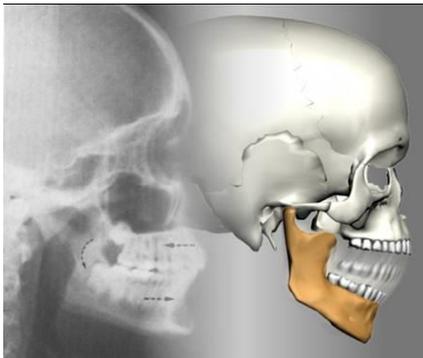


Grundlagen der medizinischen Biophysik

2. Vorlesung 09. 09. 2021

Mechanik - Kinematik (Bewegungslehre)

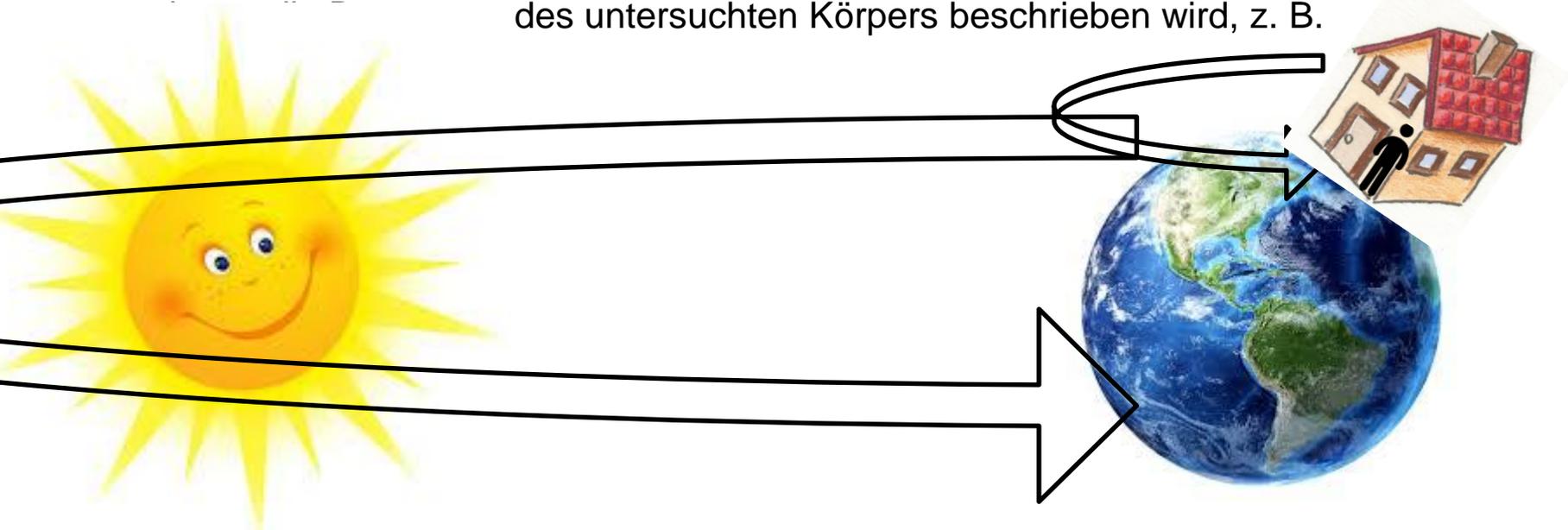


1. Bezugssystem
2. Bewegungsformen
 - Translation
 - Rotation
3. Größen zur Translationsbewegung
 - Geschwindigkeit
 - Beschleunigung
4. Spezielle Translationsbewegungen
 - Gleichförmige geradlinige Bewegung
 - Gleichförmig beschleunigte geradlinige Bewegung
 - Freier Fall
 - Erdbeschleunigung
5. Kreisbewegung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

