

1 Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz . 12

1.1 Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz . 12
1.2 Geräte- und Produktsicherheitsgesetz . 12
1.3 Gefahrstoffverordnung . 13
1.4 Sicherheitszeichen . 14
1.5 Erste Hilfe . 15
Praxistipp: Gefährdungsbeurteilung . 16
Wiederholungsseite zu Kapitel 1 . 17

2 Grundbegriffe der Elektrotechnik . 18

2.1 Umgang mit physikalischen Größen . 18
 Masse und Kraft . 18
 Mechanische Arbeit . 19
 Energie . 19
 Mechanische Leistung . 19
2.2 Arten von Stromkreisen . 20
 Elektrischer Gleichstromkreis . 21
2.3 Elektrische Ladung (Elektrizitätsmenge) . 23
 Aufbau der Atome . 24
2.4 Elektrische Spannung . 25
 2.4.1 Spannungserzeugung . 25
 2.4.2 Spannung am Verbraucher . 25
 2.4.3 Potenzial . 25
 2.4.4 Arten der Spannungserzeugung . 26
 2.4.5 Messen elektrischer Spannung . 27
2.5 Elektrischer Strom . 28
 2.5.1 Elektrischer Strom in Metallen . 29
 2.5.2 Messen elektrischer Stromstärke . 29
 2.5.3 Wirkungen des elektrischen Stromes . 30
 2.5.4 Stromarten . 31
 2.5.5 Stromdichte . 32
2.6 Elektrischer Widerstand und Leitwert . 33
2.7 Ohmsches Gesetz . 34
2.8 Leiterviderstand . 35
2.9 Temperaturabhängigkeit des Widerstandes . 36
2.10 Bauarten von Widerständen . 37
2.11 Elektrische Energie und Arbeit . 39
 2.11.1 Gewinnung elektrischer Energie . 39
 2.11.2 Elektrische Arbeit . 40
2.12 Elektrische Leistung . 41
2.13 Wirkungsgrad . 43
2.14 Elektrowärme . 44
Wiederholungsseite zu Kapitel 2 . 45

3 Grundschaltungen der Elektrotechnik . 46

3.1 Reihenschaltung . 46
 3.1.1 Gesetze der Reihenschaltung . 46
 3.1.2 Vorwiderstände . 48
 3.1.3 Spannungsfall an Leitungen . 49
3.2 Parallelschaltung . 50
3.3 Gemischte Schaltungen . 52
 3.3.1 Spannungsteiler . 52
 3.3.2 Brückenschaltung . 54
 3.3.2.1 Abgeglichene Brückenschaltung . 54
 3.3.2.2 Nicht abgeglichene Brückenschaltung . 55
 3.3.3 Widerstandsbestimmung durch Strom- und Spannungsmessung . 56
3.4 Spannungsquelle . 57
 3.4.1 Belastungsfälle einer Spannungsquelle . 57
 3.4.2 Ersatzschaltbild einer Spannungsquelle . 58
 3.4.3 Anpassung . 58
 3.4.4 Schaltungen von Spannungsquellen . 60
3.5 Galvanische Elemente . 61
 3.5.1 Umwandlung chemischer Energie in elektrische Energie . 61
 3.5.2 Primärelemente . 62
 3.5.3 Sekundärelemente (Akkumulatoren) . 64
Wiederholungsseite zu Kapitel 3 . 66

4 Elektrisches Feld . 67

4.1 Eigenschaften des elektrischen Feldes . 67
4.2 Grundbegriffe . 68
 4.2.1 Elektrische Feldstärke . 68

4.2.2 Elektrische Influenz und Polarisation . 68
 4.2.3 Elektrische Felder in der Praxis . 69
4.3 Kondensator im Gleichstromkreis . 70
 4.3.1 Verhalten eines Kondensators . 70
 4.3.2 Kapazität eines Kondensators . 70
 Berechnung der Kapazität von Kondensatoren . 71
 Laden und Entladen eines Kondensators . 72
 4.3.3 Energie des geladenen Kondensators . 73
4.4 Schaltungen von Kondensatoren . 74
 4.4.1 Parallelschaltung . 74
 4.4.2 Reihenschaltung . 74
4.5 Kenngrößen und Bauarten von Kondensatoren . 75
 4.5.1 Kenngrößen . 75
 4.5.2 Bauarten . 75
Wiederholungsseite zu Kapitel 4 . 77

