

1 Grundwissen Mechanik Newtons

1.1 Harmonische Schwingungen

- Begriffe

mechanische Schwingung	zeitlich periodisch sich wiederholende Bewegung eines Massenpunkts um eine Gleichgewichtslage
Elongation x	Auslenkung
Amplitude A	maximale Elongation
Periodendauer oder Schwingungsdauer T	Zeit für eine volle Schwingung
Frequenz f	Anzahl der Schwingungen pro Zeiteinheit $f = \frac{1}{T} \quad [f] = 1 \frac{1}{s} = 1 \text{ Hz („Hertz“)}$
ungedämpfte Schwingung	Schwingung unter Vernachlässigung aller Reibungseinflüsse
harmonische Schwingung	Für die rücktreibende Kraft gilt ein lineares Kraftgesetz, d.h. diese ist proportional zur Elongation: $F = -D \cdot x$

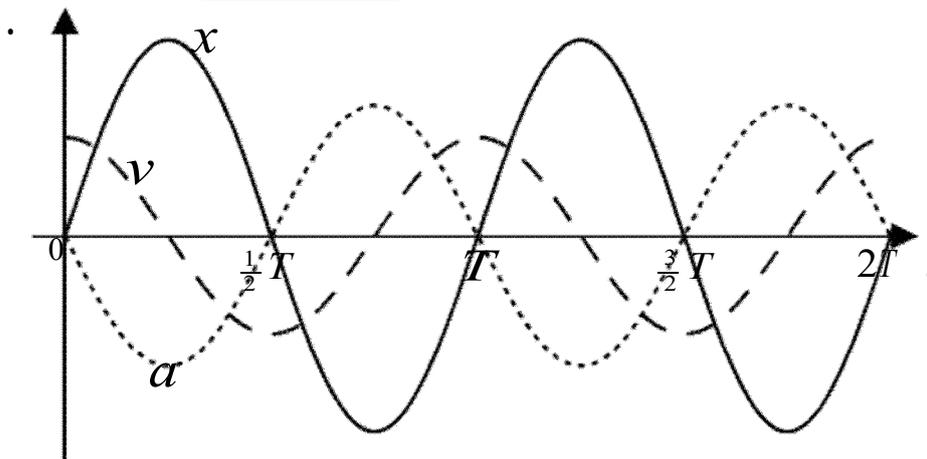
- Bewegungsgleichungen der ungedämpften harmonischen Schwingung:

- Kreisfrequenz:
$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$

$[\omega] = 1 \frac{1}{s} = 1 \text{ Hz}$

- $$\begin{matrix} x(t) = A \sin(\omega t); & x_{\max} = A \\ v(t) = A\omega \cos(\omega t); & v_{\max} = A\omega \\ a(t) = -A\omega^2 \sin(\omega t); & a_{\max} = A\omega^2 \end{matrix}$$

- Dabei gilt:
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{D}}$$



1.2 Impuls als Erhaltungsgröße

- Impuls p

- $$p = m \cdot v \quad [p] = 1 \frac{\text{kgm}}{\text{s}} = 1 \text{ N s}$$

- Der Impuls ist eine **gerichtete Größe** (Vektor).
Er zeigt in die gleiche Richtung wie die Geschwindigkeit.

- **Impulserhaltungssatz:**

In einem abgeschlossenen System ist der Gesamtimpuls konstant.

$$p_{1, \text{vorher}} + p_{2, \text{vorher}} = p_{1, \text{nachher}} + p_{2, \text{nachher}}$$

- verschiedene Arten der Wechselwirkung zwischen zwei Körpern:
 - **vollkommen elastischer Stoß:** Die Verformung bildet sich wieder vollständig zurück; die Körper sind nach dem Stoß nicht verbunden.
Es gelten Erhaltungssätze für den Impuls und die kinetische Energie.
 - **vollkommen unelastischer Stoß:** Die Verformung bildet sich nicht zurück; Die Körper sind nach dem Stoß verbunden und bewegen sich nach dem Stoß mit gleicher Geschwindigkeit.
Bei der Verformung wird kinetische Energie z.T. in innere Energie umgewandelt.
Es gilt nur der Impulserhaltungssatz.

