10 II/III

Physik

Lösungen

C.C.BUCHNER

Realschule Bayern

1 Mechanik

2 Elektrizitätslehre

3 Atom- und Kernphysik

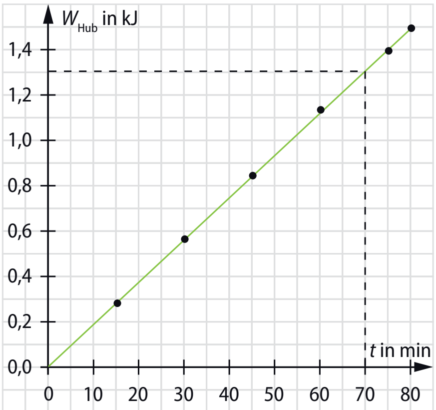
4 Energieversorgung

1 a) Verdoppelt sich die Zeit, verdoppelt ich auch die verrichtete Arbeit. Dies legt die Vermutung nahe, dass die zwei Größen direkt proportional zueinander sind.

b)

$\frac{W_{Hub}}{t}$ in $\frac{kJ}{min}$	0,019	0,019	0,019	0,0188	0,0185	0,0186

c)



d) Beide Auswertungen zeigen, dass die verrichtete Hubarbeit W_{Hub} direkt proportional zur Zeit t ist.

e) numerische Auswertung:

$$\overline{\left(\frac{W_{Hub}}{t}\right)} = \frac{0{,}019\,\frac{kJ}{min} + 0{,}019\,\frac{kJ}{min} + 0{,}019\,\frac{kJ}{min} + 0{,}0188\,\frac{kJ}{min} + 0{,}0185\,\frac{kJ}{min} + 0{,}0186\,\frac{kJ}{min}}{6}$$

$$\overline{\left(\frac{W_{Hub}}{t}\right)} = 0{,}019\,\frac{kJ}{min} = 0{,}019\,\frac{10^3\,J}{60\,s} = 0{,}32\,\frac{J}{s} = 0{,}32\,W$$

grafische Auswertung:

$$\frac{W_{Hub}}{t} = \frac{1{,}3\,kJ}{70\,min} = \frac{1{,}3\cdot 10^3\,J}{70\cdot 60\,s} = 0{,}31\,\frac{J}{s} = 0{,}31\,W$$

2 a) geg.: $m = 78\,kg;\ h = 450\,m;\ P_{Hub} = 70\,W$

ges.: t

Ansatz:

$P_{Hub} = \frac{W_{Hub}}{t}$ $\quad | \cdot t$

$W_{Hub} = P_{Hub}\cdot t$ $\quad | : P_{Hub}$

$F_G = m\cdot g$

$W_{Hub} = F_G\cdot h = m\cdot g\cdot h$

Rechnung:

$W_{Hub} = 78\,kg\cdot 9{,}81\,\frac{N}{kg}\cdot 450\,m = 0{,}34\cdot 10^6\,J$

$t = \frac{W_{Hub}}{P_{Hub}} = \frac{0{,}34\cdot 10^6\,J}{70\,W} = 4{,}9\cdot 10^3\,s = 82\,min$

b) geg.: $P_{Nutz} = 70\,W;\ \eta = 0{,}285$

ges.: P_{zu}

Ansatz:

$\eta = \frac{P_{Nutz}}{P_{zu}}$ $\quad | \cdot P_{zu}$

$P_{Nutz} = \eta\cdot P_{zu}$ $\quad | : \eta$

Rechnung: $P_{zu} = \frac{P_{Nutz}}{\eta} = \frac{70\,W}{0{,}285} = 0{,}25\,kW$

3 **a)** Die Teilchen im eingetauchten Löffel beginnen nach den Zusammenstößen mit den Teilchen des heißen Tees heftiger zu schwingen. Ihre mittlere kinetische Energie erhöht sich und sie geben diese an Teilchen ab, die näher am Finger sind. Die mittlere kinetische Energie der Teilchen im Löffel und damit auch seine Temperatur steigen nach und nach, bis er mit bloßen Fingern nicht mehr gehalten werden kann.

b) Metalle bestehen aus unbeweglichen Atomrümpfen und frei beweglichen Elektronen, die für den Stromfluss verantwortlich sind. Die Elektronen fließen in Richtung Pluspol. Dabei werden sie beschleunigt – ihre kinetische Energie wird größer. Die Elektronen stoßen dabei an die Atomrümpfe und geben kinetische Energie an diese ab. Die Atomrümpfe speichern die erhaltene Energie als innere Energie; sie schwingen heftiger um ihre Ruhelage. Wir beobachten dieses heftigere Schwingen als höhere Temperatur bzw. als Glühen einer Lampe. Die abgebremsten Elektronen werden erneut beschleunigt, bis sie wieder auf einen bremsenden Atomrumpf treffen, usw.

Einstieg

- Lösungsmöglichkeit: Die Sportlerin beginnt mit einem Rad, kommt in den Stand und macht anschließend einen Rückwärts-Salto.

Aufgaben

1 **a)** Abschnitt 1: Das Spielzeugauto befindet sich in Ruhe.
Abschnitt 2: Das Spielzeugauto bewegt sich mit konstanter Geschwindigkeit vorwärts.
Abschnitt 3: Das Spielzeugauto bewegt sich mit konstanter Geschwindigkeit vorwärts, aber mit einem geringeren Geschwindigkeitsbetrag als in Abschnitt 2.
Abschnitt 4: Das Spielzeugauto befindet sich in Ruhe.
Abschnitt 5: Das Spielzeugauto beschleunigt. Der Betrag der Geschwindigkeit des Spielzeugautos steigt an.
Abschnitt 6: Das Spielzeugauto bremst. Der Betrag der Geschwindigkeit des Spielzeugautos sinkt.

b) Abschnitt 2:
geg.: $\Delta t = 10\ \text{s};\ \Delta s = 30\ \text{m}$
ges.: v
Ansatz: $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$
Rechnung: $v = \frac{30\ \text{m}}{10\ \text{s}} = 3{,}0\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$

$3{,}0\ \frac{\text{m}}{\text{s}} = 3{,}0 \frac{10^{-3}\ \text{km}}{\frac{1}{60} \cdot \frac{1}{60}\ \text{h}} = 3{,}0 \cdot 3{,}6\ \frac{\text{km}}{\text{h}} = 11\ \frac{\text{km}}{\text{h}}$

Analoge Rechnung für Abschnitt 3 mit $\Delta t = 10\ \text{s}$ und $\Delta s = 10\ \text{m}$ liefert $v = 1{,}0\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$ bzw. $v = 3{,}6\ \frac{\text{km}}{\text{h}}$.

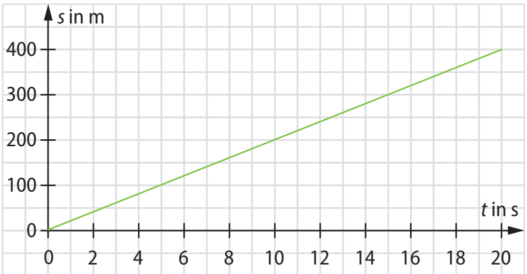
c) Eine Zunahme erkennt man im Zeit-Weg-Diagramm an einer Linkskrümmung des Graphen hin zur s-Achse. Eine Abnahme der Geschwindigkeit erkennt man entsprechend an einer Rechtskrümmung des Graphen hin zur t-Achse.

2 Der Graph im t-s-Diagramm (Abb. 3) zeigt im Zeitintervall von [0,00 s; 0,50 s] eine Rechtskrümmung hin zur t-Achse. Das bedeutet, dass der Ball in dieser Zeit an Geschwindigkeit verliert. Im Zeitintervall von [0,50 s; 1,00 s] beschreibt der Graph eine Linkskrümmung hin zur s-Achse. Daraus kann geschlossen werden, dass sich die Geschwindigkeit des Balls wieder erhöht. Zu keiner Zeit bewegt sich der Ball gleichförmig. Während der gesamten Zeit nimmt die zurückgelegte Strecke des Balls zu.

3 Es sind individuelle Lösungen möglich. Es eignet sich hierfür z. B. die App „phyphox“. Beispielverlauf eines Diagramms für einen Schulweg mit dem Bus: Zunächst steigt der Graph im Diagramm langsam an (während des Laufs zur Bushaltestelle). Beim Warten an der Haltestelle verläuft der Graph parallel zur t-Achse, da der Schüler oder die Schülerin ruht. Fährt der Bus los, so zeigt der Graph eine Linkskrümmung hin zur s-Achse, denn die Geschwindigkeit nimmt zu. Kurz vor jeder roten Ampel beschreibt der Graph eine Rechtskrümmung, um dann während des Stopps parallel zur t-Achse zu verlaufen. Auf den letzten Metern zur Schule verläuft die Steigung des Graphen wieder flacher, da mit geringerer Geschwindigkeit zu Fuß gelaufen wird, nachdem der Schüler oder die Schülerin den Bus verlassen hat.

4 Die folgenden Diagramme geben die Situationen jeweils quantitativ so genau wie möglich wieder. Von den Schülerinnen und Schülern kann nur eine qualitative Lösung erwartet werden, der Kurvenverlauf sollte allerdings den abgebildeten Verläufen ungefähr gleichen.

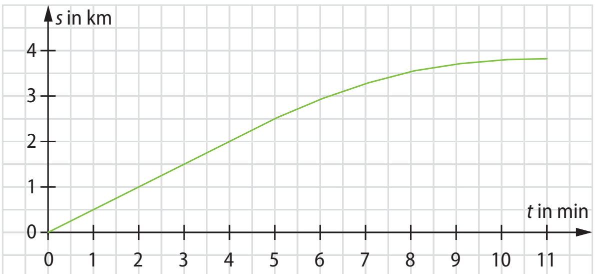
a) $v = 72\,\frac{\text{km}}{\text{h}} = 20\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$



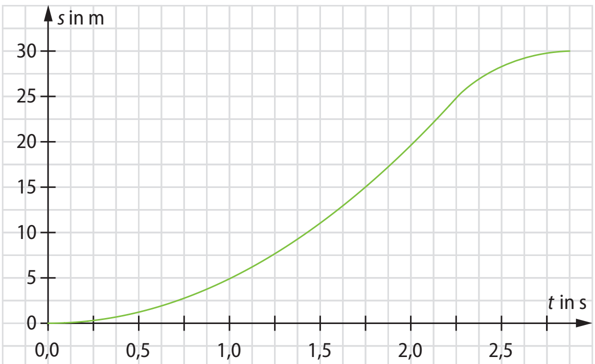
b) $v = 30\,\frac{\text{km}}{\text{h}} = \frac{30\text{ km}}{60\text{ min}} = 0{,}50\,\frac{\text{km}}{\text{min}}$

$v = 5\,\frac{\text{km}}{\text{h}} = \frac{5\text{ km}}{60\text{ min}} = 0{,}08\,\frac{\text{km}}{\text{min}}$

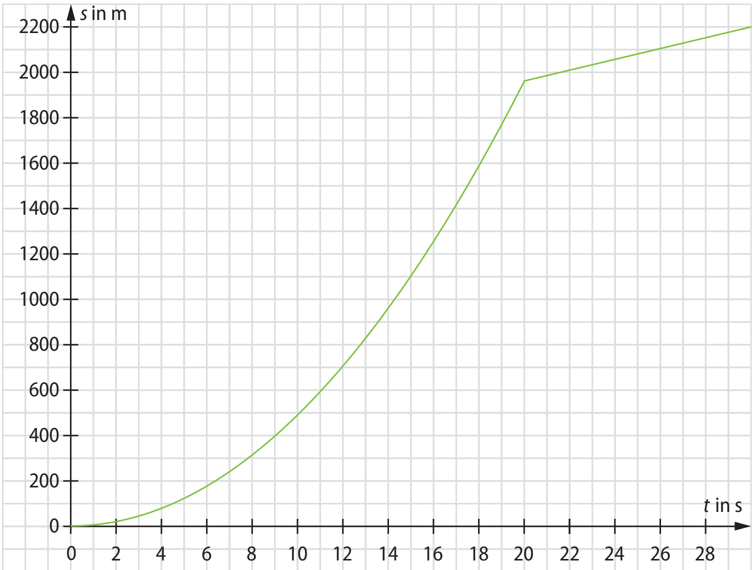
Ab der fünften Minute verlangsamt er seine Geschwindigkeit um ca. $v = 0{,}08\,\frac{\text{km}}{\text{min}}$ pro Minute, d. h. ca. $\frac{0{,}50}{0{,}08}$ min = 6 min später kommt er zum Stillstand.



c) Der Sportler erhöht seine Geschwindigkeit pro Sekunde um ca. $v = 9{,}81\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$. Wenn er nach einer Strecke von 25 m ins Wasser taucht, verringert sich seine Geschwindigkeit bis zum Stillstand, sodass er anschließend wieder nach oben tauchen kann. (Das Auftauchen ist nicht mehr im Diagramm abgebildet.)



d) Der Fallschirmspringer beschleunigt zunächst wie in c) und bewegt sich nach dem Öffnen des Fallschirms mit konstanter (aber deutlich geringerer) Geschwindigkeit weiter.



