

1.2. Aufgaben zur Kinematik

Aufgabe 1: Geschwindigkeit

- Wie viel m/s sind 100 km/h? Wie viel km/h sind 10 m/s?
- Ein Echolot bestimmt die Meerestiefe durch einen kurzen Ton, dessen Echo nach $\Delta t = 1,4 \text{ s}$ wieder an der Meeresoberfläche ankommt. Wie tief ist das Meer, wenn die Schallgeschwindigkeit $c = 1475 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ beträgt?
- Die amerikanische Raumsonde pioneer 11 passierte im Dezember 1974 den Jupiter mit einer Geschwindigkeit von 171 000 km/h. Welche Zeit Δt benötigte die Sonde für eine Strecke von der Länge des Jupiterdurchmesser $d = 142 \text{ 000 km}$?
- Wie lange benötigt das Licht bei einer Geschwindigkeit von $c \approx 300 \text{ 000 km/s}$ von der 150 Mio km entfernten Sonne zu uns?
- Ein 300 m langer Zug überquert mit 72 km/h eine 200 m lange Brücke. Wie lange dauert es, bis der **gesamte** Zug die Brücke passiert hat? Formuliere die umgangssprachlich vage gestellte Frage zunächst **exakt** und berechne dann das Ergebnis?

Aufgabe 2: geradlinig gleichförmige Bewegung

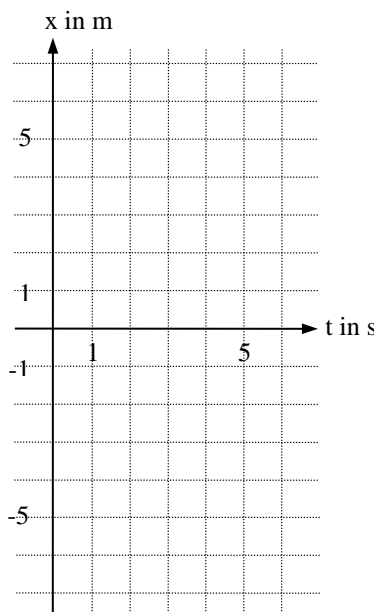
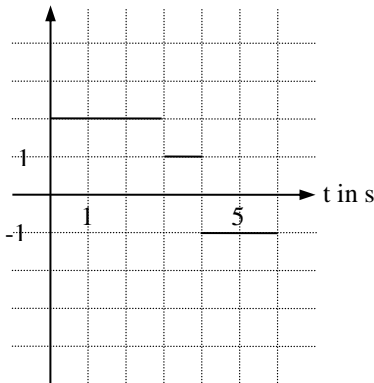
Zeichne jeweils das x-t-Diagramm und das v-t-Diagramm für die folgenden Bewegungen:

- A bewegt sich vom Ursprung aus mit konstanter Geschwindigkeit in 3 Sekunden 5 m weit in positive x-Richtung, geht dann innerhalb von 2 Sekunden um 7 m zurück und schließlich in einer Sekunde wieder zurück zum Ursprung.
- B bewegt sich 3 Sekunden lang mit 2 m/s rückwärts in negative x-Richtung, dann eine Sekunde lang mit 3 m/s vorwärts und schließlich 2 Sekunden lang mit 1 m/s weiter vorwärts.
- C benötigt 3 Sekunden, um vom Ursprung aus 3 m nach vorne zu gehen, bewegt sich dann mit 2 m/s für 2 Sekunden nach hinten und geht schließlich in einer Sekunde wieder 1 m nach vorne.

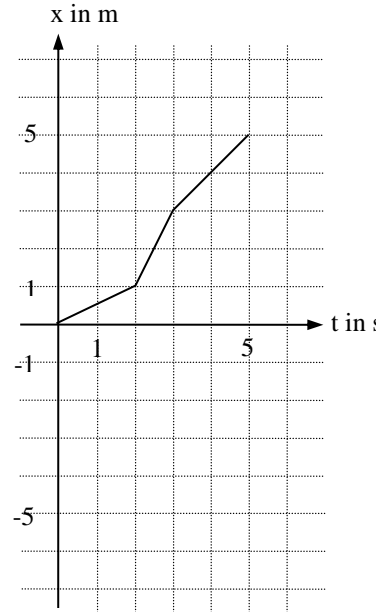
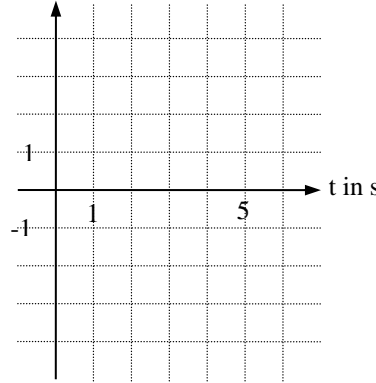
Aufgabe 3: geradlinig gleichförmige Bewegung

Zeichne jeweils das fehlende Diagramm:

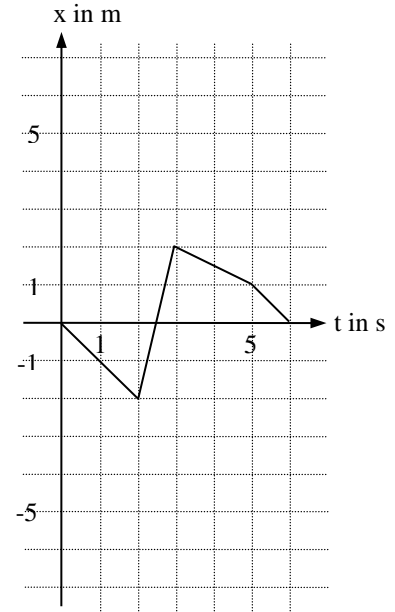
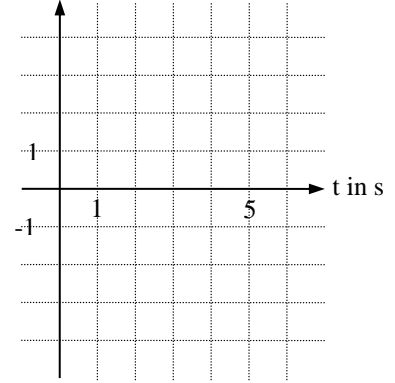
a) v in m/s



b) v in m/s



c) v in m/s



Aufgabe 4: Geradlinig-gleichförmige Bewegung

- a) Zum Zeitpunkt $t = 0$ startet Bauer A mit 54 km/h von A-Dorf aus in Richtung auf das 5 km entfernte B-Dorf, von dem aus zum gleichen Zeitpunkt Bauer B mit 36 km/h in Richtung A-Dorf los fährt. Zeichne beide Bewegungen in ein gemeinsames Ort-Zeit-Diagramm, formuliere die Ort-Zeit-Gleichungen und bestimme rechnerisch den Zeitpunkt und den Ort, an dem sich A und B treffen.
- b) Franz fährt zum Zeitpunkt $t = 0$ mit 18 km/h in Richtung Freibad; Theo folgt ihm eine Minute später mit 27 km/h. Zeichne beide Bewegungen in ein gemeinsames Ort-Zeit-Diagramm, formuliere die Ort-Zeit-Gleichungen und bestimme rechnerisch die Zeit und den Ort, an dem Franz von Theo eingeholt wird.

