

Inhaltsverzeichnis

1	EINSTIEG		2.3	Arbeit, Energie und Leistung	36
1.1	Motivation	11	2.3.1	Mechanische Arbeit	37
1.2	Physikalische Größen	11	2.3.2	Potenzielle Energie	37
1.3	Maßsystem und Standards	12	2.3.3	Kinetische Energie	38
1.4	Größenordnungen	15	2.3.4	Energieerhaltungssatz der Mechanik	38
1.5	Messgenauigkeit	16	2.3.5	Stoßgesetze	39
1.6	Vektoren und Koordinaten	18	2.3.6	Leistung und Wirkungsgrad	40
	<i>Zusammenfassung: Einstieg</i>	20		<i>Zusammenfassung: Arbeit, Energie und Leistung</i>	42
	<i>Testfragen und Übungsaufgaben</i>	20			
2	MECHANIK		2.4	Kinematik und Dynamik der Kreisbewegung	42
2.1	Kinematik	22	2.4.1	Grundbegriffe der Kreisbewegung	42
2.1.1	Eindimensionale Bewegungen	22	2.4.2	Radialbeschleunigung	43
2.1.1.1	Geschwindigkeit	22	2.4.3	Radialkräfte	45
2.1.1.2	Beschleunigung	24	2.4.4	CORIOLIS-Beschleunigung und -Kraft	45
2.1.1.3	Bewegungsgleichung	24		<i>Zusammenfassung: Kreisbewegung</i>	47
2.1.1.4	Der freie Fall	25	2.5	Rotation starrer Körper	48
2.1.2	Bewegungen in zwei und drei Dimensionen	27	2.5.1	Drehmoment	48
2.1.2.1	Überlagerung eindimensionaler Bewegungen	27	2.5.2	Schwerpunkt, Gleichgewicht und Statik	49
2.1.2.2	Bezugssysteme und Transformationen	28	2.5.3	Trägheitsmoment	50
	<i>Zusammenfassung: Kinematik</i>	29	2.5.4	Rotationsenergie und Drehimpuls	52
				<i>Zusammenfassung: Rotation starrer Körper</i>	53
2.2	Dynamik	30	2.6	Schwingungen und Wellen	54
2.2.1	NEWTONSche Axiome	30	2.6.1	Freie ungedämpfte Schwingungen	54
2.2.1.1	Trägheitsgesetz	30	2.6.2	Freie gedämpfte Schwingungen	57
2.2.1.2	Aktionsgesetz	31	2.6.3	Erzwungene Schwingungen	57
2.2.1.3	Reaktionsgesetz	31	2.6.4	Überlagerung von Schwingungen	59
2.2.2	Folgerungen aus den NEWTONSchen Axiomen	31	2.6.4.1	Räumliche Überlagerung	59
2.2.2.1	Kraft und Impuls	31	2.6.4.2	Zeitliche Überlagerung	60
2.2.2.2	Abgeschlossenes System und Impulserhaltungssatz	32	2.6.4.3	Gekoppelte Schwingungen	60
2.2.3	Mechanische Kräfte	33	2.6.5	Harmonische Wellen	61
2.2.3.1	Trägheitskraft	33		<i>Zusammenfassung: Schwingungen und Wellen</i>	63
2.2.3.2	Gewichtskraft	33	2.7	Gravitation und Himmelsmechanik	63
2.2.3.3	Federkraft und HOOKESches Gesetz	35	2.7.1	KEPLERSche Gesetze	63
2.2.3.4	Reibungskraft	35	2.7.2	NEWTONSches Gravitationsgesetz	64
	<i>Zusammenfassung: Dynamik</i>	36	2.7.3	Gravitationsfeld	66
			2.7.4	Ergebnisse der EINSTEINSchen Relativitätstheorien	67

