

Kapitel 1

Aufgaben. 1. (a) $10^9 \mu\text{m}$; (b) $10^{-4} \mu\text{m}$; (c) $9,1 \cdot 10^5 \mu\text{m}$ **2.** 4031 **3.** (a) 160 rods; (b) 40 chains **4.** (a) ≈ 23 Punkte (b) $\approx 1,9$ Pica **5.** (a) $4,00 \cdot 10^4 \text{ km}$; (b) $5,10 \cdot 10^8 \text{ km}^2$; (c) $1,08 \cdot 10^{12} \text{ km}^3$ **6.** (a) 14,5 Roods (b) $1,47 \cdot 10^4 \text{ m}^2$ **7.** $1,9 \cdot 10^{22} \text{ cm}^3$ **8.** (a) $\approx 1,0 \text{ m}^3$ (b) $\approx 6,0 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$ **9.** $1,1 \cdot 10^3 \text{ acre-feet}$ **10.** (a) 52,6 min (b) 5,2 % **11.** (a) 0,98 ft/ns; (b) 0,30 mm/ps **12.** (a) ja; (b) 8,6 s **13.** C, D, A, B, E; das entscheidende Kriterium ist die Konstanz der täglichen Variation, nicht deren Betrag **14.** (a) 600 s; (b) 141 s; (c) ≈ 400 s; (d) ≈ -245 s **15.** 0,12 AE/min **16.** 15° **17.** 2,1 h **18.** (a) $3,88 \cdot 10^8$ Umdrehungen; (b) 1557,80644887275 s; (c) $\pm 3 \cdot 10^{-11} \text{ s}$ **19.** $9,0 \cdot 10^{49}$ **20.** (a) $1,430 \text{ m}^2$; (b) $7,284 \cdot 10^4 \text{ m}^2$ **21.** (a) 10^3 kg ; (b) 158 kg/s **22.** $1,3 \cdot 10^9 \text{ kg}$ **23.** (a) $1,18 \cdot 10^{-29} \text{ m}^3$; (b) $0,282 \text{ nm}$ **24.** $1,36 \cdot 10^{-9} \text{ kg}$ **25.** (a) 60,8 W; (b) 43,3 Z **26.** (a) 22 Peeks; (b) 5,5 Bushels; (c) 2001 **27.** 89 km **28.** 1,15 m **29.** $\approx 1 \cdot 10^{36}$

Kapitel 2

Kontrollfragen. 1. b und c **2.** null (Verschiebung bei gesamter Fahrt ist null) **3.** (betrachten Sie die Ableitung dx/dt) (a) 1 und 4; (b) 2 und 3 **4.** (siehe Strategie 5) (a) plus; (b) minus; (c) minus; (d) plus **5.** 1 und 4 ($a = d^2x/dt^2$ muss eine Konstante sein) **6.** (a) plus (Verschiebung die y-Achse aufwärts); (b) minus (Verschiebung die y-Achse abwärts); (c) $a = -g = -9,8 \text{ m/s}^2$

Fragen. 1. (a) alle gleich; (b) 4, 1 und 2 gleich, dann 3 **3.** E **5.** a und c **7.** $x = t^2$ und $x = 8(t-2) + (1,5)(t-2)^2$ **9.** gleich

Aufgaben. 1. 414 ms **2.** 6,510 s **3.** (a) +40 km/h; (b) 40 km/h **4.** $\approx 1,3$ s **5.** (a) 73 km/h; (b) 68 km/h; (c) 70 km/h; (d) 0 **6.** (a) 1,74 m/s; (b) 2,14 m/s **7.** (a) 0, -2, 0, 12 m; (b) +12 m; (c) +7 m/s **8.** 60 km **9.** 1,4 m **10.** (a) zwischen 2,0 s und 4,0 s; (b) zwischen 0,0 s und 3,0 s; (c) zwischen 3,0 s und 7,0 s; (d) 3,0 s **11.** (a) -6 m/s; (b) negative x-Richtung; (c) 6 m/s; (d) erst kleiner, dann null, dann größer; (e) ja ($t = 2$ s); (f) nein **12.** (a) 28,5 cm/s; (b) 18,0 cm/s; (c) 40,5 cm/s; (d) 28,1 cm/s; (e) 30,3 cm/s **13.** 100 m **15.** (a) Quadrat der Geschwindigkeit; (b) Beschleunigung; (c) m^2/s^2 , m/s^2 **17.** 20 m/s^2 , Richtung entgegengesetzt der Anfangsgeschwindigkeit **18.** (a) 1,10 m/s; (b) 0,00611 m/s^2 ; (c) 1,47 m/s; (d) $0,00611 \text{ m/s}^2$ **19.** (a) 80 m/s; (b) 110 m/s; (c) 20 m/s^2 **20.** 5,9 m **21.** (a) m/s^2 , m/s^3 ; (b) 1,0 s; (c) 82 m; (d) -80 m; (e) 0, -12, -36, -72 m/s; (f) -6, -18, -30, -42 m/s^2 **22.** $0,28 \text{ m/s}^2$ **23.** 0,10 m **24.** 0,556 s **25.** (a) 1,6 m/s; (b) 18 m/s **26.** 0,00375 s **27.** (a) $3,1 \cdot 10^6 \text{ s} = 1,2$ Monate; (b) $4,6 \cdot 10^{13}$ **28.** $2,78 \text{ m/s}^2$ **29.** $1,62 \cdot 10^{15} \text{ m/s}^2$ **30.** ≈ 21 g **31.** 2,5 s **32.** 4,0 m/s^2 in positive x-Richtung **33.** (a) $3,56 \text{ m/s}^2$; (b) 8,43 m/s^2 **34.** ja, 10 m/s **35.** (a) 5,00 m/s; (b) $1,67 \text{ m/s}^2$; (c) 7,50 m **36.** (a) 82 m; (b) 19 m/s **37.** (a) 0,74 s; (b) $-6,2 \text{ m/s}^2$ **38.** (a) $-0,994 \text{ m/s}^2$ **39.** (a) 10,6 m; (b) 41,5 s **40.** (a) 183 m/s; (b) nein **41.** (a) 29,4 m; (b) 2,45 s **42.** (a) 1,54 s; (b) 27,1 m/s **43.** (a) 31 m/s; (b) 6,4 s **44.** (a) 5,44 s; (b) -53,3 m/s; (c) -5,80 m **45.** (a) 3,2 s; (b) 1,3 s **46.** (a) $\sqrt{v_0^2 + 2gh}$; (b) $\frac{\sqrt{v_0^2 + 2gh} - v_0}{g}$; (c) zu a unverändert; (d) $\frac{\sqrt{v_0^2 + 2gh} + v_0}{g}$ **47.** (a) 3,70 m/s; (b) 1,74 m/s; (c) 0,7 m **48.** 34 m **49.** 4,0 m/s **50.** 22,0 m/s **51.** 857 m/s^2 , aufwärts **52.** (a) ≈ 101 m; (b) 13,0 s **53.** $1,26 \cdot 10^3 \text{ m/s}^2$, aufwärts **54.** (a) 0,35 s; (b) 0,082 s **55.** 22 cm und 89 cm unterhalb des Ventils **56.** (a) $8,0 \text{ m/s}^2$; (b) 20 m/s **57.** 1,5 s **58.** 4 H **59.** (a) 5,4 s; (b) 41 m/s **60.** (a) 12,3 m/s **61.** (a) 76 m; (b) 4,2 s **62.** (a) 8,85 m/s; (b) 1,00 m **63.** (a) 1,23 cm; (b) 4-mal, 9-mal, 16-mal, 25-mal **64.** (a) 17 s; (b) 290 m **65.** 2,34 m

Kapitel 3

Kontrollfragen. 1. (a) 7 m (\vec{a} und \vec{b} zeigen in die gleiche Richtung); (b) 1 m (\vec{a} und \vec{b} zeigen in entgegengesetzte Richtungen) **2.** c, d, f (Komponenten Spitze an Ende, \vec{a} reicht vom Ende einer Komponente zur Spitze der anderen) **3.** (a) +, +; (b) +, -; (c) +, + (Vektor reicht vom Ende von \vec{d}_1 zur Spitze von \vec{d}_2) **4.** (a) 90° ; (b) 0° (Vektoren parallel, gleiche Richtung); (c) 180° (Vektoren antiparallel, entgegengesetzte Richtungen) **5.** (a) 0° oder 180° ; (b) 90°

Fragen. 1. \vec{A} und \vec{B} **3.** nein, aber die Addition von \vec{a} und $-\vec{b}$ ist kommutativ: $\vec{a} + (-\vec{b}) = (-\vec{b}) + \vec{a}$ **5.** (a) \vec{a} und \vec{b} sind parallel; (b) $\vec{b} = 0$; (c) \vec{a} und \vec{b} stehen senkrecht aufeinander **7.** alle außer (e) **9.** (a) 0 (die Vektoren sind parallel); (b) 0 (die Vektoren sind antiparallel)

Aufgaben. 1. Die Verschiebungen sollten (a) parallel, (b) antiparallel, (c) senkrecht sein **2.** Walpole **3.** (a) -2,5 m; (b) -6,9 m **4.** (a) 0,349 rad; (b) 0,873 rad; (c) 1,75 rad; (d) $18,9^\circ$; (e) 120° ; (f) 441° **5.** (a) 47,2 m; (b) 122° **6.** (a) 13 m; (b) 7,5 m **7.** (a) 168 cm; (b) $32,5^\circ$ über dem Boden **8.** (a) 27,8 m; (b) 13,4 m **9.** (a) 6,42 m; (b) nein; (c) ja; (d) ja; (e) mögliche Antwort: $(4,30 \text{ m})\vec{e}_x + (3,70 \text{ m})\vec{e}_y + (3,00 \text{ m})\vec{e}_z$; (f) 7,96 m **10.** (a) ≈ 81 km; (b) $\approx 40^\circ$ **11.** (a) 370 m; (b) 36° NO; (c) 425 m; (d) die Entfernung **12.** (b) $\approx 3,2$ km; (c) 41° oder 221° **13.** (a) $(-9 \text{ m})\vec{e}_x + (10 \text{ m})\vec{e}_y$; (b) 13 m; (c) $+132^\circ$ **14.** (a) 12; (b) -5,8; (c) -2,8 **15.** (a) 4,2 m; (b) 40° NO; (c) 8,0 m; (d) 24° NW **16.** (a) $(8,0 \text{ m})\vec{e}_x + (2,0 \text{ m})\vec{e}_y$; (b) 8,2 m; (c) 14° ; (d) $(2,0 \text{ m})\vec{e}_x - (6,0 \text{ m})\vec{e}_y$; (e) 6,3 m; (f) 72° **17.** (a) $(3,0 \text{ m})\vec{e}_x - (2,0 \text{ m})\vec{e}_y + (5,0 \text{ m})\vec{e}_z$; (b) $(5,0 \text{ m})\vec{e}_x - (4,0 \text{ m})\vec{e}_y - (3,00 \text{ m})\vec{e}_z$; (c) $(-5,0 \text{ m})\vec{e}_x + (4,0 \text{ m})\vec{e}_y + (3,0 \text{ m})\vec{e}_z$ **18.** (a) 5,0 m; (b) 37° ; (c) 10 m; (d) 53° ; (e) 11 m; (f) 27° ; (g) 11 m; (h) 80° ; (i) 11 m; (j) 260° ; (k) 180° **19.** (a) 38 m; (b) 320° ; (c) 130 m; (d) $1,2^\circ$; (e) 62 m; (f) 130° **20.** (a) $(1,28 \text{ m})\vec{e}_x + (6,60 \text{ m})\vec{e}_y$; (b) 1,38 rad **21.** (a) 1,59 m; (b) 12,1 m; (c) 12,2 m; (d) $82,5^\circ$ **22.** (a) 26,6 m; (b) -151° **24.** (a) $(10,0 \text{ m})\vec{e}_x + (1,6 \text{ m})\vec{e}_y$; (b) 10,2 m; (c) $9,2^\circ$ **26.** (a) $(-3,18 \text{ m})\vec{e}_x + (4,72 \text{ m})\vec{e}_y$; (b) 5,69 m; (c) 124° **27.** (a) Achsen zeigen entlang der Kanten eines Würfels, Ursprung liegt in einer Ecke. Die Diagonalen sind: $a\vec{e}_x + a\vec{e}_y + a\vec{e}_z$, $a\vec{e}_x + a\vec{e}_y - a\vec{e}_z$, $a\vec{e}_x - a\vec{e}_y + a\vec{e}_z$, $a\vec{e}_x - a\vec{e}_y - a\vec{e}_z$; (b) $54,7^\circ$; (c) $\sqrt{3}a$ **28.** (a) $9,19\vec{e}_x + 7,71\vec{e}_y$; (b) $14,0\vec{e}_x + 3,41\vec{e}_y$ **29.** (a) 30; (b) 52 **31.** 22° **34.** -3,0 $\vec{e}_x - 3,0\vec{e}_y - 4,0\vec{e}_z$ **35.** (b) $a^2 b \sin \phi$ **36.** 540 **37.** (a) 3,0 m; (b) 0; (c) 3,46 m; (d) 2,00 m; (e) -5,00 m; (f) 8,66 m; (g) -6,67; (h) 4,33 **38.** (a) 57° ; (b) 2,2 m; (c) -4,5 m; (d) -2,2 m; (e) 4,5 m

Kapitel 4

Kontrollfragen. 1. (a) $(8\vec{e}_x - 6\vec{e}_y) \text{ m}$; (b) ja, die xy-Ebene (keine z-Komponente) **2.** (\vec{v} zeigt in Richtung der Tangente an die Bahnkurve und beginnt an der Bahnkurve) (a) erster Quadrant; (b) dritter **3.** (zweite Ableitung nach der Zeit bilden) (1) und (3) a_x und a_y sind konstant, also ist \vec{a} konstant; (2) und (4) a_y ist konstant, a_x aber nicht, also ist auch \vec{a} nicht konstant **4.** 4 m/s^3 , -2 m/s, 3 m **5.** (a) v_x ist konstant; (b) v_y ist anfangs positiv, läuft durch null und wird zunehmend negativ; (c) überall ist $a_x = 0$; (d) überall ist $a_y = -g$ **6.** (a) $(-4 \text{ m/s})\vec{e}_x$; (b) $(-8 \text{ m/s}^2)\vec{e}_y$ **7.** (a) 0, Entfernung ändert sich nicht; (b) +70 km/h; Entfernung nimmt zu; (c) +80 km/h, Entfernung nimmt ab **8.** (a) bis (c) nimmt zu

Fragen. 1. (a) $(7 \text{ m})\vec{e}_x + (1 \text{ m})\vec{e}_y + (-2 \text{ m})\vec{e}_z$; (b) $(5 \text{ m})\vec{e}_x + (-3 \text{ m})\vec{e}_y + (1 \text{ m})\vec{e}_z$; (c) $(-2 \text{ m})\vec{e}_x$ **3.** a, b, c **5.** (a) alle zugleich; (b) 1 und 2 gleichauf

(Rakete wird nach oben geschossen), dann 3 und 4 gleichauf (Rakete wird in den Boden geschossen!) **7.** (a) 3, 2, 1; (b) 1, 2, 3; (c) alle gleich; (d) 6, 5, 4 **9.** (a) weniger; (b) keine Antwort möglich; (c) gleich; (d) keine Antwort möglich **11.** (a) 2; (b) 3; (c) 1; (d) 2; (e) 3; (f) 1 **13.** (a) ja; (b) nein; (c) ja

Aufgaben. 1. (a) $(-5,0\vec{e}_x + 8,0\vec{e}_y)$ m; (b) 9,4 m; (c) 122° ; (e) $(8\vec{e}_x - 8\vec{e}_y)$ m; (f) 11 m; (g) -45° **2.** (a) 6,2 m **3.** (a) $(-7,0\vec{e}_x + 12\vec{e}_y)$ m; (b) xy -Ebene **4.** 1,03 km **5.** 7,59 km/h, $22,5^\circ$ NO **6.** $(-0,70\vec{e}_x + 1,40\vec{e}_y - 0,40\vec{e}_z)$ m/s **7.** (a) $(3,00\vec{e}_x - 8,00t\vec{e}_y)$ m/s; (b) $(3,00\vec{e}_x - 16,0\vec{e}_y)$ m/s; (c) 16,3 m/s; (d) $-79,4^\circ$ **8.** (a) 63 km, 18° Süd-Ost; (b) 0,70 km/h; (c) 1,56 km/h; (d) 1,2 km/h **9.** (a) $(8t\vec{e}_y + \vec{e}_z)$ m/s; (b) $8\vec{e}_y$ m/s **10.** (a) $(-1,5\vec{e}_x + 0,5\vec{e}_y)$ m/s²; (b) 1,6 m/s², -18° oder 162° **11.** (a) $(6,00\vec{e}_x - 106\vec{e}_y)$ m; (b) $(19,0\vec{e}_x - 224\vec{e}_y)$ m/s; (c) $(24,0\vec{e}_x - 336\vec{e}_y)$ m/s²; (d) $-85,2^\circ$ nach $+x$ **12.** $(-2,1\vec{e}_x + 2,8\vec{e}_y)$ m/s² **13.** (a) $(-1,5\vec{e}_y)$ m/s; (b) $(4,5\vec{e}_x - 2,25\vec{e}_y)$ m **14.** (a) $-18\vec{e}_x$ m/s²; (b) 0,75 s; (c) niemals; (d) 2,2 s **15.** (a) 45 m; (b) 22 m/s **16.** 60° **17.** (a) 62 ms; (b) 480 m/s **18.** (a) 0,495 s; (b) 3,07 m/s **19.** (a) 0,205 s; (b) 0,205 s; (c) 20,5 cm; (d) 61,5 cm **20.** (a) 0,18 m; (b) 1,9 m **21.** (a) 2,00 ns; (b) 2,00 mm; (c) $1,00 \cdot 10^7$ m/s; (d) $2,00 \cdot 10^6$ m/s **22.** 0,26 m **23.** (a) 16,9 m; (b) 8,21 m; (c) 27,6 m; (d) 7,26 m; (e) 40,2 m; (f) 0 **24.** (a) 95 m; (b) 31 m **25.** 4,8 cm **28.** (a) 12,0 m; (b) 4,80 m/s; (c) hat er nicht **29.** (a) 11 m; (b) 23 m; (c) 17 m/s; (d) 63° unterhalb der Waagerechten **30.** (a) 20 m/s; (b) 36 m/s; (c) 74 m **31.** (a) 24 m/s; (b) 65° oberhalb der Waagerechten **32.** (a) 1,60 m; (b) 0,800 s; (c) 2,86 m **33.** (a) 10 s; (b) 897 m **34.** 78° **35.** die dritte **36.** 5,8 m/s **37.** (a) 202 m/s; (b) 806 m; (c) 161 m/s; (d) -171 m/s **38.** (a) 20,3 m/s; (b) 21,7 m/s **39.** (a) ja; (b) 2,56 m **40.** (a) ja; (b) 0,20 m; (c) nein; (d) 0,86 m **41.** zwischen den Winkeln 31° und 63° oberhalb der Waagerechten **42.** 4,0 m/s² **43.** (a) 7,49 km/s; (b) 8,00 m/s² **44.** (a) 0,94 m; (b) 19 m/s; (c) $2,4 \cdot 10^3$ m/s²; (d) 50 ms **45.** (a) 19 m/s; (b) 35 U/min; (c) 1,7 s **46.** (a) 7,32 m; (b) 7,32 m **47.** (a) $0,034$ m/s²; (b) 84 min **48.** (a) $7,3 \cdot 10^3$ m; (b) 80 km/h **49.** (a) 12 s; (b) 4,1 m/s², nach unten; (c) $4,1$ m/s², nach oben **50.** (a) $1,3 \cdot 10^5$ km/s; (b) $7,9 \cdot 10^5$ m/s²; (c) beide nehmen zu **51.** 160 m/s² **52.** (a) $4,24 \angle 45^\circ$ in m; (b) $5,54 \angle 67,5^\circ$ in m; (c) $6,00 \angle 90,0^\circ$ in m; (d) $4,24 \angle 135^\circ$ in m; (e) $(-0,6\vec{e}_x + 0,6\vec{e}_y)$ m/s; (f) $0,942 \angle 90^\circ$ in m/s; (g) $0,942 \angle 180^\circ$ in m/s; (h) $0,296 \angle 180^\circ$ in m/s²; (i) $0,296 \angle 270^\circ$ in m/s² **53.** (a) 13 m/s², nach Osten; (b) 13 m/s², nach Osten **54.** (a) $5\vec{e}_x$ km/h; (b) $-1\vec{e}_x$ km/h **55.** 36 s, nein **56.** $\approx 130^\circ$ **57.** 60° **58.** (a) $(80\vec{e}_x - 60\vec{e}_y)$ km/h; (b) unverändert; (c) nein **59.** 32 m/s **60.** (a) $(-32\vec{e}_x - 46\vec{e}_y)$ km/h; (b) $(2,5 - 32t)\vec{e}_x + (4,0 - 46t)\vec{e}_y$ in km und h; (c) 0,084 h; (d) 0,2 km **61.** (a) 38 Knoten, $1,5^\circ$ nein; (b) 4,2 h; (c) $1,5^\circ$ SW **62.** 93° **63.** (a) 37° NW; (b) 62,6 s **64.** (18,5; 5,53)

Kapitel 5

Kontrollfragen. 1. c, d und e (\vec{F}_1 und \vec{F}_2 müssen Spitze an Ende gezeichnet werden, \vec{F}_{eff} wird von der Spitze des einen Pfeils bis zum Ende des anderen gemessen) **2.** (a) und (b) 2 N, nach links (in jeder Situation ist die Beschleunigung null) **3.** (a) und (b) 1, 4, 3, 2 **4.** (a) gleich; (b) größer (Beschleunigung nach oben, resultierende Kraft auf den Körper zeigt nach oben) **5.** (a) gleich; (b) größer; (c) kleiner **6.** (a) nehmen zu; (b) ja; (c) gleich; (d) ja **7.** (a) $F \sin \theta$; (b) nimmt zu **8.** 0 (weil jetzt $a = -g$)

Fragen. 1. (a) 5; (b) 7; (c) $(2N)\vec{e}_x$; (d) $-(6N)\vec{e}_y$; (e) vierter; (f) vierter **3.** (a) 2 und 4; (b) 2 und 4 **5.** (a) 2, 3, 4; (b) 1, 3, 4; (c) 1, $+$; 2, $+$; 3, vierter Quadrant; 4, dritter Quadrant **7.** (a) weniger; (b) größer **9.** (a) 20 kg; (b) 18 kg; (c) 10 kg; (d) alle gleichauf; (e) 3, 2, 1 **11.** (a) 4 oder 5; (b) 2; (c) 1; (d) 4 oder 5; (e) 3; (f) 6; (g) 3 und 6; 1, 2 und 5; (h) 3 und 6; (i) 1, 2 und 5

Aufgaben. 1. (a) $F_x = 1,88$ N; (b) $F_y = 0,684$ N; (c) $(1,88\vec{e}_x + 0,684\vec{e}_y)$ N **2.** (a) 0; (b) $4,0\vec{e}_y$ m/s²; (c) $3,0\vec{e}_x$ m/s² **3.** 2,9 m/s² **4.** $(-2\vec{e}_x + 6\vec{e}_y)$ N **5.** $(3\vec{e}_x - 11\vec{e}_y + 4\vec{e}_z)$ N **6.** (a) $(0,86\vec{e}_x - 0,16\vec{e}_y)$ m/s²; (b) 0,88 m/s²; (c) 11° **7.** (a) $(-32\vec{e}_x - 21\vec{e}_y)$ N; (b) 38 N; (c) 213° von

$+x$ aus **8.** (a) 0; (b) 0,83 m/s²; (c) 34° **9.** (a) 108 N; (b) 108 N **10.** 2,0 N, nach unten **11.** (a) 11 N; (b) 2,2 kg; (c) 0; (d) 2,2 kg **12.** (a) $7,4 \cdot 10^2$ N; (b) $2,9 \cdot 10^2$ N; (c) 0,0 N; (d) 75 kg **13.** 16 N **14.** (a) 328 N, nach unten; (b) 0 N; (c) 0 N; (d) 284 N, nach oben **15.** (a) 42 N; (b) 72 N; (c) $4,9$ m/s² **16.** (a) 590 N aufwärts; (b) 340 N aufwärts; (c) 590 N aufwärts **17.** (a) $0,02$ m/s²; (b) $8 \cdot 10^4$ km; (c) $2 \cdot 10^3$ m/s **18.** $3,1 \cdot 10^2$ N **19.** $1,2 \cdot 10^5$ N **20.** (a) $5,5 \cdot 10^3$ N; (b) 2,7 s; (c) 4,0; (d) 2,0 **21.** 1,5 mm **22.** $6,8 \cdot 10^3$ N **23.** (a) $(285\vec{e}_x + 705\vec{e}_y)$ N; (b) $(285\vec{e}_x - 115\vec{e}_y)$ N; (c) 307 N; (d) -22° von $+x$ aus; (e) $3,67$ m/s²; (f) -22° von $+x$ aus **24.** (a) 68 N; (b) 73 N **25.** (a) $0,62$ m/s²; (b) $0,13$ m/s²; (c) 2,6 m **26.** (a) $\cos \theta$; (b) $\sqrt{\cos \theta}$ **27.** (a) 494 N, nach oben; (b) 494 N, nach unten **28.** (a) $(5,0\vec{e}_x + 4,3\vec{e}_y)$ m/s; (b) $(15\vec{e}_x + 6,4\vec{e}_y)$ m **29.** (a) $2,2 \cdot 10^{-3}$ N; (b) $3,7 \cdot 10^{-3}$ N **30.** (a) 68 N, aufwärts; (b) 28 N, aufwärts **31.** (a) 1,1 N **32.** (a) $4,6 \cdot 10^3$ N; (b) $5,8 \cdot 10^3$ N **33.** $1,8 \cdot 10^4$ N **34.** 23 kg **35.** (a) 620 N; (b) 580 N **36.** (a) $0,970$ m/s²; (b) 11,6 N; (c) 34,9 N **37.** (a) 3260 N; (b) $2,7 \cdot 10^3$ kg; (c) $1,2$ m/s² **38.** (a) $0,74$ m/s²; (b) $7,3$ m/s² **39.** (a) 180 N; (b) 640 N **40.** 5,1 m/s **41.** (a) 1,23 N; (b) 2,46 N; (c) 3,69 N; (d) 4,92 N; (e) 6,15 N; (f) $0,25$ N **42.** $8,4 \cdot 10^5$ N **43.** (a) $0,735$ m/s²; (b) nach unten; (c) 20,8 N **44.** (a) 3,1 N; (b) 14,7 N **45.** (a) 1,18 m; (b) 0,674 s; (c) 3,50 m/s **46.** (a) $1,2 \cdot 10^2$ m/s²; (b) 12 g; (c) $1,4 \cdot 10^8$ N; (d) 50 Monate **47.** (a) $4,9$ m/s²; (b) $2,0$ m/s²; (c) aufwärts; (d) 120 N **48.** (a) $6,8 \cdot 10^3$ N; (b) 159° **49.** (a) $2,18$ m/s²; (b) 116 N; (c) $21,0$ m/s² **50.** (a) 466 N; (b) 527 N; (c) 931 N; (d) $1,05 \cdot 10^3$ N; (e) 931 N; (f) $1,05 \cdot 10^3$ N; (g) $1,86 \cdot 10^3$ N; (h) $2,11 \cdot 10^3$ N **51.** (b) $F/(m+M)$; (c) $MF/(m+M)$; (d) $F(m+2M)/(2m+M)$ **52.** (a) 566 N; (b) $1,13 \cdot 10^3$ N **53.** $2Ma/(a+g)$ **54.** $1,8 \cdot 10^4$ N **55.** (a) $31,3 \cdot 10^3$ N; (b) $24,3 \cdot 10^3$ N **56.** (a) 7,3 kg; (b) 89 N

Kapitel 6

Kontrollfragen. 1. (a) null (der Block bewegt sich nicht über den Boden); (b) 5 N; (c) nein; (d) ja; (e) 8 N **2.** (a) gleich, 10 N; (b) nimmt ab; (c) nimmt ab (weil N abnimmt) **3.** größer (v_t hängt von \sqrt{R} ab, siehe Beispielaufgabe 6-5) **4.** (\vec{a} zeigt zum Mittelpunkt der Kreisbahn) (a) \vec{a} nach unten, \vec{N} nach oben; (b) \vec{a} und \vec{N} nach oben **5.** (a) bleibt gleich (muss der Gravitationskraft auf die Person entsprechen); (b) nimmt zu ($N = mv^2/R$); (c) nimmt zu ($f_{s,\text{max}} = \mu_s N$) **6.** (a) $4R_1$; (b) $4R_1$

Fragen. 1. (a) F_1, F_2, F_3 ; (b) alle gleichauf **3.** (a) gleich; (b) nimmt zu; (c) nimmt zu; (d) nein **5.** (a) nimmt ab; (b) nimmt ab; (c) nimmt zu; (d) nimmt zu; (e) nimmt zu **7.** (a) die Masse m des Blocks; (b) gleich (Kräftepaar nach dem dritten newtonschen Axiom); (c) die Reibungskraft auf die Platte wirkt in Richtung der Kraft, die auf den Block in entgegengesetzter Richtung; (d) die Masse M der Platte **9.** 4, 3, dann 1 2 und 5 gleichauf

