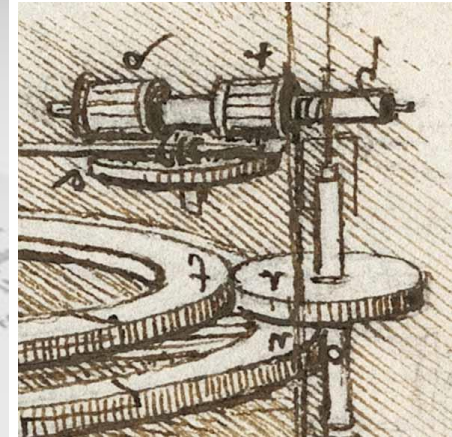
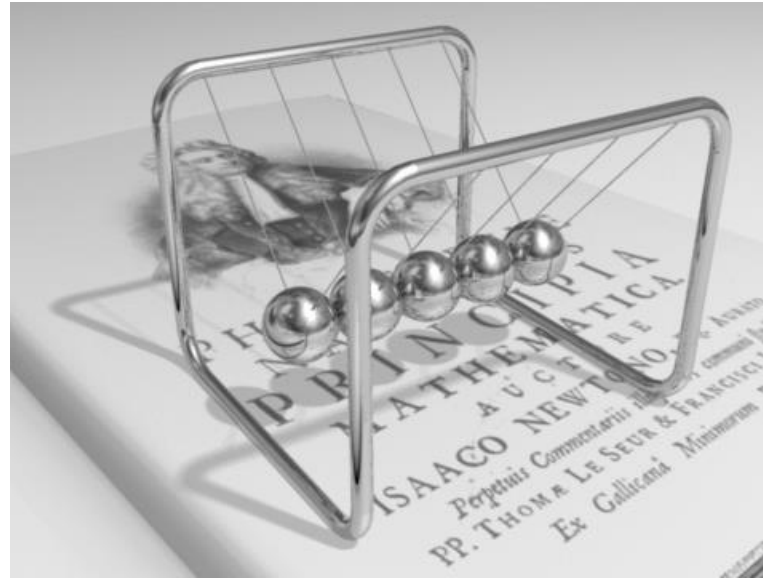


# M01 Physik für Mediziner

## 01.2 Teil 1 - Mechanik

### | GK Physik 2.1 - 2.4

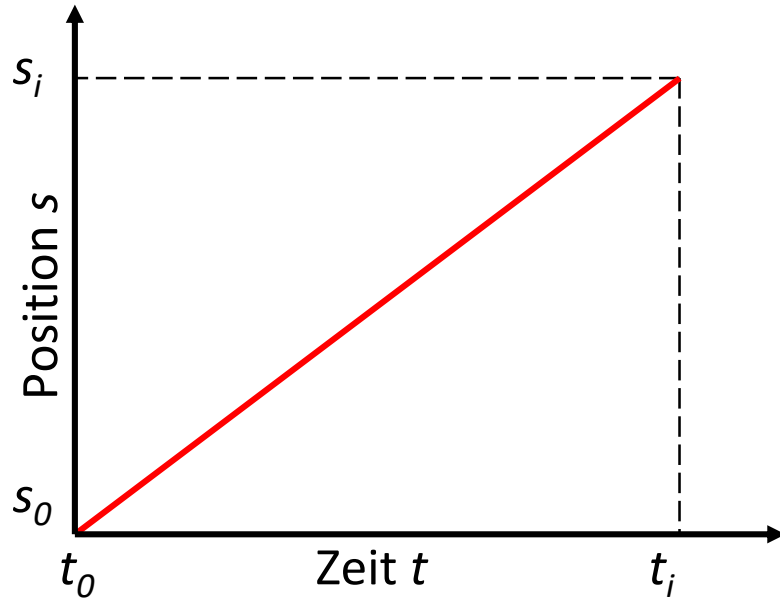


wikipedia.org

## 2.1 Bewegungen

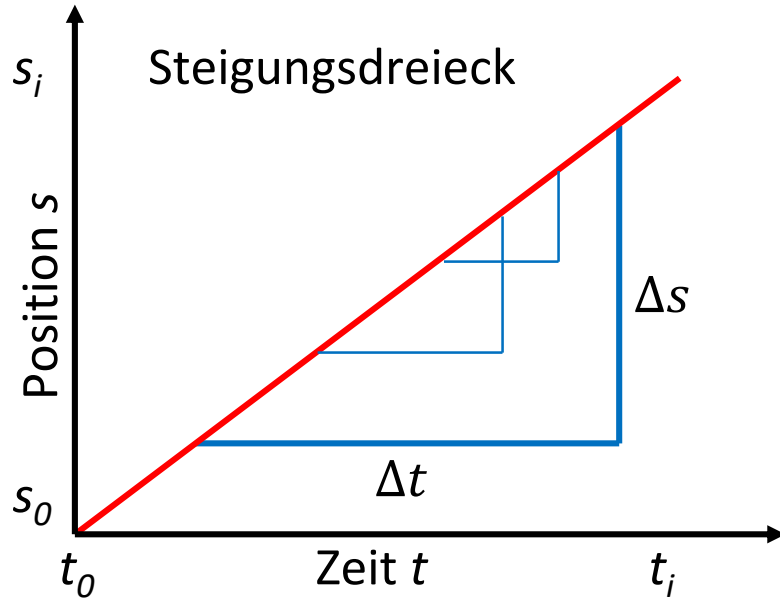
### | GK Physik 2.1

# Ermittlung der Geschwindigkeit

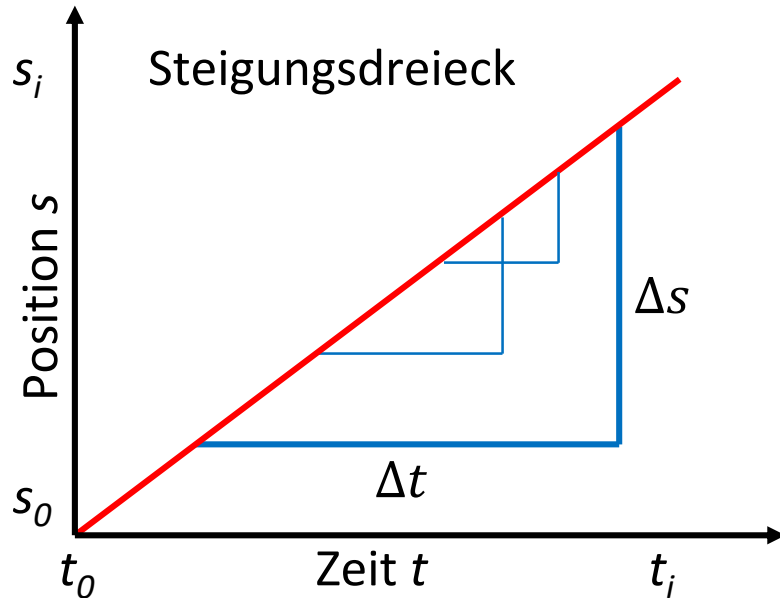


gleichförmige Bewegung mit  
konstanter Geschwindigkeit

# Ermittlung der Geschwindigkeit - Differenzquotient



# Ermittlung der Geschwindigkeit - Differenzquotient



mittlere Geschwindigkeit

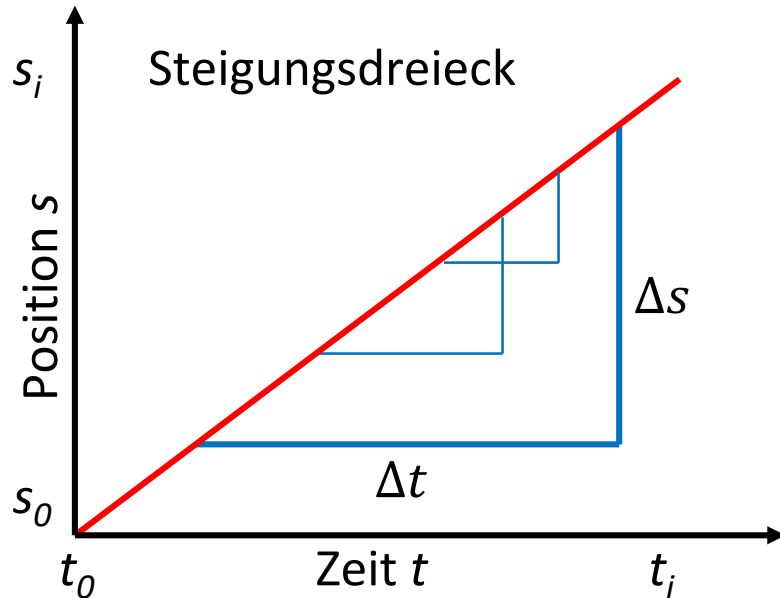
$$v = \frac{s_i - s_0}{t_i - t_0} = \frac{\Delta s}{\Delta t} \quad \frac{m}{s}$$

Differenzquotient

Wie schnell war ich heute morgen?

