
Physik 1

(PH1-B-REE1)

Michael Erhard

Themen heute

8. Kräfte (Fortsetzung)

9. Reibung

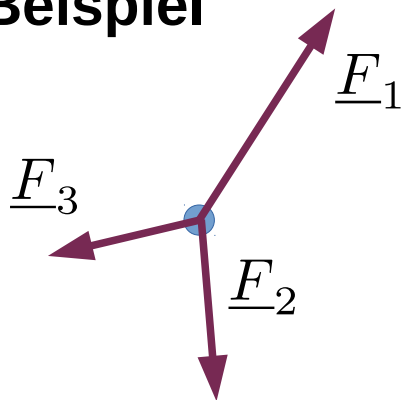
8. Addition von Kräften (Wiederholung)

Mehrere Kräfte an einem Angriffspunkt

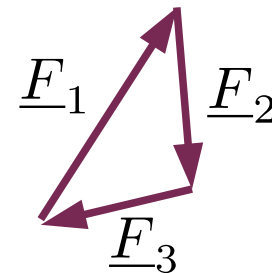
Im *statischen Gleichgewicht* (in Ruhe bzw. keine Bewegungsänderung), muss nach Newton gelten

$$\sum_{i=1}^N \underline{F}_i = 0$$

Beispiel



Setze (parallel-verschobene)
Vektoren aneinander



Ergebnis muss
geschlossenes
Polygon sein

Berechnung über Vektoren oder trigonometrisch über Dreieck (Polygon).

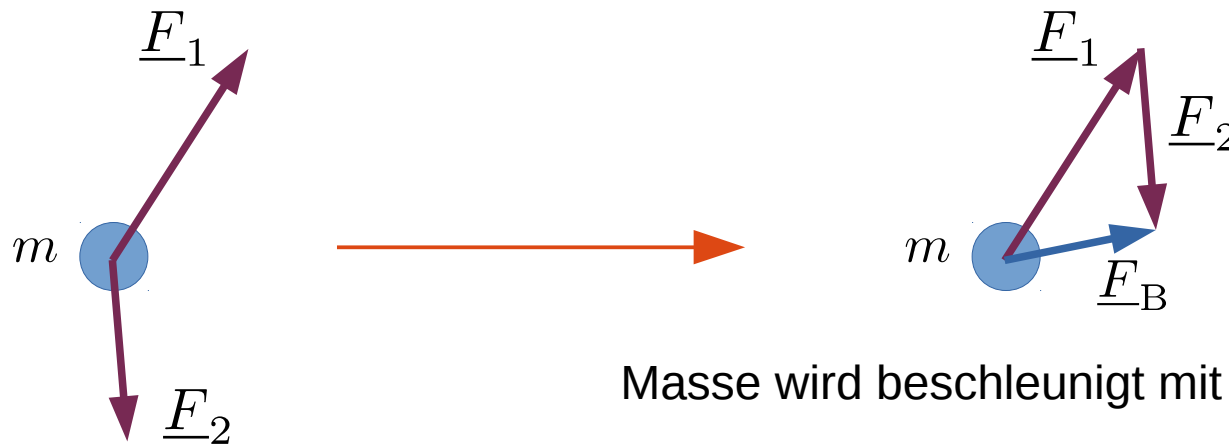
8. Addition von Kräften

Mehrere Kräfte an einer Masse (ein Angriffspunkt)

Mit Trägheitskraft und dem d'Alembert-Prinzip folgt

$$\underline{F}_T + \sum_{i=1}^N \underline{F}_i = 0 \Rightarrow \underline{F}_B = -\underline{F}_T = \sum_{i=1}^N \underline{F}_i$$

