

UNIVERSITÄT
BAYREUTH

Seminar „Übungen im Vortragen –PC“

Kräfte am starren Körper -
Hebel und Waage

Nico Meidenbauer, WS 07/08

Gliederung

[1 Definition starrer Körper 1](#_Toc45016133)

[2 Hebel-Gesetz 1](#_Toc45016134)

[3 Drehmoment 3](#_Toc45016135)

[3.1 Versuch: 3](#_Toc45016136)

[4 Zusammenhang Masse/Gewichtskraft 5](#_Toc45016137)

# Definition starrer Körper

1. Ein starrer Körper ist ein Gebilde, das aus zahlreichen Massen-Punkten zusammengesetzt ist und auch unter Einwirkung von Kräften seine Form nicht verändert.

# Hebel-Gesetz

**Problem:** Wenn 2 Kräfte an einem Punkt eines starren Körpers angreifen und nicht gleichgerichtet sind, kann ein Kräfte-Parallelogramm errichtet werden (s. Abb. 1); sobald die Kräfte jedoch an unterschiedlichen Punkten angreifen und gleichgerichtet sind, ist dies nicht mehr möglich.



Abb. 1: Kräfte-Parallelogramm mit einem Angriffspunkt

**Lösung:** Es greifen zusätzlich zwei entgegengesetzte Kräfte F3 an P1 und P2 an; durch diese Kräfte kann eine resultierende Kraft FR zusammengesetzt werden (Abb. 2).



Abb. 2: Zusammensetzung zweier paralleler Kräfte

Da die Dreiecke A1B1P1 und SP1P0 bzw. A2B2P2 und SP2P0 zueinander ähnlich sind, folgt daraus:

$$\frac{→}{→} = \frac{\overbar{P\_{0}S}}{r\_{1}}$$

und

$$\frac{→}{→} = \frac{\overbar{P\_{0}S}}{r\_{2}}$$

Dividiert man die beiden Verhältnisse durcheinander erhält man:

$$\frac{→}{→} \* \frac{→}{→} = \frac{\overbar{P\_{0}S}}{r\_{1}} \* \frac{r\_{2}}{\overbar{P\_{0}S}}$$

Kürzt man noch die Kraft „F3“ und die Strecke „P0S“ aus der Formel heraus, erhält man das Hebel-Gesetz nach folgendem Ausdruck:

$$F\_{1}r\_{1}= F\_{2}r\_{2}$$

# Drehmoment

**Drehmoment** ist definiert als die Größe „M“ einer Kraft, die in einer zur Dreh-Achse senkrechten Fläche liegt, die sich aus dem **vektoriellen Produkt** aus dem von der Dreh-Achse zum Angriffspunkt weisenden **Vektor „r“** und der dort angreifenden **Kraft „F“** zusammensetzt.

Daraus ergibt sich folgende mathematische Beziehung:

$$M=F\*r\* \sin(α)$$



Abb. 3: Drehmoment

Man unterscheidet hierbei in **linksdrehende** (Drehung im mathematisch positiven Sinn!!!) und **rechtsdrehende** (Drehung im mathematisch negativen Sinn!!!) Drehmomente.

**Ist die Summe aus links- und rechtsdrehenden Drehmomenten gleich Null, so herrscht am starren Körper ein Gleichgewicht** (s. Versuch).

## Versuch:

**Aufbau 1**: Auf einem drehbar gelagerten Balken stehen im gleichen Abstand zur Dreh-Achse 2 unterschiedlich schwere Probanden.

**Beobachtung**: Die Balken-Seite mit dem schwereren Probanden senkt sich nach unten.

**Aufbau 2**: Der schwerere Proband nimmt einen immer kleineren Abstand von der Dreh-Achse ein.

**Beobachtung**: Ab einem gewissen Abstand hebt sich die Seite mit dem schwereren Probanden, bzw. senkt sich die Seite mit dem leichteren.

**Deutung**:

Im ersten Fall ist das Produkt aus Gewichtskraft „F1“ und den Abstand zur Drehachse „r1“ größer als das Produkt aus Kraft „F2“ und „r2“ (s. Abb. 4).



Abb. 4: System befindet sich nicht im Gleichgewicht.

$$F\_{1}\*r\_{1} >F\_{2}\* r\_{2}$$

Damit ist der starre Körper ( in diesem Fall ein stabiler Holz-Balken) nicht im Gleichgewicht und senkt sich auf der Seite des schwereren Probanden nach unten.



Abb. 5: System befindet sich im Gleichgewicht.

Nimmt nun der schwerere Proband einen immer kleineren Abstand zur Dreh-Achse ein, so verringert sich das Produkt aus „F1“ und „r1“. An dem Punkt gilt:

$$F\_{1}\*r\_{1} = F\_{2}\* r\_{2}$$

Das System befindet sich im Gleichgewicht (Abb. 5).

Bewegt sich der schwerere Proband über diesen Punkt weiter zur Dreh-Achse hin (Abb. 6)



Abb. 6: System befindet sich nicht im Gleichgewicht.

so gilt:

$$F\_{1}\*r\_{1} < F\_{2}\* r\_{2}$$

# Zusammenhang Masse/Gewichtskraft

Im folgenden Abschnitt wird die beim Hebel-Gesetz wirkende Gewichtskraft noch einmal näher betrachtet.

Die Gewichtskraft ist definiert als:

$$G = mg$$

Eine gleicharmige Hebel-Waage (I1 = I2) ist dann im Gleichgewicht, wenn gilt:

$$G\_{1}I= G\_{2}I$$



Abb. 7: Gleicharmige Hebel-Waage.

Durch das Herauskürzen von „I“ und das Ersetzen von „G“ durch „mg“ erhält man:

$$m\_{1}g = m\_{2}g$$

und schließlich

$$m\_{1}= m\_{2}$$

Damit ist es mit einer Waage möglich, die Massen verschiedener Körper zu bestimmen, obwohl an der Waage eigentlich die jeweiligen Gewichtskräfte auftreten.

**Quellen:**

1. Kuhn, Physik – Mechanik, Westermann Verlag, Braunschweig 1973, S. 77ff., S. 187ff
2. Hammer/Hammer/Knauth/Kühnel/Lackner-Ronge, Physik Sekundarstufe II Mechanik, Oldenbourg Verlag, München 1980, S. 53 – 57
3. Hammer, Grundkurs der Physik 1 – Mechanik und Wärmelehre, Oldenbourg Verlag, München 1991, S. 22
4. Höfling, Physik – Lehrbuch für Unterricht und Selbststudium, Dümmler Verlag, Bonn 1985, S. 118 - 129