

# Grundlagen der medizinischen Biophysik

2. Vorlesung 15. 09. 2017

## Mechanik - Kinematik (Bewegungslehre)

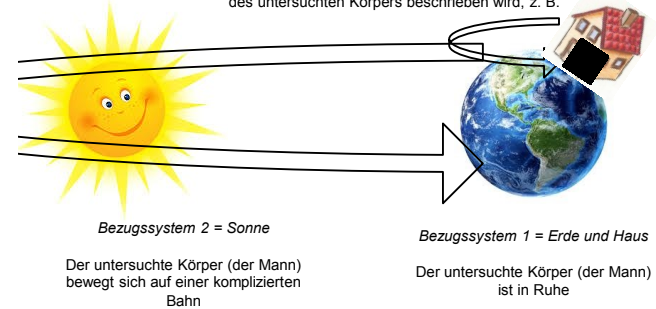


1. Bezugssystem
2. Bewegungsformen
  - Translation
  - Rotation
3. Größen zur Translationsbewegung
  - Geschwindigkeit
  - Beschleunigung
4. Spezielle Translationsbewegungen
  - Gleichförmige geradlinige Bewegung
  - Gleichförmig beschleunigte geradlinige Bewegung
    - Freier Fall
    - Erdbeschleunigung
5. Kreisbewegung
  - Periodenzeit
  - Frequenz
  - Winkelgeschwindigkeit
  - Bahngeschwindigkeit

1

## Bezugssystem

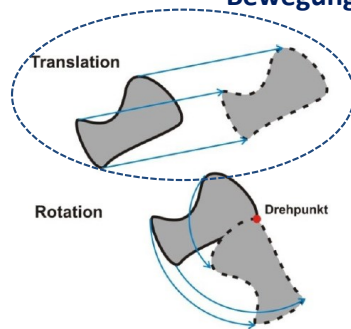
**Bezugssystem:** Gesamtheit von willkürlich ausgewählten Körpern  
 • die sich im Vergleich zueinander nicht bewegen  
 des untersuchten Körpers beschrieben wird, z. B.



Bewegungen sind immer relativ!

2

## Bewegungsformen



Translation + Rotation:

3

## Geschwindigkeit

Geschwindigkeit ( $v$ ):  $v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \left( \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)$  Vektor

- Quotient der zurückgelegten Strecke ( $\Delta s$ ) und der dafür benötigten Zeitspanne ( $\Delta t$ )
- Die Geschwindigkeit zeigt, wie schnell sich ein Körper bewegt.
- $\Delta t$  ist willkürlich gewählt  
 ⇒ durch die Definitionsformel erhält man eigentlich die mittlere Geschwindigkeit für die untersuchte Zeitspanne, z. B.



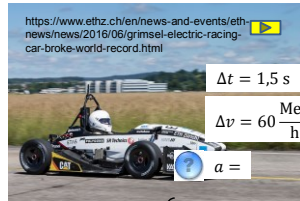
⇒ Momentangeschwindigkeit erhält man, wenn  $\Delta t \rightarrow 0$ :  $v = \frac{ds}{dt}$   
 ⇒ Die Geschwindigkeit kann sich ändern, sie ist eine Funktion der Zeit:  $v(t)$

4

## Beschleunigung

Beschleunigung ( $a$ ):  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \left( \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right)$  Vektor

- Quotient der Geschwindigkeitsänderung ( $\Delta v$ ) und der dafür benötigten Zeitspanne ( $\Delta t$ )
- Die Beschleunigung zeigt, wie schnell sich die Geschwindigkeit eines Körpers ändert.
- $\Delta t$  ist willkürlich gewählt  
 $\Rightarrow$  durch die Definitionsformel erhält man eigentlich die mittlere Beschleunigung für die untersuchte Zeitspanne, z. B.