Aufgabe 5: Mittlere und momentane Geschwindigkeit

Bestimme graphisch

a) die mittleren Geschwindigkeiten

$\overline{v}_{[0;1]} = \overline{v}_{[1;3]} =$

$\overline{v}_{[3;6]} = \overline{v}_{[8;9]} =$

$\overline{v}_{[10;12]} = \overline{v}_{[14;16]} =$

$\overline{v}_{[15;17]} = \overline{v}_{[16;18]} =$

b) die momentanen Geschwindigkeiten

$v(0) = v(1) =$

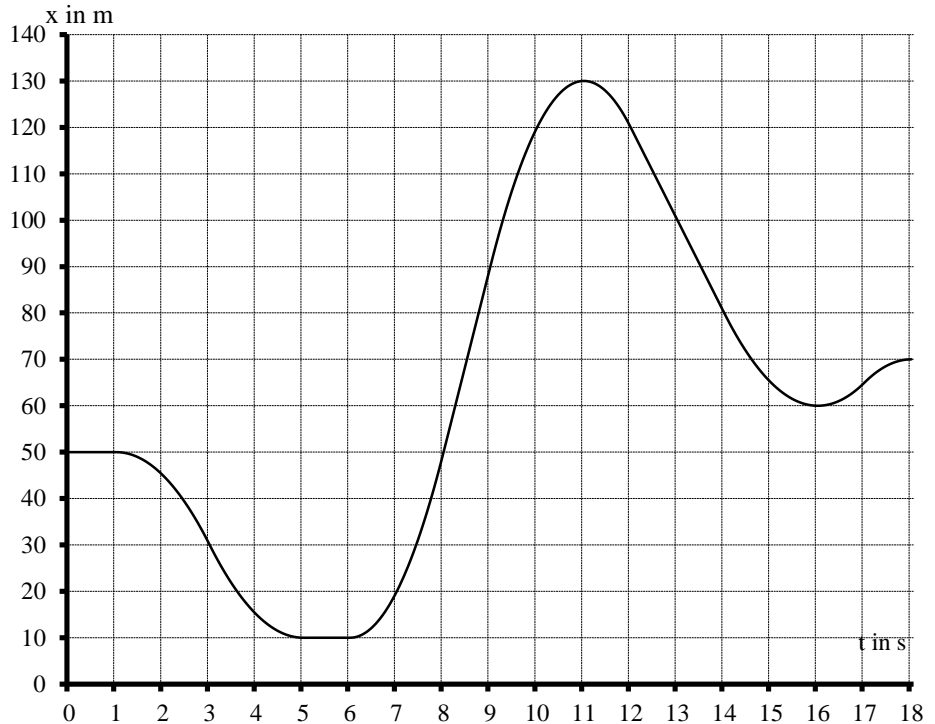
$v(2) = v(3) =$

$v(4) = v(5) =$

$v(9) = v(19) =$

$v(11) = v(12) =$

$v(14) = v(16) =$



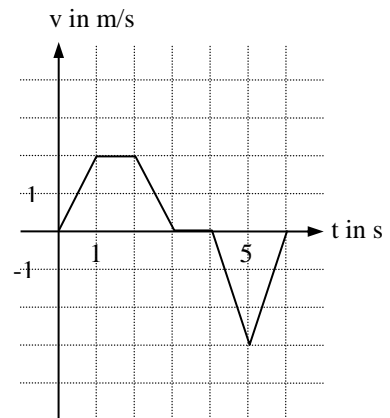
Aufgabe 6: Gleichmäßig beschleunigte Bewegung im v-t-Diagramm

- a) Ein 400 m langer ICE beschleunigt mit 1 m/s^2 aus dem Stand. Wie schnell ist das Zugende, wenn es den Bahnhof verlässt? Wie lange benötigt der Zug, bis er 252 km/h erreicht hat? Welche Strecke hat er bis dahin zurückgelegt?
- b) Ein Motorrad beschleunigt aus dem Stand auf einer Strecke von 100 m mit 4 m/s^2 . Welche Geschwindigkeit erreicht das Motorrad und wie lange dauert der Beschleunigungsvorgang? Zeichne ein v-t-Diagramm.
- c) Ein Fahrzeug beschleunigt aus dem Stand 5 Sekunden lang mit $a = 2 \text{ m/s}^2$ und fährt dann weitere 3 Sekunden mit konstanter Geschwindigkeit weiter. Welche Strecke hat es zurückgelegt? Zeichne ein v-t-Diagramm.
- d) In welcher Entfernung vor dem Bahnhof muss ein 72 km/h schneller Triebwagen mit der Bremsung beginnen, wenn die Bremsen eine Verzögerung von -1 m/s^2 bewirken? Wie lange dauert der Bremsvorgang? Zeichne ein v-t-Diagramm.

Aufgabe 7: Geschwindigkeits-Zeit-Diagramme zusammengesetzter Bewegungen

Vervollständige die Tabelle:

Abschnitt	Bewegungsart	Beschleunigung bzw. Geschwindigkeit
[0 s; 1 s]		
[1 s; 2 s]		
[2 s; 3 s]		
[3 s; 4 s]		
[4 s; 5 s]		
[5 s; 6 s]		



Aufgabe 8: Gleichmäßig beschleunigte Bewegung im x-t-Diagramm

- Bestimme die Treffzeit t der beiden Objekte durch **Gleichsetzen** der **zwei** Ort-Zeit-Gleichungen $x(t) = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + x_0$
- Berechne dann Ort und Geschwindigkeit durch **Einsetzen** der errechneten Zeit t in **eine** der Ort-Zeit-Gleichungen $x(t) = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + x_0$ und **eine** der Geschwindigkeits-Zeit-Gleichungen $v(t) = at + v_0$.
 - 100 m vor dem Ortsschild tritt ein 72 km/h schneller Autofahrer auf die Bremse und verzögert mit $-0,5 \text{ m/s}^2$. Wann und mit welcher Geschwindigkeit passiert er das Ortsschild?
 - Ein Auto beschleunigt mit 1 m/s^2 aus dem Stand. Wann und wie schnell passiert es ein 200 m vor ihm geparktes Fahrzeug?
 - Ein 54 km/h schnelles Auto bremst mit -1 m/s^2 . Wann und wie schnell passiert es ein 100 m vor ihm geparktes Fahrzeug?
 - Ein 18 km/h schnelles Auto beschleunigt mit $0,5 \text{ m/s}^2$. Wann und wie schnell passiert es ein 200 m weiter geparktes Fahrzeug?
 - Ein 72 km/h schnelles Auto verzögert mit -2 m/s^2 . Wann und wie schnell passiert es ein 75 m vor ihm geparktes Fahrzeug?
 - Ein 36 km/h schnelles Auto beschleunigt mit $0,5 \text{ m/s}^2$. Wann und wie schnell passiert es ein 300 m vor ihm geparktes Fahrzeug?
 - Ein 99,6 km/h schneller Autofahrer tritt zum Überholen aufs Gaspedal und beschleunigt mit $0,8 \text{ m/s}^2$, um ein 24 m vor ihm fahrendes, 108 km/h schnelles Fahrzeug einzuholen. Wie lange benötigt er, welche Geschwindigkeit erreicht er und welche Strecke hat er bis dahin zurückgelegt?
 - Ein 18 km/h schnelles Auto beschleunigt mit $1,5 \text{ m/s}^2$. Wann und mit welcher Geschwindigkeit passiert es ein 96 m vor ihm fahrendes, 72 km/h schnelles Fahrzeug? Welche Strecke hat er bis dahin zurückgelegt?
 - Ein 108 km/h schnelles Auto beschleunigt mit $0,2 \text{ m/s}^2$. Wann und mit welcher Geschwindigkeit passiert es ein 20,4 m vor ihm fahrendes, 144 km/h schnelles Fahrzeug? Welche Strecke hat er bis dahin zurückgelegt?
 - Ein 54 km/h schnelles Auto verzögert mit -1 m/s^2 . Zu welchen zwei Zeitpunkten, an welchen Orten und mit welchen Geschwindigkeiten passiert es ein 32 m vor ihm fahrendes, 18 km/h schnelles Fahrzeug?

Aufgabe 9: Bremsvorgang

Formuliere jeweils die Gleichungen für $x(t)$ sowie $v(t)$ und zeichne die entsprechenden Diagramme.

