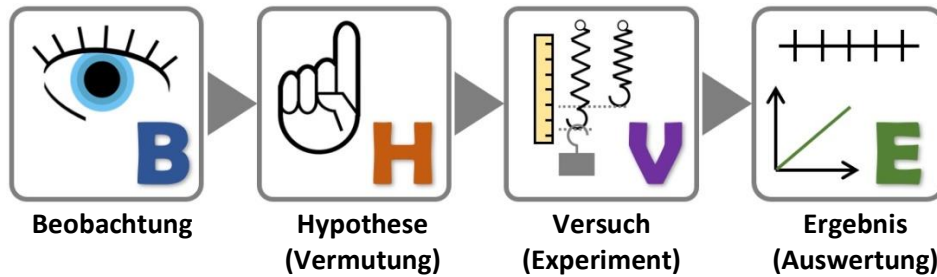


Jahrgangsstufenübergreifende Grundlagen für das Fach Physik

Physikalische Arbeitsweise



Größen in der Physik

- Physikalische Größen sind alle messbaren Eigenschaften eines Körpers.

Grundgrößen	Abgeleitete Größen
legt der Mensch beliebig fest, z. B. Länge ℓ , Masse m und Zeit t .	sind von Grundgrößen abhängig, z. B. Fläche A , Volumen V .

- Für die Festlegung der Grundgrößen benötigt man die Definition der Gleichheit, der Vielfachheit und der Einheit. Die Einheit wird folgendermaßen dargestellt:

$$[\text{Größensymbol}] = 1 \cdot \text{Einheit} \quad \text{z. B. } [\ell] = 1 \cdot \text{m}$$

- Die Messung einer physikalischen Größe erfolgt durch den Vergleich der zu messenden Größe mit einer Einheit. Das Messergebnis ist das Produkt aus Maßzahl und Maßeinheit.
- Die Differenz zweier Messwerte einer Größe wird durch Δ („delta“) vor dem Größensymbol angegeben:

$$\text{z. B. } \Delta \ell = \ell_2 - \ell_1$$

Messung - Sinnvolle Ziffern

Messgerät	Messbereich	Genauigkeit*	Bsp. Dicke einer Glasscheibe
Maßband	z. B. bis 50,00 m	1 cm	$\ell = 1 \text{ cm}$
Geodreieck	z. B. bis 7,0 cm	1 mm	$\ell = 0,9 \text{ cm}$ oder $\ell = 9 \text{ mm}$
Messschieber	z. B. bis 16,00 cm	0,1 mm	$\ell = 0,92 \text{ cm}$ oder $\ell = 9,2 \text{ mm}$
Mikrometerschraube	z. B. bis 2,000 cm	0,01 mm	$\ell = 0,918 \text{ cm}$ oder $\ell = 9,18 \text{ mm}$

* Die Anzahl der sinnvollen Ziffern hängt von der Messgenauigkeit des Messgeräts ab.

- Bei jeder Messung ist die letzte Ziffer unsicher. Alle Ziffern davor bezeichnet man als sicher. Es gilt:

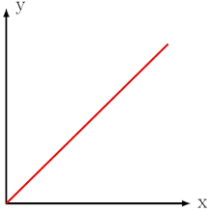
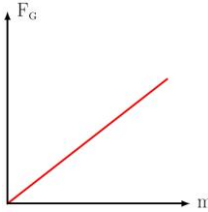
$$\text{sinnvolle Ziffern} = \text{sichere Ziffern} + \text{unsichere Ziffer}$$
- Vorangestellte Nullen sind nicht zu zählen, da bei Umwandlungen in andere Einheiten sich die Anzahl der sinnvollen Ziffern ändern würde (z. B. $1 \text{ m} = 0,001 \text{ km}$).
 Bsp.: $\ell = 0,00034 \text{ km}$ \rightarrow zwei sinnvolle Ziffern
- Nachgestellte Nullen werden gezählt.
 Bsp.: $\ell = 12,00 \text{ km}$ \rightarrow vier sinnvolle Ziffern, da die Anzahl der Nachkommastellen Rückschlüsse auf das verwendete Messgerät zulässt.