Aufgaben. 1. (a) 200 N; (b) 120 N **2.** 2° **3.** 0,61 **4.** $1,6 \cdot 10^2$ N **5.** (a) 190 N; (b) $0,56$ m/s² **6.** 20° **7.** (a) 0,13 N; (b) 0,12 **8.** (b) 240 N; (c) 60 % **9.** (a) nein; (b) $(-12\vec{e}_x + 5\vec{e}_y)$ N **10.** (a) 6,0 N, Linksverschiebung; (b) 3,6 N, Linksverschiebung; (c) 3,1 N, Linksverschiebung **12.** (a) 110 N; (b) $1,3 \cdot 10^2$ N; (c) nein; (d) 46 N; (e) 17 N **13.** (a) 300 N; (b) $1,3$ m/s² **14.** 0,53 **15.** (a) 66 N; (b) $2,3$ m/s² **16.** (a) 11 N; (b) $0,14$ m/s² **17.** (b) $3,0 \cdot 10^7$ N **18.** (a) 8,6 N; (b) 46 N; (c) 39 N **19.** 100 N **20.** (a) 17 N; (b) 20 N; (c) 15 N **21.** (a) 0; (b) $3,9$ m/s² hangabwärts; (c) $1,0$ m/s² hangabwärts **22.** 3,3 kg **23.** (a) 3,5 m/s²; (b) 0,21 N; (c) Massestücke bewegen sich unabhängig voneinander **24.** 8,5 N **25.** 490 N **26.** (a) 1,05 N; (b) $3,62$ m/s²; (c) Unverändert, ausgenommen dass sich die Zugstange jetzt im Stadium der Kompression befindet. **27.** (a) $6,1$ m/s², nach links (b) $0,98$ m/s², nach links **28.** (a) $3,0 \cdot 10^5$ N; (b) $1,2^\circ$ **29.** $g(\sin \theta - \sqrt{2}\mu_k \cos \theta)$ **30.** (a) 19° ; (b) $3,3 \cdot 10^3$ N **31.** 9,9 s **32.** (a) $3,2 \cdot 10^2$ km/h; (b) $6,5 \cdot 10^2$ km/h, nein **33.** 6200 N **34.** 3,75 **35.** 2,3 **36.** 9,7 g **37.** ungefähr 48 km/h **38.** (a) $3,7 \cdot 10^3$ N, aufwärts; (b) $-1,3 \cdot 10^3$ N, abwärts **39.** 21 m **40.** (a) $3,7 \cdot 10^3$ N, aufwärts; (b) $-2,3 \cdot 10^3$ N, abwärts **41.** $\sqrt{Mg/r/m}$ **42.** (a) 275 N; (b) 877 N **43.** (a) leicht; (b) 778 N; (c) 223 N

44. 12° **45.** 2,2 km **46.** (a) 210 N; (b) 44,0 m/s **47.** (b) 8,74 m/s; (c) 37,9 N
radial nach innen; (d) 6,45 m/s **48.** (a) 69 km/h; (b) 139 km/h; (c) ja

Kapitel 7

Kontrollfragen. 1. (a) nimmt ab; (b) gleich; (c) negativ, null **2.** *d, c, b, a* **3.** (a) gleich; (b) kleiner **4.** (a) positiv; (b) negativ; (c) null **5.** null

Fragen. 1. alle gleichauf **3.** (a) positiv; (b) null; (c) negativ; (d) negativ; (e) null; (f) positiv **5.** (a) *A, B, C*; (b) *C, B, A*; (c) *C, B, A*; (d) *A, 2; B, 3; C, 1* **7.** alle gleichauf **9.** *c, d*, dann *a* und *b* gleichauf, dann *f, e* **11.** (a) $2F_1$; (b) $2W_1$ **13.** *B, C, A*

Aufgaben. 1. $1,2 \cdot 10^6$ m/s **2.** (a) $-5 \cdot 10^{14}$ J; (b) 0,1 Megatonnen TNT; (c) 8 **3.** (a) 3610 J; (b) 1900 J; (c) $1,1 \cdot 10^{10}$ J **4.** (a) 2,4 m/s; (b) 4,8 m/s **5.** (a) $2,9 \cdot 10^7$ m/s; (b) $2,1 \cdot 10^{-13}$ J **6.** 5,0 · 10³ J **7.** (a) 590 J; (b) 0; (c) 0; (d) 590 J **8.** 0,32 J **9.** (a) 170 N; (b) 340 m; (c) $-5,8 \cdot 10^4$ J; (d) 340 N; (e) 170 m; (f) $-5,8 \cdot 10^4$ J **10.** $5,3 \cdot 10^2$ J **11.** (a) 1,50 J; (b) nimmt zu **12.** 20 J **13.** 15,3 J **14.** (a) 36 kJ; (b) 200 J **15.** (a) 98 N; (b) 4,0 cm; (c) 3,9 J; (d) $-3,9$ J **16.** (a) $2,7 \cdot 10^2$ N; (b) $-4,0 \cdot 10^2$ J; (c) $4,0 \cdot 10^2$ J; (d) 0; (e) 0 **17.** (a) $1,2 \cdot 10^4$ J; (b) $-1,1 \cdot 10^4$ J; (c) 1100 J; (d) 5,4 m/s **18.** (a) $8,84 \cdot 10^3$ J; (b) $7,84 \cdot 10^3$ J; (c) $6,84 \cdot 10^3$ J **19.** (a) $-3Mgd/4$; (b) Mgd ; (c) $Mgd/4$; (d) $\sqrt{gd/2}$ **20.** $1,25 \cdot 10^3$ J **21.** (a) $-0,043$ J; (b) $-0,13$ J **22.** (a) 0,29 J; (b) $-1,8$ J; (c) 3,5 m/s; (d) 0,23 m **23.** (a) 6,6 m/s; (b) 4,7 m **24.** 25 J **25.** 800 J **26.** (a) 12 J; (b) 4,0 m; (c) 18 J **27.** 0 (nach beiden Methoden) **28.** (a) 2,3 J; (b) 2,6 J **29.** -6 J **30.** $2,7 \cdot 10^5$ W **31.** 490 W **32.** (a) 28 W; (b) 6 m/s **33.** (a) 0,83 J; (b) 2,5 J; (c) 4,2 J; (d) 5,0 W **34.** (a) 900 J; (b) 113 W; (c) 225 W **35.** 740 W **36.** (a) 0; (b) $-3,5 \cdot 10^2$ W **37.** 68 kW **38.** (a) 1,7 W; (b) 0; (c) $-1,7$ W **40.** (a) 100 J; (b) 67 W; (c) 33 W

Kapitel 8

Kontrollfragen. 1. nein (betrachten Sie den Umlauf in der kleineren Schleife) **2.** 3, 1, 2 (siehe Gl. 8-6) **3.** (a) alle gleichauf; (b) alle gleichauf **4.** (a) *CD, AB, BC* (null) (betrachten Sie den Betrag der Steigungen); (b) positive *x*-Richtung **5.** alle gleichauf

Fragen. 1. (a) 12 J; (b) -2 J **3.** (a) alle gleichauf; (b) alle gleichauf **5.** (a) 4; (b) kehrt zum Anfang zurück und beginnt von vorne; (c) 1; (d) 1 **7.** (a) *fL*; (b) 0,50; (c) 1,25; (d) 2,25; (e) *b*, Mitte; *c*, rechts; *d*, links **9.** (a) zunehmend; (b) abnehmend; (c) abnehmend; (d) konstant in *AB* und *BC*, abnehmend in *CD*

Aufgaben. 1. 89 N/cm **2.** (a) 167 J; (b) -167 J; (c) 196 J; (d) 29 J; (e) 167 J; (f) -167 J; (g) 296 J; (h) 129 J **3.** (a) 4,31 mJ; (b) $-4,31$ mJ; (c) 4,31 mJ; (d) $-4,31$ mJ; (e) alle nehmen zu **4.** (a) 0; (b) $mgh/2$; (c) mgh ; (d) $mgh/2$; (e) mgh ; (f) alle Ergebnisse verdoppeln **5.** (a) mgL ; (b) $-mgL$; (c) 0; (d) $-mgL$; (e) mgL ; (f) 0; (g) gleich **6.** (a) $4mgR$; (b) $3mgR$; (c) $5mgR$; (d) mgR ; (e) $2mgR$; (f) bleiben gleich **7.** (a) 184 J; (b) -184 J; (c) -184 J **8.** (a) $mgL(1 - \cos\theta)$; (b) $-mgL(1 - \cos\theta)$; (c) $mgL(1 - \cos\theta)$; (d) die Beträge nehmen zu **9.** (a) 2,08 m/s; (b) 2,08 m/s; (c) nimmt zu **10.** (a) 12,9 m/s; (b) 12,9 m/s; (c) größer **11.** (a) $\sqrt{2gL}$; (b) $2\sqrt{gL}$; (c) $\sqrt{2gL}$; (d) alle gleich **12.** (a) v_0 ; (b) $\sqrt{v_0^2 + gh}$; (c) $\sqrt{v_0^2 + 2gh}$; (d) $h + v_0^2/2g$; (e) gleiche Resultate **13.** (a) 260 m; (b) gleich; (c) nimmt ab **14.** (a) 2,29 m/s; (b) bleibt gleich **15.** (a) 21,0 m/s; (b) 21,0 m/s; (c) 21,0 m/s **16.** (a) 784 N/m; (b) 62,7 J; (c) 62,7 J; (d) 0,800 m **17.** (a) 0,98 J; (b) $-0,98$ J; (c) $3,1$ N/cm **18.** (a) $\sqrt{v_0^2 + 2gL(1 - \cos\theta_0)}$; (b) $\sqrt{2gL \cos\theta_0}$; (c) $\sqrt{gL(3 + 2 \cos\theta_0)}$; (d) nehmen ab **19.** (a) 39,2 J; (b) 39,2 J; (c) 4,00 m **20.** (a) 8 mg; (b) mg ; (c) 2,5 mg **21.** (a) 35 cm; (b) 1,7 m/s **22.** ≈ -320 J **23.** (a) 4,8 m/s; (b) 2,4 m/s **24.** (a) 4,4 m; (b) unverändert **25.** 10 cm **26.** (a) nein; (b) ≈ 930 N **27.** 1,25 cm **28.** (a) 7,22 J; (b) $-7,22$ J; (c) 0,862 m; (d) 0,261 **30.** (a) 1,4 m/s; (b) 1,9 m/s; (c) 28,2° **31.** (a)

Aufgabe	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>g</i>
Position <i>y</i>	0	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
U_g	0	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0	12,0
U_e	12,5	8,0	4,5	2,0	0,5	0	0
<i>K</i>	0	2,5	4,0	4,5	4,0	2,5	0,5

36. (a) 4,9 N; (b) $1,5 < x < 13,5$ in m **37.** (a) $1,12(A/B)^{1/6}$; (b) abstoßend; (c) anziehend **38.** (a) $-3,7$ J; (c) 1,29 m; (d) 9,12 m; (e) 2,16 J; (f) 4,0 m; (g) $(4-x)e^{-x/4}$; (h) 4 m **39.** (a) 5,6 J; (b) 3,5 J **40.** 25 J **41.** (a) 30,1 J; (b) 30,1 J; (c) 0,22 **42.** (a) $5,6 \cdot 10^2$ J; (b) $5,6 \cdot 10^2$ J **43.** (a) -2900 J; (b) 390 J; (c) 210 N **44.** (a) $-3,8 \cdot 10^3$ J; (b) $3,1 \cdot 10^4$ N **45.** $11 \cdot 10^3$ J **46.** 0,53 J **48.** (a) $2,7 \cdot 10^9$ J; (b) $2,7 \cdot 10^9$ W; (c) $2,4 \cdot 10^{10}$ Cents **49.** (a) $1,5 \cdot 10^6$ J; (b) $0,51 \cdot 10^6$ J; (c) $1,0 \cdot 10^6$ J; (d) 63 m/s **50.** 2,25 J **51.** (a) 67 J; (b) 67 J; (c) 46 cm **52.** 75 J **53.** (a) 31,0 J; (b) 5,35 m/s; (c) konservativ **54.** 4,3 m **55.** (a) 44 m/s; (b) 0,036 **56.** (a) $1,5 \cdot 10^2$ J; (b) 2,8 J **57.** (a) $-0,90$ J; (b) 0,46 J; (c) 1,0 m/s **58.** (a) 5,5 m/s; (b) 5,4 m; (c) bleiben gleich **59.** 1,2 m **60.** (a) 0,13 m; (b) 2,7 m/s; (c) nehmen zu **62.** (a) 48°; (b) 49 N; (c) 4,1 m; (d) $1,2 \cdot 10^2$ N **63.** in der Mitte des flachen Teils **64.** (a) 1800 kg; (b) 0,90 m; (c) 2,8 m; (d) 15 m **65.** (a) 216 J; (b) 1180 N; (c) 432 J; (d) Motor liefert Wärmeenergie auch an Kiste und Förderband **66.** (a) 0,0030 m; (b) 1,1 J; (e) ≈ 50 J; (f) nein **67.** (b) $\rho(L-x)/2$; (c) $v = v_0[2(\rho L + m_K)/(\rho L + 2m_K - \rho x)]^{0,5}$; (e) 35 m/s

Kapitel 9

Kontrollfragen. 1. (a) Ursprung; (b) vierter Quadrant; (c) auf der *y*-Achse unterhalb des Ursprungs; (d) Ursprung; (e) dritter Quadrant; (f) Ursprung **2.** (a) bis (c) im Schwerpunkt, unverändert im Ursprung (es handelt sich um innere Kräfte des Systems, deshalb kann sich der Schwerpunkt nicht bewegen) **3.** (betrachten Sie die Steigungen und Gl. 9-23) (a) 1, 3, dann 2 und 4 gleichauf (Kraft ist null); (b) 3 **4.** (keine resultierende äußere Kraft; \vec{P} erhalten) (a) 0; (b) nein; (c) $-x$ **5.** (a) 500 km/h; (b) 2600 km/h; (c) 1600 km/h **6.** (a) ja; (b) nein (resultierende Kraft wirkt entlang *y*)

Fragen. 1. (a) bis (d) im Ursprung **3.** (a) in der Mitte des Schlittens; (b) *L/4*, rechts vom Schwerpunkt; (c) überhaupt nicht (keine resultierende äußere Kraft); (d) *L/4*, links; (e) *L*; (f) *L/2*; (g) *L/2* **5.** (a) *ac, cd, bc*; (b) *bc*; (c) *bd* und *ad* **7.** *c, d*, dann *a* und *b* gleichauf **9.** *b, c, a*

Aufgaben. 1. (a) 4600 km; (b) $0,73R_E$ **2.** $6,46 \cdot 10^{-11}$ m **3.** (a) 1,1 m; (b) 1,3 m; (c) verschiebt sich in Richtung des obersten Teilchens **4.** $x = 0$; $y = -0,2L$ **5.** (a) $-0,25$ m; (b) 0 **6.** $x = 8,30$ cm, $y = 6,50$ cm, $z = 1,40$ cm **7.** $6,8 \cdot 10^{-12}$ m vom Stickstoffatom aus, entlang der Symmetrieachse **8.** (a) 20 cm; (b) 20 cm; (c) 16 cm **9.** (a) *H/2*; (b) *H/2*; (c) fällt bis zum niedrigsten Punkt und steigt dann bis *H/2* an; (d) $(HM)/m \cdot (\sqrt{1+m/M} - 1)$ **10.** 6,2 m **11.** 72 km/h **12.** (a) 0; (b) gar nicht **13.** (a) 28 cm; (b) 2,3 m/s **14.** (a) 22 m; (b) 9,3 m/s **15.** 53 m **16.** $(-4,0\vec{e}_x + 4,0\vec{e}_y)$ **17.** (a) in der Mitte zwischen den Behältern; (b) 26 mm in Richtung des schwereren Behälters verschoben; (c) nach unten; (d) $-1,6 \cdot 10^{-2}$ m/s² **18.** 58 kg **19.** 4,2 m **20.** (a) 52 km/h; (b) 29 km/h **21.** 24 km/h **22.** $4,9$ kg · m/s **23.** (a) $7,5 \cdot 10^4$ J; (b) $3,8 \cdot 10^4$ kg · m/s; (c) 38° Südost **24.** (a) 30°; (b) $(-0,572\vec{e}_y)$ kg · m/s **25.** (a) $(-4,0 \cdot 10^4\vec{e}_x)$ kg · m/s; (b) nach Westen; (c) 0 **26.** (a) 5,0 kg · m/s; (b) 10 kg · m/s **27.** 3,0 mm/s, vom Stein weg **28.** 0,57 m/s **29.** nimmt um 4,4 m/s zu **30.** $(-1,4\vec{e}_x)$ m/s **31.** 4400 km/h **32.** $\frac{\omega \cdot v_{rel}}{W + \omega}$ **33.** (a) 7290 m/s; (b) 8200 m/s; (c) $1,271 \cdot 10^{10}$ J; (d) $1,275 \cdot 10^{10}$ J **34.** 3,5 m/s **35.** (a) $1,4 \cdot 10^{-22}$ kg · m/s; (b) 150°; (c) 120°; (d) $1,6 \cdot 10^{-19}$ J **36.** (a) 20 J; (b) 40 J **37.** (a) 1010 m/s, 9,48° im Uhrzeigersinn von der *+x*-Richtung aus; (b) $3,23 \cdot 10^6$ J **38.** $\frac{1}{6}mv^2$ **39.** 14 m/s, 135° bezüglich der anderen Teile **40.** 0 und 4,0 m/s **41.** 108 m/s **42.** (a) $8,0 \cdot 10^4$ N; (b) ≈ 27 kg/s **43.** (a) $1,57 \cdot 10^6$ N; (b) $1,35 \cdot 10^5$ kg; (c) 2,08 km/s **44.** (a)

$\approx 2,7$; (b) $\approx 7,4$ **45.** $2,2 \cdot 10^{-3}$ **46.** $28,8 \text{ N}$ **47.** (a) 46 N ; (b) keine **48.** (a) 50 kg/s ; (b) $1,6 \cdot 10^2 \text{ kg/s}$ **49.** (a) $(0,2 \text{ bis } 0,3) \cdot 10^{-6} \text{ J}$; (b) dieselbe Menge **50.** (a) $7,8 \cdot 10^6 \text{ J}$; (b) $\approx 6 \text{ bar}$ **51.** (a) $8,8 \text{ m/s}$; (b) 2600 J ; (c) $1,6 \text{ kW}$ **52.** $5,5 \cdot 10^6 \text{ N}$ **53.** 24 W **54.** 100 m **55.** (a) 860 N ; (b) $2,4 \text{ m/s}$ **56.** (a) $3,0 \cdot 10^5 \text{ J}$; (b) $1,0 \cdot 10^4 \text{ W}$; (c) $2,0 \cdot 10^4 \text{ W}$ **57.** (a) $2,1 \cdot 10^6 \text{ kg}$; (b) $\sqrt{100 + 1,5t} \text{ m/s}$; (c) $(1,5 \cdot 10^6) / \sqrt{100 + 1,5t} \text{ N}$; (d) $6,7 \text{ km}$ **58.** 69 PS **59.** $1,5 \text{ cm/s}$ nach unten (die Blasen steigen auf, aber die Schichten sinken ab)

Kapitel 10

Kontrollfragen. **1.** (a) unverändert; (b) unverändert (siehe Gl. 10-4); (c) reduziert sie (siehe Gl. 10-8) **2.** (a) null; (b) positiv (p_y am Anfang y -Achse nach unten, am Ende nach oben); (c) positive y -Richtung **3.** (a) $10 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$; (b) $14 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$; (c) $6 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ **4.** (a) $4 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$; (b) $8 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$; (c) 3 J **5.** (a) $2 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ (Impuls entlang x erhalten); (b) $3 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ (Impuls entlang y erhalten)

Fragen. **1.** alle gleichauf **3.** b und c **5.** (a) nach rechts; (b) nach rechts; (c) kleiner **7.** (a) einer ruhte; (b) 2; (c) 5; (d) gleich **9.** (a) 2; (b) 1; (c) 3; (d) ja; (e) nein

Aufgaben. **1.** $2,5 \text{ m/s}$ **2.** $6,2 \cdot 10^4 \text{ N}$ **3.** 3000 N **4.** (a) $25 < F < 30$ in kN; (b) $1,0 < \int F dt < 1,2$ in kN \cdot s **5.** 67 m/s , in entgegengesetzter Richtung **6.** (a) $1,1 \text{ m}$; (b) $4,8 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ **7.** (a) $42 \text{ N} \cdot \text{s}$; (b) 2100 N **8.** $\approx 5 \text{ N}$ **9.** (a) $(7,4 \cdot 10^3 \vec{e}_x - 7,4 \cdot 10^3 \vec{e}_y) \text{ N} \cdot \text{s}$; (b) $(-7,4 \cdot 10^3 \vec{e}_x) \text{ N} \cdot \text{s}$; (c) $2,3 \cdot 10^3 \text{ N}$; (d) $2,1 \cdot 10^4 \text{ N}$; (e) -45° **10.** $2,9 \cdot 10^3 \text{ N}$ **11.** 10 m/s **12.** (a) $4,8 \cdot 10^{-4} \text{ kg}$; (b) $7,2 \cdot 10^3 \text{ N}$ **13.** (a) $1,0 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$; (b) 250 J ; (c) 10 N ; (d) 1700 N ; (e) die Antwort auf (c) enthält die Zeit zwischen den Stößen der Körner **14.** $9,9 \cdot 10^2 \text{ N}$ **15.** $41,7 \text{ cm/s}$ **16.** (a) $\approx 3,7 \text{ m/s}$; (b) $1,3 \text{ Ns}$; (c) $1,8 \cdot 10^2 \text{ N}$ **17.** (a) $1,8 \text{ N} \cdot \text{s}$, in der Skizze aufwärts; (b) 180 N , in der Skizze abwärts **18.** (a) $1,95 \cdot 10^5 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$; (b) $7,61 \cdot 10^6 \text{ J}$ **19.** (a) $9,0 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$; (b) 3000 N ; (c) 4500 N ; (d) 20 m/s **20.** (a) $1,81 \text{ m/s}$; (b) $4,96 \text{ m/s}$ **21.** $3,0 \text{ m/s}$ **22.** $3,1 \text{ m/s}$ **23.** $\approx 2 \text{ mm}$ pro Jahr **24.** (a) $2,7 \text{ m/s}$; (b) $1,4 \cdot 10^3 \text{ m/s}$ **25.** (a) $4,6 \text{ m/s}$; (b) $3,9 \text{ m/s}$; (c) $7,5 \text{ m/s}$ **26.** (a) 721 m/s ; (b) 937 m/s **27.** (a) $mR(\sqrt{2gh} + gt)$; (b) $5,06 \text{ kg}$ **28.** (a) $2,0 \text{ m/s}$; (b) $-1,3 \text{ J}$; (c) 40 J **29.** $1,18 \cdot 10^4 \text{ kg}$ **30.** $0,073 \text{ m}$ **31.** (a) $mv_i/(m + M)$; (b) $M/(m + M)$ **32.** 120 J **33.** 25 cm **34.** $0,33 \text{ m}$ **35.** (a) $1,9 \text{ m/s}$, nach rechts; (b) ja; (c) nein, dann würde die kinetische Gesamtenergie steigen **36.** $\approx 0,22\%$ **37.** (a) 99 g ; (b) $1,9 \text{ m/s}$; (c) $0,93 \text{ m/s}$ **38.** 38 km/s **39.** $7,8\%$ **40.** (a) $2,47 \text{ m/s}$; (b) $1,23 \text{ m/s}$ **41.** (a) $1,2 \text{ kg}$; (b) $2,5 \text{ m/s}$ **42.** (a) $\approx 0,6 \text{ cm}$; (b) $\approx 4,9 \text{ cm}$; (c) $9,0 \text{ cm}$; (d) 0 **43.** (a) 100 g ; (b) $1,0 \text{ m/s}$ **44.** $\frac{m_1}{3}$ **45.** (a) $1/3$; (b) $4h$ **46.** (a) $(10\vec{e}_x + 15\vec{e}_y) \text{ m/s}$; (b) $-5,0 \cdot 10^2 \text{ J}$ **47.** (a) $4,15 \cdot 10^5 \text{ m/s}$; (b) $4,84 \cdot 10^5 \text{ m/s}$ **48.** (a) 433 m/s ; (b) 250 m/s **49.** (a) 41° ; (b) $4,76 \text{ m/s}$; (c) nein **50.** 117° **51.** 120° **52.** (a) $1,9 \text{ m/s}$ **53.** (a) $6,9 \text{ m/s}$, 30° bezüglich $+x$; (b) $6,9 \text{ m/s}$, -30° bezüglich $+x$; (c) $2,0 \text{ m/s}$, $-x$ -Richtung **54.** $\approx 103^\circ$ **56.** (a) $4,50 \cdot 10^{-3} \text{ Ns}$; (b) $0,529 \text{ Ns}$; (c) das Aufschlagen **57.** (a) 5 mg ; (b) 7 mg ; (c) 5 m

Kapitel 11

Kontrollfragen. **1.** (b) und (c) **2.** (a) und (d) ($\alpha = d^2\theta/dt^2$ muss konstant sein) **3.** (a) ja; (b) nein; (c) ja; (d) ja **4.** alle gleichauf **5.** 1, 2, 4, 3 (siehe Gl. 11-29) **6.** (siehe Gl. 11-32) 1 und 3 gleichauf, dann 4, dann 2 und 5 gleichauf (null) **7.** (a) in der Skizze nach unten ($\tau_{\text{eff}} = 0$); (b) kleiner (betrachten Sie die Hebelarme)

Fragen. **1.** (a) positiv; (b) null; (c) negativ; (d) negativ **3.** endliche Drehwinkel sind nicht kommutativ **5.** (a) c , a , dann b und d gleichauf; (b) b , dann a und c gleichauf, dann d **7.** 3, 1, 2 **9.** 90° , dann 70° und 110° gleichauf **11.** (a) verringern; (b) im Uhrzeigersinn; (c) gegen Uhrzeigersinn

Aufgaben. **1.** (a) $a + 3bt^2 - 4ct^3$; (b) $6bt - 12ct^2$ **2.** (a) $0,105 \text{ rad/s}$; (b) $1,75 \cdot 10^{-3} \text{ rad/s}$; (c) $1,45 \cdot 10^{-4} \text{ rad/s}$ **3.** (a) $5,5 \cdot 10^{15} \text{ s}$; (b) 26 A ; (c) $4,0 \text{ rad/s}$; (b) 28 rad/s ; (c) 12 rad/s ; (d) $6,0 \text{ rad/s}^2$; (e) 18 rad/s^2 **5.** (a) 2 rad ; (b) 0 ; (c) 130 rad/s ; (d) 32 rad/s^2 ; (e) nein **6.** (a) $0,050 \text{ s}$; (b) nein **7.** 11 rad/s **8.** (a) 9000 U/min^2 ; (b) 420 U **9.** (a) -67 U/min^2 ; (b) $8,3 \text{ U}$ **10.** (a) 30 s ; (b) 1800 rad **11.** 200 U/min **12.** (a) $2,0 \text{ rad/s}^2$; (b) $5,0 \text{ rad/s}$; (c) 10 rad/s ; (d) 75 rad **13.** $8,0 \text{ s}$ **14.** (a) $13,5 \text{ s}$; (b) $27,0 \text{ rad/s}$ **15.** (a) 44 rad ; (b) $5,5 \text{ s}$, 32 s ; (c) $-2,1 \text{ s}$, 40 s **16.** (a) $1,04 \text{ U/s}^2$; (b) $4,8 \text{ s}$; (c) $9,6 \text{ s}$; (d) 48 U **17.** (a) 340 s ; (b) $-4,5 \cdot 10^{-3} \text{ rad/s}^2$; (c) 98 s **18.** (a) 12 rad/s ; (b) $3,0 \text{ s}$ **19.** $1,8 \text{ m/s}^2$, in Richtung Mitte **20.** (a) $3,49 \text{ rad/s}$; (b) 52 cm/s **21.** $0,13 \text{ rad/s}$ **22.** (a) $20,9 \text{ rad/s}$; (b) $12,6 \text{ m/s}$; (c) 800 U/min^2 ; (d) 600 U **23.** (a) $3,0 \text{ rad/s}$; (b) 30 m/s ; (c) $6,0 \text{ m/s}^2$; (d) 90 m/s^2 **24.** (a) $2,50 \cdot 10^{-3} \text{ rad/s}$; (b) $20,2 \text{ m/s}^2$; (c) 0 **25.** (a) $3,8 \cdot 10^3 \text{ rad/s}$; (b) 190 m/s **26.** (a) $-1,14 \text{ U/min}^2$; (b) $9,9 \cdot 10^3 \text{ U}$; (c) $-0,99 \text{ mm/s}^2$; (d) 31 m/s^2 **27.** (a) $7,3 \cdot 10^{-5} \text{ rad/s}$; (b) 350 m/s ; (c) $7,3 \cdot 10^{-5} \text{ rad/s}$; (d) 460 m/s **28.** (a) $40,2 \text{ cm/s}^2$; (b) $2,36 \cdot 10^3 \text{ m/s}^2$; (c) $83,2 \text{ m}$ **29.** 16 s **30.** (a) $6,4 \text{ cm/s}^2$; (b) $2,6 \text{ cm/s}^2$ **31.** (a) $-2,3 \cdot 10^{-9} \text{ rad/s}^2$; (b) 2600 Jahre ; (c) 24 ms **32.** (a) $0,73 \text{ m/s}^2$; (b) $0,075$; (c) $0,11$ **33.** $12,3 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ **34.** $6,75 \cdot 10^{12} \text{ rad/s}$ **35.** (a) 1100 J ; (b) 9700 J **36.** (a) $221 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$; (b) $1,10 \cdot 10^4 \text{ J}$ **37.** (a) $5md^2 + \frac{8}{3}Md^2$; (b) $(\frac{5}{2}m + \frac{4}{3}M)d^2\omega^2$ **38.** (a) $6,49 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$; (b) $4,36 \cdot 10^6 \text{ J}$ **39.** $0,097 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ **40.** (b) $6,0 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$; (c) $2,0 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ **41.** $\frac{1}{3}M(a^2 + b^2)$ **42.** (a) $1,3 \cdot 10^3 \text{ g} \cdot \text{cm}^2$; (b) $5,5 \cdot 10^2 \text{ g} \cdot \text{cm}^2$; (c) $1,9 \cdot 10^2 \text{ g} \cdot \text{cm}^2$; (d) $A + B$ **44.** (a) $4,9 \cdot 10^7 \text{ J}$; (b) $6,2 \cdot 10^3 \text{ s}$ **45.** $4,6 \text{ N} \cdot \text{m}$ **46.** (a) $8,4 \text{ Nm}$; (b) 17 Nm ; (c) 0 **47.** (a) $r_1 F_1 \sin \theta_1 - r_2 F_2 \sin \theta_2$; (b) $-3,8 \text{ N} \cdot \text{m}$ **48.** 12 Nm **49.** (a) $28,2 \text{ rad/s}^2$; (b) $338 \text{ N} \cdot \text{m}$; **50.** $1,28 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ **51.** (a) $155 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$; (b) $64,4 \text{ kg}$ **52.** 71 Nm **53.** 130 SA **54.** $-4,6 \text{ rad/s}^2$ **55.** (a) $6,00 \text{ cm/s}^2$; (b) $4,87 \text{ N}$; (c) $4,54 \text{ N}$; (d) $1,20 \text{ rad/s}^2$; (e) $0,0138 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ **56.** (a) 420 rad/s^2 ; (b) $5,0 \cdot 10^2 \text{ rad/s}$ **57.** (a) $1,73 \text{ m/s}^2$; (b) $6,92 \text{ m/s}^2$ **58.** (a) $1,4 \cdot 10^2 \text{ cm/s}$; (b) $1,4 \text{ m/s}$ **59.** $396 \text{ N} \cdot \text{m}$ **60.** (a) $19,8 \cdot 10^3 \text{ J}$; (b) $1,32 \cdot 10^3 \text{ W}$ **61.** (a) $mL^2\omega^2/6$; (b) $L^2\omega^2/6g$ **62.** (a) $8,17 \cdot 10^{28} \text{ Nm}$; (b) $2,57 \cdot 10^{29} \text{ J}$; (c) $2,97 \cdot 10^{24} \text{ W}$ **63.** $5,42 \text{ m/s}$ **64.** (a) $0,15 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$; (b) 11 rad/s **65.** $\sqrt{9g/4L}$ **66.** $\sqrt{\frac{2gh}{1+(J/mr^2)+(2M/3m)}}$ **67.** (a) $[(3g/H)(1 - \cos \theta)]^{0,5}$; (b) $3g(1 - \cos \theta)$; (c) $\frac{3}{2}g \sin \theta$; (d) $41,8^\circ$ **68.** (a) $5,1 \text{ h}$; (b) $8,1 \text{ h}$ **69.** 17 70. (a) $0,32 \text{ rad/s}$; (b) 105 km/h

