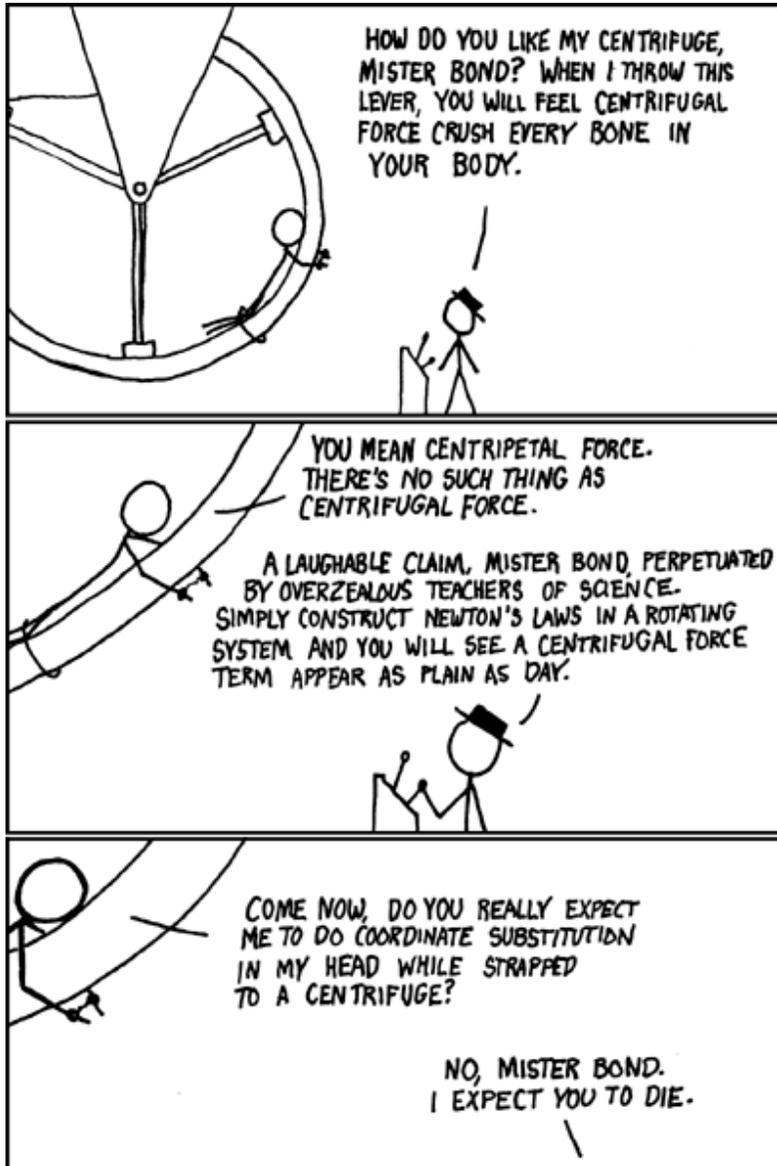


# „May the force be with you!“

## Physik 1 für Chemiker und Biologen Besprechung der 4. Vorlesung



<https://xkcd.com/123/>

### Zusammenfassung:

- Die vier Grundkräfte der Physik
- Kreisbewegungen & Zentrifugalkraft
- Reibungskräfte: Festkörper & Fluide

### Beispielaufgaben / Wiederholung:

- Trigonometrie
- Fehlerfortpflanzung

Prof. Dr. Ralf Jungmann

[Jungmann@physik.lmu.de](mailto:Jungmann@physik.lmu.de)

Prof. Dr. Jan Lipfert

[Jan.Lipfert@lmu.de](mailto:Jan.Lipfert@lmu.de)

