

Physik für Biologen und Zahnmediziner

Kapitel 4: Arbeit, Energie und Mechanik starrer Körper

Dr. Daniel Bick



Universität Hamburg
DER FORSCHUNG | DER LEHRE | DER BILDUNG

17. November 2017

- 1 Wiederholung
- 2 Arbeit und Energie
- 3 Mechanik starrer, ausgedehnter Körper
 - Schwerpunkt
 - Drehmoment
 - Hebel
 - Gleichgewicht

- Radiale Beschleunigung auf einer Kreisbahn ist zum Mittelpunkt gerichtet

Zentralbeschleunigung $a = \omega^2 r = \frac{v^2}{r}$

Zentripetalkraft

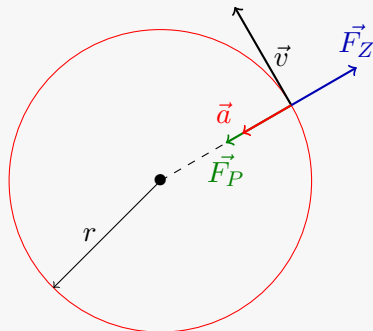
$$\vec{F}_P = m \cdot \vec{a}$$

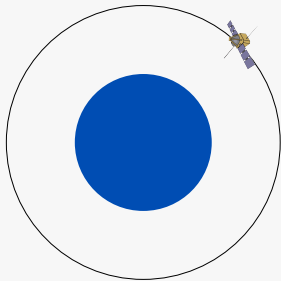
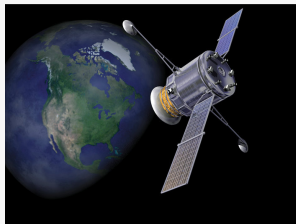
Die **Zentripetalkraft** ist nach **innen** gerichtet.

Die **Zentrifugalkraft** $\vec{F}_Z$ ist eine **Scheinkraft**, der der Zentripetalkraft **entgegengesetzt** ist.

$$\vec{F}_Z = -\vec{F}_P$$

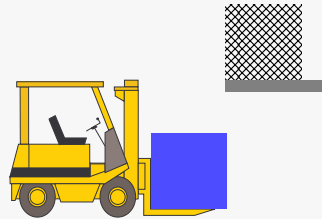
$$F_Z = m \cdot a = m \cdot \omega^2 \cdot r = \frac{m \cdot v^2}{r}$$







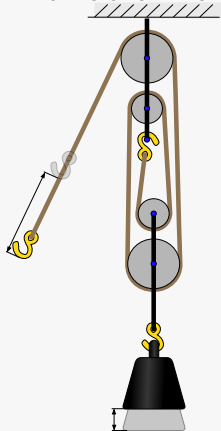
- ① Wiederholung
- ② Arbeit und Energie
- ③ Mechanik starrer, ausgedehnter Körper
 - Schwerpunkt
 - Drehmoment
 - Hebel
 - Gleichgewicht

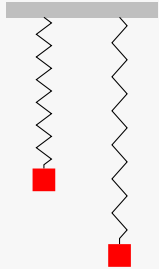


Definition

Eine Kraft ist dann **konservativ**, wenn die **Arbeit**, die man aufbringen muss um von einem Punkt zum anderen zu gelangen **wegunabhängig** ist.

Mit welcher Kraft F muss man ziehen um das Gewicht anzuheben?

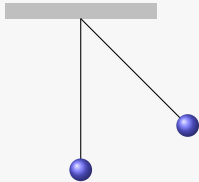




Energieerhaltung:

Die Summe von potentieller und kinetischer Energie ist konstant





A Das Pendel schießt über die ursprüngliche Höhe hinaus.

B Das Pendel erreicht die ursprüngliche Höhe.

C Das Pendel bleibt unter der ursprünglichen Höhe.