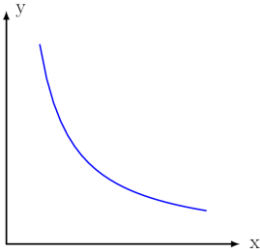
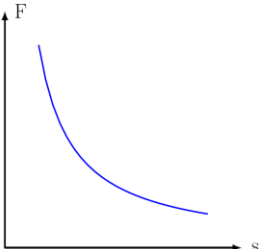
- Beim Einheitenwechsel darf sich die Genauigkeit nicht ändern (→ Verwendung von Zehnerpotenzen).
Bsp.: $l = 3,47 \text{ km} \rightarrow l = 3,47 \cdot 10^3 \text{ m}$
- Multipliziert oder dividiert man physikalische Größen, so hat das Ergebnis so viele sinnvolle Ziffern wie die Größe mit der geringsten Anzahl sinnvoller Ziffern.
Bsp.: $l = 22,5 \text{ m}, b = 14,7 \text{ m}, h = 0,75 \text{ m}$ (→ in diesem Beispiel die geringste Anzahl)
→ $V = l \cdot b \cdot h = 22,5 \text{ m} \cdot 14,7 \text{ m} \cdot 0,75 \text{ m} = 2,5 \cdot 10^2 \text{ m}^3$
- Bei der Addition (Subtraktion) von Messwerten ist die Genauigkeit der Messung entscheidend. Das Ergebnis wird mit der Genauigkeit angegeben, die durch das ungenaueste Messgerät definiert wird.
Bsp.: $l_1 = 3,209 \text{ cm}, l_2 = 0,81 \text{ cm}$
→ $l_1 + l_2 = 3,209 \text{ cm} + 0,81 \text{ cm} \quad \text{bzw.} \quad l_1 - l_2 = 3,209 \text{ cm} - 0,81 \text{ cm}$
 $\quad \quad \quad = 4,02 \text{ cm} \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad = 2,40 \text{ cm}$
- Messergebnisse, z. B. bei Längen, werden folgendermaßen angegeben:
 $l = \bar{l} \pm \Delta l$, wobei \bar{l} der Mittelwert und hier Δl die größte Abweichung vom Mittelwert ist.

Vorsatzzeichen

Giga	G	10^9	1 000 000 000	Milliarde
Mega	M	10^6	1 000 000	Million
Kilo	k	10^3	1 000	Tausend
-	-	10^0	1	-
Milli	m	10^{-3}	0,001	Tausendstel
Mikro	μ	10^{-6}	0,000 001	Millionstel
Nano	n	10^{-9}	0,000 000 001	Milliardstel

Mathematische Grundlagen für Versuchsauswertungen

Direkte Proportionalität:	
Hinweis	Je größer die unabhängige Größe x, desto größer die abhängige Größe y.
Kennzeichen	Ein doppelter, dreifacher, ..., n-facher x-Wert bewirkt einen doppelten, dreifachen, ..., n-fachen y-Wert.
Numerische Auswertung	Die Werte der Quotienten sind konstant: $\frac{y}{x} = \text{konstant}$ (Quotientengleichheit)
Graphische Auswertung	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>Im $y(x)$-Diagramm ergibt sich als Graph eine Ursprungsstrecke:</p>  </div> <div style="width: 45%;"> <p>Beispiel: Betrag der Gewichtskraft F_G: $F_G \sim m$ bzw. $g = \frac{F_G}{m}$</p> <p>Weitere Beispiele:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dichte ρ • gleichförmige Bewegung  </div> </div>

indirekte Proportionalität:	
Hinweis	Je größer die unabhängige Größe x , desto kleiner die abhängige Größe y .
Kennzeichen	Ein doppelter, dreifacher, ..., n -facher x -Wert bewirkt einen halbierten, gedrittelten, ..., ge - n -telten y -Wert.
Numerische Auswertung	Die Werte der Produkte sind konstant: $y \cdot x = \text{konstant}$ (Produktgleichheit)
Graphische Auswertung	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>Im $y(x)$-Diagramm ergibt sich als Graph ein Hyperbelast:</p>  </div> <div style="width: 45%;"> <p>Beispiel: Arbeit W: $F \sim \frac{1}{s}$ bzw. $W = F \cdot s$</p>  </div> </div>

