



EUROPA-FACHBUCHREIHE
für elektrotechnische Berufe

Fachkunde Elektrotechnik

21., überarbeitete und erweiterte Auflage

Bearbeitet von Lehrern an beruflichen Schulen und von Ingenieuren
(siehe Rückseite)

Lektorat: Professor Dr. Günter Springer

VERLAG EUROPA-LEHRMITTEL · Nourney, Vollmer GmbH & Co.
Düsselberger Straße 23 · 42781 Haan-Gruiten

Europa-Nr.: 30138

Inhaltsverzeichnis

1	Grundbegriffe der Elektrotechnik	9	4	Elektrisches Feld und Kondensator	62
1.1	Elektrischer Stromkreis	10	4.1	Eigenschaften	62
1.2	Elektrischer Strom	12	4.2	Grundbegriffe	63
1.2.1	Wirkungen des elektrischen Stromes	12	4.2.1	Elektrische Feldstärke	63
1.2.2	Atombau	13	4.2.2	Elektrische Influenz	63
1.2.3	Elektrischer Strom in Metallen	15	4.2.3	Coulombsches Gesetz	64
1.2.4	Messen elektrischer Stromstärke	15	4.3	Kondensator im Gleichstromkreis	65
1.2.5	Stromarten	17	4.3.1	Verhalten des Kondensators	65
1.2.6	Stromdichte	18	4.3.2	Kapazität eines Kondensators	65
1.2.7	Elektrische Ladung (Elektrizitätsmenge)	19	4.3.3	Zeitkonstante	67
1.3	Elektrische Spannung	20	4.3.4	Energie des geladenen Kondensators	68
1.3.1	Spannung durch Trennen von Ladungen	20	4.4	Schaltungen von Kondensatoren	69
1.3.2	Messen elektrischer Spannung	21	4.5	Anwendungen des elektrischen Feldes	70
1.3.3	Arten der Spannungserzeugung	22	4.6	Kenngößen und Bauformen von Kondensatoren	71
1.3.4	Bezugspfeile	23			
1.4	Elektrischer Widerstand	24	5	Strom und Magnetfeld	74
1.4.1	Widerstand und Leitwert	24	5.1	Magnetismus	74
1.4.2	Ohmsches Gesetz	25	5.1.1	Pole des Magneten	74
1.4.3	Leiterwiderstand	26	5.1.2	Magnetisches Feld	75
1.4.4	Temperaturabhängigkeit des Widerstands	27	5.1.3	Anwendung der Dauermagnete	76
1.4.5	Bauformen der Widerstände	28	5.2	Elektromagnetismus	77
1.4.6	Widerstandsänderung durch Wärme, elektrische Spannung, Licht und Magnetfeld	30	5.2.1	Magnetfeld um den stromdurchflossenen Leiter	77
1.5	Arbeit, Energie, Leistung	31	5.2.2	Magnetfeld einer stromdurchflossenen Spule	78
1.5.1	Mechanische Arbeit und Energie	31	5.2.3	Magnetische Größen	79
1.5.2	Mechanische Leistung	31	5.2.4	Eisen im Magnetfeld einer Spule	81
1.5.3	Elektrische Leistung	32	5.2.5	Magnetischer Kreis	84
1.5.4	Elektrische Arbeit und Energie	34	5.3	Anwendungen von Elektromagneten	86
1.5.5	Energie und elektrische Spannung	35	5.3.1	Elektromagnetisch betätigte Schaltgeräte	86
1.5.6	Wirkungsgrad	36	5.3.2	Schutzschalter	89
1.5.7	Elektrowärme	37	5.4	Strom im Magnetfeld	93
2	Schutz vor Gefahren des Stromes	39	5.4.1	Stromdurchflossener Leiter im Magnetfeld	93
2.1	Schutz für Menschen und Tiere	39	5.4.2	Stromdurchflossene Spule im Magnetfeld	95
2.1.1	Wirkungen des elektrischen Stromes im menschlichen Körper	39	5.4.3	Hallgenerator	96
