



EUROPA-FACHBUCHREIHE
für elektrotechnische Berufe

Fachkunde Elektrotechnik

24. überarbeitete und erweiterte Auflage

Bearbeitet von Lehrern an beruflichen Schulen und von Ingenieuren
(siehe Rückseite)

Lektorat: Klaus Tkotz

VERLAG EUROPA-LEHRMITTEL · Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG
Düsselberger Straße 23 · 42781 Haan-Gruiten

Europa-Nr.: 30138

Inhaltsverzeichnis

1	Arbeits- und Unfallschutz	14	4.3.1	Verhalten eines Kondensators	71
1.1	Sicherheit am Arbeitsplatz	14	4.3.2	Kapazität eines Kondensators	71
1.2	Geräte- und Produktsicherheitsgesetz	14	4.3.3	Berechnung der Kapazität von Kondensatoren	72
1.3	Gefahrstoffverordnung	15	4.3.4	Laden und Entladen eines Kondensators	73
1.4	Sicherheitszeichen	16	4.3.5	Energie des geladenen Kondensators	74
1.5	Erste Hilfe	17	4.4	Schaltungen von Kondensatoren	75
	Wiederholungsseite zu Kapitel 1	18	4.4.1	Parallelschaltung	75
			4.4.2	Reihenschaltung	75
2	Grundbegriffe der Elektrotechnik	19	4.5	Kenngrößen und Bauformen von Kondensatoren	76
2.1	Umgang mit physikalischen Größen	19	4.5.1	Kenngrößen	76
2.2	Arten von Stromkreisen	21	4.5.2	Bauformen	76
2.3	Elektrische Ladung (Elektrizitätsmenge)	24		Wiederholungsseite zu Kapitel 4	78
2.4	Elektrische Spannung	26	5	Magnetisches Feld	79
2.4.1	Spannungsquellen	26	5.1	Magnete	79
2.4.2	Potenzial	26	5.1.1	Pole des Magneten	79
2.4.3	Arten der Spannungserzeugung	27	5.1.2	Magnetisches Feld und seine Darstellung	80
2.4.4	Messen elektrischer Spannung	28	5.2	Elektromagnetismus	82
2.5	Elektrischer Strom	29	5.2.1	Stromdurchflussener Leiter und Magnetfeld	82
2.5.1	Elektrischer Strom in Metallen	30	5.2.2	Stromdurchflossene Spule und Magnetfeld	83
2.5.2	Messen elektrischer Stromstärke	30	5.3	Magnetische Größen	84
2.5.3	Wirkungen des elektrischen Stromes	31	5.3.1	Magnetischer Fluss	84
2.5.4	Stromarten	32	5.3.2	Elektrische Durchflutung	84
2.5.5	Stromdichte	33	5.3.3	Magnetische Feldstärke	85
2.6	Elektrischer Widerstand	34	5.3.4	Magnetische Flussdichte	85
2.7	Ohmsches Gesetz	35	5.4	Eisen im Magnetfeld einer Spule	86
2.8	Leiterwiderstand	36	5.5	Magnetischer Kreis	89
2.9	Temperaturabhängigkeit des Widerstandes	37	5.6	Strom und Magnetfeld	91
2.10	Bauformen von Widerständen	38	5.6.1	Stromdurchflussener Leiter im Magnetfeld	91
2.11	Elektrische Energie und Arbeit	40	5.6.2	Stromdurchflossene Spule im Magnetfeld	93
2.11.1	Gewinnung elektrischer Energie	40	5.6.3	Stromdurchflossene parallele Leiter	93
2.11.2	Elektrische Arbeit	41	5.7	Spannungserzeugung durch Induktion	94
2.12	Elektrische Leistung	42	5.7.1	Generatorprinzip (Induktion der Bewegung)	94
2.13	Wirkungsgrad	44	5.7.2	Lenzsche Regel	95
2.14	Elektrische Wärme	45	5.7.3	Transformatorprinzip (Induktion der Ruhe)	96
	Wiederholungsseite zu Kapitel 2	46	5.7.4	Selbstinduktion	98
			5.7.5	Wirbelströme	99
				Wiederholungsseite zu Kapitel 5	100
3	Grundschaltungen der Elektrotechnik	47	6	Schaltungstechnik	101
3.1	Reihenschaltung	47	6.1	Schaltungsunterlagen	101
3.1.1	Gesetze der Reihenschaltung	47	6.2	Installationsschaltungen	103
3.1.2	Vorwiderstände	49	6.2.1	Lampenschaltungen	103