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{7 \text{ km}}{21 \text{ min}} = \frac{1 \text{ km}}{3 \text{ min}} = 20 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

# Ermittlung der Geschwindigkeit - Differenzquotient



mittlere Geschwindigkeit

$$v = \frac{s_i - s_0}{t_i - t_0} = \frac{\Delta s}{\Delta t} \quad \frac{m}{s}$$

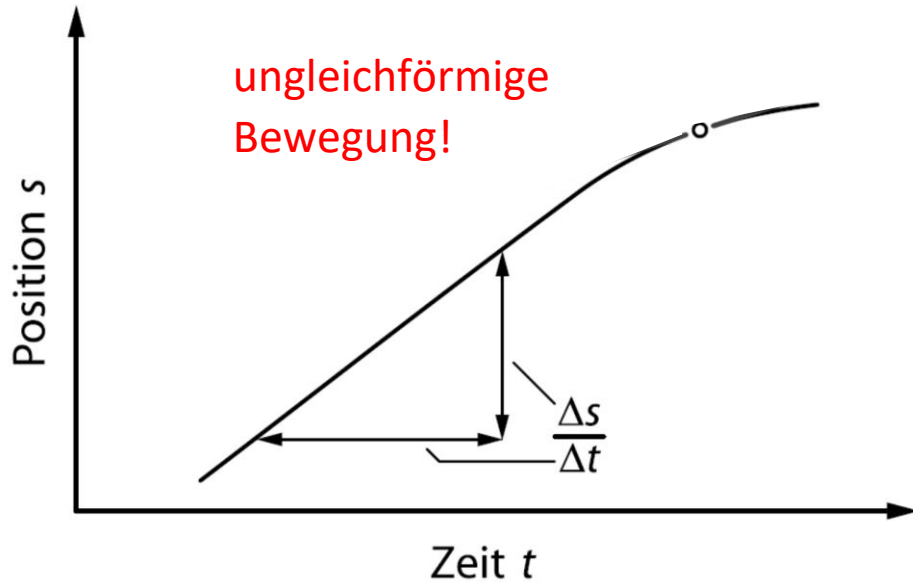
Wir können die Strecke berechnen...

$$\Delta s = v \cdot \Delta t \quad \frac{m}{s} \cdot s$$

...oder die benötigte Zeit.

$$\Delta t = \frac{\Delta s}{v} \quad \frac{m}{\frac{m}{s}} = m \cdot \frac{s}{m}$$

# Ermittlung der Geschwindigkeit - Differenzquotient

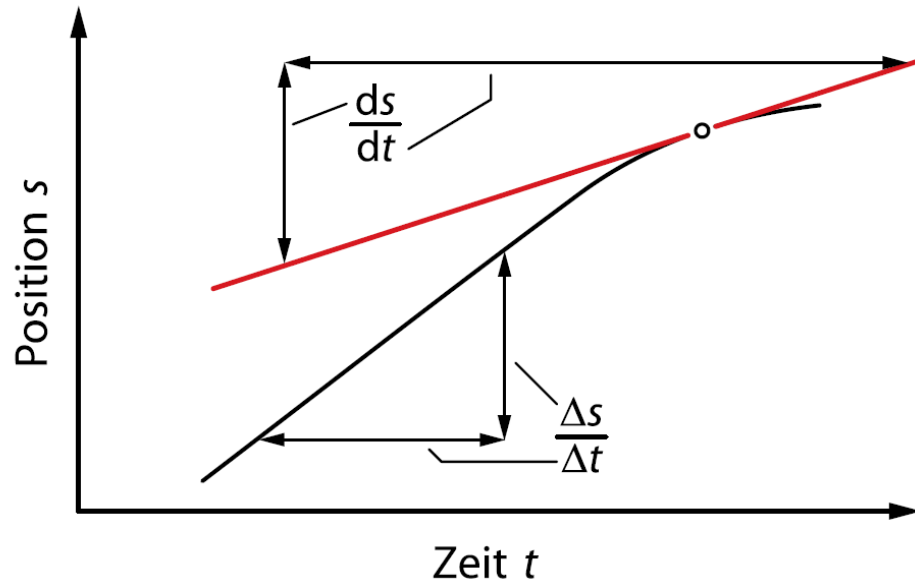


mittlere Geschwindigkeit

$$v = \frac{s_i - s_0}{t_i - t_0} = \frac{\Delta s}{\Delta t} \quad \frac{m}{s}$$

Differenzquotient

# Ermittlung der Geschwindigkeit - Differentialquotient



mittlere Geschwindigkeit

$$v = \frac{s_i - s_0}{t_i - t_0} = \frac{\Delta s}{\Delta t} \quad \frac{m}{s}$$

Differenzquotient

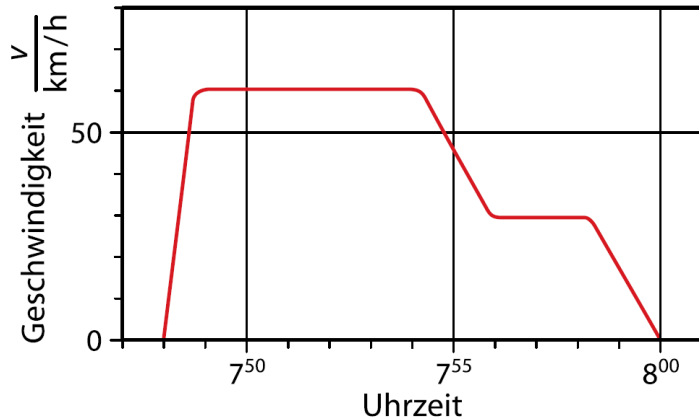
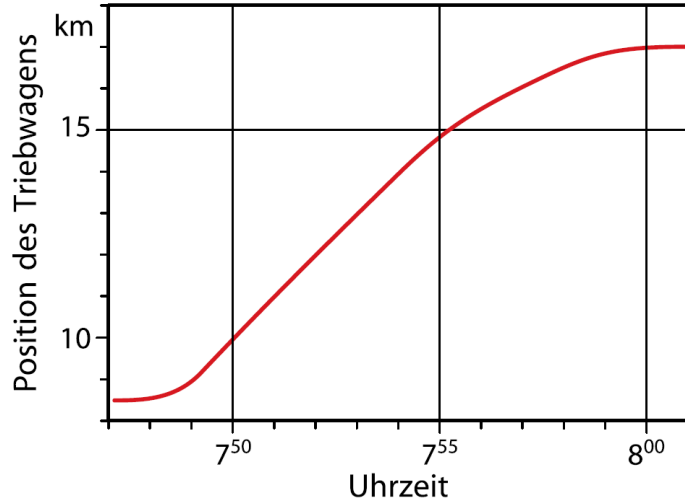
momentane Geschwindigkeit

