

<b>G</b>	<b>GRÖSSEN UND EINHEITEN . . . . .</b>	<b>27</b>
1.	Physikalische Größen. . . . .	27
1.1.	Basisgrößenarten . . . . .	27
1.2.	Abgeleitete Größenarten . . . . .	27
1.3.	Formelzeichen. . . . .	28
1.4.	Dimension . . . . .	28
1.5.	Skalare Größen . . . . .	29
1.6.	Vektorielle Größen . . . . .	29
1.7.	Rechnen mit vektoriellen Größen . . . . .	30
1.7.1.	Summe vektorieller Größen . . . . .	30
1.7.2.	Differenz vektorieller Größen . . . . .	31
1.7.3.	Produkt einer vektoriellen mit einer skalaren Größe	31
1.7.4.	Skalarprodukt zweier vektorieller Größen . . . . .	32
1.7.5.	Vektorprodukt zweier vektorieller Größen . . . . .	32
1.7.6.	Komponentendarstellung vektorieller Größen . . . . .	33
2.	Gleichungen physikalischer Größen . . . . .	34
2.1.	Größengleichungen. . . . .	34
2.2.	Zugeschnittene Größengleichungen . . . . .	34
2.2.1.	Tabellenköpfe . . . . .	36
2.2.2.	Koordinatenachsen. . . . .	36
2.3.	Zahlenwertgleichungen . . . . .	37
3.	Internationales Einheitensystem (SI) . . . . .	37
3.1.	Basiseinheiten (Grundeinheiten) des SI . . . . .	37
3.2.	Abgeleitete SI-Einheiten . . . . .	37
3.3.	Dezimale Vielfache und Teile der SI-Einheiten. . . . .	38
3.4.	SI-fremde Einheiten . . . . .	39
3.5.	Gesetzliche Einheiten. . . . .	39
3.6.	Einheiten der wichtigsten physikalischen Größenarten. . . . .	39

<b>M</b>	<b>MECHANIK</b> . . . . .	<b>51</b>
<b>4.</b>	<b>Basiseinheiten (Grundeinheiten) der Mechanik</b> . . .	<b>51</b>
4.1.	Einheit der Länge . . . . .	51
4.1.1.	Längenmessung . . . . .	52
4.1.2.	Flächenmessung . . . . .	52
4.1.3.	Volumenmessung . . . . .	52
4.1.4.	Winkelmessung . . . . .	53
4.2.	Zeiteinheit . . . . .	54
4.3.	Masseinheit . . . . .	54
<b>5.</b>	<b>Statik des starren Körpers</b> . . . . .	<b>55</b>
5.1.	Zusammensetzen von Kräften . . . . .	55
5.1.1.	Kräfte mit gleicher Wirkungslinie . . . . .	56
5.1.2.	Kräfte mit gemeinsamem Angriffspunkt . . . . .	56
5.1.3.	Kräfte mit verschiedenen Angriffspunkten . . . . .	57
5.1.4.	Parallele Kräfte . . . . .	57
5.2.	Zerlegen von Kräften. . . . .	58
5.3.	Drehmoment . . . . .	59
5.4.	Gleichgewichtsbedingungen . . . . .	60
5.5.	Einfache Maschinen . . . . .	60
5.5.1.	Hebel . . . . .	61
5.5.2.	Feste Rolle . . . . .	61
5.5.3.	Lose Rolle . . . . .	62
5.5.4.	Flaschenzug . . . . .	62
5.5.5.	Differentialflaschenzug . . . . .	62
5.5.6.	Geneigte Ebene . . . . .	63
5.5.7.	Keil . . . . .	63
5.5.8.	Schraube . . . . .	64
5.6.	Gleichgewicht . . . . .	65
5.6.1.	Schwerpunkt (Massenmittelpunkt) . . . . .	65
5.6.2.	Gleichgewichtsarten . . . . .	67
5.6.3.	Standfestigkeit . . . . .	67
<b>6.</b>	<b>Kinematik (Bewegungslehre)</b> . . . . .	<b>68</b>
6.1.	Translation (geradlinige Bewegung) . . . . .	68
6.1.1.	Gleichförmige Translation . . . . .	69
6.1.2.	Gleichmäßig beschleunigte Translation . . . . .	70
6.1.3.	Ungleichmäßig beschleunigte Translation . . . . .	73
6.2.	Fall und Wurf . . . . .	76
6.2.1.	Freier Fall . . . . .	76
6.2.2.	Senkrechter Wurf . . . . .	77
6.2.3.	Zusammengesetzte Bewegungen . . . . .	78

