

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
	Masse und Kraft	21
	Mechanische Arbeit	22
	Energie	22
	Mechanische Leistung	22
2.2	Arten von Stromkreisen	23
	Elektrischer Gleichstromkreis	24
	Schaltzeichen	25
2.3	Elektrische Ladung (Elektrizitätsmenge)	26
	Aufbau der Atome (bohrsches Atommodell)	27
2.4	Elektrische Spannung	28
2.4.1	Spannungszeugung	28
2.4.2	Spannung am Verbraucher	28
2.4.3	Potenzial	28
2.4.4	Arten der Spannungszeugung	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	Abgegliche Brückenschaltung	57
3.3.2.2	Nicht abgegliche 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	Primärelemente	65
3.5.3	Sekundärelemente (Akkumulatoren)	67
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen:	
	Grundschaltungen	70
4	Elektrisches Feld	71
4.1	Eigenschaften des elektrischen Feldes	71
4.2	Grundbegriffe	72
4.2.1	Elektrische Feldstärke	72
4.2.2	Elektrische Influenz und Polarisation	72
4.2.3	Elektrische Felder in der Praxis	73
4.3	Kondensator im Gleichstromkreis	74
4.3.1	Verhalten eines Kondensators	74
4.3.2	Kapazität eines Kondensators	74
4.3.3	Laden und Entladen von Kondensatoren	76
4.3.4	Energie des geladenen Kondensators	77
4.4	Schaltungen von Kondensatoren	78
4.4.1	Parallelschaltung	78
4.4.2	Reihenschaltung	78
4.5	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	87
5.3.4	Magnetische Flussdichte B	87
5.4	Eisen im Magnetfeld einer Spule	88
5.5	Strom und Magnetfeld	91
5.5.1	Stromdurchflossener Leiter im Magnetfeld	91
5.5.2	Stromdurchflossene Spule	93
	im Magnetfeld	93
5.5.3	Stromdurchflossene parallele Leiter	93
5.6	Spannungszeugung durch Induktion	94
5.6.1	Generatorprinzip (Induktion der Bewegung)	94
5.6.2	Lenzsche Regel	95
5.6.3	Transformatorprinzip (Induktion der Ruhe)	96
5.6.4	Selbstinduktion	98
5.6.5	Wirbelströme	99
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen:	
	Magnetisches Feld	100
6	Schaltungstechnik	101
6.1	Schaltungunterlagen	101
	Praxistipp: Installation einer Wechselspannung mit Steckdose	103
6.2	Installationsschaltungen	104
6.2.1	Lampenschaltungen	104
6.2.2	Schaltungen mit Meldeleuchten	106
6.2.3	Stromstoßschaltung	107
6.2.4	Infrarot-Bewegungsmelder	107
6.2.5	Treppenlicht-Zeitschaltung	108
6.2.6	Hausrufanlagen	108
6.2.7	Hausprechanlagen	109
6.3	Elettromagnetische Schalter	111
6.3.1	Relais	112
6.3.2	Schütze	114
6.3.3	Schützschaltungen	115
6.3.3.1	Anwendungen von Schützschaltungen	116

6.4	Klemmenplan	121	7.10	Kompensation	163
6.5	Elektrische Ausrüstung von Maschinen	122	7.10.1	Kompensationsarten	164
	Praxistipp: Anforderungen an Steuerstromkreise	124	7.10.2	Bemessung von Kompensationskondensatoren	165
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Schaltungstechnik	125	7.10.3	Tonfrequenzsperrkreise	165
			7.10.4	Kompensation bei nichtsinusförmigen Strömen	166
				Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Wechselstromtechnik	167
7	Wechselstromtechnik	126	8	Messtechnik	168
7.1	Kenngrößen der Wechselstromtechnik	126	8.1	Elektrische Messgeräte	168
7.1.1	Periode und Scheitwert	126	8.1.1	Grundbegriffe der Messtechnik	168
7.1.2	Frequenz und Periodendauer	126	8.1.2	Anzeigearten von Messgeräten	169
7.1.3	Frequenz und Wellenlänge	127	8.1.3	Analoge Messgeräte	169
7.2	Sinusförmige Wechselgrößen	128	8.1.3.1	Messfehler von analogen Messgeräten	170
7.2.1	Zeigerdarstellung von Sinusgrößen	128	8.1.3.2	Elektrische Messwerke	171
7.2.2	Kreisfrequenz	129	8.1.4	Digitale Messgeräte	172
7.2.3	Erzeugung von Sinusspannungen	129	8.1.5	Elektrizitätszähler	174