$$v(t) = \frac{ds}{dt}$$

Differentialquotient



# Momentane Geschwindigkeit - Beispiel

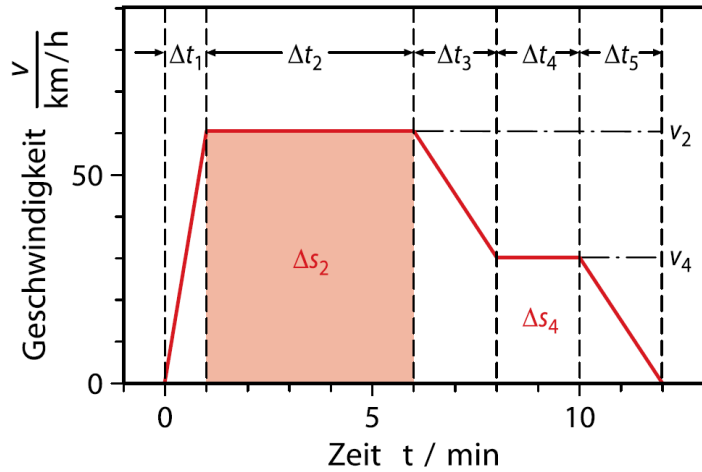


momentane Geschwindigkeit

$$v(t) = \frac{ds(t)}{dt}$$

Differentialquotient

# Graphische Integration - Beispiel

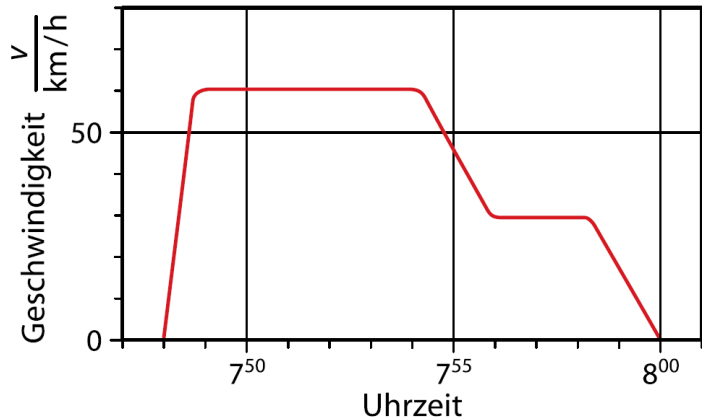


Wie groß war die Strecke  $\Delta s_2$ ?

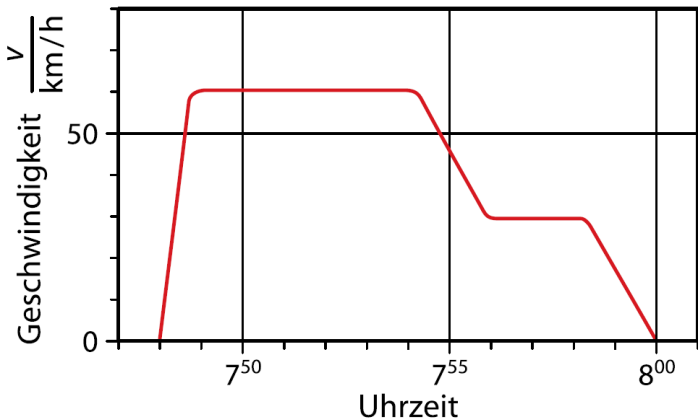
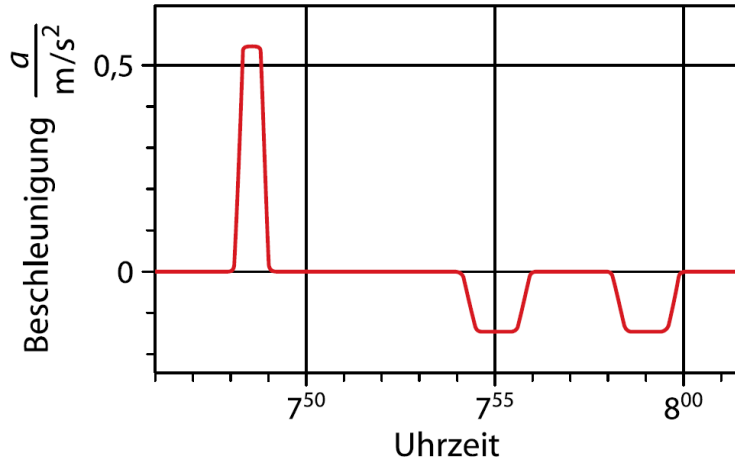
$$s_2 = 5 \text{ min} \cdot 60 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

$$= 5 \cancel{\text{min}} \cdot \cancel{60} \frac{\text{km}}{\cancel{60 \text{ min}}}$$

$$= 5 \text{ km}$$



# Beschleunigung



Beschleunigung ist die Voraussetzung für Geschwindigkeitsänderungen.

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} \quad \frac{\text{m/s}}{\text{s}}$$

Sie besagt um wieviel sich  $\vec{v}$  pro  $t$  ändert.

Bremsen ist auch eine Beschleunigung!

# Periodische Bewegungen

Ein Rad dreht sich. Die Umdrehungen pro Zeit sind proportional zur Geschwindigkeit.

Frequenz=Umdrehungen/Sekunde

$$f = \frac{\Delta N}{\Delta t}$$

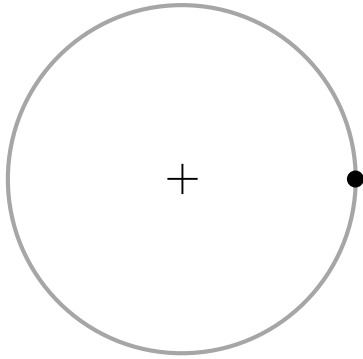
Die Geschwindigkeit des Fahrrads ist das Produkt aus der Frequenz  $f$  und dem Umfang  $s_r$ .

$$v = f \cdot s_r$$



wikipedia.org

# Kreisfrequenz und Bahngeschwindigkeit



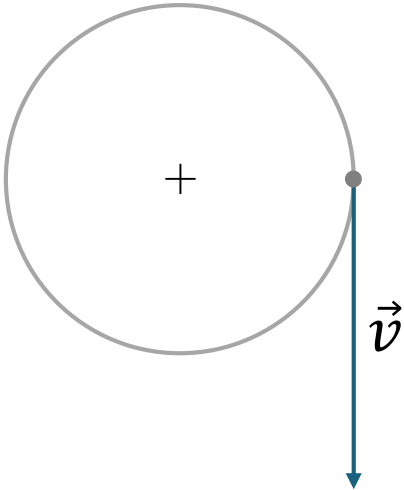
Kreisfrequenz = Winkelgeschwindigkeit:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi \cdot f$$

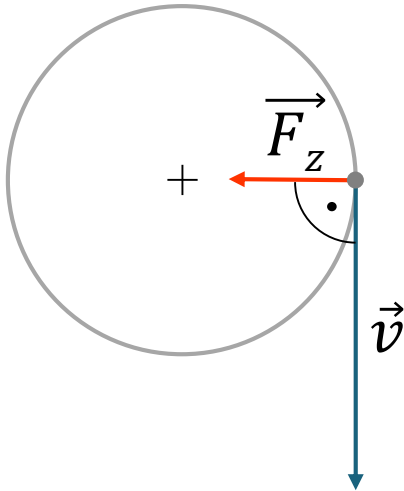
Bahngeschwindigkeit:

$$|\vec{v}| = \frac{2\pi \cdot r}{T} = 2\pi \cdot r \cdot f = \omega \cdot r$$

# Radialbeschleunigung und Zentripetalkraft



# Radialbeschleunigung und Zentripetalkraft



Zentripetal-/Radialbeschleunigung:

$$|\vec{a}_r| = \frac{v^2}{r} = \omega^2 \cdot r$$

Zentripetalkraft:

$$\vec{F}_z = \vec{a}_r \cdot m$$

Hält die Masse auf der Kreisbahn.