# Organisatorisches

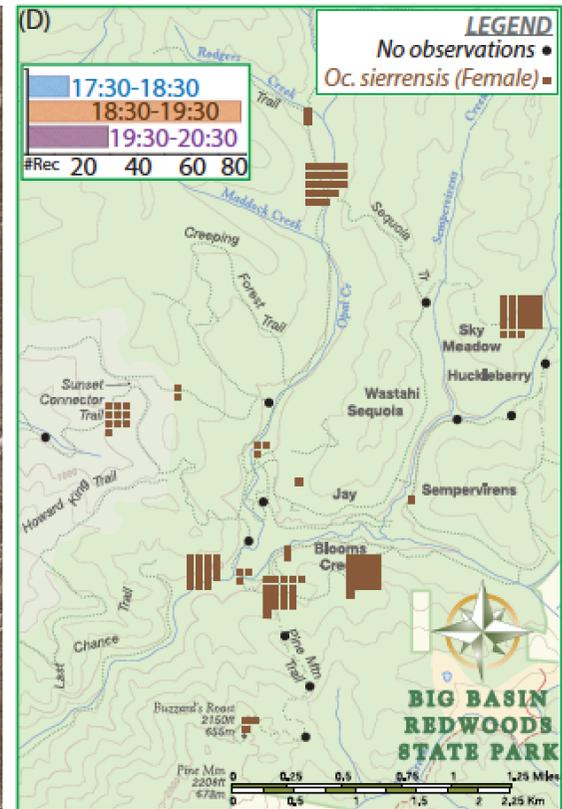
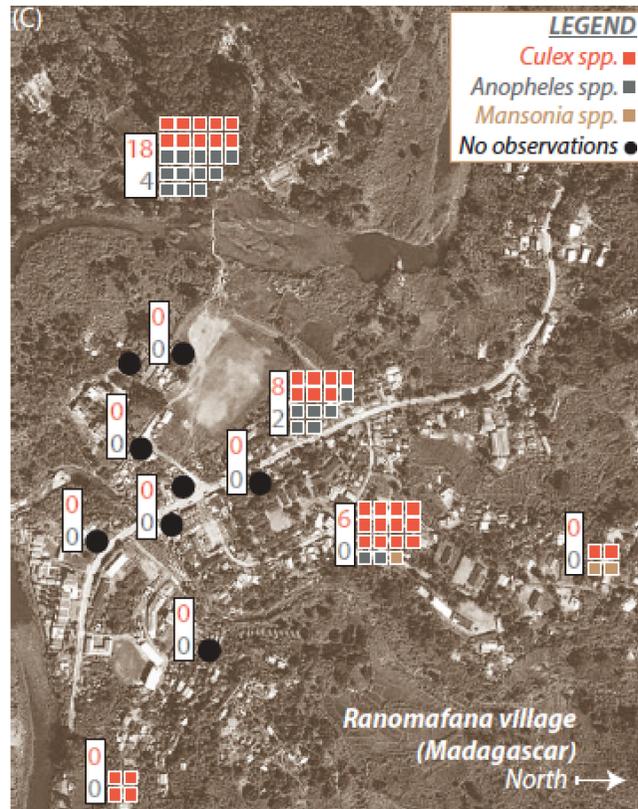
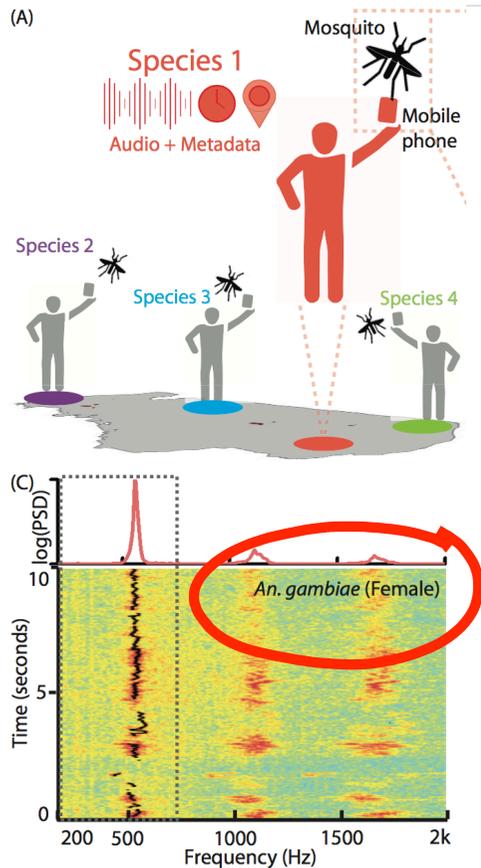
- Die Vorlesungen sind jetzt auf **youtube** im „Erwachsenen“ Modus (über andere Tipps, wie man die Videos für Sie nützlicher machen kann, freue ich mich!).

Um die vielen Fragen (die wir sehr schätzen!) in der Besprechung besser zu koordinieren, nutzen sie bitte das „Upvote“ feature.

- Die Aufzeichnung des **Sondertutoriums zur Phyphox App** ist ebenfalls online (im gleichen LMU cast Kanal wie die „Besprechungen“).
- In den nächsten Übungsblättern wird es noch mehrere Phyphox Aufgaben geben.
  - Gute Gelegenheit, trotz Corona, eigene Experimente zu machen!
  - Wichtiger (und beabsichtigter!) Nebeneffekt: Sie lernen, mit Daten umzugehen!
  - Auch aktuelle Wissenschaft nutzt oftmals Smartphone Daten!

