
SMART

**Sammlung mathematischer Aufgaben
als Hypertext mit T_EX**

Gymnasium Jahrgangstufe 9 (Physik)

herausgegeben vom

Zentrum zur Förderung des
mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts
der Universität Bayreuth*

10. Juni 2010

*Die Aufgaben stehen für private und unterrichtliche Zwecke zur Verfügung. Eine kommerzielle Nutzung bedarf der vorherigen Genehmigung.

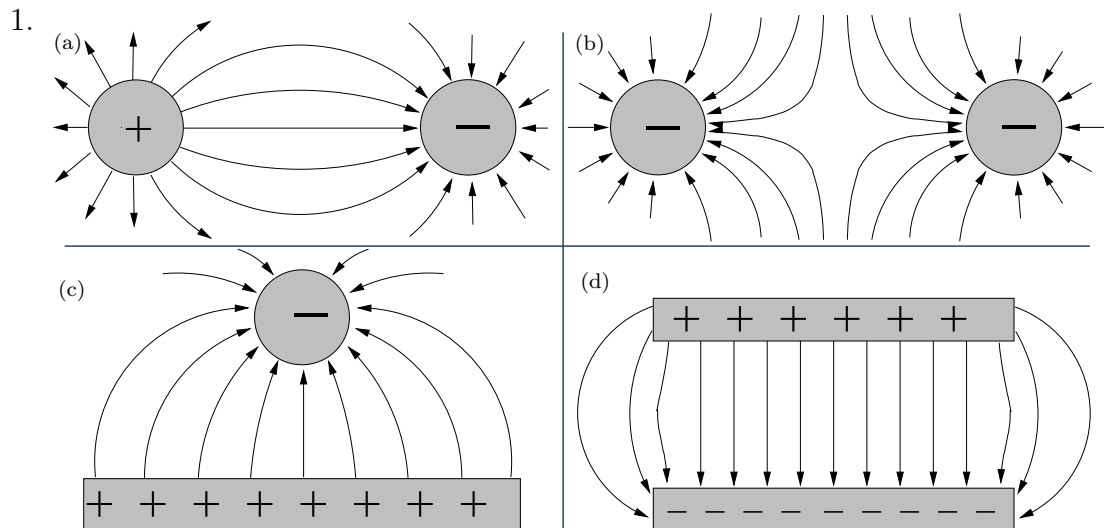
Inhaltsverzeichnis

I. Elektrizitätslehre	3
1. Magnetische und Elektrische Felder	4
2. Kraft auf einen stromdurchflossenen Leiter im Magnetfeld	5
3. Elektromotor	6
4. Kräfte auf freie Ladungen im elektrischen und magnetischen Feld	7
5. Erzeugen von Induktionsspannungen	8
6. Lenz'sche Regel	9
7. Generator und Transformator	10
II. Atomphysik	11
8. Aufbau der Atome	12
9. Aufnahme und Abgabe von Energie	14
III. Kernphysik	16
10. Strahlungsarten	17
11. Radioaktiver Zerfall	19
12. Dosimetrie	23
13. Kernumwandlungen	25

IV. Kinematik und Dynamik geradliniger Bewegungen	26
14. Darstellung von Bewegungsabläufen in Diagrammen	27
15. Ermitteln von Bewegungsfunktionen	37
16. Kräftezerlegung	42
17. Gewichtskraft und freier Fall	43
V. Profilbereich	46
18. Elektrotechnik	47
19. Halbleiter	48
20. Neurobiologie	49
21. Transport und Verkehr	50

Teil I.
Elektrizitätslehre

1. Magnetische und Elektrische Felder



2. Amplitude: 4,5 V, Periode: 20 ms, Periode: $f = \frac{1}{20 \text{ ms}} = 50 \text{ Hz}$.

2. Kraft auf einen stromdurchflossenen Leiter im Magnetfeld

3. Elektromotor

4. Kräfte auf freie Ladungen im elektrischen und magnetischen Feld

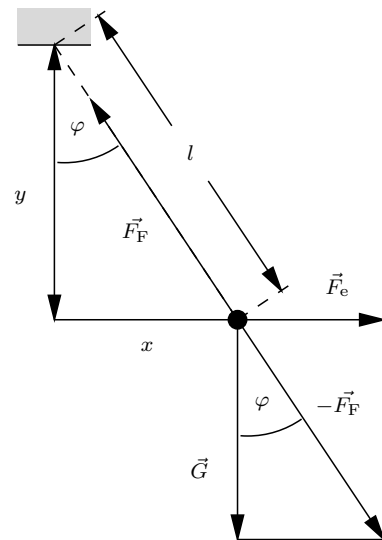
1. $a = \frac{F}{m} = \frac{QE}{m} = 0,16 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
2. Die Kugel ist in Ruhe, d.h. die Gesamtkraft auf die Kugel ist null (\vec{F}_F ist die Fadenkraft):

$$\vec{F}_e + \vec{G} + \vec{F}_F = 0$$

Damit ist $-\vec{F}_F$ parallel zum Faden und aus der Ähnlichkeit der Dreiecke folgt

$$\frac{F_e}{G} = \frac{QE}{mg} = \frac{x}{y} = \frac{x}{\sqrt{l^2 - x^2}}$$

$$E = \frac{xmg}{Q\sqrt{l^2 - x^2}} = 245 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$



5. Erzeugen von Induktionsspannungen

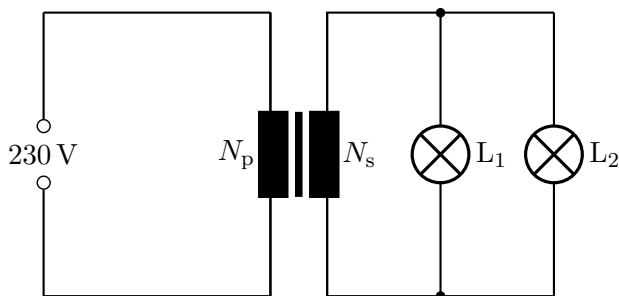
6. Lenz'sche Regel

7. Generator und Transformator

1. $6,0 \text{ V} \cdot I_p = 2 \cdot R \cdot \left(\frac{I_p}{20}\right)^2 + 3,8 \text{ W} \Rightarrow I_p = 0,65 \text{ A}; 98\%$

2. (a) Wechselspannung, sonst ergibt sich kein dauerhaftes sich änderndes Magnetfeld, welches sowohl die Primär- als auch die Sekundärspule durchsetzt.

(b) Skizze:



(c) $\frac{U_s}{U_p} = \frac{230}{24}$; $N_s = 230$, $N_p = 24$.

(d) $U_p I_p \cdot 0,90 = 2 \cdot 12 \text{ W} \Rightarrow I_p = \frac{2 \cdot 12 \text{ W}}{0,90 \cdot 230 \text{ V}} = 1,2 \text{ A}$, $P_p = 27 \text{ W}$, $I_s = 1,0 \text{ A}$

Teil II.
Atomphysik

8. Aufbau der Atome

1. Mittlere Masse eines Goldatoms: $M = 196,97 \text{ u}$

$$\text{Masse des Goldes: } m = 19,3 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \cdot 1000 \text{ cm}^3 = 19,3 \text{ kg}$$

$$\text{Zahl der Goldatome: } n = \frac{m}{M} = 5,90 \cdot 10^{25}$$

2. (a) Kernladungszahl: $Z = 134 - 80 = 54 \implies \text{Xe (Xenon)}$

(b) $A = 141 + 92 = 233$

(c) $N = 241 - 94 = 147$

3.

E: A	Be: 6	Be: 7	Be: 8	Be: 9	Be: 10	Be: 11	Be: 12	Be: 14
Z: N	4: 2	4: 3	4: 4	4: 5	4: 6	4: 7	4: 8	4: 10
	Li: 5	Li: 6	Li: 7	Li: 8	Li: 9	Li: 10	Li: 11	
	3: 2	3: 3	3: 4	3: 5	3: 6	3: 7	3: 8	
	He: 3	He: 4	He: 5	He: 6	He: 7	He: 8	He: 9	
	2: 1	2: 2	2: 3	2: 4	2: 5	2: 6	2: 7	
	H: 1	H: 2	H: 3					
	1: 0	1: 1	1: 2					
	n: 1							
	0: 1							

$$4. N_1 \cdot A_{r1} = N_2 \cdot A_{r2} \implies N_1 = \frac{N_2 \cdot A_{r2}}{A_{r1}} \approx \frac{238 \text{ u } N_2}{235 \text{ u}} = 1,0128 \implies 12,8 \%$$

5. x ist der Bruchteil der ^{14}N -Atome:

$$x \cdot A_{14} + (1 - x)A_{15} = \langle A \rangle \implies x = \frac{A_{15} - \langle A \rangle}{A_{15} - A_{14}} = \frac{0,99341}{0,99704} = 0,99636$$

$$\implies 99,636 \% \text{ } ^{14}\text{N} \text{ und } 0,364 \% \text{ } ^{15}\text{N}$$

6. Unter 10 000 Ne-Atomen sind 9051 ^{20}Ne -, 27 ^{21}Ne - und 922 ^{22}Ne -Atome:

$$\langle A \rangle = \frac{9051 \cdot 19,99244 + 27 \cdot 20,99385 + 922 \cdot 21,99138}{10\,000} = 20,179$$

$$7. n \cdot m_n = (n + 1)m_p \implies n = \frac{m_p}{m_n - m_p} = \frac{1,00727649}{0,0013884} = 725,48 \implies \approx 725$$

8. Aufbau der Atome

8.

$$\begin{aligned}
 A' &= 11A \\
 (A' - Z') &= 12(A - Z) & \implies A &= 12Z - Z' \\
 Z' &= Z + 70 & \implies A &= 11Z - 70 \\
 \frac{A - Z}{Z} &= \frac{5}{4} & \implies A &= \frac{9}{4}Z = 11Z - 70 \\
 & & & \frac{35}{4}Z = 70 \\
 Z = 8, \quad Z' = 78, \quad A = 18, \quad A' = 198 & \implies {}^{18}_8\text{O} \text{ und } {}^{198}_{78}\text{Pt}
 \end{aligned}$$

9. (a) Masse eines Aluminiumatoms:

$$M = 0,991 \cdot 13(m_p + m_e) + 14m_n = 0,991 \cdot 4,52 \cdot 10^{-26} \text{ kg} = 4,48 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$$

$$\varrho = \frac{M}{d^3} = \frac{4,48 \cdot 10^{-26} \text{ kg}}{1,66 \cdot 10^{-29} \text{ m}^3} = 2,70 \cdot 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 2,70 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

(b) Zahl der Atome: $N = \frac{1 \text{ kg}}{M} = 2,23 \cdot 10^{25}$

$$A = \frac{N}{10} \cdot d^2 = 1,45 \cdot 10^5 \text{ m}^2$$

9. Aufnahme und Abgabe von Energie

1. (a) 12,0 eV
 (b) $2,18 \cdot 10^{-18} \text{ J}$
 (c) $3,85 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$
 (d) 714 nm
 (e) 1,95 eV
 (f) $\lambda = 151 \text{ nm}$; $f = 2,0 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$

2. (a) $W = hf = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Js} \cdot 9 \cdot 10^8 \frac{1}{\text{s}} = 5,96 \cdot 10^{-25} \text{ J} = 3,72 \cdot 10^{-6} \text{ eV}$
 (b) $W = hf = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Js} \cdot 3,00 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{5,00 \cdot 10^{-7} \text{ m}} = 3,97 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 2,48 \text{ eV}$
 (c) $\lambda = \frac{hc}{W} = \frac{6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Js} \cdot 3,00 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{6,62 \cdot 10^{-26} \text{ J}} = 3,00 \text{ m}$, $f = \frac{c}{\lambda} = 100 \text{ MHz (UKW)}$
 (d) $\lambda = \frac{hc}{W} = \frac{6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Js} \cdot 3,00 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{6,62 \cdot 10^{-16} \text{ J}} = 3,00 \cdot 10^{-10} \text{ m (Röntgenstrahlung)}$

3. Energie des Photons:

$$W_\gamma = hf = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Js} \cdot 3,00 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2,00 \cdot 10^{-7} \text{ m}} = 9,93 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 6,20 \text{ eV}$$

$$A = W_\gamma - W_{\text{kin}} = 4,20 \text{ eV}$$

$$\frac{m_e}{2} v^2 = W_{\text{kin}} = 3,20 \cdot 10^{-19} \text{ J} \quad \Longrightarrow \quad v = \sqrt{\frac{2W_{\text{kin}}}{m_e}} = 5,93 \cdot 10^5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

4. $W_1 = 0,25 \text{ eV}$, $W_2 = 1,00 \text{ eV}$, $W_3 = 2,25 \text{ eV}$, $W_4 = 4,00 \text{ eV}$.

