

Planen, Durchführen und Auswerten von Experimenten

Das Planen, Durchführen und Auswerten von Experimenten gehört zu den grundlegenden Arbeitsweisen der Physiker. Mithilfe von Experimenten kann man Zusammenhänge erkennen und genauer erfassen. Es lassen sich Naturerscheinungen untersuchen, Hypothesen prüfen und Größen bestimmen.

Ausgangspunkt jedes Experiments ist eine Frage oder eine Aufgabe, die experimentell zu lösen ist. Wenn die Aufgabenstellung klar ist, dann laufen Experimente im Wesentlichen immer in drei Etappen ab: Planung, Durchführung und Auswertung.

Planen eines Experiments

- Welche Größen sind zu messen und wie können sie gemessen werden?
- Welche Geräte und Hilfsmittel sind erforderlich?
- Wie muss die Experimentieranordnung gestaltet werden?
- Welche Messfehler können auftreten und wie kann man sie klein halten?
- Welche Größen oder Bedingungen müssen verändert, welche konstant gehalten werden?
- Wie sollen die Beobachtungen und die Messwerte erfasst und ausgewertet werden?

Durchführen eines Experiments

Das Experiment wird aufgebaut und durchgeführt. Dabei ist zu beachten:

- Mit allen Geräten und Hilfsmitteln ist sorgfältig umzugehen, um Schäden zu vermeiden.
- Es sind alle Sicherheitsvorschriften einzuhalten, damit nicht die eigene Gesundheit oder die Gesundheit anderer gefährdet wird.
- Das Experiment muss wiederholbar und damit seine Ergebnisse überprüfbar sein.
- Alle Beobachtungen und Messwerte sind sorgfältig zu protokollieren.

Auswerten eines Experiments

Beobachtungen und Messwerte werden verarbeitet (z. B. Vergleiche durchführen, Diagramme anfertigen, Berechnungen durchführen). Es wird mit Bezug auf die Ausgangsfrage ein Ergebnis formuliert.

Alle wichtigen Angaben zu einem Experiment werden in einem **Versuchsprotokoll** erfasst. Es enthält neben der Aufgabe Angaben zur Planung, Durchführung und Auswertung sowie das Ergebnis.

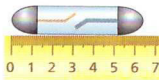
Das Experiment –
eine Frage an die
Natur

Sinnvolle Genauigkeit beim Arbeiten mit physikalischen Größen

Physikalische Größen werden häufig durch Messung ermittelt. Da jedes Messgerät nur eine bestimmte Genauigkeit hat, können gemessene Größen auch nur mit dieser Genauigkeit angegeben werden.

Beispiel: Lineal

Bei einem Lineal kann man in der Regel auf einen Millimeter genau ablesen und auf einen halben Millimeter genau schätzen.



$l = 6,4 \text{ cm} = 64 \text{ mm}$

Beispiel: Thermometer

Bei einem digitalen Messgerät, z. B. einem Thermometer, ist in der Regel die letzte angezeigte Ziffer noch zuverlässig.



$\vartheta = 19,7 \text{ }^\circ\text{C}$

Das Ergebnis hat zwei zuverlässige Ziffern.

Das Ergebnis hat drei zuverlässige Ziffern.

Auf **sinnvolle Genauigkeit** ist auch zu achten, wenn mit physikalischen Größen gerechnet wird, insbesondere wenn der Taschenrechner genutzt wird. Es gilt:

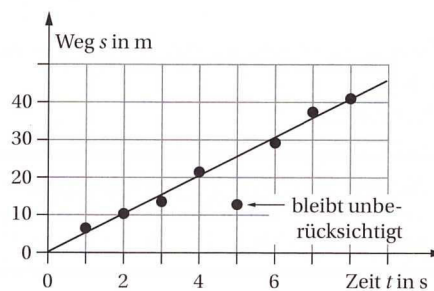
Physikalische Größen sind stets mit sinnvoller Genauigkeit anzugeben. Das Ergebnis einer Rechnung mit Größen kann nie genauer sein als der ungenaueste Ausgangswert.

