



Engaging Physics Tutoring

Lektion 7

Arbeit
Energie
Leistung

Aufgaben

Pannentaugliches Auto

Auto A:

Inelastische Karosserie

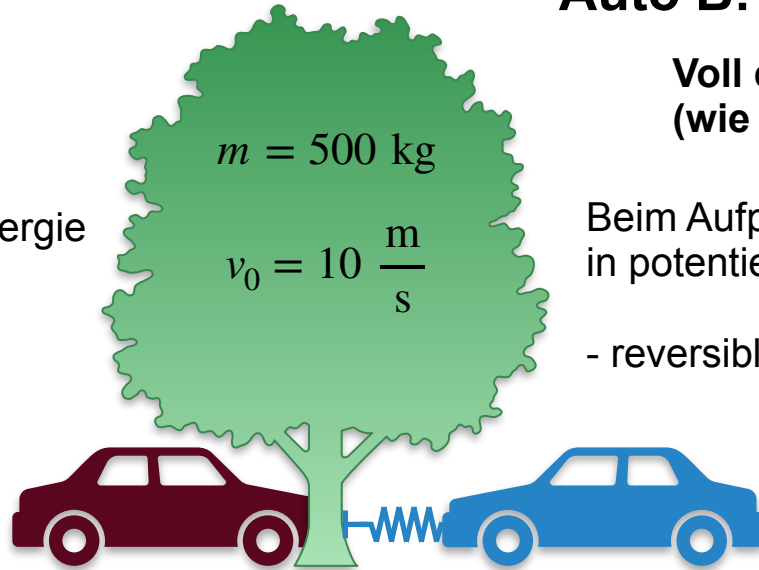
Beim Aufprall geht kinetische Energie
in Deformationsarbeit über

- irreversible Verformung

Annahme:

Während Kollision wirkt
konstante Kraft

$$F_R = 50 \text{ kN}$$



Auto B:

Voll elastische Karosserie (wie ungedämpfte Feder)

Beim Aufprall geht kinetische Energie
in potentielle Energie der Feder über

- reversible Verformung

Annahme:

Federkonstante

$$D = 200 \text{ N/mm}$$

Fragen:

Welches Auto ist bei einer frontalen Kollision sicherer für die Insassen?

Welche Größen sind für die Entscheidung von Interesse?

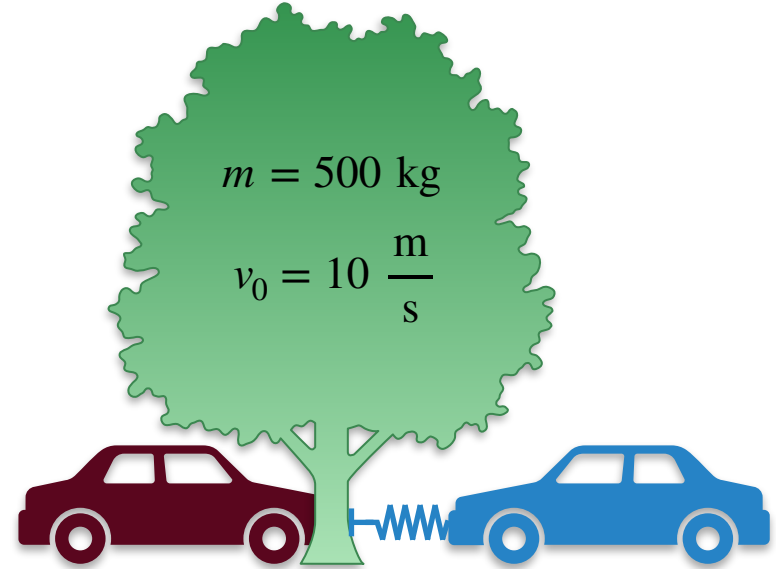
Welche Grössen sind für die Entscheidung von Interesse?

Für Insassen sind beim Aufprall auf den Baum die hohen (abbremsenden) Beschleunigungen gefährlich.

