

GET it digital

Modul 2: Energie und Leistung

Stand: 23. Oktober 2025



Weiternutzung als OER ausdrücklich erlaubt: Dieses Werk und dessen Inhalte sind lizenziert unter CC BY 4.0. Ausgenommen von der Lizenz sind die verwendeten Logos sowie alle anders gekennzeichneten Elemente. Nennung gemäß TULLU-Regel bitte wie folgt: „GET it digital Modul 2: Energie und Leistung“ von M. Hillgärtner, S. Micun, F. Stergianos Lizenz: CC BY 4.0.

Der Lizenzvertrag ist hier abrufbar:

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>

Das Werk ist online verfügbar unter:

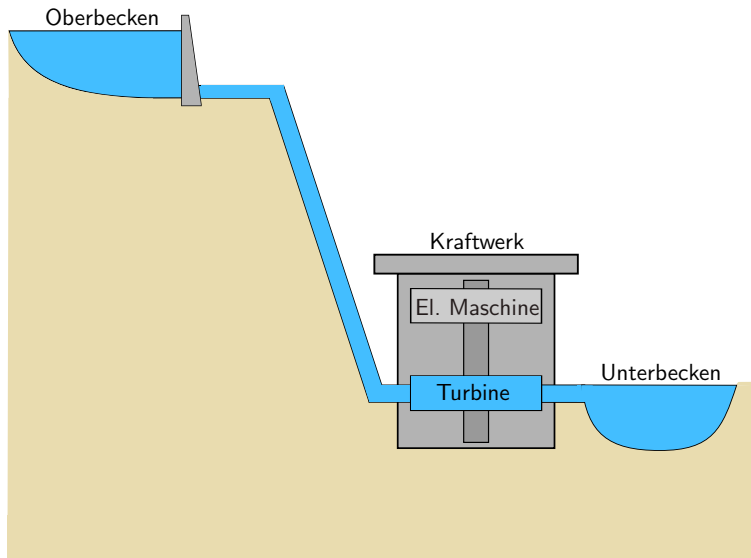
<https://getitdigital.uni-wuppertal.de/module/modul-2-energie-und-leistung>

Lernziele: Energie und Leistung

Die Studierenden

- ▶ können Energie, elektrische Arbeit, Leistung und Wirkungsgrad benennen.
- ▶ verstehen, wie Energie in elektrischen Systemen umgewandelt und genutzt wird.
- ▶ können die elektrische Arbeit, Leistung und den Wirkungsgrad berechnen.
- ▶ können die Effizienz von Energieumwandlungssystemen analysieren.

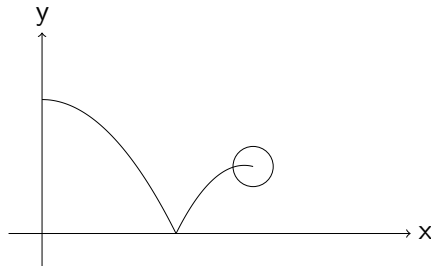
Pumpspeicherkraftwerk



Merke:

Energie kann gespeichert werden, Arbeit wird verrichtet.

Der Energieerhaltungssatz



Merke:

Energie ist eine Erhaltungsgröße.

Energie kann weder erzeugt noch vernichtet werden.

Energie kann lediglich die Energieform ändern.

$$E = F \cdot s$$

Lernziele: Die Elektrische Ladung

Die Studierenden können

- ▶ die Eigenschaften elektrischer Ladungen sowie im Zusammenhang stehende physikalische Phänomene beschreiben
- ▶ elektrische Felder beschreiben und für einfache Ladungsanordnungen berechnen
- ▶ mit dem Coulomb'schen Gesetz Kräfte auf Ladungen berechnen

Merke: Die Energieformen auf einen Blick

- ▶ Kinetische Energie (Bewegungsenergie)
- ▶ Potenzielle Energie (Lageenergie)
- ▶ Thermische Energie (Wärmeenergie)
- ▶ Elektrische Energie
- ▶ Chemische Energie
- ▶ Kernenergie
- ▶ Strahlungsenergie

- Wird im allgemeinen über die aufintegrierte Strecke zwischen zwei Punkten P_1 und P_2 über eine Kraft $\vec{F}$ definiert

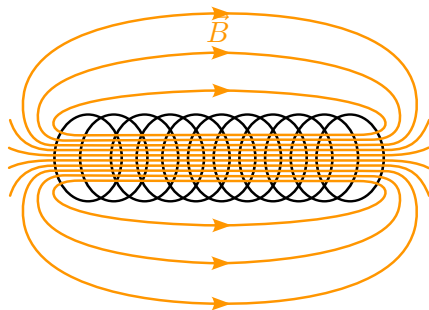
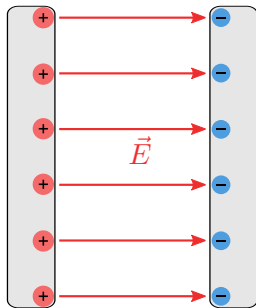
$$E = \int_{P_1}^{P_2} \vec{F} \cdot d\vec{s} \quad [E] = 1 \text{ Joule} = 1 \text{ J} = 1 \text{ Nm}$$

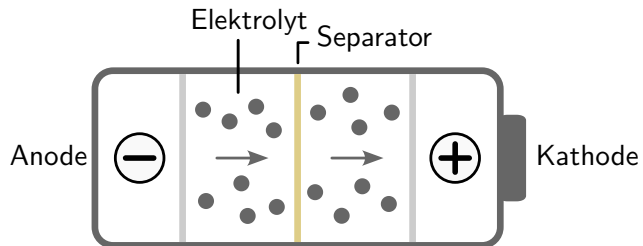
- Eine elektrische Kraft $\vec{F}_{\text{el}}$ liegt vor, wenn eine Ladung Q einem elektrischen Feld $\vec{E}$ ausgesetzt ist.