3.1.3	Messbereichserweiterung von Spannungsmessern	49	6.2.2	Stromstoßschaltung	105
3.1.4	Spannungsfall an Leitungen	50	6.2.3	Infrarot-Bewegungsmelder	105
3.2	Parallelschaltung	51	6.2.4	Treppenhaus-Zeitschaltung	106
3.3	Gemischte Schaltungen	53	6.2.5	Hausrufanlagen	106
3.3.1	Spannungsteiler	53	6.2.6	Haussprechanlagen	107
3.3.2	Messbereichserweiterung von Strommessern	55	6.3	Elektromagnetisch betätigte Schaltgeräte	109
3.3.3	Brückenschaltung	56	6.3.1	Relais	110
3.3.4	Widerstandsbestimmung durch Strom- und Spannungsmessung	57	6.3.2	Schütze	112
3.4	Innenwiderstand von Spannungsquellen	58		Wiederholungsseite zu Kapitel 6	118
3.4.1	Betriebsfälle einer Spannungsquelle	58	7	Wechsel- und Drehstromtechnik	119
3.4.2	Ersatzspannungsquelle und Ersatz- stromquelle	59	7.1	Kenngrößen der Wechselstromtechnik	119
3.4.3	Anpassung	60	7.1.1	Periode und Scheitelwert	119
3.4.4	Schaltungen von Spannungsquellen	61	7.1.2	Frequenz und Periodendauer	119
3.5	Galvanische Elemente	62	7.1.3	Frequenz und Wellenlänge	120
3.5.1	Umwandlungen chemischer Energie in elektrische Energie	62	7.1.4	Frequenz und Polpaarzahl	121
3.5.2	Primärelemente	63	7.1.5	Zeitlicher Verlauf von Wechselgrößen	121
3.5.3	Sekundärelemente (Akkumulatoren)	65	7.2	Wechselgrößen	123
	Wiederholungsseite zu Kapitel 3	67	7.2.1	Zeigerdarstellung von Sinusgrößen	123
			7.2.2	Kreisfrequenz	124
4	Elektrisches Feld	68	7.2.3	Erzeugung von Sinusspannungen	124
4.1	Eigenschaften des elektrischen Feldes	68	7.2.4	Scheitelwert und Effektivwert bei sinusförmigen Wechselgrößen	125
4.2	Grundbegriffe	69	7.2.5	Nichtsinusförmige Spannungen und Ströme	126
4.2.1	Elektrische Feldstärke	69	7.2.6	Phasenverschiebung	127
4.2.2	Elektrische Influenz und Polarisation	69	7.2.7	Wirkwiderstand	127
4.2.3	Elektrische Felder in der Praxis	70			
4.3	Kondensator im Gleichstromkreis	71			

7.2.8	Scheinwiderstand	127	8.6.1	Analoges Oszilloskop	176
7.3	Spule im Wechselstromkreis	128	8.6.2	Zweikanal-Oszilloskop	178
7.3.1	Induktiver Blindwiderstand	128	8.6.3	Digital-Oszilloskop	179
7.3.2	Reihenschaltung aus Wirkwiderstand und induktivem Blindwiderstand	129	8.6.4	Messen mit dem Oszilloskop	179
7.3.3	Spannungsdreieck	130	8.7	Messen nichtelektrischer Größen mit Sensoren	181
7.3.4	Widerstandsdreieck	131	8.7.1	Aktive und passive Sensoren	181
7.3.5	Parallelschaltung aus Wirkwiderstand und induktivem Blindwiderstand	132	8.7.2	Analoge Sensoren	182
7.3.6	Stromdreieck und Leitwertdreieck	132	8.7.2.1	Sensoren zur Weg- und Winkelmessung	182
7.4	Wechselstromleistung	133	8.7.2.2	Sensoren zur Messung von Dehnungen	183
7.4.1	Wirkleistung	133	8.7.2.3	Sensoren zur Messung von Temperaturen	184
7.4.2	Scheinleistung	133	8.7.3	Binäre Sensoren	185
7.4.3	Blindleistung	134	8.7.4	Digitale Sensoren	186
7.4.4	Leistungsdreieck bei induktiver Last	134		Wiederholungsseite zu Kapitel 8	187
7.4.5	Leistungsfaktor	135	9	Elektronik	188
7.4.6	Verlustleistung bei Spulen	135	9.1	Halbleiterwerkstoffe	188
7.5	Kondensator im Wechselstromkreis	136	9.2	Halbleiterwiderstände	190
7.5.1	Kapazitiver Blindwiderstand	136	9.2.1	Spannungsabhängige Widerstände (Varistor)	190