7.2.4	Scheitelwert und Effektivwert bei sinusförmigen Wechselgrößen	130	8.1.5.1	Induktionszähler	174
7.2.5	Zeitlicher Verlauf von Wechselgrößen	131	8.1.5.2	Elektronische Elektrizitätszähler	175
7.2.6	Nichtsinusförmige Spannungen und Ströme	132	8.2	Praktisches Messen	176
7.2.7	Phasenverschiebung	133	8.2.1	Messen von Leistungen	176
7.2.8	Wirkwiderstand	133	8.2.2	Messen von Widerständen	176
7.2.9	Scheinwiderstand	133	8.2.3	Messen mit Strommesszangen	177
7.3	Spule im Wechselstromkreis	134	8.2.4	Messkategorien	177
7.3.1	Induktiver Blindwiderstand	134	8.3	Praxistipp: Praktisches Messen mit dem Digitalmultimeter	178
7.3.2	Reihenschaltung aus Wirkwiderstand und induktivem Blindwiderstand	135	8.3.1	Praxistipp: Effektivwertmessung nicht sinusförmiger Größen	179
7.3.3	Spannungsdreieck	136	8.3.1.1	Oszilloskop	180
7.3.4	Widerstandsdreieck	137	8.3.1.2	Analoges Oszilloskop	180
7.3.5	Verlustwinkel, Verlustfaktor und Gütefaktor einer Spule	137	8.3.1.3	Aufbau eines Analog-Oszilloskops	180
7.3.6	Parallelschaltung aus Wirkwiderstand und induktivem Blindwiderstand	138	8.3.2	Zweikanal-Oszilloskop	182
7.3.7	Stromdreieck und Leitwertdreieck	138	8.3.3	Messen mit dem Oszilloskop	182
7.4	Leistungen im Wechselstromkreis	139	8.3.4	Digitalspeicher-Oszilloskop (DSO)	183
7.4.1	Wirkleistung	139	8.4	Praxistipp: Messen mit dem Oszilloskop	184
7.4.2	Blindleistung	139	8.4.1	Messen nichtelektrischer Größen mit Sensoren	185
7.4.3	Scheinleistung	140	8.4.2	Aktive und passive Sensoren	185
7.4.4	Zusammenhang zwischen der Wirk-, Blind- und Scheinleistung	141	8.4.2.1	Anwendungen von Sensoren	186
7.4.5	Leistungsfaktor, Wirkfaktor und Blindfaktor	142	8.4.2.2	Sensoren zur Weg- und Winkelmessung	186
7.4.6	Verlustleistung bei realen Spulen	142	8.4.2.3	Sensoren zur Messung von Dehnung, Kraft, Druck und Drehmoment	188
7.5	Kondensator im Wechselstromkreis	143	8.4.3	Sensoren zur Messung von Temperaturen	189
7.5.1	Kapazitiver Blindwiderstand	143	8.4.3.1	Näherungsschalter	190
7.5.2	Reihenschaltung aus Wirkwiderstand und kapazitivem Blindwiderstand	144	8.4.3.2	Optische Näherungsschalter	190
7.5.3	Parallelschaltung aus Wirkwiderstand und kapazitivem Blindwiderstand	145	8.4.3.3	Induktive Näherungsschalter	190
7.5.4	Verlustwinkel und Gütefaktor eines Kondensators	146	8.4.3.4	Kapazitive Näherungsschalter	191
7.6	Schaltung aus Spule, Kondensator und Wirkwiderstand	147	8.4	Ausführung von Näherungsschaltern	191
7.6.1	Reihenschaltung aus Wirkwiderstand, induktivem und kapazitivem Blindwiderstand	147		Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Messtechnik	192
7.6.2	Parallelschaltung aus Wirkwiderstand, induktivem und kapazitivem Blindwiderstand	148	9	Elektronik	193
7.7	Schwingkreise	149	9.1	Halbleiterwerkstoffe	193
7.7.1	Resonanz	150	9.2	Halbleiterwiderstände	195
7.7.2	Reihenschwingkreis	150	9.2.1	Spannungsabhängige Widerstände (Varistoren)	195
7.7.3	Parallelschwingkreis	151	9.2.2	Heißleiter (NTC-Widerstände)	196
7.8	Siebschaltungen	153	9.2.3	Kaltleiter (PTC-Widerstände)	197
7.8.1	RL-Tiefpass	153	9.2.4	Feldplatten	199
7.8.2	RL-Hochpass	153	9.3	Hallgeneratoren	199
7.8.3	RC-Tiefpass	154	9.4	Halbleiterdioden	200
7.8.4	RC-Hochpass	154	9.4.1	Wirkungsweise	200
7.9	Dreiphasenwechselstrom (Drehstrom)	155	9.4.2	Leistungsdioden	200
7.9.1	Entstehung der Dreiphasenwechselspannung	155	9.4.3	Z-Dioden (Begrenzerdioden)	201
7.9.2	Verkettung	155	9.4.4	Halbleiterkennzeichnung	202