Lernbereich 1: Mechanik und Energie

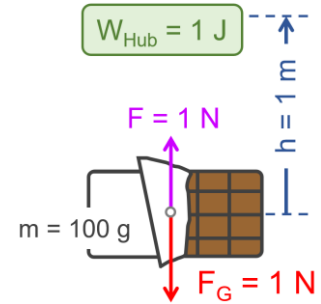
Arbeit W

An einem Körper wird Arbeit W verrichtet, wenn eine Kraft längs eines Wegs wirkt. Falls die Kraft parallel zum Weg wirkt, gilt:

$$W = F \cdot s \text{ mit } [W] = 1 \text{ Nm} = 1 \text{ J (Joule)}$$

Arten der Arbeit:

- Hubarbeit: $W_{\text{Hub}} = F_G \cdot h$ bzw. $W_{\text{Hub}} = m \cdot g \cdot h$
- Beschleunigungsarbeit
- Verformungsarbeit
- Reibungsarbeit



Energie E

Energie E ist gespeicherte Arbeit. Wird an einem Körper Arbeit verrichtet, so wird ihm Energie übertragen.

$$[E] = 1 \text{ J}$$

Mechanische Energieformen:

- potenzielle Energie (Lage- oder Spannenergie)
- kinetische Energie (Bewegungsenergie)

Weitere Energieformen:

- innere Energie
- elektrische Energie
- chemische Energie



Energieerhaltungssatz

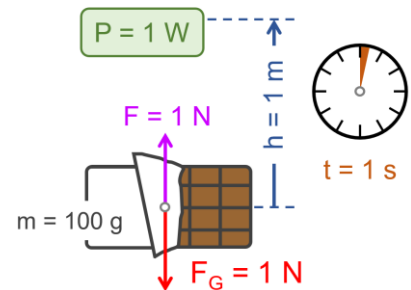
Energie kann weder erzeugt noch vernichtet werden, sie wird lediglich von einer Energieform in andere Energieformen umgewandelt.

Dabei bleibt die Gesamtenergie in einem abgeschlossenen System konstant.

Leistung P

Die Leistung P ist der Quotient aus der verrichteten Arbeit W und der dafür benötigten Zeit t :

$$P = \frac{W}{t} \text{ mit } [P] = 1 \frac{\text{J}}{\text{s}} = 1 \text{ W (Watt)}$$



Wirkungsgrad η

Der Wirkungsgrad η gibt an, welcher Anteil der zugeführten Energie E_{zu} dabei in nutzbare Energie E_{nutz} umgewandelt wird:

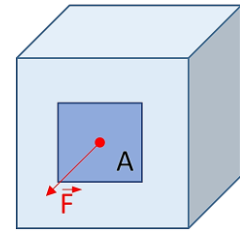
$$\eta = \frac{E_{\text{nutz}}}{E_{\text{zu}}}$$

Somit gilt auch: $\eta = \frac{W_{\text{nutz}}}{W_{\text{zu}}}$ bzw. $\eta = \frac{P_{\text{nutz}}}{P_{\text{zu}}}$

Druck

- In Flüssigkeiten und Gasen herrscht stets ein Druck.
- Der Druck p in Flüssigkeiten und Gasen ist der Quotient aus dem Betrag der Kraft \vec{F} , die auf die Fläche A senkrecht wirkt:

$$p = \frac{F}{A} \quad \text{mit} \quad [p] = 1 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 1 \text{ Pa (Pascal)}$$



Schweredruck

- in Flüssigkeiten:
 - In jeder Flüssigkeit (mit freier Oberfläche) herrscht in einer Tiefe h ein **Schweredruck** p_s .
 - Der Schweredruck entsteht aufgrund der Gewichtskraft der Flüssigkeitssäule über der Fläche A in der Tiefe h .
- in Luft:
 - Den Schweredruck der Luft bezeichnet man als Luftdruck.
 - Der **Normaldruck auf Meereshöhe** beträgt 1013 hPa.

Lernbereich 2: Wärmelehre

Innere Energie

Die innere Energie eines Körpers ist die Summe der kinetischen und der potenziellen Energien aller seiner Teilchen.

Eine Änderung der inneren Energie des Körpers erfolgt z. B. durch:

- mechanische Arbeit (z. B. Reibungsarbeit, Verformungsarbeit, ...)
- Übertragung von Wärme (z. B. Kontakt mit einem Körper höherer Temperatur)
- Strahlung (z. B. Absorption von Sonnenstrahlung)

Temperatur (Grundgröße)

Die Temperatur ist ein Maß für die mittlere kinetische Energie aller Teilchen eines Körpers.