7.5.2	Reihenschaltung aus Wirkwiderstand und kapazitivem Blindwiderstand	137	9.2.2	Heißleiter (NTC-Widerstände)	191
7.5.3	Parallelschaltung aus Wirkwiderstand und kapazitivem Blindwiderstand	139	9.2.3	Kaltleiter (PTC-Widerstände)	192
7.5.4	Verlustleistung bei Kondensatoren	140	9.2.4	Feldplatte	194
7.6	Schaltungen aus Spulen, Kondensatoren und Wirkwiderständen	141	9.3	Hallgenerator	194
7.6.1	Reihenschaltung aus Wirkwiderstand, induktivem und kapazitivem Blindwiderstand	141	9.4	Halbleiterdioden	195
7.6.2	Parallelschaltung aus Wirkwiderstand, induktivem und kapazitivem Blindwiderstand	142	9.4.1	Wirkungsweise	195
7.7	Schwingkreise	143	9.4.2	Leistungsdioden	195
7.7.1	Resonanz	144	9.4.3	Z-Dioden (Begrenzerdioden)	196
7.7.2	Reihenschwingkreis	144	9.4.4	Halbleiterkennzeichnung	197
7.7.3	Parallelschwingkreis	146	9.5	Transistoren	198
7.8	Dreiphasenwechselstrom (Drehstrom)	148	9.5.1	Bipolare Transistoren	198
7.8.1	Entstehung der Dreiphasenwechselspannung	148	9.5.1.1	Transistor in der Praxis	200
7.8.2	Verkettung	148	9.5.1.2	Einstellung des Arbeitspunktes	201
7.8.3	Sternschaltung	150	9.5.1.3	Stabilisierung des Arbeitspunktes	202
7.8.4	Dreieckschaltung	152	9.5.1.4	Transistor als Schalter	203
7.8.5	Anwendung von Sternschaltung und Dreieckschaltung	153	9.5.1.5	Kipperschaltungen	205
7.8.6	Leistung bei Dreiphasenwechselstrom	154	9.5.1.6	Verstärkerschaltungen	207
7.8.7	Leistungsmessung bei Dreiphasenwechselstrom	155	9.5.2	Feldeffekt-Transistoren	211
7.9	Kompensation	156	9.6	Optoelektronik	214
7.9.1	Kompensationsarten	157	9.6.1	Optoelektronische Sender (Leuchtdioden)	214
7.9.2	Bemessung von Kompensationskondensatoren	158	9.6.2	Optoelektronische Empfänger	215
7.9.3	Kompensation bei elektronischen Stromrichterschaltungen	158	9.6.3	Optokoppler	217
7.9.4	Tonfrequenzsperrkreise	158	9.6.4	Flüssigkristallanzeigen	218
7.10	Funkstörung	159	9.6.5	Schaltungsbeispiele optoelektronischer Empfänger	218
7.10.1	Entstehung von Funkstörungen	159	9.7	Integrierte Schaltungen	219
7.10.2	Maßnahmen zur Funkstörung	160	9.8	Operationsverstärker	220
	Wiederholungsseite zu Kapitel 7	162	9.8.1	Grundlagen	220
8	Messtechnik	163	9.8.2	Analoge Schaltungen mit Operationsverstärkern	222
8.1	Elektrische Messgeräte	163	9.8.3	Digitale Schaltungen mit Operationsverstärkern	224
8.1.1	Grundbegriffe der Messtechnik	163	9.9	Digitaltechnik	226
8.1.2	Anzeigearten von Messgeräten	164	9.9.1	Signalarten der Digital- und Steuerungstechnik	226
8.1.3	Analoge Messgeräte	164	9.9.2	Grundverknüpfungen	226
8.1.4	Digitale Messgeräte	166	9.9.2.1	UND-Verknüpfung	226
8.1.5	Messfehler von Zeigermessgeräten	168	9.9.2.2	ODER-Verknüpfung	227
8.1.6	Praktisches Messen	169	9.9.2.3	NICHT-Verknüpfung	227
8.2	Elektrische Messwerke	170	9.9.3	Grundverknüpfungen mit Ausgangs- oder Eingangsnegation	228
8.2.1	Drehspulmesswerk	170	9.9.3.1	Verknüpfungen mit Ausgangsnegation	228
8.2.2	Drehheisenmesswerk	170	9.9.3.2	Verknüpfungen mit Eingangsnegation	228
8.2.3	Elektrodynamisches Messwerk	171	9.9.3.3	Eingangsbeschaltung log. Verknüpfungen	229
8.3	Elektrizitätszähler	172	9.9.4	Schaltkreisfamilien	230
8.3.1	Wirkverbrauchsähler	172	9.9.4.1	TTL-Schaltkreisfamilie	230
