

1	 Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz 15
1.1	Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz 15
1.2	Produktsicherheitsgesetz 15
1.3	Gefahrstoffverordnung 16
1.4	Sicherheitszeichen 17
1.5	Erste Hilfe 18
	Praxistipp: Gefährdungsbeurteilung 19
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Arbeitsschutz 20
2	 Grundbegriffe der Elektrotechnik 21
2.1	Umgang mit physikalischen Größen 21
2.2	Arten von Stromkreisen 23
2.3	Elektrische Ladung (Elektrizitätsmenge) 26
2.4	Elektrische Spannung 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	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
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Grundbegriffe der Elektrotechnik 48
3	 Grundschaltungen 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	Spannungsquelle 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
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Grundschaltungen 70

4	 Elektrisches Feld 71
4.1	Eigenschaften des elektrischen Feldes 71
4.2	Grundbegriffe 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	Kondensator im Gleichstromkreis 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	Schaltungen von Kondensatoren 78
4.4.1	Parallelschaltung 78
4.4.2	Reihenschaltung 78
4.5	Kenngößen und Bauarten von Kondensatoren 79
4.5.1	Kenngößen 79
4.5.2	Bauarten 79
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Elektrisches Feld 81
5	 Magnetisches Feld 82
5.1	Eigenschaften der Magnete und Darstellungshilfen 82
5.2	Elektromagnetismus 84
5.2.1	Stromdurchflossener Leiter und Magnetfeld 84
5.2.2	Stromdurchflossene Spule und Magnetfeld 85
5.3	Magnetische Größen 86
5.3.1	Magnetischer Fluss Φ 86
5.3.2	Elektrische Durchflutung Θ 86
5.3.3	Magnetische Feldstärke H 86
5.3.4	Magnetische Flussdichte B 87
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
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Magnetisches Feld 99
6	 Schaltungstechnik 100
6.1	Schaltungsunterlagen 100
	Praxistipp: Installation einer Wechselschaltung 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	Treppenlicht-Zeitschaltung 107
6.2.6	Hausrufanlagen 107
6.2.7	Hausprechanlagen 108
6.3	Elektromagnetische Schalter 110
6.3.1	Relais 111
6.3.2	Schütze 113
6.3.3	Schützsicherungen 114
6.4	Klemmenplan 120
6.5	Elektrische Ausrüstung von Maschinen 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

