

M 4 Der Bremsgriff

- 1.–4. Beim Bremsgriff handelt es sich um einen **zweiseitigen**, gewinkelten Hebel. Die Bestandteile des Hebels sowie die Wirkungslinien der Kräfte sind in Abbildung 14 eingezeichnet. Das Verhältnis der Längen von Kraft- und Lastarm beträgt $\ell_1/\ell_2 \approx 2,1$.

I/B

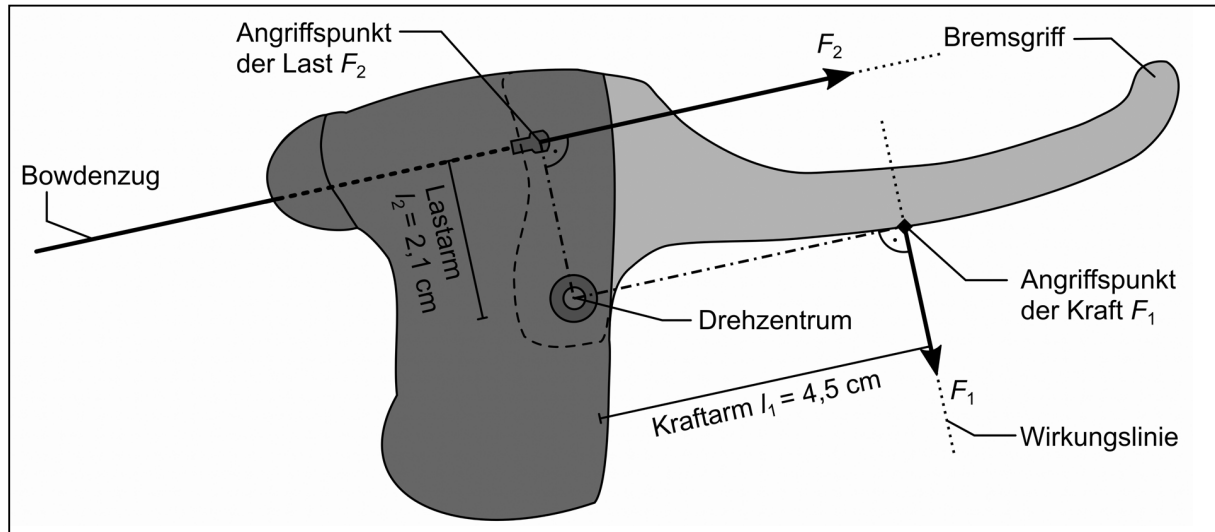


Abb. 14: Kräfte und Hebelarme am Bremsgriff (zweiseitiger, gewinkelter Hebel)

5. Schätzungen zwischen 100 N und 300 N sind realistisch. Für die weitere Rechnung wird eine Kraft $F_1 = 200 \text{ N}$ verwendet.
6. Auf den Bowdenzug wird die Kraft $F_2 = F_1 \cdot \frac{\ell_1}{\ell_2} \approx 200 \text{ N} \cdot 2,1 = 420 \text{ N}$ übertragen.
7. Die Kräfte sind in Abb. 14 dargestellt. Dabei entspricht eine Pfeillänge von 1 cm einer Kraft von 100 N.

M 5 Die Bremse

- 1.–4. Bei der Bremse handelt es sich um einen **einseitigen** Hebel. Die Bestandteile des Hebels sowie die Wirkungslinien der Kräfte sind in Abb. 15 eingezeichnet. Das Verhältnis der Längen von Kraft- und Lastarm beträgt $\ell_1/\ell_2 \approx 3,3$.

5. Beim Bremsen drückt der Bremsklotz mit der Kraft

$$F_2 = F_1 \cdot \frac{\ell_1}{\ell_2} \approx 180 \text{ N} \cdot 3,3 = 594 \text{ N}$$

auf die Felge.

