

<b>1</b>	<b>Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz</b>	<b>15</b>	3.5.2	Primärelemente	65
1.1	Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz	15	3.5.3	Sekundärelemente (Akkumulatoren)	67
1.2	Produktsicherheitsgesetz	15		Wiederholen – Anwenden – Vertiefen:	
1.3	Gefahrstoffverordnung	16		Grundschaltungen	70
1.4	Sicherheitszeichen	17	<b>4</b>	<b>Elektrisches Feld</b>	<b>71</b>
1.5	Erste Hilfe	18	4.1	Eigenschaften des elektrischen Feldes	71
	Praxistipp: Gefährdungsbeurteilung	19	4.2	Grundbegriffe	72
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen:		4.2.1	Elektrische Feldstärke	72
	Arbeitsschutz	20	4.2.2	Elektrische Influenz und Polarisation	72
			4.2.3	Elektrische Felder in der Praxis	73
<b>2</b>	<b>Grundbegriffe der Elektrotechnik</b>	<b>21</b>	4.3	Kondensator im Gleichstromkreis	74
2.1	Umgang mit physikalischen Größen	21	4.3.1	Verhalten eines Kondensators	74
	Masse und Kraft	21	4.3.2	Kapazität eines Kondensators	74
	Mechanische Arbeit	22	4.3.3	Laden und Entladen von	76
	Energie	22		Kondensatoren	76
	Mechanische Leistung	22	4.3.4	Energie des geladenen Kondensators	77
2.2	Arten von Stromkreisen	23	4.4	Schaltungen von Kondensatoren	78
	Elektrischer Gleichstromkreis	24	4.4.1	Parallelschaltung	78
	Schaltzeichen	25	4.4.2	Reihenschaltung	78
2.3	Elektrische Ladung (Elektrizitätsmenge)	26	4.5	Kenngrößen und Bauarten von	79
	Aufbau der Atome (bohrsches Atommodell)	27		Kondensatoren	79
2.4	Elektrische Spannung	28	4.5.1	Kenngrößen	79
2.4.1	Spannungserzeugung	28	4.5.2	Bauarten	79
2.4.2	Spannung am Verbraucher	28		Wiederholen – Anwenden – Vertiefen:	
2.4.3	Potenzial	28		Elektrisches Feld	81
2.4.4	Arten der Spannungserzeugung	29	<b>5</b>	<b>Magnetisches Feld</b>	<b>82</b>
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 $\Phi$	86
2.5.5	Stromdichte	35	5.3.2	Elektrische Durchflutung $\Theta$	86
2.6	Elektrischer Widerstand und Leitwert	36	5.3.3	Magnetische Feldstärke $H$	87
2.7	Ohmsches Gesetz	37	5.3.4	Magnetische Flussdichte $B$	87
2.8	Leiterwiderstand	38	5.4	Eisen im Magnetfeld einer Spule	88
2.9	Temperaturabhängigkeit des Widerstandes	39	5.5	Strom und Magnetfeld	91
2.10	Bauarten von Widerständen	40	5.5.1	Stromdurchflossener Leiter im Magnetfeld	91
2.11	Elektrische Energie und Arbeit	42	5.5.2	Stromdurchflossene Spule	93
2.11.1	Gewinnung elektrischer Energie	42		im Magnetfeld	93
2.11.2	Elektrische Arbeit	43	5.5.3	Stromdurchflossene parallele Leiter	93
2.12	Elektrische Leistung	44	5.6	Spannungserzeugung durch Induktion	94
2.13	Wirkungsgrad	46	5.6.1	Generatorprinzip (Induktion der Bewegung)	94
2.14	Elektrowärme	47	5.6.2	Lenzsche Regel	95
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen:		5.6.3	Transformatorprinzip (Induktion der Ruhe)	96
	Grundbegriffe der Elektrotechnik	48	5.6.4	Selbstinduktion	98
			5.6.5	Wirbelströme	99
<b>3</b>	<b>Grundschaltungen der Elektrotechnik</b>	<b>49</b>		Wiederholen – Anwenden – Vertiefen:	
3.1	Reihenschaltung	49		Magnetisches Feld	100
3.1.1	Gesetze der Reihenschaltung	49	<b>6</b>	<b>Schaltungstechnik</b>	<b>101</b>
3.1.2	Vorwiderstände	51	6.1	Schaltungsunterlagen	101
3.1.3	Spannungsfall an Leitungen	52		Praxistipp: Installation einer Wechsel-	
3.2	Parallelschaltung	53		schaltung mit Steckdose	103
3.3	Gemischte Schaltungen	55	6.2	Installationsschaltungen	104
3.3.1	Spannungsteiler	55	6.2.1	Lampenschaltungen	104