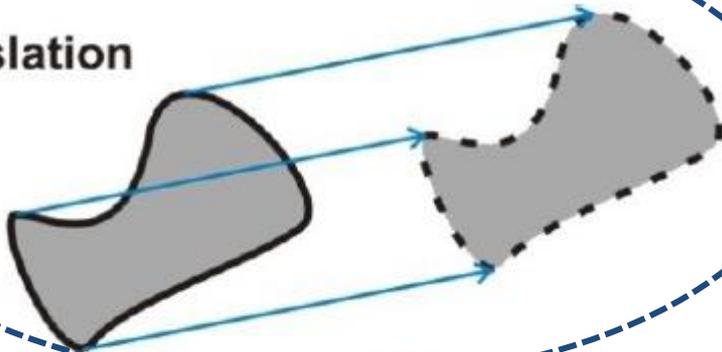
Bezugssystem 1 = Erde und Haus

Der untersuchte Körper (der Mann)
ist in Ruhe

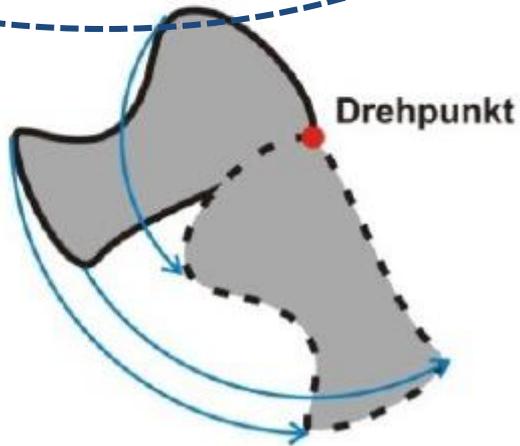
Bewegungen sind immer relativ!

Bewegungsformen

Translation



Rotation



Translation + Rotation:



Geschwindigkeit

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

Vektor

- Quotient der zurückgelegten Strecke (Δs) und der dafür benötigten Zeitspanne (Δt)
- Die Geschwindigkeit zeigt, wie schnell sich ein Körper bewegt.
- Δt 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 (Δv) und der dafür benötigten Zeitspanne (Δt)
- Die Beschleunigung zeigt, wie schnell sich die Geschwindigkeit eines Körpers ändert.
- Δt 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>



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

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



$$a =$$

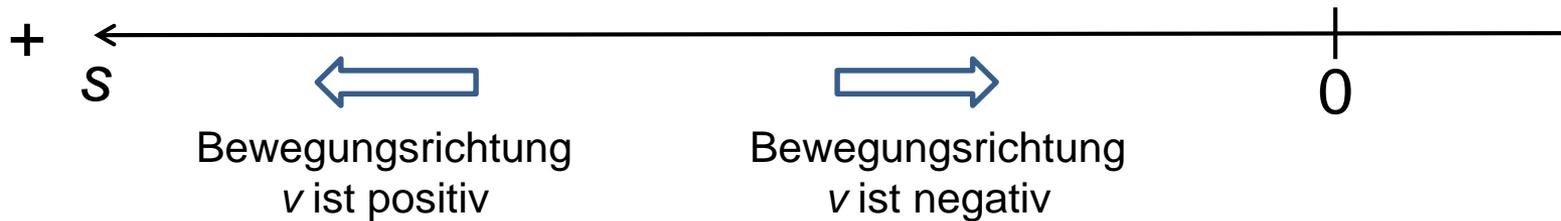
Top 35 Fastest Cars

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: $a(t)$

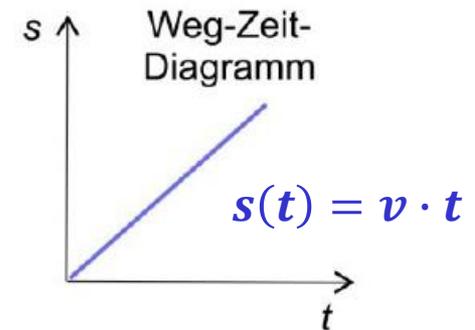
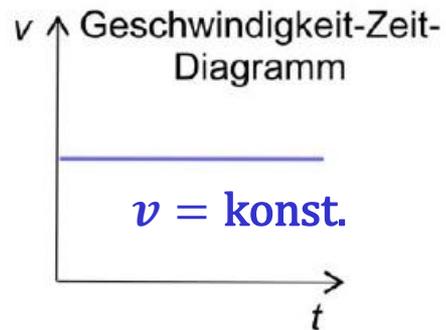
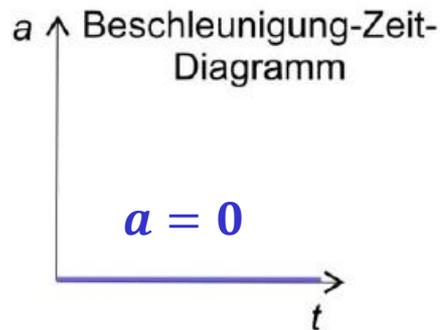
Gleichförmige geradlinige Bewegung



