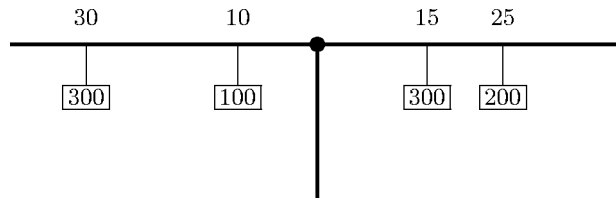


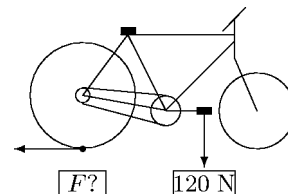
Übungen (M5)

- 1) a) Was versteht man unter dem Drehmoment? In welcher Einheit wird es gemessen? Wie lautet das Hebelgesetz?
 b) An einer drehbaren Achse hängen 4 Gewichte wie in der Skizze angegeben. Die Abstände vom Drehpunkt sind in Zentimeter gemessen, während die angehängten Massen in Gramm angegeben sind. Bestimmen Sie das links- und das rechtsdrehende Drehmoment (in Nm). Nach welcher Seite neigt sich der Balken?
 c) Auf welche Seite und an welche Stelle würden Sie welches Gewicht anhängen, damit die Drehachse ausgeglichen ist?
 d) Ihnen steht noch ein Gewichtsstück von 25 g Masse zur Verfügung. Auf welche Seite und an welche Stelle müssen Sie dieses hängen, um die Drehachse ins Gleichgewicht zu bringen?



- 2) Gegeben ist ein Fahrrad mit folgenden Maßen:

Länge des Pedalarms $l = 18 \text{ cm}$,
 Radius des vorderen Zahnkranzes $R = 9 \text{ cm}$,
 Radius des hinteren Zahnkranzes $r = 6 \text{ cm}$,
 Radius des Hinterrades $s = 36 \text{ cm}$.



- a) Berechnen Sie die vom Hinterrad auf die Straße übertragene Kraft, wenn Sie mit einer Kraft von 120 N in die Pedale treten. Bestimmen Sie für alle Drehpunkte die wirkenden Drehmomente sowie die auf die Kette wirkende Kraft.
 b) Leiten Sie eine allgemeingültige Beziehung zwischen der Pedalkraft und der auf die Straße übertragenen Kraft her.

Übungen (M5) — Lösungen

1) a) Greift an einem drehbaren Körper eine Kraft an, so bewirkt diese ein *Drehmoment* M . Dieses ist definiert als das Produkt aus wirkender Kraft und dem Abstand a des Drehpunktes von der Wirkungslinie der Kraft:

$$M = F \cdot a.$$

Die Einheit für das Drehmoment ist 1 Nm. Das Hebelgesetz besagt: Ein drehbarer Körper ist im Gleichgewicht, wenn die Summe der rechtsdrehenden Drehmomente gleich der Summe der linksdrehenden ist.

b) Wir berechnen die von den Gewichtskräften F_G der angehängten Massen bewirkten Drehmomente $M = F_G \cdot a = m \cdot g \cdot a$:

$$M_1 = 300 \text{ g} \cdot 9,81 \text{ N/kg} \cdot 30 \text{ cm} = 0,883 \text{ Nm},$$

$$M_2 = 100 \text{ g} \cdot 9,81 \text{ N/kg} \cdot 10 \text{ cm} = 0,098 \text{ Nm},$$

$$M_3 = 300 \text{ g} \cdot 9,81 \text{ N/kg} \cdot 15 \text{ cm} = 0,441 \text{ Nm},$$

$$M_4 = 200 \text{ g} \cdot 9,81 \text{ N/kg} \cdot 25 \text{ cm} = 0,491 \text{ Nm}.$$

Das linksdrehende Drehmoment beträgt $M_l = M_1 + M_2 = 0,981 \text{ Nm}$, während das rechtsdrehende $M_r = M_3 + M_4 = 0,932 \text{ Nm}$ ist. Damit neigt sich der Balken zur linken Seite.

c) Um den Balken auszugleichen, fehlt ein rechtsdrehendes Drehmoment von $M_l - M_r = 0,049 \text{ Nm} = 0,049 \text{ Nm} = m \cdot g \cdot a$. Wählt man $a = 10 \text{ cm}$, so ergibt sich eine anzuhängende Masse von

$$m = \frac{0,049 \text{ Nm}}{9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 0,1 \text{ m}} = 50 \text{ g}.$$

Man kann also den Balken ausgleichen, indem man auf der rechten Seite in 10 cm Entfernung vom Drehpunkt ein Gewichtsstück von 50 g Masse anhängt.

d) Ein Massestück von 25 g müsste man auf der rechten Seite in 20 cm Entfernung vom Drehpunkt aufhängen.

2) Die Pedalkraft $F_P = 120 \text{ N}$ erzeugt am vorderen Zahnkranz ein Drehmoment $M_v = F_P \cdot l = 120 \text{ N} \cdot 18 \text{ cm} = 21,6 \text{ Nm}$. Dieses erzeugt eine Kraft in der Kette F_K mit

$$F_K \cdot R = M_v \iff F_K = \frac{M_v}{R} = \frac{21,6 \text{ Nm}}{9 \text{ cm}} = 240 \text{ N}.$$

Die Kette überträgt diese Kraft unverändert auf den hinteren Zahnkranz und erzeugt dort ein Drehmoment

$$M_h = F_K \cdot r = 240 \text{ N} \cdot 6 \text{ cm} = 14,4 \text{ Nm}.$$

Dieses Drehmoment am Hinterrad erzeugt die Kraft F , die auf die Straße übertragen wird:

$$M_h = F \cdot s \iff F = \frac{M_h}{s} = \frac{14,4 \text{ Nm}}{36 \text{ cm}} = 40 \text{ N}.$$

b) Im Rahmen obiger Rechnungen ergab sich folgende Formel für F :

$$F = \frac{F_K \cdot r}{s} = \frac{r}{s} \cdot \frac{F_P \cdot l}{R} = F_P \cdot \frac{r}{s} \cdot \frac{l}{R}.$$