

**Atombau**

**Atom-Modelle**

- A2a** Dodekaeder
- A2b** Tetraeder, Hexaeder, Oktaeder, Ikosaeder
- A2c** frühes Atommodell Platons: Welt besteht aus Teilchen in Form dieser Körper
- A4a** Spekulation vs. Experiment
- A4b** Empedokles aus Akragas (495-435)
- A4c** fünfter Grundstoff für Geist/Seele
- A6**  $\frac{O}{N} : \frac{16}{28} : \frac{16}{14} : \frac{48}{28} : \frac{32}{14} : \frac{80}{28} : \frac{48}{14} = 1 : 2 : 3 : 4 : 5 : 6$

**Größe von Atomen**

- A60**  $h = 0.90 \text{ nm}$  **A62a**  $140 \text{ m}$
- A62b** etwas mit  $22 \mu\text{m}$
- A62c** 1-dot-Kern  $\rightarrow 42 \text{ cm}$  Hülle
- A64a**  $10^{14} \text{ m}$ ,  $100 \text{ Mrd. km}$  **A64b**  $10000 \text{ m}^2$
- A66**  $10^{-12}$   $2000 \text{ t}$
- A68**  $N = 10^{16}$   $A = 1 \text{ cm}^2$   $d = 1.13 \text{ cm}$
- A70**  $2 \cdot 10^{25}$  **A72**  $10 \text{ cm} \rightarrow 10 \text{ km}$

**Nuklide**

- A120** Cu:(34|29), Au197:(118|79), Au198:(119|79), He:(2|2), U:(143|92)
- A122** zeilenweise parallel zur 2. Winkelhalbierenden
- A124** -4 Neutronen **A126**  $1 : 1 (3 : 2)$
- A128a** 5p, 6n **A128b**  $1.827 \cdot 10^{-23} \text{ g}$
- A128c**  $^{12}\text{C}$   $^{10}\text{B}$   $^{12}\text{B}$   $^{10}\text{Be}$
- A130**  $24\text{p}, 28\text{n}$   $8.635 \cdot 10^{-23} \text{ g}$   $^{53}\text{Mn}$   $^{51}\text{Cr}$   $^{53}\text{Cr}$   
 $^{51}\text{V}$
- A132**  $0.2 \cdot 10 + 0.8 \cdot 11 = 10.8$  **A134** Strontium
- A136**  $235 + 2 - 137 - 96 = 3$  **A138**  $^{137}_{56}\text{Ba}$

**Stoffmenge**

- A180**  $N_A \cdot 1 \text{ u} = 1 \text{ g}$
- A182a**  $A_{\text{Ammoniak}} = 17.03056$   $n = 3.4/17.03056 \text{ mol} = 0.19964 \text{ mol} \rightarrow 0.19964 N_A \text{ Stück} = 1.20224 \cdot 10^{23}$  (mit  $A = 17: 1.2044 \cdot 10^{23}$ )
- A182b**  $A = 18.01528$   $n = 199.83 \text{ mol}$   $1.2034 \cdot 10^{26}$  (1.2044)
- A182c**  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$   $A = 46.06904$   $n = 0.021707 \text{ mol}$   
 $1.30717 \cdot 10^{22}$  (1.30913)
- A184a**  $6 \cdot 6 + 12 + 6 \cdot 8 = 96$
- A184b**  $2 \cdot N_A \cdot (6 + 4) = 12.044 \cdot 10^{24}$
- A184c**  $4/(23 + 35.5) \cdot N_A \cdot (11 + 17) = 1.153 \cdot 10^{24}$
- A184d**  $\frac{1000 \text{ g}}{18 \text{ g/mol}} \cdot N_A \cdot 10 \text{ Pr./Molek.} = 3.3456 \cdot 10^{26}$
- A186**  $1.4285 \frac{\text{g}}{\text{dm}^3}$  **A188**  $2.007 \cdot 10^{14} \text{ s} = 6.365 \cdot 10^6 \text{ a}$
- A190a**  $d = 1.5 \cdot 10^{11} \text{ m}$   $n = 2.5 \cdot 10^{13} = 4.15 \cdot 10^{-11} \cdot N_A$
- A190b**  $A_{\text{D}} = 357114 \text{ km}^2$   $40.471 \text{ km}$

**Kernenergie**

- A240a** el. neutrale Neutronen, el. positive Protonen, mit etwa gleicher Masse von 1 u

- A240b** Nukleonen
- A240c** Coulomb-Kraft zw. Protonen: abstoßend starke oder Kernkraft zw. beliebigen Nukleonen: anziehend, kürzere Reichweite, darin stärker als Coulomb-Kraft
- A242a** Zusammenhalt von Atomkernen trotz Coulomb-Abstoßung
- A242b** starke Kraft
- A242c** Neutronen, mangels Abstoßung
- A244** zum Lösen der Bindung benötigte Energie
- A246** abstoßende Protonen, zerfallende Neutronen
- A248**  $56 \cdot 1.4080 \text{ pJ} = 78.848 \text{ pJ}$
- A250** benötigt:  $210 \cdot (1.2287 - 1.2049) \text{ pJ} = 4.998 \text{ pJ}$
- A252a**  $n = N_A/4$   $W = n \cdot 26 \text{ MeV} = 627 \text{ GJ}$
- A252b**  $20.9 \text{ t}$
- A254a**  $(144 \cdot 1.3243 + 89 \cdot 1.3806 - 235 \cdot 1.2162) \text{ pJ} = 27.7656 \text{ pJ}$
- A254b**  $n = N_A/235$   $W = n \cdot 27.7656 \text{ pJ} = 71.15 \text{ GJ}$
- A254c**  $2.37 \text{ t}$  **A256**  $6.26 \mu\text{g}$  **A258a**  $96.85\%$
- A258b**  $1.2223 \text{ pJ}$  **A260a**  $z = 2$   $\text{Xy} = \text{He}$
- A260b**  $(2 \cdot 0.1782 + 3 \cdot 0.4529 + 2.8173) \text{ pJ}/4 = 1.1331 \text{ pJ}$
- A262a**  $1.1652 \text{ pJ}$  **A262b**  $7.0168 \cdot 10^{11} \text{ J}$
- A262c**  $5.8474 \cdot 10^{10} \text{ J}$  **A264**  $13.923 \cdot 10^{18} \text{ J}$

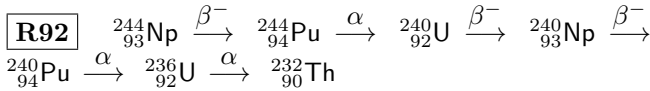
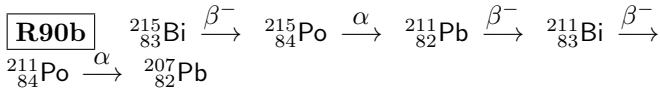
**Radioaktivität**

**alpha,beta,gamma**

- R4**  $^1_0\text{n} \rightarrow ^1_1\text{p} + e^-$  **R6a**  $^{211}_{82}\text{Pb}$
- R6b**  $^{215}_{83}\text{Bi}$   $^{219}_{86}\text{Rn}$  **R8a**  $^{166}_{76}\text{Os}$
- R8b**  $^{197}_{79}\text{Au}$  **R8c**  $\alpha$   $\text{Pt}176$  **R10a**  $^{186}_{75}\text{Re}$
- R10b**  $^{182}_{74}\text{W}$  **R12**  $\text{Tl}205$  **R14**  $\frac{2}{3} < \frac{z}{n} < 1$
- R18a** ③= $\alpha$  ②= $\beta$  ①= $\gamma$  **R18b** nach oben
- R18c** dicke Bleischicht
- R20**  $^1_0\text{n} \rightarrow ^1_1\text{p} + e^-$   $^{233}_{91}\text{Pa}$