6.2.4.	Waagerechter Wurf . . . . .	79
6.2.5.	Schräger Wurf. . . . .	80
6.3.	Rotation (Drehbewegung). . . . .	83
6.3.1.	Gleichförmige Rotation . . . . .	85
6.3.2.	Gleichmäßig beschleunigte Rotation . . . . .	86
6.3.3.	Ungleichmäßig beschleunigte Rotation . . . . .	90
6.3.4.	Bewegung auf der Kreisbahn (Umfangsbewegung) . . . . .	93
6.3.5.	Größen der Rotation als Vektoren . . . . .	94
6.4.	Krummlinige Bewegung . . . . .	94
6.4.1.	Radialbeschleunigung (Normalbeschleunigung). . . . .	96
7.	Dynamik . . . . .	97
7.1.	Kräfte bei der Translation . . . . .	97
7.1.1.	Masse und Kraft. . . . .	97
7.1.2.	Dichte . . . . .	100
7.1.3.	Federkraft . . . . .	102
7.1.4.	Reibungskraft . . . . .	103
7.1.5.	Trägheitskräfte bei der Translation . . . . .	104
7.2.	Arbeit, Energie und Leistung . . . . .	105
7.2.1.	Arbeit . . . . .	105
7.2.2.	Energie . . . . .	110
7.2.3.	Gesetz von der Erhaltung der Energie . . . . .	112
7.2.4.	Leistung . . . . .	113
7.2.5.	Wirkungsgrad . . . . .	114
7.3.	Impuls und Stoß. . . . .	115
7.3.1.	Impuls (Bewegungsgröße). . . . .	115
7.3.2.	Impulssatz . . . . .	117
7.3.3.	Elastischer Stoß (gerade, zentral) . . . . .	117
7.3.4.	Unelastischer Stoß (gerade, zentral) . . . . .	119
7.3.5.	Teilelastischer Stoß (gerade, zentral) . . . . .	120
7.4.	Dynamik der Drehbewegung (Dynamik starrer Körper) . . . . .	122
7.4.1.	Zentripetalkraft (Radialkraft) . . . . .	122
7.4.2.	Trägheitskräfte bei der Rotation. . . . .	123
7.4.3.	Dynamisches Grundgesetz der Rotation. . . . .	124
7.4.4.	Massenträgheitsmoment . . . . .	125
7.4.5.	Arbeit bei der Rotation . . . . .	131
7.4.6.	Leistung bei der Rotation . . . . .	132
7.4.7.	Rotationsergie . . . . .	133
7.4.8.	Drehimpuls (Drall). . . . .	134
7.5.	Massenanziehung (Gravitation) . . . . .	136
7.5.1.	Gravitationsgesetz . . . . .	137
7.5.2.	Fallbeschleunigung. . . . .	138
7.5.3.	Schwerefeld (Gravitationsfeld) . . . . .	139

7.5.4.	Arbeit im Gravitationsfeld . . . . .	140
7.5.5.	Astronautische Geschwindigkeiten . . . . .	140
7.5.6.	Planetenbewegung . . . . .	142
8.	Ruhende Flüssigkeiten (Hydrostatik). . . . .	144
8.1.	Druck in Flüssigkeiten . . . . .	145
8.1.1.	Kolbendruck . . . . .	145
8.1.2.	Schweredruck . . . . .	146
8.2.	Kompressibilität . . . . .	147
8.3.	Auftrieb . . . . .	147
8.3.1.	Bestimmung der Dichte fester Körper . . . . .	148
8.3.2.	Bestimmung der Dichte von Flüssigkeiten . . . . .	149
9.	Ruhende Gase (Aerostatik) . . . . .	149
9.1.	Druck und Volumen eines Gases . . . . .	150
9.1.1.	Überdruck . . . . .	150
9.1.2.	Messung des Gasdrucks . . . . .	151
9.2.	Luftdruck . . . . .	151
9.2.1.	Luftdruckmessung . . . . .	153
9.2.2.	Wirkung des Luftdrucks . . . . .	153
10.	Strömungen. . . . .	153
10.1.	Reibungsfreie Strömung . . . . .	154
10.1.1.	Ausfluß aus Gefäßen . . . . .	154
10.1.2.	Durchfluß durch Röhren . . . . .	155
10.1.3.	Druck in Strömungen . . . . .	156
10.1.4.	Druckmessung in Strömungen . . . . .	158
10.2.	Laminare Strömung . . . . .	160
10.2.1.	Dynamische Viskosität (Zähigkeit) . . . . .	160
10.2.2.	Laminare Strömung durch ein Rohr . . . . .	162
10.2.3.	Laminare Strömung um eine Kugel . . . . .	164
10.3.	Turbulente Strömung . . . . .	165
10.3.1.	Strömungswiderstand . . . . .	165
10.3.2.	Strömungsleistung . . . . .	166
10.3.3.	REYNOLDSSches Ähnlichkeitsgesetz . . . . .	166
11.	Moleküle . . . . .	167
11.1.	Molekularkräfte . . . . .	167
11.1.1.	Kohäsion und Adhäsion . . . . .	168
11.1.2.	Oberflächenspannung. . . . .	168
11.1.3.	Kapillarität . . . . .	170
11.2.	Molekularbewegung . . . . .	171
11.2.1.	Diffusion . . . . .	172

11.2.2.	Osmose . . . . .	172
11.3.	Lösungen . . . . .	172
11.3.1.	Echte Lösungen (molekulardisperse Systeme) . . . . .	173
11.3.2.	Kolloide Lösungen (kolloiddisperse Systeme) . . . . .	173
11.3.3.	Korpuskulardisperse Systeme . . . . .	173
12.	Elastizität fester Körper . . . . .	174
12.1.	Dehnung . . . . .	175
12.2.	Kompressibilität . . . . .	177
12.3.	Scherung . . . . .	179
12.4.	Härte . . . . .	180
<b>W</b>	<b>WÄRMELEHRE . . . . .</b>	<b>182</b>
13.	Temperatur . . . . .	182
13.1.	Temperaturmessung . . . . .	183
13.1.1.	Temperaturskalen . . . . .	183
13.1.2.	Thermometer . . . . .	184
13.2.	Ausdehnung fester Körper . . . . .	185
13.2.1.	Längenausdehnung . . . . .	185
13.2.2.	Flächenausdehnung . . . . .	186
13.2.3.	Raumausdehnung . . . . .	186
13.3.	Ausdehnung von Flüssigkeiten . . . . .	187
13.3.1.	Änderung der Dichte . . . . .	188
13.4.	Ausdehnung der Gase . . . . .	189
13.4.1.	Volumenänderung durch Erwärmen . . . . .	189
13.4.2.	Druckänderung durch Erwärmen . . . . .	190
13.5.	Gasgesetze . . . . .	192
13.5.1.	Zustandsgleichung der Gase . . . . .	192
13.5.2.	Stoffmenge . . . . .	195
13.5.3.	Gasdichten . . . . .	196
13.5.4.	Volumen im Normzustand (Normvolumen) . . . . .	197
13.5.5.	Gasgemische . . . . .	197
14.	Wärmeenergie . . . . .	198
14.1.	Wärmemenge . . . . .	199
14.1.1.	Wärmeinhalt . . . . .	199
14.1.2.	Wärmekapazität . . . . .	200
14.1.3.	Wasserwert . . . . .	201
14.2.	Spezifische Wärmekapazität . . . . .	201
14.3.	Wärmemischung . . . . .	203
14.4.	Wärmequellen . . . . .	204

