

**1 Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz . 15**

1.1 Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz . 15  
 1.2 Geräte- und Produktsicherheitsgesetz . 15  
 1.3 Gefahrstoffverordnung . 16  
 1.4 Sicherheitszeichen . 17  
 1.5 Erste Hilfe . 18  
 Praxistipp: Gefährdungsbeurteilung . 19  
 Wiederholungsseite zu Kapitel 1 . 20

**2 Grundbegriffe der Elektrotechnik . 21**

2.1 Umgang mit physikalischen Größen . 21  
 Masse und Kraft . 21  
 Mechanische Arbeit . 22  
 Energie . 22  
 Mechanische Leistung . 22  
 2.2 Arten von Stromkreisen . 23  
 Elektrischer Gleichstromkreis . 24  
 Schaltzeichen . 25  
 2.3 Elektrische Ladung (Elektrizitätsmenge) . 26  
 Aufbau der Atome . 27  
 2.4 Elektrische Spannung . 28  
 2.4.1 Spannungsquellen . 28  
 2.4.2 Potenzial und Spannung . 28  
 2.4.3 Arten der Spannungserzeugung . 29  
 2.4.4 Messen elektrischer Spannung . 30  
 2.5 Elektrischer Strom . 31  
 2.5.1 Elektrischer Strom in Metallen . 32  
 2.5.2 Messen elektrischer Stromstärke . 32  
 2.5.3 Wirkungen des elektrischen Stromes . 33  
 2.5.4 Stromarten . 34  
 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 Grundsicherungen der Elektrotechnik . 49**

3.1 Reihenschaltung . 49  
 3.1.1 Gesetze der Reihenschaltung . 49  
 3.1.2 Vorwiderstände . 51  
 3.1.3 Spannungsfall an Leitungen . 52  
 3.2 Parallelschaltung . 53  
 3.3 Gemischte Schaltungen . 55  
 3.3.1 Spannungsteiler . 55  
 3.3.2 Brückenschaltung . 57  
 3.3.2.1 Abgeglichene Brückenschaltung . 57  
 3.3.2.2 Nicht abgeglichene Brückenschaltung . 58  
 3.3.3 Widerstandsbestimmung durch Strom- und Spannungsmessung . 59  
 3.4 Innenwiderstand von Spannungsquellen . 60  
 3.4.1 Belastungsfälle einer Spannungsquelle . 60  
 3.4.2 Ersatzschaltbild einer Spannungsquelle . 61  
 3.4.3 Anpassung . 61  
 3.4.4 Schaltungen von Spannungsquellen . 63  
 3.5 Galvanische Elemente . 64  
 3.5.1 Umwandlung chemischer Energie in elektrische Energie . 64  
 3.5.2 Primärelemente . 65  
 3.5.3 Sekundärelemente (Akkumulatoren) . 67  
 Wiederholungsseite zu Kapitel 3 . 69

**4 Elektrisches Feld . 70**

4.1 Eigenschaften des elektrischen Feldes . 70  
 4.2 Grundbegriffe . 71  
 4.2.1 Elektrische Feldstärke . 71  
 4.2.2 Elektrische Influenz und Polarisation . 71  
 4.2.3 Elektrische Felder in der Praxis . 72  
 4.3 Kondensator im Gleichstromkreis . 73  
 4.3.1 Verhalten eines Kondensators . 73  
 4.3.2 Kapazität eines Kondensators . 73  
 Berechnung der Kapazität von Kondensatoren . 74  
 4.3.3 Laden und Entladen eines Kondensators . 75  
 4.3.4 Energie des geladenen Kondensators . 76  
 4.4 Schaltungen von Kondensatoren . 77  
 4.4.1 Parallelschaltung . 77  
 4.4.2 Reihenschaltung . 77  
 4.5 Kenngrößen und Bauarten von Kondensatoren . 78  
 4.5.1 Kenngrößen . 78  
 4.5.2 Bauarten . 78  
 Wiederholungsseite zu Kapitel 4 . 80

