Fahrrad
(0077)

Das Wichtigste in Kürze







Haftreibung

- keine Relativbewegung
- **Reaktionskraft** (Newton 3)
- Schmierung reduziert Koeffizienten

$$F_R \leq F_{R,max}$$

$$F_{R,max} = \mu_H \cdot F_N$$

Gleitreibung

- Gleiten
- Schmierung reduziert Koeffizienten

$$F_R = \mu_G \cdot F_N$$

Rollreibung

- Abrollen
- Schmierung hat keinen Einfluss, da Reibung im Material stattfindet

$$F_R = \mu_R \cdot F_N$$

Source: Left: Image by Michal Pechardo, https://unsplash.com/photos/q-1UsUeWHJ8
Centre: Image by Maarten Duineveld, https://unsplash.com/photos/pmfJcN7RGiw
Richt: Image by Meritt Thomas, https://unsplash.com/photos/9iG6KmyuyAE

Aufgabe: Nachdem Tom vom Unterschied zwischen Roll- und Gleitreibung erfahren hat, möchte er wissen, welchen Einfluss das Kugellager bei seinem Velo ausmacht.

Zuerst misst er die Gesamtmasse von ihm, zusammen mit seinem Fahrrad: $m = 75\,\mathrm{kg}$.

a) Er recherchiert in Sachen Rollreibung und findet heraus, dass der Rollreibungskoeffizient für sein geschmiertes Kugellager etwa $\mu_R \approx 0.001$ beträgt. Berechne die totale Reibungskraft in beiden Kugellagern.

b) In der Tabelle der Rollreibungskoeffizienten für seine Reifen gibt es unterschiedliche Werte, je nach Reifendruck. Warum?

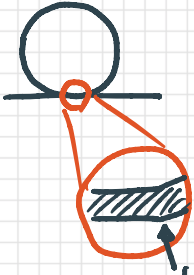
c) Er wählt in der Tabelle den Koeffizienten für seinen Standarddruck: $\mu_R \approx 0.004$. Wie viel beträgt die Gesamtreibungskraft (Reifen und Kugellager) und wie viel % davon macht die Rollreibung des Reifens aus?

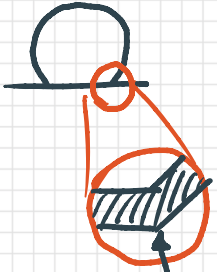
d) Im Vergleich zum Kugellager hätte ein Gleitlager, in welchem das Rad direkt auf der Achse gleitet, statt abrollt, einen Gleitreibungskoeffizienten von etwa $\mu_G \approx 0.01$ (geschmiert). Um wie viel Prozent würde die totale Reibungskraft (Lager und Reifen) dadurch ansteigen, wenn wir es mit dem Fahrrad mit Kugellager vergleichen?

a) $F_N = F_g = m \cdot g = 75\,kg \cdot 9.81 \frac{m}{s^2} = 735.8\,N$

$F_R = \mu_R \cdot F_N = 0.001 \cdot 735.8\,N = \underline{0.74\,N}$

b)





wenig Roll-reibung ← kaum verformt

starke Verformung → viel Rollreibung

c) Kugellager: $0.74\,N$

Reifen: $F_R = \mu_R \cdot F_N = 0.004 \cdot 735.8\,N = 2.94\,N$

total: $\underline{3.68\,N} \Rightarrow \frac{2.94\,N}{3.68\,N} = 0.799 \approx \underline{80\,\%}$

d) Gleitreibung: $F_R = \underbrace{0.01}_{\mu_G} \cdot \underbrace{735.8\,N}_{F_N} = 7.36\,N$

total: $\underbrace{2.94\,N}_{\text{Reifen}} + \underbrace{7.36\,N}_{\text{Gleit-lager}} = 10.3\,N$

$\frac{10.3\,N}{3.68\,N} = 2.8 \rightarrow \underline{+180\,\%}$

e) Schliesslich berechnet Tom den Luftwiderstand F_L bei einer Geschwindigkeit von 30 km/h. Er benutzt dazu die folgende Formel:

$$F_L = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 \cdot (c_w A)$$

Wie gross ist der Luftwiderstand bei dieser Geschwindigkeit?
Wir benutzen folgende Grössen:

- Dichte der Luft: $\rho \approx 1.225$ kg/m^3
- Widerstandsbeiwert c_w mal Stirnfläche A: $(c_w A) \approx 0.45$ m^2

c) $F_L = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 \cdot (c_W A) = \frac{1}{2} \cdot 1.225 \frac{kg}{m^3} \cdot \left(\frac{30}{3.6} \frac{m}{s}\right)^2 \cdot 0.45 m^2$

$F_L = 19.14 N$ >> Reibung im Lager / Reifen

$\frac{kg \, m^2 \, \cancel{s^2}}{\cancel{m^2} \, s^2} = \frac{kg \, m}{s^2} = N$

$F = m \cdot a$