**Zerfallsreihen**

- R80**  $\text{U}235 \rightarrow \text{Pb}207$   $\text{U}238 \rightarrow \text{Pb}206$   $\text{Th}232 \rightarrow \text{Pb}208$
- $\text{Np}237 \rightarrow \text{Bi}209$
- R82**  $^{233}_{91}\text{Pa}$   $^{209}_{83}\text{Bi}$
- R84b**  $^{215}_{84}\text{Po} \xrightarrow{\alpha} ^{211}_{82}\text{Pb} \xrightarrow{\beta^-} ^{211}_{83}\text{Bi} \xrightarrow{\alpha} ^{207}_{81}\text{Tl} \xrightarrow{\beta^-} ^{207}_{82}\text{Pb}$
- R84c**  $^{212}_{82}\text{Pb}$
- R86a**  $^{237}_{92}\text{U} \xrightarrow{\beta^-} ^{237}_{93}\text{Np} \xrightarrow{\alpha} ^{233}_{91}\text{Pa} \xrightarrow{\beta^-} ^{233}_{92}\text{U} \xrightarrow{\alpha} ^{229}_{90}\text{Th} \xrightarrow{\alpha} ^{225}_{88}\text{Ra}$
- R86b**  $^{223}_{86}\text{Rn} \xrightarrow{\beta^-} ^{223}_{87}\text{Fr} \xrightarrow{\beta^-} ^{223}_{88}\text{Ra} \xrightarrow{\alpha} ^{219}_{86}\text{Rn} \xrightarrow{\alpha} ^{215}_{84}\text{Po}$
- R88a**  $^{255}_{99}\text{Es} \xrightarrow{\alpha} ^{251}_{97}\text{Bk} \xrightarrow{\beta^-} ^{251}_{98}\text{Cf} \xrightarrow{\alpha} ^{247}_{96}\text{Cm}$
- R88b**  $^{253}_{98}\text{Cf} \xrightarrow{\beta^-} ^{253}_{99}\text{Es} \xrightarrow{\alpha} ^{249}_{97}\text{Bk} \xrightarrow{\beta^-} ^{249}_{98}\text{Cf}$
- R88c**  $^{148}_{61}\text{Pm} \xrightarrow{\beta^-} ^{148}_{62}\text{Sm} \xrightarrow{\alpha} ^{144}_{60}\text{Nd} \xrightarrow{\alpha} ^{140}_{58}\text{Ce}$
- R90a**  $^{223}_{87}\text{Fr} \xrightarrow{\beta^-} ^{223}_{88}\text{Ra} \xrightarrow{\alpha} ^{219}_{86}\text{Rn} \xrightarrow{\alpha} ^{215}_{84}\text{Po} \xrightarrow{\alpha} ^{211}_{82}\text{Pb}$



**Aktivität**

- R140** 10000 Kernzerfälle pro Sekunde **R142** 20 kBq  
**R146a** 144000 **R146b**  $4\frac{1}{6}$  s **R148a** 9 984 793 600

**R148b** Aktivität nimmt mit der Anzahl ab  
 (9 984 805 156)

- R150**  $\rightarrow \leq \frac{1}{9}$  **R152a** 460 kBq **R152b** 4.348 pg

- R154a** 100 · die von L **R154b** 1/100 · die von L

**R156** zerfalle einer Halbwertszeit Tochtersubstanz  
 langen Präparat konstant Aktivität Tochter  
 weniger Mutter mehr nachgebildet Tochter  
 zunimmt Aktivität höher die von M zu  
 Gleichgewicht Tochter Aktivitäten  
 übereinstimmen 19

**Zerfallsgesetz**

- R200a** Raumbbruchteil:  $2/314 = 0.63662\%$   
 $A = 3700.8 \text{ Bq}$   
 „mindestens“: Absorption, Totzeit, Wirkungsquerschnitt

- R200b**  $A_{GMZ} = (23.56 - 0.75) \text{ Bq} = 22.81 \text{ Bq}$   
 $A_{Pr} > 3583 \text{ Bq}$

- R202a**  $1.6(2.26, 1.13) \cdot 10^{21}$  **R202b**  $3.2 \cdot 10^{20}$

- R202c** 1108 min **R204** 38 s (76 s, 126 s, 252 s)

- R206a** 99.8 (97.7, 89.1) **R206b** 12.2 **R208** 28 s

- R210** mehr **R212**  $\ln(0.9)/\ln(0.5) = 15.2\%$

- R214** 44.5% **R216**  $n_0/8 = 0.15 \text{ mol}$

- R218** 89 → 79% **R222a** länger **R222b**  $\frac{4}{9}$

- R222c**  $T_H = 10 \text{ min} \cdot \frac{\ln(1/2)}{\ln(2/3)} = 17.095 \text{ min}$

- R224a**  $7.144 \cdot 10^{21}$  **R224b** 34057 a

- R224c**  $8.792 \cdot 10^{19}$  **R226a**  $T_H = 12 \text{ s}$

- R226b**  $T_H = 25 \text{ min}$

- R226c** Punkte liegen etwa auf Geraden

- R228** nach 25 bzw.  $17\frac{1}{2}$  Tagen **R230a** 22.559 mmol

- R230b**  $t = T_H \cdot \frac{\ln(1/5)}{\ln(1/2)} = 1804.138 \text{ s}$  **R232** 160183 a

- R234**  $T_H > 13.1576 \text{ s}$  ( $T_H = 13.5 \text{ s}$ )

- R236**  $0.5^6 = 1.5625\%$  **R238** 8.02 d

- R240a**  $m(t) = 50 \text{ mg} \cdot 0.14694 = 7.3471 \text{ mg}$   
 $\Delta m = -42.653 \text{ mg}$

- R240b**  $T_H = 2 \text{ s}$   $N(t) = 3 \cdot 10^{20} \cdot 0.044194 = 1.3258 \cdot 10^{19}$

- R240c**  $N(t) = N_0 \cdot 17.678\%$  **R242** 41.5%

- R244a**  $T_H = 55.6 \text{ s}$   $N(180 \text{ s}) = N_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{3.2374} = N_0 \cdot 0.10603 = 2.6508 \cdot 10^{17}$

- R244b**  $1 - (1/2)^3 = 7/8$

- R244c**  ${}^{220}_{86}\text{Rn} \rightarrow {}^{216}_{84}\text{Po} \rightarrow \dots \rightarrow {}^{208}_{82}\text{Pb}$

- R246a** 50% **R246b** 25%

- R246c**  $1 - \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{1}{2}} = 29.29\%$

**Altersbestimmung**

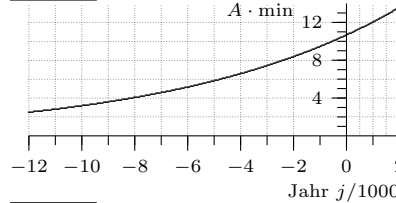
alle Lösungen in dieser Sammlung gehen für frisches Holz von 13.6 Zerfällen pro Minute und Gramm C aus

- R300** 1532 a **R302** 2542 a **R304** 15000 a

- R306** [ $\text{Jahr} \cdot \text{min}^{-1}$ ] 1492:12.77 (800:11.75, 300:11.06, -330:10.25, -1000:9.45, -2550:7.83)

- R308** 2856 Bq

- R310** für heute=2021:  $A(j) = \frac{13.6}{\text{min}} \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{2021-j}{5730}}$



- R312** Rate müsste sein: 12.175/g/min  $\Rightarrow$  Figur nicht so alt  
 tatsächliches Alter: 540 a, Holz der Figur demnach ca. 1460-70 gefällt

**Dosimetrie**

- R360** Energiedosis  $\times$  Qualitätsfaktor der Strahlung

- R362a**  $0.2 \frac{\text{mJ}}{\text{kg}} : 1 = 0.2 \text{ mGy} = 20 \text{ mrd}$

- R362b**  $0.2 \text{ mGy} \cdot 0.8 \text{ kg} = 0.16 \text{ mJ}$

- R362c**  $0.2 \text{ mSv} \cdot 12\% = 0.024 \text{ mSv}$  **R364** 25.932 h

- R366**  $T_{bio}$  beschreibt Verweildauer im Körper bis Ausscheidung.  $1/T_{eff} = 1/T_{phy} + 1/T_{bio}$

- R368** somatische Schäden: ja Krebs: nein

- R370a** Ionisierung

- R370b** Schädlichkeit hängt auch ab von: 1) Art der Strahlung, 2) bestrahlte Organe

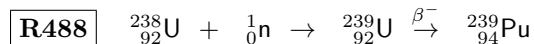
- R370c** Dosis  $\rightarrow$  Schwere der Übelkeit und  $\rightarrow$  Wahrscheinlichkeit der Entstehung von Krebs

**Kritikalität**

- R420** +62.89% **R422**  $\frac{\ln(10)}{\ln(1.01)} = 231.4$

- R424**  $\sqrt[50]{2} = 1.01396$  **R426**  $3^8 = 6561$

**Kernkraftwerke**



- R490** ohne Wasser keine ausreichende Moderation

Nachzerfallswärme

- R492**  $V = 515 \text{ cm}^3$   $d = 10 \text{ cm}$

- R496**  ${}^1_1\text{H}$ : Abbremsung des Neutrons  ${}^{238}_{92}\text{U}$ : Bildung von  ${}^{239}_{94}\text{Pu}$   ${}^{235}_{92}\text{U}$ : Spaltung