Beispiel: Als Differenz aus den Längen $l_1 = 2,823 \text{ m}$ und $l_2 = 1,2 \text{ m}$ ergibt sich nicht: $2,823 \text{ m} - 1,2 \text{ m} = 1,623 \text{ m}$ sondern: $2,823 \text{ m} - 1,2 \text{ m} = 1,6 \text{ m}$

Das Ergebnis ist so zu runden, dass die Anzahl der gültigen Ziffern nur so groß wie beim Ausgangswert mit der geringsten Anzahl dieser Ziffern ist.

Das gilt für alle Rechenarten. Dabei wird das Ergebnis bei 0, 1, 2, 3 und 4 abgerundet, bei 5, 6, 7, 8 und 9 aufgerundet.

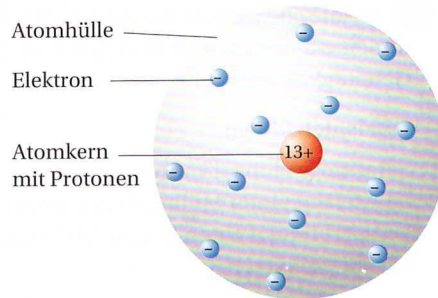
Die begrenzte Genauigkeit von Messwerten ist auch beim Zeichnen von Diagrammen zu beachten. Da jeder einzelne Wert nur eine bestimmte Genauigkeit hat, wird immer eine Ausgleichskurve, in diesem Fall eine Gerade, gezeichnet. „Ausreißer“ bleiben unberücksichtigt.



Elektrischer Stromkreis

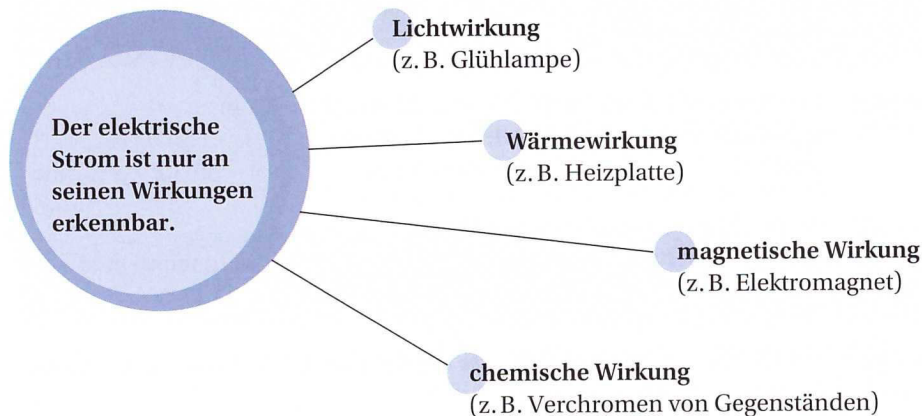
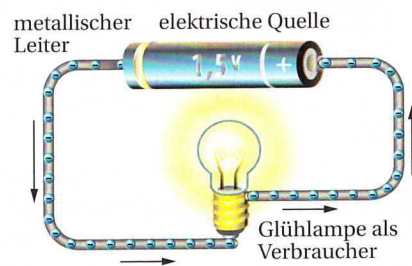
Alle Körper sind aus Atomen bzw. aus Molekülen aufgebaut.

Ein Atom besteht aus einer **Atomhülle** mit negativ geladenen Elektronen und einem **Atomkern**. Der Atomkern enthält u. a. positiv geladene Protonen und ist damit positiv geladen.



Ein elektrischer Strom in einem Stromkreis kann nur fließen, wenn eine elektrische Quelle und ein elektrisches Gerät durch Leitungen miteinander verbunden sind.

Elektrischer Strom ist die gerichtete Bewegung von Ladungsträgern (z. B. Elektronen) in einem Stromkreis.



Elektrischer Strom und elektrische Quellen können für den Menschen lebensgefährlich sein.
Deshalb gilt:

Für den Umgang mit elektrischem Strom sind unbedingt Sicherheitsregeln einzuhalten, um Schäden und Unfälle zu vermeiden. Spannungen von über 25 V können lebensgefährlich sein.

Größen zur Beschreibung des elektrischen Stromkreises

Elektrische Stromstärke I

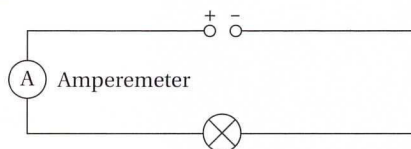
gibt an, wie viele Ladungsträger sich in jeder Sekunde durch den Querschnitt eines Leiters bewegen.

