

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

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	Spannungs-dreieck	137		Praxistipp: Effektivwertmessung nicht sinusförmiger Größen	181
7.3.4	Widerstands-dreieck	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	Strom-dreieck und Leitwert-dreieck	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 Kompensations- kondensatoren	166	9.5.1.6	Verstärkerschaltungen	215
7.10.3	Tonfrequenzsperrkreise	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		Praxistipp: Auslegung und Dimensionierung einer Fotovoltaikanlage.....	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		Smart Grid in Gebäuden.....	290
9.8.4	Grundverknüpfungen mit Ausgangs- oder Eingangsnegation.....	233	10.1.2.1	Smart Home.....	290
9.8.4.1	Verknüpfungen mit Ausgangsnegation.....	233	10.1.2.2	Praxistipp: Aufbau eines Energiemanagement-Systems im Wohnhaus.....	291
9.8.4.2	Verknüpfungen mit Eingangsnegation.....	233		Übertragungs- und Verteilnetze.....	292
9.8.4.3	Eingangsbeschaltung logischer Verknüpfungen.....	234	10.1.3	Höchstspannungsnetze.....	292
9.8.4.4	Anwendung der Grundverknüpfungen.....	234	10.1.3.1	Spannungsebenen.....	293
9.8.5	Schaltkreisfamilien.....	235	10.1.3.2	Umspannanlagen.....	293
9.8.5.1	TTL-Schaltkreisfamilie.....	235	10.1.3.3	Hochspannungsschalter.....	294
9.8.5.2	CMOS-Schaltkreisfamilie.....	235	10.1.3.4	Netzformen.....	296
9.8.6	Schaltalgebra.....	236	10.1.4	Niederspannungsanlagen.....	297
9.8.7	Antivalenz-Verknüpfung und Äquivalenz-Verknüpfung.....	237	10.1.5	Netzaufbau.....	297
9.8.8	Kippglieder.....	238	10.1.5.1	Hausanschluss.....	298
9.8.8.1	Zustandsgesteuerte und taktgesteuerte Kippglieder.....	238	10.1.5.2	Erdungsanlagen.....	300
9.8.8.2	Zweiflankengesteuertes JK-Kippglied.....	239	10.1.5.3	Schutzpotenzialausgleich über die Haupterdungsschiene.....	301
9.8.8.3	Schaltungen mit Kippgliedern.....	240	10.1.5.4	Hauptstromversorgungssysteme.....	302
9.8.9	Analog-Digital-Umsetzer (AD-Umsetzer).....	241	10.1.5.5	Praxistipp: Zählerschrank mit Stromkreis- und Multimediaverteiler.....	305
9.8.10	Digital-Analog-Umsetzer (DA-Umsetzer).....	243		Praxistipp: Ausstattung elektr. Anlagen in Wohngebäuden.....	308
9.9	Leistungselektronik	244	10.1.6	Elektromagnetische Verträglichkeit und TN-System.....	309
9.9.1	Bauelemente der Leistungselektronik.....	244	10.2	Isolierte Leitungen, Kabel und Freileitungen ...	312
9.9.1.1	Thyristor.....	244	10.2.1	Isolierte Leitungen.....	312
9.9.1.2	GTO-Thyristor.....	247		Praxistipp: Farbkennzeichnung von Leitern.....	315
9.9.1.3	Triac.....	247	10.2.2	Kabel für Mittelspannungs- und Niederspannungsanlagen.....	316
9.9.1.4	Diac.....	248	10.2.3	Freileitungen für Hoch- und Mittelspannungsanlagen.....	316
9.9.1.5	IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor).....	249	10.2.4	Datenleitungen.....	317
9.9.2	Begriffe der Leistungselektronik.....	250		Praxistipp: Verlegen von Leitungen.....	319
9.9.3	Gleichrichterschaltungen.....	251	10.3	Schutz elektrischer Leitungen und Verbraucher	320
9.9.3.1	Ungesteuerte Gleichrichterschaltungen.....	251	10.4	Schutzschalter	323
9.9.3.2	Gesteuerte Gleichrichterschaltungen.....	256	10.4.1	Thermischer Auslöser.....	323
9.9.4	Wechselrichterbetrieb von netzgeführten Stromrichtern.....	259	10.4.2	Elektromagnetischer Auslöser.....	323
9.9.5	Wechselstrom-Umrichter.....	260	10.4.3	Leitungsschutzschalter.....	324
9.9.5.1	Wechselwegschaltung W1C.....	260	10.4.4	Selektiver Hauptleitungsschutzschalter.....	324
9.9.5.2	Vielperiodensteuerung.....	261	10.4.5	Brandschutzschalter (AFDD).....	325
9.9.6	Gleichstrom-Umrichter.....	262	10.4.6	Leistungsschalter.....	326
9.9.6.1	Gleichstromsteller.....	262	10.4.7	Motorschutzeinrichtungen.....	326
9.9.6.2	Durchflusswandler und Sperrwandler.....	263	10.5	Bemessung von fest verlegten Kabeln und Leitungen	329