5 Magnetisches Feld . 78

5.1 Eigenschaften der Magnete und Darstellungshilfen . 78
5.2 Elektromagnetismus . 80
 5.2.1 Stromdurchflossener Leiter und Magnetfeld . 80
 5.2.2 Stromdurchflossene Spule und Magnetfeld . 81
5.3 Magnetische Größen . 82
 5.3.1 Magnetischer Fluss . 82
 5.3.2 Elektrische Durchflutung . 82
 5.3.3 Magnetische Feldstärke . 83
 5.3.4 Magnetische Flussdichte . 83
5.4 Eisen im Magnetfeld einer Spule . 84
5.5 Strom und Magnetfeld . 87
 5.5.1 Stromdurchflossener Leiter im Magnetfeld . 87
 5.5.2 Stromdurchflossene Spule im Magnetfeld . 89
 5.5.3 Stromdurchflossene parallele Leiter . 89
5.6 Spannungserzeugung durch Induktion . 90
 5.6.1 Generatorprinzip (Induktion durch Bewegung) . 90
 5.6.2 Lenzsche Regel . 91
 5.6.3 Transformatorprinzip (Induktion der Ruhe) . 92
 5.6.4 Selbstinduktion . 94
 5.6.5 Wirbelströme . 95
Wiederholungsseite zu Kapitel 5 . 96

6 Schaltungstechnik . 97

6.1 Schaltungsunterlagen . 97
Praxistipp: Installation einer Wechselschaltung . 99
6.2 Installationsschaltungen . 100
 6.2.1 Lampenschaltungen . 100
 6.2.2 Schaltungen mit Meldeleuchten . 102
 6.2.3 Stromstoßschaltung . 103
 6.2.4 Infrarot-Bewegungsmelder . 103
 6.2.5 Treppenhaus-Zeitschaltung . 104
 6.2.6 Hausrufanlagen . 104
 6.2.7 Haussprechanlagen . 105
6.3 Elektromagnetische Schalter . 107
 6.3.1 Relais . 108
 6.3.2 Schütze . 110
 Grundschaltungen mit Schützen . 111
 Tippbetrieb . 111
 Selbsthaltung . 111
 Verriegelung . 112
 Wendeschüttschaltung . 112
 Auswahlhaltung zwei aus drei . 113
 Folgeschaltung . 113
 Strompfadbezeichnung . 113
Wiederholungsseite zu Kapitel 6 . 114

7 Wechselstromtechnik . 115

7.1 Kenngrößen der Wechselstromtechnik . 115
 7.1.1 Periode und Scheitelwert . 115
 7.1.2 Frequenz und Periodendauer . 115
 7.1.3 Frequenz und Wellenlänge . 116
7.2 Sinusförmige Wechselgrößen . 117
 7.2.1 Zeigerdarstellung von Sinusgrößen . 117
 7.2.2 Kreisfrequenz . 118
 7.2.3 Erzeugung von Sinusspannungen . 118

7.2.4 Scheitelwert und Effektivwert bei sinusförmigen Wechselgrößen 119
 7.2.5 Zeitlicher Verlauf von Wechselgrößen 120
 7.2.6 Nichtsinusförmige Spannungen und Ströme 121
 7.2.7 Frequenz und Polpaarzahl 122
 7.2.8 Phasenverschiebung 123
 7.2.9 Wirkwiderstand 123
 7.2.10 Scheinwiderstand 123
7.3 Spule im Wechselstromkreis 124
 Induktiver Blindwiderstand 124
7.4 Kondensator im Wechselstromkreis 125
 Kapazitiver Blindwiderstand 125
 Wiederholungsseite zu Kapitel 7 126