## 2.2 Kraft und Impuls

| GK Physik 2.2



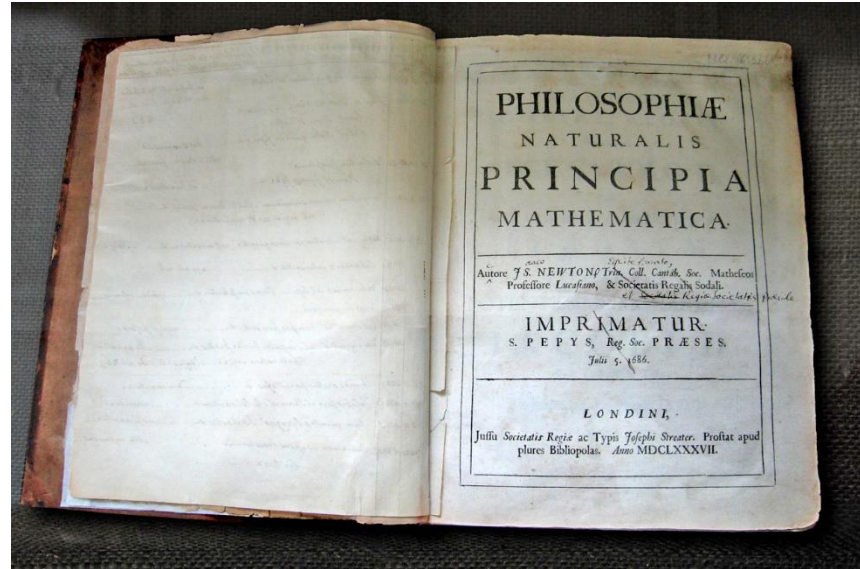
# Newtons Apfel



akg/Johann Brandstetter

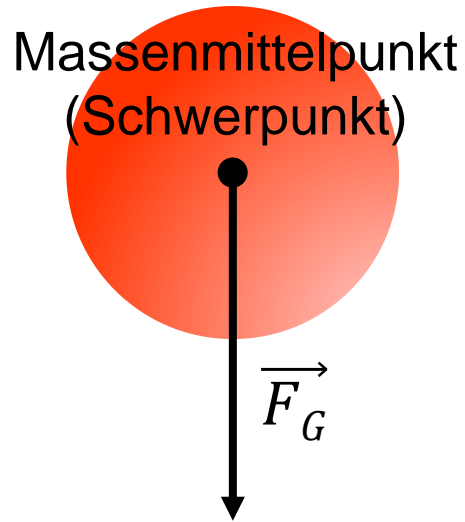
1665 beobachtet Isaac Newton einen fallenden Apfel.

Warum fällt der Apfel überhaupt runter?



wikipedia.org

# Warum fällt der Flummi runter?



Er wird beschleunigt!

Fallbeschleunigung  $g$  im Schwerfeld der Erde:

$$\vec{g} = 9,81 \frac{m}{s^2} \approx 10 \frac{m}{s^2} \quad \frac{m/s}{s}$$

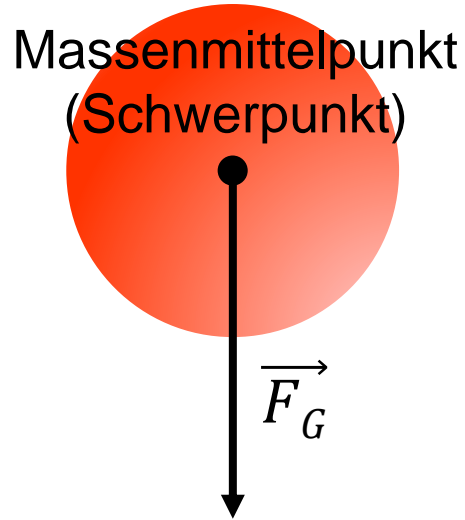
Gewicht/Gewichtskraft:

$$\vec{F}_G = m \cdot \vec{g} \quad \frac{kg \cdot m}{s^2} = N \quad \text{Newton}$$

Vorsicht: Gewicht  $\neq$  Masse!!!

$$\vec{F}_{Flummi} = 0,05 \, kg \cdot 10 \frac{m}{s^2} = 0,5 \, N$$

# Warum fällt der Flummi runter?



Gravitation:

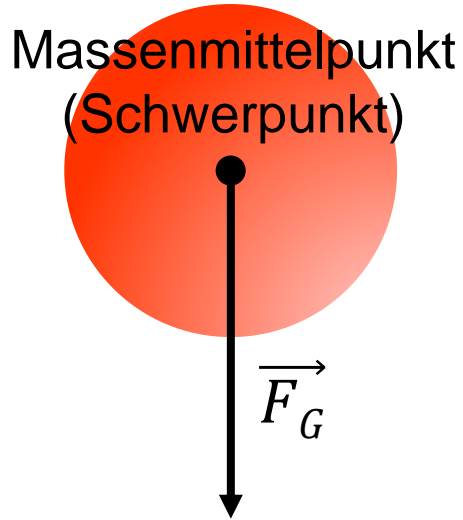
$$|\vec{F}_G| = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

Gravitationskonstante  $G$ :

$$G = 6,68 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{Nm^2}{kg^2}$$

# Warum fällt der Flummi runter?

Gravitation:

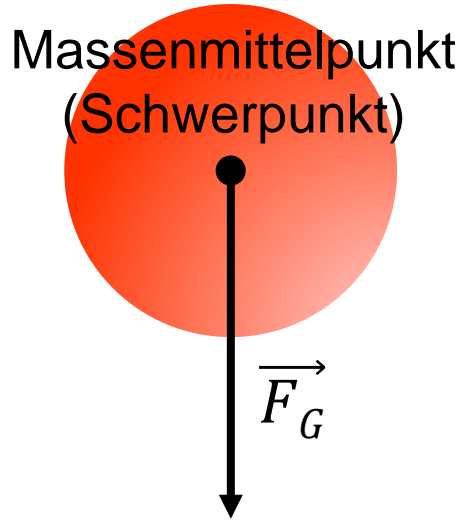


$$|\vec{F}_G| = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

$$\frac{|\vec{F}_G|}{m_{\text{Flummi}}} = G \cdot \frac{m_{\text{Erde}}}{r^2} = g$$

$$6,68 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2} \cdot \frac{5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}}{(6,37 \cdot 10^6 \text{ m})^2} = g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

# Wie fällt der Flummi? / freier Fall



Geschwindigkeit-Zeit-Gesetz (Fallgeschwindigkeit):

$$\vec{v}(t) = \vec{g} \cdot \Delta t + \vec{v}_0$$

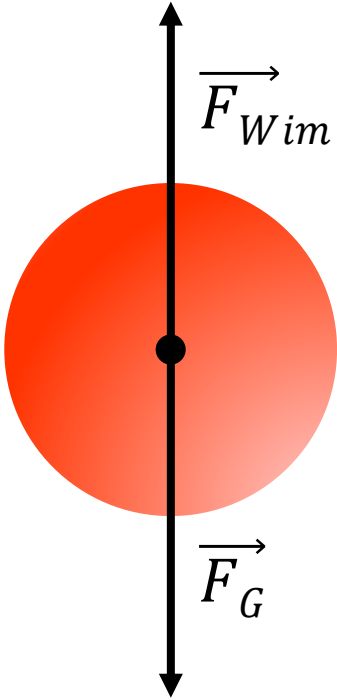
Weg-Zeit-Gesetz (zurückgelegte Strecke):

$$s(t) = \frac{1}{2} g \cdot t^2 \qquad t(s) = \sqrt{\frac{2s}{g}}$$

Falldauer:

$$\Delta t = \frac{\vec{v}(t) - \vec{v}_0}{\vec{g}}$$

# Warum fällt der Flummi nicht runter?



Er wird beschleunigt aber es gibt eine Gegenkraft.