1.3 Waagrechtler Wurf

- Die Kräftesumme in eine Richtung ist Null, z.B. parallel zur Erdoberfläche $[F_x = 0]$. Damit ist die Geschwindigkeitskomponente $[v_x]$ in diese Richtung konstant und die Beschleunigung Null $[a_x = 0 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}]$.
- In die dazu senkrechte Richtung wirkt eine konstante Kraft, z.B. die Gewichtskraft senkrecht zur Erdoberfläche $[F_y \neq 0]$; aber konstant $[]$. Damit ist der Bewegungsverlauf in dieser Richtung konstant beschleunigt $[a_y \neq 0 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}]$; aber konstant $[]$, also lineare Geschwindigkeitsveränderung und konstante Beschleunigung.

• **Bewegungsgleichungen:**

Zeit-Ort-Gleichungen:

$$x(t) = v_{0x} t$$

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

Zeit-Geschwindigkeit-Gleichungen:

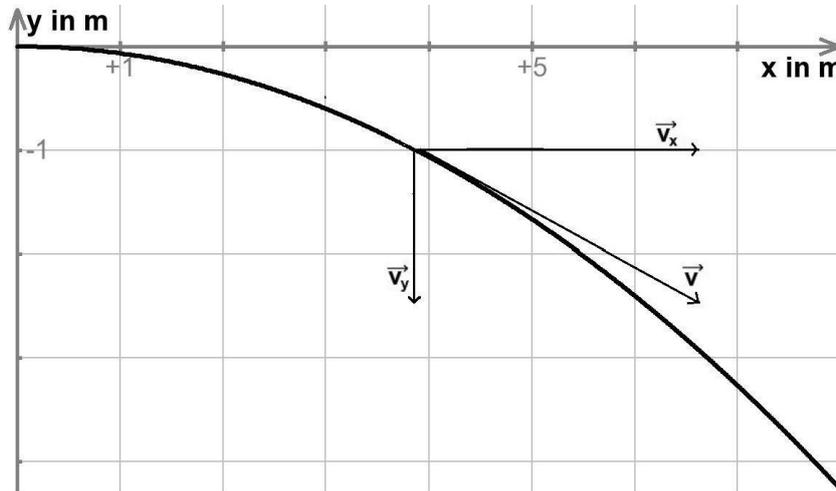
$$v_x(t) = v_{0x}$$

$$v_y(t) = a t$$

Bahngeschwindigkeit:

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$

- Ortskurve für $a = -g = -9,8 \frac{m}{s^2}$, da die Erdbeschleunigung nach unten gerichtet ist.



1.4 Kreisbewegung

- Wirkt eine betragsmäßig konstante Kraft F immer **senkrecht zur Bewegungsrichtung**, so beschreibt der Körper eine Kreisbahn. Die diese Ortskurve erzwingende Kraft ist stets zum Kreismittelpunkt hin gerichtet und heißt **Zentripetalkraft** F_Z

$$F_Z = m \cdot v^2 / r = \frac{m \cdot \omega^2 \cdot r^2}{r} ; F_Z \perp v$$

m gibt die Masse des Körpers an, r den Radius der Kreisbahn,

v die Bahngeschwindigkeit und ω die Winkelgeschwindigkeit

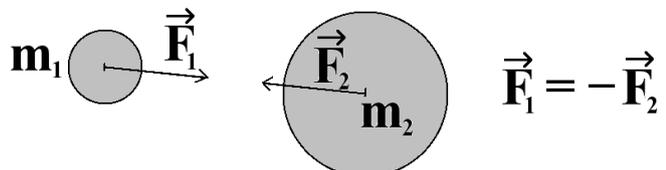
ω die Winkelgeschwindigkeit

• Es gilt $v = r \cdot \omega$

1.5 Newtonsches Gravitationsgesetz

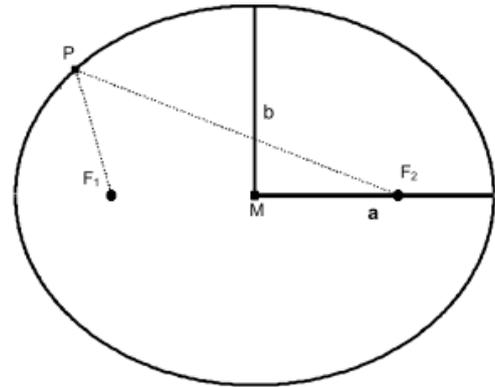
- Eine Wechselwirkung von Materie ist die Gravitationskraft, eine **gegenseitige** Anziehung.
- Die Größe dieser Kraft zwischen zwei Körpern ist proportional zum Produkt der beiden Massen m_1 und m_2 und umgekehrt proportional zum Quadrat des Abstands r der Körperschwerpunkte:

