(S.186) **Rückblick** **Lösungen der Trainingsaufgaben**

A1 ◒ Beschleunigung $a = F/m = 300\,\text{N}/90\,\text{kg} = 3{,}3\,\text{m/s}^2$. Da es sich beim Bremsen um eine Verzögerung handelt, wird die Beschleunigung negativ angegeben: $a = -3{,}3\,\text{m/s}^2$.

a) $v_0 = 25\,\text{km/h} = 6{,}9\,\text{m/s}$.

$v = a \cdot t + v_0 = -F/m \cdot t + v_0$. Gesucht: Zeitpunkt t mit $v = 0$.

$0 = -F/m \cdot t + v_0 \quad \Rightarrow \quad t = v_0 \cdot m/F = 2{,}1\,\text{s}$.

b) Bremsweg $s = ½ \cdot a \cdot t^2 + v_0 \cdot t$ mit $a = -3{,}3\,\text{m/s}^2$ und $t = 2{,}1\,\text{s}$ aus Teilaufgabe a) ergibt sich $s = 7{,}2\,\text{m}$.

A2 ◒ Gesamtmasse des Zugs: $920\,\text{t} = 920 \cdot 10^3\,\text{kg}$

a) Beschleunigung

$$a = \frac{F}{m} = \frac{50 \cdot 10^3\,\text{N}}{920 \cdot 10^3\,\text{kg}} = 5{,}4 \cdot 10^{-2}\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

b) $v = a \cdot t = 80\,\text{km/h} = 22{,}2\,\text{m/s}$ ergibt

$$t = \frac{v}{a} = \frac{22{,}2\,\frac{\text{m}}{\text{s}}}{5{,}4 \cdot 10^{-2}\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 4{,}1 \cdot 10^2\,\text{s}$$

c) Es gilt $s = ½ \cdot a \cdot t^2$

Mit $a = 5{,}4 \cdot 10^{-2}\,\text{m/s}^2$ und $t = 4{,}1 \cdot 10^2\,\text{s}$ erhält man $s = 4{,}5 \cdot 10^3\,\text{m} = 4{,}5\,\text{km}$.

A3 ◒ Fußball: Anfangsgeschwindigkeit $v_0 = 90\,\text{km/h} = 25\,\text{m/s}$.

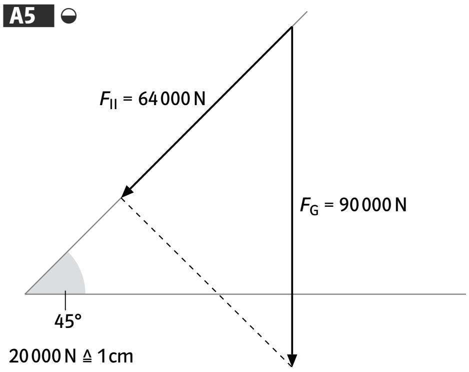
Endgeschwindigkeit $v = 0$; damit ist $\Delta v = v - v_0 = -25\,\text{m/s}$.

a) Beschleunigung $a = \dfrac{\Delta v}{\Delta t} = -\dfrac{25\,\frac{\text{m}}{\text{s}}}{0{,}04\,\text{s}} = -625\,\dfrac{\text{m}}{\text{s}^2}$

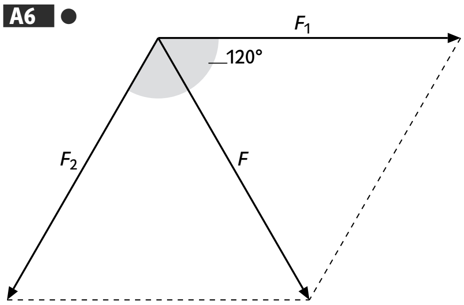
b) $F = m \cdot a = 0{,}420\,\text{kg} \cdot 625\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 263\,\text{N}$

A4 ○ Die resultierende Kraft aller im System angreifenden Kräfte (mindestens zwei) besitzt den Betrag 0.

A5 ◒



A6 ●



A7 ● Da der Steinbogen nicht einstürzt, muss die Gewichtskraft jedes Steins im Bogen durch eine gleich große Kraft kompensiert werden. Aufgrund der Keilform der Steine im Bogen kann diese Kraft so in Teilkräfte zerlegt werden, dass sie jeweils durch die Gewichtskraft der Nachbarsteine erzeugt wird. Die Gesamtgewichtskraft des Steinbogens wirkt dann nur noch dort, wo der Bogen im Boden (bzw. auf der Wand) verankert ist (und muss dort durch die Gegenkraft des Bodens kompensiert werden).

A8 ◒ Auf die Kugel wirkt – wie auf alle Körper auf der Erde – die Anziehungskraft der Erde. Mit dieser Kraft (Gewichtskraft) wirkt sie auf den Tisch. Der Tisch übt eine entgegengesetzt gerichtete, gleich große Gegenkraft auf die Kugel aus. Auf die Kugel wirken somit die Anziehungskraft der Erde und die Gegenkraft des Tisches, es entsteht ein Kräftegleichgewicht. Die resultierende Kraft ist null und daher ist keine Kraft beobachtbar.
Wenn die Kugel mit konstanter Geschwindigkeit rollt, wirkt entweder keine Kraft oder es herrscht ebenfalls ein Kräftegleichgewicht. Da eine Kugel keine Antriebskraft besitzt, auf der Erde jedoch ständig eine Widerstandskraft (Luft- und Bodenreibung) wirkt, folgt hieraus, dass eine Bewegung mit konstanter Geschwindigkeit für eine rollende Kugel auf der Erde nur dann möglich ist, wenn gleichzeitig eine Antriebskraft auf sie wirkt, die mit der Widerstandskraft im Gleichgewicht ist.

