

Trägheitssatz (Newton I):

Sind alle Kräfte, die an einem Körper angreifen im Gleichgewicht, so behält der Körper seinen Bewegungszustand bei; d.h. er bleibt in Ruhe oder bewegt sich geradlinig mit konstanter Geschwindigkeit weiter.

Kraftgesetz (Newton II):

Um einen Körper der Masse  $m$  entgegen seiner Trägheit zu beschleunigen, braucht man eine Kraft  $F$ . Diese Kraft ist proportional zur Beschleunigung und zur Masse.

$$F = m \cdot a$$

Wechselwirkungsgesetz Actio = Reactio (Newton III):

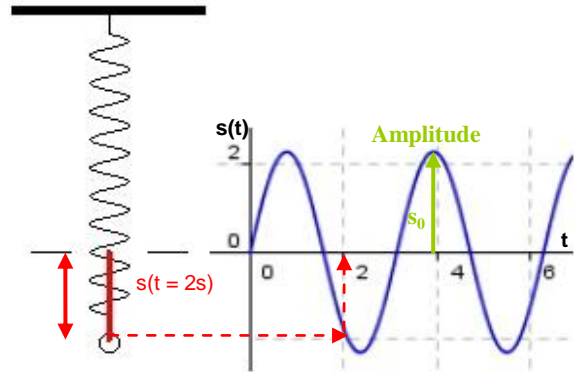
Übt ein Körper auf einen anderen Körper eine Kraft aus, so übt auch der zweite Körper eine gleich große, aber entgegengesetzt gerichtete Kraft auf den ersten Körper aus.

Die Bewegung eines Körpers wird durch das Kraftgesetz bestimmt. Dazu muss man alle Kräfte, die am Körper angreifen, kennen und daraus eine zeitabhängigen Term für die Gesamtkraft ermitteln.

Harmonische Schwingung:

Rücktreibende Kraft bei der harmonischen Schwingung:

$$F(t) = - D \cdot s(t) ; \quad \text{mit } D = \text{Federhärte}; s(t) = \text{Auslenkung}$$



$$s(t) = s_0 \sin(\omega t) \quad \text{zeitabhängige Auslenkung}$$

mit  $s_0$  = Schwingungsamplitude;  $\omega = \frac{2\pi}{T}$  ;  $T$  = Schwingungsdauer

$$v(t) = v_0 \cos(\omega t) \quad \text{zeitabhängige Geschwindigkeit}$$

mit  $v_0$  maximale Geschwindigkeit beim Durchgang durch die Ruhelage

$$a(t) = - a_0 \sin(\omega t) \quad \text{zeitabhängige Beschleunigung}$$

mit  $a_0$  = maximale Beschleunigung in den Umkehrpunkten

Freier Fall:

Ersetzt man in den allgemeinen Bewegungsgleichungen der beschleunigten Bewegung (vgl. Grundwissen 9. Klasse)

$$a = - g \quad (g = \text{Fallbeschleunigung})$$

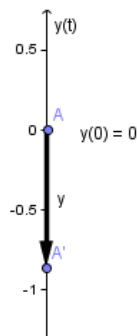
so erhält man die Bewegungsgleichungen des freien Falls:

$$y(t) = - \frac{1}{2} g t^2$$

$$v(t) = - g \cdot t$$

$$a(t) = - g$$

(  $g$  = Fallbeschleunigung )



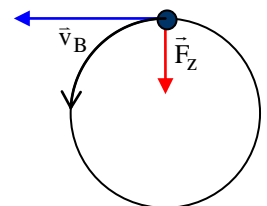
Durch Verknüpfen der Zeit-Weg- und der Zeit-Geschwindigkeitsfunktion erhält man außerdem:

$$v^2 = - 2 g y$$

(zu beachten ist, dass für  $y$  in dem Fall negative Werte eingesetzt werden müssen:  $y$  entspricht dem nach unten zurückgelegten Weg!)

