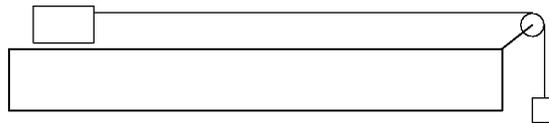


## Übungen (M10)

- 1) Ein Zug der Masse 700 t fährt mit der Beschleunigung  $0,15 \frac{m}{s^2}$  an. Welche Kraft braucht man zum Beschleunigen? Welcher Bruchteil seiner Gewichtskraft ist dies? Welche beschleunigende Kraft erfährt ein Mitfahrer von 90 kg Masse?
- 2) An einem Schlitten (80 kg, reibungsfrei auf Eis) zieht man mit einer Kraft 50 N. Wie groß sind die Beschleunigung sowie Weg und Geschwindigkeit nach 4 s (bei Start aus der Ruhe)?
- 3) a) Welche Kraft ist nötig, um ein Auto von 1 t Masse in 10 s aus der Ruhe auf  $20 \frac{m}{s}$  zu beschleunigen?  
b) Welche Kraft würde man brauchen, wenn es in 10 s nur den halben Weg zurücklegen sollte? Wie schnell wäre es dann?
- 4) a) Ein Experimentierwagen von 2 kg Masse steht auf einer waagerechten reibungsfreien Fahrbahn. Ein an dem Wagen befestigter Faden wird über eine am Ende der Fahrbahn montierte feste Rolle geführt. Am Ende des Fadens hängt eine Masse von 100 g, die durch ihr Gewicht den Wagen in Bewegung setzt.



- Wie groß sind die Beschleunigung und der nach 3 s zurückgelegte Weg sowie die erreichte Geschwindigkeit?
- b) Könnte man mit einem Antriebskörper von 100facher Masse (10 kg) auch eine 100fache Beschleunigung erreichen?
  - c) Wie ändern sich die in a) berechneten Werte, wenn zusätzlich ein Körper von 80 g Masse nach links zieht? (Ergänzen Sie die Skizze)?
- 5) Sie sitzen im Auto neben einem Fahrer, der bei  $50 \frac{km}{h}$  einen Baum zum Bremsen missbraucht. Das Vorderteil des Wagens wird – als Knautschzone – um etwa 60 cm zusammengedrückt. Ihr Gurt gibt zusätzlich um 20 cm nach.
    - a) Welche durchschnittliche Bremsverzögerung erfahren Sie? (Vergleichen Sie mit der Erdbeschleunigung.)
    - b) Welche Kraft muss Ihr Brustkorb kurzzeitig aushalten, wenn Sie eine Masse von 70 kg haben? (Vergleichen Sie mit dem Gewicht.)
    - c) Wie lange müssen Sie diese Kraft ertragen?

## Übungen (M10) — Lösungen

- 1) Gemäß der Newton'schen Grundgleichung der Mechanik ist  $F = m \cdot a$ , also bei der Masse  $m = 700 \text{ t} = 700000 \text{ kg}$  und der Beschleunigung  $a = 0,15 \text{ m/s}^2$

$$F = 700 \text{ t} \cdot 0,15 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 700000 \text{ kg} \cdot 0,15 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 105000 \frac{\text{kg m}}{\text{s}^2} = 105000 \text{ N}.$$

Das Verhältnis der beschleunigenden Kraft  $F$  zur Gewichtskraft  $F_G$  ist gerade das Verhältnis der Beschleunigung  $a$  zur Fallbeschleunigung  $g$ :

$$\frac{F}{F_G} = \frac{m \cdot a}{m \cdot g} = \frac{a}{g} = \frac{0,15}{9,81} \approx 0,0153 = 1,53\%.$$

Für den Mitfahrer mit der Masse  $m = 90 \text{ kg}$  ergibt sich entsprechend als beschleunigende Kraft  $F = 90 \text{ kg} \cdot 0,15 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 13,5 \text{ N}$ . Dies sind wiederum 1,53% des Gewichtes.