5 Annahme: Beide Sportler bewegen sich innerhalb der jeweiligen Disziplin mit konstanter Geschwindigkeit.

Flora Duffy:

Schwimmen: $v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{1{,}5\text{ km}}{18\text{ min} + 32\text{ s}} = \frac{1{,}5\text{ km}}{18{,}53\text{ min}} = 0{,}081\,\frac{\text{km}}{\text{min}}$

Radfahren: $v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{40\text{ km}}{62\text{ min} + 49\text{ s}} = \frac{40\text{ km}}{62{,}82\text{ min}} = 0{,}64\,\frac{\text{km}}{\text{min}}$

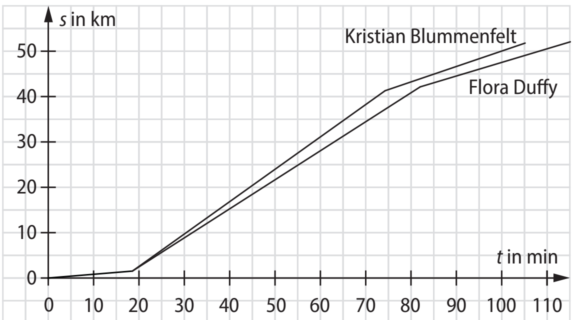
Laufen: $v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{10\text{ km}}{33\text{ min}} = 0{,}30\,\frac{\text{km}}{\text{min}}$

Kristian Blummenfelt:

Schwimmen: $v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{1{,}5\text{ km}}{18\text{ min} + 4\text{ s}} = \frac{1{,}5\text{ km}}{18{,}06\text{ min}} = 0{,}083\,\frac{\text{km}}{\text{min}}$

Radfahren: $v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{40\text{ km}}{56\text{ min} + 19\text{ s}} = \frac{40\text{ km}}{56{,}32\text{ min}} = 0{,}71\,\frac{\text{km}}{\text{min}}$

Laufen: $v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{10\text{ km}}{29\text{ min} + 34\text{ s}} = \frac{10\text{ km}}{29{,}56\text{ min}} = 0{,}34\,\frac{\text{km}}{\text{min}}$



Methode

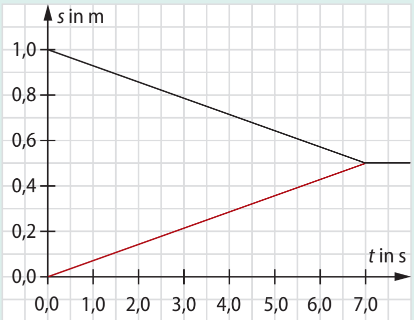
- Abschnitt 1: Das Spielzeugauto fährt 1,0 s lang vorwärts mit einer konstanten Geschwindigkeit von $\frac{10\,\text{cm}}{1{,}0\,\text{s}} = 0{,}10\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$.

  Abschnitt 2: Das Spielzeugauto fährt 3,5 s lang vorwärts mit einer konstanten Geschwindigkeit von $\frac{70\,\text{cm}}{3{,}5\,\text{s}} = 0{,}20\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$.

  Abschnitt 3: Das Spielzeugauto fährt 2,0 s lang vorwärts mit einer konstanten Geschwindigkeit von $\frac{20\,\text{cm}}{2{,}0\,\text{s}} = 0{,}10\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$.

  Abschnitt 4: Das Spielzeugauto steht für eine halbe Sekunde.

  Abschnitt 5: Das Spielzeugauto fährt 1,0 s lang rückwärts mit einer konstanten Geschwindigkeit von $\frac{40\,\text{cm}}{1{,}0\,\text{s}} = 0{,}40\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$ bzw. $-0{,}40\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$.
- In der Realität sollten die Knicke abgerundet sein, da die Geschwindigkeit sich nicht abrupt ändert, sondern mit einem Brems- bzw. Beschleunigungsvorgang verbunden ist.
- Lösungsmöglichkeit:



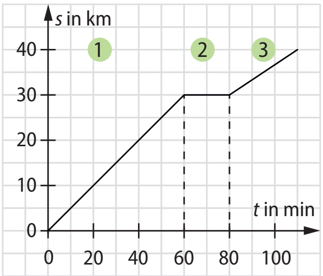
- Lösungsmöglichkeit: Will man trotz gekrümmter Bewegungen, wie sie alltäglich meist vorkommen, Zeit-Orts-Diagramme erstellen, dann kann man beispielsweise bei einer Fahrradtour mit gleichem Start- und Zielpunkt die gesamte Strecke „geradlinig ausrollen" und den Umkehrpunkt in der Hälfte der Strecke festlegen. Bei dieser Variante kann man im Zeit-Orts-Diagramm dann stets ablesen, welche Distanz bisher zurückgelegt wurde und wie weit es bis zum Ziel ist.

  Eine andere Möglichkeit wäre, als Ort die Luftlinienentfernung zum Start- bzw. Zielpunkt festzulegen. Auf einer Landkarte würde man also gedanklich um den Start- und Zielpunkt konzentrische Kreise festlegen. Fährt man mit dem Rad dann eine Strecke ab, würde das Zeit-Orts-Diagramm dann allerdings nicht die zurückgelegte Strecke, sondern die Luftlinienentfernung zum Start- bzw. Zielpunkt zeigen, was für manche Zwecke ja auch sinnvoll sein kann.

  Höhenunterschiede in der Streckenführung bleiben in beiden Fällen natürlich unberücksichtigt.

6 **a)** Abschnitt 1: Der Fahrer fährt in eine bestimmte Richtung (z. B. nach rechts, Bild B).
Abschnitt 2: Der Fahrer pausiert (Bild A).
Abschnitt 3: Der Fahrer fährt in die andere Richtung, da die Gerade im Graphen fällt (z. B. nach links, Bild C).
Bemerkung: Bild B und Bild C können auch vertauscht werden, je nachdem, wie der Ort und die Richtung der Bewegung definiert ist.

b)



c) Abschnitt 1: $v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{30\text{ km}}{60\text{ min}} = \frac{30\text{ km}}{60:60\text{ h}} = \frac{30\text{ km}}{1{,}0\text{ h}} = 30\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$
Abschnitt 2: Der Radfahrer ruht. Seine Geschwindigkeit beträgt $v = 0\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$.
Abschnitt 3: $v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{10\text{ km}}{30\text{ min}} = \frac{10\text{ km}}{\frac{30}{60}\text{ h}} = \frac{10\text{ km}}{0{,}50\text{ h}} = 20\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$

7 Korrekt sind die Aussagen…

a) 1, 3, 5 und 6.
Zu 3: A legt in 4 s 10 m zurück, also $v = \frac{10}{4}\,\frac{\text{m}}{\text{s}} = 2{,}5\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$.

b) 3 und 5.
Zu 3: B legt in 4 s 5 m zurück, also $v = \frac{5}{4}\,\frac{\text{m}}{\text{s}} = 1{,}25\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$.

c) 1, 2 und 3.
Zu 2: B legt in 4 s 10 m zurück, also $v = \frac{10}{4}\,\frac{\text{m}}{\text{s}} = 2{,}5\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$.
Zu 3: A fährt rückwärts und legt in 10 s 5 m zurück, also $v = \frac{-5}{10}\,\frac{\text{m}}{\text{s}} = -0{,}5\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$.

d) 3 und 5.

Einstieg

- Lösungsmöglichkeit: Es gibt extreme Wasserrutschen, bei denen man Geschwindigkeiten von bis zu 90 $\frac{km}{h}$ erreichen kann. Es kommt aber immer auf die Art der Rutsche und die Rutschtechnik an. Um möglichst schnell zu sein, muss man den durch die Reibung verursachten Widerstand verringern.
- Die Geschwindigkeit in einer Wasserrutsche ist nicht konstant, da man je nach Art der Rutsche mal schneller oder langsamer wird. Mit einer Stoppuhr kann zwar die benötigte Zeit gemessen werden, die Geschwindigkeit, die man mithilfe der Länge der Rutsche errechnet, ist jedoch nur ein durchschnittlicher Wert. Dieser gibt nicht die Geschwindigkeiten an, die man während des Rutschens tatsächlich erreicht.

Aufgaben

1 geg.: $v = 4{,}7\ \frac{m}{s}$; $\Delta s = 1140$ m

ges.: Δt

Ansatz: $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$ $\quad | \cdot \Delta t \quad | : v$

Rechnung: $\Delta t = \frac{\Delta s}{v} = \frac{1140\ m}{4{,}7\ \frac{m}{s}} = 24 \cdot 10^1\ s = 4{,}0$ min

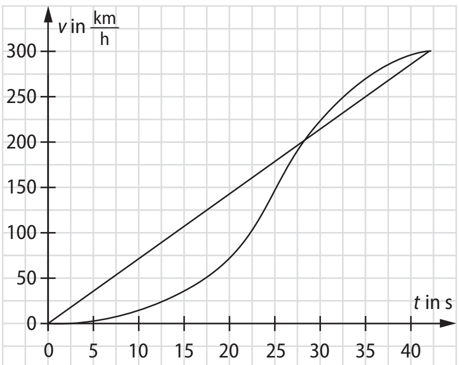
2 **a)** geg.: $\Delta t = 42$ s; $\Delta s = 2300$ m

ges.: v

Ansatz: $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$

Rechnung: $v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{2300\ m}{42\ s} = 55\ \frac{m}{s} = 2{,}0 \cdot 10^2\ \frac{km}{h}$

b) Lösungsmöglichkeiten:



Bemerkung: Die Gerade wird sicher nicht der Realität entsprechen, da die Geschwindigkeit in der Realität nicht konstant zunimmt.

3 **a)** Die Maximalgeschwindigkeit des Aufzugs beträgt $v = -1{,}0\ \frac{m}{s}$. Das Minuszeichen gibt die Bewegungsrichtung des Fahrstuhls an. Der Fahrstuhl bewegt sich in diesem Moment nach unten, also entgegen der festgelegten positiven Bewegungsrichtung.
Die größte Aufwärtsgeschwindigkeit des Aufzugs dagegen beträgt ca. $v = 0{,}75\ \frac{m}{s}$ und ist somit kleiner als der Betrag der maximalen Geschwindigkeit nach unten.

b) Im ungefähren Zeitintervall [0 s; 3 s] steht der Aufzug ($v = 0\ \frac{m}{s}$). Danach im Zeitintervall von ungefähr [3 s; 10 s] handelt es sich um eine Abwärtsfahrt (v ist negativ), wobei der Aufzug erst auf $v = -1{,}0\ \frac{m}{s}$ beschleunigt und anschließend eine Bremsbewegung auf $v = 0\ \frac{m}{s}$ sattfindet.
Im Zeitintervall [10 s; 16 s] bewegt sich der Aufzug nicht ($v = 0\ \frac{m}{s}$). In den Zeitintervallen [16 s; 25 s] sowie [30 s; 40 s] fährt der Aufzug nach oben (v ist positiv), wobei jeweils auf ca. $v = 0{,}75\ \frac{m}{s}$ beschleunigt und anschließend gebremst wird. Dazwischen, also im Zeitintervall [25 s; 30 s], steht er ($v = 0\ \frac{m}{s}$).

Einstieg

- Lösungsmöglichkeit: Beim ersten Bild handelt es sich um den Start eines Flugzeugs. Damit ein Flugzeug starten kann, muss es auf einem Rollfeld auf die Abhebegeschwindigkeit beschleunigen. Es muss also eine Änderung der Geschwindigkeit von 0 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$ auf die Abhebegeschwindigkeit erfolgen.
  Beim zweiten Bild handelt es sich um den Abbremsvorgang eines Schwans bei der Landung. Wie beim Flugzeug ändert sich die Geschwindigkeit, weshalb man ebenfalls von Beschleunigung spricht.
  Der Bremsvorgang des Schwans sowie der Abhebevorgang des Flugzeugs verlaufen natürlicherweise selten gleichmäßig.

Aufgaben

1 **a)** Lösungsmöglichkeiten:
- Ein Formel-1-Wagen beschleunigt aus der Startposition auf einer geraden Strecke.
- Ein Schulbus bremst vor einer roten Ampel auf einer geraden Strecke.
- Die Geschwindigkeit eines Förderbands wird erhöht.
- Ein Wasservogel landet auf der Wasseroberfläche eines Sees auf gerader Strecke.

b) Je nachdem, wie kräftig die Handgelenke von der Muskulatur bewegt werden, ändert die Hand unterschiedlich schnell ihre Geschwindigkeit. Die Beschleunigungsbeträge sind also unterschiedlich groß. Die negativen Werte für die Beschleunigung treten immer dann auf, wenn die Hand kurz vor Änderung der Bewegungsrichtung abgebremst wird.

2 **a)** Bei einer Fahrt im Kettenkarussell werden die Fahrgäste mit einer konstanten Kraft in Richtung Karussellmittelpunkt gezogen. Die Richtung der Kraft ändert sich also im Laufe der Drehbewegung, somit ändert sich also auch die Richtung der Beschleunigung. Es erfolgt dadurch keine gleichmäßige Beschleunigung.

b) Beim Bungeejumping wirkt die Gewichtskraft und die Luftwiderstandskraft auf den Springer. Während die Gewichtskraft in Betrag und Richtung konstant wirkt, erhöht sich der Betrag der Luftwiderstandskraft mit zunehmender Geschwindigkeit. Es handelt sich also unter Berücksichtigung der Luftwiderstandskraft zumindest für größere Fallhöhen nicht um eine gleichmäßig beschleunigte Bewegung.

c) Das Wasser aus dem Springbrunnen wird in vertikaler Richtung mit der nach Betrag und Richtung konstanten Gewichtskraft beschleunigt. Es handelt sich um eine gleichmäßig beschleunigte Bewegung.

