebene, Hebel, ...
- Kraftwandler ändern bei Vernachlässigung der Reibung das Produkt aus Kraft F und Weg Δs nicht (d.h. „Was man an Kraft spart, muss man an Weg zusetzen.“) →

$$\boxed{F_1 \cdot \Delta s_1 = F_2 \cdot \Delta s_2} \quad \text{Goldene Regel der Mechanik}$$

Mechanische Leistung:

- *Definition:* Die mechanische Leistung P ist der Quotient aus verrichteter mechanischer Arbeit und der dazu benötigten Zeit, d.h.

$$P = \frac{W}{\Delta t} = \frac{\Delta E}{\Delta t}$$

- *Einheit:* $[P] = 1 \frac{J}{s} = 1W$ („Watt“)

Wirkungsgrad:

- *Definition:* Der Wirkungsgrad η eines Kraftwandlers (Systems) gibt an, welcher Anteil der zugeführten Arbeit in nutzbringende Arbeit umgewandelt wird, d.h.

$$\eta = \frac{W_{nutz}}{W_{zu}} = \frac{\Delta E_{nutz}}{\Delta E_{zu}} = \frac{P_{nutz}}{P_{zu}}$$

Idealfall: $\eta = 1 = 100\%$

Realfall: $\eta < 100\%$

- *Einheit:* $[\eta] = 1$

8.2 Aufbau der Materie und Wärmelehre

Aufbau der Materie:

- Jeder Stoff besteht aus sehr kleinen Teilchen (**Atome** oder **Moleküle**), die untereinander gleich sind.
- Die Teilchen in einem Stoff befinden sich in ständiger, ungeordneter Bewegung (**Brownsche Molekularbewegung**), die umso heftiger ist, je höher die Temperatur des Stoffes ist.
- Jeder Stoff kann in unterschiedlichen Zustandsformen (**Aggregatzuständen**) fest, flüssig und gasförmig vorkommen. Beispiel: Eis – Wasser – Wasserdampf

Aggregatzustände im Teilchenmodell:

Die Anordnung der Teilchen bestimmt den *Aggregatzustand*:

- In **festen Körpern** liegen die Teilchen eng beieinander und haben einen bestimmten Platz, um den sie hin- und herschwingen. Feste Körper haben somit eine bestimmte Form und ein bestimmtes Volumen.
- In **flüssigen Körpern** liegen die Teilchen eng beieinander, haben aber keinen bestimmten Platz, sondern sind gegeneinander verschiebbar. Flüssigkeiten haben somit ein bestimmtes Volumen, nehmen aber immer die Form des Gefäßes an.
- In **gasförmigen Körpern** haben die Teilchen einen relativ großen Abstand voneinander. Sie bewegen sich frei im Raum. Gase füllen immer das Gefäß aus, in dem sie sich befinden, d.h. sie haben weder bestimmte Form noch ein bestimmtes Volumen.

Innere Energie:

- Nach dem Teilchenmodell befinden sich die Teilchen eines Stoffes in ständiger Bewegung. Dabei verändern sich auch ihre Abstände voneinander => Teilchen besitzen sowohl **potentielle** als auch **kinetische Energie**. Potentielle und kinetische Energie der Teilchen zusammen 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 Teilchen und die **Kernenergie** im Atomkern.
- 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.

Temperatur und Temperaturmessung:

- Man nutzt die temperaturabhängige Ausdehnung von Flüssigkeiten und Festkörpern zur Anzeige von Temperaturen.
- Temperaturskalen: *Celsiusskala:* Temperatur des schmelzenden Eises : $\vartheta = 0^\circ C$
 Temperatur des siedenden Wassers: $\vartheta = 100^\circ C$
Kelvinskala: $T = 0$ K (absoluter Nullpunkt) = $- 273^\circ C$
- Durchführung einfacher Umrechnungen: $(T/K = \vartheta/^\circ C + 273)$

Volumenausdehnung fester und flüssiger Körper:

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

Änderung der inneren Energie:

- In einem abgeschlossenen System ist die Änderung der inneren Energie verbunden mit der Zu- bzw. Abfuhr von Wärme Q und dem Verrichten mechanischer Arbeit W , d.h.

$$\Delta E_i = W + Q \quad \text{1. Hauptsatz der Wärmelehre}$$

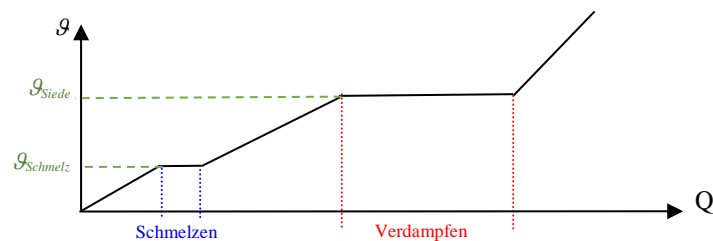
- Ändert sich der Aggregatzustand eines Körpers **nicht**, so lässt sich die von einem Körper abgegebene oder aufgenommene Wärme Q über berechnen.

