

Kapitelnummer und Symbole

● Allgemeines

Vorwort	4
Inhaltsverzeichnis (ausführlich)	5–10
Lernfeldhinweise und Projektbearbeitung	11–14
Sachwortverzeichnis Deutsch – Englisch	ab Seite 684

● Elektrotechnik

Inhaltsverzeichnis (Kurzform)	
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	348
12 Gebäudetechnische Anlagen	387
13 Elektrische Maschinen	469
14 Informationstechnik	531
15 Automatisierungstechnik	581
16 Werkstoffe, Fertigung, Umwelt, Energieeinsparung	612

● Beruf und Betrieb

633

● 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
- Auslegung, Dimensionierung 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

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	Brennstoffzellen 64
3.5.3	Grundbegriffe zu Primär- und Sekundärbatterien 65
	Batterien (Primärbatterien) 66
3.5.4	Akkumulatoren (Sekundärbatterien) 67
3.5.5.1	Arten von Akkumulatoren 67
3.5.5.2	Laden von Akkumulatoren 69
	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 parallele Leiter 92
5.5.3	Stromdurchflossene Spule im Magnetfeld 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 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	Treppenlicht-Zeitschaltung 107
6.2.6	Hausruftanlagen 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
6.4	Klemmenplan bei elektrischen Steuerungen .. 120
6.5	Elektrische Ausrüstung von Maschinen 121
6.5.1	Prüfen der elektrischen Ausrüstung von Maschinen 122
	Praxistipp: Anforderungen an Steuer-stromkreise 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	9.3	Magnetfeldabhängige Sensorelemente 201
7.8.2	RL-Hochpass 154	9.4	Halbleiterdioden 202
7.8.3	RC-Tiefpass 155	9.4.1	Wirkungsweise 202
7.8.4	RC-Hochpass 155	9.4.2	Leistungsdioden 202
7.9	Dreiphasenwechselstrom (Drehstrom) 156	9.4.3	Z-Dioden (Begrenzerdioden) 203
7.9.1	Entstehung der Dreiphasenwechselspannung 156	9.4.4	Halbleiterkennzeichnung 204
7.9.2	Verkettung 156	9.4.5	Kühlung von Halbleiterbauelementen 205
7.9.3	Sternschaltung (Zeichen: Y) 158	9.5	Transistoren 206
7.9.4	Dreieckschaltung (Zeichen: Δ) 160	9.5.1	Bipolare Transistoren 206
7.9.5	Leiterfehler in Drehstromsystemen 161	9.5.1.1	Transistoren in der Praxis 208
7.9.6	Leistungen in Drehstromsystemen 162	9.5.1.2	Einstellung des Arbeitspunktes 209
7.9.7	Leistungsmessung in Drehstromsystemen 163	9.5.1.3	Stabilisierung des Arbeitspunktes 210
7.10	Kompensation 164	9.5.1.4	Transistor als Schalter 211
7.10.1	Kompensationsarten 165	9.5.1.5	Kippschaltungen 213
7.10.2	Bemessung von Kompensationskondensatoren 166	9.5.1.6	Verstärkerschaltungen 215
7.10.3	Tonfrequenzsperrkreise 166	9.5.2	Feldeffekttransistoren (FET) 217
7.10.4	Kompensation bei nichtsinusförmigen Strömen 167	9.6	Optoelektronik 220
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Wechselstromtechnik 168	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: Auslegung und Dimensionierung einer Fotovoltaikanlage 287