2.1.2	Direktes und indirektes Berühren	41	5.4.4	Feldplatten	96
2.1.3	Erste Hilfe bei Unfällen	41	5.5	Spannungserzeugung durch Induktion	97
2.1.4	Unfallverhütung	42	5.5.1	Generatorprinzip (Induktion durch Bewegung)	97
2.2	Schutz elektr. Leitungen und Verbraucher	43	5.5.2	Lenzsche Regel	98
2.2.1	Überstrom-Schutzeinrichtungen (Sicherungen)	43	5.5.3	Transformatorprinzip	99
2.2.2	Brandbekämpfung in elektrischen Anlagen	46	5.5.4	Wirbelströme	101
3	Grundsicherungen	47	5.5.5	Selbstinduktion	102
3.1	Reihenschaltung	47	5.5.6	Stromverdrängung (Skineffekt)	103
3.1.1	Gesetze der Reihenschaltung	47	6	Schaltungstechnik	104
3.1.2	Vorwiderstände	49	6.1	Schaltungsunterlagen	104
3.1.3	Meßbereichserweiterung bei Spannungsmessern	49	6.2	Installationsschaltungen	106
3.1.4	Spannungsfall an Leitungen	50	6.2.1	Lampenschaltungen	106
3.2	Parallelschaltung	51	6.2.2	Stromstoßschaltung	107
3.3	Gemischte Schaltungen	53	6.2.3	Treppenhaus-Zeitschaltung	108
3.3.1	Spannungsteiler	53	6.2.4	Hausrufanlagen	108
3.3.2	Meßbereichserweiterung bei Strommessern	55	6.2.5	Haussprechanlagen	109
3.3.3	Brückenschaltung	56	6.3	Relais- und Schüttschaltungen	111
3.3.4	Widerstandsbestimmung durch Strom- und Spannungsmessung	57	7	Grundlagen der Wechselstromtechnik	117
3.4	Innenwiderstand von Spannungsquellen	58	7.1	Kenngößen der Wechselstromtechnik	117
3.4.1	Messungen an Spannungsquellen	58	7.1.1	Periode und Scheitelwert	117
3.4.2	Ersatzspannungsquelle und Ersatzstromquelle	59	7.1.2	Frequenz und Periodendauer	117
3.4.3	Anpassung	60	7.1.3	Frequenz und Wellenlänge	118
3.4.4	Schaltungen von Spannungsquellen	61	7.1.4	Frequenz und Polpaarzahl	119
			7.1.5	Zeitlicher Verlauf von Wechselgrößen	119

7.2 Sinusförmige Wechselgrößen	121	8.3.3 Gleichrichterioden	169
7.2.1 Zeigerdarstellung von Sinusgrößen	121	8.3.4 Begrenzerioden (Z-Dioden)	170
7.2.2 Kreisfrequenz	122	8.3.5 Halbleiterkennzeichnung	171
7.2.3 Erzeugung von Sinusspannungen	122	8.4 Transistoren	172
7.2.4 Scheitelwert und Effektivwert	123	8.4.1 Bipolare Transistoren	172
7.2.5 Phasenverschiebung	124	8.4.2 Einstellung des Arbeitspunktes	173
7.2.6 Wirkwiderstand	124	8.4.3 Stabilisierung des Arbeitspunktes	174
7.2.7 Scheinwiderstand	124	8.4.4 Feldeffekt-Transistoren	175
7.3 Spule im Wechselstromkreis	125	8.5 Integrierte Schaltungen	178
7.3.1 Induktiver Blindwiderstand	125	8.6 Optoelektronik	180
7.3.2 Reihenschaltung aus R und X_L	126	8.6.1 Optoelektronische Sender (Leuchtdioden)	180
7.3.3 Spannungsdreieck	127	8.6.2 Optoelektronische Empfänger	181
7.3.4 Widerstandsdreieck	128	8.6.3 Optokoppler	183
7.3.5 Parallelschaltung aus R und X_L	129	8.6.4 Flüssigkristallanzeigen	184
