

**Zeitschrift:** Schatzkästlein : Pestalozzi-Kalender  
**Herausgeber:** Pro Juventute  
**Band:** - (1993)  
  
**Rubrik:** Physik

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

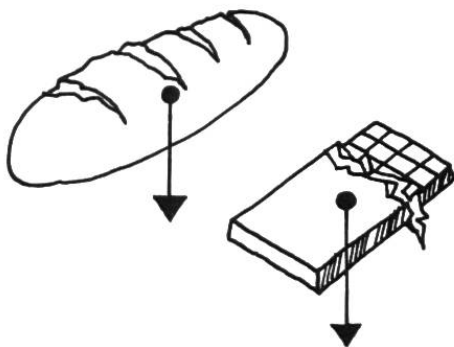
### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 30.12.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# PHYSIK



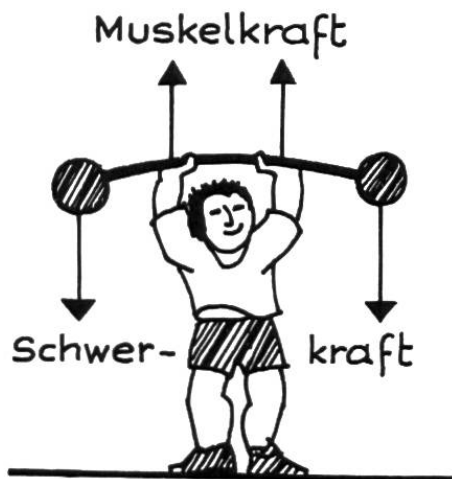
## Masse

Unter der Masse verstehen wir die Stoffmenge, das Material an sich.

Masseinheit ist das Kilogramm (kg). Weiter werden die Tonne (t) und das Gramm (g) verwendet.

$$1 \text{ kg} = 1000 \text{ g}$$

$$1 \text{ t} = 1000 \text{ kg} = 1\,000\,000 \text{ g}$$



## Die Gewichtskraft

Das Gewicht des Körpers ist die Kraft, mit welcher der Körper (wegen der Erdanziehung) auf seine horizontale Unterlage drückt oder an seiner Aufhängevorrichtung zieht und sie dadurch verformt.

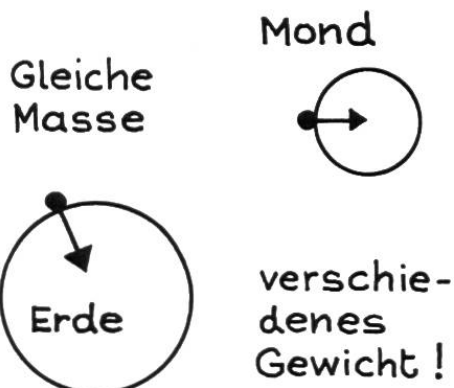
### Gewicht und Kraft:

Jede in beliebiger Richtung wirkende Kraft kann mit einer Gewichtskraft verglichen und daher mit dem gleichen Mass ausgedrückt werden.

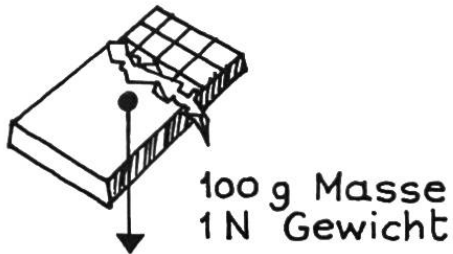
Die für Gewicht und Kraft neu geltende Einheit ist das **Newton** (1 N).

### Gewicht und Masse:

Die Masse eines Körpers, z. B. eine Portion eines Nahrungsmittels, ist überall gleich. Ihr Gewicht aber hängt vom Ort ab:



	Masse	Gewicht	
Bei uns	1 kg	1 kp	= 9,81 N
Erdpol	1 kg	1,003 kp	= 9,84 N
Äquator	1 kg	0,997 kp	= 9,78 N
Mondboden	1 kg	0,167 kp	= 1,64 N



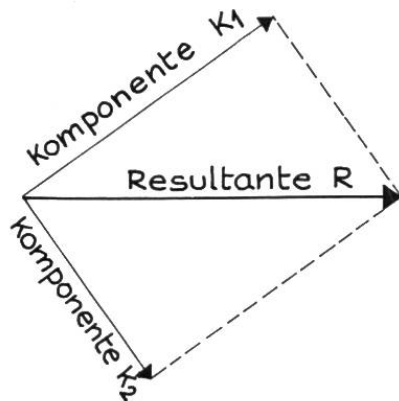
## Beziehung zwischen Gewicht und Masse

1 kg Masse hat bei uns ein Gewicht von 9,81 N. Normalerweise genügt es, wenn wir mit 10 N rechnen.

$$1 \text{ kg} \hat{=} 9,81 \text{ N} \sim 10 \text{ N}$$

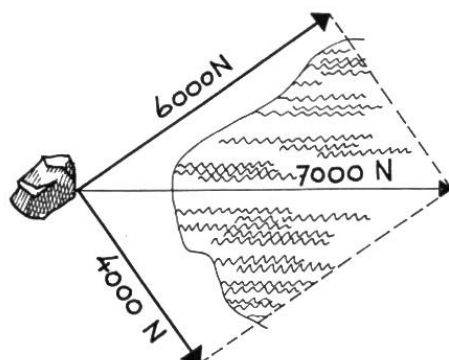
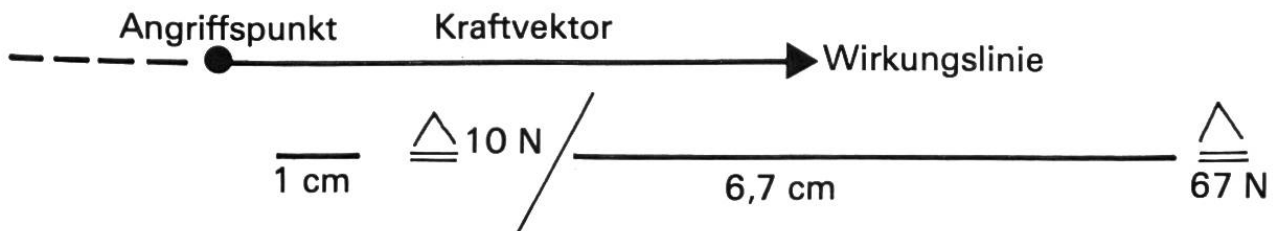
$$1 \text{ N} \hat{=} 0,102 \text{ kg} \sim 0,1 \text{ kg}$$

Im bürgerlichen Leben wird Gewicht anstelle von Masse gleichbedeutend angewendet. Darum merken wir uns eben die Umrechnung vom altvertrauten Kilogramm in Newton.



## Kraftpfeile (Vektoren) – Addition von Kräften

Eine Kraft hat nicht nur einen Betrag, sondern auch eine Richtung. Die Kraft ist ein **Vektor** und wird durch einen Pfeil dargestellt, dessen Anfang den Angriffspunkt zeigt und dessen Länge proportional zum Betrag der Kraft gezeichnet wird. Die Gerade durch den Pfeil in Kraftrichtung heisst Wirkungslinie.



Mit Hilfe eines **Kräfteparallelogramms** kann man Kräfte zeichnerisch **addieren**. Die Summanden nennt man Komponenten, das Ergebnis wird durch die **Resultante** dargestellt.

