



EUROPA-FACHBUCHREIHE
für elektrotechnische Berufe

Fachkunde Elektrotechnik

30. überarbeitete und erweiterte Auflage

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

Lektorat: Klaus Tkotz, Kronach

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

Europa-Nr.: 30138

ULB Darmstadt



1	Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz	15	4	Elektrisches Feld	71
1.1	Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz	15	4.1	Eigenschaften des elektrischen Feldes	71
1.2	Produktsicherheitsgesetz	15	4.2	Grundbegriffe	72
1.3	Gefahrstoffverordnung	16	4.2.1	Elektrische Feldstärke	72
1.4	Sicherheitszeichen	17	4.2.2	Elektrische Influenz und Polarisation	72
1.5	Erste Hilfe	18	4.2.3	Elektrische Felder in der Praxis	73
	Praxistipp: Gefährdungsbeurteilung	19	4.3	Kondensator im Gleichstromkreis	74
	Wiederholungsseite zu Kapitel 1	20	4.3.1	Verhalten eines Kondensators	74
			4.3.2	Kapazität eines Kondensators	74
			4.3.3	Berechnung der Kapazität von Kondensatoren	75
			4.3.4	Laden und Entladen von Kondensatoren	76
			4.4	Energie des geladenen Kondensators	77
			4.4.1	Schaltungen von Kondensatoren	78
			4.4.2	Parallelschaltung	78
			4.5	Reihenschaltung	78
			4.5.1	Kenngrößen und Bauarten von Kondensatoren	79
			4.5.2	Kenngrößen	79
				Bauarten	79
				Wiederholungsseite zu Kapitel 4	81
AV2	Grundbegriffe der Elektrotechnik	21	5	Magnetisches Feld	82
2.1	Umgang mit physikalischen Größen	21	5.1	Eigenschaften der Magnete und Darstellungshilfen	82
	Masse und Kraft	21	5.2	Elektromagnetismus	84
	Mechanische Arbeit	22	5.2.1	Stromdurchflossener Leiter und Magnetfeld	84
	Energie	22	5.2.2	Stromdurchflossene Spule und Magnetfeld	85
	Mechanische Leistung	22	5.3	Magnetische Größen	86
2.2	Arten von Stromkreisen	23	5.3.1	Magnetischer Fluss Φ	86
	Elektrischer Gleichstromkreis	24	5.3.2	Elektrische Durchflutung Θ	86
	Schaltzeichen	25	5.3.3	Magnetische Feldstärke H	87
2.3	Elektrische Ladung (Elektrizitätsmenge)	26	5.3.4	Magnetische Flussdichte B	87
	Aufbau der Atome	27	5.4	Eisen im Magnetfeld einer Spule	88
2.4	Elektrische Spannung	28	5.5	Strom und Magnetfeld	91
2.4.1	Spannungserzeugung	28	5.5.1	Stromdurchflossener Leiter im Magnetfeld	91
2.4.2	Spannung am Verbraucher	28	5.5.2	Stromdurchflossene Spule im Magnetfeld	93
2.4.3	Potenzial	28	5.5.3	Stromdurchflossene parallele Leiter	93
2.4.4	Arten der Spannungserzeugung	29	5.6	Spannungserzeugung durch Induktion	94
2.4.5	Messen elektrischer Spannung	30	5.6.1	Generatorprinzip (Induktion der Bewegung)	94
2.5	Elektrischer Strom	31	5.6.2	Lenzsche Regel	95
2.5.1	Elektrischer Strom in Metallen	32	5.6.3	Transformatorprinzip (Induktion der Ruhe)	96
2.5.2	Messen elektrischer Stromstärke	32	5.6.4	Selbstinduktion	98
2.5.3	Wirkungen des elektrischen Stromes	33	5.6.5	Wirbelströme	99
2.5.4	Stromarten	34		Wiederholungsseite zu Kapitel 5	100
2.5.5	Stromdichte	35			
2.6	Elektrischer Widerstand und Leitwert	36			
2.7	Ohmsches Gesetz	37			
2.8	Leiterwiderstand	38			
2.9	Temperaturabhängigkeit des Widerstandes	39			
2.10	Bauarten von Widerständen	40			
2.11	Elektrische Energie und Arbeit	42			
2.11.1	Gewinnung elektrischer Energie	42			
2.11.2	Elektrische Arbeit	43			
2.12	Elektrische Leistung	44			
2.13	Wirkungsgrad	46			
2.14	Elektrowärme	47			
	Wiederholungsseite zu Kapitel 2	48			
3	Grundschatungen der Elektrotechnik	49	6	Schaltungstechnik	101
3.1	Reihenschaltung	49	6.1	Schaltungsunterlagen	101
3.1.1	Gesetze der Reihenschaltung	49		Praxistipp: Installation einer Wechsel-	
3.1.2	Vorwiderstände	51		schaltung mit Steckdose	103
3.1.3	Spannungsfall an Leitungen	52	6.2	Installations schaltungen	104
3.2	Parallel schaltung	53	6.2.1	Lampenschaltungen	104
3.3	Gemischte Schaltungen	55	6.2.2	Schaltungen mit Meldeleuchten	106
3.3.1	Spannungsteiler	55	6.2.3	Stromstoßschaltung	107
3.3.2	Brückenschaltung	57	6.2.4	Infrarot-Bewegungsmelder	107
3.3.2.1	Abgeglichene Brückenschaltung	57	6.2.5	Treppenlicht-Zeitschaltung	108
3.3.2.2	Nicht abgeglichene Brückenschaltung	58	6.2.6	Haus rufanlagen	108
3.3.3	Widerstandsbestimmung durch Strom- und Spannungsmessung	59	6.2.7	Haus sprech anlagen	109
3.4	Spannungsquelle	60	6.3	Elektromagnetische Schalter	111
3.4.1	Belastungsfälle einer Spannungsquelle	60	6.3.1	Relais	112
3.4.2	Ersatzschaltbild einer Spannungsquelle	61	6.3.2	Schütze	114
3.4.3	Anpassung	61	6.3.3	Schützschaltungen	115
3.4.4	Schaltungen von Spannungsquellen	63	6.3.3.1	Tippbetrieb	115
3.5	Galvanische Elemente	64		Selbsthalteschaltung	115
3.5.1	Umwandlung chemischer Energie in elektrische Energie	64		Folgeschaltung	116
3.5.2	Primärelemente	65		Anwendungen von Schützschaltungen	116
3.5.3	Sekundärelemente (Akku mula toren)	67		Wendeschützschaltung	116
	Wiederholungsseite zu Kapitel 3	70		Stern-Dreieck-Schützschaltung	117
			6.4	Automatische Stern-Dreieck-Schützschaltung	119
			6.5	Dahlanderschaltung	120
				Klemmenplan	121
				Elektrische Ausrüstung von Maschinen	122
				Praxistipp: Anforderungen an Steuerstrom-	
				kreise	124
				Wiederholungsseite zu Kapitel 6	125