7	 Wechselstromtechnik 127	8	 Messtechnik 169
7.1	Kenngößen der Wechselstromtechnik 127	8.1	Elektrische Messgeräte 169
7.1.1	Periode und Scheitelwert 127	8.1.1	Grundbegriffe der Messtechnik 169
7.1.2	Frequenz und Periodendauer 127	8.1.2	Anzeigearten von Messgeräten 170
7.1.3	Frequenz und Wellenlänge 128	8.1.3	Analoge Messgeräte 170
7.2	Sinusförmige Wechselgrößen 129	8.1.3.1	Messfehler von analogen Messgeräten 171
7.2.1	Zeigerdarstellung von Sinusgrößen 129	8.1.3.2	Elektrische Messwerke 172
7.2.2	Kreisfrequenz 130	8.1.4	Digitale Messgeräte 173
7.2.3	Erzeugung von Sinusspannungen 130	8.1.5	PC-Messtechnik 175
7.2.4	Scheitelwert und Effektivwert bei sinusförmigen Wechselgrößen 131	8.1.6	Elektrizitätszähler 176
7.2.5	Zeitlicher Verlauf von Wechselgrößen 132	8.1.6.1	Induktionszähler 176
7.2.6	Nichtsinusförmige Spannungen und Ströme 133	8.1.6.2	Elektronische Elektrizitätszähler 177
7.2.7	Phasenverschiebung 134	8.2	Praktisches Messen 178
7.2.8	Wirkwiderstand 134	8.2.1	Messen von Leistungen 178
7.2.9	Scheinwiderstand 134	8.2.2	Messen von Widerständen 178
7.3	Spule im Wechselstromkreis 135	8.2.3	Messen mit Strommesszangen 179
7.3.1	Induktiver Blindwiderstand 135	8.2.4	Messkategorien 179
7.3.2	Reihenschaltung aus Wirkwiderstand und induktivem Blindwiderstand 136		Praxistipp: Praktisches Messen mit dem Digitalmultimeter 180
7.3.3	Spannungsdreieck 137		Praxistipp: Effektivwertmessung nicht sinusförmiger Größen 181
7.3.4	Widerstandsdreieck 138	8.3	Oszilloskop 182
7.3.5	Verlustwinkel, Verlustfaktor und Gütefaktor einer Spule 138	8.3.1	Analog-Oszilloskop 182
7.3.6	Parallelschaltung aus Wirkwiderstand und induktivem Blindwiderstand 139	8.3.2	Digital-Oszilloskop 183
7.3.7	Stromdreieck und Leitwertdreieck 139		Praxistipp: Messen mit einem Digital-Oszilloskop 184
7.4	Leistungen im Wechselstromkreis 140		Praxistipp: Messen mit dem Oszilloskop 185
7.4.1	Wirkleistung 140	8.4	Messen nichtelektrischer Größen mit Sensoren 186
7.4.2	Blindleistung 140	8.4.1	Aktive und passive Sensoren 186
7.4.3	Scheinleistung 141	8.4.2	Anwendungen von Sensoren 187
7.4.4	Zusammenhang zwischen der Wirk-, Blind- und Scheinleistung 142	8.4.2.1	Sensoren zur Weg- und Winkelmessung 187
7.4.5	Leistungsfaktor, Wirkfaktor und Blindfaktor 143	8.4.2.2	Sensoren zur Messung von Dehnung, Kraft, Druck und Drehmoment 189
7.4.6	Verlustleistung bei realen Spulen 143	8.4.2.3	Sensoren zur Messung von Temperaturen 190
7.5	Kondensator im Wechselstromkreis 144	8.4.3	Näherungsschalter 191
7.5.1	Kapazitiver Blindwiderstand 144	8.4.3.1	Optische Näherungsschalter 191
7.5.2	Reihenschaltung aus Wirkwiderstand und kapazitivem Blindwiderstand 145	8.4.3.2	Induktive Näherungsschalter 191
7.5.3	Parallelschaltung aus Wirkwiderstand und kapazitivem Blindwiderstand 146	8.4.3.3	Kapazitive Näherungsschalter 192
7.5.4	Verlustwinkel und Gütefaktor eines Kondensators 147	8.4.3.4	Ausführung von Näherungsschaltern 192
7.6	Schaltung aus Spule, Kondensator und Wirkwiderstand 148	8.4.4	RFID-Technologie 193
7.6.1	Reihenschaltung aus Wirkwiderstand, induktivem und kapazitivem Blindwiderstand 148		Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Messtechnik 194
7.6.2	Parallelschaltung aus Wirkwiderstand, induktivem und kapazitivem Blindwiderstand 149	9	 Elektronik 195
7.7	Schwingkreise 150	9.1	Halbleiterwerkstoffe 195
7.7.1	Resonanz 151	9.2	Halbleiterwiderstände 197
7.7.2	Reihenschwingkreis 151	9.2.1	Spannungsabhängige Widerstände (Varistoren) 197
7.7.3	Parallelschwingkreis 152	9.2.2	Heißleiter (NTC-Widerstände) 198
7.8	Siebschaltungen 154	9.2.3	Kaltleiter (PTC-Widerstände) 199
7.8.1	RL-Tiefpass 154	9.2.4	Feldplatten 201
7.8.2	RL-Hochpass 154	9.3	Hallgeneratoren 201
7.8.3	RC-Tiefpass 155	9.4	Halbleiterdioden 202
7.8.4	RC-Hochpass 155	9.4.1	Wirkungsweise 202
7.9	Dreiphasenwechselstrom (Drehstrom) 156	9.4.2	Leistungsdioden 202
7.9.1	Entstehung der Dreiphasenwechselspannung 156	9.4.3	Z-Dioden (Begrenzerdioden) 203
7.9.2	Verkettung 156	9.4.4	Halbleiterkennzeichnung 204
7.9.3	Sternschaltung (Zeichen: Y) 158	9.4.5	Kühlung von Halbleiterbauelementen 205
7.9.4	Dreieckschaltung (Zeichen: Δ) 160	9.5	Transistoren 206
7.9.5	Leiterfehler in Drehstromsystemen 161	9.5.1	Bipolare Transistoren 206
7.9.6	Leistungen in Drehstromsystemen 162	9.5.1.1	Transistoren in der Praxis 208
7.9.7	Leistungsmessung in Drehstromsystemen 163	9.5.1.2	Einstellung des Arbeitspunktes 209
7.10	Kompensation 164	9.5.1.3	Stabilisierung des Arbeitspunktes 210
7.10.1	Kompensationsarten 165	9.5.1.4	Transistor als Schalter 211
7.10.2	Bemessung von Kompensationskondensatoren 166	9.5.1.5	Kippschaltungen 213
7.10.3	Tonfrequenzsperrkreise 166	9.5.1.6	Verstärkerschaltungen 215
7.10.4	Kompensation bei nichtsinusförmigen Strömen 167	9.5.2	Feldefektransistoren (FET) 217
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Wechselstromtechnik 168	9.6	Optoelektronik 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 Signalarten der Digital- und Steuerungstechnik 231