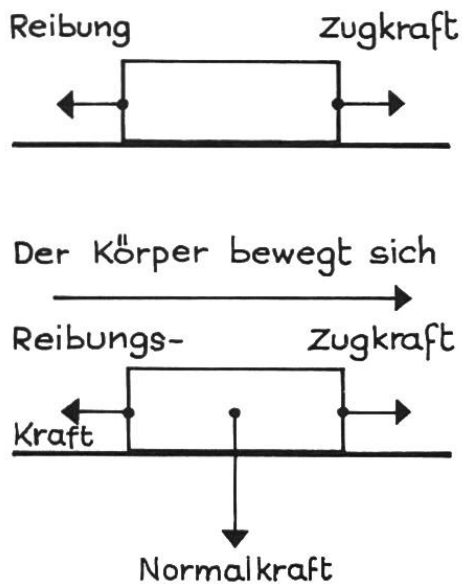
Komponente  $K_1$       Resultante R

Komponente  $K_2$

Mit Hilfe eines Kräfteparallelogramms kann man auch Kräfte **zerlegen**.

Der Fels F sollte mit der Kraft 7000 N seewärts befördert werden. Im See kann man nicht ziehen, also erledigt man die Arbeit mit den beiden Teilkraften von 6000 N & 4000 N in den angegebenen Richtungen.

6000 N      7000 N  
4000 N      See      F



## Die Reibung

Die Reibung wirkt immer der Bewegung entgegen.

Wir unterscheiden **Haftreibung**, **Gleitreibung** und **Rollreibung**.

Die Haftreibung ist grösser als die Gleitreibung, die Rollreibung ist sehr klein.

Die Grösse der Reibung wird ausgedrückt durch die Reibungszahl  $\mu$ :

$$\frac{\text{Reibungskraft}}{\text{Normalkraft}} = \text{Reibungszahl } \mu$$

## Beispiele für Reibungszahlen (Näherungen)

	Haftreibung	Gleitreibung
Stahl–Stahl	0,3	0,2
Stahl–Eis	0,03	0,02
Holz–Holz	0,4	0,25
Gummi–Asphalt	0,8	0,5
Bremsbelag–Stahl	–	0,3

## Rollreibung

Eisenreifen auf Schienen	0,002
Gummireifen auf Asphalt	0,035

## Der Hebel

Der Hebel besteht aus Drehpunkt, Lastarm und Kraftarm.

Liegen Last- und Kraftarm auf der gleichen Seite des Drehpunktes, liegt ein einseitiger Hebel vor, andernfalls ein zweiseitiger.

AK: Ansatzpunkt der Kraft

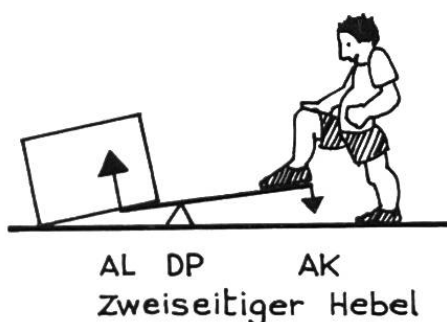
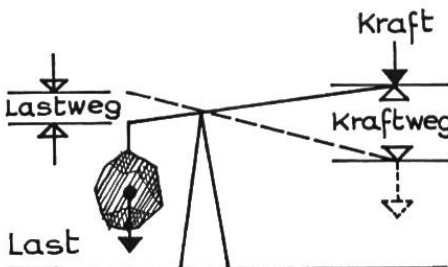
AL: Ansatzpunkt der Last

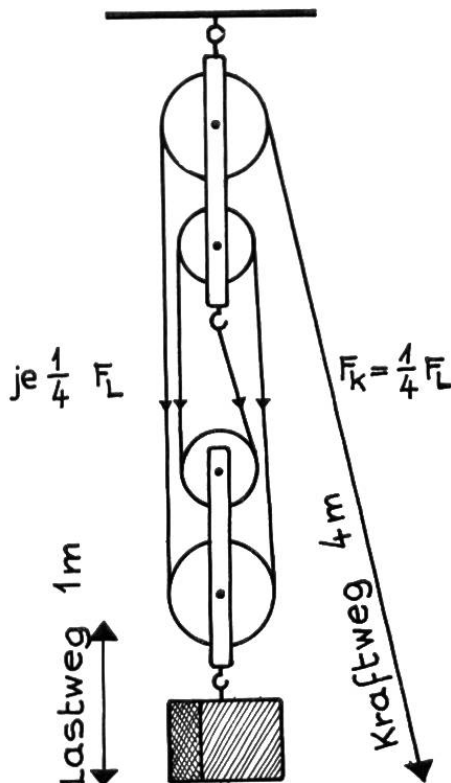
Es gilt folgendes Gesetz:

$$\text{Kraft} \times \text{Kraftweg} = \text{Last} \times \text{Lastweg}$$

Wendet man den Strahlensatz aus der Geometrie auf dieses Gesetz an, erkennt man, dass man auch sagen kann:

$$\text{Kraft} \times \text{Kraftarm} = \text{Last} \times \text{Lastarm}$$





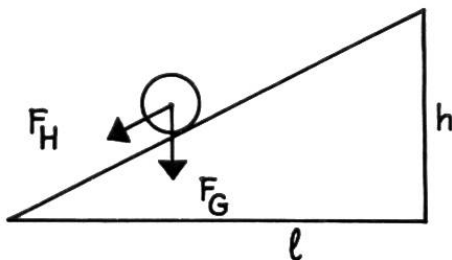
## Der Flaschenzug

An einem Flaschenzug mit  $n$  tragenden Seilen gilt:

$$F_k = \frac{1}{n} \cdot F_L$$

Bei dieser Formel ist die Reibung nicht berücksichtigt, sie gilt deshalb in der Praxis nicht.

Der Kraftweg ist aber immer  $n$  mal grösser als der Lastweg.

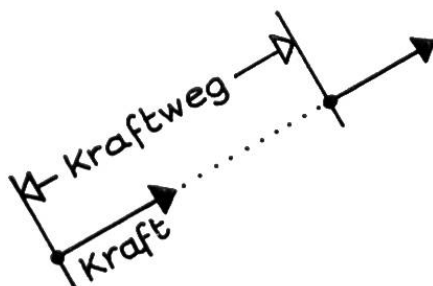


## Die Schiefe Ebene

Steilheit:  $\frac{\text{Höhe}}{\text{Länge}}$

Die Hangabtriebskraft berechnet man aus Gewicht und Steilheit:

$$F_H = F_G \cdot \frac{h}{l}$$



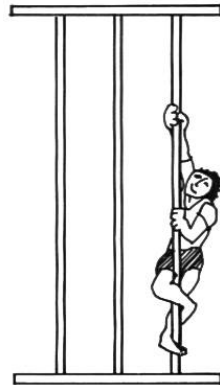
## Die Arbeit

Die Arbeit berechnet man als Produkt aus Kraft und Länge:

Wenn (z. B. bei einem Hebel) eine Kraft von 5 N längs eines Weges von 2 m wirkt, wird eine Arbeit von 10 Nm geleistet. Statt Nm kann man auch J (Joule), sprich «Dschul», oder Ws (Wattsekunde) sagen.

$$1 \text{ Nm} = 1 \text{ J} = 1 \text{ Ws}$$

In der Wärmelehre verwendet man mit Vorliebe das Joule, in der Elektrizitätslehre die Wattsekunde.