⇒ Berechne maximale (negative) Beschleunigung in beiden Fällen

Zusätzlich kann die Länge des Bremswegs eine Rolle spielen: Je kürzer der Weg, desto grösser die durchschnittliche Beschleunigung

⇒ Berechne Bremswege in beiden Fällen



Verformung verursacht

$$F_R = 50 \text{ kN}$$

Feder mit

$$D = 200 \text{ N/mm}$$

Rechnung für Auto A

⇒ maximale Beschleunigung:

Beschleunigung ist konstant bei

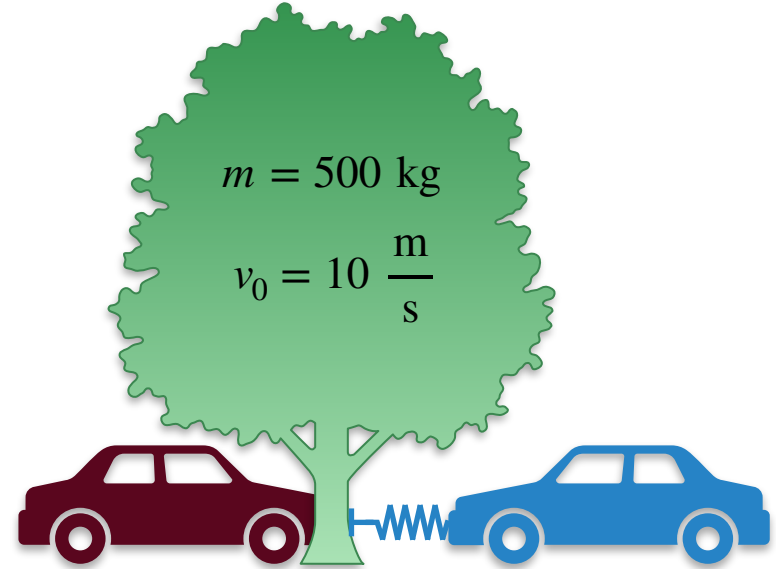
$$a =$$

⇒ Bremsweg

Idee: kinetische Energie geht
in Verformungsarbeit über

$$E_{kin,0} = W_R$$

... ?



Verformung verursacht

$$F_R = 50 \text{ kN}$$

Feder mit

$$D = 200 \text{ N/mm}$$

Rechnung für Auto A

⇒ maximale Beschleunigung:

Beschleunigung ist konstant bei

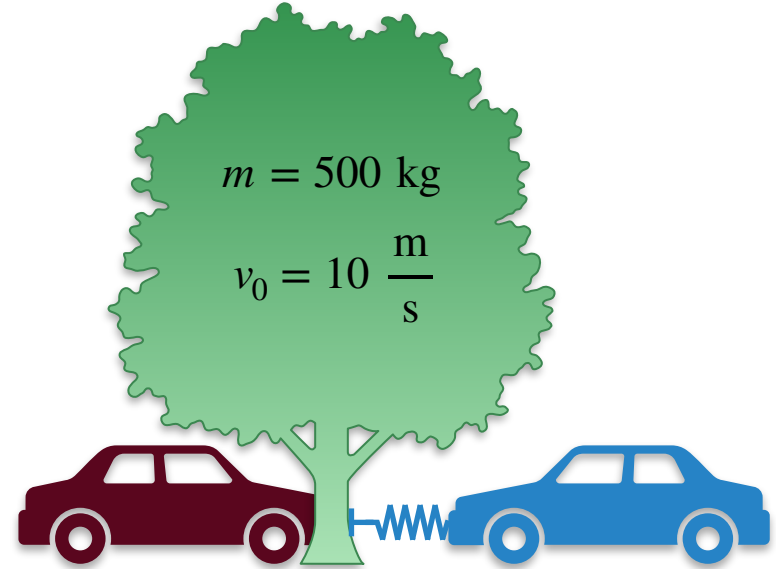
$$a = \frac{F_R}{m} = 100 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 10 \cdot g$$