10.1.2 Energiemanagement in intelligenten Netzen (Smart Grid) 289

10.1.2.1 Smart Grid in Gebäuden 290

10.1.2.2 Smart Home 290

Praxistipp: Aufbau eines Energiemanagement-Systems im Wohnhaus 291

10.1.3 Übertragungs- und Verteilnetze 292

10.1.3.1 Höchstspannungsnetze 292

10.1.3.2 Spannungsebenen 293

10.1.3.3 Umspannanlagen 293

10.1.3.4 Hochspannungsschalter 294

10.1.4 Netzformen 296

10.1.5 Niederspannungsanlagen 297

10.1.5.1 Netzaufbau 297

10.1.5.2 Hausanschluss 298

10.1.5.3 Erdungsanlagen 300

10.1.5.4 Schutzpotenzialausgleich über die Haupterdungsschiene 301

10.1.5.5 Hauptstromversorgungssysteme 302

Praxistipp: Zählerschrank mit Stromkreis- und Multimediaverteiler 305

Praxistipp: Ausstattung elektr. Anlagen in Wohngebäuden 308

10.1.6 Elektromagnetische Verträglichkeit und TN-System 309

10.2 Isolierte Leitungen, Kabel und Freileitungen .. 312

10.2.1 Isolierte Leitungen 312

Praxistipp: Farbkennzeichnung von Leitern 315

Kabel für Mittelspannungs- und Niederspannungsanlagen 316

10.2.3 Freileitungen für Hoch- und Mittelspannungsanlagen 316

10.2.4 Datenleitungen 317

Praxistipp: Verlegen von Leitungen 319

10.3 Schutz elektrischer Leitungen und Verbraucher 320

10.4 Schutzschalter 323

10.4.1 Thermischer Auslöser 323

10.4.2 Elektromagnetischer Auslöser 323

10.4.3 Leitungsschutzschalter 324

10.4.4 Selektiver Hauptleitungsschutzschalter 324

10.4.5 Brandschutzschalter (AFDD) 325

10.4.6 Leistungsschalter 326

10.4.7 Motorschutzeinrichtungen 326

10.5 Bemessung von fest verlegten Kabeln und Leitungen 329

10.5.1 Spannungsfall an Leitungen 330

10.5.2 Anordnung von Überstrom-Schutzrichtungen 331

Praxistipp: Beispiel einer Leitungsberechnung 332

Praxistipp: Leiterquerschnittsermittlung bei Oberschwingungsströmen 333

10.6 Räume und Anlagen besonderer Art 335

10.6.1 Elektroinstallation in Räumen mit Badewanne oder Dusche 335

10.6.2 Sauna-Anlagen 337

10.6.3 Baustellen 337

10.6.4 Landwirtschaftliche und gartenbauliche Betriebsstätten 338

10.6.5 Feuergefährdete Betriebsstätten 339

10.6.6 Explosionsgefährdete Bereiche 341

10.6.7 Medizinisch genutzte Bereiche 342

10.6.8 Stromversorgungen für Elektro-Fahrzeuge 343

10.6.8.1 Ladestationen 343

10.6.8.2 Ladebetriebsarten und Ladesteckeinrichtungen 344

10.6.8.3 Installationsvorschriften 344
 10.6.9 Übersicht der Räume und Anlagen
 besonderer Art 345
10.7 Brandbekämpfung in elektrischen Anlagen 346
 10.7.1 Verhalten beim Brand in elektrischen Anlagen 346
 10.7.2 Löschmittel 346
 Wiederholen – Anwenden – Vertiefen:
 Elektrische Anlagen 347