7	 Wechselstromtechnik	126
7.1	Kenngrößen der Wechselstromtechnik	126
7.1.1	Periode und Scheitelwert	126
7.1.2	Frequenz und Periodendauer	126
7.1.3	Frequenz und Wellenlänge	127
7.2	Sinusförmige Wechselgrößen	128
7.2.1	Zeigerdarstellung von Sinusgrößen	128
7.2.2	Kreisfrequenz	129
7.2.3	Erzeugung von Sinusspannungen	129
7.2.4	Scheitelwert und Effektivwert bei sinusförmigen Wechselgrößen	130
7.2.5	Zeitlicher Verlauf von Wechselgrößen	131
7.2.6	Nichtsinusförmige Spannungen und Ströme	132
7.2.7	Phasenverschiebung	133
7.2.8	Wirkwiderstand	133
7.2.9	Scheinwiderstand	133
7.3	Spule im Wechselstromkreis	134
7.3.1	Induktiver Blindwiderstand	134
7.3.2	Reihenschaltung aus Wirkwiderstand und induktivem Blindwiderstand	135
7.3.3	Spannungsdreieck	136
7.3.4	Widerstandsdreieck	137
7.3.5	Verlustwinkel, Verlustfaktor und Gütfaktor einer Spule	137
7.3.6	Parallelschaltung aus Wirkwiderstand und induktivem Blindwiderstand	138
7.3.7	Stromdreieck und Leitwertdreieck	138
7.4	Leistungen im Wechselstromkreis	139
7.4.1	Wirkleistung	139
7.4.2	Scheinleistung	139
7.4.3	Blindleistung	140
7.4.4	Leistungsdiagramm bei induktiver Last	140
7.4.5	Leistungsfaktor, Wirkfaktor und Blindfaktor	141
7.4.6	Verlustleistung bei realen Spulen	141
7.5	Kondensator im Wechselstromkreis	142
7.5.1	Kapazitiver Blindwiderstand	142
7.5.2	Reihenschaltung aus Wirkwiderstand und kapazitivem Blindwiderstand	143
7.5.3	Parallelschaltung aus Wirkwiderstand und kapazitivem Blindwiderstand	144
7.5.4	Verlustwinkel und Gütfaktor eines Kondensators	145
7.6	Schaltung aus Spule, Kondensator und Wirkwiderstand	146
7.6.1	Reihenschaltung aus Wirkwiderstand, induktivem und kapazitivem Blindwiderstand	146
7.6.2	Parallelschaltung aus Wirkwiderstand, induktivem und kapazitivem Blindwiderstand	147
7.7	Schwingkreise	148
7.7.1	Resonanz	149
7.7.2	Reihenschwingkreis	149
7.7.3	Parallelschwingkreis	150
7.8	Siebschaltungen	152
7.8.1	RL-Tiefpass	152
7.8.2	RL-Hochpass	152
7.8.3	RC-Tiefpass	153
7.8.4	RC-Hochpass	153
7.9	Dreiphasenwechselstrom (Drehstrom)	154
7.9.1	Entstehung der Dreiphasenwechselspannung	154
7.9.2	Verkettung	154
7.9.3	Sternschaltung	156
7.9.4	Dreieckschaltung	158
7.9.5	Leiterfehler in Drehstromsystemen	159
7.9.6	Leistung in Drehstromsystemen	160
7.9.7	Leistungsmessung in Drehstromsystemen	161
7.10	Kompensation	162
7.10.1	Kompensationsarten	163
7.10.2	Bemessung von Kompensationskondensatoren	164
7.10.3	Tonfrequenzsperrkreise	164
7.10.4	Kompensation bei nichtsinusförmigen Strömen	165
	Wiederholungsseite zu Kapitel 7	166
8		
8.1	Elektrische Messgeräte	1