⇒ Bremsweg

Idee: kinetische Energie geht in Verformungsarbeit über

$$E_{kin,0} = W_R$$

$$\frac{1}{2}mv^2 = \int_0^{x_{max}} F_R dx \quad \Rightarrow x_{max} = \frac{mv^2}{2 \cdot F_R} = 0.5 \text{ m}$$



Verformung verursacht

$$F_R = 50 \text{ kN}$$

Feder mit

$$D = 200 \text{ N/mm}$$

Rechnung für Auto B

⇒ Bremsweg Idee: kinetische Energie geht
in Spannung der Feder über

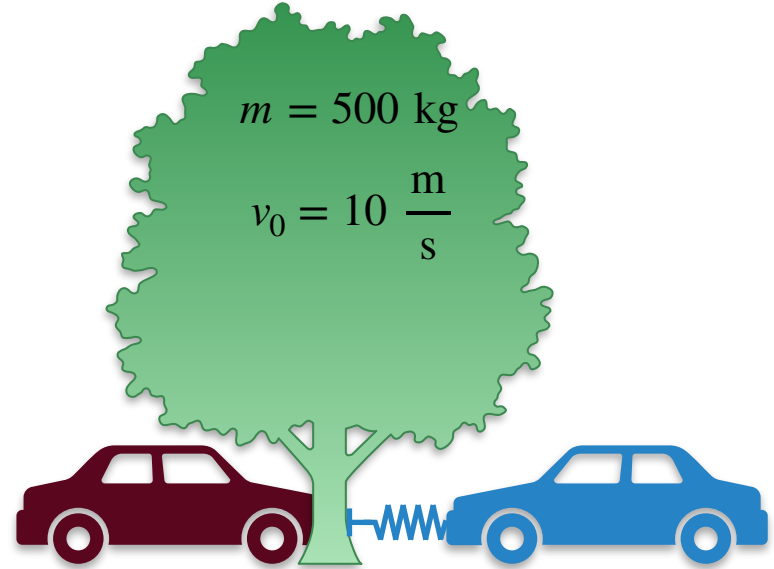
$$E_{kin,0} = E'_{pot}$$

?? = ??

... ?

⇒ maximale Beschleunigung:
bei maximaler Federspannung

$$a_{max} =$$



Verformung verursacht
 $F_R = 50 \text{ kN}$

Feder mit
 $D = 200 \text{ N/mm}$

Rechnung für Auto B

⇒ Bremsweg Idee: kinetische Energie geht in Spannung der Feder über

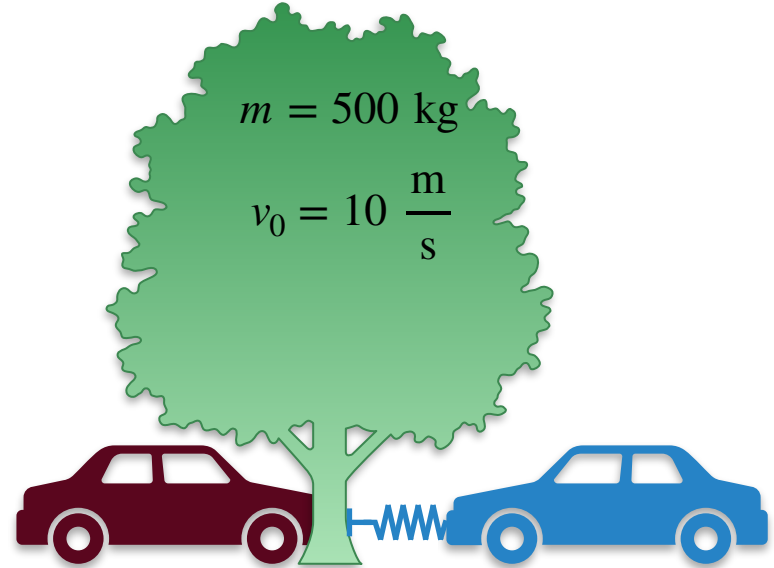
$$E_{kin,0} = E'_{pot}$$

$$\frac{1}{2}mv^2 = \int_0^{x_{max}} F_D(x) dx = \int_0^{x_{max}} Dx dx = \frac{D}{2} \cdot x_{max}^2$$

$$\Rightarrow x_{max} = \sqrt{\frac{mv^2}{D}} = 0.5 \text{ m} \quad \text{gleich wie Auto A!}$$