A9 ● Auf der Erde wirkt durch die Luft eine Widerstandskraft auf den Stein. Diese wächst mit zunehmender Geschwindigkeit. Da er durch die Anziehungskraft der Erde beschleunigt wird, steigt die Widerstandskraft ständig, bis sie so groß wie die Anziehungskraft ist. Dann herrscht Kräftegleichgewicht und die Geschwindigkeit bleibt konstant. Auf dem Mond fehlt die Luftwiderstandskraft. Dadurch wirkt nur die Anziehungskraft des Mondes, die den Stein immer weiter beschleunigt.

A10 ◒ Die Zentripetalkraft, die die Kugel auf der Kreisbahn hält, darf den Wert 6,0 N nicht überschreiten. Damit gilt:

$$F_Z = \frac{m \cdot v^2}{r} \leq 6{,}0\,\mathrm{N}$$

Aus der Formel für die Umlaufdauer $T = \frac{2\pi \cdot r}{v}$ ergibt sich die Bahngeschwindigkeit zu $v = \frac{2\pi \cdot r}{T}$

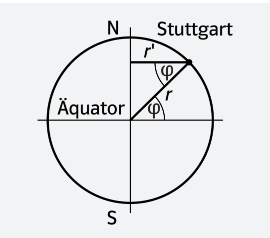
Einsetzen in die erste Formel und Einsetzen der Werte ergibt:

$$\frac{m \cdot \left(\frac{2\pi \cdot r}{T}\right)^2}{r} \leq 6{,}0\,\mathrm{N} \quad \Leftrightarrow \quad \frac{4\pi^2 \cdot m \cdot r}{T^2} \leq 6{,}0\,\mathrm{N} \quad \Leftrightarrow \quad r \leq \frac{6{,}0\,\mathrm{N} \cdot T^2}{4\pi^2 \cdot m} \quad \Rightarrow \quad r \leq \frac{6{,}0\,\mathrm{N\,s^2}}{5{,}9\,\mathrm{kg}} = 1{,}0\,\mathrm{m}$$

A11 ● **a)** Die Reisegeschwindigkeit der Concorde wird mit 2 200 km/h angenommen.
Bahnlänge Äquator: $U = 2\pi \cdot r = 40\,024\,\mathrm{km}$

In 24 Stunden ergibt dies $v = \frac{40\,024\,\mathrm{km}}{24\,\mathrm{h}} = 1668\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}} = 463\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$.

Ein Körper auf dem Äquator hat eine geringere Bahngeschwindigkeit als die Concorde.



b) Man muss den Ersatzradius der Kreisbahn berechnen.

Laut Skizze ist $\frac{r'}{r} = \cos\varphi$ und $48°44' = 48° + \frac{44°}{60} = 48{,}733°$

Es folgt also: $v = \frac{2\pi \cdot r \cdot \cos\varphi}{\Delta t} = \frac{2\pi \cdot 6\,370\,\mathrm{km} \cdot \cos 48{,}733°}{24\,\mathrm{h}} = 1100\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}} = 306\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$.

c) Es gilt: $F_Z = \frac{m \cdot v^2}{r}$

Äquator: $F_Z = \frac{80\,\mathrm{kg} \cdot \left(463\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right)^2}{6\,370\,000\,\mathrm{m}} = 2{,}7\,\mathrm{N}$

Stuttgart Parallel zum Äquator: $F_Z = \frac{80\,\mathrm{kg} \cdot \left(306\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right)^2}{6\,370\,000\,\mathrm{m} \cdot \cos 48{,}733°} = 0{,}8\,\mathrm{N}$

A12 ● Beobachtung: Man beobachtet, dass der Waggon während des Abfüllens langsamer wird und schließlich mit kleinerer Geschwindigkeit weiter rollt.
Begründung: Es gilt der Impulserhaltungssatz. Der Impuls des vollen Waggons ist gleich der Summe aus dem Impuls des leeren Waggons und dem Impuls des Sandes. Da der Sand vor dem Abfüllen keinen Impuls in Bewegungsrichtung des Waggons hat ($p_{\text{Sand}} = 0$) gilt:

$$p_{\text{Waggon,voll}} = p_{\text{Waggon,leer}} + p_{\text{Sand}} = p_{\text{Waggon,leer}}$$

mit

$$p_{\text{Waggon,leer}} = m_{\text{leer}} \cdot v_{\text{vorher}}$$

und

$$p_{\text{Waggon,voll}} = \left(m_{\text{leer}} + m_{\text{Sand}}\right) \cdot v_{\text{nachher}}$$

Einsetzen der Werte und Auflösen nach v_{nachher} liefert:

$$p_{\text{Waggon,leer}} = 25\,000\,\text{kg} \cdot 1\,\frac{\text{m}}{\text{s}} = 25\,000\,\frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}} = p_{\text{Waggon,voll}} = \left(25\,000\,\text{kg} + 30\,000\,\text{kg}\right) \cdot v_{\text{nachher}}$$

$$\Rightarrow \quad v_{\text{nachher}} = \frac{25\,000\,\frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}}}{55\,000\,\text{kg}} = 0{,}45\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$$