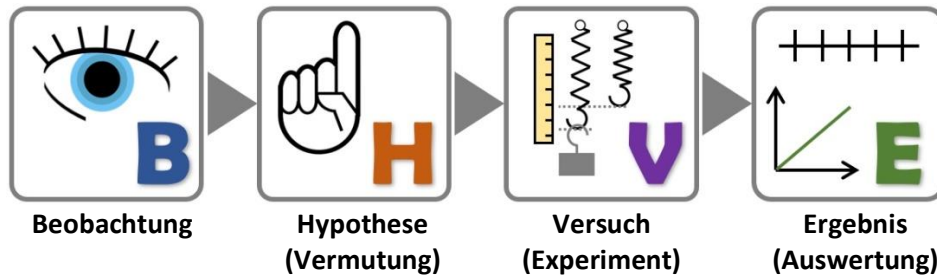


Jahrgangsstufenübergreifende Grundlagen für das Fach Physik

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:

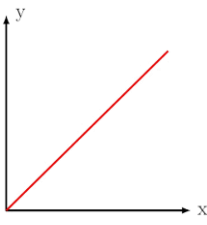
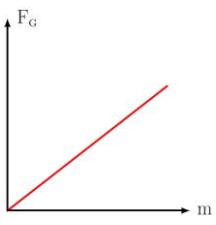
$$\text{sinnvolle Ziffern} = \text{sichere Ziffern} + \text{unsichere Ziffer}$$
- Vorangestellte Nullen sind nicht zu zählen, da bei Umwandlungen in andere Einheiten sich die Anzahl der sinnvollen Ziffern ändern würde (z. B. $1 \text{ m} = 0,001 \text{ km}$).
 Bsp.: $\ell = 0,00034 \text{ km}$ → zwei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

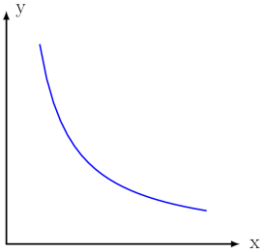
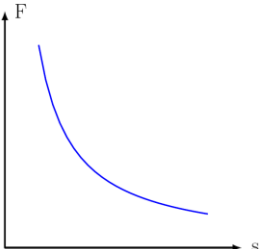
- Beim Einheitenwechsel darf sich die Genauigkeit nicht ändern (→ Verwendung von Zehnerpotenzen).
Bsp.: $l = 3,47 \text{ km} \rightarrow l = 3,47 \cdot 10^3 \text{ m}$
- Multipliziert oder dividiert man physikalische Größen, so hat das Ergebnis so viele sinnvolle Ziffern wie die Größe mit der geringsten 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.: $l_1 = 3,209 \text{ cm}, l_2 = 0,81 \text{ cm}$
→ $l_1 + l_2 = 3,209 \text{ cm} + 0,81 \text{ cm} \quad \text{bzw.} \quad l_1 - l_2 = 3,209 \text{ cm} - 0,81 \text{ cm}$
 $\quad \quad \quad = 4,02 \text{ cm} \quad \quad \quad \quad \quad \quad = 2,40 \text{ cm}$
- 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; align-items: flex-start;"> <div style="flex: 1;"> <p>Im $y(x)$-Diagramm ergibt sich als Graph eine Ursprungsstrecke:</p>  </div> <div style="flex: 2;"> <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 style="flex: 1;">  </div> </div>

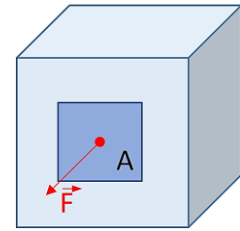
indirekte Proportionalität:	
Hinweis	Je größer die unabhängige Größe x , desto kleiner die abhängige Größe y .
Kennzeichen	Ein doppelter, dreifacher, ..., n -facher x -Wert bewirkt einen halbierten, gedrittelten, ..., $ge-n$ -telten y -Wert.
Numerische Auswertung	Die Werte der Produkte sind konstant: $y \cdot x = \text{konstant}$ (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 von Flüssigkeiten und Gasen