3 **a)** geg.: $v_{\text{Anfang}} = 0\,\frac{\text{km}}{\text{h}};\ v_{\text{Ende}} = 80\,\frac{\text{km}}{\text{h}};\ \Delta t = 8{,}0\text{ s}$

ges.: $a;\ s$

Ansatz: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_{\text{Ende}} - v_{\text{Anfang}}}{\Delta t};\ s = \frac{1}{2}a \cdot t^2$

Rechnung: $a = \frac{80\,\frac{\text{km}}{\text{h}} - 0\,\frac{\text{km}}{\text{h}}}{8{,}0\text{ s}} = \frac{80\,\frac{\text{km}}{\text{h}}}{8{,}0\text{ s}} = \frac{\frac{80}{3{,}6}\,\frac{\text{m}}{\text{s}}}{8{,}0\text{ s}} = 2{,}8\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

$s = \frac{1}{2} \cdot 2{,}8\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (8{,}0\text{ s})^2 = 90\text{ m}$

b) geg.: $v_{\text{Anfang}} = 0\,\frac{\text{km}}{\text{h}};\ v_{\text{Ende}} = 80\,\frac{\text{km}}{\text{h}};\ \Delta t = 12{,}3\text{ s}$

ges.: $a;\ s$

Ansatz: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_{\text{Ende}} - v_{\text{Anfang}}}{\Delta t};\ s = \frac{1}{2}a \cdot t^2$

Rechnung: $a = \frac{80\,\frac{\text{km}}{\text{h}} - 0\,\frac{\text{km}}{\text{h}}}{12{,}3\text{ s}} = \frac{80\,\frac{\text{km}}{\text{h}}}{12{,}3\text{ s}} = \frac{\frac{80}{3{,}6}\,\frac{\text{m}}{\text{s}}}{12{,}3\text{ s}} = 1{,}8\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

$s = \frac{1}{2} \cdot 1{,}8\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (12{,}3\text{ s})^2 = 0{,}14\text{ km}$

c) geg.: $v_{\text{Anfang}} = 20\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$; $v_{\text{Ende}} = 0\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$; $\Delta t = 3{,}5\text{ s}$

ges.: a; s

Ansatz: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_{\text{Ende}} - v_{\text{Anfang}}}{\Delta t}$; $s = \frac{1}{2}|a| \cdot t^2$

Rechnung: $a = \frac{0\,\frac{\text{m}}{\text{s}} - 20\,\frac{\text{m}}{\text{s}}}{3{,}5\text{ s}} = \frac{-20\,\frac{\text{m}}{\text{s}}}{3{,}5\text{ s}} = -5{,}7\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

$s = \frac{1}{2} \cdot \left|-5{,}7\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right| \cdot (3{,}5\text{ s})^2 = 35\text{ m}$

d) geg.: $v_{\text{Anfang}} = 140\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$; $v_{\text{Ende}} = 0\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$; $\Delta t = 7{,}5\text{ s}$

ges.: a; s

Ansatz: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_{\text{Ende}} - v_{\text{Anfang}}}{\Delta t}$; $s = \frac{1}{2}|a| \cdot t^2$

Rechnung: $a = \frac{0\,\frac{\text{km}}{\text{h}} - 140\,\frac{\text{km}}{\text{h}}}{7{,}5\text{ s}} = \frac{-140\,\frac{\text{km}}{\text{h}}}{7{,}5\text{ s}} = \frac{-\frac{140}{3{,}6}\,\frac{\text{m}}{\text{s}}}{7{,}5\text{ s}} = -5{,}2\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

$s = \frac{1}{2} \cdot \left|-5{,}2\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right| \cdot (7{,}5\text{ s})^2 = 0{,}15\text{ km}$

4 **a)** geg.: $v_{\text{Anfang}} = 0\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$; $v_{\text{Ende}} = 140\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$; $a = 0{,}80\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

ges.: Δt

Ansatz: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad |\cdot \Delta t \quad |:a$

Rechnung: $\Delta t = \frac{\Delta v}{a} = \frac{v_{\text{Ende}} - v_{\text{Anfang}}}{a} = \frac{140\,\frac{\text{km}}{\text{h}} - 0\,\frac{\text{km}}{\text{h}}}{0{,}80\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = \frac{\frac{140}{3{,}6}\,\frac{\text{m}}{\text{s}}}{0{,}80\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 49\text{ s}$

b) geg.: $v_{\text{Anfang}} = 130\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$; $v_{\text{Ende}} = 0\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$; $\Delta t = 4{,}5\text{ s}$

ges.: a

Ansatz: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_{\text{Ende}} - v_{\text{Anfang}}}{\Delta t}$

Rechnung: $a = \frac{0\,\frac{\text{km}}{\text{h}} - 130\,\frac{\text{km}}{\text{h}}}{4{,}5\text{ s}} = \frac{\frac{-130}{3{,}6}\,\frac{\text{m}}{\text{s}}}{4{,}5\text{ s}} = -8{,}0\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

c) geg.: $v_{\text{Anfang},1} = 0\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$; $v_{\text{Ende},1} = 100\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$; $\Delta t_1 = 2{,}75\text{ s}$

$v_{\text{Anfang},2} = 100\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$

$v_{\text{Ende},2} = 0\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$; $a_2 = -12{,}0\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

ges.: s_1; s_2

Ansatz: $a_1 = \frac{v_{\text{Ende},1} - v_{\text{Anfang},1}}{\Delta t_1}$; $a_2 = \frac{v_{\text{Ende},2} - v_{\text{Anfang},2}}{\Delta t_2} \quad |\cdot \Delta t_2 \quad |:a_2$

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

Rechnung: $a_1 = \frac{v_{\text{Ende},1} - v_{\text{Anfang},1}}{\Delta t_1} = \frac{100\,\frac{\text{km}}{\text{h}} - 0\,\frac{\text{km}}{\text{h}}}{2{,}75\text{ s}} = \frac{\frac{100}{3{,}6}\,\frac{\text{m}}{\text{s}}}{2{,}75\text{ s}} = 10{,}1\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

$s_1 = \frac{1}{2} a_1 \cdot t_1^2 = \frac{1}{2} \cdot 10{,}1\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (2{,}75\text{ s})^2 = 38{,}2\text{ m}$

$\Delta t_2 = \frac{v_{\text{Ende},2} - v_{\text{Anfang},2}}{a_2} = \frac{0\,\frac{\text{km}}{\text{h}} - 100\,\frac{\text{km}}{\text{h}}}{-12{,}0\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = \frac{-\frac{100}{3{,}6}\,\frac{\text{m}}{\text{s}}}{-12{,}0\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 2{,}31\text{ s}$

$s_2 = \frac{1}{2}|a_2| \cdot t_2^2 = \frac{1}{2} \cdot \left|-12{,}0\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right| \cdot (2{,}31\text{ s})^2 = 32{,}0\text{ m}$

$s_{\text{gesamt}} = s_1 + s_2 = 38{,}2\text{ m} + 32{,}0\text{ m} = 70{,}2\text{ m}$

Antwort: Der Sportpilot legt im ersten Zeitabschnitt eine Strecke von 38,2 m zurück. Beim Abbremsen im zweiten Zeitabschnitt legt er eine Strecke von 32,0 m zurück. Insgesamt hat er also eine Strecke von 70,2 m zurückgelegt.

Alltag

- geg.: $v_{Anfang} = v_0 = 135\,\frac{km}{h}$; $v_{Ende} = 0\,\frac{km}{h}$; $\Delta t = 5{,}0\,s$
  ges.: a; s
  Ansatz: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_{Ende} - v_{Anfang}}{\Delta t}$;
  1 $s = \frac{1}{2}|a| \cdot t^2$
  2 $s = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2$
  Rechnung: $a = \frac{0\,\frac{km}{h} - 135\,\frac{km}{h}}{5{,}0\,s} = \frac{-135\,\frac{km}{h}}{5{,}0\,s} = \frac{-\frac{135}{3{,}6}\,\frac{m}{s}}{5{,}0\,s} = -7{,}5\,\frac{m}{s^2}$
  1 $s = \frac{1}{2} \cdot \left|-7{,}5\,\frac{m}{s^2}\right| \cdot (5{,}0\,s)^2 = 94\,m$
  2 $s = 135\,\frac{km}{h} \cdot 5{,}0\,s + \frac{1}{2} \cdot (-7{,}5\,\frac{m}{s^2}) \cdot (5{,}0\,s)^2$
  $s = \frac{135}{3{,}6}\,\frac{m}{s} \cdot 5{,}0\,s - \frac{1}{2} \cdot 7{,}5\,\frac{m}{s^2} \cdot (5{,}0\,s)^2 = 94\,m$

- **a)** geg.: $v_0 = 120\,\frac{km}{h}$; $t = 2{,}4\,s$; $a = -7{,}5\,\frac{m}{s^2}$
  ges.: v; s
  Ansatz: $v = v_0 + a \cdot t$; $s = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2$
  Rechnung: $v = 120\,\frac{km}{h} - 7{,}5\,\frac{m}{s^2} \cdot 2{,}4\,s = \frac{120}{3{,}6}\,\frac{m}{s} - 7{,}5\,\frac{m}{s^2} \cdot 2{,}4\,s = 15\,\frac{m}{s} = 54\,\frac{km}{h}$
  $s = 120\,\frac{km}{h} \cdot 2{,}4\,s + \frac{1}{2} \cdot (-7{,}5\,\frac{m}{s^2}) \cdot (2{,}4\,s)^2$
  $s = \frac{120}{3{,}6}\,\frac{m}{s} \cdot 2{,}4\,s - \frac{1}{2} \cdot 7{,}5\,\frac{m}{s^2} \cdot (2{,}4\,s)^2 = 58\,m$

  b) geg.: $v_0 = 30\,\frac{m}{s}$; $t = 2{,}0\,s$; $a = 4{,}0\,\frac{m}{s^2}$
  ges.: v; s
  Ansatz: $v = v_0 + a \cdot t$; $s = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2$
  Rechnung: $v = 30\,\frac{m}{s} + 4{,}0\,\frac{m}{s^2} \cdot 2{,}0\,s = 38\,\frac{m}{s} = 14 \cdot 10^1\,\frac{km}{h}$
  $s = 30\,\frac{m}{s} \cdot 2{,}0\,s + \frac{1}{2} \cdot 4{,}0\,\frac{m}{s^2} \cdot (2{,}0\,s)^2 = 68\,m$

- **a)** geg.: $v_{Anfang} = 0\,\frac{km}{h}$; $v_{Ende} = 50\,\frac{km}{h}$; $\Delta t = 3{,}2\,s$
  ges.: a
  Ansatz: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_{Ende} - v_{Anfang}}{\Delta t}$
  Rechnung: $a = \frac{50\,\frac{km}{h} - 0\,\frac{km}{h}}{3{,}2\,s} = \frac{\frac{50}{3{,}6}\,\frac{m}{s}}{3{,}2\,s} = 4{,}3\,\frac{m}{s^2}$

  b) geg.: $v_0 = 50\,\frac{km}{h}$; $a = 4{,}3\,\frac{m}{s^2}$; $t = 10\,s$
  ges.: v; s
  Ansatz: $v = v_0 + a \cdot t$; $s = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2$
  Rechnung: $v = 50\,\frac{km}{h} + 4{,}3\,\frac{m}{s^2} \cdot 10\,s = \frac{50}{3{,}6}\,\frac{m}{s} + 4{,}3\,\frac{m}{s^2} \cdot 10\,s = 57\,\frac{m}{s} = 2{,}1 \cdot 10^2\,\frac{km}{h}$
  $s = 50\,\frac{km}{h} \cdot 10\,s + \frac{1}{2} \cdot 4{,}3\,\frac{m}{s^2} \cdot (10\,s)^2$
  $s = \frac{50}{3{,}6}\,\frac{m}{s} \cdot 10\,s + \frac{1}{2} \cdot 4{,}3\,\frac{m}{s^2} \cdot (10\,s)^2 = 0{,}35\,km$

  c) geg.: $v_0 = 160\,\frac{km}{h}$; $v = 0\,\frac{km}{h}$; $a = -8{,}50\,\frac{m}{s^2}$; $t_{Reaktion} = 1{,}0\,s$
  ges.: $s_{Anhalteweg}$
  Ansatz: $v = v_0 + a \cdot t \quad |-v_0 \quad |:a$
  $s = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2$; $s_{Anhalteweg} = v_0 \cdot t_{Reaktion} + s$
  Rechnung: $t = \frac{v - v_0}{a} = \frac{0\,\frac{km}{h} - 160\,\frac{km}{h}}{-8{,}50\,\frac{m}{s^2}} = \frac{-\frac{160}{3{,}6}\,\frac{m}{s}}{-8{,}50\,\frac{m}{s^2}} = 5{,}23\,s$
  $s = 160\,\frac{km}{h} \cdot 5{,}23\,s + \frac{1}{2} \cdot (-8{,}50\,\frac{m}{s^2}) \cdot (5{,}23\,s)^2$
  $s = \frac{160}{3{,}6}\,\frac{m}{s} \cdot 5{,}23\,s - \frac{1}{2} \cdot 8{,}50\,\frac{m}{s^2} \cdot (5{,}23\,s)^2 = 116\,m$
  $s_{Anhalteweg} = \frac{160}{3{,}6}\,\frac{m}{s} \cdot 1{,}0\,s + 116\,m = 16 \cdot 10^1\,m = 0{,}16\,km$

Einstieg

- Für den freien Fall beträgt die Fallbeschleunigung $g = 9{,}81\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$. Bei einem freien Fall von $t = 4$ s legt man eine Strecke von ca. $s_1 = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 = 78$ m zurück. Dabei erreicht man eine Geschwindigkeit von $v = g \cdot t = 39\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$. Von dieser Geschwindigkeit muss jedoch wieder auf $0\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$ abgebremst werden. Soll dieser Vorgang nicht länger als 2 s dauern, so benötigt man eine Bremsbeschleunigung von $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{-39\,\frac{\text{m}}{\text{s}}}{2\,\text{s}} = -20\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$. Dabei wird eine Strecke von $s_2 = \frac{1}{2} \cdot \left|-20\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right| \cdot (2\,\text{s})^2 = 40$ m zurückgelegt. Insgesamt muss der Turm also mehr als $s = s_1 + s_2 = 118$ m hoch sein.