Kapitel 12

Kontrollfragen. **1.** (a) gleich groß; (b) kleiner **2.** eine geringere Höhe (betrachten Sie die Umwandlung von kinetischer Energie der Rotation in potenzielle Energie der Gravitation) **3.** (zeichnen Sie die Vektoren, wenden Sie die Rechte-Hand-Regel an) (a) $\pm z$; (b) $+y$; (c) $-x$ **4.** (siehe Gl. 12-21) (a) 1 und 3 gleichauf, dann 2 und 4 gleichauf, dann 5 (null); (b) 2 und 3 **5.** (siehe Gl. 12-23 und Gl. 12-16) (a) 3, 1, dann 2 und 4 gleichauf (null); (b) 3 **6.** (a) alle gleichauf (τ gleich, t gleich, also auch ΔL gleich); (b) Kugel, Scheibe, Reifen (in umgekehrter Reihenfolge von I) **7.** (a) nimmt ab; (b) gleich ($\tau_{\text{eff}} = 0$, also L erhalten); (c) nimmt zu

Fragen. **1.** (a) die gleiche; (b) Quader; (c) Quader **3.** (a) $0,5L$; (b) L **5.** b , dann c und d gleichauf, dann a und e gleichauf (null) **7.** a , dann b und c gleichauf, dann e , d (null) **9.** (a) gleich; (b) größer; (c) kleiner; (d) gleich, kleiner, größer **11.** (a) 1, 2, 3 (null); (b) 1 und 2 gleichauf, dann 3; (c) 1 und 3 gleichauf, dann 2 **13.** (a) 3, 1, 2; (b) 3, 1, 2

Aufgaben. **1.** (a) $59,3 \text{ rad/s}$; (b) $9,31 \text{ rad/s}^2$; (c) $70,7 \text{ m}$ **2.** (a) 0 ; (b) 0 ; (c) 22 m/s ; (d) $1,5 \cdot 10^3 \text{ m/s}^2$; (e) -22 m/s ; (f) $1,5 \cdot 10^3 \text{ m/s}^2$; (g) 22 m/s ; (h) 0 ; (i) 44 m/s ; (j) $1,5 \cdot 10^3 \text{ m/s}^2$; (k) 0 ; (l) $1,5 \cdot 10^3 \text{ m/s}^2$ **3.** $-3,15 \text{ J}$ **4.** 1 **5.** $1/50$ **6.** (a) $\frac{1}{2}mR^2$; (b) Vollzylinder **7.** (a) $8,0^\circ$; (b) größer **8.** (a) $4,0 \text{ N}$, links; (b) $0,60 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ **9.** $4,8 \text{ m}$ **10.** (a) $mg(R - r)$; (b) $\frac{7}{2}$; (c) $\frac{17}{7} mg$ **11.** (a) 63 rad/s ; (b) $4,0 \text{ m}$ **12.** (a) $\approx 2,7 \text{ R}$; (b) $\approx \frac{50}{7} mg$ **13.** (a) $8,0 \text{ J}$; (b) $3,0 \text{ m/s}$; (c) $6,9 \text{ J}$; (d) $1,8 \text{ m/s}$ **14.** (a) $(-0,11 \text{ m}) \cdot \omega$; (b) $-2,1 \text{ m/s}^2$; (c) -47 rad/s^2 ; (d) $1,2 \text{ s}$; (e) $8,6 \text{ m}$; (f) $6,1 \text{ m/s}$ **15.** (a) 13 cm/s^2 ; (b) $4,4 \text{ s}$; (c) 55 cm/s ; (d) $1,8 \cdot 10^{-2} \text{ J}$; (e) $1,4 \text{ J}$; (f) 27 U/s **16.** (a) $0,89 \text{ s}$; (b) $9,4 \text{ J}$; (c) $-1,41 \text{ m/s}$; (d) $0,12 \text{ J}$; (e) 441 ; (f) $9,2 \text{ J}$

- (a) $(24\vec{e}_y)$ Nm; (b) $(-24\vec{e}_y)$ Nm; (c) $(-2\vec{e}_y)$ Nm **19**
 (a) $10\text{ N} \cdot \text{m}$, parallel zur yz -Ebene, bei 53° bezüglich $+y$; (b) $22\text{ N} \cdot \text{m}$,
 $-x$ **20**. (a) $(-1,5\vec{e}_x - 4\vec{e}_y - 1\vec{e}_z)$ Nm; (b) $(-1,5\vec{e}_x - 4\vec{e}_y - 1\vec{e}_z)$ Nm
21. (a) $50\vec{e}_z \text{ N} \cdot \text{m}$; (b) 90° **22**. (a) $(6,0\vec{e}_x - 3,0\vec{e}_y - 6,0\vec{e}_z)$ Nm; (b)
 $(26\vec{e}_x + 3,0\vec{e}_y - 18\vec{e}_z)$ Nm; (c) $(32\vec{e}_x - 24\vec{e}_z)$ Nm; (d) **0** **23**. $9,8\text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}$
24. (a) $12\text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}$; (b) $3,0\text{ Nm}$ **25**. (a) 0 ; (b) $(8,0\vec{e}_x + 8,0\vec{e}_z) \text{ N} \cdot \text{m}$ **26**.
 (a) $+600\vec{e}_z \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}$; (b) $+720\vec{e}_z \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}$ **27**. (a) mvd ; (b) nein; (c) 0 ,
 ja **28**. (a) $-32\vec{e}_z \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}$; (b) $-32\vec{e}_z \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}$; (c) $+12\vec{e}_z \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}$; (d)
0 **29**. (a) $-170\vec{e}_z \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}$; (b) $+56\vec{e}_z \text{ N} \cdot \text{m}$; (c) $+56\vec{e}_z \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2$ **30**.
 $4,5\text{ Nm}$, -63° **31**. (a) 0 ; (b) $8t \text{ N} \cdot \text{m}$, in $-z$ -Richtung; (c) $2/\sqrt{t} \text{ N} \cdot \text{m}$,
 $-z$; (d) $8/t^3 \text{ N} \cdot \text{m}$, $+z$ **32**. (a) $-24t^2\vec{e}_z \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}$; (b) $-48t\vec{e}_z \text{ Nm}$; (c)
 $+12t^2\vec{e}_z \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}$; (d) $+24t\vec{e}_z \text{ Nm}$ **33**. (a) $-1,47\text{ N} \cdot \text{m}$; (b) $20,4\text{ rad}$;
 (c) $-29,9\text{ J}$; (d) $19,9\text{ W}$ **34**. (a) $0,53\text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}$; (b) $\approx 4200\text{ U/min}$ **35**.
 (a) 14 md^2 ; (b) $4\text{ md}^2\omega$; (c) $14\text{ md}^2\omega$ **37**. $\omega_0 R_1 R_2 I_1 / (I_1 R_2^2 + I_2 R_1^2)$ **38**.
 (a) $1,6\text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}$; (b) $4,0\text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}$ **39**. (a) $3,6\text{ U/s}$; (b) $3,0$; (c) Der
 Mann übt eine Kraft auf die Ziegel aus, wenn er sie nach innen be-
 wegt; dabei wird innere Energie des Mannes in kinetische Energie um-
 gewandelt. **40**. 500 U **41**. (a) 267 U/min ; (b) $2/3$ **42**. (a) 750 U/min ; (b)
 -450 U/min **43**. (a) $149\text{ kg} \cdot \text{m}^2$; (b) $158\text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}$; (c) $0,746\text{ rad/s}$ **44**.
3 **45**. $[m/(M+m)] \cdot (v/R)$ **46**. (a) $0,93\text{ rad/s}$; (b) 98 J ; (c) $8,4\text{ rad/s}$; (d)
 $8,8 \cdot 10^2\text{ J}$ **47**. (a) $(mRv - I\omega_0)/(I + mR^2)$; (b) nein, es wird Energie in
 innere Energie der Schabe umgewandelt **48**. (a) $\frac{mRv}{I + mR^2}$; (b) $\frac{mvR^2}{I + mR^2}$ **49**.
 $3,4\text{ rad/s}$ **50**. $1,3 \cdot 10^3\text{ m/s}$ **51**. (a) $0,148\text{ rad/s}$; (b) $0,0123$; (c) 181° **52**. (a)
 $1,14$; (b) $1,14$; (c) der Käfer führt dem System Energie zu, während er
 zur Mitte wandert **53**. der Tag wäre um etwa $0,8\text{ s}$ länger **54**. $2,6\text{ rad/s}$ **55**.
 (a) 18 rad/s ; (b) $0,92$ **56**. $0,070\text{ rad/s}$ **57**. (a) $0,24\text{ kg} \cdot \text{m}^2$; (b) 1800 m/s
58. $1,5\text{ rad/s}$ **59**. $\theta = \cos^{-1}[1 - (6m^2h)/d(2m + M)(3m + M)]$

Kapitel 13

- Kontrollfragen. 1.** *c, e, f* **2.** direkt unterhalb des Spießes (Drehmoment
 auf den Apfel infolge von \vec{F}_g bezüglich des Spießes ist null) **3.** (a) nein;
 (b) in den Angriffspunkt von \vec{F}_1 , senkrecht zur Papierebene; (c) 45 N **4.**
 (a) in C (um Kräfte aus der Drehmomentgleichung zu eliminieren); (b)
 plus; (c) minus; (d) gleich **5. d** **6.** (a) gleich; (b) B ; (c) B

- Fragen. 1.** (a) ja; (b) ja; (c) ja; (d) nein **3.** *a* und *c* (Kräfte und Drehmo-
 mente ausgeglichen) **5.** $m_2 = 12\text{ kg}$, $m_3 = 3\text{ kg}$, $m_4 = 1\text{ kg}$ **7.** (a) 15 N
 (Lösungsschlüssel: Rolle, an der das Gewicht von 10 N hängt); (b) 10 N
9. *A*, dann *B* und *C* gleichauf

- Aufgaben. 1.** (a) 2 ; (b) **7** **2.** (a) $2,5\text{ m}$; (b) $7,3^\circ$ **3.** (a) $(-27\vec{e}_x + 2\vec{e}_y) \text{ N}$;
 (b) 176° entgegen dem Uhrzeigersinn ausgehend von $+x$ **4.** 120° **5.**
 7920 N **6.** (a) $8,4 \cdot 10^2\text{ N}$; (b) $5,3 \cdot 10^2\text{ N}$ **7.** (a) $(mg/L)\sqrt{L^2 + r^2}$; (b)
 mgr/L **8.** (a) $2,77 \cdot 10^3\text{ N}$; (b) $3,89 \cdot 10^3\text{ N}$ **9.** (a) 1160 N , nach unten;
 (b) 1740 N , nach oben; (c) links; (d) rechts **10.** $8,3 \cdot 10^3\text{ N}$ **11.** 74 g **12.**
 $0,536\text{ m}$ **13.** (a) 280 N ; (b) 880 N , 71° oberhalb der Waagerechten **14.** (a)
 3 W ; (b) -4 W **15.** (a) 8010 N ; (b) 3650 N ; (c) 5660 N **16.** (a) 49 N ; (b)
 28 N ; (c) 57 N ; (d) 29° **17.** $71,7\text{ N}$ **18.** (a) $1,9 \cdot 10^3\text{ N}$; (b) $-1,9 \cdot 10^3\text{ N}$
19. (a) $5,0\text{ N}$; (b) 30 N ; (c) $1,3\text{ m}$ **20.** (a) 408 N ; (b) 245 N ; (c) 163 N
21. $mg \cdot \sqrt{2rh - h^2}/(r - h)$ **22.** (a) $3,4 \cdot 10^2\text{ N}$; (b) $0,88\text{ m}$; (c) die
 Kraft wächst an, der Abstand verringert sich **23.** (a) 192 N ; (b) $96,1\text{ N}$;
 (c) $55,5\text{ N}$ **24.** (a) $L/2$; (b) $L/4$; (c) $L/6$; (d) $L/8$; (e) $25L/24$ **25.** (a)
 6630 N ; (b) 5740 N ; (c) 5960 N **26.** 80 N **27.** $2,20\text{ m}$ **28.** (a) $\frac{W_x}{L \sin \theta}$; (b)
 $\frac{W_x}{L \tan \theta}$; (c) $W(1 - \frac{x}{L})$ **29.** $0,34$ **30.** (a) $1,5\text{ m}$; (b) 433 N ; (c) 250 N **31.**
 (a) 211 N ; (b) 534 N ; (c) 320 N **32.** (a) 265 N ; (b) 265 N ; (c) 931 N ; (d)
 -265 N **33.** (a) 445 N ; (b) $0,50$; (c) 315 N **34.** (a) $9L/8$; (b) $7L/6$; **35.** (a)
 31° , rutscht; (b) 34° , kippt **36.** (a) $7,5 \cdot 10^{10}\text{ N/m}^2$; (b) $2,9 \cdot 10^8\text{ N/m}^2$
37. (a) $6,5 \cdot 10^6\text{ N/m}^2$; (b) $1,1 \cdot 10^{-5}\text{ m}$ **38.** (a) $\frac{4}{5}W$; (b) $W/5$; (c) $\frac{1}{4}$ **39.**
 (a) 867 N ; (b) 143 N ; (c) $0,165$ **40.** (a) $1,4 \cdot 10^9\text{ N}$; (b) 75 **41.** (a) 51° ;
 (b) $0,64\text{ Mg}$ **42.** (a) $6,78\text{ m}^3$; (b) $1,20 \cdot 10^5\text{ N}$; (c) $\sigma = \frac{\sigma_m - \sigma_0}{r_m}r + \sigma_0$;
 (d) $dA = 2\pi r \cdot dr$; (e) $dF \approx 83r^2 dr + 2,5 \cdot 10^5 r \cdot dr$; (f) $1,04 \cdot 10^5\text{ N}$;
 (g) $-0,13$

Kapitel 14

- Kontrollfragen. 1.** alle gleichauf **2.** (a) 1 , dann 2 und 4 gleichauf, dann
 3 ; (b) näher an d **3.** negative y -Richtung **4.** (a) größer; (b) negativ **5.** (a)
 2 ; (b) 1 **6.** (a) Weg 1 – verringertes (negativeres) E ergibt verringertes a ;
 (b) kleiner – verringertes a ergibt verringertes T

- Fragen. 1.** (a) dazwischen, näher am schwereren Teilchen; (b) nein; (c)
 nein (abgesehen vom Unendlichen) **3.** $3GM^2/d^2$, nach links **5.** (a) 1 und
 2 gleichauf, dann 3 und 4 gleichauf; (b) $1, 2, 3, 4, 7, U_1/4$ **9.** (a) alle
 gleichauf; (b) alle gleichauf **11.** (a)–(d) null

- Aufgaben. 1.** 19 m **2.** (a) $1 \cdot 10^{-8}\text{ N}$; (b) $1 \cdot 10^{-6}\text{ N}$; (c) $5 \cdot 10^{-7}\text{ N}$;
 (d) 100 **3.** $29 \cdot 10^{-12}\text{ N}$ **4.** $2,16$ **5.** $1/2$ **6.** $3,44 \cdot 10^8\text{ m}$ **7.** $2,60 \cdot 10^5\text{ km}$
8. $2,1 \cdot 10^{-8}\text{ N}$ **9.** $0,017\text{ N}$, in Richtung der 300-kg -Kugel **10.** (b) m_4
 hat keinen Einfl **11.** $3,2 \cdot 10^{-7}\text{ N}$ **12.** $3,7 \cdot 10^{-5}\vec{e}_y \text{ N}$ **13.** $(GM/d^2) \cdot$
 $[1 - (1/8)(1 - R/2d)^{-2}]$ **14.** $-0,068\text{ N}$ **15.** $2,6 \cdot 10^6\text{ m}$ **16.** (a) 17 N ;
 (b) $2,4\text{ Erdradien}$ **17.** (b) $1,9\text{ h}$ **18.** (a) $7,6\text{ m/s}^2$; (b) $4,2\text{ m/s}^2$ **20.** (a)
 $\frac{c^4}{(2,002)^2 G} \cdot \frac{1}{M_h}$; (b) nimmt zu; (c) $9,8\text{ m/s}^2$; (d) $7,3 \cdot 10^{-15}\text{ m/s}^2$;
 (e) nein **21.** $4,7 \cdot 10^{24}\text{ kg}$ **22.** (a) $\frac{G(M_1 + M_2)m}{a^2}$; (b) GM_1m/b^2 ;
 (c) 0 **23.** (a) $(3,0 \cdot 10^{-7}\text{ N/kg})m$; (b) $(3,3 \cdot 10^{-7}\text{ N/kg})m$; (c)
 $(6,7 \cdot 10^{-7}\text{ N/kg} \cdot \text{m})mr$ **24.** $R\sqrt{3}$ **25.** (a) $9,83\text{ m/s}^2$; (b) $9,84\text{ m/s}^2$; (c)
 $9,79\text{ m/s}^2$ **26.** (a) $-4,4 \cdot 10^{-11}\text{ J}$; (b) $2,9 \cdot 10^{-11}\text{ J}$; (c) $2,9 \cdot 10^{-11}\text{ J}$ **27.** (a)
 $-1,3 \cdot 10^{-4}\text{ J}$; (b) weniger; (c) positiv; (d) negativ **28.** $0,5$ **29.** (a) $0,74$;
 (b) $3,7\text{ m/s}^2$; (c) $5,0\text{ km/s}$ **30.** (a) $0,045$; (b) 28 **31.** (a) $5,0 \cdot 10^{-11}\text{ J}$; (b)
 $-5,0 \cdot 10^{-11}\text{ J}$ **32.** (a) $2,2 \cdot 10^7\text{ J}$; (b) $6,9 \cdot 10^7\text{ J}$ **34.** $2,4 \cdot 10^4\text{ m/s}$ **35.** (a)
 1700 m/s ; (b) 250 km ; (c) 1400 m/s **36.** (a) $3,8 \cdot 10^7\text{ J}$; (b) $\approx 1,03 \cdot 10^3\text{ km}$
37. (a) 82 km/s ; (b) $1,8 \cdot 10^4\text{ km/s}$ **38.** (a) $1,67 \cdot 10^{-8}\text{ J}$; (b) $5,6 \cdot 10^{-9}\text{ J}$ **39.**
 $2,5 \cdot 10^4\text{ km}$ **40.** $1,87\text{ Jahre}$ **41.** $6,5 \cdot 10^{23}\text{ kg}$ **42.** $5,93 \cdot 10^{24}\text{ kg}$ **43.** $5 \cdot 10^{10}$
44. $0,35$ **45.** (a) $7,82\text{ km/s}$; (b) $87,5\text{ min}$ **46.** (a) $5,01 \cdot 10^9\text{ m}$; (b) $7,2$ **47.**
 (a) 6640 km ; (b) $0,0136$ **48.** $4,225 \cdot 10^7\text{ m}$ **49.** (a) $1,9 \cdot 10^{13}\text{ m}$; (b) $3,5R_p$
50. (a) $6,3 \cdot 10^{16}\text{ kg}$; (b) $4,4 \cdot 10^3\text{ kg} \cdot \text{m}^3$ **52.** $5,8 \cdot 10^6\text{ m}$ **53.** $0,71\text{ Jahre}$ **54.**
 $\frac{2\pi r^{3/2}}{\sqrt{G(M+m/4)}}$ **55.** $\sqrt{GM/L}$ **56.** (a) $-GM_E m/r$; (b) $-2GM_E m/r$; (c) fal-
 len in Richtung des Planetenzentrum **57.** (a) $2,8\text{ Jahre}$; (b) $1,0 \cdot 10^{-4}$ **58.**
 (a) $\frac{1}{2}$; (b) $\frac{1}{2}$; (c) B hat die größere Energie, $1,1 \cdot 10^8\text{ J}$ **60.** (a) $5,4 \cdot 10^4\text{ m/s}$;
 (b) $9,6 \cdot 10^2\text{ m/s}$; (c) $\frac{v_a}{v_p} = \frac{R_p}{R_a}$ **61.** (a) Letzteres; (b) nein; (c) Ersteres **62.**
 (a) $4,6 \cdot 10^5\text{ J}$; (b) $2,6 \cdot 10^2$ **63.** (a) $7,5\text{ km/s}$; (b) 97 min ; (c) 410 km ; (d)
 $7,7\text{ km/s}$; (e) 92 min ; (f) $3,2 \cdot 10^{-3}\text{ N}$; (g) nein; (h) ja, wenn das System
 Satellit/Erde isoliert betrachtet wird **64.** $1,1\text{ s}$

Kapitel 15

- Kontrollfragen. 1.** alle gleichauf **2.** (a) alle gleichauf (die Gravitations-
 kraft auf den Pinguin ist dieselbe); (b) $0,95\rho_0$, ρ_0 , $1,1\rho_0$ **3.** $13\text{ cm}^3/\text{s}$,
 nach außen **4.** (a) alle gleichauf; (b) 1 , dann 2 und 3 gleichauf, dann 4
 (größerer Rohrdurchmesser = langsamere Strömung); (c) $4, 3, 2, 1$ (je
 größer der Durchmesser und je tiefer das Rohr, desto größer der Druck)

- Fragen. 1.** *e*, dann *b* und *d* gleichauf, dann *a* und *c* gleichauf **3.** (a) 2 ;
 (b) $1 =$ kleiner; $3 =$ gleich; $4 =$ größer **5.** (a) bewegt sich nach unten;
 (b) bewegt sich nach unten **7.** alle gleichauf **9.** (a) sinkt; (b) sinkt; (c)
 bleibt gleich

- Aufgaben. 1.** $1,1 \cdot 10^5\text{ Pa}$ oder $1,1\text{ atm}$ **2.** 18 N **3.** $2,9 \cdot 10^4\text{ N}$ **4.** $15,9\text{ kPa}$
 $/ 10,6\text{ kPa}$ **5.** $0,074$ **6.** $3,8 \cdot 10^4\text{ Pa}$ **7.** (b) $26 \cdot 10^3\text{ N}$ **8.** $1,90 \cdot 10^4\text{ Pa}$ **9.**
 $5,4 \cdot 10^4\text{ Pa}$ **10.** $1,3 \cdot 10^5\text{ m}$ **11.** (a) $5,3 \cdot 10^6\text{ N}$; (b) $2,8 \cdot 10^5\text{ N}$; (c) $7,4 \cdot 10^5\text{ N}$;
 (d) nein **12.** (a) $6,06 \cdot 10^9\text{ N}$; (b) 20 atm **13.** $7,2 \cdot 10^5\text{ N}$ **14.** $2,0$ **15.**
 $\frac{1}{4}\rho g A(h_2 - h_1)^2$ **16.** 44 km **17.** $1,7\text{ km}$ **18.** (a) $2,5 \cdot 10^6\text{ N}$; (b) $3,1 \cdot 10^6\text{ N}$
19. (a) $\rho g W D^3/2$; (b) $\rho g W D^3/6$; (c) $D/3$ **20.** $-3,9 \cdot 10^{-3}\text{ atm}$ **21.** (a)
 $7,9\text{ km}$; (b) 16 km **22.** (a) $(A/a)f$; (b) 103 N **23.** $4,4\text{ mm}$ **24.** (a) $35,6\text{ kN}$;
 (b) ja, $3,30\text{ m}^3$ **25.** (a) $2,04 \cdot 10^{-2}\text{ m}^3$; (b) 1570 N **26.** (a) $3,75 \cdot 10^4\text{ N}$; (b)
 $3,96 \cdot 10^4\text{ N}$; (c) 2230 N ; (d) 2180 N , $T + F_b = mg$ **27.** (a) 670 kg/m^3 ;

- (b) 740 kg/m³ **28.** 400 kg **29.** (a) 1,2 kg; (b) 1300 kg/m³ **30.** 1,5 g/m³ **31.** 57,3 cm **32.** (a) 1,84 kg; (b) 2,0 kg **33.** 0,126 m³ **34.** 0,12° **35.** (a) 45 m²; (b) Wagen sollte in der Mitte der Platte stehen, damit die Platte im Gleichgewicht ist **36.** 5 Baumstämme **37.** (a) 9,4 N; (b) 1,6 N **38.** (a) 1,80 m³; (b) 4,75 m³ **39.** 8,1 m/s **40.** 4,0 m **41.** 66 W **42.** (a) 561/min; (b) ≈ 1 **43.** (a) 2,5 m/s; (b) 2,6 · 10⁵ Pa **44.** (a) 2,40 m/s; (b) 245 Pa **45.** (a) 3,9 m/s; (b) 88 · 10³ Pa **46.** 1,7 · 10⁶ Pa **47.** (a) 1,6 · 10⁻³ m³/s; (b) 0,90 m **49.** 116 m/s **50.** (a) 2; (b) $\frac{1}{2}$; (c) $\frac{h}{4}$ **51.** (a) 6,4 m³; (b) 5,4 m/s; (c) 9,8 · 10⁴ Pa **52.** (a) 3,1 m/s; (b) 9,5 m/s **53.** (a) 74 N; (b) 150 m³ **54.** (a) $2\sqrt{h(H-h)}$; (b) ja, $h' = H - h$; (c) $\frac{H}{2}$ **55.** (b) $2,0 \cdot 10^{-2}$ m³/s **56.** (a) 4,1 m/s; (b) 21 m/s; (c) $8,0 \cdot 10^{-3}$ m³/s **57.** (b) 63,3 m/s **58.** 1,1 · 10² m/s **59.** (a) 180 kN; (b) 81 kN; (c) 20 kN; (d) 0; (e) 78 kPa; (f) nein **60.** (a) 13°; (b) 96 % **61.** (a) 0,050; (b) 0,41; (c) nein; (d) Legen Sie sich nach hinten auf die Sandfläche, ziehen Sie langsam Ihre Füße heraus und rollen Sie sich auf das feste Ufer. **62.** (a) 1,5 m/s; (b) $\frac{R}{2\pi r v_1}$; (c) abnehmend; (d) 0,0042 cm; (e) 3,1 cm/s; (f) $1,1 \cdot 10^3$ J/m³; (g) 0,49 J/m³; (h) 19 Pa; (i) ja

Kapitel 16

Kontrollfragen. 1. (skizzieren Sie x als Funktion von t) (a) $-x_m$; (b) $+x_m$; (c) 0 **2.** a (F muss die in Gl. 6-10 angegebene Form haben) **3.** (a) 5 J; (b) 2 J; (c) 5 J **4.** alle gleichauf (in Gl. 16-29 ist m in I enthalten) **5.** 1, 2, 3 (es zählt das Verhältnis m/b , k hingegen nicht)

Fragen. 1. c 3. (a) 2; (b) positiv; (c) zwischen 0 und $+x_m$ **5.** (a) in der Nähe von $-x_m$; (b) in der Nähe von $+x_m$; (c) zwischen $-x_m$ und 0; (d) zwischen $-x_m$ und 0; (e) nimmt ab; (f) nimmt zu **7.** (a) π rad; (b) π rad; (c) $\pi/2$ rad **9.** (a) ändert sich; (b) ändert sich; (c) $x = \pm x_m$; (d) würde eher rutschen **11.** b (unendliche Periode, oszilliert nicht), c, a **13.** ein System: $k = 1500$ N/m, $m = 500$ kg; anderes System: $k = 1200$ N/m, $m = 400$ kg; gleiches Verhältnis $k/m = 3$ für beide Systeme erzeugt Resonanz