Fehlende Wellenlängen im durchgehenden Strahl:

$$\Delta W_{12} = 0,75 \text{ eV} \quad \Longrightarrow \quad \lambda_{12} = \frac{hc}{\Delta W_{12}} = 1650 \text{ nm} \quad (\text{IR})$$

$$\Delta W_{13} = 2,00 \text{ eV} \quad \Longrightarrow \quad \lambda_{13} = \frac{hc}{\Delta W_{13}} = 620 \text{ nm} \quad (\text{rot})$$

$$\Delta W_{14} = 3,75 \text{ eV} \quad \Longrightarrow \quad \lambda_{14} = \frac{hc}{\Delta W_{14}} = 331 \text{ nm} \quad (\text{UV})$$

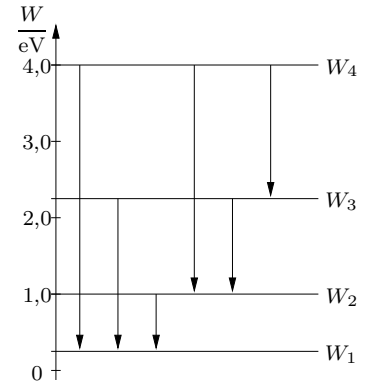
9. Aufnahme und Abgabe von Energie

Wellenlängen im Streulicht (zusätzlich zu λ_{12} , λ_{13} und λ_{14}):

$$\Delta W_{23} = 1,25 \text{ eV}, \quad \lambda_{23} = \frac{hc}{\Delta W_{23}} = 992 \text{ nm} \quad (\text{IR})$$

$$\Delta W_{24} = 3,00 \text{ eV}, \quad \lambda_{24} = \frac{hc}{\Delta W_{24}} = 413 \text{ nm} \quad (\text{violett})$$

$$\Delta W_{34} = 1,75 \text{ eV}, \quad \lambda_{34} = \frac{hc}{\Delta W_{34}} = 708 \text{ nm} \quad (\text{rot})$$



Teil III.

Kernphysik

10. Strahlungsarten

- (a) Von links nach rechts: α , γ , und β .
 - (b) Die Bahn von α -Teilchen ist im Vergleich zu der von Elektronen kaum gekrümmt. Zwar ist der Betrag der Ladung von α -Teilchen doppelt so groß wie der Elektronen (was eine Vergrößerung des Krümmungsradius zur Folge hätte), aber ihre Masse ist etwa 3600-mal so groß wie die der Elektronen. Also ist der Krümmungsradius der α -Teilchen etwa 1800-mal so groß wie der der Elektronen. Daher braucht man um α -Teilchen abzulenken sehr starke Magnetfelder.

2.

3.

- (a) $\approx 235 \cdot (8,3 \text{ MeV} - 7,6 \text{ MeV}) = 0,16 \text{ GeV}$
 - (b) $1,6 \cdot 10^{16}$; $0,0062 \text{ mg}$
 - (c) $1,6 \text{ t}$
 - (d) In natürlich vorkommendem Uran sind nur $0,718\%$ Uran-235.
 - (e) $1,2 \text{ Mio. t}$

- (a) Freiwerdende Energie pro Fusionsreaktion:

$$\begin{aligned}\Delta W &= (4 \cdot M_{\text{H1}} - M_{\text{He4}})c^2 = (1,007825032 - 4,002603254)uc^2 = \\ &= 0,028696874 uc^2 = 4,28 \cdot 10^{-12} \text{ J} = 26,7 \text{ MeV}\end{aligned}$$

- (b) Abgestrahlte Energie pro Sekunde: $W = P \cdot 1 \text{ s} = 3,84 \cdot 10^{26} \text{ J}$

Zahl der Fusionsreaktionen und somit der entstehenden He-Atome pro Sekunde:

$$N = \frac{W}{\Delta W} = 8,97 \cdot 10^{37}$$

$$\Delta M = N \cdot \Delta m \cdot 24 \cdot 3600 = 3,69 \cdot 10^{14} \text{ kg}$$

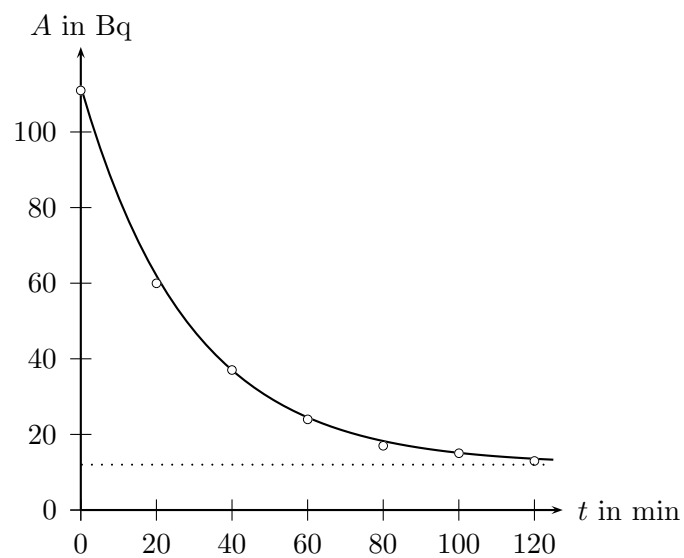
- (a) Licht der Frequenz f besteht nicht aus Quanten der Energie hf , sondern bei der Wechselwirkung mit einem quantenmechanischen System kann nur ein ganzzahliges Vielfaches von hf ausgetauscht werden.

10. Strahlungsarten

- (b) Das Vakuum ist voll von virtuellen Teilchen, die immer paarweise (Teilchen und Antiteilchen) aus dem Nichts entstehen. Die Lebensdauer der virtuellen Teilchen ist nach Heisenberg $\Delta t \approx \frac{\hbar}{2 m_0 c^2}$.

11. Radioaktiver Zerfall

- 1.
2. (a) ${}^3_2\text{He}$
(b) ${}^{170}_{77}\text{Ir}$
(c) ${}^{192}_{84}\text{Po}$
(d) ${}^6_3\text{Li}$
(e) ${}^{214}_{86}\text{Rn}$
(f) ${}^{232}_{90}\text{Th}$
(g) ${}^{180}_{80}\text{Hg}$
3. (a) ${}^2\text{H} + {}^3\text{H} \rightarrow {}^4\text{He} + {}^1_0\text{n} + 17,589\,49\text{ MeV}$
(b) ${}^2\text{H} + {}^2\text{H} \rightarrow {}^3\text{He} + {}^1_0\text{n} + 3,268\,939\text{ MeV}$
(c) ${}^2\text{H} + {}^2\text{H} \rightarrow {}^3\text{H} + {}^1_1\text{p} + 4,032\,940\text{ MeV}$
(d) ${}^2\text{H} + {}^3\text{He} \rightarrow {}^4\text{He} + {}^1_1\text{p} + 18,353\,25\text{ MeV}$
4. (a) t - A -Diagramm



11. Radioaktiver Zerfall

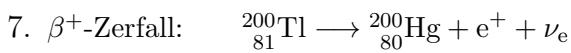
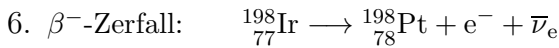
- (b) Zunächst kann man dem Diagramm entnehmen, dass die Nullrate nicht größer als 13 Bq ist. Man kann vermuten, dass die Nullrate bei 12 Bq liegen dürfte.

Die um die Nullrate korrigierten Messwerte lauten

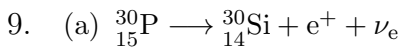
t in min	0	20	40	60	80	100	120
$A(t)$ in Bq	99	48	25	12	5	3	1

so, dass man auf eine Halbwertzeit von etwa 20 min kommt.

5. Ermittle die Nullrate und die Halbwertzeit von Pb-209. 18 Bq; 3,3 h



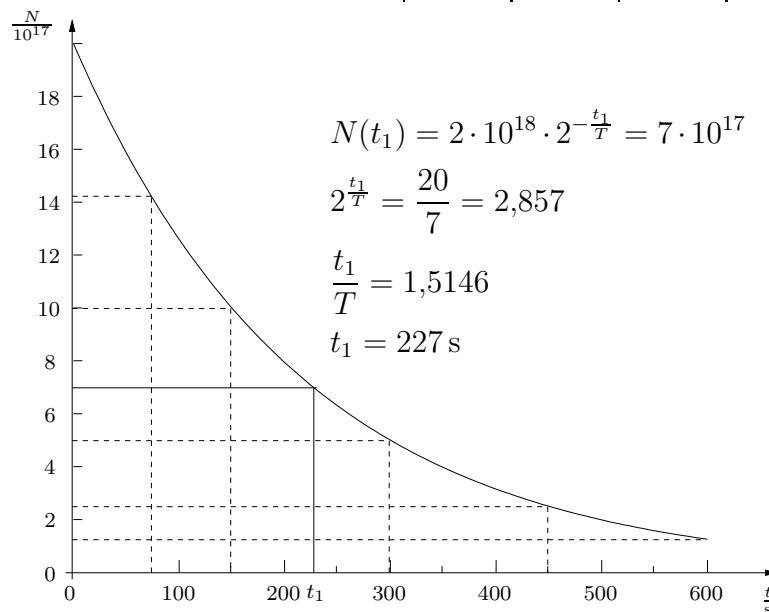
8.



(b) $m = N_0 M \approx N_0 \cdot 30u = 9,96 \cdot 10^{-8} \text{ kg} \approx 0,10 \text{ mg}$

(c) $N(75 \text{ s}) = N_0 \cdot 2^{-\frac{1}{2}} = \frac{N_0}{\sqrt{2}}$

$\frac{t}{\text{s}}$	75	150	300	450	600
$\frac{N(t)}{10^{17}}$	14,1	10,0	5,00	2,50	1,25



(d) $N(t_2) = N_0 \cdot 2^{-\frac{t_2}{T}} = 2 \cdot 10^{18} \cdot 2^{-\frac{298}{150}} = 5,046 \cdot 10^{17}$

$N(t_3) = N_0 \cdot 2^{-\frac{t_3}{T}} = 2 \cdot 10^{18} \cdot 2^{-\frac{302}{150}} = 4,954 \cdot 10^{17}$

$\Delta N = N(t_2) - N(t_3) = 9,2 \cdot 10^{15} \implies A(300 \text{ s}) = \frac{\Delta N}{4 \text{ s}} = 2,3 \cdot 10^{15} \frac{1}{\text{s}}$

11. Radioaktiver Zerfall

10. (a) $N_0 = \frac{m}{M_{\text{Sm}146}} = \frac{0,1 \text{ kg}}{146 \text{ u}} = 4,125 \cdot 10^{23}, \quad N_1 = \frac{m_1}{M_{\text{Sm}146}} = \frac{0,0925 \text{ kg}}{146 \text{ u}} = 3,815 \cdot 10^{23}$

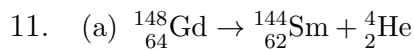
(b) $N_1 = N_0 \cdot 2^{-\frac{t_1}{T}} \implies 2^{-\frac{t_1}{T}} = \frac{N_1}{N_0} = \frac{m_1}{m_0} = 0,925 \implies \frac{t_1}{T} = 0,1125$

$$t_1 = 0,1125 \cdot T = 1,16 \cdot 10^7 \text{ a}$$

$$x = t_1 \cdot v = 1,16 \cdot 10^7 \cdot 365,25 \cdot 24 \cdot 3600 \text{ s} \cdot 10000 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 3,66 \cdot 10^{18} \text{ m}$$

$$1 \text{ LJ} = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 365,25 \cdot 24 \cdot 3600 \text{ s} = 9,47 \cdot 10^{15} \text{ m} \implies x = 386 \text{ LJ}$$

