

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 von Kondensatoren 78
2.4	Elektrische Spannung 28	4.4.2	Reihenschaltung von Kondensatoren 78
2.4.1	Spannungszeugung 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 Spannungszeugung 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	Spannungszeugung durch Induktion 93
2.14	Elektrowärme 47	5.6.1	Generatorprinzip (Induktion der Bewegung) 93
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Grundbegriffe der Elektrotechnik 48	5.6.2	Lenzsche Regel 94
3	 Grundschaltungen der Elektrotechnik 49	5.6.3	Transformatormprinzip (Induktion der Ruhe) 95
3.1	Reihenschaltung 49	5.6.4	Selbstinduktion 97
3.1.1	Gesetze der Reihenschaltung 49	5.6.5	Wirbelströme 98
3.1.2	Vorwiderstände 51		Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: 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	Spannungsteiler 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	Haussprechanlagen 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 Sekundär- batterien 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: Grundschaltungen 70		Praxistipp: Stromlaufplan und Aufbau einer Stern-Dreieck-Schaltung 125
			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	8.3	Praxistipp: Praktisches Messen mit dem Digitalmultimeter	180
7.3.3	Spannungsdreieck	137	8.3.1	Praxistipp: Effektivwertmessung nicht sinusförmiger Größen	181
7.3.4	Widerstandsdrückeck	138	8.3.2	Oszilloskop	182
7.3.5	Verlustwinkel, Verlustfaktor und Gütefaktor einer Spule	138	8.3.3.1	Analog-Oszilloskop	182
7.3.6	Parallelschaltung aus Wirkwiderstand und induktivem Blindwiderstand	139	8.3.3.2	Digital-Oszilloskop	183
7.3.7	Stromdreieck und Leitwertdreieck	139	8.4	Praxistipp: Messen mit einem Digital-Oszilloskop	184
7.4	Leistungen im Wechselstromkreis	140	8.4.1	Praxistipp: Messen mit dem Oszilloskop	185
7.4.1	Wirkleistung	140	8.4.2	Messen nichtelektrischer Größen mit Sensoren	186
7.4.2	Blindleistung	140	8.4.2.1	Aktive und passive Sensoren	186
7.4.3	Scheinleistung	141	8.4.2.2	Anwendungen von Sensoren	187
7.4.4	Zusammenhang zwischen der Wirk-, Blind- und Scheinleistung	142	8.4.2.3	Sensoren zur Weg- und Winkelmessung	187
7.4.5	Leistungsfaktor, Wirkfaktor und Blindfaktor	143	8.4.2.4	Sensoren zur Messung von Dehnung, Kraft, Druck und Drehmoment	189
7.4.6	Verlustleistung bei realen Spulen	143	8.4.3	Sensoren zur Messung von Temperaturen	190
7.5	Kondensator im Wechselstromkreis	144	8.4.3.1	Näherungsschalter	191
7.5.1	Kapazitiver Blindwiderstand	144	8.4.3.2	Optische Näherungsschalter	191
7.5.2	Reihenschaltung aus Wirkwiderstand und kapazitivem Blindwiderstand	145	8.4.3.3	Induktive Näherungsschalter	191
7.5.3	Parallelschaltung aus Wirkwiderstand und kapazitivem Blindwiderstand	146	8.4.3.4	Kapazitive Näherungsschalter	192
7.5.4	Verlustwinkel und Gütefaktor eines Kondensators	147	8.4.4	Ausführung von Näherungsschaltern	192
7.6	Schaltung aus Spule, Kondensator und Wirkwiderstand	148	8.4	RFID-Technologie	193
7.6.1	Reihenschaltung aus Wirkwiderstand, induktivem und kapazitivem Blindwiderstand ..	148	8.4.5	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	Kalteleiter (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	Tonfrequenzspekkreise	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	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 Zahlensystem.....	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	10.1.2	Praxistipp: Analyse einer Photovoltaikanlage	287