9.9.6.3	Ansteuerungsarten für Gleichstromsteller.....	263	10.5.1	Spannungsfall an Leitungen.....	330
9.9.7	Selbstgeführte Wechselrichter.....	264	10.5.2	Anordnung von Überstrom-Schutzrichtungen.....	331
9.9.8	Unterbrechungsfreie Stromversorgungssysteme (USV).....	265		Praxistipp: Beispiel einer Leitungsberechnung.....	332
9.9.9	Stromrichter-Antriebe.....	266		Praxistipp: Leiterquerschnittsermittlung bei Oberschwingungsströmen.....	333
9.9.9.1	Betriebsarten elektrischer Antriebe.....	266	10.6	Räume und Anlagen besonderer Art	335
9.9.9.2	Gleichstrommotor am Thyristor-Stromrichter.....	267	10.6.1	Elektroinstallation in Räumen mit Badewanne oder Dusche.....	335
9.9.9.3	Gleichstrommotor an Sechspuls-Brückenschaltung B6C.....	268	10.6.2	Sauna-Anlagen.....	337
9.9.9.4	Gleichstrommotor im Vierquadranten-Betrieb.....	268	10.6.3	Baustellen.....	337
9.9.9.5	Drehzahlsteuerung mit Transistor-Gleichstromsteller.....	269	10.6.4	Landwirtschaftliche und gartenbauliche Betriebsstätten.....	338
9.9.9.6	Frequenzumrichter.....	270	10.6.5	Feuergefährdete Betriebsstätten.....	339
9.9.9.7	Drehstrom-Asynchronmotor am Frequenzumrichter.....	271	10.6.6	Explosionsgefährdete Bereiche.....	341
9.9.9.8	Auswahl eines Frequenzumrichters.....	272	10.6.7	Medizinisch genutzte Bereiche.....	342
	Praxistipp: Frequenzumrichter, Installation u. Inbetriebnahme.....	273	10.6.8	Stromversorgungen für Elektro-Fahrzeuge.....	343
9.9.10	Netzgeräte.....	274	10.6.8.1	Ladestationen.....	343
9.9.10.1	Geregelte Netzgeräte.....	274	10.6.8.2	Ladebetriebsarten und Ladesteckeinrichtungen.....	344
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:	
10.7.2	Löschmittel	346		Schutzmaßnahmen	386
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Elektrische Anlagen	347	12	Gebäudetechnische Anlagen	387
11	Schutzmaßnahmen	348	12.1	Beleuchtungsanlagen	387
11.1	Gefahren im Umgang mit dem elektrischen Strom	348	12.1.1	Farbspektrum und Farbwiedergabe	388
11.1.1	Wirkungen des elektrischen Stroms im menschlichen Körper	348	12.1.2	Lichttechnische Größen	389
11.1.2	Direktes und indirektes Berühren	350	12.1.3	Kriterien für eine gute Beleuchtung	391
11.1.3	Fachbegriffe Schutzmaßnahmen (nach DIN VDE)	350	12.1.4	Energieeffizienzanforderungen	392
11.2	Sicherheitsbestimmungen für Niederspannungsanlagen	351	12.1.5	Lampenübersicht	393
11.2.1	Schutzklassen	351	12.1.6	Halogenlampen	394
11.2.2	IP-Schutzarten	352	12.1.7	Leuchtstofflampen	396
11.2.3	Maßnahmen bei Arbeiten an elektrischen Anlagen	353	12.1.8	Vorschaltgeräte für Leuchtstofflampen	397
11.2.4	Qualifikationen für Arbeiten in der Elektrotechnik	354	12.1.9	Induktionslampen	398
11.2.5	Fehlerarten in elektrischen Anlagen	355	12.1.10	LED-Lampen	398
11.2.6	Spannungen im Fehlerfall	355		Praxistipp: LED-Retrofit-Lösungen	399
11.3	Netzsysteme	356		Praxistipp: Ersatz einer Halogen-Beleuchtung durch LED-Beleuchtung	400
11.4	Schutz gegen elektrischen Schlag	358		Praxistipp: Beispiel zur Ermittlung der Lampenzahl	401
11.5	Automatische Abschaltung der Stromversorgung	359	12.1.11	Lichtberechnungssoftware	402
11.5.1	Anforderungen an den Basisschutz	359	12.1.12	Lichtstärkeverteilung von Leuchten	402
11.5.2	Anforderungen an den Fehlerschutz	360	12.1.13	Lichtmanagementsysteme	403
11.5.3	Schutz im TN-System	361	12.2	Elektrogeräte	404
11.5.4	Schutz im TT-System	362	12.2.1	Allgemeines über Elektrogeräte	404
11.5.5	Schutz im IT-System	363	12.2.2	Elektrische Warmwasserbereiter	405
11.6	Doppelte oder verstärkte Isolierung	364	12.2.3	Elektrische Raumheizung	407
11.7	Schutztrennung	364	12.2.4	Elektrische Geräte zur Nahrungsvorrats- haltung und -zubereitung	411
11.8	Schutz durch Kleinspannung mittels SELV oder PELV	365	12.2.5	Elektrische Geräte zur Wäschepflege und Geschirreinigung	415
11.9	Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen	366	12.2.5.1	Waschmaschine	415
11.9.1	Aufbau und Funktion	366	12.2.5.2	Wäschetrockner	416