Kreisbewegung mit konstanter Bahngeschwindigkeit:

Damit sich ein Körper auf einer Kreisbahn bewegt, muss eine Kraft zum Kreismittelpunkt wirken. Diese Kraft nennt man *Zentripetalkraft*  $\vec{F}_Z$ , die daraus resultierende Beschleunigung *Zentripetalbeschleunigung*. Fehlt diese Kraft zum Kreismittelpunkt, fliegt der Körper tangential von der Kreisbahn weg.



Die Winkelgeschwindigkeit einer Kreisbewegung ist der Quotient aus überstrichenem Winkel  $\Delta\varphi$  (im Bogenmaß) und der dafür benötigten Zeitspanne  $\Delta t$ .

$$\text{Winkelgeschwindigkeit} \quad \omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = \frac{2\pi}{T} = 2 \cdot \pi \cdot f$$

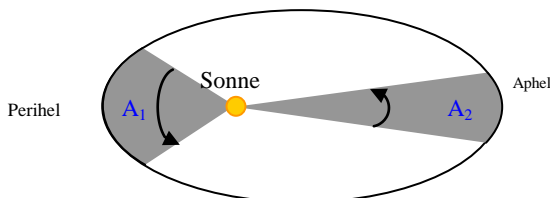
Die Bahngeschwindigkeit erhält man aus Bahnumfang  $2 \cdot r \cdot \pi$  und Umlaufdauer  $T$  :

$$\text{Bahngeschwindigkeit} \quad v_B = \frac{2\pi \cdot r}{T} = \omega \cdot r$$

$$\text{Zentripetalkraft: } F_Z = m \cdot \frac{v_B^2}{r} = m \cdot \omega^2 \cdot r$$

**Kepler I:** Die Planeten bewegen sich auf Ellipsenbahnen um die Sonne, die sich in einem Brennpunkt der Ellipse befindet.

**Kepler II:** Der Verbindungsstrahl von der Sonne zu einem Planeten überstreicht in gleichen Zeitintervallen gleich große Flächenstücke.



**Kepler III:** Der Quotient aus dem Quadrat der Umlaufzeit T und der dritten Potenz der großen Halbachse a ist für alle Himmelskörper, die um dasselbe Zentralgestirn kreisen,

konstant. 
$$\frac{T_1^2}{a_1^3} = \frac{T_2^2}{a_2^3} = \frac{T_3^2}{a_3^3} = \dots$$

Bem.: Die Planeten unseres Sonnensystems kreisen in guter Näherung auf Kreisbahnen um die Sonne. Beim dritten Keplerschen Gesetz wird deshalb für a der Radius r der Kreisbahn verwendet.

**Gravitationsgesetz:** Zwei Massen  $m_1$  und  $m_2$  ziehen sich gegenseitig an; diese Anziehungskraft zwischen Massen nennt man Gravitationskraft.

$$F = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^3}{\text{s}^2}$  Gravitationskonstante;

r = Abstand der Massenschwerpunkte

**Ansatz für wichtige Aufgabentypen:**

$$F_{\text{grav}} = F_Z$$

**Relativitätsprinzip:** In Bezugssystemen, die sich mit konstanter Geschwindigkeit zueinander bewegen, gelten die physikalischen Gesetze in gleiche Weise.

**Konstanz der Lichtgeschwindigkeit:** Licht breitet sich im Vakuum unabhängig von der Geschwindigkeit der Lichtquelle oder der Geschwindigkeit des Beobachters mit

$$c = 2,9979 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}} \text{ aus.}$$

**Längenkontraktion:** Körper, die sich relativ zu einem Beobachter schnell bewegen, erscheinen für diesen in

Bewegungsrichtung verkürzt. 
$$l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

**Zeitdilatation:** Uhren, die sich relativ zu einem Beobachter schnell bewegen, gehen für diesen Beobachter langsamer.

$$\Delta t = \frac{\Delta t'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

**Geschwindigkeitsaddition:** Geschwindigkeiten addieren sich so, dass ihre Summe stets kleiner oder gleich der Lichtgeschwindigkeit im Vakuum ist.