7.3.6 Stromdreieck und Leitwertdreieck	129	8.6.5 Schaltungsbeispiele	
7.3.7 Schaltungen von Spulen	130	optoelektronischer Empfänger	184
7.4 Wechselstromleistung	131	8.7 Thyristoren	185
7.4.1 Wirkleistung	131	8.7.1 Rückwärts sperrende Thyristortriode	185
7.4.2 Scheinleistung	131	8.7.2 Zünden von Thyristoren	186
7.4.3 Blindleistung	132	8.7.3 Schutz von Thyristoren	187
7.4.4 Leistungsdreieck bei induktiver Last	132	8.7.4 GTO-Thyristor	188
7.4.5 Leistungsfaktor	133	8.7.5 Thyristordioden	188
7.4.6 Verlustleistung bei Spulen	133	8.7.6 Triac	189
7.5 Kondensator im Wechselstromkreis	134	8.8 Leistungselektronik	190
7.5.1 Kapazitiver Blindwiderstand	134	8.8.1 Begriffe	190
7.5.2 Reihenschaltung aus R und X_C	135	8.8.2 Gleichrichter	191
7.5.3 Parallelschaltung aus R und X_C	137	8.8.3 Wechselstromumrichter	201
7.5.4 Verlustleistung bei Kondensatoren	138	8.8.4 Gleichstromumrichter	203
7.6 Schaltungen aus Spulen, Kondensatoren und Wirkwiderständen	139	8.8.5 Wechselrichter	205
7.6.1 Reihenschaltung aus R , X_L und X_C	139	8.8.6 Netzgeräte	206
7.6.2 Parallelschaltung aus R , X_L und X_C	140	8.8.7 Betriebsarten elektrischer Antriebe	208
7.7 Schwingkreise	141	8.8.8 Gleichstrom-Antriebe	209
7.7.1 Resonanz	142	8.8.9 Wechselstromantriebe	211
7.7.2 Reihenschwingkreis	142	8.9 Kühlung von Halbleiter-Bauelementen	213
7.7.3 Parallelschwingkreis	144	8.10 Verstärkerschaltungen	214
7.8 Dreiphasenwechselstrom (Drehstrom)	146	8.10.1 Grundbegriffe der Verstärkertechnik	214
7.8.1 Entstehung der Dreiphasenwechselspannung	146	8.10.2 Einstufiger bipolarer Transistorverstärker in Emitterschaltung	215
7.8.2 Verkettung	146	8.10.3 Mehrstufiger Verstärker	216
7.8.3 Sternschaltung	147	8.10.4 Verstärkerschaltungen mit Feldeffekt-Transistoren	217
7.8.4 Dreieckschaltung	150	8.10.5 Leistungsverstärker	218
7.8.5 Anwendung von Sternschaltung und Dreieckschaltung	151	8.10.6 Operationsverstärker	219
7.8.6 Leistung bei Dreiphasenwechselstrom	152	8.10.7 Oszillatorschaltungen (Sinusgeneratoren)	223
7.8.7 Leistungsmessung bei Dreiphasenwechselstrom	153	8.11 Transistor als Schalter	224
7.8.8 Drehfeld	154	9 Einführung in die Digitaltechnik	225
7.9 Kompensation	155	9.1 Signalarten der Steuerungstechnik	225
7.9.1 Kompensationsarten	156	9.2 Grundverknüpfungen	225
7.9.2 Bemessung von Kompensationskondensatoren	157	9.2.1 UND-Verknüpfung	225
7.9.3 Kompensation bei elektronischen Stromrichterschaltungen	157	9.2.2 ODER-Verknüpfung (Disjunktion)	226
7.9.4 Tonfrequenzsperrkreise	157	9.2.3 NICHT-Verknüpfung	226
7.10 Funkentstörung	158	9.3 Grundverknüpfungen mit Ausgangs- oder Eingangsnegation	227
8 Grundlagen der Elektronik	161	9.3.1 Verknüpfungen mit Ausgangsnegation	227