Aufgaben. 1. (a) 0,50 s; (b) 2,0 Hz; (c) 18 cm **2.** (a) 0,75 s; (b) ≈ 1,3 Hz; (c) ≈ 8,4 rad/s **3.** (a) 0,500 s; (b) 2,00 Hz; (c) 12,6 rad/s; (d) 79,0 N/m; (e) 4,40 m/s; (f) 27,6 N **4.** 37,8 m/s² **5.** $f > 500$ Hz **6.** (a) 1,23 kN/m; (b) 7,76 kg **7.** (a) $6,28 \cdot 10^5$ rad/s; (b) 1,59 mm **8.** (a) 10 N; (b) $1,2 \cdot 10^2$ N/m **9.** (a) 1,00 mm; (b) 0,75 m/s; (c) 570 m/s² **10.** (a) ≈ 2800 rad/s; (b) 2,1 m/s **11.** (a) $1,29 \cdot 10^5$ N/m; (b) 2,68 Hz **12.** (a) 3,0 m; (b) -49 m/s; (c) $-2,7 \cdot 10^2$ m/s²; (d) ≈ 20 rad; (e) 1,5 Hz; (f) ≈ 0,67 s **13.** 7,2 m/s **14.** (b) 12,47 kg; (c) 54,43 kg **15.** 2,08 h **16.** 0,22 m **17.** 3,1 cm **18.** (a) 0,25 m; (b) 2,2 Hz **19.** (a) 5,58 Hz; (b) 0,325 kg; (c) 0,400 m **20.** (a) 0,500 m; (b) -0,251 m; (c) 3,06 m/s **21.** (a) 2,2 Hz; (b) 56 cm/s; (c) 0,10 kg; (d) 20,0 cm unterhalb von y_1 **22.** $2\pi/3$ **23.** (a) 0,183 A; (b) dieselbe Richtung **26.** (a) $1,6 \cdot 10^4$ m/s²; (b) 2,5 m/s; (c) $7,9 \cdot 10^3$ m/s²; (d) 2,2 m/s **28.** (a) 0,525 m; (b) 0,686 s **29.** (a) $(n+1)k/n$; (b) $(n+1)k$; (c) $\sqrt{(n+1)/n}f$; (d) $\sqrt{n+1}f$ **30.** (a) 1,1 Hz; (b) 0,050 m **31.** 37 mJ **32.** (a) 200 N/m; (b) 1,39 kg; (c) 1,91 Hz **33.** (a) 2,25 Hz; (b) 125 J; (c) 250 J; (d) 86,6 cm **34.** (a) $7,25 \cdot 10^6$ N/m; (b) ≈ 49400 **35.** (a) 130 N/m; (b) 0,62 s; (c) 1,6 Hz; (d) 5,0 cm; (e) 0,51 m/s **36.** (a) $mv/(M+m)$; (b) $\frac{mv}{\sqrt{k(M+m)}}$ **37.** (a) 3/4; (b) 1/4; (c) $x_m/\sqrt{2}$ **38.** (a) $-(80N)\cos(2000t - \frac{\pi}{3})$; (b) $3,1 \cdot 10^{-3}$ s; (c) 4,0 m/s; (d) 0,080 J **39.** (a) 16,7 cm; (b) 1,23 % **40.** (a) 0,735 kg · m²; (b) 0,024 Nm; (c) 0,181 rad/s **41.** (a) 39,5 rad/s; (b) 34,2 rad/s; (c) 124 rad/s² **42.** (a) 8,3 s; (b) nein **43.** 99 cm **44.** 8,77 s **45.** 5,6 cm **46.** $2\pi\sqrt{\frac{R^2+2d^2}{2gd}}$ **47.** (a) $2\pi\sqrt{(L^2+12d^2)/12gd}$; (b) wird größer für $d < L/\sqrt{12}$, wird kleiner für $d > L/\sqrt{12}$; (c) wird größer; (e) ändert sich nicht **48.** (a) 0,869 s; (b) 0,0625 m **49.** (a) 0,205 kg · m²; (b) 47,7 cm; (c) 1,50 s **50.** (a) 1,64 s; (b) gleich **52.** (a) $2\pi\sqrt{\frac{L^2+12x^2}{12gx}}$; (b) $-\frac{L^2}{x^2} + 12$ **53.** $2\pi\sqrt{m/3k}$

54. $\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{\sqrt{g^2+v^4/R^2}}{L}}$ **55.** (a) 0,35 Hz; (b) 0,39 Hz; (c) 0 **56.** ≈ 14° **57.** (b) kleiner **58.** (a) $\frac{r}{R}\sqrt{\frac{k}{m}}$; (b) $\sqrt{\frac{k}{m}}$; (c) 0 **59.** 0,39 **60.** $2\frac{dx_m}{x_m}$ **61.** (a) 14,3 s;

Kapitel 17

Kontrollfragen. 1. a, 2; b, 3; c, 1 (vergleichen Sie mit der Phase in Gl. 17-2, siehe dann Gl. 17-5) **2.** (a) 2, 3, 1 (siehe Gl. 17-12); (b) 3, dann 1 und 2 gleichauf (ermitteln Sie die Amplitude von dy/dt) **3.** (a) bleibt gleich (unabhängig von f); (b) wird kleiner ($\lambda = v/f$); (c) wird größer; (d) wird größer **4.** (a) wird größer; (b) wird größer; (c) wird größer **5.** 0,20 und 0,80 gleichauf, dann 0,60, dann 0,45 **6.** (a) 1; (b) 3; (c) 2 **7.** (a) 75 Hz; (b) 525 Hz

Fragen. 1. 7d 3. (a) $\pi/2$ rad und 0,25 Wellenlänge; (b) π rad und 0,5 Wellenlänge; (c) $3\pi/2$ rad und 0,75 Wellenlänge; (d) 2π rad und 1,0 Wellenlänge; (e) $3T/4$; (f) $T/2$ **5.** (a) 4; (b) 4; (c) 3 **7.** (a) und (d) gleichauf, dann (b) und (c) gleichauf **9.** (d) **11.** (a) nimmt ab; (b) verschwindet

Aufgaben. 1. (a) 3,49 m⁻¹; (b) 31,5 m/s **2.** (a) $-4,3 \cdot 10^{14}$ Hz - $7,5 \cdot 10^{14}$ Hz; (b) 1,0 m - $2,0 \cdot 10^2$ m; (c) $6,0 \cdot 10^{16}$ Hz - $3,0 \cdot 10^{19}$ Hz **3.** (a) 0,68 s; (b) 1,47 Hz; (c) 2,06 m/s **4.** $y(x, t) = 0,010$ m · $\sin[\pi(3,33x + 1100t)]$ **6.** (a) 6,0 cm; (b) 100 cm; (c) 2,0 Hz; (d) 200 cm/s; (e) negative x -Richtung; (f) 75 cm/s; (g) -2,0 cm **7.** (a) $y(x, t) = 2,0 \sin 2\pi(0,10x - 400t)$ mit x und y in cm, t in s; (b) 50 m/s; (c) 40 m/s **8.** (b) 2,0 cm/s; (c) $-4,0 \sin(\frac{\pi x}{10} - \frac{\pi t}{5})$; (d) -2,5 cm/s **9.** (a) 11,7 cm; (b) π rad **10.** 3,2 **11.** 129 m/s **12.** $\sqrt{2}$ **13.** (a) 15 m/s; (b) 0,036 N **14.** (a) 30 m/s; (b) 17 g/m **15.** $y(x, t) = 0,12 \sin(141x + 628t)$ mit y in mm, x in m, t in s **16.** $3,0 \cdot 10^2$ m/s **17.** (a) $2\pi y_m/\lambda$; (b) nein **18.** (a) 0,64 Hz; (b) 63 cm; (c) , ; (d) $y(x, t) = 5,0 \cdot \sin(0,10x - 4,0t)$ **19.** (a) 5,0 cm; (b) 40 cm; (c) 12 m/s; (d) 0,033 s; (e) 9,4 m/s; (f) $5,0 \sin(16x + 190t + 0,93)$ mit x in m, y in cm und t in s **20.** (a) 28,6 m/s; (b) 22,1 m/s; (c) 188 g; (d) 313 g **21.** 2,63 m von dem Ende des Drahts entfernt, von dem der spätere Puls ausgeht **22.** (a) $\sqrt{\frac{k\Delta l(t+\Delta l)}{m}}$; (b) $2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}\sqrt{1 + \frac{1}{\Delta l}}$ **24.** 198 Hz **25.** (a) 3,77 m/s; (b) 12,3 N; (c) null; (d) 46,3 W; (e) null; (f) null; (g) $\pm 0,50$ cm **26.** (a) 82,8°; (b) 1,45 rad; (c) 0,23 Wellenlängen **27.** 1,4 y_m **28.** (a) 0,31 m; (b) 1,64 rad; (c) 2,2 mm **29.** 5,0 cm **30.** 84° **31.** (a) 0,83 y_1 ; (b) 37° **32.** (a) $2f_3$; (b) λ_3 **33.** (a) 140 m/s; (b) 60 cm; (c) 240 Hz **34.** 10 cm **35.** (a) 82,0 m/s; (b) 16,8 m; (c) 4,88 Hz **36.** (a) 66,1 m/s; (b) 26,4 Hz **37.** 7,91 Hz, 15,8 Hz, 23,7 Hz **38.** $\frac{1}{4}f_{n,A}$ **39.** (a) 105 Hz; (b) 158 m/s **40.** (b) kinetische Energie **41.** (a) 0,25 cm; (b) 120 cm/s; (c) 3,0 cm; (d) null **42.** (a) 0,50 m; (b) $t = 0$; $t = 0,25$; $t = 0,50$ in s **43.** (a) 50 Hz; (b) $y = 0,50 \sin[\pi(x \pm 100t)]$ mit x in m, y in cm, t in s **44.** 36 N **45.** (a) 1,3 m; (b) $y = 0,002 \sin(9,4x) \cos(3800t)$ mit x und y in m und t in s **46.** (a) 4 m; (b) 24 m/s; (c) 1,4 kg; (d) 0,11 s **47.** (a) 2,0 Hz; (b) 200 cm; (c) 400 cm/s; (d) 50 cm, 150 cm, 250 cm usw.; (e) 0, 100 cm, 200 cm usw. **48.** (a) $x = 0$; $x = 0,20$; $x = 0,40$ in m; (b) 0,050 s; (c) 8,0 m/s; (d) 0,020 m; (e) $t = 0$; $t = 0,025$; $t = 0,050$ in s **50.** (a) 0,04 m; (b) 0; (c) 0; (d) -0,126 m/s **51.** (a) 323 Hz; (b) acht **52.** (a) $8,0 \cdot 10^{-2}$ m; (b) $1,0 \cdot 10^{-2}$ m

Kapitel 18

Kontrollfragen. 1. beginnt abzunehmen (Beispiel: Bewegen Sie gedanklich die Kurven in Abb. 18-7 nach rechts am Punkt $x = 42$ m vorbei.) **2.** (a) 0, vollständig konstruktiv; (b) 4 λ , vollständig konstruktiv **3.** (a) 1 und 2 gleichauf, dann 3 (siehe Gl. 18-28); (b) 3, dann 1 und 2 gleichauf (siehe Gl. 18-26) **4.** die zweite Mode (siehe Gl. 18-39 und Gl. 18-41) **5.** lockern **6.** (a) größer; (b) kleiner; (c) keine Aussage; (d) keine Aussage; (e) größer; (f) kleiner **7.** (Geschwindigkeiten relativ zur Luft) (a) 222 m/s; (b) 222 m/s

Fragen. 1. Puls entlang Weg **2** **3.** (a) 2,0 Wellenlängen; (b) 1,5 Wellenlängen; (c) vollständig konstruktiv, vollständig destruktiv **5.** (a) genau außer Phase; (b) genau außer Phase **7.** (a) eins; (b) in der neunten Mode **9.** (a) größer; (b) kleiner **11.** alle ungeraden Harmonischen **13.** *d, e, b, c, a*

Aufgaben. 1. Zeit durch 3 teilen **2.** 0,85 s **3.** (a) 79 m, 41 m; (b) 89 m **4.** $1,7 \cdot 10^2$ m **5.** 1900 km **6.** 364 m **7.** 40,7 m **8.** $17 \text{ m} - 1,7 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ **9.** (a) 0,0762 mm; (b) 0,333 mm **10.** $(0,30 \text{ cm}) \cdot \sin(\frac{\pi}{12}x + 50\pi t)$ **11.** (a) 1,50 Pa; (b) 158 Hz; (c) 2,22 m; (d) 350 m/s **12.** (a) 8; (b) 8 **13.** (a) $343(1 + 2m)$ Hz mit *m* als ganzer Zahl zwischen 0 und 28; (b) 686m Hz mit *m* als ganzer Zahl zwischen 1 und 29 **14.** 4,12 rad **15.** (a) 143 Hz, 429 Hz, 715 Hz; (b) 286 Hz, 572 Hz, 858 Hz **16.** 17,5 cm **17.** 15,0 mW **18.** (a) 0,080 W/m²; (b) 0,013 W/m² **19.** 36,8 nm **20.** 1,26 **21.** (a) 1000; (b) 32 **22.** (a) $8,84 \cdot 10^{-9}$ W/m²; (b) 39,5 dB **23.** (a) 59,7; (b) $2,81 \cdot 10^{-4}$ **24.** $s_m \alpha r^{-1/2}$ **25.** (b) $5,76 \cdot 10^{-17}$ J/m³ **26.** (a) $5,0 \cdot 10^3$; (b) 71; (c) 71 **27.** (b) Länge² **28.** (a) $5,97 \cdot 10^{-5}$ W/m²; (b) $4,48 \cdot 10^{-9}$ W **29.** (a) 5200 Hz; (b) Amplitude_{SAD}/Amplitude_{SBD} = 2 **30.** (a) 833 Hz; (b) 0,418 m **31.** (a) 57,2 cm; (b) 42,9 cm **32.** *h* = 0,875; *h* = 0,625; *h* = 0,375; *h* = 0,125 in m; **33.** (a) 405 m/s; (b) 596 N; (c) 44,0 cm; (d) 37,3 cm **34.** (a) 5 cm vom Ende der Saite aus; (b) 1,2; (c) 1,2 **35.** (a) 1129, 1506 und 1882 Hz **36.** (a) $L(1 - 1/r)$; (b) 13 cm; (c) 5/6 **37.** 12,4 m **38.** (a) 71,5 Hz; (b) 64,8 N **39.** (a) Knoten; (c) 22 s **40.** (a) *x* = 0,20; *x* = 0,60; *x* = 1,0 in m; (b) 0,60 m; (c) 143 Hz **41.** 45,3 N **42.** $2,25 \cdot 10^{-3}$ s **43.** 387 Hz **44.** (a) 10; (b) 4 **45.** 0,02 **46.** 0 **47.** 17,5 kHz **48.** 4,61 m/s **49.** (a) 526 Hz; (b) 555 Hz **50.** 0,195 MHz **51.** (a) 1,02 kHz; (b) 1,04 kHz **52.** (a) 1584 Hz; (b) 0,208 m; (c) 2160 Hz; (d) 0,152 m **53.** 155 Hz **54.** 41000 Hz **55.** (a) 485,8 Hz; (b) 500,0 Hz; (c) 486,2 Hz; (d) 500,0 Hz **56.** (a) 2000 Hz; (b) 2000 Hz **57.** (a) 598 Hz; (b) 608 Hz; (c) 589 Hz **58.** 30° **59.** (a) 42°; (b) $11 \text{ s} \cdot 60,3 \cdot 10^4 \text{ m}$

Kapitel 19

Kontrollfragen. 1. (a) alle gleichauf; (b) 50°X, 50°Y, 50°W **2.** (a) 2 und 3 gleichauf, dann 1, dann 4; (b) 3, 2, dann 1 und 4 gleichauf (siehe Gl. 19-9 und Gl. 19-10; die Flächenänderung sei proportional zur Anfangsfläche) **3.** A (siehe Gl. 19-14) **4.** *c* und *e* (die von einem Zyklus in Uhrzeigerichtung eingeschlossene Fläche ist maximal) **5.** (a) alle gleichauf (ΔE_{int} hängt von *i* und *f* ab, nicht aber vom Weg); (b) 4, 3, 2, 1 (vergleichen Sie die Flächen unter den Kurven); (c) 4, 3, 2, 1 (siehe Gl. 19-26) **6.** (a) null (geschlossener Kreis); (b) negativ (W_{eff} ist negativ, siehe Gl. 19-26) **7.** *b* und *d* gleichauf, dann *a*, dann *c* (P_L identisch, siehe Gl. 19-32)

Fragen. 1. 25°S, 25°U, 25°R **3.** A und B gleichauf, dann C, dann D **5.** (a) beide im Uhrzeigersinn; (b) beide im Uhrzeigersinn **7.** *c, a, b* **9.** Kugel, Halbkugel, Würfel **11.** (a) am Gefrierpunkt; (b) gefriert nicht; (c) schmilzt teilweise

Aufgaben. 1. $0,05 \cdot 10^3$ Pa, Stickstoff **2.** 1,366 **3.** 348 K **4.** (a) 320° F; (b) $-12,3^\circ \text{ F}$ **5.** (a) -40° ; (b) 575° ; (c) niemals **6.** (a) -96° F ; (b) $\approx 56,7^\circ \text{ C}$ **7.** (a) Dimension einer reziproken Zeit **8.** 1/2 **9.** $-92,1^\circ \text{ X}$ **10.** 0,011 m **11.** 960 μm **12.** (a) 9,996 cm; (b) 68° C **13.** 2,731 cm **14.** 49,87 cm³ **15.** 29 cm³ **16.** $2\alpha A \Delta T$ **17.** 0,26 cm³ **18.** $23 \cdot 10^{-6}$ cm³/°C **19.** 360°C **20.** (a) $-0,69\%$; (b) Aluminium **22.** (a) 0,36%; (b) 0,18%; (c) 0,54%; (d) keine Änderung; (e) $18 \cdot 10^{-6} \frac{1}{^\circ \text{C}}$ **23.** 0,68 s/h, geht vor **24.** 0,217 K/s **25.** 7,5 cm **26.** man müßte mehr als 94 l am Tag trinken **27.** (a) 523 J/kg · K; (b) 26,2 J/mol · K; (c) 0,600 mol **28.** 109 g **29.** $42,7 \cdot 10^3$ J **30.** $1,30 \cdot 10^6$ J **31.** 1,9-mal so groß **32.** ≈ 250 g **33.** (a) 33,9 Btu; (b) 172° F **34.** (a) $5,2 \cdot 10^7$ J; (b) 0°C **35.** 160 s **36.** (a) 20,3 k · cal; (b) 1,11 k · cal; (c) 873° C **37.** 2,8 Tage **38.** 3,0 min **39.** $742 \cdot 10^3$ J **40.** $7,3 \cdot 10^4$ W **41.** 82 cal **42.** 33 m² **43.** 33 g **44.** (a) 0 g Eis bei 5,3°C; (b) 60 g Eis bei 0°C **45.** (a) 0°C; (b) 2,5°C **46.** 13,5°C **47.** 8,72 g **48.** (a) -200 J; (b) -293 J; (c) -93 J **49.** A: 120 J, B: 75 J, C: 30 J **50.** (a) A → B positiv, B → C positiv, C → A negativ; (b) -20 J **51.** -30 J **52.** $-5,0$ J **53.** (a) 6,0 cal; (b)

-43 cal; (c) 40 cal; (d) 18 cal, 18 cal **54.** $766 \text{ C} \cdot 55.$ (a) 0,13 km; (b) 2,3 km **56.** (a) $2,3 \cdot 10^2$ J/s; (b) $3,5 \cdot 10^3$ J/s **57.** 1660 J/s **58.** (a) $8 \cdot 10^2$ W; (b) $2 \cdot 10^4$ J **59.** (a) 16 J/s; (b) 0,048 g/s **60.** b **61.** 0,50 min **62.** (a) $1,23 \cdot 10^3$ W; (b) $2,28 \cdot 10^3$ W; (c) $1,05 \cdot 10^3$ W **63.** (a) 17 kW/m²; (b) 18 W/m² **64.** $-4,2^\circ \text{ C}$ **65.** 0,40 cm/h **66.** 1,1 m **67.** (a) 90 W; (b) 230 W; (c) 330 W **68.** (a) $\sigma \varepsilon T^4(a + 2h\sqrt{\pi a})$; (b) $Na + 2h\sqrt{N\pi a}$; (d) ≈ 5 ; (e) ≈ 10 ; (f) ≈ 26 ; (g) ≈ 150 ; (h) ≈ 1900 ; (i) 0,13

Kapitel 20

Kontrollfragen. 1. alle außer *c* **2.** (a) alle gleichauf; (b) 3, 2, 1 **3.** Gas A 4 5 (größte Änderung von *T*), dann gleichauf 1, 2, 3 und 4 **5.** 1, 2, 3 ($Q_3 = 0$, Q_2 fließt in Arbeit W_2 , aber Q_1 fließt in die größere Arbeit W_1 und erhöht die Temperatur des Gases)

Fragen. 1. nimmt zu, aber auf weniger als das Doppelte **3.** a und c gleichauf, dann b, dann d **5.** 1 bis 4 **7.** 20 J **9.** (a) 3; (b) 1; (c) 4; (d) 2; (e) ja **11.** (a) 1, 2, 3, 4; (b) 1, 2, 3

Aufgaben. 1. 0,933 kg **2.** (a) 0,0127; (b) $7,64 \cdot 10^{21}$ **3.** 6560 **4.** die Behauptung ist falsch, um den Faktor 20.000 **5.** (a) $5,47 \cdot 10^{-8}$ mol; (b) $3,29 \cdot 10^{16}$ **6.** 25 Moleküle/cm³ **7.** (a) 0,0388 mol; (b) 220°C **8.** 186 kPa **9.** (a) 106; (b) 0,892 m³ **10.** -653 J **11.** $A(T_2 - T_1) - B(T_2^2 - T_1^2)$ **12.** $1/5$ **13.** 5600 J **14.** (a) 1,5 mol; (b) 1800 K; (c) 600 K; (d) 5000 J **15.** 100 cm³ **16.** 22,8 m **17.** $2,0 \cdot 10^5$ Pa **18.** $2,50 \cdot 10^3$ m/s **19.** 180 m/s **20.** 442 m/s **21.** $9,53 \cdot 10^6$ m/s **22.** (a) 511 m/s; (b) 73 K; (c) 1,17 · 10³ K; (d) \cdot **23.** $1,9 \cdot 10^3$ Pa **24.** (a) 494 m/s; (b) 28 g/mol **25.** $3,3 \cdot 10^{-20}$ J **26.** (a) $5,65 \cdot 10^{-21}$ J; (b) $7,72 \cdot 10^{-21}$ J; (c) $3,40 \cdot 10^3$ J; (d) $4,65 \cdot 10^3$ J **27.** (a) $6,75 \cdot 10^{-20}$ J; (b) 10,7 **30.** $3,2 \cdot 10^{-8}$ cm **31.** (a) $6 \cdot 10^9$ km **32.** $3,7 \cdot 10^9$ Hz **33.** 15 cm **34.** (a) 1,7; (b) $5,0 \cdot 10^{-5}$ cm; (c) $7,9 \cdot 10^{-6}$ cm **35.** (a) $3,27 \cdot 10^{10}$; (b) 172 m **36.** (a) 3,2 cm/s; (b) 3,4 cm/s; (c) 4,0 cm/s **37.** (a) 6,5 km/s; (b) 7,1 km/s **38.** (a) ja; (c) wenn alle Geschwindigkeiten gleich sind **39.** (a) $1,0 \cdot 10^4$ K; (b) $1,6 \cdot 10^5$ K; (c) 440 K, 7000 K; (d) Wasserstoff nein, Sauerstoff ja **40.** 3/2 **41.** (a) 7,0 km/s; (b) $2,0 \cdot 10^{-8}$ cm; (c) $3,5 \cdot 10^{10}$ Zusammenstöße/s **42.** $\frac{2\pi}{3}$ **43.** (a) $\frac{2}{3}v_0$; (b) *N*/3; (c) $122v_0$; (d) $1,31v_0$ **44.** $3,4 \cdot 10^3$ J **45.** $RT \ln(V_f/V_i)$ **46.** (a) 15,9 J; (b) 34,4 J/mol · K; (c) 26,1 J/mol · K **47.** $(n_1C_1 + n_2C_2 + n_3C_3)/(n_1 + n_2 + n_3)$ **48.** (a) -5000 J; (b) 2000 J; (c) 5000 J **49.** (a) $6,6 \cdot 10^{-26}$ kg; (b) 40 g/mol **50.** 50 J **51.** 8000 J **52.** (a) 0,375 mol; (b) 1,09 · 10³ J; (c) 5/7 **53.** (a) 6980 J; (b) 4990 J; (c) 1990 J; (d) 2990 J **54.** (a) 336 K; (b) 0,411 **55.** (a) 14 atm; (b) 620 K **56.** $1,5 \cdot 10^3$ Nm²⁻² **59.** 1,40 **60.** (a) $\frac{1}{3}p_0$; (b) mehratomig; (c) 1,44 **61.** (a) in Joule, in der Reihenfolge *Q*, ΔE_{int} , *W*: 1 → 2: 3740, 3740, 0; 2 → 3: 0, -1810 , 1810; 3 → 1: -3220 , -1930 , -1290 ; Kreisprozess: 520, 0, 520; (b) $V_2 = 0,0246 \text{ m}^3$, $p_2 = 2,00 \text{ atm}$, $V_3 = 0,0373 \text{ m}^3$, $p_3 = 1,00 \text{ atm}$

Kapitel 21

Kontrollfragen. 1. a, b, c **2.** kleiner (*Q* ist kleiner) **3.** c, b, a **4.** a, d, c, b **5.** b

Fragen. 1. unverändert **3.** *b, a, c, d* **5.** gleich **7.** (a) größer; (b) größer; (c) kleiner **9.** (a) gleich; (b) größer; (c) kleiner **11.** (a) 0; (b) 0,25; (c) 0,50

Aufgaben. 1. 14,4 J/K **2.** $1,86 \cdot 10^4$ J **3.** (a) 9220 J; (b) 23,0 J/K; (c) 0 **4.** 2,75 mol **5.** (a) $5,79 \cdot 10^4$ J; (b) 173 J/K **6.** (a) AE; (b) AC; (c) AF; (d) bei keinem **7.** (a) 14,6 J/K; (b) 30,2 J/K **8.** (a) 4500 J; (b) $-5,0 \cdot 10^3$ J; (c) 9,5 kJ **9.** (a) 57,0°C; (b) $-22,1$ J/K; (c) $+24,9$ J/K; (d) $+2,8$ J/K **10.** (a) $-0,710$ J/K; (b) $+0,710$ J/K; (c) $+0,723$ J/K; (d) $-0,723$ J/K; (e) $+0,013$ J/K; (f) 0 **12.** (a) $p_2 = \frac{p_1}{3}$, $p_3 = \frac{p_1}{31,4}$, $T_3 = \frac{T_1}{30,4}$; (b) $W = RT_1 \ln 3$, $Q = 1,10RT_1$, $\Delta E_{\text{int}} \approx -0,889RT_1$, $\Delta S \approx -1,10R$ **13.** (a) 320 K; (b) 0; (c) $+1,72$ J/K **14.** (b) *I*_{isotherm}: $pV \cdot \ln 2$; *I*_{konVol}: $\frac{9}{2}pV$; *I*_{isotherm}: $-pV \cdot \ln 2$; *I*_{isobar}: $\frac{15}{2}pV$ (c) *I*_{isotherm}: $pV \cdot \ln 2$; *I*_{konVol}: 0; *I*_{isotherm}: $-pV \cdot \ln 2$; *I*_{isobar}: $3pV$ (d) $\frac{9}{2}pV$; (e) $4nR \cdot \ln 2$

15. +0,75 J/K **16.** 0,64 J/K **17.** (a) -943 J/K; (b) +943 J/K; (c) ja **18.** (c) $Q_I = nRT_i \ln(\frac{V_f}{V_i})$, $Q_{II} = \frac{3}{2} nR(T_f - T_x)$; (d) $\frac{3}{2} nR \cdot \ln(\frac{T_f}{T_x})$, beide Änderungen sind gleich; (e) $T_x = 315$ K, $Q_1 = 2880$ J, $Q_2 = 2306$ J, $\Delta S = 5,76$ J/K **19.** (a) $3p_0V_0$; (b) $\Delta E_{\text{int}} = 6RT_0$, $\Delta S = \frac{3}{2} R \ln 2$; (c) beide null **20.** (a) 1,84 kPa; (b) 441 K; (c) 3,16 kJ; (d) 1,94 J/K **21.** (a) 31 %; (b) $16 \cdot 10^3$ J **22.** 97 K **23.** (a) 23,6 %; (b) $1,49 \cdot 10^4$ J **24.** 99,99995 % **25.** 266 K und 341 K **26.** (a) 4,66 kJ/s; (b) 4,16 kJ/s **27.** (a) 1470 J; (b) 554 J; (c) 918 J; (d) 62,4 % **29.** (a) 2270 J; (b) 14 800 J; (c) 15,4 %; (d) 75,0 %, größer **31.** (a) 78 %; (b) 81 kg/s **32.** (a) einatomig; (b) 75 % **33.** (a) $T_2 = 3T_1$, $T_3 = 3T_1/4^{\gamma-1}$, $T_4 = T_1/4^{\gamma-1}$, $p_2 = 3p_1$, $p_3 = 3p_1/4^{\gamma}$, $p_4 = p_1/4^{\gamma}$; (b) $1 - 4^{1-\gamma}$ **34.** (a) 3; (b) 800 J **35.** 21 J **36.** 13 J **37.** 440 W **38.** (a) 0,071 J; (b) 0,50 J; (c) 2,0 J; (d) 5,0 J **39.** 0,25 PS **40.** $1,08 \cdot 10^6$ J **41.** $[1 - (T_2/T_1)]/[1 - (T_4/T_3)]$ **42.**