8 Messtechnik 127

8.1 Elektrische Messgeräte 127
 8.1.1 Grundbegriffe der Messtechnik 127
 8.1.2 Anzeigarten von Messgeräten 128
 8.1.3 Analoge Messgeräte 128
 Messfehler von analogen Messgeräten 129
 8.1.4 Digitale Messgeräte 130
 8.1.4.1 Aufbau, Anzeigen und Kennwerte 130
 8.1.4.2 Messfehler von digitalen Messgeräten 132
 8.1.4.3 Fachbegriffe zum Digitalmultimeter 133
 8.1.5 Elektrische Messwerke 134
 8.1.6 Elektrizitätszähler 135
 8.1.6.1 Induktionszähler 135
 8.1.6.2 Elektronische Elektrizitätszähler 136
8.2 Praktisches Messen 137
 8.2.1 Messen von Leistungen 137
 8.2.2 Messen von Widerständen 137
 8.2.3 Messen mit Strommesszangen 138
 8.2.4 Messkategorien 138
 8.2.5 Durchführung einer praktischen Messung 139
8.3 Oszilloskop 140
 8.3.1 Analoges Oszilloskop 140
 8.3.1.1 Aufbau eines Analog-Oszilloskops 140
 8.3.1.2 Zweikanal-Oszilloskop 142
 8.3.1.3 Messen mit dem Oszilloskop 142
 8.3.2 Digitalspeicher-Oszilloskop 143
 Praxistipp: Messen mit dem Oszilloskop 144
 Wiederholungsseite zu Kapitel 8 145

9 Elektronik 146

9.1 Halbleiterwerkstoffe 146
9.2 Halbleiterwiderstände 149
 9.2.1 Spannungsabhängige Widerstände (Varistoren) 149
 9.2.2 Heißleiter (NTC-Widerstände) 150
 9.2.3 Kaltleiter (PTC-Widerstände) 151
 9.2.4 Feldplatten 153
9.3 Hallgeneratoren 153
9.4 Halbleiterdioden 154
 9.4.1 Wirkungsweise 154
 9.4.2 Leistungsdioden 154
 9.4.3 Z-Dioden (Begrenzerdioden) 155
 9.4.4 Halbleiterkennzeichnung 156
 9.4.5 Gleichrichterschaltungen 157
 9.4.5.1 Einpuls-Einwegschaltung E1U 157
 9.4.5.2 Zweipuls-Brückenschaltung B2U 158
 9.4.5.3 Zweipuls-Mittelpunktschaltung M2U 158
 9.4.5.4 Glätten pulsierender Gleichspannungen 158
9.5 Transistoren 160
 9.5.1 Bipolare Transistoren 160
 9.5.1.1 Transistoren in der Praxis 162
 9.5.1.2 Einstellung des Arbeitspunktes 163
 9.5.1.3 Stabilisierung des Arbeitspunktes 164
 9.5.1.4 Transistor als Schalter 165
9.6 Optoelektronik 167
 9.6.1 Optoelektronische Sender 167
 Leuchtdioden 167
 Laserdioden 168
 9.6.2 Optoelektronische Empfänger 169
 Fotodioden 169
 Fotowiderstände 169
 Fotoelemente 169