8.3.2	Elektronische Elektrizitätszähler	173	9.9.4.2	CMOS-Schaltkreisfamilien	230
8.4	Messen von Widerständen	174	9.9.5	Schaltalgebra	231
8.5	Messen mit Stromzangen	175	9.9.6	Schaltungen in NAND- und in NOR-Technik	233
8.6	Oszilloskop	176	9.9.7	KV-Diagramm	234
			9.9.8	Schaltglieder	235
			9.9.9	Schaltungen mit Kippgliedern	237
			9.9.9.1	Duales Zahlensystem	237
			9.9.9.2	Zähler	237
			9.9.9.3	Schieberegister	239

9.9.9.4	Analog-Digital- und Digital-Analog-Umsetzer	240	10.5.3	Beispiel einer Leitungsberechnung	305
9.10	Leistungselektronik	241	10.6	Räume und Anlagen besonderer Art	306
9.10.1	Bauelemente der Leistungselektronik	241	10.6.1	Räume mit Badewanne oder Dusche	306
9.10.1.1	Thyristor	241	10.6.2	Sauna-Anlagen	308
9.10.1.2	GTO-Thyristor	244	10.6.3	Baustellen	308
9.10.1.3	Thyristordioden	244	10.6.4	Landwirtschaftliche und gartenbauliche Anwesen	309
9.10.1.4	Triac	245	10.6.5	Feuergefährdete Betriebsstätten	310
9.10.1.5	IGBT	246	10.6.6	Explosionsgefährdete Bereiche	312
9.10.2	Schaltungen der Leistungselektronik	247	10.6.7	Medizinisch genutzte Bereiche	313
9.10.2.1	Begriffe	247	10.6.8	Übersicht der Raumarten und Betriebsstätten	314
9.10.3	Gleichrichtung	248	10.6.9	Elektrische Ausrüstung von Industriemaschinen	315
9.10.3.1	Ungesteuerte Gleichrichter	248	10.7	Brandbekämpfung in elektrischen Anlagen	317
9.10.3.2	Gesteuerte Gleichrichter	253	10.7.1	Verhalten bei Brand in elektrischen Anlagen	317
9.10.4	Wechselrichterbetrieb von Gleichrichtern	256	10.7.2	Löschmittel	317
9.10.5	Wechselstrom-Umrichter	257		Wiederholungsseite zu Kapitel 10	318
9.10.5.1	Wechselwegschaltung W1C	257	11	Schutzmaßnahmen	319
9.10.5.2	Phasenabschnittsteuerung	257	11.1	Gefahren im Umgang mit dem elektrischen Strom	319
9.10.5.3	Nachteile der Phasenabschnittsteuerung	258	11.1.1	Wirkungen des elektrischen Stromes im menschlichen Körper	319
9.10.5.4	Vielperiodensteuerung	258	11.1.2	Direktes und indirektes Berühren	321
9.10.6	Gleichstrom-Umrichter	259	11.1.3	Fachbegriffe Schutzmaßnahmen	321
9.10.6.1	Durchfluss- und Sperrwandler	260	11.2	Sicherheitsbestimmungen für Niederspannungsanlagen	322
9.10.6.2	Ansteuerungsarten für Gleichstromsteller	260	11.3	Begriffe und Kenngrößen	322
9.10.7	Wechselrichter	261	11.3.1	Schutzklassen	322
9.10.8	Netzgeräte	262	11.3.2	IP-Schutzarten (nach DIN VDE 0470)	323
9.10.8.1	Ungeregelte Netzgeräte	262	11.3.3	Maßnahmen bei Arbeiten an elektrischen Anlagen	324
9.10.8.2	Geregelte Netzgeräte	263	11.3.4	Fehlerarten	325
9.10.8.3	Schaltnetzgeräte	263	11.3.5	Spannungen im Fehlerfall	325
9.10.9	Betriebsarten elektrischer Antriebe	264	11.4	Schutz gegen elektrischen Schlag	326
9.10.10	Gleichstrom-Antriebe	265	11.5	Schutz sowohl gegen direktes als auch bei indirektem Berühren	326
9.10.10.1	Vierquadranten-Betrieb mit Thyristorstromrichter	266	11.5.1	Schutz durch Kleinspannung SELV und PELV	327
9.10.10.2	Pulssteller-Antriebe	266	11.5.2	Schutz durch Begrenzung von Ladung	328
9.10.11	Wechselstrom-Antriebe	267	11.6	Schutz gegen elektrischen Schlag unter normalen Bedingungen (Schutz gegen direktes Berühren oder Basisschutz)	328