Einheiten:

ein Ampere (1 A)

1 A = 1 000 mA

1 mA = 1 000 μ A

Messung der Stromstärke

Benannt ist die Einheit nach dem Franzosen ANDRÉ MARIE AMPÈRE (1775–1836).

Elektrische Spannung U

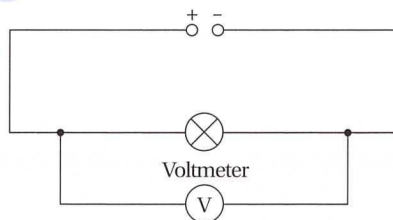
gibt an, wie stark die Ladungsträger im Stromkreis angetrieben werden.

Einheiten:

ein Volt (1 V)

1 V = 1 000 mV

1 kV = 1 000 V

Messung der Spannung

Benannt ist die Einheit nach dem Italiener ALESSANDRO VOLTA (1745–1827).

Elektrischer Widerstand R

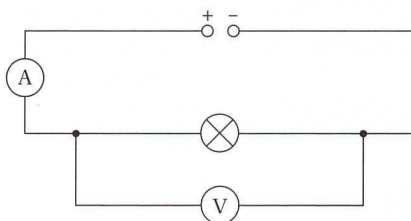
eines Bauteils gibt an, wie stark die gerichtete Bewegung der Ladungsträger in ihm behindert wird.

Einheiten:

ein Ohm (1 Ω)

1 k Ω = 1 000 Ω

1 M Ω = 1 000 k Ω

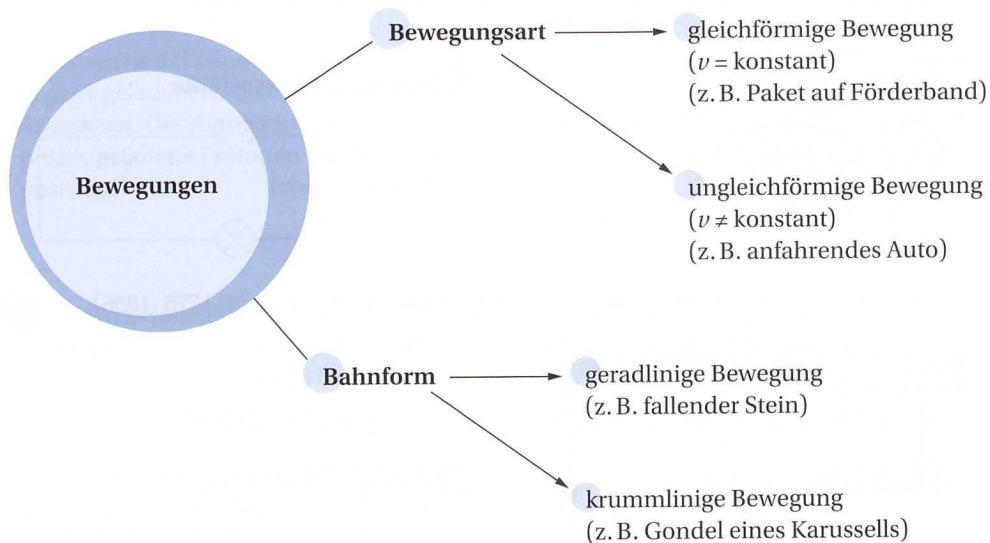
Messung des Widerstands

Benannt ist die Einheit nach dem Deutschen GEORG SIMON OHM (1789–1854).

Der Widerstand kann mit der Gleichung $R = \frac{U}{I}$ berechnet oder mit einem Ohmmeter gemessen werden.

Grundgrößen der Kinematik

Körper können sich in sehr unterschiedlicher Weise bewegen.



Wichtige physikalische Größen zur Beschreibung von Bewegungen sind der von einem Körper zurückgelegte Weg s , die Geschwindigkeit v und die Beschleunigung a .

Die Geschwindigkeit

gibt an, wie schnell sich ein Körper bewegt.

$$\text{Geschwindigkeit} = \frac{\text{zurückgelegter Weg}}{\text{dafür benötigte Zeit}}$$

$$v = \frac{s}{t}$$

Einheiten:

$$1 \frac{\text{m}}{\text{s}}, 1 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

$$1 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 3,6 \frac{\text{km}}{\text{h}} \quad 1 \frac{\text{km}}{\text{h}} = \frac{1}{3,6} \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Messung:

Die Geschwindigkeit kann mit einem **Tachometer** gemessen werden. Er zeigt die jeweilige Geschwindigkeit an.