14.4.1.	Sonnenenergie . . . . .	205
14.4.2.	Verbrennungsenergie . . . . .	205
14.4.3.	Elektrische Energie . . . . .	206
14.4.4.	Mechanische Energie . . . . .	207
15.	Aggregatzustände . . . . .	207
15.1.	Schmelzen und Erstarren . . . . .	208
15.1.1.	Schmelzpunkt . . . . .	208
15.1.2.	Schmelzpunkt von Lösungen . . . . .	208
15.1.3.	Volumenänderung . . . . .	209
15.1.4.	Schmelzwärme . . . . .	210
15.1.5.	Lösungswärme . . . . .	211
15.2.	Verdampfen und Kondensieren . . . . .	211
15.2.1.	Siedepunkt . . . . .	211
15.2.2.	Siedepunkt von Lösungen . . . . .	211
15.2.3.	Volumenänderung . . . . .	212
15.2.4.	Verdampfungswärme . . . . .	212
15.2.5.	Verdunsten . . . . .	213
15.2.6.	Sublimieren . . . . .	213
15.3.	Dämpfe . . . . .	213
15.3.1.	Gesättigter Dampf . . . . .	214
15.3.2.	Ungesättigter Dampf . . . . .	214
15.3.3.	Dampfbildung im gaserfüllten Raum . . . . .	215
15.3.4.	Tripelpunkt . . . . .	215
15.3.5.	Luftfeuchtigkeit . . . . .	216
15.4.	Reale Gase . . . . .	218
15.4.1.	Zustandsgleichung realer Gase . . . . .	218
15.4.2.	Kritische Temperatur . . . . .	219
15.4.3.	Verflüssigung der Gase . . . . .	220
16.	Zustandsänderung des idealen Gases . . . . .	221
16.1.	Erster Hauptsatz . . . . .	222
16.1.1.	Volumenarbeit . . . . .	222
16.1.2.	Innere Energie . . . . .	223
16.1.3.	Enthalpie . . . . .	224
16.2.	Isochore Zustandsänderung . . . . .	224
16.3.	Isobare Zustandsänderung . . . . .	225
16.4.	Isotherme Zustandsänderung . . . . .	226
16.5.	Adiabatische Zustandsänderung . . . . .	228
16.6.	Polytrophe Zustandsänderung . . . . .	231
16.7.	Kreisprozesse . . . . .	235
16.7.1.	CARNOTScher Kreisprozeß . . . . .	236
16.7.2.	Thermischer Wirkungsgrad des CARNOT-Prozesses . . . . .	237
16.7.3.	Thermische Maschinen . . . . .	238

16.8.	Zweiter Hauptsatz . . . . .	240
16.8.1.	Reversible und irreversible Prozesse . . . . .	240
16.8.2.	Entropie . . . . .	241
17.	Kinetische Wärmetheorie . . . . .	245
17.1.	Anzahl und Masse der Moleküle . . . . .	245
17.1.1.	LOSCHMIDT-Konstante . . . . .	245
17.1.2.	AVOGADRO-Konstante . . . . .	245
17.1.3.	BOLTZMANN-Konstante . . . . .	246
17.1.4.	Masse eines Moleküls . . . . .	246
17.2.	Druck in einem Gas . . . . .	247
17.3.	Geschwindigkeit der Moleküle . . . . .	248
17.3.1.	MAXWELL-Verteilung der Geschwindigkeit . . . . .	248
17.3.2.	Wahrscheinlichste Geschwindigkeit . . . . .	250
17.3.3.	Mittlere energetische Geschwindigkeit . . . . .	250
17.3.4.	Mittelwert der Geschwindigkeit . . . . .	251
17.4.	Energie der Moleküle . . . . .	251
17.4.1.	Kinetische Energie eines Moleküls . . . . .	251
17.4.2.	Gleichverteilungssatz . . . . .	252
17.4.3.	Innere Energie und spezifische Wärmekapazität . . . . .	253
17.5.	Stoßzahl und freie Weglänge . . . . .	254
17.5.1.	Mittlere Stoßzahl . . . . .	254
17.5.2.	Mittlere freie Weglänge . . . . .	256
18.	Wärmetransport . . . . .	257
18.1.	Wärmeströmung (Konvektion) . . . . .	257
18.2.	Wärmeleitung . . . . .	257
18.2.1.	Stationäre Wärmeleitung . . . . .	257
18.2.2.	Wärmeübergang . . . . .	259
18.2.3.	Wärmedurchgang . . . . .	261
18.3.	Temperaturstrahlung . . . . .	263
18.3.1.	Absorption . . . . .	264
18.3.2.	Emission . . . . .	265
18.3.3.	Strahlungsgesetz von STEFAN und BOLTZMANN . . . . .	265
18.3.4.	Strahlungsgesetz von PLANCK . . . . .	267
18.3.5.	Verschiebungsgesetz von WIEN . . . . .	267
S	SCHWINGUNGEN UND WELLEN . . . . .	269
19.	Mechanische Schwingungen . . . . .	269
19.1.	Ungedämpfte harmonische Schwingung . . . . .	270
19.1.1.	Schwingungsgleichung . . . . .	270
19.1.2.	Phasenwinkel . . . . .	271

