




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 Sekundär-batterien	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

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 von Kondensatoren	78
4.4.2		Reihenschaltung von Kondensatoren	78
4.5		Kenngrößen und Bauarten von Kondensatoren	79
4.5.1		Kenngrößen	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		Hausrufanlagen	107
6.2.7		Haussprechanlagen	108
6.3		Elektromagnetische Schalter	110
6.3.1		Relais	111
6.3.2		Schütze	113
6.3.3		Schützschaltungen	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	9.5.2	Verstärkerschaltungen 215
7.10.3	Tonfrequenzsperrkreise 166		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: 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 Multimediateil	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-Schutzeinrichtungen	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

10.6.8.3	Installationsvorschriften	346	11.12.7	Wiederkehrende Prüfungen von elektrischen Anlagen und ortsfesten Betriebsmitteln nach DIN VDE 0105	383
10.6.8.4	Prüfung von Ladeeinrichtungen für Elektrofahrzeuge	347	11.12.8	E-Check als Gütesiegel für die Elektroanlage ...	384
10.6.9	Übersicht der Räume und Anlagen besonderer Art	348		Praxistipp: Prüfung elektrischer Anlagen	385
10.7	Brandbekämpfung in elektrischen Anlagen ...	349	11.13	Schutz gegen elektrostatische Aufladung	388
10.7.1	Verhalten beim Brand in elektrischen Anlagen ..	349		Wiederholen – Anwenden – Vertiefen:	
10.7.2	Löschmittel	349		Schutzmaßnahmen	389
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen:				
	Elektrische Anlagen	350			
11	▲ Schutzmaßnahmen	351	12	🏠 Gebäudetechnische Anlagen	390
11.1	Gefahren im Umgang mit dem elektrischen Strom	351	12.1	Beleuchtungsanlagen	390
11.1.1	Wirkungen des elektrischen Stroms im menschlichen Körper	351	12.1.1	Farbspektrum und Farbwiedergabe	391
11.1.2	Direktes und indirektes Berühren	353	12.1.2	Lichttechnische Größen	392
11.1.3	Fachbegriffe Schutzmaßnahmen (nach DIN VDE)	353	12.1.3	Kriterien für eine gute Beleuchtung	394
11.2	Sicherheitsbestimmungen für Niederspannungsanlagen	354	12.1.4	Energieeffizienzanforderungen	395
11.2.1	Schutzklassen	354	12.1.5	Beleuchtung von Arbeitsstätten	396
11.2.2	IP-Schutzarten	355	12.1.6	Lichtberechnungssoftware	396
11.2.3	Maßnahmen bei Arbeiten an elektrischen Anlagen	356	12.1.7	Lampenübersicht	397
11.2.4	Qualifikationen für Arbeiten in der Elektrotechnik	357	12.1.8	Glühfadenlampen	398
11.2.5	Fehlerarten in elektrischen Anlagen	358		Praxistipp: LED-Retrofit-Lösungen	399
11.2.6	Spannungen im Fehlerfall	358		Praxistipp: Ersatz einer Halogen-Beleuchtung durch LED-Beleuchtung	400
11.3	Netzsysteme	359	12.1.9	Leuchtstofflampen	401
11.4	Schutz gegen elektrischen Schlag	361	12.1.10	Vorschaltgeräte für Leuchtstofflampen	402
11.5	Automatische Abschaltung der Stromversorgung	362	12.1.11	Induktionslampen	403
11.5.1	Anforderungen an den Basisschutz	362	12.1.12	LED-Lampen	403
11.5.2	Anforderungen an den Fehlerschutz	363		Praxistipp: Beispiel zur Ermittlung der Lampenzahl	404
11.5.3	Schutz im TN-System	364	12.1.13	LED-Leuchten	405
11.5.4	Schutz im TT-System	365	12.1.14	Lichtmanagementsysteme	406
11.5.5	Schutz im IT-System	366	12.1.14	Notbeleuchtung	407
11.6	Doppelte oder verstärkte Isolierung	367	12.2	Elektrogeräte	408
11.7	Schutztrennung	367	12.2.1	Allgemeines über Elektrogeräte	408
11.8	Schutz durch Kleinspannung mittels SELV oder PELV	368	12.2.2	Elektrische Warmwasserbereiter	409
11.9	Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen	369	12.2.3	Elektrische Raumheizung	411
11.9.1	Aufbau und Funktion	369	12.2.4	Elektrische Geräte zur Nahrungsvorratshaltung und -zubereitung	416
11.9.2	Anwendungen von RCDs	370	12.2.5	Elektrische Geräte zur Wäschepflege und Geschirrrreinigung	420
11.9.3	Kennwerte von RCDs	371	12.2.5.1	Waschmaschine	420
11.9.4	Auswahl und Einsatz von RCDs	371	12.2.5.2	Wäschetrockner	421
11.9.5	RCD als Brandschutz	373	12.2.5.3	Geschirrspülmaschine	422
11.10	Differenzstrom-Überwachungseinrichtung ...	373	12.2.6	Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) elektrischer Geräte	423
11.11	Schutzvorkehrungen für Anlagen, die nur durch Elektrofachkräfte betrieben und überwacht werden	374	12.2.7	Prüfen von Elektrogeräten nach der Reparatur	425
11.12	Prüfen der Schutzmaßnahmen	375	12.2.8	Wiederholungsprüfungen an elektrischen Geräten	427
11.12.1	Erstprüfungen von ortsfesten elektrischen Anlagen und Betriebsmitteln nach DIN VDE 0100-600	376		Praxistipp: Prüfung von Elektrogeräten nach einer Reparatur (VDE 0701)	428
11.12.2	Prüfen der Schutzleiter und Schutzpotenzialausgleichsleiter	378		Praxistipp: Steckvorrichtungen Energie	429
11.12.3	Messen der Isolationswiderstände in elektrischen Anlagen	378	12.3	Antennen- und Verteilanlagen	430
11.12.4	Prüfen der Schutzmaßnahmen SELV, PELV und Schutztrennung	379	12.3.1	Wirkungsweise der Antennen	430
11.12.5	Isolationswiderstandsmessung von isolierenden Fußböden und Wänden	379	12.3.2	Empfangsantennen	431
11.12.6	Prüfen der Schutzmaßnahme: Automatische Abschaltung der Stromversorgung im TN-, TT- und IT-System	380	12.3.3	Verstärkungsmaß, Dämpfungsmaß und Pegel	433
11.12.6.1	Prüfen im TN-System	380	12.3.4	Aufbau von Antennenanlagen	434
11.12.6.2	Prüfen im TT-System	381	12.3.5	Satelliten-Fernsehempfangsanlagen	435
11.12.6.3	Messen des Erdungswiderstandes	381		Praxistipp: Baugruppen zum digitalen Sat-Empfang	438
11.12.6.4	Prüfen der Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD)	382	12.3.6	DVB-T2 HD-Fernsehempfangsanlagen	439
11.12.6.5	Prüfen im IT-System	382	12.3.7	Breitband-Kommunikationsanlagen	439
11.12.6.6	Prüfen der Drehfeldrichtung	382	12.3.8	Berechnung einer Empfangsantennenanlage ..	440
			12.3.9	Errichten von Empfangsantennenanlagen	441
				Praxistipp: Multimedialverkabelung im Wohnbereich	443
			12.4	All-IP-Technik	444
			12.4.1	Grundsätzliches zu All-IP	444
			12.4.2	Anschlusstechnik	445
			12.4.3	VoIP-Technik	446
				Praxistipp: Auswahl und Anschluss eines DSL-Routers	447
			12.4.4	ISDN am All-IP-Anschluss	448
			12.5	Gebäudeautomation	449
			12.5.1	Gebäudeleittechnik	449
			12.5.2	Gebäudesystemtechnik	450
				Praxistipp: KNX-Projekt programmieren	454