**5 Magnetisches Feld . 81**

5.1 Eigenschaften der Magnete und Darstellungshilfen . 81  
 5.2 Elektromagnetismus . 83  
 5.2.1 Stromdurchflossener Leiter und Magnetfeld . 83  
 5.2.2 Stromdurchflossene Spule und Magnetfeld . 84  
 5.3 Magnetische Größen . 85  
 5.3.1 Magnetischer Fluss  $\Phi$  . 85  
 5.3.2 Elektrische Durchflutung  $\Theta$  . 85  
 5.3.3 Magnetische Feldstärke  $H$  . 86  
 5.3.4 Magnetische Flussdichte  $B$  . 86  
 5.4 Eisen im Magnetfeld einer Spule . 87  
 5.5 Strom und Magnetfeld . 90  
 5.5.1 Stromdurchflossener Leiter im Magnetfeld . 90  
 5.5.2 Stromdurchflossene Spule im Magnetfeld . 92  
 5.5.3 Stromdurchflossene parallele Leiter . 92  
 5.6 Spannungserzeugung durch Induktion . 93  
 5.6.1 Generatorprinzip (Induktion der Bewegung) . 93  
 5.6.2 Lenzsche Regel . 94  
 5.6.3 Transformatorprinzip (Induktion der Ruhe) . 95  
 5.6.4 Selbstinduktion . 97  
 5.6.5 Wirbelströme . 98  
 Wiederholungsseite zu Kapitel 5 . 99

**6 Schaltungstechnik . 100**

6.1 Schaltungsunterlagen . 100  
 Praxistipp: Installation einer Wechsel-schaltung mit Steckdose . 102  
 6.2 Installationsschaltungen . 103  
 6.2.1 Lampenschaltungen . 103  
 6.2.2 Schaltungen mit Meldeleuchten . 105  
 6.2.3 Stromstoßschaltung . 106  
 6.2.4 Infrarot-Bewegungsmelder . 106  
 6.2.5 Treppenhaus-Zeitschaltung . 107  
 6.2.6 Hausrufanlagen . 107  
 6.2.7 Haussprechanlagen . 108  
 6.3 Elektromagnetische Schalter . 110  
 6.3.1 Relais . 111  
 6.3.2 Schütze . 113  
 6.3.3 Schützsicherungen . 114  
 6.3.3.1 Schaltungen mit Schützen . 114  
 Tippbetrieb . 114  
 6.3.3.2 Selbsthalteschaltung . 114  
 6.3.3.3 Anwendungen von Schützsicherungen . 115  
 Verriegelungsschaltung . 115  
 Wendeschützsicherung . 115  
 Folgeschaltung . 116  
 Stern-Dreieck-Schützsicherung . 116  
 Automatische Stern-Dreieck-Schützsicherung . 118  
 Dahlanderschaltung . 119

6.4	<b>Klemmenplan</b> .....	120
6.5	<b>Elektrische Ausrüstung von Maschinen</b> .....	121
	Praxistipp: Anforderungen an Steuerstromkreise .....	123
	Wiederholungsseite zu Kapitel 6 .....	124