Nummer	W	S
I	1	0
II	8	$2,9 \cdot 10^{-23}$ J/K
III	28	$4,6 \cdot 10^{-23}$ J/K
IV	56	$5,6 \cdot 10^{-23}$ J/K
V	70	$5,9 \cdot 10^{-23}$ J/K
VI	56	$5,6 \cdot 10^{-23}$ J/K
VII	28	$4,6 \cdot 10^{-23}$ J/K
VIII	8	$2,0 \cdot 10^{-23}$ J/K
IX	1	0

- 44.** (a) $1,26 \cdot 10^{14}$; (b) $1,13 \cdot 10^{15}$; (c) 11,1 %; (d) $W = 1,01 \cdot 10^{29}$, $N_{T_{\text{total}}} = 1,27 \cdot 10^{30}$, $p = 8,0$ %; (e) $W = 9,25 \cdot 10^{58}$, $N_{T_{\text{total}}} = 1,61 \cdot 10^{60}$, $p = 5,7$ % **45.** (a) $W = N!/(n_1! n_2! n_3!)$; (b) $[(N/2)! (N/2)!]/[(N/3)! (N/3)! (N/3)!]$; (c) $4,2 \cdot 10^{16}$

Kapitel 22

Kontrollfragen. 1. C und D ziehen einander an, B und D ziehen einander an **2.** (a) nach links; (b) nach links; (c) nach links **3.** (a) a, c, b; (b) kleiner **4.** -15e (die Nettoladung von -30e wird gleichmäßig geteilt)

Fragen. 1. nein, nur für geladene Teilchen, geladene teilchenähnliche Objekte und gleichmäßig geladene Kugelschalen (einschließlich der Kugel selbst) **3.** a und b **5.** $2q^2/4\pi\epsilon_0 r^2$, in der Papierebene nach oben **7.** (a) gleich; (b) kleiner; (c) kompensieren sich; (d) verstärken sich; (e) der sich verstärkenden Komponenten; (f) positive y-Richtung; (g) negative y-Richtung; (h) positive x-Richtung; (i) negative x-Richtung **9.** (a) nicht zwingend; (b) zwingend **11.** nein (Person und Gegenstand teilen sich die Ladung)

- Aufgaben. 1.** 1,38 m **2.** 2,81 N **3.** (a) $4,9 \cdot 10^{-7}$ kg; (b) $7,1 \cdot 10^{-11}$ C **4.** $\frac{3}{8}$ F **5.** (a) 0,17 N; (b) -0,046 N **6.** (a) $q_1 = 9q_2$; (b) $q_1 = -25q_2$ **7.** entweder -1,00 μ C und -3,00 μ C oder +1,00 μ C und -3,00 μ C **8.** -4q **9.** (a) Die Ladung -4q/9 muss sich auf der Verbindungslinie beider positiver Ladungen befinden, im Abstand L/3 von der Ladung +q. **10.** $X_{q_1q_3} \approx 14$ cm; $X_{q_2q_3} \approx 24$ cm **11.** (a) $5,7 \cdot 10^{13}$ C, nein; (b) $6,0 \cdot 10^5$ kg **12.** (a) -10,3°; (b) ja **13.** $q = Q/2$ **14.** (a) $q = -\frac{Q}{2\sqrt{2}}$; (b) nein **15.** (b) $\pm 2,4 \cdot 10^{-8}$ C **16.** 3,1 cm **17.** (a) $(L/2)[1 + (1/4\pi\epsilon_0)(qQ/Wh^2)]$; (b) $\sqrt{3qQ/4\pi\epsilon_0 W}$ **18.** $2,89 \cdot 10^{-9}$ N **19.** -1,32 $\cdot 10^{13}$ C **20.** $1,9 \cdot 10^5$ C **21.** (a) $3,2 \cdot 10^{-19}$ C; (b) zwei **22.** (a) $8,99 \cdot 10^{-19}$ N; (b) 625 **23.** $6,3 \cdot 10^{11}$ **24.** 5,1 m **25.** 122 mA **26.** $1,3 \cdot 10^7$ C **27.** (a) 0; (b) $1,9 \cdot 10^{-9}$ N **28.** $1,7 \cdot 10^8$ N **29.** (a) 9 B; (b) 13 N; (c) 12 C **30.** (a) $\frac{Q^2\alpha(1-\alpha)}{4\pi\epsilon_0 d^2}$; (c) $\alpha = \frac{1}{2}$; (d) $\alpha_1 \approx 0,15$; $\alpha_2 \approx 0,85$

Kapitel 23

Kontrollfragen. 1. (a) nach rechts; (b) nach links; (c) nach links; (d) nach rechts (p und e haben vom Betrag her gleiche Ladungen; p ist weiter entfernt) **2.** alle gleichauf **3.** (a) nach +y; (b) nach +x; (c) nach -y

- 4.** (a) nach links; (b) nach links; (c) nimmt ab **5.** (a) alle gleichauf; (b) 1 und 3 gleichauf, dann 2 und 4 gleichauf

Fragen. 1. (a) nach +x; (b) nach unten und nach rechts; (c) A **3.** Es gibt zwei Punkte, einen links von den Teilchen und einen zwischen den Protonen. **5.** (a) ja; (b) hin; (c) nein (die Feldvektoren verlaufen nicht entlang derselben Linie); (d) löschen sich aus; (e) verstärken sich; (f) der sich verstärkenden Komponenten; (g) nach -y **7.** e, b, dann a und c gleichauf, dann d (null) **9.** (a) nach unten; (b) 2 und 4 nach unten, 3 nach oben **11.** (a) 4, 3, 1, 2; (b) 3, dann 1 und 4 gleichauf, dann 2

- Aufgaben. 1.** (a) $6,4 \cdot 10^{-18}$ N; (b) 20 N/C **2.** $1,11 \cdot 10^{-10}$ C **5.** 56 pC **6.** $6,4 \cdot 10^5$ N/C **7.** $3,07 \cdot 10^{21}$ N/C, radial nach außen **9.** 50 cm von q_1 und 100 cm von q_2 **10.** (a) $x \approx 2,7$ d **11.** **0** **12.** $q/\pi\epsilon_0 a^2$ **13.** $1,02 \cdot 10^5$ N/C, nach oben **15.** $6,88 \cdot 10^{-28}$ C \cdot m **16.** $(qd)\vec{e}_y$ **18.** $\approx 0,51$ **20.** $-\frac{q}{\epsilon_0\pi^2 R^2}\vec{e}_y$ **21.** $q/\pi^2\epsilon_0 r^2$, senkrecht nach unten **22.** $z = R/\sqrt{2}$ **23.** (a) -q/L; (b) $q/4\pi\epsilon_0 a(L+a)$ **26.** $6,3 \cdot 10^3$ N/C **27.** $R/\sqrt{3}$ **28.** $-0,0102\vec{e}_x$ N/C **29.** $3,51 \cdot 10^{15}$ m/s² **30.** $2,03 \cdot 10^{-7}$ N/C, entgegengesetzt der Gravitationskraft **31.** $6,6 \cdot 10^{-15}$ N **32.** (a) $4,8 \cdot 10^{-13}$ N; (b) $4,8 \cdot 10^{-13}$ N **33.** (a) $1,5 \cdot 10^3$ N/C; (b) $2,4 \cdot 10^{-16}$ N, nach oben; (c) $1,6 \cdot 10^{-26}$ N; (d) $1,5 \cdot 10^{10}$ **34.** (a) 0,029 C; (b) weil ein Feld dieser Stärke in der Luft nicht aufrecht erhalten werden kann **35.** (a) $1,92 \cdot 10^{12}$ m/s²; (b) $1,96 \cdot 10^5$ m/s **36.** (a) $7,12 \cdot 10^{-2}$ m; (b) $2,85 \cdot 10^{-8}$ s; (c) -11,2 % **37.** -5e **38.** $(1,641 \pm 0,004) \cdot 10^{-19}$ C **39.** (a) $2,7 \cdot 10^6$ m/s; (b) 1000 N/C **40.** (a) $-2,1 \cdot 10^{13}\vec{e}_y$ m/s²; (b) $1,5 \cdot 10^5\vec{e}_x - 2,8 \cdot 10^6\vec{e}_y$ **41.** 27 μ m **42.** (a) -11,3°; (b) $x = 108$ m; $y = -21,6$ m **43.** (a) ja; (b) die obere Platte, 2,73 cm **44.** (a) $9,30 \cdot 10^{-15}$ Cm; (b) $2,05 \cdot 10^{-11}$ J **45.** (a) 0; (b) $8,5 \cdot 10^{-22}$ N \cdot m; (c) 0 **46.** $2pE \cos\theta$ **47.** $(1/2\pi)\sqrt{pE/T}$ **48.** (a) $\approx 1 \cdot 10^3$ N/C; (b) inhomogen

Kapitel 24

Kontrollfragen. 1. (a) +EA; (b) -EA; (c) 0; (d) 0 **2.** (a) 2; (b) 3; (c) 1 **3.** (a) gleich; (b) gleich; (c) gleich **4.** (a) +50e; (b) -150e **5.** 3 und 4 gleichauf, dann 2, dann 1

Fragen. 1. (a) 8 N \cdot m²/C; (b) 0 **3.** (a) alle vier; (b) keiner (alle gleich) **5.** (a) S_3, S_2, S_1 ; (b) alle gleichauf; (c) S_3, S_2, S_1 ; (d) alle gleichauf (null) **7.** $2\sigma, \sigma, 3\sigma$ oder $3\sigma, \sigma, 2\sigma$ **9.** (a) alle gleichauf ($E = 0$); (b) alle gleichauf

- Aufgaben. 1.** (a) 693 kg/s; (b) 693 kg/s; (c) 347 kg/s; (d) 347 kg/s; (e) 575 kg/s **2.** $-1,5 \cdot 10^{-2}$ Nm²/C **3.** (a) 0; (b) $-3,92$ N \cdot m²/C; (c) 0; (d) 0 für jedes Feld **4.** (a) eine Fläche, welche 2q und -2q, oder alle vier Ladungen umschließt; (b) eine Fläche, welche 2q und q umschließt; (c) unmöglich **5.** $2,0 \cdot 10^5$ N \cdot m²/C **6.** $-\pi a^2 E$ **7.** (a) 8,23 N \cdot m²/C; (b) 8,23 N \cdot m²/C; (c) jeweils 72,8 pC **8.** (a) -1,3 $\cdot 10^{-8}$ C/m³; (b) $8,2 \cdot 10^{10}$ Elektronen/m³ **9.** 3,54 μ C **10.** $-4,3 \cdot 10^{-9}$ C **11.** 0 durch jede der drei Flächen, die sich in q treffen; je $q/24\epsilon_0$ durch die anderen Flächen **12.** $2,0 \cdot 10^{-6}$ C/m² **13.** (a) 37 μ C; (b) $4,1 \cdot 10^6$ N \cdot m²/C **14.** (a) $4,5 \cdot 10^{-7}$ C/m²; (b) $5,1 \cdot 10^4$ N/C **15.** (a) $-3,0 \cdot 10^{-6}$ C; (b) $+1,3 \cdot 10^{-5}$ C **16.** (a) $3,2 \cdot 10^{-7}$ C; (b) $1,4 \cdot 10^{-7}$ C **17.** 5,0 μ C/m **18.** $E(r) = \lambda/2\pi r\epsilon_0$ **19.** (a) $E = q/2\pi\epsilon_0 LR$, radial nach innen; (b) je -q auf der inneren und äußeren Oberfläche; (c) $E = q/2\pi\epsilon_0 Lr$, radial nach außen **20.** $3,8 \cdot 10^{-8}$ C/m² **21.** (a) $2,3 \cdot 10^6$ N/C, radial nach außen; (b) $4,5 \cdot 10^5$ N/C, radial nach innen **22.** (a) 1,9 N/C; (b) 3,6 N/C **23.** 3,6 nC **24.** (a) 240 N/C; (b) $+3,2 \cdot 10^{-9}$ C/m² **25.** (a) $\rho R^2/2\epsilon_0 r$ **26.** (a) σ/ϵ_0 , nach oben gerichtet; (b) 0; (c) σ/ϵ_0 , nach unten gerichtet **27.** (a) $5,3 \cdot 10^7$ N/C; (b) 60 N/C **28.** $\frac{\sigma z}{2\epsilon_0\sqrt{z^2+R^2}}\vec{e}_z$ **29.** 5,0 nC/m² **30.** (a) 0; (b) 0; (c) $7,9 \cdot 10^{-11}\vec{e}_x$ N/C **31.** 0,44 mm **32.** $4,9 \cdot 10^{-10}$ C/m² **33.** (a) $\rho x/\epsilon_0$; (b) $\rho d/2\epsilon_0$ **34.** $-6,64 \cdot 10^{-10}$ C **35.** -7,5 nC **36.** (a) $2,50 \cdot 10^4$ N/C; (b) $1,35 \cdot 10^4$ N/C **39.** -1,04 nC **40.** (a) -q; (b) +q; (c) $\frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$; (d) 0; (e) $\frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$; (f) 0; (g) $\frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$; (h) ja; (i) nein; (j) ja; (k) nein;

(l) nein **42.** (a) $-e/\pi a_0^3$; (b) $\frac{5e \exp(-2)}{4\pi \epsilon_0 a_0^2}$, radial nach außen gerichtet **43.** (a) $E = (q/4\pi\epsilon_0 a^3)r$; (b) $E = q/4\pi\epsilon_0 r^2$; (c) 0; (d) 0; (e) innen $-q$, außen 0 **45.** $q/2\pi a^2$ **47.** $6K\epsilon_0 r^3$ **48.** (a) $\frac{\rho r}{2\epsilon_0}$; (b) nimmt zu; (c) radial nach innen; (d) $3,1 \cdot 10^6$ N/C; (e) ja, bei $r = R$

Kapitel 25

Kontrollfragen. 1. (a) negativ; (b) nimmt zu **2.** (a) positiv; (b) höheren Potentials **3.** (a) nach rechts; (b) 1, 2, 3, 5 positiv; 4 negativ; (c) 3, dann 1, 2 und 5 gleichauf, dann 4 **4.** alle gleichauf **5.** a, c (null), b **6.** (a) 2, dann 1 und 3 gleichauf; (b) 3; (c) beschleunigt nach links

Fragen. 1. (a) höher; (b) positiv; (c) negativ; (d) alle gleichauf **3.** $-4q/4\pi\epsilon_0 d$ **5.** (a) bis (c) $Q/4\pi\epsilon_0 R$; (d) a, b, c **7.** (a) 2, 4, dann gleichauf 1, 3 und 5 (mit $E = 0$); (b) negative x -Richtung; (c) positive x -Richtung **9.** (a) bis (d) null

Aufgaben. 1. (a) $3,0 \cdot 10^5$ C; (b) $3,6 \cdot 10^6$ J **2.** 1,2 GeV **3.** (a) $3,0 \cdot 10^{10}$ J; (b) 7,7 km/s; (c) $9,0 \cdot 10^4$ kg **4.** (a) $-2,46$ V; (b) $-2,46$ V; (c) 0 **5.** 8,8 mm **6.** (a) $2,4 \cdot 10^4$ N/C; (b) $2,9 \cdot 10^3$ V **7.** (a) 136 MV/m; (b) 8,82 kV/m **8.** (a) $-\frac{qr^2}{8\pi\epsilon_0 R^3}$; (b) $q/8\pi\epsilon_0 R$; (c) das Potenzial im Zentrum der Kugel ist höher **9.** (b) Punkt $V = 0$ wird anders gewählt; (c) $q/8\pi\epsilon_0 R$; (d) Potenzialdifferenzen hängen nicht von der Wahl des Punktes mit $V = 0$ ab. **10.** (b) $\frac{w}{q_0} = \sigma z/2\epsilon_0$ **11.** (a) $Q/4\pi\epsilon_0 r$; (b) $(\rho/3\epsilon_0)[(3/2)r^2 - (1/2)r^2 - (r^3/r)]$, $\rho = Q/(4\pi/3)(r_2^3 - r_1^3)$; (c) $(\rho/2\epsilon_0)(r_2^2 - r_1^2)$ mit ρ wie in (b); (d) ja **12.** $-1,1 \cdot 10^{-9}$ C **13.** (a) $-4,5$ kV; (b) $-4,5$ kV **15.** $x = d/4$ und $x = -d/2$ **16.** nur im Unendlichen **17.** (a) 0,54 mm; (b) 790 V **18.** (a) $3,3 \cdot 10^{-9}$ C; (b) $1,2 \cdot 10^{-8}$ C/m² **19.** $6,4 \cdot 10^8$ V **20.** $-\frac{0,94q}{4\pi\epsilon_0 d}$ **21.** $2,5q/4\pi\epsilon_0 d$ **22.** 1,63 $\cdot 10^{-5}$ V **24.** (a) $2 \frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0} \ln[\frac{L/2 + \sqrt{(L/2)^2 + d^2}}{d}]$; (b) 0 **25.** (a) $-5Q/4\pi\epsilon_0 R$; (b) $-5Q/4\pi\epsilon_0(z^2 + R^2)^{1/2}$ **26.** $\frac{-Q}{4\pi\epsilon_0 R}$ **27.** $(\sigma/8\epsilon_0)[(z^2 + R^2)^{1/2} - z]$ **28.** $\frac{Q}{4\pi\epsilon_0 L} \ln(1 + \frac{L}{d})$ **29.** $(c/4\pi\epsilon_0)[L - d \ln(1 + L/d)]$ **30.** $6,7 \cdot 10^2$ V/m **31.** 17 V/m bei 135° entgegengesetzt dem Uhrzeigersinn von $+x$ aus **32.** $-39\bar{e}_x$ V/m **34.** (a) $\frac{c}{4\pi\epsilon_0}(\sqrt{L^2 + y^2} - y)$; (b) $\frac{c}{4\pi\epsilon_0}(1 - \frac{y}{\sqrt{L^2 + y^2}})$ **35.** (a) $Q/4\pi\epsilon_0 d(d + L)$, nach links; (b) 0 **36.** (a) $1,15 \cdot 10^{-19}$ J; (b) ab **37.** $-0,21q^2/\epsilon_0 a$ **38.** $-1,2 \cdot 10^{-6}$ J **39.** (a) $+6,0 \cdot 10^4$ V; (b) $-7,8 \cdot 10^5$ V; (c) 2,5 J; (d) mehr; (e) die gleiche; (f) die gleiche **40.** 0 **41.** $W = (qQ/8\pi\epsilon_0)[(1/r_1) - (1/r_2)]$ **42.** (a) 27,2 V; (b) $-27,2$ eV; (c) 13,6 eV; (d) 13,6 eV **43.** 2,5 km/s **44.** $1,8 \cdot 10^{-10}$ J **45.** (a) 0,225 J; (b) A: 45,0 m/s², B: 22,5 m/s²; (c) A: 7,75 m/s, B: 3,87 m/s **46.** $\sqrt{\frac{2eV}{m_e}}$ **47.** 0,32 km/s **48.** $1,48 \cdot 10^7$ m/s **49.** $1,6 \cdot 10^{-9}$ m **50.** $+400$ V **51.** $2,5 \cdot 10^{-8}$ C **52.** (a) $V_1 = V_2$; (b) $q_1 = q/3$; $q_2 = \frac{2}{3}q$ (c) **2** **53.** (a) -180 V; (b) 2700 V, -8900 V **54.** (a) $1,2 \cdot 10^4$ N/C; (b) $1,8 \cdot 10^3$ V; (c) $5,8 \cdot 10^{-2}$ m **55.** (a) $-0,12$ V; (b) $1,8 \cdot 10^{-8}$ N/C, radial nach innen

Kapitel 26

Kontrollfragen. 1. (a) bleibt gleich; (b) bleibt gleich **2.** (a) nimmt ab; (b) nimmt zu; (c) nimmt ab **3.** (a) $V, q/2$; (b) $V/2, q$ **4.** (a) $q_0 = q_1 + q_3$; (b) gleich (Reihenschaltung!) **5.** (a) konstant; (b) bis (d) nimmt zu; (e) konstant (gleiche Potenzialdifferenz bei gleichem Plattenabstand) **6.** (a) bleibt gleich; (b) nimmt ab; (c) nimmt zu

Fragen. 1. a zu 2, b zu 1, c zu **3** **3.** a Reihe, b parallel, c parallel **5.** (a) $C/3$; (b) $3C$; (c) parallel **7.** (a) gleich; (b) gleich; (c) größer; (d) größer **9.** (a) 2; (b) 3; (c) 1 **11.** (a) nimmt zu; (b) nimmt zu; (c) nimmt ab; (d) nimmt ab; (e) bleibt gleich, nimmt zu, nimmt zu, nimmt zu

Aufgaben. 1. 7,5 pC **2.** (a) 3,5 pF; (b) 3,5 pF; (c) 57 V **3.** 3,0 mC **5.** (a) 140 pF; (b) 17 nC **6.** $8,85 \cdot 10^{-12}$ m, nein **7.** $5,04\pi\epsilon_0 R$ **8.** (a) 84,5 pF; (b) 191 cm² **10.** 7,33 μ F **11.** 9090 **12.** 0,315 C **13.** 3,16 μ F **14.** (a) $7,9 \cdot 10^{-4}$ C; (b) 79 V **16.** (a) $1,0 \cdot 10^{-4}$ C; (b) $2,0 \cdot 10^{-5}$ C **17.** 43 pF **18.** (a)

$3,0 \mu$ F; (b) $6,0 \cdot 10^{-5}$ C; (c) $1,5 \cdot 10^{-5}$ C; (d) $2,0 \cdot 10^{-5}$ C; (e) $2,0 \cdot 10^{-5}$ C **19.** (a) 50 V; (b) $5,0 \cdot 10^{-5}$ C; (c) $1,5 \cdot 10^{-4}$ C **20.** (a) $q_1 = q_3 = 9,0 \mu$ C; $q_2 = q_4 = 16 \mu$ C; (b) $q_1 = 8,4 \mu$ C; $q_2 = 17 \mu$ C; $q_3 = 11 \mu$ C; $q_4 = 14 \mu$ C; **21.** $q_1 = [(C_1 C_2 + C_1 C_3)/(C_1 C_2 + C_1 C_3 + C_2 C_3)]C_1 V_0$, $q_2 = q_3 = [(C_2 C_3)/(C_1 C_2 + C_1 C_3 + C_2 C_3)]C_1 V_0$ **22.** $9,96 \cdot 10^{-8}$ J **23.** 72 F **24.** (a) 35 pF; (b) 21 nC; (c) 6,3 μ J; (d) $6,0 \cdot 10^5$ V/m; (e) $1,6$ J/m³ **25.** 0,27 J **26.** 10 Cents **27.** (a) 2,0 J **28.** (a) $q_1 = 2,11 \cdot 10^{-4}$ C; $q_2 = 1,05 \cdot 10^{-4}$ C; $q_3 = 3,16 \cdot 10^{-4}$ C; (b) $V_1 = V_2 = 21,1$ V; $V_3 = 78,9$ V; (c) $U_1 = 2,22 \cdot 10^{-3}$ J; $U_2 = 1,11 \cdot 10^{-3}$ J; $U_3 = 1,25 \cdot 10^{-2}$ J **29.** (a) 2 V; (b) $U_i = \epsilon_0 A V^2 / 2d$, $U_f = 2U_i$; (c) $\epsilon_0 A V^2 / 2d$ **30.** (a) $q_1 = q_2 = 3,33 \cdot 10^{-4}$ C; $q_3 = 4,00 \cdot 10^{-4}$ mC; (b) $V_1 = 33,3$ V; $V_2 = 66,7$ V; $V_3 = 100$ V; (c) $U_1 = 5,6$ mJ; $U_2 = 11$ mJ; $U_3 = 20$ mJ **32.** 0,11 J/m³ **34.** 4,0 **35.** Pyrex **36.** (a) $6,2 \cdot 10^{-2}$ m; (b) 280 pF **37.** 81 pF/m **38.** (a) 0,73 nF; (b) 28 kV **39.** 0,63 m² **42.** $\frac{\epsilon_0 A}{4d}(K_1 + \frac{2K_2 K_3}{K_2 + K_3})$ **43.** (a) 10 kV/m; (b) 5,0 nC; (c) 4,1 nC **44.** (a) 13,4 pF; (b) 1,15 nC; (c) $1,13 \cdot 10^4$ N/C; (d) $4,33 \cdot 10^3$ N/C **45.** (a) $C = 4\pi\epsilon_0 k(ab)/(b - a)$; (b) $q = 4\pi\epsilon_0 kV(ab)/(b - a)$; (c) $q' = q(1 - 1/\kappa)$ **46.** (a) 7,2; (b) $7,7 \cdot 10^{-7}$ C **48.** (a) $4,9 \cdot 10^{-3}$ J; (b) nein

Kapitel 27

Kontrollfragen. 1. 8 A, nach rechts **2.** (a) bis (c) nach rechts **3.** a und c gleichauf, dann b **4.** Bauelement **2** **5.** (a) und (b) gleichauf, dann (d), dann (c)

Fragen. 1. a, b und c gleichauf, dann d (null) **3.** b, a, c **5.** gleichauf A, B, C ; dann gleichauf $A + B$ und $B + C$; dann $A + B + C$ **7.** (a) bis (c) 1 und 2 gleichauf, dann **3** **9.** C, A, B

Aufgaben. 1. (a) 1200 C; (b) $7,5 \cdot 10^{21}$ **2.** $6,7 \cdot 10^{-6}$ C/m² **3.** 5,6 ms **4.** (a) $2,4 \cdot 10^{-5}$ A/m²; (b) $1,8 \cdot 10^{-15}$ m/s **5.** (a) 6,4 A/m², nach Norden; (b) nein, die Querschnittsfläche **6.** Kabelklasse 14 7. 0,38 mm **8.** (a) $6,54 \cdot 10^{-7}$ A/m²; (b) $8,34 \cdot 10^7$ A **9.** (a) $2 \cdot 10^{12}$; (b) 5000; (c) 10 MV **10.** (a) $\frac{1}{3}A \cdot J_0$; (b) $\frac{2}{3}A \cdot J_0$ **11.** 13 min **12.** $2,0 \cdot 10^6 \frac{1}{\Omega \cdot m}$ **13.** $2,0 \cdot 10^{-8}$ $\Omega \cdot m$ **14.** 0,536 Ω **15.** 100 V **16.** (a) $1,53 \cdot 10^3$ A; (b) $5,41 \cdot 10^7$ A/m²; (c) $10,6 \cdot 10^{-8}$ $\Omega \cdot m$ **17.** 2,4 Ω **18.** $\approx 250^\circ$ C **19.** 54 Ω **20.** 2 R **21.** 3,0 **22.** (a) $6,00 \cdot 10^{-3}$ A; (b) $1,59 \cdot 10^{-8}$ V; (c) $2,12 \cdot 10^{-8}$ **23.** $8,2 \cdot 10^{-4}$ $\Omega \cdot m$ **24.** (a) $3,83 \cdot 10^{-2}$ A; (b) 109 A/m²; (c) $1,28 \cdot 10^{-2}$ m/s; (d) 227 V/m **25.** 2000 K **26.** (a) 1,73 cm/s; (b) $3,24 \cdot 10^{-12}$ A/m² **27.** (a) 0,43 %, 0,0017 %, 0,0034 % **28.** 0,40 Ω **29.** (a) $R = \rho L/\pi ab$ **31.** 560 W **32.** $1,4 \cdot 10^4$ C **33.** (a) 1,0 kW; (b) 25 Cent **34.** 11,1 Ω **35.** 0,135 W **36.** (a) 28,8 Ω ; (b) $2,60 \cdot 10^{19} \frac{1}{s}$ **37.** (a) 10,9 A; (b) 10,6 Ω ; (c) 4,5 MJ **38.** (a) 5,85 m; (b) 10,4 m **39.** 660 W **40.** (a) 4,46 Euro, bei 31 Tagen; (b) 144 Ω ; (c) 0,833 A **41.** (a) $3,1 \cdot 10^{11}$; (b) 25 μ A; (c) 1300 W, 25 MW **42.** (a) $1,3 \cdot 10^5$ A/m²; (b) $9,4 \cdot 10^{-2}$ V **43.** (a) 17 mV/m; (b) 243 J **44.** (a) $\pi R^2 V$; (b) $1,7 \cdot 10^{-5}$ A; (c) nein; (d) 1,3 W; (e) 0,27 J; (f) der Übergang der Rohrleitung ins Silo **45.** (a) $J = I/2\pi r^2$; (b) $E = \rho I/2\pi r^2$; (c) $\Delta V = \rho I(1/r - 1/b)/2\pi$; (d) 0,16 A/m²; (e) 16 V/m; (f) 0,16 MV

Kapitel 28

Kontrollfragen. 1. (a) nach rechts; (b) alle gleichauf; (c) b , dann a und c gleichauf; (d) b , dann a und c gleichauf **2.** (a) alle gleichauf; (b) R_1, R_2, R_3 **3.** (a) kleiner; (b) größer; (c) gleich **4.** (a) $V/2, i$; (b) $V, i/2$ **5.** (a) 1, 2, 4, 3; (b) 4, dann 1 und 2 gleichauf, dann 3

Fragen. 1. 3, 4, 1, 2 **3.** (a) nein; (b) ja; (c) alle gleichauf **5.** parallel, R_2, R_1 , Reihe **7.** (a) gleich; (b) gleich; (c) kleiner; (d) größer **9.** (a) kleiner; (b) kleiner; (c) größer **11.** c, b, a