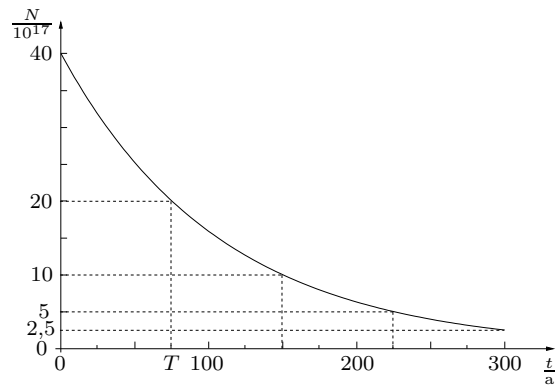
oder eleganter: $x = vt_1 = \frac{v}{c} \cdot ct_1 = 3,336 \cdot 10^{-5} \cdot 1,16 \cdot 10^7 \text{ LJ} = 386 \text{ LJ}$



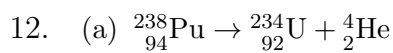
$$\begin{aligned} \Delta W &= (M_{\text{Gd}148} - M_{\text{Sm}144} - M_{\text{He}4})c^2 = \\ &= (147,9181146 - 143,9119994 - 4,002603254)uc^2 = \\ &= 0,003511868 uc^2 = 5,24 \cdot 10^{-13} \text{ J} = 3,27 \text{ MeV} \end{aligned}$$

(b) $N_0 = \frac{m}{M_{\text{Gd}148}} = 4,00 \cdot 10^{18}$

In der Zeichnung: $T \hat{=} 3,0 \text{ cm}$



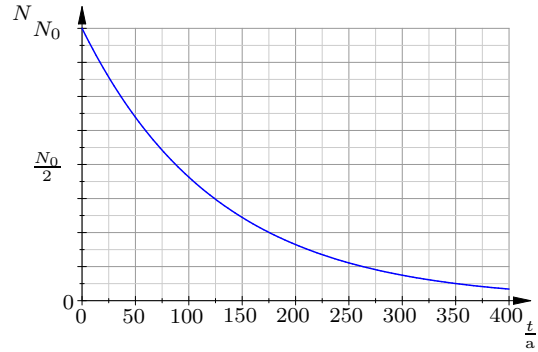
(c) $N(t_1) = N_0 \cdot 2^{-\frac{t_1}{T}} = 3,15 \cdot 10^{-3} N_0 \implies 2^{-\frac{t_1}{T}} = 3,15 \cdot 10^{-3} \implies 2^{\frac{t_1}{T}} = 317,46$
 $\frac{t_1}{T} = 8,31 \implies t_1 = 620 \text{ a}$



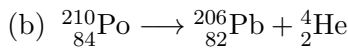
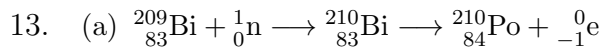
$$\begin{aligned} \Delta W &= (M_{\text{Pu}238} - M_{\text{U}234} - M_{\text{He}4})c^2 = \\ &= (238,0495598 - 234,0409521 - 4,002603254)uc^2 = \\ &= 0,00600453 uc^2 = 8,961 \cdot 10^{-13} \text{ J} = 5,593 \text{ MeV} \end{aligned}$$

11. Radioaktiver Zerfall

(b) $N_0 = \frac{m}{M_{\text{Pu238}}} = 8,00 \cdot 10^{23}$
 $N(t_1) = N_0 \cdot 2^{-\frac{t_1}{T}} = 0,1 N_0$
 $2^{-\frac{t_1}{T}} = 0,1 \implies 2^{\frac{t_1}{T}} = 10$
 $\frac{t_1}{T} = 3,322 \implies t_1 = 291 \text{ a}$
 In der Zeichnung: $T \hat{=} 2,2 \text{ cm}$



(c) $\Delta N = N_0 - N_0 \cdot 2^{-\frac{1\text{h}}{T}} = N_0(1 - 2^{-\frac{1}{768778}}) = N_0 \cdot 9,016 \cdot 10^{-7} = 7,21 \cdot 10^{17}$
 $A(0) = A_0 = \frac{\Delta N}{3600 \text{ s}} = 2,00 \cdot 10^{14} \frac{1}{\text{s}}, \quad A(t) = A_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}$
 $P_0 = P(0) = \frac{\Delta N \cdot \Delta W}{\Delta t} \cdot 80\% = A_0 \cdot \Delta W \cdot 0,08 = 180 \text{ W} \cdot 0,08 = 14,4 \text{ W}$
 $P(t) = P_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}$



(c) Am 23.11.2006: N_1 : Zahl der Po 210-Kerne, N_2 : Zahl der Pb 206-Kerne

$$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{\frac{1}{2}}} = 5,797 \cdot 10^{-8} \frac{1}{\text{s}} = 5,009 \cdot 10^{-3} \frac{1}{\text{d}}$$

$$N_1 = \frac{A}{\lambda} = 2,69 \cdot 10^{15}, \quad N_2 = \frac{m}{206 \text{ u}} = 5,74 \cdot 10^{16}$$

Die Zahl der Po 210-Kerne zum Zeitpunkt der Herstellung ist

$$N_0 = N_1 + N_2 = 6,00 \cdot 10^{16}$$

$$N_1 = N_0 \cdot e^{-\lambda t} \implies t = -\frac{1}{\lambda} \cdot \ln\left(\frac{N_1}{N_0}\right) = 5,38 \cdot 10^8 \text{ s} = 620 \text{ d}$$

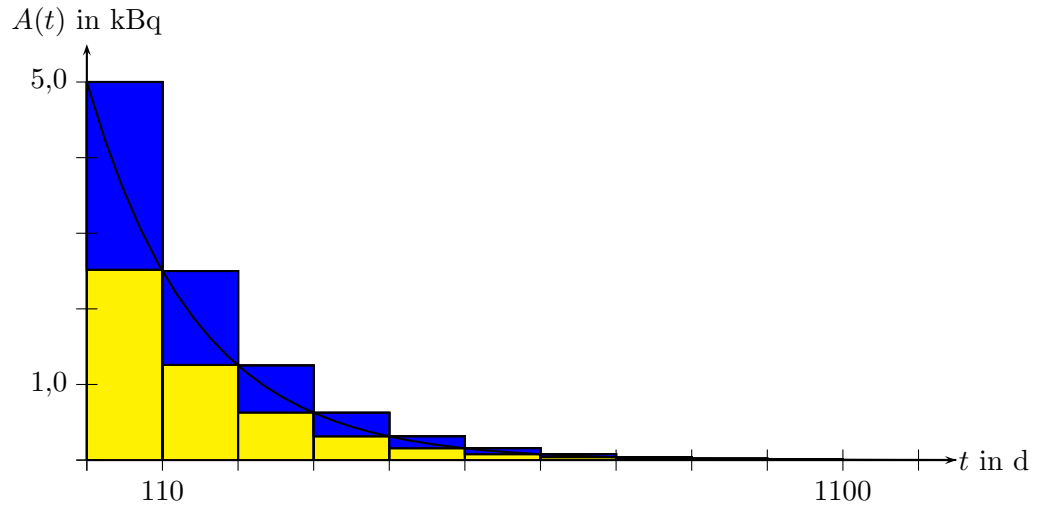
$$620 = 365 + 255 = 365 + 23 + 31 + 30 + 31 + 31 + 30 + 31 + 30 + 18 \implies$$

Datum der Herstellung: 13.03.2005

12. Dosimetrie

1. (a) Bei einer Äquivalentdosis von 41 Sv hätte man eine Wahrscheinlichkeit größer als 1 an Krebs zu erkranken.
 - (b) $\frac{5\%}{1\text{Sv}} \cdot 30\text{mSv} = 0,15\%$
Die Äquivalentdosis einer CT-Aufnahme des Bauchraums ist 15-mal so groß wie die gesamte Äquivalentdosis, die in einem Jahr durch medizinische Diagnostik verursacht wird!!!
 - (c) $\frac{5\%}{1\text{Sv}} \cdot 80 \cdot 4,1\text{mSv} = 1,6\%$
Man muss davon ausgehen, dass man die gesamte Äquivalentdosis am Anfang des Lebens bekommt, was natürlich nicht richtig ist. So ist es für einen 80-jährigen relativ egal, ob er im 81.ten Lebensjahr 4 mSv oder 5 mSv Äquivalentdosis abbekommt. Der daraus resultierende Krebs tritt wohl eh erst zehn Jahre später ein.
 - (d) Radioaktiver Fallout, radioaktive Belastung im näheren Umkreis von Atomkraftwerken, beruflich bedingte Exponiertheit etwa vom Personal in Kernkraftwerken (kann statistisch eingerechnet werden).
 - (e) Die Wahrscheinlichkeit in *einem* Jahr bei einem Autounfall zu sterben ist statistisch gesehen genau so groß wie aufgrund der Äquivalentdosis von 1 Sv an Krebs zu erkranken. Dennoch sollte man die Belastung durch die Radioaktivität nicht unterschätzen und ernst nehmen. Einige Leute sind der Ansicht, dass die Selbstheilungskräfte des Immunsystems, das heißt hier die Fähigkeit Strahlenschäden zu reparieren, durch geringe Dosen gestärkt wird (Training des Immunsystems). Dies bezeichnet man als Strahlenhormesis.
2. (a) $\frac{(365-240:3)}{365} \cdot 0,4\text{mSv} + \frac{(240:3)}{365} \cdot 1,1\text{mSv} = 0,6\text{mSv}$
 - (b) 38%
3. (a) Physikalisch: 93%; Biologisch: 0,10%.
 - (b) $T_{\text{physikalisch}} \ll T_{\text{biologisch}} \Rightarrow T_{\text{physikalisch}} + T_{\text{biologisch}} \approx T_{\text{physikalisch}} \Rightarrow$
 $T_{\text{eff}} = \frac{T_{\text{biologisch}} \cdot T_{\text{physikalisch}}}{T_{\text{biologisch}} + T_{\text{physikalisch}}} \approx \frac{T_{\text{biologisch}} \cdot T_{\text{physikalisch}}}{T_{\text{physikalisch}}} = T_{\text{biologisch}}$
 - (c) Durch Summieren der Rechtecksflächinhalte aus

12. Dosimetrie



kommt man auf 110 d: $3,6 \cdot 10^{10}$; 1100 d: $7,1 \cdot 10^{10}$

(d) $H = q \frac{E}{m} = 1 \cdot \frac{7,1 \cdot 10^{10} \cdot 0,511 \text{ MeV}}{75 \text{ kg}} = 0,078 \text{ mSv}$

13. Kernumwandlungen

1. Massenzahl: $238 - 8 \cdot 4 = 206$. Kernladungszahl: $92 - 8 \cdot 2 + 6 = 82$, also ${}_{82}^{206}\text{Pb}$.
2. α : $(241 - 209) : 4 = 8$; β^- : $94 - 8 \cdot 2 + n = 83 \Rightarrow n = 83 + 16 - 94 = 5$.
3. (a) ${}_{90}^{232}\text{Th} \xrightarrow{\alpha} {}_{88}^{228}\text{Ra} \xrightarrow{\beta^-} {}_{89}^{228}\text{Ac} \xrightarrow{\beta^-} {}_{90}^{228}\text{Th} \xrightarrow{\alpha} {}_{88}^{224}\text{Ra} \xrightarrow{\alpha} {}_{86}^{220}\text{Rn} \xrightarrow{\alpha} {}_{84}^{216}\text{Po} \xrightarrow{\alpha} {}_{82}^{212}\text{Pb} \xrightarrow{\beta^-} {}_{83}^{212}\text{Bi} \xrightarrow{\beta^-} {}_{84}^{212}\text{Po} \xrightarrow{\alpha} {}_{82}^{208}\text{Pb}$
- (b) Alle Massenzahlen der Zerfallsreihe sind Vielfache von 4.
- (c) $(231,989\,682\,1 - 227,983\,777\,6 - 4,001\,506\,5) \text{ uc}^2 = 4,1 \text{ MeV}$
 $(211,946\,667\,2 - 211,943\,700\,0 - 5,48580 \cdot 10^{-4}) \text{ uc}^2 = 2,2 \text{ MeV}$

4.