⇒ maximale Beschleunigung:
bei maximaler Federspannung

$$a_{max} = \frac{D \cdot x_{max}}{m} = 200 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 20 \cdot g$$



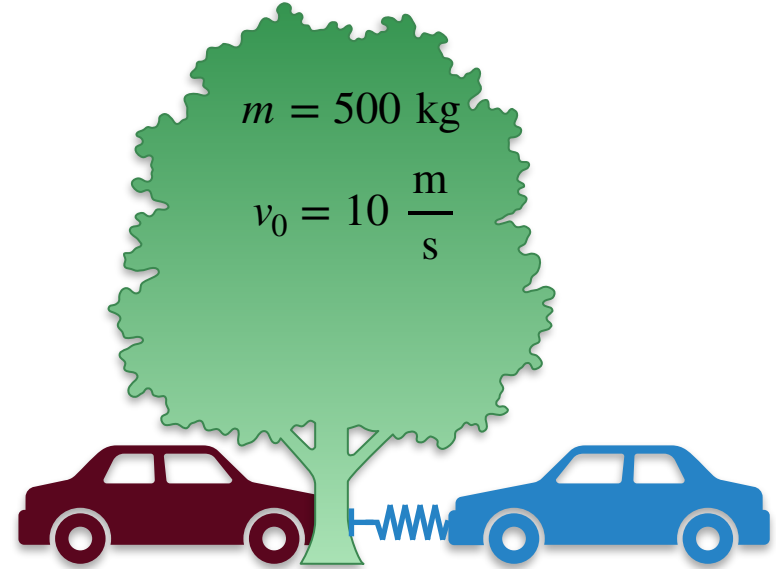
Verformung verursacht
 $F_R = 50 \text{ kN}$

Feder mit
 $D = 200 \text{ N/mm}$

Welches Auto ist bei einer frontalen Kollision sicherer für die Insassen?

Auto A ist sicherer.

- maximale Beschleunigung kleiner
- A kommt zum Stand. B wird nach dem Crash wieder nach hinten weggeschleudert