Gebräuchliche Einheiten: $[\vartheta] = 1^\circ\text{C}$ (Grad Celsius) bzw. $[T] = 1 \text{ K}$ (Kelvin)

Wärme

Wärme ist die Energie, die in Folge von Temperaturunterschieden übertragen wird. Dies kann innerhalb eines Körpers erfolgen oder zwischen zwei Körpern mit unterschiedlicher Temperatur.

Energietransport (Wärmetransport) (Modell)

Wärmeleitung:

Unter **Wärmeleitung** versteht man den Energietransport innerhalb eines Körpers durch Wechselwirkung (Zusammenstöße) benachbarter Teilchen. Dabei wird kinetische Energie von einem Teilchen zum anderen übertragen.

Wärmeleitung erfolgt stets von Stellen höherer Temperatur zu Stellen niedriger Temperatur.

Wärmeströmung (Konvektion):

Unter **Wärmeströmung** (Konvektion) versteht man den Energietransport in Verbindung mit Teilchentransport innerhalb einer Flüssigkeit oder eines Gases.

Wärmeströmung wird durch Dichteunterschiede infolge ungleichmäßiger Erwärmung ausgelöst.

Wärmestrahlung:

Unter **Wärmestrahlung** versteht man den Energietransport zwischen Körpern ohne Mitwirkung von Materie.

Alle Körper emittieren aufgrund ihrer Temperatur Wärmestrahlung. Zugleich absorbieren sie auftreffende Wärmestrahlung.

Bei konstanter Temperatur eines Körpers emittiert und absorbiert er pro Sekunde gleich viel Wärmestrahlung.

Erwärmungsgesetz

- Innerhalb eines Aggregatzustandes gilt das Erwärmungsgesetz:

$$W_{\text{th}} = c \cdot m \cdot \Delta\vartheta \quad \text{bzw.} \quad W_{\text{th}} = c \cdot m \cdot \Delta T$$

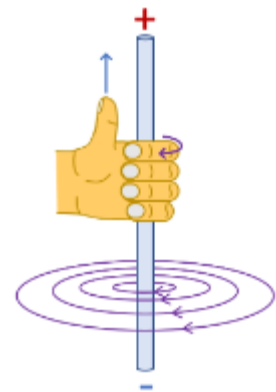
- Bsp.: $c_{\text{Wasser}} = 4,182 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$

→ Um ein Kilogramm Wasser um ein Kelvin zu erwärmen, ist eine Wärmezufuhr von 4,182 kJ nötig.

Lernbereich 3: Elektrizitätslehre

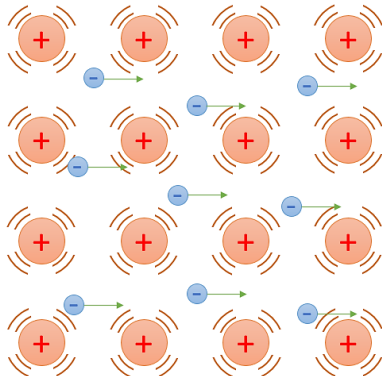
Magnetfeld eines geraden Leiters

- Bei Stromfluss in einem Leiter erzeugen die bewegten Elektronen ein Magnetfeld in dessen Umgebung.
- Die Feldlinien dieses Magnetfelds lassen sich als konzentrische Kreise um den Leiter (im Mittelpunkt) darstellen.
- Linke-Faust-Regel:
 - Der Daumen zeigt in die Elektronenbewegungsrichtung.
 - Die gekrümmten restlichen Finger zeigen in die Magnetfeldrichtung.



Kraft auf Spulen im Magnetfeld

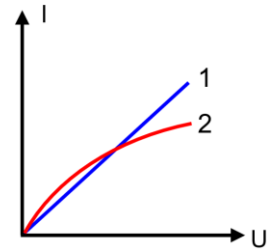
- Eine stromdurchflossene Spule erfährt in einem Magnetfeld Kräfte, die eine Drehung der Spule verursachen können.
- Die Drehrichtung hängt von der Richtung des Stroms ab.
- Die Drehwirkung auf die Spule ist umso größer, ...
 - je größer die Stromstärke im Spulendraht ist.
 - je stärker das Magnetfeld ist.
 - je größer die Windungszahl der Spule (bei unveränderter Stromstärke) ist.