9.8.2 Grundverknüpfungen 231

9.8.2.1 UND-Verknüpfung 231

9.8.2.2 ODER-Verknüpfung 232

9.8.2.3 NICHT-Verknüpfung 232

9.8.3 Grundverknüpfungen mit Ausgangs- oder Eingangsnegation 233

9.8.3.1 Verknüpfungen mit Ausgangsnegation 233

9.8.3.2 Verknüpfungen mit Eingangsnegation 233

9.8.3.3 Eingangsbeschaltung logischer Verknüpfungen 234

9.8.3.4 Anwendung der Grundverknüpfungen 234

9.8.4 Schaltkreisfamilien 235

9.8.4.1 TTL-Schaltkreisfamilie 235

9.8.4.2 CMOS-Schaltkreisfamilie 235

9.8.5 Schaltalgebra 236

9.8.6 Antivalenz-Verknüpfung und Äquivalenz-Verknüpfung 237

9.8.7 Kippglieder 238

9.8.7.1 Zustandsgesteuerte und taktgesteuerte Kippglieder 238

9.8.7.2 Zweiflankengesteuertes JK-Kippglied 239

9.8.7.3 Schaltungen mit Kippgliedern 240

9.8.8 Analog-Digital-Umsetzer (AD-Umsetzer) 241

9.8.9 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: Auslegung und Dimensionierung einer Fotovoltaikanlage 285