- R498**  ${}^{90}_{38}\text{Sr}$  **R500a** wird frei

- R500b**  $235 + 1 - 137 - 96 = 3$

**Lineare Bewegung**

**Geschwindigkeit**

- B2a** 20 km **B2b**  $1\frac{1}{4} \text{ h} = 1 \text{ h} 15'$

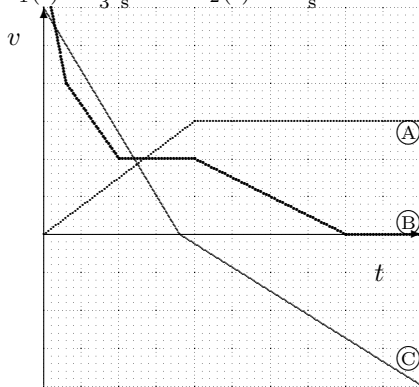
- B4a** 1620 s = 27 min **B4b**  $32.4 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 9 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

- B6a**  $\Delta s = v \cdot \Delta t = 14 \text{ km}$

- B6b**  $\Delta t = \Delta s/v = 400 \text{ m}/33\frac{1}{3} \frac{\text{m}}{\text{s}} = 12 \text{ s}$
- B8a**  $13 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 3.611 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
- B8b**  $6.5 \text{ km} - 4.75 \text{ km} = 1.75 \text{ km}$     **B10**  $0.856 \frac{\mu\text{m}}{45 \text{ min}}$
- B12a** 1.2 m    **B12b** 30 s
- B14**  $s_1 = 117\,000 \text{ km}$      $v = 263\,000 \text{ km}/210 \text{ min} = 1252.4 \frac{\text{km}}{\text{min}}$
- B16b**  $\Delta t = \Delta s/v = 200 \text{ s}$     **B18a** 42 min
- B18b** 36 min    **B20a**  $2754 \frac{\text{km}}{\text{h}}$     **B20b**  $299.6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

~~~~~ **s(t)-Diagramme** ~~~~~

- B80a** 1.5 km/min    **B80b** 0.3 km/min
- B80d** 0.75 km/min    **B82a** 360 m    **B82b** 170 s
- B82c**  $s(t) = 120 \text{ m} + 4 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot t$     **B84b** 8 m/s    20 m/s
- B86a** Bewegung in s-Richtung bzw. entgegen
- B86b** in s-Richtung mit zunehmender Geschwindigkeit
- B86c** Stillstand
- B86d** Richtungswechsel rückwärts → vorwärts
- B88a** schnell → langsam → schnell    **B90a** 1 m
- B90b** 7.5 s    **B90c**  $\frac{1 \text{ m}}{3 \text{ s}}$     **B90d**  $2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$     **B90e**  $0.75 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
- B90f** Knick  $\hat{=} a, F = \infty$
- B92a**  $s_1(t) = 1.5 \frac{\text{km}}{\text{min}} \cdot t$      $s_2(t) = \frac{1}{3} \frac{\text{km}}{\text{min}} \cdot t + 3\frac{1}{3} \text{ km}$
- B92b**  $s_1(t) = \frac{1}{3} \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot t$      $s_2(t) = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot t - 10 \text{ m}$



**B94b**

- B98a** ①: aus Ruhe beschleunigt    ②: gleichförmig    ③: Abbremsung    ④: Stillstand
- B98b**  $5,1 \text{ m} - 0,6 \text{ m} = 4,5 \text{ m}$
- B98c**  $v = 1,5 \text{ m}/30 \text{ s} = 5 \text{ cm/s}$
- B98d**  $4,5 \text{ m}/150 \text{ s} = 3 \text{ cm/s}$
- B100** ①: aus Ruhe beschleunigt    ②: gleichförmig    ③: Abbremsung    ④: Stillstand
- $\Delta s = 2,5 \text{ m} - 0,25 \text{ m} = 2,25 \text{ m}$      $\hat{v} = -3,75 \text{ cm/s}$
- $\bar{v} = -2,25 \text{ m}/100 \text{ s} = -2,25 \text{ cm/s}$     **B102a** 4350 m
- B102b** 500 m    **B102c**  $-70 \frac{\text{m}}{\text{s}}$     **B102d**  $-5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
- B102e** 145 s

~~~~~ **Funktion s(t) = vt + s<sub>0</sub>** ~~~~~

- B160a** der blaue    **B160b** zu  $t = 9.5 \text{ s}$  bei  $s = 89 \text{ cm}$
- B162a**  $s_F(t) = v_F \cdot t$      $s_M(t) = v_M \cdot t + 2.4 \text{ km}$
- B162b**  $t = 6000 \text{ s}$     **B162c** 30 km
- B162d**  $s_F(t) = v_F t - 2.4 \text{ km}$      $s_M(t) = v_M t$      $t = 6000 \text{ s}$   
 $s = 27.6 \text{ km}$
- B164**  $t_F = 3120 \text{ s}$      $s = 15.6 \text{ km}$     **B166** 500 s
- B168** 77.1 s    535.7 m
- B170a** ab Start Quasimodo:  $t = 12 \text{ s}$      $s = 62.4 \text{ m}$   
(Vorsprung = 48 m)

- B170b** für ganze Reihe:  $t_F = 65 \text{ s}$      $t_Q = 40 \text{ s} + 15 \text{ s}$  es bleiben 10 s
- B170c** Esmeralda
- B172a** G. erreicht Stelle nach: 2 h 50'    T. braucht 1 h 45' 1 h 5' warten
- B172b**  $24.706 \frac{\text{km}}{\text{h}}$
- B174**  $t = 1080 \text{ s} (13^{08})$      $s_K = 3348 \text{ m} = (7020 - 3672) \text{ m}$
- B176** bei  $t = 48 \text{ s}$  erreicht ihn das Wasser 12 m vor Rohrende
- B178a**  $s_{\text{Marvin}}(t) = 4,5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot t$      $s_{\text{Oma}}(t) = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot t + 20 \text{ m}$   
 $s_{\text{Robin}}(t) = -4,5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot t + 85 \text{ m}$
- B178b** Marvin:  $t = 8 \text{ s}$      $s = 36 \text{ m}$
- Robin:  $t = 10 \text{ s}$      $s = 40 \text{ m}$
- B178c**  $s_{\text{Oma}}(t) = 65 \text{ m} - 2 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot t$
- B180a**  $120 \frac{\text{m}}{\text{min}} \cdot t = 12600 \text{ m} - 300 \frac{\text{m}}{\text{min}} \cdot t$  nach 30 min, um 9.05 Uhr
- B180b**  $120 \frac{\text{m}}{\text{min}} \cdot t + 12600 \text{ min} = 300 \frac{\text{m}}{\text{min}} \cdot t$  nach 70 min, um 9.45 Uhr
- B180c**

|                | F1        | F2        | F3          |
|----------------|-----------|-----------|-------------|
| <b>B182</b> E1 | 5 s 4 m   | 50 s 40 m | 500 s 400 m |
| E2, E3         | 0.5 s 4 m | 5 s 40 m  | 50 s 400 m  |

~~~~~ **v(t)-Diagramme** ~~~~~

- B240a** 7 m    4.5 m    1.75 m
- B240b** [ $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ ]: 2    1.5    0.5
- B242**  $\frac{1440 \text{ m}}{60 \text{ s}} = 24 \frac{\text{m}}{\text{s}}$      $\frac{52.5 \text{ km}}{90 \text{ min}} = 35 \frac{\text{km}}{\text{h}}$      $\frac{360 \text{ m}}{70 \text{ s}} = 5.143 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
- B244**  $1 \text{ cm}^2 \hat{=} 240 \text{ m}$     Halbkreis:  $A = 3.53 \text{ cm}^2$   
 $\Delta s = 848.2 \text{ m}$     Sinus:  $A = 4 \text{ cm}^2$      $\Delta s = 960 \text{ m}$
- B246** ② überholt ① bei  $t = (2 + \sqrt{2}) \text{ min} = 3.414 \text{ s}$  an der Stelle 5.828 km, nachdem es bei  $t = 2 \text{ min}$  an der Stelle 2 km einen maximalen Rückstand von 1 km hatte.
- B248** Ameise:  $s = 2 \cdot 50 \text{ mm} + 21.45 \text{ mm}$      $t = 17.5 \text{ s}$   
Albrecht: 20 s