7.9.3	Sternschaltung (Zeichen: Y)	157	9.4.5	Kühlung von Halbleiterbauelementen	203
7.9.4	Dreieckschaltung (Zeichen: Δ)	159	9.5	Transistoren	204
7.9.5	Leiterfehler in Drehstromsystemen	160	9.5.1	Bipolare Transistoren	204
7.9.6	Leistung in Drehstromsystemen	161	9.5.1.1	Transistoren in der Praxis	206
7.9.7	Leistungsmessung in Drehstromsystemen	162	9.5.1.2	Einstellung des Arbeitspunktes	207
			9.5.1.3	Stabilisierung des Arbeitspunktes	208
			9.5.1.4	Transistor als Schalter	209

9.5.1.5	Kippschaltungen	211	9.9.9.8	Auswahl eines Drehstromantriebes mit Frequenzumrichter	270
9.5.1.6	Verstärkerschaltungen	213		Praxistipp: Frequenzumrichter, Installation u. Inbetriebnahme	271
9.5.2	Feldeffekttransistoren (FET)	215		Netzgeräte	272
9.6	Optoelektronik	218	9.9.10	Geregelte Netzgeräte	272
9.6.1	Optoelektronische Sender	218	9.9.10.1	Spannungsregler	273
9.6.2	Optoelektronische Empfänger (Detektoren)	220	9.9.10.2	Schaltnetzgeräte	273
9.6.3	Flüssigkristallanzeigen (LCD ¹)	222	9.9.10.3	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Elektronik	274
9.6.4	Optokoppler	222			
9.7	Operationsverstärker	223			
9.7.1	Grundlagen	223			
9.7.2	Analoge Schaltungen mit Operationsverstärkern	225			
9.7.3	Digitale Schaltungen mit Operationsverstärkern	227			
9.8	Digitaltechnik	229	10	Elektrische Anlagen	275
9.8.1	Signalarten der Digital- und Steuerungstechnik	229	10.1	Energieerzeugung und Energieübertragung	275
9.8.2	Grundverknüpfungen	229	10.1.1	Kraftwerke	275
9.8.2.1	UND-Verknüpfung	229	10.1.1.1	Wärmekraftwerke	276
9.8.2.2	ODER-Verknüpfung	230	10.1.1.2	Umweltschutz in Wärmekraftwerken	277
9.8.2.3	NICHT-Verknüpfung	230	10.1.1.3	Blockheizkraftwerke (BHKW)	278
9.8.3	Grundverknüpfungen mit Ausgangs- oder Eingangsnegation	231	10.1.1.4	Wasserkraftwerke	279
9.8.3.1	Verknüpfungen mit Ausgangsnegation	231	10.1.1.5	Erneuerbare Energien	280
9.8.3.2	Verknüpfungen mit Eingangsnegation	231	10.1.2	Praxistipp: Auslegung und Dimensionierung einer Fotovoltaikanlage	283
9.8.3.3	Eingangsbeschaltung logischer Verknüpfungen	232	10.1.2.1	Energiemanagement in intelligenten Netzen (Smart Grid)	285
9.8.3.4	Anwendung der Grundverknüpfungen	232	10.1.2.2	Smart Grid in Gebäuden	286
9.8.4	Schaltkreisfamilien	233	10.1.3	Energiespeichersysteme	286
9.8.4.1	TTL-Schaltkreisfamilie	233	10.1.3.1	Umspannwerke	287
9.8.4.2	CMOS-Schaltkreisfamilie	233	10.1.3.2	Spannungsebenen	287
9.8.5	Schaltalgebra	234	10.1.3.3	Umspannanlagen	287
9.8.6	Antivalenz-Verknüpfung und Äquivalenz-Verknüpfung	235	10.1.4	Hochspannungsschalter	288
9.8.7	Kipplieder	236	10.1.4.1	Übertragungs- und Verteilnetze	290
9.8.7.1	Zustandsgesteuerte und taktgesteuerte Kipplieder	236	10.1.4.2	Höchstspannungsnetze	290
9.8.7.2	Zweiflankengesteuertes JK-Kipplied	237	10.1.5	Netzformen	291
9.8.7.3	Schaltungen mit Kippliedern	238	10.1.5.1	Niederspannungsanlagen	292
9.8.8	Analog-Digital-Umsetzer (AD-Umsetzer)	239	10.1.5.2	Netzaufbau	292
9.8.9	Digital-Analog-Umsetzer (DA-Umsetzer)	241	10.1.5.3	Hausanschluss	293
9.9	Leistungselektronik	242	10.1.5.4	Erdungsanlagen	295
9.9.1	Bauelemente der Leistungselektronik	242	10.1.5.5	Schutzzpotenzialausgleich über die Hauerdungsschiene	296
9.9.1.1	Thyristor	242	10.1.6	Hauptstromversorgungssysteme	297
9.9.1.2	GTO-Thyristor	245	10.2	Praxistipp: Zählerschrank mit Stromkreis- und Multimediatverteiler	299
9.9.1.3	Triac	245	10.2.1	Praxistipp: Ausstattung elektr. Anlagen in Wohngebäuden	302
9.9.1.4	Diac	246	10.2.2	Elektromagnetische Verträglichkeit und TN-System	303
