

1	Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz	15	4	Elektrisches Feld	71
1.1	Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz	15	4.1	Eigenschaften des elektrischen Feldes	71
1.2	Produktsicherheitsgesetz	15	4.2	Grundbegriffe	72
1.3	Gefahrstoffverordnung	16	4.2.1	Elektrische Feldstärke	72
1.4	Sicherheitszeichen	17	4.2.2	Elektrische Influenz und Polarisation	72
1.5	Erste Hilfe	18	4.2.3	Elektrische Felder in der Praxis	73
	Praxistipp: Gefährdungsbeurteilung	19	4.3	Kondensator im Gleichstromkreis	74
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen:		4.3.1	Verhalten eines Kondensators	74
	Arbeitsschutz	20	4.3.2	Kapazität eines Kondensators	74
2	Grundbegriffe der Elektrotechnik	21	4.3.3	Laden und Entladen von Kondensatoren	76
2.1	Umgang mit physikalischen Größen	21	4.3.4	Energie des geladenen Kondensators	77
2.2	Arten von Stromkreisen	23	4.4	Schaltungen von Kondensatoren	78
2.3	Elektrische Ladung (Elektrizitätsmenge)	26	4.4.1	Parallelschaltung	78
2.4	Elektrische Spannung	28	4.4.2	Reihenschaltung	78
2.4.1	Spannungserzeugung	28	4.5	Kenngrößen und Bauarten von Kondensatoren	79
2.4.2	Spannung am Verbraucher	28	4.5.1	Kenngrößen	79
2.4.3	Potenziale in elektrischen Schaltungen	28	4.5.2	Bauarten	79
2.4.4	Arten der Spannungserzeugung	29		Wiederholen – Anwenden – Vertiefen:	
2.4.5	Messen elektrischer Spannung	30		Elektrisches Feld	81
2.5	Elektrischer Strom	31	5	Magnetisches Feld	82
2.5.1	Elektrischer Strom in Metallen	32	5.1	Eigenschaften der Magnete und Darstellungshilfen	82
2.5.2	Messen elektrischer Stromstärke	32	5.2	Elektromagnetismus	84
2.5.3	Wirkungen des elektrischen Stromes	33	5.2.1	Stromdurchflossener Leiter und Magnetfeld	84
2.5.4	Stromarten	34	5.2.2	Stromdurchflossene Spule und Magnetfeld	85
2.5.5	Stromdichte	35	5.3	Magnetische Größen	86
2.6	Elektrischer Widerstand und Leitwert	36	5.3.1	Magnetischer Fluss Φ	86
2.7	Ohmsches Gesetz	37	5.3.2	Elektrische Durchflutung Θ	86
2.8	Leiterwiderstand	38	5.3.3	Magnetische Feldstärke H	86
2.9	Temperaturabhängigkeit des Widerstandes	39	5.3.4	Magnetische Flussdichte B	87
2.10	Bauarten von Widerständen	40	5.4	Eisen im Magnetfeld einer Spule	87
2.11	Elektrische Energie und Arbeit	42	5.5	Strom und Magnetfeld	90
2.11.1	Gewinnung elektrischer Energie	42	5.5.1	Stromdurchflossener Leiter im Magnetfeld	90
2.11.2	Elektrische Arbeit	43	5.5.2	Stromdurchflossene parallele Leiter	92
2.12	Elektrische Leistung	44	5.5.3	Stromdurchflossene Spule im Magnetfeld	92
2.13	Wirkungsgrad	46	5.6	Spannungserzeugung durch Induktion	93
2.14	Elektrowärme	47	5.6.1	Generatorprinzip (Induktion der Bewegung)	93
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen:		5.6.2	Lenzsche Regel	94
	Grundbegriffe der Elektrotechnik	48	5.6.3	Transformatorprinzip (Induktion der Ruhe)	95
3	Grundschaltungen der Elektrotechnik	49	5.6.4	Selbstinduktion	97
3.1	Reihenschaltung	49	5.6.5	Wirbelströme	98
3.1.1	Gesetze der Reihenschaltung	49		Wiederholen – Anwenden – Vertiefen:	
3.1.2	Vorwiderstände	51		Magnetisches Feld	99
3.1.3	Spannungsfall an Leitungen	52	6	Schaltungstechnik	100
3.2	Parallelschaltung	53	6.1	Schaltungsunterlagen	100