Kein Körper kann sich mit Überlichtgeschwindigkeit bewegen.

**Massenzunahme:**

Die Masse eines Körpers vergrößert sich mit zunehmender Geschwindigkeit. Ab einer Geschwindigkeit von ca. 10% der Vakuumlichtgeschwindigkeit kann der Massenzuwachs nicht mehr vernachlässigt werden.

$$m(v) = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}; \quad m(v) \text{ geschwindigkeitsabhängige Masse}$$

v Geschwindigkeit des Körpers mit der Ruhemasse  $m_0$ ;  
c Vakuumlichtgeschwindigkeit

**Masse – Energie Beziehung:**

Masse und Energie sind äquivalente Größen!  $E = m \cdot c^2$

Definition: Impuls

Unter dem Impuls eines Körpers versteht man das Produkt aus Masse  $m$  und Geschwindigkeit  $v$ .  $p = m \cdot v$

Impulserhaltungssatz: Treten zwei Körper in Wechselwirkung, dann ist die Summe aller Impulse vor dem Stoß gleich dem Gesamtimpuls nach dem Stoß.

$$p_1^{vor} + p_2^{vor} = p_1^{nach} + p_2^{nach}$$

Zentraler elastischer Stoß:

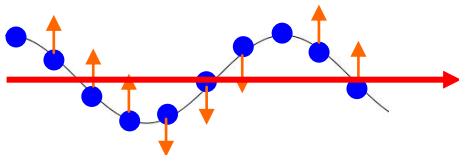
Alle Verformungen sind reversibel. Beim zentralen elastischen Stoß bleiben die mechanische Gesamtenergie und der Gesamtimpuls konstant.

Zentraler unelastischer Stoß:

Die Verformungen sind teilweise bleibend. Beim zentralen unelastischen Stoß bleibt der Gesamtimpuls konstant. Es wird aber mechanische Energie in Wärme umgewandelt.

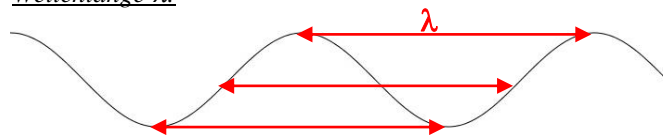
Wellenträger: Ein System aus vielen, miteinander verbundenen schwingungsfähigen Körpern (Oszillatoren) nennt man Wellenträger. Schwingen die Körper senkrecht zur Ausbreitungsrichtung, spricht man von einer Transversalwelle. Schwingen die einzelnen Oszillatoren parallel zur Ausbreitungsrichtung heißt die Wellenart Longitudinalwelle.

Beispiele für Transversalwellen: Wellenmaschine



Weitere Beispiele: Atome einer Geigensaite,  
Wassermoleküle in einem Wasserbecken  
Schallwellen sind Longitudinalwellen

Wellenlänge  $\lambda$ :



Den kürzesten Abstand bis sich die Wellenform wiederholt nennt man Wellenlänge  $\lambda$ .

Ausbreitungsgeschwindigkeit einer Welle  $v$ :

Bei einer Welle bewegen sich keine Teilchen vorwärts, sondern es breitet sich ein Schwingungszustand aus. Diese Geschwindigkeit nennt man Wellengeschwindigkeit  $v$ .

Anregungsfrequenz  $f$ :

Die Frequenz, mit der an einem Ende des Trägers die Welle periodisch erzeugt wird, nennt man Anregungsfrequenz  $f$ . Ändert man die Anregungsfrequenz  $f$ , so ändert sich nicht die Wellengeschwindigkeit  $c$ , sondern die Wellenlänge  $\lambda$ .

Es gilt:  $v = \lambda \cdot f$

Bei elektromagn. Wellen (Licht) gilt:  $v = c = 3,0 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$

Grundlage für die hier genannten Eigenschaften ist das Huygenssche Prinzip, welches besagt, dass jeder Punkt einer Wellenfront selbst Ausgangspunkt für Elementarwellen ist.