- 150 m vor dem unbeschränkten Bahnübergang sieht der Führer des 72 km/h schnellen Triebwagens den Kinderwagen auf den Gleisen und leitet nach einer **Reaktionszeit von 0,6 s** die Notbremsung mit $-1,6 \text{ m/s}^2$ ein. Schafft er es?
- Felix fährt mit 54 km/h durch den dunklen Wald, als er plötzlich in 100 m Entfernung das Reh im Scheinwerferkegel bemerkt. Nach einer **Schrecksekunde** tritt er auf die Bremse und verzögert mit $-1,8 \text{ m/s}^2$. Schafft er es? Zeichne das v-t-Diagramm.
- Anna fährt mit 36 km/h den Feldweg entlang, als sie plötzlich in 30 m Entfernung den Igel im Scheinwerferkegel bemerkt. Nach einer **Reaktionszeit von 0,8 s** verzögert sie mit $-2,5 \text{ m/s}^2$. Überlebt der Igel? Zeichne das v-t-Diagramm

Aufgabe 10: Freier Fall auf der Erde

- Wie lange dauert ein Sprung vom Zehnmeterurm? Wie schnell taucht man ins Wasser ein?
- Bei einem Wasserfall im Gebirge beobachtete man eine Fallzeit von 2,2 Sekunden. Wie hoch ist der Wasserfall?
- Von einem 320 m hohen Fernsehturm fällt eine Schraube herunter. Wie lange fällt die Schraube und wie schnell kommt sie auf dem Erdboden an?

Aufgabe 11: Freier Fall auf dem Mond

Auf dem Mond beträgt die Fallbeschleunigung bloß $g = 1,62 \text{ m/s}^2$.

- Aus dem Raumschiff löst sich eine Schraube und fällt 2,5 Sekunden lang bis zum Boden. In welcher Höhe war die Schraube angebracht?
- Welche Geschwindigkeit hat die Schraube beim Aufprall?
- Dem Astronauten fällt ein Schraubenschlüssel aus der Hand, die sich 81 cm über dem Boden befindet. Wie lange fällt der Schraubenschlüssel?

Aufgabe 12: Senkrechter Wurf auf der Erde

- Wie hoch und wie lange fliegt ein Stein, der mit 20 m/s senkrecht nach oben geworfen wurde?
- Mit welcher Geschwindigkeit wurde ein Lavabrocken ausgestoßen, der eine Höhe von 2 km über dem Vesuv erreichte? Zeichne ein v_y -t-Diagramm und ein y-t-Diagramm.
- Ein Ball befindet sich nach dem senkrechten Abwurf 6 Sekunden lang in der Luft. Wie schnell wurde er abgeworfen und welche Höhe hat er erreicht?
- Ein aus 21 m Höhe senkrecht nach oben geworfener Stein schlägt nach 7 Sekunden auf dem Erdboden auf. Wie schnell wurde er abgeworfen und welche Höhe hat er erreicht? Zeichne ein v_y -t-Diagramm und ein y-t-Diagramm.

Aufgabe 13: Senkrechter Wurf auf dem Mond

Mit welcher Anfangsgeschwindigkeit muss ein Stein auf dem Mond ($g = 1,62 \text{ m/s}^2$) nach oben geworfen werden, damit er eine Höhe von 600 m erreicht und wie lange ist der Stein unterwegs?

Aufgabe 14: Waagrechter Wurf

- Von einem 40 m hohen Turm wird ein Tennisball mit 20 m/s in horizontaler Richtung abgeworfen. In welcher Entfernung und mit welcher Geschwindigkeit trifft er auf dem Boden auf? Zeichne die v_x -t-, v_y -t-, x-t-, y-t- und y-x-Diagramme.
- Anton springt mit vollem Tempo von 10 m/s vom Fünfmeterurm. Trifft er das 8 m lange Sprungbecken noch?
- Im Winter 1981/82 warf ein horizontal mit 720 km/h fliegendes Flugzeug aus einer Höhe von 125 m eine Sprengladung in die gefrorene Weichsel, um das Eis aufzubrechen. Wie viel m vor dem Ziel muss die Sprengladung ausgeklinkt werden?

Aufgabe 15: Speed

Das Video <https://youtu.be/dKJa-KONjQU> zeigt eine Szene aus dem Film Speed. Der Bus springt auf einem waagerechten Abschnitt einer Autobahnbrücke über ein fehlendes Segment mit der Länge von 15 m. Die Geschwindigkeit des Busses beträgt beim Absprung etwa 67,11 mph. Eine Meile entspricht 1,61 km.

- Fertige eine Skizze an und erläutere an ihr, ob der Sprung möglich ist oder nicht.
- Berechne, wie viel tiefer die gegenüberliegende Kante liegen müsste, damit der Bus die Fahrbahn erreicht.
- Berechne die Geschwindigkeit, mit der der Bus auf der anderen Seite auf die Fahrbahn trifft.
- Berechne die Beschleunigung beim Einschlag auf die Fahrbahnkante, wenn der Bus nach 1 m zum Stillstand kommt.

Aufgabe 16: James Bond

In dem Video <https://youtu.be/JGbjNE2QUVM> springt James Bond mit dem Motorrad auf das abfahrende Boot.

- Berechne, wie schnell er fahren muss, um das 4 m entfernte und 1,25 m unterhalb des Absprungpunktes liegende Boot zu erreichen.
- Berechne die Geschwindigkeit erneut unter der Annahme, dass sich das Boot mit einer Geschwindigkeit von 18 km/h vom Anleger entfernt.

Aufgabe 17: Schiefer Wurf

Berechne jeweils Wurfweite, Wurfhöhe sowie Wurfedauer und zeichne die v_x -t-, v_y -t-, x-t-, y-t- und y-x-Diagramme:

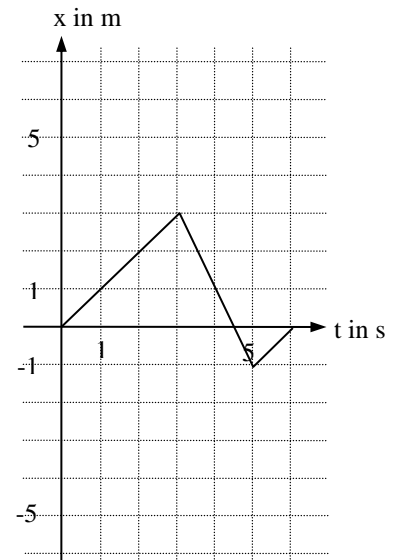
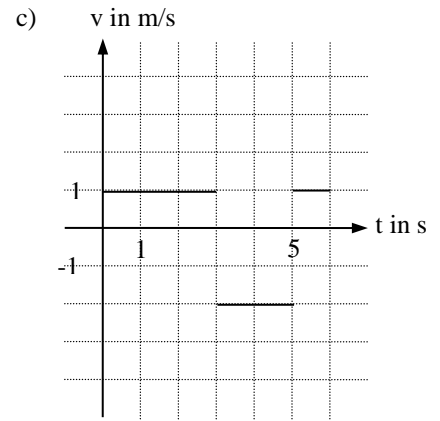
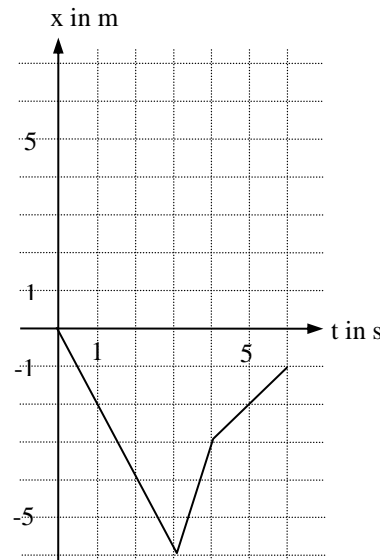
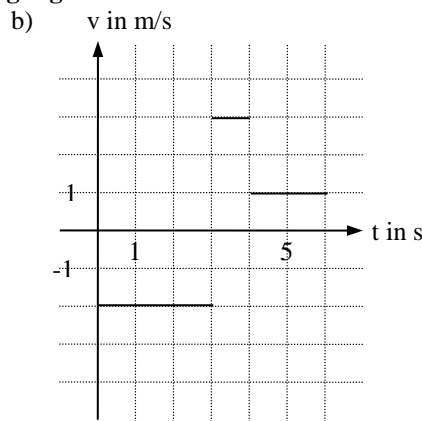
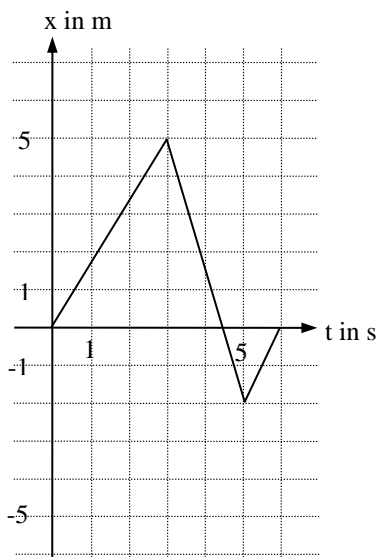
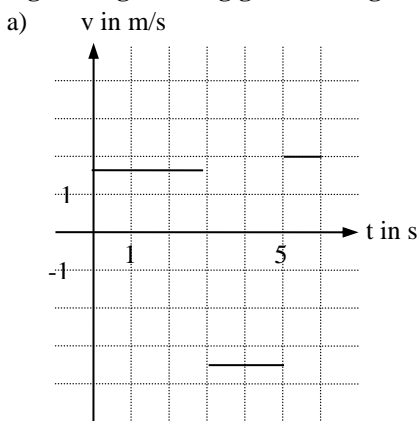
- Wurf eines Tennisballs im Winkel von 60° zur Horizontalen mit einer Abwurfgeschwindigkeit von 20 m/s
- Beim Einschlag eines Meteoriten werden Gesteinsbrocken mit 1000 m/s im Winkel von 45° ausgeschleudert.
- Abschuss einer Luftpistole mit einer Mündungsgeschwindigkeit von 80 m/s im Winkel von 10° zur Horizontalen

1.2. Lösungen zu den Aufgaben zur Kinematik

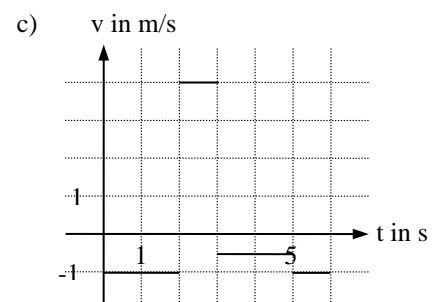
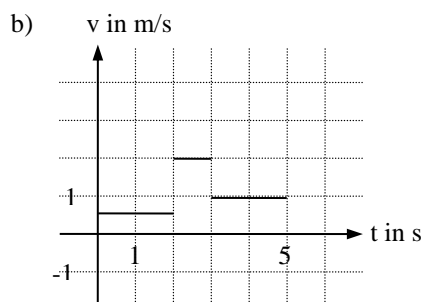
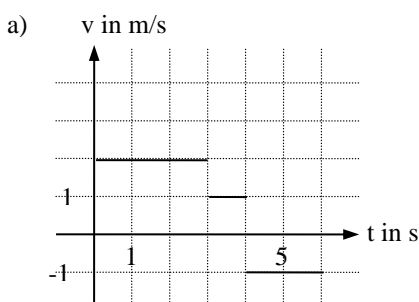
Aufgabe 1: Geschwindigkeit

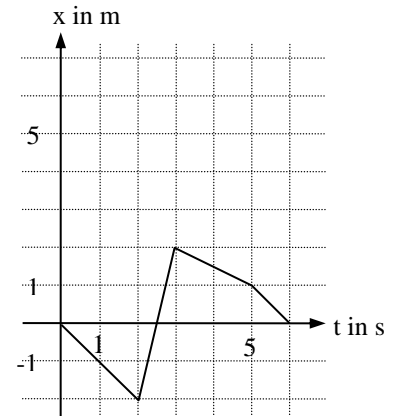
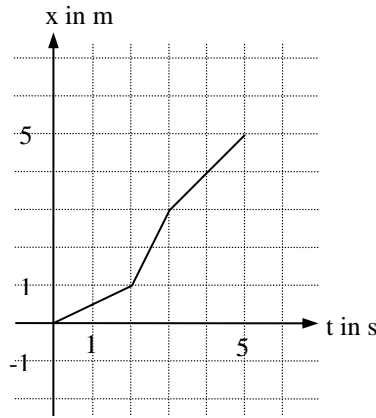
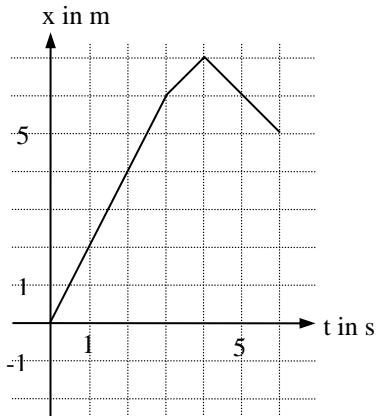
- a) $100 \text{ km/h} = 27,8 \text{ m/s}$ und $10 \text{ m/s} = 36 \text{ km/h}$
- b) Für die einfache Strecke Δs zum Meeresboden benötigt der Schall $\Delta t = 0,7 \text{ s}$. Das Meer ist also $\Delta s = c \cdot \Delta t = 1475 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 0,7 \text{ s} = 1032,5 \text{ m}$ tief.
- c) Sie benötigt $\Delta t = \frac{\Delta s}{v} = \frac{142\,000\,000 \text{ m}}{47\,500 \text{ m/s}} \approx 2989,5 \text{ s} \approx 49 \text{ min } 49,5 \text{ s}$ für die Strecke.
- d) Es benötigt $\Delta t = \frac{\Delta s}{c} = \frac{150\,000\,000\,000 \text{ m}}{300\,000\,000 \text{ m/s}} = 500 \text{ s} \approx 8 \text{ min } 20 \text{ s}$ für die Strecke.
- e) Gefragt ist nach der Zeitspanne Δt zwischen dem Befahren der Brücke durch die Lok und dem Verlassen der Brücke durch den letzten Wagen. Dann ist die Lok aber schon $300 \text{ m} + 200 \text{ m}$ gefahren und es folgt $\Delta t = \frac{\Delta s}{v} = \frac{500 \text{ m}}{20 \text{ m/s}} = 25 \text{ s}$.