3.3	Gemischte Schaltungen	55		Praxistipp: Installation einer Wechsel-	
3.3.1	Spannungssteiler	55		schaltung mit Steckdose	102
3.3.2	Brückenschaltung	57	6.2	Installationsschaltungen	103
3.3.2.1	Abgeglichene Brückenschaltung	57	6.2.1	Lampenschaltungen	103
3.3.2.2	Nicht abgeglichene Brückenschaltung	58	6.2.2	Schaltungen mit Meldeleuchten	105
3.3.3	Widerstandsbestimmung durch Strom- und Spannungsmessung	59	6.2.3	Stromstoßschaltung	106
3.4	Spannungsquelle	60	6.2.4	Infrarot-Bewegungsmelder	106
3.4.1	Belastungsfälle einer Spannungsquelle	60	6.2.5	Treppenlicht-Zeitschaltung	107
3.4.2	Ersatzschaltbild einer Spannungsquelle	61	6.2.6	Hausrufanlagen	107
3.4.3	Anpassung	61	6.2.7	Hausansprechanlagen	108
3.4.4	Schaltungen von Spannungsquellen	63	6.3	Elektromagnetische Schalter	110
3.5	Galvanische Elemente	64	6.3.1	Relais	111
3.5.1	Umwandlung chemischer Energie in elektrische Energie	64	6.3.2	Schütze	113
3.5.2	Brennstoffzellen	64	6.3.3	Schützschaltungen	114
3.5.3	Grundbegriffe zu Primär- und Sekundärbatterien	65	6.4	Klemmenplan bei elektrischen Steuerungen	120
3.5.4	Batterien (Primärbatterien)	66	6.5	Elektrische Ausrüstung von Maschinen	121
3.5.5	Akkumulatoren (Sekundärbatterien)	67	6.5.1	Prüfen der elektrischen Ausrüstung von Maschinen	122
3.5.5.1	Arten von Akkumulatoren	67		Praxistipp: Anforderungen an Steuer-	
3.5.5.2	Laden von Akkumulatoren	69		stromkreise	124
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen:			Praxistipp: Stromlaufplan und Aufbau einer Stern-Dreieck-Schaltung	125
	Grundschaltungen	70		Wiederholen – Anwenden – Vertiefen:	
				Schaltungstechnik	126

7	Wechselstromtechnik	127	8	Messtechnik	169
7.1	Kenngrößen 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	Widerstandsdrücke	138	8.3	Oszilloskop	182
7.3.5	Verlustwinkel, Verlustfaktor und Gütfaktor 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 Gütfaktor 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			
7.7	Schwingerkreise	150	9	Elektronik	195
7.7.1	Resonanz	151	9.1	Halbleiterwerkstoffe	195
7.7.2	Reihenschwingkreis	151	9.2	Halbleiterwiderstände	197
7.7.3	Parallelschwingkreis	152	9.2.1	Spannungsabhängige Widerstände (Varistoren)	197
7.8	Siebschaltungen	154	9.2.2	Heißleiter (NTC-Widerstände)	198
7.8.1	RL-Tiefpass	154	9.2.3	Kalteleiter (PTC-Widerstände)	199
7.8.2	RL-Hochpass	154	9.3	Magnetfeldabhängige Sensorelemente	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	Feldeffekttransistoren (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	10 Elektrische Anlagen.....	277
9.7.1 Grundlagen.....	225	10.1 Energieerzeugung und Energieübertragung.....	277
9.7.2 Analoge Schaltungen mit Operationsverstärkern.....	227	10.1.1 Kraftwerke.....	277
9.7.3 Digitale Schaltungen mit Operationsverstärkern	229	10.1.1.1 Wärmekraftwerke	278
9.8 Digitaltechnik.....	231	10.1.1.2 Umweltschutz in Wärmekraftwerken.....	279
9.8.1 Duales Zahlsystem.....	231	10.1.1.3 Blockheizkraftwerke (BHKW).....	280
9.8.2 Signalarten der Digitaltechnik	231	10.1.1.4 Wasserkraftwerke	281
9.8.3 Grundverknüpfungen.....	231	10.1.1.5 Erneuerbare Energien	282
9.8.3.1 UND-Verknüpfung.....	232	Praxistipp: Auslegung und Dimensionierung einer Photovoltaikanlage	287