## 7

**Wechsel- und Drehstromtechnik** ..... 125

7.1	<b>Kenngößen der Wechselstromtechnik</b> .....	125
7.1.1	Periode und Scheitelwert .....	125
7.1.2	Frequenz und Periodendauer .....	125
7.1.3	Frequenz und Wellenlänge .....	126
7.2	<b>Sinusförmige Wechselgrößen</b> .....	127
7.2.1	Zeigerdarstellung von Sinusgrößen .....	127
7.2.2	Kreisfrequenz .....	128
7.2.3	Erzeugung von Sinusspannungen .....	128
7.2.4	Scheitelwert und Effektivwert bei sinusförmigen Wechselgrößen .....	129
7.2.5	Zeitlicher Verlauf von Wechselgrößen .....	130
7.2.6	Nichtsinusförmige Spannungen und Ströme .....	131
7.2.7	Frequenz und Polpaarzahl .....	132
7.2.8	Phasenverschiebung .....	133
7.2.9	Wirkwiderstand .....	133
7.2.10	Scheinwiderstand .....	133
7.3	<b>Spule im Wechselstromkreis</b> .....	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	Parallelschaltung aus Wirkwiderstand und induktivem Blindwiderstand .....	138
7.3.6	Stromdreieck und Leitwertdreieck .....	138
7.4	<b>Leistungen im Wechselstromkreis</b> .....	139
7.4.1	Wirkleistung .....	139
7.4.2	Scheinleistung .....	139
7.4.3	Blindleistung .....	140
7.4.4	Leistungsdreieck bei induktiver Last .....	140
7.4.5	Leistungsfaktor, Wirkfaktor und Blindfaktor .....	141
7.4.6	Verlustleistung bei realen Spulen .....	141
7.5	<b>Kondensator im Wechselstromkreis</b> .....	142
7.5.1	Kapazitiver Blindwiderstand .....	142
7.5.2	Reihenschaltung aus Wirkwiderstand und kapazitivem Blindwiderstand .....	143
	RC-Hochpass .....	144
	RC-Tiefpass .....	144
7.5.3	Parallelschaltung aus Wirkwiderstand und kapazitivem Blindwiderstand .....	145
7.5.4	Verlustleistung bei realen Kondensatoren .....	146
7.6	<b>Schaltung aus Spule, Kondensator und Wirkwiderstand</b> .....	147
7.6.1	Reihenschaltung aus Wirkwiderstand, induktivem und kapazitivem Blindwiderstand .....	147
7.6.2	Parallelschaltung aus Wirkwiderstand, induktivem und kapazitivem Blindwiderstand .....	148
7.7	<b>Schwingkreise</b> .....	149
7.7.1	Resonanz .....	150
7.7.2	Reihenschwingkreis .....	150
7.7.3	Parallelschwingkreis .....	151
7.8	<b>Dreiphasenwechselstrom (Drehstrom)</b> .....	153
7.8.1	Entstehung der Dreiphasenwechselspannung .....	153
7.8.2	Verkettung .....	153
7.8.3	Sternschaltung .....	155
7.8.4	Dreieckschaltung .....	157
7.8.5	Leiterfehler in Drehstromsystemen .....	158
7.8.6	Leistung bei Dreiphasenwechselstrom .....	159
7.8.7	Leistungsmessung bei Dreiphasenwechselstrom .....	160
7.9	<b>Kompensation</b> .....	161
7.9.1	Kompensationsarten .....	162
7.9.2	Bemessung von Kompensationskondensatoren .....	163

7.9.3	Tonfrequenzsperrkreise .....	163
7.9.4	Kompensation bei nichtsinusförmigen Strömen .....	164
	Wiederholungsseite zu Kapitel 7 .....	165