11 ⚠ Schutzmaßnahmen 348

11.1 Gefahren im Umgang mit dem elektrischen Strom 348
 11.1.1 Wirkungen des elektrischen Stroms im menschlichen Körper 348
 11.1.2 Direktes und indirektes Berühren 350
 11.1.3 Fachbegriffe Schutzmaßnahmen (nach DIN VDE) 350
11.2 Sicherheitsbestimmungen für Niederspannungsanlagen 351
 11.2.1 Schutzklassen 351
 11.2.2 IP-Schutzarten 352
 11.2.3 Maßnahmen bei Arbeiten an elektrischen Anlagen 353
 11.2.4 Qualifikationen für Arbeiten in der Elektrotechnik 354
 11.2.5 Fehlerarten in elektrischen Anlagen 355
 11.2.6 Spannung im Fehlerfall 355
11.3 Netzsysteme 356
11.4 Schutz gegen elektrischen Schlag 358
11.5 Automatische Abschaltung der Stromversorgung 359
 11.5.1 Anforderungen an den Basisschutz 359
 11.5.2 Anforderungen an den Fehlerschutz 360
 11.5.3 Schutz im TN-System 361
 11.5.4 Schutz im TT-System 362
 11.5.5 Schutz im IT-System 363
11.6 Doppelte oder verstärkte Isolierung 364
11.7 Schutztrennung 364
11.8 Schutz durch Kleinspannung mittels SELV oder PELV 365
11.9 Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen 366
 11.9.1 Aufbau und Funktion 366
 11.9.2 Anwendungen von RCDs 367
 11.9.3 Kennwerte von RCDs 368
 11.9.4 Auswahl und Einsatz von RCDs 368
 11.9.5 RCD als Brandschutz 370
11.10 Differenzstrom-Überwachungseinrichtung 370
11.11 Schutzvorkehrungen für Anlagen, die nur durch Elektrofachkräfte betrieben und überwacht werden 371
11.12 Prüfen der Schutzmaßnahmen 372
 11.12.1 Erstprüfungen von ortsfesten elektrischen Anlagen und Betriebsmitteln nach DIN VDE 0100-600 373
 11.12.2 Prüfen der Schutzleiter und Schutzpotenzialausgleichsleiter 375
 11.12.3 Messen der Isolationswiderstände in elektrischen Anlagen 375
 11.12.4 Prüfen der Schutzmaßnahmen SELV, PELV und Schutztrennung 376
 11.12.5 Isolationswiderstandsmessung von isolierenden Fußböden und Wänden 376
 11.12.6 Prüfen der Schutzmaßnahme: Automatische Abschaltung der Stromversorgung im TN-, TT- und IT-System 377
 11.12.6.1 Prüfen im TN-System 377
 11.12.6.2 Prüfen im TT-System 378
 11.12.6.3 Messen des Erdungswiderstandes 378
 11.12.6.4 Prüfen der Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) 379
 11.12.6.5 Prüfen im IT-System 379
 11.12.6.6 Prüfen der Drehfeldrichtung 379
 11.12.7 Wiederkehrende Prüfungen von elektrischen Anlagen und ortsfesten Betriebsmitteln nach DIN VDE 0105 380

11.12.8 E-Check als Gütesiegel für die Elektroanlage ... 381
Praxistipp: Prüfung elektrischer Anlagen 382
11.13 Schutz gegen elektrostatische Aufladung 385
 Wiederholen – Anwenden – Vertiefen:
 Schutzmaßnahmen 386