Beispiel

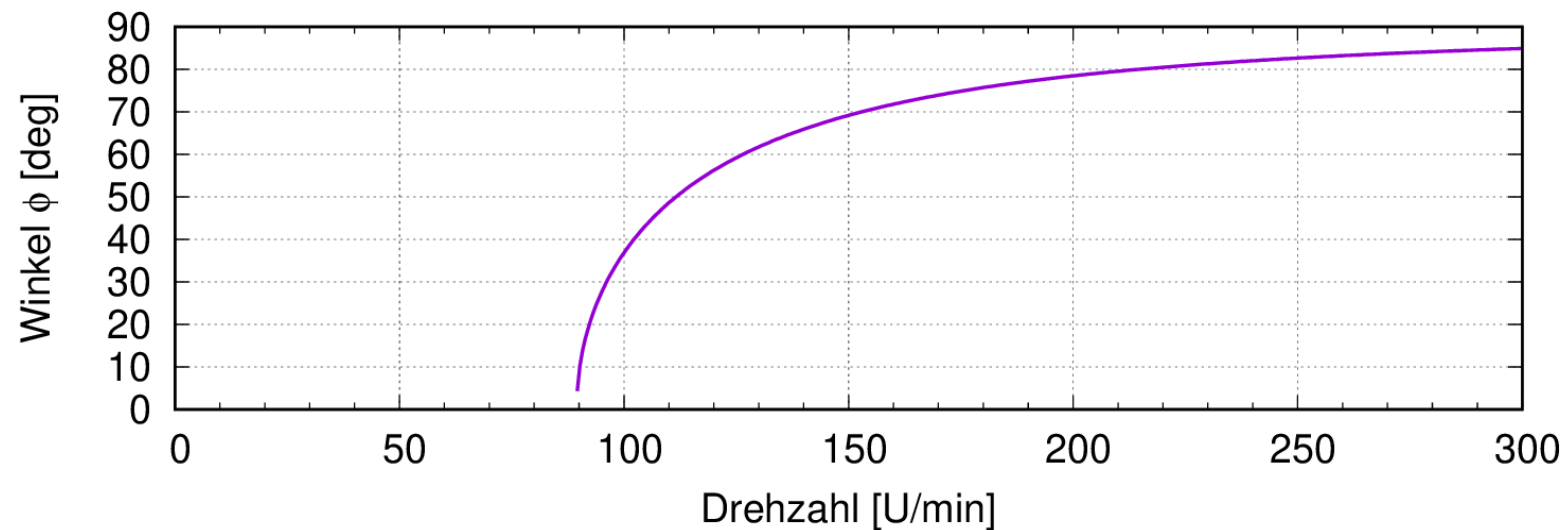
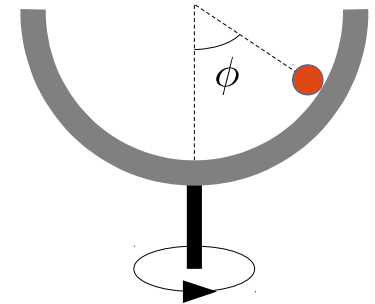
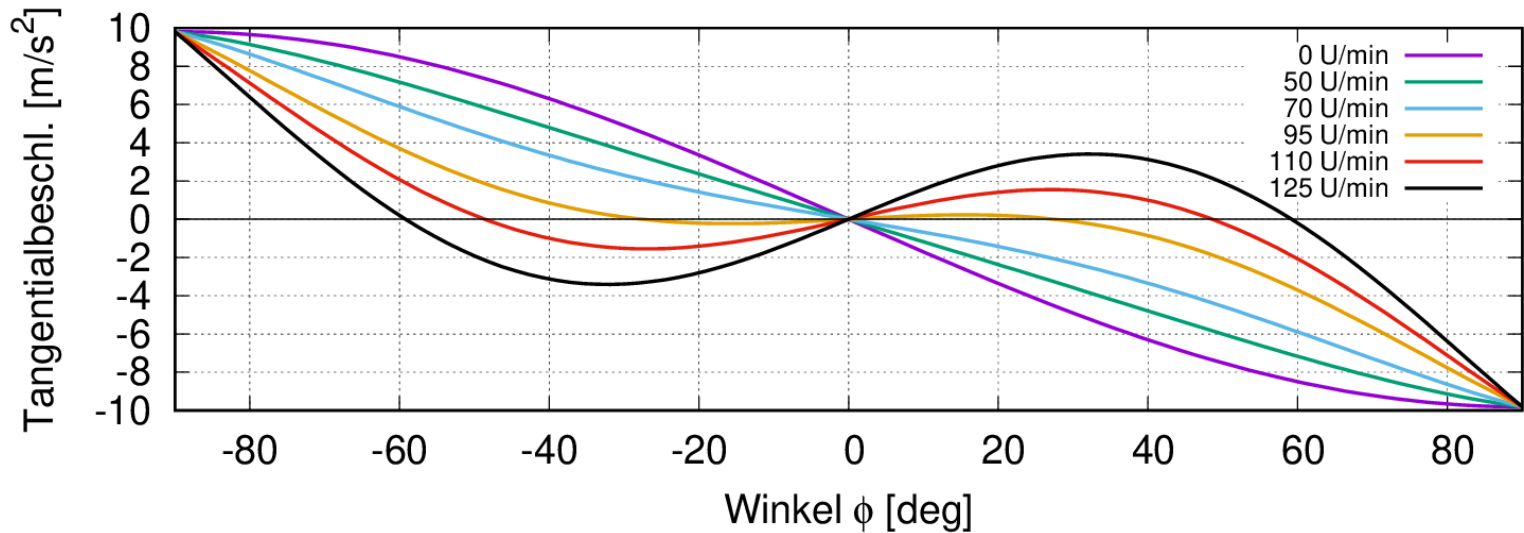


