

# INHALTSVERZEICHNIS

## TECHNIK UND PHYSIK

<b>1</b>	<b>Physikalische Größen und Einheiten</b>	<b>11</b>
1.1	Größenarten und Größen	11
1.2	Einheiten und Internationales Einheitensystem (SI)	12
1.3	Größengleichungen	13
1.4	Länge, Fläche und Volumen	14
1.5	Zeit	15

## MECHANIK

<b>2</b>	<b>Kinematik</b>	<b>16</b>
2.1	Kinematik der Punktmasse	17
2.1.1	Bewegung auf gerader Bahn	18
2.1.1.1	Geschwindigkeit und Beschleunigung	18
2.1.1.2	Gleichförmige Bewegung	22
2.1.1.3	Gleichmäßig beschleunigte Bewegung	24
2.1.1.4	Freier Fall	28
2.1.1.5	Relativität der Bewegung und Überlagerung von Bewegungen	29
2.1.2	Bewegung auf der Kreisbahn	32
2.1.2.1	Periodendauer und Frequenz	32
2.1.2.2	Winkelgeschwindigkeit und Winkelbeschleunigung	33
2.1.2.3	Radialbeschleunigung	34
2.2	Kinematik des starren Körpers	35
2.2.1	Translation und Rotation	36
2.2.2	Kinematik der Rotation	37
2.2.3	Drehzahlmessung	39
<b>3</b>	<b>Dynamik der Punktmasse</b>	<b>40</b>
3.1	Kräfte	40
3.1.1	Wirkungen von Kräften	40
3.1.2	Wechselwirkung	41
3.1.3	Kraftmessung	42
3.1.4	Zusammensetzung und Zerlegung von Kräften	44
3.1.5	Trägheit der Körper	46
3.1.6	Grundgesetz der Dynamik	47
3.1.7	Schwere der Körper	50

3.1.8	Reibungskräfte	51
3.1.9	Anwendungen des Grundgesetzes der Dynamik	53
3.1.10	Trägheitskräfte	56
3.1.11	Radialkraft und Zentrifugalkraft	57
3.2	Arbeit, Energie und Leistung	59
3.2.1	Mechanische Arbeit	59
3.2.1.1	Beschleunigungsarbeit	60
3.2.1.2	Hubarbeit	61
3.2.1.3	Federspannarbeit	62
3.2.1.4	Reibungsarbeit	63
3.2.2	Energie	64
3.2.2.1	Kinetische Energie	64
3.2.2.2	Potenzielle Energie	65
3.2.3	Energieerhaltungssatz	66
3.2.4	Leistung und Wirkungsgrad	70
3.2.4.1	Leistung	70
3.2.4.2	Wirkungsgrad	71
3.3	Impuls	74
3.3.1	Kraftstoß und Impuls	74
3.3.2	Impulserhaltungssatz	75
3.3.3	Stoßvorgänge	76
3.3.3.1	Elastischer Stoß	76
3.3.3.2	Unelastischer Stoß	78
3.3.4	Raketenantrieb	79
<b>4</b>	<b>Dynamik der Rotation</b>	<b>81</b>
4.1	Drehmoment	82
4.2	Rotationsenergie und Massenträgheitsmoment	86
4.2.1	Rotationsenergie	86
4.2.2	Massenträgheitsmoment	86
4.3	Analogie zwischen Translation und Rotation	89
4.4	Grundgesetz der Dynamik der Rotation	89
4.5	Arbeit und Leistung bei der Rotation	91
4.6	Drehimpulserhaltungssatz	92
<b>5</b>	<b>Statik und Verformung</b>	<b>95</b>
5.1	Gleichgewicht starrer Körper	95