9.8.3.2	ODER-Verknüpfung	232	10.1.2.1	Energiemanagement in intelligenten Netzen (Smart Grid)	290
9.8.3.3	NICHT-Verknüpfung	232	10.1.2.2	Smart Grid in Gebäuden	291
9.8.4	Grundverknüpfungen mit Ausgangs- oder Eingangsnegation	233	10.1.3	Smart Home	291
9.8.4.1	Verknüpfungen mit Ausgangsnegation	233	10.1.3.1	Praxistipp: Aufbau eines Energiemanagement-Systems im Wohnhaus	292
9.8.4.2	Verknüpfungen mit Eingangsnegation	233	10.1.3.2	Übertragungs- und Verteilnetze	293
9.8.4.3	Eingangsbeschaltung logischer Verknüpfungen	234	10.1.3.3	Höchstspannungsnetze	293
9.8.4.4	Anwendung der Grundverknüpfungen	234	10.1.3.4	Spannungsebenen	294
9.8.5	Schaltkreisfamilien	235	10.1.4	Umspannanlagen	294
9.8.5.1	TTL-Schaltkreisfamilie	235	10.1.5	Hochspannungsschalter	295
9.8.5.2	CMOS-Schaltkreisfamilie	235	10.1.5.1	Netzformen	297
9.8.6	Schaltalgebra	236	10.1.5.2	Niederspannungsanlagen	298
9.8.7	Antivalenz-Verknüpfung und Äquivalenz-Verknüpfung	237	10.1.5.3	Netzaufbau	298
9.8.8	Kippglieder	238	10.1.5.4	Hausanschluss	299
9.8.8.1	Zustandsgesteuerte und taktgesteuerte Kippglieder	238	10.1.5.5	Erdungsanlagen	301
9.8.8.2	Zweiflankengesteuerte JK-Kippglied	239	10.1.6	Schutzzpotenzialausgleich über die Haupterdungsschiene	302
9.8.8.3	Schaltungen mit Kippgliedern	240	10.2	Hauptstromversorgungssysteme	303
9.8.9	Analog-Digital-Umsetzer (AD-Umsetzer)	241	10.2.1	Praxistipp: Zählerschrank mit Stromkreis- und Multimediateiler	306
9.8.10	Digital-Analog-Umsetzer (DA-Umsetzer)	243	10.2.2	Praxistipp: Ausstattung elektr. Anlagen in Wohngebäuden	309
9.9	Leistungselektronik	244	10.2.3	Elektromagnetische Verträglichkeit und TN-System	310
9.9.1	Bauelemente der Leistungselektronik	244	10.2.4	Isolierte Leitungen, Kabel und Freileitungen	313
9.9.1.1	Thyristor	244	10.2.5	Isolierte Leitungen	313
9.9.1.2	GTO-Thyristor	247	10.2.6	Praxistipp: Farbkennzeichnung von Leitern	316
9.9.1.3	Triac	247	10.2.7	Kabel für Mittelspannungs- und Niederspannungsanlagen	317
9.9.1.4	Diac	248	10.2.8	Freileitungen für Hoch- und Mittelspannungsanlagen	317
9.9.1.5	IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor)	249	10.2.9	Datenleitungen	318
9.9.2	Begriffe der Leistungselektronik	250	10.2.10	Praxistipp: Verlegen von Leitungen (2)	320
9.9.3	Gleichrichterschaltungen	251	10.3	Schutz elektrischer Leitungen und Verbraucher	321
9.9.3.1	Ungesteuerte Gleichrichterschaltungen	251	10.4	Schutzschalter	324
9.9.3.2	Gesteuerte Gleichrichterschaltungen	256	10.4.1	Thermischer Auslöser	324
9.9.4	Wechselrichterbetrieb von netzgeführten Stromrichtern	259	10.4.2	Elektromagnetischer Auslöser	324
9.9.5	Wechselstrom-Umrichter	260	10.4.3	Leitungsschutzschalter	325
9.9.5.1	Wechselwegschaltung W1C	260	10.4.4	Selektiver Hauptheitungsschutzschalter	326
9.9.5.2	Vielperiodensteuerung	261	10.4.5	Brandschutzschalter (AFDD)	327
9.9.6	Gleichstrom-Umrichter	262	10.4.6	Leistungsschalter	328
9.9.6.1	Gleichstromsteller	262	10.4.7	Motorschutzeinrichtungen	328
9.9.6.2	Durchflusswandler und Sperrwandler	263	10.5	Bemessung von fest verlegten Kabeln und Leitungen	331
9.9.6.3	Ansteuerungsarten für Gleichstromsteller	263	10.5.1	Spannungsfall an Leitungen	332
9.9.7	Selbstgeführte Wechselrichter	264	10.5.2	Anordnung von Überstrom-Schutzeinrichtungen	333
9.9.8	Unterbrechungsfreie Stromversorgungssysteme (USV)	265	10.6	Praxistipp: Beispiel einer Leitungsberechnung	334