Verformung verursacht

$$F_R = 50 \text{ kN}$$

Feder mit

$$D = 200 \text{ N/mm}$$

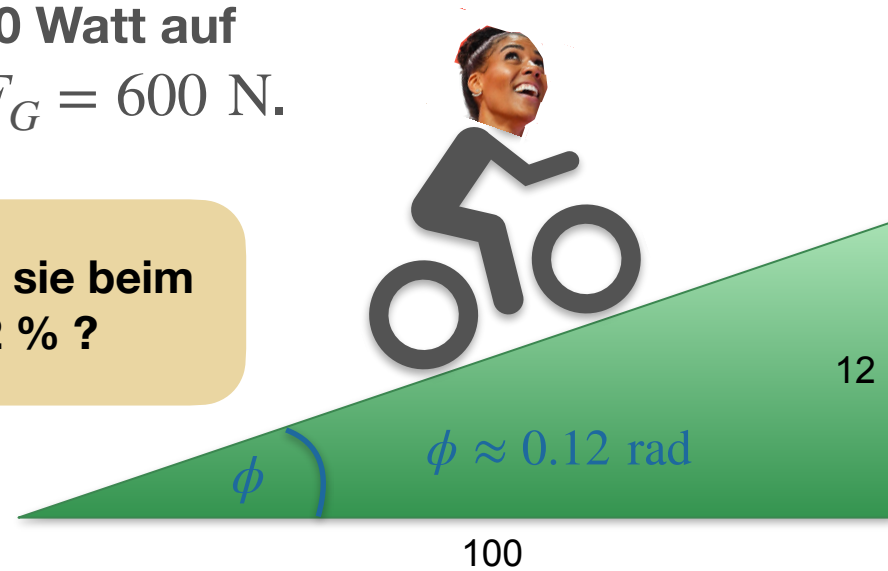
Leistung beim Radeln

Leistung beim Radeln

Mujinga Kambundji macht eine Radtour.
Sie bringt ein stolze Leistung von 250 Watt auf
und erfährt eine Gewichtskraft von $F_G = 600 \text{ N}$.

Fragen: Welche Geschwindigkeit erreicht sie beim Erklimmen einer Steigung von 12 % ?

Annahme: Luft- und Rollwiderstand
verursachen eine konstante Reibungskraft von $F_R = 10 \text{ N}$



Leistung beim Radeln

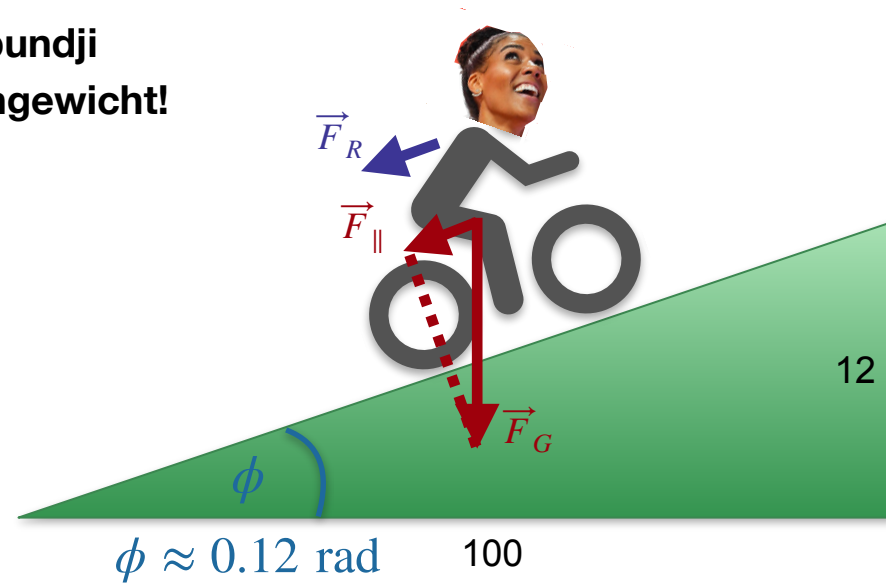
$$F_G = 600 \text{ N} \quad F_R = 10 \text{ N} \quad P = 250 \text{ W}$$

$$v = ?$$

Idee: Bei der Höchstgeschwindigkeit gleicht Kambundjji gerade die Kräfte F_R und F_{\parallel} aus. Kräftegleichgewicht!

