

M01.2 Mechanik

M01 Physik für Mediziner*innen

Prof. Melanie Stefan - melanie.stefan@medicalschooll-berlin.de

SoSe 2022



**Carissa Moore verändert das Surfen und die Gesetze der
Schwerkraft, ist aber nervös vor Tokio**



In dieser Vorlesung geht es um ...

Bewegung und Verformung von Körpern und damit einhergehende Kräfte



Nach dieser Vorlesung sollten Sie:

Wissen:

- Zusammenhang zwischen Strecke, Geschwindigkeit und Beschleunigung erklären
- Periodendauer, Frequenz und Kreisfrequenz definieren
- die Newtonschen Axiome nennen
- Impuls und Kraft definieren
- den Impulserhaltungssatz wiedergeben und Beispiele geben
- Arbeit, Leistung und Energie definieren
- Arten von Energie unterscheiden
- den Energieerhaltungssatz erklären
- Drehmoment definieren und das Hebelgesetz
- Trägheitsmoment und Drehimpuls definieren
- den Drehimpulserhaltungssatz erklären und Beispiele nennen

Nach dieser Vorlesung sollten Sie:

Können:

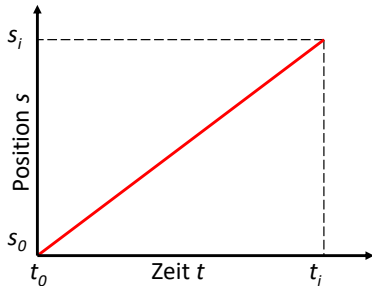
- Bewegungsdiagramme lesen und verstehen/auswerten
- Mittelwert und Momentanwert der Geschwindigkeit errechnen
- Parameter einer Kreisbewegung berechnen
- das Hebelgesetz anwenden

Fühlen:

- mechanische Prozesse im täglichen Leben erkennen
- über Anwendungen von Mechanik in der Medizin nachdenken

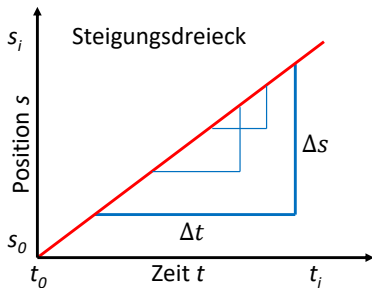
- 1 Bewegungen
- 2 Kraft und Impuls
- 3 Arbeit, Energie, Leistung
- 4 Drehmoment, Trägheitsmoment, Drehimpuls

Ermittlung der Geschwindigkeit

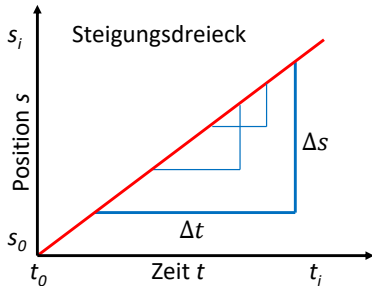


gleichförmige Bewegung mit
konstanter Geschwindigkeit

Ermittlung der Geschwindigkeit - Differenzquotient



Ermittlung der Geschwindigkeit - Differenzquotient



mittlere Geschwindigkeit

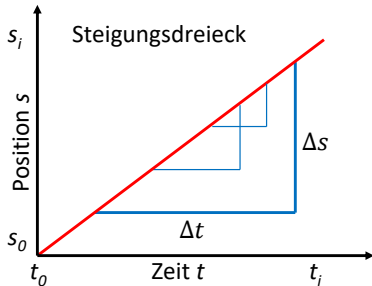
$$v = \frac{s_i - s_0}{t_i - t_0} = \frac{\Delta s}{\Delta t} \quad \frac{m}{s}$$

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

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

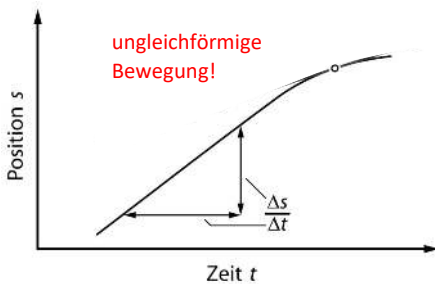
Wir können die Strecke berechnen...