# Beispiel für Forschung mit Mobiltelefonen

Das Bild kann nicht angezeigt werden. Dieser Computer verfügt möglicherweise über zu wenig Arbeitsspeicher, um das Bild zu öffnen, oder das Bild ist beschädigt. Starten Sie den Computer neu, und öffnen Sie dann erneut die Datei. Wenn weiterhin das rote x angezeigt wird, müssen Sie das Bild möglicherweise löschen und dann erneut einfügen.



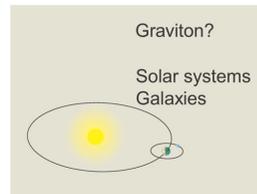
# Zusammenfassung: Fundamentale Kräfte

SI-Einheit der Kraft folgt aus Definition:  $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$ ,  $[\vec{F}] = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} = 1\text{N}$

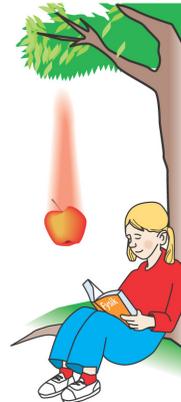
## Die vier Grundkräfte der Physik

Gravitation /  
Schwerkraft

Flasse

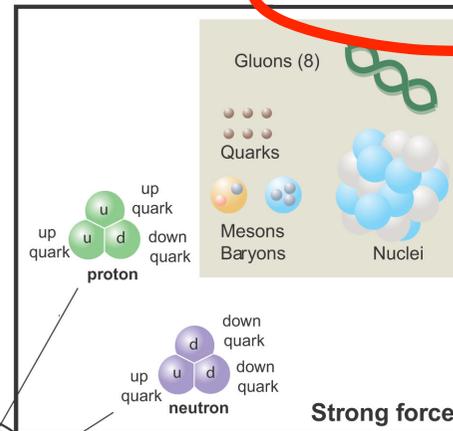


Gravity Force



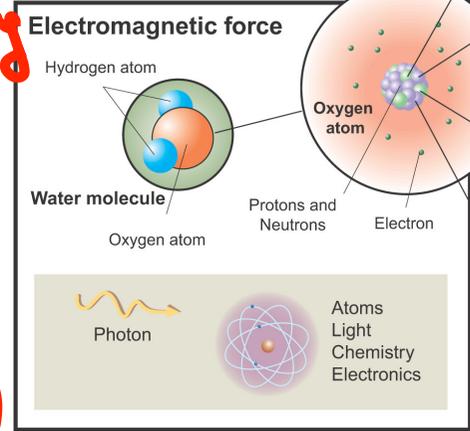
Starke Kernkraft

Farbladung

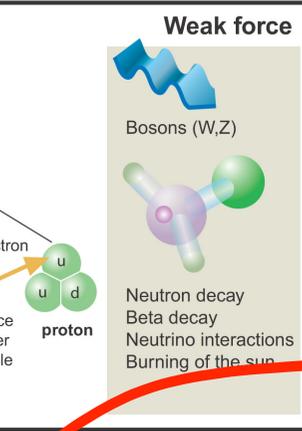


Strong force

Elektrische Ladung



Electromagnetic force



Weak force

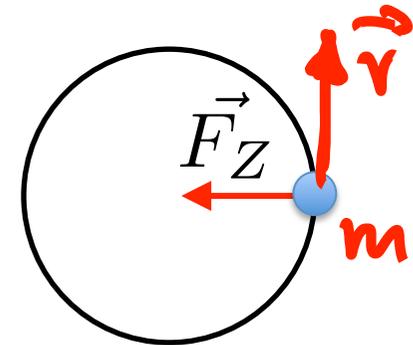
Elektromagnetische  
Kräfte

Schwache Kernkraft

# Verständnisfrage Kreisbewegung

Eine Masse befindet sich auf einer gleichförmigen Kreisbahn. Wie verhält sich die Masse, wenn die Zentripetalkraft plötzlich „ausgeschaltet“ wird?

- A) Sie bleibt wo sie ist.
- B) Sie fliegt mit konstanter Geschwindigkeit tangential zum Kreis. ✓
- C) Sie fliegt auf einer Spiralbahn weiter.