~~~~~ **Differenzielles** ~~~~~

- B300b**  $\bar{v} [\frac{\text{cm}}{\text{s}}]$  36.8 88.8 115.4 137.6 154.6 172.4 187.5  
200.0 214.3 227.3 238.1 250.0 258.6 267.9 283.0     $a = 180 \frac{\text{cm}}{\text{s}^2}$
- B302b**  $\bar{v} [\frac{\text{m}}{\text{s}}]$  0.5 1.5 2.5 3.5 4.5 5.5 6.5 7.5 8.5 9.5 10.5
- B302c**  $\bar{v} = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot t + 0.5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
- B304b**  $\bar{v} [\frac{\text{cm}}{\text{s}}]$  2.000 4.828 6.293 7.464 8.472 9.371 10.190  
10.948 11.657 12.325 12.958 13.561 14.139 14.694 15.229  
15.746 16.246 16.731 17.203 17.662
- B304c** etwa  $v \sim t$     **B306**  $v = 84 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
- B308a**  $177.1063 \text{ m} - 175 \text{ m} = 2.1063 \text{ m}$
- B308b**  $70.21 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
- B308c**  $\bar{v}(t_0, \Delta t) = 2 \cdot 7 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot t_0 + 7 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \Delta t$
- B308d**  $v(t_0) = 14 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot t_0$     **B310** 122.5

~~~~~ **Beschleunigung** ~~~~~

- B360a**  $16.2 \frac{\text{km}}{\text{h}}$     **B360b**  $8\frac{1}{3} \text{ s}$     **B362a**  $1.4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
- B362b** 0.014 m    **B362c** 0.105 m
- B362d** Flächen unter Graph: Rechteck, Treppe
- B364**  $\bar{v} = \frac{1050 \text{ m}}{70 \text{ s}} = 15 \frac{\text{m}}{\text{s}}$      $a = \frac{3}{7} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$      $\bar{v} = \frac{60 \text{ km}}{120 \text{ min}} = 30 \frac{\text{km}}{\text{h}}$   
 $a = \pm 6.173 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$      $\bar{v} = \frac{-360 \text{ m}}{60 \text{ s}} = -6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$      $a = (-0.45|1.8) \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

~~~~~ Funktion  $s(t) = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + s_0$  ~~~~~

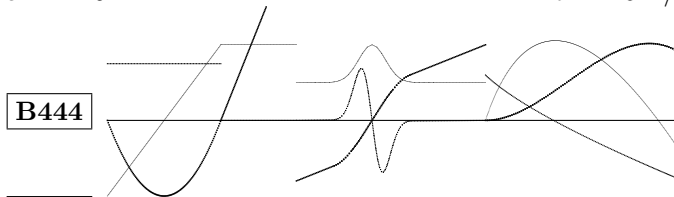
- B420a**  $14 \frac{m}{s}$    **B420b**  $70 m$    **B424a**  $72.36 m$
- B424b**  $v(t) = 1.28 \frac{m}{s^2} \cdot t + 18 \frac{m}{s}$     $v(t_1) = 26.96 \frac{m}{s}$
- B424c**  $s(9s) - s(7s) = 128.84 m - 72.36 m = 56.48 m$
- B426a**  $a = 1.8 \frac{m}{s^2}$    **B426b**  $11.2 \frac{m}{s}$    **B426c**  $t = 11 s$

**B426d**  $s(t) = \frac{1}{2} \cdot 1.8 \frac{m}{s^2} \cdot t^2 + 2.2 \frac{m}{s} \cdot t + s_0$   
 $s(t_2) - s(t_1) = 41.7 m$

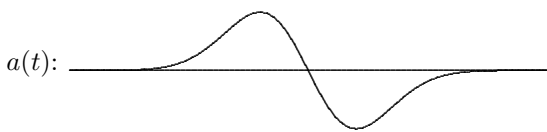
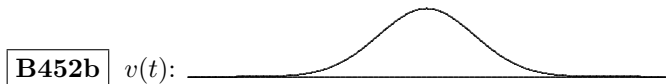
|   |     |       |       |
|---|-----|-------|-------|
|   | $a$ | $v_0$ | $s_0$ |
| A | 0   | +     | -     |
| B | +   | 0     | 0     |
| C | +   | -     | +     |
| D | -   | 0     | +     |

**B428**   **B430**  $p = \frac{1}{2}a$     $q = v_0$

- B432**  $5 s$     $25 m$    **B434b**  $10 s$
- B434c**  $t = 54 s$     $1459.7 m$  von D.   **B436b**  $10 s$
- B436c**  $20 s$    **B438a**  $s = 31600 m$
- B438b**  $v = 38 \frac{m}{s}$     $s = 33220 m$    **B438c**  $0.250 \frac{m}{s^2}$
- B438d**  $a = -\frac{v_0^2}{2\Delta s} = -0.2 \frac{m}{s^2}$     $t = 100 s$
- B438e**  $t = 200 \cdot (2 - \sqrt{2}) s$     $v = 10\sqrt{2} \frac{m}{s} \approx 14.142 \frac{m}{s}$
- B438f**  $-0.036 \frac{m}{s^2}$    **B440a**  $[\frac{m}{s^2}]$     $\frac{2}{3}$     $0$     $-3$
- B440b**  $s(t) = \frac{1}{3} \frac{m}{s^2} \cdot t^2 + 1 \frac{m}{s} \cdot t$    **B440c**  $s_{ges} = 13.5 m$
- B442b**  $s_{Brems} = v^2/2a = 20119 m$     $t = 2v/a = 1523.81 s$   
 $s = 1219 m$     $v = 1.6 m/s$



- B446**  $a = 3 \frac{cm}{s^2}$     $3.65$
- B448**  $v_0 = 20 \frac{m}{s}$     $a = 8 \frac{m}{s^2}$     $s(6s) = 264 m$
- B450a**  $s(20s) = 80 m$    **B450b**  $\Delta s(10s) = 20 m$
- B450c**  $\Delta s(10s) = 20 m$    **B452a**  $\hat{v} = 3.2 \frac{m}{s}$



**Kraft, Impuls, Energie**

~~~~~ Grundgleichung der Mechanik ~~~~~

- F2** [Körper] [beschleunigt] [Geschwindigkeit]  
 [Zeit] [Betrag] [Richtung] [vektorielle] [Betrag]  
 [Richtung] [Pfeil] [Anfangs] [Angriffspunkt]  
 [selben] [gleichzeitig] [resultiert]
- [hintereinanderhängt]   **F4**  $6000 \frac{m}{s}$    **F6**  $2 N$
- F8**  $a = 8 \frac{m}{s^2}$    **F10**  $m = 2.5 kg$    **F12**  $50 \frac{km}{h}$
- F14**  $v = 20 \frac{m}{s}$    **F16**  $F = m \cdot \frac{\Delta v}{\Delta t} = 2.4 N$    **F18**  $35 \frac{m}{s}$
- F20**  $v = 5 \frac{m}{s}$    **F22**  $a = 0.2 \frac{m}{s^2}$     $s = 360 m$

- F24**  $s = 7.5 m$    **F26a**  $700 \mu s$    **F26b**  $24.5 mm$
- F28**  $a(t) = 10 \frac{m}{s^2} - 0.75 \frac{m}{s^3} \cdot t$   
 $v(t) = 10 \frac{m}{s} \cdot t - 0.375 \frac{m}{s^3} \cdot t^2$   
 $s(t) = 5 \frac{m}{s^2} \cdot t^2 - 0.125 \frac{m}{s^3} \cdot t^3 + 0.15 m$
- F30a**  $a = -8 \frac{cm}{s}$     $F = 16 mN$
- F30b**  $s(7s) = 84 cm$     $v(7s) = -16 \frac{cm}{s}$   
 $t = 7s + 5.25s = 12.25s$
- F32a**  $a = 30 \frac{m}{s^2}$     $v = 300 \frac{m}{s}$    **F32b**  $s = 1500 m$
- F34a**  $a_1 = 20 \frac{m}{s^2}$     $\Delta v_1 = 100 \frac{m}{s}$     $a_2 = 40 \frac{m}{s^2}$     $\Delta v_2 = 200 \frac{m}{s}$   
 $v = 300 \frac{m}{s}$
- F34b**  $\Delta s_1 = 250 m$   
 $\Delta s_2 = 500 m + 500 m = 1000 m$     $s = 1250 m$
- F36a**  $a_1 = 40 \frac{m}{s^2}$     $\Delta v_1 = 200 \frac{m}{s}$     $a_2 = 20 \frac{m}{s^2}$     $\Delta v_2 = 100 \frac{m}{s}$   
 $v = 300 \frac{m}{s}$
- F36b**  $\Delta s_1 = 500 m$   
 $\Delta s_2 = 1000 m + 250 m = 1250 m$     $s = 1750 m$
- F38a**  $v = \sqrt{2(W_1 + W_2)/m} = 300 \frac{m}{s}$
- F38b**  $\Delta t_1 = 8.66 s$     $v_1 = 173.2 \frac{m}{s^2}$
- $\Delta t_2 = -\frac{v_1}{a_2} + \sqrt{\frac{2s_2}{a_2} + \frac{v_1^2}{a_2^2}} = 3.17 s$     $t = 11.83 s$
- F40a**  $v = \sqrt{2(W_1 + W_2)/m} = 300 \frac{m}{s}$
- F40b**  $\Delta t_1 = 6.12 s$     $v_1 = 244.95 \frac{m}{s^2}$     $\Delta t_2 = 2.75 s$     $t = 8.88 s$
- F42a**  $s(0) = 0$     $v(0) = 0$    **F42b**  $[-76.8 cm; 150 cm]$
- F42c**  $v(5s) = 22.5 \frac{cm}{s}$    **F42d**  $63 mN$
- F44a**  $a = \frac{F}{m_{gez.}} = 1.6 \frac{m}{s^2}$     $\Delta v = a \cdot \Delta t = 8 \frac{m}{s} = 28.8 \frac{km}{h}$
- F44b**  $\Delta v = 36 \frac{km}{h} = 10 \frac{m}{s}$     $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = 1.25 \frac{m}{s^2}$   
 $F_{res} = m \cdot a = 1875 N$     $F_R = 525 N$
- F46**  $a(t) = F(t)/m = -\frac{3}{5} \frac{m}{s^4} \cdot (t^2 - 2s \cdot t)$   
 $v(t) = -\frac{3}{5} \frac{m}{s^4} \cdot (\frac{1}{3}t^3 - 1s \cdot t^2)$     $s(t) = -\frac{3}{5} \frac{m}{s^4} \cdot (\frac{1}{12}t^4 - \frac{1}{3}s \cdot t^3) + 1m$   
 $s(2s) = 1\frac{1}{5} m$