8.1.1	Grundbegriffe der Messtechnik	1
8.1.2	Anzeigearten von Messgeräten	1
8.1.3	Analoge Messgeräte	1
8.1.3.1	Messfehler von analogen Messgeräten	1
8.1.3.2	Elektrische Messwerke	1
8.1.4	Digitale Messgeräte	17
8.1.5	Elektrizitätszähler	1
8.1.5.1	Induktionszähler	1
8.1.5.2	Elektronische Elektrizitätszähler	17
8.2	Praktisches Messen	1
8.2.1	Messen von Leistungen	1
8.2.2	Messen von Widerständen	17
8.2.3	Messen mit Strommesszangen	17
8.2.4	Messkategorien	17
8.2.5	Durchführung einer praktischen Messung	1
	Praxistipp: Effektivwertmessung nicht sinusförmiger Größen	17
8.3	Oszilloskop	1
8.3.1	Analoges Oszilloskop	17
8.3.1.1	Aufbau eines Analog-Oszilloskops	17
8.3.1.2	Zweikanal-Oszilloskop	18
8.3.1.3	Messen mit dem Oszilloskop	181
8.3.2	Digitalspeicher-Oszilloskop	18
	Praxistipp: Messen mit dem Oszilloskop	183
8.4	Messen nichtelektrischer Größen mit Sensoren	1
8.4.1	Aktive und passive Sensoren	1
8.4.2	Anwendungen von Sensoren	185
8.4.2.1	Sensoren zur Weg- und Winkelmessung	185
8.4.2.2	Sensoren zur Messung von Dehnung, Kraft, Druck und Drehmoment	187
8.4.2.3	Sensoren zur Messung von Temperaturen	188
8.4.3	Näherungsschalter	189
8.4.3.1	Optische Näherungsschalter	189
8.4.3.2	Induktive Näherungsschalter	189
8.4.3.3	Kapazitive Näherungsschalter	190
8.4.3.4	Ausführung von Näherungsschaltern	190
	Wiederholungsseite zu Kapitel 8	191
9	 Elektronik	192
9.1	Halbleiterwerkstoffe	192
9.2	Halbleiterwiderstände	194
9.2.1	Spannungsabhängige Widerstände (Varistoren)	194
9.2.2	Heißleiter (NTC-Widerstände)	195
9.2.3	Kalteleiter (PTC-Widerstände)	196
9.2.4	Feldplatten	198
9.3	Hallgeneratoren	198
9.4	Halbleiterdioden	199
9.4.1	Wirkungsweise	199
9.4.2	Leistungsdioden	199
9.4.3	Z-Dioden (Begrenzerdioden)	200
9.4.4	Halbleiterkennzeichnung	201
9.4.5	Kühlung von Halbleiterbauelementen	202
9.5	Transistoren	203
9.5.1	Bipolare Transistoren	203
9.5.1.1	Transistoren in der Praxis	205
9.5.1.2	Einstellung des Arbeitspunktes	206
9.5.1.3	Stabilisierung des Arbeitspunktes	207
9.5.1.4	Transistor als Schalter	208
9.5.1.5	Kippschaltungen	210
	Bistabile Kippschaltung	210
	Timer-IC NE 555	210
	Monostabile Kippschaltung	211
	Astabile Kippschaltung	211
	Schwellwertschalter (Schmitt-Trigger)	211
9.5.1.6	Verstärkerschaltungen	212
	Grundbegriffe der Verstärkertechnik	212
	Grundschaltungen des bipolaren Transistors	212
	Einstufiger bipolarer Transistorverstärker in Emitterstufe	213
	Feldeffekttransistoren (FET)	214
	Verstärkergrundschaltungen mit Feldeffekttransistoren	214
9.6	Optoelektronik	217
9.6.1	Optoelektronische Sender	217