Die Beschleunigung

gibt an, wie schnell sich die Geschwindigkeit eines Körpers ändert.

$$\text{Beschleunigung} = \frac{\text{Geschwindigkeitsänderung}}{\text{dafür benötigte Zeit}}$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

Einheiten:

$$1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}, 1 \frac{\text{cm}}{\text{s}^2}$$

$$1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 100 \frac{\text{cm}}{\text{s}^2}$$

Messung:

Die Beschleunigung kann mit einem **Beschleunigungsmesser** gemessen werden. Er zeigt die jeweilige Beschleunigung an.

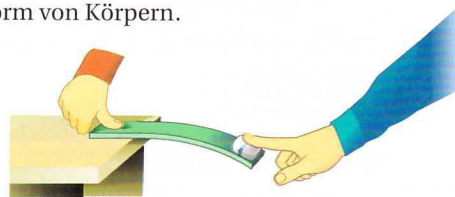
Kraft und Bewegungsänderung

Kräfte können bewirken

eine Änderung der Bewegung von Körpern (Schnelligkeit oder Richtung der Bewegung oder beides).

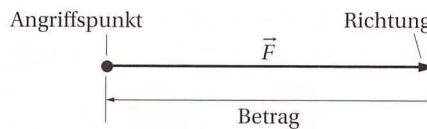


eine Änderung der Form von Körpern.



Die **Wirkung einer Kraft** auf einen Körper ist abhängig

- vom Betrag der Kraft,
- von der Richtung der Kraft,
- vom Angriffspunkt der Kraft.



Ein Körper befindet sich im **Kräftegleichgewicht**, wenn sich alle auf ihn wirkenden Kräfte gegenseitig aufheben.

Zusammenhänge zwischen Kraft und Bewegung

Trägheitsgesetz:

Ein Körper bleibt in Ruhe oder in gleichförmiger geradliniger Bewegung, solange sich alle auf ihn wirkenden Kräfte gegenseitig aufheben.

Newtonsches Grundgesetz:

Die auf einen Körper wirkende Kraft F ist das Produkt aus der Masse m des Körpers und der Beschleunigung a , die er durch die Kraft erhält.

$F = m \cdot a$ Einheiten: $1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot 1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}$

Wechselwirkungsgesetz:

Wirken zwei Körper aufeinander ein, so wirkt auf jeden der Körper eine Kraft. Die Kräfte sind gleich groß und entgegengesetzt gerichtet.

Überblick über Kraftarten und ihre Ursachen

Es gibt unterschiedliche Arten von Kräften, die auf unterschiedliche Ursachen zurückzuführen sind.

Wichtige Arten von Kräften sind die **Gewichtskraft** und die **elektrische Kraft**.

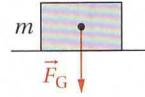
Gewichtskraft F_G

Ein Körper der Masse 1 kg hat auf der Erde eine Gewichtskraft von etwa 10 N. Ursache der Gewichtskraft ist die Massenanziehung (Gravitation) zwischen dem Körper und der Erde.

Für die Gewichtskraft F_G gilt:

$$F_G = m \cdot g$$

m Masse des Körpers
 g Fallbeschleunigung ($g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$)



Elektrische Kraft

Elektrische Kräfte wirken zwischen geladenen Körpern oder Teilchen. Ursache für diese Kräfte ist die elektrische Ladung. Gleichnamig geladene Körper stoßen einander ab. Ungleichnamig geladene Körper ziehen einander an.



Weitere Arten von Kräften sind **Reibungskräfte**^{*} und **magnetische Kräfte**^{*}.

Reibungskräfte wirken immer so, dass sie die Bewegung von Körpern verhindern oder hemmen.

Magnetische Kräfte wirken zwischen Magneten bzw. zwischen einem Magneten und einem ferromagnetischen Stoff. Gleichnamige Magnetpole stoßen sich ab, ungleichnamige Pole ziehen sich an.