5.

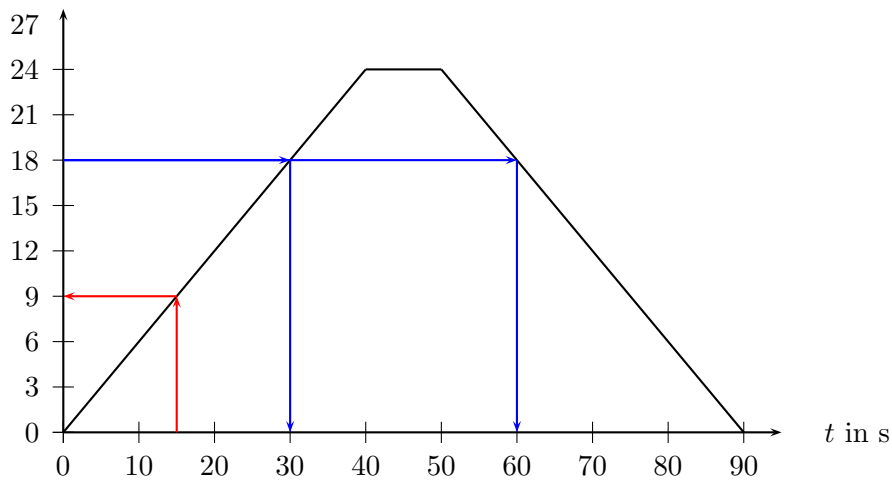
Teil IV.

Kinematik und Dynamik geradliniger Bewegungen

14. Darstellung von Bewegungsabläufen in Diagrammen

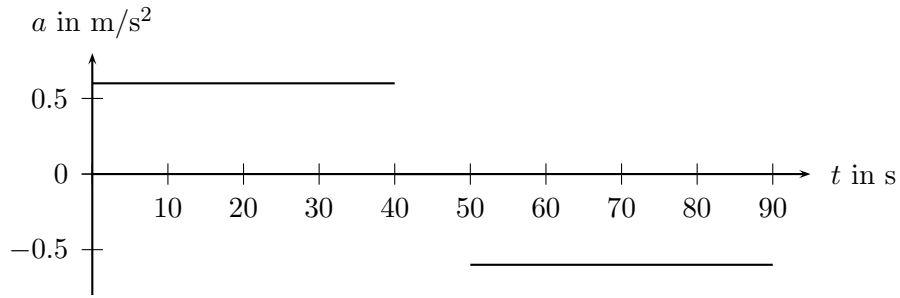
1. Die U-Bahn fährt aus Gründen des Fahrkomforts stets mit konstanter Beschleunigung (dies ist eine idealisierte Annahme).
 - (a) Zeichne das zur Bewegung gehörige $v-t$ - und das $a-t$ -Diagramm.
 - (b) Ermittle grafisch und rechnerisch welche Geschwindigkeit die U-Bahn zur Zeit 15 s hat.
 - (c) Zu welchen Zeitpunkten beträgt die Geschwindigkeit der U-Bahn $64,8 \frac{\text{km}}{\text{h}}$?
 - (d) Welche durchschnittliche Geschwindigkeit hat die U-Bahn während der Zeitdauer von 0 bis 40 s?
 - (e) Wie weit sind die beiden Haltestellen voneinander entfernt?

(a) $t-v$ -Diagramm
 v in m/s



$t-a$ -Diagramm

14. Darstellung von Bewegungsabläufen in Diagrammen



(b) $9 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

(c) $64,8 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 18 \frac{\text{m}}{\text{s}}; t_1 = \frac{v}{a} = 30 \text{ s}, t_2 = 60 \text{ s}$

(d) 12 m/s

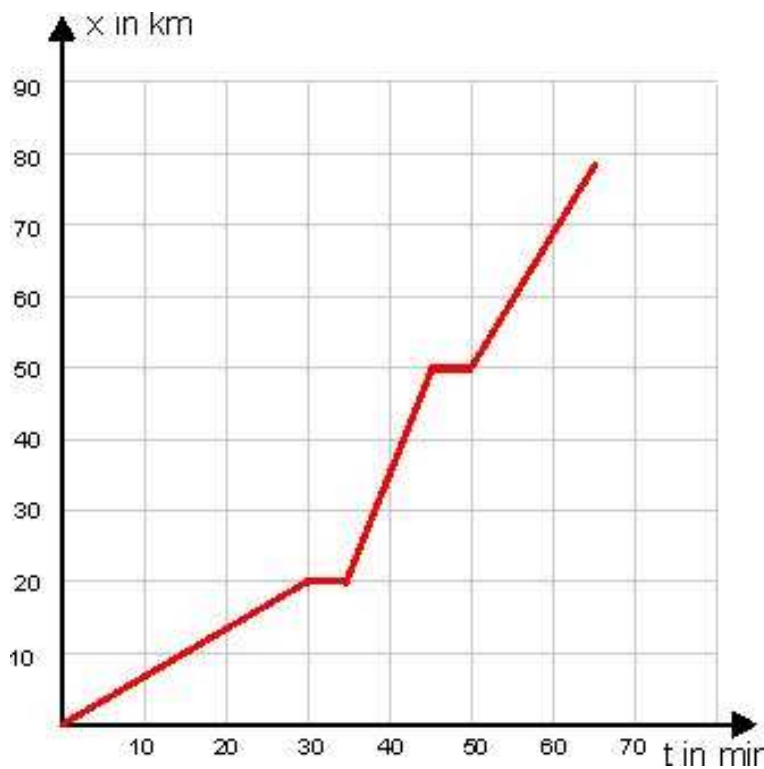
(e) $2 \cdot 12 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 40 \text{ s} + 24 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 10 \text{ s} = 1,2 \text{ km}$

2. (a) $15 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 3,6 = 54 \frac{\text{km}}{\text{h}} > 50 \frac{\text{km}}{\text{h}}$

(b) $-0,33 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}, 0,50 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

(c) $2,7 \text{ km}; 5,6 \text{ km}$

3. (a) Zeit-Orts-Diagramm.



(b) Zwischen Tutzing und Weilheim ist der Zug am schnellsten, da dort die Steigung der Geraden am größten ist.

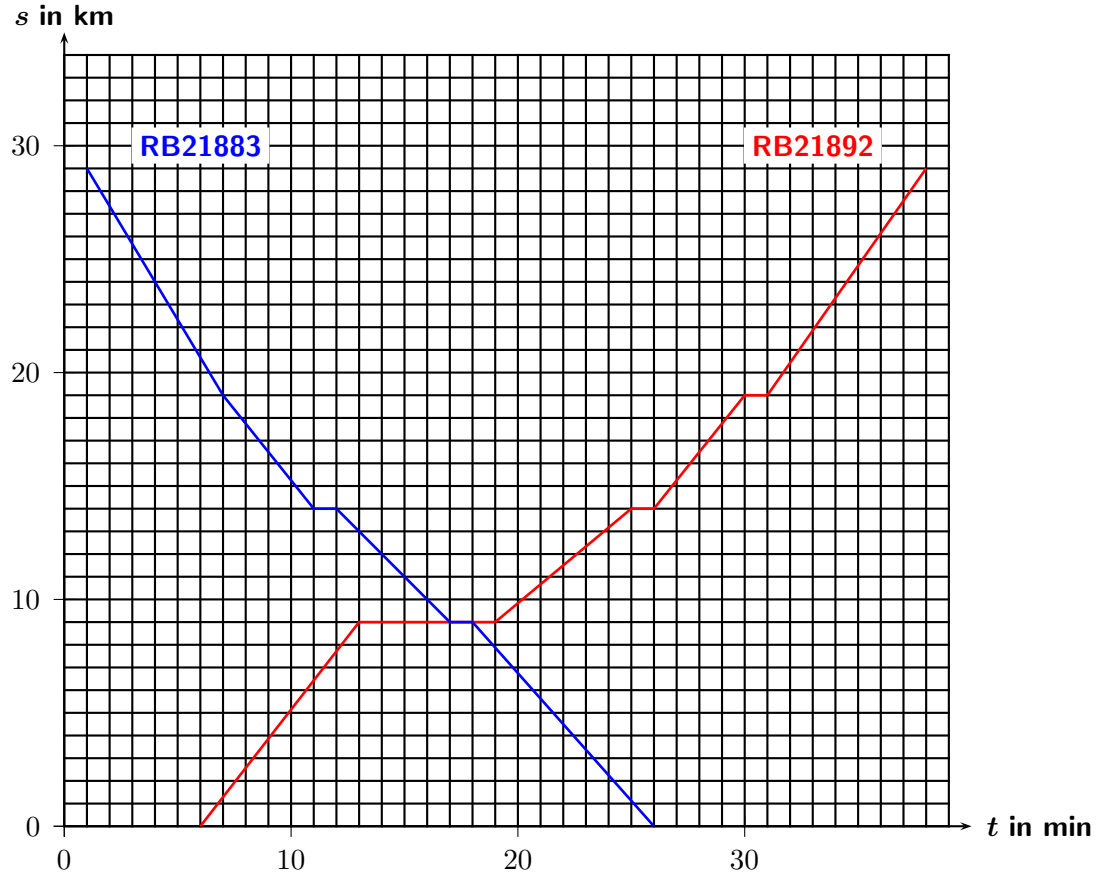
14. Darstellung von Bewegungsabläufen in Diagrammen

Zwischen München und Tutzing ist der Zug am langsamsten, da dort die Steigung der Geraden am kleinsten ist.

$$(c) v = \frac{x}{t} = \frac{78 \text{ km}}{1,083 \text{ h}} = 72 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

$$(d) t = \frac{x}{v} = \frac{60 \text{ km}}{72 \frac{\text{km}}{\text{h}}} = 50 \text{ min}$$

4. (a) t - s -Diagramm: 0 auf der t -Achse entspricht der Uhrzeit 6:50 Uhr.



- (b) **RB21883**

Garmisch-Partenkirchen-Oberau:

$$\frac{9 \text{ km} - 0 \text{ km}}{7 \text{ h } 16 \text{ min} - 7 \text{ h } 8 \text{ min}} = \frac{9 \text{ km}}{8 \text{ min}} = 67,5 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Oberau-Eschenlohe:

$$\frac{14 \text{ km} - 9 \text{ km}}{7 \text{ h } 7 \text{ min} - 7 \text{ h } 2 \text{ min}} = \frac{5 \text{ km}}{5 \text{ min}} = 60 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Eschenlohe-Ohlstadt:

$$\frac{19 \text{ km} - 14 \text{ km}}{7 \text{ h } 1 \text{ min} - 6 \text{ h } 57 \text{ min}} = \frac{5 \text{ km}}{4 \text{ min}} = 75 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Ohlstadt-Murnau:

14. Darstellung von Bewegungsabläufen in Diagrammen

$$\frac{29 \text{ km} - 19 \text{ km}}{6 \text{ h } 57 \text{ min} - 6 \text{ h } 51 \text{ min}} = \frac{10 \text{ km}}{6 \text{ min}} = 100 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

RB21892

Garmisch-Partenkirchen-Oberau:

$$\frac{9 \text{ km} - 0 \text{ km}}{7 \text{ h } 3 \text{ min} - 6 \text{ h } 56 \text{ min}} = \frac{9 \text{ km}}{7 \text{ min}} = 77 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Oberau-Eschenlohe:

$$\frac{14 \text{ km} - 9 \text{ km}}{7 \text{ h } 15 \text{ min} - 7 \text{ h } 9 \text{ min}} = \frac{5 \text{ km}}{6 \text{ min}} = 50 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Eschenlohe-Ohlstadt:

$$\frac{19 \text{ km} - 14 \text{ km}}{7 \text{ h } 20 \text{ min} - 7 \text{ h } 16 \text{ min}} = \frac{5 \text{ km}}{4 \text{ min}} = 75 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Ohlstadt-Murnau:

$$\frac{29 \text{ km} - 19 \text{ km}}{7 \text{ h } 28 \text{ min} - 7 \text{ h } 21 \text{ min}} = \frac{10 \text{ km}}{7 \text{ min}} = 86 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

- (c) Beide Züge sind auf dem Abschnitt von Eschenlohe nach Oberau am schnellsten. Im Diagramm erkennt man das, dass auf diesen Abschnitten die Linien am steilsten sind.
- (d) Das Warten eines Zuges erkennt man im Diagramm, dass die Linie waagrecht verläuft. Die beiden Züge fahren aneinander vorbei, wenn sich ihre Linien schneiden.