<p>Elektromotor</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ein einfacher Elektromotor besteht z. B. aus einer drehbar gelagerten Spule (Rotor) inmitten eines äußeren Magneten (Stator) und einem Kommutator (Polwender). • Der Elektromotor wandelt elektrische in mechanische Energie um.
<p>Elektrische Leistung P_{el}</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Die Leistung P_{el} eines elektrischen Energiewandlers ist der Quotient aus umgewandelter elektrischer Energie E_{el} und der dafür benötigten Zeit t: $P_{el} = \frac{E_{el}}{t} \quad \text{mit} \quad [P_{el}] = 1 \frac{J}{s} = 1 \text{ W (Watt)}$
<p>Elektrische Energie E_{el}</p> <p>Elektrische Spannung U</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Gebräuchliche Einheiten: $[E_{el}] = 1 \text{ J}$ bzw. $[E_{el}] = 1 \text{ kWh}$ • Umrechnung: $1 \text{ kWh} = 3,6 \text{ MJ}$ • Die in einem Stromkreis verrichtete elektrische Arbeit pro Ladung bezeichnet man als elektrische Spannung U: $U = \frac{W_{el}}{Q} \quad \text{mit} \quad [U] = 1 \frac{J}{C} = 1 \text{ V (Volt)}$ <ul style="list-style-type: none"> • Durch Umformen erhält man: $U = \frac{P_{el}}{I} \quad \text{mit} \quad [U] = 1 \frac{W}{A} = 1 \text{ V (Volt)}$ <ul style="list-style-type: none"> • Die Spannung ist ein Maß dafür, wie stark die Elektronen im Stromkreis angetrieben werden.
<p>Elektrischer Widerstand R</p> <p>(Modell)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Der elektrische Widerstand ist definiert als Quotient aus der Spannung U und der Stromstärke I: $R = \frac{U}{I} \quad \text{mit} \quad [R] = 1 \frac{V}{A} = 1 \Omega \text{ (Ohm)}$ <ul style="list-style-type: none"> • Die bei Stromfluss vom Minuspol zum Pluspol der E-Quelle driftenden Elektronen stoßen immer wieder gegen die Atomrümpfe (Gitterionen). • Dabei übertragen sie einen Teil ihrer kinetischen Energie und werden abgebremst. Es bildet sich im Leiter eine mittlere Elektronengeschwindigkeit aus. • Mit zunehmender Spannung werden die Elektronen zwischen den Zusammenstößen stärker beschleunigt, so dass die mittlere Elektronengeschwindigkeit steigt (Zunahme der Stromstärke). 
<p>Elektrischer Widerstand und Temperatur</p> <p>(Modell)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Mit zunehmender Temperatur nimmt der Widerstand der meisten metallischen Leiter (z. B. Eisendraht) zu. • Modellvorstellung: <ul style="list-style-type: none"> ○ Mit zunehmender Temperatur schwingen die Atomrümpfe (Gitterionen) infolge ihrer erhöhten mittleren kinetischen Energie stärker um ihre Ruhelage.

- Dadurch nehmen die Häufigkeit und die Heftigkeit der Zusammenstöße der driftenden Elektronen mit den Atomrümpfen ebenfalls zu.
- Infolgedessen wird das Durchkommen der Elektronen erschwert und ihre mittlere Geschwindigkeit kleiner.
- Pro Sekunde strömen dadurch weniger Ladungen durch den Draht wie zuvor, d.h. die Stromstärke wird geringer und der Widerstand des Drahtes steigt.

Kennlinien

- Die Veränderung der Stromstärke I in Abhängigkeit von der anliegenden Spannung U ergibt in einem $I(U)$ -Diagramm die Kennlinie eines Leiters:
- Beispiele für Kennlinien:
 - 1: Konstantendraht bzw. Metalldraht (gekühlt mit $\vartheta = \text{konstant}$)
 - 2: Metalldraht (ungekühlt)



Widerstandsge- setz

- Der Widerstand R hängt von der Leiterlänge ℓ , von der Querschnittsfläche A und vom Material (spezifischer Widerstand ϱ) ab:

$$R = \varrho \cdot \frac{\ell}{A} \quad \text{mit} \quad [\varrho] = 1 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$$

- Der spezifische Widerstand ist temperaturabhängig.