

## Physik des starren Körpers – Das Drehmoment

⇒ Das Grundproblem für die Bewegung starrer Körper liegt im Finden der zu erwartenden Bewegungsgleichungen, als Hauptaufgabe der Mechanik.

**bisher:**

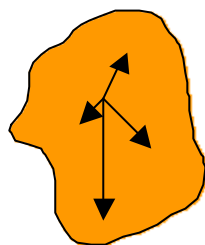
- reibungsfrei
- Modell „Punktmasse“ – Vereinigung der kompletten Masse eines Körpers in einem Punkt, d.h. es wird von der Form und dem Volumen abstrahiert.

Um einen genaueren Einblick in die Physik zu erhalten, sollte in ausgesuchten Fällen das Modell „Massenpunkt“ berücksichtigt werden.

Das ist insbesondere bei Drehbewegungen erforderlich.

**Modell „Massenpunkt“:**

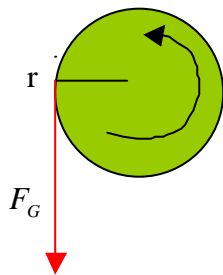
System von Punktmassen, die bei einem Körper von einem fiktiven aber festen Punkt den gleichen Abstand haben, d.h. die Summe aller Massenpunkte eines Körpers, ergibt die Gesamtmasse.



System von Massenpunkten

**Voraussetzung:** - reibungsfreies und rotationsfähiges System

**Beispiel:**



jenachdem, wo  $F_G$  angreift, haben wir Links- oder Rechtsdrehung

Ursache für diese Drehbewegung:  $\vec{r}$  steht senkrecht auf  $\vec{F}_G$ . Die Ursache für die Drehbewegung ist das **Drehmoment**  $\vec{M}$ .

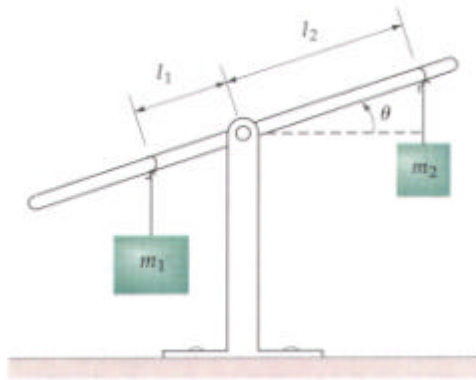
**Definition:**  $\vec{M} = \vec{r} \times \vec{F} = |\vec{r}| \cdot |\vec{F}| \cdot \sin(\angle |\vec{r}|; |\vec{F}|)$

Da das Drehmoment eine vektorielle Größe darstellt, lässt es sich nur über ein Vektorprodukt definieren.

Für den Fall: Abstand  $r$  steht senkrecht auf der Kraft  $F$  gilt:

$$\vec{M} = |\vec{r}| \cdot |\vec{F}| \quad \text{wegen} \quad \sin(\angle |\vec{r}|; |\vec{F}|) = \sin 90^\circ = 1.$$

Beispiel: **Hebelgesetz**



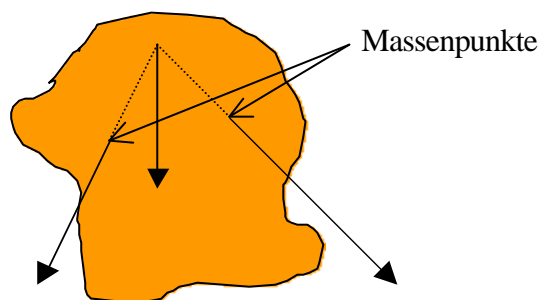
6.39 Zu Aufgabe 32.

Was hält den Hebel im Gleichgewicht?

Hebelgesetz:  $F_1 \cdot l_1 = F_2 \cdot l_2$  im Gleichgewichtsfall

**Definition:** Unter einem starren Körper verstehen wir ein System von Punktmassen, die ihre relative Lage zueinander nicht ändern.

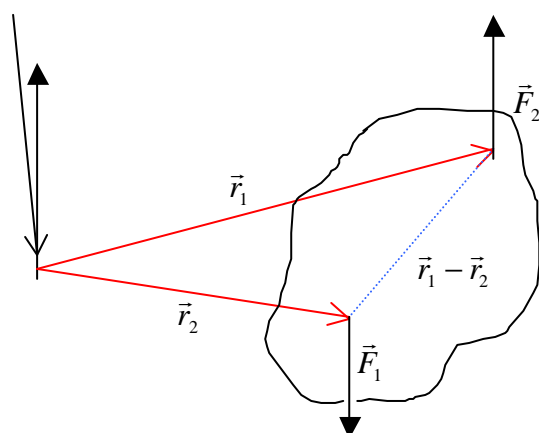
Daraus folgt die Bestimmung des Kräftegleichgewichts:



Übliche geometrische Addition zur Bestimmung der resultierenden Kraft erfolgt durch Verschiebung zu einem Kräfteparallelogramm.

Durch die geeignete Kräftezerlegung lassen sich alle möglichen Fälle der Lage von Massenpunkten und entsprechender Kräfte behandeln.

Beobachter



Es gilt nach Definition:  $\vec{M} = \vec{r} \times \vec{F}$ . Das Gesamtdrehmoment für die zwei Massenpunkte ergibt sich:  $\vec{M}_{Ges} = \vec{M}_1 + \vec{M}_2 = \vec{r}_1 \times \vec{F}_1 + (\vec{r}_2 \times \vec{F}_2)$ .

Für den Gleichgewichtsfall gilt:  $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$ .

Durch Ersetzen der Kraft  $\vec{F}_2$  erhält man:

$$\vec{M}_{Ges} = \vec{M}_1 + \vec{M}_2 = \vec{r}_1 \times \vec{F}_1 + (\vec{r}_2 \times (-\vec{F}_1))$$

$$\vec{M}_{Ges} = \vec{M}_1 + \vec{M}_2 = \vec{r}_1 \times \vec{F}_1 - (\vec{r}_2 \times \vec{F}_1)$$

$$\vec{M}_{Ges} = (\vec{r}_1 - \vec{r}_2) \times \vec{F}_1$$

$$\vec{M}_{Ges} = (\vec{r}_2 - \vec{r}_1) \times \vec{F}_2$$

- ⇒ Das resultierende Kraft- oder Drehmoment ist unabhängig vom Bezugspunkt.
- ⇒ Ein starrer Körper ist im Gleichgewicht, wenn sowohl die Summe der an ihm angreifenden Kräfte, als auch die Summe der angreifenden Drehmomente gleich 0 ist.
- ⇒ Es gilt der Drehmomentenerhaltungssatz:

$$\sum_{i=1}^n \vec{M}_i = konst.$$