2.7.4.1	Spezielle Relativitätstheorie	67	3.4	Zustandsänderungen und erster Hauptsatz	105
2.7.4.2	Allgemeine Relativitätstheorie	70	3.4.1	Volumenänderungsarbeit	105
	Zusammenfassung: Gravitation und Himmelsmechanik	71	3.4.2	Erster Hauptsatz	106
2.8	Flüssigkeiten und Gase	72	3.4.3	Zustandsänderungen	107
2.8.1	Druck	72	3.4.3.1	Isotherme Zustandsänderung	107
2.8.1.1	Kolbendruck	72	3.4.3.2	Isochore Zustandsänderung	108
2.8.1.2	Schweredruck	72	3.4.3.3	Isobare Zustandsänderung	108
2.8.1.3	Luftdruck	73	3.4.3.4	Adiabatische Zustandsänderung	109
2.8.1.4	Auftrieb	74		Zusammenfassung: Zustandsänderungen und erster Hauptsatz	111
2.8.2	Oberflächenspannung	75	3.5	Kreisprozesse und zweiter Hauptsatz	111
2.8.3	Strömungen	76	3.5.1	Kreisprozess von CARNOT	111
2.8.3.1	Reibungsfreie Strömungen	76	3.5.2	Reversibilität und Wirkungsgrad	113
2.8.3.2	Viskose Strömungen	77	3.5.3	Kreisprozesse bei Motoren	115
	Zusammenfassung: Flüssigkeiten und Gase	79	3.5.4	Zweiter Hauptsatz	115
	Testfragen und Übungsaufgaben zur Mechanik	80	3.5.5	Entropie	117
3	THERMODYNAMIK			Zusammenfassung: Kreisprozesse und zweiter Hauptsatz	120
3.1	Temperatur	84		Testfragen und Übungsaufgaben zur Thermodynamik	120
3.1.1	Skalen und Fixpunkte	84	4	ELEKTRIZITÄT UND MAGNETISMUS	
3.1.2	Thermische Ausdehnung	85	4.1	Elektrostatik	123
3.1.3	Temperaturmessung	87	4.1.1	Elektrische Ladungen und die COULOMB-Kraft	123
	Zusammenfassung: Temperatur	88	4.1.2	Elektrisches Feld	125
3.2	Wärme	89	4.1.3	Potenzial und Spannung	127
3.2.1	Wärmekapazität	89	4.1.4	Kondensator und Kapazität	129
3.2.2	Aggregatzustände	90	4.1.4.1	Plattenkondensator	129
3.2.3	Wärmetransport	93	4.1.4.2	Dielektrikum im Kondensator	130
3.2.3.1	Konvektion	94	4.1.4.3	Kondensator als Energiespeicher	132
3.2.3.2	Wärmeleitung	94		Zusammenfassung: Elektrostatik	133
3.2.3.3	Wärmestrahlung	96	4.2	Strom und Widerstand	133
	Zusammenfassung: Wärme	99	4.2.1	Stromstärke und Stromdichte	134
3.3	Ideale Gase	99	4.2.2	Widerstand	135
3.3.1	Molare Größen	99	4.2.3	Stromkreise und Stromverzweigungen	138
3.3.2	Zustandsgleichung	100		Zusammenfassung: Strom und Widerstand	141
3.3.3	Kinetische Gastheorie	102			
3.3.3.1	Druck	102			
3.3.3.2	Temperatur und Energie	103			
3.3.3.3	MAXWELLSche Geschwindigkeitsverteilung und BOLTZMANN-Faktor	104			
	Zusammenfassung: Ideale Gase	105			

4.3	Magnetfeld	142	4.7.5.2	Störstellenleitung	177
4.3.1	Magnetische Phänomene	142	4.7.5.3	pn-Übergang	178
4.3.2	Strom und Magnetfeld	143	4.7.5.4	Halbleiterdioden	178
4.3.3	Materie im Magnetfeld	145	4.7.5.5	Transistoren	179
4.3.4	Strom und magnetische Kraft	147	Zusammenfassung: Grundlagen der Elektronik		180
4.3.5	LORENTZ-Kraft	148	Testfragen und Übungsaufgaben zu Elektrizität		
Zusammenfassung: Magnetfeld		151	und Magnetismus		181
4.4	Elektromagnetische Induktion	151	5	OPTIK	
4.4.1	Induktion durch Bewegung	151	5.1	Grundlagen der Strahlenoptik	185
4.4.2	Induktionsgesetz	152	5.1.1	Lichtausbreitung	185
4.4.3	LENZsche Regel	153	5.1.2	Reflexion	187
4.4.4	Selbstinduktion	154	5.1.3	Brechung und Totalreflexion	188
4.4.5	Energie des Magnetfeldes	156	Zusammenfassung: Grundlagen der Strahlen-		
Zusammenfassung: Elektromagnetische			optik		191
Induktion		156	5.2	Strahlenoptische Abbildungen	192
4.5	Wechselstrom	157	5.2.1	Eigenschaften von Linsen	192
4.5.1	Generator und Transformator	157	5.2.2	Abbildungen mit Linsen	193
4.5.2	Wechselstromwiderstand	159	5.2.3	Linsensysteme und Abbildungsfehler	195
4.5.3	Phasenbeziehungen im Wechselstrom-	160	Zusammenfassung: Strahlenoptische		
Zusammenfassung: Wechselstrom		162	Abbildungen		196
4.6	Elektromagnetische Schwingungen und		5.3	Strahlenoptische Instrumente	196
	Wellen	162	5.3.1	Kamera und Auge	196
4.6.1	Schwingkreis	163	5.3.2	Fernrohre	198
4.6.2	MAXWELLSche Gleichungen	164	5.3.3	Mikroskop	200
4.6.3	Elektromagnetische Wellen	166	Zusammenfassung: Strahlenoptische		
4.6.3.1	Abstrahlung	166	Instrumente		201
4.6.3.2	Ausbreitung	166	5.4	Grundlagen der Wellenoptik	201
4.6.3.3	Eigenschaften	168	5.4.1	Interferenz und Kohärenz	202
Zusammenfassung: Elektromagnetische			5.4.2	Wellenausbreitung	204
Schwingungen und Wellen		170	5.4.3	Beugung	205
4.7	Grundlagen der Elektronik	170	Zusammenfassung: Grundlagen der Wellenoptik		206
4.7.1	Elektronen im Vakuum	170	5.5	Anwendungen der Wellenoptik	207
4.7.1.1	Glühelctrischer Effekt	170	5.5.1	Beugungsbegrenztes Auflösungs-	
4.7.1.2	Beschleunigung im elektrischen Feld	171	vermögen		207
4.7.1.3	Ablenkung im magnetischen Feld	173	5.5.2	Beugungsgitter	208
4.7.2	Elektronen in Gasen	173	5.5.3	Holografie	210
4.7.3	Ladungen in Flüssigkeiten	174	5.5.4	Interferometrie	211
4.7.4	Elektronen in Metallen	176	Zusammenfassung: Anwendungen der		
4.7.5	Ladungsträger in Halbleitern	177	Wellenoptik		213
4.7.5.1	Eigenleitung	177			