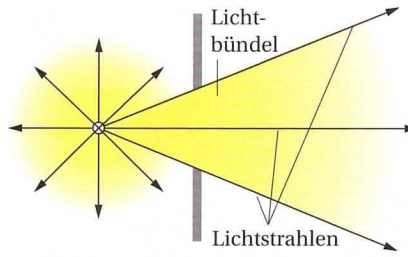
Wirken auf einen Körper zwei Kräfte, so können diese zu einer Gesamtkraft zusammengesetzt werden.^{*}

| gleiche Richtung | entgegengesetzte Richtung | bei beliebigem Winkel |
|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|
| <p>$F = F_1 + F_2$</p> | <p>$F = F_1 - F_2$</p> | <p>Kräfteparallelogramm</p> |

Die Ausbreitung des Lichts

Lichtquellen sind alle Körper, die selbst Licht aussenden (Sonne, Glühlampe, Kerzenflamme, Feuer, Bildschirm eines Computers).

Beleuchtete Körper werfen auf sie fallendes Licht zurück (Mond, Kleidung, Wände eines Zimmers, Bäume).



Licht breitet sich von einer Lichtquelle geradlinig und nach allen Seiten aus. Der Weg des Lichts kann durch **Lichtstrahlen** verdeutlicht werden. Lichtstrahlen sind ein **Modell** für Licht.



Erde

Für 300 000 km braucht das Licht 1 Sekunde.

Von der Sonne bis zur Erde (149,6 Mio. km) braucht das Licht 8,3 Minuten.

lichtdurchlässig:

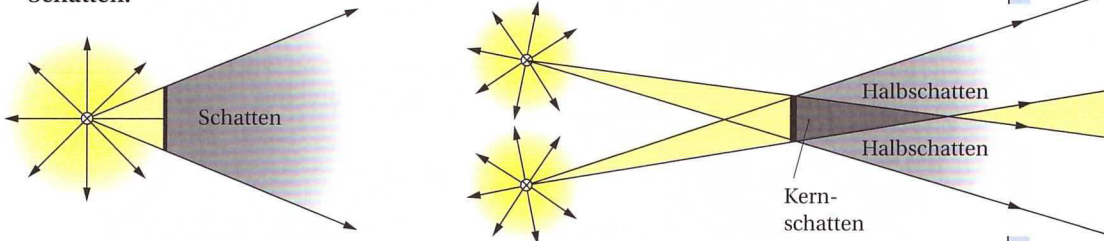
- durchsichtig (z. B. Fensterglas)
- durchscheinend (z. B. Milchglas)

lichtundurchlässig:

- undurchsichtig (z. B. Metallplatte)

Körper können sein

Hinter lichtundurchlässigen Körpern bilden sich bei der Beleuchtung mit Licht **Schatten**.



Eine **Sonnenfinsternis** entsteht, wenn der Mond zwischen Sonne und Erde steht und der Mondschaten auf die Erdoberfläche fällt.

Eine **Mondfinsternis** entsteht, wenn die Erde zwischen Sonne und Mond steht. Der Mond befindet sich dann im Schatten der Erde.

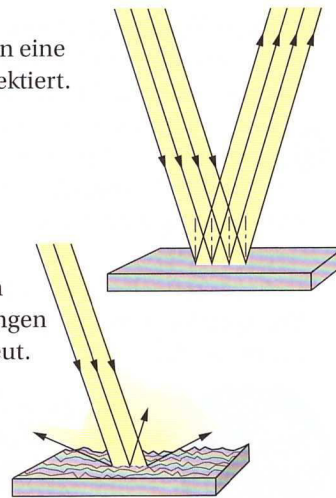
Mondphasen kommen dadurch zustande, dass wir immer nur den jeweils beleuchteten Teil des Mondes sehen.

Bilder an Spiegeln

Paralleles Licht

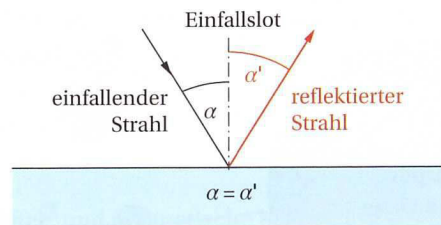
wird an glatten Flächen in eine bestimmte Richtung reflektiert.

wird an rauen Flächen in unterschiedliche Richtungen reflektiert. Es wird gestreut.