## Die Leistung

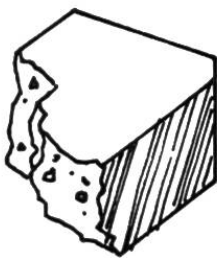
Ein Schüler, der zweimal die Kletterstange hochklettert, einmal schnell und einmal langsam, leistet in beiden Fällen die gleiche Arbeit. Doch die Leistung ist verschieden:

$$\text{Leistung} = \frac{\text{Arbeit}}{\text{Zeit}}$$

Masseinheiten:

$$1 \frac{\text{Nm}}{\text{s}} = 1 \frac{\text{J}}{\text{s}} = 1 \text{ W}$$

$$1 \text{ kW} = 1000 \text{ W}$$



50 g

Styropor

Blei



50 g

## Die Dichte

Die Dichte sagt aus, wie gross die Masse eines bestimmten Volumens eines Materials ist:

$$\text{Dichte} = \frac{\text{Masse}}{\text{Volumen}}$$

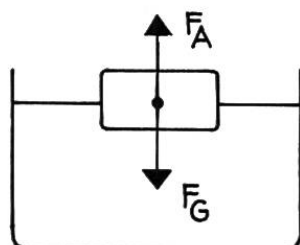
Masseinheiten: Die Dichte wird in  $\text{g/cm}^3$  oder in  $\text{kg/dm}^3$  angegeben.

$$1 \text{ g/cm}^3 = 1 \text{ kg/dm}^3$$

Beispiele:

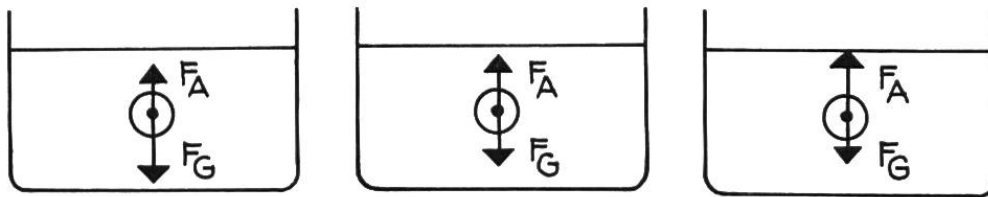
Gold	19,3	Glas	2,5
Blei	11,3	Beton	ca. 2
Kupfer	8,9	Holz	0,5–0,9
Messing	8,5	Kork	0,2
Stahl	7,9	Styropor	0,03–0,04
Quecksilber	13,6	Wasser (rein)	1
Meerwasser	1,03	Spiritus	0,8

Das spezifische Gewicht wird heute nicht mehr gern verwendet, weil es ortsabhängig ist.



## Der Auftrieb

Jeder Körper, der sich in einer Flüssigkeit befindet, wird um soviel leichter, wie das Gewicht der Flüssigkeit, die er verdrängt, ausmacht.

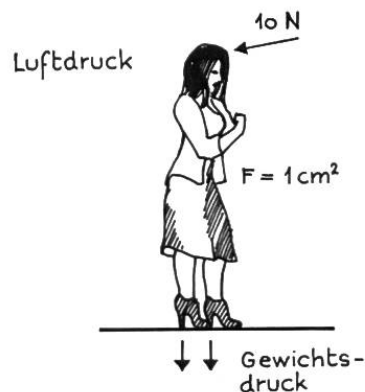


$F_A < F_G$  sinken

$F_A = F_G$  Schweben

$F_A > F_G$  steigen

Beim U-Boot können alle drei Fälle eintreten, je nachdem, ob es mehr oder weniger Luft enthält. (Die Luft zum Auftauchen wird in komprimierter [zusammengepresster] Form mitgeführt.)



## Der Luftdruck

Auch Luft hat eine Masse und damit ein Gewicht:

Luft hat eine Dichte von  $0,00129 \text{ g/cm}^3$ , d.h. ein Kubikmeter Luft hat bereits eine Masse von  $1,29 \text{ kg}$  und damit ein Gewicht von  $12,9 \text{ N}$ !

Der Druck sagt aus, welche Kraft auf eine bestimmte Fläche wirkt:

$$\text{Druck} = \frac{\text{Kraft}}{\text{Fläche}}$$

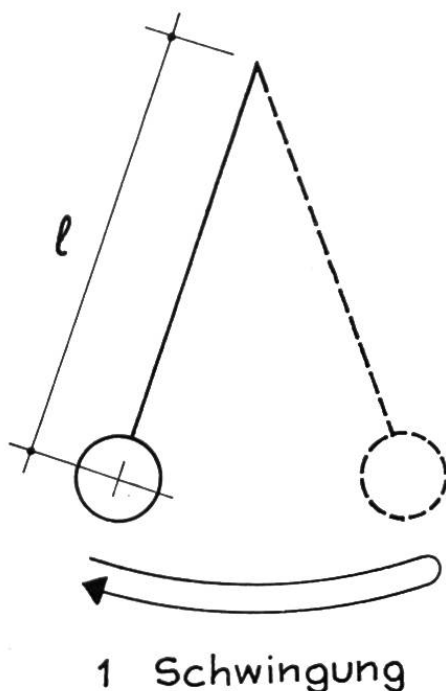
Masseinheiten:

$$1 \text{ bar} = 100\,000 \text{ Pa (Pascal)}$$

$$= 100\,000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

Normalerweise herrscht bei uns ein Luftdruck von  $1 \text{ bar}$ .

(Der Luftdruck ist abhängig von Temperatur und Wetterlage.)



## Das Pendel

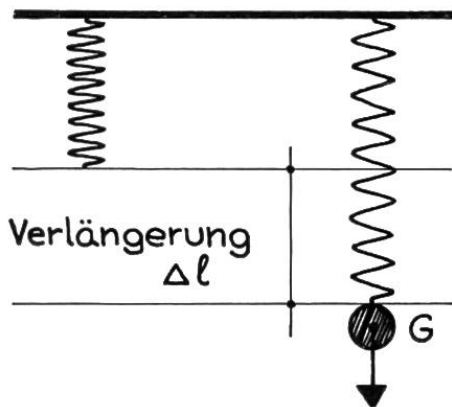
Eine Schwingung ist definiert als eine Hin- und Herbewegung. Die Zeit, die das Pendel für eine Schwingung braucht, nennt man Schwingungsdauer  $T$ .

Pendellänge und die Schwingungsdauer stehen in folgendem Zusammenhang:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

$$l \text{ in cm, } g = 981 \frac{\text{cm}}{\text{s}^2}$$

$$l = \frac{gT^2}{4\pi^2}$$

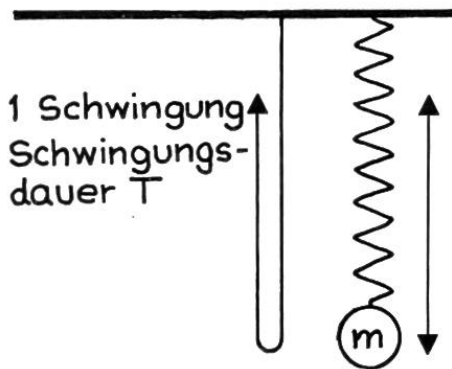


## Die Federkonstante

Die Federkonstante gibt an, wieviel Kraft nötig ist, um eine bestimmte Federverlängerung zu erreichen.