~~~~~ **Trägheitskräfte** ~~~~~

- F100a**  $77.05$    **F100b**  $64$    **F100c**  $50.95$
- F100d**  $64$    **F102**  $v$  unbestimmt    $a = 0.4598 \frac{m}{s^2}$     $\uparrow$
- F108** nein
- F110**  $F - ma = 0$  mit Trägheitskraft  $-ma$  für quasistatische Untersuchungen

~~~~~ **Reaktionsprinzip** ~~~~~

~~~~~ **Energie** ~~~~~

- F220**  $[W = F \cdot s]$     $[W = ma \cdot \frac{1}{2}at^2]$     $[\frac{v}{t}]$   
 $[W = \frac{1}{2}mv^2]$    **F222**  $W = 10 J$    **F224a**  $180 kJ$
- F224b**  $180 kJ$    **F224c**  $540 kJ$
- F226** Beschl.:  $F = 0.1962 N$     $a = 56 \frac{cm}{s^2}$     $t = 597 ms$   
 E-bilanz:  $\Delta W_{pot} = W_{kin} = 19.62 mJ$     $v = 33.48 \frac{cm}{s}$
- F228**  $4.43 \frac{m}{s}$    **F230a**  $8.85 MJ$    **F230b**  $70.8 MJ$
- F230c**  $79.65 MJ$    **F232a**  $67.6 kJ$
- F232b**  $78.4 kJ - 67.6 kJ = 10.8 kJ$
- F232c**  $67.6 kJ - 57.6 kJ = 10.0 kJ$    **F234**  $62.44 m$
- F236a**  $a = 7\frac{7}{9} \frac{m}{s^2}$     $t = 3\frac{6}{7} s$     $s = 57.86 m$
- F236b**  $F \cdot s = 405 kJ = \frac{1}{2}mv^2$    **F236c**  $43.39 m$
- F238a**  $3.65 \frac{m}{s}$    **F238b**  $274 ms$
- F240**  $\frac{1}{2}(M+m)v^2 = mgh$     $h = \frac{(M+m)v^2}{2mg} = 9.17 cm$
- F242a**  $\Delta W = (4.6 - 2.5875) MJ = 2.0125 MJ$     $t \geq 5.75 s$

- F242b**  $a = 0.87 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad t \geq 5.75 \text{ s}$
- F242c** nein  $P = \frac{F \cdot s}{t} = F \cdot v$
- F244**  $v(t)$  aus  $P \cdot t = W = \frac{1}{2} m v^2 \quad s = \dot{v}$
- F246**  $W = 20250 \text{ J}$  **F246a**  $25.71 \text{ N}$
- F246b**  $578.6 \text{ m}$  **F246c**  $578.6 \text{ W}$
- F248**  $x \leq \sqrt{\frac{2 \cdot 1000}{1 - (\frac{1}{3.6})^2}} = 46.55$

~~~~~ **Impuls** ~~~~~

- F300a**  $27.5 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}}$  **F300b**  $187200 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}}$
- F302**  $v = 154.5 \frac{\text{km}}{\text{h}} \quad p = 8.343 \cdot 10^7 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}}$
- F304**  $v = 2.5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
- F306a** Übt A auf B Kraft  $\vec{F}$  aus, so übt B auf A die Kraft  $-\vec{F}$  aus.
- F306b** in abgeschlossenem System gilt  $\sum p = \text{const}$
- F306c** sie sind äquivalent
- F306d** Reaktionsprinzip: 1 WW zwischen 2 Körpern, die je 1 Kraft erfahren; Gleichgewicht: 1 Körper, der aus 2 WW 2 Kräfte erfährt
- F308a**  $F \cdot \Delta t = (m \cdot a) \cdot \Delta t = m \cdot (a \cdot \Delta t) = m \cdot \Delta v = m \cdot (v_2 - v_1) = m v_2 - m v_1 = p_2 - p_1 = \Delta p$
- F308b** wegen  $N = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}$
- F310**  $\Delta p = F \cdot \Delta t = 6000 \text{ Ns}$  **F312**  $574 \text{ N}$
- F314**  $v = \sqrt{2gh} = 8.86 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad p = 2.66 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}} \quad W = 11.772 \text{ J}$
- F316**  $15 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  **F318**  $F = \dot{p} = 500 \text{ kN}$
- F320**  $421 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 1516 \frac{\text{km}}{\text{h}}$  **F322** der leichtere
- F324**  $v(t) = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}} + \frac{2 \text{ m} \cdot \text{s}}{(t+1 \text{ s})^2} \quad p(2 \text{ s}) = 4.64 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}}$
- F326a**  $375 \text{ Ns}$  **F326b**  $375 \text{ Ns}$  **F326c**  $495 \text{ Ns}$
- F326d**  $655 \text{ Ns}$

~~~~~ **Stöße** ~~~~~

- F380a**  $p_1 = 500 \frac{\text{g} \cdot \text{m}}{\text{s}} \quad p_2 = -450 \frac{\text{g} \cdot \text{m}}{\text{s}} \quad p = 50 \frac{\text{g} \cdot \text{m}}{\text{s}}$
- F380b**  $0.125 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
- F380c**  $p_1 = 31.25 \frac{\text{g} \cdot \text{m}}{\text{s}} \quad p_2 = 18.75 \frac{\text{g} \cdot \text{m}}{\text{s}} \quad p = 50 \frac{\text{g} \cdot \text{m}}{\text{s}}$
- F380d**  $W_{\text{vor}} = 0.5 \text{ J} + 0.675 \text{ J} = 1.175 \text{ J}$   
 $W_{\text{nach}} = 1.953125 \text{ mJ} + 1.171875 \text{ mJ} = 3.125 \text{ mJ}$
- F382**  $m_B = \frac{u_A m_A}{2v_B - u_A} = 800 \text{ g} \quad u_B = 4 \frac{\text{cm}}{\text{s}} \leftarrow$
- F384**  $u = (40 \text{ t} \cdot 80 \frac{\text{cm}}{\text{s}} + 10 \text{ t} \cdot 0) / (40 \text{ t} + 10 \text{ t}) = 64 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$
- F386a**  $v'_1 = \frac{m_1 v_1 + m_2 (2v_2 - v_1)}{m_1 + m_2} \quad v'_T = -6.55 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad v'_V = 3.45 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
- F386b**  $0$  **F386c**  $v_V = \frac{(m_V + m_T) v'_V - 2m_T v_T}{m_V - m_T} = -5.26 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
- F388**  $9.09 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  **F390a** Geschwindigkeitstausch
- F390b** Reflexion
- F392a**  $v'_1 = \frac{m_1 v_1 + m_2 (2v_2 - v_1)}{m_1 + m_2} \quad v'_L = 1.018 \frac{\text{m}}{\text{s}}$   
 $v'_W = 1.118 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
- F392b**  $v'_L = v'_W = v' = (66.15 + 11.4) \text{ t} \frac{\text{m}}{\text{s}} / 75 \text{ t} = 1.034 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
- F394a**  $v_H = -40 \frac{\text{cm}}{\text{s}} \left[ \leftarrow \right] \quad u_H = -15 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$
- F394b**  $v_H = \frac{u_S (m_S + m_H) - v_S (m_S - m_H)}{2m_H} = +10 \frac{\text{cm}}{\text{s}} \left[ \rightarrow \right]$   
 $u_H = 35 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$
- F396** alle Bsp. mit Gesamtimpuls 0
- F398a**  $v = 1.684 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  **F398b**  $F = 92.625 \text{ N}$
- F402a**  $\Delta v_1 = \frac{m_2 (v_2 - v_1)}{m_1 + m_2}$
- F402b** schlimmer für leichteres Fahrzeug
- F404a**  $u_K = v_L \quad u_L = v_K$
- F406a**  $v_L = \frac{5}{3} v_S = 33 \frac{1}{3} \frac{\text{cm}}{\text{s}}$