19.1.3.	Elongation . . . . .	271
19.1.4.	Geschwindigkeit . . . . .	272
19.1.5.	Beschleunigung . . . . .	273
19.2.	Eigenfrequenz der ungedämpften harmonischen Schwingung . . . . .	274
19.2.1.	Lineare Federschwingung . . . . .	275
19.2.2.	Drehschwingung . . . . .	276
19.2.3.	Pendelschwingungen . . . . .	277
19.2.4.	Flüssigkeitsschwingungen . . . . .	279
19.2.5.	Schwingungsenergie . . . . .	280
19.3.	Freie gedämpfte Schwingung . . . . .	282
19.3.1.	Schwingungsgleichung . . . . .	282
19.3.2.	Elongation . . . . .	283
19.3.3.	Eigenfrequenz . . . . .	284
19.3.4.	Aperiodische Bewegung . . . . .	285
19.4.	Erzwungene Schwingung . . . . .	287
19.4.1.	Schwingungsgleichung . . . . .	287
19.4.2.	Elongation . . . . .	288
19.4.3.	Resonanz . . . . .	289
19.5.	Überlagerung von Schwingungen. . . . .	292
19.5.1.	Schwingungen gleicher Richtung und Frequenz . . . . .	292
19.5.2.	Schwingungen gleicher Richtung und ungleicher Frequenz . . . . .	294
19.5.3.	Schwingungen ungleicher Richtung. . . . .	296
19.6.	Gekoppelte Schwingungen . . . . .	300
20.	Mechanische Wellen . . . . .	301
20.1.	Wellenausbreitung . . . . .	301
20.1.1.	HUYGENSSches Prinzip . . . . .	301
20.1.2.	Wellenarten. . . . .	302
20.2.	Lineare Sinuswelle . . . . .	303
20.2.1.	Wellengleichung . . . . .	304
20.2.2.	Elongation . . . . .	304
20.2.3.	Phasengeschwindigkeit . . . . .	305
20.2.4.	Reflexion . . . . .	306
20.2.5.	Stehende Wellen. . . . .	306
20.3.	Oberflächen- und Raumwellen . . . . .	307
20.3.1.	Überlagerung . . . . .	307
20.3.2.	Reflexion . . . . .	308
20.3.3.	Brechung . . . . .	309
20.3.4.	Beugung . . . . .	310
20.4.	Größen des Wellenfeldes . . . . .	310
20.4.1.	Energiedichte . . . . .	310
20.4.2.	Energiestrom . . . . .	311



20.4.3.	Leistung . . . . .	311
20.4.4.	Intensität. . . . .	312
20.4.5.	Wellenwiderstand . . . . .	312
<b>A</b>	<b>AKUSTIK . . . . .</b>	<b>314</b>
<b>21.</b>	<b>Schallerzeugung . . . . .</b>	<b>314</b>
21.1.	Wesen des Schalls . . . . .	314
21.2.	Schallquellen . . . . .	315
21.2.1.	Schwingende Saiten . . . . .	315
21.2.2.	Schwingende Luftsäulen . . . . .	315
21.3.	Tonleiter . . . . .	316
21.3.1.	Harmonische (diatonische) Tonleiter . . . . .	316
21.3.2.	Chromatische Tonleiter . . . . .	317
21.3.3.	Gleichmäßig temperierte chromatische Tonleiter . . . . .	318
21.3.4.	Normstimmton (Kammerton) . . . . .	318
21.3.5.	Intervalle . . . . .	319
<b>22.</b>	<b>Schallausbreitung . . . . .</b>	<b>321</b>
22.1.	Schallgeschwindigkeit . . . . .	321
22.1.1.	Schallgeschwindigkeit in Festkörpern . . . . .	321
22.1.2.	Schallgeschwindigkeit in Flüssigkeiten . . . . .	321
22.1.3.	Schallgeschwindigkeit in Gasen . . . . .	322
22.1.4.	Schallgeschwindigkeit in Luft . . . . .	322
22.2.	DOPPLER-Effekt . . . . .	323
22.3.	Überlagerung von Schallwellen . . . . .	327
22.3.1.	Auslöschung . . . . .	327
22.3.2.	Verstärkung. . . . .	327
22.3.3.	Schwebung . . . . .	327
<b>23.</b>	<b>Schallmessung. . . . .</b>	<b>328</b>
23.1.	Schallfeldgrößen . . . . .	328
23.1.1.	Schallschnelle . . . . .	328
23.1.2.	Schalldruck . . . . .	329
23.1.3.	Schallstärke. . . . .	331
23.1.4.	Schallpegel . . . . .	332
23.1.5.	Relativer Schallpegel . . . . .	334
23.2.	Hören . . . . .	335
23.2.1.	Hörfläche. . . . .	335
23.2.2.	Lautstärke . . . . .	336
23.2.3.	Bewerteter Schallpegel . . . . .	337