8.1 Halbleiterwiderstände	161	9.3.2 Verknüpfungen mit Eingangsnegation	227
8.1.1 Spannungsabhängige Widerstände	161	9.3.3 Eingangsbeschaltung log. Verknüpfungen	228
8.1.2 Heißleiter	162	9.4 Schaltkreisfamilien	229
8.1.3 Kaltleiter	163	9.5 Schaltalgebra	230
8.2 Halbleiterwerkstoffe	165	9.6 Schaltungen in NAND- und in NOR-Technik	232
8.2.1 Eigenleitung	166	9.7 KV-Diagramm	233
8.2.2 Störstellenleitung (Dotieren)	166	9.8 Kippschaltungen	234
8.3 Halbleiterdioden	168	9.9 Kippglieder	237
8.3.1 Wirkungsweise	168	9.10 Schaltungen mit Kippgliedern	239
8.3.2 PN-Übergang	168	9.11 Analog-Digital-Umsetzer und Digital-Analog-Umsetzer	241
		9.12 Digitale Schaltungen mit Operationsverstärkern	242

10	Schutzmaßnahmen	244	11.5	Drehstromtransformatoren	280
10.1	Sicherheitsbestimmungen für Niederspannungsanlagen	244	11.5.1	Aufbau und Prinzip	280
10.2	Begriffe und Kenngrößen	244	11.5.2	Schaltungen	281
10.2.1	Schutzklassen	244	11.5.3	Auswahl der Schaltgruppen	282
10.2.2	IP-Schutzarten (nach DIN VDE 0470)	245	11.6	Parallelschalten von Transformatoren	285
10.2.3	Maßnahmen bei Arbeiten an elektr. Anlagen	246	12	Elektrische Maschinen	286
10.2.4	Fehlerarten	247	12.1	Grundlagen	286
10.2.5	Spannungen im Fehlerfall	247	12.1.1	Erzeugung des Drehfeldes	286
10.3	Schutz gegen gefährliche Körperströme	248	12.1.2	Leistung und Drehmoment	287
10.4	Schutz gegen direktes Berühren	248	12.1.3	Aufbau umlaufender Maschinen	288
10.5	Schutz sowohl gegen direktes als auch bei indirektem Berühren	249	12.1.4	Leistungsschild	288
10.5.1	Begrenzung der Entladungsenergie	249	12.1.5	Drehsinn	288
10.5.2	Schutzkleinspannung	250	12.2	Drehstrommotoren ohne Stromwender ..	289
10.5.3	Funktionskleinspannung	250	12.2.1	Drehstromasynchronmotoren	289
10.6	Schutzmaßnahmen bei indirektem Berühren ohne Schutzleiter (systemunabhängige Schutzmaßnahmen) ..	251	12.2.2	Motoren mit Kurzschlußläufer	289
10.6.1	Schutzisolierung	251	12.2.3	Anlassen von Kurzschlußläufern (Ständeranlaßverfahren)	293
10.6.2	Schutz durch nichtleitende Räume	251	12.2.4	Schleifringläufermotoren	295
10.6.3	Schutztrennung	252	12.2.5	Anlassen von Schleifringläufermotoren (Läuferanlaßverfahren)	296
10.6.4	Schutz d. erdfreien, örtl. Potentialausgleich ..	252	12.2.6	Polumschaltbare Motoren	297
10.7	Schutz bei indirektem Berühren (systemabhängige Schutzmaßnahmen)	253	12.2.7	Bremsbetrieb von Drehstromasynchronmotoren	298
10.7.1	Stromversorgungssysteme in der Verbraucheranlage	253	12.2.8	Drehstromlinearmotoren	299
10.7.2	Schutzmaßnahmen im TN-System	254	12.2.9	Synchronmotor	300
10.7.3	Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (FI-Schutzschalter)	256	12.3	Sonstige Drehfeldmotoren	301