9.9.1.5	IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor)	247	10.2.3	Isolierte Leitungen, Kabel und Freileitungen	306
9.9.2	Begriffe der Leistungselektronik	248	10.2.4	Isolierte Leitungen	306
9.9.3	Gleichrichterschaltungen	249	10.3	Praxistipp: Farbkennzeichnung von Leitern	309
9.9.3.1	Ungesteuerte Gleichrichterschaltungen	249	10.4	Kabel für Mittelpunkts- und Niederspannungsanlagen	310
9.9.3.2	Gesteuerte Gleichrichterschaltungen	254	10.4.1	Freileitungen für Hoch- und Mittelpunktsanlagen	310
9.9.4	Wechselrichterbetrieb von netzgeführten Stromrichtern	257	10.4.2	Datenleitungen	311
9.9.5	Wechselstrom-Umrichter	258	10.4.3	Praxistipp: Verlegen von Leitungen	312
9.9.5.1	Wechselwegschaltung W1C	258	10.4.4	Schutz elektrischer Leitungen und Verbraucher	314
9.9.5.2	Vielperiodensteuerung	259	10.4.5	Schutzschalter	317
9.9.6	Gleichstrom-Umrichter	260	10.4.6	Thermischer Auslöser	317
9.9.6.1	Gleichstromsteller	260	10.4.7	Elektromagnetischer Auslöser	317
9.9.6.2	Durchflusswandler und Sperrwandler	261	10.4.8	Leitungsschutzschalter	318
9.9.6.3	Ansteuerungsarten für Gleichstromsteller	261	10.4.9	Selektiver Haupleitungsschutzschalter	318
9.9.7	Selbstgeführte Wechselrichter	262	10.4.10	Brandschutzschalter (AFDD)	319
9.9.8	Unterbrechungsfreie Stromversorgungs-systeme (USV)	263	10.4.11	Leistungsschalter	320
9.9.9	Stromrichter-Antriebe	264	10.4.12	Motorschutzeinrichtungen	320
9.9.9.1	Betriebsarten elektrischer Antriebe	264	10.5	Bemessung von fest verlegten Kabeln und Leitungen	323
9.9.9.2	Gleichstrommotor am Thyristor-Stromrichter	265	10.5.1	Spannungsfall an Leitungen	324
9.9.9.3	Gleichstrommotor an Sechspuls-Brücken-schaltung B6C	266	10.5.2	Anordnung von Überstrom-Schutzeinrichtungen	325
9.9.9.4	Gleichstrommotor im Vierquadranten-Betrieb (4-Q-Betrieb)	266		Praxistipp: Beispiel einer Leistungsberechnung	326
9.9.9.5	Drehzahlsteuerung mit Transistor-Gleichstromsteller	267		Praxistipp: Leiterquerschnittsermittlung bei Oberschwingungsströmen	327
9.9.9.6	Frequenzumrichter	268			
9.9.9.7	Drehstrom-Asynchronmotor am Frequenzumrichter	269			

10.6	Räume und Anlagen besonderer Art	329	11.12.4	Prüfen der Schutzmaßnahmen SELV, PELV und Schutztrennung	369
10.6.1	Elektroinstallation in Räumen mit Badewanne oder Dusche	329	11.12.5	Isolationswiderstandsmessung von isolierenden Fußböden und Wänden	369
10.6.2	Sauna-Anlagen	331	11.12.6	Prüfen der Schutzmaßnahme: Automatische Abschaltung der Stromversorgung im TN-, TT- und IT-System	370
10.6.3	Baustellen	331	11.12.6.1	Prüfen im TN-System	370
10.6.4	Landwirtschaftliche und gartenbauliche Betriebsstätten	332	11.12.6.2	Prüfen im TT-System	371
10.6.5	Feuergefährdete Betriebsstätten	333	11.12.6.3	Messen des Erdungswiderstandes	371
10.6.6	Explosionsgefährdete Bereiche	335	11.12.6.4	Prüfen im IT-System	372
10.6.7	Medizinisch genutzte Bereiche	336	11.12.6.5	Prüfen der Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD)	372
10.6.8	Stromversorgungen für Elektro-Fahrzeuge	337	11.12.6.6	Prüfen der Drehfeldrichtung	372
10.6.8.1	Ladestationen	337	11.12.7	Wiederkehrende Prüfungen von elektrischen Anlagen und ortsfesten Betriebsmitteln nach DIN VDE 0105	373
10.6.8.2	Ladebetriebsarten und Ladesteck-einrichtungen	338	11.12.8	E-Check als Gütesiegel für die Elektroanlage	374
10.6.8.3	Installationsvorschriften	338		Praxistipp: Prüfung elektrischer Anlagen	375
10.6.9	Übersicht der Räume und Anlagen besonderer Art	339	11.13	Schutz gegen elektrostatische Aufladung	378