Druck

- In Flüssigkeiten und Gasen herrscht stets ein Druck.
- Der in einer Flüssigkeit oder einem Gas herrschende Druck ist der Quotient aus dem Betrag der Kraft \vec{F} , die infolge des Drucks senkrecht auf eine Fläche wirkt, und des zugehörigen Flächeninhalts A:

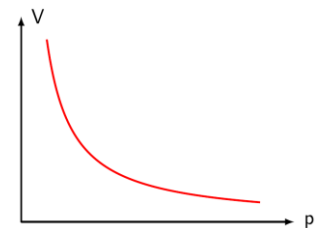
$$p = \frac{F}{A} \quad \text{mit} \quad [p] = 1 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 1 \text{ Pa (Pascal)}$$



Gesetz von Boyle-Mariotte

- Bei konstanter Temperatur ist bei abgeschlossenen Gasen das Volumen V indirekt proportional zum Druck p:

$$p \cdot V = \text{konstant} \quad \text{bzw.} \quad p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$$



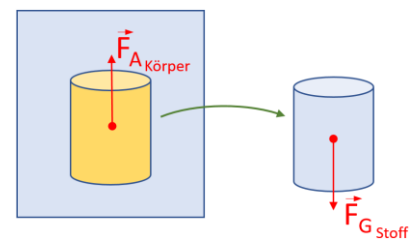
Schweredruck

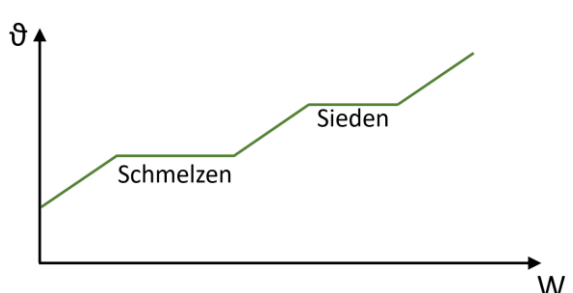
- in Flüssigkeiten:
 - In jeder Flüssigkeit (mit freier Oberfläche) herrscht in einer Tiefe h ein **Schweredruck** p_s .
 - Der Schweredruck entsteht aufgrund der Gewichtskraft der Flüssigkeitssäule über der Fläche A in der Tiefe h.
- in Luft:
 - Den Schweredruck der Luft bezeichnet man als Luftdruck.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

Auftrieb

- In Flüssigkeiten und Gasen wirken auf Körper Auftriebskräfte \vec{F}_A die ihrer Gewichtskraft \vec{F}_G entgegengesetzt gerichtet sind.
- Die Beträge von Auftriebskraft auf einen Körper $F_{A\text{Körper}}$ und Gewichtskraft des von ihm verdrängten Stoffes $F_{G\text{Stoff}}$ sind gleich (Prinzip des Archimedes):