10.1.2 Energiemanagement in intelligenten Netzen (Smart Grid) 287

10.1.2.1 Smart Grid in Gebäuden 288

10.1.2.2 Energiespeichersysteme 288

Praxistipp: Aufbau eines Energiemanagement-Systems im Wohnhaus 289

10.1.3 Übertragungs- und Verteilnetze 290

10.1.3.1 Höchstspannungsnetze 290

10.1.3.2 Spannungsebenen 291

10.1.3.3 Umspannanlagen 291

10.1.3.4 Hochspannungsschalter 292

10.1.4 Netzformen 294

10.1.5 Niederspannungsanlagen 295

10.1.5.1 Netzaufbau 295

10.1.5.2 Hausanschluss 296

10.1.5.3 Erdungsanlagen 298

10.1.5.4 Schutzpotenzialausgleich über die Haupterdungsschiene 299

10.1.5.5 Hauptstromversorgungssysteme 300

Praxistipp: Zählerschrank mit Stromkreis- und Multimediaverteiler 302

Praxistipp: Ausstattung elektr. Anlagen in Wohngebäuden 305

10.1.6 Elektromagnetische Verträglichkeit und TN-System 306

10.2 Isolierte Leitungen, Kabel und Freileitungen 309

10.2.1 Isolierte Leitungen 309

Praxistipp: Farbkennzeichnung von Leitern 312

10.2.2 Kabel für Mittelspannungs- und Niederspannungsanlagen 313

10.2.3 Freileitungen für Hoch- und Mittelspannungsanlagen 313

10.2.4 Datenleitungen 314

Praxistipp: Verlegen von Leitungen 315

10.3 Schutz elektrischer Leitungen und Verbraucher 317

10.4 Schutzschalter 320

10.4.1 Thermischer Auslöser 320

10.4.2 Elektromagnetischer Auslöser 320

10.4.3 Leitungsschutzschalter 321

10.4.4 Selektiver Hauptleitungsschutzschalter 321

10.4.5 Brandschutzschalter (AFDD) 322

10.4.6 Leistungsschalter 323

10.4.7 Motorschutzeinrichtungen 323

10.5 Bemessung von fest verlegten Kabeln und Leitungen 326

10.5.1 Spannungsfall an Leitungen 327

10.5.2 Anordnung von Überstrom-Schutzeinrichtungen 328

Praxistipp: Beispiel einer Leitungsberechnung 329

Praxistipp: Leiterquerschnittsermittlung bei Oberschwingungsströmen 330

10.6 Räume und Anlagen besonderer Art 332

10.6.1 Elektroinstallation in Räumen mit Badewanne oder Dusche 332

10.6.2 Sauna-Anlagen 334

10.6.3 Baustellen 334

10.6.4 Landwirtschaftliche und gartenbauliche Betriebsstätten 335

10.6.5 Feuergefährdete Betriebsstätten 336

10.6.6 Explosionsgefährdete Bereiche 338

10.6.7 Medizinisch genutzte Bereiche 339

10.6.8 Stromversorgungen für Elektro-Fahrzeuge 340

10.6.8.1 Ladestationen 340

10.6.8.2 Ladebetriebsarten und Ladesteckeinrichtungen 341

10.6.8.3	Installationsvorschriften	341	11.12.7	Wiederkehrende Prüfungen von elektrischen Anlagen und ortsfesten Betriebsmitteln nach DIN VDE 0105	376
10.6.9	Übersicht der Räume und Anlagen besonderer Art	342	11.12.8	E-Check als Gütesiegel für die Elektroanlage	377
10.7	Brandbekämpfung in elektrischen Anlagen	343		Praxistipp: Prüfung elektrischer Anlagen	378
10.7.1	Verhalten beim Brand in elektrischen Anlagen	343	11.13	Schutz gegen elektrostatische Aufladung	381
10.7.2	Löschmittel	343		Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Schutzmaßnahmen	382
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Elektrische Anlagen	344			
11	⚠ Schutzmaßnahmen	345	12	🏠 Gebäudetechnische Anlagen	383
11.1	Gefahren im Umgang mit dem elektrischen Strom	345	12.1	Beleuchtungsanlagen	383
11.1.1	Wirkungen des elektrischen Stroms im menschlichen Körper	345	12.1.1	Farbspektrum und Farbwiedergabe	384
11.1.2	Direktes und indirektes Berühren	347	12.1.2	Lichttechnische Größen	385
11.1.3	Fachbegriffe Schutzmaßnahmen (nach DIN VDE)	347	12.1.3	Kriterien für eine gute Beleuchtung	387
11.2	Sicherheitsbestimmungen für Niederspannungsanlagen	348	12.1.4	Energieeffizienzanforderungen	388
11.2.1	Schutzklassen	348	12.1.5	Lampenübersicht	389
11.2.2	IP-Schutzarten	349	12.1.6	Halogenlampen	390
11.2.3	Maßnahmen bei Arbeiten an elektrischen Anlagen	350	12.1.7	Leuchtstofflampen	392
11.2.4	Qualifikationen für Arbeiten in der Elektrotechnik	351	12.1.8	Vorschaltgeräte für Leuchtstofflampen	393