## 8

**Messtechnik** ..... 166

8.1	<b>Elektrische Messgeräte</b> .....	166
8.1.1	Grundbegriffe der Messtechnik .....	166
	Anzeigarten von Messgeräten .....	167
8.1.3	Analoge Messgeräte .....	167
8.1.3.1	Messfehler von analogen Messgeräten .....	168
8.1.3.2	Elektrische Messwerke .....	169
8.1.4	Digitale Messgeräte .....	170
8.1.5	Elektrizitätszähler .....	172
8.1.5.1	Wirkverbrauchsähler .....	172
8.1.5.2	Elektronische Elektrizitätszähler .....	173
8.2	<b>Praktisches Messen</b> .....	174
8.2.1	Messen von Leistungen .....	174
8.2.2	Messen von Widerständen .....	174
8.2.3	Messen mit Strommesszangen .....	175
8.2.4	Messkategorien .....	175
8.2.5	Durchführung einer praktischen Messung .....	176
8.3	<b>Oszilloskop</b> .....	177
8.3.1	Analoges Oszilloskop .....	177
8.3.1.1	Aufbau eines Analog-Oszilloskops .....	177
8.3.1.2	Zweikanal-Oszilloskop .....	179
8.3.1.3	Messen mit dem Oszilloskop .....	179
8.3.2	Digitalspeicher-Oszilloskop .....	180
	Praxistipp: Messen mit dem Oszilloskop .....	181
8.4	<b>Messen nichtelektrischer Größen mit Sensoren</b> .....	182
8.4.1	Aktive und passive Sensoren .....	182
8.4.2	Analoge Sensoren .....	183
8.4.2.1	Sensoren zur Weg- und Winkelmessung .....	183
8.4.2.2	Sensoren zur Messung von Dehnung, Kraft, Druck und Drehmoment .....	184
8.4.2.3	Sensoren zur Messung von Temperaturen .....	185
8.4.3	Binäre Sensoren .....	186
8.4.3.1	Optische Näherungsschalter .....	186
8.4.3.2	Induktive Näherungsschalter .....	186
8.4.3.3	Kapazitive Näherungsschalter .....	187
8.4.3.4	Ausgangsfunktion und Ausführung von Näherungsschaltern .....	187
8.4.4	<b>Digitale Sensoren</b> .....	188
	Praxistipp: Effektivwertmessung nichtsinusförmiger Größen .....	189
	Wiederholungsseite zu Kapitel 8 .....	190

## 9

**Elektronik** ..... 191

9.1	<b>Halbleiterwerkstoffe</b> .....	191
9.2	<b>Halbleiterwiderstände</b> .....	193
9.2.1	Spannungsabhängige Widerstände (Varistoren) .....	193
9.2.2	Heißleiter (NTC-Widerstände) .....	194
9.2.3	Kaltleiter (PTC-Widerstände) .....	195
9.2.4	Feldplatten .....	197
9.3	<b>Hallgeneratoren</b> .....	197
9.4	<b>Halbleiterdioden</b> .....	198
9.4.1	Wirkungsweise .....	198
9.4.2	Leistungsdioden .....	198
9.4.3	Z-Dioden (Begrenzerdioden) .....	199
9.4.4	Halbleiterkennzeichnung .....	200
9.4.5	Kühlung von Halbleiterbauelementen .....	201
9.5	<b>Transistoren</b> .....	202
9.5.1	Bipolare Transistoren .....	202
9.5.1.1	Transistoren in der Praxis .....	204
9.5.1.2	Einstellung des Arbeitspunktes .....	205
9.5.1.3	Stabilisierung des Arbeitspunktes .....	206
9.5.1.4	Transistor als Schalter .....	207
9.5.1.5	Kippschaltungen .....	209
	Bistabile Kippschaltung .....	209