Man könnte die RB21892 4 Minuten später losfahren lassen.

- (e) Die beiden Züge sollten dann in Eschenlohe aneinander vorbeifahren. Die RB21892 ist um 7:15 Uhr in Eschenlohe, die RB21883 normalerweise um 7:01 Uhr.

Das heißt die RB21883 sollte dazu 14 Minuten Verspätung haben.

5.

6.

7. Die Startzeit sei $t_0 = 0$.

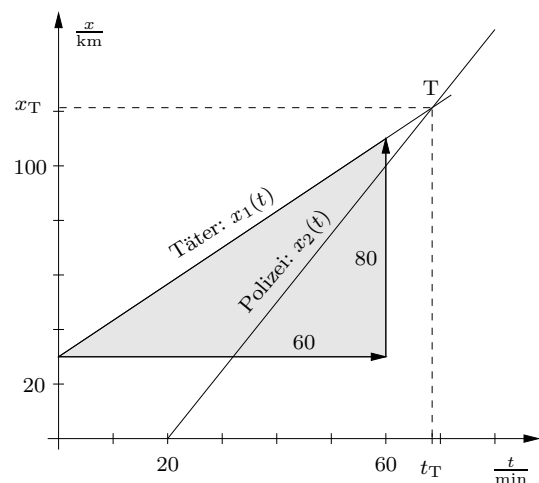
$$x_1(t) = 30 \text{ km} + 80 \frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot t$$

$$\begin{aligned} x_2(t) &= 0 \text{ km} + 150 \frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot \left(t - \frac{1}{3} \text{ h}\right) = \\ &= -50 \text{ km} + 150 \frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot t \end{aligned}$$

$$\text{Treffpunkt: } x_1(t) = x_2(t) \implies$$

$$t_T = \frac{8}{7} \text{ h} \approx 1 \text{ h } 9 \text{ min}$$

$$x_T = 121 \text{ km}$$



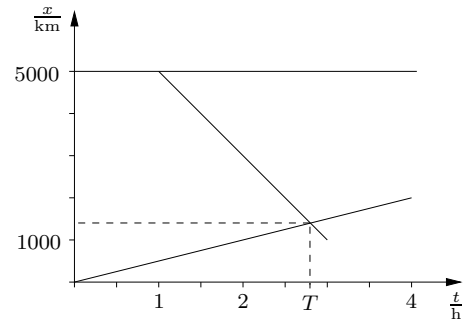
14. Darstellung von Bewegungsabläufen in Diagrammen

8. $R_1: x_1(t) = 500 \frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot t$

$R_2: x_2(t) = 5000 \text{ km} - 2000 \frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot (t - 1 \text{ h}) =$
 $= 7000 \text{ km} - 2000 \frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot t$

$x_1(T) = x_2(T) \implies T = 2,8 \text{ h}$

$x(T) = 1400 \text{ km}$



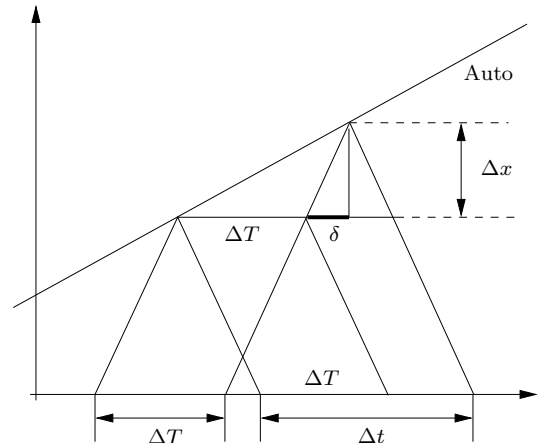
9. $\delta = \frac{1}{2}(\Delta t - \Delta T)$

$\Delta t_1 = \Delta T + \delta = \frac{1}{2}(\Delta t + \Delta T)$

$\Delta x = c \cdot \delta$

$v = \frac{\Delta x}{\Delta t_1} = \frac{c(\Delta t - \Delta T)}{\Delta t + \Delta T}$

$v = \frac{c}{16} = 21,25 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 76,5 \frac{\text{km}}{\text{h}}$



10. (a) Wir denken uns die Autos vorne und hinten um je einen halben Sicherheitsabstand verlängert. Wenn der Anfang A_1 des verlängerten Autos 1 auf das Ende E_2 des verlängerten Autos 2 trifft beginnt der Überholvorgang (Zeitnulpunkt). Der Überholvorgang endet zur Zeit T , wenn E_1 auf A_2 trifft.

$A_2: x_2(t) = g_2 + v_2 t$

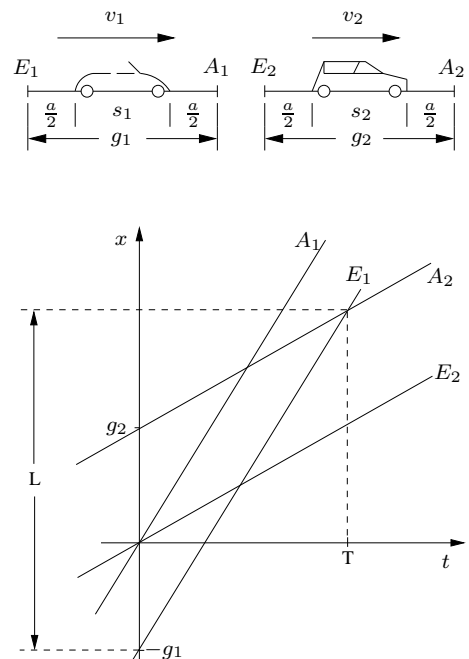
$E_1: x_1(t) = -g_1 + v_1 t$

Aus $x_1(T) = x_2(T)$ folgt

$$T = \frac{g_1 + g_2}{v_1 - v_2} = \frac{s_1 + s_2 + 2a}{v_1 - v_2}$$

und damit

$$L = v_1 T = \frac{v_1(s_1 + s_2 + 2a)}{v_1 - v_2}$$



14. Darstellung von Bewegungsabläufen in Diagrammen

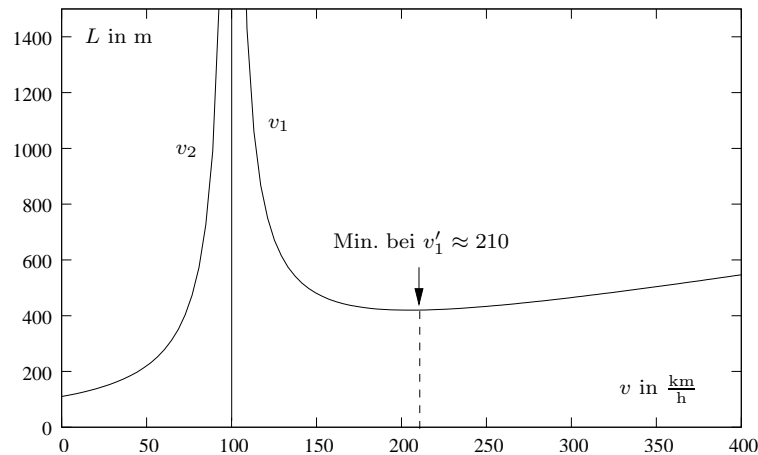
(b) Der Geschwindigkeit $v_1 = 100 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ entspricht der Sicherheitsabstand $a = 50 \text{ m}$, d.h.

$$\alpha = \frac{a}{v_1} = \frac{50 \text{ m}}{100 \frac{\text{km}}{\text{h}}} = \frac{50 \text{ m} \cdot 3600 \text{ s}}{100 \cdot 1000 \text{ m}} = 1,8 \text{ s} = 0,0005 \text{ h}$$

(c) Im Folgenden seien v'_1 und v'_2 die reinen Zahlenwerte der Geschwindigkeiten, d.h. $v_1 = v'_1 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ und $v_2 = v'_2 \frac{\text{km}}{\text{h}}$.

$$L = \frac{v_1(s_1 + s_2 + 2\alpha v_1)}{v_1 - v_2} = \frac{v'_1 \frac{\text{km}}{\text{h}}(10 \text{ m} + 0,001 \text{ h} \cdot v'_1 \frac{\text{km}}{\text{h}})}{v'_1 \frac{\text{km}}{\text{h}} - 100 \frac{\text{km}}{\text{h}}} = \frac{v'_1(10 + v'_1)}{v'_1 - 100} \text{ m}$$

v'_1	105	110	120	140	160	200	300
L in m	2415	1320	780	525	453	420	465



(d)
$$L = \frac{v_1(s_1 + s_2 + 2\alpha v_1)}{v_1 - v_2} = \frac{100 \frac{\text{km}}{\text{h}}(10 \text{ m} + 0,001 \text{ h} \cdot 100 \frac{\text{km}}{\text{h}})}{100 \frac{\text{km}}{\text{h}} - v'_2 \frac{\text{km}}{\text{h}}} = \frac{11000}{100 - v'_2} \text{ m}$$

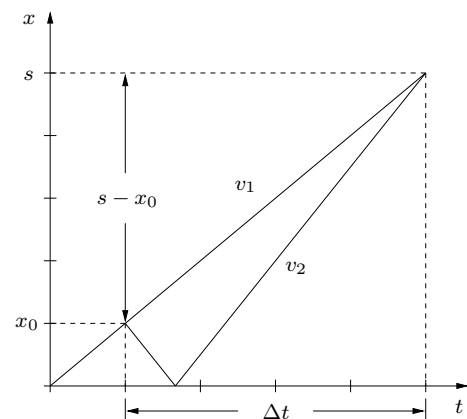
v'_2	0	10	50	70	80	90	95
L in m	110	122	220	367	550	1100	2200

11. In der Zeit Δt , in der Herr Wilhelm die Strecke $s - x_0$ mit der Geschwindigkeit v_1 zurücklegt, läuft Kathi mit der Geschwindigkeit v_2 die Strecke $s + x_0$:

$$\Delta t = \frac{s - x_0}{v_1} = \frac{s + x_0}{1,5 v_1}$$

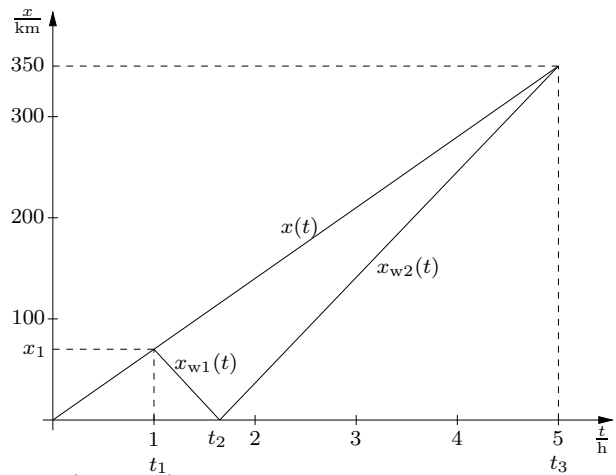
$$1,5 s - 1,5 x_0 = s + x_0$$

$$x_0 = \frac{0,5 s}{2,5} = \frac{s}{5} = 0,2 s$$



14. Darstellung von Bewegungsabläufen in Diagrammen

12. Wohnmobil: $x(t) = v_1 t$
 $x_1 = x(t_1) = v_1 t_1 = 70 \text{ km}$
 Willi zurück zur Wohnung:
 $x_{w1}(t) = x_1 - v_2(t - t_1)$
 Willi erreicht die Wohnung zur Zeit
 $t_2 = t_1 + \frac{v_1 t_1}{v_2} = 1\frac{2}{3} \text{ h} = 1 \text{ h } 40 \text{ min}$
 Willi verfolgt Wohnmobil:
 $x_{w2}(t) = v_2(t - t_2)$
 Treffpunkt zur Zeit t_3 am Ort x_3 :