$$\vec{F}_G = -\vec{F}_{Wim}$$

# Newtonsche Axiome

1. Ein kräftefreier Körper bleibt in Ruhe oder bewegt sich geradlinig mit konstanter Geschwindigkeit („schwerelos“).

Trägkeitsprinzip

2. Kraft gleich Masse mal Beschleunigung.

Aktionsprinzip

3. Kraft = Gegenkraft

Reaktionsprinzip

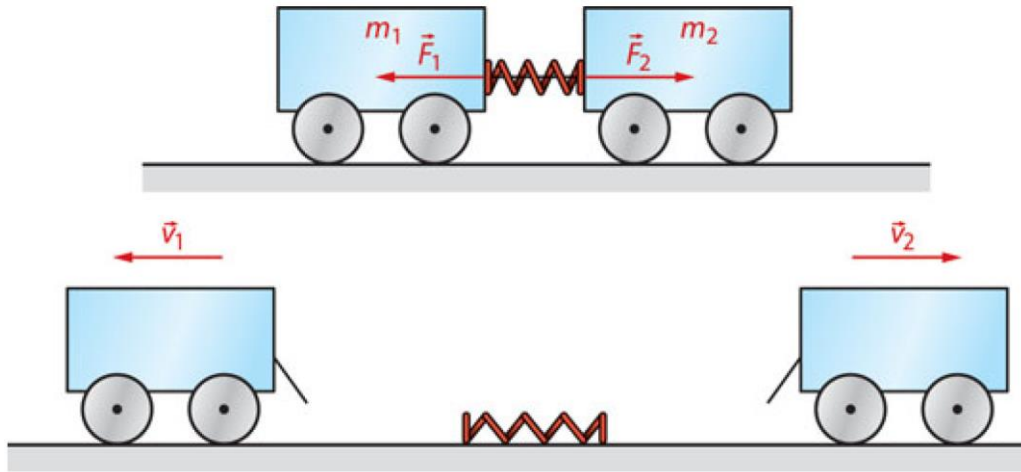
# Impuls

Bei einem Stoß überträgt eine Kraft  $\vec{F}$  einen Impuls  $\vec{p}$  auf eine Masse  $m$ :

$$\vec{p} = m \cdot \vec{v} \quad 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}} = 1 \text{ Ns}$$

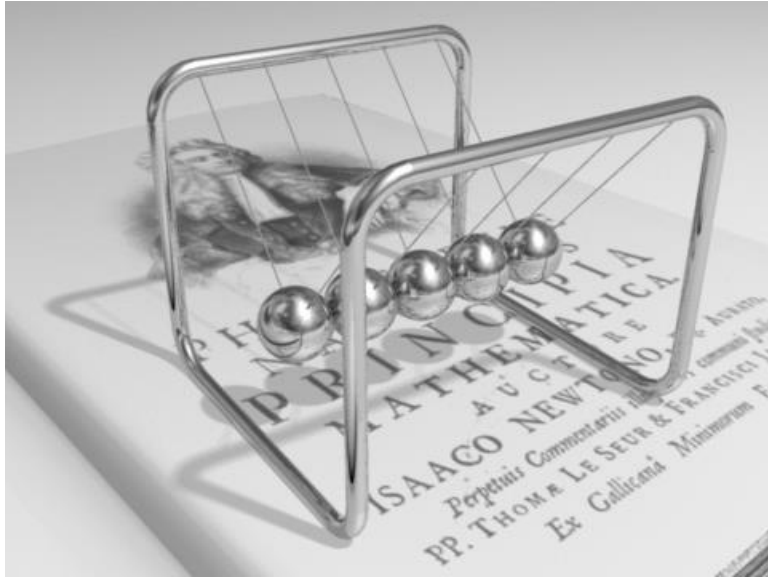
$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$$

$$\vec{p}_1 = -\vec{p}_2 = m_1 \cdot \vec{v}_1 = -m_2 \cdot \vec{v}_2$$



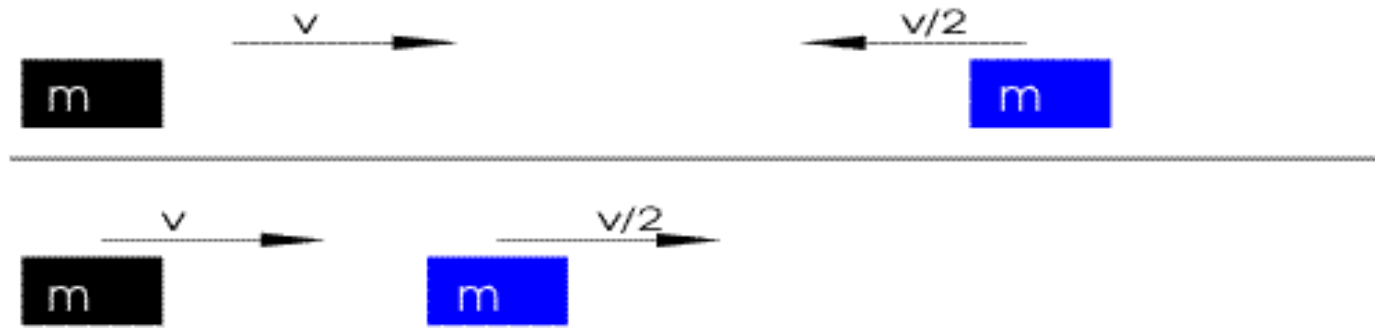


# Impulserhaltung



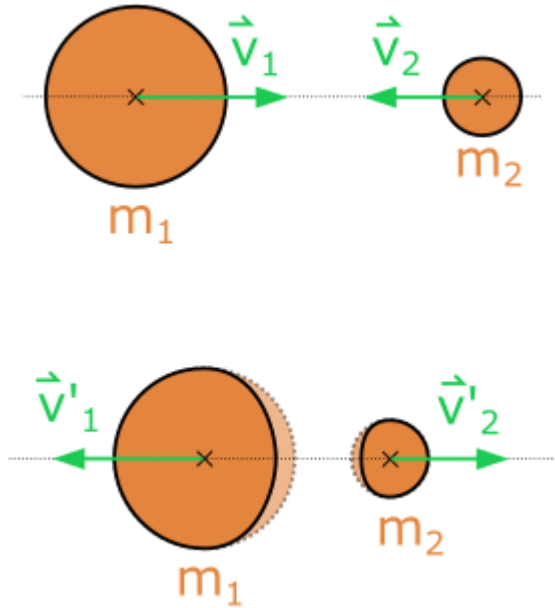
In einem mechanisch abgeschlossenen System ist der Gesamtimpuls konstant.

# Elastischer Stoß



# Elastischer Stoß

zentraler Stoß



nicht zentraler Stoß



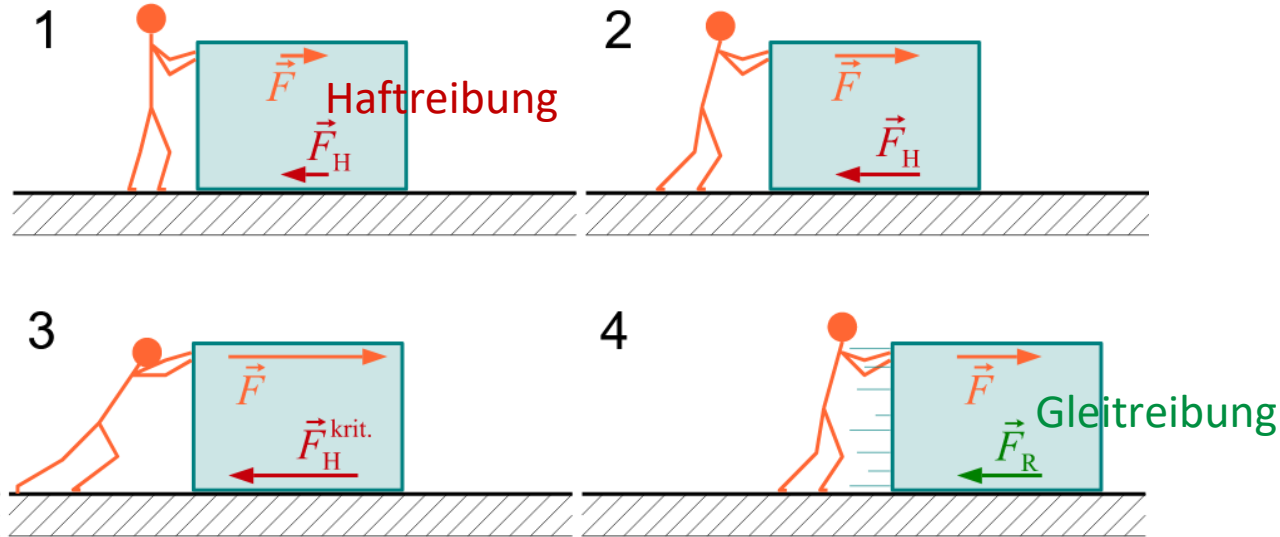
# Unelastischer Stoß



Unelastische Stöße mit elastischen Körpern! Kugeln mit Kaugummi

# Reibung

Reibung begegnet Ihnen in Aufgaben meist nur im Sinne ihrer Abwesenheit. => „reibungsfreies System“



Die Reibung wirkt immer der Bewegung entgegen.