Masseinheit: N/m

$$D = \frac{G}{\Delta l}$$



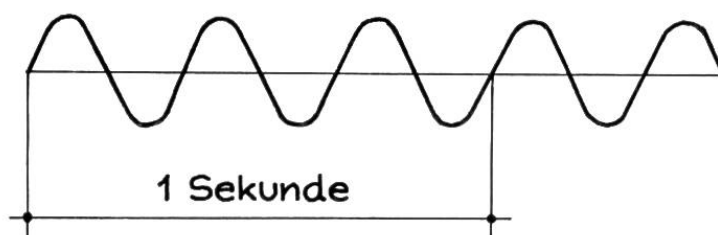
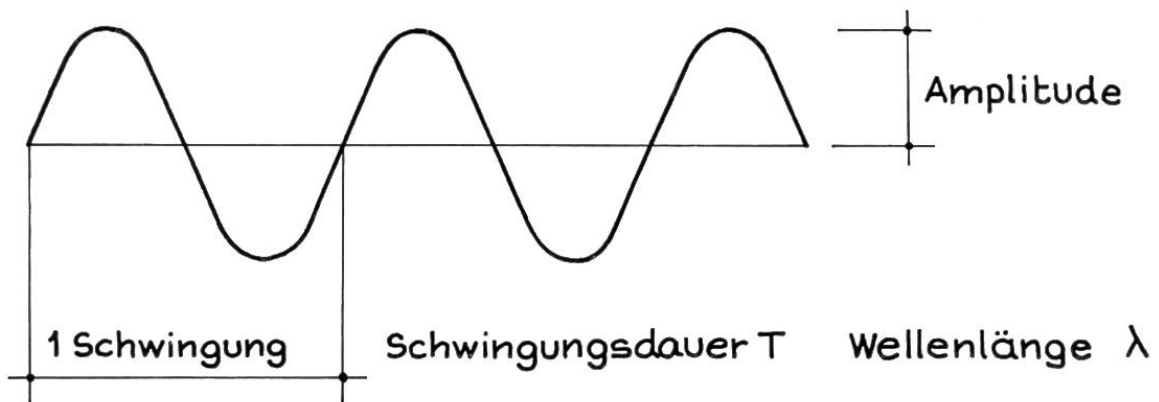
## Das Federpendel

Ist die Federkonstante D bekannt, kann die Masse des schwingenden Körpers aus der Schwingungsdauer T errechnet werden:

$$m = \frac{DT^2}{4\pi^2}$$

## Akustik

Akustik ist die Lehre vom Schall. Schall entsteht durch schwingende Körper.



Frequenz  $f$ : Anzahl Schwingungen/s  
Masseinheit: Hertz (Hz)  $1 \text{ Hz} = \frac{1}{\text{s}}$



Beziehungen:

$$f = 1/T$$

$$T = 1/f$$

$$\lambda = \frac{\text{Ausbreitungsgeschwindigkeit}}{\text{Frequenz}}$$

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

Die Amplitude bestimmt die Lautstärke eines Tones, die Frequenz die Tonhöhe.

Einer Verdoppelung der Frequenz entspricht eine Oktave.

Kammerton a': 440 Hz

## Schallgeschwindigkeit:

Luft	340 m/s	Eisen	5800 m/s
Wasser	1480 m/s	Holz	5500 m/s

## Resonanz:

Jeder Körper schwingt mit einer bestimmten Frequenz, wenn keine andere Frequenz erzwungen wird. Diese Frequenz heisst **Eigenfrequenz**.

Zwischen zwei Körpern, die die gleiche Eigenfrequenz haben, besteht **Resonanz**.

Beispiele: Ein Glas kann zerspringen, wenn ein lauter Ton mit der Eigenfrequenz des Glases auftritt.

Brücken können einstürzen, wenn sie im Taktschritt überquert werden.

## Wärmelehre

### Temperatur

K	
↑ 373,15 K	↑ + 100 °C
293,15 K	+ 20 °C
273,15 K	0 °C
0 K	− 273,15 °C

Lord Kelvin 1824–1907

Die Temperatur von −273 °C kann nicht unterschritten werden. Sie heisst absoluter Nullpunkt.

Man hat diese Temperatur deswegen zum Nullpunkt der neuen Temperaturskala gemacht:

Temperatur in K (Kelvin) = Temperatur in °C + 273.

### Thermische Ausdehnung

Feste und flüssige Stoffe dehnen sich bei Erwärmung aus und ziehen sich bei Abkühlung wieder zusammen. Auf diesem Prinzip beruhen unsere Thermometer; das ist der Grund dafür, dass Brücken auf Rollen gelagert sind, dass elektrische Freileitungen durchhängen müssen usw.

Hier einige Ausdehnungskoeffizienten:

Eisen	0,000013 1/K
Aluminium	0,000024 1/K
Glas	0,000009 1/K
Wasser*	0,00018 1/K
Alkohol	0,0011 1/K
Petrol	0,00096 1/K

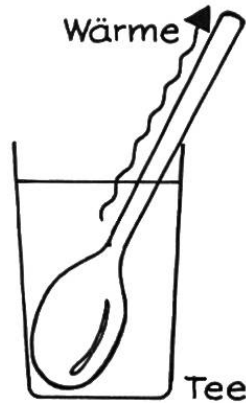
\*Achtung: Wasser verhält sich im Bereich von 0 °C bis etwa 20 °C nicht normal. Sein Volumen ist bei 4 °C am kleinsten.

Beispiel:

Eine 13 m lange Eisenstange verlängert sich bei einer Erwärmung um 40 K um  $13 \text{ m} \times 40 \text{ K} \times 0,000013 \text{ 1/K} = 0,00676 \text{ m} = 6,76 \text{ mm}$ .

Gase dehnen sich bei Erwärmung ebenfalls aus, aber nach andern Gesetzmässigkeiten: Im Idealfall nimmt das Volumen eines Gases pro Grad Temperaturerhöhung um  $1/273$  seines sogenannten Normalvolumens zu. Unter dem Normalvolumen versteht man das Volumen, das das Gas bei 0 °C einnimmt.

Praktisch heisst das für uns: Alle Gase dehnen sich bei Temperaturerhöhungen gleichartig aus. Es wäre also wenig sinnvoll, in einem Tabellenwerk nach den Ausdehnungskoeffizienten von Gasen zu suchen.



## Wärmeausbreitung

### Wärmeleitung

Alle Materialien leiten die Wärme mehr oder weniger gut.

Metalle sind gute Wärmeleiter, Glas, Stein, Luft sind schlechte Wärmeleiter (gute Isolatoren).

Die **Wärmeleitfähigkeit** gibt an, wieviele kJ in einer Stunde bei einer bestimmten Temperaturdifferenz durch eine bestimmte Länge eines Stoffes fließen.

Die Masseinheit der Wärmeleitfähigkeit beträgt demnach

$$\frac{\text{kJ}}{\text{m} \cdot \text{h} \cdot \text{K}}$$

Hier einige Beispiele:

Aluminium	830	Glaswolle	0,13
Eisen	260	Basalt	5,9
Silber	1500	Sandstein	6,7

Alu ist ein guter Wärmeleiter, Glaswolle ein guter Isolator.

### Wärmemitführung

In der Zentralheizung transportiert das heiße Wasser die Wärme, es führt die Wärme mit.

### Wärmestrahlung

Die Wärme gelangt von der Sonne durch Strahlung zur Erde. Auf die gleiche Weise gelangt die Wärme vom Grill zum Huhn.