- Top 35 Fastest Cars**
1. 2016 AMZ Grimsel Electric Race Car 0-60 mph 1.5
  2. 2015 Infiniti Formula 1 Red Bull RB11 0-60 mph 1.7
  3. 1994 Ford SVT Boss Mustang 10.0L Concept 0-60 mph 1.9

$\Delta t = 1,5 \text{ s}$

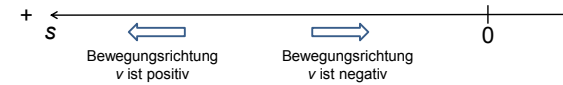
$\Delta v = 60 \frac{\text{Meil}}{\text{h}}$

$a =$

- $\Rightarrow$  Momentanbeschleunigung erhält man, wenn  $\Delta t \rightarrow 0$ :  $a = \frac{dv}{dt}$
- $\Rightarrow$  Die Beschleunigung kann sich ändern, sie ist eine Funktion der Zeit:  $a(t)$

5

## Gleichförmige geradlinige Bewegung



- Definition:** konstante Geschwindigkeit ( $v = \text{konst.}$ )  $\Rightarrow$  Die Beschleunigung  $a = 0$   
(hinsichtlich sowohl des Betrages als auch der Richtung)
- $\Rightarrow$  Die zurückgelegte Strecke wächst gleichmäßig, sie ist eine lineare Funktion der Zeit:  $s(t) = v \cdot t$



6

## Übung:

Nervenleitung im peripheren Nervensystem:

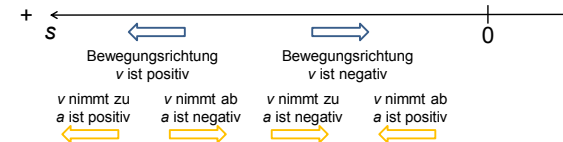
Fasertyp/-klasse	Leitungsgeschwindigkeit	Durchmesser
A $\alpha$	60–120 m/s	10–20 $\mu\text{m}$
A $\beta$	40–90 m/s	7–15 $\mu\text{m}$
A $\gamma$	20–50 m/s	4–8 $\mu\text{m}$
A $\delta$	10–30 m/s	2–5 $\mu\text{m}$
B	5–20 m/s	1–3 $\mu\text{m}$
C (ohne Myelinscheide)	0,5–2 m/s	0,5–1,5 $\mu\text{m}$

Wie groß ist die Zeitdifferenz zwischen Fasertyp/-klasse A $\alpha$  und C der gleichen Länge von 10 cm?



7

## Gleichförmig beschleunigte geradlinige Bewegung



- Definition:** konstante Beschleunigung ( $a = \text{konst.}$ )  $\Rightarrow$  Die Geschwindigkeit wächst gleichmäßig, sie ist eine lineare Funktion der Zeit:  $v(t) = a \cdot t + v_0$   
(hinsichtlich sowohl des Betrages als auch der Richtung)

$\Rightarrow$  Die zurückgelegte Strecke wächst nicht mehr gleichmäßig, sondern immer schneller und schneller.



8

### Übung:

Ein Schlitten hat vom Start an die gleichbleibende Beschleunigung von  $a = 2 \text{ m/s}^2$ . Berechnen Sie:

- Seine Geschwindigkeit 5 Sekunden nach dem Start
- Den bis zu diesem Zeitpunkt zurückgelegten Weg
- Den zurückgelegten Weg, wenn seine Geschwindigkeit auf 20 m/s angewachsen ist



9

### Übungen:

Ein Körper fällt aus einer Höhe von 130m frei herab.

- Berechnen Sie die Fallstrecke nach 2 Sekunden.
- Bestimmen Sie, nach welcher Zeit und mit welcher Geschwindigkeit er auf den Boden trifft.



Ist der Fall von Felix Baumgartner frei?