9.8.3.2 ODER-Verknüpfung.....	232	10.1.2 Energiemanagement in intelligenten Netzen (Smart Grid)	289
9.8.3.3 NICHT-Verknüpfung	232	10.1.2.1 Smart Grid in Gebäuden	290
9.8.4 Grundverknüpfungen mit Ausgangs- oder Eingangsnegation	233	10.1.2.2 Praxistipp: Aufbau eines Energiemanagement-Systems im Wohnhaus	291
9.8.4.1 Verknüpfungen mit Ausgangsnegation	233	Übertragungs- und Verteilnetze	292
9.8.4.2 Verknüpfungen mit Eingangsnegation	233	10.1.3 Höchstspannungsnetze	292
9.8.4.3 Eingangsbeschaltung logischer Verknüpfungen	234	10.1.3.2 Spannungsebenen	293
9.8.4.4 Anwendung der Grundverknüpfungen	234	10.1.3.3 Umspannanlagen	293
9.8.5 Schaltkreisfamilien	235	10.1.3.4 Hochspannungsschalter	294
9.8.5.1 TTL-Schaltkreisfamilie	235	10.1.4 Netzformen	296
9.8.5.2 CMOS-Schaltkreisfamilie	235	10.1.5 Niederspannungsanlagen	297
9.8.6 Schaltalgebra	236	10.1.5.1 Netzaufbau	297
9.8.7 Antivalenz-Verknüpfung und Äquivalenz-Verknüpfung	237	10.1.5.2 Hausanschluss	298
9.8.8 Kippglieder	238	10.1.5.3 Erdungsanlagen	300
9.8.8.1 Zustandsgesteuerte und taktgesteuerte Kippglieder	238	10.1.5.4 Schutzzpotenzialausgleich über die Haupterdungsschiene	301
9.8.8.2 Zweiflankengesteuertes JK-Kippglied	239	10.1.5.5 Hauptstromversorgungssysteme	302
9.8.8.3 Schaltungen mit Kippgliedern	240	Praxistipp: Zählerschrank mit Stromkreis- und Multimediacenteiler	305
9.8.9 Analog-Digital-Umsetzer (AD-Umsetzer)	241	Praxistipp: Ausstattung elektr. Anlagen in Wohngebäuden	308
9.8.10 Digital-Analog-Umsetzer (DA-Umsetzer)	243	10.1.6 Elektromagnetische Verträglichkeit und TN-System	309
9.9 Leistungselektronik.....	244	10.2 Isolierte Leitungen, Kabel und Freileitungen.....	312
9.9.1 Bauelemente der Leistungselektronik	244	10.2.1 Isolierte Leitungen	312
9.9.1.1 Thyristor	244	Praxistipp: Farbkennzeichnung von Leitern	315
9.9.1.2 GTO-Thyristor	247	10.2.2 Kabel für Mittelspannungs- und Niederspannungsanlagen	316
9.9.1.3 Triac	247	10.2.3 Freileitungen für Hoch- und Mittelspannungsanlagen	316
9.9.1.4 Diac	248	10.2.4 Datenleitungen	317
9.9.1.5 IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor)	249	Praxistipp: Verlegen von Leitungen	319
9.9.2 Begriffe der Leistungselektronik	250	10.3 Schutz elektrischer Leitungen und Verbraucher	320
9.9.3 Gleichrichterschaltungen	251	10.4 Schutzschalter	323
9.9.3.1 Ungesteuerte Gleichrichterschaltungen	251	10.4.1 Thermischer Auslöser	323
9.9.3.2 Gesteuerte Gleichrichterschaltungen	256	10.4.2 Elektromagnetischer Auslöser	323
9.9.4 Wechselrichterbetrieb von netzgeführten Stromrichtern	259	10.4.3 Leitungsschutzschalter	324
9.9.5 Wechselstrom-Umrichter	260	10.4.4 Selektiver Hauptleitungsschutzschalter	324
9.9.5.1 Wechselwegschaltung W1C	260	10.4.5 Brandschutzschalter (AFDD)	325
9.9.5.2 Vielperiodensteuerung	261	10.4.6 Leistungsschalter	326
9.9.6 Gleichstrom-Umrichter	262	10.4.7 Motorschutzeinrichtungen	326
9.9.6.1 Gleichstromsteller	262	10.5 Bemessung von fest verlegten Kabeln und Leitungen	329
9.9.6.2 Durchflusswandler und Sperrwandler	263	10.5.1 Spannungsfälle an Leitungen	330
9.9.6.3 Ansteuerungsarten für Gleichstromsteller	263	10.5.2 Anordnung von Überstrom-Schutzeinrichtungen	331