- 2) Wieder benutzen wir  $F = ma$ . Diesmal sind die beschleunigende Kraft  $F = 50 \text{ N}$  und die Masse  $m = 80 \text{ kg}$  bekannt. Damit ergibt sich die erzielte Beschleunigung

$$a = \frac{F}{m} = \frac{50 \text{ N}}{80 \text{ kg}} = 0,625 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$

Bei bekannter (konstanter) Beschleunigung  $a$  ist die Geschwindigkeit nach der Zeit  $t$  (bei Start aus der Ruhe heraus) gerade  $v = at$  (Geschwindigkeits-Zeit-Gesetz), also hier

$$v = 0,625 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 4 \text{ s} = 2,5 \frac{\text{m}}{\text{s}},$$

und der zurückgelegte Weg  $s = \frac{1}{2}at^2$  (Weg-Zeit-Gesetz):

$$s = \frac{1}{2} \cdot 0,625 \text{ m/s}^2 \cdot (4 \text{ s})^2 = 5 \text{ m}.$$

- 3) a) Wir bestimmen zunächst die notwendige Beschleunigung. Definitionsgemäß gilt

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{20 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{10 \text{ s}} = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$

Dann ist die zur Beschleunigung notwendige Kraft

$$F = m \cdot a = 1000 \text{ kg} \cdot 2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 2000 \text{ N}.$$

b) Der während der Beschleunigung zurückgelegte Weg ist

$$s = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2.$$

Bei unveränderter Zeit  $t$  sind also Beschleunigung  $a$  und Weg  $s$  proportional zueinander, so dass sich bei halbem Weg  $s$  auch die Beschleunigung sowie die beschleunigende Kraft halbieren:  $F = 1000 \text{ N}$ .

Aus  $v = at$  entnimmt man, dass bei unverändertem  $t$  auch  $v$  und  $a$  proportional

sind, so dass bei halber Beschleunigung auch die Endgeschwindigkeit halbiert wird:  
 $v = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ .

- 4) a) Die beschleunigende Kraft  $F$  ist das Gewicht der am Faden hängenden Masse, also  $F = 100 \text{ g} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 0,981 \text{ N}$ . Die beschleunigte Masse ist jedoch die Gesamtmasse  $m = 2,1 \text{ kg}$ . Damit ergibt sich als Beschleunigung

$$a = \frac{F}{m} = \frac{0,981 \text{ N}}{2,1 \text{ kg}} \approx 0,467 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$

Damit erhält man aus dem Weg-Zeit-Gesetz einer gleichmäßig beschleunigten Bewegung

$$s = \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2} \cdot 0,467 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (3 \text{ s})^2 = 2,1 \text{ m},$$

und aus  $v = at$  ergibt sich als Endgeschwindigkeit

$$v = 0,467 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 3 \text{ s} = 1,4 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

b) Bei hundertfacher beschleunigender (Gewichts-)Kraft kann man keine 100-fache Beschleunigung erzielen, da ja auch die beschleunigte Masse wächst, nämlich von 2,1 kg auf 12 kg.

c) In diesem Falle erhöht sich die beschleunigte Masse auf 2,18 kg, während sich die beschleunigende Kraft reduziert:  $F = 100 \text{ g} \cdot g - 80 \text{ g} \cdot g = 20 \text{ g} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 0,1962 \text{ N}$ . Damit ergibt sich

$$a = \frac{F}{m} = \frac{0,1962 \text{ N}}{2,18 \text{ kg}} = 0,09 \frac{\text{m}}{\text{s}^2},$$

$$s = \frac{1}{2} \cdot 0,09 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (3 \text{ s})^2 = 0,4 \text{ m},$$

$$v = 0,09 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 3 \text{ s} = 0,27 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

- 5) a) Der Bremsweg beträgt 80 cm, bei einer Geschwindigkeit von  $50 \frac{\text{km}}{\text{h}}$  ergibt sich

$$0,8 \text{ m} = \frac{(50 \frac{\text{km}}{\text{h}})^2}{2a} \iff a = \frac{(\frac{50}{3,6})^2 \text{ m}}{1,6 \text{ s}^2} = 120,56 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$

Dies ist das  $k$ -fache der Fallbeschleunigung mit

$$k = \frac{a}{g} = \frac{120,56}{9,81} = 12,29.$$

b) Die Kraft beträgt nach Newtons Grundgleichung der Mechanik

$$F = m \cdot a = 70 \text{ kg} \cdot 120,56 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 8439,43 \text{ N}.$$

Dies ist wieder das 12,29-fache des Gewichts, denn

$$\frac{F}{F_G} = \frac{ma}{mg} = \frac{a}{g} = 12,29.$$

c) Die Dauer des Bremsvorganges ergibt sich aus

$$v = at \iff t = \frac{v}{a} = \frac{50 \frac{\text{m}}{3,6 \text{ s}}}{120,56 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 0,12 \text{ s}.$$