5.1.1	Gleichgewichtsbedingungen . . . . .	95
5.1.2	Gleichgewichtsarten . . . . .	96
5.1.3	Schwerpunkt . . . . .	96
5.2	Ebene Kraftsysteme . . . . .	97
5.2.1	Kräfte mit gemeinsamem Angriffspunkt . . . . .	97
5.2.2	Kräfte mit verschiedenen Angriffspunkten . . . . .	98
5.2.3	Standsicherheit . . . . .	101
5.3	Verformung und Festigkeit . . . . .	103
<b>6</b>	<b>Mechanik der Flüssigkeiten und Gase</b>	<b>106</b>
6.1	Druck . . . . .	106
6.2	Einige Eigenschaften von Flüssigkeiten und Gasen . . . . .	108
6.2.1	Kompressibilität . . . . .	108
6.2.2	Flüssigkeitsoberflächen . . . . .	109
6.2.3	Grenzflächenerscheinungen und Kapillarität . . . . .	110
6.3	Mechanik ruhender Flüssigkeiten und Gase . . . . .	111
6.3.1	Kolbendruck . . . . .	112
6.3.2	Schweredruck . . . . .	113
6.3.2.1	Schweredruck in Flüssigkeiten . . . . .	113
6.3.2.2	Schweredruck in Gasen und Luftdruck . . . . .	115
6.3.2.3	Vakuum . . . . .	116
6.3.3	Druckmessung . . . . .	117
6.3.3.1	Druckskalen . . . . .	117
6.3.3.2	Druckmessgeräte . . . . .	118
6.3.4	Auftrieb . . . . .	119
6.3.4.1	Auftrieb in Flüssigkeiten . . . . .	119
6.3.4.2	Schwimmen . . . . .	121
6.3.4.3	Auftrieb in Gasen . . . . .	123
6.4	Mechanik strömender Flüssigkeiten und Gase . . . . .	124
6.4.1	Strömungsgeschwindigkeit und Stromlinien; Volumenstrom . . . . .	124
6.4.2	Strömung idealer Flüssigkeiten und Gase . . . . .	125
6.4.2.1	Kontinuitätsgleichung . . . . .	125
6.4.2.2	BERNOULLISCHE Gleichung . . . . .	126
6.4.2.3	Anwendungen der BERNOULLISCHEN Gleichung . . . . .	128
6.4.3	Strömung realer Flüssigkeiten und Gase . . . . .	130

6.4.3.1	Innere Reibung und Viskosität . . . . .	130
6.4.3.2	Laminare und turbulente Strömungen . . . . .	131
6.4.3.3	Strömungswiderstände . . . . .	132
6.4.3.4	Druckverlust in Rohrleitungen . . . . .	134
6.4.3.5	Viskositätsbestimmungen . . . . .	134

## THERMODYNAMIK

<b>7</b>	<b>Wärme und innere Energie</b> . . . . .	<b>136</b>
7.1	Thermodynamische Prozesse . . . . .	136
7.2	Wärmebewegung . . . . .	137
7.3	Temperatur . . . . .	137
7.4	Thermische Ausdehnung fester und flüssiger Körper . . . . .	139
7.5	Temperaturmessung . . . . .	141
7.6	1. Hauptsatz der Thermodynamik . . . . .	143
7.7	Wärme und Temperatur . . . . .	144
7.8	Spezifische Wärmekapazität von Gasen . . . . .	146
7.9	Änderung des Aggregatzustandes . . . . .	147
7.10	Wärmebilanzen bei Temperaturengleich . . . . .	150
7.11	Energieumwandlungen . . . . .	153
<b>8</b>	<b>Zustandsänderungen von Gasen</b> . . . . .	<b>156</b>
8.1	Thermischer Zustand des idealen Gases . . . . .	156
8.1.1	Ideales Gas . . . . .	156
8.1.2	Thermische Zustandsgleichung des idealen Gases . . . . .	156
8.1.3	Quasistatische Zustandsänderungen . . . . .	157
8.2	Volumenänderungsarbeit . . . . .	158
8.3	Spezielle Zustandsänderungen . . . . .	159
8.3.1	Isotherme Zustandsänderungen . . . . .	159
8.3.2	Isochore Zustandsänderungen . . . . .	160
8.3.3	Isobare Zustandsänderungen . . . . .	161
8.3.4	Adiabatische Zustandsänderungen . . . . .	162
8.4	Kreisprozesse . . . . .	163
8.4.1	Prinzip der Wärmekraftmaschine . . . . .	163