Aufgaben

1 **a)** Wenn der Luftwiderstand vernachlässigt wird, liegt ein freier Fall vor, also eine gleichmäßig beschleunigte Bewegung, da die Gewichtskraft konstant ist und der Stein mit konstanter Beschleunigung von $g = 9{,}81\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ beschleunigt wird.

b) geg.: $v_{\text{Anfang}} = 0\,\frac{\text{m}}{\text{s}};\ g = 9{,}81\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2};\ \Delta t = 2{,}0$ s

ges.: $v_{\text{Ende}};\ s$

Ansatz: $g = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad | \cdot \Delta t;\ s = \frac{1}{2}\, g \cdot t^2$

Rechnung: $\Delta v = v_{\text{Ende}} = g \cdot \Delta t = 9{,}81\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 2{,}0\,\text{s} = 20\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$

$s = \frac{1}{2} \cdot 9{,}81\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (2{,}0\,\text{s})^2 = 20$ m

c) geg.: $v_{\text{Anfang}} = 0\,\frac{\text{m}}{\text{s}};\ v_{\text{Ende}} = 30\,\frac{\text{m}}{\text{s}};\ g = 9{,}81\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

ges.: Δt

Ansatz: $g = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad | \cdot \Delta t \quad | : g$

Rechnung: $\Delta t = \frac{\Delta v}{g} = \frac{v_{\text{Ende}} - v_{\text{Anfang}}}{g} = \frac{30\,\frac{\text{m}}{\text{s}} - 0\,\frac{\text{m}}{\text{s}}}{9{,}81\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 3{,}1$ s

d) geg.: $v_{\text{Anfang}} = 0\,\frac{\text{m}}{\text{s}};\ g = 9{,}81\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2};\ s = 100$ m

ges.: $t;\ v_{\text{Ende}}$

Ansatz: $v = g \cdot t$

$s = \frac{1}{2} g \cdot t^2 \quad | : \left(\frac{1}{2} g\right)$

$\frac{2s}{g} = t^2 \quad | \sqrt{\ }$

Rechnung: $t = \sqrt{\frac{2s}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 100\,\text{m}}{9{,}81\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}}} = 4{,}52$ s

$v = 9{,}81\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 4{,}52\,\text{s} = 44{,}3\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$

2 **a)** geg.: $v_{\text{Anfang}} = 0\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$; $g = 9{,}81\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$; $s = 10\,\text{m}$

ges.: t; v

Ansatz: $v = g \cdot t$

$s = \frac{1}{2} g \cdot t^2 \quad \Big|:\left(\frac{1}{2} g\right)$

$\frac{2s}{g} = t^2 \quad \Big|\sqrt{}$

Rechnung: $t = \sqrt{\frac{2s}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10\,\text{m}}{9{,}81\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}}} = 1{,}4\,\text{s}$

$v = 9{,}81\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 1{,}4\,\text{s} = 14\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$

b) geg.: $v_{\text{Anfang}} = 14\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$; $v_{\text{Ende}} = 0\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$; $s = 4{,}0\,\text{m}$

ges.: Δt; a

Ansatz: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_{\text{Ende}} - v_{\text{Anfang}}}{\Delta t}$; $s = \frac{1}{2}\,|a| \cdot \Delta t^2 \quad \Big|\, a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ in s

Rechnung: $s = \frac{1}{2}\left|\frac{\Delta v}{\Delta t}\right| \cdot \Delta t^2 = \frac{1}{2}\,|\Delta v| \cdot \Delta t \quad \Big|:\frac{1}{2}|\Delta v|$

$\Delta t = \frac{2 \cdot s}{|\Delta v|} = \frac{2 \cdot 4{,}0\,\text{m}}{14\,\frac{\text{m}}{\text{s}}} = 0{,}57\,\text{s}$

$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{0\,\frac{\text{m}}{\text{s}} - 14\,\frac{\text{m}}{\text{s}}}{0{,}57\,\text{s}} = -25\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

Antwort: Der Turmspringer bremst mit einer Beschleunigung von $-25\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ innerhalb von 0,57 s bis zum Stillstand ab. Der Betrag der negativen Beschleunigung ist in etwa doppelt so groß wie die Fallbeschleunigung des Springers.

c) geg.: $v_{\text{Anfang}} = 0\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$; $g = 9{,}81\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$; $a = -25\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$; $s_1 = 5{,}0\,\text{m}$

ges.: s_2

Ansatz: $s_1 = \frac{1}{2} g \cdot \Delta t_1^{\,2} \quad \Big|:\left(\frac{1}{2} g\right)$

$\frac{2 \cdot s_1}{g} = \Delta t_1^{\,2} \quad \Big|\sqrt{}$

$g = \frac{\Delta v_1}{\Delta t_1} \quad \Big|\cdot \Delta t_1$

$a = \frac{\Delta v_2}{\Delta t_2} \quad \Big|\cdot \Delta t_2 \quad \Big|:\text{a}$

$s_2 = \frac{1}{2}\,|a| \cdot \Delta t_2^{\,2}$

Rechnung: $\Delta t_1 = \sqrt{\frac{2 \cdot s_1}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 5{,}0\,\text{m}}{9{,}81\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}}} = 1{,}0\,\text{s}$

$\Delta v_1 = g \cdot \Delta t_1 = 9{,}81\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 1{,}0\,\text{s} = 9{,}8\,\frac{\text{m}}{\text{s}} \Rightarrow \Delta v_2 = -9{,}8\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$

$\Delta t_2 = \frac{\Delta v_2}{a} = \frac{-9{,}8\,\frac{\text{m}}{\text{s}}}{-25\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 0{,}39\,\text{s}$

$s_2 = \frac{1}{2} \cdot 25\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (0{,}39\,\text{s})^2 = 1{,}9\,\text{m}$

Einstieg

- Die unterschiedlichen Startbahnlängen für unterschiedliche Flugzeugarten hängen mit der Masse der Flugzeuge zusammen. Für Flugzeuge mit größerer Masse wird eine längere Startbahn benötigt, wenn die gleiche Kraft aufgewendet werden soll, um die Flugzeuge in die Luft zu bekommen. Bei größerer Masse hat man dadurch eine geringere Beschleunigung, somit benötigt man einen längeren Weg, um das Flugzeug auf eine bestimmte Abhebegeschwindigkeit zu beschleunigen.

Aufgaben

1 Lösungsmöglichkeit: Bestimmung der Masse eines Smartphones
Auf einer schiefen Ebene wird das Smartphone auf einen Wagen gelegt und die auf den Wagen und das Smartphone wirkende Hangabtriebskraft mit einem Kraftmessgerät gemessen. Auf dem Smartphone wird die App „phyphox" (Beschleunigung ohne g / Betrag) geöffnet. Während das Smartphone auf einem Wagen die schiefe Ebene hinuntergleitet, wird die Beschleunigung gemessen. Der Quotient aus Hangabtriebskraft und Beschleunigung liefert die beschleunigte Gesamtmasse. Subtrahiert man von der Gesamtmasse die Masse des Wagens, erhält man die Masse des Smartphones.
Anschließend wird die Masse des Smartphones mit einer Waage überprüft.

2 geg.: $m = 55\ \text{kg};\ a = 4{,}0\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
ges.: F
Ansatz: $F = m \cdot a$
Rechnung: $F = m \cdot a = 55\ \text{kg} \cdot 4{,}0\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 2{,}2 \cdot 10^2\ \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} = 2{,}2 \cdot 10^2\ \text{N}$

3 geg.: $g = 9{,}81\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2};\ m = 70\ \text{kg}$
ges.: F
Ansatz: $F = m \cdot a;\ a = 4 \cdot g$
Rechnung: $a = 4 \cdot g = 4 \cdot 9{,}81\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 39{,}2\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
$F = m \cdot a = 70\ \text{kg} \cdot 39{,}2\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 2{,}7 \cdot 10^3\ \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} = 2{,}7\ \text{kN}$

4 geg.: $m_{\text{Martin}} = 50\ \text{kg};\ a = 0{,}50\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2};\ F = 34\ \text{N}$
ges.: m_{Curl}
Ansatz: $F = m_{\text{ges}} \cdot a \quad |:a$
$m_{\text{ges}} = m_{\text{Martin}} + m_{\text{Curl}}$
Rechnung: $m_{\text{ges}} = \frac{F}{a} = \frac{34\ \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}}{0{,}50\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 68\ \text{kg}$
$m_{\text{Curl}} = 68\ \text{kg} - 50\ \text{kg} = 18\ \text{kg}$

5 **a)** Beim Fahren mit einem Pkw muss ständig beim Anfahren beschleunigt werden. Auch beim Fahren mit konstanter Geschwindigkeit muss entgegen der Fahrtwindkraft eine beschleunigende Kraft auf das Auto wirken. Da die Masse von Geländelimousinen größer ist als von durchschnittlichen Pkw, muss nach der Grundgleichung der Mechanik für die betragsgleiche Beschleunigung eine größere Kraft wirken. Der Fahrzeugmotor muss mehr mechanische Arbeit verrichten und benötigt dafür mehr chemische Energie aus dem Sprit. Der Verbrauch steigt.

b) geg.: $\Delta t = 6{,}0\ \text{s};\ v_{\text{Anfang}} = 0\ \frac{\text{km}}{\text{h}};\ v_{\text{Ende}} = 100\ \frac{\text{km}}{\text{h}};\ F = 10{,}2\ \text{kN}$

ges.: $a;\ m$

Ansatz: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t};\ F = m \cdot a \quad |:a$

Rechnung: $a = \frac{\frac{100}{3{,}6}\ \frac{\text{m}}{\text{s}}}{6{,}0\ \text{s}} = 4{,}6\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

$m = \frac{10{,}2 \cdot 10^3\ \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}}{4{,}6\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 2{,}2 \cdot 10^3\ \text{kg} = 2{,}2\ \text{t}$

c) geg.: $a = 4{,}6\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2};\ m = 1{,}5\ \text{t}$

ges.: F

Ansatz: $F = m \cdot a$

Rechnung: $F = 1{,}5 \cdot 10^3\ \text{kg} \cdot 4{,}6\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 6{,}9 \cdot 10^3\ \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} = 6{,}9\ \text{kN}$

d) SUV haben eine größere Querschnittsfläche als kleine Pkw. Dadurch steigt der Luftwiderstand bei schneller Fahrt stärker an. Darüber hinaus lassen sich in SUV mehr Personen bzw. Gepäck befördern, wodurch die Gesamtmasse nochmals ansteigt. Häufig sind SUV auch deutlich stärker motorisiert als kleinere Pkw, wodurch der Kraftstoffverbrauch ebenfalls ansteigt.

6 a) geg.: $\Delta t = 3{,}0\ \text{s};\ v_{\text{Anfang}} = 0\ \frac{\text{km}}{\text{h}};\ v_{\text{Ende}} = 100\ \frac{\text{km}}{\text{h}}$

ges.: a

Ansatz: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$

Rechnung: $a = \frac{\frac{100}{3{,}6}\ \frac{\text{m}}{\text{s}}}{3{,}0\ \text{s}} = 9{,}3\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

Antwort: Die Beschleunigung des Gepards liegt mit $9{,}3\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ nur knapp unter der Fallbeschleunigung im freien Fall mit $9{,}81\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$. Lui hat Recht, die Beschleunigungen sind durchaus zu vergleichen.

b) geg.: $a = 9{,}3\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2};\ F = 470\ \text{N}$

ges.: $m;\ F_{\text{G}}$

Ansatz: $F = m \cdot a \quad |:a$

$F_{\text{G}} = m \cdot g$

Rechnung: $m = \frac{470\ \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}}{9{,}3\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 51\ \text{kg}$

$F_{\text{G}} = 51\ \text{kg} \cdot 9{,}81\ \frac{\text{N}}{\text{kg}} = 0{,}50\ \text{kN}$

c) geg.: $v_{\text{Anfang}} = 0\ \frac{\text{m}}{\text{s}};\ v_{\text{Ende}} = 110\ \frac{\text{km}}{\text{h}};\ g = 9{,}81\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

ges.: $\Delta t;\ s$

Ansatz: $g = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad | \cdot \Delta t \quad |:g$

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

Rechnung: $\Delta t = \frac{\Delta v}{g} = \frac{\frac{110}{3{,}6}\ \frac{\text{m}}{\text{s}} - 0\ \frac{\text{m}}{\text{s}}}{9{,}81\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 3{,}11\ \text{s}$

$s = \frac{1}{2} \cdot 9{,}81\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (3{,}11\ \text{s})^2 = 47{,}4\ \text{m}$

1.6 Kinetische Energie

Einstieg

- $E_{pot} \rightarrow E_{kin} + E_i$
- Die kinetische Energie ist abhängig von der Masse und der Geschwindigkeit, dabei gilt: Je größer Masse und Geschwindigkeit sind, desto größer ist auch die kinetische Energie. Allerdings wirkt sich eine zu große Masse stark negativ auf die Flugweite aus, weil der Skispringer dann durch die Gravitation schneller zu Boden gezogen wird.

Aufgaben

1

$E_{pot} = E_{kin}$ in J	0,07	0,15	0,29	0,59
v^2 in $\frac{m^2}{s^2}$	1,0	2,0	4,0	7,8
$m \cdot v^2$ in $kg \cdot \frac{m^2}{s^2}$	0,15	0,30	0,60	1,2
$\frac{E_{kin}}{m \cdot v^2}$ in $\frac{J \cdot s^2}{kg \cdot m^2}$	0,5	0,50	0,48	0,49

Für die Einheiten gilt:

$$\frac{J \cdot s^2}{kg \cdot m^2} = \frac{Nm \cdot s^2}{kg \cdot m^2} = \frac{kg \cdot \left(\frac{m}{s^2}\right) \cdot m \cdot s^2}{kg \cdot m^2} = \frac{kg \cdot m^2}{kg \cdot m^2} = 1$$

$$\overline{\left(\frac{E_{kin}}{m \cdot v^2}\right)} = \frac{0{,}5 + 0{,}50 + 0{,}48 + 0{,}49}{4} = 0{,}5$$

2 maximale Geschwindigkeit von Usain Bolt bei seinem Weltrekordlauf: $v_1 = 44{,}7\ \frac{km}{h}$

Annahmen:

Geschwindigkeit Fahrrad: $v_2 = 30{,}0\ \frac{km}{h}$; Masse des Menschen mit Fahrrad: $m_2 = 70$ kg

geg.: $v_1 = 44{,}7\ \frac{km}{h}$; $v_2 = 30{,}0\ \frac{km}{h}$; $m_1 = 95$ kg; $m_2 = 70$ kg

ges.: $E_{kin,\,1}$ und $E_{kin,\,2}$

Ansatz: $E_{kin} = 0{,}5 \cdot m \cdot v^2$

Rechnung: $E_{kin,\,1} = 0{,}5 \cdot 95\ kg \cdot \left(44{,}7\ \frac{km}{h}\right)^2 = 0{,}5 \cdot 95\ kg \cdot \left(12{,}4\ \frac{m}{s}\right)^2 = 7{,}3$ kJ

$E_{kin,\,2} = 0{,}5 \cdot 100\ kg \cdot \left(30{,}0\ \frac{km}{h}\right)^2 = 0{,}5 \cdot 70\ kg \cdot \left(8{,}33\ \frac{m}{s}\right)^2 = 2{,}4$ kJ

Antwort: Die kinetische Energie von Usain Bolt ist ungefähr dreimal so hoch wie die des fiktiven Radfahrers. Der Grund liegt in der höheren Masse, aber vor allem daran, dass seine Geschwindigkeit höher ist als die unseres Radfahrers. Die Geschwindigkeit trägt quadratisch zur Energie bei.

3 geg.: $E_{kin} = 12$ GJ; $m = 8{,}0\ t = 8{,}0 \cdot 10^3$ kg

ges.: v

Ansatz: $E_{kin} = 0{,}5 \cdot m \cdot v^2 \quad |:(0{,}5 \cdot m) \quad |\sqrt{\ }$

Rechnung: $v = \sqrt{\frac{E_{kin}}{0{,}5 \cdot m}} = \sqrt{\frac{12 \cdot 10^9\ J}{0{,}5 \cdot 8{,}0 \cdot 10^3\ kg}} = 1{,}7 \cdot 10^3\ \frac{m}{s} = 1{,}7\ \frac{km}{s}$

Einstieg

- Im tiefsten Punkt der Bahn ist die Geschwindigkeit der Kugel maximal.
- Es sind unterschiedliche Vermutungen möglich. Letztlich spielt die Masse der Kugel (abgesehen von Überlegungen zur Stabilität der Bahn) keine Rolle. Von Reibungsverlusten abgesehen müsste die Kugel dann durch den Looping gehen, wenn die Starthöhe mindestens der maximalen Höhe im Looping entspricht. In der Praxis (mit Reibung) wird man allerdings eine viel größere Starthöhe wählen müssen.