3.3.2	Brückenschaltung	57	6.2.2	Schaltungen mit Melde-	106
3.3.2.1	Abgeglichene Brückenschaltung	57		leuchten	106
3.3.2.2	Nicht abgeglichene Brückenschaltung	58	6.2.3	Stromstoßschaltung	107
3.3.3	Widerstandsbestimmung durch Strom- und Spannungsmessung	59	6.2.4	Infrarot-Bewegungsmelder	107
3.4	Spannungsquelle	60	6.2.5	Treppenlicht-Zeitschaltung	108
3.4.1	Belastungsfälle einer Spannungsquelle	60	6.2.6	Hausrufanlagen	108
3.4.2	Ersatzschaltbild einer Spannungsquelle	61	6.2.7	Hausprechanlagen	109
3.4.3	Anpassung	61	6.3	Elektromagnetische Schalter	111
3.4.4	Schaltungen von Spannungsquellen	63	6.3.1	Relais	112
3.5	Galvanische Elemente	64	6.3.2	Schütze	114
3.5.1	Umwandlung chemischer Energie in elektrische Energie	64	6.3.3	Schützsicherungen	115
			6.3.3.1	Anwendungen von Schützsicherungen	116

<b>6.4</b>	<b>Klemmenplan</b> .....	<b>121</b>	<b>7.10</b>	<b>Kompensation</b> .....	<b>163</b>
<b>6.5</b>	<b>Elektrische Ausrüstung von Maschinen</b> .....	<b>122</b>	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
<b>7</b>	<b>Wechselstromtechnik</b> .....	<b>126</b>	<b>8</b>	<b>Messtechnik</b> .....	<b>168</b>
<b>7.1</b>	<b>Kenngößen der Wechselstromtechnik</b> .....	<b>126</b>	<b>8.1</b>	<b>Elektrische Messgeräte</b> .....	<b>168</b>
7.1.1	Periode und Scheitelwert .....	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
<b>7.2</b>	<b>Sinusförmige Wechselgrößen</b> .....	<b>128</b>	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	<b>8.2</b>	<b>Praktisches Messen</b> .....	<b>176</b>
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
<b>7.3</b>	<b>Spule im Wechselstromkreis</b> .....	<b>134</b>	8.2.4	Messkategorien .....	177
7.3.1	Induktiver Blindwiderstand .....	134		Praxistipp: Praktisches Messen mit dem Digitalmultimeter .....	178
7.3.2	Reihenschaltung aus Wirkwiderstand und induktivem Blindwiderstand .....	135		Praxistipp: Effektivwertmessung nicht sinusförmiger Größen .....	179
7.3.3	Spannungsdreieck .....	136	<b>8.3</b>	<b>Oszilloskop</b> .....	<b>180</b>
7.3.4	Widerstandsdreieck .....	137	8.3.1	Analoges Oszilloskop .....	180
7.3.5	Verlustwinkel, Verlustfaktor und Gütefaktor einer Spule .....	137	8.3.1.1	Aufbau eines Analog-Oszilloskops .....	180
7.3.6	Parallelschaltung aus Wirkwiderstand und induktivem Blindwiderstand .....	138	8.3.1.2	Zweikanal-Oszilloskop .....	182
7.3.7	Stromdreieck und Leitwertdreieck .....	138	8.3.1.3	Messen mit dem Oszilloskop .....	182
<b>7.4</b>	<b>Leistungen im Wechselstromkreis</b> .....	<b>139</b>	8.3.2	Digitalspeicher-Oszilloskop (DSO) .....	183
7.4.1	Wirkleistung .....	139		Praxistipp: Messen mit dem Oszilloskop .....	184
7.4.2	Blindleistung .....	139	<b>8.4</b>	<b>Messen nichtelektrischer Größen mit Sensoren</b> .....	<b>185</b>
7.4.3	Scheinleistung .....	140	8.4.1	Aktive und passive Sensoren .....	185
7.4.4	Zusammenhang zwischen der Wirk-, Blind- und Scheinleistung .....	141	8.4.2	Anwendungen von Sensoren .....	186
7.4.5	Leistungsfaktor, Wirkfaktor und Blindfaktor .....	142	8.4.2.1	Sensoren zur Weg- und Winkelmessung .....	186
7.4.6	Verlustleistung bei realen Spulen .....	142	8.4.2.2	Sensoren zur Messung von Dehnung, Kraft, Druck und Drehmoment .....	188
<b>7.5</b>	<b>Kondensator im Wechselstromkreis</b> .....	<b>143</b>	8.4.2.3	Sensoren zur Messung von Temperaturen .....	189