6. Die Kräfte sind in Abb. 15 dargestellt. Dabei entspricht eine Pfeillänge von 1 cm einer Kraft von 100 N.

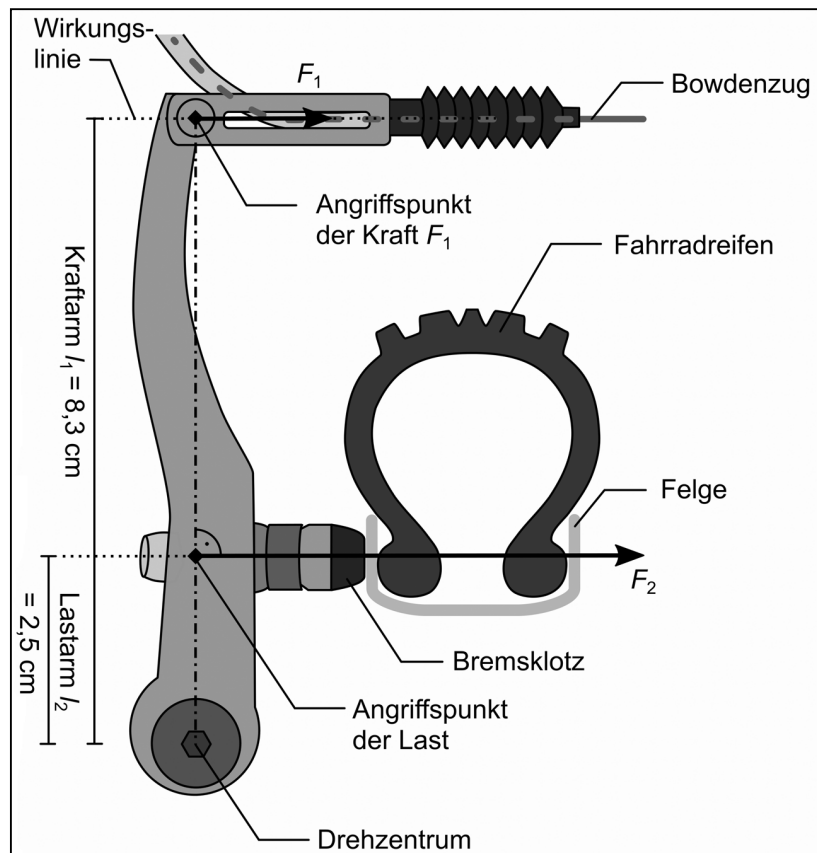


Abb. 15: Kräfte und Hebelarme an der Bremse (einseitiger Hebel)

M 6 Das Pedal

- 1.–4. Beim Pedal in Verbindung mit den Tretkurbeln und dem Kettenblatt handelt es sich um einen **zweiseitigen**, gewinkelten Hebel. Die Bestandteile des Hebels sowie die Wirkungslinien der Kräfte sind in Abb. 16 eingezeichnet. Das Verhältnis der Längen von Kraft- und Lastarm beträgt $\ell_1/\ell_2 \approx 1,7$.
5. Ein Schüler besitzt durchschnittlich eine Masse von 50 kg, einer Gewichtskraft von ca. $F_G = 500 \text{ N}$ entsprechend.
6. Die Gewichtskraft ($F_G = F_1$) wird über das Kettenblatt auf die Kette übertragen. Dabei gilt $F_2 = F_1 \cdot \frac{\ell_1}{\ell_2} \approx 500 \text{ N} \cdot 1,7 = 850 \text{ N}$.
7. Die Kräfte sind in Abb. 16 dargestellt. Dabei entspricht eine Pfeillänge von 1 cm einer Kraft von 200 N.

Tipp

In den Abb. 7 und 16 ist ein spezieller Zeitpunkt beim Treten der Pedale dargestellt. In diesem Moment stehen Hebelarm und Kraft senkrecht aufeinander, das Drehmoment ist maximal. Im Laufe einer vollständigen Umdrehung der Tretkurbel und des Kettenblattes ändert sich das Drehmoment aber ständig. Dies können Sie gut in der Sekundarstufe 2 bei der Physik des starren Körpers wieder aufgreifen.