Aufgaben

1 **a)** $E_{pot} \rightarrow E_{kin}$ $(+\, E_i)$
Beim Schlittenfahren wird potenzielle Energie (Höhenenergie) in kinetische Energie (Bewegungsenergie) umgewandelt. Bezieht man die Gleitreibung zwischen den Kufen des Schlittens und dem Untergrund mit ein, wird ein Teil der Energie in Form von Wärme entwertet.

b) $E_{chem} \rightarrow E_{kin}$ $(+\, E_i)$
Ein Teil der chemischen Energie wird allein dadurch entwertet, dass der Körper dauerhaft lebensnotwendige Funktionen aufrechterhält. Entwertung von Energie findet aber auch auf Grund von Reibung am Fahrrad statt. Entsprechend wird nur eine geringe Menge der chemischen Energie in kinetische Energie umgewandelt.

c) $E_{pot} \rightarrow E_{kin}$ $(+\, E_i)$
Beim Fall durch die Luft besitzt der Körper einen Luftwiderstand. Dieser führt zur Entwertung von potenzieller Energie. Würde der Körper im Vakuum frei fallen, würde die gesamte potenzielle Energie in kinetische Energie umgewandelt werden.

2 **a)** geg.: $h = 44$ m
ges.: v
Ansatz: $E_{pot} = E_{kin}$
$m \cdot g \cdot h = 0{,}5 \cdot m \cdot v^2 \quad |:m$
$g \cdot h = 0{,}5 \cdot v^2 \quad |\cdot 2 \quad |\sqrt{\ }$
Rechnung: $v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} = \sqrt{2 \cdot 9{,}81\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 44\ \text{m}} = 29\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$

b) Gemäß a) würde Emma eine Geschwindigkeit von ungefähr 100 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$ erreichen, was nicht sonderlich realistisch erscheint. Zum einen wird die potenzielle Energie teilweise durch Rollreibung oder den Luftwiderstand entwertet, und vermutlich wird Emma auch ab und zu bremsen, sei es vor einer Kurve oder einfach aus Sicherheitsgründen, damit sie nicht zu schnell wird.

3 **a)** Der Apfel hat wegen seiner Form einen geringeren Luftwiderstand als die Feder. Dieser bewirkt, dass der Apfel während des Falls weniger stark abgebremst wird.

b) Beim freien Fall im Vakuum wird potenzielle in kinetische Energie umgewandelt. Diese Umwandlung ist unabhängig von der Masse der Körper. Des Weiteren wird im luftleeren Raum beim freien Fall keine Energie durch Reibung mit der Luft (Luftwiderstand) entwertet.

c) $E_{pot} = E_{kin}$
$m \cdot g \cdot h = 0{,}5 \cdot m \cdot v^2 \quad |:m$
$g \cdot h = 0{,}5 \cdot v^2$

4 geg.: $h = 5{,}0\ \text{cm};\ m = 80\ \text{g}$

ges.: $v;\ E_{kin}$

Ansatz: $E_{pot} = E_{kin}$

$m \cdot g \cdot h = 0{,}5 \cdot m \cdot v^2 \quad |:m$

$g \cdot h = 0{,}5 \cdot v^2 \quad |\cdot 2 \quad |\sqrt{\ }$

Rechnung: $v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} = \sqrt{2 \cdot 9{,}81\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0{,}050\ \text{m}} = 0{,}99\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$

$E_{kin} = 0{,}5 \cdot m \cdot v^2 = 0{,}5 \cdot 0{,}080\ \text{kg} \cdot \left(0{,}99\ \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 = 0{,}039\ \text{J}$

5 **a)** Wenn der Gummiball nach dem ersten Aufkommen nur noch 80 % der Höhe erreicht, besitzt er in diesem Punkt auch nur noch 80 % der potenziellen Energie. Entsprechend kann nach dem Energieerhaltungssatz auch der Wert der kinetischen Energie des Balls während der Bewegung nach oben maximal 80 % der ursprünglichen Energie besitzen. Da jedoch die kinetische Energie nicht direkt proportional zur Geschwindigkeit des Körpers ist (sondern zu ihrem Quadrat), ist die Behauptung, dass der Ball 80 % der ursprünglichen Geschwindigkeit hat, falsch.

b) geg.: $E_{pot,\,0};\ \eta = 0{,}80$

ges.: ΔE

Ansatz: $\Delta E = E_{pot,\,0} - E_{pot,\,5}$

$E_{pot,\,1} = \eta \cdot E_{pot,\,0}$

$E_{pot,\,2} = \eta \cdot E_{pot,\,1} = \eta \cdot \eta \cdot E_{pot,\,0} = \eta^2 \cdot E_{pot,\,0}$

$\dots$

$E_{pot,\,5} = \eta^5 \cdot E_{pot,\,0}$

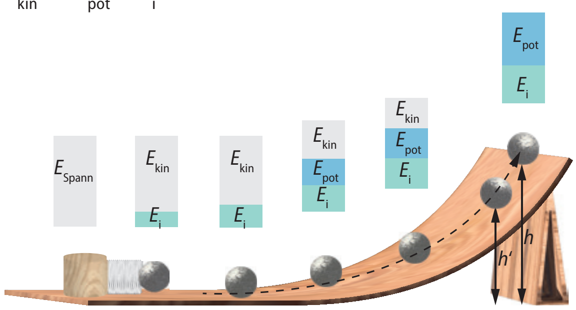
Rechnung: $E_{pot,\,5} = 0{,}80^5 \cdot E_{pot,\,0} = 0{,}33 \cdot E_{pot,\,0}$

$\Delta E = E_{pot,\,0} - 0{,}33 \cdot E_{pot,\,0} = 0{,}67 \cdot E_{pot,\,0}$

Antwort: Beim 5-maligen Fallen werden 67 % der Energie entwertet.

6 **a)** $E_{Spann} \rightarrow E_{kin} + E_i$

$E_{kin} \rightarrow E_{pot} + E_i$



b) Am unteren Ende der Rampe besitzt die Kugel ihre höchste Geschwindigkeit und damit auch die maximale kinetische Energie. Ohne den Einfluss von Reibung würde sie der anfänglichen Spannenergie entsprechen. Mit Reibung wurde ein Teil der Spannenergie entwertet.

Am höchsten Punkt der Rampe befindet sich die Kugel kurzzeitig in Ruhe und besitzt somit keine Geschwindigkeit bzw. keine kinetische Energie. Diese wurde im reibungslosen Fall komplett in potenzielle Energie umgewandelt. Bezieht man die Rollreibung in die Bilanz mit ein, wurde ein Teil der kinetischen Energie entsprechend entwertet.

unteres Ende der Rampe   höchster Punkt der Rampe

c) geg.: $E_{Spann} = 0{,}25\ \text{J};\ m = 20\ \text{g}$

ges.: v

Ansatz: $E_{Spann} = E_{kin}$

$E_{Spann} = E_{kin} = 0{,}5 \cdot m \cdot v^2 \quad | : (0{,}5 \cdot m)$

$v^2 = \frac{E_{Spann}}{0{,}5 \cdot m} \quad | \sqrt{\ }$

Rechnung: $v = \sqrt{\frac{E_{Spann}}{0{,}5 \cdot m}} = \sqrt{\frac{0{,}25\ \text{J}}{0{,}5 \cdot 0{,}020\ \text{kg}}} = 5{,}0\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$

d) geg.: $E_{Spann} = E_{kin} = 0{,}25\ \text{J};\ m = 20\ \text{g}$

ges.: h

Ansatz: $E_{kin} = E_{pot}$

$E_{pot} = m \cdot g \cdot h \quad | : (m \cdot g)$

Rechnung: $h = \frac{E_{pot}}{m \cdot g} = \frac{0{,}25\ \text{J}}{0{,}020\ \text{kg} \cdot 9{,}81\ \frac{\text{N}}{\text{kg}}} = \frac{0{,}25\ \text{Nm}}{0{,}020\ \text{kg} \cdot 9{,}81\ \frac{\text{N}}{\text{kg}}} = 1{,}3\ \text{m}$

e) geg.: $m = 20\ \text{g};\ h' = 80\ \text{cm};\ E_{Spann} = 0{,}25\ \text{J}$

ges.: $E_{pot}';\ E_{kin}'$

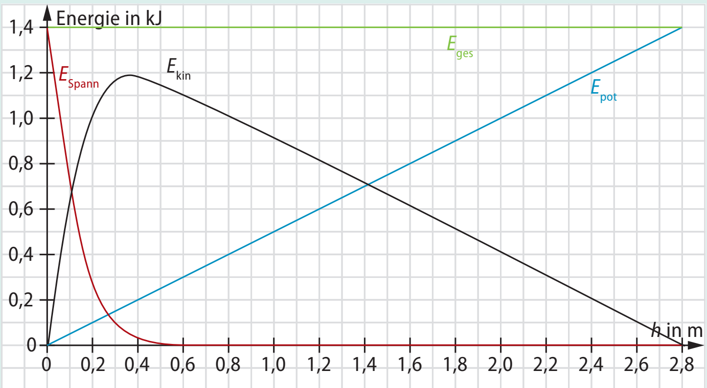
Ansatz: $E_{pot}' = m \cdot g \cdot h';\ E_{kin}' = E_{Spann} - E_{pot}'$

Rechnung: $E_{pot}' = 0{,}020\ \text{kg} \cdot 9{,}81\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0{,}80\ \text{m} = 0{,}16\ \text{J}$

$E_{kin}' = 0{,}25\ \text{J} - 0{,}16\ \text{J} = 0{,}09\ \text{J}$

Alltag

- Um die Höhe Δh zu bestimmen, die zum Ermitteln der potenziellen Energie notwendig ist, muss die Höhendifferenz zwischen dem tiefsten Punkt h_1 und dem Punkt der erreichten Höhe h_2 bestimmt werden: $\Delta h = h_2 - h_1$. Wählt man nun den tiefsten Punkt des Sprungs als Nullpunkt $h_1 = 0$ m, muss diese Differenz nicht gebildet werden. Die erreichte Sprunghöhe entspricht dann der gesuchten Höhe: $\Delta h = h_2$.
  Dies hat zur Folge, dass der Wert der Höhe immer positiv ist. Somit ist aber auch der Wert der Energie immer positiv.
- geg.: $E_{Spann} = 1{,}4$ kJ; $m = 50$ kg
  ges.: h
  Ansatz: $E_{Spann} = E_{pot}$
  $E_{pot} = m \cdot g \cdot h \quad |:(m \cdot g)$
  Rechnung: $h = \frac{E_{pot}}{m \cdot g} = \frac{1{,}4 \cdot 10^3\ \text{J}}{50\ \text{kg} \cdot 9{,}81\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 2{,}9\ \text{m}$
- Aus dem Diagramm ergibt sich, dass die im Trampolin gespeicherte Spannenergie zunächst in kinetische Energie umgewandelt wird. Diese wird sogleich in potenzielle Energie umgewandelt, die Sprunghöhe nimmt zu.



Im reibungsfreien Fall bleibt die Gesamtenergie während des Vorgangs konstant. Es ergibt sich im Diagramm ein zur h-Achse paralleler Graph. Dies folgt, wenn man die Werte der Spannenergie, der kinetischen Energie und der potenziellen Energie in einer bestimmten Höhe addiert, beispielsweise:
für $h = 0$ m: $E_{ges} = E_{Spann} = 1{,}4$ kJ
für $h = 0{,}1$ m: $E_{ges} = E_{Spann} + E_{kin} + E_{pot} = 0{,}7\ \text{kJ} + 0{,}65\ \text{kJ} + 0{,}05\ \text{kJ} = 1{,}4\ \text{kJ}$
für $h = 1{,}4$ m: $E_{ges} = E_{Spann} + E_{kin} + E_{pot} = 0\ \text{kJ} + 0{,}7\ \text{kJ} + 0{,}7\ \text{kJ} = 1{,}4\ \text{kJ}$

Reaktionszeit und Reaktionsweg

- geg.: $t = 1{,}0\ \text{s};\ v = 50\ \frac{\text{km}}{\text{h}}$
  ges.: s
  Ansatz: $v = \frac{s}{t} \quad | \cdot t$
  Rechnung: $s = v \cdot t = 50\ \frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot 1{,}0\ \text{s} = \frac{50}{3{,}6}\ \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 1{,}0\ \text{s} = 14\ \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 1{,}0\ \text{s} = 14\ \text{m}$
- Lösungsmöglichkeit:
  Die Reaktionszeit setzt sich folgendermaßen zusammen:
  1 Zunächst vergeht die Zeit, die ein Mensch braucht, um ein Ereignis (z. B. ein über die Straße laufendes Reh) zu erfassen.
  2 Hinzu kommt die Zeit, die ein Mensch braucht, bis er seinen Fuß auf das Bremspedal setzt und entsprechend Druck aufbaut.
  3 Manchmal wird auch noch die Zeit hinzugerechnet, die das Auto braucht, bis der Druck des Bremspedals in eine effektive Bremswirkung umgesetzt ist (ca. 0,2 s).
  Nimmt man alle drei Phasen zusammen, vergehen ungefähr 1,0 s, man spricht üblicherweise vereinfachend von der Reaktionszeit.
- Lösungsmöglichkeiten:
  – Alter
  – Übermüdung
  – Ablenkung (z. B. Handy am Steuer)
  – Drogeneinfluss
  – Fitness
  – …
- Lösungsmöglichkeit anhand einer Unterscheidung:
  vermeidbare Ablenkungen:
  – heruntergefallene Gegenstände
  – Telefonieren
  – SMS, Nachrichten, E-Mails schreiben
  – Essen
  – Rauchen
  – Körperpflege
  weniger vermeidbare Ablenkungen:
  – Bedienen des Navigationsgeräts oder anderer Bedienelemente (z. B. Klimaanlage, Radio, etc.)
  – Trinken
  – Kinder als Beifahrer
  – Tiere im Fahrzeug
  – Einstellen des Sitzes oder der Spiegel
- geg.: $t = 2{,}0\ \text{s};\ v = 100\ \frac{\text{km}}{\text{h}}$
  ges.: s
  Ansatz: $v = \frac{s}{t} \quad | \cdot t$
  Rechnung: $s = v \cdot t = 100\ \frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot 2{,}0\ \text{s} = \frac{100}{3{,}6}\ \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 2{,}0\ \text{s} = 27{,}8\ \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 2{,}0\ \text{s} = 56\ \text{m}$