10.7.4	Schutzmaßnahmen im TT-System	258	12.3.1	Anwurfmotor	301
10.7.5	Schutzmaßnahmen im IT-System	259	12.3.2	Drehstrommotor an Wechselspannung (Steinmetzschtaltung)	302
10.7.6	Fehlertenspannungs-Schutzeinrichtungen (FU-Schutzschalter)	259	12.3.3	Einphasen-Induktionsmotoren	303
10.8	Prüfen von Starkstromanlagen	260	12.3.4	Einphasenmotor mit Widerstandshilfsstrang	303
10.8.1	Prüfen der systemunabhängigen Schutzmaßnahmen	261	12.3.5	Kondensatormotor	304
10.8.2	Isolationswiderstandsprüfung in elektrischen Anlagen	261	12.3.6	Spaltpolmotor	305
10.8.3	Messung der Isolationswiderstände von Fußböden und Wänden	262	12.3.7	Schrittmotor	306
10.8.4	Prüfungen im TN-System und TT-System ...	262	12.3.8	Elektronikmotor	308
10.8.5	Messen der Schleifenimpedanz	263	12.4	Synchrongenerator	309
10.8.6	Messen des Erdungswiderstandes	263	12.5	Stromwendermaschinen	311
10.8.7	Prüfen der Fehlerstrom-Schutzeinrichtung ..	264	12.5.1	Aufbau von Gleichstrommaschinen	311
10.8.8	Prüfen des Hauptpotentialausgleichs	264	12.5.2	Wirkungsweise der Gleichstromgeneratoren	312
10.9	Schutz gegen elektrostatische Aufladung ..	265	12.5.3	Schaltungen von Gleichstromgeneratoren ..	313
11	Transformatoren	266	12.5.4	Ankerquerfeld	315
11.1	Einphasentransformatoren	266	12.5.5	Anschlußbezeichnung von Stromwendermaschinen	317
11.1.1	Aufbau und Prinzip	266	12.5.6	Wirkungsweise der Gleichstrommotoren ..	318
11.1.2	Leerlaufspannung	266	12.5.7	Schaltungen von Gleichstrommotoren	321
11.1.3	Übersetzungen	267	12.5.8	Scheibenläufermotor	324
11.1.4	Leerlauf und Belastung	268	12.5.9	Universalmotor	325
11.1.5	Kurzschlußspannung	270	12.5.10	Drehstromnebenschlußmotor	325
11.1.6	Kurzschlußstrom	271	12.6	Umformer	326
11.1.7	Wirkungsgrad von Transformatoren	272	12.7	Betriebsarten elektrischer Maschinen	327
11.2	Kleintransformatoren	273	12.8	Bauformen elektrischer Maschinen	328
11.2.1	Aufbau	273	12.9	Isolierstoffklassen	328
11.2.2	Kennzeichnung von Kleintransformatoren ..	274	12.10	Kühlung elektrischer Maschinen	329
11.2.3	Prüfspannungen bei Kleintransformatoren ..	275	12.11	Wartung und Prüfung elektr. Maschinen ..	330
11.3	Sondertransformatoren	276	12.12	Wicklungen elektrischer Maschinen	331
11.3.1	Spartransformatoren	276	12.12.1	Drehstromwicklungen	331
11.3.2	Streueldtransformatoren	277	12.12.2	Einphasenwicklungen	334
11.3.3	Lichtbogen-Schweißtransformatoren	277	12.12.3	Gleichstromwicklungen	335
11.4	Meßwandler	278	12.12.4	Prüfen von Wicklungen	336
11.4.1	Spannungswandler	278	13	Elektrische Meßgeräte	337
11.4.2	Stromwandler	279	13.1	Grundbegriffe	337
			13.1.1	Anzeigende Meßgeräte	337
			13.1.2	Teile analoger Meßgeräte	338