Masse wird beschleunigt mit $m \underline{a} = \underline{F}_B = \sum_{i=1}^N \underline{F}_i$

An Tafel

- *Beispiel 4: Beschleunigung Wagen auf schiefer Ebene*
- *Beispiel 5: Zentripetalkraftversuch: Kugel in Halbkreis-Rinne*

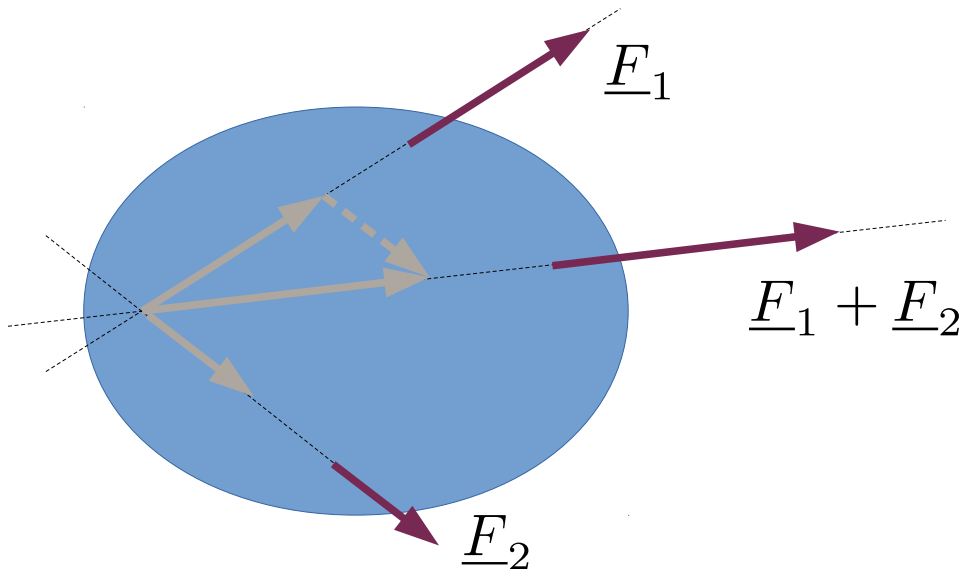
8. Versuch zur Zentripetalkraft



8. Ausblick: Linienflüchtigkeit

Linienflüchtigkeit: Ein Kraftvektor kann entlang Wirkungsline verschoben werden ohne Wirkung auf System zu ändern.

Anwendung: Addition von Kräften



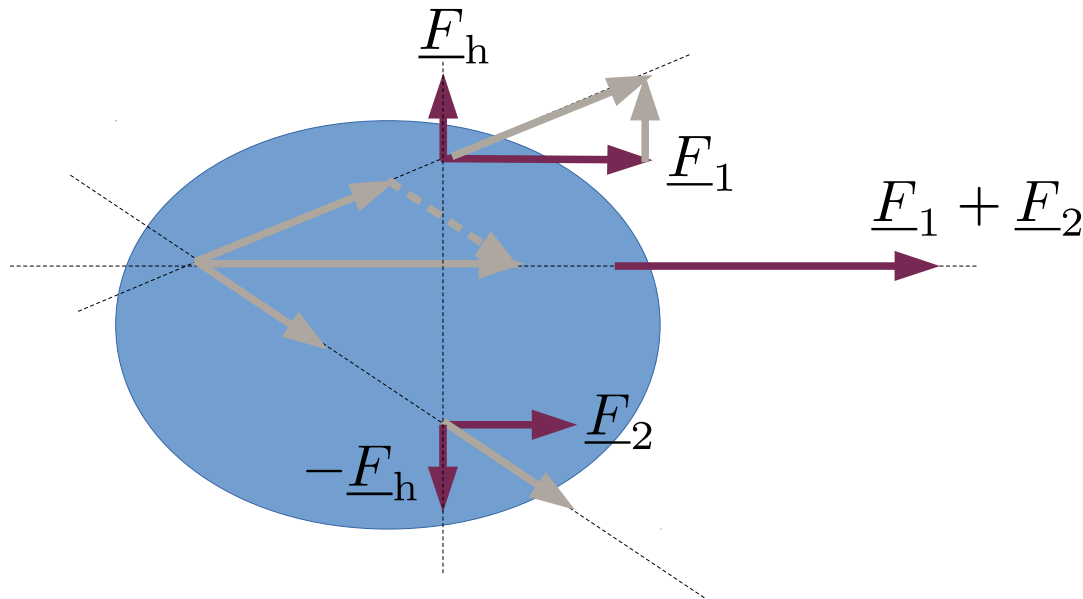
Achtung: physikalischer Kraftangriffspunkt kann nicht analog verschoben werden, wenn sich Krafrichtung oder Körperorientierung ändern, ändert sich die Wirkungsline!