- Lösungsmöglichkeit:

Unfallursache	Gegenmaßnahmen
Verkehrstüchtigkeit: Alkohol/ Drogen am Steuer, Übermüdung, etc.	Nur bei klarem Bewusstsein das Auto verwenden
Fehler der Fahrzeugführer: Geschwindigkeit, Abstand, Überholen, Wenden, Abbiegen, Ladung, etc.	Ständige Kontrolle von Geschwindigkeit und Abstand, Spiegel des Fahrzeugs verwenden
Technische Mängel/Wartungsmängel: Beleuchtung, Bereifung, Bremsen, etc.	Regelmäßige Überprüfung des Fahrzeugs durch Experten
Falsches Verhalten der Fußgänger: Falsches Verhalten beim Überschreiten der Fahrbahn, Nichtbenutzen des Gehwegs, etc.	Vorausschauendes Fahren
Allgemeine Unfallursachen: Straßenverhältnisse, Witterungseinflüsse, Hindernisse, etc.	Geschwindigkeit und Abstand an äußere Bedingungen anpassen sowie vorausschauendes Fahren

Bremsweg und Anhalteweg

- Lösungsmöglichkeit:
  - falscher Reifendruck: Reifendruck prüfen und anpassen
  - Straßenverhältnisse (z. B.: winterliche Glätte, Nässe): Richtige Reifenwahl (z. B. Winterreifen, Ketten) und Fahrverhalten entsprechend der Witterungsbedingungen anpassen
  - geringes Reifenprofil: Reifenwechsel
  - veraltete Reifen: Reifenwechsel
- Es gilt: $v_2 = 2 \cdot v_1$

$$s_{\text{Bremsweg}, v_1} = \frac{v_1^2}{100}\,\text{m}$$

$$s_{\text{Bremsweg}, v_2} = \frac{v_2^2}{100}\,\text{m} = \frac{(2 \cdot v_1)^2}{100}\,\text{m} = \frac{4 \cdot v_1^2}{100}\,\text{m} = 4 \cdot \frac{v_1^2}{100}\,\text{m} = 4 \cdot s_{\text{Bremsweg}, v_1}$$

- geg.: $v_1 = 25\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$; $v_2 = 50\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$; $v_3 = 100\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$; $v_4 = 180\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$; $t_{\text{Reaktionszeit}} = 1{,}0\,\text{s}$

  ges.: s_{Bremsweg}; $s_{\text{Anhalteweg}}$

  Ansatz: $v = \frac{s}{t} \quad |\cdot t$

  $s_{\text{Reaktionsweg}} = v \cdot t_{\text{Reaktionszeit}}$

  $s_{\text{Bremsweg}} = \frac{\left(v \text{ in } \frac{\text{km}}{\text{h}}\right)^2}{100}\,\text{m}$

  $s_{\text{Anhalteweg}} = s_{\text{Reaktionsweg}} + s_{\text{Bremsweg}}$

  Rechnung:

Geschwindigkeit	Reaktionsweg	Bremsweg	Anhalteweg
$25\,\frac{\text{km}}{\text{h}} = 6{,}9\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$	$6{,}9\,\frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 1{,}0\,\text{s} = 6{,}9\,\text{m}$	$\frac{25^2}{100}\,\text{m} = 6{,}3\,\text{m}$	13,2 m
$50\,\frac{\text{km}}{\text{h}} = 14\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$	$14\,\frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 1{,}0\,\text{s} = 14\,\text{m}$	$\frac{50^2}{100}\,\text{m} = 25\,\text{m}$	39 m
$100\,\frac{\text{km}}{\text{h}} = 28\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$	$28\,\frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 1{,}0\,\text{s} = 28\,\text{m}$	$\frac{100^2}{100}\,\text{m} = 100\,\text{m}$	128 m
$180\,\frac{\text{km}}{\text{h}} = 50\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$	$50\,\frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 1{,}0\,\text{s} = 50\,\text{m}$	$\frac{180^2}{100}\,\text{m} = 324\,\text{m}$	374 m

Sicherheitsabstand und Verkehrszonen

- Auf Grund des zu geringen Abstands würde im Falle eines sofortigen Abbremsens des vorderen Autos der Weg nicht ausreichen und es würde zu einem Auffahrunfall (mit möglichen schwerwiegenden Folgen) kommen. Zudem ist die Straße augenscheinlich nass, was einen nochmals höheren Sicherheitsabstand erfordert.
- Das vorausfahrende Fahrzeug ist nicht mit einem stehenden Hindernis gleichzusetzen, sondern legt selbst bei einer Vollbremsung noch einen Weg zurück – den Anhalteweg, genau wie das eigene Auto.
- Sowohl auf Autobahnen als auch auf Landstraßen beträgt der Abstand der Straßenbegrenzungspfosten auf gerader Strecke 50 m. Ihr Abstand in der Kurve hängt von der Krümmung der Fahrbahn ab.
  Kurvenradius 20 m: 3 m Abstand
  Kurvenradius 50 m: 5 m Abstand
  Kurvenradius 100 m: 10 m Abstand
  Kurvenradius 300 m: 20 m Abstand
  Kurvenradius 600 m und mehr: 50 m Abstand
- Die verschiedenen Geschwindigkeitsbegrenzungen hängen davon ab, wie der Bereich, durch den die Straße verläuft, aufgebaut ist. So werden 30er-Zonen vor allem dort eingesetzt, wo sich viele Menschen, vor allem junge und alte (z. B.: vor Kindergärten und Schulen, in dicht besiedelten Wohngebieten, vor Altenheimen, etc.), aufhalten und bewegen. In Ortschaften ist aus diesem Grund auch eine maximale Geschwindigkeit von 50 $\frac{km}{h}$ erlaubt. Diese Begrenzungen führen dazu, dass weniger Unfälle passieren. Auf Straßen, auf denen weniger bzw. keine Fußgänger zu erwarten sind, zum Beispiel Landstraßen oder Autobahnen, darf die Geschwindigkeit der Fahrzeuge auch höher sein.
- Geschwindigkeitsbegrenzungen sorgen für gleichmäßigere Fahrgeschwindigkeiten mit weniger Bremsmanövern und Spurwechseln auf viel befahrenen Straßen und helfen so, das Risiko von Staus zu vermindern. Zudem ist bei geringeren Geschwindigkeiten nur ein kleinerer Sicherheitsabstand nötig. Beide Effekte zusammen sorgen dafür, dass das Fassungsvermögen einer Straße steigt.

Sicherheitssysteme

- $E_{kin,\,1} + E_{kin,\,2} \rightarrow E_{kin} + E_i$
-

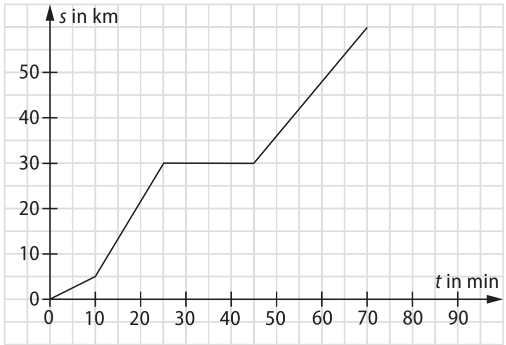
Sicherheitssystem	Zweirädriges Kfz	Fahrrad	Vierrädriges Kfz
Anti-Blockier-System (ABS)	ja	vereinzelt bei E-Bikes	ja
Elektronisches Stabilitätsprogramm (ESP)	ja	nein	ja
Antriebsschlupfregelung (ASR)	ja	nein	ja
Nachtsichtassistent	ja	nein	ja (auch nachrüstbar)
Totwinkelassistent	ja	nein	ja
Knautschzone	nein	nein	ja
…			

Vergleicht man die Sicherheitssysteme von zwei- und vierrädrigen Kraftfahrzeugen, so fällt auf, dass sich diese stark überschneiden. Ein großer Unterschied besteht jedoch in der Knautschzone. Während vierrädrige Fahrzeuge (bis auf Quads) ausreichend Knautschzonen besitzen, gilt dies für zweirädrige Fahrzeuge nicht.
Dabei hilft die Knautschzone vor allem bei Zusammenstößen mit Körpern geringer Masse und beim Aufprall mit geringen Geschwindigkeiten. Sie entwerten Energie durch elastische und plastische Verformung. Jedoch können die Knautschzonen nur eine bedingte Menge an Energie aufnehmen. Ist diese ausgeschöpft, kann die überschüssige (kinetische) Energie zu fatalen Folgen führen.

- Lösungsmöglichkeiten:
  - Sicherheitsgurt
  - Airbag
  - Abstandsregeltempomat
  - Spurhalteassistent
  - Spurwechselassistent
  - Müdigkeitswarnsysteme
  - Automatische Notbremssysteme
  - …

Aufgaben zur Einzelarbeit

1 **a)**



In den ersten 10 Minuten der Fahrt legt der Motorradfahrer mit konstanter Geschwindigkeit einen Weg von 5 km zurück. Danach fährt er schneller und legt dabei in 15 Minuten 25 km zurück. Anschließend pausiert er für 20 Minuten, bevor er den Rückweg (im Zeit-Orts-Diagramm durch die negative Steigung erkennbar) antritt. Dabei legt er 30 km in 25 Minuten zurück.

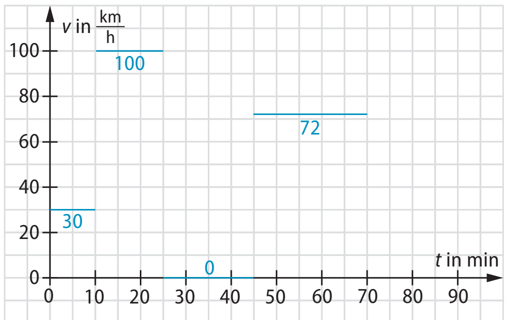
b) geg.: $\Delta t = 15\text{ min}; \Delta s = 25\text{ km}$

ges.: v

Ansatz: $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$

Rechnung: $v = \frac{25\text{ km}}{15\text{ min}} = \frac{25\text{ km}}{0{,}25\text{ h}} = 1{,}0 \cdot 10^2\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$

c)



d) In der Realität ist es nicht möglich, dass sich der Betrag der Geschwindigkeit abrupt, also zu einem bestimmten Zeitpunkt, ändert. Entsprechend müssten die „Ecken" des Graphs eigentlich abgerundet sein. So würde deutlich werden, dass sich die Geschwindigkeit während einer Zeitspanne ändert.

2 **a)** geg.: $s = 10\text{ m}; g = 9{,}81\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

ges.: t

Ansatz: $s = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 \quad \left| \cdot \frac{2}{g} \right. \quad |\sqrt{}$

Rechnung: $t = \sqrt{\frac{2s}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10\text{ m}}{9{,}81\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}}} = 1{,}4\text{ s}$

b) geg.: $t = 1{,}4\text{ s}; g = 9{,}81\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

ges.: v

Ansatz: $v = g \cdot t$

Rechnung: $v = 9{,}81\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 1{,}4\text{ s} = 14\,\frac{\text{m}}{\text{s}} = 50\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$

3 a) geg.: $v = 80\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$; $t_1 = 0{,}80$ s; $a = -6{,}0\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

ges.: $s_{\text{Anhalteweg}}$

Ansatz: $s_{\text{Anhalteweg}} = s_{\text{Reaktionsweg}} + s_{\text{Bremsweg}}$

$v = \frac{s_{\text{Reaktionsweg}}}{t_1} \quad | \cdot t_1$

$v = |a| \cdot t_2 \quad | : |a|$

$s_{\text{Bremsweg}} = \frac{1}{2} \cdot |a| \cdot t_2^{\,2}$

Rechnung: $s_{\text{Reaktionsweg}} = v \cdot t_1 = 80\,\frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot 0{,}80\text{ s}$

$s_{\text{Reaktionsweg}} = 22\,\frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 0{,}80\text{ s} = 18\text{ m}$

$t_2 = \frac{v}{|a|} = \frac{22\,\frac{\text{m}}{\text{s}}}{6{,}0\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 3{,}7\text{ s}$

$s_{\text{Bremsweg}} = \frac{1}{2} \cdot 6{,}0\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (3{,}7\text{ s})^2 = 41\text{ m}$

$s_{\text{Anhalteweg}} = 18\text{ m} + 41\text{ m} = 59\text{ m}$

Antwort: Das Fahrzeug kommt rechtzeitig zum Stillstand.

b)

4 a) geg.: $m = 80$ kg; $s = 40$ cm; $v = 72\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$; $t = 89$ ms

ges.: F

Ansatz: $s = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 \quad | \cdot \frac{2}{t^2}$

$F = m \cdot a$

Rechnung: $a = \frac{2s}{t^2} = \frac{2 \cdot 0{,}40\text{ m}}{(0{,}089\text{ s})^2} = 1{,}0 \cdot 10^2\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

$F = 80\text{ kg} \cdot 1{,}0 \cdot 10^2\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 8{,}0\text{ kN}$

b) Nein, das wäre nicht möglich: Da beim Abstützen während des Abbremsens ein Kraftbetrag von 8,0 kN anstelle von 500 N notwendig wäre, muss der Großteil der Kraft durch einen Sicherheitsgurt „abgefangen“ werden.