8.4.2	Wärmepumpe und Kältemaschine . . .	164	<b>11</b>	<b>Elektrische und magnetische Felder . . .</b>	<b>202</b>
8.4.3	CARNOT-Prozess . . . . .	165	11.1	Elektrische Felder . . . . .	203
8.5	2. Hauptsatz der Thermodynamik . . .	166	11.1.1	Kräfte zwischen elektrischen Ladungen	203
8.5.1	Thermodynamischer Wirkungsgrad reversibler Kreisprozesse . . . . .	166	11.1.2	Elektrische Felder im Vakuum . . . . .	204
8.5.2	Irreversible Prozesse . . . . .	167	11.1.2.1	Elektrische Flussdichte und elektrische Feldstärke . . . . .	204
8.5.3	Entropie . . . . .	167	11.1.2.2	Kapazität . . . . .	204
8.6	Reale Gase und Dämpfe . . . . .	168	11.1.2.3	Elektrische Feldenergie . . . . .	205
8.6.1	Isothermen eines realen Gases . . . . .	168	11.1.3	Stoffe im elektrischen Feld . . . . .	206
8.6.2	Dämpfe . . . . .	169	11.1.3.1	Influenz . . . . .	206
8.6.3	Luftfeuchte . . . . .	170	11.1.3.2	Dielektrische Polarisierung . . . . .	206
<b>9</b>	<b>Wärmetransport . . . . .</b>	<b>171</b>	11.1.4	Kondensatoren . . . . .	208
9.1	Wärmetransportprozesse . . . . .	171	11.2	Magnetische Felder . . . . .	209
9.2	Wärmedurchgang . . . . .	172	11.2.1	Magnetische Felder stromdurch- flossener Leiter . . . . .	209
9.3	Temperaturstrahlung . . . . .	175	11.2.2	Magnetische Felder im Vakuum . . . . .	210
			11.2.2.1	Magnetische Feldstärke und magnetische Flussdichte . . . . .	210
			11.2.2.2	Induktivität und magnetische Feldenergie . . . . .	211
			11.2.3	Stoffe im magnetischen Feld . . . . .	211
			11.2.4	Kraftwirkungen auf stromdurch- flossene Leiter im magnetischen Feld	213
<b>ELEKTRIK</b>			11.3	Bewegung von Elektronen in elek- trischen und magnetischen Feldern . . . . .	215
<b>10</b>	<b>Gleichstrom . . . . .</b>	<b>178</b>	11.3.1	Erzeugung von Elektronenstrahlen . . . . .	215
10.1	Elektrische Ladungen und Ströme . . . . .	178	11.3.2	Ablenkung von Elektronen im elek- trischen Querfeld . . . . .	216
10.2	Elektrische Spannung . . . . .	180	11.3.3	Elektronen in magnetischen Feldern . . . . .	217
10.3	OHMSches Gesetz . . . . .	183	11.3.4	Gasentladungen . . . . .	218
10.4	Elektrischer Widerstand . . . . .	184	11.4	Elektromagnetische Induktion . . . . .	220
10.5	Schaltung von Widerständen . . . . .	187	11.4.1	Induktionsgesetz . . . . .	221
10.5.1	Parallelschaltung . . . . .	187	11.4.2	Transformator- und Generatorprinzip	222
10.5.2	Reihenschaltung . . . . .	189	11.4.2.1	Transformatorprinzip . . . . .	223
10.6	Elektrische Energie und Leistung . . . . .	193	11.4.2.2	Generatorprinzip . . . . .	223
10.7	Reale Stromkreise . . . . .	194	11.4.2.3	Elektrische Maschinen . . . . .	224
10.7.1	Verhalten realer Spannungsquellen . . . . .	194	11.4.3	Wirbelströme . . . . .	225
10.7.2	Schaltung von Spannungsquellen . . . . .	196	11.4.4	Selbstinduktion . . . . .	225
10.7.3	Einfluss von Leitungswiderständen . . . . .	197	<b>12</b>	<b>Wechselstrom . . . . .</b>	<b>228</b>
10.7.4	Knoten- und Maschensatz zur Berechnung elektrischer Netze . . . . .	198	12.1	Wechselspannungen und Wechsel- ströme . . . . .	228
10.8	Messung elektrischer Größen . . . . .	198	12.1.1	Bestimmungsgrößen . . . . .	228
10.8.1	Strom- und Spannungsmessung . . . . .	199	12.1.2	Elektronische Messung der Bestimmungsgrößen . . . . .	229
10.8.2	Digitale Messverfahren . . . . .	199			
10.8.3	Spannungskompensation . . . . .	200			
10.8.4	Messbrücken . . . . .	201			