- F406b**  $W_{\text{ges}} = \frac{1}{2} m_L v_L^2 (1 + \frac{3}{5}) \quad v_L = 35.4 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$
- F408** Sprungrichtung: +  $p_{\text{ges}} = 0.8 \text{ kg} \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad v_2 = -0.1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$   
 $v_K = 3.6 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \Delta E_{\text{kin}} / J = (3.2 + 2.4) - (0.5 + 0.01) = 5.08$
- F410a**  $p = 12 \text{ Ns} \quad u = 171.4 \frac{\text{mm}}{\text{s}} \quad W = 1.03 \text{ J}$   
 $h = 1.497 \text{ mm}$
- F410b**  $1.108^\circ$  **F410c**  $15.48 \text{ cm}$
- F412**  $u = \frac{m_T \cdot 36 \text{ cm/s} - 2m_T \cdot 36 \text{ cm/s}}{m_T + 2m_T} = -12 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$

~~~~~ **Freier Fall** ~~~~~

- F460** +/-: s-Achse  $\downarrow / \uparrow$   $+0 / +h_0$ : Nullpunkt beim Loslassen/Boden
- F462**  $5.05 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  **F464**  $57.75 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  **F466**  $44.145 \text{ m}$
- F468**  $9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
- F470**  $t = \sqrt{\frac{2s}{g}} \quad t(7 \text{ m}) - t(6 \text{ m}) = 1.1946 \text{ s} - 1.1060 \text{ s} = 88.62 \text{ ms}$
- F472**  $t_0 = 1.75 \text{ s}$  **F474**  $g = \frac{2s}{t^2} = 16.327 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$
- F476**  $3.7636 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$  **F478**  $2.744 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  **F480a** ca.  $5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
- F480b**  $5892 \text{ m}$  **F482**  $v(100 \text{ m}) = 44.3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
- F484** aus „Lambacher Schweizer 6“, Saarland 2002, Klett-Verlag, S.182, A.19  
 $h = \frac{v^2}{2g} = \frac{(x \frac{1000 \text{ m}}{3600 \text{ s}})^2}{2 \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = x^2 \frac{1 \text{ m}}{254.3}$
- F486**  $v = \sqrt{2g \cdot 36.576 \text{ m}} = 26.788 \frac{1 \text{ mi} / 1609.344}{1 \text{ h} / 3600} = 59.924 \text{ mph}$
- F488a**  $t = \sqrt{\frac{2s}{g}} = 9.578 \text{ s}$
- F488b**  $93.963 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 338.266 \frac{\text{km}}{\text{h}}$
- F488c**  $t_{\text{Sch}} = 1.324 \text{ s} \quad \Delta t = 5.254 \text{ s}$
- F488d**  $\frac{1}{2} g t^2 = v(t - \Delta t) \quad t = \frac{v}{g} \pm \sqrt{\frac{v^2}{g^2} - \frac{2v \Delta t}{g}} = 3.1425 \text{ s}$   
 $(66.175 \text{ s}) \quad h = 401.56 \text{ m}$

~~~~~ **Senkrechter Wurf** ~~~~~

- F540**  $509.7 \text{ m}$
- F542a**  $v = \sqrt{2gh} = 9.905 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 35.66 \frac{\text{km}}{\text{h}}$
- F542b**  $v = g \frac{t}{2} = 24.525 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 88.29 \frac{\text{km}}{\text{h}}!$  **F544a**  $4.515 \text{ s}$
- F544b**  $189.3 \text{ m}$
- F546a**  $\frac{1}{2} m v_0^2 = mgh \quad h = \frac{v_0^2}{2g} = 3.68 \text{ m}$
- F546b**  $v(t_S) = v_0 - g t_S \stackrel{!}{=} 0 \quad t_S = \frac{v_0}{g} = 866 \text{ ms}$
- F546c**  $\frac{1}{2} m v_0^2 + mgh = \frac{1}{2} m v_L^2 \quad v_L = \sqrt{v_0^2 + 2gh_0} = 10.56 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  Fallzeit:  $t_F = \frac{v_L}{g} = 1.076 \text{ s} \quad t_{\text{ges}} = t_S + t_F = 1.943 \text{ s}$
- F548a**  $v = \sqrt{2gh} = 12.728 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
- F548b**  $v = \sqrt{2gh + v_h^2} = 13.675 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
- F550a**  $t = 2v_0 / g = 3.086 \text{ s}$
- F550b**  $h = v_0^2 / 2g = 1.929 \text{ m}$
- F552a**  $h(t) = v_0 \cdot t - \frac{1}{2} g t^2 \quad h(2.1 \text{ s}) = 3.7779 \text{ m}$
- F552b**  $v(t) = v_0 - g t \quad v(2.1 \text{ s}) = +0.098 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
- F554**  $g = 8h / t^2 = 1.6 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
- F556** mit  $\gamma = \text{Maßzahl von } g \text{ pur:} \quad h = \frac{v^2}{2g} = \frac{8}{\gamma} \text{ m}$   
 $t = 2 \frac{v}{g} = \frac{8}{\gamma} \text{ s}$
- F558a**  $9.99 \text{ m}$  **F558b**  $1.194 \text{ s}$  **F558c**  $11.71 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
- F560a**  $40 \text{ m}$
- F560b**  $v_0 = 28.6207 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad v_L = -40.0493 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
- F560c**  $2.9175 \text{ s} \quad 81.75 \text{ m}$
- F560d**  $1.165 \text{ s}$  vorher mit  $|v_L|$

## ~~~~~ Schiefer Wurf ~~~~~

**F620** Abwurfgeschw. sei  $w$   $w_Y = 8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$   
 $t_{\text{Flug}} = 2 \cdot 815.5 \text{ ms} = 1.631 \text{ s}$   
 $w_X = 13.856 \frac{\text{m}}{\text{s}}$   $x = 22.60 \text{ m}$   
 $h = 3.262 \text{ m}$   
**F624** (A)  
**F626** Aufstieg:  $t = \sqrt{2h/g} = 1.43 \text{ s}$   $w_Y = gt = 14 \frac{\text{m}}{\text{s}}$   
 $w_X = d/t = 5.6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$   $w = 15.09 \frac{\text{m}}{\text{s}}$   $\alpha = 68.2^\circ$   
**F628**  $x = \frac{2v_0^2}{g} \cdot \sin(\alpha) \cdot \cos(\alpha)$   $\alpha = 45^\circ$

