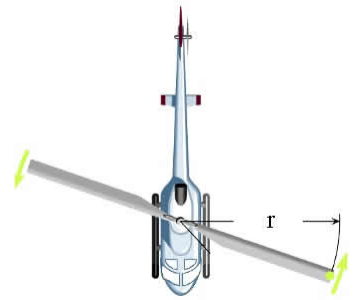




## 1. Hubschrauber

Der Rotor eines Hubschraubers hat den Radius  $r = 7,00$  m. Er rotiert mit der Frequenz  $f = 1,00$  Hz.



- Welchen Weg legt die Rotorspitze in einer Minute zurück?
- Welche Bahngeschwindigkeit besitzt die Rotorspitze?
- Welche Zentripetalbeschleunigung erfährt die Rotorspitze? Drücken Sie die Zentripetalbeschleunigung als Vielfaches der Erdbeschleunigung aus.

a) Berechnung der Winkelgeschwindigkeit:

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f \Rightarrow \omega = 2 \cdot \pi \cdot 1,00 \frac{1}{s} = 6,28 \frac{1}{s}$$

Berechnung des überstrichenen Winkels (im Bogenmaß) während der Zeit 1,00 Minuten:

$$\omega = \frac{\varphi}{t} \Rightarrow \varphi = \omega \cdot t \Rightarrow \varphi = 6,28 \cdot 60 = 377$$

Berechnung des Weges, den die Rotorspitze in einer Minute zurücklegt:

$$s = r \cdot \varphi \Rightarrow s = 7,00 \cdot 377 \text{ m} = 2,64 \cdot 10^3 \text{ m}$$

b) Berechnung der Umlaufgeschwindigkeit der Rotorspitze:

$$v = r \cdot \omega \Rightarrow v = 7,00 \cdot 6,28 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 44,0 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

c) Berechnung der Zentripetalbeschleunigung der Rotorspitze:

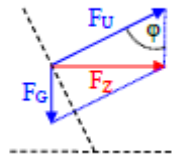
$$a_r = r \cdot \omega^2 \Rightarrow a_r = 7,00 \cdot 6,28^2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 276 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \approx 28 \cdot g$$



### 3. Bob:

$$\tan \varphi = \frac{F_z}{F_G} = \frac{v^2}{rg} = 3,67\dots$$

$$\Rightarrow \varphi = 75^\circ$$



### 4. Hammerwerfer:

4. a) Athlet A und Kugel K bewegen sich gemeinsam um den Mittelpunkt der Kreisbahn.

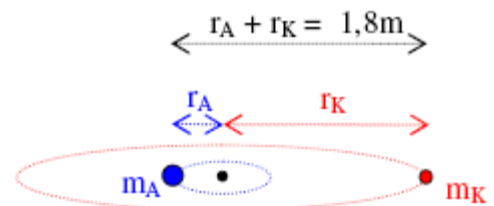
$$F_{z,A} = F_{z,K} \Leftrightarrow m_A \omega^2 r_A = m_K \omega^2 r_K \Leftrightarrow$$

$$m_A r_A = m_K r_K \Leftrightarrow r_A = \frac{7,25}{100} r_K = 0,0725 r_K$$

$$\text{mit } r_A + r_K = 1,8\text{m} \Rightarrow 1,0725 r_K = 1,8\text{m} \Rightarrow r_K = 1,7\text{m}$$

$$v_K = \frac{2 \cdot \pi \cdot r_K}{T} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 1,7\text{m}}{0,50\text{s}} = 21 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