Reibung ist eine Kombination aus Formschluss (Rauheit) und molekularen Anziehungskräften.

## 2.3 Arbeit, Energie und Leistung

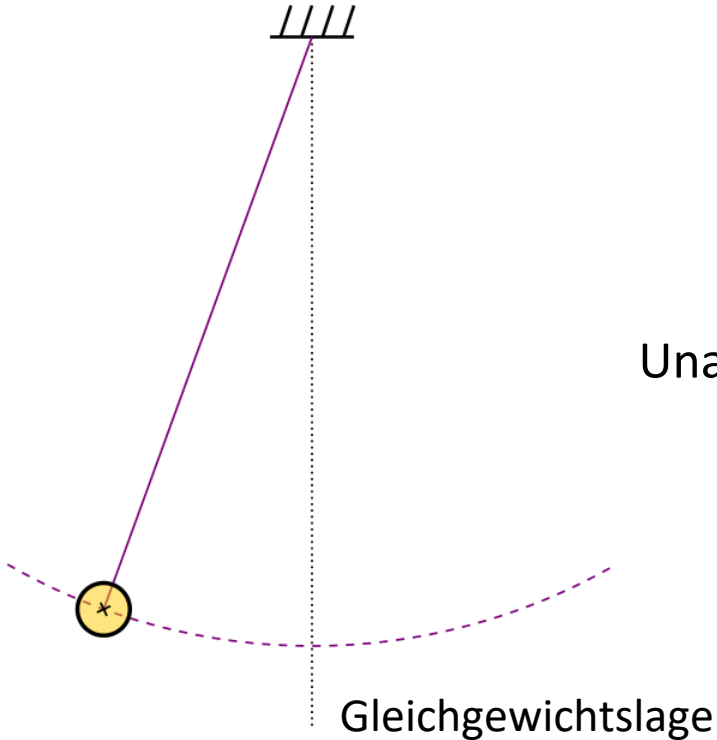
| GK Physik 2.4

# Pendel

Das Pendel oszilliert um die Gleichgewichtslage mit einer Schwingdauer  $T$  :

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{l}{g}}$$

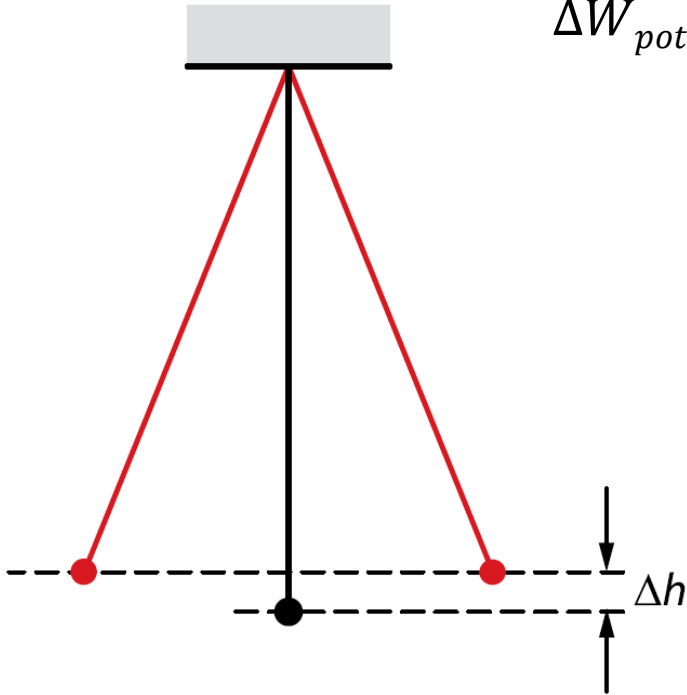
Unabhängig von Auslenkung und Masse!



# Potentielle und kinetische Energie

potentielle Energie  $W_{\text{pot}}$ :

$$\Delta W_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot \Delta h \quad 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} = 1 \text{ Nm} = 1 \text{ J Joule}$$

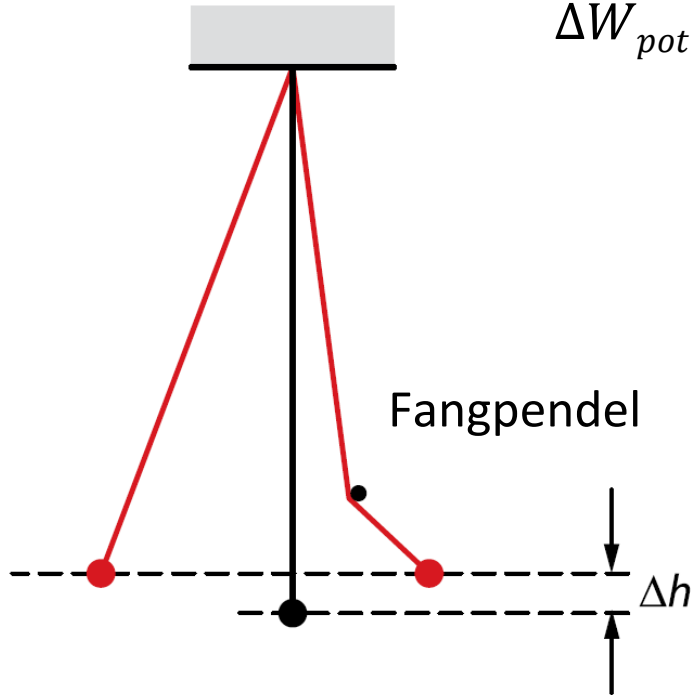




# Potentielle und kinetische Energie

potentielle Energie  $W_{\text{pot}}$ :

$$\Delta W_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot \Delta h \quad 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} = 1 \text{ Nm} = 1 \text{ J Joule}$$



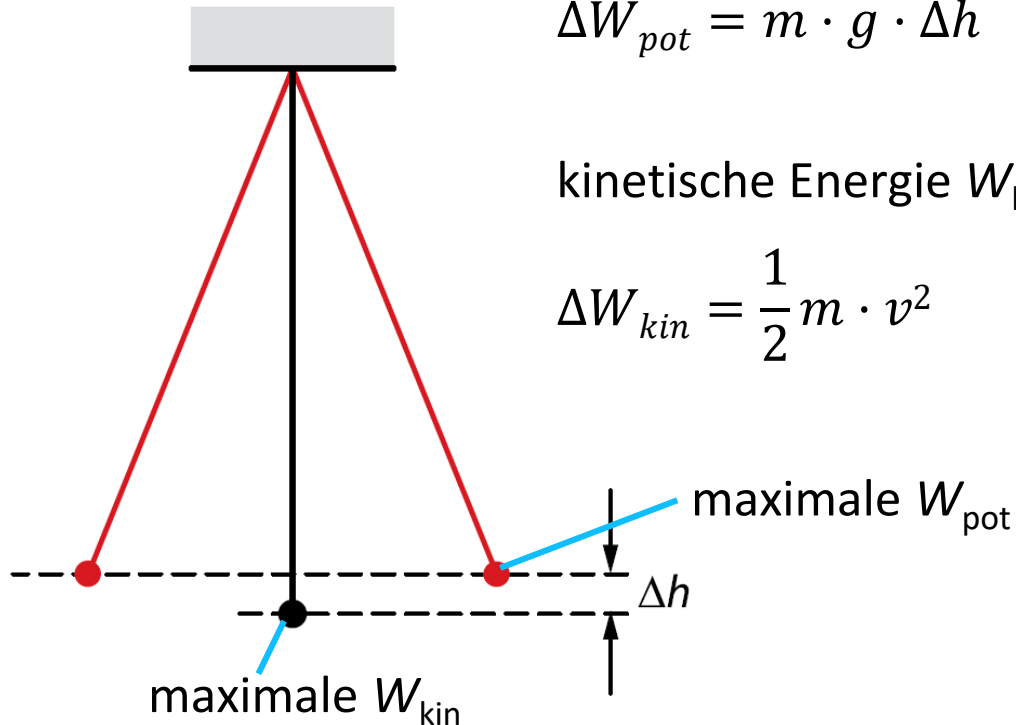
# Potentielle und kinetische Energie

potentielle Energie  $W_{\text{pot}}$ :

