

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	V
Inhaltsverzeichnis	VII
1 Einführung zu den theoretischen Grundlagen	1
2 Einleitung zur Elektrotechnik	5
2.1 Die Ladung	6
2.2 Die Ladung als Ausgangspunkt	7
3 Erster Exkurs Mathematik	9
3.1 Vektorrechnung	9
3.2 Ableitung und Integration nach Weg, Fläche und Volumen	10
3.3 Partielle Ableitungen*	11
4 Vorgänge in elektrischen Leitern	13
4.1 Grundbegriffe im Leiter – Strom, Spannung	13
4.1.1 Darstellung der Grundgrößen aus physikalischen Überlegungen	13
4.1.2 Messung der Größen in Leitern – Ladung, Strom, Spannung	17
4.1.3 Übungsaufgaben zur Verdeutlichung praktischer Größenordnungen	19
4.1.4 Wichtige Formen und Kenngrößen	20
4.1.5 Messung und Darstellung von Feldern in leitenden Medien – Feldlinien	21
4.2 Strom-Spannungs-Beziehung am Widerstand	25
4.2.1 Driftbewegung und Ohm'sches Gesetz	25
4.2.2 Bauformen und Kenngrößen	27
4.2.3 Messung von Widerständen	28
4.2.4 Nichtlineare Widerstände	29
4.2.5 Übungsaufgaben zum Widerstand	30
4.3 Kirchhoff'sche Sätze sowie Reihen- und Parallelschaltung	31
4.3.1 Knotenpunkt und Maschensatz	31
4.3.2 Parallel- und Reihenschaltung, Strom- und Spannungsteilung	32
4.3.3 Übungsaufgaben zu einigen praktischen Anwendungen	34
4.4 Energieumwandlung und Leistung	35
4.4.1 Energie, Leistung und Wirkungsgrad	35
4.4.2 Messung von Energie und Leistung	36
4.4.3 Übungsaufgaben zur Leistung	38
4.4.4 Anwendung in der Elektrochemie (Batterien, Akkus, Elektrolyse)*	39
4.4.5 Anwendung in der Wärmelehre*	42
4.4.6 Anwendung in der Lichttechnik*	44
4.4.7 Übungsaufgaben zu Chemie, Wärme, Licht *	46
5 Vorgänge in elektrischen Nichtleitern	47
5.1 Grundbegriffe im Nichtleiter – Verschiebungsfluss	47
5.1.1 Darstellung der Grundgrößen aus physikalischen Überlegungen	47
5.1.2 Messung und Darstellung von elektrostatischen Feldern	49
5.2 Ladung, Strom und Spannung am Kondensator	49
5.2.1 Zusammenhang von Ladung und Spannung sowie Strom und Spannung	49
5.2.2 Zeitverhalten von I und U an der Kapazität	53
5.2.3 Bauformen und Kenngrößen	54
5.2.4 Messung der Kapazität	54
5.2.5 Übungsaufgaben zur Kapazität	55
5.2.6 Messung des Zeitverlaufes mit einem Messoszilloskop	56
5.2.7 Anmerkungen zu Dielektrika*	57
5.3 Energie und Kräfte im elektrischen Feld des Nichtleiters	58
5.3.1 Beschreibung von Energie und Kräften	58

5.3.2	Anwendungsbeispiel zu Energie und Kräften	60
5.3.3	Übungsaufgabe zu Energie und Kräften	61
6	Vorgänge im Magnetfeld	63
6.1	Grundbegriffe: magnetische Urspannung, Fluss, Widerstand	63
6.1.1	Darstellung der Grundgrößen aus physikalischen Überlegungen	63
6.1.2	Der magnetische Kreis	64
6.1.3	Übungsaufgaben zum magnetischen Kreis	67
6.1.4	Das Durchflutungsgesetz.....	67
6.1.5	Messung und Darstellung von magnetischen Feldern – Feldlinien	69
6.1.6	Lorentzkraft.....	70
6.1.7	Das Induktionsgesetz.....	71
6.1.8	Übungsaufgaben zur Durchflutung und Induktion.....	74
6.2	Koppelfluss, Strom und Spannung an der Induktivität (Spule)	76
6.2.1	Zusammenhang zwischen Koppelfluss, Spannung und Strom	76
6.2.2	Anmerkungen zu magnetischen Materialien*	80
6.2.3	Bauformen und Kenngrößen	82
6.2.4	Messung der Induktivität.....	82
6.2.5	Übungsaufgaben zur Induktivität	83