5 a) geg.: $F = 180$ kN; $m = 23{,}5$ t

ges.: a

Ansatz: $F = m \cdot a \quad | : m$

Rechnung: $a = \frac{F}{m} = \frac{180 \cdot 10^3\text{ N}}{23{,}5 \cdot 10^3\text{ kg}} = 7{,}66\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

b) geg.: $a = 7{,}66\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$; $v = 234\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$

ges.: s

Ansatz: $v = a \cdot t \quad | : a$

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

Rechnung: $t = \frac{v}{a} = \frac{65{,}0\,\frac{\text{m}}{\text{s}}}{7{,}66\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 8{,}49\text{ s}$

$s = \frac{1}{2} \cdot 7{,}66\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (8{,}49\text{ s})^2 = 276\text{ m}$

c) geg.: $v = 234\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$; $F = 180$ kN; $m = 23{,}5$ t; $s = 276$ m ges.: E_{kin}

Ansatz: $E_{kin} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$

$E_{kin} = F \cdot s$

Rechnung: $E_{kin} = \frac{1}{2} \cdot 23{,}5 \cdot 10^3\ \text{kg} \cdot \left(65{,}0\ \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 = 49{,}6\ \text{MJ}$

$E_{kin} = 180 \cdot 10^3\ \text{N} \cdot 276\ \text{m} = 49{,}7\ \text{MJ}$

6 Die Aussage ist korrekt und wird durch die Grundgleichung der Mechanik, $F = m \cdot a$, unterstützt.

7 **a)** geg.: $h_1 = 2{,}5$ m; $m_1 = 70$ kg; $m_2 = 60$ kg

ges.: h_2

Ansatz: $E_{pot,\,1} = E_{pot,\,2}$

$m_1 \cdot g \cdot h_1 = m_2 \cdot g \cdot h_2 \quad |:g \quad |:m_2$

Rechnung: $h_2 = \frac{m_1 \cdot h_1}{m_2} = \frac{70\ \text{kg} \cdot 2{,}5\ \text{m}}{60\ \text{kg}} = 2{,}9\ \text{m}$

b) Unter der Voraussetzung, dass Schüler 2 („Partner“) und damit seine Masse festgelegt ist: Man könnte einen Schüler 1 mit geringerer Masse wählen oder/und den Schüler 1 aus einer geringeren Höhe springen lassen. Damit würde sich die Schleuderhöhe des Partners verringern.

Aufgaben für Lernpartner

A Das ist falsch. Je höher die Geschwindigkeit eines Körpers ist, desto steiler ist der Graph. Dies liegt daran, dass der Wert des Quotienten aus s und t bei höherer Geschwindigkeit ebenfalls größer ist und gleichzeitig die Steigung des Graphen beschreibt.

B Das ist falsch. Die durchschnittliche Geschwindigkeit beschreibt die Geschwindigkeit eines bewegten Körpers entlang der Strecke im Zeitintervall bzw. in einer Zeitspanne.

C Das ist falsch. Aufgrund der Luft wirkt zusätzlich zur Gewichtskraft eine Kraft, die dazu führt, dass die Bewegung auch ohne Fallschirm keine gleichmäßig beschleunigte Bewegung ist.
Die Fallbeschleunigung in Luft ist nur zu Beginn gleich der Erdbeschleunigung, nachher nimmt sie ab, bis sie nach etwa sieben Sekunden null wird. Je nach Dichte der umgebenden Luft erreicht ein Fallschirmspringer auch ohne geöffneten Schirm nur eine Maximalgeschwindigkeit von ca. 200 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$, weil der Luftwiderstand quadratisch mit der Geschwindigkeit zunimmt.

D Das ist richtig, da die Beschleunigung beim freien Fall dem Ortsfaktor entspricht.

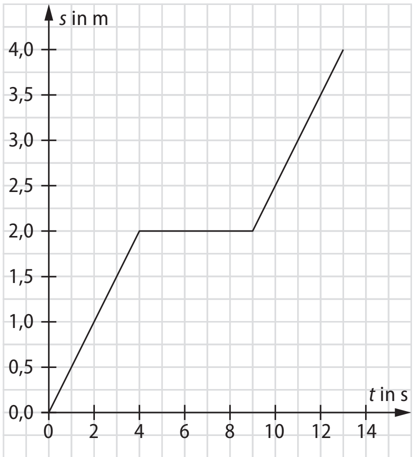
E Das ist richtig. Bei der mathematischen Betrachtung des Energieerhaltungssatzes für den freien Fall kürzt sich die Masse aus den beteiligten Gleichungen raus.

F Das ist falsch. Für diesen Fall gilt: $E_{kin,\,2} = 2 \cdot E_{kin,\,1}$ und mit $E_{kin,\,1} = \frac{1}{2} \cdot m_1 \cdot v_1^{\,2}$ folgt:

$E_{\text{kin, 2}} = 2 \cdot E_{\text{kin, 1}} = 2 \cdot \frac{1}{2} \cdot m_1 \cdot {v_1}^2 = \frac{1}{2} \cdot m_1 \cdot \left(\sqrt{2} \cdot v_1\right)^2$
Daraus folgt: $v_2 = \sqrt{2} \cdot v_1$.
Vertauscht man in der ursprünglichen Aussage die Größen, so würden die Aussagen stimmen: Verdoppelt sich die Geschwindigkeit eines Körpers mit fester Masse, so vervierfacht sich dessen kinetische Energie.

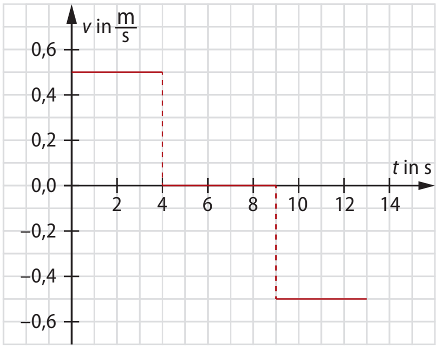
G Das ist falsch. Der Energieerhaltungssatz gilt immer. Im Falle von vorhandener Reibung wird ein Teil der Energie in innere Energie umgewandelt, was jedoch nicht gegen den Energieerhaltungssatz spricht.

1 **a)**



$t \in [0\text{ s}; 4\text{ s}]$: konstante Geschwindigkeit
$t \in [4\text{ s}; 9\text{ s}]$: Körper bleibt stehen / bremst schlagartig auf „Null" ab
$t \in [9\text{ s}; 13\text{ s}]$: konstante Geschwindigkeit wie zur Zeit $t \in [0\text{ s}; 4\text{ s}]$, aber in entgegengesetzter Richtung, also mit negativem Vorzeichen

b)



2 **a)** geg.: $v_1(\Delta t_1 = 15\text{ s}) = 2{,}5\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$; $v_2(\Delta t_2 = 35\text{ s}) = 1{,}0\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$; $v_3(\Delta t_3 = 20\text{ s}) = -1{,}5\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$

ges.: $s(\Delta t_{ges} = 70\text{ s})$; $x(\Delta t_{ges} = 70\text{ s})$

Ansatz: Weg s: $s(\Delta t_{ges}) = v_1 \cdot \Delta t_1 + v_2 \cdot \Delta t_2 + |v_3| \cdot \Delta t_3$;
Entfernung x: $x(\Delta t_{ges}) = v_1 \cdot \Delta t_1 + v_2 \cdot \Delta t_2 + v_3 \cdot \Delta t_3$

Rechnung:

$s(\Delta t_{ges} = 70\text{ s}) = 2{,}5\,\frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 15\text{ s} + 1{,}0\,\frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 35\text{ s} + \left|-1{,}5\,\frac{\text{m}}{\text{s}}\right| \cdot 20\text{ s}$

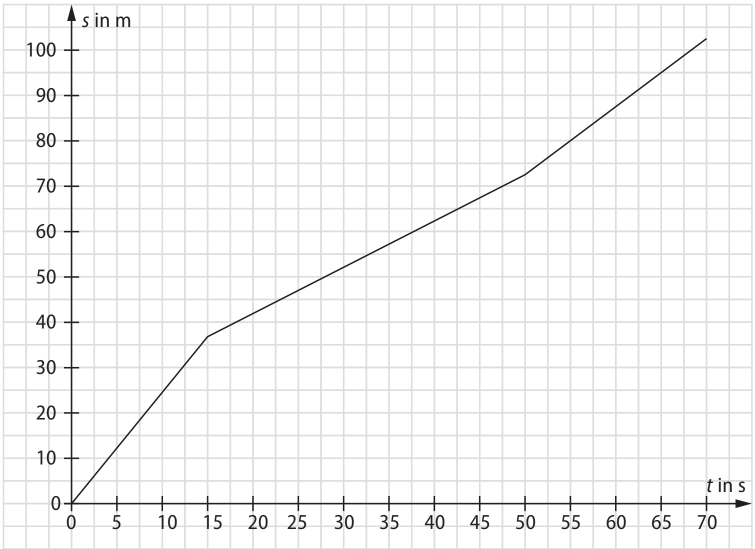
$s(\Delta t_{ges} = 70\text{ s}) = 2{,}5\,\frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 15\text{ s} + 1{,}0\,\frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 35\text{ s} + 1{,}5\,\frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 20\text{ s}$

$s(\Delta t_{ges} = 70\text{ s}) = 0{,}10\text{ km}$

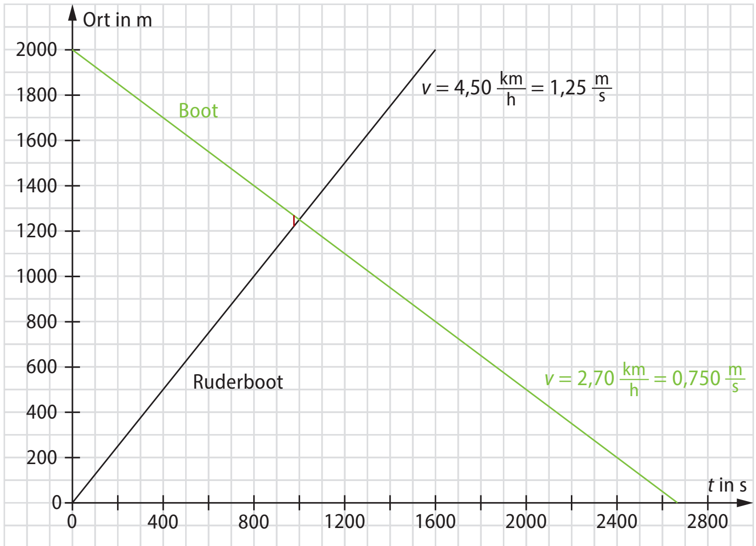
$x(\Delta t_{ges} = 70\text{ s}) = 2{,}5\,\frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 15\text{ s} + 1{,}0\,\frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 35\text{ s} - 1{,}5\,\frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 20\text{ s}$

$x(\Delta t_{ges} = 70\text{ s}) = 43\text{ m}$

b)



3 Grafische Lösung:



Rechnerische Lösung:

geg.: $v_{Ruderboot} = 4{,}50\ \frac{km}{h}$; $s_{Ruderboot}\ (t = 0\ s) = 0\ m$

$s_{Boot}\ (t = 0\ s) = 2000\ m$; $v_{Boot} = 2{,}70\ \frac{km}{h}$; $s_{Boot} - s_{Ruderboot} = 50\ m$

ges.: $t; s$

Ansatz: $s_{Ruderboot}\ (t) = v_{Ruderboot} \cdot t$; $s_{Boot}\ (t) = s_{Boot}\ (t = 0\ s) - v_{Boot} \cdot \mathrm{t}$

Rechnung: $s_{Ruderboot}\ (t) = 4{,}50\ \frac{km}{h} \cdot t = 1{,}25\ \frac{m}{s} \cdot t$

$s_{Boot}\ (t) = 2000\ m - 2{,}70\ \frac{km}{h} \cdot t = 2000\ m - 0{,}750\ \frac{m}{s} \cdot t$

$50\ m = s_{Boot} - s_{Ruderboot} = 2000\ m - 0{,}750\ \frac{m}{s} \cdot t - 1{,}25\ \frac{m}{s} \cdot t$

$= 2000\ m - 2{,}00\ \frac{m}{s} \cdot t$

$50\ m = 2000\ m - 2{,}00\ \frac{m}{s} \cdot t \quad | - 50\ m + 2{,}00\ \frac{m}{s} \cdot t \quad | : 2{,}00\ \frac{m}{s}$

$t = \frac{1950\ m}{2{,}00\ \frac{m}{s}} = 975\ s$

$s_{Ruderboot}\ (t) = 1{,}25\ \frac{m}{s} \cdot 975\ s = 1{,}22\ km$

$s_{Boot}\ (t) = 2000\ m - 0{,}750\ \frac{m}{s} \cdot 975\ s = 1{,}27\ km$

Antwort: Die beiden Boote haben nach 975 s einen Abstand von 50 m.
Das Ruderboot hat bis dahin 1,22 km zurückgelegt, das Boot dagegen nur (2,00 – 1,27) km = 0,73 km.

4 **a)** geg.: $v_{\text{Ende}} = 126\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$; $v_{\text{Anfang}} = 0\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$; $\Delta t = 40\text{ s}$

ges.: a

Ansatz: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_{\text{Ende}} - v_{\text{Anfang}}}{\Delta t}$

Rechnung: $a = \frac{126\,\frac{\text{km}}{\text{h}}}{40\text{ s}} = \frac{35\,\frac{\text{m}}{\text{s}}}{40\text{ s}} = 0{,}88\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

b) geg.: $a = 0{,}88\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$; $t = 85\text{ s}$

ges.: v

Ansatz: $v = a \cdot t$

Rechnung: $v = 0{,}88\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 85\text{ s} = 75\,\frac{\text{m}}{\text{s}} = 27 \cdot 10\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$

c) geg.: $a = -0{,}70\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$; $v_{\text{Anfang}} = 300\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$; $v_{\text{Ende}} = 0\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$

ges.: t

Ansatz: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad | \cdot \Delta t \quad | : a$

Rechnung: $\Delta t = \frac{\Delta v}{a} = \frac{v_{\text{Ende}} - v_{\text{Anfang}}}{a} = \frac{0\,\frac{\text{km}}{\text{h}} - 300\,\frac{\text{km}}{\text{h}}}{-0{,}70\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = \frac{83{,}3\,\frac{\text{m}}{\text{s}}}{0{,}70\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 12 \cdot 10\text{ s} = 2{,}0\text{ min}$

d) Da der Luftwiderstand, dem ein Fahrzeug entgegenwirken muss, mit zunehmender Geschwindigkeit ebenfalls (sogar quadratisch) steigt, wirkt der Beschleunigungskraft des Motors eine immer größer werdende Kraft entgegen. Die effektive Beschleunigung nimmt deshalb mit zunehmender Geschwindigkeit immer weiter ab.