Inhaltsverzeichnis

9.6.2	Leuchtdioden	217	Ansteuerung von Thyristoren (Ventilen)	254
	Laserdioden	218	Steuerkennlinie	254
	Optoelektronische Empfänger (Detektoren)	219	Vollgesteuerte Drehstromgleichrichter	255
	Fotodioden	219	Wechselrichterbetrieb von netzgeführten Stromrichtern	256
	Fotowiderstände	219	Wechselstrom-Umrichter	257
	Fotoelemente	219	Wechselwegschaltung W1C	257
	Solarzellen	219	Phasenanschnittsteuerung	257
	Fototransistoren	220	Phasenabschnittsteuerung	257
	Schaltungsbeispiele optoelektronischer Empfänger mit Fototransistoren	220	Nachteile der Phasenanschnittsteuerung	258
9.6.3	Flüssigkristallanzeigen	221	Vielperiodensteuerung	258
9.6.4	Optokoppler	221	Gleichstrom-Umrichter	259
9.7	Operationsverstärker	222	Gleichstromsteller	259
9.7.1	Grundlagen	222	Durchfluss- und Sperrwandler	260
9.7.2	Analoge Schaltungen mit Operationsverstärkern	224	Ansteuerungsarten für Gleichstromsteller	260
9.7.3	Digitale Schaltungen mit Operationsverstärkern	226	Selbstgeführte Wechselrichter	261
9.8	Digitaltechnik	228	Unterbrechungsfreie Stromversorgungs- systeme (USV)	262
9.8.1	Signalarten der Digital- und Steuerungstechnik	228	Stromrichter-Antriebe	263
9.8.2	Grundverknüpfungen	228	Betriebsarten elektrischer Antriebe	263
9.8.2.1	UND-Verknüpfung	228	Gleichstrommotor am Thyristor-Stromrichter	264
9.8.2.2	ODER-Verknüpfung	229	Gleichstrommotor am Sechspuls-Brücken- schaltung B6C	265
9.8.2.3	NICHT-Verknüpfung	229	Gleichstrommotor im Vierquadranten-Betrieb (4-Q-Betrieb)	265
9.8.3	Grundverknüpfungen mit Ausgangs- oder Eingangsnegation	230	Drehzahlsteuerung mit Transistor- Gleichstromsteller	266
9.8.3.1	Verknüpfungen mit Ausgangsnegation	230	Frequenzumrichter	267
9.8.3.2	Verknüpfungen mit Eingangsnegation	230	Drehstrom-Asynchronmotor am Frequenzumrichter	268
9.8.3.3	Eingangsbeschaltung log. Verknüpfungen	231	Auswahl eines Drehstromantriebes mit Frequenzumrichter	269
9.8.3.4	Anwendung der Grundverknüpfungen	231	Praxistipp: Frequenzumrichter, Installation und Inbetriebnahme	270
9.8.4	Schaltkreisfamilien	232	Netzgeräte	271
9.8.4.1	TTL-Schaltkreisfamilie	232	Geregelte Netzgeräte	271
9.8.4.2	CMOS-Schaltkreisfamilie	232	Spannungsregler	272
9.8.5	Schaltalgebra	233	Schaltnetzgeräte	272
9.8.6	Antivalenz- und Äquivalenz-Verknüpfung	234	Wiederholungsseite zu Kapitel 9	273
9.8.7	Kipplieder	235		
9.8.7.1	Zustandsgesteuerte und taktgesteuerte Kipplieder	235		
9.8.7.2	Zweiflankengesteuertes JK-Kippli	236		
9.8.7.3	Schaltungen mit Kippliedern	237		
	Duales Zahlensystem	237		
9.8.8	Zählerschaltungen	237		
9.8.9	Analog-Digital-Umsetzer (AD-Umsetzer)	238		
9.9	Digital-Analog-Umsetzer (DA-Umsetzer)	240		
9.9.1	Leistungselektronik	241		
9.9.1.1	Bauelemente der Leistungselektronik	241	10  Elektrische Anlagen	274
9.9.1.2	Thyristor	241		
9.9.1.2	GTO-Thyristor	244	10.1 Energieerzeugung und Energieübertragung	274
9.9.1.3	Triac	244	Kraftwerke	274
9.9.1.4	Diac	245	Wärmelektrische Kraftwerke	275
9.9.1.5	IGBT	246	Umweltschutz in Wärmelektro- kraftwerken	276
9.9.2	Begriffe der Leistungselektronik	247	Blockheizkraftwerke (BHKW)	277
9.9.3	Gleichrichterschaltungen	248	Wasserwerk-Kraftwerke	278
9.9.3.1	Ungesteuerte Gleichrichterschaltungen	248	Erneuerbare Energien	279
	Gleichrichterschaltungen für Wechselstrom	248	Fotovoltaikanlagen	279
	Einpuls-Einwegschaltung E1U	248	Betriebsarten von Fotovoltaikanlagen	279
	Zweipuls-Brückenschaltung B2U	249	Praxistipp: Auslegung und Dimensionierung einer Fotovoltaikanlage	282
	Ungesteuerte Gleichrichterschaltungen für Drehstrom	250	Windenergieanlagen	283
	Dreipuls-Mittelpunktschaltung M3U	250	Deponie- und Biogasanlagen	283
	Sechspuls-Brückenschaltung B6U	250	Energiemanagement in intelligenten Netzen (Smart Grid)	284
	Welligkeit bei Gleichrichterschaltungen	251	Smart Grid in Gebäuden	285
	Transformatorbauleistung bei Gleichrichterschaltungen	251	Energiespeichersysteme	285
	Glätten pulsierender Gleichspannungen	252	Umspannwerke	286
	Gesteuerte Gleichrichterschaltungen	253	Spannungsebenen	286
	Vollgesteuerte Einpuls-Einwegschaltung E1C	253	Umspannanlagen	286
	Einfluss verschiedener Lastarten auf gesteuerte Gleichrichter	253	Hochspannungsschalter	287
	Vollgesteuerte Zweipuls- Brückenschaltung B2C	254	Übertragungs- und Verteilnetze	289
			Höchst-, Hoch-, Mittel- und Nieder- spannungsnetze	289
			Netzformen	290
			Niederspannungsanlagen	291
			Netzaufbau	291
			Hausanschluss	292
			Erdungsanlagen	294
			Schutzzonenraumausgleich über die Haupt- erdungsschiene	295
			Hauptstromversorgungssysteme	296
			Praxistipp: Zählerschrank mit Stromkreis- und Multimedialverteiler	298
			Praxistipp: Ausstattung elektrischer Anlagen in Wohngebäuden	301