24.	Ultraschall . . . . .	337
24.1.	Eigenschaften . . . . .	337
24.1.1.	Schallstärke . . . . .	338
24.1.2.	Ausbreitung . . . . .	338
24.2.	Erzeugung von Ultraschall . . . . .	338
<b>0</b>	<b>OPTIK.</b> . . . . .	<b>340</b>
25.	Geometrische Optik . . . . .	340
25.1.	Lichtausbreitung . . . . .	340
25.1.1.	Geradlinigkeit der Ausbreitung . . . . .	340
25.1.2.	Lichtgeschwindigkeit . . . . .	340
25.2.	Reflexion . . . . .	341
25.2.1.	Reflexionsgesetz . . . . .	341
25.2.2.	Ebener Spiegel . . . . .	342
25.2.3.	Konkavspiegel (Hohlspiegel) . . . . .	342
25.2.4.	Konvexspiegel (Wölbspiegel) . . . . .	344
25.3.	Brechung . . . . .	345
25.3.1.	Brechungsgesetz . . . . .	345
25.3.2.	Totalreflexion . . . . .	346
25.3.3.	Planparallele Platte . . . . .	347
25.3.4.	Prisma . . . . .	347
25.4.	Linsen . . . . .	348
25.4.1.	Linsenarten . . . . .	349
25.4.2.	Konstruktion des Linsenbildes . . . . .	350
25.4.3.	Abbildungsgesetze . . . . .	350
25.4.4.	Bestimmung der Brennweite . . . . .	351
25.4.5.	Dicke Linsen . . . . .	353
25.4.6.	Abbildungsfehler . . . . .	354
25.5.	Optische Geräte . . . . .	355
25.5.1.	Projektionsapparat . . . . .	355
25.5.2.	Fotoapparat (Kamera) . . . . .	356
25.5.3.	Auge . . . . .	357
25.5.4.	Lupe . . . . .	359
25.5.5.	Mikroskop . . . . .	360
25.5.6.	Fernrohre . . . . .	361
25.6.	Zerlegung des Lichtes . . . . .	363
25.6.1.	Lichtquellen . . . . .	363
25.6.2.	Lichtzerlegung . . . . .	364
25.6.3.	Komplementärfarben . . . . .	365
25.6.4.	Farbmischung . . . . .	365
25.6.5.	Spektren . . . . .	366
25.6.6.	Dispersion . . . . .	367

26.	Wellenoptik . . . . .	368
26.1.	Interferenz . . . . .	368
26.1.1.	Farben dünner Blättchen . . . . .	369
26.1.2.	NEWTONSche Ringe . . . . .	370
26.2.	Beugung . . . . .	371
26.2.1.	Beugung am engen Spalt . . . . .	371
26.2.2.	Beugung am Doppelspalt . . . . .	372
26.2.3.	Beugungsgitter . . . . .	373
26.2.4.	Beugungsspektrum . . . . .	373
26.2.5.	Beugung an kreisförmiger Öffnung . . . . .	374
26.2.6.	Auflösungsvermögen optischer Instrumente . . . . .	374
26.3.	Polarisation . . . . .	375
26.3.1.	Polarisation durch Reflexion . . . . .	376
26.3.2.	Polarisation durch Doppelbrechung . . . . .	377
26.3.3.	Spannungsdoppelbrechung . . . . .	378
26.3.4.	KERR-Effekt . . . . .	379
26.3.5.	Drehung der Schwingungsebene . . . . .	379
26.3.6.	FARADAY-Effekt . . . . .	380
27.	Lichtstrahlung . . . . .	380
27.1.	Strahlungsgrößen . . . . .	381
27.2.	Fotometrische Größen . . . . .	383
27.2.1.	Spektraler Hellempfindlichkeitsgrad . . . . .	383
27.2.2.	Lichtstärke . . . . .	384
27.2.3.	Leuchtdichte . . . . .	385
27.2.4.	Lichtstrom . . . . .	386
27.2.5.	Spezifische Lichtausstrahlung . . . . .	387
27.2.6.	Lichtmenge . . . . .	388
27.2.7.	Beleuchtungsstärke . . . . .	388
27.2.8.	Belichtung . . . . .	390
27.3.	Fotometer . . . . .	391
27.3.1.	Messung der Lichtstärke . . . . .	391
27.3.2.	Messung des Gesamtlichtstroms . . . . .	391
27.3.3.	Messung der Beleuchtungsstärke . . . . .	392

**E ELEKTRIZITÄTSLEHRE . . . . . 393**

28.	Gleichstromkreis . . . . .	393
28.1.	Elektrischer Strom . . . . .	393
28.1.1.	Stromstärke . . . . .	393
28.1.2.	Elektrizitätsmenge (elektrische Ladung) . . . . .	393
28.2.	Spannung . . . . .	394
28.2.1.	Urspannung $U_e$ (Quellenspannung $U_q$ ) . . . . .	394

28.2.2.	Spannungsabfall $U$ . . . . .	395
28.3.	Elektrischer Widerstand . . . . .	395
28.3.1.	Spezifischer Widerstand . . . . .	396
28.3.2.	Widerstand und Temperatur . . . . .	397
28.4.	Elektrischer Stromkreis . . . . .	398
28.5.	Stromverzweigung . . . . .	400
28.6.	Schaltung von Widerständen . . . . .	401
28.6.1.	Reihenschaltung von Widerständen . . . . .	401
28.6.2.	Parallelschaltung von Widerständen . . . . .	401
28.6.3.	Spannungsteiler . . . . .	402
28.6.4.	WHEATSTONESche Meßbrücke . . . . .	403
28.7.	Messung von Strom und Spannung . . . . .	403
28.7.1.	Strommesser . . . . .	404
28.7.2.	Spannungsmesser . . . . .	404
28.8.	Elektrische Arbeit und Leistung . . . . .	405
28.8.1.	Elektrische Arbeit . . . . .	405
28.8.2.	Elektrische Leistung . . . . .	406
29.	Elektrisches Feld . . . . .	407
29.1.	Ladung . . . . .	407
29.2.	Elektrische Feldstärke . . . . .	408
29.2.1.	Elektrisches Potential . . . . .	409
29.2.2.	Verschiebungsdichte . . . . .	411
29.2.3.	Dielektrikum . . . . .	412
29.2.4.	Feldstärke an Kugeloberflächen . . . . .	413
29.3.	Kapazität . . . . .	414
29.3.1.	Kondensator . . . . .	415
29.3.2.	Parallelschaltung von Kondensatoren . . . . .	417
29.3.3.	Reihenschaltung von Kondensatoren . . . . .	418
29.4.	Kraft und Energie im elektrischen Feld . . . . .	418
29.4.1.	Kraft . . . . .	418
29.4.2.	Energie des Feldes . . . . .	420
29.4.3.	Energiedichte . . . . .	421
29.4.4.	Auf- und Entladung eines Kondensators . . . . .	421
30.	Magnetisches Feld . . . . .	422
30.1.	Dauermagnetismus (permanenter Magnetismus) . . . . .	422
30.1.1.	Stabmagnet . . . . .	422
30.1.2.	Magnetisches Feld der Erde . . . . .	423
30.2.	Elektromagnetismus . . . . .	423
30.2.1.	Magnetische Feldstärke . . . . .	424
30.2.2.	Durchflutungsgesetz . . . . .	426
30.2.3.	Magnetische Spannung . . . . .	427
30.2.4.	Magnetische Induktion (Flußdichte) . . . . .	428