$$F_{A\text{Körper}} = F_{G\text{Stoff}}$$

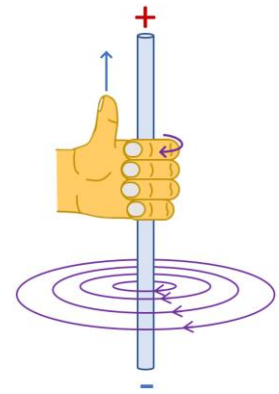


Lernbereich 2: Wärmelehre	
Ideales Gas (Modell)	<ul style="list-style-type: none"> Die Teilchen eines idealen Gases sind kleine Massepunkte ohne Volumen. Die Teilchen üben aufeinander keine Kräfte aus.
Absoluter Nullpunkt	<ul style="list-style-type: none"> Der absolute Nullpunkt der Temperatur beträgt $-273,15\text{ °C}$. Bei dieser Temperatur ist die kinetische Energie der Teilchen (theoretisch) gleich null.
Absolute Temperatur T	<ul style="list-style-type: none"> Für die absolute Temperatur T nach Kelvin gilt: <ul style="list-style-type: none"> $[T] = 1\text{ K}$ (1 Kelvin) $0\text{ K} = -273,15\text{ °C}$ Die Temperaturdifferenzen auf der Kelvin-Skala und auf der Celsius-Skala sind gleich.
Allgemeine Gasgleichung	<ul style="list-style-type: none"> Für ein abgeschlossenes (ideales) Gas gilt: $\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2}$
Erwärmungsgesetz	<ul style="list-style-type: none"> 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.
Änderung des Aggregatzustands (Modell)	<ul style="list-style-type: none"> Führt man einem Körper Wärme zu, dann ändert sich beim Erreichen des Schmelz- bzw. Siedepunktes sein Aggregatzustand. Dabei bleibt die Temperatur bis zur vollständigen Änderung des Aggregatzustands trotz weiterer Wärmezufuhr konstant. Die mittlere kinetische Energie der Teilchen des Körpers ändert sich nicht. Durch die zugeführte Wärme erhöht sich die mittlere potenzielle Energie der Teilchen. <div style="text-align: right;">  </div>

Lernbereich 3: Elektrizitätslehre

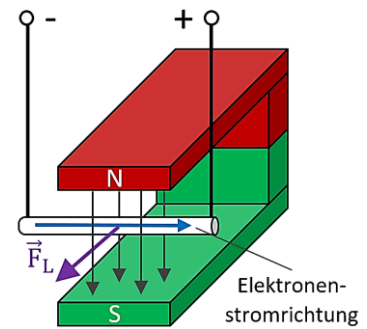
Magnetfeld eines geraden Leiters

- 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.



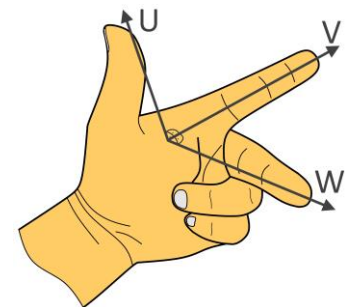
Lorentzkraft

- Auf ein bewegtes Elektron wirkt in einem magnetischen Querfeld eine Lorentzkraft.
- Der Betrag der Lorentzkraft hängt ab:
 - von der Geschwindigkeit des Elektrons
 - von der Stärke des Magnetfelds
- Ein stromdurchflossener Leiter erfährt in einem Magnetfeld eine Kraft (→ Lorentzkräfte auf die bewegten Elektronen), deren Richtung senkrecht zur Elektronenstromrichtung und senkrecht zur Magnetfeldrichtung ist.



UVW-Regel

- Mit der UVW-Regel der linken Hand kann z. B. die Richtung der Lorentzkraft bestimmt werden:
 - Der Daumen zeigt in die Richtung der Elektronenbewegung (Ursache U).
 - Der Zeigefinger zeigt in die Richtung des Magnetfeldes (Vermittlung V).
 - Der Mittelfinger gibt die Richtung der Lorentzkraft an (Wirkung W).



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.

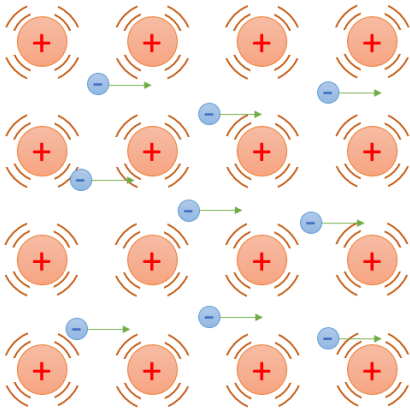
Elektromotor

- Ein Elektromotor für Gleichstrom besteht z. B. aus einer drehbar gelagerten Spule (Rotor) in einem äußeren Magneten (Stator) und einem Kommutator (Polwender).
- Der Elektromotor wandelt elektrische in mechanische Energie um.