## Spezifische Wärme

Die spezifische Wärme sagt aus, wieviel Wärme es braucht, um eine bestimmte Menge eines bestimmten Stoffes um eine bestimmte Temperatur zu erhöhen.

Masseinheit:  $\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$  oder  $\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$

Beispiele in kJ/kg · K

Aluminium	0,896	Silber	0,234
Wasser	4,19	Holz	2,5

## Temperaturmischungen

Wenn wir heißes und kaltes Wasser mischen, gilt folgende Formel:

$$T_m = \frac{(T_w \cdot m_w) + (T_k \cdot m_k)}{m_w + m_k}$$

Dabei bedeuten:

$T_m$ : Mischtemperatur

$T_w$ : Temperatur des warmen Wassers

$T_k$ : Temperatur des kalten Wassers

$m_w$ : Menge warmes Wasser

$m_k$ : Menge kaltes Wasser

## Heizwert

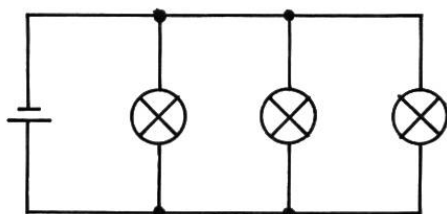
Der Heizwert gibt an, welche Wärmemenge in kJ wir aus einem kg eines Brennstoffes gewinnen können:

Holz, trocken	17 000	Benzin	42 000
Torf, trocken	16 000	Dieselöl	42 000
Braunkohle	19 000	Heizöl	42 000
Steinkohle	30 000	Stadtgas	29 000
Hüttenkoks	29 000	Wasserstoff	13 000

## Elektrizitätslehre

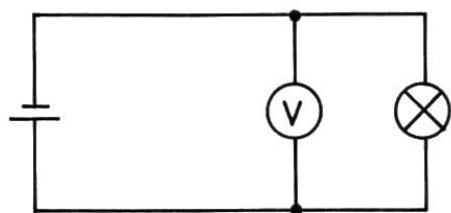
### Parallelschaltung

Die Lampen sind parallel oder nebeneinander geschaltet. Sie liegen alle an der gleichen Spannung.

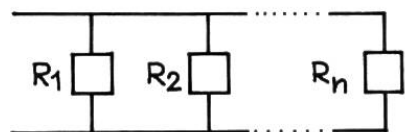


### Spannungsmessungen

Das Voltmeter wird immer parallel zur Spannungsquelle oder zum Verbraucher angeschlossen.



### Parallelschaltung von Widerständen

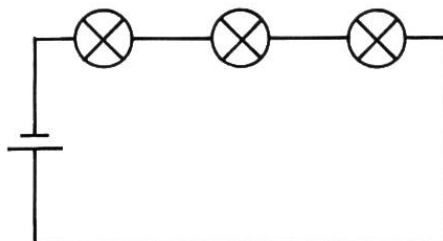


$$\frac{1}{R_{\text{tot}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

Merke: Der Totalwiderstand einer Parallelschaltung ist immer kleiner als der kleinste einzelne Widerstand.

### Serieschaltung

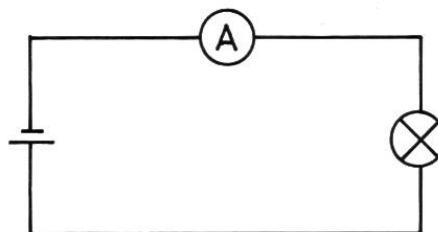
Die Lampen sind in Serie oder hintereinander geschaltet. Sie führen alle den gleichen Strom.



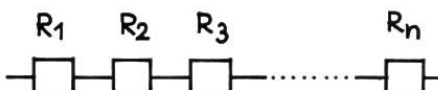
### Strommessungen

Das Amperemeter wird immer in Serie angeschlossen.

Merke: Bevor das Amperemeter angeschlossen werden kann, muss der Stromkreis *aufgetrennt* werden.



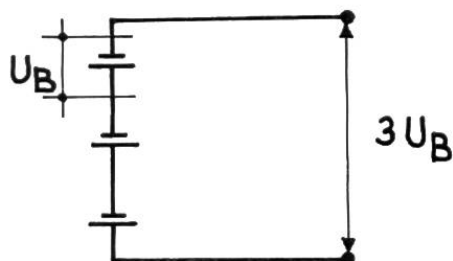
### Serieschaltung von Widerständen



$$R_{\text{tot}} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

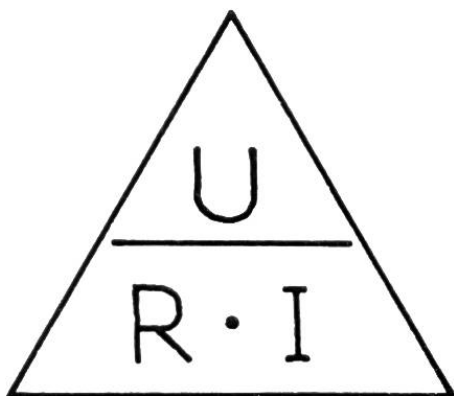
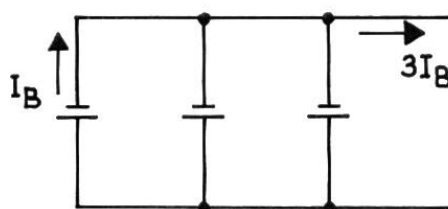
## Serieschaltung von Spannungsquellen

Wir gewinnen Spannung



## Parallelschaltung von Stromquellen

Wir gewinnen Strom



## Das Ohmsche Gesetz

Je grösser in einem Stromkreis die Spannung, desto grösser der Strom (bei gleichem Widerstand).

Je grösser in einem Stromkreis der Widerstand, desto kleiner der Strom (bei gleicher Spannung). Diese beiden Abhängigkeiten fasste Georg Simon Ohm im nach ihm benannten Gesetz zusammen:

$$U = R \cdot I \quad R = U/I \quad I = U/R$$

Deckt man in dieser Darstellung jeweils die gesuchte Grösse ab, ergibt sich die Formel für deren Berechnung.

### Anwendungsmöglichkeiten

- Durch Messen von Spannung und Strom kann der Widerstand eines elektrischen Verbrauchers ermittelt werden. (Der Widerstand einer brennenden Glühlampe zum Beispiel kann mit dem Ohmmeter nicht ermittelt werden.)
- Durch Messen der Spannung an einem bekannten Widerstand kann der Strom durch diesen Widerstand ermittelt werden. (In der Elektronik kommen viele bekannte Widerstände vor; die Widerstände sind alle mit einem speziellen Code bezeichnet.)

Einige Beispiele für Spannung, Strom und Widerstand:

	Spannung in V	Strom in A	Wid. in $\Omega$
Taschenlampenbirne	3,8	0,3	12,7
Glühbirne 100 W	220	0,45	489
Autogluhlbirne 50 W	12	4,2	2,9
Rasierapparat	220	0,045	

## Die elektrische Leistung

Die elektrische Leistung errechnet sich als Produkt aus Spannung und Stromstärke. Masseinheit ist das Watt (W) und das Kilowatt (kW).

Leistung (el.) = Spannung mal Strom  $P = U \cdot I$

Beispiele:

Taschenlampenbirne 4,5 V, 0,3 A. Leistung: 1,35 W

Taschenradio 9 V, 0,09 A. Leistung: 0,81 W

Da Spannung und Strom auch mit dem Widerstand in Beziehung stehen, liegt es auf der Hand, dass zwischen dem Ohmschen Gesetz und der Leistungsberechnung auch ein Zusammenhang bestehen muss.