10.1.6	Elektromagnetische Verträglichkeit und TN-System	11.9	Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen
10.2	Isolierte Leitungen, Kabel und Freileitungen	11.9.1	Aufbau und Funktion
10.2.1	Isolierte Leitungen	11.9.2	Anwendungen von RCDs
	Praxistipp: Farbkennzeichnung von Leitern ..	11.9.3	Kennwerte von RCDs
10.2.2	Kabel für Mittelspannungs- und Niederspannungsanlagen	11.9.5	Auswahl und Einsatz von RCDs
10.2.3	Freileitungen für Hoch und Mittelspannungsanlagen	11.10	RCD als Brandschutz
10.2.4	Datenleitungen	11.11	Differenzstrom-Überwachungseinrichtung
	Praxistipp: Verlegen von Leitungen	11.12	Schutzvorkehrungen für Anlagen, die nur durch Elektrofachkräfte betrieben und überwacht werden
10.3	Schutz elektrischer Leitungen und Verbraucher	11.12.1	Prüfen der Schutzmaßnahmen
10.4	Schutzschalter	11.12.2	Erstprüfungen von ortsfesten elektrischen Anlagen und Betriebsmitteln nach DIN VDE 0100, Teil 600
10.4.1	Thermischer Auslöser	11.12.3	Prüfen der Schutzleiter und Schutzpotenzialausgleichsleiter
10.4.2	Elektromagnetischer Auslöser	11.12.4	Messen der Isolationswiderstände in elektrischen Anlagen
10.4.3	Leitungsschutzschalter	11.12.5	Prüfen der Schutzmaßnahmen SELV, PELV und Schutztrennung
10.4.4	Selektiver Hauptleitungsschutzschalter	11.12.6	Messen des Isolationswiderstandes von Fußböden und Wänden
10.4.5	Leistungsschalter	11.12.6.1	Prüfen der Schutzmaßnahme: Automatische Abschaltung der Stromversorgung im TN-, TT- und IT-System
10.4.6	Motorschutzeinrichtungen	11.12.6.2	Prüfen im TN-System
10.5	Bemessung von fest verlegten Kabeln und Leitungen	11.12.6.3	Messen der Schleifenimpedanz
10.5.1	Spannungsfall an Leitungen	11.12.6.4	Prüfen im IT-System
10.5.2	Anordnung von Überstrom-Schutzeinrichtungen	11.12.6.5	Prüfen der Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD)
	Praxistipp: Beispiel einer Leitungsberechnung	11.12.7	Prüfen der Drehfeldrichtung
	Praxistipp: Leiterquerschnittsermittlung bei Oberschwingungsströmen	11.12.8	Wiederkehrende Prüfungen von elektrischen Anlagen und ortsfesten Betriebsmitteln nach DIN VDE 0105
10.6	Räume und Anlagen besonderer Art	11.12.8	E-Check als Gütesiegel für die Elektroanlage
10.6.1	Elektroinstallation in Räumen mit Badewanne oder Dusche	11.13	Praxistipp: Prüfung elektrischer Anlagen einrichtung (RCD) hat ausgelöst
10.6.2	Sauna-Anlagen	12	Gebäudetechnische Anlagen
10.6.3	Baustellen	12.1	Beleuchtungsanlagen
10.6.4	Landwirtschaftliche und gartenbauliche Betriebsstätten	12.1.1	Farbspektrum und Farbwiedergabe
10.6.5	Feuergefährdete Betriebsstätten	12.1.2	Lichttechnische Größen
10.6.6	Explosionsgefährdete Bereiche	12.1.3	Kriterien für eine gute Beleuchtung
10.6.7	Medizinisch genutzte Bereiche	12.1.4	Energieeffizienzanforderungen
10.6.8	Stromversorgungen für Elektro-Fahrzeuge	12.1.5	Lampenübersicht
10.6.8.1	Ladestationen	12.1.6	Halogenlampen
10.6.8.2	Ladebetriebsarten und Ladesteckleinrichtungen	12.1.7	Leuchtstofflampen
10.6.8.3	Installationsvorschriften	12.1.8	Vorschaltgeräte für Leuchtstofflampen
10.6.9	Übersicht der Raumarten und Betriebsstätten	12.1.9	Induktionslampen
10.7	Brandbekämpfung in elektrischen Anlagen	12.1.10	Natriumdampf-Niederdrucklampen
10.7.1	Verhalten beim Brand in elektrischen Anlagen	12.1.11	LED-Lampen
10.7.2	Löschenmittel	12.1.12	Praxistipp: Halogen-Beleuchtung wird durch LED-Beleuchtung ersetzt
	Wiederholungsseite zu Kapitel 10	12.1.13	Praxistipp: Beispiel zur Ermittlung der Lampenanzahl
11	△ Schutzmaßnahmen	12.1.14	Lichtberechnungssoftware
11.1	Gefahren im Umgang mit dem elektrischen Strom	12.1.15	Lichtstärkeverteilung von Leuchten
11.1.1	Wirkungen des elektrischen Stroms im menschlichen Körper	12.1.16	Lichtmanagementsysteme
11.1.2	Direktes und indirektes Berühren	12.2	Elektrogeräte
11.1.3	Fachbegriffe Schutzmaßnahmen	12.2.1	Allgemeines über Elektrogeräte
11.2	Sicherheitsbestimmungen für Niederspannungsanlagen	12.2.2	Elektrische Warmwasserbereiter
11.2.1	Schutzklassen	12.2.3	Elektrische Raumheizung
11.2.2	IP-Schutzarten	12.2.4	Elektrische Geräte zur Nahrungsvorratshaltung und -zubereitung
11.2.3	Maßnahmen bei Arbeiten an elektrischen Anlagen	12.2.5	Elektrische Geräte zur Wäschespflege und Geschirrreinigung
11.2.4	Qualifikationen für Arbeiten in der Elektrotechnik	12.2.5.1	Waschmaschine
11.2.5	Fehlerarten in elektrischen Anlagen	12.2.5.2	Wäschetrockner
11.2.6	Spannungen im Fehlerfall	12.2.5.3	Geschirrspülmaschine
11.3	Netzsysteme	12.2.6	Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) elektrischer Geräte
11.4	Schutz gegen elektrischen Schlag	12.2.7	Prüfen von Elektrogeräten nach Instandsetzung und Änderung
11.5	Automatische Abschaltung der Stromversorgung	339	376
11.5.1	Anforderungen an den Basisschutz (Schutz gegen direktes Berühren)	349	377
11.5.2	Anforderungen an den Fehlerschutz (Schutz bei indirektem Berühren)	350	
11.5.3	Schutz im TN-System	351	
11.5.4	Schutz im TT-System	352	
11.5.5	Schutz im IT-System	353	
11.6	Doppelte oder verstärkte Isolierung	354	
11.7	Schutztrennung	354	
11.8	Schutz durch Kleinspannung mittels SELV oder PELV	355	