Solarzellen 169
 Fototransistoren 170
 Schaltungsbeispiele optoelektronischer Empfänger 170
 Flüssigkristallanzeigen 171
 Optokoppler 171
9.7 Kühlung von Halbleiterbauelementen 172
9.8 Integrierte Schaltungen 173
9.9 Digitaltechnik 175
 9.9.1 Zahlensysteme 175
 9.9.1.1 Umwandlung von Zahlensystemen 176
 9.9.1.2 BCD-Code 176
 9.9.2 Signalarten der Digital- und Steuerungstechnik 177
 9.9.3 Grundverknüpfungen 177
 9.9.3.1 UND-Verknüpfung 177
 9.9.3.2 ODER-Verknüpfung 178
 9.9.3.3 NICHT-Verknüpfung 178
 9.9.4 Grundverknüpfungen mit Ausgangs- oder Eingangsnegation 179
 9.9.4.1 Verknüpfungen mit Ausgangsnegation 179
 9.9.4.2 Verknüpfungen mit Eingangsnegation 179
 9.9.4.3 Eingangsbeschaltung log. Verknüpfungen 180
 9.9.4.4 Anwendung der Grundverknüpfungen 180
 9.9.5 Schaltkreisfamilien 181
 9.9.5.1 TTL-Schaltkreisfamilie 181
 9.9.5.2 CMOS-Schaltkreisfamilie 181
 9.9.6 Schaltalgebra 182
 9.9.7 Antivalenz-Verknüpfung und Äquivalenz-Verknüpfung 183
 9.9.8 Schaltungen in NAND- und in NOR-Technik 184
 9.9.9 Kippschaltungen 185
 Bistabile Kippschaltung 185
 Timer-Baustein NE 555 185
 Kippschaltungen mit dem Timer NE 555 186
 Monostabile Kippschaltung 186
 Astabile Kippschaltung 186
 Schwellwertschalter (Schmitt-Trigger) 186
 9.9.10 Kippglieder 187
 9.9.10.1 Zustandsgesteuerte und taktgesteuerte Kippglieder 187
 9.9.10.2 Zweiflankengesteuertes JK-Kippglied 188
 Wiederholungsseite zu Kapitel 9 189

10 Elektrische Anlagentechnik 190

10.1 Energieübertragung und Spannungsebenen 190
10.2 Isolierte Leitungen, Kabel und Freileitungen 192
 10.2.1 Isolierte Leitungen 192
 Praxistipp: Farbkennzeichnung von Leitern 195
 10.2.2 Kabel für Mittelspannungs- und Niederspannungsanlagen 196
 10.2.3 Freileitungen für Hoch- und Mittelspannungsanlagen 196
 10.2.4 Datenleitungen 197
 Praxistipp: Verlegen von Leitungen 198
10.3 Schutz elektrischer Leitungen und Verbraucher 199
10.4 Schutzschalter 202
 10.4.1 Thermischer Auslöser 202
 10.4.2 Elektromagnetischer Auslöser 202
 10.4.3 Leitungsschutzschalter 203
 10.4.4 Selektiver Hauptleitungsschutzschalter 203
10.5 Bemessung von fest verlegten Kabeln und Leitungen 204
 Spannungsfall an Leitungen 205
 Praxistipp: Beispiel einer Leitungsberechnung 206
 Wiederholungsseite zu Kapitel 10 207

11 Schutzmaßnahmen 208

11.1 Gefahren im Umgang mit dem elektrischen Strom 208
 11.1.1 Wirkungen des elektrischen Stromes im menschlichen Körper 208
 11.1.2 Direktes und indirektes Berühren 210
 11.1.3 Fachbegriffe Schutzmaßnahmen 210
11.2 Sicherheitsbestimmungen für Niederspannungsanlagen 211
 Schutzklassen 211