8. Ausblick: Hilfskräfte

Hilfskräfte: entgegengesetzte gleich große Kräfte auf einer Wirkungslinie können ohne Wirkung dem System hinzugefügt werden.

$$-\underline{F}_h \longleftrightarrow \underline{F}_h$$

Anwendung: Addition paralleler Kräfte



9. Reibung

9. Reibung

An Tafel

- *Haft-, Gleitreibung*
- *Vorführen: proportional zur Normalkraft, unabh. von Fläche!*
- *Versuch auswerten: Haft und Gleitreibung*

9. Übersicht: weitere Reibungskräfte

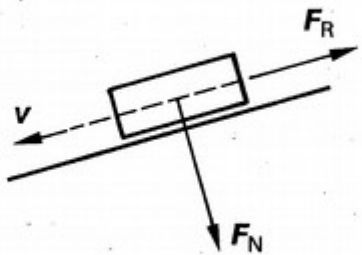
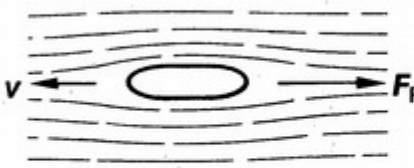
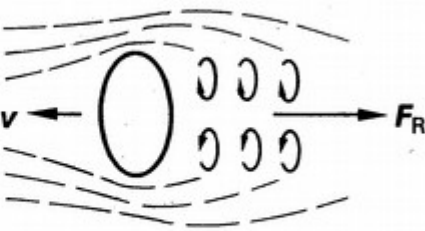
	äußere Reibung Festkörperreibung	innere Reibung Flüssigkeitsreibung	turbulente Reibung Luftreibung
Reibungskraft			
Ansatz	$F_R = \mu F_N$	$F_R = b v$	$F_R = d v^2$
Proportionalitätsfaktor	μ : Reibungszahl μ ist unabhängig von der Kontaktfläche zwischen Körper und Unterlage; hängt ab von der Kontaktgeometrie und den Materialien von Körper und Unterlage.	b : Zähigkeitskoeffizient b hängt von der Form des Körpers und der Viskosität η der Flüssigkeit ab. Es wird laminare Strömung vorausgesetzt.	d : Luftreibungskoeffizient d hängt von der Anströmfläche und der Oberflächenbeschaffenheit des Körpers sowie von der Dichte und Art des strömenden Mediums ab.
Spezialfälle	μ_R : Rollreibung μ_G : Gleitreibung μ_H : Haftreibung	$b = 6 \pi \eta r$ laminare Umströmung einer Kugel vom Radius r in einem Medium mit der Zähigkeit η	$d = \frac{1}{2} c_W \varrho A$ Körper mit Anströmfläche A und dem Widerstandsbeiwert c_W im Medium der Dichte ϱ

Bild 2-20. Reibungskräfte.

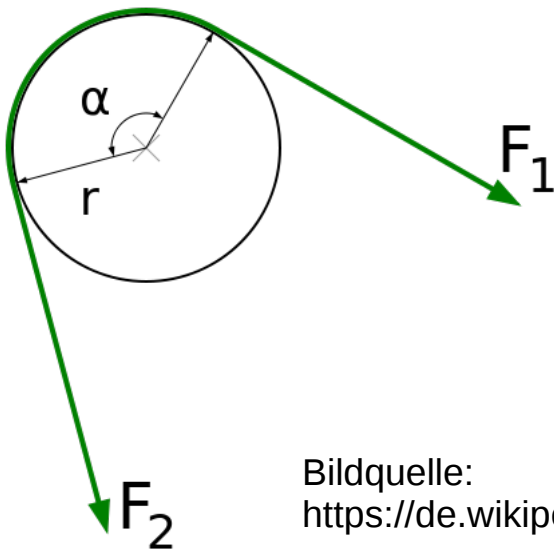
Quelle: Hering et al., *Physik für Ingenieure*, 4. Aufl., VDI

14

9. Beispiel: Seilreibung

Seilreibungsformel (Euler-Eytelwein-Formel)

Leonhard Euler (1707–1783) und Johann Albert Eytelwein (1764–1848)



Für das Verhältnis zwischen ziehender Kraft F_z und haltender Kraft F_h bei Umschlingungswinkel α , $[\alpha] = \text{rad}$ gilt:

$$F_z \leq F_h e^{\mu_H \alpha}$$

Bildquelle:
<https://de.wikipedia.org/wiki/Euler-Eytelwein-Formel>

Aufgabe: welchen Prozentanteil der Seilkraft eines Schiffes muss man zum Halten aufbringen, bei einfacher bzw. dreifacher Umschlingung des Pollers? ($\mu_H = 0,15$ (Stahl-Stahl))