Die folgende Tabelle zeigt uns alle Zusammenhänge:

Gesuchte Grösse

U Spannung (V)	I Strom (A)	R Widerstand ( $\Omega$ )	P Leistung (W)
$U = \frac{P}{I}$	$I = \frac{P}{U}$	$R = \frac{U}{I}$	$P = U \cdot I$
$U = R \cdot I$	$I = \frac{U}{R}$	$R = \frac{U^2}{P}$	$P = \frac{U^2}{R}$
$U = \sqrt{R \cdot P}$	$I = \sqrt{\frac{P}{R}}$	$R = \frac{P}{I^2}$	$P = R \cdot I^2$

## Die elektrische Arbeit

Was wir mit der Stromrechnung bezahlen müssen, ist nicht die elektrische Leistung, sondern die elektrische Arbeit. Auch ein Stromenergieverbraucher mit grosser Leistung kostet nämlich wenig, wenn er nur kurz in Betrieb ist. Die Zeit spielt eine Rolle.

Elektrische Arbeit =

Elektrische Leistung  $\times$  Zeit =  
Spannung  $\times$  Strom  $\times$  Zeit

Masseinheit ist die Wattsekunde oder die Kilowattstunde.

1 kWh = 3 600 000 Ws

1 Ws = 0,000 000 3 kWh (ungenauer Wert, auf Taschenrechner bezogen)

Beispiele:

1. Eine Lampe mit einer Leistung von 100 W brennt während 8 Stunden. Sie konsumiert dabei eine elektrische Energie von 0,8 kWh.
2. Eine Geschirrwaschmaschine braucht 2,4 kW während 45 Min. Sie verbraucht eine Energie von 1,8 kWh.
3. Eine Taschenlampenbatterie liefert einen Strom von 0,3 A während 7 Stunden. Sie liefert somit eine Energie von 0,009 kWh oder von 34 020 Ws.  
 $4,5 \text{ V} \cdot 0,3 \text{ A} \cdot 7 \text{ h} = 9,45 \text{ Wh} = 0,009 \text{ kWh}$

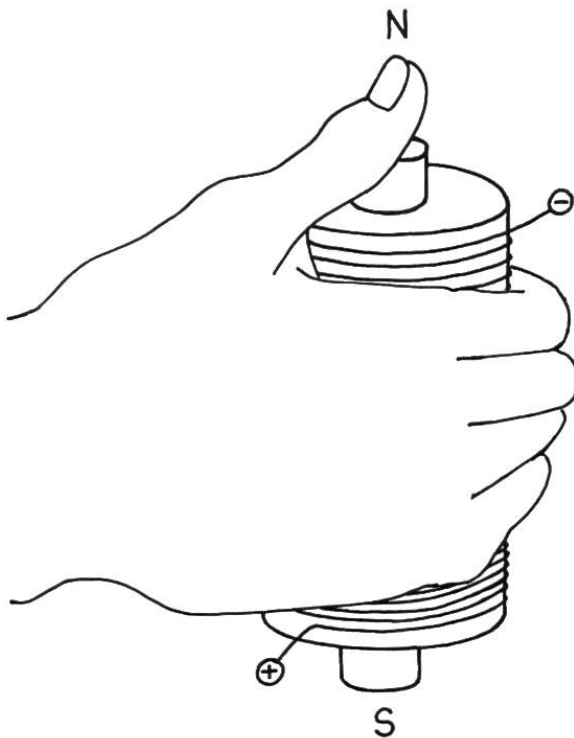
## Der spezifische Widerstand

Nicht alle Stoffe sind gute Leiter. Der Widerstand eines Drahtes hängt ab von seiner Länge, seinem Querschnitt und dem Material, aus dem er gefertigt ist.

Masseinheit für den spezifischen Widerstand  $\rho$  ist  $\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$

Hier einige Beispiele:

Aluminium	0,028	Glas bis $10^{16}$
Kupfer	0,017	Holz $10^9$ bis $10^{13}$
Silber	0,016	Hartgummi bis $10^{15}$
Eisen	0,1	(Gute Isolatoren)
Konstantan	0,5	
Quecksilber	0,94	
(Gute Leiter)		



## Der Elektromagnet

Eine von Strom durchflossene Spule bildet ein Magnetfeld. Steckt in der Spule ein Eisenkern, wird das Magnetfeld verstärkt, und wir sprechen von einem Elektromagneten.

Die Rechte-Hand-Regel:

Legen wir die rechte Hand so um einen Elektromagneten, dass die Finger in der Stromrichtung von Plus nach Minus zeigen, dann gibt der Daumen den Nordpol des Magneten an.

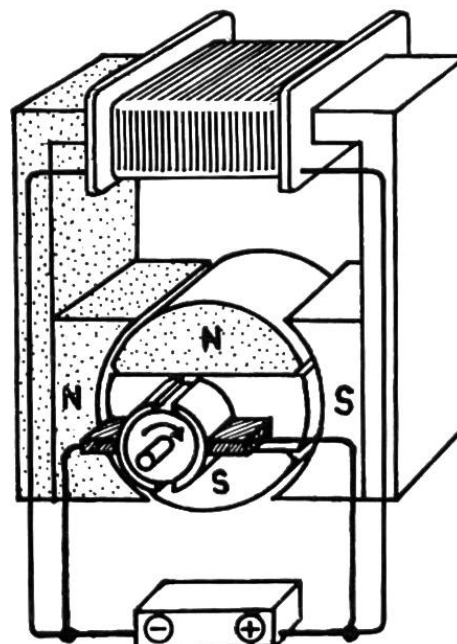
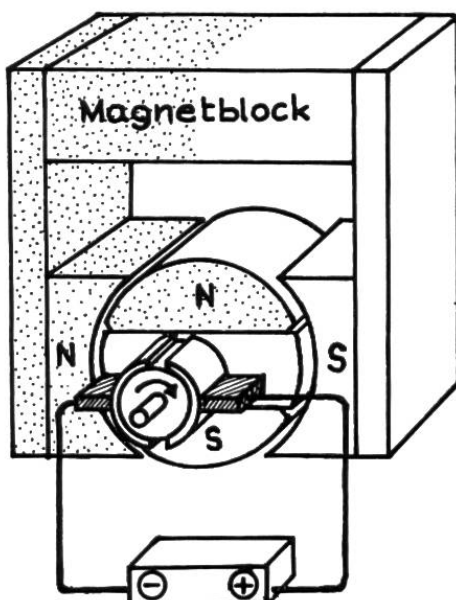
Anmerkung: Früher nahm man an, dass der Strom von Plus nach Minus fliesse, deshalb diese Regel.

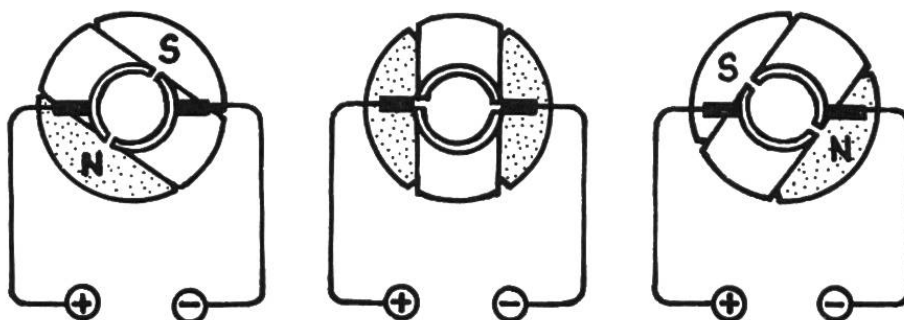
## Der Elektromotor

Im Elektromotor wird die magnetische Wirkung des elektrischen Stromes ausgenutzt.