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:

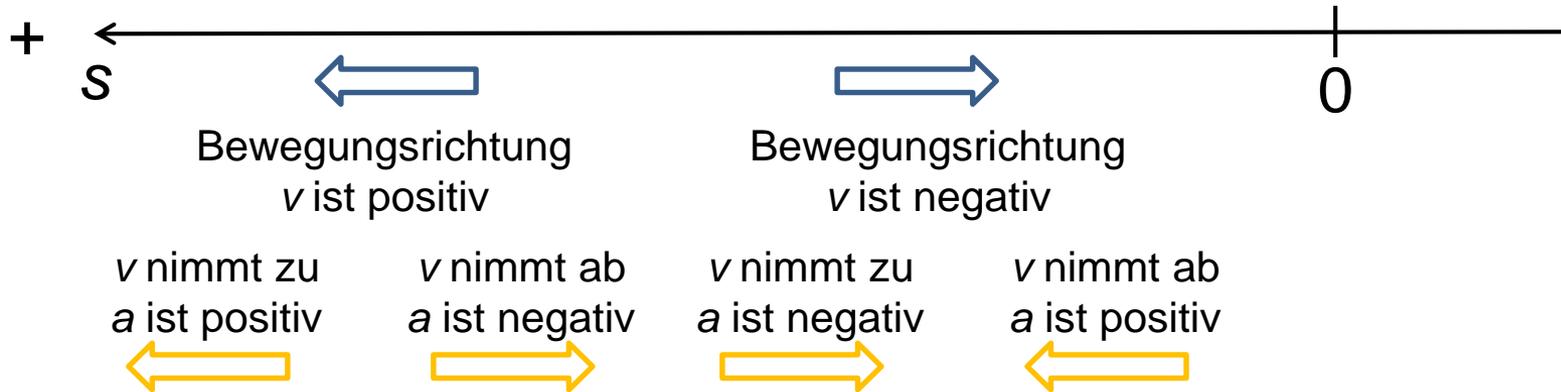
Nervenleitung im peripheren Nervensystem:

Fasertyp/-klasse	Leitungsgeschwindigkeit	Durchmesser
A α	60–120 m/s	10–20 μm
A β	40–90 m/s	7–15 μm
A γ	20–50 m/s	4–8 μm
A δ	10–30 m/s	2–5 μm
B	5–20 m/s	1–3 μm
C (ohne Myelinscheide)	0,5–2 m/s	0,5–1,5 μm

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



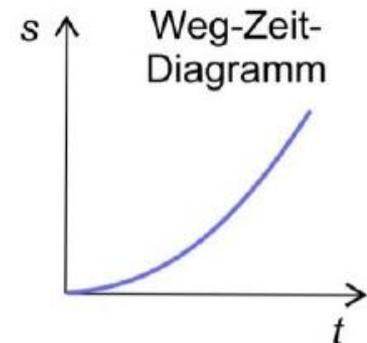
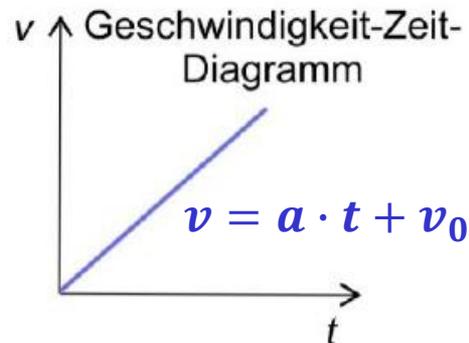
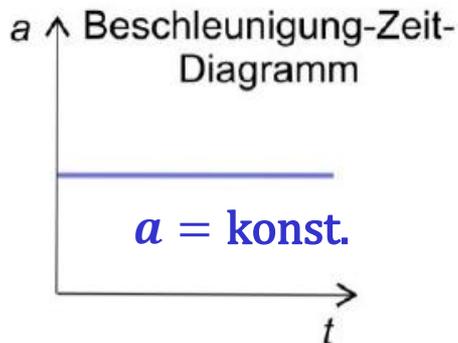
Gleichförmig beschleunigte geradlinige Bewegung