9.9.7 Selbstgeführte Wechselrichter	264	Praxistipp: Beispiel einer Leitungsberechnung	332
9.9.8 Unterbrechungsfreie Stromversorgungssysteme (USV)	265	Praxistipp: Leiterquerschnittsermittlung bei Oberschwingungsströmen	333
9.9.9 Stromrichter-Antriebe	266	10.6 Räume und Anlagen besonderer Art	335
9.9.9.1 Betriebsarten elektrischer Antriebe	266	10.6.1 Elektroinstallation in Räumen mit Badewanne oder Dusche	335
9.9.9.2 Gleichstrommotor am Thyristor-Stromrichter	267	10.6.2 Sauna-Anlagen	337
9.9.9.3 Gleichstrommotor an Sechspuls-Brückenschaltung B6C	268	10.6.3 Baustellen	337
9.9.9.4 Gleichstrommotor im Vierquadranten-Betrieb	268	10.6.4 Landwirtschaftliche und gartenbauliche Betriebsstätten	338
9.9.9.5 Drehzahlsteuerung mit Transistor-Gleichstromsteller	269	10.6.5 Feuergefährdete Betriebsstätten	339
9.9.9.6 Frequenzumrichter	270	10.6.6 Explosionsgefährdete Bereiche	341
9.9.9.7 Drehstrom-Asynchronmotor am Frequenzumrichter	271	10.6.7 Medizinisch genutzte Bereiche	342
9.9.9.8 Auswahl eines Frequenzumrichters	272	10.6.8 Stromversorgungen für Elektro-Fahrzeuge	343
Praxistipp: Frequenzumrichter, Installation u. Inbetriebnahme	273	10.6.8.1 Ladestationen	343
9.9.10 Netzgeräte	274	10.6.8.2 Ladebetriebsarten und Ladesteckleinrichtungen	344
9.9.10.1 Geregelte Netzgeräte	274		
9.9.10.2 Spannungsregler	275		
9.9.10.3 Schaltnetzgeräte	275		
Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Elektronik	276		

10.6.8.3	Installationsvorschriften	344	11.12.8	E-Check als Gütesiegel für die Elektroanlage	381
10.6.9	Übersicht der Räume und Anlagen besonderer Art	345		Praxistipp: Prüfung elektrischer Anlagen	382
10.7	Brandbekämpfung in elektrischen Anlagen	346	11.13	Schutz gegen elektrostatische Aufladung	385
10.7.1	Verhalten beim Brand in elektrischen Anlagen	346		Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Schutzmaßnahmen	386
10.7.2	Löschen	346			
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Elektrische Anlagen	347			
11	Schutzmaßnahmen	348	12	Gebaudetechnische Anlagen	387
11.1	Gefahren im Umgang mit dem elektrischen Strom	348	12.1	Beleuchtungsanlagen	387
11.1.1	Wirkungen des elektrischen Stroms im menschlichen Körper	348	12.1.1	Farbspektrum und Farbwiedergabe	388
11.1.2	Direktes und indirektes Berühren	350	12.1.2	Lichttechnische Größen	389
11.1.3	Fachbegriffe Schutzmaßnahmen (nach DIN VDE)	350	12.1.3	Kriterien für eine gute Beleuchtung	391
11.2	Sicherheitsbestimmungen für Niederspannungsanlagen	351	12.1.4	Energieeffizienzansforderungen	392
11.2.1	Schutzklassen	351	12.1.5	Lampenübersicht	393
11.2.2	IP-Schutzzonen	352	12.1.6	Halogenglampen	394
11.2.3	Maßnahmen bei Arbeiten an elektrischen Anlagen	353	12.1.7	Leuchtstofflampen	396
11.2.4	Qualifikationen für Arbeiten in der Elektrotechnik	354	12.1.8	Vorschaltgeräte für Leuchtstofflampen	397
11.2.5	Fehlerarten in elektrischen Anlagen	355	12.1.9	Induktionslampen	398
11.2.6	Spannungen im Fehlerfall	355	12.1.10	LED-Lampen	398
11.3	Netzsysteme	356		Praxistipp: LED-Retrofit-Lösungen	399
11.4	Schutz gegen elektrischen Schlag	358		Praxistipp: Ersatz einer Halogen-Beleuchtung durch LED-Beleuchtung	400