Aufgabe 2: geradlinig gleichförmige Bewegung



Aufgabe 3: Geradlinig gleichförmige Bewegung





Aufgabe 4: Geradlinig-gleichförmige Bewegung

Alles in SI!

a) Die Ort-Zeit-Gleichungen sind

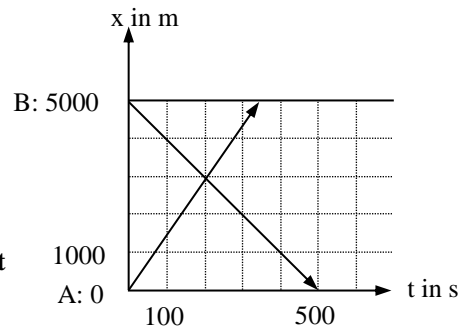
$$x_A(t) = 15 \cdot t \text{ und } x_B(t) = -10 \cdot t + 5000.$$

Gleichsetzen ergibt $x_A(t) = x_B(t) \Leftrightarrow 15t = -10t + 5000$

\Rightarrow **Treffzeit $t = 200 \text{ s} = 3 \text{ Minuten und } 20 \text{ Sekunden}$.**

Durch **Einsetzen** erhält man den

Treffpunkt $x_A(200) = x_B(200) = 3000 \text{ m} = 3 \text{ km}$ von A entfernt bzw. 2 km von B entfernt.



b) Die Ort-Zeit-Gleichungen sind

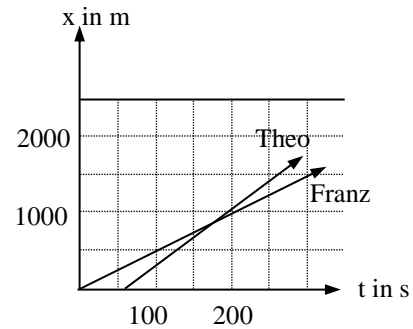
$$x_F(t) = 5 \cdot t \text{ und } x_T(t) = 7,5 \cdot (t - 60) = 7,5 \cdot t - 450.$$

Gleichsetzen ergibt $x_F(t) = x_T(t) \Leftrightarrow 5t = 7,5t - 450$

\Rightarrow **Treffzeit $t = 180 \text{ s} = 3 \text{ Minuten}$.**

Durch **Einsetzen** erhält man den

Treffpunkt $x_F(180) = x_T(180) = 900 \text{ m}$.



Aufgabe 5: Mittlere und momentane Geschwindigkeit

a)

$$\overline{v}_{[0;1]} = 0 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \overline{v}_{[1;3]} = -10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\overline{v}_{[3;6]} = -\frac{20}{3} \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \overline{v}_{[8;9]} = 30 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\overline{v}_{[10;12]} = 0 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \overline{v}_{[14;16]} = -10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\overline{v}_{[15;17]} = 0 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \overline{v}_{[16;18]} = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

b)

$$v(0) = 0 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad v(1) = 0 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

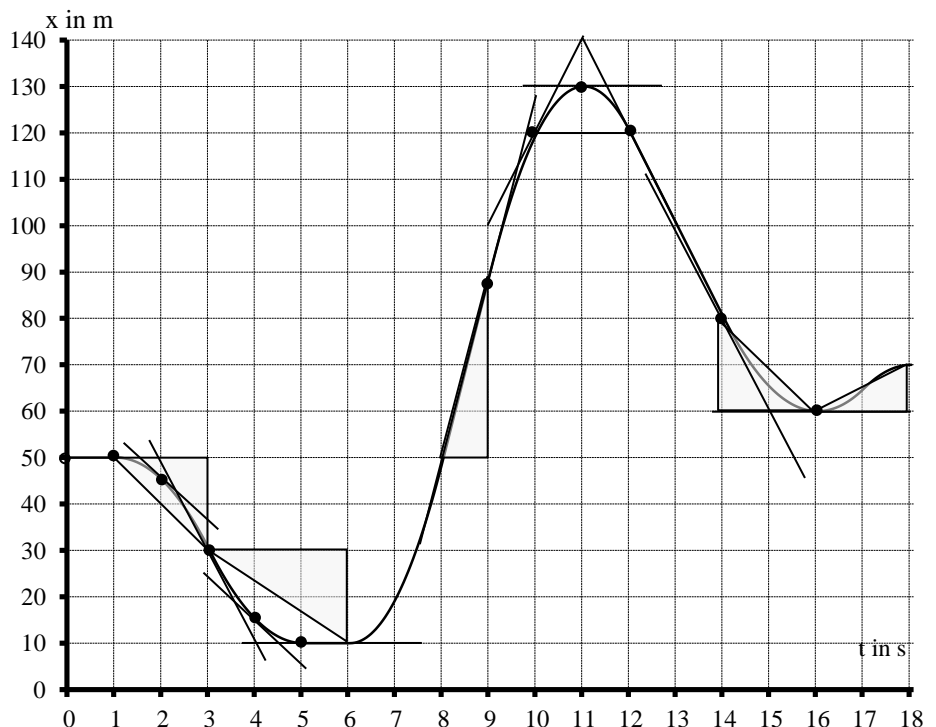
$$v(2) = -10 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad v(3) = -20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$v(4) = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad v(5) = 0 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$v(9) = 40 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad v(10) = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$v(11) = 0 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad v(12) = -20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$v(14) = -20 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad v(16) = 0 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$



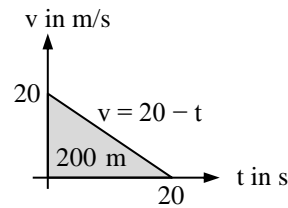
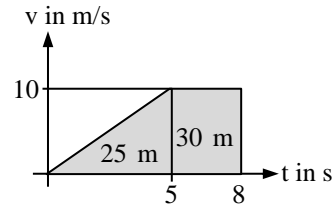
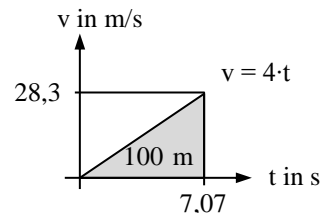
Aufgabe 6: Gleichmäßig beschleunigte Bewegung (Alles in SI)

a) Aus $x_0 = \frac{1}{2}at_0^2 \Leftrightarrow 400 = \frac{1}{2}t_0^2$ folgt $t_0 = \sqrt{800} \approx 28,3$ s und die Geschwindigkeit $v_0 = a \cdot t_0 \approx 28,3$ m/s = 101,8 km/h. Aus $v_1 = a \cdot t_1 \Leftrightarrow 70 = 1 \cdot t_1$ folgt die Beschleunigungszeit $t_1 = \frac{v_1}{a} = 70$ s und der Weg $x_1 = \frac{1}{2}at_1^2 = 2450$ m.

b) Aus $x = \frac{1}{2}at^2$ folgt die Beschleunigungsdauer $t = \sqrt{\frac{2s}{a}} = \sqrt{50}$ s $\approx 7,07$ s und die erreichte Geschwindigkeit $v = a \cdot t \approx 28,3$ m/s = 101,8 km/h

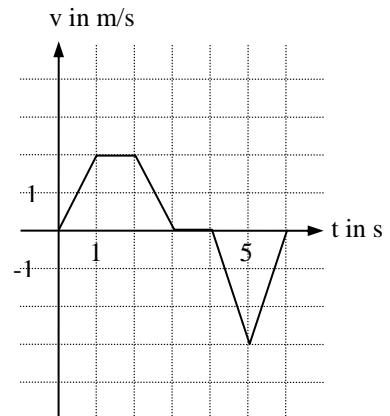
c) In der $t_1 = 5$ Sekunden währenden Beschleunigungsphase legt das Fahrzeug die Strecke $\Delta x = \frac{1}{2}at_1^2 = 25$ m zurück und erreicht eine Geschwindigkeit von $v = a \cdot t_1 = 10$ m/s = 36 km/h. In den folgenden $t_2 = 3$ Sekunden legt es eine Strecke von $v \cdot t = 30$ m zurück.

d) Aus $0 = a \cdot t_0 + v_0$ erhält man die Bremszeit $t_0 = -\frac{v_0}{a} = 20$ s und den Bremsweg $x = \frac{1}{2}at_0^2 + v_0 \cdot t_0 = -\frac{v_0^2}{2a} = 200$ m