## ~~~~~ Vermischtes ~~~~~

**F680a** Impuls  $\Delta p = F \cdot \Delta t$   
**F680b** Energie  $\Delta W = F \cdot \Delta s$   
**F682**  $a = \frac{2(s-v_0t)}{t^2} = 4.375 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$   $F = 10.5 \text{ N}$  **F684a**  $\cdot \frac{1}{4}$   
**F684b**  $-36\%$   
**F686a**  $F \cdot s = 3 \text{ MJ} = \frac{1}{2}mv^2$   $v = 10.95 \frac{\text{m}}{\text{s}}$   
**F686b**  $a = \frac{F}{m} = 0.02 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$   $\Delta v = 3.6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$   $v = 14.6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$   
**F688a**  $p = mv = 4918400 \text{ Ns}$   
**F688b**  $W = \frac{1}{2}mv^2 = 7559580800 \text{ J}$   
**F688c**  $F_{\text{soll}} = 200 \text{ N}$   $\Delta v_{\text{kann}} = 1.8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$   
**F690**  $mgh + \frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}mv^2$   $v = \sqrt{2gh + v_0^2}$   
G1/T1: 46.60 G1/T2: 49.26 G2/T1: 49.26 G2/T2: 51.78  
**F692**  $10.85 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$  **F694**  $v = \sqrt{v_0^2 - 2gh} = 22.53 \frac{\text{m}}{\text{s}}$   
**F696**  $W = \frac{p^2}{2m} \rightarrow$  großes  $m$   
**F698a**  $v_0 = 16 \frac{2}{3} \frac{\text{m}}{\text{s}}$   $a = -1.4 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$   $\Delta v = -7 \frac{\text{m}}{\text{s}}$   
 $v = 9 \frac{2}{3} \frac{\text{m}}{\text{s}} = 34.8 \text{ km/h}$   
**F698b**  $-a = \frac{v^2}{2s} = 4.63 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$   $F = 3935.2 \text{ N}$   
**F700a**  $s, t : /3$  **F700b**  $s : \cdot 9$   $t : \cdot 3$   
**F702a**  $a = \frac{25 \text{ m/s}}{12.5 \text{ s}} = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$  **F702b**  $s = \frac{1}{2}at^2 = 156.25 \text{ m}$   
**F702c**  $s(\frac{t}{2}) = 39.063 \text{ m}$   
**F704a**  $v_{LR} = \frac{m_L v_L + 0}{m_L + m_R} = 40 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$   
**F704b**  $h = \frac{v_{LR}^2}{2g} = 8.155 \text{ mm}$   
**F706a**  $h = v_S^2 / (2g) = 28.593 \text{ mm}$   $\varphi = \arccos(1 - h/l) = 5.5^\circ$   
**F706b**  $v_P = (m_S + m_P) \cdot v_S / m_P = 599.949 \frac{\text{m}}{\text{s}}$   
**F708**  $u = \frac{m \cdot v}{m+M}$   $\frac{1}{2}Ds^2 = \frac{1}{2}(M+m)u^2$   $v = 895 \frac{\text{m}}{\text{s}}$   
**F710a**  $v = 67.5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$   $a = 1.125 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$   $F = 387 \text{ kN}$   
**F710b**  $s = 2025 \text{ m}$   
**F710c**  $W = F \cdot s = \frac{1}{2}mv^2 = 783.675 \text{ MJ}$   
**F712a**  $v = 40 \frac{\text{m}}{\text{s}}$   $s_{\text{Brems}} = 150 \text{ m}$   $F = \frac{mv^2}{2s} = 6400 \text{ N}$   
**F712b**  $a = 5 \frac{1}{3} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$   $t = 7.5 \text{ s}$   
**F714a**  $a = \frac{15 \frac{\text{m}}{\text{s}} - 10 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{120 \text{ s}} = 0.0416 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$   
 $F = m \cdot a = 233 \frac{1}{3} \text{ kN}$   
**F714b**  $s(t) = \frac{1}{2}at^2 + v_0 \cdot t$   
 $s(120 \text{ s}) = 300 \text{ m} + 1200 \text{ m} = 1500 \text{ m}$   
**F716a**  $h = 7.78 \text{ mm}$   $\varphi = 8^\circ$   $F_G = 784.8 \text{ mN}$   
 $F_- = 110.3 \text{ mN}$   $F_j = 792.5 \text{ mN}$   
**F716b**  $u_1 = (m_1 v_1 + m_2 (2v_2 - v_1)) / (m_1 + m_2)$   
 $u_K = -16.75 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$   $u_W = 22.33 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$   
**F716c**  $h_2 = 1.43 \text{ mm}$   $\varphi_2 = 3.43^\circ$   
**F718**  $t = \frac{-v_0}{g} + \sqrt{\frac{2h_0}{g} + \frac{v_0^2}{g^2}} = 5.896 \text{ s}$   $h(t) = 29.48 \text{ m}$   
 $v(t) = -57.84 \frac{\text{m}}{\text{s}}$   
**F720a**  $t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = 4 \text{ s}$   
**F720b**  $v = \sqrt{2gh} = gt = 39.245 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  **F720c**  $4.23 \text{ s}$

**F720d**  $\frac{1}{2} = 0.50$   $\frac{1}{\sqrt{2}} = 0.7071$  **F720e**  $s = -9.62 \text{ m}$   
**F722**  $v_0 = 15.41 \frac{\text{m}}{\text{s}}$   $W = 23.745 \text{ J}$  **F724**  $11.5 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$   
**F726**  $t = \frac{\frac{1}{2}g\Delta t^2 + v_T \Delta t}{g\Delta t - v_M + v_T} = 1.6816 \text{ s}$   $h = 11.3537 \text{ m}$   
**F728** Ablauf- $v = 6.264 \frac{\text{m}}{\text{s}}$   $u = 3.297 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

## ~~~~~ Kreisbewegung ~~~~~

## ~~~~~ Beschreibung von Kreisbewegung ~~~~~

**K2a** cos-Satz:  $\sqrt{2(1 - \cos(22.5^\circ))} \cdot 11 \text{ cm} = 4.292 \text{ cm}$   
**K2b**  $U/16 = 4.3197 \text{ cm}$   
**K2c**  $1 = 57.3^\circ = 2.55 \cdot 22.5^\circ$  3 Stücke  
**K4a**  $v = 8 \frac{1}{3} \frac{\text{m}}{\text{s}}$   $U = 1.57 \text{ m}$   $f = v/U = 5.305/\text{s}$   
**K4b**  $\omega = 2\pi f = 33 \frac{1}{3}/\text{s}$  **K4c** Kanada  
**K6a**  $0.4 \text{ Hz} \cdot 2.51 \text{ m} = 1.005 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  **K6b** 31.831  
**K6c**  $144^\circ$  **K8** tangenzial  
**K10**  $f_{\text{Tret}} = 0.5 \text{ Hz}$   $v_{\text{Kette}} = 25.13 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$   $\omega_{\text{Rad}} = 5.03 \text{ Hz}$   
 $f_{\text{Rad}} = 0.8 \text{ Hz}$   $v_{\text{Jan}} = 1.6 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 5.76 \frac{\text{km}}{\text{h}}$   
**K12**  $s/\text{m} = \frac{3}{4} \cdot 2\pi r + \frac{1}{2} \cdot 2\pi(r/2) = 188.50$   $t = 235.6 \text{ s}$   
**K14**  $v_0 = 2\pi fr = 4.58 \frac{\text{m}}{\text{s}}$   $\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mv_0^2 + mgh$   
 $v = 7.1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$   
**K16** Lambaréné am Äquator:  $463 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  Princeton  $40^\circ$  n.B.:  $355 \frac{\text{m}}{\text{s}}$   
**K18** a)  $x(t) = 8 \cos(\omega t)$   $y(t) = 8 \sin(\omega t)$   
b)  $x(t) = 8 \cos(-\omega t) = 8 \cos(\omega t)$   
 $y(t) = 8 \sin(-\omega t) = -8 \sin(\omega t)$   
c)  $x(t) = 2 + 4 \cos(\omega t)$   $y(t) = 3 + 4 \sin(\omega t)$   
d)  $x(t) = 5 \cos(\omega t + 0.927) = 5 \cos(\omega(t + 49.2 \text{ ms}))$   
 $y(t) = 5 \sin(\omega t + 53.13^\circ)$   
e)  $x(t) = \sin(\omega t)$   $y(t) = \cos(\omega t)$   
**K20**  $r = d/2 = 4.5 \text{ cm}$   $T = 1/f = 25 \text{ ms}$   
 $\omega = 2\pi f = 251.33/\text{s}$   $v = \omega r = 11.31 \frac{\text{m}}{\text{s}}$   $a = \omega^2 r = 2842 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$   
**K22** in  $41'21 \frac{9}{11}''$  21.82 s nach 15:16 Uhr  
**K24**  $S(t) = 0.5^\circ/\text{min} \cdot t$   $M(t) = 6^\circ/\text{min} \cdot t$   
 $M(t) = S(t) + 14 \cdot 360^\circ$   $t = 916 \frac{4}{11} \text{ min} = 15 \text{ h } 16' 21.82''$

## ~~~~~ Zentripetalkraft ~~~~~

**K80** 1776.5 N **K82a** 7 Hz **K82b** 215.51 m  
**K82c**  $9478.77 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$   
**K82d**  $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{F}{m \cdot r}} = 3.595 \text{ Hz} = 215.7/\text{min}$   
**K84** 50.53 N  
**K86**  $\omega = 1.56 \cdot 10^{16} \text{ Hz}$   $f = 2.533 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$   
**K88** maximaler Bahnradius/minimale Krümmung der Bahn erlaubt maximale Geschwindigkeit und minimiert daher Abbremsen und Beschleunigen  $\rightarrow$  energiesparend; Bahn am Innenrand der Kurve verkürzt Strecken auf den Geraden; Zeitgewinn möglich  
**K90**  $U = 2\pi r = 43.982 \text{ cm}$   $f = 1/T = 20 \text{ Hz}$   
 $\omega = 2\pi f = 125.664/\text{s}$   $v = \omega r = 8.796 \frac{\text{m}}{\text{s}}$   $a = \omega^2 r = 1105 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$   
 $F = m \cdot a = 93.96 \text{ N}$   
**K92b**  $f = 23 \frac{1}{3} \text{ Hz}$   $F = 430 \text{ N}$   $v = 29.32 \frac{\text{m}}{\text{s}}$   $W = 42.3 \text{ J}$   
**K94**  $f > \sqrt{g/r}/2\pi = 0.997 \text{ Hz} = 59.8/\text{min}$