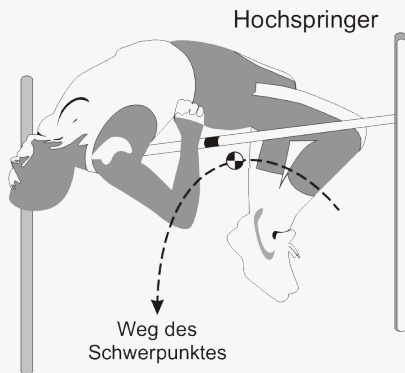
D Das Pendel überschlägt sich.



<https://arsnova.eu/mobile/#id/77498708>

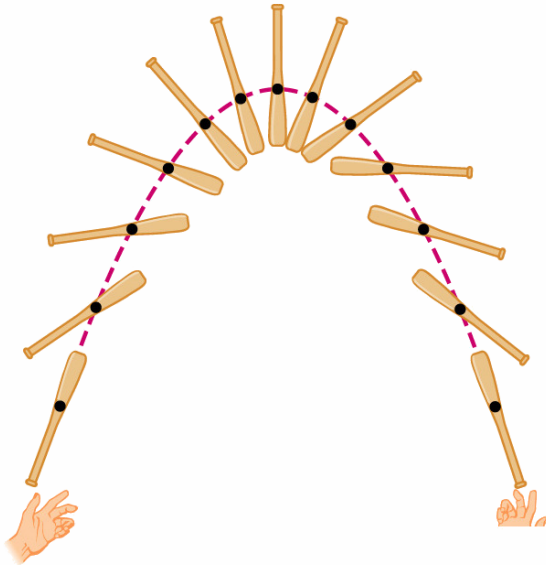
- ① Wiederholung
- ② Arbeit und Energie
- ③ Mechanik starrer, ausgedehnter Körper
 - Schwerpunkt
 - Drehmoment
 - Hebel
 - Gleichgewicht

- **Massenmittelpunkt**
- Punkt, der sich so bewegt, als ob die gesamte Masse dort konzentriert wäre und alle äußeren Kräfte dort ansetzen
- Mit Massen gewichtetes Mittel aller Massepunkte

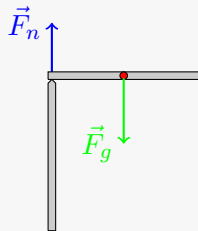


Für zwei Körper:

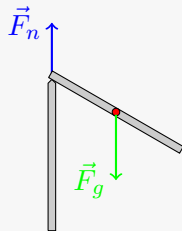
Allgemein:



- Wenn unterschiedliche Kräfte an unterschiedlichen Punkten angreifen, kann es eine Drehung geben.
- Meistens zusätzliche Translation.



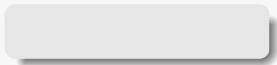
- Wenn unterschiedliche Kräfte an unterschiedlichen Punkten angreifen, kann es eine Drehung geben.
- Meistens zusätzliche Translation.



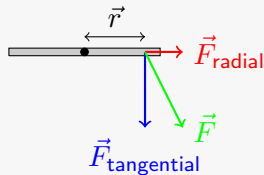
Drehung hängt ab von

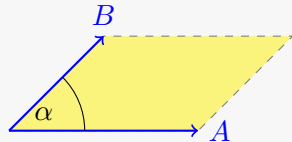
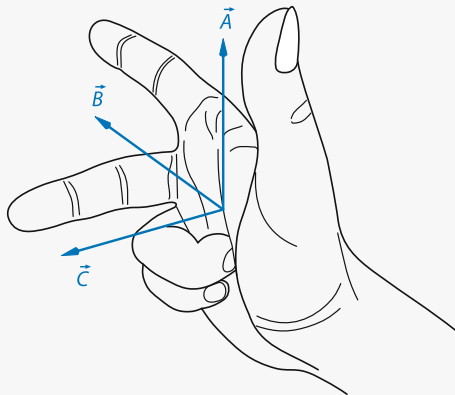
- Größe der Kraft $\rightarrow \vec{F}$
- Richtung der Kraft $\rightarrow \vec{F}_{\text{tangential}}$
- Ansatzpunkt der Kraft $\rightarrow \vec{r}$