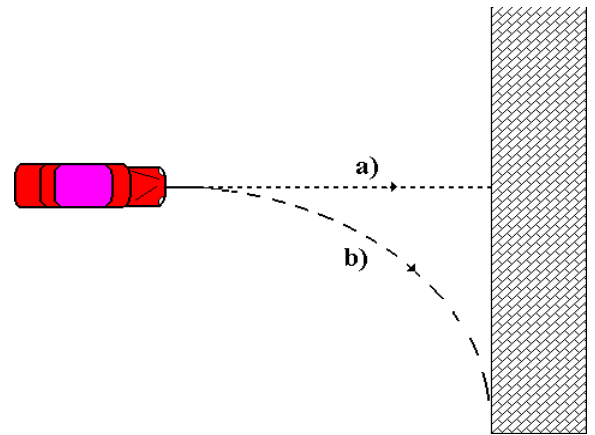
b) 
$$F_{z,K} = \frac{m_K \cdot v_K^2}{r_K} = 1,9\text{kN}$$



### 5. \*\*\* Vollbremsung oder Kurvenfahrt?

Ein Autofahrer sieht plötzlich eine sehr breite Mauer vor sich auftauchen. Bei welcher der folgenden beiden Möglichkeiten hat er die größere Chance nicht mit der Mauer in Konflikt zu kommen?

- Er tritt mit voller Kraft auf die Bremse, jedoch so, dass die Räder nicht blockieren und bremst so den Wagen mit konstanter Verzögerung bei gleichbleibender Fahrtrichtung.
- Er weicht der Mauer auf einem kreisförmigen Bogen mit konstanter Geschwindigkeit aus, ohne zu schleudern.



- Es darf angenommen werden, dass die maximal möglichen Beschleunigungen bei der Kurvenfahrt und beim Abbremsen gleich groß sind.
- Es trete keine Schrecksekunde auf!

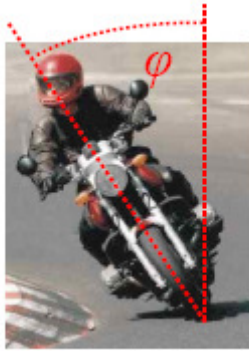
a) Berechnung der Bremsstrecke, wenn die Verzögerung  $a$  ist ( $a < 0$ ) und die Anfangsgeschwindigkeit den Wert  $v_0$  hat:

$$v^2 - v_0^2 = 2 \cdot a \cdot x \quad \xrightarrow{v=0} \quad x = \frac{v_0^2}{-2 \cdot a} \quad \text{bzw. } s_a = \frac{1}{2} v^2 / a$$

b) Berechnung des Radius der Kreisbahn, wenn die Kreisbeschleunigung den Betrag  $a$  und die Bahngeschwindigkeit den Wert  $v_0$  hat:

$$a = \frac{v_0^2}{r} \quad \Rightarrow \quad r = \frac{v_0^2}{a} \quad \text{bzw. } r = v^2 / a = 2 s_a \quad !!$$

Ein Vergleich der Ergebnisse zeigt, dass der Radius der Kreisbahn den doppelten Betrag der Bremsstrecke hat. Es ist also unter den Vorgaben günstiger zu Bremsen als eine Kurvenfahrt einzuleiten.



4. **Motorrad:** Ein Motorradfahrer will eine enge Kurve mit dem Radius 30m mit einer Geschwindigkeit von 36 km/h durchfahren. Dazu muss er sich „in die Kurve“ legen (siehe Bild).

- Zeichnen Sie ein Kräfte diagramm mit allen relevanten Kräften! Welche Rolle spielt die Reibungskraft?
- Berechnen Sie den Neigungswinkel  $\varphi$  !
- Wie groß muss der Haftreibungskoeffizient mindestens sein, damit der Motorradfahrer nicht stürzt?

- a) Die Haftreibung liefert genau die benötigte Zentripetalkraft, also  $F_{\text{Haftreibung}} = F_Z$

b) 
$$\tan \varphi = \frac{F_Z}{F_G} = \frac{v^2}{r g} = 0,34... \Rightarrow \varphi = 19^\circ$$

c) 
$$F_{\text{Reib}} = F_Z = \frac{m v^2}{r} = \frac{v^2}{r g} \cdot mg = 0,34 \cdot F_G$$

also muss der Haftreibungskoeffizient mindestens den Wert 0,34 haben.