11.5	Automatische Abschaltung der Stromversorgung	359		Praxistipp: Beispiel zur Ermittlung der Lampenzahl	401
11.5.1	Anforderungen an den Basisschutz	359	12.1.11	Lichtberechnungssoftware	402
11.5.2	Anforderungen an den Fehlerschutz	360	12.1.12	Lichtstärkeverteilung von Leuchten	402
11.5.3	Schutz im TN-System	361	12.1.13	Lichtmanagementsysteme	403
11.5.4	Schutz im TT-System	362	12.2	Elektrogeräte	404
11.5.5	Schutz im IT-System	363	12.2.1	Allgemeines über Elektrogeräte	404
11.6	Doppelte oder verstärkte Isolierung	364	12.2.2	Elektrische Warmwasserbereiter	405
11.7	Schutztrennung	364	12.2.3	Elektrische Raumheizung	407
11.8	Schutz durch Kleinspannung mittels SELV oder PELV	365	12.2.4	Elektrische Geräte zur Nahrungsvorratshaltung und -zubereitung	411
11.9	Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen	366	12.2.5	Elektrische Geräte zur Wäschepflege und Geschirrreinigung	415
11.9.1	Aufbau und Funktion	366	12.2.5.1	Waschmaschine	415
11.9.2	Anwendungen von RCDs	367	12.2.5.2	Wäschetrockner	416
11.9.3	Kennwerte von RCDs	368	12.2.5.3	Geschirrspülmaschine	417
11.9.4	Auswahl und Einsatz von RCDs	368	12.2.6	Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) elektrischer Geräte	418
11.9.5	RCD als Brandschutz	370	12.2.7	Prüfen von Elektrogeräten nach der Reparatur	420
11.10	Differenzstrom-Überwachungseinrichtung	370	12.2.8	Wiederholungsprüfungen an elektrischen Geräten	422
11.11	Schutzworkeinrichtungen für Anlagen, die nur durch Elektrofachkräfte betrieben und überwacht werden	371		Praxistipp: Prüfung von Elektrogeräten nach einer Reparatur (VDE 0701)	423
11.12	Prüfen der Schutzmaßnahmen	372		Praxistipp: Steckvorrichtungen Energie	424
11.12.1	Erstprüfungen von ortsfesten elektrischen Anlagen und Betriebsmitteln nach DIN VDE 0100-600	373	12.3	Antennen- und Verteilanlagen	425
11.12.2	Prüfen der Schutzleiter und Schutzzpotentialausgleichsleiter	375	12.3.1	Wirkungsweise der Antennen	425
11.12.3	Messen der Isolationswiderstände in elektrischen Anlagen	375	12.3.2	Empfangsantennen	426
11.12.4	Prüfen der Schutzmaßnahmen SELV, PELV und Schutztrennung	376	12.3.3	Verstärkungsmaß, Dämpfungsmaß und Pegel	428
11.12.5	Isolationswiderstandsmessung von isolierenden Fußböden und Wänden	376	12.3.4	Aufbau von Antennenanlagen	429
11.12.6	Prüfen der Schutzmaßnahme: Automatische Abschaltung der Stromversorgung im TN-, TT- und IT-System	377	12.3.5	Satelliten-Fernsehempfangsanlagen	430
11.12.6.1	Prüfen im TN-System	377		Praxistipp: Baugruppen zum digitalen Sat-Empfang	433
11.12.6.2	Prüfen im TT-System	378	12.3.6	DVB-T2 HD-Fernsehempfangsanlagen	434
11.12.6.3	Messen des Erdungswiderstandes	378	12.3.7	Breitband-Kommunikationsanlagen	434
11.12.6.4	Prüfen der Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD)	379	12.3.8	Berechnung einer Empfangsantennenanlage	435
11.12.6.5	Prüfen im IT-System	379	12.3.9	Errichten von Empfangsantennenanlagen	436
11.12.6.6	Prüfen der Drehfeldrichtung	379		Praxistipp: Multimedialverkabelung im Wohnbereich	438
11.12.7	Wiederkehrende Prüfungen von elektrischen Anlagen und ortsfesten Betriebsmitteln nach DIN VDE 0105	380	12.4	All-IP-Technik	439