6.2.6	Messung von Zeitverläufen an der Induktivität	85
6.3	Energie und Kräfte im magnetischen Feld.....	86
6.3.1	Beschreibung von Energie und Kräften	86
6.3.2	Anwendungen zu Kräften im Magnetfeld	88
6.3.3	Übungsaufgaben zu Kräften im Magnetfeld	89
7	Zusammenfassung und Gegenüberstellung.....	91
7.1	Gegenüberstellung der Grundgrößen	91
7.2	Erweiterungen zu den theoretischen Grundlagen.....	94
7.2.1	Beispiele verkoppelter Felder (Skineffekt, Wellenleitung)*	95
7.2.2	Zusammenfassende Aspekte der Messtechnik.....	97
7.2.3	Messoszilloskop	99
8	Zweiter Exkurs Mathematik.....	101
8.1	Lösung linearer Gleichungssysteme.....	101
8.2	Lösung linearer Differentialgleichungen*	102
9	Analyse elektrischer Stromkreise und Netzwerke	105
9.1	Grundstromkreis.....	105
9.1.1	Analyse eines Grundstromkreises	105
9.1.2	Interpretation der Kenngrößen für verschiedene Anwendungen	110
9.1.3	Messungen am Grundstromkreis.....	112
9.1.4	Übungsaufgaben zu Anwendungen des Grundstromkreises.....	114
9.2	Netzwerke – verzweigte und vermaschte Schaltungen	115
9.2.1	Analyse verzweigter und vermaschter Schaltungen.....	115
9.2.2	Übungsaufgaben mit Beispielen zur Schaltungsberechnung	119
9.3	Überlagerungsprinzip	122
9.3.1	Schaltungsanalyse mit Hilfe des Überlagerungssatzes	122
9.3.2	Übungsaufgaben zu Anwendungen des Überlagerungssatzes	123
9.4	Ersatzzweipole (Ersatzschaltungen).....	124
9.4.1	Schaltungsanalyse mit Hilfe von Ersatzzweipolen	124
9.4.2	Übungsaufgaben zur Anwendung von Ersatzzweipolen.....	125
9.5	Modellierung und Simulation.....	126
9.5.1	Grundlagen der Modellierung für Simulationsprogramme	126
9.5.2	Beispielaufgabe für eine Rechnersimulation.....	127
9.6	Ausblick auf weitere Analysemethoden.....	127
10	Dritter Exkurs Mathematik.....	129

10.1	Komplexe Zahlen	129
10.2	Rechnen mit komplexen Zahlen.....	129
10.3	Grafische Darstellung komplexer Zahlen	130
10.4	Fourierreihe	131
10.5	Unstetige Zeitfunktionen (Distributionen)*	133
10.6	Fouriertransformation*.....	133
10.7	Diskrete Signale und diskrete Fouriertransformation*	134
10.8	Laplacetransformation*.....	135
10.9	Rechnen mit logarithmischen Pegeln.....	137
11	Analyse bei zeitveränderlichen Signalen	139
11.1	Schaltungen und Geräte mit sinusförmigen Signalen	140
11.1.1	Behandlung mit Hilfe der komplexen Rechnung	140
11.1.2	Behandlung mit grafischen Methoden	143
11.1.3	Analyse des Frequenzverhaltens wichtiger Schaltungen	147
11.1.4	Parameter für elektrische Stromkreise	150
11.1.5	Kennwerte und Übungsaufgaben	152
11.1.6	Messung des Frequenzgangs eines Schwingkreises.....	154
11.2	Nichtsinusförmige periodische Signale.....	155
11.2.1	Mehrere sinusförmige Quellen.....	155
11.2.2	Behandlung mit Hilfe der Fourierreihe	156
11.2.3	Wichtige Testsignale zur Analyse von Schaltungen	157
11.2.4	Kennwerte und Übungsaufgaben	159
11.3	Nichtperiodische Signale.....	159
11.3.1	Behandlung mit der Fouriertransformation.....	159
11.3.2	Diskrete Signale und diskrete Fouriertransformation	160
11.4	Schalt- und Übergangsvorgänge	161
11.4.1	Behandlung mit Hilfe der Laplacetransformation.....	161
11.4.2	Beispiel: Analyse des Ein- und Ausschaltens eines Schwingkreises	162