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

...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

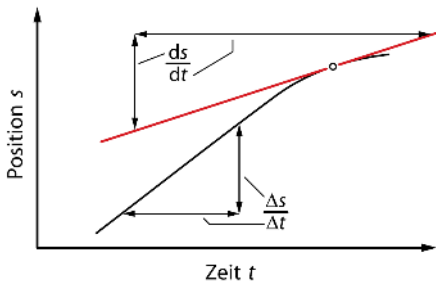


mittlere Geschwindigkeit

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

Differenzquotient

Ermittlung der Geschwindigkeit - Differentialquotient



mittlere Geschwindigkeit

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

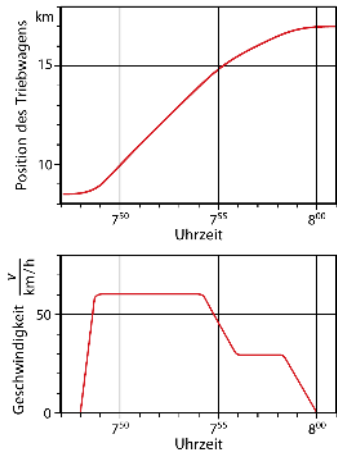
Differenzquotient

momentane Geschwindigkeit

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

Differentialquotient

Momentane Geschwindigkeit - Beispiel

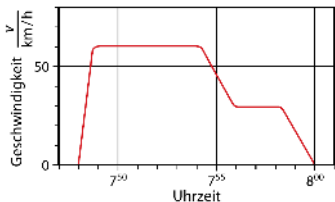
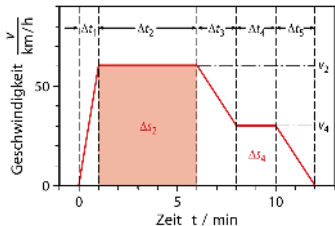


momentane Geschwindigkeit

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

Differentialquotient

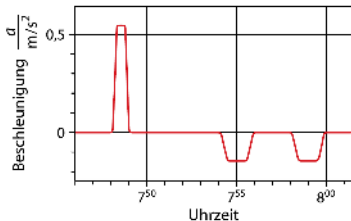
Graphische Integration - Beispiel



Wie groß war die Strecke Δs_2 ?

$$\begin{aligned}
 s_2 &= 5 \text{ min} \cdot 60 \frac{\text{km}}{\text{h}} \\
 &= 5 \cancel{\text{min}} \cdot \cancel{60} \frac{\text{km}}{\cancel{60 \text{ min}}} \\
 &= 5 \text{ km}
 \end{aligned}$$

Beschleunigung

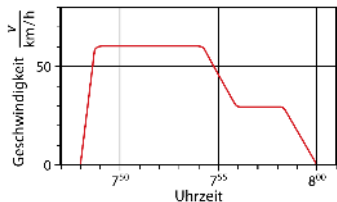


Beschleunigung ist die Voraussetzung für Geschwindigkeitsänderungen.

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

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

Bremsen ist auch eine Beschleunigung!



Kreisbewegung

Wie schnell dreht sich ein Rad?



Kreisbewegung

Die Geschwindigkeit einer Kreisbewegung kann unterschiedlich definiert werden

- Frequenz f : Umdrehungen pro Sekunde.
Einheit: $s^{-1} = \text{Hz}$ (Hertz)



- Winkelgeschwindigkeit (Einheit: $\frac{\text{rad}}{s}$): Geschwindigkeit, mit der sich der Winkel verändert.

$$\omega = \frac{d\phi}{dt}$$

- Bahngeschwindigkeit: Geschwindigkeit an der Außenseite des Rads (mit Radius r).

$$v = \omega \times r$$

Einheit: $\frac{m}{s}$

1 Bewegungen

2 Kraft und Impuls

3 Arbeit, Energie, Leistung

4 Drehmoment, Trägheitsmoment, Drehimpuls

Wie passiert Beschleunigung?

