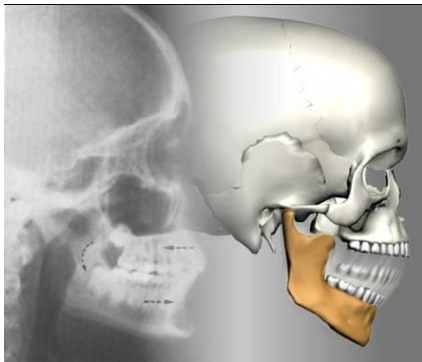


# Grundlagen der medizinischen Biophysik

2. Vorlesung 09. 09. 2021

## Mechanik - Kinematik (Bewegungslehre)

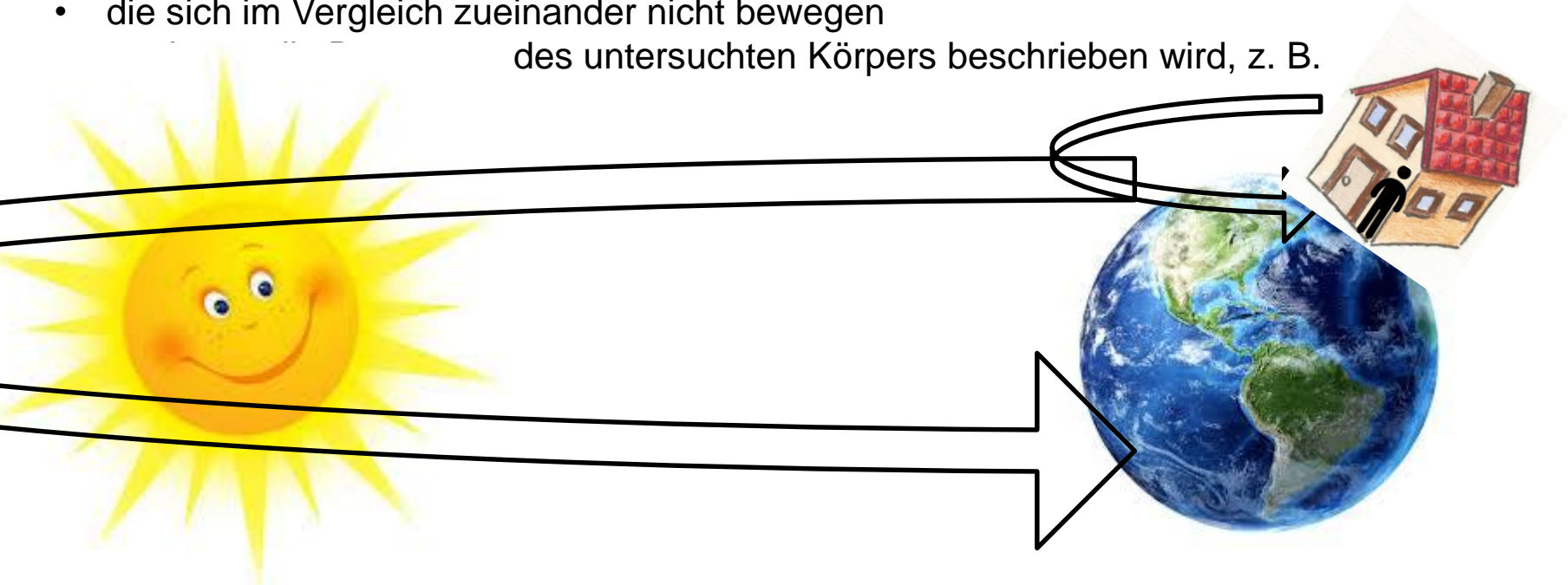


1. Bezugssystem
2. Bewegungsformen
  - Translation
  - Rotation
3. Größen zur Translationsbewegung
  - Geschwindigkeit
  - Beschleunigung
4. Spezielle Translationsbewegungen
  - Gleichförmige geradlinige Bewegung
  - Gleichförmig beschleunigte geradlinige Bewegung
    - Freier Fall
    - Erdbeschleunigung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

# Bezugssystem

**Bezugssystem:** Gesamtheit von willkürlich ausgewählten Körpern

- die sich im Vergleich zueinander nicht bewegen  
des untersuchten Körpers beschrieben wird, z. B.