9.11	Kühlung von Halbleiter-Bauelementen	269	11.7	Schutz gegen elektrischen Schlag unter Fehlerbedingungen (Schutz bei indirektem Berühren oder Fehlerschutz)	329
	Wiederholungsseite zu Kapitel 9	270	11.7.1	Drehstromsysteme	329
10	Elektrische Anlagentechnik	271	11.7.2	Schutzmaßnahmen im TN-System	330
10.1	Energieerzeugung und Energieübertragung	271	11.7.3	Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD)	332
10.1.1	Kraftwerke	271	11.7.4	Schutzmaßnahmen im TT-System	334
10.1.1.1	Wärme- und Wasserkraftwerke	272	11.7.5	Schutzmaßnahmen im IT-System	335
10.1.1.2	Umweltschutz in Wärmekraftwerken	273	11.7.6	Schutz durch Verwendung von Betriebsmitteln der Schutzklasse II oder durch gleichwertige Isolierung (Schutzisolierung)	336
10.1.1.3	Wasserkraftwerke	274	11.7.7	Schutz durch nicht leitende Räume	336
10.1.1.4	Erneuerbare Energien	275	11.7.8	Schutztrennung	337
10.1.2	Umspannwerke	278	11.7.9	Schutz durch erdfreien, örtlichen Potenzialausgleich	337
10.1.2.1	Spannungsebenen	278	11.8	Prüfen der Schutzmaßnahmen	338
10.1.2.2	Umspannanlagen	278	11.8.1	Prüfen der Schutzleiter und Potenzialausgleichsleiter	340
10.1.2.3	Hochspannungsschalter	279	11.8.2	Messen der Isolationswiderstände in elektrischen Anlagen	340
10.1.3	Übertragungsnetze	281	11.8.3	Prüfen der Schutzmaßnahmen SELV, PELV und Schutztrennung	341
10.1.3.1	Höchst-, Hoch- und Mittelspannungsnetze	281	11.8.4	Messen des Isolationswiderstandes/der Isolationsimpedanz von Fußböden und Wänden	341
10.1.3.2	Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung	281	11.8.5	Prüfungen von Schutzmaßnahmen im TN-, TT- und IT-System	342
10.1.3.3	Netzformen	282	11.8.6	Messen der Schleifenimpedanz	342
10.1.4	Niederspannungsanlagen	283	11.8.7	Messen des Erdungswiderstandes	342
10.1.4.1	Netzaufbau	283	11.8.8	Prüfen der Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD)	343
10.1.4.2	Hausanschluss	285	11.8.7	Prüfen der Drehfeldrichtung	343
10.1.4.3	Erdungsanlagen	286	11.8.8	Wiederholungsprüfungen nach BGV A2	344
10.1.4.4	Hauptpotenzialausgleich	287			
10.1.4.5	Hauptstromversorgungssysteme	288			
10.2	Isolierte Leitungen, Kabel und Freileitungen	290			
10.2.1	Farbkenzeichnung von isolierten Leitungen und Kabeln	290			
10.2.2	Isolierte Leitungen	290			
10.2.3	Datenleitungen	293			
10.2.4	Kabel für Mittelspannungs- und Niederspannungsanlagen	294			
10.2.5	Freileitungen für Hoch- und Mittelspannungsanlagen	294			
10.3	Schutz elektrischer Leitungen und Verbraucher	295			
10.4	Schutzschalter	298			
10.5	Bemessung von fest verlegten Leitungen und Kabeln	302			
10.5.1	Spannungsfall an Leitungen	303			
10.5.2	Anordnung von Überstrom-Schutzeinrichtungen	304			

11.8.9	E-Check als Gütesiegel für die Elektroanlage	344	13.1.3.3	Lichtbogen-Schweißtransformatoren	416
11.9	Schutz gegen elektrostatische Aufladung	345	13.1.4	Messwandler	417
	Wiederholungsseite zu Kapitel 11	346	13.1.4.1	Spannungswandler	417
			13.1.4.2	Stromwandler	418
12	Gebäudetechnik	347	13.1.5	Drehstromtransformatoren	419
12.1	Licht- und Beleuchtungstechnik	347	13.1.5.1	Aufbau und Prinzip	419
12.1.1	Licht	348	13.1.5.2	Schaltungen	420