# Zusammenfassung: Kreisbewegung

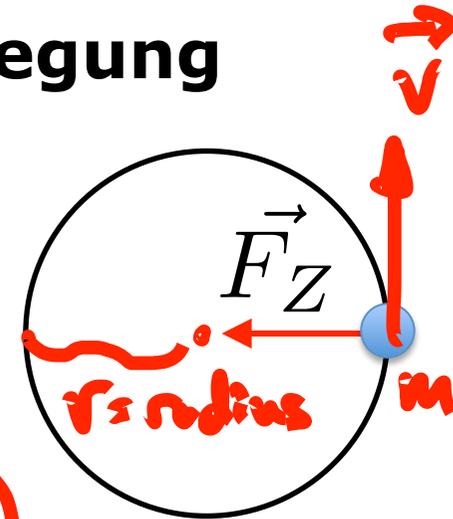
## Gleichförmige Kreisbewegung

- Zentripetalbeschleunigung

$$a_Z = \frac{v^2}{r} = \omega^2 \cdot r$$

- Zentripetalkraft

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



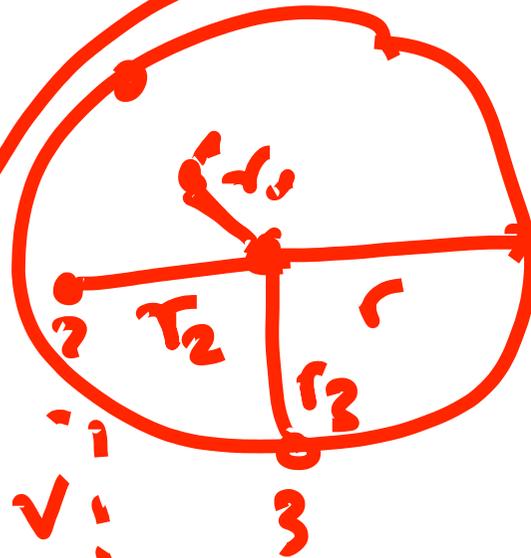
Umlaufdauer  $T$

Frequenz  $f = \frac{1}{T}$

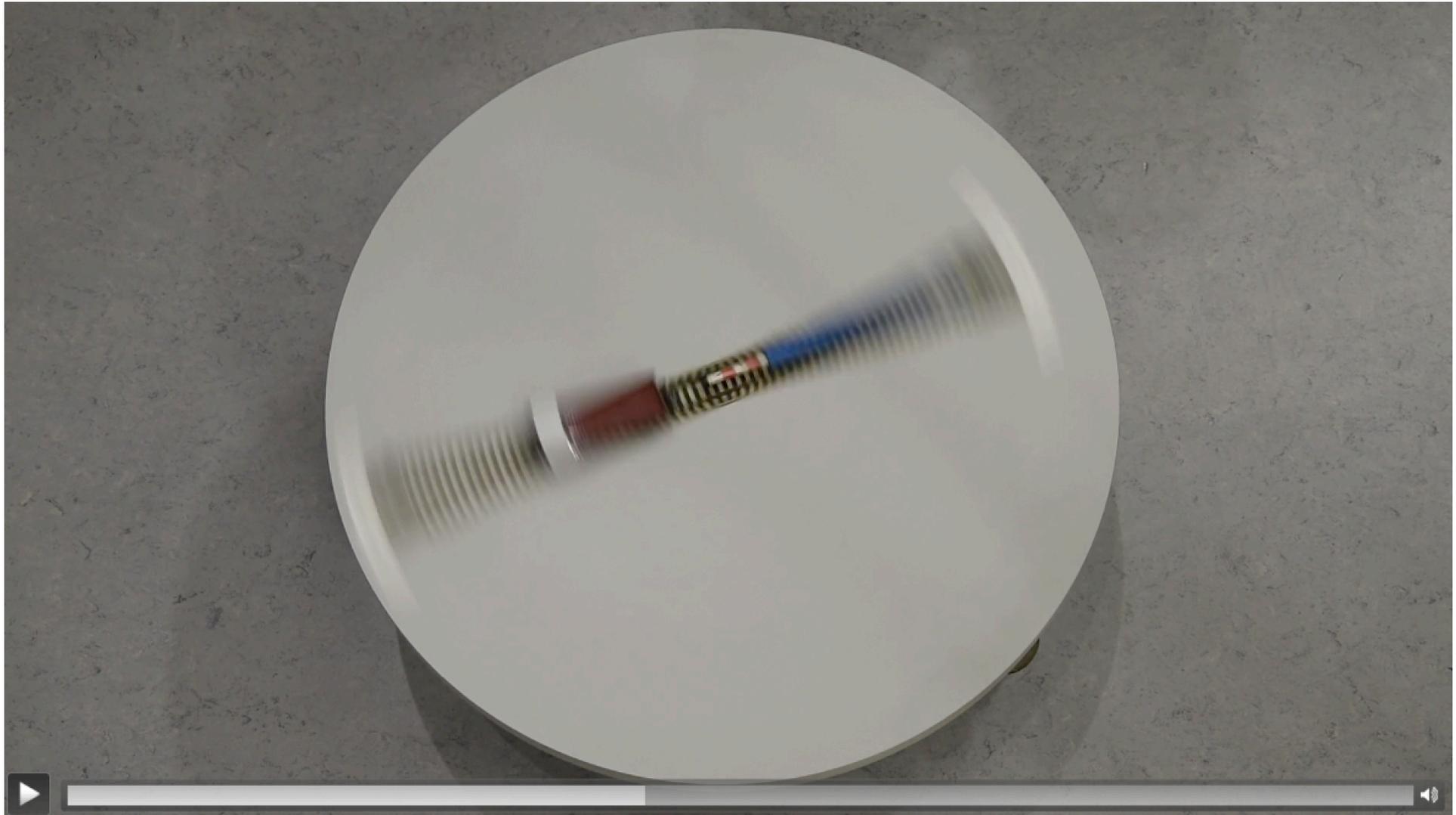
Winkelgeschwindigkeit

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

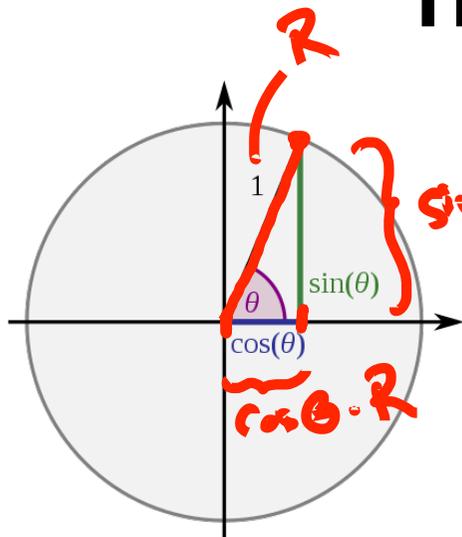