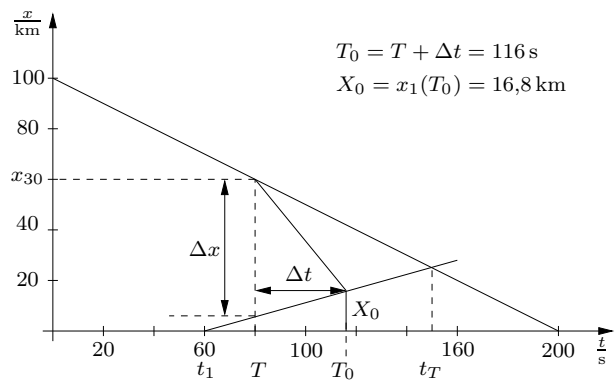
$$v_1 t_3 = v_2(t_3 - t_2) \implies t_3 = \frac{v_2 t_2}{v_2 - v_1} = \frac{(v_2 + v_1)t_1}{v_2 - v_1} = 5 \text{ h}, \quad x_3 = v_1 t_3 = 350 \text{ km}$$

13. (b) Geschw. Bond: $v_2 = -500 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
 Geschw. Rakete: $v_3 = -1200 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
 Blofield: $x_1(t) = v_1(t - t_1)$
 Bond: $x_2(t) = x_{20} + v_2 t$

$$x_1(t_T) = x_2(t_T) \implies$$

$$t_T = \frac{x_{20} + v_1 t_1}{v_1 - v_2} = \frac{118000 \text{ m}}{800 \frac{\text{m}}{\text{s}}} =$$

$$= 147,5 \text{ s}, \quad x_T = 26,25 \text{ km}$$



- (c) Rakete startet zur Zeit T am Ort $x_{30} = x_2(T) = x_{20} + v_2 T$.

In der Zeitspanne $\Delta t = 36 \text{ s}$ legt die Rakete $\Delta x_3 = 43200 \text{ m}$ und Blofield $\Delta x_1 = 10800 \text{ m}$ zurück. Zur Zeit T sind Blofield und Rakete also $\Delta x = \Delta x_1 + \Delta x_3 = 54000 \text{ m}$ voneinander entfernt:

$$x_2(T) - x_1(T) = x_{20} + v_2 T - v_1(T - t_1) = \Delta x$$

$$T = \frac{x_{20} + v_1 t_1 - \Delta x}{v_1 - v_2} = \frac{(100000 + 18000 - 54000) \text{ m}}{800 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = \frac{64000 \text{ m}}{800 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 80 \text{ s}$$

14. Darstellung von Bewegungsabläufen in Diagrammen

14. (a) Umkehrpunkte Fiffi:

$$T_1 = \frac{t_1 + t_2}{2} = 30 \text{ s}$$

$$T_2 = \frac{t_2 + t_3}{2} = 100 \text{ s}$$

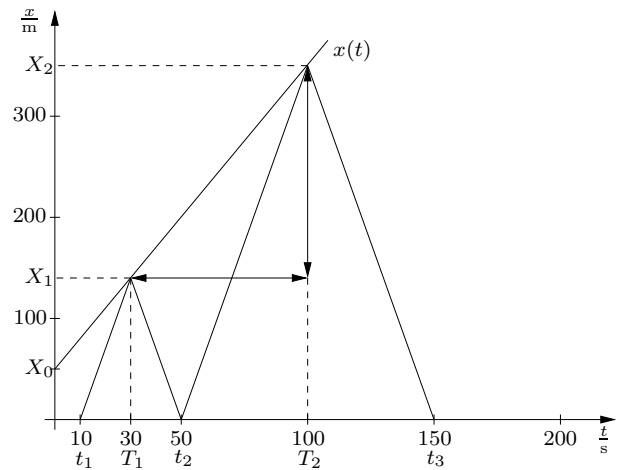
$$X_1 = 7 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot (T_1 - t_1) = 140 \text{ m}$$

$$X_2 = 7 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot (T_2 - t_2) = 350 \text{ m}$$

Herr Gsundsama:

$$v = \frac{X_2 - X_1}{T_2 - T_1} = 3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$x(t) = X_1 + v(t - T_1) = \underbrace{50 \text{ m}}_{x_0} + vt$$

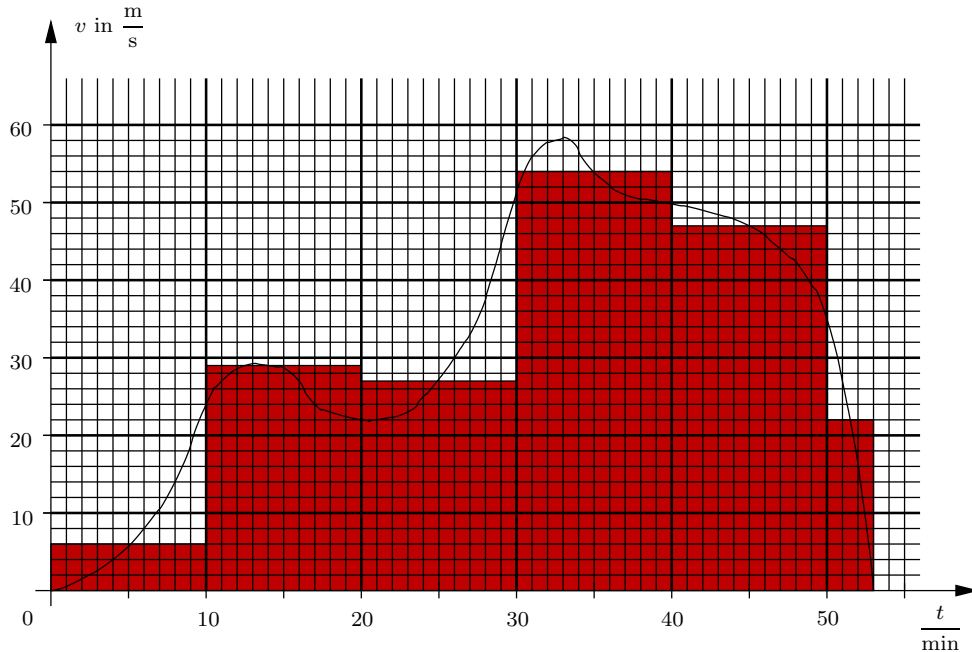


(b) $T_3 = \frac{t_4 + t_5}{2} = 350 \text{ s}$, $X_3 = x(T_3) = 1100 \text{ m}$, $v_{\text{Fiffi}} = \frac{X_3}{T_3 - t_4} = \frac{22}{3} \frac{\text{m}}{\text{s}} = 26,4 \frac{\text{km}}{\text{h}}$

15. (a) $\Delta x = \text{„Fläche unter } tv\text{-Diagramm“} = 25 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 1,5 \text{ s} + \frac{1}{2} \cdot 25 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 4 \text{ s} = 87,5 \text{ m}$

(b) $v(t) = 25 \frac{\text{m}}{\text{s}} - \frac{25}{4} \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (t - 1,5 \text{ s}) = 34,375 \frac{\text{m}}{\text{s}} - 6,25 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot t$

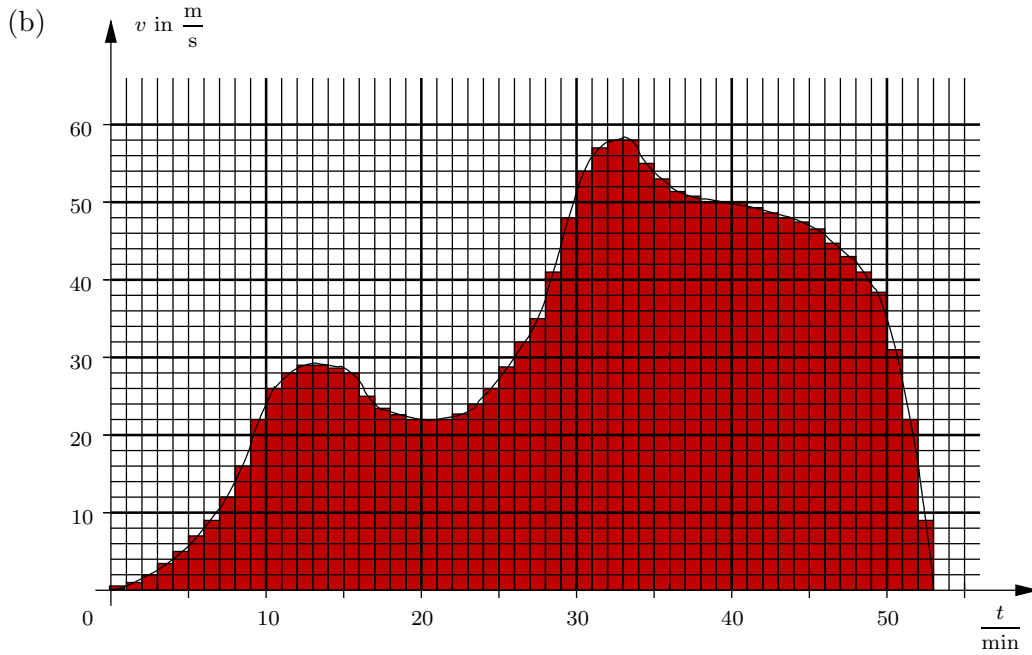
16. (a)



$$\Delta x = (6 + 29 + 27 + 54 + 47) \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 600 \text{ s} + 22 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 180 \text{ s} = 101,76 \text{ km}$$

$$\text{Verbrauch: } \frac{12,3 \text{ l}}{101,76 \text{ km}} = 12,1 \frac{\text{l}}{100 \text{ km}}$$

14. Darstellung von Bewegungsabläufen in Diagrammen



$$\Delta x = (1 + 2 + 3 + 5 + 7 + 9 + 12 + 16 + 22 + 28 + 29 + 29 + 29 + 28 + 25 + 23 + 23 + 22 + 22 + 22 + 23 + 24 + 26 + 29 + 32 + 35 + 41 + 48 + 54 + 57 + 58 + 58 + 58 + 55 + 53 + 51 + 51 + 50 + 50 + 50 + 49 + 48 + 47 + 47 + 45 + 43 + 41 + 38 + 31 + 22 + 9) \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 60 \text{ s} = 101,82 \text{ km}$$

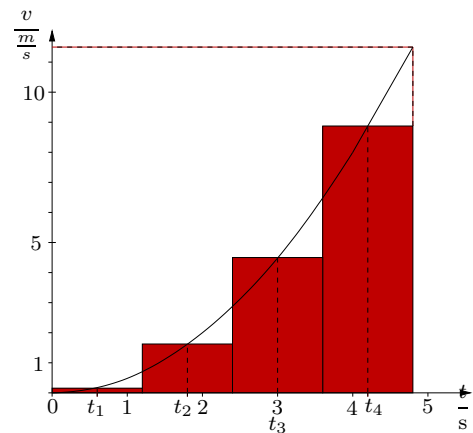
$$\text{Verbrauch: } \frac{12,3 \text{ l}}{101,82 \text{ km}} = 12,1 \frac{\text{l}}{100 \text{ km}}$$

$$\text{Abweichung: } \delta_{\text{rel}} = \frac{101,76 - 101,82}{101,82} = -0,06 \%$$

17. $t_1 = 0,6 \text{ s}$, $t_2 = 1,8 \text{ s}$, $t_3 = 3,0 \text{ s}$, $t_4 = 4,2 \text{ s}$,
 $\Delta t = 1,2 \text{ s}$

$$\begin{aligned} \Delta x &= (v(t_1) + v(t_2) + v(t_3) + v(t_4)) \cdot \Delta t = \\ &= (0,18 + 1,62 + 4,5 + 8,82) \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 1,2 \text{ s} = \\ &= 18,144 \text{ m} \end{aligned}$$