12.1.2	Größen der Lichttechnik	349	13.1.5.3	Unsymmetrische Belastung bei Drehstromtransformatoren	422
12.1.3	Anforderungen an eine gute Beleuchtung	351		Gebräuchliche Schaltgruppen	423
12.1.4	Beispiel zur Ermittlung einer Lampenzahl	352	13.1.6	Parallelschalten von Transformatoren	424
12.1.5	Lichtberechnungssoftware	353	13.2 Motoren und Generatoren		425
12.1.6	Glühlampen	353	13.2.1	Grundlagen	425
12.1.7	Gasentladungslampen	355	13.2.1.1	Entstehung des Drehfeldes	425
12.1.7.1	Leuchtstofflampen	356	13.2.1.2	Leistung und Drehmoment	426
12.1.7.2	Quecksilberdampf- und Natriumdampflampen	358	13.2.1.3	Aufbau umlaufender Maschinen	427
			13.2.1.4	Leistungsschild	427
12.1.8	Leuchtröhrenanlagen	359	13.2.1.5	Drehsinn	427
12.2 Elektrogeräte		360	13.2.2	Drehstrommotoren ohne Stromwender	428
12.2.1	Allgemeines über Elektrogeräte	360	13.2.2.1	Drehstromasynchronmotoren	428
12.2.2	Elektrische Warmwasserbereiter	361	13.2.2.2	Motoren mit Kurzschlussläufer	428
12.2.3	Elektrische Raumheizung	363	13.2.2.3	Anlassen von Kurzschlussläufermotoren (Ständeranlassverfahren)	432
12.2.4	Elektrische Geräte zur Nahrungsvorratshaltung und -zubereitung	367	13.2.2.4	Schleifringläufermotoren	434
12.2.5	Prüfen von Elektrogeräten nach Instandsetzung und Änderung	371	13.2.2.5	Anlassen von Schleifringläufermotoren (Läuferanlassverfahren)	435
12.2.6	Wiederholungsprüfungen an elektrischen Geräten	373	13.2.2.6	Polumschaltbare Motoren	436
12.3 Antennentechnik		374	13.2.2.7	Bremsbetrieb von Drehstromasynchronmotoren	437
12.3.1	Wirkungsweise der Antennen	374	13.2.2.8	Drehstromlinearmotoren	438
12.3.2	Empfangsantennen	375	13.2.2.9	Synchronmotor	439
12.3.3	Satelliten-Empfangsanlagen	377	13.2.3	Sonstige Drehfeldmotoren	440
12.3.4	Breitband-Kommunikationsanlagen	378	13.2.3.1	Anwurfmotor	440
12.3.5	Aufbau von Antennenanlagen	379	13.2.3.2	Drehstrommotor an Wechselspannung (Steinmetzschaltung)	441
12.3.6	Verstärkungsmaß, Dämpfungsmaß und Pegel	380	13.2.3.3	Einphasen-Induktionsmotoren	442
12.3.7	Berechnung einer Empfangsantennenanlage	381	13.2.3.4	Einphasenmotor mit Widerstandshilfsstrang	442
12.3.8	Errichten von Antennenanlagen	382	13.2.3.5	Kondensatormotor	443
12.3.9	Vorschriften zur Errichtung von Antennenanlagen	383	13.2.3.6	Spaltpolmotoren	444
12.4 Telekommunikation		384	13.2.3.7	Schrittmotor	445
12.4.1	Datenübertragung	384	13.2.3.8	Elektronikmotor	447
12.4.2	Analoges Telekommunikationssystem	384	13.2.4	Synchrongenerator	448
12.4.3	Digitales Telekommunikationssystem	385	13.2.5	Stromwendermaschinen	450
12.5 Gebäudeautomation		388	13.2.5.1	Aufbau von Gleichstrommaschinen	450
12.5.1	Gebäudeleittechnik	388	13.2.5.2	Wirkungsweise von Gleichstromgeneratoren	451
12.5.2	Gebäudesystemtechnik	389	13.2.5.3	Arten von Gleichstromgeneratoren	452
12.5.3	EIB-Projekt	392	13.2.5.4	Ankerquerfeld	454
12.6 Gefahrenmeldeanlagen		394	13.2.5.5	Anschlussbezeichnung von Stromwendermaschinen	456
12.6.1	Einbruchmeldeanlagen	394	13.2.5.6	Wirkungsweise von Gleichstrommotoren	457
12.6.2	Brandmeldeanlagen	397	13.2.5.7	Arten von Gleichstrommotoren	460
12.7 Blitzschutz		398	13.2.5.8	Scheibenläufermotor	463