10.7	Brandbekämpfung in elektrischen Anlagen	340		Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Schutzmaßnahmen	379
10.7.1	Verhalten beim Brand in elektrischen Anlagen	340			
10.7.2	Löschenmittel	340			
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Elektrische Anlagen	341			

11	Schutzmaßnahmen	342	12	Gebäudetechnische Anlagen	380
11.1	Gefahren im Umgang mit dem elektrischen Strom	342	12.1	Beleuchtungsanlagen	380
11.1.1	Wirkungen des elektrischen Stroms im menschlichen Körper	342	12.1.1	Farbspektrum und Farbwiedergabe	381
11.1.2	Direktes und indirektes Berühren	344	12.1.2	Lichttechnische Größen	382
11.1.3	Fachbegriffe Schutzmaßnahmen (nach DIN VDE)	344	12.1.3	Kriterien für eine gute Beleuchtung	384
11.2	Sicherheitsbestimmungen für Niederspannungsanlagen	345	12.1.4	Energieeffizienzanforderungen	385
11.2.1	Schutzklassen	345	12.1.5	Lampenübersicht	386
11.2.2	IP-Schutzarten	346	12.1.6	Halogenlampen	387
11.2.3	Maßnahmen bei Arbeiten an elektrischen Anlagen	347	12.1.7	Leuchtstofflampen	389
11.2.4	Qualifikationen für Arbeiten in der Elektrotechnik	348	12.1.8	Vorschaltgeräte für Leuchtstofflampen	390
11.2.5	Fehlerarten in elektrischen Anlagen	349	12.1.9	Induktionslampen	391
11.2.6	Spannungen im Fehlerfall	349	12.1.10	Natriumdampf-Niederdrucklampen	391
11.3	Netzsysteme	350	12.1.11	LED-Lampen	391
11.4	Schutz gegen elektrischen Schlag	351		Praxistipp: Ersatz einer Halogen-Beleuchtung durch LED-Beleuchtung	392
11.5	Automatische Abschaltung der Stromversorgung	352		Praxistipp: Beispiel zur Ermittlung der Lampenzahl	393
11.5.1	Anforderungen an den Basischutz (Schutz gegen direktes Berühren)	352	12.1.12	Lichtberechnungssoftware	394
11.5.2	Anforderungen an den Fehlerschutz (Schutz bei indirektem Berühren)	353	12.1.13	Lichtstärkeverteilung von Leuchten	394
11.5.3	Schutz im TN-System	354	12.1.14	Lichtmanagementsysteme	395
11.5.4	Schutz im TT-System	355	12.2	Elektrogeräte	396
11.5.5	Schutz im IT-System	356	12.2.1	Allgemeines über Elektrogeräte	396
11.6	Doppelte oder verstärkte Isolierung	357	12.2.2	Elektrische Warmwasserbereiter	397
11.7	Schutztrennung	357	12.2.3	Elektrische Raumheizung	399
11.8	Schutz durch Kleinspannung mittels SELV oder PELV	358	12.2.4	Elektrische Geräte zur Nahrungsvorratshaltung und -zubereitung	403
11.9	Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen	359	12.2.5	Elektrische Geräte zur Wäschepflege und Geschirrreinigung	407
11.9.1	Aufbau und Funktion	359	12.2.5.1	Waschmaschine	407
11.9.2	Anwendungen von RCDs	360	12.2.5.2	Wäschetrockner	408
11.9.3	Kennwerte von RCDs	361	12.2.5.3	Geschirrspülmaschine	409
11.9.4	Auswahl und Einsatz von RCDs	361	12.2.6	Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) elektrischer Geräte	410
11.9.5	RCD als Brandschutz	363	12.2.7	Prüfen von Elektrogeräten nach Instandsetzung und Änderung	412
11.10	Differenzstrom-Überwachungseinrichtung	363	12.2.8	Wiederholungsprüfungen an elektrischen Geräten	414
11.11	Schutzvorkehrungen für Anlagen, die nur durch Elektrofachkräfte betrieben und überwacht werden	364	12.3	Antennen- und Verteilanlagen	415
11.12	Prüfen der Schutzmaßnahmen	365	12.3.1	Wirkungsweise der Antennen	415
11.12.1	Erstprüfungen von ortsfesten elektrischen Anlagen und Betriebsmitteln nach DIN VDE 0100-600	366	12.3.2	Empfangsantennen	416
11.12.2	Prüfen der Schutzleiter und Schutzzpotentialausgleichsleiter	368	12.3.3	Verstärkungsmaß, Dämpfungsmaß und Pegel	418
11.12.3	Messen der Isolationswiderstände in elektrischen Anlagen	368	12.3.4	Aufbau von Antennenanlagen	419