$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{2\pi \cdot r}{T} = \omega \cdot r$$



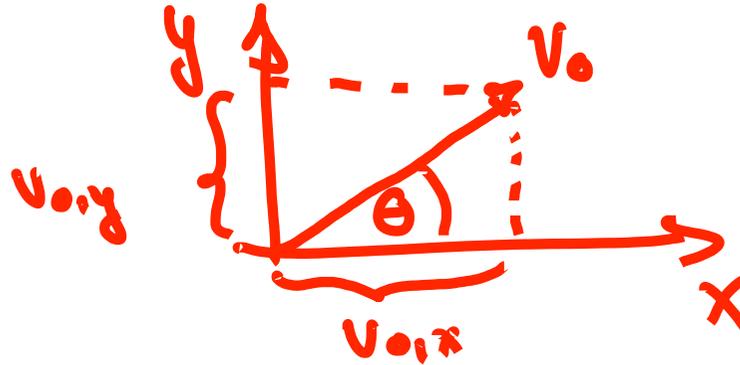
# Video: Messung der Zentripetalkraft



# Trigonometrische Funktionen



[https://de.wikipedia.org/wiki/Sinus\\_und\\_Kosinus](https://de.wikipedia.org/wiki/Sinus_und_Kosinus)



$$v_{0,x} = v_0 \cos \theta ; \quad v_{0,y} = v_0 \sin \theta$$

Angenommen  $v_{0,x}$  und  $v_{0,y}$  sind gegeben. Wie können wir  $v_0$  ausrechnen?