12.2	Einfache Wechselstromkreise . . . . .	231	14.1.2	Freie gedämpfte Schwingungen . . . . .	270
12.2.1	Wirkwiderstände . . . . .	231	14.1.3	Erzwungene Schwingungen . . . . .	272
12.2.2	Blindwiderstände . . . . .	232	14.2	Elektrische Schwingungen . . . . .	273
12.2.2.1	Induktiver Blindwiderstand . . . . .	232	14.2.1	Elektrischer Schwingkreis . . . . .	273
12.2.2.2	Kapazitiver Blindwiderstand . . . . .	233	14.2.2	Analogie zwischen mechanischen und elektrischen Schwingungen . . . . .	274
12.3	Zusammengesetzte Wechselstromkreise . . . . .	235	14.2.3	Erzwungene elektrische Schwingungen . . . . .	275
12.3.1	Reihenschaltung von $R$ und $L$ . . . . .	236	14.2.3.1	Reihenresonanz . . . . .	275
12.3.2	Reihenschaltung von $R$ , $L$ und $C$ . . . . .	237	14.2.3.2	Parallelresonanz . . . . .	276
12.3.3	Parallelschaltung von $R$ , $L$ und $C$ . . . . .	239	14.3	Überlagerung von Schwingungen . . . . .	276
12.4	Leistung des Wechselstroms . . . . .	240	14.3.1	Überlagerung in gleicher Richtung . . . . .	277
12.4.1	Momentanleistung und Wirkleistung . . . . .	240	14.3.1.1	Schwingungen gleicher Frequenz . . . . .	277
12.4.2	Messung von Energieumsatz und Wirkleistung . . . . .	240	14.3.1.2	Schwebungen . . . . .	278
12.4.3	Wirk-, Blind- und Scheinleistung . . . . .	241	14.3.2	Überlagerung senkrecht zueinander . . . . .	279
12.4.4	Blindleistungskompensation . . . . .	242	14.3.3	Anharmonische Schwingungen . . . . .	279
12.5	Transformatoren . . . . .	243	<b>15</b>	<b>Wellen</b> . . . . .	281
12.6	Dreiphasenwechselstrom (Drehstrom) . . . . .	246	15.1	Wellenausbreitung . . . . .	281
12.7	Schutz vor elektrischen Unfällen . . . . .	249	15.1.1	Arten von Wellen . . . . .	281
<b>13</b>	<b>Halbleiter</b> . . . . .	251	15.1.2	Frequenz und DOPPLER-Effekt . . . . .	283
13.1	Leitungsmechanismen in Halbleitern . . . . .	251	15.1.3	Wellenlänge und Phasengeschwindigkeit . . . . .	283
13.1.1	Eigenleitung . . . . .	251	15.1.4	Energiestrom und Amplitude . . . . .	284
13.1.2	Störstellenleitung . . . . .	253	15.1.5	HUYGENSSCHES PRINZIP . . . . .	284
13.1.2.1	$n$ -Leitung . . . . .	253	15.2	Reflexion und Brechung . . . . .	285
13.1.2.2	$p$ -Leitung . . . . .	254	15.2.1	Reflexion . . . . .	285
13.2	$pn$ -Übergang . . . . .	254	15.2.2	Brechung . . . . .	286
13.3	Halbleiterdioden . . . . .	256	15.2.3	Totalreflexion . . . . .	287
13.4	Transistoren . . . . .	258	15.3	Beugung und Interferenz . . . . .	288
13.4.1	Bipolartransistoren . . . . .	258	15.3.1	Beugung . . . . .	288
13.4.2	Elementarer Spannungsverstärker . . . . .	259	15.3.2	Interferenz . . . . .	289
13.4.3	Feldeffekttransistoren . . . . .	261	15.3.3	Stehende Wellen . . . . .	291
13.4.4	Integrierte Schaltkreise . . . . .	262	15.3.4	Beugung und Interferenz am Doppelspalt . . . . .	292
<b>SCHWINGUNGEN UND WELLEN</b>			15.4	Polarisation . . . . .	294
<b>14</b>	<b>Schwingungen</b> . . . . .	263	15.5	Optische Abbildung . . . . .	295
14.1	Mechanische Schwingungen . . . . .	263	15.5.1	Bildkonstruktion . . . . .	296
14.1.1	Freie ungedämpfte Schwingungen . . . . .	263	15.5.2	Bildentstehung an gekrümmten Spiegeln und Linsen . . . . .	297
14.1.1.1	Kinematik der Sinusschwingung . . . . .	264	15.5.3	Abbildungsgleichung und Abbildungsmaßstab . . . . .	299
14.1.1.2	Dynamik der Sinusschwingung . . . . .	266	15.5.4	Vergrößerung durch Fernrohr und Mikroskop . . . . .	300
14.1.1.3	Dreh- und Pendelschwingungen . . . . .	268	15.6	Energieübertragung durch Wellen . . . . .	302