Der Elektromotor steuert sich selber mittels des Kommutators, auch Kollektor genannt.

Die meisten Elektromotoren verwenden keine Permanentmagneten, sondern erzeugen das Magnetfeld mit einem Elektromagneten.



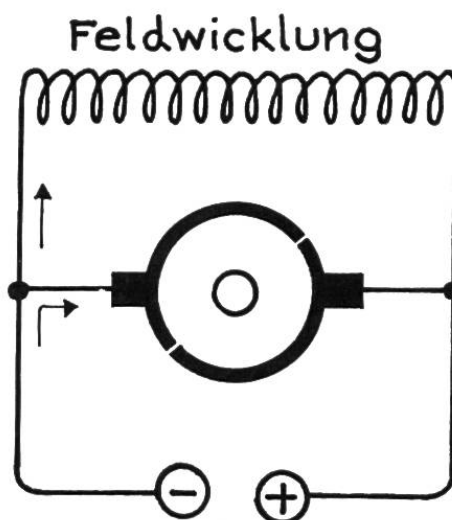
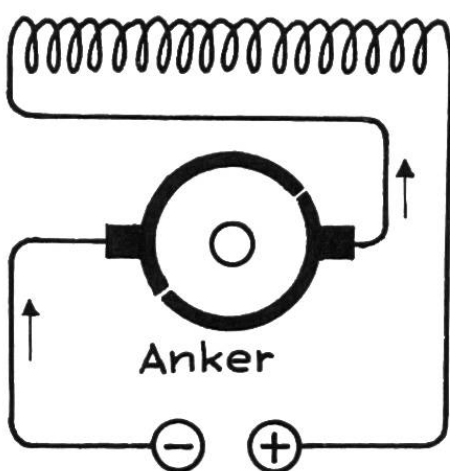


### Der Hauptschlussmotor

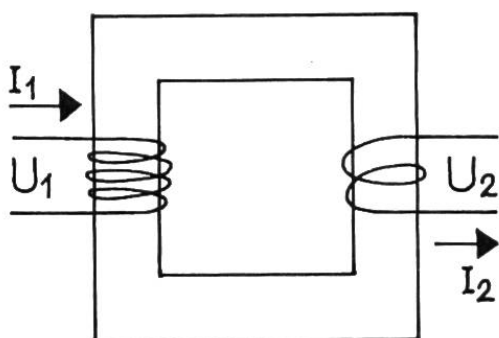
Ankerwicklung und Feldwicklung werden in Serie geschaltet.

### Der Nebenschlussmotor

Ankerwicklung und Feldwicklung werden parallel geschaltet.



Primärspule    Sekundärspule



Windungs-  
zahl  $n_1$

Windungs-  
zahl  $n_2$

### Der Transformator

Der Transformator ist ein Spannungswandler. Er kann keine Gleichspannungen wandeln. Die Spannungen verhalten sich wie die Windungszahlen. Die Ströme verhalten sich umgekehrt zu den Windungszahlen:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2} \quad \frac{I_1}{I_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

Diese Formeln stimmen in der Praxis nicht, da Transformatoren nicht verlustfrei arbeiten.

## Die Hochspannungsleitung

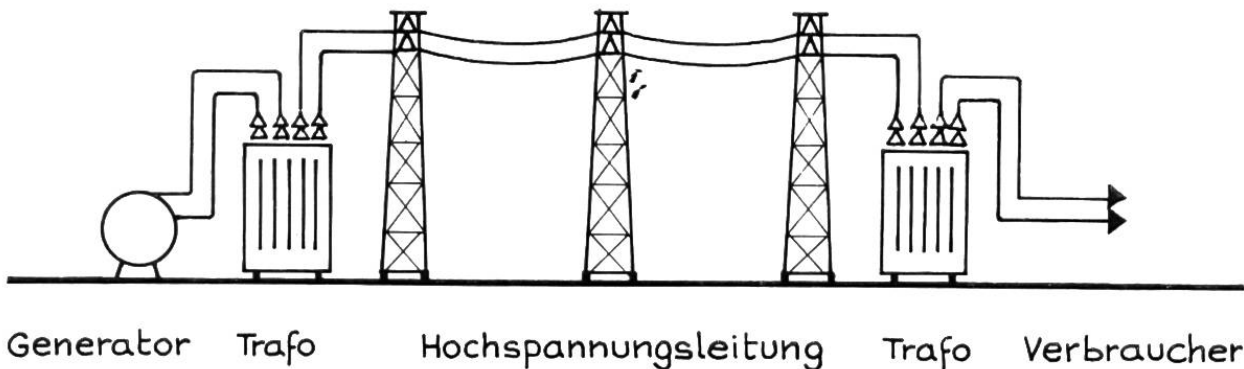
Bei den hohen Spannungen von 220 000 Volt und mehr fliessen relativ kleine Ströme, man kann deshalb die Leitungen dünn halten.

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2} \quad \frac{I_1}{I_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

„kleine“ Spannung  
grosser Strom

grosse Spannung  
„kleiner“ Strom

„kleine“ Spannung  
grosser Strom

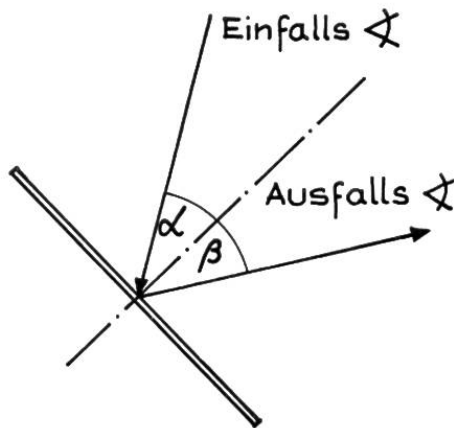


## Optik

### Reflexionsgesetz

Auf einen Spiegel auftreffende Lichtstrahlen werden im gleichen Winkel zurückgeworfen, wie sie einfallen:

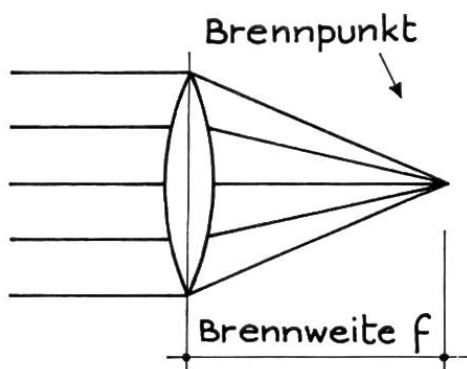
$$\alpha = \beta$$



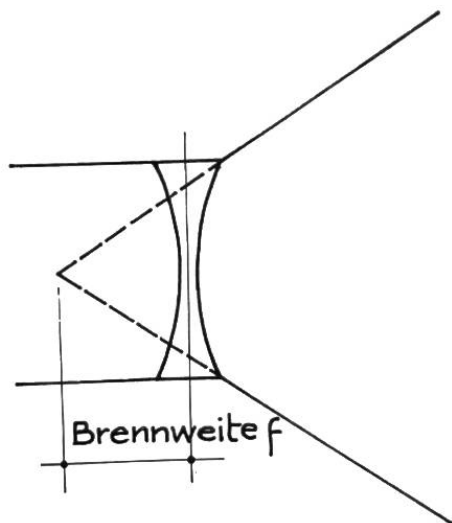
### Sammellinse

Sammellinsen sammeln auffallendes Licht. Parallel einfallende Lichtstrahlen werden im **Brennpunkt** gebündelt.