	Timer-Baustein NE 555 .....	209		Dreipuls-Mittelpunktschaltung M3U .....	250
	Monostabile Kippschaltung .....	210		Sechspuls-Brückenschaltung B6U .....	250
	Astabile Kippschaltung .....	210		Welligkeit bei Gleichrichterschaltungen .....	251
	Schwellwertschalter (Schmitt-Trigger) .....	210		Transformatorbauleistung bei Gleichrichterschaltungen .....	251
9.5.1.6	Verstärkerschaltungen .....	211		Glätten pulsierender Gleichspannungen .....	252
	Grundbegriffe der Verstärkertechnik .....	211		Gesteuerte Gleichrichterschaltungen .....	253
	Grundschaltungen des bipolaren Transistors .....	211	9.9.3.2	Vollgesteuerte Einpuls-Einwegschaltung E1C .....	253
	Einstufiger bipolarer Transistorverstärker in Emitterschaltung .....	212		Einfluss verschiedener Lastarten auf gesteuerte Gleichrichter .....	253
9.5.2	Feldefekttransistoren (FET) .....	213		Vollgesteuerte Zweipuls-Brückenschaltung B2C .....	254
	Verstärkergrundschaltungen mit Feldeffekttransistoren .....	215		Ansteuerung von Ventilen (Thyristoren) .....	254
9.6	<b>Optoelektronik</b> .....	216		Steuerkennlinie .....	254
9.6.1	Optoelektronische Sender .....	216		Vollgesteuerte Drehstromgleichrichter .....	255
	Leuchtdioden .....	216	9.9.4	Wechselrichterbetrieb von netzgeführten Stromrichtern .....	256
	Laserdioden .....	217		Wechselstrom-Umrichter .....	257
9.6.2	Optoelektronische Empfänger (Detektoren) .....	218	9.9.5	Wechselwegschaltung W1C (Dimmer) .....	257
	Fotodioden .....	218		Phasenanschnittsteuerung .....	257
	Fotowiderstände .....	218	9.9.5.1	Phasenabschnittsteuerung .....	257
	Fotoelemente .....	218		Nachteile der Phasenanschnittsteuerung .....	258
	Solarzellen .....	218	9.9.5.2	Vielperiodensteuerung .....	258
	Fototransistoren .....	219	9.9.6	Gleichstrom-Umrichter .....	259
	Schaltungsbeispiele optoelektronischer Empfänger mit Fototransistoren .....	219	9.9.6.1	Durchfluss- und Sperrwandler .....	260
9.6.3	Flüssigkristallanzeigen .....	220	9.9.6.2	Ansteuerungsarten für Gleichstromsteller .....	260
9.6.4	Optokoppler .....	220	9.9.7	Wechselrichter .....	261
9.7	<b>Operationsverstärker</b> .....	221	9.9.8	Netzgeräte .....	262
9.7.1	Grundlagen .....	221	9.9.8.1	Geregelte Netzgeräte .....	262
9.7.2	Analoge Schaltungen mit Operationsverstärkern .....	223	9.9.8.2	Spannungsregler .....	263
9.7.3	Digitale Schaltungen mit Operationsverstärkern .....	225	9.9.8.3	Schaltnetzgeräte .....	263
9.8	<b>Digitaltechnik</b> .....	227	9.9.9	Betriebsarten elektrischer Antriebe .....	264
9.8.1	Signalarten der Digital- und Steuerungstechnik .....	227	9.9.10	Gleichstromantriebe .....	265
9.8.2	Grundverknüpfungen .....	227	9.9.10.1	Gleichstrommotor am Thyristor-Stromrichter .....	265
9.8.2.1	UND-Verknüpfung .....	227	9.9.10.2	Gleichstrommotor an Sechspuls-Brückenschaltung B6C .....	266
9.8.2.2	ODER-Verknüpfung .....	228	9.9.10.3	Gleichstrommotor im Vierquadranten-Betrieb (4-Q-Betrieb) .....	266
9.8.2.3	NICHT-Verknüpfung .....	228	9.9.10.4	Drehzahlsteuerung mit Transistor-Gleichstromsteller .....	267
9.8.3	Grundverknüpfungen mit Ausgangs- oder Eingangsnegation .....	229	9.9.11	Frequenzumrichter .....	268
9.8.3.1	Verknüpfungen mit Ausgangsnegation .....	229	9.9.11.1	Drehstrom-Asynchronmotor am Frequenzumrichter .....	269
9.8.3.2	Verknüpfungen mit Eingangsnegation .....	229	9.9.11.2	Auswahl eines Drehstromantriebes mit Frequenzumrichter .....	270
9.8.3.3	Eingangsbeschaltung log. Verknüpfungen .....	230		Praxistipp: Installation und Inbetriebnahme eines Frequenzumrichters .....	271
9.8.3.4	Anwendung der Grundverknüpfungen .....	230		Wiederholungsseite zu Kapitel 9 .....	272
9.8.4	Schaltkreisfamilien .....	231			
9.8.4.1	TTL-Schaltkreisfamilie .....	231			
9.8.4.2	CMOS-Schaltkreisfamilie .....	231			
9.8.5	Schaltalgebra .....	232			
9.8.6	Antivalenz- und Äquivalenz-Verknüpfung .....	233			
9.8.7	Kippglieder .....	234			
9.8.7.1	Zustandsgesteuerte und taktgesteuerte Kippglieder .....	234			
9.8.7.2	Zweiflankengesteuertes JK-Kippglied .....	235			
9.8.7.3	Schaltungen mit Kippgliedern .....	236			
	Duales Zahlensystem .....	236			
	Zählerschaltungen .....	236			
	Schieberegister .....	238			
9.8.8	Analog-Digital- und Digital-Analog-Umsetzer .....	239			
9.8.8.1	Analog-Digital-Umsetzer .....	239			
9.8.8.2	Digital-Analog-Umsetzer .....	240			
9.9	<b>Leistungselektronik</b> .....	241			
9.9.1	Bauelemente der Leistungselektronik .....	241			
9.9.1.1	Thyristor .....	241			
9.9.1.2	GTO-Thyristor .....	244			
9.9.1.3	Triac .....	244			
9.9.1.4	Diac .....	245			
9.9.1.5	IGBT .....	246			
9.9.2	Begriffe der Leistungselektronik .....	247			
9.9.3	Gleichrichterschaltungen .....	248			
9.9.3.1	Ungesteuerte Gleichrichterschaltungen .....	248			
	Gleichrichterschaltungen für Wechselstrom .....	248			
	Einpuls-Einwegschaltung E1U .....	248			
	Zweipuls-Brückenschaltung B2U .....	249			
	Ungesteuerte Gleichrichterschaltungen für Drehstrom .....	250			