			13.1.3	Meßfehler	339

13.1.4	Digitale Meßgeräte	340	16.6	Induktive Sensoren	400
13.2	Elektrische Meßwerke	342	16.7	Sensoren mit Temperaturfühlern	401
13.2.1	Drehspulmeßwerk	342	16.7.1	Sensoren mit Widerständen als Fühler	401
13.2.2	Dreheisenmeßwerk	343	16.7.2	Sensoren mit Thermoelementen als Fühler	402
13.2.3	Elektrodynamisches Meßwerk	344	16.8	Sensoren mit Schaltausgang	403
13.2.4	Leistungsfaktormesser	345			
13.2.5	Frequenzmesser	345	17	Speicherprogrammierte Steuerungen	405
13.3	Elektrizitätszähler	346	17.1	Aufbau der SPS	405
13.4	Meßbrücken	348	17.2	Einsatz der SPS	407
13.4.1	Gleichstrommeßbrücken	348	17.2.1	Programmiersprachen	407
13.4.2	Wechselstrommeßbrücken	349	17.2.2	Steuerungsanweisung	407
13.5	Elektronenstrahl-Oszilloskop	350	17.3	Programmierung	408
13.5.1	Elektronenstrahlröhre (Braunsche Röhre)	350	17.3.1	Einfache Beispiele von Grundoperationen	408
13.5.2	Baugruppen des Oszilloskops	352	17.3.2	Verzögerungszeiten	409
13.5.3	Zweikanal-Oszilloskop	354	17.3.3	Zähler	410
13.5.4	Messen mit dem Oszilloskop	355	17.4	Programmierung einfacher Steuerungsaufgaben	410
			17.4.1	UND-Funktion	410
14	Mikrocomputer und Mikroprozessor	357	17.4.2	UND-vor-ODER-Verknüpfung	411
14.1	Funktionseinheiten des Mikrocomputers	357	17.4.3	ODER-vor-UND-Verknüpfung	412
14.2	Arbeitsweise eines Mikrocomputers	357	17.4.4	Setzen und Rücksetzen	413
14.3	Bedienung eines Personalcomputers	359	17.5	Programmiergeräte und Dokumentation	414
14.3.1	Massenspeicher	359	17.6	Steuerungen	416
14.3.2	Datensichtgerät (Monitor)	360			
14.3.3	Tastatur	361	18	Elektrogeräte	420
14.3.4	Betriebssystem	362	18.1	Allgemeines über Elektrowärmegegeräte	420
14.3.5	Aufzeichnungsgeräte	363	18.2	Bügeleisen	421
14.4	Höhere Programmiersprachen	364	18.3	Elektroherde	421
14.4.1	Lineare Programme	363	18.4	Warmwasserbereiter	424
14.4.2	Programmschleifen	365	18.5	Elektrische Raumheizung	426
14.4.3	Programmverzweigungen	366	18.6	Elektrische Fußbodenheizung	427
14.4.4	Computergrafik	366	18.7	Elektrische Kühlgeräte	428
14.5	Mikroprozessoren	368	18.8	Wärmepumpe	430
14.5.1	Wirkungsweise eines Mikroprozessors	368	18.9	Instandsetzung von Elektrogeräten	431
14.5.2	Struktur eines Programms in Maschinensprache	369	19	Isolierte Leitungen, Kabel, Freileitungen	432
14.5.3	Regelung mit dem Mikroprozessor	370	19.1	Farbkennzeichnung von isolierten Leitungen und Kabel	432
14.5.4	Speicherbausteine	373	19.2	Isolierte Leitungen	432
14.5.5	Schnittstellen	374	19.3	Kabel für Starkstromanlagen	434
14.6	Datensicherung und Datenschutz	375	19.4	Freileitungen	434
			20	Licht- und Beleuchtungstechnik	435
15	Steuern und Regeln	377	20.1	Licht	435
15.1	Steuern	377	20.2	Größen der Lichttechnik	436