Durch Einwirken von Kraft

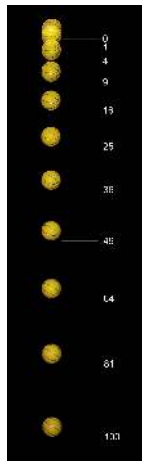


Kraft = Masse \times Beschleunigung

$$F = m \times a$$

Einheit: $kg \times \frac{m}{s^2} = \text{Newton (N)}$

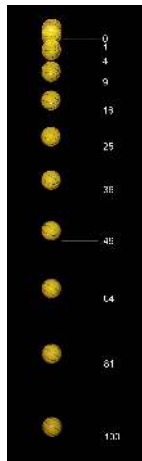
Beispiel: Freier Fall



Fallende Objekte werden von der Schwerkraft beschleunigt.

Die Beschleunigung ist hier die Fallbeschleunigung auf der Erde $g \sim 10 \frac{m}{s^2}$

Beispiel: Freier Fall

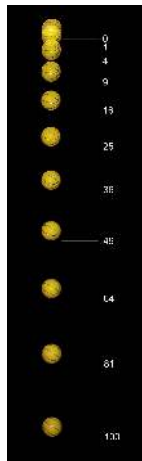


Fallende Objekte werden von der Schwerkraft beschleunigt.

Die Beschleunigung ist hier die Fallbeschleunigung auf der Erde $g \sim 10 \frac{m}{s^2}$

Beispiel: Basketball: $\sim 600 \text{ g}$

Beispiel: Freier Fall



Fallende Objekte werden von der Schwerkraft beschleunigt.

Die Beschleunigung ist hier die Fallbeschleunigung auf der Erde $g \sim 10 \frac{m}{s^2}$

Beispiel: Basketball: $\sim 600 \text{ g}$

$$F = m \times a = 0.6\text{kg} \times 10 \frac{m}{s^2} \sim 6 \text{ N}$$

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

“Wucht”: Produkt aus Masse und Geschwindigkeit eines Körpers in Bewegung. Einheit: kg m s^{-1}

“Wucht”: Produkt aus Masse und Geschwindigkeit eines Körpers in Bewegung. Einheit: kg m s^{-1}

Impulserhaltung: Der Gesamtimpuls eines geschlossenen Systems bleibt gleich*



*Hier und bei allen anderen Erhaltungssätzen: theoretisch (bis auf Reibungsverluste)

Outline

- 1 Bewegungen
- 2 Kraft und Impuls
- 3 Arbeit, Energie, Leistung**
- 4 Drehmoment, Trägheitsmoment, Drehimpuls

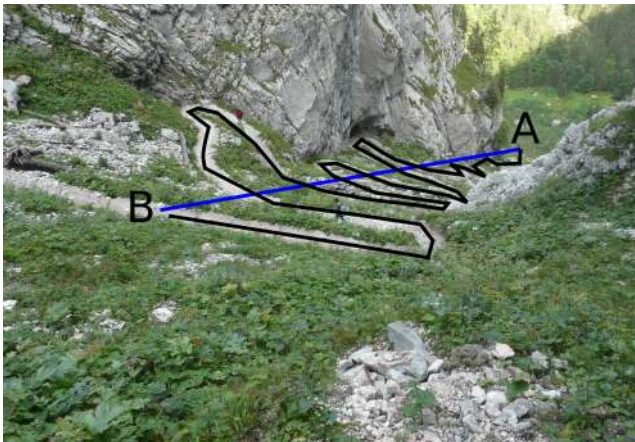
Arbeit (W) ist das Produkt aus Kraft und Weg (in die Richtung, in die die Kraft geht):

$$W = F \times s$$

Einheit: Newton \times meter (Nm) = Joule (J)



Die Arbeit, um von A nach B zu kommen, ist die gleiche, aber ein längerer Weg bedeutet weniger Kraft.



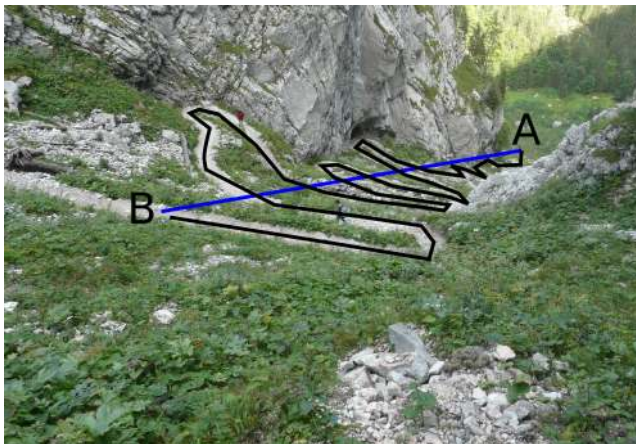
Die Arbeit, um von A nach B zu kommen, ist die gleiche, aber ein längerer Weg bedeutet weniger Kraft.

