

<b>1</b>	<b>Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz . 15</b>
1.1	<b>Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz . 15</b>
1.2	<b>Geräte- und Produktsicherheitsgesetz . 15</b>
1.3	<b>Gefahrstoffverordnung . 16</b>
1.4	<b>Sicherheitszeichen . 17</b>
1.5	<b>Erste Hilfe . 18</b>
	Praxistipp: Gefährdungsbeurteilung . 19
	Wiederholungsseite zu Kapitel 1 . 20
<b>2</b>	<b>Grundbegriffe der Elektrotechnik . 21</b>
2.1	<b>Umgang mit physikalischen Größen . 21</b>
	Masse und Kraft . 21
	Mechanische Arbeit . 22
	Energie . 22
	Mechanische Leistung . 22
2.2	<b>Arten von Stromkreisen . 23</b>
	Elektrischer Gleichstromkreis . 24
	Schaltzeichen . 25
2.3	<b>Elektrische Ladung (Elektrizitätsmenge) . 26</b>
	Aufbau der Atome . 27
2.4	<b>Elektrische Spannung . 28</b>
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	<b>Elektrischer Strom . 31</b>
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	<b>Elektrischer Widerstand und Leitwert . 36</b>
2.7	<b>Ohmsches Gesetz . 37</b>
2.8	<b>Leiterwiderstand . 38</b>
2.9	<b>Temperaturabhängigkeit des Widerstandes . 39</b>
2.10	<b>Bauarten von Widerständen . 40</b>
2.11	<b>Elektrische Energie und Arbeit . 42</b>
2.11.1	Gewinnung elektrischer Energie . 42
2.11.2	Elektrische Arbeit . 43
2.12	<b>Elektrische Leistung . 44</b>
2.13	<b>Wirkungsgrad . 46</b>
2.14	<b>Elektrowärme . 47</b>
	Wiederholungsseite zu Kapitel 2 . 48
<b>3</b>	<b>Grundsaltungen der Elektrotechnik . 49</b>
3.1	<b>Reihenschaltung . 49</b>
3.1.1	Gesetze der Reihenschaltung . 49
3.1.2	Vorwiderstände . 51
3.1.3	Spannungsfall an Leitungen . 52
3.2	<b>Parallelschaltung . 53</b>
3.3	<b>Gemischte Schaltungen . 55</b>
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	<b>Innenwiderstand von Spannungsquellen . 60</b>
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	<b>Galvanische Elemente . 64</b>
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

<b>4</b>	<b>Elektrisches Feld . 70</b>
4.1	<b>Eigenschaften des elektrischen Feldes . 70</b>
4.2	<b>Grundbegriffe . 71</b>
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	<b>Kondensator im Gleichstromkreis . 73</b>
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	<b>Schaltungen von Kondensatoren . 77</b>
4.4.1	Parallelschaltung . 77
4.4.2	Reihenschaltung . 77
4.5	<b>Kenngrößen und Bauarten von Kondensatoren . 78</b>
4.5.1	Kenngrößen . 78
4.5.2	Bauarten . 78
	Wiederholungsseite zu Kapitel 4 . 80
<b>5</b>	<b>Magnetisches Feld . 81</b>
5.1	<b>Eigenschaften der Magnete und Darstellungshilfen . 81</b>
5.2	<b>Elektromagnetismus . 83</b>
5.2.1	Stromdurchflussener Leiter und Magnetfeld . 83
5.2.2	Stromdurchflossene Spule und Magnetfeld . 84
5.3	<b>Magnetische Größen . 85</b>
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	<b>Eisen im Magnetfeld einer Spule . 87</b>
5.5	<b>Strom und Magnetfeld . 90</b>
5.5.1	Stromdurchflussener Leiter im Magnetfeld . 90
5.5.2	Stromdurchflossene Spule im Magnetfeld . 92
5.5.3	Stromdurchflossene parallele Leiter . 92
5.6	<b>Spannungserzeugung durch Induktion . 93</b>
5.6.1	Generatorprinzip (Induktion der Bewegung) . 93
5.6.2	Lenz'sche 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
<b>6</b>	<b>Schaltungstechnik . 100</b>
6.1	<b>Schaltungsunterlagen . 100</b>
	Praxistipp: Installation einer Wechselschaltung mit Steckdose . 102
6.2	<b>Installationsschaltungen . 103</b>
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	Hausprechanlagen . 108
6.3	<b>Elektromagnetische Schalter . 110</b>
6.3.1	Relais . 111
6.3.2	Schütze . 113
6.3.3	Schützsaltungen . 114
6.3.3.1	Schaltungen mit Schützen . 114
	Tippbetrieb . 114
	Selbthalteschaltung . 114
6.3.3.2	Anwendungen von Schützsaltungen . 115
	Verriegelungsschaltung . 115
	Wendeschützsaltung . 115
	Folgeschaltung . 116
	Stern-Dreieck-Schützsaltung . 116
	Automatische Stern-Dreieck-Schützsaltung . 118
	Dahlenderschaltung . 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	Leistungsdiagramm 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	Digital Speicher-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  
 Monostabile Kippschaltung ..... 210  
 Astabile Kippschaltung ..... 210  
 Schwellwertschalter (Schmitt-Trigger) ..... 210  
**9.5.1.6 Verstärkerschaltungen ..... 211**  
 Grundbegriffe der Verstärkertechnik ..... 211  
 Grundschaltungen des bipolaren Transistors ..... 211  
 Einstufiger bipolarer Transistorverstärker  
 in Emitterschaltung ..... 212  
**9.5.2 Feldeffekttransistoren (FET) ..... 213**  
 Verstärkergrundschaltungen mit Feldeffekt-  
 transistoren ..... 215  
**9.6 Optoelektronik ..... 216**  
**9.6.1 Optoelektronische Sender ..... 216**  
 Leuchtdioden ..... 216  
 Laserdioden ..... 217  
**9.6.2 Optoelektronische Empfänger (Detektoren) ... 218**  
 Fotodioden ..... 218  
 Fotowiderstände ..... 218  
 Fotoelemente ..... 218  
 Solarzellen ..... 218  
 Fototransistoren ..... 219  
 Schaltungsbeispiele optoelektronischer  
 Empfänger mit Fototransistoren ..... 219  
**9.6.3 Flüssigkristallanzeigen ..... 220**  
**9.6.4 Optokoppler ..... 220**  
**9.7 Operationsverstärker ..... 221**  
 9.7.1 Grundlagen ..... 221  
 9.7.2 Analoge Schaltungen mit Operationsverstärkern ..... 223  
 9.7.3 Digitale Schaltungen mit Operationsverstärkern ..... 225  
**9.8 Digitaltechnik ..... 227**  
 9.8.1 Signalarten der Digital- und Steuerungstechnik ..... 227  
 9.8.2 Grundverknüpfungen ..... 227  
 9.8.2.1 UND-Verknüpfung ..... 227  
 9.8.2.2 ODER-Verknüpfung ..... 228  
 9.8.2.3 NICHT-Verknüpfung ..... 228  
 9.8.3 Grundverknüpfungen mit Ausgangs- oder  
 Eingangsnegation ..... 229  
 9.8.3.1 Verknüpfungen mit Ausgangsnegation ..... 229  
 9.8.3.2 Verknüpfungen mit Eingangsnegation ..... 229  
 9.8.3.3 Eingangsbeschaltung log. Verknüpfungen ..... 230  
 9.8.3.4 Anwendung der Grundverknüpfungen ..... 230  
 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 Leistungselektronik ..... 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

Dreipuls-Mittelpunktschaltung M3U ..... 250  
 Sechspuls-Brückenschaltung B6U ..... 250  
 Welligkeit bei Gleichrichterschaltungen ..... 251  
 Transformatorbauleistung bei  
 Gleichrichterschaltungen ..... 251  
 Glätten pulsierender Gleichspannungen ..... 252  
**9.9.3.2 Gesteuerte Gleichrichterschaltungen ..... 253**  
 Vollgesteuerte Einpuls-Einwegschaltung E1C ..... 253  
 Einflüss verschiedene Lastarten auf  
 gesteuerte Gleichrichter ..... 253  
 Vollgesteuerte Zweipuls-  
 Brückenschaltung B2C ..... 254  
 Ansteuerung von Ventilen (Thyristoren) ..... 254  
 Steuerkennlinie ..... 254  
 Vollgesteuerte Drehstromgleichrichter ..... 255  
**9.9.4 Wechselrichterbetrieb von  
 netzgeführten Stromrichtern ..... 256**  
 9.9.5 Wechselstrom-Umrichter ..... 257  
 9.9.5.1 Wechselwegschaltung W1C (Dimmer) ..... 257  
 Phasenanschnittsteuerung ..... 257  
 Phasenabschnittsteuerung ..... 257  
 Nachteile der Phasenanschnittsteuerung ..... 258  
 9.9.5.2 Vielperiodensteuerung ..... 258  
 9.9.6 Gleichstrom-Umrichter ..... 259  
 9.9.6.1 Durchfluss- und Sperrwandler ..... 260  
 9.9.6.2 Ansteuerungsarten für Gleichstromsteller ..... 260  
 9.9.7 Wechselrichter ..... 261  
 9.9.8 Netzgeräte ..... 262  
 9.9.8.1 Geregelte Netzgeräte ..... 262  
 9.9.8.2 Spannungsregler ..... 263  
 9.9.8.3 Schaltnetzgeräte ..... 263  
 9.9.9 Betriebsarten elektrischer Antriebe ..... 264  
 9.9.10 Gleichstromantriebe ..... 265  
 9.9.10.1 Gleichstrommotor am Thyristor-  
 Stromrichter ..... 265  
 9.9.10.2 Gleichstrommotor an Sechspuls-  
 Brückenschaltung B6C ..... 266  
 9.9.10.3 Gleichstrommotor im Vierquadranten-Betrieb  
 (4-Q-Betrieb) ..... 266  
 9.9.10.4 Drehzahlsteuerung mit Transistor-  
 Gleichstromsteller ..... 267  
 9.9.11 Frequenzumrichter ..... 268  
 9.9.11.1 Drehstrom-Asynchronmotor am  
 Frequenzumrichter ..... 269  
 9.9.11.2 Auswahl eines Drehstromantriebes mit  
 Frequenzumrichter ..... 270  
 Praxistipp: Installation und Inbetriebnahme  
 eines Frequenzumrichters ..... 271  
 Wiederholungsseite zu Kapitel 9 ..... 272

**10**

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

**10.1 Energieerzeugung und Energieübertragung .. 273**  
 10.1.1 Kraftwerke ..... 273  
 10.1.1.1 Wärmekraftwerke ..... 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 Nieder-  
 spannungsnetze ..... 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 Haupt-  
 erdungsschiene ..... 289  
 10.1.4.5 Hauptstromversorgungssysteme ..... 290

	Praxistipp: Zählerschrank mit Stromkreis- und Multimediaverteiler .....	292			
	Praxistipp: Zählerschrank mit Stromkreisverteiler und Telekommunikationsfeld .....	293			
	Praxistipp: Ausstattung elektrischer Anlagen in Wohngebäuden .....	294			
10.1.5	Elektromagnetische Verträglichkeit und TN-System .....	295			
10.2	<b>Isolierte Leitungen, Kabel und Freileitungen ..</b>	<b>298</b>			
10.2.1	Isolierte Leitungen .....	298			
	Praxistipp: Farbkennzeichnung von Leitern ..	301			
10.2.2	Kabel für Mittelspannungs- und Niederspannungsanlagen .....	302			
10.2.3	Freileitungen für Hoch- und Mittelspannungsanlagen .....	302			
10.2.4	Datenleitungen .....	303			
	Praxistipp: Verlegen von Leitungen .....	304			
	<b>Schutz elektrischer Leitungen und Verbraucher</b>	<b>305</b>			
10.4	<b>Schutzschalter .....</b>	<b>308</b>			
10.4.1	Thermischer Auslöser .....	308			
10.4.2	Elektromagnetischer Auslöser .....	308			
10.4.3	Leitungsschutzschalter .....	309			
10.4.4	Selektiver Hauptleitungsschutzschalter .....	309			
10.4.5	Leistungsschalter .....	310			
10.4.6	Motorschutzeinrichtungen .....	310			
10.5	<b>Bemessung von fest verlegten Kabeln und Leitungen .....</b>	<b>313</b>			
10.5.1	Spannungsfall an Leitungen .....	314			
10.5.2	Anordnung von Überstrom-Schutzeinrichtungen Praxistipp: Beispiel einer Leitungsberechnung	315 316			
10.6	<b>Räume und Anlagen besonderer Art .....</b>	<b>317</b>			
10.6.1	Elektroinstallation in Räumen mit Badewanne oder Dusche .....	317			
10.6.2	Sauna-Anlagen .....	319			
10.6.3	Baustellen .....	319			
10.6.4	Landwirtschaftliche u. gartenbauliche Betriebsstätten .....	320			
10.6.5	Feuergefährdete Betriebsstätten .....	321			
10.6.6	Explosionsgefährdete Bereiche .....	323			
10.6.7	Medizinisch genutzte Bereiche .....	324			
10.6.8	Übersicht der Raumarten und Betriebsstätten	325			
10.7	<b>Brandbekämpfung in elektrischen Anlagen ..</b>	<b>326</b>			
10.7.1	Verhalten beim Brand in elektrischen Anlagen	326			
10.7.2	Löschmittel .....	326			
	Wiederholungsseite zu Kapitel 10 .....	327			
			11.7		<b>Doppelte oder verstärkte Isolierung .....</b>
			11.8		<b>Schutztrennung .....</b>
			11.9		<b>Schutz durch Kleinspannung mittels SELV und PELV .....</b>
			11.10		<b>Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen .....</b>
			11.10.1		Aufbau und Funktion .....
			11.10.2		Anwendungen von RCDs .....
			11.10.3		Kennwerte von RCDs .....
			11.10.4		Auswahl und Einsatz von RCDs .....
			11.10.5		RCD als Brandschutz .....
			11.11		<b>Differenzstrom-Überwachungsgerät .....</b>
			11.12		<b>Schutzvorkehrungen für Anlagen, die nur durch Elektrofachkräfte betrieben und überwacht werden .....</b>
			11.13		<b>Prüfen der Schutzmaßnahmen .....</b>
			11.13.1		Prüfen der Schutzleiter und Schutzpotenzialausgleichsleiter .....
			11.13.2		Messen der Isolationswiderstände in elektrischen Anlagen .....
			11.13.3		Prüfen der Schutzmaßnahmen SELV, PELV und Schutztrennung .....
			11.13.4		Messen des Isolationswiderstandes von Fußböden und Wänden .....
			11.13.5		Prüfen der Schutzmaßnahme: Automatische Abschaltung der Stromversorgung im TN-, TT- und IT-System .....
			11.13.5.1		Prüfen im TN-System .....
					Messen der Schleifenimpedanz .....
			11.13.5.2		Prüfen im TT-System .....
					Messen des Erdungswiderstandes .....
			11.13.5.3		Prüfen im IT-System .....
			11.13.5.4		Prüfen der Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) .....
			11.13.5.5		Prüfen der Drehfeldrichtung .....
			11.13.6		Wiederholungsprüfungen nach BGV A3 .....
			11.13.7		E-Check als Gütesiegel für die Elektroanlage Praxistipp: Beispiel Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) hat ausgelöst .....
					Praxistipp: Prüfung elektrischer Anlagen .....
			11.14		<b>Schutz gegen elektrostatische Aufladung .....</b>
					Wiederholungsseite zu Kapitel 11 .....
			<b>12</b>		<b>Gebäudetechnische Anlagen .....</b>
			12.1		<b>Beleuchtungsanlagen .....</b>
			12.1.1		<i>Farbspektrum und Farbwiedergabe .....</i>
			12.1.2		Lichttechnische Größen .....
			12.1.3		Kriterien für eine gute Beleuchtung .....
			12.1.4		Energieeffizienzanforderungen .....
			12.1.5		Lampenübersicht .....
			12.1.6		Glühlampen .....
			12.1.7		<b>Halogenlampen .....</b>
					Praxistipp: Anschluss von Halogen-Beleuchtungsanlagen .....
			12.1.8		Leuchtstofflampen .....
			12.1.9		Vorschaltgeräte für Leuchtstofflampen .....
			12.1.10		Hochdruckentladungslampen .....
			12.1.11		Natriumdampf-Niederdrucklampen .....
			12.1.12		LED-Lampen .....
					Praxistipp: Beispiel zur Ermittlung einer Lampenzahl .....
			12.1.13		Lichtberechnungssoftware .....
			12.1.14		Lichtstärkeverteilung von Leuchten .....
			12.1.15		Lichtmanagementsysteme .....
			12.2		<b>Elektrogeräte .....</b>
			12.2.1		Allgemeines über Elektrogeräte .....
			12.2.2		Elektrische Warmwasserbereiter .....
			12.2.3		Elektrische Raumheizung .....
			12.2.4		Elektrische Geräte zur Nahrungsvorrathaltung und -zubereitung .....
			12.2.5		Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) elektrischer Geräte .....
			12.2.6		Prüfen von Elektrogeräten nach Instandsetzung und Änderung .....

**11****Schutzmaßnahmen .....****328**

11.1	<b>Gefahren im Umgang mit dem elektrischen Strom .....</b>	<b>328</b>
11.1.1	Wirkungen des elektrischen Stroms im menschlichen Körper .....	328
11.1.2	Direktes und indirektes Berühren .....	330
11.1.3	Fachbegriffe Schutzmaßnahmen .....	330
11.2	<b>Sicherheitsbestimmungen für Niederspannungsanlagen .....</b>	<b>331</b>
11.3	<b>Begriffe und Kenngrößen .....</b>	<b>331</b>
11.3.1	Schutzklassen .....	331
11.3.2	IP-Schutzarten (nach DIN VDE 0470) .....	332
11.3.3	Maßnahmen bei Arbeiten an elektrischen Anlagen .....	333
11.3.4	Fehlerarten in elektrischen Anlagen .....	334
11.3.5	Spannungen im Fehlerfall .....	334
11.4	<b>Drehstromsysteme .....</b>	<b>335</b>
11.5	<b>Schutz gegen elektrischen Schlag .....</b>	<b>336</b>
11.6	<b>Automatische Abschaltung der Stromversorgung .....</b>	<b>337</b>
11.6.1	Anforderungen an den Basischutz (Schutz gegen direktes Berühren) .....	337
11.6.2	Anforderungen an den Fehlerschutz (Schutz bei indirektem Berühren) .....	338
11.6.3	Schutz im TN-System .....	339
11.6.4	Schutz im TT-System .....	340
11.6.5	Schutz im IT-System .....	341

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: Multiplexverkabelung 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

	Praxistipp: Herstellen einer WLAN-Verbindung zu einem Netzwerk	521	16.2.3	SMD-Technik	582
<b>14.8</b>	<b>Datensicherheit, Datenschutz und Urheberrechte</b>	<b>522</b>	<b>16.3</b>	<b>Umweltschutz</b>	<b>583</b>
<b>14.9</b>	<b>Schädliche Programme (Malware)</b>	<b>522</b>	16.3.1	Umweltschutzverordnungen im Bereich der Elektrotechnik	583
	Wiederholungsseite zu Kapitel 14	523	16.3.2	Umweltschutz im Betrieb	584
			16.3.3	Wiederverwertung und Entsorgung von Abfallstoffen	585
<b>15</b>	<b>Automatisierungstechnik</b>	<b>524</b>	<b>16.4</b>	<b>Energieeinsparung</b>	<b>587</b>
<b>15.1</b>	<b>Steuerungstechnik</b>	<b>524</b>	16.4.1	Rationeller Umgang mit Energie	587
15.1.1	Steuern	524	16.4.2	Stand-by-Betrieb	589
15.1.1.1	Fachbegriffe der Steuerungstechnik	524	16.4.3	Tipps zum Energiesparen	590
15.1.1.2	Steuerungsarten	525		Wiederholungsseite zu Kapitel 16	591
<b>15.2</b>	<b>Kleinststeuergeräte</b>	<b>527</b>	<b>17</b>	<b>Beruf und Betrieb</b>	<b>592</b>
<b>15.3</b>	<b>Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS)</b>	<b>529</b>	<b>17.1</b>	<b>Berufliche Handlungskompetenz</b>	<b>592</b>
15.3.1	Aufbau	529	17.1.1	Teamarbeit	593
15.3.2	Programmiersprachen	530	17.1.2	Arbeitsmethoden und Zeitplanung	594
15.3.3	Arbeitsweise einer SPS	530	17.1.3	Kommunikation	595
15.3.4	Bauelementstruktur in STEP 7	532	17.1.4	Kreativitätstechniken	596
15.3.5	Programmierung	533	17.1.5	Informationsbeschaffung	597
15.3.5.1	Grundverknüpfungen	533	<b>17.2</b>	<b>Präsentation</b>	<b>598</b>
15.3.5.2	Öffner und Schließer	534	17.2.1	Aufgaben einer Präsentation und Vorbereitung	598
15.3.5.3	Speicherfunktionen	536	17.2.2	Visualisierung	599
15.3.5.4	Zeitfunktionen	538	17.2.3	Vortragen einer Präsentation	600
15.3.5.5	Zähler	539	<b>17.3</b>	<b>Projektmanagement</b>	<b>601</b>
15.3.5.6	Vergleicher	541	17.3.1	Aufgaben von Projekten	601
15.3.6	Bibliotheksfähige Bausteine	542	17.3.2	Projektphasen	602
15.3.7	Ablaufsteuerungen	543	<b>17.4</b>	<b>Kundenauftrag und Kundenservice</b>	<b>603</b>
15.3.7.1	Arten von Ablaufsteuerungen	543	17.4.1	Kundenerwartungen und Umgang mit dem Kunden	603
15.3.7.2	Betriebsarten	543	17.4.2	Phasen eines Kundenauftrags	604
15.3.7.3	Ablaufkette (Struktur)	544	17.4.3	Kundenservice	606
15.3.7.4	Verzweigte Ablaufketten (Ablaufauswahl)	545	<b>17.5</b>	<b>Kalkulation und Angebot</b>	<b>607</b>
15.3.7.5	Programmierung einer Ablaufkette mit SPS	546	17.5.1	Kalkulation im Industriebetrieb	608
	Praxistipp: S7-Projekt erstellen	547	17.5.2	Kalkulation von Dienstleistungen	609
15.3.8	Maschinensicherheit	549	17.5.3	Kalkulation im Handwerksbetrieb	610
15.3.8.1	Sicherheitskategorie (Performance Level)	549	17.5.4	Rechnungsstellung	611
15.3.8.2	Sicherheitsbezogene Teile	549	<b>17.6</b>	<b>Qualitätsmanagement</b>	<b>612</b>
15.3.8.3	Handlungen im Notfall (NOT-HALT, NOT-AUS)	550	17.6.1	Ziele des Qualitätsmanagements	612
15.3.9	Feldbusse	551	17.6.2	DIN EN ISO 9000:2000-Normreihe	612
<b>15.4</b>	<b>Prozessvisualisierung</b>	<b>553</b>	17.6.3	TQM-Methode	613
<b>15.5</b>	<b>Regelungstechnik</b>	<b>555</b>	17.6.4	Qualitätswerkzeuge	614
15.5.1	Aufgaben und Begriffe	555		Praxistipp: Existenzgründung	615
15.5.2	Regelstrecken	556		Wiederholungsseite zu Kapitel 17	616
15.5.2.1	Statisches Verhalten von Regelstrecken	556		Wiederholungsseiten (Rechenergebnisse)	617
15.5.2.2	Dynamisches Verhalten von Regelstrecken	557			
15.5.3	Regler	560			
15.5.3.1	Unstetige Regler	560			
15.5.3.2	Stetige Regler	562			
15.5.4	Regelkreis	566			
15.5.4.1	Schwingungsverhalten	566			
15.5.4.2	Reglerauswahl	566			
15.5.4.3	Reglereinstellung	567			
15.5.5	Universalregler	568			
	Praxistipp: Entwurf einer Regelung	569			
	Wiederholungsseite zu Kapitel 15	570			
<b>16</b>	<b>Werkstoffe, Fertigungsverfahren, Umweltschutz und Energieeinsparung</b>	<b>571</b>	<b>infoteil</b>		
<b>16.1</b>	<b>Werkstoffe der Elektrotechnik</b>	<b>571</b>	Schaltzeichen	618	
16.1.1	Leiter- und Kontaktwerkstoffe	572	Wichtige elektrotechnische Symbole	624	
16.1.1.1	Leiterwerkstoffe	572	Wichtige Prüfzeichen und Symbole	625	
16.1.1.2	Kontaktwerkstoffe	573	Kennzeichnung von Widerständen und Kondensatoren	626	
16.1.2	Isolierstoffe	574	Auslösekennlinien von Überstrom-Schutzeinrichtungen	627	
16.1.2.1	Elektrische Eigenschaften von Isolierstoffen	574	Verlegearten und Strombelastbarkeit von Kabeln und isolierten Leitungen	628	
16.1.2.2	Anorganische und organische Isolierstoffe	575	Umrechnungsfaktoren, Strombelastbarkeit, Mindestquerschnitte elektrischer Leiter	629	
16.1.2.3	Flüssige und gasförmige Isolierstoffe	576	Betriebsdaten von Drehstrom-Käfigläufermotoren	630	
<b>16.2</b>	<b>Fertigungsverfahren</b>	<b>577</b>	Kennlinien von Dioden	631	
16.2.1	Verbindungen (Fügen)	577	Kennlinie eines NPN-Transistors	632	
16.2.1.1	Lösbare Verbindungen in der Elektrotechnik	577	Kennlinie Thyristor, Triac	633	
16.2.1.2	Unlösbare Verbindungen in der Elektrotechnik	577	Wichtige Abkürzungen	634	
16.2.2	Gedruckte Schaltungen	580	Fachbegriffe Englisch – Deutsch	636	
			Firmenverzeichnis	639	
			Sachwortverzeichnis Deutsch – Englisch	640	
			Vordere Innenumschlagseite:		
			Wichtige Formelzeichen, Größen und Einheiten		
			Hinterer Innenumschlagseite:		
			Arbeitssicherheit und Unfallverhütung		