11.4.3	Übertragungsfunktionen von Systemen	168
11.4.4	Kennwerte und Aufgaben.....	170
11.4.5	Messung des Ein- und Ausschaltens eines Schwingkreises.....	171
12	Halbleiterbauelemente.....	175
12.1	Physikalische Grundlagen für Festkörper	176
12.1.1	Leitungsmechanismus in Festkörpern.....	176
12.1.2	Dotierung von Halbleitermaterial.....	180
12.1.3	Kennwerte von Halbleitermaterialien und Übungsaufgaben	182
12.2	PN-Übergang.....	183
12.2.1	Gleichgewicht von Diffusion und Feld	183
12.2.2	Einfluss einer äußeren Spannung	185
12.2.3	Kennlinie eines PN-Übergangs	187
12.2.4	Metall-Halbleiter-Übergang	189
12.2.5	Ersatzschaltungen für eine Halbleiterdiode.....	191
12.2.6	Kennwerte und Übungsaufgaben zu Halbleiterdioden.....	192
12.2.7	Messung und Auswertung der Kennlinie von Dioden	194
12.3	Bipolartransistor	196
12.3.1	Steuerung durch Trägerinjektion.....	196
12.3.2	Kennlinie des Bipolartransistors	198
12.3.3	Grundschaltungen, Vierpoldarstellung und Kleinsignalverhalten	199
12.3.4	Kennwerte und Übungsaufgaben zum Transistor	203
12.3.5	Messungen am Transistorverstärker.....	205
12.4	Feldeffekttransistor.....	205
12.4.1	Trägeranreicherung und -verarmung im Kanal	205

12.4.2	Kennlinien, Ersatz- und Grundschaltungen des FET	207
12.4.3	Kennwerte und Beispiele zum Feldeffekttransistor	208
12.5	Weitere wichtige Halbleiterbauelemente	209
13	Analoge Schaltungstechnik	211
13.1	Einteilung von Verstärkerschaltungen	211
13.1.1	Arbeitspunkt, Eigenschaften und Betriebsverhalten	211
13.1.2	Anforderungen der Anwendung	213
13.2	Operationsverstärkertechnik	213
13.2.1	Differenzverstärker, Operationsverstärker und seine Parameter	213
13.2.2	Prinzip der Gegenkopplung	217
13.2.3	Dimensionierung von Operationsverstärkerschaltungen	219
13.2.4	Messen von Parametern bei Operationsverstärkern	221
13.2.5	Schaltungsbeispiele mit Operationsverstärkern	222
13.3	Übungsaufgaben zum Operationsverstärker	225
14	Vierter Exkurs Mathematik	227
14.1	Mathematische Grundlagen – Zahlensysteme	227
14.2	Rechnen mit verschiedenen Zahlensystemen	229
15	Digitale Schaltungstechnik	231
15.1	Grundlagen digitaler Signale	231
15.1.1	Informationstechnische Grundlagen digitaler Signale	231
15.1.2	Quantisierung von Signalen und Codierung	233
15.1.3	Grundlagen digitaler Signalverarbeitung – Schaltalgebra	236
15.1.4	Übungsaufgaben zu Zahlen, Codierung und Schaltalgebra	238
15.2	Kombinatorische Schaltungen (Schaltnetze)	239
15.2.1	Entwurf kombinatorischer Schaltungen	239
15.2.2	Wichtige Beispiele zu Schaltnetzen	241
15.2.3	Übungsaufgaben und Versuch zu Schaltnetzen	243
15.3	Sequentielle Schaltungen (Schaltwerke)	243
15.3.1	Wichtige Speichieranordnungen	243
15.3.2	Beispiel für den Entwurf einer Ablaufsteuerung	247
15.3.3	Versuch zur Schrittkette *	250
15.4	Richtungen der weiteren Entwicklung	250
16	Analyse von Signalen und Systemen	253
16.1	Wichtige Signale und Systeme in der Elektronik	255
16.1.1	Kennwerte für Audiosignale und -geräte	255
16.1.2	Messungen an einem analogen Mischpult	258
16.1.3	Kennwerte und Beispiele für Videosignale und -geräte	260
16.1.4	Messung der Eigenschaften an RGB-Signalen	263
16.2	Analyse analog modulierter Signale	263
16.2.1	Amplitudenmodulation	263