30.2.5.	Magnetischer Fluß . . . . .	429
30.2.6.	Stoff im magnetischen Feld . . . . .	430
30.2.7.	Ferromagnetische Stoffe . . . . .	432
30.3.	Elektromagnetische Induktion . . . . .	435
30.3.1.	Induktionsgesetz . . . . .	435
30.3.2.	Induktion im bewegten Leiter . . . . .	435
30.3.3.	Selbstinduktion . . . . .	436
30.3.4.	Schaltung von Induktivitäten . . . . .	438
30.3.5.	Ein- und Ausschalten von Stromkreisen mit Induk- tivität . . . . .	439
30.4.	Kraft und Energie im magnetischen Feld . . . . .	440
30.4.1.	Kraftwirkungen . . . . .	440
30.4.2.	Energie des Feldes . . . . .	445
30.4.3.	Energiedichte . . . . .	447
30.4.4.	Elektrische und magnetische Feldgrößen . . . . .	447
31.	Elektrische Maschinen . . . . .	447
31.1.	Generatoren . . . . .	448
31.1.1.	Wechselstromgenerator . . . . .	448
31.1.2.	Gleichstromgenerator . . . . .	451
31.1.3.	Drehstromgenerator . . . . .	452
31.2.	Motoren . . . . .	453
31.2.1.	Wechselstrommotoren . . . . .	454
31.2.2.	Gleichstrommotoren . . . . .	454
31.2.3.	Drehstrommotoren . . . . .	455
32.	Wechselstromkreis . . . . .	455
32.1.	Effektivwerte von Strom und Spannung . . . . .	456
32.2.	Wechselstromwiderstand . . . . .	457
32.2.1.	Induktiver Widerstand . . . . .	457
32.2.2.	Kapazitiver Widerstand . . . . .	458
32.2.3.	Blindwiderstand . . . . .	460
32.2.4.	Scheinwiderstand . . . . .	461
32.2.5.	Phasenverschiebung . . . . .	462
32.2.6.	Resonanz . . . . .	463
32.3.	Wechselstromleistung . . . . .	464
32.3.1.	Wirkleistung . . . . .	464
32.3.2.	Blindleistung . . . . .	465
32.3.3.	Scheinleistung . . . . .	466
32.4.	Transformator . . . . .	466
33.	Elektrische Leitung . . . . .	467
33.1.	Stromleitung durch Festkörper . . . . .	469
33.1.1.	Energiebändermodell . . . . .	469

33.1.2.	Metallische Leiter . . . . .	470
33.1.3.	Thermoelektrizität . . . . .	471
33.1.4.	Halbleiter . . . . .	473
33.1.5.	Eigenleitung . . . . .	473
33.1.6.	n-Leitung . . . . .	475
33.1.7.	p-Leitung . . . . .	476
33.1.8.	pn-Übergang . . . . .	476
33.1.9.	Transistor . . . . .	478
33.2.	Stromleitung in Flüssigkeiten . . . . .	481
33.2.1.	Elektrolyse . . . . .	481
33.2.2.	Galvanische Elemente . . . . .	483
33.2.3.	Akkumulatoren (Sammler) . . . . .	484
33.3.	Stromleitung in Gasen . . . . .	485
33.3.1.	Unselbständige Entladung . . . . .	485
33.3.2.	Selbständige Entladung . . . . .	485
33.3.3.	Glimmentladung . . . . .	486
33.3.4.	Katodenstrahlen . . . . .	487
33.3.5.	Kanalstrahlen . . . . .	487
33.3.6.	Röntgenstrahlung . . . . .	487
33.4.	Stromleitung im Vakuum . . . . .	488
33.4.1.	Energie und Geschwindigkeit freier Elektronen . . . . .	488
33.4.2.	Elektronenbewegung im elektrischen Querfeld . . . . .	491
33.4.3.	Elektronenbefreiung aus Metallen . . . . .	492
33.4.4.	Elektronenröhren . . . . .	495
34.	Elektrische Schwingungen und Wellen . . . . .	498
34.1.	Elektromagnetische Schwingungen . . . . .	498
34.1.1.	Schwingkreis . . . . .	498
34.1.2.	Ungedämpfte elektromagnetische Schwingung . . . . .	499
34.1.3.	Erzeugung ungedämpfter elektromagnetischer Schwingungen . . . . .	500
34.1.4.	Offener Schwingkreis . . . . .	501
34.1.5.	Gedämpfte elektromagnetische Schwingung . . . . .	501
34.2.	Elektromagnetische Wellen . . . . .	503
34.2.1.	Elektromagnetische Welle auf einer Leitung . . . . .	503
34.2.2.	Freie elektromagnetische Wellen . . . . .	504
34.2.3.	Spektrum elektromagnetischer Wellen . . . . .	506
At	ATOMPHYSIK . . . . .	507
35.	Quanten . . . . .	507
35.1.	Energie-Masse-Relation . . . . .	507
35.2.	Photon . . . . .	508

