



# 1. Mechanik

## Energie

| Arbeit | = | Kraft | • | Weg | ;  $W = F \cdot s$  ; 1 Joule = 1 Newton • Meter ; 1 J = 1 N • m

**Energie** ist gespeicherte Arbeit.  $E = W$  ; 1 N = 1 kg • m / s<sup>2</sup>

Energieformen:      potentielle Energie       $E_{pot} = m \cdot g \cdot h$  ; für g = konstant  
 kinetische Energie       $E_{kin} = 0,5 \cdot m \cdot v^2$   
 Spannenergie       $E_{span} = 0,5 \cdot D \cdot \Delta s^2$   
 Rotationsenergie, elektrische Energie, Wärme, Licht, chemische Energie usw.

Mechanische Energieformen:

- Potenzielle Energie mit den Energieformen Höhenenergie (Lageenergie) und Spannenergie

$$E_{pot} = mgh \quad (g = 9,81 \frac{m}{s^2} = 9,81 \frac{N}{kg})$$

- Bewegungsenergie ( kinetische Energie )

$$E_{kin} = \frac{1}{2} mv^2$$

## Energieumwandlungen

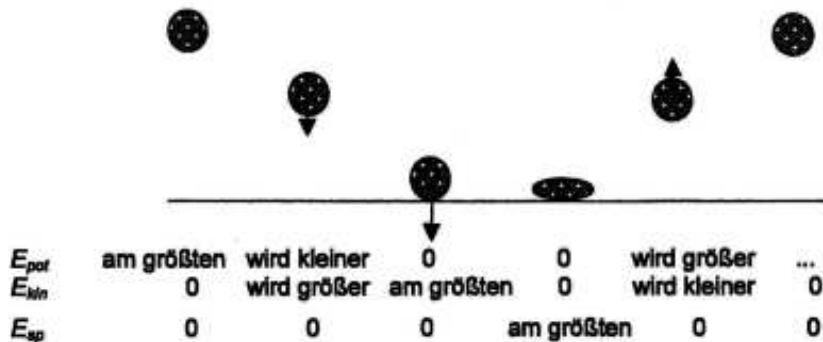
Energieerhaltungssatz:

In einem abgeschlossenen System bleibt die Summe aller Energien gleich bzw. die abgegebene Energie ist gleich der zugeführten Energie.

$$E_{vorher} = E_{nachher} \quad \text{bzw.} \quad E_{ab} = E_{zu}$$

Dabei können aber Energieformen in andere Energieformen umgewandelt werden.

Z.B. Energieumwandlungen beim Hupfball:



## Arbeit

Wirkt auf einen Körper eine Kraft längs eines Weges, so ändert sich die Energie. Die dadurch bewirkte Energiedifferenz heißt Arbeit W.

$$W = \Delta E$$

Ist die Kraft konstant, so gilt:

Arbeit ist Kraft (in Wegrichtung) mal Weg.

$$W = F \cdot s, \text{ wenn } \vec{F} \parallel \vec{s}$$

| Arbeit | = | Kraft | • | Weg | ;  $W = F \cdot s$  ; 1 Joule = 1 Newton • Meter ; 1 J = 1 N • m

„Goldene Regel der Mechanik:

Die goldene Regel der Mechanik:  $F_1 \cdot s_1 = F_2 \cdot s_2$   
( Was man an Kraft spart, muss man an Weg zusetzen. )

Formen mechanischer Arbeit:

- Hubarbeit

$$W_{\text{Hub}} = \Delta E_H = mgh$$

Hubarbeit führt zu einer Vergrößerung der Höhenenergie

- Beschleunigungsarbeit

$$W_B = \Delta E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m (v_{\text{nach}}^2 - v_{\text{vor}}^2)$$