16.2.2	Frequenzumsetzung mit dem Überlagerungsverfahren	265
16.2.3	Frequenzmodulation	266
16.2.4	Phasenmodulation	268
16.2.5	Stereo- und Videosignalmodulation	268
16.2.6	Kennwerte, Übungsaufgaben und Simulation modulierter Signale	270
16.3	Diskrete Signale	272
16.3.1	Diskrete Signale und diskrete Fouriertransformation	272
16.3.2	Digitale Modulationsverfahren	275
16.3.3	Codierung, Kompression und Fehlerkorrektur digitaler Signale	277
16.3.4	Kennwerte und Übungsaufgaben für diskrete (digitale) Signale	280
17	Zusammenfassung zur Regelungstechnik	283
17.1	Wichtige Regelkreisglieder und -strategien	285

17.1.1	Regelstrecken	286
17.1.2	Regeleinrichtungen.....	286
17.1.3	Reglerstrukturen	288
17.2	Regelungstechnische Analyse, Entwurf und Implementierung	292
17.3	Übungsaufgaben zur Steuerung und Regelung	293
18	Fünfter Exkurs Mathematik*	295
18.1	Raumzeigertransformation*	295
18.2	Drehstrom und -felder in der Raumzeigerdarstellung*	295
19	Energiewandlung und Antriebe.....	297
19.1	Maschinen bei Gleichstrom.....	298
19.1.1	Aufbau und Funktion der Gleichstrommaschine	298
19.1.2	Schaltungen und Betrieb der Gleichstrommaschine	299
19.1.3	Kennwerte und Übungsaufgaben	304
19.1.4	Messen der Drehmoment-Drehzahl-Kennlinie	304
19.2	Maschinen für Wechselstrom.....	305
19.2.1	Transformator als ruhende Maschine.....	305
19.2.2	Universalmotor.....	309
19.2.3	Kennwerte und Übungsaufgaben	310
19.2.4	Messen der Kennwerte eines Transformators	311
19.3	Drehfeldmaschinen.....	311
19.3.1	Dreiphasensysteme für Strom und Spannung	311
19.3.2	Das Drehfeld	315
19.3.3	Asynchronmaschine	316
19.3.4	Synchronmaschine	322
19.3.5	Parallelbetrieb eines Synchrongenerators zum Netz.....	325
19.3.6	Inselbetrieb und Betriebsverhalten der Synchronmaschine	327
19.3.7	Kennwerte Übungs- und Messaufgaben	328
19.4	Auswahl eines Motors für eine Antriebsaufgabe	330
19.5	Ausblick, weitere elektrische Maschinen.....	331
20	Leistungselektronische Energiewandler.....	333
20.1	Arbeitsweise von Stromrichtern.....	333
20.1.1	Grundprinzip und Eigenschaften.....	333
20.1.2	Steuralgorithmen für selbstgesteuerte Stromrichter	338
20.1.3	Steuralgorithmen für fremdgesteuerte Stromrichter.....	340
20.1.4	Kennwerte und Übungsaufgaben	341
20.2	Beispiele für Stromrichter	342
20.2.1	Phasenanschnittsteuerung für Wechselstromsteller	342
20.2.2	Messungen an einem Dimmer mit Phasenanschnitt.....	343
20.2.3	Mit Frequenzumrichter gesteuerter Asynchronmotor	343
20.2.4	Netzgelöschter Wechselrichter.....	344
20.2.5	Messen an einem netzgelöschten Wechselrichter	346
20.3	Entwicklungstrends	347
21	Kurzes Fazit zur Arbeit im Beruf.....	349
22	Lösungen der Übungsaufgaben.....	351
22.1	Lösungen zu Abschnitt 4.....	351
22.2	Lösungen zu Abschnitt 5.....	355
22.3	Lösungen zu Abschnitt 6.....	357
22.4	Lösungen zu Abschnitt 9.....	364
22.5	Lösungen zu Abschnitt 11	370
22.6	Lösungen zu Abschnitt 12.....	378
22.7	Lösungen zu Abschnitt 13.....	385
22.8	Lösungen zu Abschnitt 15.....	386

22.9	Lösungen zu Abschnitt 16.....	390
22.10	Lösungen zu Abschnitt 17.....	394
22.11	Lösungen zu Abschnitt 19.....	395
22.12	Lösungen zu Abschnitt 20.....	399
Literaturverzeichnis.....		401
Sachverzeichnis.....		403