Aufgabe 7: Geschwindigkeits-Zeit-Diagramme zusammengesetzter Bewegungen

Abschnitt	Bewegungsart	Beschleunigung bzw. Geschwindigkeit
[0 s; 1 s]	gleichm. Beschleunigung vorwärts	$a = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
[1 s; 2 s]	konstante Geschwindigkeit vorwärts	$v = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
[2 s; 3 s]	gleichm. Verzögerung aus Vorwärtsbewegung	$a = -2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
[3 s; 4 s]	Ruhe	$v = 0$
[4 s; 5 s]	gleichm. Beschleunigung rückwärts	$a = -3 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
[5 s; 6 s]	gleichm. Verzögerung aus Rückwärtsbewegung	$a = 3 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$



Aufgabe 8: Geradlinig gleichmäßig beschleunigte Bewegung im x-t-Diagramm Alles in SI!

a) Autofahrer: $x_1(t) = -0,25 \cdot t^2 + 20 \cdot t - 100$. Ortsschild: $x_2(t) = 0$.

$$\text{Gleichsetzen } x_1(t) = x_2(t) \Leftrightarrow 0 = t^2 - 80t + 400 \Rightarrow t_{1/2} = 40 \pm 20\sqrt{3}.$$

Er erreicht das Ortsschild nach $t_1 = 40 - 20\sqrt{3}$ s $\approx 5,4$ s. Zur Zeit $t_2 = 40 + 20\sqrt{3}$ würde er es ein **zweites** Mal passieren, wenn er die negative Beschleunigung beibehält und anfängt, rückwärts zu fahren!

Er hat am Ortsschild also die Geschwindigkeit $v_1(t_1) = -0,5t_1 + 20 = 17,3$ m/s = 62,4 km/h

b) Auto 1: $x_1(t) = 0,5 \cdot t^2$. Auto 2: $x_2(t) = 200$. Gleichsetzen $x_1(t) = x_2(t) \Leftrightarrow 200 = 0,5 \cdot t^2$

$$\Rightarrow \text{Nach } t_1 = \underline{20 \text{ s}} \text{ mit } v_1(t_1) = 1 \cdot t_1 = 20 \text{ m/s} = \underline{72 \text{ km/h}}$$

c) Auto 1: $x_1(t) = -0,5 \cdot t^2 + 15t$. Auto 2: $x_2(t) = 100$

$$\text{Gleichsetzen } x_1(t) = x_2(t) \Leftrightarrow 100 = -0,5 \cdot t^2 + 15t \Leftrightarrow t^2 - 30t + 200 = 0 \Rightarrow t_{1/2} = 15 \pm 5$$

\Rightarrow Nach $t_1 = \underline{10 \text{ s}}$ und dann wieder auf dem Rückweg nach $t_2 = \underline{20 \text{ s}}$ mit

$$v_1(t_1) = -t_1 + 15 = 5 \text{ m/s} = \underline{18 \text{ km/h}} \text{ (und dann wieder auf dem Rückweg mit } v_1(t_2) = -5 \text{ m/s} = \underline{-18 \text{ km/h}})$$

d) Auto 1: $x_1(t) = 0,25 \cdot t^2 + 5t$. Auto 2: $x_2(t) = 200$

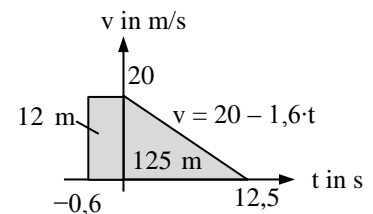
$$\text{Gleichsetzen } x_1(t) = x_2(t) \Leftrightarrow 200 = 0,25 \cdot t^2 + 5t \Leftrightarrow t^2 + 20t - 800 = 0 \Rightarrow t_{1/2} = -10 \pm 30$$

$$\Rightarrow \text{Nach } t_1 = \underline{20 \text{ s}} \text{ mit } v_1(t_1) = 0,5 \cdot t_1 + 5 = 15 \text{ m/s} = \underline{54 \text{ km/h}}.$$

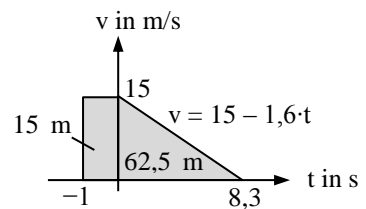
- e) Auto 1: $x_1(t) = -t^2 + 20t$. Auto 2: $x_2(t) = 75$
 Gleichsetzen $x_1(t) = x_2(t) \Leftrightarrow 75 = -t^2 + 20t \Leftrightarrow t^2 - 20t + 75 = 0 \Rightarrow t_{1/2} = 10 \pm 5$
 \Rightarrow Nach $t_1 = \underline{5 \text{ s}}$ und dann wieder auf dem Rückweg nach $t_2 = \underline{15 \text{ s}}$ mit
 $v_1(t_1) = -2 \cdot t_1 + 20 = 10 \text{ m/s} = \underline{36 \text{ km/h}}$ und dann wieder auf dem Rückweg mit $v_1(t_2) = -10 \text{ m/s} = \underline{-36 \text{ km/h}}$.
- f) Auto 1: $x_1(t) = 0,25 \cdot t^2 + 10t$. Auto 2: $x_2(t) = 300$
 Gleichsetzen $x_1(t) = x_2(t) \Leftrightarrow 300 = 0,25 \cdot t^2 + 10t \Leftrightarrow t^2 + 40t - 1200 = 0 \Rightarrow t_{1/2} = -20 \pm 40$
 \Rightarrow Nach $t_2 = \underline{20 \text{ s}}$ mit $v_1(t_2) = 0,5t_2 + 10 = 20 \text{ m/s} = \underline{72 \text{ km/h}}$.
- g) Auto 1: $x_1(t) = 0,4 \cdot t^2 + 26t$. Auto 2: $x_2(t) = 30t + 24$
 Gleichsetzen $x_1(t) = x_2(t) \Leftrightarrow 0,4 \cdot t^2 + 26t = 30t + 22,4 \Leftrightarrow t^2 - 10t - 56 = 0 \Rightarrow t_{1/2} = 5 \pm 9$
 \Rightarrow Nach $t_2 = \underline{14 \text{ s}}$ und $x_1(t_2) = \underline{442,4 \text{ m}}$ mit $v_1(t_1) = 0,8 \cdot t_2 + 26 = 37,2 \text{ m/s} = \underline{133,92 \text{ km/h}}$
- h) Auto 1: $x_1(t) = 0,75 \cdot t^2 + 5t$. Auto 2: $x_2(t) = 20t + 72$
 Gleichsetzen $x_1(t) = x_2(t) \Leftrightarrow 0,75 \cdot t^2 + 5t = 20t + 72 \Leftrightarrow t^2 - 20t - 96 = 0 \Rightarrow t_{1/2} = 10 \pm 14$
 \Rightarrow Nach $t_2 = \underline{24 \text{ s}}$ und $x_1(t_2) = \underline{552 \text{ m}}$ mit $v_1(t_1) = 1,5 \cdot t_1 + 5 = 41 \text{ m/s} = \underline{147,6 \text{ km/h}}$
- i) Auto 1: $x_1(t) = 0,1 \cdot t^2 + 30t$. Auto 2: $x_2(t) = 40t + 20,4$
 Gleichsetzen $x_1(t) = x_2(t) \Leftrightarrow 0,1 \cdot t^2 + 30t = 40t + 20,4 \Leftrightarrow t^2 - 100t - 204 = 0 \Rightarrow t_{1/2} = 50 \pm 52$
 \Rightarrow Nach $t_1 = \underline{102 \text{ s}}$ und $x_1(t_1) = \underline{4100,4 \text{ m}}$ (!) mit $v_1(t_1) = 0,2 \cdot t_1 + 30 = 50,4 \text{ m/s} = \underline{181,44 \text{ km/h}}$.
- j) Auto 1: $x_1(t) = -0,5 \cdot t^2 + 15t$. Auto 2: $x_2(t) = 5t + 21$
 Gleichsetzen $x_1(t) = x_2(t) \Leftrightarrow -0,5 \cdot t^2 + 15t = 5t + 32 \Leftrightarrow t^2 - 20t + 64 = 0 \Rightarrow t_{1/2} = 10 \pm 6$
 \Rightarrow Nach $t_1 = \underline{4 \text{ s}}$ und $x_1(t_1) = \underline{52 \text{ m}}$ fährt 1 mit $v_1(t_1) = -1 \cdot t_1 + 15 = 11 \text{ m/s} = \underline{39,6 \text{ km/h}}$ an 2 vorbei und
 nach $t_2 = \underline{16 \text{ s}}$ und $x_1(t_2) = \underline{112 \text{ m}}$ fährt 2 mit $v_1(t_2) = -1 \text{ m/s} = \underline{-3,6 \text{ km/h}}$ wieder an 1 vorbei.