| | | |
|--------|---|------------|
| 11.2.2 | IP-Schutzarten | 212 |
| 11.2.3 | Maßnahmen bei Arbeiten an elektrischen Anlagen | 213 |
| 11.2.4 | Fehlerarten in elektrischen Anlagen | 214 |
| 11.2.5 | Spannungen im Fehlerfall | 214 |
| 11.3 | Netzsysteme | 215 |
| 11.4 | Schutz gegen elektrischen Schlag | 216 |
| 11.5 | Automatische Abschaltung der Stromversorgung | 217 |
| 11.5.1 | Anforderungen an den Basisschutz (Schutz gegen direktes Berühren) | 217 |
| 11.5.2 | Anforderungen an den Fehlerschutz (Schutz bei indirektem Berühren) | 218 |
| 11.5.3 | Schutz im TN-System | 219 |
| 11.5.4 | Schutz im TT-System | 220 |
| 11.5.5 | Schutz im IT-System | 221 |
| 11.6 | Doppelte oder verstärkte Isolierung | 222 |
| 11.7 | Schutztrennung | 222 |
| 11.8 | Schutz durch Kleinspannung mittels SELV oder PELV | 223 |
| 11.9 | Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen | 224 |
| 11.9.1 | Aufbau und Funktion | 224 |
| 11.9.2 | Anwendungen von RCDs | 225 |
| 11.9.3 | Kennwerte von RCDs | 226 |
| 11.9.4 | Auswahl und Einsatz von RCDs | 226 |
| 11.9.5 | RCD als Brandschutz | 228 |
| 11.10 | Differenzstrom-Überwachungseinrichtung | 228 |
| 11.11 | Schutzvorkehrungen für Anlagen, die nur durch Elektrofachkräfte betrieben und überwacht werden | 229 |
| | Wiederholungsseite zu Kapitel 11 | 230 |

12 Informationstechnik231

| | | |
|----------|--|------------|
| 12.1 | Bereiche der Informationstechnik | 231 |
| 12.2 | Computer, Programme und Peripherie | 232 |
| 12.2.1 | Bestandteile und Funktionsweise eines Computers | 232 |
| 12.2.2 | Hardware, Software und Firmware | 233 |
| 12.2.3 | Computersystem | 233 |
| 12.3 | Mikrocomputer | 234 |
| 12.4 | Personal Computer (PC) | 235 |
| 12.4.1 | Komponenten eines PC | 235 |
| 12.4.2 | Mikroprozessor (CPU) | 236 |
| 12.4.3 | Halbleiterspeicher | 237 |
| 12.4.4 | Buskommunikation | 238 |
| 12.4.5 | Ein- und Ausgabe-Einheit | 238 |
| 12.5 | Geräte für Eingabe, Ausgabe und Speicherung | 239 |
| 12.5.1 | Geräte zur Eingabe | 239 |
| 12.5.2 | Geräte zur Ausgabe | 239 |
| 12.5.2.1 | Drucker | 239 |
| 12.5.2.2 | Farbmonitore | 240 |
| 12.5.3 | Periphere Geräte zur Datenspeicherung | 241 |
| | Praxistipp: Servicearbeiten am PC | 242 |
| 12.6 | Software | 243 |
| 12.6.1 | Systemprogramme | 243 |
| 12.6.2 | Anwendungsprogramme | 244 |
| 12.6.3 | Softwareentwicklung | 245 |
| 12.7 | Vernetzung von Computern | 246 |
| 12.7.1 | Dienste in Computernetzwerken | 246 |
| 12.7.2 | Netzwerktopologien | 246 |
| 12.7.3 | Bestandteile eines lokalen Netzwerkes (LAN) in Sterntopologie | 247 |
| 12.7.4 | Netzwerkprotokoll | 248 |
| | TCP/IP-Protokoll | 249 |
| | Drahtlose Netzwerke | 249 |
| 12.7.5 | Globales Netzwerk Internet | 249 |
| | Praxistipp: Verbinden von zwei PCs über ein Netzwerk | 250 |
| | Praxistipp: Herstellen einer WLAN-Verbindung zu einem Netzwerk | 251 |
| 12.8 | Datensicherheit, Datenschutz und Urheberrechte | 252 |
| 12.9 | Schädliche Programme (Malware) | 252 |
| | Wiederholungsseite zu Kapitel 12 | 253 |