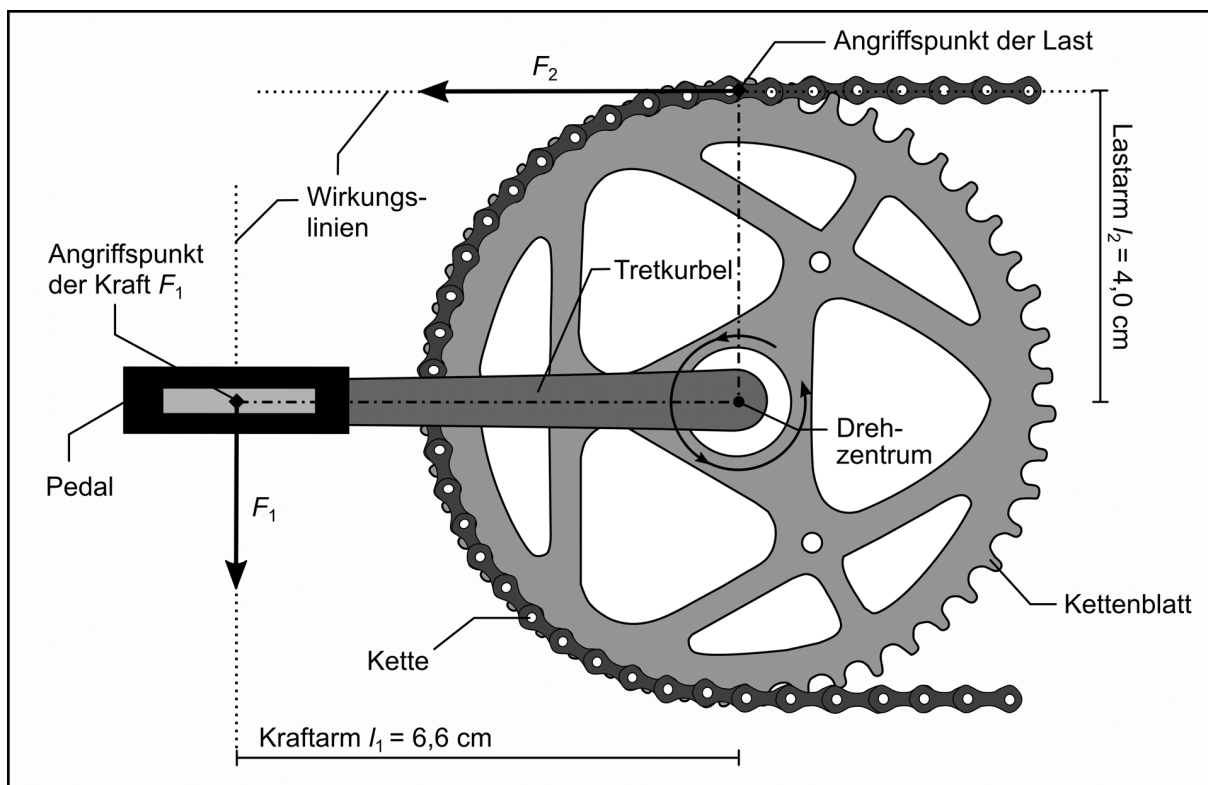


Abb. 16: Kräfte und Hebelarme am Kettenblatt (zweiseitiger, gewinkelter Hebel)

M 7 Das Hinterrad

- 1.–4. Beim Hinterrad handelt es sich um einen **zweiseitigen** Hebel. Die Bestandteile des Hebels sowie die Wirkungslinien der Kräfte sind in Abb. 17 eingezeichnet. Das Verhältnis der Längen von Kraft- und Lastarm beträgt $\ell_1/\ell_2 \approx 0,2$ und ist damit kleiner 1.

5. Während am Ritzel die Kraft $F_1 = 900 \text{ N}$ angreift, wird auf die Straße nur die Kraft $F_2 = F_1 \cdot \frac{\ell_1}{\ell_2} \approx 900 \text{ N} \cdot 0,2 = 180 \text{ N}$ übertragen. Die Last ist in diesem Fall geringer als die Kraft $F_2 < F_1$ (vgl. auch Material **M 9** Aufgaben 2 und 4).
6. Die Kräfte sind in Abb. 17 dargestellt. Dabei entspricht eine Pfeillänge von 1 cm einer Kraft von 150 N.