7.5.1	Kapazitiver Blindwiderstand .....	143	8.4.3	Näherungsschalter .....	190
7.5.2	Reihenschaltung aus Wirkwiderstand und kapazitivem Blindwiderstand .....	144	8.4.3.1	Optische Näherungsschalter .....	190
7.5.3	Parallelschaltung aus Wirkwiderstand und kapazitivem Blindwiderstand .....	145	8.4.3.2	Induktive Näherungsschalter .....	190
7.5.4	Verlustwinkel und Gütefaktor eines Kondensators .....	146	8.4.3.3	Kapazitive Näherungsschalter .....	191
<b>7.6</b>	<b>Schaltung aus Spule, Kondensator und Wirkwiderstand</b> .....	<b>147</b>	8.4.3.4	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	<b>9</b>	<b>Elektronik</b> .....	<b>193</b>
<b>7.7</b>	<b>Schwingkreise</b> .....	<b>149</b>	<b>9.1</b>	<b>Halbleiterwerkstoffe</b> .....	<b>193</b>
7.7.1	Resonanz .....	150	<b>9.2</b>	<b>Halbleiterwiderstände</b> .....	<b>195</b>
7.7.2	Reihenschwingkreis .....	150	9.2.1	Spannungsabhängige Widerstände (Varistoren) .....	195
7.7.3	Parallelschwingkreis .....	151	9.2.2	Heißleiter (NTC-Widerstände) .....	196
<b>7.8</b>	<b>Siebschaltungen</b> .....	<b>153</b>	9.2.3	Kaltleiter (PTC-Widerstände) .....	197
7.8.1	RL-Tiefpass .....	153	9.2.4	Feldplatten .....	199
7.8.2	RL-Hochpass .....	153	<b>9.3</b>	<b>Hallgeneratoren</b> .....	<b>199</b>
7.8.3	RC-Tiefpass .....	154	<b>9.4</b>	<b>Halbleiterdioden</b> .....	<b>200</b>
7.8.4	RC-Hochpass .....	154	9.4.1	Wirkungsweise .....	200
<b>7.9</b>	<b>Dreiphasenwechselstrom (Drehstrom)</b> .....	<b>155</b>	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: $\Delta$ ) .....	159	<b>9.5</b>	<b>Transistoren</b> .....	<b>204</b>
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	9.9.10	Netzgeräte	272
<b>9.6</b>	<b>Optoelektronik</b>	<b>218</b>	9.9.10.1	Geregelte Netzgeräte	272
9.6.1	Optoelektronische Sender	218	9.9.10.2	Spannungsregler	273
9.6.2	Optoelektronische Empfänger (Detektoren)	220	9.9.10.3	Schaltnetzgeräte	273
9.6.3	Flüssigkristallanzeigen (LCD)	222		Wiederholen – Anwenden – Vertiefen:	
9.6.4	Optokoppler	222		Elektronik	274
<b>9.7</b>	<b>Operationsverstärker</b>	<b>223</b>			
9.7.1	Grundlagen	223			
9.7.2	Analoge Schaltungen mit Operationsverstärkern	225			
9.7.3	Digitale Schaltungen mit Operationsverstärkern	227			
<b>9.8</b>	<b>Digitaltechnik</b>	<b>229</b>	<b>10</b>	<b>Elektrische Anlagen</b>	<b>275</b>
9.8.1	Signalarten der Digital- und Steuerungstechnik	229	<b>10.1</b>	<b>Energieerzeugung und Energieübertragung</b>	<b>275</b>
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		Praxistipp: Auslegung und Dimensionierung einer Fotovoltaikanlage	283
9.8.3.3	Eingangsbeschaltung logischer Verknüpfungen	232	10.1.2	Energiemanagement in intelligenten Netzen (Smart Grid)	285
9.8.3.4	Anwendung der Grundverknüpfungen	232	10.1.2.1	Smart Grid in Gebäuden	286
9.8.4	Schaltkreisfamilien	233	10.1.2.2	Energiespeichersysteme	286
9.8.4.1	TTL-Schaltkreisfamilie	233	10.1.3	Umspannwerke	287
9.8.4.2	CMOS-Schaltkreisfamilie	233	10.1.3.1	Spannungsebenen	287
9.8.5	Schaltalgebra	234	10.1.3.2	Umspannanlagen	287
9.8.6	Antivalenz-Verknüpfung und Äquivalenz-Verknüpfung	235	10.1.3.3	Hochspannungsschalter	288
9.8.7	Kippglieder	236	10.1.4	Übertragungs- und Verteilnetze	290
9.8.7.1	Zustandsgesteuerte und taktgesteuerte Kippglieder	236	10.1.4.1	Höchstspannungsnetze	290
9.8.7.2	Zweiflankengesteuertes JK-Kippglied	237	10.1.4.2	Netzformen	291