Das **Drehmoment** $\vec{M}$ ist ein Maß für die Drehwirkung

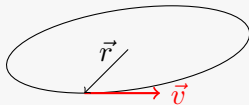


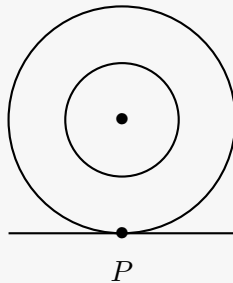
- Richtung von $\vec{M}$ gibt Drehsinn an



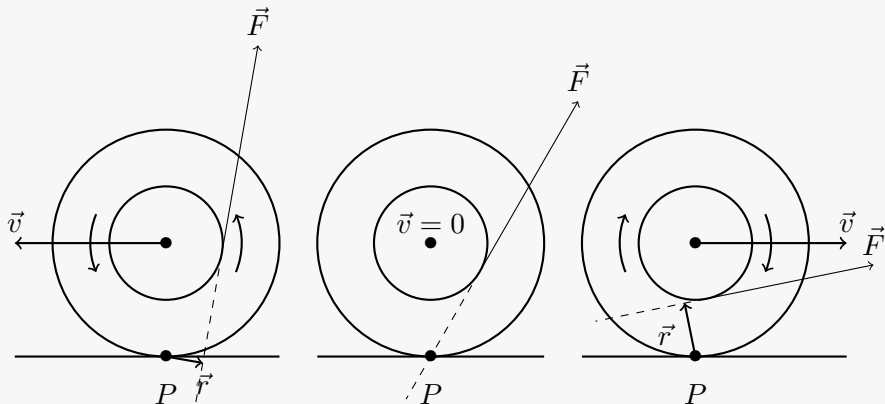


- Bahngeschwindigkeit bisher: $v = \omega \cdot r$
- Zusätzlich: Richtung der Drehachse $\Rightarrow$ vektoriell





- Je nach Winkel des Fadens, an dem ich ziehe, rollt die Garnrolle sich auf oder ab.

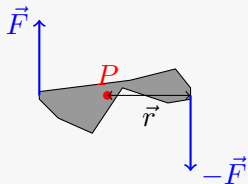
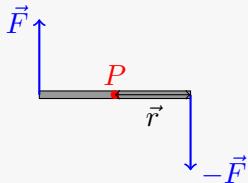


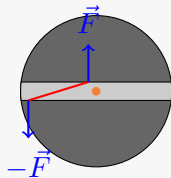
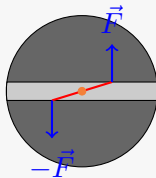
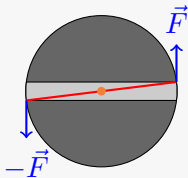
Zwei parallele Kräfte

- deren Betrag gleich ist
- die entgegengesetzt wirken
- deren Angriffspunkte nicht zusammenfallen

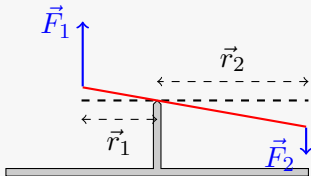
heissen **Kräftepaar**.

- $\vec{F}$ und $-\vec{F}$ verursachen eine Drehung des Körpers um P .
- P liegt auf der Verbindungsline der beiden Angriffspunkte.



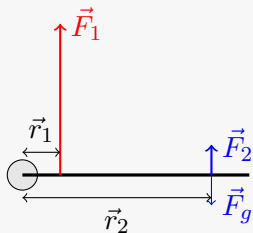


- Ein breiterer Schaubenzieher bewirkt ein größeres Drehmoment.
- $\Rightarrow$ Drehen (Schrauben) fällt einem leichter!
- Drehachse ist vorgegeben! Am besten in der Mitte ansetzen!