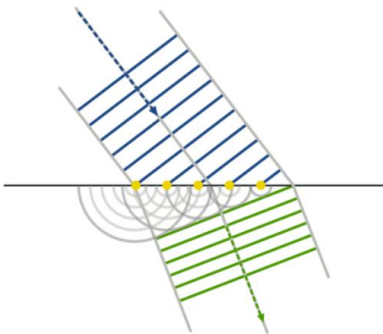
### Reflexion

Wellen werden durch ein Hindernis zurückgeworfen.

Der Winkel der einfallenden Welle entspricht dem Winkel der ausfallenden Welle.

### Brechung

Wellen verändern ihre Ausbreitungsrichtung beim Übergang in einen anderen Stoff.



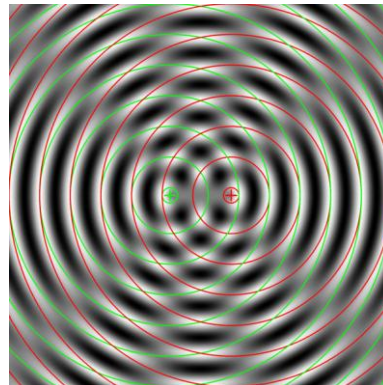
Arne Nordmann, CC-BY-SA 3.0

### Beugung

Wellen breiten sich auch hinter einer Kante oder einem Spalt im Raum aus. Grundlage hierfür ist das Huygenssche Prinzip, welches besagt, dass jeder Punkt einer Wellenfront selbst Ausgangspunkt für Elementarwellen ist.

### Interferenz

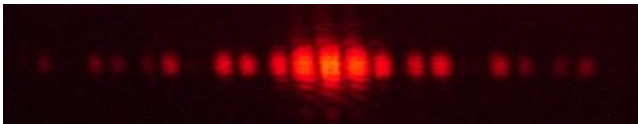
Bei der Überlagerung von Wellen addieren sich die Elongationen. Es treten Bereiche der Verstärkung und der Abschwächung bzw. Auslöschung auf.



Dr. Schorsch, CC-BY-SA 3.0

### Welle-Teilchen-Dualismus von Licht

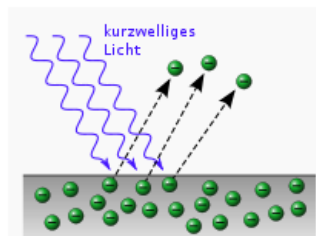
Licht kann als elektromagnetische Welle gedeutet werden, denn Licht interferiert am *Doppelspalt*:



Ein Beweis für den Teilchencharakter von Licht (Photonen) ist der *Photoeffekt*:

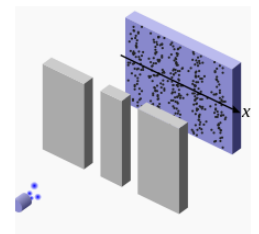
Treffen Photonen mit geeigneter Energie auf einen Festkörper, so können Elektronen aus dem Material ausgelöst werden. Es gilt:

Der Effekt tritt erst ab einer bestimmten Grenzfrequenz der Photonen auf. Bei größerer Intensität des Lichts erhöht sich die Anzahl der freigesetzten Elektronen, nicht aber deren kinetische Energie.



### Welle-Teilchen-Dualismus von Elektronen

Ein Interferenzmuster kann auch festgestellt werden, wenn viele Elektronen einen Doppelspalt passiert haben.



Trutz Behn, CC-BY-SA 3.0

### Quantenobjekte

haben an sich etwas

- *Welliges*, was ihre Ausbreitung betrifft
  - *Teilchenhaftes*, was ihre Wechselwirkung mit Materie betrifft
  - *Stochastisches*, was Wahrscheinlichkeitsaussagen über den Ort der Wechselwirkung ermöglicht.
- Beispiele: Photonen, Elektronen, ..., aber auch ganze Atome und Moleküle

Besten Dank an die Fachschaft Physik des Gymnasiums Pfarrkirchen für die freundliche Unterstützung und die Genehmigung zur Weiterverarbeitung ihres Grundwissenskataloges!