	Praxistipp: Umrüsten einer Jalousiesteuerung auf KNX	456
	Praxistipp: Vernetzungsmöglichkeiten im Smart Home	457
12.5.3	Gebäudeautomation mit Visualisierung	459
12.6	Gefahrenmeldeanlagen	460
12.6.1	Allgemeine Festlegungen	460
12.6.2	Brandmeldeanlagen	461
12.6.3	Einbruchmeldeanlagen	463
12.6.4	Überfallmeldeanlagen	465
	Praxistipp: Beispiel einer Einbruchmeldeanlage	466
	Praxistipp: Installation von Rauchmeldern	467
12.7	Blitzschutz	468
12.7.1	Entstehung der Gewitterzelle	468
12.7.2	Wirkungen des Blitzstromes	468
12.7.3	Blitzschutzsysteme	468
12.7.3.1	Äußerer Blitzschutz	469
12.7.3.2	Innerer Blitzschutz	470
12.7.3.3	Trennungsabstand	471
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Gebäudetechnik	473
13	Elektrische Maschinen	474
13.1	Transformatoren	475
13.1.1	Einphasentransformatoren	475
13.1.1.1	Aufbau und Wirkungsweise	475
13.1.1.2	Leerlaufspannung	475
13.1.1.3	Übersetzungen	476
13.1.1.4	Betriebsverhalten im Leerlauf	477
13.1.1.5	Betriebsverhalten bei Belastung	477
13.1.1.6	Betriebsverhalten bei Kurzschluss	478
13.1.1.7	Kurzschlussstrom und Einschaltstrom	479
13.1.1.8	Wirkungsgrad von Transformatoren	480
13.1.2	Kleintransformatoren	481
13.1.2.1	Aufbau	481
13.1.2.2	Arten von Kleintransformatoren	482
13.1.2.3	Prüfspannungen bei Kleintransformatoren	483
13.1.3	Sondertransformatoren	484
13.1.3.1	Spartransformatoren	484
13.1.3.2	Streueldtransformatoren	485
13.1.4	Messwandler	485
13.1.4.1	Spannungswandler	485
13.1.4.2	Stromwandler	486
13.1.5	Drehstromtransformatoren	487
13.1.5.1	Aufbau und Prinzip	487
13.1.5.2	Schaltungen	488
13.1.5.3	Unsymmetrische Belastung	490
13.1.5.4	Gebräuchliche Schaltgruppen	491
13.1.6	Parallelschalten von Transformatoren	492
13.2	Rotierende elektrische Maschinen	493
13.2.1	Grundlagen	493
13.2.1.1	Leistung und Drehmoment	493
13.2.1.2	Aufbau umlaufender Maschinen	494
13.2.1.3	Leistungsschild	494
13.2.1.4	Drehsinn	494
13.2.1.5	Betriebsarten elektrischer Maschinen	495
13.2.1.6	Kühlung elektrischer Maschinen	496
13.2.1.7	Bauformen und Baugrößen von drehenden elektrischen Maschinen	497
13.2.1.8	Elektrische Isolierung	497
13.2.2	Drehstromasynchronmotoren	498
13.2.2.1	Entstehung des Drehfeldes	498
13.2.2.2	Kurzschlussläufermotor	499
13.2.2.3	Anlassen von Kurzschlussläufermotoren	502
13.2.2.4	Schleifringläufermotor	504
13.2.2.5	Polumschaltbare Motoren	505
	Praxistipp: Anschließen eines Drehstrommotors	506
	Formelübersicht zum Drehstrom-Asynchronmotor	507
13.2.2.6	Praxistipp: Auswahl eines Elektromotors	508
	Bremsbetrieb von Drehstromasynchronmotoren	510
13.2.2.7	Drehstrommotor an Wechselspannung (Steinmetzschtaltung)	511
13.2.2.8	Wechselstrom-Asynchronmotor	512