11.2.5	Fehlerarten in elektrischen Anlagen	352	12.1.9	Induktionslampen	394
11.2.6	Spannungen im Fehlerfall	352	12.1.10	LED-Lampen	394
11.3	Netzsysteme	353		Praxistipp: Ersatz einer Halogen-Beleuchtung durch LED-Beleuchtung	395
11.4	Schutz gegen elektrischen Schlag	354		Praxistipp: Beispiel zur Ermittlung der Lampenzahl	396
11.5	Automatische Abschaltung der Stromversorgung	355	12.1.11	Lichtberechnungssoftware	397
11.5.1	Anforderungen an den Basisschutz	355	12.1.12	Lichtstärkeverteilung von Leuchten	397
11.5.2	Anforderungen an den Fehlerschutz	356	12.1.13	Lichtmanagementsysteme	398
11.5.3	Schutz im TN-System	357	12.2	Elektrogeräte	399
11.5.4	Schutz im TT-System	358	12.2.1	Allgemeines über Elektrogeräte	399
11.5.5	Schutz im IT-System	359	12.2.2	Elektrische Warmwasserbereiter	400
11.6	Doppelte oder verstärkte Isolierung	360	12.2.3	Elektrische Raumheizung	402
11.7	Schutztrennung	360	12.2.4	Elektrische Geräte zur Nahrungsvorrathaltung und -zubereitung	406
11.8	Schutz durch Kleinspannung mittels SELV oder PELV	361	12.2.5	Elektrische Geräte zur Wäschepflege und Geschirrrreinigung	410
11.9	Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen	362	12.2.5.1	Waschmaschine	410
11.9.1	Aufbau und Funktion	362	12.2.5.2	Wäschetrockner	411
11.9.2	Anwendungen von RCDs	363	12.2.5.3	Geschirrspülmaschine	412
11.9.3	Kennwerte von RCDs	364	12.2.6	Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) elektrischer Geräte	413
11.9.4	Auswahl und Einsatz von RCDs	364	12.2.7	Prüfen von Elektrogeräten nach Instandsetzung und Änderung	415
11.9.5	RCD als Brandschutz	366	12.2.8	Wiederholungsprüfungen an elektrischen Geräten	417
11.10	Differenzstrom-Überwachungseinrichtung	366	12.3	Antennen- und Verteilanlagen	418
11.11	Schutzvorkehrungen für Anlagen, die nur durch Elektrofachkräfte betrieben und überwacht werden	367	12.3.1	Wirkungsweise der Antennen	418
11.12	Prüfen der Schutzmaßnahmen	368	12.3.2	Empfangsantennen	419
11.12.1	Erstprüfungen von ortsfesten elektrischen Anlagen und Betriebsmitteln nach DIN VDE 0100-600	369	12.3.3	Verstärkungsmaß, Dämpfungsmaß und Pegel	421
11.12.2	Prüfen der Schutzleiter und Schutzpotenzialausgleichsleiter	371	12.3.4	Aufbau von Antennenanlagen	422
11.12.3	Messen der Isolationswiderstände in elektrischen Anlagen	371	12.3.5	Satelliten-Fernsehempfangsanlagen	423
11.12.4	Prüfen der Schutzmaßnahmen SELV, PELV und Schutztrennung	372		Praxistipp: Baugruppen zum digitalen Sat-Empfang	426
11.12.5	Isolationswiderstandsmessung von isolierenden Fußböden und Wänden	372	12.3.6	DVB-T2 HD-Fernsehempfangsanlagen	427
11.12.6	Prüfen der Schutzmaßnahme: Automatische Abschaltung der Stromversorgung im TN-, TT- und IT-System	373	12.3.7	Breitband-Kommunikationsanlagen	427
11.12.6.1	Prüfen im TN-System	373	12.3.8	Berechnung einer Empfangsantennenanlage	428
11.12.6.2	Prüfen im TT-System	374	12.3.9	Errichten von Empfangsantennenanlagen	429
11.12.6.3	Messen des Erdungswiderstandes	374		Praxistipp: Multimediaverkabelung im Wohnbereich	431
11.12.6.4	Prüfen im IT-System	375	12.4	All-IP-Technik	432
11.12.6.5	Prüfen der Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD)	375	12.4.1	Grundsätzliches zu All-IP	432
11.12.6.6	Prüfen der Drehfeldrichtung	375	12.4.2	Anschlusstechnik	433
			12.4.3	VoIP-Technik	434
				Praxistipp: Auswahl und Anschluss eines DSL-Routers	435
			12.4.4	ISDN am All-IP-Anschluss	436
			12.5	Gebäudeautomation	437
			12.5.1	Gebäudeleittechnik	437
			12.5.2	Gebäudesystemtechnik	438
				Praxistipp: KNX-Projekt programmieren	442
				Praxistipp: Umrüsten einer Jalousiesteuerung auf KNX	444
				Praxistipp: Vernetzungsmöglichkeiten im Smart Home	445
			12.5.3	Gebäudeautomation mit Visualisierung	447