9.9.9	Stromrichter-Antriebe	266	10.6.1	Praxistipp: Leiterquerschnittsermittlung bei Oberschwingungsströmen	335
9.9.9.1	Betriebsarten elektrischer Antriebe	266	10.6.2	Räume und Anlagen besonderer Art	337
9.9.9.2	Gleichstrommotor am Thyristor-Stromrichter	267	10.6.3	Elektroinstallation in Räumen mit Badewanne oder Dusche	337
9.9.9.3	Gleichstrommotor an Sechspuls-Brückenschaltung B6C	268	10.6.4	Sauna-Anlagen	339
9.9.9.4	Gleichstrommotor im Vierquadranten-Betrieb	268	10.6.5	Baustellen	339
9.9.9.5	Drehzahlsteuerung mit Transistor-Gleichstromsteller	269	10.6.6	Landwirtschaftliche und gartenbauliche Betriebsstätten	340
9.9.9.6	Frequenzumrichter	270	10.6.7	Feuergefährdete Betriebsstätten	341
9.9.9.7	Drehstrom-Asynchronmotor am Frequenzumrichter	271	10.6.8	Explosionsgefährdete Bereiche	343
9.9.9.8	Auswahl eines Frequenzumrichters	272	10.6.8.1	Medizinisch genutzte Bereiche	344
	Praxistipp: Frequenzumrichter, Installation u. Inbetriebnahme	273	10.6.8.2	Stromversorgungen für Elektro-Fahrzeuge	345
9.9.10	Netzgeräte	274		Ladestationen	345
9.9.10.1	Geregelte Netzgeräte	274		Ladebetriebsarten und Ladesteckeinrichtungen	346
9.9.10.2	Spannungsregler	275			
9.9.10.3	Schaltnetzgeräte	275			
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Elektronik	276			

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 Elektro-fahrzeuge.....	347	11.12.8	E-Check als Gütesiegel für die Elektroanlage	384
10.6.9	Übersicht der Räume und Anlagen besonderer Art	348	11.13	Praxistipp: Prüfung elektrischer Anlagen	385
10.7	Brandbekämpfung in elektrischen Anlagen ..	349		Schutz gegen elektrostatische Aufladung.	388
10.7.1	Verhalten beim Brand in elektrischen Anlagen ..	349		Wiederholen – Anwenden – Vertiefen:	
10.7.2	Löschen	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-Schutzzonen	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	Glühlampen	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 Basisstromschutz	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		LED-Leuchten	405
11.5.4	Schutz im TT-System	365	12.1.13	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 Nahrungsvorrats-haltung und -zubereitung	416
11.9.2	Anwendungen von RCDs	370	12.2.5	Elektrische Geräte zur Wäsche- und Geschirrreinigung	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	Schutzwirkungen 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 Schutzzentialausgleichsleiter	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

12.5.3	Gebäudeautomation mit Visualisierung	459	13.2.3	Drehstromlinearmotoren	513
12.6	Gefahrenmeldeanlagen.....	460	13.2.4	Synchronmotor	514
12.6.1	Allgemeine Festlegungen	460	13.2.5	Sondermotoren	515
12.6.2	Brandmeldeanlagen	461	13.2.5.1	Spaltpolmotor	515
12.6.3	Einbruchmeldeanlagen	463	13.2.5.2	Reluktanzmotor	516
12.6.4	Überfallmeldeanlagen	465	13.2.5.3	Schrittmotor	516
	Praxistipp: Beispiel einer Einbruchmeldeanlage	466	13.2.6	Synchrongenerator	519
	Praxistipp: Installation von Rauchmeldern	467	13.2.7	Stromwendermotoren	521
12.7	Blitzschutz	468	13.2.7.1	Aufbau von Gleichstrommotoren	521
12.7.1	Entstehung der Gewitterzelle	468	13.2.7.2	Wirkungsweise	522
12.7.2	Wirkungen des Blitzstromes	468	13.2.7.3	Ankerquerfeld und Ankerrückwirkung	523
12.7.3	Blitzschutzsysteme	468	13.2.7.4	Anschlussbezeichnungen	524
12.7.3.1	Äußerer Blitzschutz	469	13.2.7.5	Arten von Gleichstrommotoren	525