$$\Delta W_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot \Delta h \quad 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} = 1 \text{ Nm} = 1 \text{ J Joule}$$

kinetische Energie  $W_{\text{kin}}$ :

$$\Delta W_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$



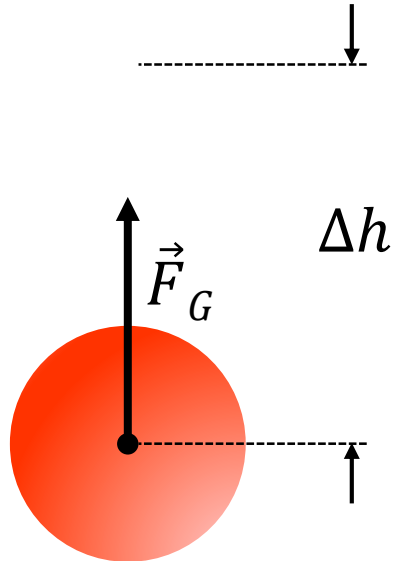
$$\text{max. } W_{\text{kin}} = \text{max. } W_{\text{pot}}$$

Energieerhaltung!

# Arbeit

Arbeit  $W$  ist, wenn eine Kraft  $F$  über eine Strecke  $l$  ausgeübt wird.

$$W = F \cdot l \qquad 1 \text{ Nm} = 1 \text{ J} \qquad \text{Joule}$$



Beispiel Hubarbeit:

$$\vec{F}_G = g \cdot m = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,05 \text{ kg} = 0,5 \text{ N}$$

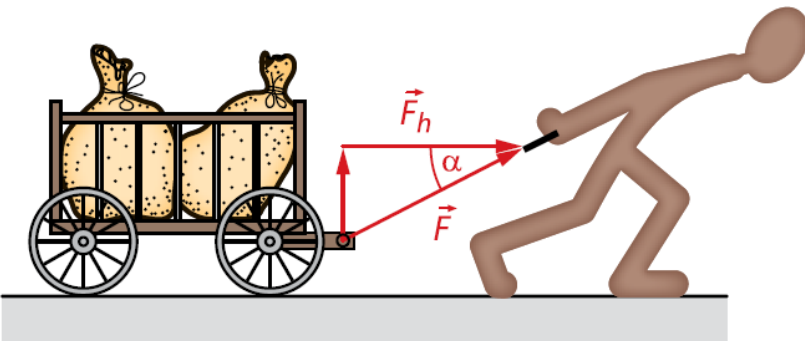
$$W = F_G \cdot l = 0,5 \text{ N} \cdot 0,2 \text{ m} = 0,01 \text{ J}$$

# Arbeit

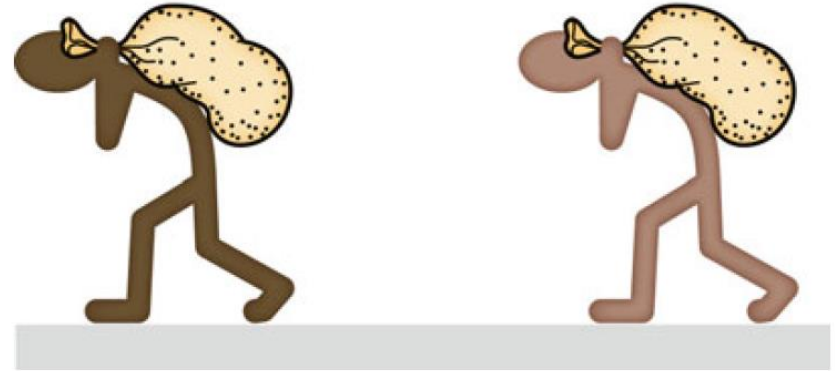
Arbeit  $W$  ist, wenn eine Kraft  $F$  über eine Strecke  $l$  ausgeübt wird.

$$W = F \cdot l$$

$$1 \text{ Nm} = 1 \text{ J} \quad \text{Joule}$$



Nur die horizontale Kraft  $F_h$  leistet Arbeit.



Keine Arbeit gegen die Schwerkraft!

# Leistung

Die Leistung  $P$  ist der Quotient aus Energie  $W$  und Zeitspanne  $t$ .

$$P = \frac{W}{t} \qquad 1 \frac{\text{J}}{\text{s}} = 1 \text{ W} \qquad \text{Watt}$$

Auch hier können wir eine mittlere Leistung bestimmen...

$$P = \frac{\Delta W}{\Delta t}$$

...und eine momentane Leistung.

$$P(t) = \frac{dW}{dt}$$

## 2.4 Drehmoment und Hebel

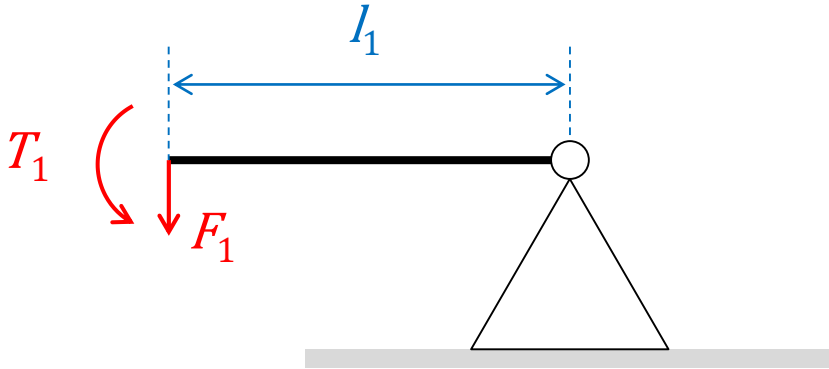
| GK Physik 2.3

# Drehmoment

Das Drehmoment  $T$  für die Rotation eines Körpers ist das Produkt der Kraft  $\vec{F}$  mit der Länge des Hebelarms  $l$ .

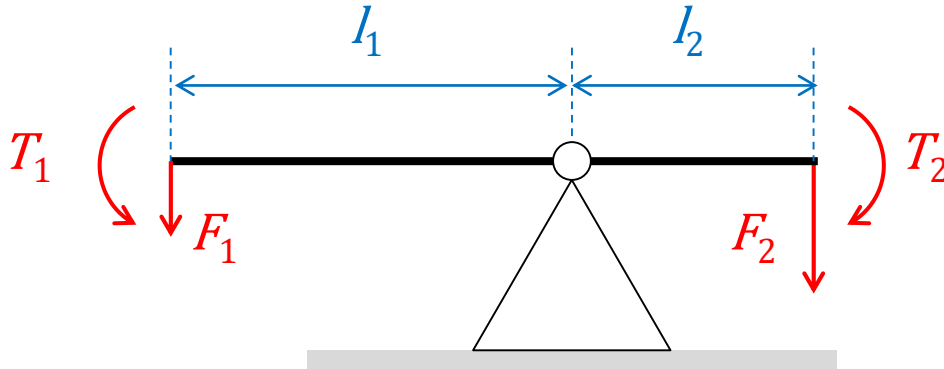
Drehmoment:

$$T = \vec{F} \cdot l$$



# Drehmoment und Hebelgesetz

Das Drehmoment  $T$  für die Rotation eines Körpers ist das Produkt der Kraft  $\vec{F}$  mit der Länge des Hebelarms  $l$ .