12.6 Gefahrenmeldeanlagen 448
 12.6.1 Allgemeine Festlegungen 448
 12.6.2 Brandmeldeanlagen 449
 12.6.3 Einbruchmeldeanlagen 451
 12.6.4 Überfallmeldeanlagen 453
 Praxistipp: Beispiel einer Einbruchmeldeanlage 454
 Praxistipp: Installation von Rauchmeldern 455
12.7 Blitzschutz 456
 12.7.1 Entstehung der Gewitterzelle 456
 12.7.2 Wirkungen des Blitzstromes 456
 12.7.3 Blitzschutzsysteme 456
 12.7.3.1 Äußerer Blitzschutz 457
 12.7.3.2 Innerer Blitzschutz 458
 12.7.3.3 Trennungsabstand 459
 Wiederholen – Anwenden – Vertiefen:
 Gebäudetechnik 461

13 Elektrische Maschinen 462

13.1 Transformatoren 463
 13.1.1 Einphasentransformatoren 463
 13.1.1.1 Aufbau und Wirkungsweise 463
 13.1.1.2 Leerlaufspannung 463
 13.1.1.3 Übersetzungen 464
 13.1.1.4 Betriebsverhalten im Leerlauf 465
 13.1.1.5 Betriebsverhalten bei Belastung 465
 13.1.1.6 Betriebsverhalten bei Kurzschluss 466
 13.1.1.7 Kurzschlussstrom und Einschaltstrom 467
 13.1.1.8 Wirkungsgrad von Transformatoren 468
 13.1.2 Kleintransformatoren 469
 13.1.2.1 Aufbau 469
 13.1.2.2 Arten von Kleintransformatoren 470
 13.1.2.3 Prüfspannungen bei Kleintransformatoren 471
 13.1.3 Sondertransformatoren 472
 13.1.3.1 Spartransformatoren 472
 13.1.3.2 Streufeldtransformatoren 473
 13.1.4 Messwandler 473
 13.1.4.1 Spannungswandler 473
 13.1.4.2 Stromwandler 474
 13.1.5 Drehstromtransformatoren 475
 13.1.5.1 Aufbau und Prinzip 475
 13.1.5.2 Schaltungen 476
 13.1.5.3 Unsymmetrische Belastung 478
 13.1.5.4 Gebräuchliche Schaltgruppen 479
 13.1.6 Parallelschalten von Transformatoren 480
13.2 Rotierende elektrische Maschinen 481
 13.2.1 Grundlagen 481
 13.2.1.1 Leistung und Drehmoment 481
 13.2.1.2 Aufbau umlaufender Maschinen 482
 13.2.1.3 Leistungsschild 482
 13.2.1.4 Drehsinn 482
 13.2.1.5 Betriebsarten elektrischer Maschinen 483
 13.2.1.6 Kühlung elektrischer Maschinen 484
 13.2.1.7 Bauformen und Baugrößen von drehenden elektrischen Maschinen 485
 13.2.1.8 Elektrische Isolierung 485
 13.2.2 Drehstromasynchronmotoren 486
 13.2.2.1 Entstehung des Drehfeldes 486
 13.2.2.2 Kurzschlussläufermotor 487
 13.2.2.3 Anlassen von Kurzschlussläufermotoren 490
 13.2.2.4 Schleifringläufermotor 492
 13.2.2.5 Polumschaltbare Motoren 493
 Praxistipp: Anschließen eines Drehstrommotors 494
 Formelübersicht zum Drehstrom-Asynchronmotor 495
 Praxistipp: Auswahl eines Elektromotors 496
 13.2.2.6 Bremsbetrieb von Drehstromasynchronmotoren 498
 13.2.2.7 Drehstrommotor an Wechselspannung (Steinmetzschtaltung) 499
 13.2.2.8 Wechselstrom-Asynchronmotor 500
 13.2.3 Drehstromlinearmotoren 501
 13.2.4 Synchronmotor 502
 13.2.5 Sondermotoren 503
 13.2.5.1 Spaltpolmotor 503
 13.2.5.2 Reluktanzmotor 504

13.2.5.3 Schrittmotor 504
 13.2.6 Synchrongenerator 507
 13.2.7 Stromwendermotoren 509
 13.2.7.1 Aufbau von Gleichstrommotoren 509
 13.2.7.2 Wirkungsweise 510
 13.2.7.3 Ankerquerfeld und Ankerrückwirkung 511
 13.2.7.4 Anschlussbezeichnungen 512
 13.2.7.5 Arten von Gleichstrommotoren 513
 13.2.7.6 Anlassen von Gleichstrommotoren 515
 13.2.7.7 Drehzahlsteuerung von Gleichstrommotoren 516
 13.2.7.8 Universalmotor 517
 13.2.8 Servomotoren 518
 13.2.8.1 Gleichstromservomotor 519
 13.2.8.2 Drehstromservomotor 519
 13.2.9 Wartung und Prüfung elektrischer Maschinen 522
 Wiederholen – Anwenden – Vertiefen:
 Elektrische Maschinen 523