A)  $v_0 = v_{0,x} + v_{0,y}$

B)  $|v_0| = |v_{0,x}| + |v_{0,y}|$

C)  $v_0 = v_{0,x}^2 + v_{0,y}^2$

**D)**  $|v_0| = \sqrt{v_{0,x}^2 + v_{0,y}^2}$  ✓

Allgemein: Länge eines Vektors  $\vec{x}$

$$\vec{x} = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_N \end{pmatrix}$$

$$\Rightarrow |\vec{x}| = x = (x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_N^2)^{1/2}$$

# Zusammenfassung: Festkörperreibung

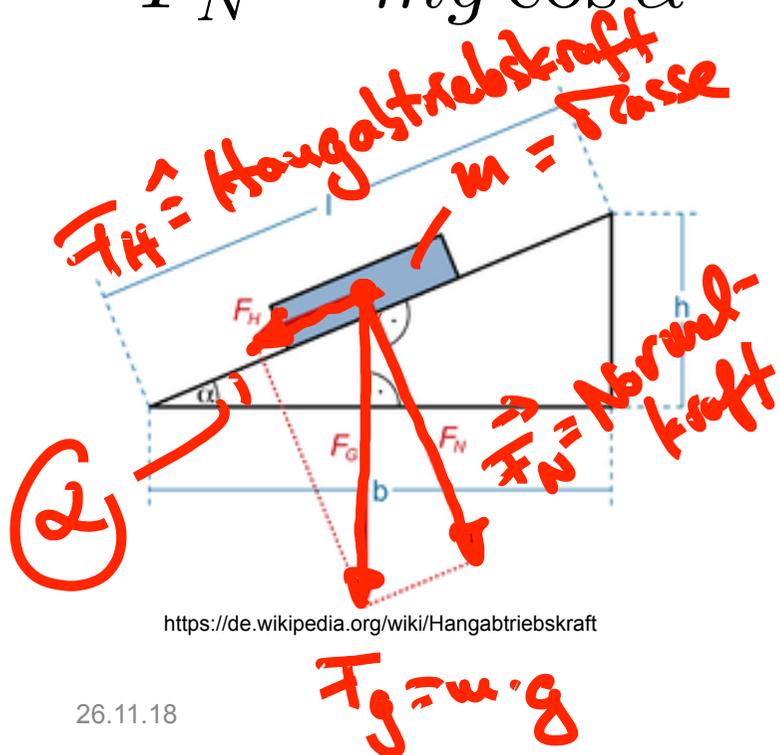
## Schiefe Ebene:

- Hangabtriebskraft

$$F_H = mg \sin \alpha$$

- Normalkraft

$$F_N = mg \cos \alpha$$



<https://de.wikipedia.org/wiki/Hangabtriebskraft>

## Festkörperreibung:

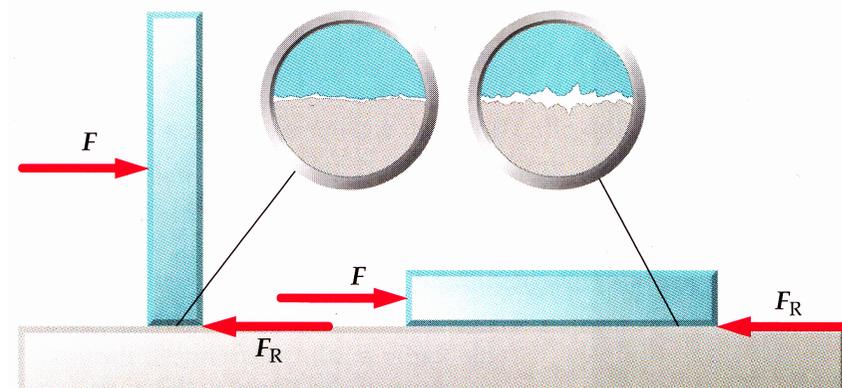
- Haftreibung (*maximal*)

$$|F_{R,Haft}| = \mu_{R,Haft} |F_N|$$

- Gleitreibung

$$|F_{R,Gleit}| = \mu_{R,Gleit} |F_N|$$

Die Festkörperreibung ist unabhängig von  $v$  und  $A$ !