12.2.8	Wiederholungsprüfungen an elektrischen Geräten	411	13.2.1.7	Bauformen und Baugrößen von drehenden elektrischen Maschinen	479
12.3	Antennen- und Verteilanlagen	412	13.2.1.8	Elektrische Isolierung	479
12.3.1	Wirkungsweise der Antennen	412	13.2.2	Drehstromasynchronmotoren	480
12.3.2	Empfangsantennen	413	13.2.2.1	Entstehung des Drehfeldes	480
12.3.3	Verstärkungsmaß, Dämpfungsmaß und Pegel	415	13.2.2.2	Kurzschlussläufermotor	481
12.3.4	Aufbau von Antennenanlagen	416	13.2.2.3	Anlassen von Kurzschlussläufermotoren . .	484
12.3.5	Satelliten-Fernsehempfangsanlagen	417	13.2.2.4	Schleifringläufermotor	486
	Praxistipp: Baugruppen zum digitalen Sat-Empfang	420	13.2.2.5	Polumschaltbare Motoren	487
12.3.6	DVB-T-Fernsehempfangsanlagen	421		Praxistipp: Anschließen eines Drehstrommotors	488
12.3.7	Breitband-Kommunikationsanlagen	421		Formelübersicht zum Drehstrommotor . . .	489
12.3.8	Berechnung einer Empfangsantennenanlage	422	13.2.2.6	Praxistipp: Auswahl eines Elektromotors .	490
12.3.9	Errichten von Empfangsantennenanlagen . .	423		Bremsbetrieb von Drehstromasynchron- motoren	492
	Praxistipp: Multimediarverkabelung im Wohnbereich	423	13.2.2.7	Drehstrommotor an Wechselspannung (Steinmetzschaltung)	493
12.4	Telekommunikation	425	13.2.2.8	Wechselstrom-Asynchronmotor	494
12.4.1	Datenübertragung	426	13.2.3	Drehstromlinearmotoren	495
12.4.2	Analoges Telekommunikationssystem	426	13.2.4	Synchronmotor	496
12.4.3	Digitales Kommunikationssystem	427	13.2.5	Sondermotoren	497
12.5	Gebäudeautomation	431	13.2.5.1	Spaltpolmotor	497
12.5.1	Gebäudeleittechnik	431	13.2.5.2	Reluktanzmotor	498
12.5.2	Gebäudesystemtechnik	432	13.2.5.3	Schrittmotor	498
	Praxistipp: KNX-Projekt programmieren .	436	13.2.6	Synchrongenerator	501
	Praxistipp: Umrüsten einer Jalousiesteuerung auf KNX	438	13.2.7	Stromwendermaschinen	503
12.5.3	Gebäudeautomation mit Visualisierung	439	13.2.7.1	Wirkungsweise	503
	Praxistipp: Das vernetzte Haus	440	13.2.7.2	Aufbau einer Gleichstrommaschine	504
12.6	Gefahrenmeldeanlagen	442	13.2.7.3	Ankerquerfeld und Ankerrückwirkung . .	505
12.6.1	Einbruchmeldeanlagen	442	13.2.7.4	Anschlussbezeichnungen	506
12.6.2	Brandmeldeanlagen	446	13.2.7.5	Arten von Gleichstrommotoren	507
	Praxistipp: Beispiel einer Einbruchmeldeanlage	448	13.2.7.6	Anlassen von Gleichstrommotoren	509
	Praxistipp: Installation von Rauchmeldern	449	13.2.7.7	Drehzahlsteuerung von Gleichstrommotoren	510
12.7	Blitzschutz	450	13.2.7.8	Universalmotor	511
12.7.1	Entstehung der Gewitterzelle	450	13.2.8	Servomotoren	512
12.7.2	Wirkungen des Blitzstromes	450	13.2.8.1	Gleichstromservomotor	513
12.7.3	Blitzschutzsysteme	450	13.2.8.2	Drehstromservomotor	513
12.7.3.1	Außerer Blitzschutz	451	13.2.9	Wartung und Prüfung elektrischer Maschinen	516
12.7.3.2	Innerer Blitzschutz	452		Wiederholungsseite zu Kapitel 13	517
12.7.3.3	Trennungsabstand	453			
	Wiederholungsseite zu Kapitel 12	455			