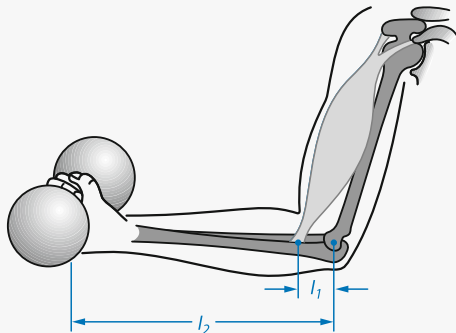


- Gleichgewicht von Drehmomenten

Hebelgesetz



- Die Kraft muss in die gleiche Richtung aufgebracht werden
- Alternativ: Umlenkrolle
- Beispiel: Unterarm



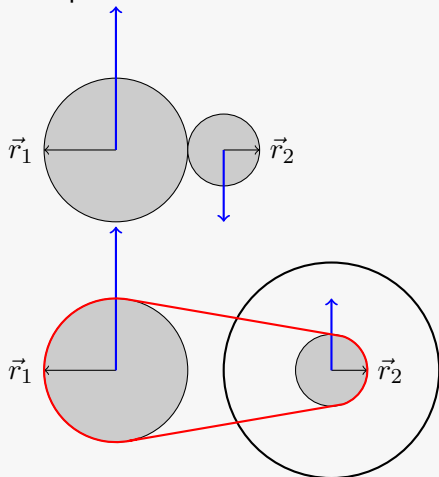
Kurze Arme helfen beim Armdrücken



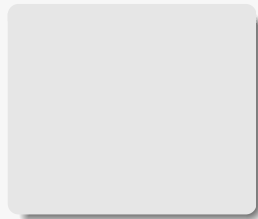
- Schere
- Zimmermannshammer
- Flaschenöffner
- Schraubenschlüssel
- Nussknacker



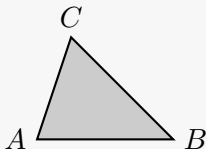
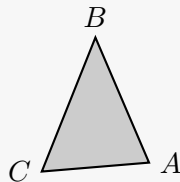
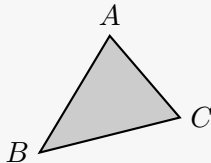
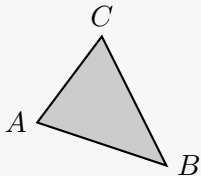
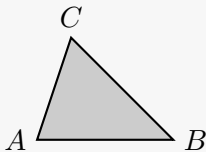
Funktionsprinzip eines Getriebes
Prinzip ähnlich dem Hebel

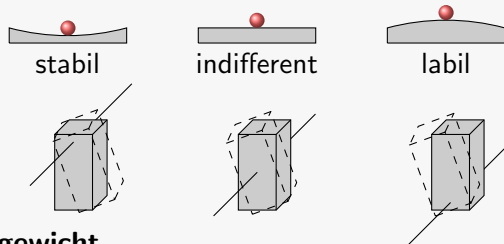


- statt Hebelarm Zahnräder unterschiedlicher Größe



- Häufig eindeutig durch Symmetrie
- Ansonsten: Nehme **Gewichtskraft** zur Hilfe
 - Lagere Gegenstand auf einer freien Drehachse
 - → Drehung durch Schwerkraft
 - → Schwerpunkt auf der Vertikalen unterhalb der Drehachse
 - Wiederholung für mehrere Drehachsen
- Schnittpunkt aller Vertikalen ergibt Schwerpunkt





Stabiles Gleichgewicht

- Zustand kehrt nach Störung dorthin zurück
- Verrücken erfordert Energie

Indifferentes Gleichgewicht

- Kleine Störung verschiebt den Gleichgewichtszustand nur leicht
- Energie bleibt unverändert

Instabiles (labiles) Gleichgewicht

- Zustand verlässt das Gleichgewicht völlig bei kleiner Störung
- Verrücken setzt Energie frei