			12.3.5	Satelliten-Fernsehempfangsanlagen	420
				Praxistipp: Baugruppen zum digitalen Sat-Empfang	423
			12.3.6	DVB-T2 HD-Fernsehempfangsanlagen	424
			12.3.7	Breitband-Kommunikationsanlagen	424
			12.3.8	Berechnung einer Empfangsantennenanlage	425
			12.3.9	Errichten von Empfangsantennenanlagen	426
				Praxistipp: Multimedialenkabelung im Wohnbereich	428
			12.4	All-IP-Technik	429
				Grundsätzliches zu All-IP	429

12.4.2	Anschlusstechnik	430	13.2.2.5	Polumschaltbare Motoren	490
12.4.3	VoIP-Technik	431		Praxistipp: Anschließen eines Drehstrom-motors	491
	Praxistipp: Auswahl und Anschluss eines DSL-Routers	432		Formelübersicht zum Drehstrom- Asynchronmotor	492
12.4.4	ISDN am All-IP-Anschluss	433	13.2.2.6	Praxistipp: Auswahl eines Elektromotors	493
12.5	Gebäudeautomation	434		Bremsbetrieb von Drehstromasynchron motoren	495
12.5.1	Gebäudeleitechnik	434	13.2.2.7	Drehstrommotor an Wechselspannung (Steinmetzschaltung)	496
12.5.2	Gebäudecosystemtechnik	435		Wechselstrom-Asynchronmotor	497
	Praxistipp: KNX-Projekt programmieren	439	13.2.2.8	Drehstromlinearmotoren	498
	Praxistipp: Umrüsten einer Jalousiesteuerung auf KNX	441	13.2.3	Synchronmotor	499
	Praxistipp: Das vernetzte Haus	442	13.2.4	Sondermotoren	500
12.5.3	Gebäudeautomation mit Visualisierung	444	13.2.5	Spaltpolmotor	500
12.6	Gefahrenmeldeanlagen	445	13.2.5.1	Reluktanzmotor	501
12.6.1	Allgemeine Festlegungen	445	13.2.5.2	Schrittmotor	501
12.6.2	Brandmeldeanlagen	446	13.2.5.3	Synchrongenerator	504
12.6.3	Einbruchmeldeanlagen	448	13.2.6	Stromwendermotoren	506
12.6.4	Überfallmeldeanlagen	450	13.2.7	Aufbau von Gleichstrommotoren	506
	Praxistipp: Beispiel einer Einbruchmelde- anlage	451	13.2.7.1	Wirkungsweise	507
	Praxistipp: Installation von Rauchmeldern	452	13.2.7.2	Ankerquerfeld und Ankerrückwirkung	508
12.7	Blitzschutz	453	13.2.7.3	Anschlussbezeichnungen	509
12.7.1	Entstehung der Gewitterzelle	453	13.2.7.4	Arten von Gleichstrommotoren	510
12.7.2	Wirkungen des Blitzstromes	453	13.2.7.5	Anlassen von Gleichstrommotoren	512
12.7.3	Blitzschutzsysteme	453	13.2.7.6	Drehzahlsteuerung von Gleichstrommotoren	513
12.7.3.1	Äußerer Blitzschutz	454	13.2.7.7	Universalmotor	514
12.7.3.2	Innerer Blitzschutz	455	13.2.7.8	Servomotoren	515
12.7.3.3	Trennungsabstand	456	13.2.8	Gleichstromservomotor	516
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Gebäudetechnik	458	13.2.8.1	Drehstromservomotor	516
			13.2.8.2	Wartung und Prüfung elektrischer Maschinen	519
			13.2.9	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Elektrische Maschinen	520

13 Elektrische Maschinen

13.1	Transformatoren	460
13.1.1	Einphasentransformatoren	460
13.1.1.1	Aufbau und Wirkungsweise	460
13.1.1.2	Leerlaufspannung	460
13.1.1.3	Übersetzungen	461
13.1.1.4	Betriebsverhalten im Leerlauf	462
13.1.1.5	Betriebsverhalten bei Belastung	462
13.1.1.6	Betriebsverhalten bei Kurzschluss	463
13.1.1.7	Kurzschlussstrom und Einschaltstrom	464
13.1.1.8	Wirkungsgrad von Transformatoren	465
13.1.2	Kleintransformatoren	466
13.1.2.1	Aufbau	466
13.1.2.2	Arten von Kleintransformatoren	467
13.1.2.3	Prüfspannungen bei Kleintransformatoren	468
13.1.3	Sondertransformatoren	469
13.1.3.1	Spartransformatoren	469
13.1.3.2	Streufeldtransformatoren	470
13.1.4	Messwandler	470
13.1.4.1	Spannungswandler	470
13.1.4.2	Stromwandler	471
13.1.5	Drehstromtransformatoren	472
13.1.5.1	Aufbau und Prinzip	472
13.1.5.2	Schaltungen	473