9.8.7.3	Schaltungen mit Kippgliedern	238	10.1.5	Niederspannungsanlagen	292
9.8.8	Analog-Digital-Umsetzer (AD-Umsetzer)	239	10.1.5.1	Netzaufbau	292
9.8.9	Digital-Analog-Umsetzer (DA-Umsetzer)	241	10.1.5.2	Hausanschluss	293
<b>9.9</b>	<b>Leistungselektronik</b>	<b>242</b>	10.1.5.3	Erdungsanlagen	295
9.9.1	Bauelemente der Leistungselektronik	242	10.1.5.4	Schutzpotenzialausgleich über die Haupterdungsschiene	296
9.9.1.1	Thyristor	242	10.1.5.5	Hauptstromversorgungssysteme	297
9.9.1.2	GTO-Thyristor	245		Praxistipp: Zählerschrank mit Stromkreis- und Multimediaverteiler	299
9.9.1.3	Triac	245		Praxistipp: Ausstattung elektr. Anlagen in Wohngebäuden	302
9.9.1.4	Diac	246	10.1.6	Elektromagnetische Verträglichkeit und TN-System	303
9.9.1.5	IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor)	247	<b>10.2</b>	<b>Isolierte Leitungen, Kabel und Freileitungen</b>	<b>306</b>
9.9.2	Begriffe der Leistungselektronik	248	10.2.1	Isolierte Leitungen	306
9.9.3	Gleichrichterschaltungen	249		Praxistipp: Farbkennzeichnung von Leitern	309
9.9.3.1	Ungesteuerte Gleichrichterschaltungen	249	10.2.2	Kabel für Mittelspannungs- und Niederspannungsanlagen	310
9.9.3.2	Gesteuerte Gleichrichterschaltungen	254		Freileitungen für Hoch- und Mittelspannungsanlagen	310
9.9.4	Wechselrichterbetrieb von netzgeführten Stromrichtern	257	10.2.3	Datenleitungen	311
9.9.5	Wechselstrom-Umrichter	258		Praxistipp: Verlegen von Leitungen	312
9.9.5.1	Wechselwegschaltung W1C	258	<b>10.3</b>	<b>Schutz elektrischer Leitungen und Verbraucher</b>	<b>314</b>
9.9.5.2	Vielperiodensteuerung	259	<b>10.4</b>	<b>Schutzschalter</b>	<b>317</b>
9.9.6	Gleichstrom-Umrichter	260	10.4.1	Thermischer Auslöser	317
9.9.6.1	Gleichstromsteller	260	10.4.2	Elektromagnetischer Auslöser	317
9.9.6.2	Durchflusswandler und Sperrwandler	261	10.4.3	Leitungsschutzschalter	318
9.9.6.3	Ansteuerungsarten für Gleichstromsteller	261	10.4.4	Selektiver Hauptleitungsschutzschalter	318
9.9.7	Selbstgeführte Wechselrichter	262	10.4.5	Brandschutzschalter (AFDD)	319
9.9.8	Unterbrechungsfreie Stromversorgungssysteme (USV)	263	10.4.6	Leistungsschalter	320
9.9.9	Stromrichter-Antriebe	264	10.4.7	Motorschutzeinrichtungen	320
9.9.9.1	Betriebsarten elektrischer Antriebe	264	<b>10.5</b>	<b>Bemessung von fest verlegten Kabeln und Leitungen</b>	<b>323</b>
9.9.9.2	Gleichstrommotor am Thyristor-Stromrichter	265	10.5.1	Spannungsfall an Leitungen	324
9.9.9.3	Gleichstrommotor an Sechspuls-Brückenschaltung 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 Leitungsberechnung	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			

<b>10.6</b>	<b>Räume und Anlagen besonderer Art</b>	<b>329</b>	<b>11.12.4</b>	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	<b>11.13</b>	<b>Schutz gegen elektrostatische Aufladung</b>	<b>378</b>
<b>10.7</b>	<b>Brandbekämpfung in elektrischen Anlagen</b>	<b>340</b>		Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Schutzmaßnahmen	379
10.7.1	Verhalten beim Brand in elektrischen Anlagen	340			
10.7.2	Löschmittel	340			
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Elektrische Anlagen	341			
<b>11</b>	<b>Schutzmaßnahmen</b>	<b>342</b>	<b>12</b>	<b>Gebäudetechnische Anlagen</b>	<b>380</b>