14 Informationstechnik 524

14.1 Bereiche der Informationstechnik 524
14.2 Computer, Programme und Peripherie 525
 14.2.1 Bestandteile und Funktionsweise eines Computers 525
 14.2.2 Hardware, Software und Firmware 526
 14.2.3 Computersystem 526
14.3 Mikrocomputer 527
14.4 Personal Computer (PC) 528
 14.4.1 Komponenten eines PC 528
 14.4.2 Mikroprozessor (CPU) 529
 14.4.3 Halbleiterspeicher 530
 14.4.4 Buskommunikation 531
 14.4.5 Eingabe- und Ausgabe-Einheit 531
 Praxistipp: Auswahl eines PC-Mainboard 532
14.5 Geräte für Eingabe, Ausgabe und Speicherung 533
 14.5.1 Geräte zur Eingabe 533
 14.5.2 Geräte zur Ausgabe 533
 14.5.2.1 Drucker 533
 14.5.2.2 Farbmonitore 534
 14.5.3 Periphere Geräte zur Datenspeicherung 535
 Praxistipp: Servicearbeiten am PC 536
14.6 Software 537
 14.6.1 Systemprogramme 537
 14.6.2 Anwendungsprogramme 538
 14.6.3 Softwareentwicklung 539
14.7 Vernetzung von Computern 540
 14.7.1 Dienste in Computernetzwerken 540
 14.7.2 Netzwerktopologien 540
 14.7.3 Bestandteile eines lokalen Netzwerkes (LAN) in Sterntopologie 541
 14.7.4 Netzwerkprotokoll 542
 14.7.5 Globales Netzwerk Internet 543
 Praxistipp: Verbinden von zwei PCs über ein Netzwerk 544
 Praxistipp: Herstellen einer WLAN-Verbindung zu einem Netzwerk 545
14.8 Datensicherheit, Datenschutz und Urheberrechte 546
14.9 Schädliche Programme (Malware) 546
 Wiederholen – Anwenden – Vertiefen:
 Informationstechnik 547

15 Automatisierungstechnik 548

15.1 Industrie 4.0 548
15.2 Steuerungstechnik 549
 15.2.1 Steuern 549
 15.2.1.1 Fachbegriffe der Steuerungstechnik 549
 15.2.1.2 Steuerungsarten 550
15.3 Kleinststeuergeräte 552
15.4 Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS) 554
 15.4.1 Aufbau 554
 15.4.2 Programmiersprachen 555
 15.4.3 Arbeitsweise einer SPS 555
 15.4.4 Baueinstruktur in STEP 7 557