Aber warum ist die Arbeit um von A nach B zu kommen die gleiche?

Weil es nur darum geht, den Energieunterschied zwischen A und B zu bewältigen. Energie = “gespeicherte Arbeit” (auch in Joule)

Aber warum ist die Arbeit um von A nach B zu kommen die gleiche?

Weil es nur darum geht, den Energieunterschied zwischen A und B zu bewältigen. Energie = “gespeicherte Arbeit” (auch in Joule)



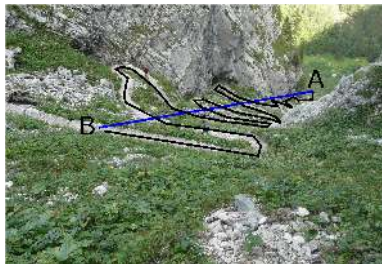
- Bewegungsenergie (kinetische Energie)
- Lageenergie (potentielle Energie)
- Verformungsenergie
- Thermische Energie
- Chemische Energie
- Elektrische Energie

Arten von Energie können
ineinander umgewandelt
werden, aber die Gesamtenergie
in einem geschlossenen System
ist konstant.

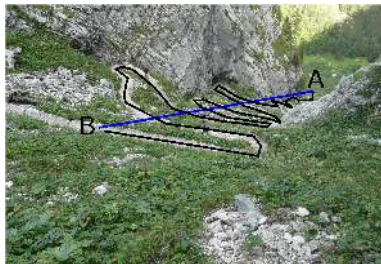
Arten von Energie können
ineinander umgewandelt
werden, aber die Gesamtenergie
in einem geschlossenen System
ist konstant.

Beispiel: Stabhochsprung





Ist es eigenartig, dass die Arbeit auf beiden Wegen die gleiche ist?



Ist es eigenartig, dass die Arbeit auf beiden Wegen die gleiche ist?

Die Arbeit ist gleich, aber die Leistung ist unterschiedlich!

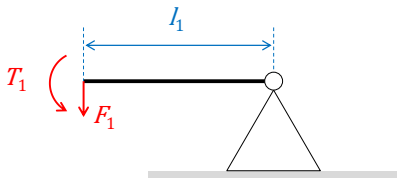
$$\text{Leistung} = \frac{\text{Arbeit}}{\text{Zeit}}$$

Einheit: Watt (W): $1 \text{ W} = 1 \frac{\text{J}}{\text{s}}$

- 1 Bewegungen
- 2 Kraft und Impuls
- 3 Arbeit, Energie, Leistung
- 4 Drehmoment, Trägheitsmoment, Drehimpuls**

Drehmoment

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

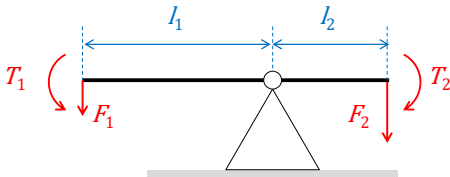


Drehmoment:

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

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:

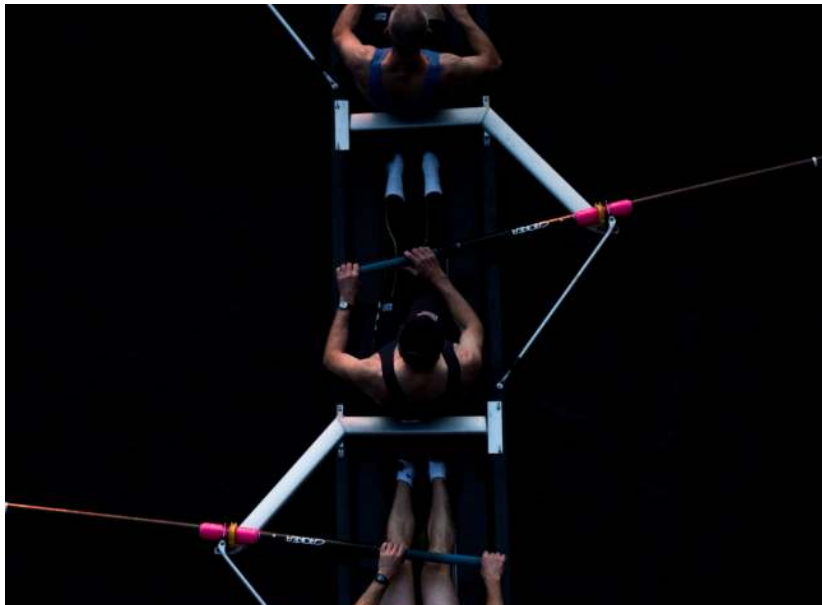
$$T = \vec{F} \cdot l$$

Hebelgesetz:

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

**Last mal Lastarm gleich
Kraft mal Kraftarm.**

Beispiel



Trägheitsmoment I (Einheit: kg m^2): Trägheit eines Körpers gegenüber Veränderungen in der Winkelgeschwindigkeit bei einer Drehbewegung. I ist größer, je mehr Masse weiter von der Drehachse entfernt ist.

Drehimpuls: Trägheitsmoment \times Winkelgeschwindigkeit
(Einheit: $\text{kg m}^2 \text{s}^{-1}$)

$$L = I \times \omega$$

Der Drehimpuls ist eine
Erhaltungsgröße

Wie kann die Eisläuferin ihre
Pirouette beschleunigen oder
verlangsamen?



Jetzt* sollten Sie:

Wissen:

- Zusammenhang zwischen Strecke, Geschwindigkeit und Beschleunigung erklären
- Periodendauer, Frequenz und Kreisfrequenz definieren
- die Newtonschen Axiome nennen
- Impuls und Kraft definieren
- den Impulserhaltungssatz wiedergeben und Beispiele geben
- Arbeit, Leistung und Energie definieren
- Arten von Energie unterscheiden
- den Energieerhaltungssatz erklären
- Drehmoment definieren und das Hebelgesetz
- Trägheitsmoment und Drehimpuls definieren
- den Drehimpulserhaltungssatz erklären und Beispiele nennen

Jetzt* sollten Sie:

Können:

- Bewegungsdiagramme lesen und verstehen/auswerten
- Mittelwert und Momentanwert der Geschwindigkeit errechnen
- Parameter einer Kreisbewegung berechnen
- das Hebelgesetz anwenden

Fühlen:

- mechanische Prozesse im täglichen Leben erkennen
- über Anwendungen von Mechanik in der Medizin nachdenken

Danke für Ihr Feedback!



Diese Vorlesung verwendet teilweise Materialien (Folien und Bilder) einer früheren Vorlesung von Prof. Wim Walter.

- Anna Kiesenhofer auf einem Fahrrad. Von Marianne Casamance - Eigenes Werk, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=51096042>
- Billardspiel. Von No-w-ay in collaboration with H. Caps - Eigenes Werk, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3216565>
- Freier Fall. Von MichaelMaggs - Eigenes Werk, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2946486>
- Logo der MSB. MSB Medical School Berlin, Public Domain, via Wikimedia Commons
- Luftballons mit frohen und traurigen Smilies. Photo by Hybrid on Unsplash
- Pirouette. Photo by Rod Long on Unsplash
- Ruderboot von oben. Photo by Josh Calabrese on Unsplash
- Screenshot eines Artikels auf olympics.com, über Surferin Carissa Moore. <https://olympics.com/de/video/carissa-moore-air-surf-gravity-tokyo-finals>, aufgerufen im April 2022.
- Stabhochsprung. Photo by Austrian National Library on Unsplash
- Viererbob. Von 1st Class Preston Keres - US-Army images, Gemeinfrei, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3363565>
- Wanderweg mit Serpentinaen. Von Nachtgiger - Image (picture) made by Nachtgiger, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=6235458>. Version mit eingezeichneten Punkten und Wegen von mir, CC-BY-SA 3.0, 2022.