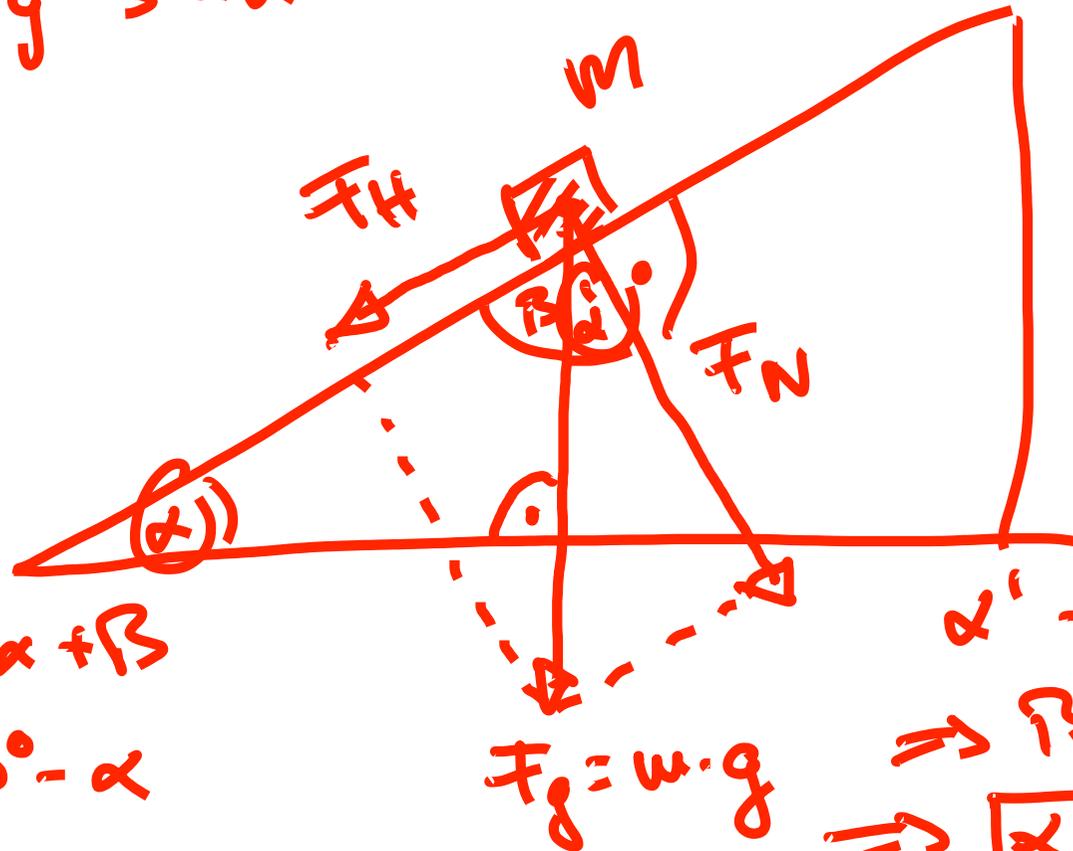


# Winkel an der schiefen Ebene

Sollen wir die Winkel an der schiefen Ebene noch einmal erklären? JA/NEIN?

$$F_N = m \cdot g \cdot \cos \alpha$$

$$F_H = m \cdot g \cdot \sin \alpha$$



$$180^\circ = 90^\circ + \alpha + \beta$$

$$\Rightarrow \beta = 90^\circ - \alpha$$

$$\alpha' + \beta = 90^\circ$$

$$\Rightarrow \beta = 90^\circ - \alpha'$$

$$\Rightarrow \boxed{\alpha' = \alpha}$$

# Verständnisfrage schiefe Ebene

$$F_g = m \cdot g$$

Eine (annähernd reibungsfreie) Rolle erfährt eine Gewichtskraft von  $F_g = 2 \text{ N}$ .  
Was ist die Hangabtriebskraft unter einem Winkel von  $30^\circ$ ?