15.4.5	Programmierung (Bitverknüpfungen)	558	16.3	Umweltschutz	616
15.4.5.1	Grundverknüpfungen	558	16.3.1	Umweltschutzverordnungen im Bereich der Elektrotechnik	616
15.4.5.2	Öffner und Schließer	559	16.3.2	Umweltschutz im Betrieb	617
15.4.5.3	Speicherfunktionen	561	16.3.3	Wiederverwertung und Entsorgung von Abfallstoffen	618
15.4.6	Bibliotheksfähige Bausteine	563	16.4	Energieeinsparung	620
15.4.7	Symbolische Adressierung (PLC-Variablen)	564	16.4.1	Rationeller Umgang mit Energie	620
15.4.8	Zeit- und Zählfunktionen	565	16.4.2	Stand-by-Betrieb	622
15.4.8.1	Simatic-Zeitfunktionen	565	16.4.3	Tipps zum Energiesparen	623
15.4.8.2	Simatic-Zählfunktionen	566		Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Werkstoffe, Fertigung, Umwelt	624
15.4.8.3	IEC-Zeitfunktionen	566	17	Beruf und Betrieb	625
15.4.8.4	IEC-Zählfunktionen	567	17.1	Berufliche Handlungskompetenz	625
15.4.8.5	Instanzenbaustein für IEC-Zeit- und Zählfunktionen	568		Praxistipp: Benehmen und Stil im Beruf – Business-Etikette	626
15.4.9	Vergleicher	570	17.1.1	Teamarbeit	628
15.4.10	Ablaufsteuerungen	571	17.1.2	Arbeitsmethoden und Zeitplanung	629
15.4.10.1	Arten von Ablaufsteuerungen	571	17.1.3	Kommunikation	630
15.4.10.2	Betriebsarten	571	17.1.4	Kreativitätstechniken	631
15.4.10.3	Ablaufkette (Struktur)	572	17.1.5	Informationsbeschaffung	632
15.4.10.4	Programmierung einer Ablaufkette mit Schrittmern	573	17.2	Präsentation	633
15.4.10.5	Programmierung einer Ablaufkette als bibliotheksfähigen Baustein	574	17.2.1	Aufgaben einer Präsentation und Vorbereitung	633
15.4.10.6	Ablaufkette mit Alternativverzweigung (ODER-Verzweigung)	575	17.2.2	Visualisierung	634
15.4.10.7	Ablaufkette mit Parallelverzweigung (UND-Verzweigung)	576	17.2.3	Vortragen einer Präsentation	635
15.4.11	Analogwertverarbeitung	577	17.3	Projektmanagement	636
15.4.11.1	Analoge Signalverarbeitung	577	17.3.1	Aufgaben von Projekten	636
15.4.11.2	Darstellung analoger Werte in der SPS	577	17.3.2	Projektphasen	637
15.4.11.3	Messbereiche von Analogbaugruppen	578	17.4	Kundenauftrag und Kundenservice	638
15.4.11.4	Normierung und Skalierung von Analogwerten	578	17.4.1	Kundenerwartungen und Umgang mit dem Kunden	638
15.4.12	Feldbusse	580	17.4.2	Phasen eines Kundenauftrags	639
15.4.12.1	Aktor-Sensor-Interface (AS-i)	581	17.4.3	Kundenservice	641
15.4.12.2	Profibus DP	582	17.5	Kalkulation und Angebot	642
15.4.12.3	Profinet IO	583	17.5.1	Kalkulation im Industriebetrieb	643
15.4.13	Prozessvisualisierung	584	17.5.2	Kalkulation von Dienstleistungen	644
15.5	Maschinensicherheit	586	17.5.3	Kalkulation im Handwerksbetrieb	645
15.5.1	Sicherheitskategorien (Performance Level)	586	17.5.4	Rechnungsstellung	646
15.5.2	Sicherheitsbezogene Teile	586	17.6	Qualitätsmanagement	647
15.5.3	Handlungen im Notfall (NOT-HALT, NOT-AUS)	587	17.6.1	Ziele des Qualitätsmanagements	647
15.6	Regelungstechnik	588	17.6.2	Normenreihe DIN EN ISO 9000 ff.	647
15.6.1	Aufgaben und Begriffe	588	17.6.3	TQM-Methode	648
15.6.2	Regelstrecken	589	17.6.4	Qualitätswerkzeuge	649
15.6.2.1	Statisches Verhalten von Regelstrecken	589		Praxistipp: Existenzgründung	650
15.6.2.2	Dynamisches Verhalten von Regelstrecken	590		Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Beruf und Betrieb	651
15.6.3	Regler	593		Ergebnisse der Rechenaufgaben	652
15.6.3.1	Unstetige Regler	593	17.7	Infoteil	653
15.6.3.2	Stetige Regler	595		Arten von DIN-Normen in der Elektrotechnik (Auswahl)	653
15.6.4	Regelkreis	599		Schaltzeichen	654
15.6.4.1	Schwingungsverhalten	599		Wichtige elektrotechnische Symbole	660
15.6.4.2	Reglerauswahl	599		Wichtige Prüfzeichen, Symbole und Logos	661
15.6.4.3	Reglereinstellung	600		Kennzeichnung von Widerständen und Kondensatoren	662
15.6.5	Universalregler	601		Auslösekennlinien von Überstrom-Schutzeinrichtungen	663
15.6.7	Prozessleitsystem	601		Verlegearten von Kabeln und isolierten Leitungen, Mindestquerschnitte elektrischer Leiter	664
	Praxistipp: Entwurf einer Regelung	602		Strombelastbarkeit, Umrechnungsfaktoren von Kabeln und isolierten Leitungen	665
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Automatisierungstechnik	603		Betriebsdaten von Drehstrom-Asynchronmotoren mit Kurzschlussläufer	666
16	Werkstoffe, Fertigungsverfahren, Umweltschutz und Energieeinsparung	604		Dioden	667
16.1	Werkstoffe der Elektrotechnik	604		NPN-Transistor	668
16.1.1	Leiter- und Kontaktwerkstoffe	605		Thyristor, Triac	669
16.1.1.1	Leiterwerkstoffe	605		Wichtige Abkürzungen von AC bis ISDN	670
16.1.1.2	Kontaktwerkstoffe	606		Wichtige Abkürzungen von KNX bis ZVEI	671
16.1.2	Isolierstoffe	607		Fachbegriffe Englisch – Deutsch	672
16.1.2.1	Elektrische Eigenschaften von Isolierstoffen	607		Firmenverzeichnis	675
16.1.2.2	Anorganische und organische Isolierstoffe	608		Sachworte Deutsch – Englisch	676
16.1.2.3	Flüssige und gasförmige Isolierstoffe	609		Vordere Innenumschlagseite: Wichtige Formelzeichen, Größen und Einheiten	
16.2	Fertigungsverfahren	610		Hintere Innenumschlagseite: Arbeitssicherheit und Unfallverhütung	
16.2.1	Verbindungen (Fügen)	610			
16.2.1.1	Lösbare Verbindungen in der Elektrotechnik	610			
16.2.1.2	Unlösbare Verbindungen in der Elektrotechnik	610			
16.2.2	Gedruckte Schaltungen	613			
16.2.3	SMD-Technik	615			