13 Elektrische Maschinen 456

13.1	Transformatoren	457
13.1.1	Einphasentransformatoren	457
13.1.1.1	Aufbau und Wirkungsweise	457
13.1.1.2	Leerlaufspannung	457
13.1.1.3	Übersetzungen	458
13.1.1.4	Betriebsverhalten im Leerlauf	459
13.1.1.5	Betriebsverhalten bei Belastung	459
13.1.1.6	Betriebsverhalten bei Kurzschluss	460
13.1.1.7	Kurzschlussstrom und Einschaltstrom . .	461
13.1.1.8	Wirkungsgrad von Transformatoren	462
13.1.2	Kleintransformatoren	463
13.1.2.1	Aufbau	463
13.1.2.2	Arten von Kleintransformatoren	464
13.1.2.3	Prüfspannungen bei Kleintransformatoren	465
13.1.3	Sondertransformatoren	466
13.1.3.1	Spartransformatoren	466
13.1.3.2	Streufeldtransformatoren	467
13.1.4	Messwandler	467
13.1.4.1	Spannungswandler	467
13.1.4.2	Stromwandler	468
13.1.5	Drehstromtransformatoren	469
13.1.5.1	Aufbau und Prinzip	469
13.1.5.2	Schaltungen	470
13.1.5.3	Unsymmetrische Belastung	472
13.1.5.4	Gebräuchliche Schaltgruppen	473
13.1.6	Parallelschalten von Transformatoren . .	474
13.2	Rotierende elektrische Maschinen	475
13.2.1	Grundlagen	475
13.2.1.1	Leistung und Drehmoment	475
13.2.1.2	Aufbau umlaufender Maschinen	476
13.2.1.3	Leistungsschild	476
13.2.1.4	Drehmoment	476
13.2.1.5	Betriebsarten elektrischer Maschinen . .	477
13.2.1.6	Kühlung elektrischer Maschinen	478

14 Informationstechnik 518

14.1	Bereiche der Informationstechnik	518
14.2	Computer, Programme und Peripherie	519
14.2.1	Bestandteile und Funktionsweise eines Computers	519
14.2.2	Hardware, Software und Firmware	520
14.2.3	Computersystem	520
14.3	Mikrocomputer	521
14.4	Personal Computer (PC)	522
14.4.1	Komponenten eines PC	522
14.4.2	Mikroprozessor (CPU)	523
14.4.3	Halbleiterspeicher	524
14.4.4	Buskommunikation	525
14.4.5	Eingabe- und Ausgabe-Einheit	525
	Praxistipp: Auswahl eines PC-Mainboard	526
14.5	Geräte für Eingabe, Ausgabe und Speicherung	527
14.5.1	Geräte zur Eingabe	527
14.5.2	Geräte zur Ausgabe	527
14.5.2.1	Drucker	527
14.5.2.2	Farbmonitore	528
14.5.3	Periphere Geräte zur Datenspeicherung	529
	Praxistipp: Servicearbeiten am PC	530
14.6	Software	531
14.6.1	Systemprogramme	531
14.6.2	Anwendungsprogramme	532
14.6.3	Softwareentwicklung	533
14.7	Vernetzung von Computern	534
14.7.1	Dienste in Computernetzwerken	534
14.7.2	Netzwerktopologien	534
14.7.3	Bestandteile eines lokalen Netzwerkes (LAN) in Sterntopologie	535
	Netzwerkprotokoll	536
	Globales Netzwerk Internet	537
	Praxistipp: Verbinden von zwei PCs über ein Netzwerk	538
	Praxistipp: Herstellen einer WLAN-Verbindung zu einem Netzwerk	539

14.8	Datensicherheit, Datenschutz und Urheberrechte	540
14.9	Schädliche Programme (Malware)	540
	Wiederholungsseite zu Kapitel 14	541

15	Automatisierungstechnik	542
-----------	--------------------------------------	-----

15.1	Steuerungstechnik	542
15.1.1	Steuern	542
15.1.1.1	Fachbegriffe der Steuerungstechnik	542
15.1.1.2	Steuerungsarten	543
15.2	Kleinsteuergeräte	545
15.3	Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS)	547
15.3.1	Aufbau	547
15.3.2	Programmiersprachen	548
15.3.3	Arbeitsweise einer SPS	548
15.3.4	Bausteinstruktur in STEP 7	550
15.3.5	Programmierung	551
15.3.5.1	Grundverknüpfungen	551
15.3.5.2	Öffner und Schließer	552
15.3.5.3	Speicherfunktionen	554
15.3.5.4	Zeitfunktionen	556
15.3.5.5	Zähler	557
15.3.5.6	Vergleicher	559
15.3.6	Ablaufsteuerungen	560
15.3.6.1	Arten von Ablaufsteuerungen	560
15.3.6.2	Betriebsarten	560
15.3.6.3	Ablaufkette (Struktur)	561
15.3.6.4	Verzweigte Ablaufketten (Ablaufauswahl)	562
15.3.6.5	Programmierung einer Ablaufkette mit SPS	563
15.3.7	Bibliotheksfähige Bausteine	564
	Praxistipp: S7-Projekt erstellen	567
15.3.8	Maschinensicherheit	569
15.3.8.1	Sicherheitskategorien (Performance Level)	569
15.3.8.2	Sicherheitsbezogene Teile	569
15.3.8.3	Handlungen im Notfall (NOT-HALT, NOT-AUS)	570
15.3.9	Bussysteme	571
15.3.9.1	Feldbusse	571
15.4	Prozessvisualisierung	575
15.5	Regelungstechnik	577
15.5.1	Aufgaben und Begriffe	577
15.5.2	Regelstrecken	578
15.5.2.1	Statisches Verhalten von Regelstrecken	578
15.5.2.2	Dynamisches Verhalten von Regelstrecken	579
15.5.3	Regler	582
15.5.3.1	Unstetige Regler	582
15.5.3.2	Stetige Regler	584
15.5.4	Regelkreis	588
15.5.4.1	Schwingungsverhalten	588
15.5.4.2	Reglerauswahl	588
15.5.4.3	Reglereinstellung	589
15.5.5	Universalregler	590
	Praxistipp: Entwurf einer Regelung	591
	Wiederholungsseite zu Kapitel 15	592