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



1.6 Die Kepler'schen Gesetze

- Vorbemerkung: Was ist eine **Ellipse**?
 - Alle Punkte P, für die $\overline{PF_1} + \overline{PF_2} = \text{konstant}$ ist, bilden eine Ellipse (s. Bild rechts).
 - F_1 und F_2 bezeichnet man als **Brennpunkte** der Ellipse.
 - a = große Halbachse
 - b = kleine Halbachse



- **1. Keplersches Gesetz:**

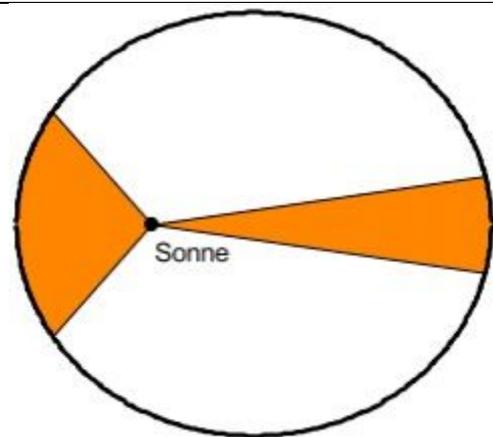
Ein Planet bewegt sich auf einer elliptischen Bahn. Die Sonne steht in einem der beiden Brennpunkte der Ellipse.

- Die Sonne steht damit **nicht** im Symmetriezentrum der Ellipse!

- **2. Keplersches Gesetz:**

Die Verbindungsstrecke von der Sonne zum Planeten überstreicht in gleichen Zeitintervallen gleich große Flächen.

- In Sonnennähe legt der Planet damit in gleich langen Zeitintervallen einen größeren Bogen zurück als in Sonnenferne (siehe Bild rechts).
- **Folgerung:** Je größer der aktuelle Abstand des Planeten zur Sonne ist, umso kleiner ist seine aktuelle Geschwindigkeit.



- **3. Keplersches Gesetz:**

Die Quadrate der Umlaufzeiten zweier Planeten verhalten sich wie die dritten Potenzen der großen Halbachsen ihrer Bahnen.

- Sind T_1 und T_2 die Umlaufzeiten zweier Planeten sowie a_1 und a_2 deren große

Halbachsen, dann gilt:

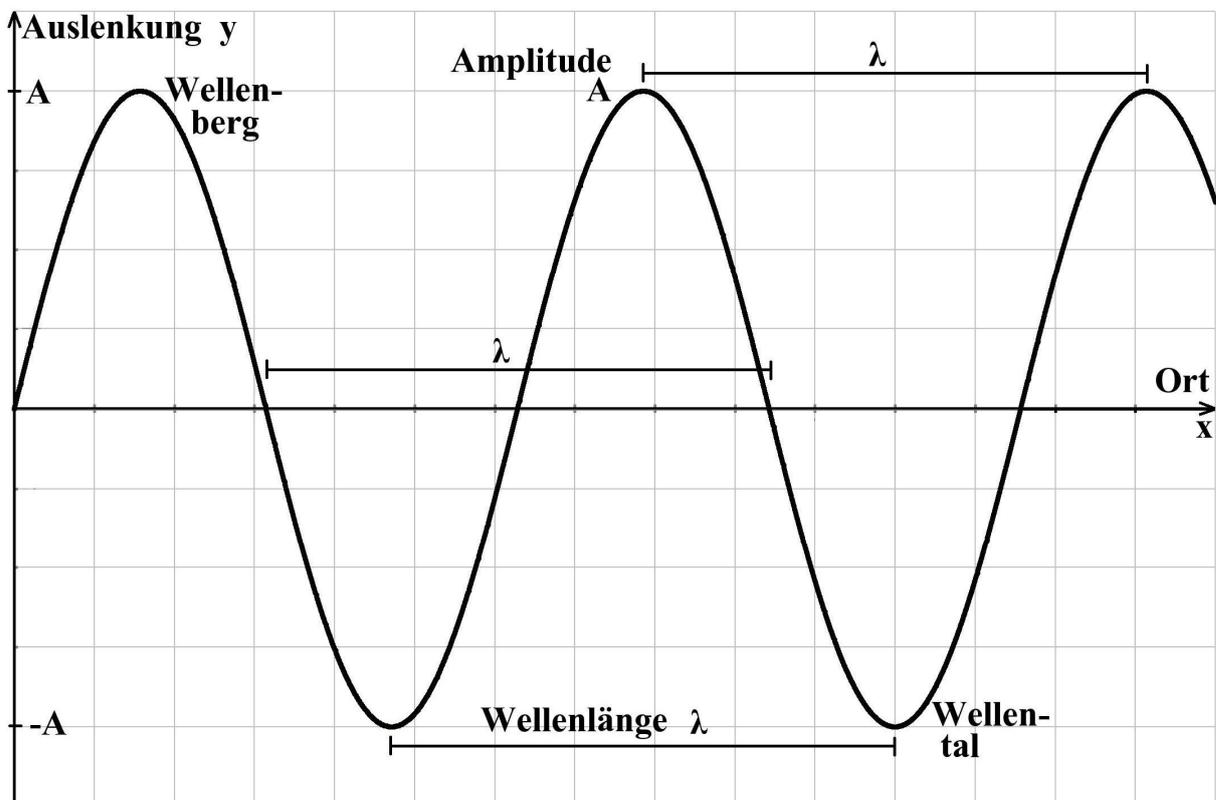
$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$$