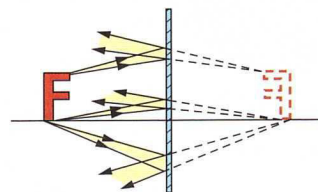
Für die Reflexion von Licht gilt das **Reflexionsgesetz:**

Wird Licht an einer Fläche reflektiert, so ist der Einfallswinkel α gleich dem Reflexionswinkel α' . Dabei liegen einfallender Strahl, Einfallslot und reflektierter Strahl in einer Ebene.



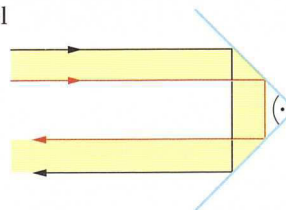
Nutzung der Reflexion des Lichts

ebene Spiegel



Gegenstand und Bild sind bezüglich des Spiegels symmetrisch zueinander.

Winkelspiegel



Sonnenofen

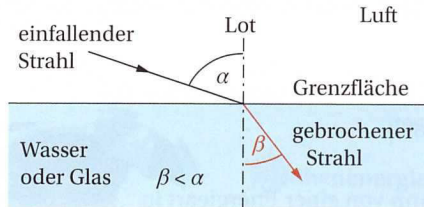
Wärmestrahlung der Sonne



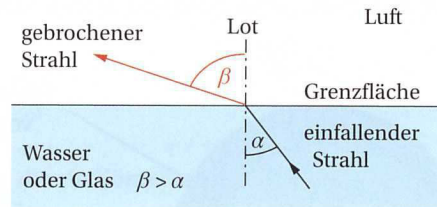
Bilder durch Linsen

Linsen sind lichtdurchlässige Körper, meist aus Glas oder Kunststoff. Auffallendes Licht wird gebrochen. Dabei gilt das **Brechungsgesetz**.

Trifft ein Lichtstrahl schräg von Luft auf Glas oder Wasser, so wird er an der Grenzfläche zum Lot hin gebrochen.



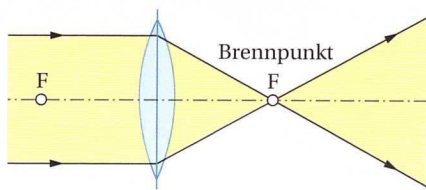
Trifft ein Lichtstrahl schräg von Glas oder Wasser auf Luft, so wird er an der Grenzfläche vom Lot weg gebrochen.



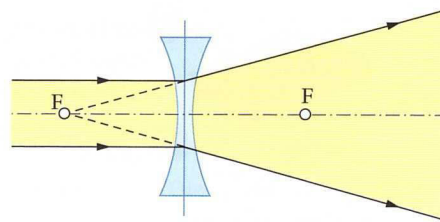
Der Lichtweg bei der Brechung von Licht ist umkehrbar.

Nach dem durch Brechung bewirkten Strahlenverlauf unterscheidet man zwischen **Sammellinsen** und **Zerstreuungslinsen**.

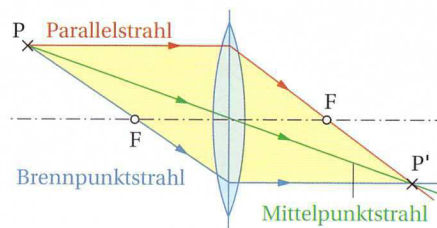
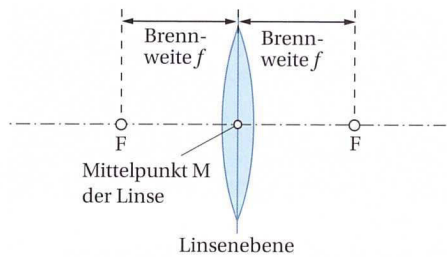
Sammellinse



Zerstreuungslinse



Zur Konstruktion des Bilds eines Gegenstands an einer dünnen Sammellinse können **Parallelstrahlen**, **Mittelpunktstrahlen** und **Brennpunktstrahlen** genutzt werden.



Sammellinsen werden zur Erzeugung von Bildern bei Auge, Fotoapparat, Lupe, Mikroskop, Diaprojektor und Fernrohr genutzt. Die Bilder können kleiner oder größer als der Gegenstand sein oder die gleiche Größe haben.