5 **a)** geg.: $g = 9{,}81\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$; $t = 4{,}5\text{ s}$

ges.: s

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

Rechnung: $s = \frac{1}{2} \cdot 9{,}81\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (4{,}5\text{ s})^2 = 99\text{ m}$

Antwort: Der Turm könnte nach dieser einfachen Rechnung zunächst gebaut werden, da die für einen freien Fall von 4,5 s geforderte Turmhöhe von 99 m kleiner ist als die genehmigte Höhe von 100 m.

b) Aufgrund des Luftwiderstands ist die tatsächliche Fallhöhe geringer als die berechnete. Die tatsächliche Turmhöhe muss jedoch deutlich größer sein, da der Bremsweg zur Fallhöhe addiert werden muss. Es ist deshalb anzunehmen, dass der Turm die Maximalhöhe von 100 m überschreitet und deshalb so nicht gebaut werden darf.

6 **a)** geg.: $a = -9{,}0\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$; $v_{\text{Anfang}} = 30\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$; $v_{\text{Ende}} = 0\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$

ges.: Δt; s_{Bremsweg}

Ansatz: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad | \cdot \Delta t \quad | : a$

$s_{\text{Bremsweg}} = \frac{1}{2} |a| \cdot \Delta t^2$

Rechnung: $t_{\text{Bremszeit}} = \Delta t = \frac{\Delta v}{a} = \frac{0\,\frac{\text{km}}{\text{h}} - 30\,\frac{\text{km}}{\text{h}}}{-9{,}0\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = \frac{8{,}3\,\frac{\text{m}}{\text{s}}}{9\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 0{,}92\text{ s}$

$s_{\text{Bremsweg}} = \frac{1}{2} \cdot \left|-9{,}0\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right| \cdot (0{,}92\text{ s})^2 = 3{,}8\text{ m}$

b) geg.: $a = -9{,}0\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$; $v_{\text{Anfang}} = 30\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$

$s_{\text{Bremsweg}} = 3{,}8\text{ m}$; $t_{\text{Reaktionszeit}} = 1{,}0\text{ s}$

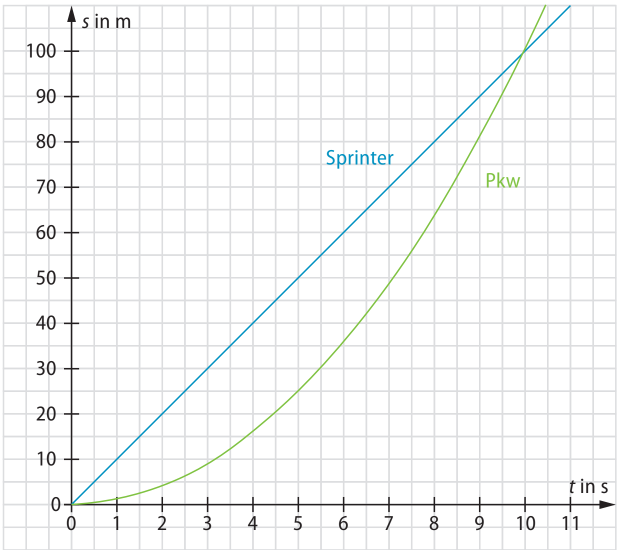
ges.: $s_{\text{Anhalteweg}}$

Ansatz: $s_{\text{Anhalteweg}} = s_{\text{Reaktionsweg}} + s_{\text{Bremsweg}}$; $s_{\text{Reaktionsweg}} = v_{\text{Anfang}} \cdot t_{\text{Reaktionszeit}}$

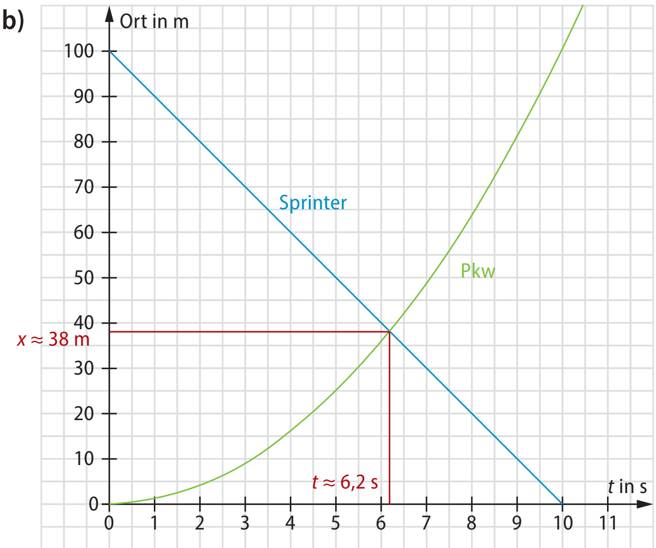
Rechnung: $s_{\text{Reaktionsweg}} = 30\,\frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot 1{,}0\text{ s} = 8{,}3\,\frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 1{,}0\text{ s} = 8{,}3\text{ m}$

$s_{\text{Anhalteweg}} = 8{,}3\text{ m} + 3{,}8\text{ m} = 12{,}1\text{ m}$

7 **a)**



b)



c) **1. Lösungsmöglichkeit:** Der Wert kann grafisch bestimmt und direkt am Zeit-Orts-Diagramm abgelesen werden, da es sich um den Ortswert des Schnittpunktes handelt. Die beiden treffen sich nach ca. 6,2 s bei 38 m Entfernung von der Startlinie des Autos.

2. Lösungsmöglichkeit: Man verwendet den grafisch bestimmten Wert für $t \approx 6{,}2$ s und berechnet damit den Ort.

geg.: $v_{Sprinter} = 10\,\frac{m}{s}$; $x_{Sprinter}\,(t = 0\text{ s}) = 100$ m; $t_{Begegnung} = 6{,}2$ s

ges.: $x_{Begegnung}$

Ansatz: $x_{Begegnung} = x_{Sprinter}\,(t = 0\text{ s}) - v_{Sprinter} \cdot t_{Begegnung}$

Rechnung: $x_{Begegnung} = 100\text{ m} - 10\,\frac{m}{s} \cdot 6{,}2\text{ s} = 38\text{ m}$

3. Lösungsmöglichkeit: rein rechnerische Lösung:

geg.: $v_{\text{Sprinter}} = 10\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$; $a_{\text{Pkw}} = 2{,}0\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$; $x_{\text{ges}} = 100\text{ m}$

ges.: $t_{\text{Begegnung}}$; $x_{\text{Begegnung}}$

Ansatz: $x_{\text{Sprinter}}(t_{\text{Begegnung}}) = -v_{\text{Sprinter}} \cdot t_{\text{Begegnung}} + x_{\text{ges}}$

$x_{\text{Pkw}}(t_{\text{Begegnung}}) = \frac{1}{2} a_{\text{Pkw}} \cdot t_{\text{Begegnung}}{}^2$

$x_{\text{Sprinter}}(t_{\text{Begegnung}}) = x_{\text{Pkw}}(t_{\text{Begegnung}})$

$-v_{\text{Sprinter}} \cdot t_{\text{Begegnung}} + x_{\text{ges}} = \frac{1}{2} a_{\text{Pkw}} \cdot t_{\text{Begegnung}}{}^2$

$\Leftrightarrow \quad \frac{1}{2} a_{\text{Pkw}} \cdot t_{\text{Begegnung}}{}^2 + v_{\text{Sprinter}} \cdot t_{\text{Begegnung}} - x_{\text{ges}} = 0$

$\Leftrightarrow \quad t_{\text{Begegnung}} = \dfrac{-v_{\text{Sprinter}} \pm \sqrt{v_{\text{Sprinter}}{}^2 - 4 \cdot \frac{1}{2} a_{\text{Pkw}} \cdot (-x_{\text{ges}})}}{a_{\text{Pkw}}}$

Rechnung: $t_{\text{Begegnung}} = -10\,\frac{\text{m}}{\text{s}} \pm \dfrac{\sqrt{\left(10\,\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 - 4 \cdot \frac{1}{2} \cdot 2{,}0\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (-100\text{ m})}}{2{,}0\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}}$

$= \dfrac{-10\,\frac{\text{m}}{\text{s}} \pm \sqrt{100\left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 + 400\,\frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}}}{2{,}0\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}}$

$t_{\text{Begegnung},1} = 6{,}2\text{ s}$ ($t_{\text{Begegnung},2} = -16\text{ s}$ ist physikalisch nicht möglich.)

$x_{\text{Begegnung}} = \frac{1}{2} \cdot 2{,}0\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (6{,}2\text{ s})^2 = 38\text{ m}$

d) geg.: $m_{\text{Sprinter}} = 75\text{ kg}$; $v_{\text{Sprinter}} = 10\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$; $m_{\text{Pkw}} = 1{,}5\text{ t}$; $t = 6{,}2\text{ s}$

ges.: $E_{\text{kin, Sprinter}}$; $E_{\text{kin, Pkw}}$

Ansatz: $E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$; $v_{\text{Pkw}} = a_{\text{Pkw}} \cdot t$

Rechnung: $E_{\text{kin, Sprinter}} = \frac{1}{2} \cdot 75\text{ kg} \cdot \left(10\,\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 = 3{,}8\text{ kJ}$

$v_{\text{Pkw}} = 2{,}0\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 6{,}2\text{ s} = 12\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$

$E_{\text{kin, Pkw}} = \frac{1}{2} \cdot 1{,}5 \cdot 10^3\text{ kg} \cdot \left(12\,\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 = 11 \cdot 10\text{ kJ}$

Antwort: Die kinetische Energie des Pkws ist deutlich größer als die des Sprinters, obwohl sich die Geschwindigkeiten nicht sehr stark unterscheiden. Würden die beiden tatsächlich aufeinandertreffen, wäre das für den Sprinter also äußerst gefährlich.

8 **a)** geg.: $m = 2{,}5\text{ t}$; $\Delta t = 4{,}0\text{ s}$; $v_{\text{Anfang}} = 50\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$; $v_{\text{Ende}} = 90\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$

ges.: a; F

Ansatz: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_{\text{Ende}} - v_{\text{Anfang}}}{\Delta t}$; $F = m \cdot a$

Rechnung: $\Delta v = 90\,\frac{\text{km}}{\text{h}} - 50\,\frac{\text{km}}{\text{h}} = 40\,\frac{\text{km}}{\text{h}} = 11\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$

$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{11\,\frac{\text{m}}{\text{s}}}{4{,}0\text{ s}} = 2{,}8\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

$F = m \cdot a = 2{,}5 \cdot 10^3\text{ kg} \cdot 2{,}8\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 7{,}0 \cdot 10^3\,\frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} = 7{,}0\text{ kN}$

b) geg.: $a = 2{,}8\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$; $t = 4{,}0\text{ s}$; $F = 7{,}0\text{ kN}$; $v_{\text{Anfang}} = 50\,\frac{\text{km}}{\text{h}} = 14\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$

ges.: s; W

Ansatz: $s = \frac{1}{2} a \cdot t^2 + v_{\text{Anfang}} \cdot t$; $W = F \cdot s$

Rechnung: $s = \frac{1}{2} \cdot 2{,}8\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (4{,}0\text{ s})^2 + 14\,\frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 4{,}0\text{ s} = 78\text{ m}$

$W = F \cdot s = 7{,}0\text{ kN} \cdot 78\text{ m} = 55 \cdot 10\text{ kNm} = 55 \cdot 10\text{ kJ}$

c) geg.: $W = 55 \cdot 10\ \text{kJ};\ m = 2{,}5\ \text{t};\ v_{\text{Anfang}} = 50\ \frac{\text{km}}{\text{h}};\ v_{\text{Ende}} = 90\ \frac{\text{km}}{\text{h}}$

ges.: ΔE_{kin}

Ansatz: $E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m \cdot v^2;\ \Delta E_{\text{kin}} = E_{\text{kin, 2}} - E_{\text{kin, 1}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_{\text{Ende}}{}^2 - \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_{\text{Anfang}}{}^2$

$= \frac{1}{2} \cdot m \cdot (v_{\text{Ende}}{}^2 - v_{\text{Anfang}}{}^2)$

Rechnung: $\Delta E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} \cdot 2{,}5 \cdot 10^3\ \text{kg} \cdot \left(\left(25\ \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 - \left(14\ \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2\right) = 54 \cdot 10^4\ \text{Nm} = 54 \cdot 10\ \text{kJ}$

Antwort: Die Differenz der kinetischen Energien entspricht annähernd der Bremsarbeit, denn aufgrund der Energieerhaltung bleibt die Gesamtenergie beim Bremsvorgang gleich und die Differenz der kinetischen Energien wird in Beschleunigungsarbeit umgewandelt.

d) geg.: $W = 55 \cdot 10\ \text{kJ};\ v_{\text{Anfang}} = 0\ \frac{\text{km}}{\text{h}}$

ges.: v_{Ende}

Ansatz: $W = \Delta E_{\text{kin}} = E_{\text{kin, Ende}} - E_{\text{kin, Anfang}} = E_{\text{kin, Ende}} - 0 = E_{\text{kin, Ende}}$

$W = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_{\text{Ende}}{}^2 \quad | \cdot 2 \quad | : m \quad | \sqrt{\ }$

$v_{\text{Ende}} = \sqrt{\frac{2 \cdot W}{m}}$

Rechnung: $v_{\text{Ende}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 55 \cdot 10\ \text{kJ}}{2{,}5 \cdot 10^3\ \text{kg}}} = 21\ \frac{\text{m}}{\text{s}} = 76\ \frac{\text{km}}{\text{h}}$

alternative Lösung:

geg.: $W = 55 \cdot 10\ \text{kJ};\ v_{\text{Anfang}} = 0\ \frac{\text{km}}{\text{h}}$

ges.: $a;\ v_{\text{Ende}}$

Ansatz: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t};\ W = F \cdot s$

mit $F = m \cdot a$ folgt: $W = m \cdot a \cdot s$

mit $s = \frac{1}{2} a \cdot t^2$ folgt: $W = m \cdot a \cdot \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 = \frac{1}{2} \cdot m \cdot t^2 \cdot a^2$

Auflösen nach a ergibt: $a = \sqrt{\frac{2 \cdot W}{\frac{m}{t^2}}} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_{\text{Ende}}}{t} \Rightarrow v_{\text{Ende}} = \sqrt{\frac{2 \cdot W}{m}}$

Rechnung: $\Delta v = v_{\text{Ende}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 55 \cdot 10\ \text{kJ}}{2{,}5 \cdot 10^3\ \text{kg}}} = 21\ \frac{\text{m}}{\text{s}} = 76\ \frac{\text{km}}{\text{h}}$