$$\vec{F}_{\text{el}} = Q \cdot \vec{E}$$

$$E_{\text{el}} = Q \cdot \int_{P_1}^{P_2} \vec{E} \cdot d\vec{s}$$

$$E_{\text{el}} = Q \cdot U \quad [E] = 1 \text{ Joule} = 1 \text{ J} = 1 \text{ Ws}$$





- ▶ Arbeit ist die Änderung der Energieform

$$W = \Delta E \quad [W] = 1 \text{ Joule} = 1 \text{ J} = 1 \text{ Nm}$$

$$W = - \int_{P_1}^{P_2} \vec{F} \cdot d\vec{s}$$

Merke:

Das Vorzeichen der Arbeit ist kontextabhängig: Die Arbeit ist positiv, wenn Energie einem System hinzugefügt wird und negativ, wenn Energie einem System entnommen wird.

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_{\text{el}}}{Q} \quad \Rightarrow \quad \vec{F}_{\text{el}} = Q \cdot \vec{E}$$

$$W_{\text{el}} = \int_{P_1}^{P_2} -Q \cdot \vec{E} \cdot d\vec{s} \quad \Rightarrow \quad W_{\text{el}} = -Q \int_{P_1}^{P_2} \vec{E} \cdot d\vec{s}$$

$$W_{\text{el}} = Q \int_{P_1}^{P_2} \vec{E} \cdot d\vec{s} \quad \Rightarrow \quad W_{\text{el}} = Q \cdot U$$

$$I = \frac{dQ}{dt} \quad \Rightarrow \quad Q = I \cdot t$$

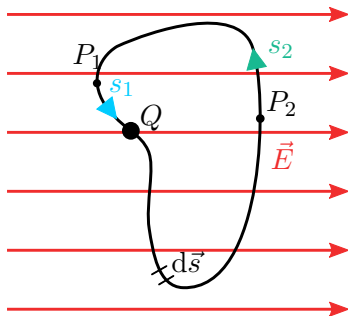
Eingesetzt ergibt dies nun folgenden Ausdruck

$$W_{\text{el}} = U \cdot I \cdot t \quad [W_{\text{el}}] = 1 \text{ Joule} = 1 \text{ J} = 1 \text{ Ws}$$

Merke:

- ▶ Für das Verrichten einer Arbeit wird immer eine Zeitdauer benötigt.
- ▶ Ein Momentanzustand ist immer der Ist-Zustand der Energieverteilung.
- ▶ Das Verrichten elektrischer Arbeit bedarf immer eines Stromflusses.

Wegintegral der elektrischen Arbeit



$$|W_{\text{el}}| = \left| -Q \cdot \int_{s_1} \vec{E} \cdot d\vec{s} \right| = \left| -Q \cdot \int_{s_2} \vec{E} \cdot d\vec{s} \right|$$

$$W_{\text{el}} = -Q \cdot \int_{s_1} \vec{E} \cdot d\vec{s} - Q \cdot \int_{s_2} \vec{E} \cdot d\vec{s} = -Q \cdot \oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = 0 \rightarrow \oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = 0$$

Merke:

Das Ringintegral einer Ladung in einem statischen elektrischen Feld ist unabhängig von der Ladungsmenge immer gleich Null.

$$W = \int P \cdot dt$$

Durch Umstellung der Formel ergibt sich, dass die Leistung P die Änderung der Arbeit über die Zeit ist.

$$P = \frac{dW}{dt}$$

Bei gleichbleibender Arbeit über die Zeit ergibt sich der folgende Ausdruck:

$$P = \frac{W_{\text{el}}}{t} = \frac{U \cdot I \cdot \cancel{t}}{\cancel{t}} = U \cdot I \quad [P] = 1 \text{ Watt} = 1 \text{ W}$$

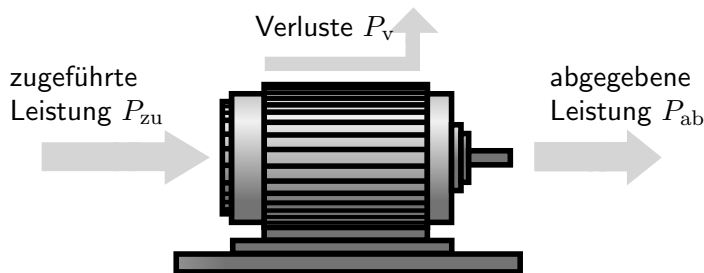
Arten	Potentialgröße	Flussgröße	Formel
elektrisch	Spannung (U)	Strom (I)	$P_{\text{el}} = U \cdot I$
translatorisch	Kraft (F)	Geschwindigkeit (v)	$P_{\text{tr}} = F \cdot v$
rotatorisch	Moment (M)	Winkelgeschw. (ω)	$P_{\text{rot}} = M \cdot \omega$
thermisch	Temperaturdiff. (ΔT)	Wärmedurchgang ($k \cdot A$)	$P_{\text{th}} = \Delta T \cdot k \cdot A$
fluidisch	Druck (p)	Volumenstrom ($\dot{V}$)	$P_{\text{fl}} = p \cdot \dot{V}$



Merke:

Elektrische Arbeit misst die übertragene Energie, während elektrische Leistung die Übertragungsgeschwindigkeit angibt.

Der Wirkungsgrad beschreibt das Verhältnis von abgegebener zu zugeführter Leistung



$$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} \cdot 100\%$$

Der Wirkungsgrad