Aufgaben. 1. 320 Euro; (b) 4,8 Cent **2.** $1,1 \cdot 10^4$ J **3.** 14 h 24 min **4.** (a) entgegen dem Uhrzeigersinn; (b) Batterie 1; (c) B **5.** (a) 0,50 A; (b) $P_1 = 1,0$ W, $P_2 = 2,0$ W; (c) $P_1 = 6,0$ W (abgegeben), $P_2 = 3,0$ W (aufgenommen) **6.** (a) 80 J; (b) 67 J **7.** (a) 14 V; (b) 100 W; (c) 600 W; (d)

10 V, 100 W **9.** (a) 50 V; (b) 48 V; (c) B ist mit dem Minuspol verbunden
10. -10 V **11.** 2,5 V **12.** (a) $9,9 \cdot 10^2 \Omega$; (b) $9,9 \cdot 10^{-4}$ W **13.** 8,0 Ω ; **14.**
das Kabel **15.** (a) $r_1 - r_2$; (b) Batterie mit r_1 **16.** (a) 1000 Ω ; (b) 0,30 V;
(c) $2,3 \cdot 10^{-3}$ **18.** 4 Ω und 12 Ω **19.** 5,56 A **20.** 4,50 Ω **21.** $i_1 = 50$ mA,
 $i_2 = 60$ mA, $V_{ab} = 9,0$ V **22.** S_1, S_2, S_3 , geöffnet: 0,00 A; S_2, S_3 ,
geöffnet: 3,00 A; S_1, S_3 , geöffnet: 2,40 A; S_1, S_2 , geöffnet: 2,00 A; S_1 ,
geöffnet: 2,86 A; S_2 , geöffnet: 3,60 A; S_3 , geöffnet: 3,75 A; alle ge-
schlossen: 3,94 A **23.** (a) Lampe 2; (b) Lampe 1 **25.** 3d **26.** (a) 2,50 Ω ;
(b) 3,13 Ω **27.** neun **28.** (a) $1,2 \cdot 10^2 \Omega$; (b) $1,2 \cdot 10^{-2}$ A **29.** (a) $R = r/2$;
(b) $P_{\max} = V_B^2/2r$ **30.** (a) in Reihe: $2\varepsilon/(2r + R)$, parallel: $2\varepsilon/(r + 2R)$;
(b) in Reihe; (c) parallel **31.** (a) 0,364 W; (b) 0,050 W; (c) 0,709 W;
(d) 1,26 W; (e) $-0,158$ W **32.** (a) 19,5 Ω ; (b) 0; (c) ∞ **33.** (a) Batterie
1: 0,67 A nach unten; Batterie 2: 0,33 A nach oben; Batterie 3: 0,33 A
nach oben; (b) 3,3 V **34.** 1,43 Ω **35.** (a) Cu: 1,11 A; Al: 0,893 A; (b)
126 m **36.** (a) $1,35 \cdot 10^4 \Omega$; (b) $1,50 \cdot 10^3 \Omega$; (c) 167 Ω ; (d) $1,48 \cdot 10^3 \Omega$
37. 0,45 A **38.** (a) 12,5 V; (b) 50 A **39.** $-3,0\%$ **42.** $7,09 \cdot 10^{-2}$ A **44.** (a)
0,41 τ ; (b) 1,1 τ **45.** 4,6 **46.** (a) 2,52 s; (b) 21,6 μC ; (c) 3,40 s **47.** (a)
2,41 μs ; (b) 161 pF **48.** $7,2 \cdot 10^5 \Omega$ **49.** (a) 0,995 $\mu\text{C/s}$; (b) 1,08 μW ; (c)
2,74 μW ; (d) 3,82 μW **51.** (a) 2,17 s; (b) 39,6 mV **52.** $2,35 \cdot 10^6 \Omega$ **53.**
(a) $1,0 \cdot 10^{-3}$ C; (b) 10^{-3} A; (c) $V_C = 10^3 e^{-t}$ V, $V_R = 10^3 e^{-t}$ V; (d)
 $P = e^{-2t}$ W **54.** 24,8 $\Omega - 1,49 \cdot 10^4 \Omega$ **55.** (a) für $t = 0$: $i_1 = 1,1$ mA,
 $i_2 = i_3 = 0,55$ mA; für $t = \infty$: $i_1 = i_2 = 0,82$ mA, $i_3 = 0$; (c) für
 $t = 0$: $V_2 = 400$ V; für $t = \infty$: $V_2 = 600$ V; (d) nachdem etliche
Zeitkonstanten ($\tau = 7,1$ s) vergangen sind **56.** (a) 8 V; (b) ≈ 5 mA; (c)
nein

Kapitel 29

Kontrollfragen. 1. a : $+z$; b : $-x$; c : $\vec{F}_B = 0$ **2.** (a) 2, dann 1 und 3
gleichauf (null); (b) 4 **3.** (a) $+z$ und $-z$ gleichauf, dann $+y$ und $-y$
gleichauf, dann $+x$ und $-x$ gleichauf (null); (b) $+y$ **4.** (a) Elektron; (b)
im Uhrzeigersinn **5.** $-y$ **6.** (a) alle gleichauf; (b) 1 und 4 gleichauf, dann
2 und 3 gleichauf

Fragen. 1. (a) nein, \vec{v} und \vec{F}_B müssen senkrecht aufeinander stehen; (b)
ja; (c) nein, \vec{B} und \vec{F}_B müssen senkrecht aufeinander stehen **3.** (a) \vec{F}_E ;
(b) \vec{F}_B **5.** (a) negativ; (b) gleich; (c) gleich; (d) ein Halbkreis **7.** (a) \vec{B}_1 ;
(b) B_1 in die Papierebene hinein, B_2 aus ihr heraus; (c) kleiner **9.** (a) 1:
 180° , 2: 270° , 3: 90° , 4: 0° , 5: 315° , 6: 225° , 7: 135° , 8: 45° ; (b) 1 und 2
gleichauf, dann 3 und 4 gleichauf; (c) 8, dann 5 und 6 gleichauf, dann 7

Aufgaben. 1. (a) $6,2 \cdot 10^{-18}$ N; (b) $9,5 \cdot 10^8$ m/s²; (c) bleibt gleich
550 m/s **2.** (a) $F_{\max} = 9,56 \cdot 10^{-14}$ N, $F_{\min} = 0$; (b) 0,267 **3.** (a)
400 km/s; (b) 835 eV **4.** (a) $(6,2 \cdot 10^{-14} \text{E}_z)N$; (b) $(-6,2 \cdot 10^{-14} \text{E}_z)N$ **5.**
(a) nach Osten; (b) $6,28 \cdot 10^{14}$ m/s²; (c) 2,98 mm **6.** (a) $(1,4 \cdot 10^{-18} \text{E}_z)N$;
(b) $(1,6 \cdot 10^{-19} \text{E}_z)N$; (c) $(6,4 \cdot 10^{-19} \text{E}_x + 8,0 \cdot 10^{-19} \text{E}_z)N$ **7.** (a)
 $3,4 \cdot 10^{-4}$ T, waagrecht nach links (entlang \vec{v}_0 gesehen); (b) ja, wenn
seine Geschwindigkeit gleich der Geschwindigkeit des Elektrons ist **8.**
(a) $3,75 \cdot 10^3$ m/s **9.** 0,27 $\cdot 10^{-3}$ T **10.** $(-11,4 \text{E}_x - 6,00 \text{E}_y + 4,80 \text{E}_z)V/m$
11. 680 kV/m **12.** $7,4 \cdot 10^{-6}$ V **13.** (b) $2,84 \cdot 10^{-3}$ **14.** 0,382 m/s **15.** 21 μT
16. (a) 1,1 $\cdot 10^7$ m/s; (b) $3,16 \cdot 10^{-4}$ m **17.** (a) $2,05 \cdot 10^7$ m/s; (b) 467 μT ;
(c) 13,1 MHz; (d) 76,3 ns **18.** 127 u **19.** (a) 0,978 MHz; (b) 96,4 cm **20.**
(a) $2,60 \cdot 10^6$ m/s; (b) $1,09 \cdot 10^{-7}$ s; (c) $1,40 \cdot 10^5$ eV; (d) $7,00 \cdot 10^4$ V
22. 0,53 m **23.** (a) 1,0 MeV; (b) 0,5 MeV **24.** $r_\alpha = r_p$, $r_\alpha = \sqrt{2}r_p$
25. (a) 0,495 T; (b) 22,7 mA; (c) 8,17 MJ **26.** $v_{0x}\vec{e}_x + v_{0y}\cos(\omega t)\vec{e}_y -$
 $v_{0z}\sin(\omega t)\vec{e}_z$ **27.** (a) 0,36 ns; (b) 0,17 mm; (c) 1,5 mm **28.** (a) 0,252 T;
(b) 130 ns **29.** (a) $-q$; (b) $\pi m/qB$ **30.** (a) $1,8 \cdot 10^7$ Hz; (b) $1,7 \cdot 10^7$ eV
31. 240 m **32.** (a) 8,5 MeV; (b) 0,80 T; (c) 34 MeV; (d) $2,4 \cdot 10^7$ Hz; (e)
 $1,2 \cdot 10^7$ Hz **33.** 28,2 N, waagrecht nach Westen **34.** 20,1 N **35.** 467 mA,
von links nach rechts **36.** $(-2,5 \cdot 10^{-3}\vec{e}_y + 0,75 \cdot 10^{-3}\vec{e}_z)N$ **37.** 0,10 T,
 31° gegen die Senkrechte geneigt **38.** (a) $3,3 \cdot 10^8$ A; (b) $1,0 \cdot 10^{17}$ W;
(c) unrealistisch **39.** $4,3 \cdot 10^{-3}$ N \cdot m, negative y -Richtung **40.** (a) 0;
0,138 N; 0,138 N **43.** $2\pi aiB \sin\theta$, senkrecht zur Ebene der Schleife

(aufwärts) **45.** (a) 540 Ω , in Reihe mit Galvanometer; (b) 2,52 Ω , paral-
lel geschaltet **46.** $\frac{1}{2}qvaB$ **47.** 2,45 A **48.** $2,08 \cdot 10^9$ A **49.** (a) 12,7 A;
(b) 0,0805 N \cdot m **50.** 1,45 Nm **51.** (a) 0,30 J/T; (b) $0,024$ N \cdot m **52.**
(a) 20 min; (b) $5,9 \cdot 10^{-2}$ Nm **53.** (a) $2,86$ A \cdot m²; (b) $1,10$ A \cdot m² **54.**
 $0,335$ Am², $-63,4^\circ$ **55.** (a) $(8,0 \cdot 10^{-4} \text{N} \cdot \text{m})(-1,2\vec{e}_x - 0,90\vec{e}_y + 1,0\vec{e}_z)$;
(b) $-6,0 \cdot 10^{-4}$ J **56.** (a) $(6,00 \cdot 10^{-4} \text{N/m}^2)y \cdot d\vec{l} \cdot \vec{e}_z$; (b) $(1,88 \cdot 10^{-5} \text{E}_z)N$
57. $(0,10 \text{V/m})\vec{e}_z$ **58.** (a) 77° ; (b) 77° **59.** $-2,0$ T

Kapitel 30

Kontrollfragen. 1. a, c, b 2. b, c, a 3. d, dann a und c gleichauf, dann
b 4. d, a, dann gleichauf b und c (null)

Fragen. 1. c, d, dann a und b gleichauf 3. c, a, b 5. (a) 1, 3, 2; (b) kleiner
7. c und d gleichauf, dann b, dann a 9. d, dann a und e gleichauf, dann
b, dann c

Aufgaben. 1. (a) 3,3 μT ; (b) ja 2. $1,2 \cdot 10^{-8}$ T **3.** (a) 16 A; (b) von
West nach Ost **4.** $4,0 \cdot 10^{-3}$ m **5.** (a) $\mu_0 qvi/2\pi d$, antiparallel zu i ;
(b) gleicher Betrag, parallel zu i **6.** 0 **7.** 2 rad **8.** $\frac{\mu_0 i}{4}(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2})$ **9.**
 $(\mu_0 i\theta/4\pi)(1/b - 1/a)$, aus der Papierebene heraus **10.** (a) 0; (b) $\mu_0 i/4R$,
in die Papierebene hinein; (c) $\mu_0 i/4R$, in die Papierebene hinein **18.**
 $\frac{\sqrt{2}\mu_0 i}{8\pi a}$ **19.** $(\mu_0 i/2\pi w)\ln(1 + w/d)$, nach oben **20.** $(2,0 \cdot 10^{-4} \cdot \vec{e})T$,
in die Papierebene hinein **21.** (a) parallele Ströme: zwischen den Drähten
herrscht stets $B = 0$; (b) antiparallele Ströme: 30 A **22.** $\frac{q}{4}$ **23.** 4,3 A;
aus der Papierebene heraus **24.** $\vec{F}_1 = (4,69 \cdot 10^{-5} \cdot \vec{e}_y)N/m$; $\vec{F}_2 =$
 $(1,88 \cdot 10^{-5} \cdot \vec{e}_y)N/m$; $\vec{F}_3 = 0$; $\vec{F}_4 = -\vec{F}_2$; $\vec{F}_5 = -\vec{F}_1$; **25.** 80 μT ,
in der Papierebene nach oben **26.** $0,338(\frac{\mu_0 i^2}{a})$ **27.** $0,791\mu_0 i^2/\pi a$, 162°
entgegengesetzt dem Uhrzeigersinn von der Waagerechten aus **28.** (b)
 $2,3 \cdot 10^3$ m/s **29.** $3,2 \cdot 10^{-3}$ N, in Richtung des Drahts **30.** $5\mu_0 i$ **31.** (a)
 $(-2,0 \text{A})\mu_0$; (b) 0 **34.** Weg 1: $-2,5 \cdot 10^{-6}$ Tm, Weg 2: $-1,6 \cdot 10^{-5}$ Tm **35.**
 $\mu_0 J_0 r^2/3a$ **36.** (a) $1,3 \cdot 10^{-7}$ T; (b) $1,4 \cdot 10^{-7}$ T **38.** $3i/8$ **40.** 0,00571 T
41. 0,30 mT **42.** 108 m **43.** (a) 533 μT ; (b) 400 μT **46.** 0,272 A **47.** (a)
4,77 cm; (b) 35,5 μT **48.** (a) 4; (b) $\frac{1}{2}$ **49.** $0,47$ A \cdot m² **50.** $\frac{8\mu_0 Ni}{5\sqrt{5}R}$ **51.**
(a) $2,4$ A \cdot m²; (b) 46 cm **52.** (b) ia^2 **54.** (b) $(6,0 \cdot 10^{-2} \cdot \vec{e}_y)Am^2$; (c)
 $(0; 5,0; 0) \approx (9,6 \cdot 10^{-11} \cdot \vec{e}_y)T$; $(5,0; 0; 0) \approx 4,8 \cdot 10^{-11}$ T **56.** (a)
 $\frac{\mu_0 i}{4}(\frac{1}{a} + \frac{1}{b})$, in die Papierebene hinein; (b) $\frac{\pi}{2}(a^2 + b^2)$, in die Papierebene
hinein **57.** (a) 79 μT ; (b) $1,1 \cdot 10^{-6}$ N \cdot m **58.** (a) $\frac{\mu_0 i}{2R}(1 + \frac{1}{\pi})$, aus der
Papierebene heraus; (b) $\frac{\mu_0 i}{2R}\sqrt{1 + \frac{1}{\pi^2}}$

Kapitel 31

Kontrollfragen. 1. b, dann d und e gleichauf, dann a und c gleichauf
(null) **2.** a und b gleichauf, dann c (null) **3.** c und d gleichauf, dann a
und b gleichauf **4.** b heraus; c heraus; d hinein; e hinein **5.** d und e **6.** (a)
2, 3, 1 (null); (b) 2, 3, 1 **7.** a und b gleichauf, dann c

Fragen. 1. (a) alle gleichauf (null); (b) 2, dann 1 und 3 gleichauf (null)
3. (a) hinein; (b) entgegengesetzt dem Uhrzeigersinn; (c) im größeren **5.**
c, a, b 7. c, b, a 9. (a) größer; (b) gleich groß; (c) gleich groß; (d) gleich
groß (null)

Aufgaben. 1. 1,5 mV **2.** $\varepsilon = -A\mu_0 i_0 \omega \cos \omega t$ **3.** (a) 31 mV; (b) von
rechts nach links **4.** (a) $-1,1 \cdot 10^{-2}$ V; (b) 0; (c) $1,1 \cdot 10^{-2}$ V **5.** (a)
 $1,1 \cdot 10^{-3}$ Ω ; (b) 1,4 T/s **6.** (b) 0,058 A **7.** 30 mA **8.** 0,452 V **9.** (a)
 $\mu_0 i R^2 \pi r^2/2x^3$; (b) $3\mu_0 i \pi R^2 r^2 v/2x^4$; (c) in derselben Richtung wie
der Strom in der großen Schleife **10.** 0 **11.** (b) nein **12.** (a) $-1,26 \cdot 10^{-4}$ T;
(b) $5,04 \cdot 10^{-8}$ V **13.** 29,5 mC **14.** $1,55 \cdot 10^{-5}$ C **15.** (a) 21,7 V; (b) ent-
gegengesetzt dem Uhrzeigersinn **16.** (a) $2,4 \cdot 10^{-5}$ V; (b) von C zu B
17. (a) Konstruieren Sie so, dass $Nab = (5/2\pi)r^2$ ist. **18.** (a) f ;
(b) $B\pi^2 a^2 f$ **19.** 5,50 kV **20.** 0 **21.** $8 \cdot 10^{-5}$ V, im Uhrzeigersinn **22.**
(a) 5,98 $\cdot 10^{-7}$ V; (b) gegen den Uhrzeigersinn **23.** (a) 13 $\mu\text{Wb/m}$; (b)
17 %; (c) 0 **24.** (a) $\frac{\mu_0 i a}{2\pi} \ln(\frac{r+b}{r-\frac{b}{2}})$; (b) $\frac{\mu_0 i a b v}{2\pi R(r^2 - (b/2)^2)}$ **25.** 3,66 μW **26.**

$\frac{A^2 B^2}{R \Delta V}$ **27.** (a) 48,1 mV, (b) 2,67 mA; (c) 0,128 mW **28.** $mgR/B^2 L^2$ **29.** (a) 600 mV, in der Papierebene nach oben; (b) 1,5 A, im Uhrzeigersinn; (c) 0,90 W; (d) 0,18 N; (e) wie (c) **30.** (a) 85,2 Wb; (b) 56,8 V; (c) 1 **31.** (a) 240 μ V; (b) 0,600 mA; (c) 0,144 μ W; (d) $2,88 \cdot 10^{-8}$ N; (e) wie (c) **32.** Weg 1: $-1,07 \cdot 10^{-3}$ V; Weg 2: $-2,40 \cdot 10^{-3}$ V; Weg 3: $1,33 \cdot 10^{-3}$ V **33.** (a) 71,5 μ V/m; (b) 143 μ V/m **34.** 0,15 V/m **36.** (a) $2,45 \cdot 10^{-3}$ Wb; (b) $6,45 \cdot 10^{-4}$ H **37.** 0,10 μ Wb **38.** (a) $\mu_0 i/w$; (b) $\frac{\pi \mu_0 R^2}{W}$ **40.** (a) der Strom nimmt ab; (b) $6,8 \cdot 10^{-4}$ H **41.** der Strom muss sich um 5,0 A/s ändern **42.** (a) $1,6 \cdot 10^4$ V; (b) $3,1 \cdot 10^3$ V; (c) $2,3 \cdot 10^4$ V **43.** (b) damit das veränderliche Magnetfeld der einen Induktivität keinen Strom in der anderen induziert; (c) $L_{\text{äq}} = \sum_{j=1}^N L_j$ **44.** (c) $\sum_{n=1}^N \frac{1}{L_n}$ **45.** 6,91 τ_L **46.** 12,3 s **47.** 46 Ω **48.** (a) $\varepsilon_L = \varepsilon$; (b) 0,135 ε ; (c) 0,693 τ_L **49.** (a) 8,45 ns; (b) 7,37 mA **50.** $\varepsilon = (42 + 20t)$ **51.** 12,0 A/s **52.** (a) $2,9 \cdot 10^{-4}$ H; (b) $2,9 \cdot 10^{-4}$ s **53.** (a) $i_1 = i_2 = 3,33$ A; (b) $i_1 = 4,55$ A, $i_2 = 2,73$ A; (c) $i_1 = 0$, $i_2 = 1,82$ A (umgekehrt); (d) $i_1 = i_2 = 0$ **54.** (a) I:2,0 A, II:2,0 A; (b) I:0, II:1,0 A; (c) I:2,0 A, II:3,0 A; (d) I:0, II:10 V; (e) I:10 V, II:0; (f) I:2,0 A \cdot s, II:0 **55.** (a) $i(1 - e^{-Rt/L})$ **56.** 1,23 τ_L **57.** 25,6 ms **58.** (a) $2,4 \cdot 10^2$ W; (b) $1,5 \cdot 10^2$ W; (c) $3,9 \cdot 10^2$ W **59.** (a) 97,9 H; (b) 0,196 mJ **60.** (a) 18,7 J; (b) 5,10 J; (c) 13,6 J **62.** 5,58 A **63.** (a) 34,2 J/m³; (b) 49,4 mJ **64.** $3 \cdot 10^{36}$ J **65.** $1,5 \cdot 10^8$ V/m **66.** (a) $1,3 \cdot 10^{-3}$ T; (b) 0,63 J/m³ **67.** (a) 1,0 J/m³; (b) $4,8 \cdot 10^{-15}$ J/m³ **68.** (a) 100 mV; (b) 12 mV **69.** (a) 1,67 mH; (b) 6,00 mWb **70.** 13 H **71.** (b) die Windungen der beiden Spulen müssen in entgegengesetzte Richtungen verlaufen; **73.** Magnetfeld existiert nur im Querschnitt von Spule 1 **75.** (a) $(\mu_0 NI/2\pi) \ln(1 + b/a)$; (b) 13 μ H

Kapitel 32

Kontrollfragen. 1. d, b, c, a (null) **2.** (a) 2; (b) 1 **3.** (a) weg; (b) weg; (c) kleiner **4.** (a) auf ihn zu; (b) auf ihn zu; (c) kleiner **5.** a, c, b, d (null) **6.** b, c und d gleichauf, dann a

Fragen. 1. muss zugeführt werden **3.** (a) alle nach unten; (b) 1 nach oben, 2 nach unten, 3 null **5.** (a) 1 nach oben, 2 nach oben, 3 nach unten; (b) 1 nach unten, 2 nach oben, 3 null **7.** (a) 1 nach oben, 2 nach oben, 3 nach unten; (b) und (c) 2, dann 1 und 3 gleichauf **9.** (a) nach rechts; (b) nach links; (c) hinein **11.** 1: a , 2: b , 3: c und d

Aufgaben. 1. (b) Vorzeichen minus; (c) nein; am offenen Ende in der Nähe des Magneten existiert ein ausgleichender positiver Fluss **2.** 3 Wb **3.** 47,4 μ Wb, nach innen **4.** $-1,3 \cdot 10^7$ Wb **5.** 55 μ T **7.** (a) 31,0 μ T, 0°; (b) 55,9 μ T, 73,9°; (c) 62,0 μ T, 90° **8.** (a) 1660 km; (b) $3,83 \cdot 10^{-4}$ T; (c) $6,11 \cdot 10^{-5}$ T, 84,2° **9.** (a) $-9,3 \cdot 10^{-24}$ J/T; (b) $1,9 \cdot 10^{-23}$ J/T **10.** $4,6 \cdot 10^{-24}$ J **11.** (a) 0; (b) 0; (c) 0; (d) $\pm 3,2 \cdot 10^{-25}$ J; (e) $-3,2 \cdot 10^{-34}$ J \cdot s, $2,8 \cdot 10^{-23}$ J/T, $+9,7 \cdot 10^{-25}$ J, $\pm 3,2 \cdot 10^{-25}$ J **12.** (b) $\vec{\mu}$ zeigt in die entgegengesetzte Richtung von \vec{B} **13.** $\Delta\mu = e^2 r^2 B/4m$ **14.** 0,48 K **15.** 20,8 mJ/T **16.** (b) $\vec{\mu}$ zeigt in die gleiche Richtung wie \vec{B} **17.** ja **18.** (a) 150 T; (b) 600 T; (c) nein **19.** (b) K_i/B , dem Feld entgegengerichtet; (c) 310 A/m **25.** 25 km **21.** (a) 3,0 μ T; (b) $5,6 \cdot 10^{-10}$ eV **22.** (a) 8,9 A \cdot m²; (b) 13 N \cdot m **23.** $5,15 \cdot 10^{-24}$ A \cdot m² **24.** (a) in Richtung P_1 **25.** (a) 180 km; (b) $2,3 \cdot 10^{-5}$ **26.** 110 mm **27.** $2,4 \cdot 10^{13}$ V/m \cdot s **28.** $1,9 \cdot 10^{-12}$ T **30.** $7,5 \cdot 10^5$ V/s **32.** $7,2 \cdot 10^{12}$ V/m \cdot s **33.** (a) 0,63 μ T; (b) $2,3 \cdot 10^{12}$ V/m \cdot s **34.** (a) $-2,1 \cdot 10^{-8}$ A; (b) im Uhrzeigersinn **35.** (a) 710 mA; (b) 0; (c) 1,1 A **36.** $7,2 \cdot 10^{12}$ **37.** (a) 2,0 A; (b) $2,3 \cdot 10^{11}$ V/m \cdot s; (c) 0,50 A; (d) 0,63 μ T \cdot m **38.** (a) 1,33 A; (b) 4 R

Kapitel 33

Kontrollfragen. 1. (a) $T/2$; (b) T ; (c) $T/2$; (d) $T/4$ **2.** (a) 5 V; (b) 150 μ J **3.** (a) bleibt gleich; (b) bleibt gleich **4.** (a) C, B, A ; (b) 1: $A, 2: B, 3: S, 4: C$; (c) A **5.** (a) bleibt gleich; (b) nimmt zu **6.** (a) bleibt gleich; (b) nimmt ab **7.** (a) 1: eilt nach, 2: eilt voran, 3: in Phase; (b) 3 ($\omega_a = \omega$ für $X_L = X_C$) **8.** (a) erhöhen (Stromkreis ist vorwiegend kapazitiv; C ist zu

erhöhen, damit X_C abnimmt und die Resonanz für das Maximum P_{mit} näher liegt); (b) nähern **9.** (a) größer; (b) Step-up

Fragen. 1. (a) $T/4$; (b) $T/4$; (c) $T/2$ (siehe Abb. 33-2); (d) $T/2$ (siehe Gl. 31-37) **3.** b, a, c **5.** (a) 3, 1, 2; (b) 2, dann 1 und 3 gleichauf **7.** a: Spule, b: Wirkwiderstand, c: Kondensator **9.** (a) eilt voran; (b) kapazitiv; (c) kleiner **11.** (a) nach rechts, größer (X_L nimmt zu, näher an Resonanz); (b) nach rechts, größer (X_C nimmt ab, näher an Resonanz); (c) nach rechts, größer (ω_a/ω nimmt zu, näher an Resonanz)

Aufgaben. 1. 9,14 nF **2.** $4,52 \cdot 10^{-2}$ A **3.** (a) 1,17 μ J; (b) 5,58 mA **4.** (a) 6,00 μ s; (b) $1,67 \cdot 10^5$ Hz; (c) 3,00 μ s **5.** n ist eine positive ganze Zahl: (a) $t = n(5,00 \mu\text{s})$; (b) $t = (2n - 1)(2,50 \mu\text{s})$; (c) $t = (2n - 1)(1,25 \mu\text{s})$ **6.** (a) 89 rad/s; (b) $7,0 \cdot 10^{-2}$ s; (c) $2,5 \cdot 10^{-5}$ F **7.** (a) 1,25 kg; (b) 372 N/m; (c) $1,75 \cdot 10^{-4}$ m; (d) 3,02 mm/s **8.** $3,8 \cdot 10^{-5}$ H **9.** $7,0 \cdot 10^{-4}$ s **11.** (a) 3,0 nC; (b) 1,7 mA; (c) 4,5 nJ **12.** (a) $3,60 \cdot 10^{-3}$ H; (b) $1,33 \cdot 10^3$ Hz; (c) $1,88 \cdot 10^{-4}$ s **13.** (a) 275 Hz; (b) 364 mA **14.** $f_1 = 7,1 \cdot 10^2$ Hz; $f_2 = 1,1 \cdot 10^3$ Hz; $f_3 = 6,0 \cdot 10^2$ Hz; $f_4 = 1,3 \cdot 10^3$ Hz; **15.** (a) 6,0 : 1; (b) 36 pF, 0,22 mH **16.** (a) 0,500 Q; (b) 0,866 I **17.** (a) 1,98 μ C; (b) 5,56 μ C; (c) 12,6 mA; (d) $-46,9^\circ$; (e) $+46,9^\circ$ **19.** (a) 0,180 mC; (b) $T/8$; (c) 66,7 W **21.** (a) 356 μ s; (b) 2,50 mH; (c) 3,20 mJ **23.** T_2 ($= 0,596$ s) sei die Periode der Spule zusammen mit dem Kondensator C_1 (900 μ F), T_1 ($= 0,199$ s) sei die Periode der Spule zusammen mit dem Kondensator C_2 (100 μ F). Schließen Sie S_2 , warten Sie $T_2/4$, dann schließen Sie schnell S_1 , dann öffnen Sie S_2 ; warten Sie $T_1/4$ und öffnen Sie S_1 . **25.** 8,66 m Ω **26.** $q_5 = 5,85 \mu\text{C}$; $q_{10} = 5,52 \mu\text{C}$; $q_{100} = 1,93 \mu\text{C}$ **27.** $(L/R) \ln 2$ **28.** (a) $\pm\pi/2$; (b) $q = (\frac{I_{\text{max}}}{\omega}) \sin(\omega t)$ **30.** (a) 0,283 A; (b) 2,26 A **31.** (a) 0,0955 A; (b) 0,0119 A **32.** (a) 0,60 A; (b) 0,60 A **33.** (a) 0,65 kHz; (b) 24 Ω **34.** (a) $5,22 \cdot 10^{-3}$ A; (b) 0; (c) $4,51 \cdot 10^{-3}$ A **35.** (a) 6,73 ms; (b) 11,2 ms; (c) Spule; (d) 138 mH **36.** (a) $3,91 \cdot 10^{-2}$ A; (b) 0; (c) $-3,38 \cdot 10^{-2}$ A; (d) , **37.** (a) $X_C = 0$, $X_L = 86,7 \Omega$, $Z = 218 \Omega$, $I = 165$ mA, $\phi = 23,4^\circ$ **38.** $z = 239 \Omega$, $I = 0,151$ A; $\phi = -47,9^\circ$ **39.** (a) $X_C = 37,9 \Omega$, $X_L = 86,7 \Omega$, $Z = 206 \Omega$, $I = 175$ mA, $\phi = 13,7^\circ$ **40.** (a) $2,35 \cdot 10^{-3}$ H; (b) die Frequenzen entfernen sich von einander **41.** 1000 V **42.** (a) 0,171 A; (b) 27,3 V; (c) 17,0 V; (d) $-8,3$ V; (e) 36,0 V **43.** 89 Ω **44.** (a) 16,6 Ω ; (b) 422 Ω ; (c) 0,521 A; (d) X_C wächst an, C_{eq} fällt ab; (e) fällt ab; (f) nehmen zu **45.** (a) 224 rad/s; (b) 6,00 A; (c) 228 rad/s, 219 rad/s; (d) 0,040 **46.** $f_1 = 1,78 \cdot 10^3$ Hz; $f_2 = 1,45 \cdot 10^3$ Hz; $f_3 = 2,30 \cdot 10^3$ Hz; $f_4 = 1,13 \cdot 10^3$ Hz **48.** (a) 796 Hz; (b) unverändert; (c) nimmt ab; (d) nimmt zu **49.** 1,84 A **50.** 100 V **51.** 141 V **52.** (a) er nimmt Energie auf; (b) er gibt Energie ab **53.** 0, 9,00 W, 2,73 W, 1,82 W **55.** (a) 12,1 Ω ; (b) 1,19 kW **56.** (a) 41,4 W; (b) $-17,0$ W; (c) 44,1 W; (d) 14,4 W; (e) die Abgabe von Energie **57.** (a) 0,743; (b) eilt voran; (c) kapazitiv; (d) nein; (e) ja, nein, ja; (f) 33,4 W **59.** (a) 117 μ F; (b) 0; (c) 90,0 W, 0; (d) 0°, 90°; (e) 1, 0 **60.** (a) $7,64 \cdot 10^{-2}$ H; (b) 17,8 Ω **61.** (a) 2,59 A; (b) 38,8 W, 159 V, 224 V, 64,2 V, 75,0 V; (c) 100 W für R, 0 für L und C **62.** 1,00 $\cdot 10^3$ V **63.** (a) 2,4 V; (b) 3,2 mA, 0,16 A **64.** 0,200; 0,250; 0,800 **65.** 10