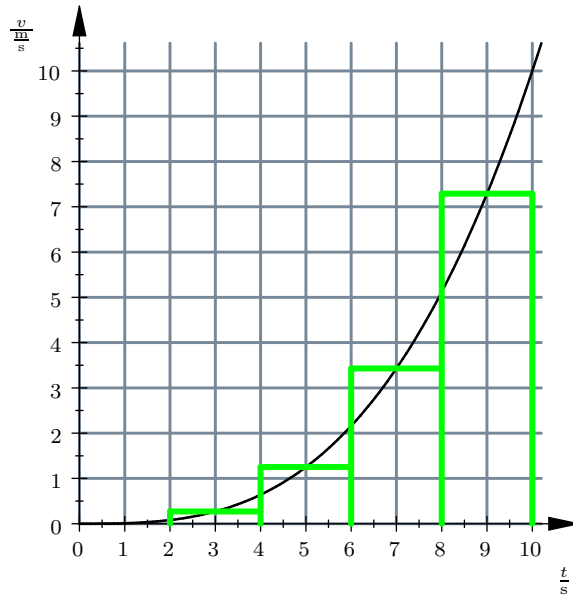
$$\delta_{\text{rel}} = \frac{18,144 - 18,432}{18,432} = -1,56 \%$$



18. (a)

t in s	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
v in $\frac{\text{m}}{\text{s}}$	0	0,01	0,08	0,27	0,64	1,25	2,16	3,43	5,12	7,29	10

14. Darstellung von Bewegungsabläufen in Diagrammen



$$(b) \Delta t = \frac{10 \text{ s} - 2 \text{ s}}{4} = 2 \text{ s}$$

$$\Delta x = \Delta t [v(3 \text{ s}) + v(5 \text{ s}) + v(7 \text{ s}) + v(9 \text{ s})] = 2 \text{ s} \cdot \underbrace{\left[0,27 \frac{\text{m}}{\text{s}} + 1,25 \frac{\text{m}}{\text{s}} + 3,43 \frac{\text{m}}{\text{s}} + 7,29 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right]}_{12,24 \frac{\text{m}}{\text{s}}} =$$

$$24,48 \text{ m}$$

$$(c) \delta_{\text{rel}} = \frac{\Delta x - \Delta x_{\text{exakt}}}{\Delta x_{\text{exakt}}} = \frac{24,48 - 24,96}{24,96} = -0,019 = -1,9\%$$

15. Ermitteln von Bewegungsfunktionen

1. $v = at = 0,25 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 120 \text{ s} = 30 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 108 \frac{\text{km}}{\text{h}}$

2. 46 s

3. $2,4 \cdot 6,1 \text{ s} = 15 \text{ s}$; wegen der Rollreibung und dem mit der Geschwindigkeit zunehmenden Luftwiderstand nimmt die Beschleunigung (bei maximaler und somit konstanter Leistung) stetig ab. Nach Erreichen der Höchstgeschwindigkeit ist sie sogar 0.

4. $s = \frac{a}{2}t^2$ und $v = at \implies s = \frac{a}{2} \cdot \frac{v^2}{a^2} = \frac{v^2}{2a} \implies a = \frac{v^2}{2s} = 1,6 \cdot 10^5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

$t = \frac{v}{a} = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ s}$

5. $a = \frac{v}{t} = \frac{100}{3,6 \cdot 10,8} \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 2,57 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}, \quad s = \frac{a}{2}t^2 = \frac{vt}{2} = 150 \text{ m}$

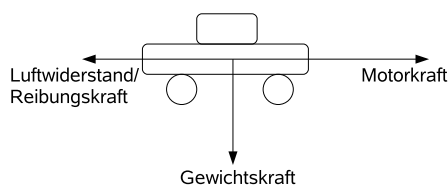
6. $t = \frac{v}{a} = \frac{72}{3,6 \cdot 0,1} \text{ s} = 200 \text{ s}, \quad s = \frac{a}{2}t^2 = 2000 \text{ m}$

7. (a) Die Beschleunigung ist ein Maß dafür, wie sich die Geschwindigkeit im Laufe der Zeit ändert; Beschleunigung ist die Änderung der Geschwindigkeit dividiert durch die zugehörige Zeit

(b) $43 \frac{\text{km}}{\text{h}}, 79 \frac{\text{km}}{\text{h}}$

(c) $a = \frac{22 \frac{\text{m}}{\text{s}} - 12 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{5 \text{ s}} = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

(d) .



8. (a) Z.B. unter der Autobahnbrücke fährt er am Motorradfahrer vorbei, der ihn später wieder überholt

(b) Z.B. der LKW fährt beim Start an ihm vorbei und wird später wieder von ihm überholt

(c) gleichförmige Bewegung des LKW entspricht Abb. (a)

beschleunigte Bewegung des Motorradfahrers entspricht Abb. (c)

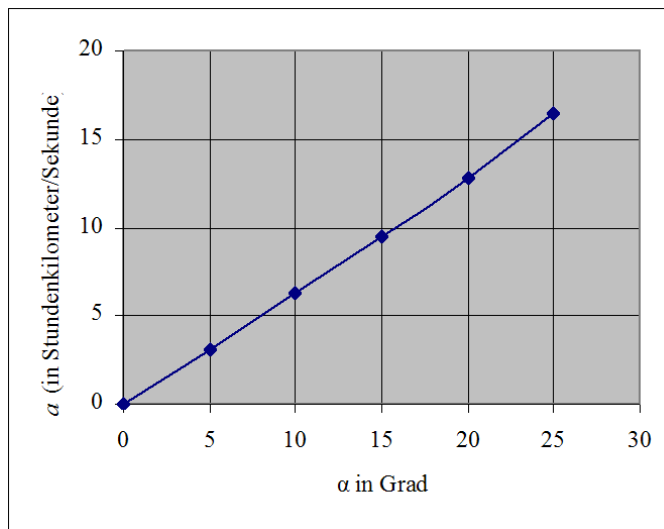
15. Ermitteln von Bewegungsfunktionen

(d)

(e) $v \cdot t = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 \Rightarrow t = \frac{2v}{a}$, hier: $t = 10s$

9. (a) Die Beschleunigungen g senkrecht zur Erdoberfläche und a parallel zur Erdoberfläche werden vektoriell zur Gesamtbeschleunigung addiert. In dem entstehenden rechtwinkligen Dreieck gilt $\tan \alpha = \frac{a}{g}$. Hieraus folgt die Behauptung.
- (b) $a \approx 1,7 \frac{m}{s^2}$ bzw. $a \approx 6,2 \frac{km}{hs}$. Der Ablesefehler beim Goniometer kann auf $\pm 30\%$ ($\pm 3^\circ$) geschätzt werden, der des resultierenden Beschleunigungswertes dann ebenso.
- (c) Für kleine Winkel gilt: $\tan \alpha \approx \alpha$.

α in $^\circ$	0	5	10	15	20	25
a in $\frac{km}{hs}$	0	3,09	6,23	9,46	12,85	16,47



- (d) Es gilt $t = \frac{v}{a} \approx 300 \frac{km}{h} / 6 \frac{km}{hs} = 50s$ (in Übereinstimmung mit der Beobachtung). Die Startbahn muß mindestens so lang sein wie die Strecke $s = \frac{1}{2} a \cdot t^2$ die das Flugzeug in dieser Zeit zurücklegt. Mit den erhaltenen Werten gilt $s = \frac{1}{2} \cdot 1,7 \frac{m}{s^2} \cdot (50s)^2 \approx 2000m$. Aus Sicherheitsgründen (insbesondere für Startabbruch und Notbremsung) sind wirkliche Startbahnen länger (z. B. Frankfurt a.M.: 3600m).

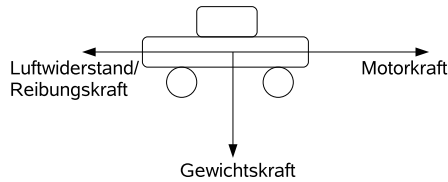
10. (a) Die Beschleunigung ist ein Maß dafür, wie sich die Geschwindigkeit im Laufe der Zeit ändert; Beschleunigung ist die Änderung der Geschwindigkeit dividiert durch die zugehörige Zeit

(b) $43 \frac{km}{h}$, $79 \frac{km}{h}$

(c) $a = \frac{22 \frac{m}{s} - 12 \frac{m}{s}}{5s} = 2 \frac{m}{s^2}$

(d) .

15. Ermitteln von Bewegungsfunktionen



11. (a) $G = mg = 2055000\text{kg} \cdot 9,81\frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 201595500\text{N} = 20160\text{kN}$

(b) $F_{ges} = F - G = 32600\text{kN} - 20160\text{kN} = 12440\text{kN}$

$$a = \frac{F_{ges}}{m} = \frac{12440000\text{N}}{2055000\text{kg}} = 6,1\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

(c) $v = at = 6,1\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 10\text{s} = 61\frac{\text{m}}{\text{s}} = 219\frac{\text{km}}{\text{h}}$

12. (a) Es wirkt die Gewichtskraft, also $g = 9,81\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

(b) $v = 49\frac{\text{m}}{\text{s}} = 177\frac{\text{km}}{\text{h}}$

(c) 0s bis 15s: Es wirken Gewichtskraft und Luftwiderstand. Der Luftwiderstand ist kleiner als die Gewichtskraft und nimmt mit zunehmender Geschwindigkeit zu. Damit nimmt die Gesamtkraft (d. h. auch die Beschleunigung) und damit die Steigung der Kurve im t - v -Diagramm ab.

20s bis 25s: konstante Geschwindigkeit, d. h. Gesamtkraft ist Null, d. h. Luftwiderstand ist genauso groß wie Gewichtskraft.

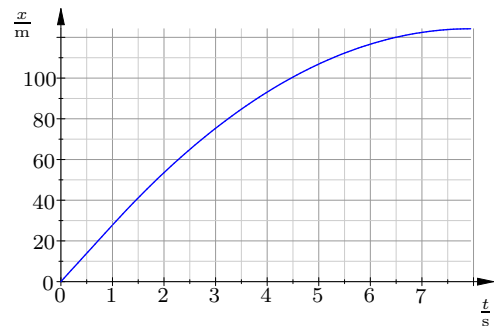
18s bis 31s: Geschwindigkeit nimmt deutlich ab, d. h. Luftwiderstandskraft muss deutlich erhöht werden: Fallschirms wird geöffnet.

13. Der Anhalteweg ist

$$\begin{aligned} s &= v_0 \cdot 1\text{s} + \frac{v_0^2}{2|a|} = \\ &= \frac{100\text{m}}{3,6\text{s}} \cdot 1\text{s} + \frac{100^2\text{m}^2}{2 \cdot 3,6^2\text{s}^2 \cdot 4\frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 124\text{m} \end{aligned}$$

Das Reh hat noch einmal Glück gehabt.

$$x(t) = \begin{cases} v_0 t & \text{für } t \leq 1\text{s} \\ v_0 t + \frac{a}{2}(t - 1\text{s})^2 & \text{für } t > 1\text{s} \end{cases}$$



15. Ermitteln von Bewegungsfunktionen

14. (a) $\frac{a}{2} \cdot (2\text{ s})^2 = 1\text{ m} \implies a = 0,5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

$$v_M = \frac{9\text{ m}}{2\text{ s}} = 4,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