15.1.1	Begriffe und Größen	377	20.3	Anforderungen an eine gute Beleuchtung	438
15.1.2	Merkmale der Steuerungen	378	20.4	Glühlampen	439
15.1.3	Pneumatische Steuerungen	379	20.5	Gasentladungslampen	440
15.1.4	Hydraulische Steuerungen	380	20.5.1	Leuchtstofflampen	441
15.2	Regeln	381	20.5.2	Quecksilberdampf-Hochdruck- und Natriumdampf-Lampen	443
15.2.1	Begriffe und Größen	381	20.5.3	Leuchtröhrenanlagen	444
15.2.2	Unstetige Regeleinrichtungen	382			
15.2.3	Stetige elektrische Regeleinrichtungen	383	21	Elektrische Anlagen	445
15.2.4	Stetige pneumatische Regeleinrichtungen	386	21.1	Kraftwerke	445
15.2.5	Stetige hydraulische Regeleinrichtungen	387	21.1.1	Wärme kraftwerke	445
15.2.6	Digitale Regeleinrichtungen	388	21.1.2	Umweltschutz in Kraftwerken	447
15.2.7	Anpassung der Regler an die Meßgröße	389	21.1.3	Wasserkraftwerke	448
15.3	Steuern und Regeln einer Elektro-Speicherheizung	390	21.1.4	Erneuerbare Energiequellen	449
			21.2	Umspannwerke	450
16	Messen nichtelektrischer Größen mit Sensoren	392	21.2.1	Spannungsebenen	450
16.1	Meßkette mit Sensoren	392	21.2.2	Umspannanlagen	450
16.2	Ohmsche Sensoren mit Potentiometern	393	21.2.3	Hochspannungsschalter	451
16.3	Ohmsche Sensoren mit Dehnungsmeßstreifen (DMS)	395	21.3	Übertragungsnetze	453
16.4	Galvanomagnetische Sensoren	396	21.3.1	Höchst-, Hoch- und Mittelspannungsnetze	453
16.5	Optoelektronische Sensoren	398	21.3.2	Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung	453
16.5.1	Analoge optoelektronische Sensoren	398	21.3.3	Netzformen	454
16.5.2	Digitale optoelektronische Sensoren	398			

21.4 Niederspannungsanlagen	455	25 Elektrochemie	506
21.4.1 Netzaufbau	455	25.1 Umwandlung elektrischer Energie	506
21.4.2 Hausanschluß	457	25.2 Umwandlung chemischer Energie	507
21.4.3 Erdungsanlagen	458	25.2.1 Grundlagen	507
21.4.4 Hauptpotentialausgleich	459	25.2.2 Technische Primärelemente	508
21.4.5 Hauptstromversorgungssysteme	460	25.2.3 Technische Sekundärelemente (Akkumulatoren)	510
21.5 Bemessung und Schutz von Leitungen und Kabeln	461	25.3 Elektrochemische Korrosion	511
21.5.1 Mechanische Festigkeit und Spannungsfall ..	461	26 Umweltschutz	513
21.5.2 Strombelastbarkeit von fest verlegten Leitungen	462	26.1 Umweltschutz im Betrieb	513
21.5.3 Schutz von Leitungen und Kabel gegen zu hohe Erwärmung	463	26.2 Wiederverwertung und Entsorgung von Abfallstoffen	514
21.6 Räume und Anlagen besonderer Art	466	27 Eisen und Stahl	516
21.6.1 Räume mit Badewanne oder Dusche	466	27.1 Herstellung von Stahl und Eisen-Gußwerkstoffen	516
21.6.2 Überdachte Schwimmbäder und Schwimmbäder im Freien	468	27.2 Stahlnormung	517