**10**

**Elektrische Anlagen .....** **273**

<b>10.1</b>	<b>Energieerzeugung und Energieübertragung ..</b>	<b>273</b>
10.1.1	Kraftwerke .....	273
10.1.1.1	Wärme- und Wasserkraftwerke .....	274
10.1.1.2	Umweltschutz in Wärmekraftwerken .....	275
10.1.1.3	Wasserkraftwerke .....	276
10.1.1.4	Erneuerbare Energien .....	277
10.1.2	Umspannwerke .....	280
10.1.2.1	Spannungsebenen .....	280
10.1.2.2	Umspannanlagen .....	280
10.1.2.3	Hochspannungsschalter .....	281
10.1.3	Übertragungs- und Verteilungsnetze .....	283
10.1.3.1	Höchst-, Hoch-, Mittel- und Niederspannungsnetze .....	283
10.1.3.2	Netzformen .....	284
10.1.4	Niederspannungsanlagen .....	285
10.1.4.1	Netzaufbau .....	285
10.1.4.2	Hausanschluss .....	286
10.1.4.3	Erdungsanlagen .....	288
10.1.4.4	Schutzpotenzialausgleich über die Haupterdungsschiene .....	289
10.1.4.5	Hauptstromversorgungssysteme .....	290



**12.2.7** Wiederholungsprüfungen an elektrischen Geräten ..... 394

**12.3** Antennen- und Verteilanlagen ..... 395

**12.3.1** Wirkungsweise der Antennen ..... 395

**12.3.2** Empfangsantennen ..... 396

**12.3.3** Verstärkungsmaß, Dämpfungsmaß und Pegel ..... 398

**12.3.4** Aufbau von Antennenanlagen ..... 399

**12.3.5** Satelliten-Fernsehempfangsanlagen ..... 400  
 Praxistipp: Umstellung vom analogen zum digitalen Sat-Empfang ..... 403