Der Abstand zwischen Linsenebene und Brennpunkt heisst **Brennweite**.







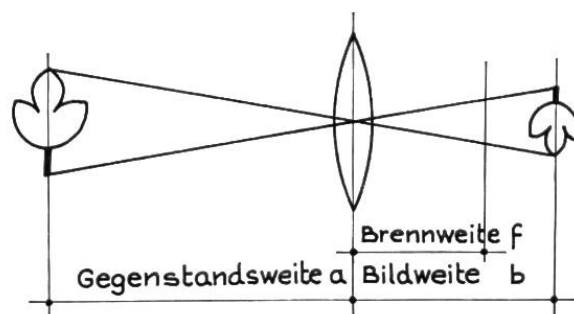
## Zerstreuungslinsen

Zerstreuungslinsen zerstreuen das einfallende Licht.

Die Brillengläser aller kurzsichtigen Leute sind Zerstreuungslinsen.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b} \quad (\text{Linsengleichung})$$

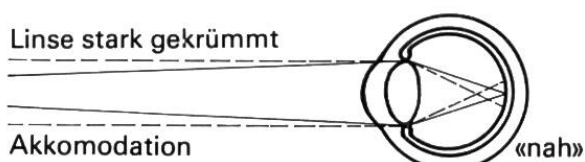
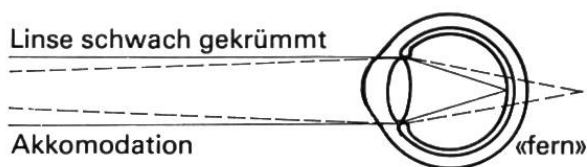
## Das Abbildungsgesetz



## Der Abbildungsmassstab

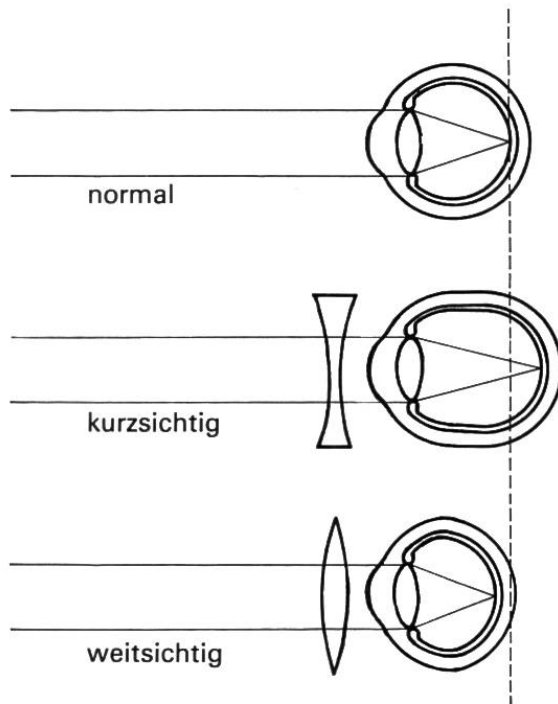
Unter dem Abbildungsmassstab versteht man das Verhältnis von Gegenstandsgrösse zu Bildgrösse:

$$A = \frac{a}{b}$$



## Das Auge

Wir können die Krümmung unserer Augenlinse verändern und deshalb unser Auge auf nahe und ferne Gegenstände einstellen: wir akkomodieren.

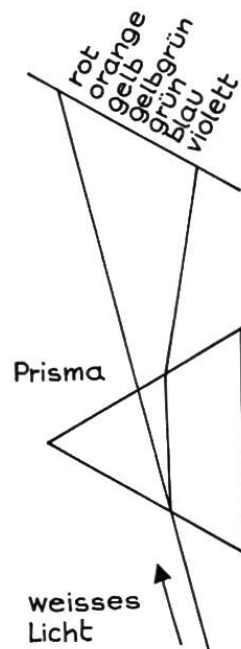


## Die Brille

Fehlsichtige Augen können mit zusätzlichen Linsen korrigiert werden.

Kurzsichtige Augen brauchen Zerstreuungslinsen.

Weitsichtige Augen brauchen Sammellinsen.



## Das Spektrum

Weisses Licht kann, z. B. durch ein Prisma, in die Spektralfarben aufgeteilt werden.

Das Spektrum lässt sich durch ein zweites Prisma wieder zu weissem Licht vereinigen.

Alle Farben sind entweder reine Spektralfarben oder Mischungen aus den Spektralfarben.

Der Regenbogen liefert uns ein «natürliches» Spektrum. Die Wassertropfchen spalten das weisse Licht.

## Übersicht über die wichtigsten physikalischen Einheiten

Heute gültige SI-Einheiten	Alte Einheiten
<b>Kraft</b> N  	<b>Kraft</b> kp $1 \text{ kp} = 9,81 \text{ N}$ $1 \text{ N} = 0,102 \text{ kp}$
<b>Druck</b> Pa (Pascal) bar  $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2 = 0,00001 \text{ bar}$ $1 \text{ bar} = 100\,000 \text{ Pa}$ $1 \text{ bar} = 1000 \text{ mbar}$	<b>Druck</b> $\text{kp/cm}^2 = \text{at}$ atm Torr $1 \text{ kp/cm}^2 = 1 \text{ at} = 0,981 \text{ bar}$  $1 \text{ bar} = 1,02 \text{ at}$  $1 \text{ atm} = 1,01 \text{ bar}$ $1 \text{ Torr} = 133 \text{ Pa}$ $1 \text{ Torr} = 0,00133 \text{ bar}$
<b>Leistung</b> W, kW $1 \text{ W} = 0,001 \text{ kW}$ $1 \text{ kW} = 1000 \text{ W}$	<b>Leistung</b> mkp/s, kcal/s, PS $1 \text{ mkp/s} = 9,81 \text{ W}$ $1 \text{ W} = 0,102 \text{ mkp/s}$ $1 \text{ kcal/s} = 4186,8 \text{ W}$ $1 \text{ W} = 0,000239 \text{ kcal/s}$ $1 \text{ PS} = 736 \text{ W} = 0,736 \text{ kW}$ $1 \text{ kW} = 1,36 \text{ PS}$
<b>Arbeit, Energie</b> J, Nm, Ws, kWh $1 \text{ J} = 1 \text{ Nm} = \text{Ws} = 0,000000278 \text{ kWh}$ $1 \text{ kWh} = 3\,600\,000 \text{ Ws (J, Nm)}$	<b>Arbeit, Energie</b> kpm, kcal $1 \text{ kpm} = 9,81 \text{ J (Nm, Ws)}$ $1 \text{ kcal} = 4186,8 \text{ J (Nm, Ws)}$

Die alten Einheiten dürfen heute nicht mehr verwendet werden.  
(Ausnahme: °C:  $\text{K} - 273 = \text{°C}$ )