15.6.1	Physikalische Strahlungsgrößen . . .	302
15.6.2	Physiologische Schall- und Lichtempfindungen . . . . .	304
15.6.2.1	Schallstärke und Lautstärke . . . . .	304
15.6.2.2	Lichttechnische Größen . . . . .	306
15.7	Elektromagnetische Strahlung . . . . .	308
15.7.1	HERTZsche Wellen . . . . .	309
15.7.2	Mikrowellen . . . . .	309

## QUANTEN UND ATOME

<b>16</b>	<b>Atom- und Kernphysik . . . . .</b>	<b>313</b>
16.1	Quanten . . . . .	314
16.1.1	Energiequantelung . . . . .	314
16.1.2	Welle-Teilchen-Dualismus . . . . .	315
16.1.3	Äußerer Fotoeffekt . . . . .	315
16.1.4	HEISENBERGSche Unschärferelation . . . . .	316
16.1.5	Masse und Energie . . . . .	317
16.2	Photonen . . . . .	318
16.2.1	BOHRsches Atommodell . . . . .	318
16.2.2	Absorption und Emission von Photonen . . . . .	319

16.2.3	LASER . . . . .	321
16.2.4	Röntgenstrahlen . . . . .	323
16.3	Atomkern . . . . .	325
16.3.1	Aufbau des Atomkerns . . . . .	325
16.3.2	Radioaktivität . . . . .	327
16.3.2.1	$\alpha$ -Umwandlung . . . . .	327
16.3.2.2	$\beta$ -Umwandlung . . . . .	328
16.3.2.3	$\gamma$ -Strahlung . . . . .	329
16.3.2.4	Gesetz der radioaktiven Umwandlung . . . . .	329
16.3.2.5	Absorption von ionisierender Strahlung . . . . .	331
16.3.2.6	Nachweis von Kernstrahlung . . . . .	333
16.3.2.7	Biologische Wirkungen und Strahlenschutz . . . . .	335
16.3.3	Kernenergie . . . . .	336
16.3.3.1	Kernspaltung . . . . .	337
16.3.3.2	Kernsynthese . . . . .	339
	<b>Aufgaben . . . . .</b>	<b>341</b>
	<b>Lösungen . . . . .</b>	<b>364</b>
	<b>Bildquellenverzeichnis . . . . .</b>	<b>394</b>
	<b>Sachwortverzeichnis . . . . .</b>	<b>395</b>