12.7.3.2	Innerer Blitzschutz	470	13.2.7.6	Anlassen von Gleichstrommotoren	527
12.7.3.3	Trennungsabstand	471	13.2.7.7	Drehzahlsteuerung von Gleichstrommotoren	528
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Gebäudetechnik	473	13.2.7.8	Universalmotor	529
13	 Elektrische Maschinen	474	13.2.8	Servomotoren	530
13.1	Transformatoren	475	13.2.8.1	Gleichstromservomotor	531
13.1.1	Einphasentransformatoren	475	13.2.8.2	Drehstromservomotor	531
13.1.1.1	Aufbau und Wirkungsweise	475	13.2.9	Wartung und Prüfung elektrischer Maschinen	534
13.1.1.2	Leerlaufspannung	475		Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Elektrische Maschinen	535
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	Streufeldtransformatoren	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	Drehzinn	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			
	Praxistipp: Auswahl eines Elektromotors	508			
13.2.2.6	Bremsbetrieb von Drehstromasynchronmotoren	510			
13.2.2.7	Drehstrommotor an Wechselspannung (Steinmetzschatzung)	511			
13.2.2.8	Wechselstrom-Asynchronmotor	512			
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	Peripherie 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 Stern topologie	552			
14.7.4	Netzwerkprotokoll	553			
14.7.5	Globales Netzwerk Internet	554			
	Praxistipp: Installation eines lokalen Compu- ternetzwerkes	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	Steuerungarten	563			
15.3	Kleinsteuergeräte	565			
15.4	Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS)	568			
	Aufbau	568			

15.4.2	Programmiersprachen.....	569
15.4.3	Arbeitsweise einer SPS	569
15.4.4	Bausteinstruktur in STEP 7	571
15.4.5	Programmierung (Bitverknüpfungen)	572
15.4.5.1	Grundverknüpfungen.....	572
15.4.5.2	Öffner und Schließer	573
15.4.5.3	Speicherfunktionen	575
15.4.6	Bibliotheksfhige Bausteine	577
15.4.7	Symbolische Adressierung (PLC-Variablen)	578
15.4.8	Zeit- und Zählfunktionen	579
15.4.8.1	IEC-Zeitfunktionen	579
15.4.8.2	IEC-Zählfunktionen	579
15.4.8.3	Instanzdatenbaustein für IEC-Zeit- und Zählfunktionen	580
15.4.8.4	Simatic-Zeitfunktionen	581
15.4.8.5	Simatic-Zählfunktionen	582
15.4.9	Vergleicher	584
15.4.10	Ablaufsteuerungen	585
15.4.10.1	Arten von Ablaufsteuerungen	585
15.4.10.2	Betriebsarten	585
15.4.10.3	Ablaufkette (Struktur)	586
15.4.10.4	Programmierung einer Ablaufkette mit Schrittmerkern	587
15.4.10.5	Programmierung einer Ablaufkette als bibliotheksfhige Baustein	588
15.4.10.6	Ablaufkette mit Alternativer verzweigung (ODER-Verzweigung)	589
15.4.10.7	Ablaufkette mit Parallelverzweigung (UND-Verzweigung)	590
15.4.11	Analogwertverarbeitung	591
15.4.11.1	Analoge Signalverarbeitung	591
15.4.11.2	Darstellung analoger Werte in der SPS	591
15.4.11.3	Messbereiche von Analogbaugruppen	592
15.4.11.4	Normierung und Skalierung von Analogwerten	592
15.4.12	Feldbusse	594
15.4.12.1	Aktor-Sensor-Interface (AS-i)	595
15.4.12.2	PROFIBUS DP	596
15.4.12.3	PROFINET IO	597
15.4.13	Prozessvisualisierung	598
15.5	Maschinensicherheit	600
15.5.1	Sicherheitsbezogene Steuerungsteile	600
15.5.3	Handlungen im Notfall (NOT-HALT, NOT-AUS)	603
15.6	Regelungstechnik	604
15.6.1	Aufgaben und Begriffe	604
15.6.2	Regelstrecken	605
15.6.2.1	Statisches Verhalten von Regelstrecken	605
15.6.2.2	Dynamisches Verhalten von Regelstrecken	606
15.6.3	Regler	609
15.6.3.1	Unstetige Regler	609
15.6.3.2	Stetige Regler	611
15.6.4	Regelkreis	615
15.6.4.1	Schwingungsverhalten	615