13.1.5.3	Unsymmetrische Belastung	475
13.1.5.4	Gebräuchliche Schaltgruppen	476
13.1.6	Parallelschalten von Transformatoren	477
13.2	Rotierende elektrische Maschinen	478
13.2.1	Grundlagen	478
13.2.1.1	Leistung und Drehmoment	478
13.2.1.2	Aufbau umlaufender Maschinen	479
13.2.1.3	Leistungsschild	479
13.2.1.4	Drehsinn	479
13.2.1.5	Betriebsarten elektrischer Maschinen	480
13.2.1.6	Kühlung elektrischer Maschinen	481
13.2.1.7	Bauformen und Baugrößen von drehenden elektrischen Maschinen	482
13.2.1.8	Elektrische Isolierung	482
13.2.2	Drehstromasynchronmotoren	483
13.2.2.1	Entstehung des Drehfeldes	483
13.2.2.2	Kurzschlussläufermotor	484
13.2.2.3	Anlassen von Kurzschlussläufermotoren	487
13.2.2.4	Schleifringläufermotor	489

14 Informationstechnik

14.1	Bereiche der Informationstechnik	521
14.2	Computer, Programme und Peripherie	522
14.2.1	Bestandteile und Funktionsweise eines Computers	522
14.2.2	Hardware, Software und Firmware	523
14.2.3	Computersystem	523
14.3	Mikrocomputer	524
14.4	Personal Computer (PC)	525
14.4.1	Komponenten eines PC	525
14.4.2	Mikroprozessor (CPU)	526
14.4.3	Halbleiterspeicher	527
14.4.4	Buskommunikation	528
14.4.5	Eingabe- und Ausgabe-Einheit	528
	Praxistipp: Auswahl eines PC-Mainboard	529
14.5	Geräte für Eingabe, Ausgabe und Speicherung	530
14.5.1	Geräte zur Eingabe	530
14.5.2	Geräte zur Ausgabe	530
14.5.2.1	Drucker	530
14.5.2.2	Farbmonitore	531
14.5.3	Peripherie Geräte zur Datenspeicherung	532
	Praxistipp: Servicearbeiten am PC	533
14.6	Software	534
	Systemprogramme	534
	Anwendungsprogramme	535
	Softwareentwicklung	536
14.7	Vernetzung von Computern	537
	Dienste in Computernetzwerken	537
	Netzwerktopologien	537
	Bestandteile eines lokalen Netzwerkes (LAN) in Sterntopologie	538
	Netzwerkprotokoll	539
	Globales Netzwerk Internet	540
	Praxistipp: Verbinden von zwei PCs über ein Netzwerk	541
	Praxistipp: Herstellen einer WLAN-Verbindung zu einem Netzwerk	542
14.8	Datensicherheit, Datenschutz und Urheberrechte	543

14.9	Schädliche Programme (Malware)	543	16.3.1	Umweltschutzverordnungen im Bereich der Elektrotechnik	608
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen:		16.3.2	Umweltschutz im Betrieb	609
	Informationstechnik	544	16.3.3	Wiederverwertung und Entsorgung von Abfallstoffen	610
15	Automatisierungstechnik	545	16.4	Energieeinsparung	612
15.1	Steuerungstechnik	545	16.4.1	Rationeller Umgang mit Energie	612
15.1.1	Steuern	545	16.4.2	Stand-by-Betrieb	614
15.1.1.1	Fachbegriffe der Steuerungstechnik	545	16.4.3	Tips zum Energiesparen	615
15.1.1.2	Steuerungsarten	546		Wiederholen – Anwenden – Vertiefen:	
15.2	Kleinsteuergeräte	548		Werkstoffe, Fertigung, Umwelt	616
15.3	Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS)	550	17	Beruf und Betrieb	617
15.3.1	Aufbau	550	17.1	Berufliche Handlungskompetenz	617
15.3.2	Programmiersprachen	551		Praxistipp: Benehmen und Stil im Beruf – Business-Etikette	618
15.3.3	Arbeitsweise einer SPS	551	17.1.1	Teamarbeit	620
15.3.4	Bausteinstruktur in STEP 7	553	17.1.2	Arbeitsmethoden und Zeitplanung	621
15.3.5	Programmierung	554	17.1.3	Kommunikation	622
15.3.5.1	Grundverknüpfungen	554	17.1.4	Kreativitätstechniken	623
15.3.5.2	Öffner und Schließer	555	17.1.5	Informationsbeschaffung	624
15.3.5.3	Speicherfunktionen	557	17.2	Präsentation	625
15.3.5.4	Zeitfunktionen	559	17.2.1	Aufgaben einer Präsentation und Vorbereitung	625
15.3.5.5	Zähler	560	17.2.2	Visualisierung	626
15.3.5.6	Vergleicher	562	17.2.3	Vortragen einer Präsentation	627