16	Werkstoffe, Fertigungsverfahren, Umweltschutz und Energieeinsparung	593
-----------	--	-----

16.1	Werkstoffe der Elektrotechnik	593
16.1.1	Leiter- und Kontaktwerkstoffe	594
16.1.1.1	Leiterwerkstoffe	594
16.1.1.2	Kontaktwerkstoffe	595
16.1.2	Isolierstoffe	596
16.1.2.1	Elektrische Eigenschaften von Isolierstoffen	596
16.1.2.2	Anorganische und organische Isolierstoffe	597
16.1.2.3	Flüssige und gasförmige Isolierstoffe	598
16.2	Fertigungsverfahren	599
16.2.1	Verbbindungen (Fügen)	599
16.2.1.1	Lösbare Verbbindungen in der Elektrotechnik	599
16.2.1.2	Unlösbare Verbbindungen in der Elektrotechnik	599
16.2.2	Elektrotechnik	602
16.2.3	Gedruckte Schaltungen	602
16.2.4	SMD-Technik	604
16.3	Umweltschutz	605
16.3.1	Umweltschutzverordnungen im Bereich der Elektrotechnik	605
16.3.2	Umweltschutz im Betrieb	606

16.3.3	Wiederverwertung und Entsorgung von Abfallstoffen	61
16.4	Energieeinsparung	61
16.4.1	Rationeller Umgang mit Energie	61
16.4.2	Stand-by-Betrieb	61
16.4.3	Tipps zum Energiesparen	61
	Wiederholungsseite zu Kapitel 16	61

17

17.1	Berufliche Handlungskompetenz	61
	Praxistipp: Benehmen und Stil im Beruf – Business-Etikette	61
17.1.1	Teamarbeit	61
17.1.2	Arbeitsmethoden und Zeitplanung	61
17.1.3	Kommunikation	61
17.1.4	Kreativitätstechniken	62
17.1.5	Informationsbeschaffung	62
17.2	Präsentation	6
17.2.1	Aufgaben einer Präsentation und Vorbereitung	622
17.2.2	Visualisierung	623
17.2.3	Vortragen einer Präsentation	624
17.3	Projektmanagement	625
	Aufgaben von Projekten	625
	Projektphasen	626
17.4	Kundenauftrag und Kundenservice	627
	Kundenerwartungen und Umgang mit dem Kunden	627
17.4.2	Phasen eines Kundenauftrags	628
17.4.3	Kundenservice	630
17.5	Kalkulation und Angebot	631
17.5.1	Kalkulation im Industriebetrieb	632
17.5.2	Kalkulation von Dienstleistungen	633
17.5.3	Kalkulation im Handwerksbetrieb	634
17.5.4	Rechnungsstellung	635
17.6	Qualitätsmanagement	636
	Ziele des Qualitätsmanagements	636
	Normreihe DIN ISO 9000 ff.	636
17.6.3	TQM-Methode	637
17.6.4	Qualitätswerzeuge	638
	Praxistipp: Existenzgründung	639
	Wiederholungsseite zu Kapitel 17	640
	Wiederholungsseiten (Rechenergebnisse)	641

Infoteil

Schaltzeichen	642
Wichtige elektrotechnische Symbole	648
Wichtige Prüfzeichen, Symbole und Logos	649
Kennzeichnung von Widerständen und Kondensatoren	650
Auslösekennlinien von Überstrom-Schutzeinrichtungen	651
Verlegearten von Kabeln und isolierten Leitungen, Mindestquerschnitte elektrischer Leiter	652
Strombelastbarkeit, Umrechnungsfaktoren von Kabeln und isolierten Leitungen	653
Betriebsdaten von Drehstrom-Kurzschlussläufermotoren	654
Kennlinien von Dioden	655
Kennlinien eines NPN-Transistors	656
Kennlinien Thyristor, Triac	657
Wichtige Abkürzungen	658
Fachbegriffe Englisch – Deutsch	660
Firmenverzeichnis	663
Sachwortverzeichnis Deutsch – Englisch	664

Vordere Innenumenschlagseite:

Wichtige Formelzeichen, Größen und Einheiten

Hintere Innenumenschlagseite:

Arbeitssicherheit und Unfallverhütung