(b) $v_M(t) = 4,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}, \quad v_R(t) = at$

$$x_M(t) = 10\text{ m} + v_M t, \quad x_R(t) = \frac{a}{2} t^2$$

(c) $\frac{a}{2} t^2 = 10\text{ m} + v_M t \quad \left| \cdot \frac{2}{a} \right.$

$$t^2 - 18\text{ s} \cdot t + (9\text{ s})^2 = 40\text{ s}^2 + 81\text{ s}^2$$

$$t = t_3 = 9\text{ s}_{(-)} \quad 11\text{ s} = 20\text{ s}$$

$$x_3 = 10\text{ m} + 90\text{ m} = 100\text{ m}$$

$$v_3 = v_R(t_3) = at_3 = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

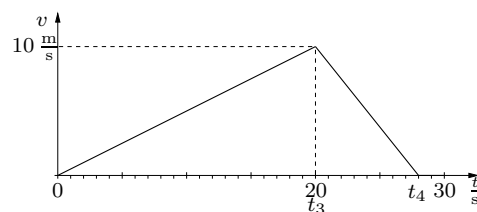
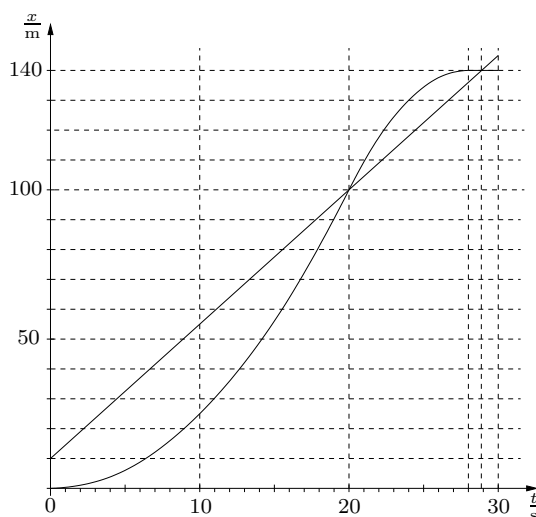
(d) $\Delta t = \frac{10 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{|a'|} = 8\text{ s}, \quad t_4 = 28\text{ s}$

$$x_R(t_4) = x_3 + \frac{1}{2} v_3 \Delta t = 140\text{ m}$$

(e) $x_R(t) = x_3 + v_3(t - t_3) + \frac{a'}{2}(t - t_3)^2$

$$x_R(t) = -350\text{ m} + 35 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot t - 0,625 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot t^2$$

t in s	5	10	24	26
x_R in m	6,25	25	130	137,5



$$x_L(t_5) = 140\text{ m} \implies t_5 = 28,89\text{ s}$$

15. (a) $x_L(t) = 90\text{ m} + v_L t, \quad x_R(t) = \frac{a}{2} t^2$

$$\frac{a}{2} t^2 = 90\text{ m} + v_L t \quad \left| \cdot \frac{2}{a} \right.$$

$$t^2 + 6\text{ s} \cdot t + (3\text{ s})^2 = 72\text{ s}^2 + 9\text{ s}^2$$

$$t = t_1 = -3\text{ s}_{(-)} \quad 9\text{ s} = 6,00\text{ s}$$

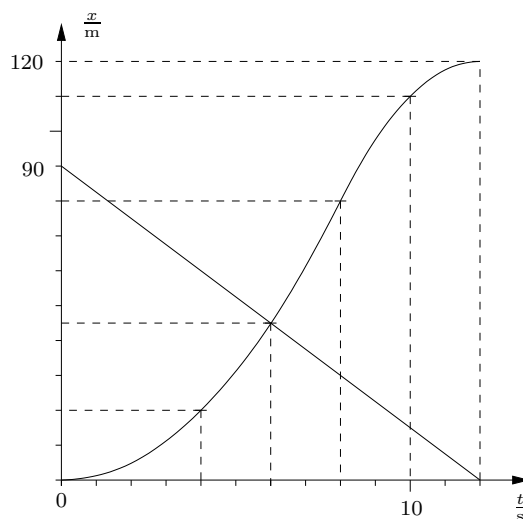
$$x_1 = 90\text{ m} - 45\text{ m} = 45,0\text{ m}$$

$$v_1 = at_1 = 15,0 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

(b) $t_2 = \frac{v_2}{a} = 8,00\text{ s}, \quad \Delta t = \frac{v_2}{|a'|} = 4,00\text{ s}$

$$x_2 = x_R(t_2) = \frac{a}{2} t_2^2 = 80\text{ m}$$

$$t_3 = t_2 + \Delta t = 12,0\text{ s}$$



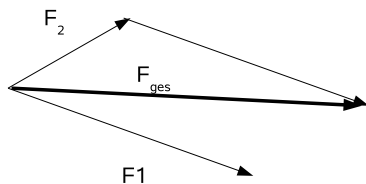
15. Ermitteln von Bewegungsfunktionen

$x_R(4\text{ s}) = 20\text{ m}$. Für $t > t_2$ gilt:

$$\begin{aligned}x_R(t) &= x_2 + v_2(t - t_2) + \frac{a'}{2}(t - t_2)^2 = 80\text{ m} + 20\frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot (t - 8\text{ s}) - 2,5\frac{\text{m}}{\text{s}^2}(t - 8\text{ s})^2 = \\ &= -2,5\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot t^2 + 60\frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot t - 240\text{ m}\end{aligned}$$

$$x_R(10\text{ s}) = (80 + 40 - 10)\text{ m} = 110\text{ m}, \quad x_R(12\text{ s}) = (80 + 80 - 40)\text{ m} = 120\text{ m}$$

16. Kräftezerlegung



- 1.
2. $10,4kN$
3. $304N$
4. (a) $90N$
(b) Kraft wird kleiner

17. Gewichtskraft und freier Fall

1. 1,7

2. (a) Gewichtskraft auf dem Mond: 122N. Also würde er höher springen als auf der Erde.

$$(b) m = \frac{76kg \cdot 9,81 \frac{m}{s^2}}{1,6 \frac{m}{s^2}} = 466kg$$

3. (a) $F = 206N$

(b) Die ortsunabhängige Masse ist nach wie vor 21 kg. Über die ortsabhängige Gewichtskraft kann er keine Aussage machen, da er den Ortsfaktor nicht kennt.

(c) Der Astronaut benötigt z. B. eine kalibrierte (geeichte) Federwaage, mit der er die Gewichtskraft bestimmen kann.

(d) Wenn er ein Drittel der Körner verzehrt, bleiben noch zwei Drittel der Körner übrig. Da die Zahl der Körner proportional zur Masse ist, gilt: $m' = \frac{2}{3} \cdot m = 14kg$

$$(e) F' = m' \cdot g_P \Rightarrow g_P = \frac{206N}{14kg} = 15 \frac{N}{kg}$$

4. Am Boden hängen die Tragflächen durch das Gewicht des Triebwerks und das Eigengewicht nach unten durch. Im Flug hängt ein Flugzeug sozusagen an den Tragflächen (wird durch den Auftrieb an den Tragflächen hochgehoben), diese biegen sich also nach oben durch (außen am meisten). Bei der Boeing 707 liegt die Durchbiegung der Tragflächenspitze (gegenüber der Position am Boden) beim Geradeausflug in ruhiger Luft bei einem Meter. Die Grenzdurchbiegung liegt bei 3m aufwärts und 0,9m abwärts.

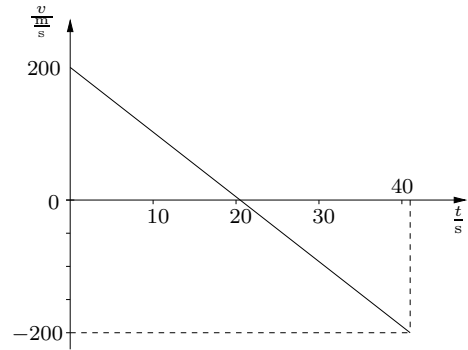
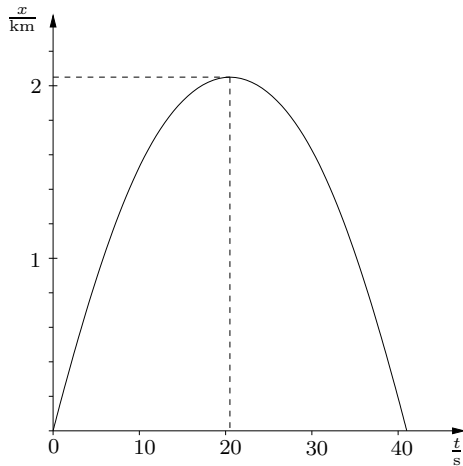
$$5. h = \frac{g}{2} t^2 \quad \Rightarrow \quad t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = 3,50s \quad \Rightarrow \quad v = gt = \sqrt{2gh} = 34,3 \frac{m}{s} = 124 \frac{km}{h}$$

$$6. h = \frac{v^2}{2g} = 20,4m$$

$$7. h = \frac{v_0^2}{2g} = 2,04km, \quad v_a = -v_0$$

$$\text{Zeit bis zur maximalen Höhe: } t_h = \frac{v_0}{g} = 20,4s \quad \Rightarrow \quad t_a = 2t_h = 40,8s$$

17. Gewichtskraft und freier Fall



8. $x_0 = x(t_0) = \frac{a}{2}t_0^2 = 78,48 \text{ m}, \quad v_0 = at_0 = 52,32 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

$$x(t) = \begin{cases} \frac{a}{2}t^2 = 8,72 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot t^2 & \text{für } x \leq t_0 \\ x_0 + v_0(t - t_0) - \frac{g}{2}(t - t_0)^2 = -4,905 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot t^2 + 81,75 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot t - 122,625 \text{ m} & \text{für } x > t_0 \end{cases}$$

$$v(t) = \begin{cases} at = 8,72 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot t & \text{für } x \leq t_0 \\ v_0 - g(t - t_0) = 81,75 \frac{\text{m}}{\text{s}} - 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot t & \text{für } x > t_0 \end{cases}$$

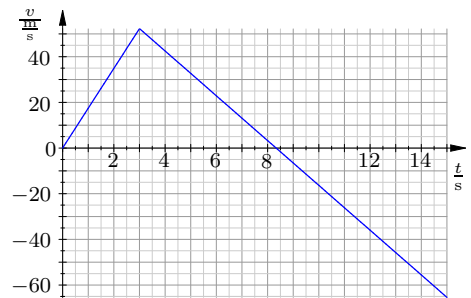
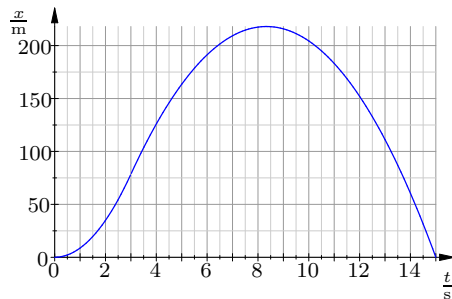
Maximale Höhe h zur Zeit $t_1 \implies v(t_1) = 0 \implies t_1 = 8,33 \text{ s}$

$h = x(t_1) = 218 \text{ m}$

Aufprall am Boden zur Zeit t_2 : Entweder die quadratische Gleichung lösen oder einfacher

die Fallzeit aus der Höhe h zu t_1 addieren: $t_2 = t_1 + \sqrt{\frac{2h}{g}} = 15,0 \text{ s}$

Aufprallgeschwindigkeit: $v_2 = v(t_2) = -65,4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$



9. (a) $x_k(t) = h - \frac{g}{2}t_1^2 = x_1 \implies t_1 = \sqrt{\frac{2(h - x_1)}{g}} = 3,00 \text{ s}$

$$v_A = \frac{x_1}{t_1} = 15,0 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 54,0 \frac{\text{km}}{\text{h}}, \quad v_1 = -gt_1 = -30,0 \frac{\text{m}}{\text{s}} = -108 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Relativ zum Aufzug ist die Aufprallgeschwindigkeit $v_1 - v_A = -45,0 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

17. Gewichtskraft und freier Fall

$$(b) \quad v_{H1} = v_A, \quad v_H(t) = v_A - g(t - t_1), \quad v_H(t_2) = 0 \quad \implies \quad t_2 = t_1 + \frac{v_A}{g} = 4,50 \text{ s}$$

$$x_{H2} = x_H(t_2) = \underbrace{x_1 - 1 \text{ m}}_{44\text{m}} + \underbrace{v_A(t_2 - t_1)}_{22,5 \text{ m}} - \underbrace{\frac{g}{2}(t_2 - t_1)^2}_{11,25 \text{ m}} = 55,25 \text{ m}$$

$$\frac{m}{2} v_{H3}^2 = mgx_{H2} \quad \implies \quad v_{H3} = -\sqrt{2gx_{H2}} = -\sqrt{1105} \frac{\text{m}}{\text{s}} = -33,2 \frac{\text{m}}{\text{s}} = -120 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Teil V.
Profilbereich

18. Elektrotechnik

19. Halbleiter

20. Neurobiologie

21. Transport und Verkehr