15.3.6	Ablaufsteuerungen	563	17.3	Projektmanagement	628
15.3.6.1	Arten von Ablaufsteuerungen	563	17.3.1	Aufgaben von Projekten	628
15.3.6.2	Betriebsarten	563	17.3.2	Projektphasen	629
15.3.6.3	Ablaufkette (Struktur)	564	17.4	Kundenaufltrag und Kundenservice	630
15.3.6.4	Verzweigte Ablaufketten (Ablaufauswahl)	565	17.4.1	Kundenerwartungen und Umgang mit dem Kunden	630
15.3.6.5	Programmierung einer Ablaufkette mit SPS	566	17.4.2	Phasen eines Kundenauftrags	631
15.3.7	Bibliotheksfähige Bausteine	567	17.4.3	Kundenservice	633
	Praxistipp: S7-Projekt erstellen	570	17.5	Kalkulation und Angebot	634
15.3.8	Maschinensicherheit	572	17.5.1	Kalkulation im Industriebetrieb	635
15.3.8.1	Sicherheitskategorien (Performance Level)	572	17.5.2	Kalkulation von Dienstleistungen	636
15.3.8.2	Sicherheitsbezogene Teile	572	17.5.3	Kalkulation im Handwerksbetrieb	637
15.3.8.3	Handlungen im Notfall (NOT-HALT, NOT-AUS)	573	17.5.4	Rechnungsstellung	638
15.3.9	Bussysteme	574	17.6	Qualitätsmanagement	639
15.3.9.1	Feldbusse	574	17.6.1	Ziele des Qualitätsmanagements	639
15.4	Prozessvisualisierung	578	17.6.2	Normenreihe DIN EN ISO 9000 ff	639
15.5	Regelungstechnik	580	17.6.3	TQM-Methode	640
15.5.1	Aufgaben und Begriffe	580	17.6.4	Qualitätswerkzeuge	641
15.5.2	Regelstrecken	581		Praxistipp: Existenzgründung	642
15.5.2.1	Statistisches Verhalten von Regelstrecken	581		Wiederholen – Anwenden – Vertiefen:	
15.5.2.2	Dynamisches Verhalten von Regelstrecken	582		Beruf und Betrieb	643
15.5.3	Regler	585		Ergebnisse der Rechenaufgaben	644
15.5.3.1	Unstetige Regler	585	16	Infoteil	645
15.5.3.2	Stetige Regler	587			
15.5.4	Regelkreis	591		Arten von DIN-Normen in der Elektrotechnik	645
15.5.4.1	Schwingungsverhalten	591		Schaltzeichen	646
15.5.4.2	Reglerauswahl	591		Wichtige elektrotechnische Symbole	652
15.5.4.3	Reglereinstellung	592		Wichtige Prüfzeichen, Symbole und Logos	653
15.5.5	Universalregler	593		Kennzeichnung von Widerständen und Kondensatoren	654
	Praxistipp: Entwurf einer Regelung	594		Auslösekennlinien von Überstrom-Schutzeinrichtungen	655
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen:			Verlegearten von Kabeln und isolierten Leitungen	
	Automatisierungstechnik	595		Mindestquerschnitte elektrischer Leiter	656
16	Werkstoffe, Fertigungsverfahren, Umweltschutz und Energieeinsparung	596		Strombelastbarkeit, Umrechnungsfaktoren von Kabeln und isolierten Leitungen	657
16.1	Werkstoffe der Elektrotechnik	596		Betriebsdaten von Drehstrom-Kurzschlussläufermotoren	658
16.1.1	Leiter- und Kontaktwerkstoffe	597		Dioden	659
16.1.1.1	Leiterwerkstoffe	597		NPN-Transistor	660
16.1.1.2	Kontaktwerkstoffe	598		Thyristor, Triac	661
16.1.2	Iisolierstoffe	599		Wichtige Abkürzungen von AC bis ISDN	662
16.1.2.1	Elektrische Eigenschaften von Isolierstoffen	599		Wichtige Abkürzungen von KNX bis ZVEI	663
16.1.2.2	Anorganische und organische Isolierstoffe	600		Fachbegriffe Englisch – Deutsch	664
16.1.2.3	Flüssige und gasförmige Isolierstoffe	601		Firmenverzeichnis	667
16.2	Fertigungsverfahren	602		Sachworte Deutsch – Englisch	668
16.2.1	Verbindungen (Fügen)	602			
16.2.1.1	Lösbare Verbindungen in der Elektrotechnik	602			
16.2.1.2	Unlösbare Verbindungen in der Elektrotechnik	602			
16.2.2	Gedruckte Schaltungen	605			
16.2.3	SMD-Technik	607			
16.3	Umweltschutz	608			
				Vordere Innenumschlagseite:	
				Wichtige Formelzeichen, Größen und Einheiten	
				Hintere Innenumschlagseite:	
				Arbeitssicherheit und Unfallverhütung	