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 Basisschutz (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 Geschirrrreinigung	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 Schutzpotenzialausgleichsleiter	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: Multimediaverkabelung im Wohnbereich	428
			12.4	All-IP-Technik	429
			12.4.1	Grundsätzliches zu All-IP	429

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

## 13 Elektrische Maschinen 459

<b>13.1</b>	<b>Transformatoren</b>	<b>460</b>
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	Streueldtransformatoren	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
<b>13.2</b>	<b>Rotierende elektrische Maschinen</b>	<b>478</b>
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 521

<b>14.1</b>	<b>Bereiche der Informationstechnik</b>	<b>521</b>
<b>14.2</b>	<b>Computer, Programme und Peripherie</b>	<b>522</b>
14.2.1	Bestandteile und Funktionsweise eines Computers	522
14.2.2	Hardware, Software und Firmware	523
14.2.3	Computersystem	523
<b>14.3</b>	<b>Mikrocomputer</b>	<b>524</b>
<b>14.4</b>	<b>Personal Computer (PC)</b>	<b>525</b>
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
<b>14.5</b>	<b>Geräte für Eingabe, Ausgabe und Speicherung</b>	<b>530</b>
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	Periphere Geräte zur Datenspeicherung	532
	Praxistipp: Servicearbeiten am PC	533
<b>14.6</b>	<b>Software</b>	<b>534</b>
14.6.1	Systemprogramme	534
14.6.2	Anwendungsprogramme	535
14.6.3	Softwareentwicklung	536
<b>14.7</b>	<b>Vernetzung von Computern</b>	<b>537</b>
14.7.1	Dienste in Computernetzwerken	537
14.7.2	Netzwerktopologien	537
14.7.3	Bestandteile eines lokalen Netzwerkes (LAN) in Sterntopologie	538
14.7.4	Netzwerkprotokoll	539
14.7.5	Globales Netzwerk Internet	540
	Praxistipp: Verbinden von zwei PCs über ein Netzwerk	541
	Praxistipp: Herstellen einer WLAN-Verbindung zu einem Netzwerk	542
<b>14.8</b>	<b>Datensicherheit, Datenschutz und Urheberrechte</b>	<b>543</b>

<b>14.9</b>	<b>Schädliche Programme (Malware) . . . . .</b>	<b>543</b>	16.3.1	Umweltschutzverordnungen im Bereich der Elektrotechnik . . . . .	608
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Informationstechnik . . . . .	544	16.3.2	Umweltschutz im Betrieb . . . . .	609
<b>15</b>	<b>Automatisierungstechnik . . . . .</b>	<b>545</b>	16.3.3	Wiederverwertung und Entsorgung von Abfallstoffen . . . . .	610
<b>15.1</b>	<b>Steuerungstechnik . . . . .</b>	<b>545</b>	<b>16.4</b>	<b>Energieeinsparung . . . . .</b>	<b>612</b>
15.1.1	Steuern . . . . .	545	16.4.1	Rationeller Umgang mit Energie . . . . .	612
15.1.1.1	Fachbegriffe der Steuerungstechnik . . . . .	545	16.4.2	Stand-by-Betrieb . . . . .	614
15.1.1.2	Steuerungsarten . . . . .	546	16.4.3	Tipps zum Energiesparen . . . . .	615
<b>15.2</b>	<b>Kleinststeuergeräte . . . . .</b>	<b>548</b>		Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Werkstoffe, Fertigung, Umwelt . . . . .	616
<b>15.3</b>	<b>Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS) . . . . .</b>	<b>550</b>	<b>17</b>	<b>Beruf und Betrieb . . . . .</b>	<b>617</b>
15.3.1	Aufbau . . . . .	550	<b>17.1</b>	<b>Berufliche Handlungskompetenz . . . . .</b>	<b>617</b>
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	<b>17.2</b>	<b>Präsentation . . . . .</b>	<b>625</b>
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	<b>17.3</b>	<b>Projektmanagement . . . . .</b>	<b>628</b>