- Die große Halbachse einer Planetenbahn ist identisch mit dem mittleren Sonnenabstand des Planeten.

2 Grundwissen Wellenlehre

2.1 Begriffe

- Eine Welle ist eine **wandernde Schwingung**.
- Unter einer mechanischen Welle versteht man die Ausbreitung einer Schwingung in einem Medium (z.B. Wasserwelle, Seilwelle, Schallwelle).
- Findet die Auslenkung in Ausbreitungsrichtung der Welle statt, so nennt man die Welle **longitudinal**. Ist die Auslenkung senkrecht zur Ausbreitungsrichtung, dann heißt die Welle **transversal**.
- Ort-Auslenkung-Diagramm einer Transversalwelle zu einem festen Zeitpunkt t :



- Den Zustand maximaler Auslenkung bezeichnet man als **Wellenberg**, den minimaler Auslenkung als **Wellental**.
- Die **Amplitude** ist ein Maß für den Abstand zwischen Ruhelage und maximaler Auslenkung.
- Den Abstand zweier benachbarter gleicher Schwingungszustände (z.B. von Wellenberg zu Wellenberg) bezeichnet man als **Wellenlänge** λ ; $[\lambda] = 1\text{m}$.
- Die Dauer einer vollen Schwingung an einem festen Ort bzw. die Zeit, bis ein Schwingungszustand (z.B. Wellenberg) eine volle Wellenlänge zurückgelegt hat, heißt **Schwingungsdauer** T ; $[T] = 1\text{s}$.

- Die Anzahl der Schwingungen, die in einem bestimmten Zeitintervall an einem Ort festgestellt werden können, wird mit der **Frequenz** angegeben

$$\left[f ; f = \frac{1}{T} ; [f] = 1 \frac{1}{s} = 1 \text{ Hz} \text{ "Hertz"} \right]$$

- Die Geschwindigkeit, mit der sich ein Schwingungszustand weiterbewegt, heißt **Ausbreitungsgeschwindigkeit**

$$\left[v ; v = \frac{\lambda}{T} = \lambda f ; [v] = 1 \frac{m}{s} \right]$$

2.2 Interferenz

- Wellen von gleicher Wellenlänge und Schwingungsdauer können sich durch **Interferenz** (Überlagerung) verstärken und abschwächen.
- Sind auch die Amplituden gleich groß, so können sich die Wellen auch vollständig auslöschen.

2.3 Beugung

- Wird eine Welle(nfront) nur teilweise abgeschirmt (z.B. an einer Kante oder durch eine Öffnung im Schirm), so breitet sich eine von der Schirmgrenze ausgehende **Elementarwelle im geometrischen Schattenraum** aus.
- Die Ausbreitung der Elementarwelle ist bei ebenen Wellen kreisförmig, bei Wellen im dreidimensionalen Raum kugelförmig.