12 🏠 Gebäudetechnische Anlagen 387

12.1 Beleuchtungsanlagen 387
 12.1.1 Farbspektrum und Farbwiedergabe 388
 12.1.2 Lichttechnische Größen 389
 12.1.3 Kriterien für eine gute Beleuchtung 391
 12.1.4 Energieeffizienzanforderungen 392
 12.1.5 Lampenübersicht 393
 12.1.6 Halogenlampen 394
 12.1.7 Leuchtstofflampen 396
 12.1.8 Vorschaltgeräte für Leuchtstofflampen 397
 12.1.9 Induktionslampen 398
 12.1.10 LED-Lampen 398
Praxistipp: LED-Retrofit-Lösungen 399
Praxistipp: Ersatz einer Halogen-Beleuchtung durch LED-Beleuchtung 400
Praxistipp: Beispiel zur Ermittlung der Lampenzahl 401
 12.1.11 Lichtberechnungssoftware 402
 12.1.12 Lichtstärkeverteilung von Leuchten 402
 12.1.13 Lichtmanagementsysteme 403
12.2 Elektrogeräte 404
 12.2.1 Allgemeines über Elektrogeräte 404
 12.2.2 Elektrische Warmwasserbereiter 405
 12.2.3 Elektrische Raumheizung 407
 12.2.4 Elektrische Geräte zur Nahrungsvorrats-haltung und -zubereitung 411
 12.2.5 Elektrische Geräte zur Wäschepflege und Geschirrrreinigung 415
 12.2.5.1 Waschmaschine 415
 12.2.5.2 Wäschetrockner 416
 12.2.5.3 Geschirrspülmaschine 417
 12.2.6 Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) elektrischer Geräte 418
 12.2.7 Prüfen von Elektrogeräten nach der Reparatur 420
 12.2.8 Wiederholungsprüfungen an elektrischen Geräten 422
Praxistipp: Prüfung von Elektrogeräten nach einer Reparatur (VDE 0701) 423
Praxistipp: Steckvorrichtungen Energie 424
12.3 Antennen- und Verteilanlagen 425
 12.3.1 Wirkungsweise der Antennen 425
 12.3.2 Empfangsantennen 426
 12.3.3 Verstärkungsmaß, Dämpfungsmaß und Pegel 428
 12.3.4 Aufbau von Antennenanlagen 429
 12.3.5 Satelliten-Fernsehempfangsanlagen 430
Praxistipp: Baugruppen zum digitalen Sat-Empfang 433
 12.3.6 DVB-T2 HD-Fernsehempfangsanlagen 434
 12.3.7 Breitband-Kommunikationsanlagen 434
 12.3.8 Berechnung einer Empfangsantennenanlage 435
 12.3.9 Errichten von Empfangsantennenanlagen 436
Praxistipp: Multimediaverkabelung im Wohnbereich 438
12.4 All-IP-Technik 439
 12.4.1 Grundsätzliches zu All-IP 439
 12.4.2 Anschluss-technik 440
 12.4.3 VoIP-Technik 441
Praxistipp: Auswahl und Anschluss eines DSL-Routers 442
 12.4.4 ISDN am All-IP-Anschluss 443
12.5 Gebäudeautomation 444
 12.5.1 Gebäudeleittechnik 444
 12.5.2 Gebäudesystemtechnik 445
Praxistipp: KNX-Projekt programmieren 449
Praxistipp: Umrüsten einer Jalousiesteuerung auf KNX 451
Praxistipp: Vernetzungsmöglichkeiten im Smart Home 452
 12.5.3 Gebäudeautomation mit Visualisierung 454