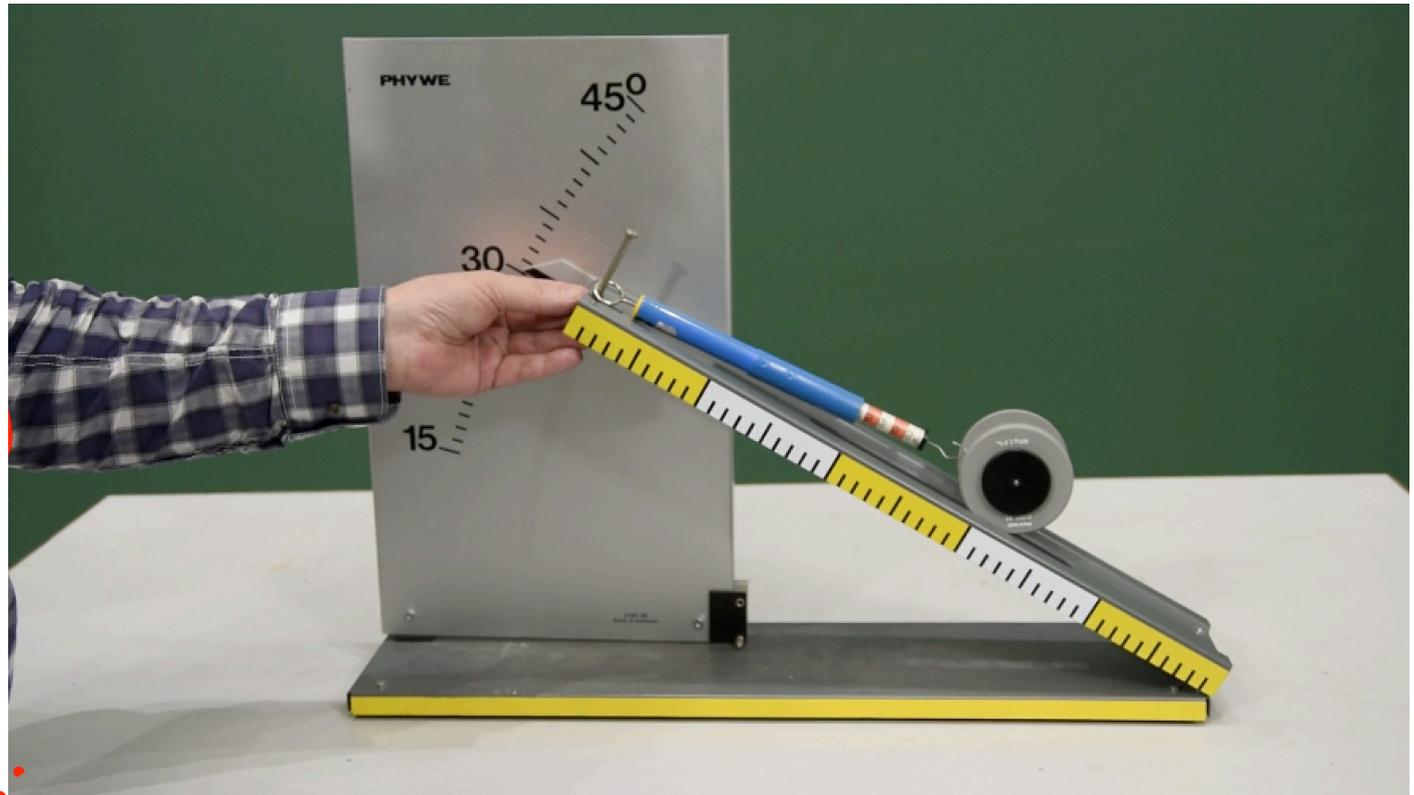
A) 2 N

**B) 1 N** ✓

C) 0.5 N

D)  $\sqrt{2} \text{ N}$

$$\begin{aligned} F_H &= F_g \cdot \sin \alpha \\ &= 2 \text{ N} \cdot \sin(30^\circ) \\ &= 2 \text{ N} \cdot \frac{1}{2} \\ &= 1 \text{ N} \end{aligned}$$



# Beispiel: Gaußsche Fehlerfortpflanzung



Szene aus dem Film „James Bond - Moonraker“

Youtube: <https://www.youtube.com/watch?v=JbLei5GYaYM>

$$r = 10 \text{ m} \pm 1 \text{ m}$$

$$v = 30 \text{ m/s} \pm 5 \text{ m/s}$$

# Beispiel: Gaußsche Fehlerfortpflanzung

**Gaußsche Fehlerfortpflanzung:** Für den Fall, dass eine Größe  $y$  von den Messgrößen  $x_j$  abhängt und die Größen  $x_j$  unkorreliert sind

$$\sigma_y = \sqrt{\sum_{j=1}^n \left( \frac{\partial f}{\partial x_j} \sigma_{x_j} \right)^2}$$

$$v = 30 \frac{\text{m}}{\text{s}} \pm 5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$r = 10 \text{ m} \pm 1 \text{ m}$$

$$a_2 = \frac{v^2}{r} = a(v, r)$$

$$\frac{\partial a_2}{\partial v} = \frac{2v}{r}$$

$$\frac{\partial a_2}{\partial r} = -\frac{v^2}{r^2}$$

$$a_2 = 90 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$\pm 31,3 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$\sigma_{a_2} = \left( \left( \frac{\partial a_2}{\partial v} \cdot \sigma_v \right)^2 + \left( \frac{\partial a_2}{\partial r} \cdot \sigma_r \right)^2 \right)^{1/2}$$

$$= \left( \left( \frac{2v}{r} \cdot 5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^2 + \left( -\frac{v^2}{r^2} \cdot 1 \text{ m} \right)^2 \right)^{1/2} = 31,3 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$