Beschleunigungsarbeit führt zu einer Veränderung der kinetischen Energie

Bsp.: Beschleunigung eines Autos durch die Motorkraft

- Spannarbeit

Spannarbeit führt zu einer Vergrößerung der Spannenergie

Bsp.: Spannen eines Bogens durch einen Bogenschützen

- Reibungsarbeit

$$W_{\text{Reib}} = F_{\text{Reib}} \cdot s$$

Leistung

Leistung ist Arbeit pro Zeit =  $P = \frac{W}{t}$

Einheit:  $[P] = 1 \text{ Watt}$  1 Watt = 1 J/s

Wirkungsgrad  $\eta$

= genutzte Energie / zugeführte Energie

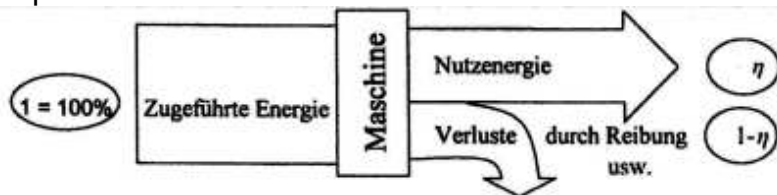
= genutzte Leistung / zugeführte Leistung

$$\eta = W_{\text{nutz}} / W_{\text{zugef}} < 1$$

$$\eta = P_{\text{nutz}} / P_{\text{zugef}} < 1$$

$$\text{Wirkungsgrad } \eta = \frac{E_{\text{Nutzen}}}{E_{\text{Aufwand}}}; \eta < 1$$

Bsp:



## 2. Wärmelehre

Teilchenmodell und innere Energie

Alle Stoffe bestehen aus Teilchen, die sich in ständiger ungeordneter Bewegung befinden (Brownsche Bewegung).

Absoluter Temperaturnullpunkt: -273,15 °C

Die innere Energie eines Körpers besteht aus der Summe aller kinetischen Energien seiner Teilchen und aus der Summe aller potenziellen Energien, die die Teilchen aufgrund gegenseitiger Anziehung haben.

Je größer die mittlere kinetische Energie der Teilchen eines Körpers ist, desto höher ist seine Temperatur und umgekehrt.

Die Temperatur, bei der die kinetische Energie der Teilchen eines Körpers gleich Null ist, wird als absoluter Temperaturnullpunkt bezeichnet.

### Temperaturabhängigkeit des Volumens fester, flüssiger und gasförmiger Stoffe:

Die Änderung der inneren Energie ergibt sich aus der zugeführten Arbeit plus der zugeführten Wärmemenge.

Beim Schmelzen und Sieden ändert sich die Temperatur nicht. Die zugeführte Energie dient der Änderung des Aggregatzustands. Es ist nicht möglich innere Energie vollständig in andere Energieformen umzuwandeln.

Bei Temperaturerhöhung dehnen sich die meisten Körper aus, feste Körper am wenigsten, Gase am meisten.

Feste Körper und Flüssigkeiten dehnen sich bei gleicher Temperaturerhöhung unterschiedlich stark aus.

Alle Gase dehnen sich bei gleicher Temperaturerhöhung gleich stark aus.

Als Ausnahme hat Wasser bei 4°C seine größte Dichte. (Anomalie des Wassers)

Die Aggregatzustände (fest, flüssig, gasförmig) lassen sich durch das Teilchenmodell beschreiben.

Die absolute Temperatur ist proportional zur kinetischen Energie der Teilchen.

Bei -273°C ist die kinetische Energie der Teilchen Null.

Deshalb kann diese Temperatur nicht unterschritten werden. Dieser Punkt ist der Nullpunkt der Kelvin-Skala.

### Celsius- und Kelvinskala

tiefste Temperatur:  $0 \text{ K} \triangleq -273^\circ\text{C}$

### Innere Energie und spezifische Wärmekapazität

$$\Delta E_i = c \cdot m \cdot \Delta \theta, \quad c_{\text{Wasser}} = 4,2 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$$