*Bezugssystem 2 = Sonne*

Der untersuchte Körper (der Mann)  
bewegt sich auf einer komplizierten  
Bahn

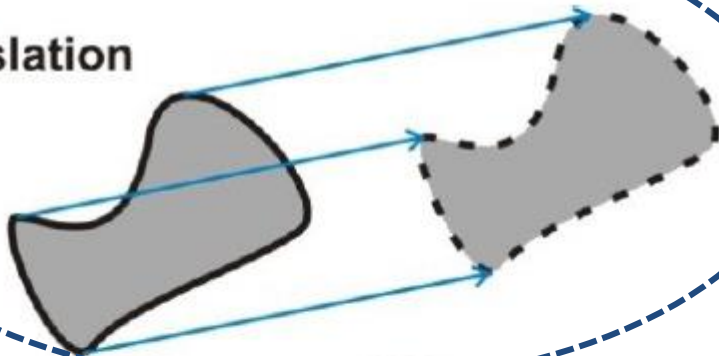
*Bezugssystem 1 = Erde und Haus*

Der untersuchte Körper (der Mann)  
ist in Ruhe

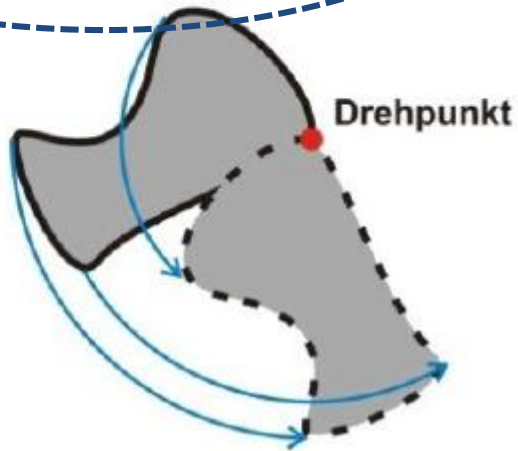
Bewegungen sind immer relativ!

# Bewegungsformen

Translation



Rotation



Translation + Rotation:

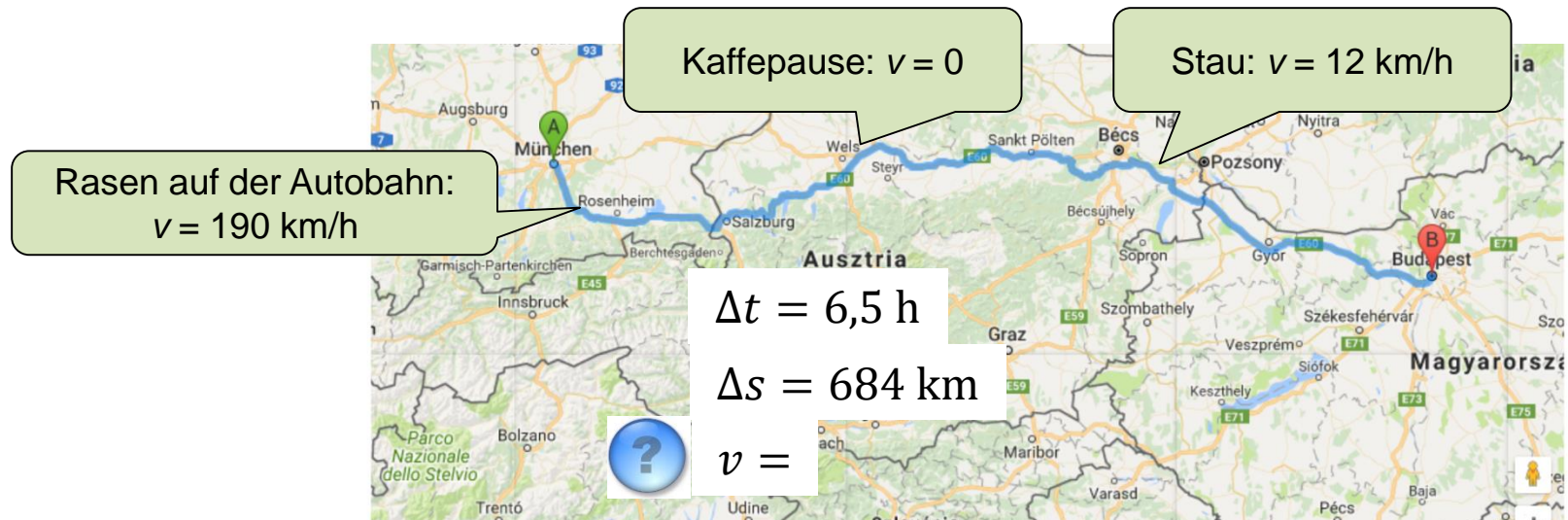
# Geschwindigkeit

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

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:  $v(t)$

# Beschleunigung

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

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

⇒ durch die Definitionsformel erhält man eigentlich die mittlere Beschleunigung für die untersuchte Zeitspanne, z. B.

<https://www.ethz.ch/en/news-and-events/eth-news/news/2016/06/grimsel-electric-racing-car-broke-world-record.html>



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

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



$$a =$$

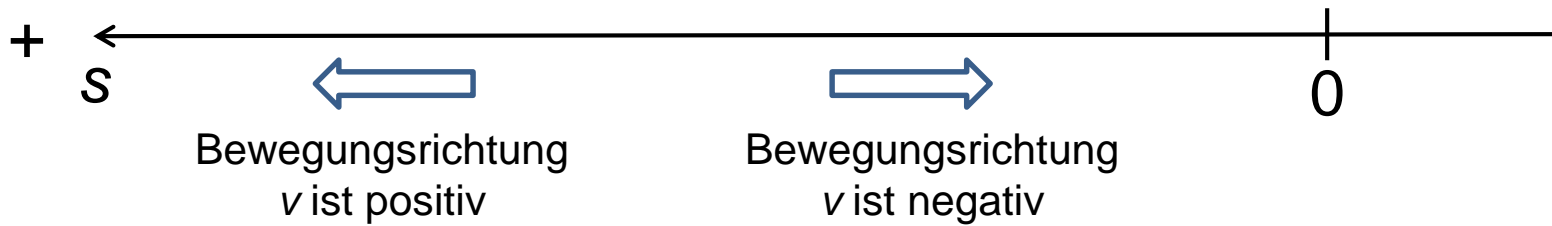
## Top 35 Fastest Cars

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

⇒ Momentanbeschleunigung erhält man, wenn  $\Delta t \rightarrow 0$ :  $a = \frac{dv}{dt}$

⇒ Die Beschleunigung kann sich ändern, sie ist eine Funktion der Zeit:  $a(t)$

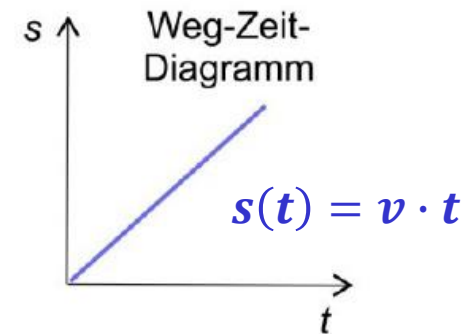
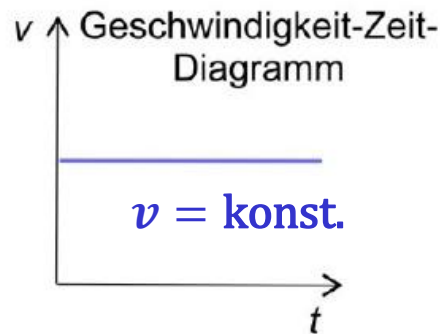
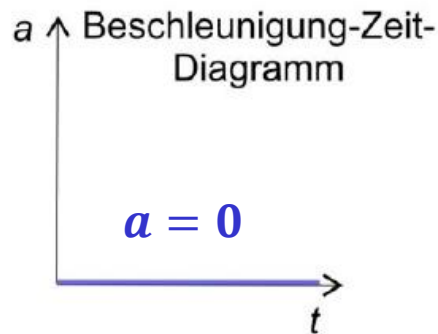
# Gleichförmige geradlinige Bewegung



**Definition:** konstante Geschwindigkeit ( $v = \text{konst.}$ )  
(hinsichtlich sowohl des Betrages als  
auch der Richtung)

$\Rightarrow$  Die Beschleunigung  $a = 0$

$\Rightarrow$  Die zurückgelegte Strecke  
wächst gleichmäßig, sie ist eine  
lineare Funktion der Zeit:  $s(t) = v \cdot t$



## Übung:

Nervenleitung im peripheren Nervensystem:

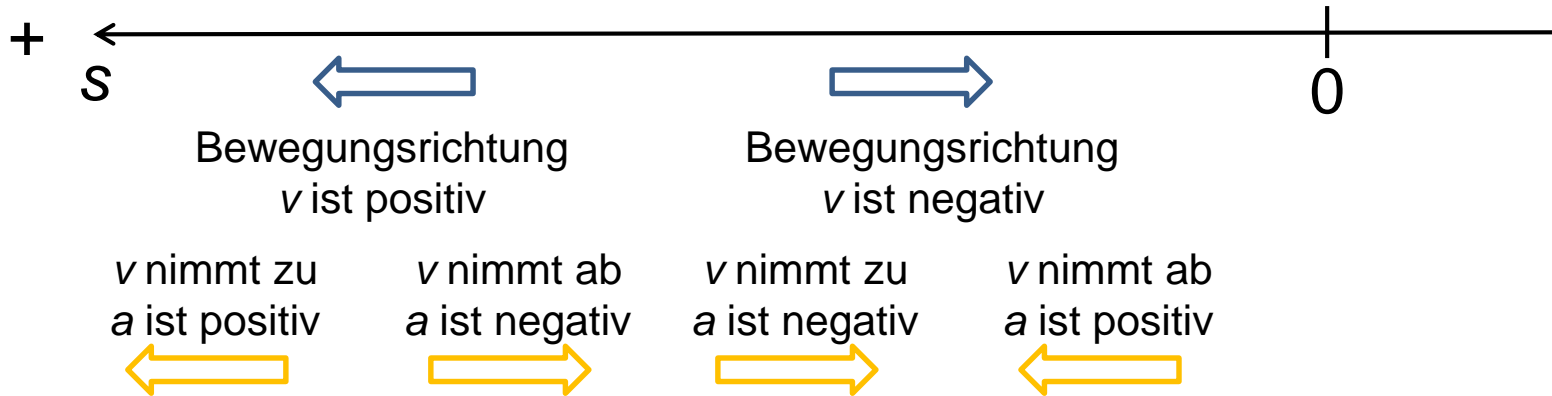
Fasertyp/- klasse	Leitungs- geschwindigkeit	Durchmesser
A $\alpha$	60–120 m/s	10–20 $\mu\text{m}$
A $\beta$	40–90 m/s	7–15 $\mu\text{m}$
A $\gamma$	20–50 m/s	4–8 $\mu\text{m}$
A $\delta$	10–30 m/s	2–5 $\mu\text{m}$
B	5–20 m/s	1–3 $\mu\text{m}$
C (ohne Myelinscheide)	0,5–2 m/s	0,5–1,5 $\mu\text{m}$

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





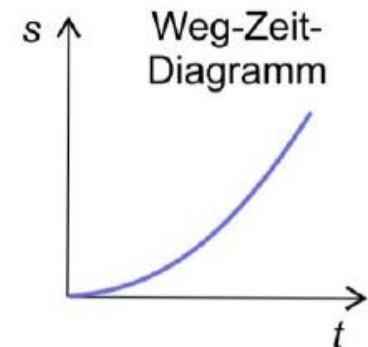
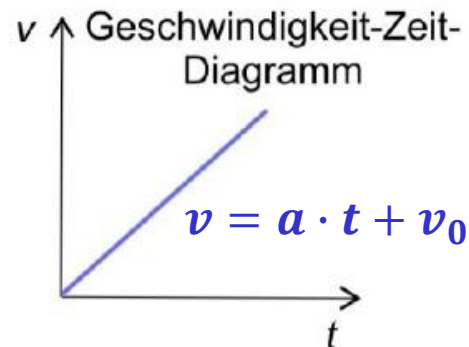
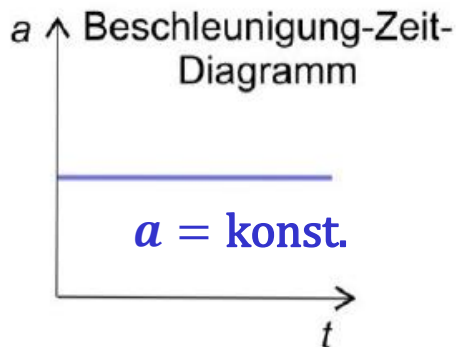
# Gleichförmig beschleunigte geradlinige Bewegung



**Definition:** konstante Beschleunigung ( $a = \text{konst.}$ )  
(hinsichtlich sowohl des Betrages als auch der Richtung)

$\Rightarrow$  Die Geschwindigkeit wächst gleichmäßig, sie ist eine lineare Funktion der Zeit:  $v(t) = a \cdot t + v_0$

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



$$s(t) = \bar{v} \cdot t$$

$$\bar{v} = \frac{v_0 + v}{2}$$



## 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 bis zum Zeitpunkt, wenn seine Geschwindigkeit auf 20 m/s angewachsen ist



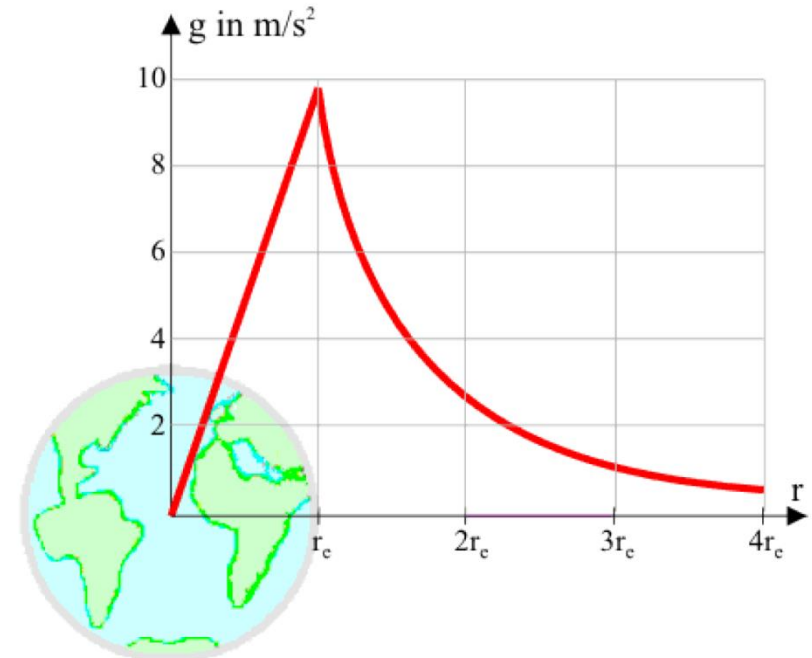
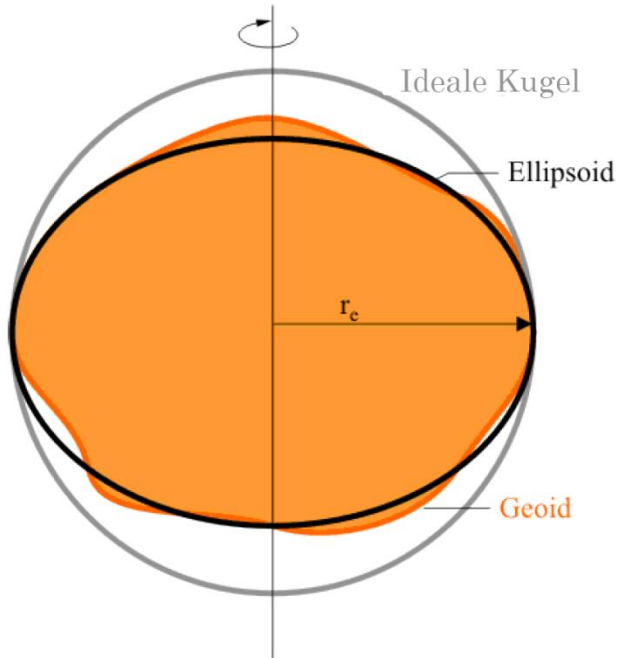
# Der freie Fall – eine gleichförmig beschleunigte geradlinige Bewegung

Video  
von  
Brian  
Cox

**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:



## Übungen:



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

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

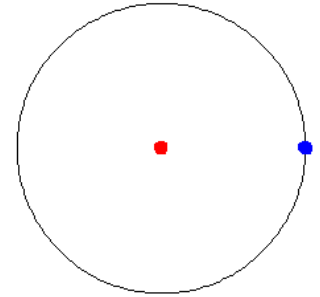
Ist der Fall von Felix Baumgartner frei?



# 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:

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

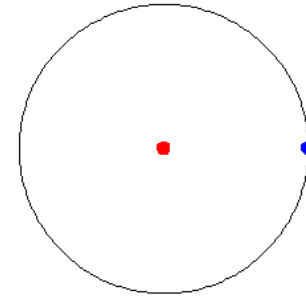
Hertz

Bemerkung:

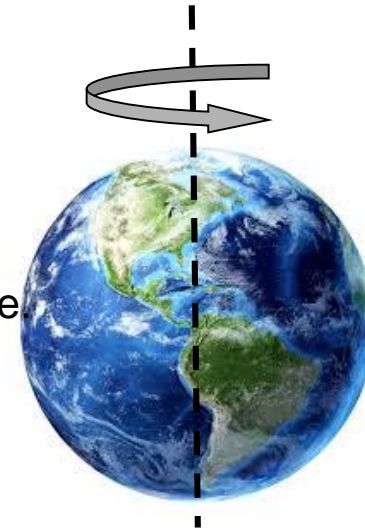
Die zwei Größen sind allgemein verwendbar bei periodischen Bewegungen und periodischen Vorgängen (Drehungen, Schwingungen, Wellen, ...).

## Übungen:

Bestimmen Sie Periodenzeit und Frequenz der Kreisbewegung in der Animation.



Bestimmen Sie Periodenzeit und Frequenz der Drehung der Erde.



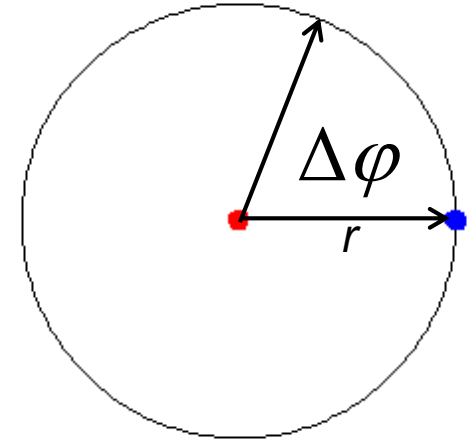
Bestimmen Sie Periodenzeit und Frequenz der Schwingung in der Animation.



# Winkelgeschwindigkeit

 $\Delta t$ 

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



- 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:

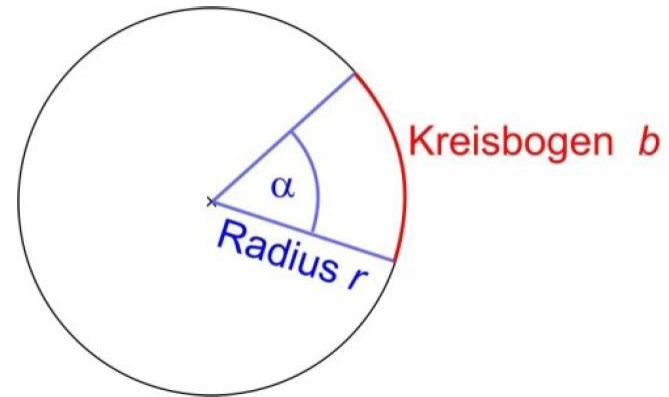


Bestimmen Sie die Winkelgeschwindigkeit der Kreisbewegung in der Animation.

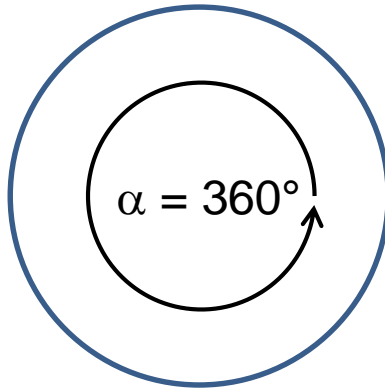
# Exkurs: Bogenmaß

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

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  $30^\circ$ . Wandeln Sie den Wert in die Radiant-Einheit um.

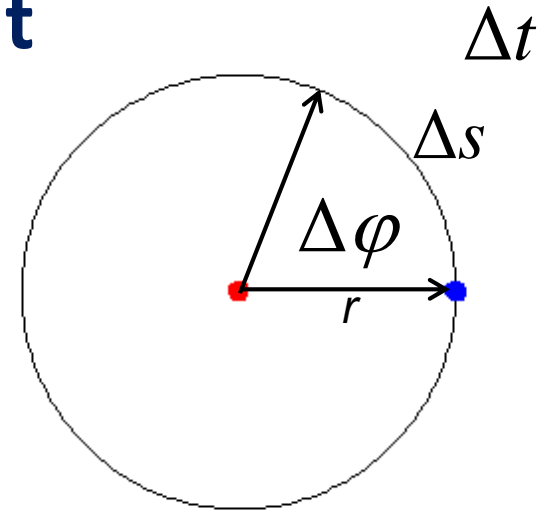


# (Bahn)geschwindigkeit

Sie ist die Geschwindigkeit des Körpers, also:



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



Übungen:



Bestimmen Sie die Bahngeschwindigkeit der Kreisbewegung in der Animation.

**Hausaufgaben:** Grundschrift Kapitel 4 und 5