Aufgabe 9: Bremsvorgang

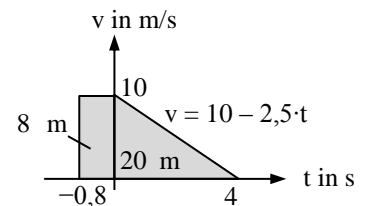
- a) Während der Reaktionszeit $t_R = 0,6 \text{ s}$ fährt der Triebwagen noch $x_0 = v_0 \cdot t_R = 12 \text{ m}$, so dass noch 138 m bis zum Kinderwagen bleiben
 Bremszeit $t_0 = -\frac{v_0}{a} = 12,5 \text{ s} \Rightarrow$ Bremsweg $x(t_0) = \frac{1}{2} a \cdot t_0^2 + v_0 \cdot t = 125 \text{ m}$
 Er bleibt 13 m vor dem Kinderwagen stehen.



- b) Während der Schrecksekunde $t_R = 1 \text{ s}$ fährt Felix noch $x_0 = v_0 \cdot t_R = 15 \text{ m}$, so dass noch 85 m bis zum Reh bleiben.
 Bremszeit $t_0 = -\frac{v_0}{a} = 8,3 \text{ s} \Rightarrow$ Bremsweg $x(t_0) = \frac{1}{2} a \cdot t_0^2 + v_0 \cdot t = 62,5 \text{ m}$.
 Er bleibt 22,5 m vor dem Reh stehen.



- c) Während der Reaktionszeit $t_R = 0,8 \text{ s}$ fährt Anna noch $x_0 = v_0 \cdot t_R = 8 \text{ m}$, so dass noch 22 m bis zum Igel bleiben.
 Bremszeit $t_0 = -\frac{v_0}{a} = 4 \text{ s} \Rightarrow$ Bremsweg $x(t_0) = \frac{1}{2} a \cdot t_0^2 + v_0 \cdot t = 20 \text{ m}$.
 Sie bleibt 2 m vor dem Igel stehen.



Aufgabe 10: Freier Fall auf der Erde

- a) Fallzeit $t_0 = \sqrt{\frac{2y_0}{g}} \approx 1,4 \text{ s}$ und Fallgeschwindigkeit $v_{y0} = g \cdot t_0 \approx 14 \text{ m/s} \approx 51 \text{ km/h}$
- b) Fallhöhe $y_0 = \frac{1}{2} g t_0^2 \approx 24,2 \text{ m}$
- c) Fallzeit $t_0 = \sqrt{\frac{2y_0}{g}} \approx 8 \text{ s}$ und Fallgeschwindigkeit $v_{y0} = g \cdot t_0 \approx 80 \text{ m/s} \approx 288 \text{ km/h}$

Aufgabe 11: Freier Fall auf dem Mond

- a) Fallhöhe $y_0 = \frac{1}{2} g t_0^2 \approx 5,1 \text{ m}$
- b) Fallgeschwindigkeit $v_{y0} = g \cdot t_0 \approx 4 \text{ m/s}$
- c) Fallzeit $t_0 = \sqrt{\frac{2y_0}{g}} \approx 1 \text{ s}$

Aufgabe 12: Senkrechter Wurf auf der Erde

a) Flugdauer $t_{02} = \frac{2v_{y0}}{g} = 4 \text{ s}$ und Flughöhe $y_0 = \frac{v_{y0}^2}{2g} = 20 \text{ m}$

b) Startgeschwindigkeit $v_{y0} = \sqrt{2 \cdot g \cdot y_0} \approx 200 \text{ m/s} = 720 \text{ km/h}$

c) Startgeschwindigkeit $v_{y0} = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t_{02} = 30 \text{ m/s}$,

Gipfelzeit $t_{01} = 3 \text{ s}$ und Wurfhöhe $y_0 = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t_{01}^2 = 45 \text{ m}$.

d) Ort-Zeit-Gleichung (Alles in SI!):

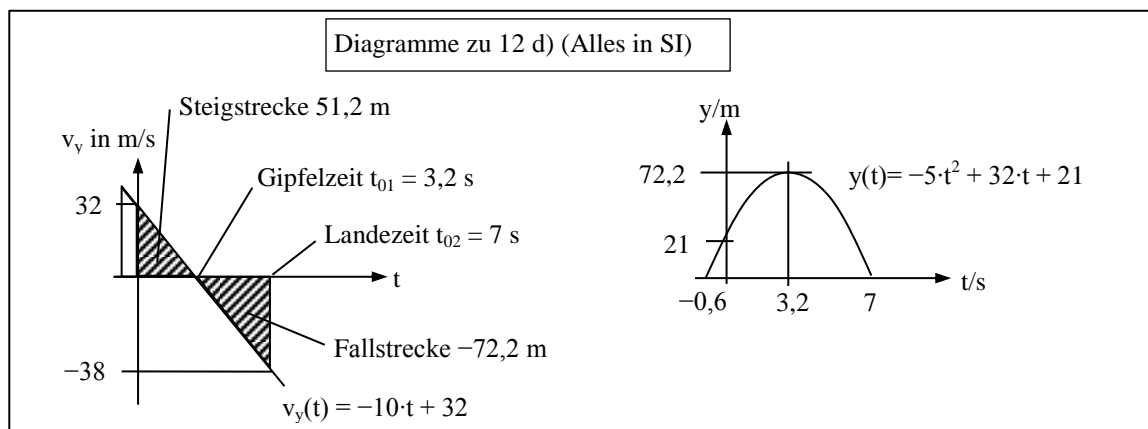
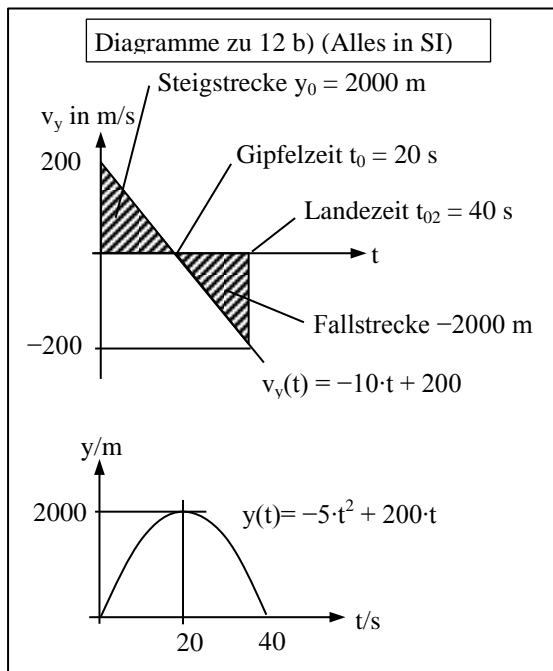
$$y(t) = \frac{1}{2}at^2 + v_{y0}t + y_0 = -5t^2 + v_{y0}t + 21.$$

Aus $y(7) = 0$ folgt $v_{y0} = 32 \text{ m/s}$.