5.6	Polarisationsoptik	213
5.6.1	Grundbegriffe	213
5.6.2	Erzeugung polarisierten Lichtes	214
5.6.3	Anwendungen polarisierten Lichtes	216
	<i>Zusammenfassung: Polarisationsoptik</i>	217
	<i>Testfragen und Übungsaufgaben zur Optik</i>	217

6 QUANTEN UND ATOME

6.1	Welle-Teilchen-Dualismus	220
6.1.1	Quantenoptik	220
6.1.1.1	Fotoeffekt	220
6.1.1.2	Eigenschaften von Photonen	223
6.1.1.3	COMPTON-Effekt	223
6.1.2	Materiewellen	224
6.1.3	HEISENBERGSche Unschärferelation	225
	<i>Zusammenfassung: Welle-Teilchen-Dualismus</i>	227
6.2	Atomhülle	228
6.2.1	RUTHERFORDSches Planetenmodell	228
6.2.2	BOHRsches Atommodell	228
6.2.3	Quantenzahlen und das PAULI-Prinzip	230
6.2.4	Wellenmodell und Quantenmechanik	232
	<i>Zusammenfassung: Atomhülle</i>	236
6.3	Quanten-Emission und -Absorption	236
6.3.1	Atomspektren	236
6.3.2	Laser	239
6.3.2.1	Stimulierte Emission	239
6.3.2.2	Besetzungsumkehr	239
6.3.2.3	Resonator	240
6.3.2.4	Rubin- und Helium-Neon-Laser	240
6.3.2.5	Eigenschaften und Anwendungen	241
6.3.3	Röntgenstrahlung	243
6.3.3.1	Bremsspektrum	243

6.3.3.2	Charakteristisches Röntgenspektrum	243
6.3.3.3	Anwendungen	244
	<i>Zusammenfassung: Quanten-Emission und -Absorption</i>	245
6.4	Festkörper	245
6.4.1	Bindung und Struktur	245
6.4.2	Bändermodell	247
6.4.3	FERMI-Energie	247
6.4.4	Elektronen- und Löcherleitung	248
6.4.5	Halbleiter-Bauelemente	250
	<i>Zusammenfassung: Festkörper</i>	251

6.5	Atomkern	251
6.5.1	Nukleonen	251
6.5.2	Masse und Massendefekt	253
6.5.3	Radioaktivität	255
6.5.3.1	Strahlungen	255
6.5.3.2	Kernumwandlungen	256
6.5.3.3	Aktivität und Dosis	258
6.5.3.4	Strahlungsnachweis	260
6.5.4	Kernenergie	261
6.5.4.1	Kernspaltung	261
6.5.4.2	Kernfusion	263
	<i>Zusammenfassung: Atomkern</i>	265
	<i>Testfragen und Übungsaufgaben zu Quanten und Atome</i>	266

ANHANG

• Antworten zu den Testfragen und Musterlösungen zu den Übungsaufgaben	269
• Nützliche mathematische Beziehungen	309
• Quellen- und Literaturverzeichnis	312
• Verzeichnis der Bildquellen	314
• Sachwortverzeichnis	315