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



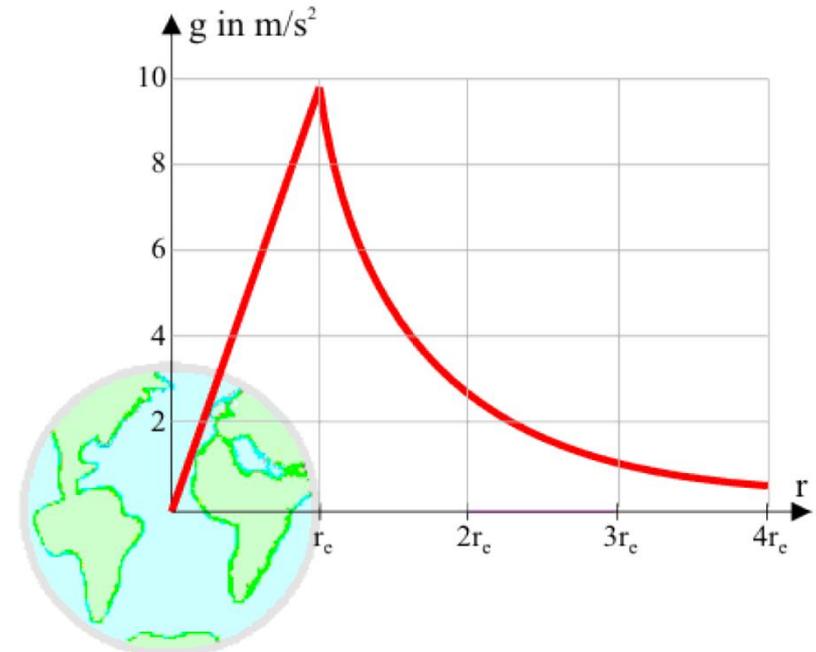
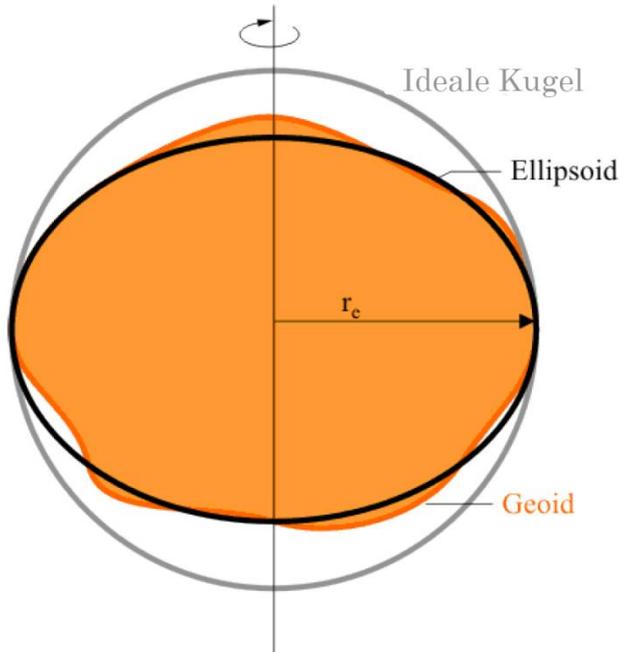
Der freie Fall – eine gleichförmig beschleunigte geradlinige Bewegung

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.

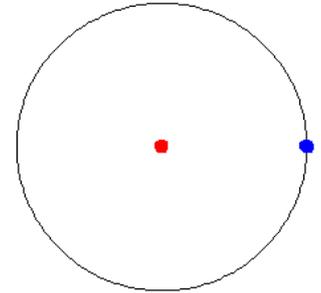
Ist der Fall von Felix Baumgartner frei?