11.9.2	Anwendungen von RCDs	367	12.2.5.3	Geschirrspülmaschine	417
11.9.3	Kennwerte von RCDs	368	12.2.6	Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) elektrischer Geräte	418
11.9.4	Auswahl und Einsatz von RCDs	368	12.2.7	Prüfen von Elektrogeräten nach der Reparatur	420
11.9.5	RCD als Brandschutz	370	12.2.8	Wiederholungsprüfungen an elektrischen Geräten	422
11.10	Differenzstrom-Überwachungseinrichtung ...	370		Praxistipp: Prüfung von Elektrogeräten nach einer Reparatur (VDE 0701)	423
11.11	Schutzvorkehrungen für Anlagen, die nur durch Elektrofachkräfte betrieben und überwacht werden	371		Praxistipp: Steckvorrichtungen Energie	424
11.12	Prüfen der Schutzmaßnahmen	372	12.3	Antennen- und Verteilanlagen	425
11.12.1	Erstprüfungen von ortsfesten elektrischen Anlagen und Betriebsmitteln nach DIN VDE 0100-600	373	12.3.1	Wirkungsweise der Antennen	425
11.12.2	Prüfen der Schutzleiter und Schutzpotenzial- ausgleichsleiter	375	12.3.2	Empfangsantennen	426
11.12.3	Messen der Isolationswiderstände in elektrischen Anlagen	375	12.3.3	Verstärkungsmaß, Dämpfungsmaß und Pegel	428
11.12.4	Prüfen der Schutzmaßnahmen SELV, PELV und Schutztrennung	376	12.3.4	Aufbau von Antennenanlagen	429
11.12.5	Isolationswiderstandsmessung von isolierenden Fußböden und Wänden	376	12.3.5	Satelliten-Fernsehhempfangsanlagen	430
11.12.6	Prüfen der Schutzmaßnahme: Automatische Abschaltung der Stromversorgung im TN-, TT- und IT-System	377		Praxistipp: Baugruppen zum digitalen Sat-Empfang	433
11.12.6.1	Prüfen im TN-System	377	12.3.6	DVB-T2 HD-Fernsehhempfangsanlagen	434
11.12.6.2	Prüfen im TT-System	378	12.3.7	Breitband-Kommunikationsanlagen	434
11.12.6.3	Messen des Erdungswiderstandes	378	12.3.8	Berechnung einer Empfangsantennenanlage ..	435
11.12.6.4	Prüfen der Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD)	379	12.3.9	Errichten von Empfangsantennenanlagen	436
11.12.6.5	Prüfen im IT-System	379		Praxistipp: Multimediaverkabelung im Wohnbereich	438
11.12.6.6	Prüfen der Drehfeldrichtung	379	12.4	All-IP-Technik	439
11.12.7	Wiederkehrende Prüfungen von elektrischen Anlagen und ortsfesten Betriebsmitteln nach DIN VDE 0105	380	12.4.1	Grundsätzliches zu All-IP	439
			12.4.2	Anschlusstechnik	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	Streuelfeldtransformatoren.....	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	Periphere 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	Parallelschalten 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 Computernetzwerkes.....	550
13.2.1.3	Leistungsschild.....	489		Praxistipp: Herstellen einer WLAN-Verbindung zu einem Netzwerk.....	553
13.2.1.4	Drehsinn.....	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	15	Automatisierungstechnik	556
13.2.1.8	Elektrische Isolierung.....	492	15.1	Industrie 4.0	556
13.2.2	Drehstromasynchronmotoren.....	493	15.2	Steuerungstechnik	557
13.2.2.1	Entstehung des Drehfeldes.....	493	15.2.1	Steuern.....	557
13.2.2.2	Kurzschlussläufermotor.....	494	15.2.1.1	Fachbegriffe der Steuerungstechnik.....	557
13.2.2.3	Anlassen von Kurzschlussläufermotoren.....	497	15.2.1.2	Steuerungsarten.....	558
13.2.2.4	Schleifringläufermotor.....	499	15.3	Kleinststeuergeräte	560
13.2.2.5	Polumschaltbare Motoren.....	500	15.4	Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS)	562
	Praxistipp: Anschließen eines Drehstrommotors.....	501	15.4.1	Aufbau.....	562
	Formelübersicht zum Drehstrom-Asynchronmotor.....	502	15.4.2	Programmiersprachen.....	563
13.2.2.6	Bremsbetrieb von Drehstromasynchronmotoren.....	505	15.4.3	Arbeitsweise einer SPS.....	563
13.2.2.7	Drehstrommotor an Wechselspannung (Steinmetzschaltung).....	506	15.4.4	Baueinstruktur in STEP 7.....	565
13.2.2.8	Wechselstrom-Asynchronmotor.....	507			
13.2.3	Drehstromlinearmotoren.....	508			
13.2.4	Synchronmotor.....	509			
13.2.5	Sondermotoren.....	510			
13.2.5.1	Spaltpolmotor.....	510			
13.2.5.2	Reluktanzmotor.....	511			