Elektrische Leistung P_{el}

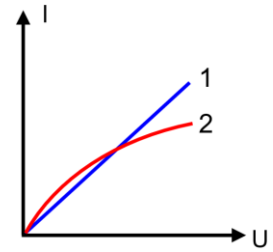
- Die Leistung P_{el} eines elektrischen Energiewandlers ist der Quotient aus umgewandelter elektrischer Energie E_{el} und dafür benötigter Zeit t:

$$P_{el} = \frac{E_{el}}{t} \quad \text{mit} \quad [P_{el}] = 1 \frac{J}{s} = 1 \text{ W (Watt)}$$

<p>Elektrische Energie E_{el}</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Gebräuchliche Einheiten: $[E_{el}] = 1 \text{ J}$ bzw. $[E_{el}] = 1 \text{ kWh}$ • Umrechnung: $1,0 \text{ kWh} = 3,6 \text{ MJ}$
<p>Elektrische Spannung U</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Die in einem Stromkreis verrichtete elektrische Arbeit W_{el} pro Ladung Q bezeichnet man als elektrische Spannung U: $U = \frac{W_{el}}{Q} \quad \text{mit} \quad [U] = 1 \frac{\text{J}}{\text{C}} = 1 \text{ V (Volt)}$ • Durch Umformen erhält man: $U = \frac{P_{el}}{I} \quad \text{mit} \quad [U] = 1 \frac{\text{W}}{\text{A}} = 1 \text{ V (Volt)}$ • Die Spannung ist ein Maß dafür, wie stark die Ladungsträger (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: $R = \frac{U}{I} \quad \text{mit} \quad [R] = 1 \frac{\text{V}}{\text{A}} = 1 \Omega \text{ (Ohm)}$ • 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)



Widerstands-gesetz

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

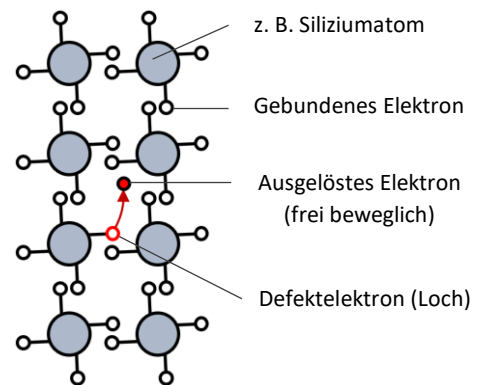
$$R = \rho \cdot \frac{\ell}{A} \quad \text{mit} \quad [\rho] = 1 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$$

- Der spezifische Widerstand ist temperaturabhängig.

Halbleiter und Eigenleitung

- Silizium und andere Elemente der IV. Hauptgruppe des Periodensystems bezeichnet man als Halbleiter.
- Bei niedrigen Temperaturen sind alle Elektronen eines Halbleiterkristalls gebunden.
- Bei Energiezufuhr lösen sich einzelne Elektronen aus den Bindungen und hinterlassen im Kristall ein Defektelektron (\rightarrow Paarbildung).
- Ausgelöste Elektronen und Defektelektronen (Löcher) steigern die Leitfähigkeit des Kristalls (\rightarrow Eigenleitung).

Halbleiterkristall nach Energiezufuhr



Dotierung

- Dotiert man Halbleiterkristalle mit Atomen eines Elements der V. Hauptgruppe (z. B. Arsen), so ist das fünfte Außenelektron des eingebauten Fremdatoms nahezu frei beweglich (n-Dotierung) und vergrößert die Leitfähigkeit des Kristalls.
- Dotiert man den Halbleiterkristall hingegen mit Atomen eines Elements der III. Hauptgruppe (z. B. Indium), so wird im Kristall ein zusätzliches Defektelektron (Loch) geschaffen (p-Dotierung), was die Leitfähigkeit des Kristalls ebenfalls steigert.

Halbleiterdiode

- Fügt man einen n-dotierten und einen p-dotierten Halbleiter zusammen, so erhält man eine Halbleiterdiode.
- Wird der Minuspol der E-Quelle mit dem n-dotierten Bereich verbunden, so fließt Strom durch die Diode (\rightarrow Durchlassrichtung), im anderen Fall verhindert sie den Stromfluss (\rightarrow Sperrrichtung).
- Anwendung: Gleichrichter