35.2.1.	Masse des Photons . . . . .	508
35.2.2.	Impuls des Photons . . . . .	508
35.2.3.	COMPTON-Effekt . . . . .	509
35.3.	Materiewellen . . . . .	511
35.4.	Unschärferelation . . . . .	513
36.	Atome . . . . .	514
36.1.	Aufbau und Kennzeichnung. . . . .	514
36.1.1.	Isotope Nuklide . . . . .	515
36.1.2.	Isobare Nuklide . . . . .	516
36.1.3.	Isotone Nuklide . . . . .	516
36.2.	Masse . . . . .	517
36.2.1.	Atommasse . . . . .	517
36.2.2.	Anzahl der Atome . . . . .	518
36.2.3.	Massendefekt . . . . .	519
36.3.	Kernbindungsenergie . . . . .	519
36.4.	Größe . . . . .	520
36.4.1.	Elektronenradius . . . . .	520
36.4.2.	Kernradius . . . . .	521
36.4.3.	Atomradius . . . . .	521
37.	Atomhülle . . . . .	522
37.1.	BOHRsche Postulate . . . . .	522
37.1.1.	1. Postulat . . . . .	522
37.1.2.	2. Postulat . . . . .	523
37.2.	Wasserstoffatom. . . . .	523
37.2.1.	Bahngeschwindigkeit . . . . .	524
37.2.2.	Umlauffrequenz . . . . .	524
37.2.3.	Bahnradius . . . . .	525
37.2.4.	Energieniveau . . . . .	526
37.2.5.	Frequenzen der Strahlung. . . . .	528
37.2.6.	Wasserstoffspektrum . . . . .	529
37.3.	Quantenzahlen . . . . .	531
37.3.1.	Hauptquantenzahl $n$ . . . . .	531
37.3.2.	Nebenquantenzahl $l$ (Drehimpulsquantenzahl) . . . . .	531
37.3.3.	Magnetische Quantenzahl $m$ . . . . .	532
37.3.4.	Spinquantenzahl $s$ . . . . .	533
37.3.5.	Besetzung der Schalen . . . . .	533
37.4.	Strahlungsemission . . . . .	534
37.4.1.	Termschema . . . . .	535
37.4.2.	Anregung . . . . .	535
37.4.3.	Metastabile Zustände. . . . .	536
37.4.4.	Röntgenstrahlung . . . . .	537
37.5.	Wellenmechanisches Atommodell . . . . .	538

38.	Radioaktivität . . . . .	538
38.1.	Radioaktiver Zerfall . . . . .	539
38.1.1.	Stabilität des Kernes . . . . .	539
38.1.2.	$\alpha$ -Zerfall . . . . .	540
38.1.3.	$\beta^-$ -Zerfall . . . . .	540
38.1.4.	$\beta^+$ -Zerfall . . . . .	541
38.1.5.	$\gamma$ -Strahlung . . . . .	541
38.2.	Zerfallsgesetz . . . . .	541
38.2.1.	Zerfallskonstante . . . . .	541
38.2.2.	Zerfallsgesetz . . . . .	542
38.2.3.	Halbwertszeit . . . . .	542
38.3.	Zerfallsreihen . . . . .	543
38.4.	Aktivität . . . . .	544
38.5.	Ausbreitung radioaktiver Strahlen . . . . .	545
38.5.1.	$\gamma$ -Strahlen . . . . .	545
38.5.2.	$\beta$ -Strahlen . . . . .	547
38.5.3.	$\alpha$ -Strahlen . . . . .	548
38.6.	Strahlenmessung (Dosimetrie) . . . . .	549
38.6.1.	Energiedosis . . . . .	549
38.6.2.	Energiedosisleistung . . . . .	550
38.6.3.	Dosisleistungskonstante . . . . .	550
38.6.4.	Äquivalentdosis (Dosisäquivalent) . . . . .	551
38.7.	Strahlenschutz . . . . .	552
38.8.	Strahlennachweis . . . . .	553
39.	Künstliche Kernumwandlungen . . . . .	553
39.1.	Teilchenbeschleuniger . . . . .	553
39.2.	Kernreaktionen . . . . .	554
39.3.	Uranspaltung . . . . .	555
39.3.1.	Kettenreaktion . . . . .	555
39.3.2.	Energiebilanz . . . . .	557
39.4.	Kernfusion . . . . .	557
39.5.	Anwendung radioaktiver Nuklide . . . . .	557
40.	Elementarteilchen . . . . .	558
<b>R</b>	<b>RELATIVISTISCHE MECHANIK . . . . .</b>	<b>560</b>
41.	Relativistische Mechanik . . . . .	560
41.1.	GALILEI-Transformation . . . . .	560
41.1.1.	Zeitkoordinaten . . . . .	561
41.1.2.	Ortskoordinaten . . . . .	561



41.1.3.	Geschwindigkeit . . . . .	561
41.1.4.	Beschleunigung . . . . .	562
41.2.	LORENTZ-Transformation . . . . .	562
41.2.1.	Ortskoordinaten . . . . .	563
41.2.2.	Zeitkoordinaten . . . . .	563
41.3.	Relativistische Kinematik . . . . .	563
41.3.1.	Zeitdilatation . . . . .	563
41.3.2.	Längenkontraktion . . . . .	564
41.3.3.	Addition von Geschwindigkeiten . . . . .	565
41.4.	Relativistische Dynamik . . . . .	566
41.4.1.	Masse . . . . .	566
41.4.2.	Impuls . . . . .	567
41.4.3.	Kraft . . . . .	568
41.4.4.	Energie . . . . .	568