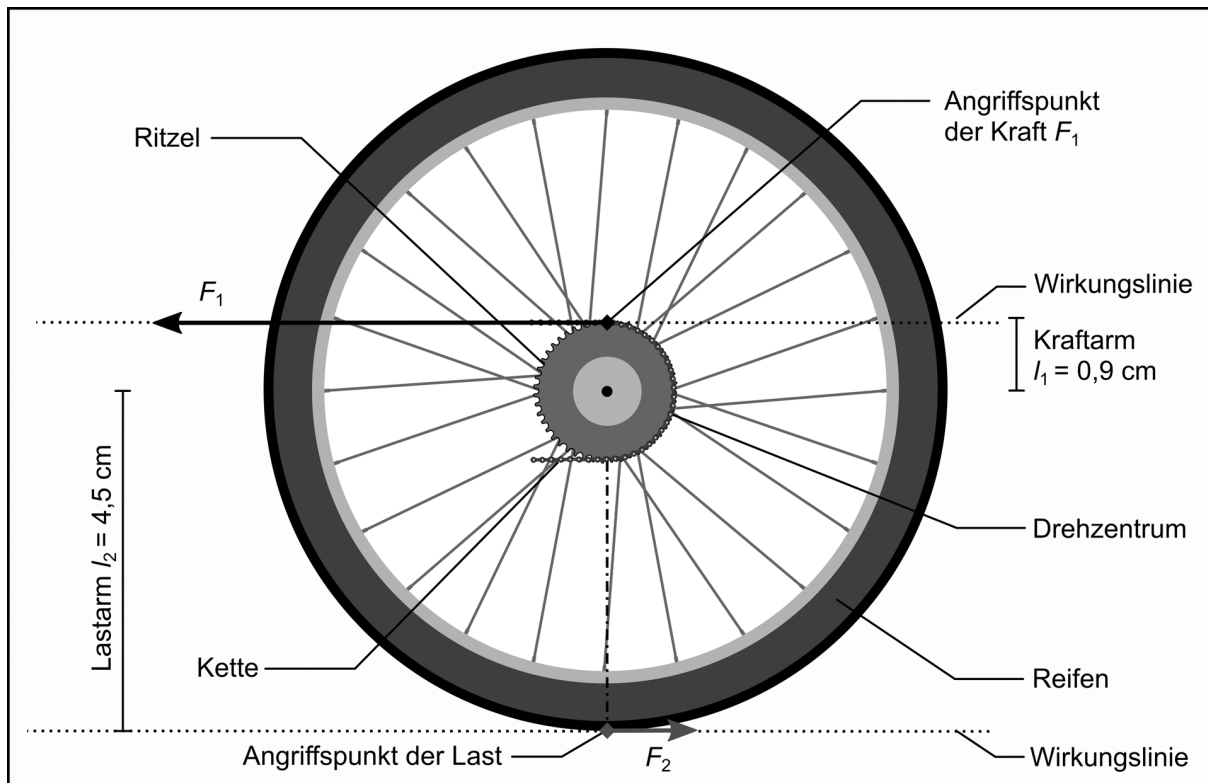


Abb. 17: Kräfte und Hebelarme am Hinterrad (zweiseitiger Hebel)

M 8 Kraftübertragung: von der Hand zum Reifen ... wenn mehrere Hebel zusammenwirken!

1. Die Kraft $F_1 = 120 \text{ N}$, mit der die Fahrerin am Bremsgriff zieht, wird durch die Hebelwirkung des Bremsgriffs vergrößert (vgl. **M 4**). Auf den Bowdenzug wirkt die Kraft $F_2 = F_1 \cdot \ell_1 / \ell_2 \approx 120 \text{ N} \cdot 2,1 = 250 \text{ N}$. Die Kraft F_2 greift an der Bremse an und wird dort durch deren Hebelwirkung weiter verstärkt (vgl. **M 5**). Der Bremsklotz wird letztlich mit der Kraft $F_3 = F_2 \cdot \ell_{1,B} / \ell_{2,B} \approx F_2 \cdot 3,3$ an die Felge gedrückt ($\ell_{1,B}$ und $\ell_{2,B}$ sind die Hebelarme an der Bremse). Insgesamt erhält man $F_3 = F_1 \cdot 2,1 \cdot 3,3 = F_1 \cdot 6,9 = 830 \text{ N}$.

Bei dieser Rechnung haben wir gerundet, weil man bei den Hebeln am Fahrrad ohnehin nicht auf den Newton genau messen kann.

Für Experten: Beim Bremsen wird der Bremsklotz gegen die Felge gedrückt. Dabei reibt der Belag des Bremsklotzes an der Felge. Die entstehende Gleitreibungskraft bremst das Rad ab $F_{\text{Abbremsen}} = F_3 \cdot \mu_G$. Der Bremsklotz ist aus Gummi, die Felge aus Aluminium. In einem Tafelwerk findet man für diese Materialkombination einen Gleitreibungskoeffizienten von etwa $\mu_G \approx 0,5$. Das Fahrrad wird also mit $F_{\text{Abbremsen}} = 0,5 \cdot 830 \text{ N} = 415 \text{ N}$ abgebrems.