11

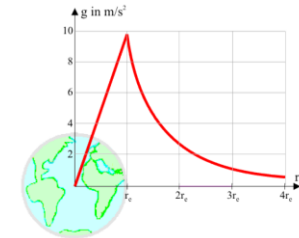
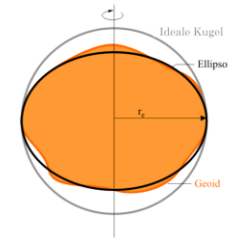
## Der freie Fall – eine gleichförmig beschleunigte geradlinige Bewegung



**Freier Fall:** Fallbewegung im Gravitationsfeld der Erde im luftleeren Raum (ohne Luftwiderstand)

- Alle Körper fallen im luftleeren Raum gleich schnell, unabhängig von ihrer Form, Dichte oder Masse
- Für alle Körper am gleichen Ort ist die Beschleunigung gleich groß und wird auch Fall- oder Erdbeschleunigung  $g$  genannt, wobei im Mittel  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$  ist

### Zur Erdbeschleunigung:

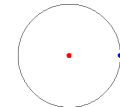


10

## Gleichförmige Kreisbewegung

Ein Körper (Massepunkt), das sich auf einem Kreis oder einem Kreisbogen bewegt, führt eine Kreisbewegung aus.

- Die Bewegung ist eine Translationsbewegung und keine Drehung.
- Gleichförmig ist die Kreisbewegung, wenn sich der Betrag der Geschwindigkeit des Körpers nicht ändert.



**Periodenzeit ( $T$ ):** Die Zeit, die der Massepunkt bei einer gleichförmigen Kreisbewegung für einen vollen Umlauf benötigt.

**Frequenz ( $f$ ):** Die Anzahl der Umläufe pro Zeiteinheit. Es gilt:

$$f = \frac{1}{T} \quad \left( \frac{1}{s} = \text{Hz} \right)$$

Hertz

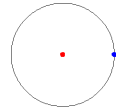
**Bemerkung:**

Die zwei Größen sind allgemein verwendbar bei periodischen Bewegungen und periodischen Vorgängen (Drehungen, Schwingungen, Wellen, ...).

12

### Übungen:

Bestimmen Sie Periodenzeit und Frequenz der Kreisbewegung in der Animation.



Bestimmen Sie Periodenzeit und Frequenz der Drehung der Erde



Bestimmen Sie Periodenzeit und Frequenz der Schwingung in der Animation.

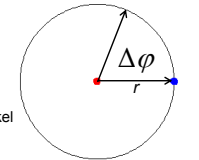


13

## Winkelgeschwindigkeit

$$\text{Winkelgeschwindigkeit } (\omega): \omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} \left( \frac{1}{s} \right)$$

- Quotient aus dem vom Radiusvektor  $r$  überstrichenen Winkel  $\Delta\varphi$  und der dafür benötigten Zeit  $\Delta t$
- Der Winkel  $\Delta\varphi$  wird nicht in Grad, sondern in Bogenmaß gemessen!



$$\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} =$$

Kreisfrequenz

### Übung:

Bestimmen Sie die Winkelgeschwindigkeit der Kreisbewegung in der Animation.

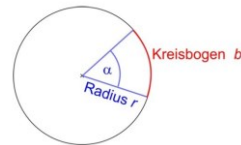


14

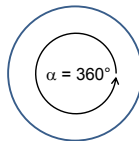
## Exkurs: Bogenmaß

$$\alpha = \frac{b}{r} \left( \frac{m}{m} = 1 \right)$$

rad  
(wird oft nicht  
ausgeschrieben)



Zum Beispiel:



$$\alpha = \frac{b}{r} = \frac{2 \cdot r \cdot \pi}{r} = 2\pi (= 6,28 = 6,28 \text{ rad})$$

Übung: Ein Winkel beträgt 30°. Wandeln Sie den Wert in die Radiant-Einheit um.

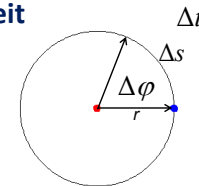


15

## (Bahn)geschwindigkeit

Sie ist die Geschwindigkeit des Körpers, also:

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



### Übungen:

Bestimmen Sie die Bahngeschwindigkeit der Kreisbewegung in der Animation.

Bestimmen Sie die Bahngeschwindigkeit des Piloten in dem Video.



Hausaufgaben: Grundschrift Kapitel 4



16