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:

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

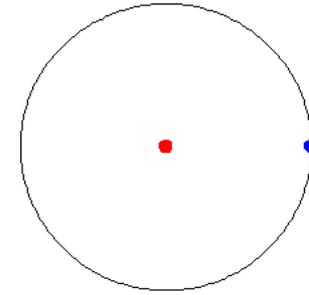
Hertz

Bemerkung:

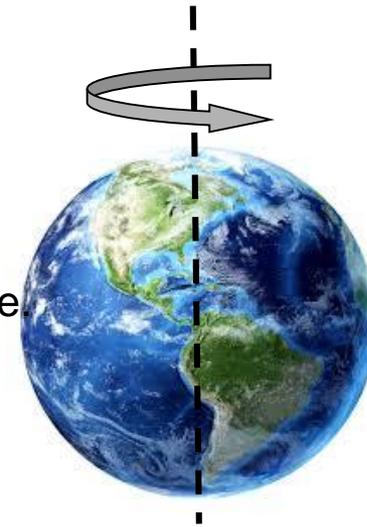
Die zwei Größen sind allgemein verwendbar bei periodischen Bewegungen und periodischen Vorgängen (Drehungen, Schwingungen, Wellen, ...).

Übungen:

Bestimmen Sie Periodenzeit und Frequenz der Kreisbewegung in der Animation.



Bestimmen Sie Periodenzeit und Frequenz der Drehung der Erde.



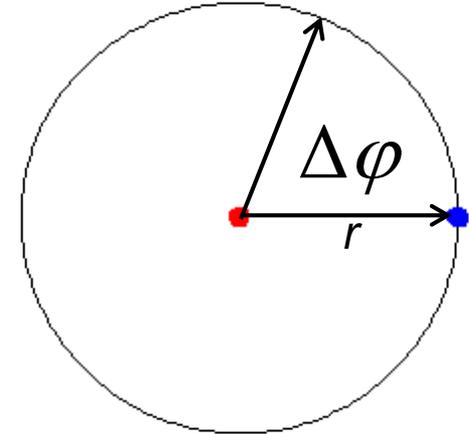
Bestimmen Sie Periodenzeit und Frequenz der Schwingung in der Animation.



Winkelgeschwindigkeit

 Δt

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



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



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

Kreisfrequenz

Übung:

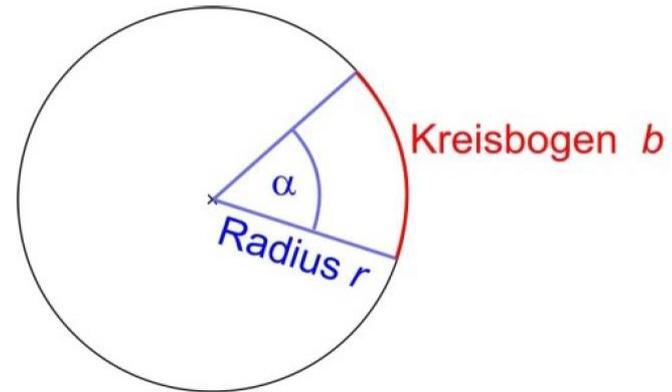


Bestimmen Sie die Winkelgeschwindigkeit der Kreisbewegung in der Animation.

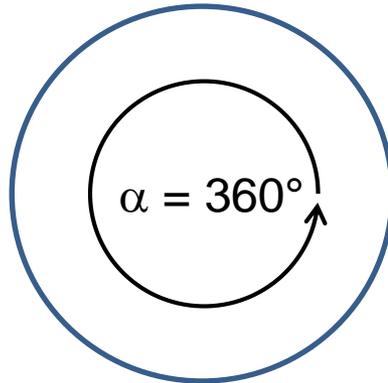
Exkurs: Bogenmaß

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

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° . Wandeln Sie den Wert in die Radiant-Einheit um.

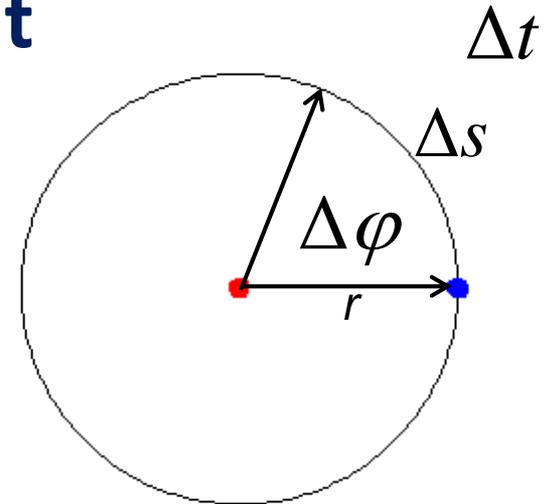


(Bahn)geschwindigkeit

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