			12.4.1	Grundsätzliches zu All-IP	439
			12.4.2	Anschlüssechnitzechnik	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	13.2.5.3 Schrittmotor.....	511
12.6.1 Allgemeine Festlegungen	455	13.2.6 Synchrongenerator.....	514
12.6.2 Brandmeldeanlagen	456	13.2.7 Stromwendermotoren.....	516
12.6.3 Einbruchmeldeanlagen	458	13.2.7.1 Aufbau von Gleichstrommotoren.....	516
12.6.4 Überfallmeldeanlagen	460	13.2.7.2 Wirkungsweise.....	517
Praxistipp: Beispiel einer Einbruchmeldeanlage	461	13.2.7.3 Ankerquerfeld und Ankerrückwirkung.....	518
Praxistipp: Installation von Rauchmeldern.....	462	13.2.7.4 Anschlussbezeichnungen.....	519
12.7 Blitzschutz	463	13.2.7.5 Arten von Gleichstrommotoren.....	520
12.7.1 Entstehung der Gewitterzelle.....	463	13.2.7.6 Anlassen von Gleichstrommotoren.....	522
12.7.2 Wirkungen des Blitzstromes.....	463	13.2.7.7 Drehzahlsteuerung von Gleichstrommotoren ..	523
12.7.3 Blitzschutzsysteme	463	13.2.7.8 Universalmotor	524
12.7.3.1 Äußerer Blitzschutz	464	13.2.8 Servomotoren	525
12.7.3.2 Innerer Blitzschutz	465	13.2.8.1 Gleichstromservomotor	526
12.7.3.3 Trennungsabstand	466	13.2.8.2 Drehstromservomotor	526
Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Gebäudetechnik	468	13.2.9 Wartung und Prüfung elektrischer Maschinen ..	529
		Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Elektrische Maschinen	530
13 Elektrische Maschinen	469	14 Informationstechnik	531
13.1 Transformatoren	470	14.1 Bereiche der Informationstechnik	531
13.1.1 Einphasentransformatoren.....	470	14.2 Computer, Programme und Peripherie	532
13.1.1.1 Aufbau und Wirkungsweise	470	14.2.1 Bestandteile und Funktionsweise eines Computers	532
13.1.1.2 Leerlaufspannung	470	14.2.2 Hardware, Software und Firmware	533
13.1.1.3 Übersetzungen	471	14.2.3 Computersystem	533
13.1.1.4 Betriebsverhalten im Leerlauf	472	14.3 Mikrocomputer	534
13.1.1.5 Betriebsverhalten bei Belastung	472	14.4 Personal Computer (PC)	535
13.1.1.6 Betriebsverhalten bei Kurzschluss	473	14.4.1 Komponenten eines PC	535
13.1.1.7 Kurzschlussstrom und Einschaltstrom	474	14.4.2 Mikroprozessor (CPU)	536
13.1.1.8 Wirkungsgrad von Transformatoren	475	14.4.3 Halbleiterspeicher	537
13.1.2 Kleintransformatoren	476	14.4.4 Buskommunikation	538
13.1.2.1 Aufbau	476	14.4.5 Eingabe- und Ausgabe-Einheit	538
13.1.2.2 Arten von Kleintransformatoren	477	Praxistipp: Auswahl eines PC-Mainboard	539
13.1.2.3 Prüfspannungen bei Kleintransformatoren	478	14.5 Geräte für Eingabe, Ausgabe und Speicherung	540
13.1.3 Sondertransformatoren	479	14.5.1 Geräte zur Eingabe	540
13.1.3.1 Spartransformatoren	479	14.5.2 Geräte zur Ausgabe	540
13.1.3.2 Streufeldtransformatoren	480	14.5.2.1 Drucker	540
13.1.4 Messwandler	480	14.5.2.2 Farbmonitore	541
13.1.4.1 Spannungswandler	480	14.5.3 Peripherie Geräte zur Datenspeicherung	542
13.1.4.2 Stromwandler	481	Praxistipp: Servicearbeiten am PC	543
13.1.5 Drehstromtransformatoren	482	14.6 Software	544
13.1.5.1 Aufbau und Prinzip	482	14.6.1 Systemprogramme	544
13.1.5.2 Schaltungen	483	14.6.2 Anwendungsprogramme	545
13.1.5.3 Unsymmetrische Belastung	485	14.7 Vernetzung von Computern	546
