

Energie, mechanische Arbeit und Leistung

Mit **Energie** können Körper bewegt, verformt, erwärmt oder zur Aussendung von Licht gebracht werden.

Energie kann

- in verschiedenen Formen vorliegen,
- von einer Energieform in andere Energieformen umgewandelt werden,
- von einem Körper auf andere übertragen werden,
- in Brennstoffen, gehobenen und bewegten Körpern oder Batterien gespeichert werden.

Formelzeichen: E

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

Formen mechanischer Energie:

- **Höhenenergie:** $E_H = m \cdot g \cdot h$ (m: Masse; $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ Ortsfaktor; h: Höhe über dem Nullniveau)
- **Spannenergie** einer elastischen Feder: $E_{\text{Spann}} = \frac{1}{2} D \cdot s^2$ (D: Federkonstante; s: Längenänderung)
- **Kinetische Energie:** $E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m \cdot v^2$ (m: Masse; v: Geschwindigkeit)

Höhenenergie und Spannenergie sind spezielle Formen der **potenziellen Energie**.

Kann man Reibungseffekte vernachlässigen, gilt der **Energieerhaltungssatz der Mechanik**:

In einem abgeschlossenen System ist die mechanische Energie konstant.

Es erfolgen nur Umwandlungen von einer in andere Energieformen.

$$E_H + E_{\text{Spann}} + E_{\text{kin}} = \text{konstant} \quad \text{oder} \quad \Delta E_{\text{mech}} = 0$$

Beispiel: Ein Stein fällt aus der Höhe h zu Boden. Dabei wird seine anfängliche

Höhenenergie in kinetische Energie umgewandelt. Es gilt $m \cdot g \cdot h = \frac{1}{2} m \cdot v^2$, wobei v die Geschwindigkeit ist, mit der der Körper am Boden aufschlägt.

mechanische Arbeit:

Unter der Bedingung, dass die Kraft F konstant ist und in Richtung des Weges s wirkt, gilt für

die **mechanische Arbeit**: $W = F \cdot s$; Einheit: $[W] = 1 \text{ Nm} = 1 \text{ J} = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2}$

Wird an einem abgeschlossenen System oder von einem solchen System mechanische Arbeit W verrichtet, so verändert sich die Energie E des Systems: $W = \Delta E$.

Formen mechanischer Arbeit:

- **Hubarbeit** führt zu Vergrößerung der Höhenenergie: (F_G : Gewicht) $W_H = \Delta E_H = F_G \cdot h = m \cdot g \cdot h$
- **Beschleunigungsarbeit** führt zu Erhöhung der kin. Energie: $W_B = \Delta E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m \cdot v^2$
- **Spannarbeit** führt zu Vergrößerung der Spannenergie: $W_{\text{Spann}} = \Delta E_{\text{Spann}} = \frac{1}{2} D \cdot s^2$

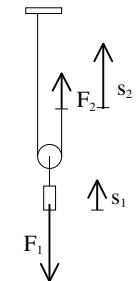
Für **Kraftwandler** (z.B. Rollen, Flaschenzüge, Hebel, schiefe Ebenen) gilt die

Goldene Regel der Mechanik: Was man an Kraft spart, muss man an Weg zusetzen.

Beispiel: Die lose Rolle

Bei Vernachlässigung der Reibung und der Gewichtskraft der losen Rolle gilt hier: $F_1 \cdot s_1 = F_2 \cdot s_2$

So führt z.B. eine Halbierung der Kraft ($F_2 = \frac{1}{2} F_1$) zu einer Verdopplung des Weges ($s_2 = 2s_1$), so dass sich ergibt: $F_2 \cdot s_2 = \frac{1}{2} F_1 \cdot 2s_1 = F_1 \cdot s_1$



mechanische Leistung:

$$\text{Leistung} = \frac{\text{Arbeit}}{\text{benötigte Zeit}} \quad \text{bzw.} \quad P = \frac{W}{t} \quad \text{Einheit: } [P] = 1 \frac{\text{J}}{\text{s}} = 1 \text{ Watt} = 1 \text{ W} = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^3}$$

Wirkungsgrad:

$$\text{Wirkungsgrad} = \frac{\text{nutzbringende Energie}}{\text{zugeführte Energie}} \quad \text{bzw.} \quad \eta = \frac{E_{\text{nutz}}}{E_{\text{zu}}}$$

Druck

$$\text{Druck} = \frac{\text{Kraft}}{\text{Fläche}} \quad \text{bzw.} \quad p = \frac{F}{A} \quad \text{Einheit: } [p] = 1 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 1 \text{ Pascal} = 1 \text{ Pa}$$

Schweredruck in Flüssigkeiten:

Für den Druck in der Tiefe h gilt $p = \rho \cdot g \cdot h$. ($\rho = \frac{m}{V}$: Dichte [ρ] = $1 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$; g : Ortsfaktor [g] = $1 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$)

Bei vernachlässigbarem Schweredruck ist der Druck eingeschlossener Flüssigkeiten überall gleich groß.

Bei hydraulischen Anlagen (z.B. hydraulische Presse) gilt daher $\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$.