13.2.3	Drehstromlinearmotoren	513
13.2.4	Synchronmotor	514
13.2.5	Sondermotoren	515
13.2.5.1	Spaltpolmotor	515
13.2.5.2	Reluktanzmotor	516
13.2.5.3	Schrittmotor	516
13.2.6	Synchrongenerator	519
13.2.7	Stromwendermotoren	521
13.2.7.1	Aufbau von Gleichstrommotoren	521
13.2.7.2	Wirkungsweise	522
13.2.7.3	Ankerquerfeld und Ankerrückwirkung	523
13.2.7.4	Anschlussbezeichnungen	524
13.2.7.5	Arten von Gleichstrommotoren	525
13.2.7.6	Anlassen von Gleichstrommotoren	527
13.2.7.7	Drehzahlsteuerung von Gleichstrommotoren	528
13.2.7.8	Universalmotor	529
13.2.8	Servomotoren	530
13.2.8.1	Gleichstromservomotor	531
13.2.8.2	Drehstromservomotor	531
13.2.9	Wartung und Prüfung elektrischer Maschinen	534
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Elektrische Maschinen	535
14	Informationstechnik	536
14.1	Bereiche der Informationstechnik	536
14.2	Computer, Programme und Peripherie	537
14.2.1	Bestandteile und Funktionsweise eines Computers	537
14.2.2	Hardware, Software und Firmware	538
14.2.3	Computersystem	538
14.3	Mikrocomputer	539
14.4	Personal Computer (PC)	540
14.4.1	Komponenten eines PC	540
14.4.2	Mikroprozessor (CPU)	541
14.4.3	Halbleiterspeicher	542
14.4.4	Buskommunikation	543
14.4.5	Eingabe- und Ausgabe-Einheit	543
	Praxistipp: Auswahl eines PC-Mainboard	544
14.5	Geräte für Eingabe, Ausgabe und Speicherung	545
14.5.1	Geräte zur Eingabe	545
14.5.2	Geräte zur Ausgabe	545
14.5.2.1	Drucker	545
14.5.2.2	Farbmonitore	546
14.5.3	Periphere Geräte zur Datenspeicherung	547
	Praxistipp: Servicearbeiten am PC	548
14.6	Software	549
14.6.1	Systemprogramme	549
14.6.2	Anwendungsprogramme	550
14.7	Vernetzung von Computern	551
14.7.1	Netzwerktopologien	551
14.7.2	Netzwerkdienste	551
14.7.3	Bestandteile eines lokalen Netzwerkes (LAN) in Sterntopologie	552
14.7.4	Netzwerkprotokoll	553
14.7.5	Globales Netzwerk Internet	554
	Praxistipp: Installation eines lokalen Computernetzwerkes	555
	Praxistipp: Herstellen einer WLAN-Verbindung zu einem Netzwerk	558
14.8	Datensicherheit, Datenschutz und Urheberrechte	559
14.9	Schädliche Programme (Malware)	559
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Informationstechnik	560
15	Automatisierungstechnik	561
15.1	Industrie 4.0	561
15.2	Steuerungstechnik	562
15.2.1	Steuern	562
15.2.1.1	Fachbegriffe der Steuerungstechnik	562
15.2.1.2	Steuerungsarten	563
15.3	Kleinststeuergeräte	565
15.4	Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS)	568
15.4.1	Aufbau	568