13.1.5.4 Gebräuchliche Schaltgruppen	486	14.7.1 Netzwerktopologien	546
13.1.6 Parallelschaltungen von Transformatoren	487	14.7.2 Netzwerkdienste	546
13.2 Rotierende elektrische Maschinen	488	14.7.3 Bestandteile eines lokalen Netzwerkes (LAN) in Sterntopologie	547
13.2.1 Grundlagen	488	14.7.4 Netzwerkprotokoll	548
13.2.1.1 Leistung und Drehmoment	488	14.7.5 Globales Netzwerk Internet	549
13.2.1.2 Aufbau umlaufender Maschinen	489	Praxistipp: Installation eines lokalen Compu- ternetzwerkes	550
13.2.1.3 Leistungsschild	489	Praxistipp: Herstellen einer WLAN- Verbindung zu einem Netzwerk	553
13.2.1.4 Drehzinn	489	14.8 Datensicherheit, Datenschutz und Urheberrechte	554
13.2.1.5 Betriebsarten elektrischer Maschinen	490	14.9 Schädliche Programme (Malware)	554
13.2.1.6 Kühlung elektrischer Maschinen	491	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Informationstechnik	555
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	15 Automatisierungstechnik	556
13.2.2.7 Drehstrommotor an Wechselspannung (Steinmetzschaftung)	506	15.1 Industrie 4.0	556
13.2.2.8 Wechselstrom-Asynchronmotor	507	15.2 Steuerungstechnik	557
13.2.3 Drehstromlinearmotoren	508	15.2.1 Steuern	557
13.2.4 Synchronmotor	509	15.2.1.1 Fachbegriffe der Steuerungstechnik	557
13.2.5 Sondermotoren	510	15.2.1.2 Steuerungsarten	558
13.2.5.1 Spaltpolmotor	510	15.3 Kleinststeuergeräte	560
13.2.5.2 Reluktanzmotor	511	15.4 Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS)	562

15.4.5	Programmierung (Bitverknüpfungen)	566	16.3	Umweltschutz	624
15.4.5.1	Grundverknüpfungen	566	16.3.1	Umweltschutzverordnungen im Bereich der Elektrotechnik	624
15.4.5.2	Öffner und Schließer	567	16.3.2	Umweltschutz im Betrieb	625
15.4.5.3	Speicherfunktionen	569	16.3.3	Wiederverwertung und Entsorgung von Abfallstoffen	626
15.4.6	Bibliotheksfähige Bausteine	571	16.4	Energieeinsparung	628
15.4.7	Symbolische Adressierung (PLC ¹ -Variablen)	572	16.4.1	Rationeller Umgang mit Energie	628
15.4.8	Zeit- und Zählfunktionen	573	16.4.2	Stand-by-Betrieb	630
15.4.8.1	Simatic-Zeitfunktionen	573	16.4.3	Tipps zum Energiesparen	631
15.4.8.2	Simatic-Zählfunktionen	574		Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Werkstoffe, Fertigung, Umwelt	632
15.4.8.3	IEC-Zeitfunktionen	574			
15.4.8.4	IEC-Zählfunktionen	575			
15.4.8.5	Instanzdatenbaustein für IEC-Zeit- und Zählfunktionen	576			
15.4.9	Vergleicher	578	17	Beruf und Betrieb	633
15.4.10	Ablaufsteuerungen	579	17.1	Berufliche Handlungskompetenz	633
15.4.10.1	Arten von Ablaufsteuerungen	579		Praxistipp: Benehmen und Stil im Beruf – Business-Etikette	634
15.4.10.2	Betriebsarten	579		Teamarbeit	636
15.4.10.3	Ablaufkette (Struktur)	580	17.1.1	Arbeitsmethoden und Zeitplanung	637
15.4.10.4	Programmierung einer Ablaufkette mit Schrittmerkern	581	17.1.2	Kommunikation	638
15.4.10.5	Programmierung einer Ablaufkette als bibliotheksfähigen Baustein	582	17.1.3	Kreativitätstechniken	639
15.4.10.6	Ablaufkette mit Alternativverzweigung (ODER-Verzweigung)	583	17.1.4	Informationsbeschaffung	640
15.4.10.7	Ablaufkette mit Parallelverzweigung (UND-Verzweigung)	584	17.1.5	Präsentation	641