21.6.3 Sauna-Anlagen	469	28 Leiter-, Widerstands- und Kontaktwerkstoffe	518
21.6.4 Baustellen	469	28.1 Leiterwerkstoffe	518
21.6.5 Landwirtschaftl. u. gartenbauliche Anwesen	470	28.2 Widerstandswerkstoffe	521
21.6.6 Feuergefährdete Betriebsstätten	471	28.3 Kontaktwerkstoffe	522
21.6.7 Explosionsgefährdete Bereiche	473	29 Magnetwerkstoffe	524
21.6.8 Medizinisch genutzte Räume	474	29.1 Hartmagnetische Werkstoffe	524
21.6.9 Übersicht der Raumarten und Betriebsstätten	476	29.2 Weichmagnetische Werkstoffe	525
21.6.10 Elektr. Ausrüstung von Industriemaschinen ..	477	30 Isolierstoffe	526
21.7 Gebäudeleittechnik	479	30.1 Elektrische Beanspruchung	526
21.7.1 Prinzip	479	30.2 Anorganische Isolierstoffe	528
21.7.2 Installationsnetz als Informationsträger	480	30.3 Organische Isolierstoffe	529
21.7.3 Gebäudesystemtechnik	482	30.4 Flüssige Isolierstoffe	531
21.8 Gefahrenmeldeanlagen	483	31 Fügen	532
21.8.1 Einbruchmeldeanlagen	483	31.1 Übersicht	532
21.8.2 Brandmeldeanlagen	486	31.2 Kleben	533
22 Blitzschutz	487	31.3 Löten	534
22.1 Entstehung des Blitzes	487	31.4 Weitere Verbindungstechniken	535
22.2 Wirkungen des Blitzstromes	487	32 Fertigungsverfahren und Werkstoffbearbeitung	536
22.3 Gebäude-Blitzschutz	488	32.1 Urformen	536
23 Antennentechnik	492	32.2 Umformen	537
23.1 Wirkungsweise der Antennen	492	32.3 Trennen	538
23.2 Kenngrößen der Antennen	493	32.4 Zerteilen	540
23.3 Yagi-Antenne	494	32.5 Lasertechnik	541
23.4 Parabolantenne	495	32.6 Gedruckte Schaltungen	544
23.5 Satelliten-Empfangsanlagen	495	32.6.1 Subtraktiv-Technik	544
23.6 Leitungsnetze	496	32.6.2 Additiv-Technik	544
23.7 Berechnung von Empf.-Antennenanlagen ..	497	32.6.3 Mehrlagen-Leiterplatten	545
23.8 Errichten von Antennenanlagen	498	32.6.4 Drucktechniken	545
23.8.1 Mechanische Sicherheit von Antennen	498	32.6.5 Prüfen von gedruckten Schaltungen	546
23.8.2 Elektrische Sicherheit von Antennen	499	32.7 SMD-Technik	547
23.8.3 Sicherheitsvorkehrungen für den Antennenerrichter	499	Firmenverzeichnis	549
23.8.4 Genehmigung von Antennenanlagen	499	Sachwortverzeichnis	550
24 Physikal. und chem. Grundlagen	500	<i>Vordere Umschlaginnenseite: Wichtige Formelzeichen, Größen und Einheiten</i>	
24.1 Physikalische Größen und Einheiten	500	<i>Hintere Umschlaginnenseite: Arbeitssicherheit und Unfallverhütung</i>	
24.1.1 Zeit, Länge, abgeleitete Größen	500		
24.1.2 Masse und Dichte	500		
24.1.3 Kraft und Moment	501		
24.1.4 Druck	501		
24.1.5 Mechanische Beanspruchung	502		
24.1.6 Kohäsion, Aggregatzustand	502		
24.1.7 Temperatur	502		
24.2 Grundstoffe und chem. Verbindungen	503		
24.2.1 Chemische Grundbegriffe	503		
24.2.2 Chemische Bindungsarten	503		
24.2.3 Wichtige Grundstoffe	504		