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	<b>17.4</b>	<b>Kundenauftrag und Kundenservice . . . . .</b>	<b>630</b>
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	<b>17.5</b>	<b>Kalkulation und Angebot . . . . .</b>	<b>634</b>
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	<b>17.6</b>	<b>Qualitätsmanagement . . . . .</b>	<b>639</b>
15.3.9.1	Feldbusse . . . . .	574	17.6.1	Ziele des Qualitätsmanagements . . . . .	639
<b>15.4</b>	<b>Prozessvisualisierung . . . . .</b>	<b>578</b>	17.6.2	Normenreihe DIN EN ISO 9000 ff. . . . .	639
<b>15.5</b>	<b>Regelungstechnik . . . . .</b>	<b>580</b>	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	Statisches Verhalten von Regelstrecken . . . . .	581		Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Beruf und Betrieb . . . . .	643
15.5.2.2	Dynamisches Verhalten von Regelstrecken . . . . .	582		Ergebnisse der Rechenaufgaben . . . . .	644
15.5.3	Regler . . . . .	585	<b>Infoteil . . . . .</b>	<b>645</b>	
15.5.3.1	Unstetige Regler . . . . .	585		Arten von DIN-Normen in der Elektrotechnik . . . . .	645
15.5.3.2	Stetige Regler . . . . .	587		Schaltzeichen . . . . .	646
15.5.4	Regelkreis . . . . .	591		Wichtige elektrotechnische Symbole . . . . .	652
15.5.4.1	Schwingungsverhalten . . . . .	591		Wichtige Prüfzeichen, Symbole und Logos . . . . .	653
15.5.4.2	Reglerauswahl . . . . .	591		Kennzeichnung von Widerständen und Kondensatoren . . . . .	654
15.5.4.3	Reglereinstellung . . . . .	592		Auslösekennlinien von Überstrom-Schutzeinrichtungen . . . . .	655
15.5.5	Universalregler . . . . .	593		Verlegearten von Kabeln und isolierten Leitungen, Mindestquerschnitte elektrischer Leiter . . . . .	656
	Praxistipp: Entwurf einer Regelung . . . . .	594		Strombelastbarkeit, Umrechnungsfaktoren von Kabeln und isolierten Leitungen . . . . .	657
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Automatisierungstechnik . . . . .	595		Betriebsdaten von Drehstrom-Kurzschlussläufermotoren . . . . .	658
<b>16</b>	<b>Werkstoffe, Fertigungsverfahren, Umweltschutz und Energieeinsparung . . . . .</b>	<b>596</b>		Dioden . . . . .	659
<b>16.1</b>	<b>Werkstoffe der Elektrotechnik . . . . .</b>	<b>596</b>		NPN-Transistor . . . . .	660
16.1.1	Leiter- und Kontaktwerkstoffe . . . . .	597		Thyristor, Triac . . . . .	661
16.1.1.1	Leiterwerkstoffe . . . . .	597		Wichtige Abkürzungen von AC bis ISDN . . . . .	662
16.1.1.2	Kontaktwerkstoffe . . . . .	598		Wichtige Abkürzungen von KNX bis ZVEI . . . . .	663
16.1.2	Isolierstoffe . . . . .	599		Fachbegriffe Englisch – Deutsch . . . . .	664
16.1.2.1	Elektrische Eigenschaften von Isolierstoffen . . . . .	599		Firmenverzeichnis . . . . .	667
16.1.2.2	Anorganische und organische Isolierstoffe . . . . .	600		Sachworte Deutsch – Englisch . . . . .	666
16.1.2.3	Flüssige und gasförmige Isolierstoffe . . . . .	601		<b>Vordere Innenumschlagseite:</b>	
<b>16.2</b>	<b>Fertigungsverfahren . . . . .</b>	<b>602</b>		Wichtige Formelzeichen, Größen und Einheiten	
16.2.1	Verbindungen (Fügen) . . . . .	602		<b>Hintere Innenumschlagseite:</b>	
16.2.1.1	Lösbare Verbindungen in der Elektrotechnik . . . . .	602		Arbeitssicherheit und Unfallverhütung	
16.2.1.2	Unlösbare Verbindungen in der Elektrotechnik . . . . .	602			
16.2.2	Gedruckte Schaltungen . . . . .	605			
16.2.3	SMD-Technik . . . . .	607			
<b>16.3</b>	<b>Umweltschutz . . . . .</b>	<b>608</b>			