**F** FEHLERRECHNUNG . . . . . 570

42.	Fehlerrechnung bei physikalischen Messungen . . . . .	570
42.1.	Fehlerbegriff . . . . .	570
42.1.1.	Systematische Fehler . . . . .	570
42.1.2.	Zufällige Fehler . . . . .	571
42.2.	Berechnung zufälliger Fehler . . . . .	571
42.2.1.	Mittlerer Fehler der Einzelmessung . . . . .	572
42.2.2.	Mittlerer Fehler des Mittelwertes . . . . .	573
42.2.3.	Mittlerer Fehler des Funktionswertes . . . . .	574
42.2.4.	Größtfehler des Funktionswertes . . . . .	575
42.3.	Fehlerschätzung . . . . .	576
42.4.	Rechnen mit fehlerbehafteten Größen und Fehlern . . . . .	577
42.4.1.	Berechnen des Funktionswertes . . . . .	577
42.4.2.	Berechnen des Fehlers . . . . .	577

**T** TABELLENANHANG . . . . . 579

Tab. 1	Dichte . . . . .	579
Tab. 2	Reibungszahlen . . . . .	582
Tab. 3	Stoßzahl . . . . .	584
Tab. 4	Kompressibilität . . . . .	584
Tab. 5	Luftdruck als Funktion der Höhe . . . . .	585
Tab. 6	Dynamische und kinematische Viskosität . . . . .	586
Tab. 7	Widerstandsbeiwert . . . . .	587
Tab. 8	Oberflächenspannung . . . . .	588
Tab. 9	Elastizitätsmodul und Poisson-Zahl . . . . .	589
Tab. 10	Schubmodul und Kompressionsmodul . . . . .	590

Tab. 11	Längenausdehnungskoeffizient fester Stoffe . . . . .	591
Tab. 12	Raumausdehnungskoeffizient von Flüssigkeiten . . . . .	593
Tab. 13	Raumausdehnungskoeffizient gasförmiger Stoffe . . . . .	593
Tab. 14	Dichte des Wassers. . . . .	594
Tab. 15	Gaskonstante . . . . .	594
Tab. 16	Luftdichte in Abhängigkeit von Druck und Temperatur . . . . .	595
Tab. 17	Spezifische Wärmekapazität (feste und flüssige Stoffe)	595
Tab. 18	Spezifische Wärmekapazität von Gasen . . . . .	598
Tab. 19	Heizwert fester und flüssiger Stoffe. . . . .	599
Tab. 20	Heizwert gasförmiger Stoffe . . . . .	599
Tab. 21	Schmelztemperatur und spezifische Schmelzwärme . . . . .	600
Tab. 22	Siedetemperatur und spezifische Verdampfungswärme . . . . .	603
Tab. 23	Kryoskopische und ebullioskopische Konstante . . . . .	606
Tab. 24	Siedetemperatur des Wassers . . . . .	607
Tab. 25	Sättigungsdruck . . . . .	608
Tab. 26	Sättigungsdruck und -menge für Wasserdampf. . . . .	608
Tab. 27	VAN-DER-WAALS-Konstanten. . . . .	609
Tab. 28	Kritische Temperatur und kritischer Druck . . . . .	610
Tab. 29	Wärmeleitfähigkeit. . . . .	611
Tab. 30	Wärmeübergangskoeffizient . . . . .	615
Tab. 31	Wärmedurchgangskoeffizient . . . . .	616
Tab. 32	Emissionsgrad. . . . .	617
Tab. 33	Schallgeschwindigkeit . . . . .	619
Tab. 34	Dämmzahl . . . . .	620
Tab. 35	Lautstärke . . . . .	621
Tab. 36	Lichtgeschwindigkeit . . . . .	621
Tab. 37	Brechzahl . . . . .	622
Tab. 38	Grenzwinkel. . . . .	623
Tab. 39	Polarisationswinkel . . . . .	623
Tab. 40	Wellenlängen wichtiger Spektrallinien . . . . .	624
Tab. 41	Mittlere Dispersion und ABBESche Zahl . . . . .	624
Tab. 42	Gesamtlichtstrom und Lichtausbeute . . . . .	625
Tab. 43	Spezifischer elektrischer Widerstand . . . . .	627
Tab. 44	Temperaturkoeffizient . . . . .	628
Tab. 45	Dielektrizitätszahl . . . . .	628
Tab. 46	Permeabilitätszahl . . . . .	629
Tab. 47	CURIE-Punkt ferromagnetischer Stoffe . . . . .	632
Tab. 48	Beweglichkeit von Ladungsträgern . . . . .	633
Tab. 49	Sprungtemperatur von Supraleitern . . . . .	634
Tab. 50	Elektrochemisches Äquivalent . . . . .	634
Tab. 51	Elektrochemische Spannungsreihe . . . . .	635
Tab. 52	Austrittsarbeit. . . . .	636
Tab. 53	Chemische Elemente und ihre Isotope . . . . .	636

Tab. 54	Elektronenanordnung bei den Elementen . . . . .	651
Tab. 55	Halbwertszeit und Zerfallsenergie . . . . .	653
Tab. 56	Schwächungskoeffizient für $\gamma$ -Strahlung (Co 60) . . . . .	655
Tab. 57	Schwächungskoeffizient für $\gamma$ -Strahlung . . . . .	655
Tab. 58	Dimension physikalischer Größenarten . . . . .	656
Tab. 59	Griechische Buchstaben . . . . .	659
Tab. 60	Konstanten der Physik . . . . .	659
Tab. 61	Winkelfunktionen und Bogenmaß . . . . .	660
Tab. 62	Periodensystem . . . . .	662
Sachwortverzeichnis . . . . .		664

**U**                    **UMRECHNUNGSTABELLEN U 1 bis U 6**                    **Beilage**