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

- Dabei gibt die spezifische Wärmekapazität c an, welche Energie nötig ist, um 1g eines Stoffes um 1° C zu erwärmen.
- Wasser ($c = 4,2 \text{ J/g}^\circ\text{C}$) besitzt die größte Wärmekapazität aller festen und flüssigen Stoffe.

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 (**Verdampfen**) bleibt die Temperatur konstant; d.h. die zugeführte Energie dient allein dazu die Moleküle auf sehr viel größere Abstände zu bringen:



8.3 Elektrische Energie

Elektrische Ladung

- Man unterscheidet **negative** (Elektronenüberschuss) und **positive** (Elektronenmangel) Ladungen.
- *Elektr. Kraftgesetz*: **Gleichnamige** (ungleichnamige) Ladungen **stoßen sich ab** (ziehen sich an).
- Das Elektron ist Träger der kleinstmöglichen Ladung, der **Elementarladung $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ As}$** .
- Alle in der Natur vorkommenden Ladungen sind ganzzahlige Vielfache der Elementarladung, d.h.

$$Q = n \cdot e \quad \text{mit } n \in \mathbb{Z}$$

- *Einheit* : $[Q] = 1 \text{ As} = 1 \text{ C}$ („Coulomb“)

Elektrische Stromstärke

- Fließt durch den Querschnitt eines elektrischen Leiters in einem „kleinen“ Zeitintervall Δt die Ladung ΔQ , dann herrscht die Stromstärke I vor. Es gilt:

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

- Willkürliche Festlegung der *technischen Stromrichtung*: Vom Pluspol zum Minuspol!

Elektrischer Widerstand

- Den Quotienten aus der angelegten Spannung U und der Stärke I des durch ihn fließenden Stroms bezeichnet man als *Widerstand* R des Leiters, d.h.

$$R = \frac{U}{I}$$

- *Einheit* : $[R] = 1 \frac{V}{A} = 1\Omega$ („Ohm“)

- Der Widerstand von metallischen Leitern nimmt mit wachsender Temperatur zu. Sorgt man für konstante Temperatur, dann ist auch der Widerstand konstant (**Ohmsches Gesetz**).

Elektrische Arbeit

- Fließt aufgrund einer angelegten Spannung U in einem Leiter während der Zeit Δt ein Strom der Stromstärke I , so wird die elektrische Ladung ΔQ transportiert. Dabei wird im Leiter die **elektrische Arbeit** W_{el} verrichtet und in Wärme gewandelt. Falls U und I konstant sind, gilt:

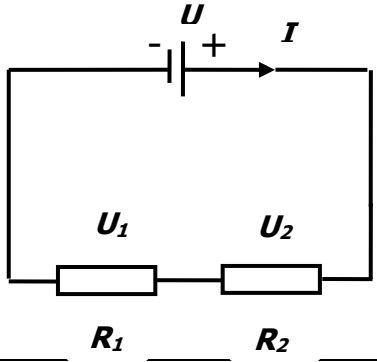
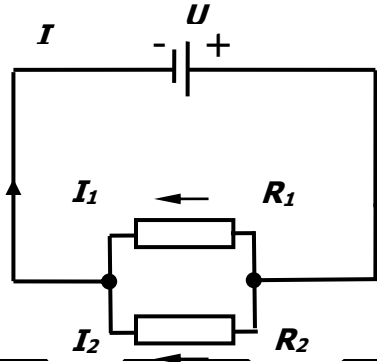
$$W_{el} = U \cdot \Delta Q = U \cdot I \cdot \Delta t$$

Elektrische Leistung

- Aus der elektrischen Arbeit folgt für die elektrische Leistung:

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

Schaltung von Widerständen

| Name | unverzweigter Stromkreis | verzweigter Stromkreis |
|-------------|--|---|
| Schaltbild |  |  |
| Spannung | Die Gesamtspannung ist die Summe aller Teilspannungen: $U_{ges} = U_1 + U_2 + \dots$ | An jedem Δ weig fällt die gesamte Spannung ab: $U_{ges} = U_1 = U_2 = \dots$ |
| Stromstärke | Die Stromstärke I ist im gesamten Stromkreis an jeder Stelle gleich groß: $I_{ges} = I_1 = I_2 = \dots$ | Die Zweigströme summieren sich zum Gesamtstrom: $I_{ges} = I_1 + I_2 + \dots$ |
| Widerstand | Der Gesamtwiderstand ist die Summe der Einzelwiderstände: $R_{ges} = R_1 + R_2 + \dots$ Der Gesamtwiderstand R_{ges} ist immer größer als der größte Einzelwiderstand. | Für den Gesamtwiderstand gilt $\frac{1}{R_{ges}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots \rightarrow$ Der Gesamtwiderstand R_{ges} ist immer kleiner als der kleinste Einzelwiderstand. |
| | Spannungsteilerregel: $\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}$ | Stromteilerregel: $\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}$ |