**12.3.6** DVB-T-Fernsehempfangsanlagen ..... 404

**12.3.7** Breitband-Kommunikationsanlagen ..... 404

**12.3.8** Berechnung einer Empfangsantennenanlage ..... 405

**12.3.9** Errichten von Empfangsantennenanlagen ..... 406  
 Praxistipp: Multiplexkabelung im Wohnbereich ..... 408

**12.4** Telekommunikation ..... 409

**12.4.1** Datenübertragung ..... 409

**12.4.2** Analoges Telekommunikationssystem ..... 409

**12.4.3** Digitales Kommunikationssystem ..... 410

**12.5** Gebäudeautomation ..... 414

**12.5.1** Gebäudeleittechnik ..... 414

**12.5.2** Gebäudesystemtechnik ..... 415  
 Praxistipp: KNX-Projekt ..... 419

**12.5.3** Gebäudeautomation durch Visualisierung ..... 421  
 Praxistipp: Das vernetzte Haus ..... 422

**12.6** Gefahrenmeldeanlagen ..... 424

**12.6.1** Einbruchmeldeanlagen ..... 424

**12.6.2** Brandmeldeanlagen ..... 428  
 Praxistipp: Beispiel einer Einbruchmeldeanlage ..... 430

**12.7** Blitzschutz ..... 431

**12.7.1** Entstehung der Gewitterzelle ..... 431

**12.7.2** Wirkungen des Blitzstromes ..... 431

**12.7.3** Blitzschutzsysteme ..... 432

**12.7.3.1** Äußerer Blitzschutz ..... 433

**12.7.3.2** Innerer Blitzschutz ..... 436

**12.7.3.3** Trennungsabstand ..... 437  
 Wiederholungsseite zu Kapitel 12 ..... 439

**13.2.1.7** Bauformen und Baugrößen von drehenden elektrischen Maschinen ..... 463

**13.2.1.8** Elektrische Isolierung ..... 463

**13.2.2** Drehstromasynchronmotoren ..... 464

**13.2.2.1** Entstehung des Drehfeldes ..... 464

**13.2.2.2** Kurzschlussläufermotor ..... 465

**13.2.2.3** Anlassen von Kurzschlussläufermotoren ..... 468

**13.2.2.4** Schleifringläufermotor ..... 470

**13.2.2.5** Polumschaltbare Motoren ..... 471

**13.2.2.6** Bremsbetrieb von Drehstromasynchronmotoren ..... 472

**13.2.2.7** Drehstrommotor an Wechselspannung (Steinmetzschtaltung) ..... 473

**13.2.2.8** Einphasen-Asynchronmotor ..... 474

**13.2.2.9** Spaltpolmotoren ..... 475

**13.2.2.10** Drehstromlinearmotoren ..... 476

**13.2.3** Synchronmotor ..... 477

**13.2.4** Schrittmotor ..... 478

**13.2.5** Synchrongenerator ..... 481

**13.2.6** Stromwendermaschinen ..... 483

**13.2.6.1** Aufbau von Gleichstrommaschinen ..... 483

**13.2.6.2** Wirkungsweise von Gleichstrommotoren ..... 484

**13.2.6.3** Ankerquerfeld und Ankerrückwirkung ..... 485

**13.2.6.4** Anschlussbezeichnungen ..... 486

**13.2.6.5** Arten von Gleichstrommotoren ..... 487

**13.2.6.6** Anlassen von Gleichstrommotoren ..... 489

**13.2.6.7** Drehzahlsteuerung von Gleichstrommotoren ..... 490

**13.2.6.8** Universalmotor ..... 491

**13.2.7** Servomotoren ..... 492

**13.2.7.1** Gleichstromservomotoren ..... 493

**13.2.7.2** Drehstromservomotoren ..... 493  
 Praxistipp: Auswahl eines Elektromotors ..... 496  
 Praxistipp: Anschließen eines Drehstrommotors ..... 498