$$v_y(t) = a \cdot t + v_{y0} = -10t + 32 \text{ mit } v_y(7) = -38 \text{ m/s}$$

Aus $v_y(t_{01}) = 0$ folgt $t_{01} = 3,2 \text{ s}$

Flughöhe $y(t_{01}) = 72,2 \text{ m}$



Aufgabe 13: Senkrechter Wurf auf dem Mond

a) Startgeschwindigkeit $v_{y0} = \sqrt{2 \cdot g \cdot y_0} \approx 44 \text{ m/s}$

b) Flugdauer $t_{02} = 2 \cdot \sqrt{\frac{2y_0}{g}} = 21,9 \text{ s}$

Aufgabe 14 a): Waagrechter Wurf

Vertikalbewegung: Freier Fall aus der Höhe $y_0 = 40 \text{ m}$:

$$\Rightarrow \text{Flugdauer } t_0 = \sqrt{\frac{2y_0}{g}} = 2\sqrt{2} \text{ s} \approx 2,8 \text{ s}$$

\Rightarrow Vertikalgeschwindigkeit $v_y(t_0) = -g \cdot t_0 \approx -28 \text{ m/s}$

Horizontalbewegung: geradlinig gleichförmige Bewegung mit $v_{x0} = 20 \text{ m/s}$

$$\Rightarrow \text{Flugweite } x(t_0) = v_{x0} \cdot t_0 \approx 56,5 \text{ m}$$

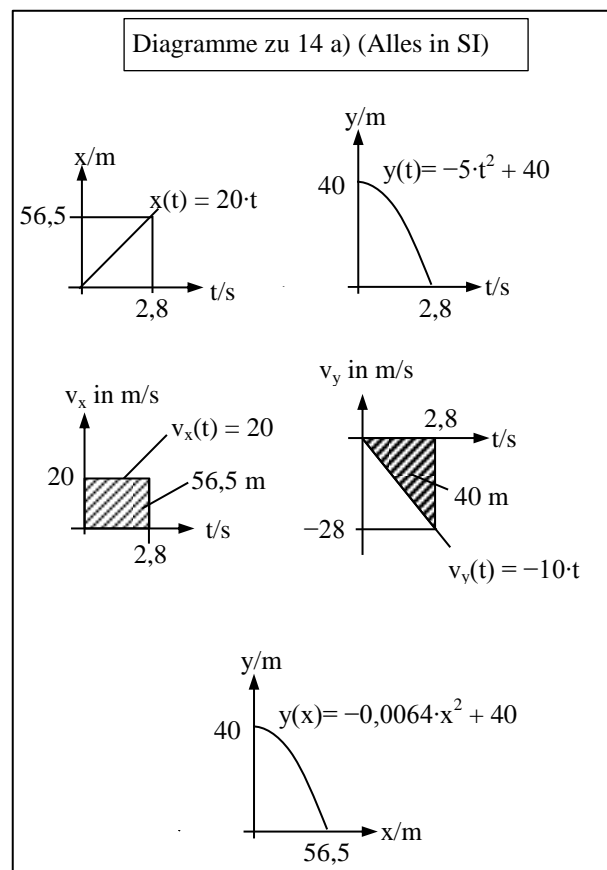
$$\Rightarrow \text{Aufprallgeschwindigkeit } v = \sqrt{(v_x(t_0))^2 + (v_y(t_0))^2} = 20\sqrt{3} \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Aufgabe 14 b): Waagrechter Wurf

Vertikalbewegung: Freier Fall aus 5 m Höhe: $y(t) = -5t^2 + 5$. Aus $y(t_0) = 0$ ergibt sich die Flugdauer $t_0 = 1 \text{ s}$.

Horizontalbewegung: geradlinig gleichförmige Bewegung mit 6 m/s : $x(t) = 6 \cdot t$.

Durch Einsetzen erhält man die Wurfweite $x_0 = x(t_0) = 6 \text{ m} \Rightarrow$ Er springt 6 m weit!



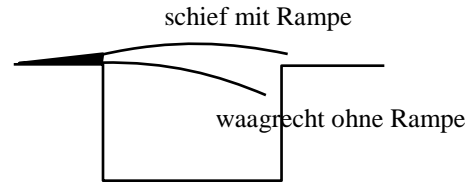
Aufgabe 14 c): Waagrechtlicher Wurf

Vertikalbewegung: Freier Fall aus 125 m Höhe: $y(t) = -5t^2 + 125$. Aus $y(t_0) = 0$ ergibt sich die Flugdauer $t_0 = 5$ s.
 Horizontalbewegung: geradlinig gleichförmige Bewegung mit 200 m/s: $x(t) = 200 \cdot t$.

Durch Einsetzen erhält man die Wurfweite $x_0 = x(t_0) = 1000$ m \Rightarrow Abwurf 1 km vor dem Ziel!

Aufgabe 15: Speed

a) Die rechts abgebildete Skizze der Flugbahn zeigt, dass der Bus vom ersten Meter an zu fallen beginnt und die Absprunghöhe nie mehr erreichen kann, wenn er waagrecht abspringt. Im Film sieht man recht deutlich, dass er in Wirklichkeit über eine **Rampe** fährt, die ihm Schwung bzw. eine Geschwindigkeit nach **oben** verleiht! Es handelt sich also um einen **schiefen** Wurf!



b) $v_{x0} = 30$ m/s und $x(t) = 15$ m \Rightarrow Flugzeit $t = 0,5$ s \Rightarrow Fallhöhe $y(t) = 0,5gt^2 = 1,25$ m. Die Kante müsste 1,25 m tiefer liegen.

c) $v_x(t) = v_{x0} = 30 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ und $v_y(t) = g \cdot t = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Mit Vektoraddition bzw. Pythagoras erhält man $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} \approx 30,41$ m/s.

d) $\Delta x = 0,5a\Delta t^2 = 0,5a \left(\frac{\Delta v}{a} \right)^2 = \frac{\Delta v^2}{2a} \Rightarrow a = \frac{\Delta v^2}{2\Delta x} = 46,25 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

Aufgabe 16: James Bond

Gegeben sind $\Delta x = 4$ m und $\Delta y = 1,25$ m.

a) Fallzeit: $\Delta y = 0,5g\Delta t^2 \Rightarrow \Delta t = \sqrt{\frac{2\Delta y}{g}} = \sqrt{0,25} \text{ s} = 0,5 \text{ s} \Rightarrow$ Anlaufgeschwindigkeit $v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = 8 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 28,2 \frac{\text{km}}{\text{h}}$.

b) In der Fallzeit hat sich das Boot um $v \cdot \Delta t = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 0,5 \text{ s} = 2,5$ m weiter bewegt und ist dann $\Delta x' = 6,5$ m vom Absprungpunkt entfernt. Die notwendige Anlaufgeschwindigkeit beträgt dann $v' = \frac{\Delta x'}{\Delta t} = 13 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 46,8 \frac{\text{km}}{\text{h}}$.

Aufgabe 17: Schiefer Wurf

Teil	a)	b)	c)
Flugdauer $t_{02} = \frac{2 \cdot \sin(\alpha) \cdot v_0}{g}$	$2\sqrt{3} \text{ s} \approx 3,5 \text{ s}$	$100\sqrt{2} \text{ s} \approx 141,2 \text{ s}$	1,4 s
Wurfweite $x_{02} = \frac{2 \cdot \sin(\alpha) \cdot \cos(\alpha) \cdot v_0^2}{g}$	$20\sqrt{3} \text{ m} \approx 34,6 \text{ m}$	100 km	218,9 m
Wurfhöhe $y_0 = \frac{(\sin(\alpha) \cdot v_0)^2}{2 \cdot g}$	15 m	25 km	9,6 m

Diagramme für a):