13



Werkstoffe, Fertigungsverfahren, Umweltschutz und Energieeinsparung254

| | | |
|----------|--|------------|
| 13.1 | Werkstoffe der Elektrotechnik | 254 |
| 13.1.1 | Stahl und Eisen-Gusswerkstoffe (Normung) | 255 |
| 13.1.2 | Leiterwerkstoffe | 256 |
| 13.1.3 | Kontaktwerkstoffe | 257 |
| 13.1.4 | Widerstandswerkstoffe | 258 |
| 13.1.5 | Magnetwerkstoffe | 259 |
| 13.1.5.1 | Magnetisch harte Werkstoffe | 259 |
| 13.1.5.2 | Magnetisch weiche Werkstoffe | 260 |
| 13.1.6 | Isolierstoffe | 261 |
| 13.1.6.1 | Elektrische Beanspruchung von Isolierstoffen | 261 |
| 13.1.6.2 | Anorganische Isolierstoffe | 263 |
| 13.1.6.3 | Organische Isolierstoffe | 264 |
| 13.1.6.4 | Flüssige und gasförmige Isolierstoffe | 266 |
| 13.2 | Verbindungen (Fügen) | 267 |
| 13.2.1 | Lösbare Verbindungen in der Elektrotechnik | 267 |
| 13.2.2 | Unlösbare Verbindungen in der Elektrotechnik | 267 |
| 13.3 | Gedruckte Schaltungen | 270 |
| 13.3.1 | Subtraktiv-Technik | 270 |
| 13.3.2 | Additiv-Technik | 270 |
| 13.3.3 | Mehrlagen-Leiterplatten (Multilayer) | 271 |
| 13.3.4 | Drucktechniken | 271 |
| 13.3.5 | Prüfen von gedruckten Schaltungen | 272 |
| 13.3.6 | SMD-Technik | 273 |
| 13.3.6.1 | Bestückungsverfahren | 273 |
| 13.3.6.2 | Kleben von SMD-Bauteilen | 274 |
| 13.3.6.3 | Lötverfahren der SMD-Technik | 274 |
| 13.4 | Umweltschutz | 275 |
| 13.4.1 | Umweltschutzverordnungen im Bereich der Elektrotechnik | 275 |
| 13.4.2 | Umweltschutz im Betrieb | 276 |
| 13.4.3 | Wiederverwertung und Entsorgung von Abfallstoffen | 277 |
| 13.5 | Energieeinsparung | 279 |
| 13.5.1 | Rationeller Umgang mit Energie | 279 |
| 13.5.2 | Stand-by-Betrieb | 281 |
| 13.5.3 | Tipps zum Energiesparen | 282 |
| | Wiederholungsseite zu Kapitel 13 | 283 |



Infoteil

- **Wichtige Formeln** 284
- **Schaltzeichen** 287
- **Wichtige elektrotechnische Symbole** 291
- **Wichtige Prüfzeichen und Symbole** 292
- **Kennzeichnung von Widerständen und Kondensatoren** 293
- **Auslösekennlinien von Überstrom-Schutzeinrichtungen** 294
- **Verlegarten von Kabeln und isolierten Leitungen, Mindestquerschnitte elektrischer Leiter** 295
- **Strombelastbarkeit, Umrechnungsfaktoren von Kabeln und Isolierten Leitungen** 296
- **Normspannungen, Normfrequenzen** 297
- **Dioden** 298
- **NPN-Transistor** 299
- **Wichtige Abkürzungen** 300
- **Fachbegriffe Englisch – Deutsch** 302

| | |
|--|-----|
| Rechnergegebnisse der Wiederholungsseiten | 305 |
| Firmenverzeichnis | 306 |
| Sachworte | 307 |
| Vordere Innenumschlagseite: | |
| Wichtige Formelzeichen, Größen und Einheiten | |
| Hintere Innenumschlagseite: | |
| Arbeitssicherheit und Unfallverhütung | |