15.6.4.2	Reglerauswahl	615
15.6.4.3	Reglereinstellung	616
15.6.5	Universalregler	617
15.6.7	Prozessleitsystem	617
	Praxistipp: Entwurf einer Regelung	618
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Automatisierungstechnik	619
16	Werkstoffe, Fertigungsverfahren, Umweltschutz und Energieeinsparung	620
16.1	Werkstoffe der Elektrotechnik	620
16.1.1	Leiter- und Kontaktwerkstoffe	621
16.1.1.1	Leiterwerkstoffe	621
16.1.1.2	Kontaktwerkstoffe	622
16.1.2	Isolierstoffe	623
16.1.2.1	Elektrische Eigenschaften von Isolierstoffen	623
16.1.2.2	Anorganische und organische Isolierstoffe	624
16.1.2.3	Flssige und gasförmige Isolierstoffe	625
16.2	Fertigungsverfahren	626
16.2.1	Verbindungen (Fügen)	626
16.2.1.1	Lösbare Verbindungen in der Elektrotechnik	626
16.2.1.2	Unlösbare Verbindungen in der Elektrotechnik	626
16.2.2	Gedruckte Schaltungen	629
16.2.3	SMD-Technik	631
16.3	Umweltschutz	632
16.3.1	Umweltschutzverordnungen im Bereich der Elektrotechnik	632
16.3.2	Umweltschutz im Betrieb	633
16.3.3	Wiederverwertung und Entsorgung von Abfallstoffen	634
16.4	Energieeinsparung	636
16.4.1	Rationeller Umgang mit Energie	636
16.4.2	Stand-by-Betrieb	638
16.4.3	Tipps zum Energiesparen	639
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Werkstoffe, Fertigung, Umwelt	640
17	Beruf und Betrieb	641
17.1	Berufliche Handlungskompetenz	641
	Praxistipp: Benehmen und Stil im Beruf – Business-Etikette	642
17.1.1	Teamarbeit	644
17.1.2	Arbeitsmethoden und Zeitplanung	645
17.1.3	Kommunikation	646
17.1.4	Kreativitätstechniken	647
17.1.5	Informationsbeschaffung	648
17.2	Präsentation	649
17.2.1	Aufgaben einer Präsentation und Vorbereitung	649
17.2.2	Visualisierung	650
17.2.3	Vortragen einer Präsentation	651
17.3	Projektmanagement	652
17.3.1	Aufgaben von Projekten	652
17.3.2	Projektphasen	653
17.4	Kundenauftrag und Kundenservice	654
17.4.1	Kundenerwartungen und Umgang mit dem Kunden	654
17.4.2	Phasen eines Kundenauftrags	655
17.4.3	Kundenservice	657
17.5	Kalkulation und Angebot	658
17.5.1	Kalkulation im Industriebetrieb	659
17.5.2	Kalkulation von Dienstleistungen	660
17.5.3	Kalkulation im Handwerksbetrieb	661
17.5.4	Rechnungsstellung	662
17.6	Qualitätsmanagement	663
17.6.1	Ziele des Qualitätsmanagements	663
17.6.2	Normenreihe DIN EN ISO 9000 ff	663
17.6.3	TQM-Methode	664
17.6.4	Qualitätswerkzeuge	665
	Praxistipp: Existenzgründung	666
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Beruf und Betrieb	667
	Ergebnisse der Rechenaufgaben	668
18	Infoteil	669
	Arten von DIN-Normen in der Elektrotechnik (Auswahl)	669
	Schaltzeichen	670
	Wichtige elektrotechnische Symbole	676
	Wichtige Prüfzeichen, Symbole und Logos	677
	Kennzeichnung von Widerständen und Kondensatoren	678
	Auslösekennlinien von Überstrom-Schutzeinrichtungen	679
	Verlegearten von Kabeln und isolierten Leitungen, Mindestquerschnitte elektrischer Leiter	680
	Strombelastbarkeit, Umrechnungsfaktoren von Kabeln und isolierten Leitungen	681
	Betriebsdaten von Drehstrom-Asynchronmotoren mit Kurzschlussläufer	682
	Dioden	683
	NPN-Transistor	684
	Thyristor, Triac	685
	Wichtige Abkürzungen von AC bis ZVEI	686
	Fachbegriffe Englisch – Deutsch	688
	Firmen- und Bildquellenverzeichnis	691
	Sachworte Deutsch – Englisch	692
19	Vordere Innenumschlagseite: Wichtige Formelzeichen, Größen und Einheiten	
20	Hinterer Innenumschlagseite: Arbeitssicherheit und Unfallverhütung	