12.7.1	Entstehung des Blitzes	398	13.2.5.9	Universalmotoren	464
12.7.2	Wirkungen des Blitzstromes	398	13.2.6	Umformer	466
12.7.3	Gebäude-Blitzschutz	399	13.2.7	Betriebsarten elektrischer Maschinen	465
12.7.3.1	Äußerer Blitzschutz	399	13.2.8	Bauformen elektrischer Maschinen	467
12.7.3.2	Innerer Blitzschutz	401	13.2.9	Isolierstoffklassen	467
	Wiederholungsseite zu Kapitel 12	403	13.2.10	Kühlung elektrischer Maschinen	468
13 Elektrische Maschinen		404	13.2.11	Auswahl eines Elektromotors	469
13.1 Transformatoren		405	13.2.12	Wartung und Prüfung elektrischer Maschinen	471
13.1.1	Einphasentransformatoren	405		Wiederholungsseite zu Kapitel 13	472
13.1.1.1	Leerlaufspannung	405	14 Computertechnik		473
13.1.1.2	Übersetzungen	406	14.1 Grundbegriffe der Computertechnik		473
13.1.1.3	Leerlauf und Belastung	407	14.1.1	Arbeitsweise eines Computers	475
13.1.1.4	Kurzschlussspannung	409	14.2 Hardware		476
13.1.1.5	Kurzschlussstrom	410	14.2.1	Speicher	476
13.1.1.6	Wirkungsgrad von Transformatoren	411	14.2.1.1	Interne Speicher	476
13.1.2	Kleintransformatoren	412	14.2.1.2	Externe Speicher	477
13.1.2.1	Aufbau	412	14.2.1.3	Servicearbeiten am Personalcomputer (Beispiele)	479
13.1.2.2	Arten von Kleintransformatoren	413	14.2.2	Eingabegeräte	480
13.1.2.3	Prüfspannungen bei Kleintransformatoren	414	14.2.3	Ausgabegeräte	481
13.1.3	Sondertransformatoren	415	14.2.4	Netzwerttechnik – Datenaustausch	483
13.1.3.1	Spartransformatoren	415			
13.1.3.2	Strefeldtransformatoren	416			

14.3	Software (Computerprogramme)	486	16.2.3.1	Lösbare Verbindungen in der Elektrotechnik	550
14.3.1	Systemprogramme	486	16.2.3.2	Unlösbare Verbindungen in der Elektrotechnik	550
14.3.2	Anwendungsprogramme	487	16.2.4	Lasertechnik	553
14.3.3	Programmiersprachen	489	16.2.5	Gedruckte Schaltungen	554
14.4	Arbeiten mit dem Computer	490	16.2.6	SMD-Technik	556
14.5	Internet	491	16.3	Umweltschutz	557
14.6	Datensicherung und Datenschutz	492	16.3.1	Umweltschutz im Betrieb	557
14.6.1	Datensicherung	492	16.3.2	Wiederverwertung und Entsorgung von Abfallstoffen	558
14.6.2	Datenschutz	492	16.4	Energieeinsparung	560
	Wiederholungsseite zu Kapitel 14	493	16.4.1	Rationeller Umgang mit Energie	560
15	Automatisierungstechnik	494	16.4.2	Stand-by-Betrieb	562
15.1	Steuerungstechnik	494	16.4.3	Tipps zum Energiesparen	563
15.1.1	Steuern	494		Wiederholungsseite zu Kapitel 16	564
15.1.1.1	Fachbegriffe der Steuerungstechnik	494	17	Beruf und Betrieb	565
15.1.1.2	Steuerungsarten	495	17.1	Berufliche Handlungskompetenz	565
15.2	Kleinsteuergeräte	498	17.1.1	Teamarbeit	566
15.3	Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS)	500	17.1.2	Arbeitsmethoden und Zeitplanung	567
15.3.1	Aufbau	500	17.1.3	Kommunikation	568
15.3.2	Programmiersprachen	501	17.1.4	Kreativitätstechniken	569
15.3.3	Arbeitsweise einer SPS	501	17.1.5	Informationsbeschaffung	570
15.3.4	Programmierung	503	17.2	Präsentation	571
15.3.4.1	Grundverknüpfungen	503	17.2.1	Aufgaben einer Präsentation u. Vorbereitung	571
15.3.4.2	Öffner und Schließer	504	17.2.2	Visualisierung	572
15.3.4.3	Speicherfunktionen	506	17.2.3	Vortragen einer Präsentation	573