Drehmoment:

$$T = \vec{F} \cdot l$$

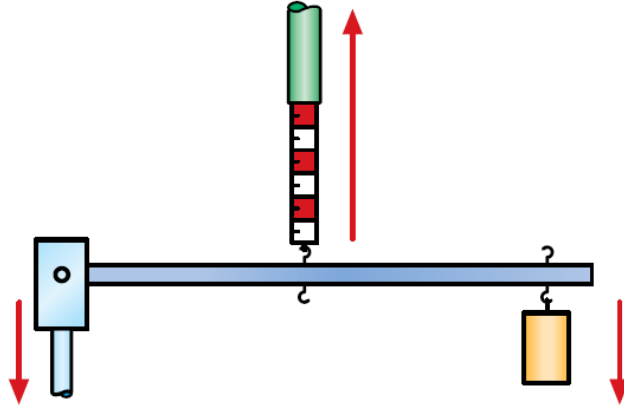
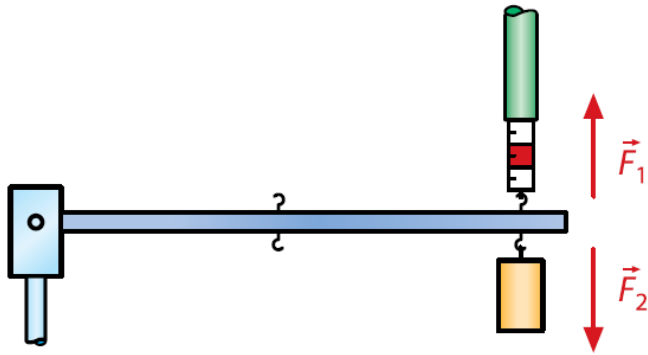
Hebelgesetz:

$$F_1 \cdot l_1 = F_2 \cdot l_2$$

Last mal Lastarm gleich  
Kraft mal Kraftarm.



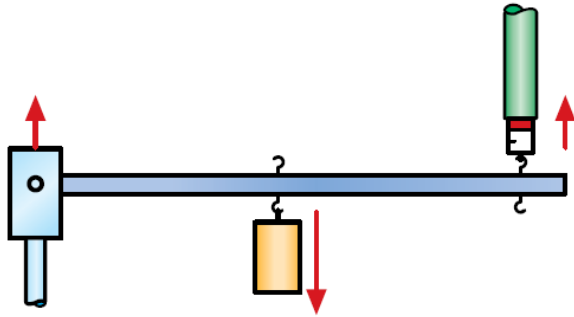
# Beispiel Hebelgesetz



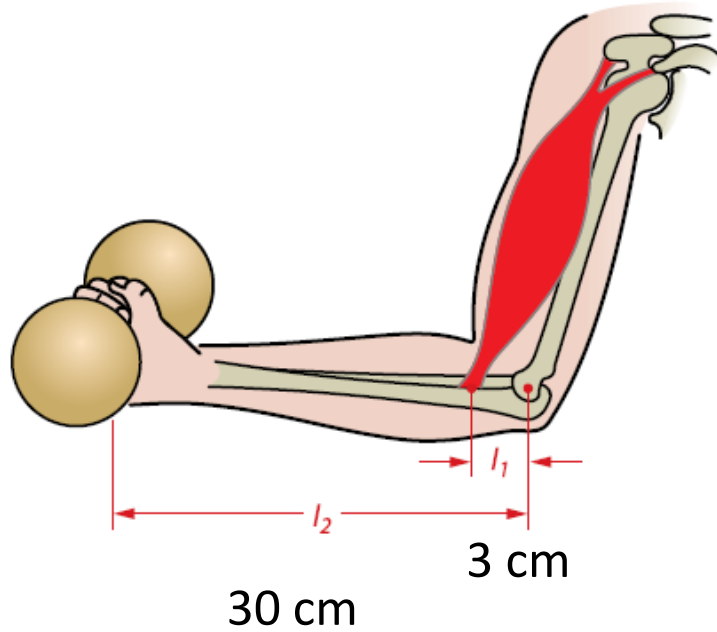
Hebelgesetz:

$$F_1 \cdot l_1 = F_2 \cdot l_2$$

Last mal Lastarm gleich  
Kraft mal Kraftarm.

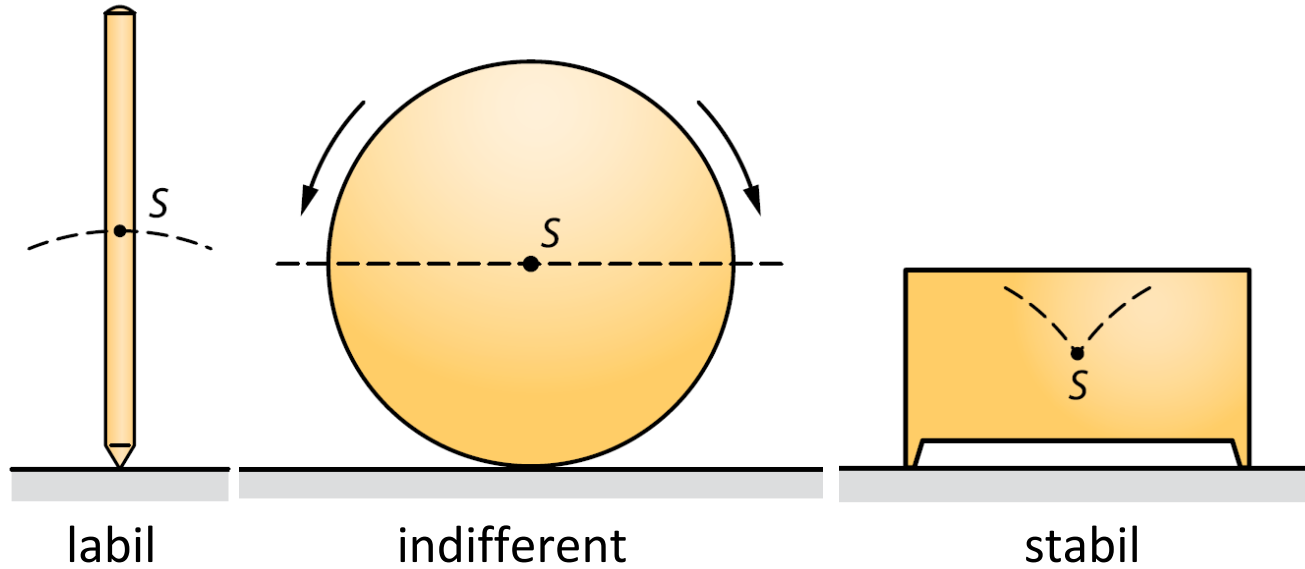


## Beispiel Hebelgesetz



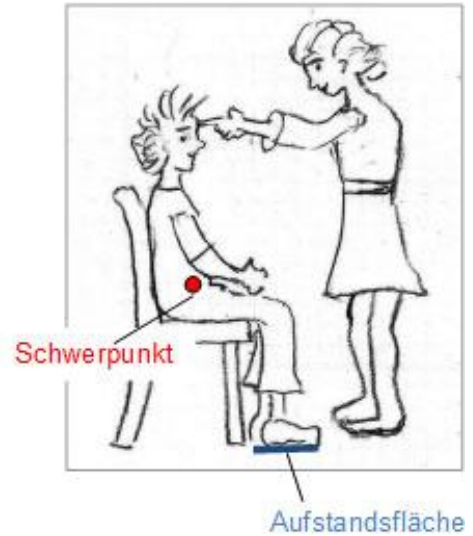
$$\text{Muskelkraft} = 10 \cdot \text{Gewichtskraft der Hantel}$$

# Gleichgewicht



Die Vektorsumme aller Kräfte und Drehmomente muss null sein.

# Schwerpunkt im menschlichen Körper



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.

Weitere Informationen und Seminarunterlagen finden Sie in der KuraCloud.



**Prof. Wim Walter, PhD**

Prof. Physiologie/Physik

wilhelm.walter  
@health-and-medical-university.de



**Dr. Klaas Bente**

Dozent Physik

klaas.bente  
@health-and-medical-university.de



**Dr. Jan Stelzner**

Dozent Physik

jan.stelzner  
@health-and-medical-university.de