- K96a** 11.7 U./min    **K96b**  $r < 68 \text{ cm}$
- K98a** tangenzial
- K98b**  $\omega = 1005.31 \text{ Hz}$      $F = 1.1622 \text{ N}$
- K98c**  $v = 57.805 \frac{\text{m}}{\text{s}}$      $W = 33.41 \text{ mJ}$
- K100a** 3.35 Hz = 201/min
- K100b**  $\omega = 1047.2 \text{ Hz}$     6.03 N
- K102a**  $f = 0.5 \text{ Hz}$      $\omega = 3.49/\text{s}$
- K102b**  $n = 1300$      $84.6154 \mu\text{m}$
- K102c**  $v = \omega r = 48.869 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$
- K102d**  $a = \omega^2 r = 1.7668 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$  nach innen
- K104a** 40.0 N    **K104b** quasistatisch     $\vec{F} \perp \vec{v}$
- K104c** Hyperbel  $F(r) = 200 \text{ Nm}/r$     **K106**  $v > \sqrt{gr}$
- K108**  $T < 2\pi\sqrt{\frac{r}{g}}$      $r = 1 \text{ m}$ :  $T < 2 \text{ s}$
- K110**  $f(F) = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{F}{m \cdot r}}$      $f(5 \text{ N}) = 31.7 \text{ Hz}$
- K112a**  $v \geq \sqrt{gr} = 8.287 \frac{\text{m}}{\text{s}}$     **K112b** 7000 N
- K112c** zur Kreismitte    **K114**  $F_a - F_i = 148 \text{ N}$
- K116a**  $f > \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{r}} = 0.2878 \text{ Hz} = 17.27/\text{min}$
- K116b**  $a_z = 13.16 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$      $F_{12} = 268 \text{ N}$      $F_3 = 1053 \text{ N}$   
 $F_6 = 1838 \text{ N}$
- K116c**  $F_G = 784.8 \text{ N}$  Wandkraft, tangenzial (Reibung):  
 $F_G \cdot \cos(30^\circ) = 679.7 \text{ N}$  resultierend:  $F_Z = 1053 \text{ N}$  (radial)  
Wandkraft, normal:  $F_Z - F_G \cdot \sin(30^\circ) = 660.4 \text{ N}$
- K118a**  $\omega = 0.1674 \text{ Hz}$      $f = 26.65 \text{ mHz}$      $T = 37.53 \text{ s}$
- K118b** tangenzial weg     $v = 58.60 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
- K118c** +32.25%
- K120a**  $T = 86400 \text{ s}$      $r_E = 6366 \text{ km}$   
 $g[\frac{\text{m}}{\text{s}^2}] = 9.78 + 0.03367 = 9.81367$
- K120b**  $r_S = r_E \cdot \cos(49.5^\circ) = 4134 \text{ km}$      $a_Z = 0.0219 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
- K120c**  $\frac{a_z}{g_S} = \frac{\sin(\alpha)}{\sin(49.5^\circ)}$      $\alpha = 0.0971^\circ$  von der „Vertikalen“  
nach Süden
- K120d** z.B. cos-Satz:  $g = a_z \cos(49.5^\circ) +$   
 $\sqrt{g_S^2 - a_z^2 \sin^2(49.5^\circ)} = 9.8242 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$     oder sin-Satz:  
 $g = g_S \cdot \frac{\sin(130.4029^\circ)}{\sin(49.5^\circ)}$
- K122a**  $f = 4\frac{1}{6} \text{ Hz}$      $\omega = 2\pi f = 26.18 \text{ Hz}$
- K122b**  $v = \omega r = 11.78 \frac{\text{m}}{\text{s}}$     **K122c**  $a = \omega^2 r = 308.4 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
- K122d**  $t = 1 \text{ s}/25 = 40 \text{ ms}$      $\varphi = \omega t = \pi/3 = 60^\circ \hat{=} 2$   
Speichen    Stillstand
- K122e** 2.98 Speichen, knapp 3, → rückwärts
- K124a** 360
- K124b**  $U = 126 \text{ m}$      $T = 14 \text{ s}$      $5.5T = 76.8 \text{ s}$
- K124c** 0.45 Hz    **K124d** zur Mitte
- K126a** 18.75 ms    **K126b**  $U = 94.25 \text{ cm}$      $v = 3.77 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
- K126c**  $\omega = 25.1 \text{ Hz}$      $a = 94.75 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$     **K126d** zur Achse
- K128a**  $T = 31\,557\,600 \text{ s}$      $v = 29.865 \frac{\text{km}}{\text{s}}$
- K128b**  $\omega = 1.991 \cdot 10^{-7}/\text{s}$      $a = 5.946 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 0.0606\% \cdot g$
- K128c**  $F = 3.568 \cdot 10^{22} \text{ N}$
- K130a**  $U = 6.786 \cdot 10^{11} \text{ m} = 678.6 \cdot 10^6 \text{ km}$
- K130b**  $T = 324000 \text{ min}$      $\omega = \frac{1^\circ}{900 \text{ s}}$      $\Delta\varphi = 0.05^\circ$
- K130c**  $\omega = 3.232 \cdot 10^{-7}/\text{s}$      $a = 11.28 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$   
 $F = 5.528 \cdot 10^{22} \text{ N}$

- K132a**  $\omega = 1.309/\text{s}$      $U = 188.5 \text{ cm}$      $v = 39.27 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$
- K132b**  $f = 0.2083 \text{ Hz}$      $T = 4.8 \text{ s}$      $12T = 57.6 \text{ s}$
- K132c** • Gewichtskraft  $F_G = 294.3 \mu\text{N}$  nach unten •  
Adhäsionskraft  $\vec{F}_A = -\vec{F}_G + \vec{F}_Z$   
mit Zentripetalkraft  $F_Z = 15.42 \mu\text{N}$  radial nach innen  
 $F_A = 294.7 \mu\text{N}$  um  $3^\circ$  gegenüber  $-\vec{F}_G$  nach innen geneigt
- K134a** 0.75 Hz    **K134b**  $4.712/\text{s} = 270^\circ/\text{s}$
- K134c**  $216^\circ$     **K134d** 1.414 m
- K134e** geradlinig tangenzial nach rechts unten
- K136a**  $F = m \frac{4\pi^2}{T^2} r$      $T = 2\pi\sqrt{\frac{m r}{F}}$
- K136b**  $1.1/0.9^2 \cdot 1.1 = 1.4938 \approx 50\%$
- K136c**  $\sqrt{1.1 \cdot 1.1/0.9} = 1.1595 \approx 16\%$
- K138a**  $R = 2.014 \text{ m} = 3.36 \cdot r$      $v_R = \sqrt{3.36} v_r = 1.649 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
- K138b** gesamt 3.20 m
- K140**  $v_A = 3.77 \frac{\text{m}}{\text{s}}$      $v_B = -2.51 \frac{\text{m}}{\text{s}}$      $u_A = -1.94 \frac{\text{m}}{\text{s}}$   
 $u_B = 4.34 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
- K142**  $F \cdot \frac{2\pi r}{4} = F \cdot s = W = \frac{1}{2} m v^2$      $v = 0.819 \frac{\text{m}}{\text{s}}$   
 $f = 24.43/\text{min}$

~~~~~ **Vektorielle Probleme** ~~~~~

- K200a**  $r = \frac{d}{2} + l \sin(\alpha) = 9.13 \text{ m}$      $a_z = g \tan(\alpha) =$   
 $11.69 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$      $\omega = 1.132 \text{ Hz}$      $f = 0.18 \text{ Hz}$      $T = 5.552 \text{ s}$
- K200b**  $F_G = 735.75 \text{ N}$  zum Boden     $F_{Kette} = 1144.6 \text{ N}$   
zur Aufhängung (→  $F_{res} = F_Z = 876.8 \text{ N}$  zur Drehachse)
- K202a**  $63/45 = 1.4 = 80.2^\circ$
- K202b**  $\arctan(4.2867/9.81) = 23.6^\circ$
- K204**  $F_G : F_Z = 7 : 2$      $\omega^2 r = \frac{2}{7} g$   
 $f = 0.2809 \text{ Hz} = 16.85/\text{min}$

ZU DIESEN LÖSUNGEN:

Ich gehe davon aus, dass in diesen Lösungen Fehler stecken, für die ich Sie schon einmal vorab um Verzeihung bitte. Falls Sie einen Fehler finden oder vermuten, sagen Sie mir bitte Bescheid, z.B. per e-mail an [physik@gelbini.de](mailto:physik@gelbini.de) oder über den Verlag. Alle bereits gefundenen Fehler werde ich auf meiner Homepage veröffentlichen. Aktuell erreichen Sie diese Liste direkt über die Adresse [gelbini.de/errata.htm](http://gelbini.de/errata.htm) oder zuverlässiger indirekt über [www.softfrutti.de](http://www.softfrutti.de) → „Links“