Kapitel 34

Kontrollfragen. 1. (a) (siehe Abb. 34-5) Auf der rechten Seite des Rechtecks zeigt \vec{E} in negativer y-Richtung; auf der linken Seite ist $\vec{E} + d\vec{E}$ größer und zeigt in die gleiche Richtung; (b) \vec{E} zeigt nach unten. Auf der rechten Seite zeigt \vec{B} in negativer z-Richtung; auf der linken Seite ist $\vec{B} + d\vec{B}$ größer und zeigt in die gleiche Richtung. **2.** positive x-Richtung **3.** (a) bleibt gleich; (b) nimmt ab **4.** a, d, b, c (null) **5.** a **6.** (a) nein; (b) ja

Fragen. 1. (a) positive z-Richtung; (b) x **3.** (a) bleibt gleich; (b) größer; (c) kleiner **5.** c **7.** a, b, c **9.** keine **11.** b

Aufgaben. 1. (a) 0,50 ms; (b) 8,4 min; (c) 2,4 h; (d) 5500 v. Chr. **2.** (a) $4,7 \cdot 10^{-3}$ Hz; (b) 3 min 32 s **3.** (a) 515 nm, 610 nm; (b) 555 nm, $5,41 \cdot 10^{14}$ Hz, $1,85 \cdot 10^{-15}$ s **4.** 7,49 $\cdot 10^9$ Hz **5.** (a) sie nimmt ständig

zu; (b) die Summe der Abweichungen zwischen der scheinbaren und der von x aus beobachteten Zeitpunkte der Finsternis; der Radius der Erdbahn **6.** $4,74 \text{ m}$ **7.** $5,0 \cdot 10^{-21} \text{ H}$ **8.** $1,07 \cdot 10^{-12} \text{ T}$ **9.** $B_x = 0$, $B_y = -6,7 \cdot 10^{-9} \cos[\pi \cdot 10^{15}(t - x/c)]$, $B_z = 0$ in SI-Einheiten **11.** $0,10 \text{ MJ}$ **12.** $4,8 \cdot 10^{-29} \text{ W/m}^2$ **13.** $8,88 \cdot 10^4 \text{ m}^2$ **14.** $1,2 \cdot 10^6 \text{ W/m}^2$ **15.** (a) $16,7 \text{ nT}$; (b) $33,1 \text{ mW/m}^2$ **16.** $E_m = 1,03 \cdot 10^3 \text{ V/m}$; $B_m = 3,43 \cdot 10^{-6} \text{ T}$ **17.** (a) $6,7 \text{ nT}$; (b) $5,3 \text{ mW/m}^2$; (c) $6,7 \text{ W}$ **18.** (a) $1,4 \cdot 10^{-22} \text{ W}$; (b) $1,1 \cdot 10^{15} \text{ W}$ **19.** (a) 87 mV/m ; (b) $0,30 \text{ nT}$; (c) 13 kW **20.** $3,3 \cdot 10^{-8} \text{ Pa}$ **21.** $1,0 \cdot 10^7 \text{ Pa}$ **22.** (a) $6,0 \cdot 10^8 \text{ N}$; (b) $3,6 \cdot 10^{22} \text{ N}$ **23.** $5,9 \cdot 10^{-8} \text{ Pa}$ **24.** (a) $3,97 \cdot 10^9 \text{ W/m}^2$; (b) $13,2 \text{ Pa}$; (c) $1,67 \cdot 10^{-11} \text{ N}$; (d) $3,14 \cdot 10^3 \text{ m/s}^2$ **25.** (a) 100 MHz ; (b) $1,0 \mu\text{T}$ entlang der z -Achse; (c) $2,1 \text{ m}^{-1}$, $6,3 \cdot 10^8 \text{ rad/s}$; (d) 120 W/m^2 ; (e) $8,0 \cdot 10^{-7} \text{ N}$, $4,0 \cdot 10^{-7} \text{ Pa}$ **26.** $4,91 \cdot 10^{-7} \text{ m}$ **29.** $1,9 \text{ mm/s}$ **30.** $0,95 \text{ km}^2$ **31.** (b) 580 nm **32.** (a) in die $-\vec{e}_y$ -Richtung; (b) $E_x = E_y = 0$; $E_z = -cB \sin(kx + \omega t)$ **33.** (a) $1,9 \text{ V/m}$; (b) $1,7 \cdot 10^{-11} \text{ Pa}$ **34.** $4,5 \cdot 10^{-4}$ **35.** $3,1 \%$ **36.** 35° **37.** $4,4 \text{ W/m}^2$ **38.** 19 W/m^2 **39.** $2/3$ **40.** (a) $0,16$; (b) $0,84$ **41.** (a) 2 Filter; (b) 5 Filter **42.** 180° **43.** $1,48$ **44.** (a) ja; (b) $1,3$ **45.** $1,26$ **46.** (a) $56,8^\circ$; (b) $35,3^\circ$ **47.** $1,07 \text{ m}$ **52.** 34° **53.** $1,22$ **54.** 182 cm **55.** (a) 49° ; (b) 29° **57.** (a) Decken Sie die Mitte jeder Fläche mit einer undurchsichtigen Scheibe mit einem Radius von $4,5 \text{ mm}$ ab. (b) ungefähr $0,63$ **58.** (a) $35,6^\circ$; (b) $53,1^\circ$ **59.** (a) $\sqrt{1 + \sin^2 \theta}$; (b) $\sqrt{2}$; (c) Licht tritt nach rechts aus; (d) nach rechts tritt kein Licht aus **60.** (a) $53,1^\circ$; (b) ja **61.** $49,0^\circ$ **62.** $55,77^\circ$ und $55,52^\circ$ **63.** (a) 15 m/s ; (b) $8,7 \text{ m/s}$; (c) höher; (d) 72° **64.** (a) $3,15 \text{ m}$; (b) 12 m ; (c) $1,20 \text{ m}$ **65.** $1,0$ **66.** $0,30 \text{ m}$

Kapitel 35

Kontrollfragen. **1.** $0,2d$, $1,8d$, $2,2d$ **2.** (a) reell; (b) umgekehrt; (c) auf der gleichen Seite **3.** (a) e ; (b) virtuell, ja **4.** virtuell, wie Objekt, Zerstreungslinse

Fragen. **1.** c **3.** (a) a und c ; (b) dreimal; (c) Sie **5.** konvex **7.** (a) wird kleiner; (b) wird größer; (c) wird größer **9.** (a) alle außer Nr. 2; (b) für Nr. 1, 3, 4 – rechts, umgekehrt; für Nr. 5 und 6 – links, gleich

Aufgaben. **1.** 40 cm **2.** $9,10 \text{ m}$ **3.** (a) 3 **4.** (a) 7 Bilder; (b) 5 Bilder **6.** $1,5 \text{ m}$ **7.** neue Intensität ist gleich $10/9$ der alten **8.** 351 cm **9.** $10,5 \text{ cm}$ **12.** (b) $0,56 \text{ cm/s}$; (c) $1,1 \cdot 10^3 \text{ cm/s}$; (d) $6,7 \text{ cm/s}$ **13.** (a) $2,00$; (b) nicht möglich **14.** (a) -18 cm ; (b) $-32,5 \text{ cm}$; (c) 71 cm ; (d) 0 ; (e) 30 cm ; (f) 10 cm ; (g) -26 cm ; (h) $-0,035$ **16.** 42 mm **17.** $i = -12 \text{ cm}$ **18.** $1,86 \text{ mm}$ **19.** 45 mm , 90 mm **20.** (a) 40 cm ; (b) ∞ **22.** $5,0 \text{ mm}$ **23.** 22 cm **26.** (b) $1,2 \text{ cm}$; (c) reell; (d) umgekehrt **27.** gleiche Orientierung, virtuell, 30 cm links von der zweiten Linse; $m = 1$ **28.** (a) -50 cm , 5 mal so groß; (c) virtuell; (d) umgekehrt **30.** (a) konvex; (b) $26,7 \text{ cm}$; (c) $8,89$ **32.** $2,1 \text{ mm}$ **33.** (a) $13,0 \text{ cm}$; (b) $5,23 \text{ cm}$; (c) $-3,25$; (d) $3,13$; (e) $-10,2$ **34.** (a) $1 + \frac{25 \text{ cm}}{f}$; (b) $\frac{25 \text{ cm}}{f}$; (c) für a : $3,5$; für b : $2,5$; **35.** (a) $2,35 \text{ cm}$; (b) verkleinern **36.** -125 **37.** (a) $5,3 \text{ cm}$; (b) $3,0 \text{ mm}$

Kapitel 36

Kontrollfragen. **1.** b (kleinstes n), c , a **2.** (a) das obere; (b) recht hell, Phasendifferenz beträgt $2,1$ Wellenlängen **3.** (a) 3λ , 3 ; (b) $2,5\lambda$, $2,5$ **4.** a und d gleichauf (Amplitude der resultierenden Welle ist $4E_0$), dann b und c gleichauf (Amplitude der resultierenden Welle ist $2E_0$) **5.** (a) 1 und 4; (b) 1 und 4

Fragen. **1.** a , c , b **3.** (a) 300 nm ; (b) exakt gegenphasig **5.** (a) mittlerer Zustand, näher am Maximum, $m = 2$; (b) Minimum, $m = 3$; (c) mittlerer Zustand, näher am Maximum, $m = 2$; (d) Maximum, $m = 1$ **7.** (a) bis (c) nimmt ab; (d) blau **9.** (a) Maximum; (b) Minimum; (c) abwechselnd **11.** (a) $0,5$ Wellenlänge; (b) 1 Wellenlänge

Aufgaben. **1.** (a) $5,09 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$; (b) 388 nm ; (c) $1,97 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ **2.** $4,55 \cdot 10^7 \text{ m/s}$ **3.** $1,56$ **4.** $2,06 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ **5.** 22° , Brechung setzt θ herab **6.** (a) Pulse 2; (b) $0,03 \text{ L/c}$ **7.** (a) $3,60 \mu\text{m}$; (b) mittlerer Zustand,

näher an vollständig konstruktiver Interferenz **8.** (a) $1,70$; (b) $1,70$; (c) $1,30$; (d) alle Gleich **9.** (a) $0,833$; (b) mittlerer Zustand, näher an vollständig konstruktiver Interferenz **10.** (a) $1,55 \mu\text{m}$; (b) $4,65 \mu\text{m}$ **11.** (a) $0,216 \text{ rad}$; (b) $12,4^\circ$ **12.** $\pm(2m+1)\pi$ **13.** $2,25 \text{ mm}$ **14.** (a) $0,010 \text{ rad}$; (b) $5,0 \text{ mm}$ **15.** 648 nm **16.** $0,15^\circ$ **17.** 16 **18.** 0 **19.** $0,072 \text{ mm}$ **20.** $8,75 \lambda$ **21.** $6,64 \mu\text{m}$ **22.** (a) $0,253 \text{ mm}$; (b) das Muster verschiebt sich, ein Minimum wird zum Maximum **23.** $2,65$ **24.** $17,4 \sin(\omega t + 13,3^\circ)$ **25.** $y = 27 \sin(\omega t + 8,5^\circ)$ **27.** (a) $1,17 \text{ m}$, $3,00 \text{ m}$, $7,50 \text{ m}$; (b) nein **29.** $I = \frac{1}{9} I_m [1 + 8 \cos^2(\pi d \sin \theta / \lambda)]$, I_m ist die Intensität des mittleren Maximums **30.** (a) 155 nm ; (b) 310 nm **31.** vollständig konstruktiv **32.** $\frac{2m+1}{4} \lambda$ **33.** $0,117 \mu\text{m}$, $0,352 \mu\text{m}$ **34.** $0,200 \lambda$ **35.** $70,0 \text{ mm}$ **36.** an keinen **37.** 120 nm **38.** für a und c **39.** (a) 552 nm ; (b) 442 nm **40.** 673 nm **42.** 338 nm **43.** 140 **44.** (a) mit einem dunklen Streifen; (b) das blaue **45.** $1,89 \mu\text{m}$ **46.** 840 nm **47.** $2,4 \mu\text{m}$ **48.** $1,00025$ **49.** $\sqrt{(m + \frac{1}{2})\lambda R}$ für $m = 0, 1, 2, \dots$ **50.** (a) 34 ; (b) 46 **51.** $1,00 \text{ m}$ **53.** $x = (D/2a)(m + \frac{1}{2})\lambda$ für $m = 0, 1, 2, \dots$ **54.** $5,2 \mu\text{m}$ **55.** 588 nm **56.** $354 \mu\text{m}$ **57.** $1,00030$ **58.** $I_m \cos^2(\frac{2\pi x}{\lambda})$ **59.** (a) 0 ; (b) vollständig konstruktiv; (c) größer; (d)

Phasendifferenz	Position, $x(\mu\text{m})$	Typ
0	$\approx \infty$	vk
$0,50\lambda$	7,88	vd
$1,00\lambda$	3,75	vk
$1,50\lambda$	2,29	vd
$2,00\lambda$	1,50	vk
$2,50\lambda$	0,975	vd

60. (a) $\frac{2cd_1}{c^2 - v^2}$; (b) $\frac{2d_2}{\sqrt{c^2 - v^2}}$; (c) $\frac{dv^2}{c^2}$; (d) $\frac{dv^2}{\lambda c^2}$; (e) $\frac{2dv^2}{\lambda c^2}$; (f) $0,40$

Kapitel 37

Kontrollfragen. **1.** (a) wird größer; (b) wird größer **2.** (a) zweites Nebenmaximum; (b) $2,5$ **3.** (a) rot; (b) violett **4.** schlechter auflösbar **5.** (a) nimmt zu; (b) bleibt gleich **6.** (a) links; (b) kleiner

Fragen. **1.** (a) schrumpft; (b) schrumpft **3.** mit dem Megaphon (Öffnung größer, weniger Beugung) **5.** vier **7.** (a) kleiner; (b) größer; (c) größer **9.** (a) nimmt ab; (b) nimmt ab; (c) ja, nach rechts **11.** (a) nimmt zu; (b) in der ersten Ordnung

Aufgaben. **1.** $60,4 \mu\text{m}$ **2.** (a) $0,430^\circ$; (b) $0,118 \text{ mm}$ **3.** (a) $\lambda_a = 2\lambda_b$; (b) ja, immer bei $m_b = 2m_a$ **4.** (a) $2,5 \text{ mm}$; (b) $2,2 \cdot 10^{-4} \text{ rad}$ **5.** (a) 70 cm ; (b) $1,0 \text{ mm}$ **6.** $41,2 \text{ m}$ **7.** $1,77 \text{ mm}$ **8.** 160° **10.** (a) $0,18^\circ$; (b) $0,46 \text{ rad}$; (c) $0,93$ **11.** (d) 53° , 10° , $5,1^\circ$ **13.** (b) $0,4493 \text{ rad}$ usw.; (c) $-0,50$, $0,93$ usw. **14.** $31 \mu\text{m}$ **15.** (a) $1,3 \cdot 10^{-4} \text{ rad}$; (b) 10 km **16.** (a) $1,3 \cdot 10^{-4} \text{ rad}$; (b) 21 m **17.** 50 m **18.** 30 m **19.** (a) $1,1 \cdot 10^4 \text{ km}$; (b) 11 km **20.** 53 m **21.** 27 cm **22.** $0,047 \text{ m}$ **23.** (a) $0,347^\circ$; (b) $0,97^\circ$ **24.** (a) rot; (b) $1,3 \cdot 10^{-4} \text{ m}$ **25.** (a) $8,7 \cdot 10^{-7} \text{ rad}$; (b) $8,4 \cdot 10^7 \text{ km}$; (c) $0,025 \text{ mm}$ **26.** $\approx 4 \cdot 10^{-13}$ **27.** fünf **28.** 3 **29.** (a) 4; (b) jeder vierte helle Streifen **30.** $\frac{\Delta\lambda}{\lambda}$ **31.** (a) neun; (b) $0,255$ **32.** (a) $5,05 \mu\text{m}$; (b) $20,2 \mu\text{m}$ **33.** (a) $3,33 \mu\text{m}$; (b) $0, \pm 10, 2^\circ, \pm 20, 7^\circ, \pm 32, 0^\circ, \pm 45, 0^\circ, \pm 62, 2^\circ$ **34.** $\lambda < 635 \text{ nm}$ **35.** drei **36.** $2,4 \mu\text{m}$ **37.** (a) $6,0 \mu\text{m}$; (b) $1,5 \mu\text{m}$; (c) $m = 0, 1, 2, 3, 5, 6, 7, 9$ **38.** (a) 3; (b) $0,051^\circ$ **39.** 1100 **40.** 523 nm **44.** 470 nm - 560 nm **46.** 491 **47.** 3650 **48.** (a) 56 pm ; (b) 3 **50.** (a) $10 \mu\text{m}$; (b) $3,3 \text{ mm}$ **52.** (a) $\Delta\theta_{hw} R = \tan \theta$; (b) $0,89$ **53.** $0,26 \text{ nm}$ **54.** (a) $\lambda_1 = 25 \text{ pm}$; (b) $\lambda_2 = 38 \text{ pm}$ **55.** $39,8 \text{ pm}$ **56.** (a) $1,7 \cdot 10^2 \text{ pm}$; (b) $1,3 \cdot 10^2 \text{ pm}$ **58.** $0,570 \text{ nm}$ **59.** (a) $a_0/\sqrt{2}$, $a_0/\sqrt{5}$, $a_0/\sqrt{10}$, $a_0/\sqrt{13}$, $a_0/\sqrt{17}$ **60.** 130 pm und $97,2 \text{ pm}$ **61.** $30,6^\circ$, $15,3^\circ$ (im Uhrzeigersinn); $3,08^\circ$, $37,8^\circ$ (entgegengesetzt dem Uhrzeigersinn) **62.** (a) abgeschwächt; (b) 11° ; (c) $0,010 \text{ m}$ **63.** (a) 50 m ; (b) nein, die Breite von 10 m ist zu gering, um aufgelöst zu werden; (c) am Tag nicht; die „Lichtverschmutzung“ in der Nacht wäre ein sicheres Zeichen **64.** $0,015 \text{ mm} \leq d \leq 0,23 \text{ mm}$

Kapitel 38

Kontrollfragen. 1. (a) gleich (Postulat der Lichtgeschwindigkeit); (b) nein (Start und Ende des Fluges sind räumlich getrennt); (c) nein (seine Messung liefert keine Eigenzeit) **2.** (a) Sallys; (b) Sallys **3.** *a*: positiv; *b*: negativ; (c) positiv **4.** (a) rechts; (b) größer **5.** (a) gleich; (b) kleiner

Fragen. 1. alle gleichauf (Geschwindigkeit des Pulses ist *c*) **3.** (a) C_1 ; (b) C_1 **5.** (a) negativ; (b) positiv **7.** kleiner **9.** a, b, a, c, d

Aufgaben. 1. (a) $6,7 \cdot 10^{-10}$ s; (b) $2,2 \cdot 10^{-18}$ m **2.** (a) $3 \cdot 10^{-18}$; (b) $8,3 \cdot 10^{-18}$; (c) $1,1 \cdot 10^{-6}$; (d) $3,7 \cdot 10^{-5}$; (e) 0,10 **3.** 0,99c **4.** (a) $\approx 0,140$; (b) $\approx 0,9950$; (c) 0,999950 **5.** 0,445 ps **6.** (a) 0,99999950c; (b) nein **7.** 1,32 m **8.** 0,0153 m **9.** 0,63 m **10.** (a) 0,8660254 c; (b) **2 11.** (a) 87,4 m; (b) 394 ns **12.** (a) ja; (b) 0,99999915 c **13.** (a) 26 Jahre; (b) 52 Jahre; (c) 3,7 Jahre **14.** (a) $x' \approx 0$; $t' = 2,29$ s; (b) $x' = 6,54 \cdot 10^8$ m; $t' = 3,16$ s **15.** $x' = 138$ km, $t' = -374 \mu\text{s}$ **16.** im System *S*, zuerst 1 dann 2; im System *S'*, zuerst 2 dann 1 **17.** (a) 25,8 μs ; (b) den schwächeren **18.** (a) 0,480 c in $-x$ -Richtung; (b) den intensiveren; (c) $4,39 \cdot 10^{-6}$ s **19.** (a) 1,25; (b) 0,800 μs **20.** $2,40 \cdot 10^{-6}$ s **21.** 0,81c **22.** (a) 0,84c; (b) 0,21 c **23.** (a) 0,35c; (b) 0,62c **24.** 0,588 c **25.** 1,2 μs **26.** (a) 1,25 J; (b) 1,6 J; (c) 4,0 J **27.** 22,9 MHz **28.** (a) $7,0 \cdot 10^6$ m/s; (b) entfernt sich **29.** $1 \cdot 10^6$ m/s, entfernt sich **30.** 0,13 c **31.** gelb (550 nm) **32.** (a) 79 keV; (b) 3,11 MeV; (c) 10,9 MeV **33.** (a) 0,0625, 1,00196; (b) 0,941, 2,96; (c) 0,99999987, 1960 **34.** (a) 0,9988; (b) 0,145; (c) 0,073 **35.** 0,999987c **36.** 8,12 MeV **37.** 18 Sonnenmassen/Jahr **38.** (a) 0,996 keV; (b) 1055 keV **39.** (a) 0,707c; (b) 1,41; (c) $0,414mc^2$ **40.** (a) $\approx 0,943$ c; (b) $\approx 0,866$ c **41.** $\sqrt{8}mc$ **42.** (c) $105,6 \text{ MeV}/c^2$ **43.** $1,01 \cdot 10^7$ km oder 250 Erdumfänge **44.** (a) 0,9478 c; (b) 226 MeV; (c) $314 \text{ MeV}/c$ **45.** 110 km **46.** (a) $4,85 \cdot 10^{-3}$ m; (b) $1,59 \cdot 10^{-2}$ m; (c) $3,34 \cdot 10^{-10}$ s **47.** 4,00 u, wahrscheinlich ein Heliumkern **48.** $6,6 \cdot 10^5$ m **49.** 330 mT **50.** (a) 533,88; (b) 0,99999825; (c) 2,23 T **51.** (a) 2,08 MeV; (b) $-1,18 \text{ MeV}$ **52.** (a) 1,93 m; (b) $1,36 \cdot 10^{-8}$ s; (c) $1,36 \cdot 10^{-8}$ s; (d) 0,379 m; (e) $-1,01 \cdot 10^{-7}$ s; (f) nein; (g) Ereignis 2; (i) beide **53.** (a) $vt \sin \theta$; (b) $t[1 - (v/c) \cos \theta]$; (c) 3,24c

Kapitel 39

Kontrollfragen. 1. b, a, d, c **2.** (a) Lithium, Natrium, Kalium, Caesium; (b) alle gleichauf **3.** (a) beide gleich, (b) bis (d) bei Röntgenstrahlen **4.** (a) Proton; (b) gleich; (c) Proton **5.** gleich

Fragen. 1. (a) Mikrowellen; (b) Röntgenstrahlung; (c) Röntgenstrahlung **3.** Kalium **5.** Auf der Platte baut sich eine positive Ladung auf, die eine weitere Emission von Elektronen verhindert. **7.** keine **9.** (a) größer; (b) kleiner **11.** kein wesentlicher Unterschied **13.** (a) nimmt um den Faktor $1/\sqrt{2}$ ab; (b) nimmt um den Faktor $1/2$ ab **15.** (a) nimmt ab; (b) nimmt zu; (c) bleibt gleich; (d) bleibt gleich **17.** a **19.** (a) null; (b) ja

Aufgaben. 1. $4,14 \text{ eV} \cdot \text{fs}$ **2.** $1,1 \mu\text{m}$, im infrarotem Bereich **4.** $2,11 \text{ eV}$ **5.** $1,0 \cdot 10^{45}$ Photonen pro Sekunde **6.** $1,7 \cdot 10^{21} \frac{\text{Photonen}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}}$ **7.** $5,9 \cdot 10^{-6} \text{ eV}$ **8.** $8,6 \cdot 10^5 \text{ m/s}$ **9.** $2,047 \text{ eV}$ **10.** $3,6 \cdot 10^{-17}$ W **11.** $4,7 \cdot 10^{26}$ Photonen **12.** $3,3 \cdot 10^{18}$ Photonen/s **13.** (a) Infrarotlampe; (b) $1,4 \cdot 10^{21}$ Photonen pro Sekunde **14.** $3,61 \text{ kW}$ **15.** (a) $2,96 \cdot 10^{20}$ Photonen pro Sekunde; (b) 48 600 km; (c) $5,89 \cdot 10^{18}$ Photonen/ $\text{m}^2 \cdot \text{s}$ **16.** (a) nein; (b) 544 nm, grün **17.** Barium und Lithium **18.** (a) ja, bei Cäsium, nicht bei Kalium; (b) ja, bei beiden **19.** 170 nm **20.** 10 eV **21.** 676 km/s **22.** (a) 1,3 V; (b) $6,8 \cdot 10^5 \text{ m/s}$ **23.** (a) 2,00 eV; (b) 0; (c) 2,00 eV; (d) 295 nm **24.** 1,07 eV **25.** 233 nm **26.** (a) $4,12 \cdot 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s}$; (b) 2,27 eV; (c) 545 nm **27.** (a) 382 nm; (b) 1,82 eV **29.** $9,68 \cdot 10^{-20}$ A **30.** (a) 3,10 keV; (b) 14 keV **31.** (a) 2,7 pm; (b) 6,05 pm **32.** (a) $2,73 \cdot 10^{-22} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$; (b) 2,43 pm; (c) $1,24 \cdot 10^{20} \text{ Hz}$ **33.** (a) $8,57 \cdot 10^{18} \text{ Hz}$; (b) 35,4 keV; (c) $1,89 \cdot 10^{-23} \text{ kg} \cdot \text{m/s} = 35,4 \text{ keV}/c$ **34.** (a) +4,86 pm; (b) -41 keV ; (c) 41 keV; (d) das Elektron ändert die Richtung nicht **36.** (a) 2,43 pm; (b) 4,86 pm; (c) 0,255 MeV **37.**