12.6 Gefahrenmeldeanlagen 455

12.6.1 Allgemeine Festlegungen 455

12.6.2 Brandmeldeanlagen 456

12.6.3 Einbruchmeldeanlagen 458

12.6.4 Überfallmeldeanlagen 460

Praxistipp: Beispiel einer Einbruchmeldeanlage 461

Praxistipp: Installation von Rauchmeldern 462

12.7 Blitzschutz 463

12.7.1 Entstehung der Gewitterzelle 463

12.7.2 Wirkungen des Blitzstromes 463

12.7.3 Blitzschutzsysteme 463

12.7.3.1 Äußerer Blitzschutz 464

12.7.3.2 Innerer Blitzschutz 465

12.7.3.3 Trennungsabstand 466

Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Gebäudetechnik 468

13 Elektrische Maschinen 469

13.1 Transformatoren 470

13.1.1 Einphasentransformatoren 470

13.1.1.1 Aufbau und Wirkungsweise 470

13.1.1.2 Leerlaufspannung 470

13.1.1.3 Übersetzungen 471

13.1.1.4 Betriebsverhalten im Leerlauf 472

13.1.1.5 Betriebsverhalten bei Belastung 472

13.1.1.6 Betriebsverhalten bei Kurzschluss 473

13.1.1.7 Kurzschlussstrom und Einschaltstrom 474

13.1.1.8 Wirkungsgrad von Transformatoren 475

13.1.2 Kleintransformatoren 476

13.1.2.1 Aufbau 476

13.1.2.2 Arten von Kleintransformatoren 477

13.1.2.3 Prüfspannungen bei Kleintransformatoren 478

13.1.3 Sondertransformatoren 479

13.1.3.1 Sparttransformatoren 479

13.1.3.2 Streufeldtransformatoren 480

13.1.4 Messwandler 480

13.1.4.1 Spannungswandler 480

13.1.4.2 Stromwandler 481

13.1.5 Drehstromtransformatoren 482

13.1.5.1 Aufbau und Prinzip 482

13.1.5.2 Schaltungen 483

13.1.5.3 Unsymmetrische Belastung 485

13.1.5.4 Gebräuchliche Schaltgruppen 486

13.1.6 Parallelschalten von Transformatoren 487

13.2 Rotierende elektrische Maschinen 488

13.2.1 Grundlagen 488

13.2.1.1 Leistung und Drehmoment 488

13.2.1.2 Aufbau umlaufender Maschinen 489

13.2.1.3 Leistungsschild 489

13.2.1.4 Drehsinn 489

13.2.1.5 Betriebsarten elektrischer Maschinen 490

13.2.1.6 Kühlung elektrischer Maschinen 491

13.2.1.7 Bauformen und Baugrößen von drehenden elektrischen Maschinen 492

13.2.1.8 Elektrische Isolierung 492

13.2.2 Drehstromasynchronmotoren 493

13.2.2.1 Entstehung des Drehfeldes 493

13.2.2.2 Kurzschlussläufermotor 494

13.2.2.3 Anlassen von Kurzschlussläufermotoren 497

13.2.2.4 Schleifringläufermotor 499

13.2.2.5 Polumschaltbare Motoren 500

Praxistipp: Anschließen eines Drehstrommotors 501

Formelübersicht zum Drehstrom-Asynchronmotor 502

Praxistipp: Auswahl eines Elektromotors 503

13.2.2.6 Bremsbetrieb von Drehstromasynchronmotoren 505

13.2.2.7 Drehstrommotor an Wechselspannung (Steinmetzschaltung) 506

13.2.2.8 Wechselstrom-Asynchronmotor 507

13.2.3 Drehstromlinearmotoren 508

13.2.4 Synchronmotor 509

13.2.5 Sondermotoren 510

13.2.5.1 Spaltpolmotor 510

13.2.5.2 Reluktanzmotor 511

13.2.5.3 Schrittmotor 511

13.2.6 Synchrongenerator 514

13.2.7 Stromwendermotoren 516

13.2.7.1 Aufbau von Gleichstrommotoren 516

13.2.7.2 Wirkungsweise 517

13.2.7.3 Ankerquerrfeld und Ankerrückwirkung 518

13.2.7.4 Anschlussbezeichnungen 519

13.2.7.5 Arten von Gleichstrommotoren 520

13.2.7.6 Anlassen von Gleichstrommotoren 522

13.2.7.7 Drehzahlsteuerung von Gleichstrommotoren 523

13.2.7.8 Universalmotor 524

13.2.8 Servomotoren 525

13.2.8.1 Gleichstromservomotor 526

13.2.8.2 Drehstromservomotor 526

13.2.9 Wartung und Prüfung elektrischer Maschinen 529

Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Elektrische Maschinen 530

14 Informationstechnik 531

14.1 Bereiche der Informationstechnik 531

14.2 Computer, Programme und Peripherie 532

14.2.1 Bestandteile und Funktionsweise eines Computers 532

14.2.2 Hardware, Software und Firmware 533

14.2.3 Computersystem 533

14.3 Mikrocomputer 534

14.4 Personal Computer (PC) 535

14.4.1 Komponenten eines PC 535

14.4.2 Mikroprozessor (CPU) 536

14.4.3 Halbleiterspeicher 537

14.4.4 Buskommunikation 538

14.4.5 Eingabe- und Ausgabe-Einheit 538

Praxistipp: Auswahl eines PC-Mainboard 539

14.5 Geräte für Eingabe, Ausgabe und Speicherung 540

14.5.1 Geräte zur Eingabe 540

14.5.2 Geräte zur Ausgabe 540

14.5.2.1 Drucker 540

14.5.2.2 Farbmonitore 541

14.5.3 Periphere Geräte zur Datenspeicherung 542

Praxistipp: Servicearbeiten am PC 543

14.6 Software 544

14.6.1 Systemprogramme 544

14.6.2 Anwendungsprogramme 545

14.7 Vernetzung von Computern 546

14.7.1 Netzwerktopologien 546

14.7.2 Netzwerkdienste 546

14.7.3 Bestandteile eines lokalen Netzwerkes (LAN) in Sterntopologie 547

14.7.4 Netzwerkprotokoll 548

14.7.5 Globales Netzwerk Internet 549

Praxistipp: Installation eines lokalen Computernetzwerkes 550

Praxistipp: Herstellen einer WLAN-Verbindung zu einem Netzwerk 553

14.8 Datensicherheit, Datenschutz und Urheberrechte 554

14.9 Schädliche Programme (Malware) 554

Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Informationstechnik 555

15 Automatisierungstechnik 556

15.1 Industrie 4.0 556

15.2 Steuerungstechnik 557

15.2.1 Steuern 557

15.2.1.1 Fachbegriffe der Steuerungstechnik 557

15.2.1.2 Steuerungsarten 558

15.3 Kleinststeuergeräte 560

15.4 Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS) 562

15.4.1 Aufbau 562

15.4.2 Programmiersprachen 563

15.4.3 Arbeitsweise einer SPS 563

15.4.4 Baueinstruktur in STEP 7 565

15.4.5	Programmierung (Bitverknüpfungen)	566
15.4.5.1	Grundverknüpfungen	566
15.4.5.2	Öffner und Schließer	567
15.4.5.3	Speicherfunktionen	569
15.4.6	Bibliotheksfähige Bausteine	571
15.4.7	Symbolische Adressierung (PLC ¹ -Variablen)	572
15.4.8	Zeit- und Zählfunktionen	573
15.4.8.1	Simatic-Zeitfunktionen	573
15.4.8.2	Simatic-Zählfunktionen	574
15.4.8.3	IEC-Zeitfunktionen	574
15.4.8.4	IEC-Zählfunktionen	575
15.4.8.5	Instanzenbaustein für IEC-Zeit- und Zählfunktionen	576
15.4.9	Vergleicher	578
15.4.10	Ablaufsteuerungen	579
15.4.10.1	Arten von Ablaufsteuerungen	579
15.4.10.2	Betriebsarten	579
15.4.10.3	Ablaufkette (Struktur)	580
15.4.10.4	Programmierung einer Ablaufkette mit Schrittmern	581
15.4.10.5	Programmierung einer Ablaufkette als bibliotheksfähigen Baustein	582
15.4.10.6	Ablaufkette mit Alternativverzweigung (ODER-Verzweigung)	583
15.4.10.7	Ablaufkette mit Parallelverzweigung (UND-Verzweigung)	584
15.4.11	Analogwertverarbeitung	585
15.4.11.1	Analoge Signalverarbeitung	585
15.4.11.2	Darstellung analoger Werte in der SPS	585
15.4.11.3	Messbereiche von Analogbaugruppen	586
15.4.11.4	Normierung und Skalierung von Analogwerten	586
15.4.12	Feldbusse	588
15.4.12.1	Aktor-Sensor-Interface (AS-i)	589
15.4.12.2	PROFIBUS DP	590
15.4.12.3	PROFINET IO	591
15.4.13	Prozessvisualisierung	592
15.5	Maschinensicherheit	594
15.5.1	Sicherheitskategorien (Performance Level)	594
15.5.2	Sicherheitsbezogene Teile	594
15.5.3	Handlungen im Notfall (NOT-HALT, NOT-AUS)	595
15.6	Regelungstechnik	596
15.6.1	Aufgaben und Begriffe	596
15.6.2	Regelstrecken	597
15.6.2.1	Statisches Verhalten von Regelstrecken	597
15.6.2.2	Dynamisches Verhalten von Regelstrecken	598
15.6.3	Regler	601
15.6.3.1	Unstetige Regler	601
15.6.3.2	Stetige Regler	603
15.6.4	Regelkreis	607
15.6.4.1	Schwingungsverhalten	607
15.6.4.2	Reglerauswahl	607
15.6.4.3	Reglereinstellung	608
15.6.5	Universalregler	609
15.6.7	Prozessleitsystem	609
	Praxistipp: Entwurf einer Regelung	610
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen:	
	Automatisierungstechnik	611

16



Werkstoffe, Fertigungsverfahren, Umweltschutz und Energieeinsparung 612

16.1	Werkstoffe der Elektrotechnik	612
16.1.1	Leiter- und Kontaktwerkstoffe	613
16.1.1.1	Leiterwerkstoffe	613
16.1.1.2	Kontaktwerkstoffe	614
16.1.2	Isolierstoffe	615
16.1.2.1	Elektrische Eigenschaften von Isolierstoffen	615
16.1.2.2	Anorganische und organische Isolierstoffe	616
16.1.2.3	Flüssige und gasförmige Isolierstoffe	617
16.2	Fertigungsverfahren	618
16.2.1	Verbindungen (Fügen)	618
16.2.1.1	Lösbare Verbindungen in der Elektrotechnik	618
16.2.1.2	Unlösbare Verbindungen in der Elektrotechnik	618
16.2.2	Gedruckte Schaltungen	621
16.2.3	SMD-Technik	623

16.3	Umweltschutz	624
16.3.1	Umweltschutzverordnungen im Bereich der Elektrotechnik	624
16.3.2	Umweltschutz im Betrieb	625
16.3.3	Wiederverwertung und Entsorgung von Abfallstoffen	626
16.4	Energieeinsparung	628
16.4.1	Rationeller Umgang mit Energie	628
16.4.2	Stand-by-Betrieb	630
16.4.3	Tipps zum Energiesparen	631
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen:	
	Werkstoffe, Fertigung, Umwelt	632

17



Beruf und Betrieb **633**

17.1	Berufliche Handlungskompetenz	633
	Praxistipp: Benehmen und Stil im Beruf – Business-Etikette	634
17.1.1	Teamarbeit	636
17.1.2	Arbeitsmethoden und Zeitplanung	637
17.1.3	Kommunikation	638
17.1.4	Kreativitätstechniken	639
17.1.5	Informationsbeschaffung	640
17.2	Präsentation	641
17.2.1	Aufgaben einer Präsentation und Vorbereitung	641
17.2.2	Visualisierung	642
17.2.3	Vortragen einer Präsentation	643
17.3	Projektmanagement	644
17.3.1	Aufgaben von Projekten	644
17.3.2	Projektphasen	645
17.4	Kundenauftrag und Kundenservice	646
17.4.1	Kundenerwartungen und Umgang mit dem Kunden	646
17.4.2	Phasen eines Kundenauftrags	647
17.4.3	Kundenservice	649
17.5	Kalkulation und Angebot	650
17.5.1	Kalkulation im Industriebetrieb	651
17.5.2	Kalkulation in Dienstleistungen	652
17.5.3	Kalkulation im Handwerksbetrieb	653
17.5.4	Rechnungsstellung	654
17.6	Qualitätsmanagement	655
17.6.1	Ziele des Qualitätsmanagements	655
17.6.2	Normenreihe DIN EN ISO 9000 ff.	655
17.6.3	TQM-Methode	656
17.6.4	Qualitätswerkzeuge	657
	Praxistipp: Existenzgründung	658
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen:	
	Beruf und Betrieb	659
	Ergebnisse der Rechenaufgaben	660



Infoteil **661**

Arten von DIN-Normen in der Elektrotechnik (Auswahl) ..	661
Schaltzeichen	662
Wichtige elektrotechnische Symbole	668
Wichtige Prüfzeichen, Symbole und Logos	669
Kennzeichnung von Widerständen und Kondensatoren ..	670
Auslösekennlinien von Überstrom-Schutzeinrichtungen ..	671
Verlegearten von Kabeln und isolierten Leitungen, Mindestquerschnitte elektrischer Leiter	672
Strombelastbarkeit, Umrechnungsfaktoren von Kabeln und isolierten Leitungen	673
Betriebsdaten von Drehstrom-Asynchronmotoren mit Kurzschlussläufer	674
Dioden	675
NPN-Transistor	676
Thyristor, Triac	677
Wichtige Abkürzungen von AC bis ISDN	678
Wichtige Abkürzungen von KNX bis ZVEI	679
Fachbegriffe Englisch – Deutsch	680
Firmen- und Bildquellenverzeichnis	683
Sachworte Deutsch – Englisch	684

Vordere Innenumschlagseite:
Wichtige Formelzeichen, Größen und Einheiten

Hintere Innenumschlagseite:
Arbeitssicherheit und Unfallverhütung