$$|F_K| =$$

$$P = \frac{dW}{dt} =$$



Leistung beim Radeln

$$F_G = 600 \text{ N}$$

$$F_R = 10 \text{ N}$$

$$P = 250 \text{ W}$$

$$v = ?$$

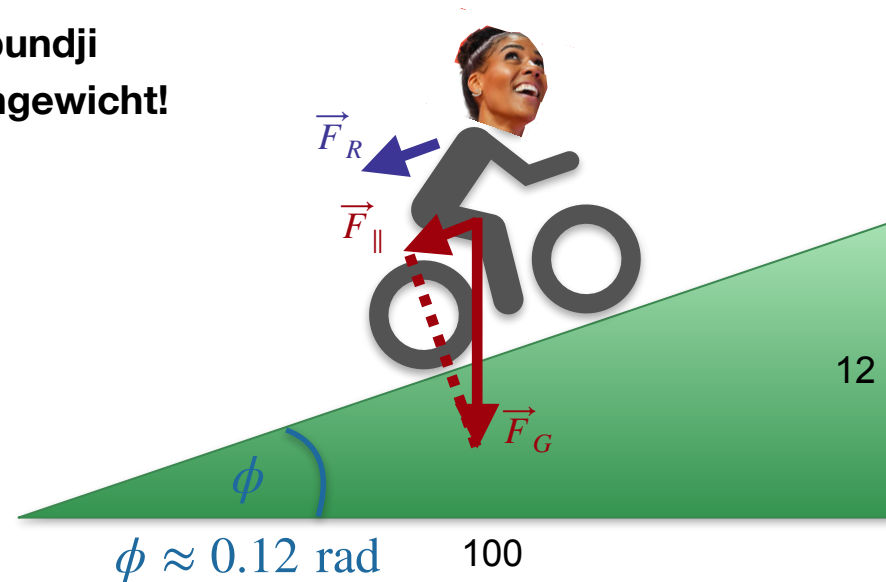
Idee: Bei der Höchstgeschwindigkeit gleicht Kambundjji gerade die Kräfte F_R und F_{\parallel} aus. Kräftegleichgewicht!

$$|F_K| = |F_R| + |F_{\parallel}| = |F_R| + |F_G| \sin \phi$$

$$P = \frac{dW}{dt} = \frac{d}{dt} \int_0^s F_K ds' = \frac{d}{dt} (F_K \cdot s) = F_K \cdot v$$

$F_K = \text{const.}$

$$v = \frac{P}{F_K} = \frac{P}{F_R + F_G \sin \phi} = 3 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 10.8 \text{ km/h}$$



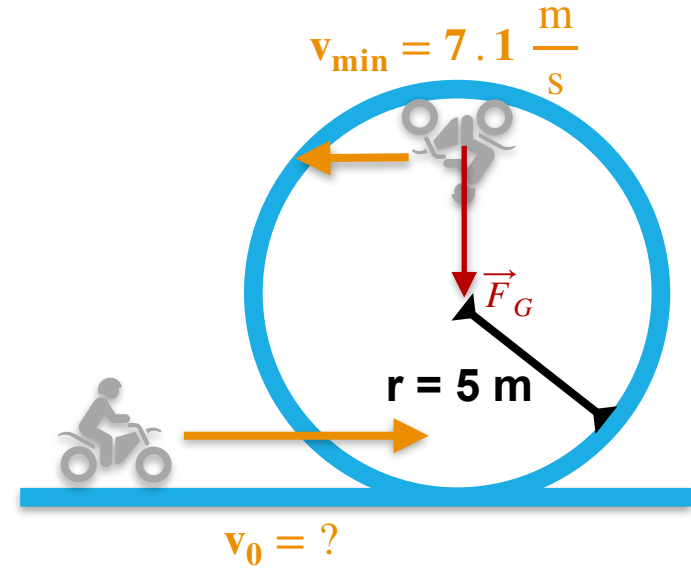
Anfangsgeschwindigkeit im Looping

Motorrad im Looping - minimale Anfangsgeschwindigkeit

Um durch einen Looping mit Radius $r = 5 \text{ m}$ zu kommen, braucht ein Motorrad am höchsten Punkt noch eine Geschwindigkeit von mindestens

$$v_{\min} = 7.1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Frage: Mit welcher Anfangsgeschwindigkeit muss das Motorrad in den Looping einfahren?



Motorrad im Looping - minimale Anfangsgeschwindigkeit

Frage: Mit welcher Anfangsgeschwindigkeit muss das Motorrad in den Looping einfahren?

Energieerhaltung: $E_{kin,0} + E_{pot,0} = E'_{kin} + E'_{pot}$

$$\frac{1}{2}mv_0^2 + 0 = \frac{1}{2}mv_{min}^2 + mgh$$

$$v_0 = \sqrt{v_{min}^2 + 2gh} = 15.8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