15.4.11	Analogwertverarbeitung	585	17.2.1	Aufgaben einer Präsentation und Vorbereitung	641
15.4.11.1	Analoge Signalverarbeitung	585	17.2.2	Visualisierung	642
15.4.11.2	Darstellung analoger Werte in der SPS	585	17.2.3	Vortragen einer Präsentation	643
15.4.11.3	Messbereiche von Analogbaugruppen	586	17.3	Projektmanagement	644
15.4.11.4	Normierung und Skalierung von Analogwerten	586	17.3.1	Aufgaben von Projekten	644
15.4.12	Feldbusse	588	17.3.2	Projektphasen	645
15.4.12.1	Aktor-Sensor-Interface (AS-i)	589	17.4	Kundenauftrag und Kundenservice	646
15.4.12.2	PROFIBUS DP	590	17.4.1	Kundenerwartungen und Umgang mit dem Kunden	646
15.4.12.3	PROFINET IO	591	17.4.2	Phasen eines Kundenauftrags	647
15.4.13	Prozessvisualisierung	592	17.4.3	Kundenservice	649
15.5	Maschinensicherheit	594	17.5	Kalkulation und Angebot	650
15.5.1	Sicherheitskategorien (Performance Level)	594	17.5.1	Kalkulation im Industriebetrieb	651
15.5.2	Sicherheitsbezogene Teile	594	17.5.2	Kalkulation von Dienstleistungen	652
15.5.3	Handlungen im Notfall (NOT-HALT, NOT-AUS)	595	17.5.3	Kalkulation im Handwerksbetrieb	653
15.6	Regelungstechnik	596	17.5.4	Rechnungsstellung	654
15.6.1	Aufgaben und Begriffe	596	17.6	Qualitätsmanagement	655
15.6.2	Regelstrecken	597	17.6.1	Ziele des Qualitätsmanagements	655
15.6.2.1	Statisches Verhalten von Regelstrecken	597	17.6.2	Normenreihe DIN EN ISO 9000 ff.	655
15.6.2.2	Dynamisches Verhalten von Regelstrecken	598	17.6.3	TQM-Methode	656
15.6.3	Regler	601	17.6.4	Qualitätswerkzeuge	657
15.6.3.1	Unstetige Regler	601		Praxistipp: Existenzgründung	658
15.6.3.2	Stetige Regler	603		Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Beruf und Betrieb	659
15.6.4	Regelkreis	607		Ergebnisse der Rechenaufgaben	660
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	Infoteil	661	
16.1	Werkstoffe der Elektrotechnik	612	Arten von DIN-Normen in der Elektrotechnik (Auswahl)	661	
16.1.1	Leiter- und Kontaktwerkstoffe	613	Schaltzeichen	662	
16.1.1.1	Leiterwerkstoffe	613	Wichtige elektrotechnische Symbole	668	
16.1.1.2	Kontaktwerkstoffe	614	Wichtige Prüfzeichen, Symbole und Logos	669	
16.1.2	Isolierstoffe	615	Kennzeichnung von Widerständen und Kondensatoren	670	
16.1.2.1	Elektrische Eigenschaften von Isolierstoffen	615	Auslösekennlinien von Überstrom-Schutzeinrichtungen	671	
16.1.2.2	Anorganische und organische Isolierstoffe	616	Verlegearten von Kabeln und isolierten Leitungen, Mindestquerschnitte elektrischer Leiter	672	
16.1.2.3	Flüssige und gasförmige Isolierstoffe	617	Strombelastbarkeit, Umrechnungsfaktoren von Kabeln und isolierten Leitungen	673	
16.2	Fertigungsverfahren	618	Betriebsdaten von Drehstrom-Asynchronmotoren mit Kurzschlussläufer	674	
16.2.1	Verbindungen (Fügen)	618	Dioden	675	
16.2.1.1	Lösbare Verbindungen in der Elektrotechnik	618	NPN-Transistor	676	
16.2.1.2	Unlösbare Verbindungen in der Elektrotechnik	618	Thyristor, Triac	677	
16.2.2	Gedruckte Schaltungen	621	Wichtige Abkürzungen von AC bis ISDN	678	
16.2.3	SMD-Technik	623	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		
			Hinterne Innenumschlagseite: Arbeits sicherheit und Unfallverhütung		