### Aggregatzustände und Umwandlungsenergien

Übergang fest → flüssig: Schmelzen

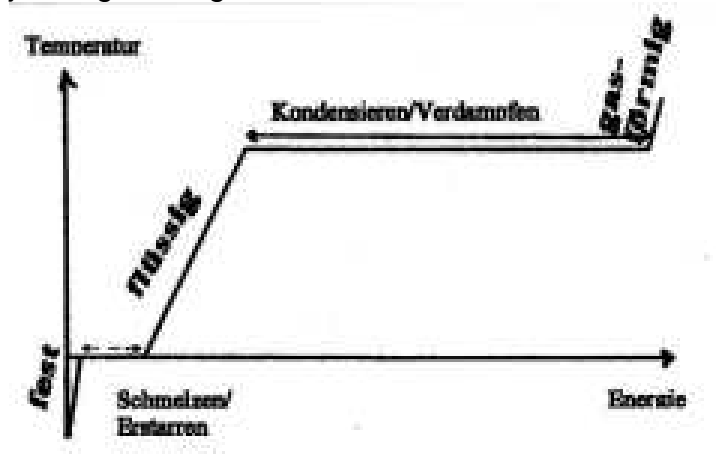
Übergang flüssig → fest: Erstarren

Übergang flüssig → gasförmig: Verdampfen

Übergang gasförmig → flüssig: Kondensieren

Zum Schmelzen bzw. Verdampfen eines Stoffes ist Schmelz- bzw.

Verdampfungsenergie notwendig, beim Erstarren bzw. Kondensieren wird die jeweilige Energie wieder frei.



## Änderung der inneren Energie durch Arbeit

$$W = \Delta E_i$$

Verrichtet man an einem Körper Reibungsarbeit, so erhöht sich seine Temperatur und damit seine innere Energie.

Bsp: Reibe deine Hände aneinander. Längeres oder festes Reiben sorgt für eine höhere Energie. Wenn man mit einem schwer beladenen Auto beim Bergabfahren oft hintereinander bremsen muss, dann erwärmen sich die Bremsen sehr stark. Die Bremsscheiben können sogar so heiß werden, dass sie glühen.

## Wärme Q

Q gibt an, wie viel innere Energie von einem Körper auf einen anderen übertragen

wird.  $Q = \Delta E_i$

Wärme kann nur übertragen werden, wenn ein Temperaturunterschied vorliegt.

# 3. Elektrizitätslehre

## Ladung

Körper können positiv ( Elektronenmangel ) oder negativ ( Elektronenüberschuss) geladen sein. Gleichnamige Ladungen stoßen sich ab, ungleichnamige ziehen sich an.

Materie besteht aus Atomen oder Molekülen. Atome bestehen aus einem positiv geladenem massereichen Kern und negativ geladenen Hüllenelektronen.

Die Ladung des Elektrons bezeichnet man als Elementarladung.

Die Ladungseinheit heißt Coulomb (1C = 1As)

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

**Stromstärke** = transportierte Ladung / Zeit ;  $1 \text{ Ampere} = 1 \text{ C} / \text{s}$

Die Stromstärke gibt an, welche Ladung  $\Delta Q$  in einer bestimmten Zeit durch einen Leiterquerschnitt transportiert wird.

**Spannung** = Energiedifferenz / Ladung ;  $U = \Delta E / Q$  ;  $1 \text{ Volt} = 1 \text{ J} / \text{C}$

Die Spannung U ist Ursache für den elektrischen Strom. Je höher U ist, desto größer ist die Stromstärke, die sie im gleichen Bauteil hervorruft.

$$R = \frac{U}{I} \text{ mit } [R] = 1 \Omega$$

**Widerstand** = Spannung / Stromstärke ;

$1 \text{ Ohm} = 1 \text{ V} / \text{A} = 1 \Omega$

## Gesetz von Ohm

**U ~ I in Metallen bei konstanter Temperatur T**

## Elektrische Energie, elektrische Arbeit und Leistung

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

$[W_{el}] = 1 J = 1 Ws$ ;  $1 kWh = 3,6 \cdot 10^6 J$  ;

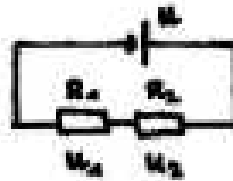
Wirkungsgrad  $\eta$  von Energieumwandlungen.



$$\eta \cdot U \cdot I \cdot \Delta t = c_W \cdot m \cdot \Delta \theta$$

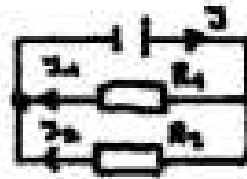
## Elektrische Schaltungen

$$U = U_1 + U_2 \text{ und } I = I_1 = I_2, R_{\text{ges}} = R_1 + R_2$$



im einfachen Stromkreis:

$$U_1 = U_2; I = I_1 = I_2; \frac{1}{R_{\text{ges}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$



im verzweigten Stromkreis: