

Kapitelnummer und Symbole

## ● Allgemeines

Vorwort .....	4
Inhaltsverzeichnis (ausführlich) .....	5–10
Lernfeldhinweise und Projektbearbeitung .....	11–14
Sachwortverzeichnis Deutsch – Englisch .....	ab Seite 692

## ● Elektrotechnik

<b>Inhaltsverzeichnis (Kurzform)</b>	
1 Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz .....	15
2 Grundbegriffe der Elektrotechnik .....	21
3 Grundsaltungen der Elektrotechnik .....	49
4 Elektrisches Feld .....	71
5 Magnetisches Feld .....	82
6 Schaltungstechnik .....	100
7 Wechselstromtechnik .....	127
8 Messtechnik .....	169
9 Elektronik .....	195
10 Elektrische Anlagen .....	277
11 Schutzmaßnahmen .....	351
12 Gebäudetechnische Anlagen .....	390
13 Elektrische Maschinen .....	474
14 Informationstechnik .....	536
15 Automatisierungstechnik .....	561
16 Werkstoffe, Fertigung, Umwelt, Energieeinsparung .....	620

## ● Beruf und Betrieb

641

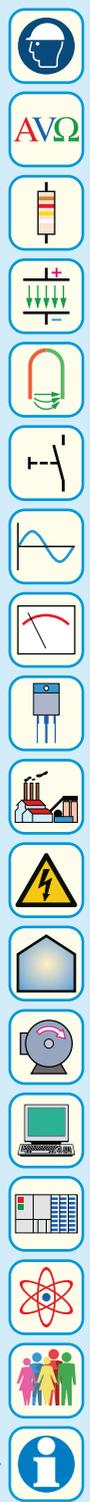
## ● Infoseiten (Auswahl)

- DIN-Normen in der Elektrotechnik .....
- Schaltzeichen .....
- Elektrotechnische u. allg. Symbole, Prüfzeichen .....
- Widerstände und Kondensatoren (Kennzeichnung) .....
- Überstrom-Schutzeinrichtungen (Auslösekennlinien) ..
- Leitungen u. Kabel (Verlegearten, Mindestquerschnitte)
- Leitungen (Strombelastbarkeit, Umrechnungsfaktoren)
- Drehstrommotoren (Betriebsdaten) .....
- Dioden, Transistoren, Thyristor, Triac (Kennlinien) ..
- Wichtige Abkürzungen .....
- Fachbegriffe Englisch – Deutsch .....

## ● Praxistipps (Auswahl)

- Praktisches Messen mit dem Digitalmultimeter .....
- Effektivwertmessung nicht sinusförmiger Größen .....
- Messen mit dem Oszilloskop .....
- Analyse einer Fotovoltaikanlage .....
- Farbkennzeichnung von Leitern .....
- Verlegen von Leitungen .....
- Beispiel einer Leitungsberechnung .....
- Prüfung elektrischer Anlagen .....
- Multimediaverkabelung, vernetztes Haus .....
- Anschluss eines Elektromotors, Auswahl .....
- Auswahl eines PC-Mainboard .....
- Installation eines lokalen Computernetzwerkes .....
- Existenzgründung .....

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12
- 13
- 14
- 15
- 16
- 17



<b>1</b>	 <b>Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz 15</b>
1.1	<b>Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz</b> ..... 15
1.2	<b>Produktsicherheitsgesetz</b> ..... 15
1.3	<b>Gefahrstoffverordnung</b> ..... 16
1.4	<b>Sicherheitszeichen</b> ..... 17
1.5	<b>Erste Hilfe</b> ..... 18
	Praxistipp: Gefährdungsbeurteilung ..... 19
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Arbeitsschutz ..... 20
<b>2</b>	 <b>Grundbegriffe der Elektrotechnik</b> ..... 21
2.1	<b>Umgang mit physikalischen Größen</b> ..... 21
2.2	<b>Arten von Stromkreisen</b> ..... 23
2.3	<b>Elektrische Ladung (Elektrizitätsmenge)</b> ..... 26
2.4	<b>Elektrische Spannung</b> ..... 28
2.4.1	Spannungserzeugung ..... 28
2.4.2	Spannung am Verbraucher ..... 28
2.4.3	Potenziale in elektrischen Schaltungen ..... 28
2.4.4	Arten der Spannungserzeugung ..... 29
2.4.5	Messen elektrischer Spannung ..... 30
2.5	<b>Elektrischer Strom</b> ..... 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	<b>Elektrischer Widerstand und Leitwert</b> ..... 36
2.7	<b>Ohmsches Gesetz</b> ..... 37
2.8	<b>Leiterwiderstand</b> ..... 38
2.9	<b>Temperaturabhängigkeit des Widerstandes</b> ..... 39
2.10	<b>Bauarten von Widerständen</b> ..... 40
2.11	<b>Elektrische Energie und Arbeit</b> ..... 42
2.11.1	Gewinnung elektrischer Energie ..... 42
2.11.2	Elektrische Arbeit ..... 43
2.12	<b>Elektrische Leistung</b> ..... 44
2.13	<b>Wirkungsgrad</b> ..... 46
2.14	<b>Elektrowärme</b> ..... 47
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Grundbegriffe der Elektrotechnik ..... 48
<b>3</b>	 <b>Grundschaltungen der Elektrotechnik</b> ..... 49
3.1	<b>Reihenschaltung</b> ..... 49
3.1.1	Gesetze der Reihenschaltung ..... 49
3.1.2	Vorwiderstände ..... 51
3.1.3	Spannungsfall an Leitungen ..... 52
3.2	<b>Parallelschaltung</b> ..... 53
3.3	<b>Gemischte Schaltungen</b> ..... 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	<b>Spannungsquelle</b> ..... 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	<b>Galvanische Elemente</b> ..... 64
3.5.1	Umwandlung chemischer Energie in elektrische Energie ..... 64
3.5.2	Brennstoffzellen ..... 64
3.5.3	Grundbegriffe zu Primär- und Sekundärbatterien ..... 65
3.5.4	Batterien (Primärbatterien) ..... 66
3.5.5	Akkumulatoren (Sekundärbatterien) ..... 67
3.5.5.1	Arten von Akkumulatoren ..... 67
3.5.5.2	Laden von Akkumulatoren ..... 69
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Grundschaltungen ..... 70

<b>4</b>	 <b>Elektrisches Feld</b> ..... 71
4.1	<b>Eigenschaften des elektrischen Feldes</b> ..... 71
4.2	<b>Grundbegriffe</b> ..... 72
4.2.1	Elektrische Feldstärke ..... 72
4.2.2	Elektrische Influenz und Polarisation ..... 72
4.2.3	Elektrische Felder in der Praxis ..... 73
4.3	<b>Kondensator im Gleichstromkreis</b> ..... 74
4.3.1	Verhalten eines Kondensators ..... 74
4.3.2	Kapazität eines Kondensators ..... 74
4.3.3	Laden und Entladen von Kondensatoren ..... 76
4.3.4	Energie des geladenen Kondensators ..... 77
4.4	<b>Schaltungen von Kondensatoren</b> ..... 78
4.4.1	Parallelschaltung von Kondensatoren ..... 78
4.4.2	Reihenschaltung von Kondensatoren ..... 78
4.5	<b>Kenngößen und Bauarten von Kondensatoren</b> ..... 79
4.5.1	Kenngößen ..... 79
4.5.2	Bauarten ..... 79
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Elektrisches Feld ..... 81
<b>5</b>	 <b>Magnetisches Feld</b> ..... 82
5.1	<b>Eigenschaften der Magnete und Darstellungshilfen</b> ..... 82
5.2	<b>Elektromagnetismus</b> ..... 84
5.2.1	Stromdurchflossener Leiter und Magnetfeld ..... 84
5.2.2	Stromdurchflossene Spule und Magnetfeld ..... 85
5.3	<b>Magnetische Größen</b> ..... 86
5.3.1	Magnetischer Fluss $\Phi$ ..... 86
5.3.2	Elektrische Durchflutung $\Theta$ ..... 86
5.3.3	Magnetische Feldstärke $H$ ..... 86
5.3.4	Magnetische Flussdichte $B$ ..... 87
5.4	<b>Eisen im Magnetfeld einer Spule</b> ..... 87
5.5	<b>Strom und Magnetfeld</b> ..... 90
5.5.1	Stromdurchflossener Leiter im Magnetfeld ..... 90
5.5.2	Stromdurchflossene parallele Leiter ..... 92
5.5.3	Stromdurchflossene Spule im Magnetfeld ..... 92
5.6	<b>Spannungserzeugung durch Induktion</b> ..... 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
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Magnetisches Feld ..... 99
<b>6</b>	 <b>Schaltungstechnik</b> ..... 100
6.1	<b>Schaltungsunterlagen</b> ..... 100
	Praxistipp: Installation einer Wechsel-schaltung mit Steckdose ..... 102
6.2	<b>Installationsschaltungen</b> ..... 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	Treppenlicht-Zeitschaltung ..... 107
6.2.6	Hausrufanlagen ..... 107
6.2.7	Haussprechanlagen ..... 108
6.3	<b>Elektromagnetische Schalter</b> ..... 110
6.3.1	Relais ..... 111
6.3.2	Schütze ..... 113
6.3.3	Schützsicherungen ..... 114
6.4	<b>Klemmenplan bei elektrischen Steuerungen</b> ..... 120
6.5	<b>Elektrische Ausrüstung von Maschinen</b> ..... 121
6.5.1	Prüfen der elektrischen Ausrüstung von Maschinen ..... 122
	Praxistipp: Anforderungen an Steuerstromkreise ..... 124
	Praxistipp: Stromlaufplan und Aufbau einer Stern-Dreieck-Schaltung ..... 125
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Schaltungstechnik ..... 126

<b>7</b>	<b>Wechselstromtechnik</b> ..... 127	
7.1	<b>Kenngößen der Wechselstromtechnik</b> ..... 127	
7.1.1	Periode und Scheitelwert ..... 127	
7.1.2	Frequenz und Periodendauer ..... 127	
7.1.3	Frequenz und Wellenlänge ..... 128	
7.2	<b>Sinusförmige Wechselgrößen</b> ..... 129	
7.2.1	Zeigerdarstellung von Sinusgrößen ..... 129	
7.2.2	Kreisfrequenz ..... 130	
7.2.3	Erzeugung von Sinusspannungen ..... 130	
7.2.4	Scheitelwert und Effektivwert bei sinusförmigen Wechselgrößen ..... 131	
7.2.5	Zeitlicher Verlauf von Wechselgrößen ..... 132	
7.2.6	Nichtsinusförmige Spannungen und Ströme ..... 133	
7.2.7	Phasenverschiebung ..... 134	
7.2.8	Wirkwiderstand ..... 134	
7.2.9	Scheinwiderstand ..... 134	
7.3	<b>Spule im Wechselstromkreis</b> ..... 135	
7.3.1	Induktiver Blindwiderstand ..... 135	
7.3.2	Reihenschaltung aus Wirkwiderstand und induktivem Blindwiderstand ..... 136	
7.3.3	Spannungsdreieck ..... 137	
7.3.4	Widerstandsdreieck ..... 138	
7.3.5	Verlustwinkel, Verlustfaktor und Gütefaktor einer Spule ..... 138	
7.3.6	Parallelschaltung aus Wirkwiderstand und induktivem Blindwiderstand ..... 139	
7.3.7	Stromdreieck und Leitwertdreieck ..... 139	
7.4	<b>Leistungen im Wechselstromkreis</b> ..... 140	
7.4.1	Wirkleistung ..... 140	
7.4.2	Blindleistung ..... 140	
7.4.3	Scheinleistung ..... 141	
7.4.4	Zusammenhang zwischen der Wirk-, Blind- und Scheinleistung ..... 142	
7.4.5	Leistungsfaktor, Wirkfaktor und Blindfaktor ..... 143	
7.4.6	Verlustleistung bei realen Spulen ..... 143	
7.5	<b>Kondensator im Wechselstromkreis</b> ..... 144	
7.5.1	Kapazitiver Blindwiderstand ..... 144	
7.5.2	Reihenschaltung aus Wirkwiderstand und kapazitivem Blindwiderstand ..... 145	
7.5.3	Parallelschaltung aus Wirkwiderstand und kapazitivem Blindwiderstand ..... 146	
7.5.4	Verlustwinkel und Gütefaktor eines Kondensators ..... 147	
7.6	<b>Schaltung aus Spule, Kondensator und Wirkwiderstand</b> ..... 148	
7.6.1	Reihenschaltung aus Wirkwiderstand, induktivem und kapazitivem Blindwiderstand ..... 148	
7.6.2	Parallelschaltung aus Wirkwiderstand, induktivem und kapazitivem Blindwiderstand ..... 149	
7.7	<b>Schwingkreise</b> ..... 150	
7.7.1	Resonanz ..... 151	
7.7.2	Reihenschwingkreis ..... 151	
7.7.3	Parallelschwingkreis ..... 152	
7.8	<b>Siebschaltungen</b> ..... 154	
7.8.1	RL-Tiefpass ..... 154	
7.8.2	RL-Hochpass ..... 154	
7.8.3	RC-Tiefpass ..... 155	
7.8.4	RC-Hochpass ..... 155	
7.9	<b>Dreiphasenwechselstrom (Drehstrom)</b> ..... 156	
7.9.1	Entstehung der Dreiphasenwechselspannung ..... 156	
7.9.2	Verkettung ..... 156	
7.9.3	Sternschaltung (Zeichen: Y) ..... 158	
7.9.4	Dreieckschaltung (Zeichen: $\Delta$ ) ..... 160	
7.9.5	Leiterfehler in Drehstromsystemen ..... 161	
7.9.6	Leistungen in Drehstromsystemen ..... 162	
7.9.7	Leistungsmessung in Drehstromsystemen ..... 163	
7.10	<b>Kompensation</b> ..... 164	
7.10.1	Kompensationsarten ..... 165	
7.10.2	Bemessung von Kompensationskondensatoren ..... 166	
7.10.3	Tonfrequenzsperrkreise ..... 166	
7.10.4	Kompensation bei nichtsinusförmigen Strömen ..... 167	
	<b>Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Wechselstromtechnik</b> ..... 168	

<b>8</b>	<b>Messtechnik</b> ..... 169	
8.1	<b>Elektrische Messgeräte</b> ..... 169	
8.1.1	Grundbegriffe der Messtechnik ..... 169	
8.1.2	Anzeigearten von Messgeräten ..... 170	
8.1.3	Analoge Messgeräte ..... 170	
8.1.3.1	Messfehler von analogen Messgeräten ..... 171	
8.1.3.2	Elektrische Messwerke ..... 172	
8.1.4	Digitale Messgeräte ..... 173	
8.1.5	PC-Messtechnik ..... 175	
8.1.6	Elektrizitätszähler ..... 176	
8.1.6.1	Induktionszähler ..... 176	
8.1.6.2	Elektronische Elektrizitätszähler ..... 177	
8.2	<b>Praktisches Messen</b> ..... 178	
8.2.1	Messen von Leistungen ..... 178	
8.2.2	Messen von Widerständen ..... 178	
8.2.3	Messen mit Strommesszangen ..... 179	
8.2.4	Messkategorien ..... 179	
	<b>Praxistipp: Praktisches Messen mit dem Digitalmultimeter</b> ..... 180	
	<b>Praxistipp: Effektivwertmessung nicht sinusförmiger Größen</b> ..... 181	
8.3	<b>Oszilloskop</b> ..... 182	
8.3.1	Analog-Oszilloskop ..... 182	
8.3.2	Digital-Oszilloskop ..... 183	
	<b>Praxistipp: Messen mit einem Digital-Oszilloskop</b> ..... 184	
	<b>Praxistipp: Messen mit dem Oszilloskop</b> ..... 185	
8.4	<b>Messen nichtelektrischer Größen mit Sensoren</b> ..... 186	
8.4.1	Aktive und passive Sensoren ..... 186	
8.4.2	Anwendungen von Sensoren ..... 187	
8.4.2.1	Sensoren zur Weg- und Winkelmessung ..... 187	
8.4.2.2	Sensoren zur Messung von Dehnung, Kraft, Druck und Drehmoment ..... 189	
8.4.2.3	Sensoren zur Messung von Temperaturen ..... 190	
8.4.3	Näherungsschalter ..... 191	
8.4.3.1	Optische Näherungsschalter ..... 191	
8.4.3.2	Induktive Näherungsschalter ..... 191	
8.4.3.3	Kapazitive Näherungsschalter ..... 192	
8.4.3.4	Ausführung von Näherungsschaltern ..... 192	
8.4.4	RFID-Technologie ..... 193	
	<b>Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Messtechnik</b> ..... 194	
<b>9</b>	<b>Elektronik</b> ..... 195	
9.1	<b>Halbleiterwerkstoffe</b> ..... 195	
9.2	<b>Halbleiterwiderstände</b> ..... 197	
9.2.1	Spannungsabhängige Widerstände (Varistoren) ..... 197	
9.2.2	Heißleiter (NTC-Widerstände) ..... 198	
9.2.3	Kaltleiter (PTC-Widerstände) ..... 199	
9.3	<b>Magnetfeldabhängige Sensorelemente</b> ..... 201	
9.4	<b>Halbleiterdioden</b> ..... 202	
9.4.1	Wirkungsweise ..... 202	
9.4.2	Leistungsdioden ..... 202	
9.4.3	Z-Dioden (Begrenzerdioden) ..... 203	
9.4.4	Halbleiterkennzeichnung ..... 204	
9.4.5	Kühlung von Halbleiterbauelementen ..... 205	
9.5	<b>Transistoren</b> ..... 206	
9.5.1	Bipolare Transistoren ..... 206	
9.5.1.1	Transistoren in der Praxis ..... 208	
9.5.1.2	Einstellung des Arbeitspunktes ..... 209	
9.5.1.3	Stabilisierung des Arbeitspunktes ..... 210	
9.5.1.4	Transistor als Schalter ..... 211	
9.5.1.5	Kipperschaltungen ..... 213	
9.5.1.6	Verstärkerschaltungen ..... 215	
9.5.2	Feldeffekttransistoren (FET) ..... 217	
9.6	<b>Optoelektronik</b> ..... 220	
9.6.1	Optoelektronische Sender ..... 220	
9.6.2	Optoelektronische Empfänger (Detektoren) ..... 222	
9.6.3	Flüssigkristallanzeigen (LCD) ..... 224	
9.6.4	Optokoppler ..... 224	

**9.7 Operationsverstärker** ..... 225  
 9.7.1 Grundlagen ..... 225  
 9.7.2 Analoge Schaltungen mit Operationsverstärkern ..... 227  
 9.7.3 Digitale Schaltungen mit Operationsverstärkern ..... 229  
**9.8 Digitaltechnik** ..... 231  
 9.8.1 Duales Zahlensystem ..... 231  
 9.8.2 Signalarten der Digitaltechnik ..... 231  
 9.8.3 Grundverknüpfungen ..... 231  
 9.8.3.1 UND-Verknüpfung ..... 232  
 9.8.3.2 ODER-Verknüpfung ..... 232  
 9.8.3.3 NICHT-Verknüpfung ..... 232  
 9.8.4 Grundverknüpfungen mit Ausgangs- oder Eingangsnegation ..... 233  
 9.8.4.1 Verknüpfungen mit Ausgangsnegation ..... 233  
 9.8.4.2 Verknüpfungen mit Eingangsnegation ..... 233  
 9.8.4.3 Eingangsbeschaltung logischer Verknüpfungen ..... 234  
 9.8.4.4 Anwendung der Grundverknüpfungen ..... 234  
 9.8.5 Schaltkreisfamilien ..... 235  
 9.8.5.1 TTL-Schaltkreisfamilie ..... 235  
 9.8.5.2 CMOS-Schaltkreisfamilie ..... 235  
 9.8.6 Schaltalgebra ..... 236  
 9.8.7 Antivalenz-Verknüpfung und Äquivalenz-Verknüpfung ..... 237  
 9.8.8 Kippglieder ..... 238  
 9.8.8.1 Zustandsgesteuerte und taktgesteuerte Kippglieder ..... 238  
 9.8.8.2 Zweiflankengesteuertes JK-Kippglied ..... 239  
 9.8.8.3 Schaltungen mit Kippgliedern ..... 240  
 9.8.9 Analog-Digital-Umsetzer (AD-Umsetzer) ..... 241  
 9.8.10 Digital-Analog-Umsetzer (DA-Umsetzer) ..... 243  
**9.9 Leistungselektronik** ..... 244  
 9.9.1 Bauelemente der Leistungselektronik ..... 244  
 9.9.1.1 Thyristor ..... 244  
 9.9.1.2 GTO-Thyristor ..... 247  
 9.9.1.3 Triac ..... 247  
 9.9.1.4 Diac ..... 248  
 9.9.1.5 IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) ..... 249  
 9.9.2 Begriffe der Leistungselektronik ..... 250  
 9.9.3 Gleichrichterschaltungen ..... 251  
 9.9.3.1 Ungesteuerte Gleichrichterschaltungen ..... 251  
 9.9.3.2 Gesteuerte Gleichrichterschaltungen ..... 256  
 9.9.4 Wechselrichterbetrieb von netzgeführten Stromrichtern ..... 259  
 9.9.5 Wechselstrom-Umrichter ..... 260  
 9.9.5.1 Wechselwegschaltung W1C ..... 260  
 9.9.5.2 Vielperiodensteuerung ..... 261  
 9.9.6 Gleichstrom-Umrichter ..... 262  
 9.9.6.1 Gleichstromsteller ..... 262  
 9.9.6.2 Durchflusswandler und Sperrwandler ..... 263  
 9.9.6.3 Ansteuerungsarten für Gleichstromsteller ..... 263  
 9.9.7 Selbstgeführte Wechselrichter ..... 264  
 9.9.8 Unterbrechungsfreie Stromversorgungssysteme (USV) ..... 265  
 9.9.9 Stromrichter-Antriebe ..... 266  
 9.9.9.1 Betriebsarten elektrischer Antriebe ..... 266  
 9.9.9.2 Gleichstrommotor am Thyristor-Stromrichter ..... 267  
 9.9.9.3 Gleichstrommotor an Sechspuls-Brückenschaltung B6C ..... 268  
 9.9.9.4 Gleichstrommotor im Vierquadranten-Betrieb ..... 268  
 9.9.9.5 Drehzahlsteuerung mit Transistor-Gleichstromsteller ..... 269  
 9.9.9.6 Frequenzumrichter ..... 270  
 9.9.9.7 Drehstrom-Asynchronmotor am Frequenzumrichter ..... 271  
 9.9.9.8 Auswahl eines Frequenzumrichters ..... 272  
**Praxistipp: Frequenzumrichter, Installation u. Inbetriebnahme** ..... 273  
 9.9.10 Netzgeräte ..... 274  
 9.9.10.1 Geregelte Netzgeräte ..... 274  
 9.9.10.2 Spannungsregler ..... 275  
 9.9.10.3 Schaltnetzgeräte ..... 275  
**Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Elektronik** ..... 276

