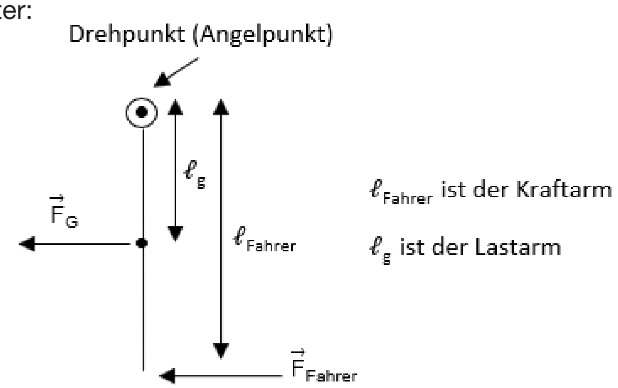
Aufgabe 1:

Tritt beim Einkreisbremssystem irgendwo ein Leck auf, kann gar kein Druck mehr im System aufgebaut werden. Beim Zweikreisbremssystem bleiben aber immer mindestens zwei Räder bremsbereit.
Den Hauptteil der Kopiervorlage bildet die quantitative Aufgabe zum hydraulischen Bremssystem. Die einzelnen Aufgabenteile bauen in logischer Folge aufeinander auf.

Aufgabe 2:

Zu a): Die Lösung erfordert Kenntnisse des Hebelgesetzes oder kann mit dem Dreisatz durchgeführt werden. In jedem Falle ergibt sich ein Ansatz entsprechend folgendem Muster:



Aus dem Hebelgesetz folgt:

$$W_g = W_{Fahrer} \Rightarrow F_g \cdot \ell_g = F_{Fahrer} \cdot \ell_{Fahrer}$$

$$\Rightarrow F_g = \frac{F_{Fahrer} \cdot \ell_{Fahrer}}{\ell_g}$$

für $\ell_g \neq 0$

Mit $F_{Fahrer} = 60$ N und $\ell_g = 8$ cm und $\ell_{Fahrer} = 24$ cm

folgt: $$F_g = \frac{60\text{ N} \cdot 3}{1} = 60\text{ N} \cdot 3 = 180\text{ N}$$

Auf den Gelenkkolben wirkt eine Kraft mit dem Betrag von 180 N.

Zu b): Nach dem Pascalschen Prinzip gilt:

$$\boxed{\frac{F_g}{A_g} = \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} = p\text{ (const.)}}$$

Daraus ergibt sich der Ansatz:

$$\Rightarrow \frac{F_g}{A_g} = \frac{F_1}{A_1} \quad \text{für } A_g \neq 0;\ A_1 \neq 0$$

$$\Leftrightarrow F_1 = \frac{F_g \cdot A_1}{A_g}$$

Mit $F_g = 180$ N, $A_1 = 9\text{ cm}^2$ und $A_g = 1{,}2\text{ cm}^2$ folgt:

$$F_1 = \frac{180\text{ N} \cdot 9\text{ cm}^2}{1{,}2\text{ cm}^2} = 1\,350\text{ N}$$

Da $A_1 = A_2$ gilt $F_1 = F_2$.

Auf die Bremsscheiben der Vorderräder wirken die Kräfte $\vec{F}_3$ und $\vec{F}_4$ mit den Beträgen $F_1 = F_2 = 1\,350$ N. Die Kräfte werden über den Bremskolben übertragen.

Zu c):
$$\frac{F_g}{A_g} = \frac{F_3}{A_3} = \frac{F_4}{A_4} = p\text{ (const.)}$$

$$\Rightarrow \frac{F_g}{A_g} = \frac{F_3}{A_3}$$

$$\Leftrightarrow F_3 = \frac{F_g \cdot A_3}{A_g}$$

Mit $F_g = 180$ N, $A_3 = 3\text{ cm}^2$ und $A_g = 1{,}2\text{ cm}^2$ folgt:

$$F_3 = \frac{180\text{ N} \cdot 3\text{ cm}^2}{1{,}2\text{ cm}^2} = 450\text{ N}$$

Da $A_3 = A_4$ gilt $F_3 = F_4$

Auf die Bremsbeläge der Trommelbremse wirken die Kräfte $\vec{F}_3 = \vec{F}_4$ mit den Beträgen $F_3 = F_4 = 450$ N.

Zu d): Die Wege müssen klein sein, weil die Bremsen dann umso schneller und direkter auf den Pedaldruck hin ansprechen. Zur Ermittlung der Wege der Bremskolben („***Lüftspiele***“) kann man folgende Tatsache nutzen: Das Volumen $V_g = A_g \cdot s_g$ das der Geberkolben im Hauptbremszylinder durchfährt, muss gleich der Summe entsprechenden Volumina und Radbremszylindern sein.

$$A_g \cdot s_g = A_1 \cdot s_1 + A_2 \cdot s_2 + A_3 \cdot s_3 + A_4 \cdot s_4$$

Da die Volumina an beiden Vorderradbremsen und beiden Hinterradbremsen gleich sind, ergibt sich:

$$A_g \cdot s_g = 2 \cdot A_1 \cdot s_1 + 2 \cdot A_3 \cdot s_3$$

$$\Leftrightarrow s_g = \frac{2 \cdot A_1 \cdot s_1 + 2 \cdot A_3 \cdot s_3}{A_g}$$

$$\Leftrightarrow s_g = \frac{2 \cdot 9\text{ mm}^2 \cdot 0{,}2\text{ mm} + 2 \cdot 3\text{ mm}^2 \cdot 1\text{ mm}}{1{,}2\text{ mm}^2}$$

$$= \frac{3{,}6\text{ mm} + 6\text{ mm}}{1{,}2} = \frac{9{,}6\text{ mm}}{1{,}2} = 8\text{ mm}$$

Der Geberkolben im Hauptbremszylinder muss den Weg $s_g = 8$ mm zurücklegen, bis die Bremsbeläge anliegen.

Zu e): Der Fahrer hat mit seinen Erfahrungen, wie tief er in der Praxis das Bremspedal treten muss, natürlich Recht. Der Wert von 8 mm berücksichtigt nämlich in keiner Weise das Leerspiel des Bremspedals. Bevor die Kraft des Fahrerfußes auf den Hauptbremszylinder wirkt, muss das konstruktiv beabsichtigte Leerspiel der Pedalerie durchlaufen werden. Erst dann kann Bremskraft übertragen werden, und nur diese Phase ist in die Berechnungen eingegangen. Ein Verweis auf Erfahrungen der Schüler mit den Bremssystemen an ihren Zweirädern dürfte eine sinngemäß richtige Antwort hervorbringen.