(a) 2,43 pm; (b) 1,32 pm; (c) 0,511 MeV; (d) 938 MeV **38.** 2,6 fm **39.** 300% **40.** (a) $-8,1 \cdot 10^{-11}$; (b) $-4,9 \cdot 10^{-6}$; (c) $-8,9 \cdot 10^{-2}$; (d) $-0,66$; (e) die Compton-Verschiebung wird nur im Röntgen- Gamma Bereich deutlich **43.** (a) 41,8 keV; (b) 8,2 keV **44.** (a) 2,43 pm; (b) $4,11 \cdot 10^{-6}$; (c) $-8,67 \cdot 10^{-6} \text{ eV}$; (d) $\Delta\lambda = 2,43 \text{ pm}$; $\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = 9,78 \cdot 10^{-2}$; $\Delta E_{ph} = -4,45 \text{ keV}$ **45.** 1,12 keV **47.** 44° **50.** $1,7 \cdot 10^{-35} \text{ m}$ **51.** 7,75 pm **52.** (a) 0,039 nm; (b) 1,24 nm; (c) $9,1 \cdot 10^{-13} \text{ m}$ **53.** $4,3 \cdot 10^{-6} \text{ eV}$ **54.** (a) $3,96 \cdot 10^6 \text{ m/s}$; (b) $8,18 \cdot 10^3 \text{ V}$ **55.** (a) 38,8 meV; (b) 146 pm **56.** (a) $p_e = p_{ph} = 3,3 \cdot 10^{-24} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$; (b) $K_e = 38 \text{ eV}$; $K_{ph} = 6,2 \text{ keV}$ **57.** (a) Photon: 1,24 μm ; Elektron: 1,22 nm; (b) jeweils 1,24 fm **58.** (a) 73 pm; (b) 3,4 pm **59.** (a) $1,9 \cdot 10^{-21} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$; (b) 346 fm **60.** (a) $E_{ph} = 1,24 \text{ keV}$; $K_e = 1,50 \text{ eV}$; (b) $E_{ph} = 1,24 \text{ GeV}$; $K_e = 1,24 \text{ GeV}$ **61.** 0,025 fm, rund 200-mal kleiner als ein Kernradius **62.** (a) 5,2 fm; (b) nein **63.** Neutron **64.** (a) 15 keV; (b) 120 keV **65.** 9,70 kV (relativistisch), 9,76 kV (klassisch) **68.** (a) $\psi(x) = (\psi_0 \cos kx) + i(\psi_0 \sin kx)$; (b) $\psi(x, t) = [\psi_0 \cos(kx - \omega t)] + i[\psi_0 \sin(kx - \omega t)]$ **72.** eine ebene Materiewelle in die negative *x*-Richtung **73.** (d) $x = n(\lambda/2)$ mit $n = 0, 1, 2, 3, \dots$ **74.** (a) nein **75.** 0,19 m **76.** $2,1 \cdot 10^{-24} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ **78.** (a) 124 keV; (b) 40,5 keV; (c) das ist unmöglich **79.** (a) Proton: $9,02 \cdot 10^{-6}$; Deuteron: $7,33 \cdot 10^{-8}$; (b) jeweils 3,0 MeV; (c) jeweils 3,0 MeV **80.** 5,1 eV **81.** (a) -20% ; (b) -10% ; (c) $+15\%$ **82.** (a) $3,37 \cdot 10^{11} \text{ s}$; (b) ≈ 0 **83.** $T = 10^{-x}$ mit $x = 7,2 \cdot 10^{39}$ (*T* ist sehr klein)

Kapitel 40

Kontrollfragen. 1. b, a, c **2.** (a) alle gleichauf; (b) *a, b, c* **3.** a, b, c, d **4.** $E_{1,1}$ (weder n_x noch n_y kann null werden) **5.** (a) 5; (b) 7

Fragen. 1. (a) $1/4$; (b) mit demselben **3.** c **5.** (a) $(\sqrt{1/L}) \sin(\pi/2L)x$; (b) $(\sqrt{4/L}) \sin(2\pi/L)x$; (c) $(\sqrt{2/L}) \cos(\pi/L)x$ **7.** kleiner **9.** (a) breiter; (b) tiefer **11.** $n = 1, n = 2, n = 3$ **13.** b, c und d **15.** (a) erste der Lyman-Serie und erste der Balmer-Serie; (b) Lyman-Seriengrenze minus Paschen-Seriengrenze

Aufgaben. 1. (a) 37,7 eV; (b) 0,0206 eV **2.** $\sqrt{2}$ **3.** 1900 MeV **4.** 0,85 nm **5.** 0,020 eV **6.** 0,65 eV **7.** 90,3 eV **8.** (a) für $n = 12$; (b) nein **10.** (a) für $n = 10$; (b) keine **11.** 68,7 nm, 25,8 nm, 13,7 nm und 8,59 nm **12.** (a) 72,2 eV; (b) 29,4 nm **13.** (a) $1,3 \cdot 10^{-19} \text{ eV}$; (b) ungefähr bei $n = 1,2 \cdot 10^{19}$; (c) 0,95 J = $5,9 \cdot 10^{18} \text{ eV}$; (d) ja **14.** (a) der Nachweis ist deutlich einfacher **15.** (b) nein; (c) nein; (d) ja **16.** (a) 0,091; (b) 0,091; (c) 0,82 **17.** (a) 0,050; (b) 0,10; (c) 0,0095 **18.** (b) $\text{m}^{-2,5}$ **19.** 59 eV **20.** 280 eV **21.** (b) $k = (2\pi/h)[2m(U_0 - E)]^{1/2}$ **22.** (b) $\pm \frac{2\pi}{h} \sqrt{2mE}$ **24.** 0,73 eV **25.** 3,08 eV **26.** (a) 1,25; (b) 2,00; (c) 5,00; (d) 1,00 **27.** 0,75, 1,00, 1,25, 1,75, 2,00, 2,25, 3,00, 3,75 **28.** (a) 3,00; (b) 9,00; (c) 2,00; (d) 3; (d) 6 **29.** 1,00, 2,00, 3,00, 5,00, 6,00, 8,00, 9,00 **30.** $-13,6 \text{ eV}$ **31.** 2,6 eV **32.** 1,17 eV **33.** 4,0 **34.** $-3,4 \text{ eV}$ **35.** (a) 12 eV; (b) $6,5 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$; (c) 103 nm **38.** (a) 291 nm^{-3} ; (b) $10,2 \text{ nm}^{-1}$ **39.** (a) 0; (b) $10,2 \text{ nm}^{-1}$; (c) $5,54 \text{ nm}^{-1}$ **40.** (a) 12,8 eV; (b) $E_{4 \rightarrow 1} 12,8 \text{ eV}$; $E_{3 \rightarrow 1} 12,1 \text{ eV}$; $E_{2 \rightarrow 1} 10,2 \text{ eV}$; $E_{4 \rightarrow 2} 2,55 \text{ eV}$; $E_{3 \rightarrow 2} 1,89 \text{ eV}$; $E_{4 \rightarrow 3} 0,66 \text{ eV}$ **41.** (a) 13,6 eV; (b) 3,40 eV **42.** 4,1 m/s **43.** (a) $n = 4$ bis $n = 2$; (b) Balmer-Serie **44.** (a) 31 nm; (b) 292 nm; (c) $\Delta f_{Lym} = 8,2 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$; $\Delta f_{Bal} = 3,65 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$ **45.** (a) 13,6 eV; (b) $-27,2 \text{ eV}$ **46.** von $n = 2$ zu $n = 1$; Lymanserie **47.** (a) 2,6 eV; (b) $n = 4$ bis $n = 2$ **49.** 0,68 **50.** 3 und 1 **52.** 0,44 **54.** (a) n ; (b) $2l + 1$; (c) n^2 **55.** (a) 0,0037; (b) 0,0054 **56.** $\approx 4,3 \cdot 10^3$ **58.** (c) $\frac{r^2}{8a^3} (2 - \frac{r}{a})^2 e^{-r/a}$ **59.** (a) $P_{210} = (r^4/8a^5) e^{-r/a} \cos^2 \theta$; $P_{21+1} = P_{21-1} = (r^4/16a^5) e^{-r/a} \sin^2 \theta$

Kapitel 41

Kontrollfragen. 1. **7 2.** (a) kleiner; (b) und (c) unverändert **3.** kleiner **4.** A, C, B

Fragen. 1. 0, 2 und 3 **3.** $6p$ **5.** (a) 2, 8; (b) 5, 50 **7.** (a) n ; (b) n und l **9.** a, c, e, f **11.** (a) bleibt gleich, (b) nimmt ab, (c) nimmt ab **13.** a und b

Aufgaben. 2. (a) 14; (b) 2,3; (c) 6; (d) 2,3; (a) 3; (b) 3 **4.** (a) 3,653 · 10⁻³⁴ Js; (b) 3,165 · 10⁻³⁴ Js **5.** (a) 32; (b) 2; (c) 18; (d) 8 **6.** $m_l = +3, +2, +1, 0, -1, -2, -3$ und $m_s = \pm \frac{1}{2}$ **7.** 24,1° **8.** $n = 5; m_s = \frac{1}{2}$ **9.** $n > 3; m_l = +3, +2, +1, 0, -1, -2 - 3; m_s = \pm \frac{1}{2}$ **10.** 50 **11.** (a) $\sqrt{12}\hbar$; (b) $\sqrt{12}\mu_B$; (c)

m_l	L_z	$\mu_{\text{Bahn},z}$	θ
-3	-3ħ	+3μ _B	150°
-2	-2ħ	+2μ _B	125°
-1	-ħ	+μ _B	107°
0	0	0	90°
+1	+ħ	-μ _B	73,2°
+2	+2ħ	-2μ _B	54,7°
+3	+3ħ	-3μ _B	30,0°

12. (a) 3; (b) 5; (c) 2; (d) 18; (e) 3 **14.** (a) 3 · 10⁷⁴; (b) 6 · 10⁷⁴ **15.** 54,7° und 125° **16.** (a) 58 μeV; (b) 14 GHz; (c) 2,1 cm **17.** 73 km/s² **18.** (a) 1,5 · 10⁻²¹ N; (b) 2,0 · 10⁻⁵ m **19.** 5,35 cm **20.** 51 mT **21.** (a) 2,13 meV; (b) 18 T **22.** 19 mT **23.** 44(h²/8mL²) **24.** 17,25(h²/8mL²) **25.** (a) 51(h²/8mL²); (b) 53(h²/8mL²); (c) 56(h²/8mL²) **26.** (a) 18,00; (b) 18,25; (c) 19,00 **27.** 42(h²/8mL²) **28.** (a) 45; (b) 47; (c) 48 **30.** (a) Selen: 4p, 4; (b) Brom: 4p, 5; (c) Krypton: 4p, 6 **31.** Argon **32.** $n = 1, l = 0, m_l = 0$, wobei für das eine $m_s = +\frac{1}{2}$ und das andere $m_s = -\frac{1}{2}$ gilt **33.** (a) $(n, l, m_l, m_s) = (2, 0, 0, \pm \frac{1}{2})$; (b) $n = 2, l = 1, m_l = 1, 0$ oder $-1, m_s = \pm \frac{1}{2}$ **34.** (a) 18; (b) 6, $(n, l, m_l, m_s) = (2, 1, 1, \frac{1}{2}), (2, 1, 1, -\frac{1}{2}), (2, 1, 0, \frac{1}{2}), (2, 1, 0, -\frac{1}{2}), (2, 1, -1, \frac{1}{2}), (2, 1, -1, -\frac{1}{2})$ **36.** 12,4 kV **39.** 49,6 pm, 99,2 pm **40.** (a) 5,7 keV; (b) $\lambda_1 = 87$ pm, $\lambda_2 = 2,2 \cdot 10^2$ pm, $E_1 = 14$ keV, $E_2 = 5,7$ keV **42.** (a) 24,8 pm **43.** (a) 35,4 pm wie für Molybdän; (b) 57 pm; (c) 50 pm **44.** 6,4 keV **45.** 9/16 **46.** 2,2 keV **48.** (a) $E_\alpha = 17,7$ keV, $E_\beta = 19,7$ keV; (b) Zr **49.** (a) 69,5 kV; (b) 17,9 pm; (c) $K_\alpha: 21,4$ pm; $K_\beta: 18,5$ pm **50.** 80,3 pm **51.** (a) $(Z - 1)^2 / (Z' - 1)^2$; (b) 57,5; (c) 2070 **52.** (a) 4,9673 · 10⁷ Hz^{1/2}; (b) 24,8%, 15,4%, 10,9%, 7,9%, 6,4%, 4,7%, 3,5%, 2,6%, 2,0%, 1,5% **53.** (a) 6; (b) 3,2 · 10⁶ Jahre **54.** 1,3 · 10¹⁵ mol **55.** 9,1 · 10⁻⁷ **56.** (a) 2,55 s; (b) 5,0 · 10⁻¹⁰ s **57.** 10 000 K **58.** -2,75 · 10⁵ K **59.** (a) 3,60 mm; (b) 5,25 · 10¹⁷ **60.** 7,3 · 10¹⁵ s⁻¹ **61.** 4,7 km **62.** 2,1 · 10⁷ **63.** 2,0 · 10¹⁶ s⁻¹ **64.** 1,8 pm **65.** (a) 3,03 · 10⁵; (b) 1430 MHz; (d) 3,30 · 10⁻⁶ **66.** (a) keines; (b) 68 J **67.** (a) nein; (b) 140 nm **68.** (a) 7,33 μm; (b) 707 kW/m²; (c) 24,9 GW/m² **69.** (a) 4,3 μm; (b) 10 μm; (c) im Infraroten **70.** (a) 6,9 μeV; (b) im Radiobereich

Kapitel 42

Kontrollfragen. 1. (a) größer; (b) gleich **2.** Frankfurt: Metall, Zürich: keines davon, Wien: Halbleiter **3.** a, b und c **4.** b

Fragen. 1. 4 **3.** von (b) und (c) **5.** (a) überall im Gitter; (b) in jeder Si-Si-Bindung; (c) in einem Silicium-Ionenrumpf an einer Gitterposition **7.** b und d **9.** +4e **11.** keine **13.** (a) rechts nach links; (b) Sperrrichtung **15.** a, b und c

Aufgaben. 1. 8,49 · 10²⁸ m⁻³ **2.** ≈ 0,121 **3.** 3490 atm **4.** 7,0 eV **5.** (a) +8,0 · 10⁻¹¹ Ω · m/K; (b) -210 Ω · m/K **6.** 5,90 · 10²⁸ m⁻³ **7.** (b) 6,81 · 10²⁷ m⁻³eV^{-3/2}; (c) 1,52 · 10²⁸ m⁻³eV⁻¹ **8.** 1,6 · 10³ km/s **9.** (a) 0; (b) 0,0955 **10.** 1,9 · 10²⁸ m⁻³eV⁻¹ **12.** 5,52 eV **13.** 0,91 **14.** (a) 6,8 eV; (b) 1,77 · 10²⁸ m⁻³eV⁻¹; (c) 1,6 · 10²⁸ m⁻³eV⁻¹ **15.** (a) 2500 K; (b) 5300 K **17.** (a) 90,0%; (b) 12,5%; (c) Natrium **18.** $E(4,00): 1,36 \cdot 10^{28} \text{ m}^{-3} \text{ eV}^{-1}$, $E(6,75): 1,67 \cdot 10^{28} \text{ m}^{-3} \text{ eV}^{-1}$, $E(7,00): 9,0 \cdot 10^{27} \text{ m}^{-3} \text{ eV}^{-1}$, $E(7,25): 9,5 \cdot 10^{26} \text{ m}^{-3} \text{ eV}^{-1}$, $E(9,00): 1,7 \cdot 10^{18} \text{ m}^{-3} \text{ eV}^{-1}$ **19.** (a) 2,7 · 10²⁵ m⁻³; (b) 8,43 · 10²⁸ m⁻³; (c) 3100; (d) Moleküle: 3,3 nm, Elektronen: 0,228 nm **20.** 9 · 10⁻⁴³ **21.** (a) 1,00, 0,99, 0,50, 0,014, 2,5 · 10⁻¹⁷; (b) 700 K **23.** 3 **24.** 9,1 · 10⁻²¹ J **25.** (a) 5,86 · 10²⁸ m⁻³; (b) 5,52 eV; (c) 1390 km/s; (d) 0,522 nm **26.**

(a) 1,31 · 10²⁹ m⁻³; (b) 9,43 eV; (c) 1,82 · 10⁶ m/s; (d) 0,40 nm **27.** (b) 1,80 · 10²⁸ m⁻³eV⁻¹ **30.** 57 kJ **31.** (a) 19,8 kJ; (b) 197 s **32.** (a) 5,5 · 10⁻³; (b) 1,8 · 10⁻² **33.** 200 °C **34.** ≈ 0,03 **35.** (a) 225 nm; (b) im Ultraviolett **36.** (a) Arsenion: +5e, Galliumion: +3e; (b) **2 37.** (a) 109,5°; (b) 235 pm **38.** (a) 1,5 · 10⁻⁶; (b) 1,5 · 10⁻⁶ **40.** (a) n-dotiert; (b) 5 · 10²¹ m⁻³; (c) **2 41.** 0,22 · 10⁻⁶ g **42.** (a) 0,744 eV; (b) 7,13 · 10⁻⁷ **43.** (a) rein: 4,78 · 10⁻¹⁰; dotiert: 0,0141; (b) 0,824 **44.** (b) 2,5 · 10⁸ **45.** 6,02 · 10⁵ **46.** lichtundurchlässig **47.** 4,20 eV **48.** 13 μm **49.** (a) 5,0 · 10⁻¹⁷ F; (b) ungefähr 300e

Kapitel 43

Kontrollfragen. 1. ⁹⁰As und ¹⁵⁸Nd **2.** etwas mehr als 75 Bq (die vergangene Zeit ist etwas kürzer als drei Halbwertszeiten) **3.** ²⁰⁶Pb

Fragen. 1. kleiner **3.** ²⁴⁰U **5.** kleiner **7.** (a) auf der Linie mit $N = Z$; (b) Positronen; (c) ungefähr 120 **9.** nein **11.** ja **13.** (a) nimmt zu; (b) bleibt gleich **15.** 7 h **17.** d

Aufgaben. 1. 28,3 MeV **2.** 15,8 fm **3.** (a) 0,390 MeV; (b) 4,61 MeV **4.** 27 **6.** 1,3 · 10⁴ m **7.** (a) sechs; (b) acht **10.** (a) Yttrium und Iod; (b) Yttrium: 50 Neutronen, Iod: 74 Neutronen; (c) **19 11.** (a) 1150 MeV; (b) 4,81 MeV/Nukleon, 12,2 MeV/Proton **12.** (a) $p_m(Mn) = 2,3 \cdot 10^{17}$ kg/m³, $p_m(Bi) = 2,3 \cdot 10^{17}$ kg/m³; (b) $p_q(Mn) = 1,0 \cdot 10^{25}$ C/m³, $p_q(Bi) = 8,8 \cdot 10^{24}$ C/m³ **14.** (c) nein **15.** (a) 6,2 fm; (b) ja **16.** ≈ 10⁻²² s **17.** $K \approx 30$ MeV **18.** (a) ¹²C: 11,90683 u, ²³⁸U: 236,2025 u; (b) wäre keine Vereinfachung **20.** (a) ΔE₁ = 19,8 MeV; ΔE₂ = 6,26 MeV; ΔE₃ = 2,23 MeV; (b) 28,3 MeV; (c) 7,07 MeV **21.** ²⁵Mg: 9,303 %; ²⁶Mg: 11,71 % **22.** (a) 7,29 MeV; (b) 8,07 MeV; (c) -91,10 MeV **23.** 1,6 · 10²⁵ MeV **24.** 1,0086637 u ± 0,0000002 **25.** 7,92 MeV **26.** (a) $\frac{1}{4}$; (b) $\frac{1}{8}$ **27.** 280 Tage **28.** 3 · 10¹⁹ **29.** (a) 7,6 · 10¹⁶ s⁻¹; (b) 4,9 · 10¹⁶ s⁻¹ **30.** (a) 4,8 · 10⁻¹⁸ s⁻¹; (b) 1,4 · 10¹⁷ s **31.** (a) 64,2 h; (b) 0,125; (c) 0,0749 **32.** (a) ≈ 5 · 10¹⁸; (b) 1,4 · 10¹⁴ J⁻¹ **33.** 5,3 · 10²² **34.** 0,256 g **35.** (a) 2,0 · 10²⁰; (b) 2,8 · 10⁹ s⁻¹ **36.** (a) 59,5 d; (b) 1,18 **37.** 209 Tage **38.** 87,9 · 10⁻³ g **39.** 1,13 · 10¹¹ Jahre **42.** 0,66 g **43.** (a) 8,88 · 10¹⁰ s⁻¹; (b) 8,88 · 10¹⁰ s⁻¹; (c) 1,19 · 10¹⁵; (d) 0,111 μg **44.** (a) 3,66 · 10⁷ s⁻¹; (b) $t \gg 3,82$ Tage; (c) 3,66 · 10⁷ s⁻¹; (d) 6,42 · 10⁻⁹ g **45.** 730 cm² **47.** Pu: 1,2 · 10⁻¹⁷; Cm: e⁻⁹¹⁷³ ≈ 0 **48.** (a) 4,25 MeV; (b) -24,1 MeV; (c) 28,3 MeV **49.** 4,296 MeV **50.** (a) -9,50 MeV; (b) 4,66 MeV; (c) -1,30 MeV **51.** (a) 31,8 MeV, 5,98 MeV; (b) 86 MeV **53.** ⁷Li **54.** (a) 9,0 · 10² fm; (b) 6,4 fm; (c) nein; (d) ja **55.** 1,21 MeV **57.** 0,782 MeV **58.** 0,600 MeV **59.** (b) 0,961 MeV **60.** (b) 2,7 · 10¹³ W **61.** 78,4 eV **62.** 1,61 · 10³ Jahre **63.** (a) U: 1,06 · 10¹⁹; Pb: 0,624 · 10¹⁹; (b) 1,69 · 10¹⁹; (c) 2,98 · 10⁹ Jahre **64.** 0,132 mg **65.** 1,8 mg **66.** 3,92 · 10⁻⁹ Ci **67.** 1,02 mg **68.** 7,3 mSv **69.** 13 mJ **70.** (a) 18 mJ; (b) 0,29 rem **71.** (a) 6,3 · 10¹⁸; (b) 2,5 · 10¹¹; (c) 0,20 J; (d) 2,3 mGy; (e) 30 mSv **72.** 3,9 · 10¹⁰ K **73.** (a) 6,6 MeV; (b) nein **75.** (a) 25,4 MeV; (b) 12,8 MeV; (c) 25,0 MeV **76.** (b) 1; (c) 70,8; (d) 0,0100; (e) 0,708; (f) nein **77.** 0,49 **78.** 9,0 · 10⁸ Bq **79.** (a) ⁹⁹/₄₂Mo → ⁹⁹/₄₃Tc + e⁻ + ν; (b) 8,2 · 10⁷/s; (c) 1,2 · 10⁶ **80.** (a) 7 · 10⁷ h⁻¹ **81.** 86 Ci **82.** ²²⁵Ac **83.** 4,3 · 10⁹ a **84.** ≈ 10¹³ Atome **85.** 130 fm **86.** 7,3 MeV **87.** 3,2 · 10⁴ a **88.** 4,9 · 10¹³ Bq **89.** 1,3 · 10⁻¹³ m **91.** 3,2 · 10⁴ Jahre

Kapitel 44

Kontrollfragen. 1. c und d **2.** (a) nein; (b) ja; (c) nein **3.** e

Fragen. 1. a **3.** b **5.** (a) ⁹³Sr; (b) ¹⁴⁰I; (c) ¹⁵⁵Nd **7.** c **9.** a **11.** c

Aufgaben. 1. (a) 2,6 · 10²⁴; (b) 8,2 · 10¹³ J; (c) 2,6 · 10⁴ Jahre **3.** 3,1 · 10¹⁰ s⁻¹ **4.** 4,5 · 10²⁶ MeV **6.** 5,00 MeV **7.** -23,0 MeV **8.** (a) 16 Spaltungen/Tag; (b) 4,3 · 10⁸ **9.** 181 MeV **10.** richtig **11.** (a) ¹⁵³Nd; (b) 110 MeV an ⁸³Ge, 60 MeV an ¹⁵³Nd; (c) 1,6 · 10⁷ m/s für ⁸³Ge, 8,7 · 10⁶ m/s für ¹⁵³Nd **12.** (a) 10; (b) 226 MeV **13.** (a) 252 MeV; (b)

typische Kernspaltungsenergie ist 200 MeV **14.** (a) +0,25; (b) 0; (c) -0,36 **15.** 461 kg **16.** $5,8 \cdot 10^2$ kg **17.** ja **18.** (a) $4,4 \cdot 10^4$ Tonnen **19.** 557 W **20.** (a) 1,2 MeV; (b) 3,2 kg **21.** $^{238}\text{U} + n \rightarrow ^{239}\text{U} \rightarrow ^{239}\text{Np} + e$, $^{239}\text{Np} \rightarrow ^{239}\text{Pu} + e$ **23.** (a) 84 kg; (b) $1,7 \cdot 10^{25}$; (c) $1,3 \cdot 10^{25}$ **24.** $1,6 \cdot 10^{16}$ **25.** 0,999 38 **26.** $8,03 \cdot 10^3$ MW **27.** (b) 1,0, 0,89, 0,28, 0,019; (c) 8 **28.** $3,6 \cdot 10^9$ Jahre **29.** (a) 75 kW; (b) 5800 kg **31.** $1,7 \cdot 10^9$ Jahre **32.** (a) 30 MeV; (b) 5 MeV **33.** 170 keV **34.** $2,5 \cdot 10^4$ Jahren **35.** (a) 170 kV **36.** 1,4 MeV **37.** 0,151 **40.** 26,7 MeV **41.** (a) $3,1 \cdot 10^{31}$ Protonen/m³; (b) Faktor $1,2 \cdot 10^6$ **42.** $Q_1 = 0,42$ MeV, $Q_2 = 5,49$ MeV, $Q_3 = 12,86$ MeV **43.** (a) $4,3 \cdot 10^9$ kg/s; (b) $3,1 \cdot 10^{-4}$ **44.** (a) $6,4 \cdot 10^{14}$ J; (b) $8,2 \cdot 10^{13}$ J **45.** (a) $1,83 \cdot 10^{38}$ s⁻¹; (b) $8,25 \cdot 10^{28}$ s⁻¹ **47.** (a) 4,1 eV/Atom; (b) 9,0 MJ/kg; (c) 1500 Jahre **48.** $5 \cdot 10^9$ Jahre **49.** $1,6 \cdot 10^8$ Jahre **50.** (a) $6,3 \cdot 10^{14}$ J/kg; (b) $6,2 \cdot 10^{11}$ kg/s; (c) $4,3 \cdot 10^9$ kg/s **51.** (a) 24,9 MeV; (b) 8,65 Megatonnen **52.** $Q_{44-13} = 3,27$ MeV; $Q_{44-14} = 4,03$ MeV; $Q_{44-15} = 17,59$ MeV **53.** 14,4 kW **54.** $K_\alpha = 3,541$ MeV, $K_n = 14,05$ MeV

Kapitel 45

Kontrollfragen. 1. (a) Myonen-Familie; (b) ein Teilchen; (c) $L_\mu = +1$
2. b und e **3.** c

Fragen. 1. d **3.** das π^+ ganz links, dessen Bahn sich nach unten krümmt

5. a, b, c, d **7.** c, f **9.** 1d, 2e, 3a, 4b, 5c **11.** 1b, 2c, 3d, 4e, 5a **13.** (a) 0; (b) +1; (c) -1; (d) +1; (e) -1

Aufgaben. 1. $6,03 \cdot 10^{-29}$ kg **2.** $2,4 \cdot 10^{-43}$ **3.** 18,4 fm **4.** $\pi^- \rightarrow \mu^- + \bar{\nu}$
5. $1,08 \cdot 10^{42}$ J **6.** ≈ 1 Jahre⁻¹ **7.** 2,7 cm/s **8.** $3,1 \cdot 10^{-8}$ m **9.** 769 MeV
10. (a) $1,90 \cdot 10^{-18}$ kg · m/s; (b) 9,9 m **13.** (a) L_e , Spindrehimpuls; (b) L_μ , Ladung; (c) L_μ , Energie **14.** (a) $2e^+ + e^- + 5\nu + 4\bar{\nu}$; (b) Meson **15.** $q = 0$, $B = -1$, $S = 0$ **16.** (a) keine starke Wechselwirkung; (b) starke Wechselwirkung; (c) keine starke Wechselwirkung; (d) starke Wechselwirkung **17.** (a) Energie; (b) Strangeness; (c) Ladung **18.** (a) 605 MeV; (b) -181 MeV **19.** 338 MeV **21.** (a) \bar{K}^+ ; (b) \bar{n} ; (c) K^0 **22.** (a) 37,7 MeV; (b) 5,35 MeV; (c) 32,4 MeV **23.** (a) $\bar{u}ud$; (b) $\bar{u}dd$ **25.** (a) nicht möglich; (b) uuu **26.** (a) $\bar{u}\bar{s}\bar{d}$; (b) $\bar{u}\bar{s}\bar{s}$ **29.** Σ^0 , 7530 km/s **30.** $1,6 \cdot 10^{10}$ Lichtjahre **31.** 666 nm **32.** $3,13 \cdot 10^8$ Lichtjahre **33.** (b) 4,5 H-Atome pro Kubikmeter **34.** (b) 0,934; (c) $1,5 \cdot 10^{10}$ Lichtjahre **35.** (a) $256 \cdot 10^{-6}$ eV; (b) 4,84 mm **36.** 102 Sonnenmassen **37.** (a) 122 m/s; (b) 246 Jahre **38.** (b) $\frac{2\pi r^{3/2}}{\sqrt{GM}}$ **39.** (b) $2,38 \cdot 10^9$ K **40.** (a) 2,6 K; (b) 29 nm **41.** (a) 0,785c; (b) 0,993c; (c) C2; (d) C1; (e) 51 ns; (f) 40 ns **43.** (c) $r\alpha/c + (r\alpha/c)^2 + (r\alpha/c)^3 + \dots$; (d) $\Delta\lambda/\lambda = r\alpha/c$; (e) $\alpha = H$; (f) $7,4 \cdot 10^8$ Lichtjahre; (g) $7,8 \cdot 10^8$ Jahre; (h) $7,4 \cdot 10^8$ Jahre; (i) $7,8 \cdot 10^8$ Lichtjahre; (j) $1,2 \cdot 10^9$ Lichtjahre; (k) $1,2 \cdot 10^9$ Jahre; (l) $4,4 \cdot 10^8$ Lichtjahre **44.** $13 \cdot 10^9$ Jahre