15.3.4.4	Zeitfunktionen	508	17.3	Projektmanagement	574
15.3.4.5	Zähler	509	17.3.1	Aufgaben von Projekten	574
15.3.4.6	Vergleicher	511	17.3.2	Projektphasen	575
15.3.5	Ablaufsteuerungen	512	17.4	Kundenauftrag und Kundenservice	576
15.3.5.1	Arten von Ablaufsteuerungen	512	17.4.1	Kundenerwartungen und Umgang mit dem Kunden	576
15.3.5.2	Betriebsarten	512	17.4.2	Phasen eines Kundenauftrages	577
15.3.5.3	Ablaufkette (Struktur)	513	17.4.3	Kundenservice	579
15.3.5.4	Verzweigte Ablaufketten (Ablaufauswahl)	514	17.5	Kalkulation und Angebot	580
15.3.5.5	Programmierung einer Ablaufkette mit SPS	515	17.5.1	Ermittlung des Bruttoverkaufspreises	580
15.3.5.6	Maschinensicherheit	516	17.5.2	Handelskalkulation	581
15.3.5.7	NOT-AUS (Handlungen im Notfall)	517	17.5.3	Kalkulation im Industriebetrieb	582
15.3.6	Feldbusse	518	17.5.4	Kalkulation von Dienstleistungen	583
15.4	Regelungstechnik	520	17.5.5	Rechnungsstellung	584
15.4.1	Aufgaben und Begriffe	520	17.5.6	Kalkulation bei Ausschreibungen	584
15.4.2	Regelstrecken	521	17.6	Qualitätsmanagement	585
15.4.2.1	Statisches Verhalten der Regelstrecken	521	17.6.1	Ziele des Qualitätsmanagements	585
15.4.2.2	Dynamisches Verhalten der Regelstrecken	522	17.6.2	Normenreihe DIN ISO 9000 bis 9003	585
15.4.3	Regler	525	17.6.3	TQM-Methode	586
15.4.3.1	Unstetige Regler	525	17.6.4	Qualitätswerkzeuge	587
15.4.3.2	Stetige Regler	527		Wiederholungsseite zu Kapitel 17	588
15.4.5	Regelkreis	531	Ergebnisse der Rechenaufgaben		589
15.4.5.1	Schwingungsverhalten	531	i	Infoteil	
15.4.5.2	Reglerauswahl	531	Schaltzeichen	590	
15.4.5.3	Reglereinstellung	532	Wichtige elektrotechnische Symbole	595	
15.4.6	Universalregler	533	Wichtige Prüfzeichen und Symbole	596	
15.4.7	Entwurf einer Regelung (Beispiel)	534	Kennzeichnung von Widerständen und Kondensatoren	597	
	Wiederholungsseite zu Kapitel 15	535	Auslösekennlinien von Überstrom-Schutzeinrichtungen	598	
16	Werkstoffe, Fertigungsverfahren, Umweltschutz, Energieeinsparung	536	Verlegearten von Leitungen und Kabeln	599	
16.1	Werkstoffe der Elektrotechnik	536	Umrechnungsfaktoren elektr. Leiter	600	
16.1.1	Eisen, Stahl und Eisen-Gusswerkstoffe	537	Kennlinien von Dioden	601	
16.1.2	Leiterwerkstoffe	538	Kennlinie eines NPN-Transistors	602	
16.1.2.1	Kupfer	539	Kennlinie Thyristor, Triac	603	
16.1.2.2	Aluminium	539	Wichtige Abkürzungen	604	
16.1.2.3	Kupfer- und Aluminium-Legierungen	540	Fachbegriffe Englisch – Deutsch	606	
16.1.3	Kontaktwerkstoffe	541	Firmenverzeichnis	609	
16.1.4	Isolierstoffe	543	Sachwortverzeichnis Deutsch – Englisch	610	
16.1.4.1	Elektrische Beanspruchung von Isolierstoffen	543	Vordere Innenumschlagseite:		
16.1.4.2	Anorganische Isolierstoffe	544	Wichtige Formelzeichen, Größen und Einheiten		
16.1.4.3	Organische Isolierstoffe	545	Hinterer Innenumschlagseite:		
16.1.4.4	Flüssige und gasförmige Isolierstoffe	547	Arbeitssicherheit und Unfallverhütung		
16.2	Fertigungsverfahren und Werkstoffbearbeitung	548			
16.2.1	Urformen und Umformen	548			
16.2.2	Trennen, Beschichten, Stoffeigenschaft ändern	549			
16.2.3	Verbindungen (Fügen)	550			