**10 Elektrische Anlagen** ..... 277  
**10.1 Energieerzeugung und Energieübertragung** .. 277  
 10.1.1 Kraftwerke ..... 277  
 10.1.1.1 Wärmekraftwerke ..... 278  
 10.1.1.2 Umweltschutz in Wärmekraftwerken ..... 279  
 10.1.1.3 Blockheizkraftwerke (BHKW) ..... 280  
 10.1.1.4 Wasserkraftwerke ..... 281  
 10.1.1.5 Erneuerbare Energien ..... 282  
**Praxistipp: Analyse einer Fotovoltaikanlage** ... 287  
 10.1.2 Energiemanagement in intelligenten Netzen (Smart Grid) ..... 290  
 10.1.2.1 Smart Grid in Gebäuden ..... 291  
 10.1.2.2 Smart Home ..... 291  
**Praxistipp: Aufbau eines Energiemanagement-Systems im Wohnhaus** ..... 292  
 10.1.3 Übertragungs- und Verteilnetze ..... 293  
 10.1.3.1 Höchstspannungsnetze ..... 293  
 10.1.3.2 Spannungsebenen ..... 294  
 10.1.3.3 Umspannanlagen ..... 294  
 10.1.3.4 Hochspannungsschalter ..... 295  
 10.1.4 Netzformen ..... 297  
 10.1.5 Niederspannungsanlagen ..... 298  
 10.1.5.1 Netzaufbau ..... 298  
 10.1.5.2 Hausanschluss ..... 299  
 10.1.5.3 Erdungsanlagen ..... 301  
 10.1.5.4 Schutzpotenzialausgleich über die Haupterdungsschiene ..... 302  
 10.1.5.5 Hauptstromversorgungssysteme ..... 303  
**Praxistipp: Zählerschrank mit Stromkreis- und Multimediaverteiler** ..... 306  
**Praxistipp: Ausstattung elektr. Anlagen in Wohngebäuden** ..... 309  
 10.1.6 Elektromagnetische Verträglichkeit und TN-System ..... 310  
**10.2 Isolierte Leitungen, Kabel und Freileitungen** .. 313  
 10.2.1 Isolierte Leitungen ..... 313  
**Praxistipp: Farbkennzeichnung von Leitern** .... 316  
 10.2.2 Kabel für Mittelspannungs- und Niederspannungsanlagen ..... 317  
 10.2.3 Freileitungen für Hoch- und Mittelspannungsanlagen ..... 317  
 10.2.4 Datenleitungen ..... 318  
**Praxistipp: Verlegen von Leitungen (2)** ..... 320  
**10.3 Schutz elektrischer Leitungen und Verbraucher** ..... 321  
**10.4 Schutzschalter** ..... 324  
 10.4.1 Thermischer Auslöser ..... 324  
 10.4.2 Elektromagnetischer Auslöser ..... 324  
 10.4.3 Leitungsschutzschalter ..... 325  
 10.4.4 Selektiver Hauptleitungsschutzschalter ..... 326  
 10.4.5 Brandschutzschalter (AFDD) ..... 327  
 10.4.6 Leistungsschalter ..... 328  
 10.4.7 Motorschutzeinrichtungen ..... 328  
**10.5 Bemessung von fest verlegten Kabeln und Leitungen** ..... 331  
 10.5.1 Spannungsfall an Leitungen ..... 332  
 10.5.2 Anordnung von Überstrom-Schutzrichtungen ..... 333  
**Praxistipp: Beispiel einer Leitungsberechnung** 334  
**Praxistipp: Leiterquerschnittsermittlung bei Oberschwingungsströmen** ..... 335  
**10.6 Räume und Anlagen besonderer Art** ..... 337  
 10.6.1 Elektroinstallation in Räumen mit Badewanne oder Dusche ..... 337  
 10.6.2 Sauna-Anlagen ..... 339  
 10.6.3 Baustellen ..... 339  
 10.6.4 Landwirtschaftliche und gartenbauliche Betriebsstätten ..... 340  
 10.6.5 Feuergefährdete Betriebsstätten ..... 341  
 10.6.6 Explosionsgefährdete Bereiche ..... 343  
 10.6.7 Medizinisch genutzte Bereiche ..... 344  
 10.6.8 Stromversorgungen für Elektro-Fahrzeuge ..... 345  
 10.6.8.1 Ladestationen ..... 345  
 10.6.8.2 Ladebetriebsarten und Ladesteckeinrichtungen ..... 346