**13.2.8** Wartung und Prüfung elektrischer Maschinen ..... 499  
 Wiederholungsseite zu Kapitel 13 ..... 500

**13 Elektrische Maschinen ..... 440**

**13.1** Transformatoren ..... 441

**13.1.1** Einphasentransformatoren ..... 441

**13.1.1.1** Leerlaufspannung ..... 441

**13.1.1.2** Übersetzungen ..... 442

**13.1.1.3** Leerlauf und Belastung ..... 443

**13.1.1.4** Kurzschlussspannung ..... 444

**13.1.1.5** Kurzschlussstrom und Einschaltstrom ..... 445

**13.1.1.6** Wirkungsgrad von Transformatoren ..... 446

**13.1.2** Kleintransformatoren ..... 447

**13.1.2.1** Aufbau ..... 447

**13.1.2.2** Arten von Kleintransformatoren ..... 448

**13.1.2.3** Prüfspannungen bei Kleintransformatoren ..... 449

**13.1.3** Sondertransformatoren ..... 450

**13.1.3.1** Spartransformatoren ..... 450

**13.1.3.2** Streufeldtransformatoren ..... 451

**13.1.4** Messwandler ..... 451

**13.1.4.1** Spannungswandler ..... 451

**13.1.4.2** Stromwandler ..... 452

**13.1.5** Drehstromtransformatoren ..... 453

**13.1.5.1** Aufbau und Prinzip ..... 453

**13.1.5.2** Schaltungen ..... 454

**13.1.5.3** Unsymmetrische Belastung ..... 456

**13.1.5.4** Gebräuchliche Schaltgruppen ..... 457

**13.1.6** Parallelschalten von Transformatoren ..... 458

**13.2** Rotierende elektrische Maschinen ..... 459

**13.2.1** Grundlagen ..... 459

**13.2.1.1** Leistung und Drehmoment ..... 459

**13.2.1.2** Aufbau umlaufender Maschinen ..... 460

**13.2.1.3** Leistungsschild ..... 460

**13.2.1.4** Drehsinn ..... 460

**13.2.1.5** Betriebsarten elektrischer Maschinen ..... 461

**13.2.1.6** Kühlung elektrischer Maschinen ..... 462

**14**

**Informationstechnik ..... 501**

**14.1** Bereiche der Informationstechnik ..... 501

**14.2** Computer, Programme und Peripherie ..... 502

**14.2.1** Bestandteile und Funktionsweise eines Computers ..... 502

**14.2.2** Hardware, Software und Firmware ..... 503

**14.2.3** Computersystem ..... 503

**14.3** Mikrocomputer ..... 504

**14.4** Personal Computer (PC) ..... 505

**14.4.1** Komponenten eines PC ..... 505

**14.4.2** Mikroprozessor (CPU) ..... 506

**14.4.3** Halbleiterspeicher ..... 507

**14.4.4** Buskommunikation ..... 508

**14.4.5** Eingabe- und Ausgabe-Einheit ..... 508

**14.5** Geräte für Eingabe, Ausgabe und Speicherung ..... 509

**14.5.1** Geräte zur Eingabe ..... 509

**14.5.2** Geräte zur Ausgabe ..... 509

**14.5.2.1** Drucker ..... 509

**14.5.2.2** Farbmonitore ..... 510

**14.5.3** Periphere Geräte zur Datenspeicherung ..... 511  
 Praxistipp: Servicearbeiten am PC ..... 512

**14.6** Software ..... 513

**14.6.1** Systemprogramme ..... 513

**14.6.2** Anwendungsprogramme ..... 514

**14.6.3** Softwareentwicklung ..... 515

**14.7** Vernetzung von Computern ..... 516

**14.7.1** Dienste in Computernetzwerken ..... 516

**14.7.2** Netzwerktopologien ..... 516

**14.7.3** Bestandteile eines lokalen Netzwerkes (LAN) in Sterntopologie ..... 517

**14.7.4** Netzwerkprotokoll ..... 518

**14.7.5** Globales Netzwerk Internet ..... 519  
 Praxistipp: Verbinden von zwei PCs über ein Netzwerk ..... 520