Aufbau der Materie und innere Energie

Körper können sich in verschiedenen **Aggregatzuständen** befinden.

Unterscheidung der Aggregatzustände im Teilchenmodell:

- **Feste Körper:** Die Teilchen liegen sehr eng und regelmäßig beieinander. Sie haben einen festen Platz.
- **Flüssigkeiten:** Die Teilchen liegen dicht beieinander, haben aber keinen festen Platz. Sie sind zwar gegeneinander verschiebbar, aber ihr Abstand bleibt gleich.
- **Gase:** Der Abstand der Teilchen ist groß. Sie haben keinen festen Platz.

Die Teilchen eines Stoffes besitzen potentielle bzw. kinetische Energie. Die insgesamt in einem Körper enthaltene Energie wird **innere Energie** genannt.

Für **feste, flüssige und gasförmige Körper** gilt: Je niedriger die Temperatur eines Körpers ist, desto langsamer bewegen sich im Mittel die Teilchen, aus denen er besteht.

Die Temperatur, bei der die kinetische Energie der Teilchen von Stoffen verschwindet, heißt **absoluter Temperaturnullpunkt**. Er liegt bei $-273,15^\circ\text{C}$.

Änderung der inneren Energie durch Wärme:

Die **Wärme** Q gibt an, wie viel innere Energie von einem Körper höherer Temperatur auf einen Körper niedrigerer Temperatur übertragen wird.
$$Q = \Delta E_i$$

Beim Erwärmen oder Abkühlen von Körpern (ohne Aggregatzustandsänderung) gilt:

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

(c : spezifische Wärmekapazität, Einheit: $[c] = 1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$; $\Delta \vartheta$: Temperaturänderung)

1. Hauptsatz der Wärmelehre: In einem abgeschlossenen System ist die Änderung der inneren Energie verbunden mit der Zufuhr oder Abgabe von Wärme und dem Verrichten von mechanischer Arbeit. $\Delta E_i = W + Q$

Energieentwertung

Reversible Prozesse verlaufen so, dass der Ausgangszustand von allein wieder erreicht wird. Bei **irreversiblen Prozessen** ist das nicht der Fall, z. B. beim Abkühlen eines Körpers.

Innere Energie kann niemals vollständig in andere Energieformen umgewandelt werden.

Temperaturabhängige Längen- bzw. Volumenänderung

Längenänderung (α = Längenausdehnungskoeffizient, l_0 = Ausgangslänge)

Es gilt:
$$\Delta l = \alpha \cdot l_0 \cdot \Delta \vartheta$$
 ; $[\alpha] = \frac{1}{K}$

Volumenänderung (γ = Volumenausdehnungskoeffizient, V_0 = Ausgangsvolumen)

Es gilt:
$$\Delta V = \gamma \cdot V_0 \cdot \Delta \vartheta$$
 ; $[\gamma] = \frac{1}{K}$

Ladung, Stromstärke, Spannung

Es gibt **positiv** (Elektronenmangel) und **negativ geladene Körper** (Elektronenüberschuss). Die elektrische **Ladung** hat das Formelzeichen **Q**.

$$[Q] = 1 \text{ C (Coulomb)} = 1 \text{ As (Amperesekunde)}$$

Elementarladung:
$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

Ein Elektron trägt die Ladung $-e$.

- **Stromstärke I** ; Einheit: $[I] = 1 \text{ A (Ampere)}$
- **Spannung U** ; Einheit: $[U] = 1 \text{ V (Volt)}$
- **Widerstand R** ; Einheit: $[R] = 1 \Omega (\text{Ohm}) \left(= 1 \frac{V}{A}\right)$

Es gilt

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

für $I = \text{konstant}$

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

ΔE ist die Änderung der potenziellen Energie.

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

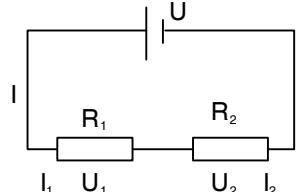
Der Widerstand ist im Allgemeinen temperaturabhängig.

Bei konstanter Temperatur gilt für alle metallischen Leiter das Gesetz von Ohm:

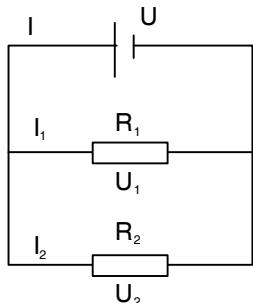
$$I \text{ ist proportional zu } U \text{ , d.h. } R = \frac{U}{I} = \text{konstant}$$

Schaltungen von Widerständen

Serienschaltung:



Parallelschaltung:



Serienschaltung:

$$U = U_1 + U_2 + \dots$$

$$I = I_1 = I_2 = \dots$$

$$R_{\text{ges}} = R_1 + R_2 + \dots$$

Parallelschaltung:

$$U = U_1 = U_2 = \dots$$

$$I = I_1 + I_2 + \dots$$

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

Elektrische Energie und Leistung

Energie: $E = P \cdot t$; Einheit: [E] = 1 Ws = 1 J (Joule)

Leistung: $P = U \cdot I$; Einheit: [P] = 1 VA = 1 W (Watt)